

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 01

Zosuvy a iné svahové deformácie

Správa za rok 2021

Názov geologickej úlohy: **Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory**

Číslo geologickej úlohy: **207**

Zodpovedný riešiteľ
geologickej úlohy: **RNDr. Peter Ondrus**

Zodpovedný riešiteľ podsystemu: **RNDr. Peter Ondrejka, PhD.**

Riešitelia: **RNDr. Peter Ondrejka, PhD., RNDr. Peter Ondrus,
RNDr. Pavel Liščák, CSc., RNDr. Ivan Dananaj, PhD.,
Mgr. Eduard Mašlár, Mgr. Ingrid Mašlarová,
Ing. Ľubomír Petro, CSc., Mgr. Marián Stercz,
Mgr. Róbert Jelínek, PhD., Daniela Magalová,
RNDr. Ľubica Iglárová, Mgr. Daniel Grega,
Ing. Katarína Pačajová, Ing. Matej Gužík, PhD.**

Zástupca zhotoviteľa: **RNDr. Pavel Liščák, CSc.**

Štatutárny zástupca: **RNDr. Igor Slaninka, PhD.
generálny riaditeľ ŠGÚDŠ**

OBSAH

1. ZOSUVY a INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE	3
1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete.....	3
1.2. Pozorované ukazovatele	8
1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov	13
1.4. Výsledky monitorovania.....	15
1.4.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko	16
1.4.2. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta	36
1.4.3. Lokalita Svätý Anton	44
1.4.4. Lokalita Hodruša-Hámre	52
1.4.5. Lokalita Slanec-TP	59
1.4.6. Lokalita Dolná Mičiná	73
1.4.7. Lokalita Okoličné	78
1.4.8. Lokalita Ďačov.....	83
1.4.9. Lokalita Bardejovská Zábava.....	93
1.4.10. Lokalita Čirč	102
1.4.11. Lokalita Vyšný Čaj	109
1.4.12. Lokalita Šenkvice	118
1.4.13. Lokalita Veľká Izra	125
1.4.14. Lokalita Sokol	128
1.4.15. Lokalita Košícký Klečenov.....	131
1.4.16. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou	135
1.4.17. Lokalita Handlová-Baňa	138
1.4.18. Lokalita Demjata.....	141
1.4.19. Lokalita Bratislava-Železná studnička.....	147
1.4.20. Lokalita Pezinská Baba	150
1.4.21. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp	153
2. ZÁVER	167
LITERATÚRA.....	173

1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

V rámci subsystému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za roky 2020 a 2021 a prehľadne sú spracované 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 2021 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 stabilného stavu. Podľa tých istých kritérií sa upravuje i rozsah metód a frekvencia monitorovania, ako aj aktuálny stupeň celospoločenskej významnosti reprezentatívnych lokalít.

V roku 2021 sa pokračovalo v monitorovacích meraniach na identickom súbore zosuvov z roku 2019 (v uvedenom roku došlo k zásadnej zmene v počte monitorovaných zosuvných lokalít; vývoj monitorovania zosuvov v rámci riešenia úlohy ČMS – GF je na obr. 1.1).

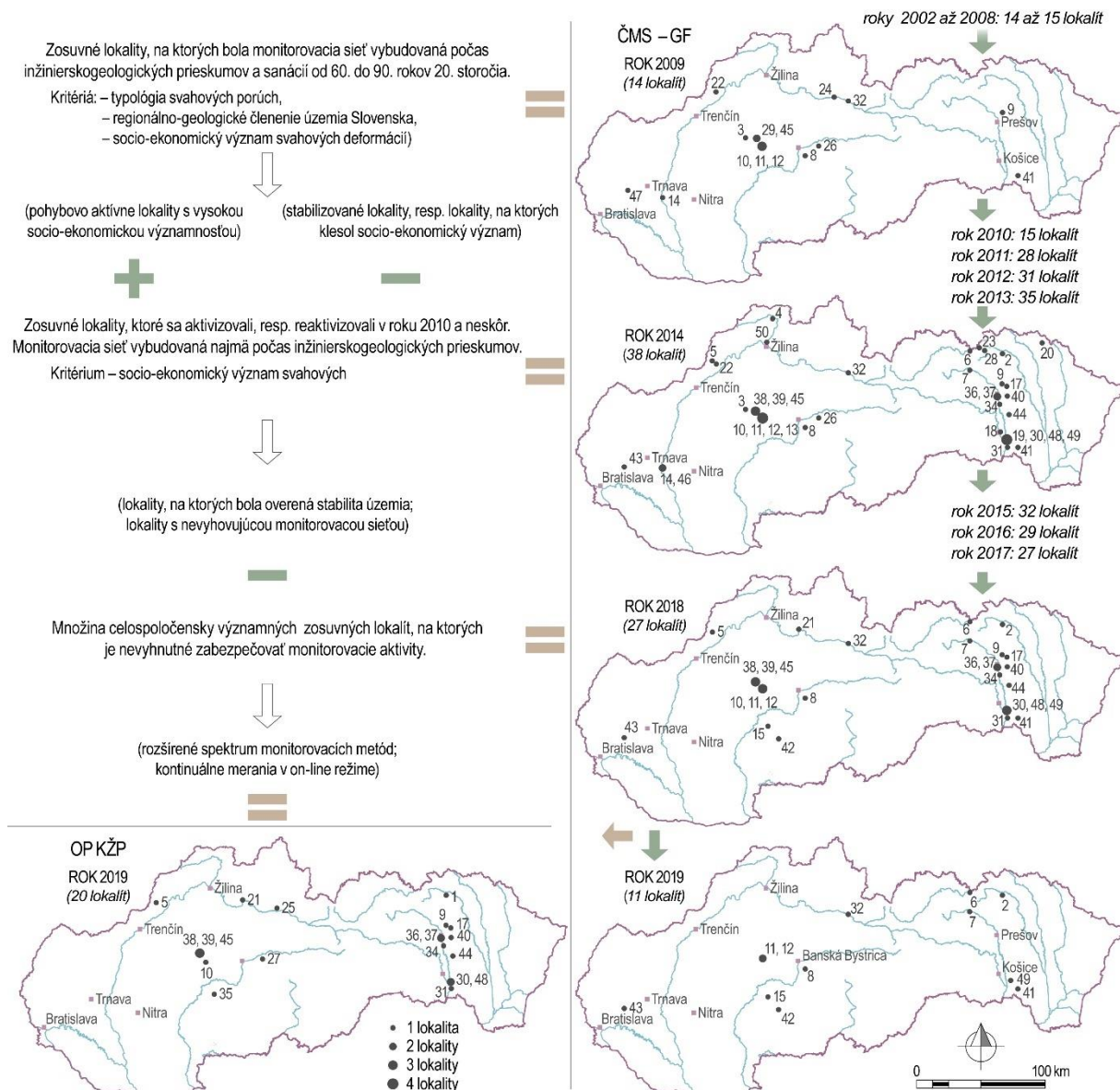
Rozsah použitých metód a frekvencia meraní bola rovnaká ako v roku 2020.

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

V súvislosti s aktivizáciou veľkého množstva zosuvov v roku 2010 bolo v nasledujúcom období preferované prevažne kritérium založené na spoločenskom hľadisku. Naopak, v roku 2019 boli v rámci podsystemu 01 Zosuvy a iné svahové deformácie prerušené monitorovacie aktivity na zosuvných lokalitách s najvyššou socio-ekonomickou významnosťou. Prerušenie monitorovacích meraní súvisí so začlenením 16 zosuvných lokalít do geologickej úlohy, ktorá je zameraná na monitoring svahových deformácií na celospoločensky najvýznamnejších zosuvných územiach v rámci Slovenskej republiky. Názov tejto geologickej úlohy je „Monitoring zosuvných deformácií“ a je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia (Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy), jej realizácia začala v roku 2018.

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),



Obr. 1.1. Monitorovacia sieť zosuvných lokalít na Slovensku v rámci riešenia úloh ČMS GF (podsystem 01 Zosuvy a iné svahové deformácie) a Monitoring zosuvných deformácií (úloha je riešená v rámci OP KŽP). Zobrazený vývoj zachytáva zmeny počtu lokalít od roku 2009 do roku 2019 v skupine zosúvania. 1 – Bardejov-pravoslávny chrám, 2 – Bardejovská Zábava, 3 – Bojnice, 4 – Čadca, 5 – Červený Kameň, 6 – Čirč, 7 – Ďačov, 8 – Dolná Mičiná, 9 – Fintice, 10 – Handlová-1960, 11 – Handlová-Kunešovská cesta, 12 – Handlová-Morovnianske sídlisko, 13 – Handlová-Žiarska ulica, 14 – Hlohovec-Posádka, 15 – Hodruša-Hámre, 16 – Chmiňany, 17 – Kapušany, 18 – Košice-Dargovských hrdinov, 19 – Košice-Krásna, 20 – Krajná Poľana, 21 – Kraľovany, 22 – Kvašov, 23 – Lenartov, 24 – Liptovská Mara, 25 – Liptovská Štiavnica, 26 – Ľubietová-1977, 27 – Ľubietová-nad ihriskom, 28 – Lukov, 29 – Malá Čausa, 30 – Nižná Hutka, 31 – Nižná Myšľa, 32 – Okoličné, 33 – Pečovská Nová Ves, 34 – Petrovany, 35 – Podhorie, 36 – Prešov-Horárska ul., 37 – Prešov-Pod Wilec Hôrkou, 38 – Prievidza-Hradec, 39 – Prievidza-Velká Lehôtka, 40 – Ruská Nová Ves, 41 – Slanec-TP, 42 – Svätý Anton, 43 – Šenkvice, 44 – Varhaňovce, 45 – Veľká Čausa, 46 – Vinohrady nad Váhom, 47 – Vištuk, 48 – Vyšná Hutka, 49 – Vyšný Čaj, 50 – Žilina-Vranie (Jánová, Liščák et al., 2021).

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);

– Skálne horniny mezozoického a predmezozoického veku.

Od roku 2019, v súvislosti s redukciou v množine monitorovaných svahových deformácií, došlo k zásadným zmenám v oblasti zastúpenia zosuvných lokalít v jednotlivých inžinierskogeologických regiónoch a oblastiach. V porovnaní s obdobím do roku 2018, kedy mierne prevládali zosuvy v horninovom prostredí flyšového charakteru, sú zosuvné lokality v jednotlivých inžinierskogeologických regiónoch zastúpené relatívne proporčne (tab. 1.1).

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 jadrových stredohorí			- Bratislava Železná St. - Pezinská Baba	
Región karpatského flyša	Oblasť flyšových hornatín		- Jaskyňa pod Spišskou		
	Oblasť flyšových vrchovín	- Bardejovská Zábava - Čirč - Ďačov		- Demjata	
Región neovulkanitov	Oblasť vulkanických hornatín	- Slanec-TP - Hodruša-Hámre	- Košícký Klečenov - Sokol - Veľká Izra	- Handlová-Baňa	
	Oblasť vulkanických vrchovín	- Dolná Mičiná			
Región neogénnych tektonických vkleslín	Oblasť vnútrohorských kotlín	- Handlová (Kunešovská cesta) - Handlová-Mor. sídlisko - Okoličné - Vyšný Čaj			- Handlová (Stabilizačný násyp)
	Oblasť vnútrokarpatských nížin	- Šenkvice			

* Svahový pohyb sa nachádza na hraniciach inžinierskogeologických celkov

Pri výbere reprezentatívnych lokalít je pravidelne aktualizovaná ich celospoločenská dôležitosť, ako aj stav monitorovacej siete. Uvedené skutočnosti podmieňujú najmä frekvenciu meraní, ale aj rozsah aplikovaných monitorovacích metód. 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.

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

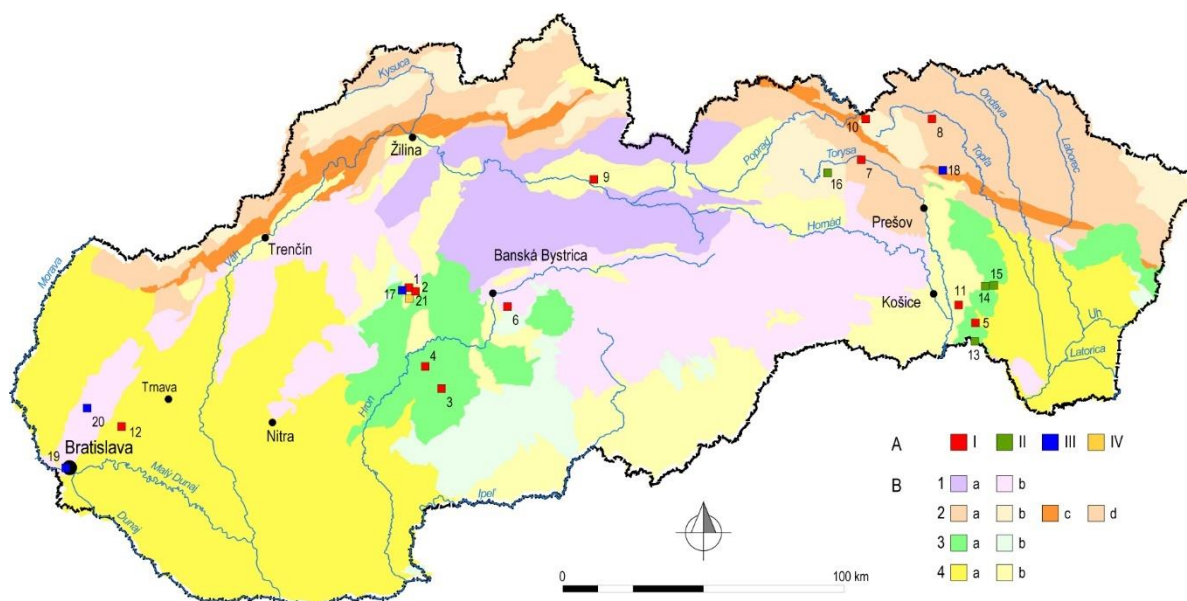
Typ svahového pohybu	Geologická stavba	Celospoločenská dôležitosť	Lokality
Zosúvanie	Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi	Veľmi významná	1. Handlová-Morovnianske sídlisko 2. Handlová-Kunešovská cesta 3. Svätý Anton 4. Hodruša-Hámre
		Významná	5. Slanec-TP 6. Dolná Mičiná
	Sedimenty flyšového charakteru	Veľmi významná	7. Ďačov 8. Bardejovská Zábava
		Významná	9. Okoličné 10. Čirč
	Neogénne sedimenty	Veľmi významná	11. Vyšný Čaj 12. Šenkvice
Plazenie	Neogénne vulkanity	Významná	13. Veľká Izra 14. Sokoľ 15. Košícký Klečenov
	Sedimenty flyš. char.	Významná	16. Jaskyňa p. Spišskou
Rútenie	Neogénne vulkanity	Menej významná	17. Handlová-Baňa
	Sedimenty flyšového charakteru	Významná	18. Demjata
	Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku	Menej významná	19. Bratislava-Železná st. 20. Pezinská Baba
Iné: Stabilita vodohospodárskeho diela	Antropogénne sedimenty na kvartérnych a paleogén. horninách	Veľmi významná	21. Handlová-Stabilizačný násyp

Zoradenie jednotlivých monitorovaných lokalít (stav z roku 2021) 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. 1.2.

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. Monitorovacie aktivity na uvedených bodoch boli ukončené.



Obr. 1.2. Rozmiestnenie monitorovaných lokalít svahových deformácií na území SR (čísla lokalít zodpovedajú číslonaniu 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

Súborný prehľad aktuálne používaných metód monitorovania svahových pohybov je uvedený v tab. 1.3. 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.

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; najpoužívanjšie 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.

Terestrické metódy boli v poslednom období prakticky 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 diskretných 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.

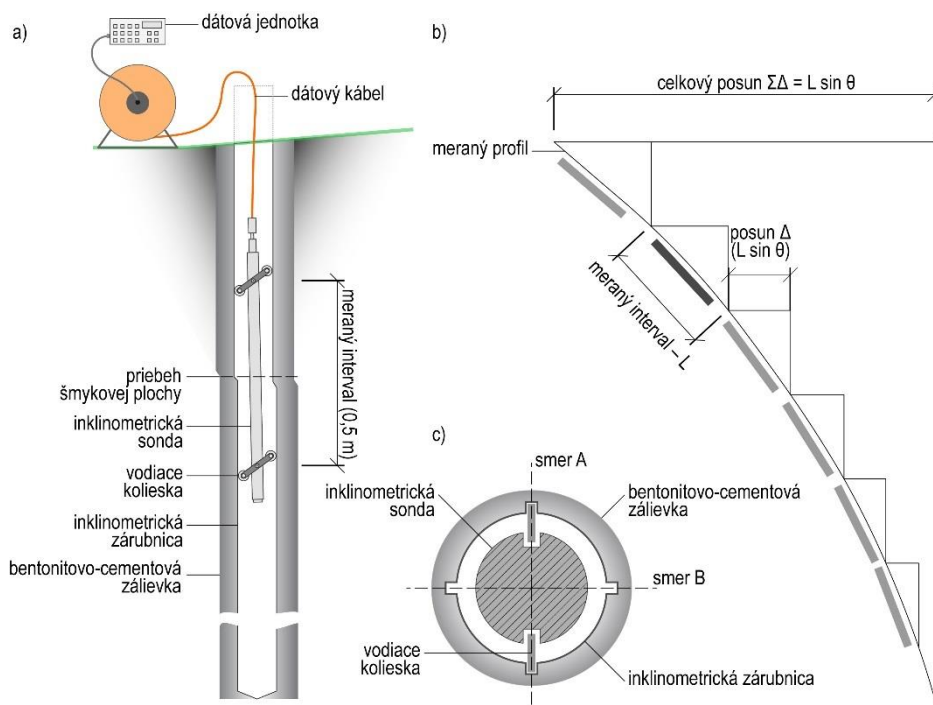
b/ Merania deformácií

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 čoraz viac uplatňovať 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). Od roku 2014 je stacionárnou inklinometrickou sondou monitorovaný vrt na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (skúsenosti s monitorovaním stacionárnou inklinometrickou sondou sú i v územiach Prievidza-Hradec, Handlová z roku 1960, Handlová-Kunešovská cesta

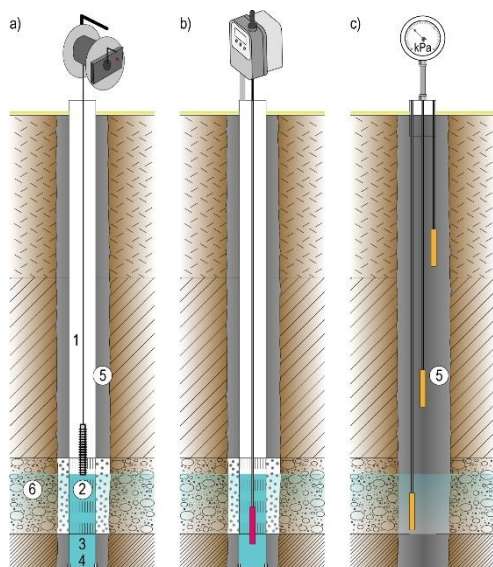
a Nižná Myšľa – väčšina lokalít je v súčasnosti monitorovaná v rámci OP – KŽP Monitoring zosuvných deformácií).



Obr. 1.3. Princíp realizácie inklinometrických meraní; a – vertikálny rez inklinometrickým vrtom spolu s inklinometrickou sondou a príslušenstvom, b – schematický postup stanovenia veľkosti deformácie; c – horizontálny rez inklinometrickým vrtom so zavedenou inklinometrickou sondou (zostavené podľa Rozsypala, 2001).

c/ 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).



Obr. 1.4. Meranie hladiny podzemnej vody. V otvorených systémoch: a – pomocou Rangovej píšťaľ, b – pomocou automatického hladinomeru; v uzavretých systémoch – c – meranie pomocou snímačov pórového tlaku. 1 – neperforovaná časť pažnice, 2 – filtračná časť pažnice, 3 – kalník, 4 – dno vrtu, 5 – ílové tesnenie, 6 – zvodnená vrstva.

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; žiaľ v súčasnosti sú uvedené varovné systémy mimo prevádzky).

V prípadoch, v ktorých údaje o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody, vzhľadom na filtračné parametre monitorovaného prostredia, nepodávali relevantné informácie o zmenách hladiny podzemnej vody, boli do vrtov zabudované snímače pórového tlaku.

Tab. 1.3. Prehľad aktuálnych metód monitorovania svahových pohybov.

Typ svahového pohybu	Pozorované ukazovatele	Metódy monitorovania
Zosúvanie	a/ Posuny b/ Deformácie c/ Zosuvotvorné faktory (režimové pozorovania, klimatické faktory)	– Geodetické – GNSS, terestrické – Presná inklinometria (prenosný a stacionárny inklinometer) – Merania hĺbky hladiny podzemnej vody a jej teploty (terénny pozorovateľia, automatické hladinomery) – Meranie pórových tlakov – Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení – Merania zrážkových úhrnov – Meranie teploty vzduchu
Rútenie	a/ Posuny b/ Faktory vplyvajúce na stabilitu svahu c/ Zmeny morfológie skalnej steny	– Dilatometrické (tyčovým meradlom Somet a meradlom posunov) – Merania zrážkových úhrnov – Záznam počtu mrazových dní – Merania mikromorfologických zmien povrchu horniny
Plazenie	a/ Posuny b/ Faktory vplyvajúce na stabilitu svahu	– Dilatometrické (opticko-mechanickým dilatometrom TM-71) – 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 (v minulosti boli v prevádzke na zosuvných lokalitách Veľká Čausa a Okoličné).

B. Rútenie

Metódy monitorovania náznakov svahových pohybov typu rútenia majú špecifický charakter. V doterajšej praxi sa najčastejšie používali dva okruhy metód na meranie posunov bodov – metódy dilatometrické (tab. 1.3) a metódy fotogrametrické (používané do roku 2014 –

lokalita Demjata). Možno konštatovať, že i napriek nesporným výhodám fotogrametrických metód sa v súčasnosti pozornosť sústreďuje výlučne len na dilatometrické merania.

a/ Merania posunov

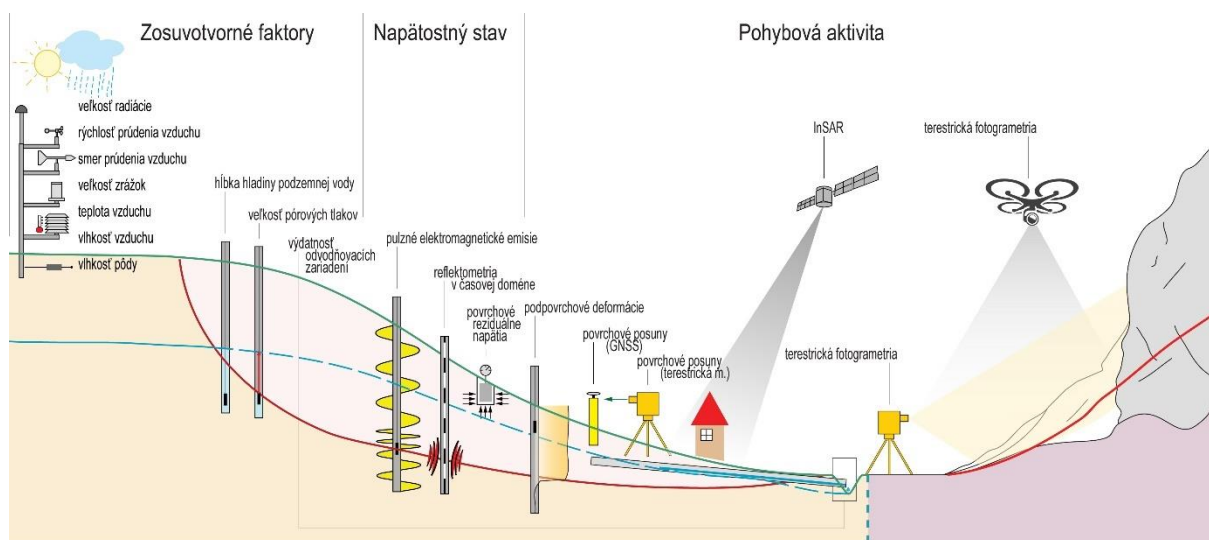
Z dilatometrických meraní sa najčastejšie aplikujú merania tyčovým meradlom Somet, ktorými sa zisťuje zmena vzdialenosti medzi bodmi, pevne osadenými v horninovom masíve. Určitým zdokonalením tohto merania je použitie meradla posunov, ktorým možno zaznamenať posun bodov nielen v rovine merania, ale aj 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.

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 vplývajúce na fyzický stav hodnoteného skalného masívu.

c/ Merania zmien morfológie skalnej steny

Tieto merania možno považovať za doplnujúce, 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).



Obr. 1.5. Prehľad monitorovacích metód používaných na zosuvoch (Jánová, Liščák et al., 2021)

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.

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. Pretrváva snaha rozvíjať prenos údajov prostredníctvom on-line systémov, a to od monitorovacieho objektu až do centra monitorovania, kde by sa priebežne, ideálne automaticky, vyhodnocovali (uvedený postup bol v minulosti overený na dvoch zosuvných lokalitách v rámci subsystému 01 zosuvy a iné svahové deformácie a v súčasnosti je budovaný napr. pri riešení geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií“).

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 2021, zaužívala nasledujúca frekvencia zberu údajov z lokalít svahových pohybov:

a/ Merania na zosuvoch

– Geodetické GNSS/terestrické merania boli naposledy realizované v roku 2019 na lokalite Okoličné. Merania sú zabezpečené v dvoj- až trojročnom intervale, teda najbližšie etapové meranie je naplánované na rok 2022. V minulosti, do roku 2018, boli merania vykonávané na viacerých lokalitách, a to na konci jarného obdobia, resp. na začiatku letného obdobia (apríl až júl), prípadne na konci jesenného obdobia (z dôvodu nižšieho pokrytia vegetačným porastom);

– 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. Frekvencia meraní sa v súčasnosti ustálila na dvoch meraniach za rok, výnimočne však i troch meraniach za rok – lokalita Svätý Anton. V roku 2014/2015 pribudla na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko stacionárna inklinometrická sonda. Zariadenie zaznamenávajúce deformácie s frekvenciou jeden deň.

Na viacerých zosuvných lokalitách došlo počas riešenia geologickej úlohy k zmenám, ktoré si vyžiadali ukončenie dlhého časového radu meraní a začatie nového, teda novej meracej epochy. Tieto udalosti najčastejšie súviseli s ukončením monitoringu formou subdodávok, ktorým sa zabezpečovali kontrolné merania (od roku 2011 sú inklinometrické merania realizované výlučne v réžii ŠGÚDŠ), ale aj v dôsledku zmeny inklinometrickej sondy (po roku 2014, po obstaraní druhej inklinometrickej sondy na ŠGÚDŠ, boli na viacerých lokalitách v snahe znížiť cestovné náklady, merania realizované novou sondou). Zmeny tohto charakteru si vždy vyžiadali realizáciu nultého merania. Pri uvedených zmenách bola vždy snaha o vykonanie tzv. „prepojovacieho etapového merania“, vďaka čomu jednotlivé etapové intervaly na seba nadväzujú, avšak celková deformácia na sledovaných šmykových plochách je hodnotená po epochách.

– Režimové pozorovania (merania hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení) sa vykonávajú v relatívne širokej škále frekvencií – od nepravidelných meraní (10-krát ročne), ktoré sú súčasťou obhliadok stavu monitorovacích zariadení, cez pravidelné merania s dvoj alebo jednotýždenným intervalom, až po kontinuálny (hodinový) zber údajov prostredníctvom automatických hladinomerov;

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

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 štyrikrát 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 2020 a 2021 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 nadchádzajúcom 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 2021 a na porovnanie uvádzame i výsledky meraní z roku 2020.

Štruktúra opisu jednotlivých monitorovaných lokalít je nasledujúca:

- Stručná charakteristika lokality (v snahe redukovať obsah správy sa na dlhodobu hodnotených lokalitách uvádzajú iba základné informácie o monitorovanej svahovej poruche; podrobnejšie charakteristiky sú uvedené v správach z predošlého riešenia úlohy – napr. Ondrejka et al., 2012 až 2020);

- Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2020 a 2021 zhrnutý v tabuľke;

- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021. 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 2021, alebo – pri niektorých typoch meraní – do momentu posledného merania, uskutočneného v roku 2021;

- 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 sledovaný parameter je 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 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. Od roku 2015 sú na lokalite realizované inklinometrické merania v dvoch vrtoch.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2020 a 2021

Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov a frekvencia meraní sú zhrnuté v tab. 4.1.1.

Tab. 4.1.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	1	Rok 2020	Rok 2021
Inklinometrické	1	AH-3 (Jánošíkova cesta)	2 (12. august, 1. december)	2 (12. máj, 23. september ¹)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	41	P-1 až 13, P-15, P-16, P-18, P-20, VP-41, VP-44 (oblasť nad železničným oblúkom); P-21 až 30, VP-23, HG-351 (Malá Hôrka); P-31 až 38, J-317 a 318 (Jánošíkova cesta)	24 (2x za mesiac)	24 (2x za mesiac)
	2	P-17 ² , P-19 – automatické hladinomery	Kontinuálne (každú hodinu)	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	13	oblasť nad železničným oblúkom: A (10 odvodňovacích vrtoch: HVA-1 až 10), C (9 vrtoch: HVC-1 až 9), D (9 vrtoch: HVD-1 až 9); Malá Hôrka: E (7 vrtoch: HVE-1 až 7), F (9 vrtoch: HVE-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	

¹ – výsledky meraní boli ovplyvnené výraznou deformáciou inklinometrickej pažnice, z tohto dôvodu neboli použité pri analýze pohybovej aktivity územia, ² – ochranná pažnica vrtu bola poškodená pasúcim sa hovädzím dobytkom

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko začali vykonávať v roku 2015 v 2 vrtoch (AH-2 a AH-3), ktoré sú v rámci monitorovaného územia situované do dvoch samostatných častí (oblasť nad železničným oblúkom a Jánošíkova cesta – IBV). Výsledky meraní z rokov 2020 a 2021 sú zhrnuté v tab. 4.1.2. a na obr. 4.1.1 a 4.1.2. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.1.3.

Tab. 4.1.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2020 a 2021.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	6. 12. 2019 – 12. 8. 2020			12. 8. 2020 – 1. 12. 2020			1. 12. 2020 – 12. 5. 2021		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-2	3,78	3,84	4,30	14	38,09	34,93 ¹	142			
AH-2	8,78	0,54	4,22	14	28,93	29,08 ¹	144			
AH-2	19,28	1,66	1,77	7	14,52	13,00 ¹	147			
AH-3	5,57	42,37	11,11	72	49,46	7,09	80	67,49	19,23	56
AH-3	6,57	42,38	10,76	73	49,54	7,16	79	59,41	10,03	69
AH-3	15,57	1,98	0,20	210	2,05	0,10	30	2,05	0,00	0

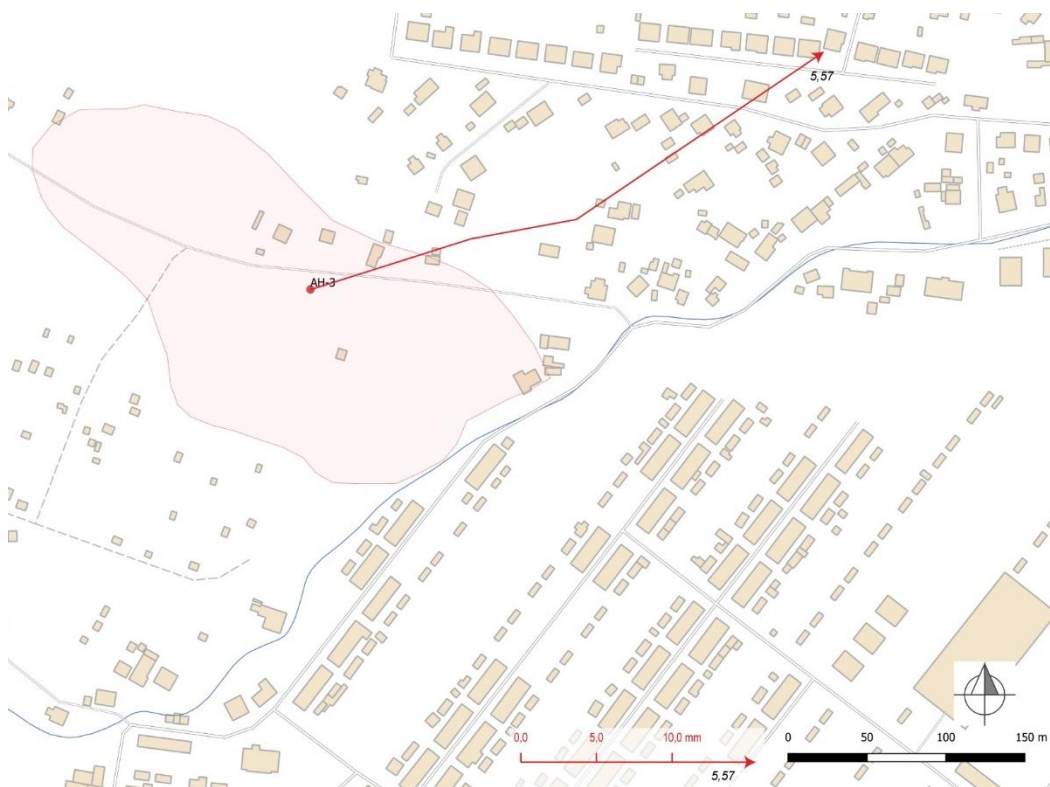
CD – celková deformácia od nultého merania (4. 3. 2015); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora. ¹ – namerané hodnoty etapovej deformácie nie sú v predloženej ročnej správe hodnotené, pretože je vysoká pravdepodobnosť, že vznikli v dôsledku technických problémov, súvisiacich s vystrojením inklinometrického vrtu alebo samotným meraním.

V oblasti nad železničným oblúkom je vo vrte AH-2 od roku 2014 umiestnená stacionárna inklinometrická sonda. Všetky monitorovacie merania, ktoré boli vo vrte vykonané, boli zamerané na spresnenie hĺbky šmykovej plochy, a tým pádom i optimalizáciu hĺbky umiestnenia automatického monitorovacieho zariadenia vo vrte. Na základe vývoja deformácie v jednotlivých horizontoch sa domnievame, že namerané etapové hodnoty sú výsledkom nesprávneho zabudovania inklinometrickej pažnice alebo technickej poruchy monitorovacieho zariadenia.

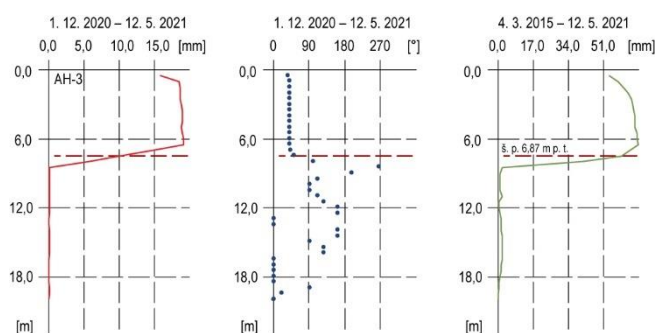
V oblasti Jánošíkovej cesty (IBV) boli počas roka 2020 vykonané dve etapy meraní (august a december). Relatívne vysoká pohybová aktivita bola zaznamenaná počas oboch etapových meraní. Dňa 12. augusta bola nameraná deformácia 10,76 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 15,71 mm.rok⁻¹ a následne, 1. decembra deformácia 7,16 mm (23,54 mm.rok⁻¹). Azimuty vektorov boli orientované východným smerom. V hlbšom sledovanom horizonte sa v roku 2020 namerané vektory pohybovali v intervale 0,1 – 0,2 mm.

V roku 2021 boli vo vrte opätovne vykonané dve meracie etapy (máj a september), výsledky jesenného kontrolného merania, vzhľadom na výraznú deformáciu inklinometrickej zárubnice v oblasti šmykovej plochy, boli však zásadným spôsobom ovplyvnené zhoršenou priechodnosťou deformujúceho sa vrtu. Predpokladáme, že vodiace drážky pre inklinometrickú sondu sú výrazne deformované, čo negatívne ovplyvňuje presnosť merania. Z tohto dôvodu považujeme namerané hodnoty z jesennej etapy za nepresné. V budúcnosti sa bude nutné pri realizácii meraní prispôbiť danému stavu a počas kontrolnej etapy bude potrebné vykonať viacero meraní (resp. ideálnym riešením vzniknutej situácie by bola inštalácia stacionárnej inklinometrickej sondy do oblasti aktívnej šmykovej plochy).

Počas jarného merania (12. mája) bola vysoká pohybová aktivita zaznamenaná na šmykovej ploche v hĺbke 5,57 m pod terénom. V období približne 5,5 mesiaca dosiahla deformácia 19,23 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 43,39 mm.rok⁻¹. Nameraný vektor mal severovýchodne orientovaný azimut (56°). V hlbšom sledovanom horizonte bol nameraný vektor 10,03 mm s azimutom 69°.

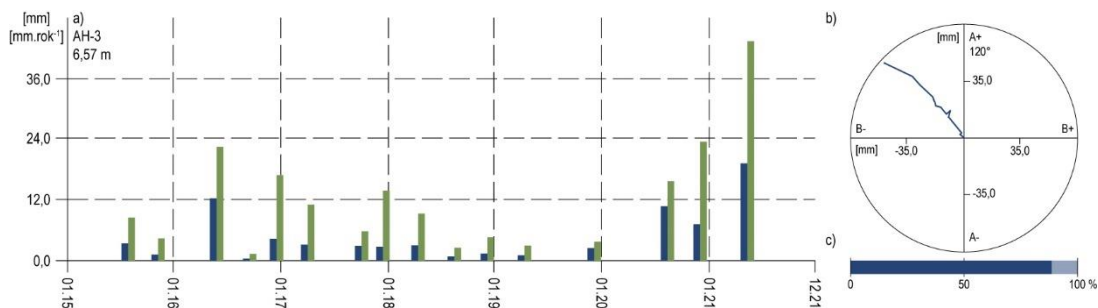


Obr. 4.1.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkova cesta) – vektory deformácií namerané v rokoch 2020 a 2021 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.1.2; hĺbka zaznamenananej deformácie je 5,57 m pod terénom); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.1.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkova cesta) vo vrte AH-3 v roku 2021. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania, hnedá prerušovaná línia – orientačná hĺbka šmykovej plochy (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi).

Pri hodnotení celého obdobia realizácie monitorovacích meraní vo vrte AH-3 je zrejmé, že oblasť je výrazne pohybovo aktívna. V minulosti boli najväčšie deformácie pozorované v rokoch 2016 (12,31 mm; 22,46 mm.rok⁻¹) a 2020 (10,76 mm; 15,70 mm.rok⁻¹). K výraznej akcelerácii pohybu na šmykovej ploche došlo však v aktuálne hodnotenom roku. Všeobecne možno konštatovať, že jednotlivé etapové vektory, ako aj výsledný vektor, zaznamenaný počas monitorovaného obdobia, majú východný smer. Na aktívny pohyb po šmykovej ploche poukazuje hodnota pomeru medzi trajektóriou etapových prírastkov deformácie a výsledným premiestnením sledovaného bodu počas monitorovaného obdobia, ktorá dosiahla 88,4 %. Znamená to, že prevažná časť deformácií, nameraných v sledovanom horizonte, priamo súvisí so svahovým pohybom. Výsledný vektor nameraný na aktívnej šmykovej ploche dosiahol 67,49 mm (za obdobie apríl 2015 – máj 2021), čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 10,89 mm.rok⁻¹.

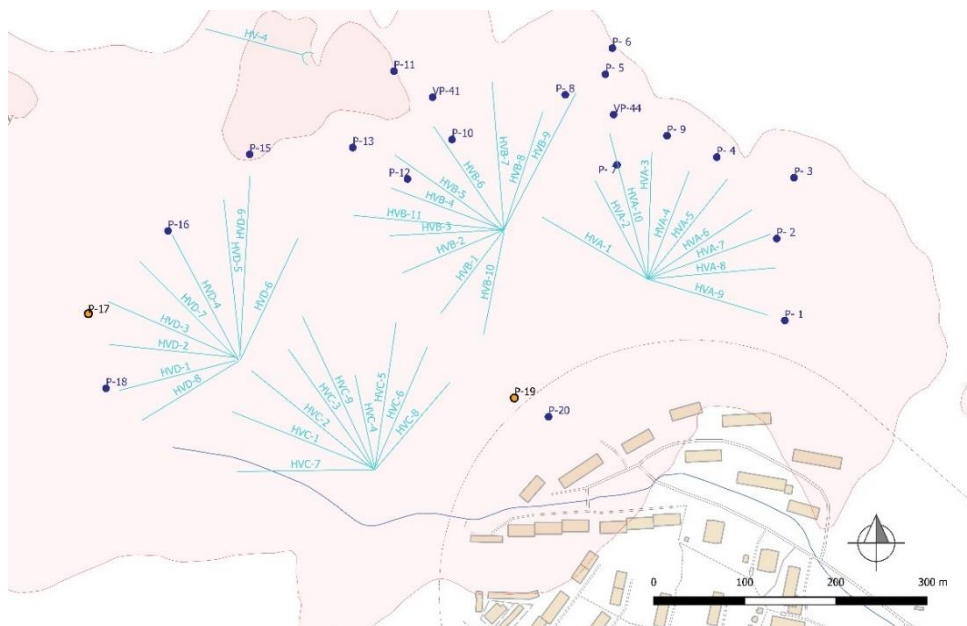


Obr. 4.1.3. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko vo vrte AH-3 v období rokov 2015 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche v hĺbke 5,57 m pod terénom, b – horizontálny priebeh deformácie (orientácia drážok voči severu je uvedená v hornej časti grafu), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu (aktuálne k 15. máju 2021: 88,37 %).

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 hladinomeri (nainštalovanými vo vrtoch P-17 a P-19, ktoré sú hodnotené samostatne); situovanie piezometrických vrtov je na obr. 4.1.4, 4.1.5 a 4.1.6. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za roky 2020 a 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.1.7 až 4.1.10. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za dlhšie obdobie monitorovania sú znázornené na obr. 4.1.11 a 4.1.12.



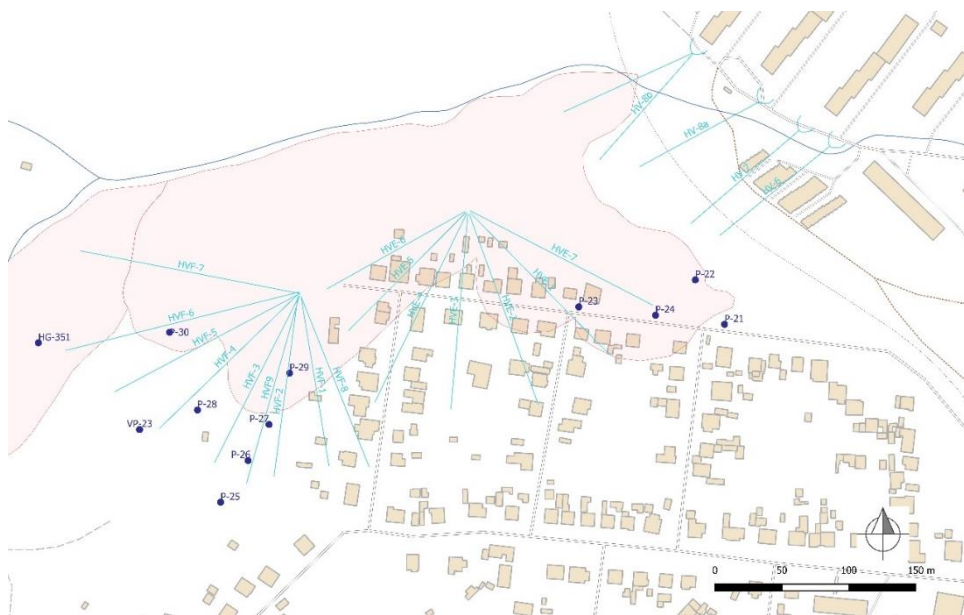
Obr. 4.1.4. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty: modré – merané pozorovateľom, oranžové – s automatickými hladinomeri; objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2020 sa režimové pozorovania vykonávali v 41 vrtoch a počas roku bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 13. januára do 28. decembra.

V šiestich vrtoch (P-11, P-16, P-18, P-34, P-37 a P-38) bolo pozorované dosiahnutie pozitívnej vztlakovej hladiny. Výskyt tejto stabilne nepriaznivej úrovne podzemnej vody bol spojený zväčša so zimným obdobím. Mimoriadne vysoké úrovne hladiny podzemnej vody boli zaznamenané aj vo vrtoch P-1, P-2, P-4, P-13, P-32, P-35 a P-36 (maximálne stavy sa nachádzali v intervale od 0,55 do 0,96 m pod terénom). Výskyt maximálnych stavov hladiny podzemnej vody v uvedených vrtoch bol viazaný prevažne na prvú polovicu mesiaca október, teda na obdobie s výdatnými zrážkami. V ostatných vrtoch boli maximálne úrovne hladiny zaznamenané prevažne v prvej polovici októbra alebo v jarnom období (prvá polovica marca) a pohybovali sa na úrovni 1,01 až 12,86 m pod terénom.

Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa počas roka vyskytovali najmä v auguste a septembri (18 vrtov) a tiež často i v januári a decembri (13 vrtov). Hladina podzemnej vody klesla minimálne počas jedného merania do väčšej hĺbky ako je úroveň dna vrtu v 13 vrtoch, čo je menší počet objektov v porovnaní s rokom 2019 a zároveň v niektorých vrtoch bolo počas roka pozorované kolísanie hladiny, kedy v určitom období klesla hladina pod dno vrtu a v určitom období vystúpila nad úroveň terénu (vrty P-16 a P-18).

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2020 dosiahla úroveň 5,81 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku nepatrný zostup, ale vzhľadom na veľké množstvo suchých vrtov nie je možné vykonávať porovnanie s predchádzajúcim rokom. V jednotlivých vrtoch sa priemerné hĺbky pohybovali v rozsahu od 0,02 (vrt P-11 s často zaznamenaným prelivom) do 13,01 m pod terénom (vrt P-12). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody, okrem vrtov s prelivom a suchých vrtov, podobne ako v predchádzajúcom roku, bolo pozorované vo vrte P-4 (9,90 m). Avšak výrazné kolísanie, spôsobené aj dosiahnutím maximálnych stavov úrovne hladiny podzemnej vody v prvej polovici októbra, bolo pozorované vo väčšom počte objektov, najmä vo vrtoch P-3, P-6, P-7, P-8, P-10, P-13, P-16, P-28, P-37 a VP-44.



Obr. 4.1.5. 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®.

V roku 2021 sa režimové pozorovania zabezpečovali v 41 vrtoch a celkove, podobne ako v predchádzajúcom roku, bolo vykonaných 24 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 13. januára do 28. decembra. V roku 2021 bola hladina podzemnej vody s pozitívnym vztlakom (nad úrovňou terénu) pozorovaná v piatich vrtoch (P-11, P-16, P-18, P-34 a P-37). Vo vrtoch P-11, P-18, P-34 a P-37 bol kontrolnými meraniami zaznamenaný preliv cez ústie ochrannej pažnice. Vo vrte P-16 vystúpila hladina podzemnej vody na konci mája do výšky 0,09 m nad terén (475,86 m n. m.). V prípade uvedeného vrtu je však dôležité poznamenať, že počas júlových meraní bol vrt suchý.

Tab. 4.1.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2020.

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	4,04	478,95	28. 2. 2020	suchý					
J-317	24	2,57	487,79	12. 10. 2020	suchý					
J-318	24	4,59	498,02	13. 3. 2020	5,69	496,92	12. 10. 2020	5,08	497,53	1,10
P- 1	24	0,62	431,53	12. 10. 2020	4,44	427,71	12. 8. 2020	3,36	428,79	3,82
P- 2	24	0,70	441,34	12. 10. 2020	4,26	437,78	10. 9. 2020	3,27	438,77	3,56
P- 3	24	1,12	450,66	12. 10. 2020	5,17	446,61	10. 9. 2020	4,10	447,68	4,05
P- 4	24	0,89	449,15	12. 10. 2020	10,79	439,25	10. 9. 2020	6,92	443,12	9,90
P- 5	24	1,61	454,75	12. 10. 2020	4,53	451,83	10. 9. 2020	4,04	452,32	2,92
P- 6	24	1,01	459,74	12. 10. 2020	5,54	455,21	10. 9. 2020	4,27	456,48	4,53
P- 7	24	6,77	436,81	12. 10. 2020	10,82	432,76	13. 1. 2020	9,46	434,12	4,05
P- 8	24	1,20	449,20	12. 10. 2020	6,62	443,78	12. 8. 2020	4,95	445,45	5,42
P- 9	24	7,40	440,81	28. 2. 2020	10,65	437,56	10. 9. 2020	9,43	438,78	3,25
P-10	24	7,83	439,51	12. 10. 2020	13,13	434,21	30. 8. 2020	10,65	436,69	5,30
P-11	24	preliv			0,05	459,41	12. 8. 2020	preliv		
P-12	24	12,86	436,91	12. 10. 2020	suchý					
P-13	24	0,55	463,00	13. 3. 2020	4,80	458,75	31.1. 2020	2,81	460,74	4,25
P-15	24	11,54	461,21	12. 10. 2020	suchý					
P-16	24	preliv			suchý			preliv, suchý		
P-18	24	preliv			suchý			preliv, suchý		
P-20	24	5,59	424,62	28. 12. 2020	6,42	423,79	13. 1. 2020	5,86	424,35	0,83
P-21	24	2,44	446,24	13. 3. 2020	3,21	445,47	31. 1. 2020	2,86	445,82	0,77
P-22	24	6,05	440,98	13. 3. 2020	7,69	439,34	10. 12. 2020	7,06	439,97	1,64
P-23	24	1,81	454,34	13. 3. 2020	3,56	452,59	12. 8. 2020	2,80	453,35	1,75
P-24	24	2,11	449,90	13. 3. 2020	4,17	447,84	31. 1. 2020	3,19	448,82	2,06
P-25	24	10,65	476,95	12. 10. 2020	suchý					
P-26	24	9,57	475,14	12. 10. 2020	suchý					
P-27	24	7,44	473,71	12. 10. 2020	suchý					
P-28	24	2,44	483,84	12. 10. 2020	suchý					
P-29	24	12,40	462,02	12. 10. 2020	12,50	461,92	13. 1. 2020	12,46	461,96	0,10
P-30	24	9,31	470,89	28. 02. 2020	10,86	469,34	30. 8. 2020	10,14	470,06	1,55
P-31	24	3,60	498,70	12. 10. 2020	6,55	495,75	10. 12. 2020	5,95	496,35	2,95
P-32	24	0,76	490,12	28. 2. 2020	2,39	488,49	28. 4. 2020	1,24	489,64	1,63
P-33	24	3,60	491,48	12. 10. 2020	4,51	490,57	28. 4. 2020	4,10	490,98	0,91
P-34	24	preliv			2,11	482,71	10. 9. 2020	preliv		
P-35	24	0,96	496,48	13. 3. 2020	1,93	495,51	10. 9. 2020	1,56	495,88	0,97
P-36	24	permanentne suchý								
P-37	24	2,29	499,85	13. 3. 2020	suchý					
P-38	24	preliv			3,42	498,66	10. 9. 2020	preliv		
VP-23	24	12,61	477,17	13. 2. 2020	12,81	476,97	30. 8. 2020	12,75	477,03	0,20
VP-41	24	5,75	445,88	13. 3. 2020	7,80	443,83	10. 9. 2020	6,69	444,94	2,05
VP-44	24	3,65	445,21	13. 3. 2020	8,76	440,10	10. 9. 2020	7,33	441,53	5,11

Do blízkosti terénu sa hladiny podzemnej vody dostali i vo vrtoch P-18, P-32, P-34, P-35 a P-38. Ich maximálne úrovne dosahovali hĺbky v intervale 0,18 až 0,95 m pod terénom. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa v uvedených vrtoch vyskytovali prevažne v júli. V ostatných vrtoch boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané prevažne na konci januára. resp. v prvej polovici februára (až v 22 prípadoch – P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, P-8, P-9, P-13, P-21, P-24, P-25, P-27, P-30, P-33, P-37, VP-23, VP-41, J-317, P-23 a P-29 – max. hladina v uvedených vrtoch sa pohybovala v intervale od 1,05 do 12,69 m pod

terénom) a na konci mája (HG-351, P-12, P-15, P-22, P-26, P-28 a P-31 – max. hladina v uvedených vrtoch sa pohybovala v intervale od 1,05 do 12,69 m pod terénom). V ďalšej skupine monitorovaných objektov boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v marci (J-318), júni (P-20 a VP-44) a septembri (P-10).

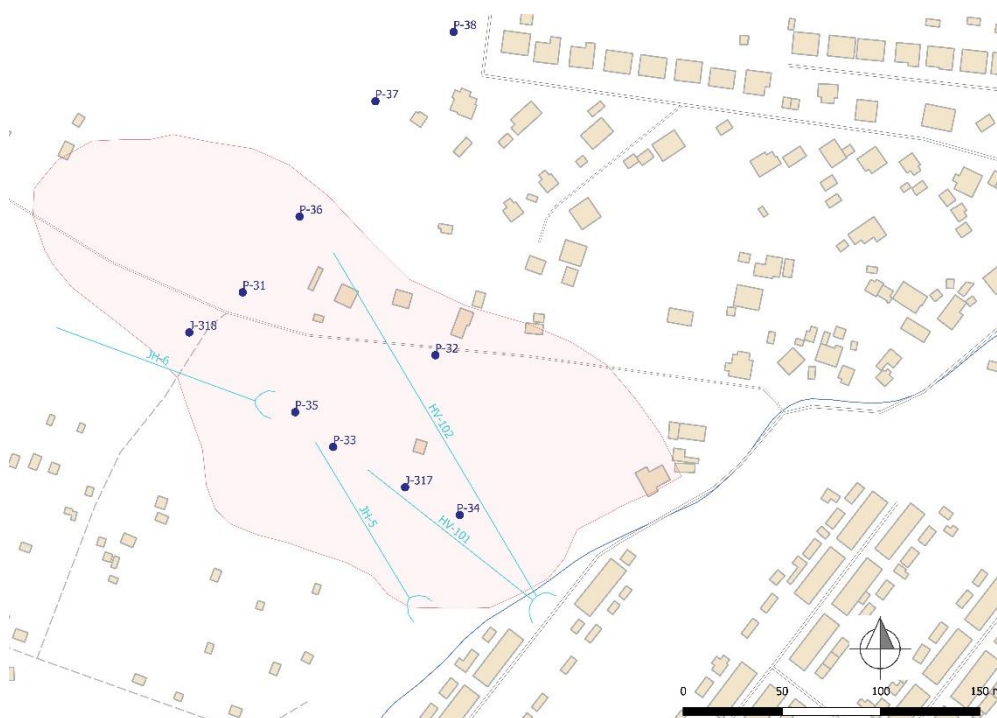
Najhlbšie pod terénom sa hladiny podzemnej vody vyskytovali v rôznych obdobiach roka, najčastejšie však v decembri (P-22, P-4, P-21, P-24, P-30, P-33, P-37, VP-23, P-29 a VP-44). V pätnástich vrtoch klesla hladina podzemnej vody minimálne počas jedného merania do väčšej hĺbky ako je samotná úroveň dna vrtu, teda vrty boli suché. Najčastejšie sa to prejavovalo vo vrtoch P-36 (vrt bol suchý počas všetkých kontrolných meraní) a P-23 (vrt bol suchý prakticky počas celého roka, hladina podzemnej vody bola nameraná len počas 4 kontrolných etáp). Väčšiu časť roka boli suché vrty HG-351, J-317, P-28, P-25 a P-12 (viac ako 13-krát).

Tab. 4.1.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2021.

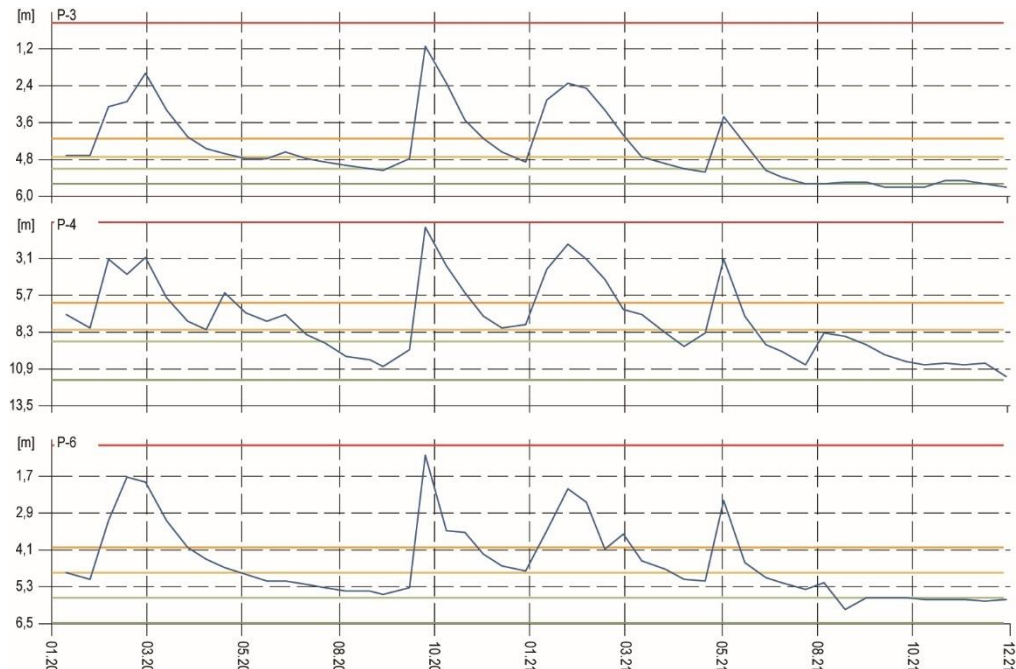
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
HG-351	24	4,56	478,43	28. 5. 2021	suchý					
J-317	24	4,56	485,80	12. 2. 2021	suchý					
J-318	24	4,64	497,97	13. 3. 2021	suchý					
P- 1	24	1,22	430,93	29. 1. 2021	4,97	427,18	28. 9. 2021	3,73	428,42	3,75
P- 2	24	1,60	440,44	29. 1. 2021	4,50	437,54	28. 7. 2021	3,69	438,35	2,90
P- 3	24	2,32	449,46	29. 1. 2021	5,74	446,04	28. 10. 2021	4,80	446,98	3,42
P- 4	24	2,09	447,95	29. 1. 2021	11,48	438,56	28. 12. 2021	8,08	441,96	9,39
P- 5	24	3,36	453,00	29. 1. 2021	4,81	451,55	13. 8. 2021	4,41	451,95	1,45
P- 6	24	2,10	458,65	29. 1. 2021	6,05	454,70	28. 8. 2021	4,79	455,96	3,95
P- 7	24	7,02	436,56	29. 1. 2021	10,12	433,46	28. 7. 2021	9,26	434,32	3,10
P- 8	24	1,45	448,95	29. 1. 2021	6,50	443,90	13. 5. 2021	4,57	445,83	5,05
P- 9	24	8,10	440,11	29. 1. 2021	11,08	437,13	28. 10. 2021	9,93	438,28	2,98
P-10	24	9,18	438,16	28. 9. 2021	11,35	435,99	13. 4. 2021	10,77	436,57	2,17
P-11	24	preliv			0,33	459,13	28. 12. 2021	preliv		
P-12	24	12,12	437,65	28. 5. 2021	suchý					
P-13	24	1,05	462,50	29. 1. 2021	2,43	461,12	28. 7. 2021	1,58	461,97	1,38
P-15	24	10,94	461,81	28. 5. 2021	suchý					
P-16	24	-0,09	475,86	28. 5. 2021	suchý					
P-18	24	preliv			suchý			preliv, suchý		
P-20	24	4,63	425,58	13. 6. 2021	5,79	424,42	28. 8. 2021	5,23	424,98	1,16
P-21	24	1,65	447,03	29. 1. 2021	3,53	445,15	28. 12. 2021	3,04	445,64	1,88
P-22	24	6,86	440,17	28. 5. 2021	7,71	439,32	13. 12. 2021	7,44	439,59	0,85
P-23	24	1,90	454,25	12. 2. 2021	3,52	452,63	10. 7. 2021	2,82	453,33	1,62
P-24	24	2,10	449,91	29. 1. 2021	4,15	447,86	28. 12. 2021	3,22	448,80	2,05
P-25	24	10,51	477,09	29. 1. 2021	suchý					
P-26	24	11,37	473,34	28. 5. 2021	suchý					
P-27	24	10,43	470,72	29. 1. 2021	suchý					
P-28	24	4,26	482,02	28. 5. 2021	suchý					
P-29	24	12,35	462,07	12. 2. 2021	suchý					
P-30	24	11,36	468,84	29. 1. 2021	suchý					
P-31	24	4,45	497,85	28. 5. 2021	6,63	495,67	13. 4. 2021	6,30	496,00	2,18
P-32	24	0,14	490,74	29. 1. 2021	1,76	489,12	10. 7. 2021	1,27	489,61	1,62
P-33	24	3,80	491,28	29. 1. 2021	5,43	489,65	28. 12. 2021	4,85	490,23	1,63
P-34	24	preliv			2,45	482,37	10. 7. 2021	preliv		
P-35	24	0,90	496,54	29. 1. 2021	2,45	494,99	28. 7. 2021	1,76	495,68	1,55
P-36	24	permanentne suchý								
P-37	24	preliv			6,95	495,19	28. 12. 2021	preliv		
P-38	24	0,62	501,46	29. 1. 2021	suchý					
VP-23	24	12,69	477,09	29. 1. 2021	13,00	476,78	28. 12. 2021	12,87	476,91	0,31
VP-41	24	6,15	445,48	29. 1. 2021	8,05	443,58	28. 7. 2021	7,16	444,47	1,90
VP-44	24	3,45	445,41	13. 6. 2021	9,97	438,89	28. 12. 2021	8,02	440,84	6,52

Priemernú hĺbku hladiny podzemnej vody v roku 2021 celej lokality, podobne ako v predchádzajúcom roku, nie je možné stanoviť, pretože vo veľkej časti monitorovacích vrtov dochádzalo k jej poklesu pod úroveň dna vrtu, alebo naopak k jej prelivu cez ústie pažnice. Z tohto dôvodu poukazujeme len na zásadné rozdiely v priemerných hodnotách hladiny

podzemnej vody v jednotlivých vrtoch medzi aktuálnym a predchádzajúcim rokom.



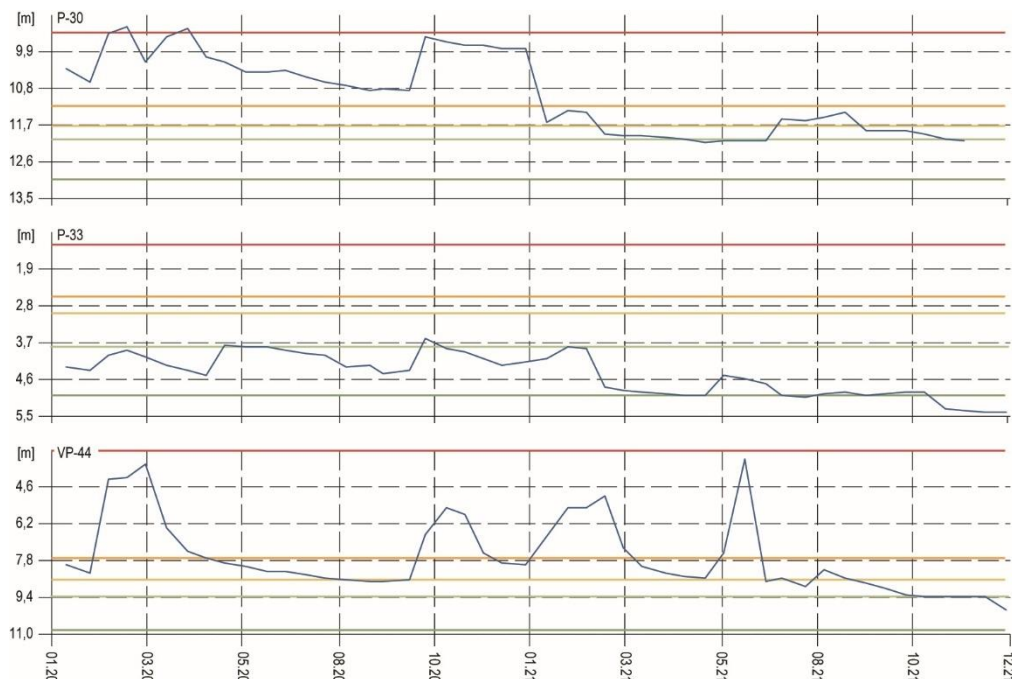
Obr. 4.1.6. Lokality Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Jánošíkovej cesty – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrto); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.1.7. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2020 a 2021, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

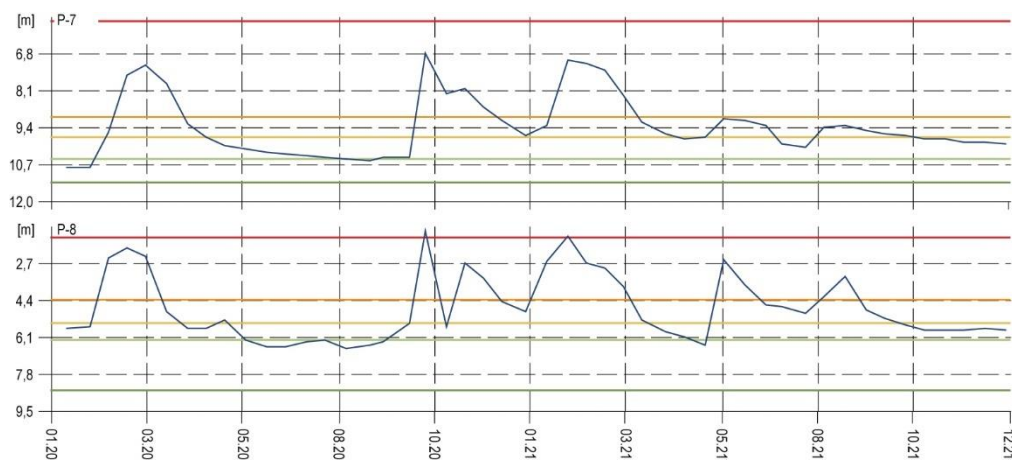
Najvýraznejší vzostup priemernej hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody bol zaznamenaný vo vrte P-13. V porovnaní s rokom 2020 došlo k vzostupu hladiny až o 1,23 m.

O niečo nižšie hodnoty medziročného vzostupu hladiny podzemnej vody boli pozorované aj vo vrtoch P-20 (0,63 m), P-8 (0,38 m), P-7 (0,20 m) a P-29 (0,02 m). Naopak, priemerná hladina podzemnej vody v porovnaní s predchádzajúcim rokom poklesla vo vrtoch P-9 (0,50 m), P-6 (0,52 m), VP-44 (0,69 m), P-3 (0,70 m), P-33 (0,75 m), P-4 (1,16 m) a P-30 (1,72 m – obr. 4.1.5).

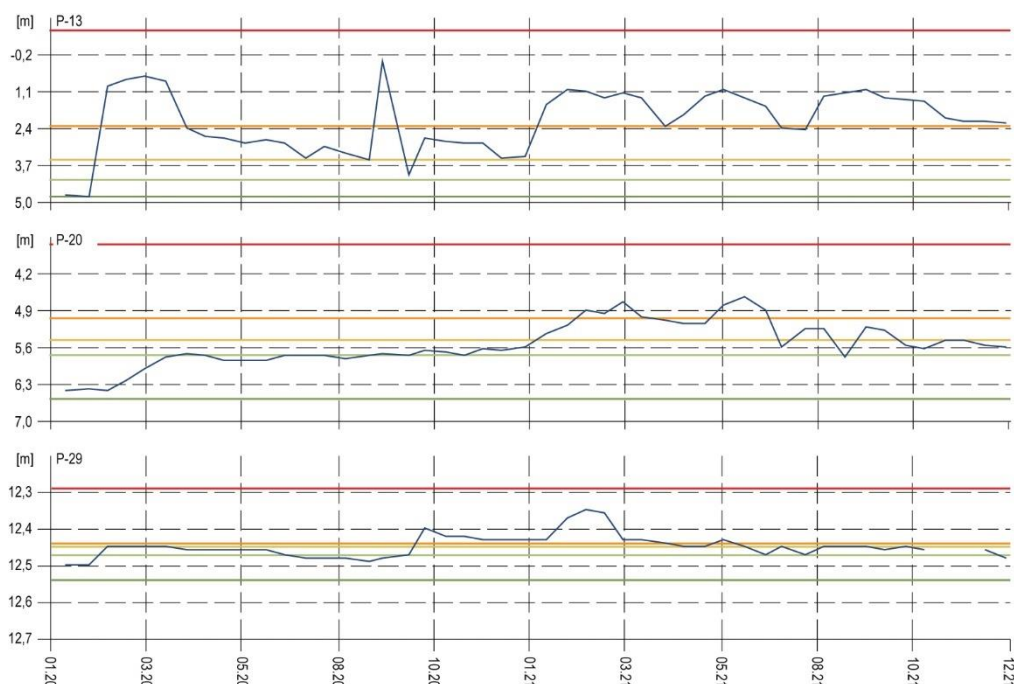


Obr. 4.1.8. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2020 a 2021, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

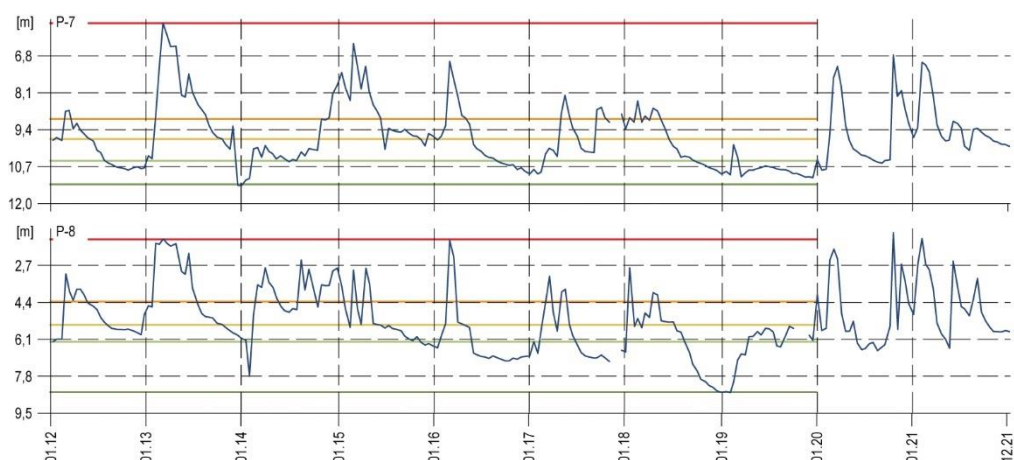
Celkovo možno konštatovať, že priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,11 (vrt P-11) do 12,87 m pod terénom (vrt VP-23). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte P-4 (9,39 m). Podobne ako v predchádzajúcich rokoch, ešte výraznejšie zmeny je možné predpokladať vo vrte P-18, v ktorom sa počas roka vystriedali súčasne preliv podzemnej vody cez ochrannú pažnicu a pokles hladiny pod dno vrtu.



Obr. 4.1.9. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2020 a 2021, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

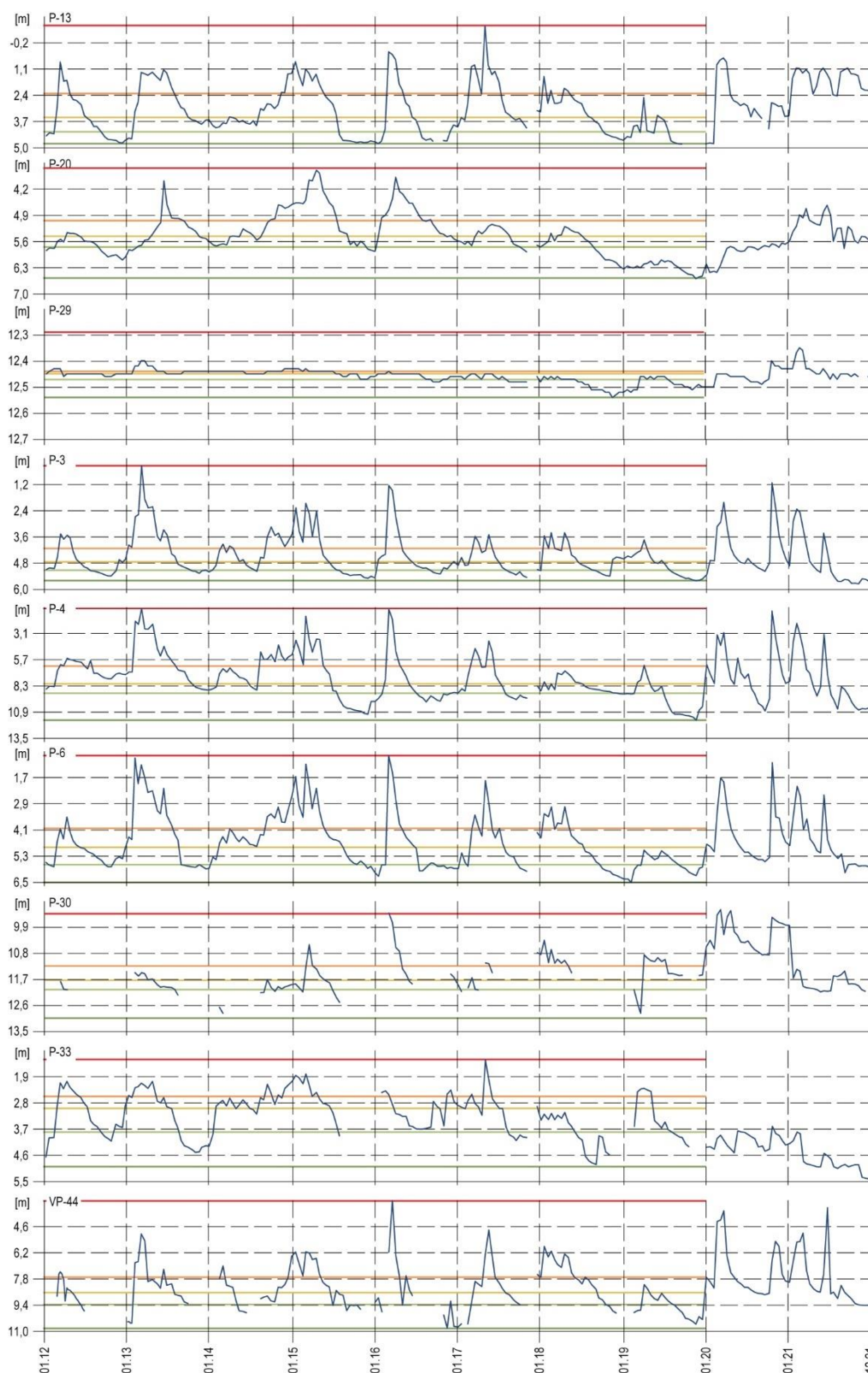


Obr. 4.1.10. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2020 a 2021, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.1.11. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2012 až 2021 vo vybratých vrtoch, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Z vývoja sledovaných ukazovateľov na obr. 4.1.11 a 4.1.12 vyplýva určitá periodicitu ročného cyklu zmien hladiny podzemnej vody. Najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody sú zvyčajne spojené s topením snehovej pokrývky a jarnými zrážkovými úhrnmi. Z tohto dôvodu je ich výskyt spätý s mesiacmi marec a apríl. Výskyt minimálnych stavov hladiny podzemnej vody sa taktiež vyznačuje určitou periodicitou, varíruje v období jesenného a zimného obdobia. V roku 2021 bola nameraná najvyššia hladina za celé obdobie monitorovania vo vrtoch P-21 a P-25 (v oboch vrtoch súčasne 29. januára). V hodnotenej dekáde sa podobné maximá vyskytli najmä v roku 2015 (až v 5 vrtoch – P-26, P-27, P-28, P-34 a P-37). Vo viacerých vrtoch sa



Obr. 4.1.12. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2012 až 2021 vo vybratých vrtoch, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

hladiny podzemnej vody dostávajú do blízkosti terénu, prípadne vystupujú nad terén. Najnepriaznivejší stav – preliv podzemnej vody cez ústie pažnice, bol v poslednom desaťročí zaznamenaný počas 236 kontrolných etáp. Najčastejšie vo vrtoch P-11 (za posledných 10 rokov je to až v 132 prípadoch) a P-18 (75 prípadov), zriedkavejšie vo vrtoch P16 (15 prípadov), P-34 (8 prípadov), P-37 (3 prípady), P-28 (1 prípad), P-13 (1 prípad) a P-38 (1 prípad). Do blízkosti terénu sa dostávajú hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch P-1, 2, 3, 4, 6, 32, 35, 36 a J-317.

a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú automatickými hladinomerami zabezpečované merania v 2 vrtoch (P-17 a P-19; situovanie vrtov je na obr. 4.1.4). Počas hodnotených rokov 2020 a 2021 boli zariadenia, podobne ako v predchádzajúcom období, nastavené na záznam s hodinovým intervalom. V roku 2021 však bolo registrované poškodenie ochrannej pažnice piezometrického vrtu P-17 pasúcim sa hovädzím dobytkom. Ochranná pažnica bola zatlačená do svojho podložia o viac ako 75 cm. Z dôvodu zmeny nadmorskej výšky odmerného bodu (zmena hĺbky inštalácie automatického hladinomeru vo vrte) sú namerané hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody nereprezentatívne a nie je ich možné využiť pri hodnotení režimových ukazovateľov.

Dlhodobým problémom monitorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v uvedených vrtoch je mimoriadne intenzívne kolísanie hladiny podzemnej vody, a to až nad úroveň terénu. Spomenuté kolísanie je spôsobené v dôsledku prestupu podzemných vôd z viacerých horizontov s rôznymi hydraulickými gradientmi. Monitorovacie zariadenia nie sú schopné zaznamenávať hodnoty hladiny podzemnej vody nad terénom. Znamená to, že v situáciách výskytu pozitívnej vztlakovej hladiny dochádza k výpadku záznamu. Z tohto dôvodu sú spracované len údaje, ktoré boli priamo namerané.

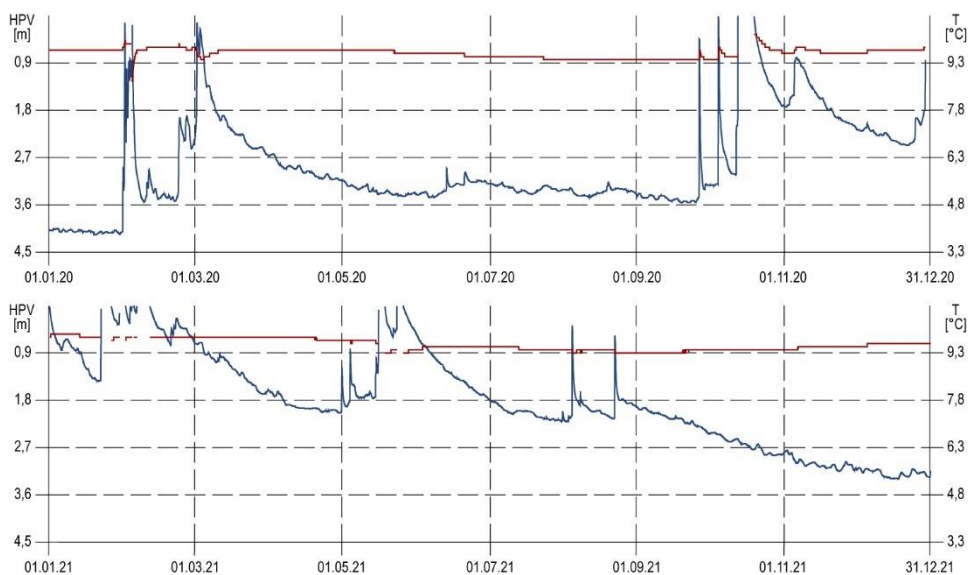
Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2020 a 2021 sú znázornené na obr. 4.1.13 a výsledky za dlhšie obdobie monitorovania, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, na obr. 4.1.14. Základné štatistické hodnotenia sú prezentované v tab. 4.1.5 a 4.1.6.

V roku 2020 bola hladina podzemnej vody vo vrte P-17 nad úrovňou terénu nameraná 712 krát (počas 41 dní; prvýkrát nameraná 2. februára a posledný 31. decembra), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný nárast. Minimálny stav bol zaznamenaný na konci letného obdobia 22. septembra s hĺbkou 6,0 m pod terénom (467,62 m n. m.). Následne, najmä v súvislosti s intenzívnymi zrážkami hladina začala v druhej polovici septembra prudko stúpať. Do konca roka oscilovala v intervale 2,19 m pod terénom až po úroveň terénu (kolísanie bolo spôsobené natekaním vody do vrtu zo „stredného“ a „vrchného“ horizontu). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody (nie sú v nej zahrnuté termíny s hladinou nad úrovňou terénu) dosiahla v roku 2020 hodnotu 2,82 m pod terénom (468,78 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 2,75 m. Celkové kolísanie hladiny počas roka sa nachádzalo na úrovni 6,0 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,55 m pod terénom, 2. kvartil 2,20 m pod terénom a 3. kvartil 1,84 m pod terénom.

Tab. 4.1.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2020.

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	8783	0,00	473,62	2. 2. 2020	6,00	467,62	22. 9. 2020	2,82	470,80	6,00
P-19	8784	0,00	435,43	12. 10. 2020	4,17	431,26	20. 1. 2020	2,88	432,55	4,16

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,1 °C počas 1. januára, naopak, najnižšia teplota (9,6 °C) bola zaznamenaná 12. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,86 °C.



Obr. 4.1.13 Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2020 a 2021 vo vrte P-19 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os – T).

Tab. 4.1.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2021.

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	8323	0,00	435,43	1. 1. 2021	3,30	432,13	18. 12. 2021	1,86	433,57	3,30

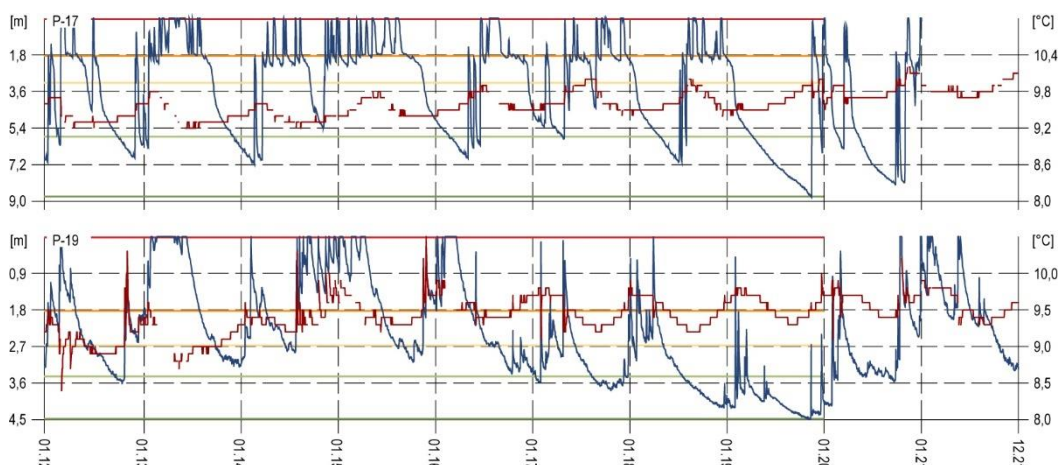
Vo vrte P-19 v roku 2020 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná na úrovni terénu (435,43 m n. m.; prvý výskyt bol zaznamenaný 4. februára). Priebeh hladiny podzemnej vody mal počas roka mierne vzostupný trend. Minimálna hladina bola nameraná 20. januára (4,17 m pod terénom – 431,26 m n. m.). Na prelome januára a februára začala hladina prudko stúpať. Podobných náhlych vzostupov, najmä vplyvom natekania vôd z plytších horizontov, bolo v hodnotenom roku viacero. Ich výskyt bol spojený s intenzívnymi zimnými a jarnými zrážkami. V letnom období sa zrážkové udalosti prejavovali na zmenách hladiny podzemnej vody len minimálne. Jesenné minimum hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané v druhej polovici septembra. V dôsledku výskytu intenzívnejších jesenných zrážok došlo hlavne počas októbra k viacerým výrazným vzostupom hladiny. Hladina podzemnej vody počas novembra, ale i decembra mala prevažne zostupný charakter. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 2,88 m pod terénom (432,38 m n. m.), čo je oproti roku 2019 vzostup o 1,12 m. Kolísanie hladiny podzemnej vody počas roka dosiahlo 4,16 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,40 m pod terénom, 2. kvartil 3,22 m pod terénom a 3. kvartil 2,28 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,2 °C počas 19. októbra, naopak, najnižšia teplota (7,8 °C) bola nameraná 4. februára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,61 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas roku 2020 predstavovala 2,4 °C.

V roku 2021 maximálna hladina podzemnej vody opätovne vystúpila nad úroveň terénu (435,43 m n. m.). Počas hodnoteného roka sa táto situácia opakovala viackrát, posledný krát sa hladina podzemnej vody dostala k terénu na konci mája. Od tohto obdobia mal priebeh hladiny

podzemnej vody klesajúci priebeh s dvoma náhlymi zmenami úrovne hĺbky hladiny podzemnej vody, ktoré súvisia s natekaním podzemnej vody z plytších horizontov. Minimálna hladina bola nameraná 18. decembra v hĺbke 3,3 m pod terénom (432,13 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 1,86 m pod terénom (433,57 m n. m.), čo je oproti roku 2020 vzostup až o 1,02 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,3 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 1,27 m pod terénom, 2. kvartil 1,95 m pod terénom a 3. kvartil 2,47 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody v roku 2021 dosiahla hodnotu 9,9 °C počas 20. mája, naopak, najnižšia teplota (9,3 °C) bola zaznamenaná 18. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,6 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas roku 2021 predstavovala 0,6 °C.



Obr. 4.1.14 Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi v rokoch 2012 až 2021, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os); štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od januára 2012 do decembra 2019): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia 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. Minimálne stavy hladín podzemnej vody boli vo vrtoch P-17 a P-19 zaznamenané počas roka 2019 (P-17 – 1. február – 8,80 m pod terénom; P-19 – 11. november – 4,5 m pod terénom). Za negatívny aspekt v monitorovaní zmien hladiny podzemnej vody v oboch vrtoch považujeme častý výskyt hladiny podzemnej vody nad úrovňou terénu, ktorý je spôsobený nesprávnym zabudovaním vrtu. Technický nedostatok súvisí s neprimerane dlhou filtračnou časťou vrtu, vďaka čomu je sledované kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody ovplyvňované zmenami v ďalších zvodnených horizontoch. Vo vrte P-17, vzhľadom na už spomenuté poškodenie ochrannej pažnice, bolo ukončené meranie ku dňu 31. december 2020.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko je pozorovaných 13 odvodňovacích zariadení (tab. 4.1.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.1.7 a 4.1.8; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.1.4, 4.1.5 a 4.1.6).

V roku 2020 bolo rovnako, ako v predchádzajúcom roku, zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 13. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na skupinách vrtov, ústiach do šácht D a E (70,59 l.min⁻¹).

O niečo nižšie prietoky ($54,55 \text{ l.min}^{-1}$) vytekali zo šácht A a C a vysoká výdatnosť bola nameraná aj z vrto v šachte F ($50,00 \text{ l.min}^{-1}$). Najvyššie výdatnosti sa vyskytli v marci, februári alebo čiastočne aj v januári, ale počas roka sa zopakovali buď v letnom období alebo prvej polovici októbra.

Tab. 4.1.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2020.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
A	24	54,55	13. 3. 2020	10,08	13. 7. 2020	19,40	44,47
C	23	54,55	13. 3. 2020	9,84	12. 8. 2020	19,89	44,71
D	23	70,59	13. 2. 2020	66,67	13. 1. 2020	67,51	3,92
E	24	70,59	13. 1. 2020	61,22	12. 11. 2020	67,12	9,37
F	24	50,00	28. 2. 2020	8,70	12. 8. 2020	18,31	41,3
HV-101	24	0,85	28. 2. 2020	0,32	28. 10. 2020	0,56	0,53
HV-102	24	0,85	13. 1. 2020	0,00	30. 8. 2020	0,49	0,85
HV-6	24	kvapkanie					
HV-7	24	35,29	13. 3. 2020	7,32		12,99	27,97
HV-8a	24	kvapkanie					
HV-8b	24						
JH-5	24	66,67	12. 10. 2020	0,00	13. 1. 2020	5,41	66,67
JH-6	24	1,17	12. 10. 2020	0,68	28. 2. 2020	0,90	0,49

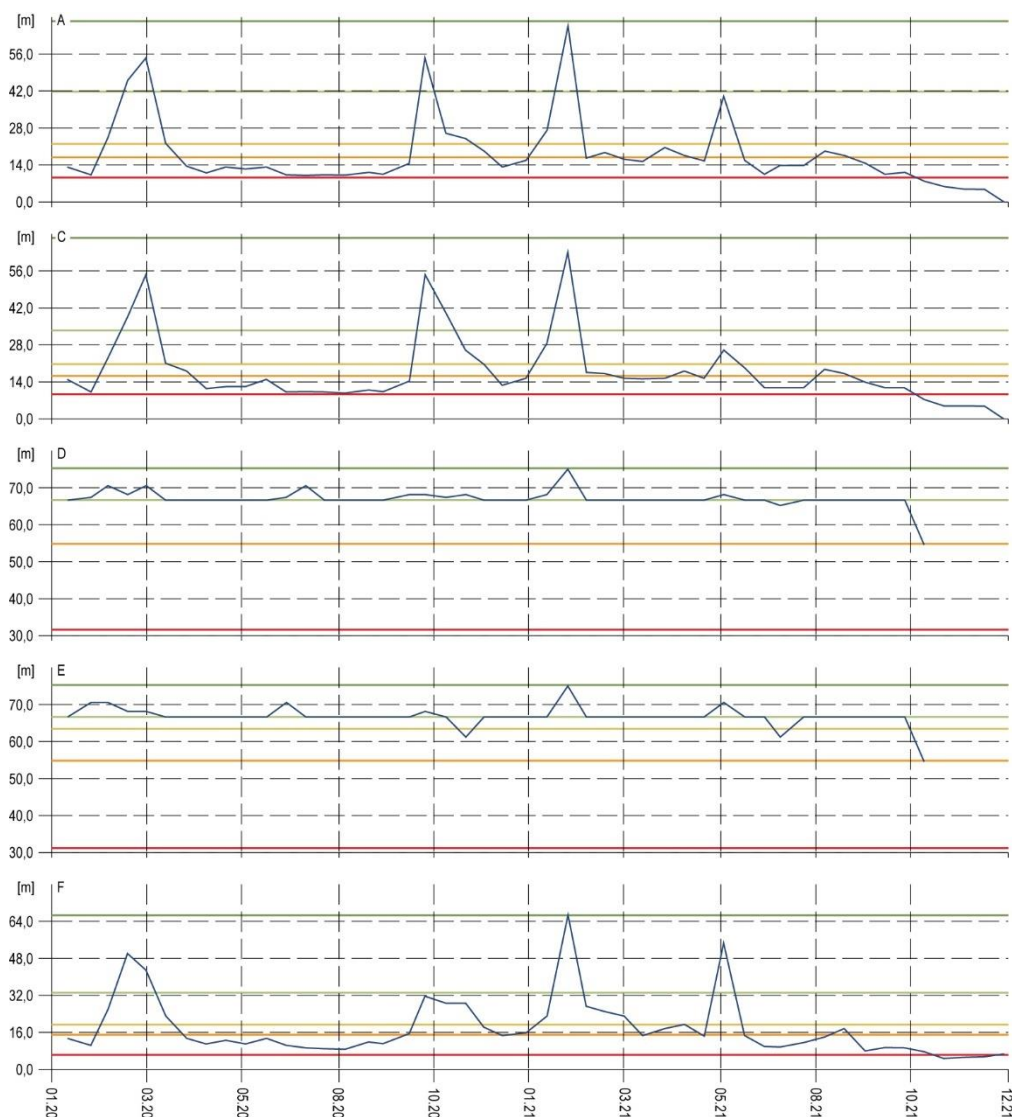
Maximálne prietoky na samostatných vrtoch, ktoré sú označené ako HV a JH, sa pohybovali od $0,85 \text{ l.min}^{-1}$ (HV-101, HV-102) až po $66,67 \text{ l.min}^{-1}$ (JH-5) a boli viazané na január až marec, ale tiež na prvú polovicu októbra. Náhle stúpnutie výdatnosti počas roku bolo zaznamenané v júni vo vrte HV-102 a v prvej polovici októbra (vrty JH-5, HV-6).

Minimálne hodnoty výdatnosti na úrovni kvapkania boli sledované vo vrtoch HV-101, HV-102, HV-6, HV-8a a HV-8b. Vrt JH-5 bol suchý počas väčšej časti roka, ale vyznačoval sa vysokými nárazovými prietokmi v marci a októbri. Na výtokových potrubíach zo šácht označených A, C, D, E a F sa minimálne výdatnosti pohybovali v rozsahu od $8,70 \text{ l.min}^{-1}$ (šachta F; 12. august) do $66,67 \text{ l.min}^{-1}$ (šachta D; 13. január). Prietoky vrtov zaústených do šácht D a E sa počas celého roku vyznačovali stabilne vysokými hodnotami. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých objektov s merateľnými prietokmi v roku 2020 dosiahla $212,58 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o viac ako 10% ($24,95 \text{ l.min}^{-1}$). Maximálne kolísanie prietoku drénovanej vody bolo zaznamenané vo vrte JH-5 ($66,67 \text{ l.min}^{-1}$), pričom vrt vykazoval prevažne nulové výdatnosti a občasné nárazové stúpnutia prietoku. Množstvo odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.1.15 a 4.1.16.

Tab. 4.1.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2021.

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	29. 1. 2021	4,84	13. 12. 2021	17,66	61,83
C	23	63,16	29. 1. 2021	4,88	13. 12. 2021	16,62	58,28
D	23	75,00	29. 1. 2021	7,69	27. 11. 2021	56,85	67,31
E	24	75,00	29. 1. 2021	7,06	13. 12. 2021	56,59	67,94
F	24	66,67	29. 1. 2021	4,65	12. 11. 2021	17,45	62,02
HV-101	24	0,92	29. 1. 2021	0,00	13. 3. 2021	0,11	0,92
HV-102	24	0,79	28. 5. 2021	0,00	28. 10. 2021	0,14	0,79
HV-6	24	13,95	29. 1. 2021	0,00	12. 11. 2021	1,15	13,95
HV-7	24	41,38	29. 1. 2021	6,12	26. 2. 2021	10,94	35,26
HV-8a	24	kvapkanie					
HV-8b	24						
JH-5	24	46,15	29. 1. 2021	0,00	27. 3. 2021	2,97	46,15
JH-6	24	11,54	28. 9. 2021	0,00	13. 12. 2021	1,43	11,54

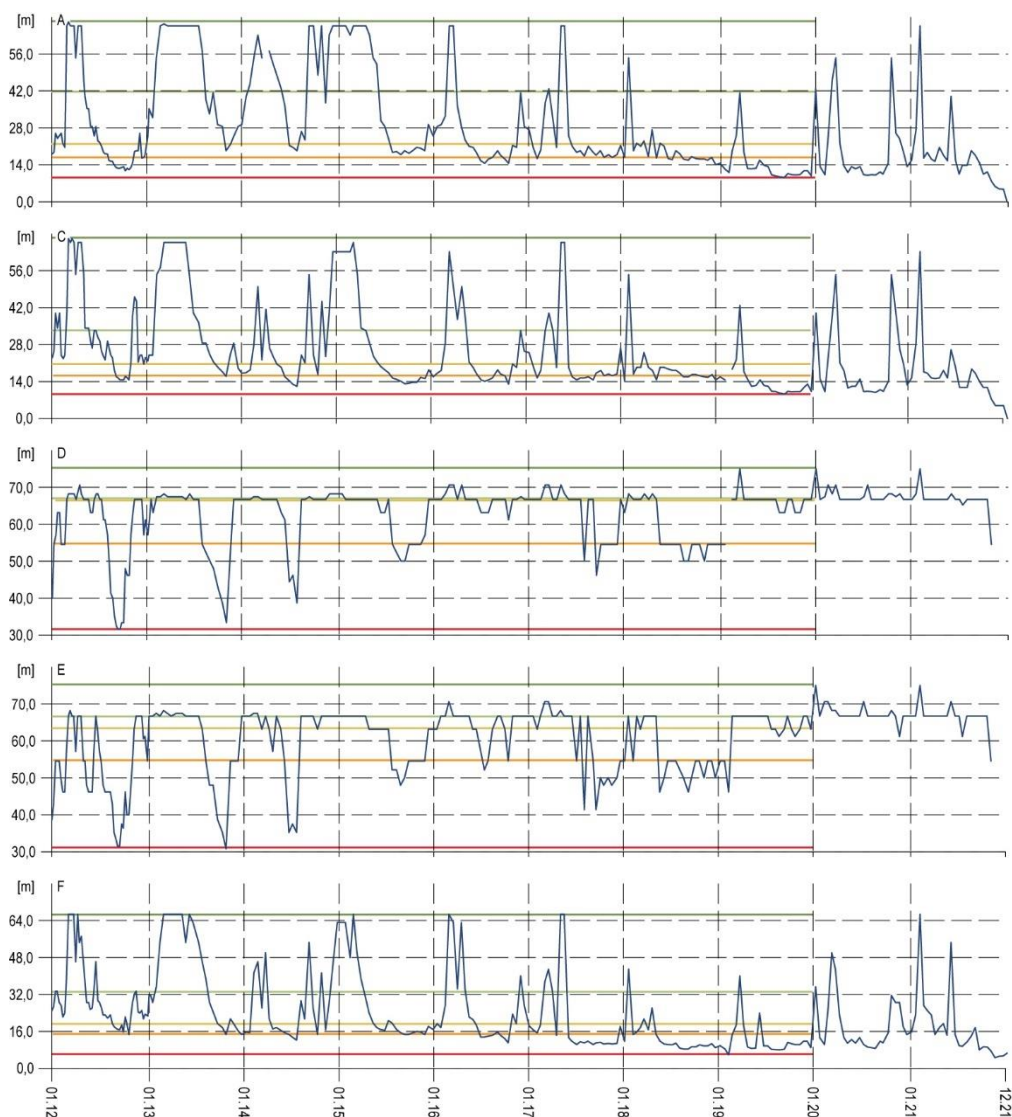
Z analýzy nameraných množstiev odvádzanej vody vyplýva, že v prípadoch zariadení označených sumárne ako A až F prevládajú objemy nad 60 l.min^{-1} . Najefektívnejšie v tomto smere sú odvodňovacie zariadenia D a E, na ktorých výrazne prevládajú výdatnosti v intervale $63,0 - 69,0 \text{ l.min}^{-1}$.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



Obr. 4.1.15 Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2020 a 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

V roku 2021 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 13. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na ústiach potrubí, ktoré odvádzajú vodu zo šácht D a E ($75,0 \text{ l.min}^{-1}$). O niečo nižšie prietoky ($66,67$ a $63,16 \text{ l.min}^{-1}$) vytekali zo šácht A, F a C. Najvyššie výdatnosti boli namerané počas januára. Maximálne prietoky na samostatných vrtoch, ktoré sú označené ako HV a JH, boli podobne, prevažne počas januára (JH-5 – $46,15 \text{ l.min}^{-1}$; HV-7 – $41,38 \text{ l.min}^{-1}$), len vo vrte JH-6 bol max. prietok nameraný na konci septembra. Minimálne hodnoty výdatnosti, na úrovni

kvapkania, boli sledované vo vrtoch HV-101, HV-102, HV-6, HV-8a a HV-8b. V prípade posledných dvoch odvodňovacích zariadení bola táto veľmi nízka výdatnosť sledovaná počas celého roka. Navyše, vrt JH-5 bol počas väčšiny meraní v roku 2021 suchý. Na výtokových potrubiach zo šacht označených A, C, D, E, F sa minimálne výdatnosti pohybovali v rozsahu od $4,65 \text{ l.min}^{-1}$ (šachta F; 12. november) do $7,69 \text{ l.min}^{-1}$ (šachta D; 27. november). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2021 dosiahla $181,89 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o $30,69 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne kolísanie prietoku drénovanej vody bolo zaznamenané na skupine vrtoch E ($67,94 \text{ l.min}^{-1}$). Množstvo odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.1.14 a 4.1.15.



Obr. 4.1.16. Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2012 až 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

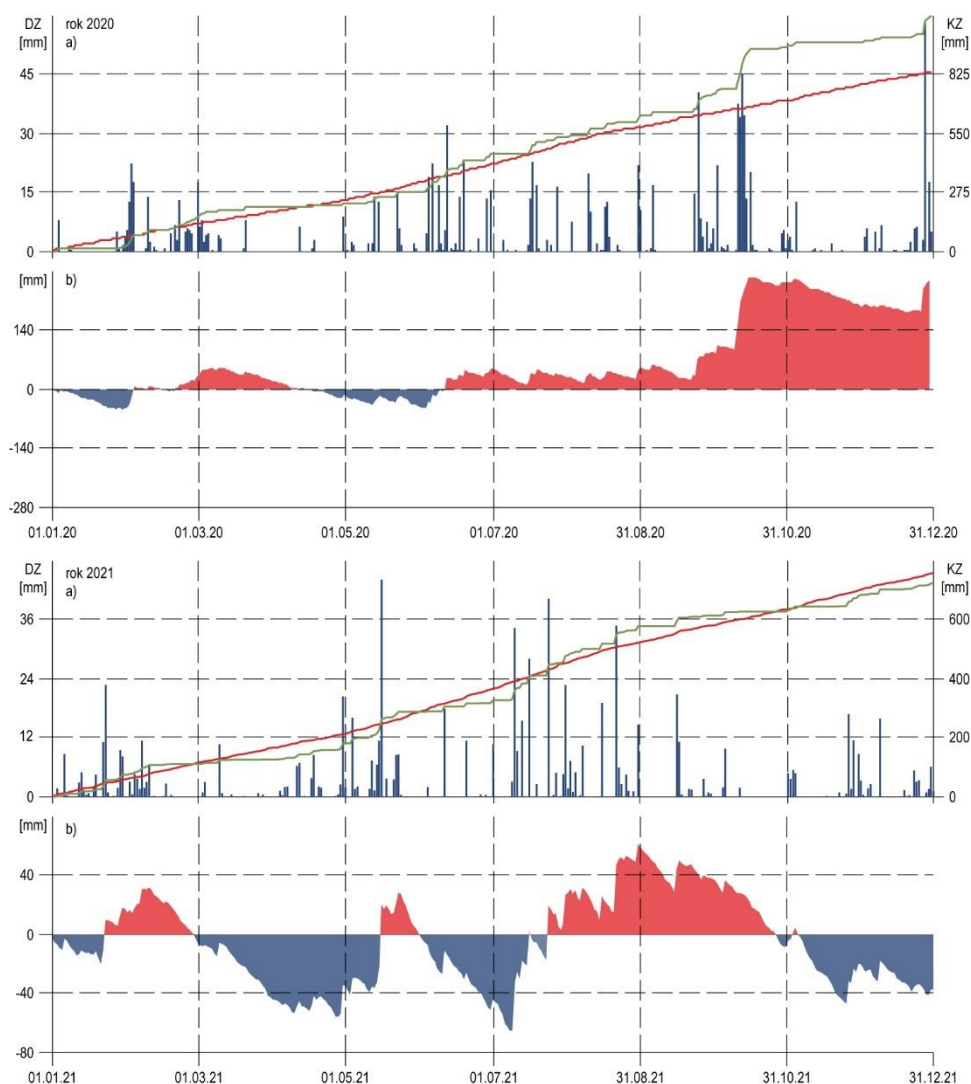
Výdatnosti zo šachty B sú dlhodobo namerané, a to z dôvodu upchatia výtokového potrubia odpadkami. Voda preteká cez okraj záchytnej šachty.

Pri analýze záznamov z posledného desaťročia (obr. 4.1.16 – prezentované sú len odvodňovacie zariadenia A až F; komplexná analýza drenážnych objektov bola prezentovaná v správe za rok 2020 – Ondrejka et al., 2021) možno konštatovať, že vyššie hodnoty sledovanej

spoločnej výdatnosti sú dosahované prevažne v zimných a jarných mesiacoch. Sezónne zmeny výdatnosti súvisia prevažne s režimom kolísania hladiny podzemnej vody. Najvyššie hodnoty výdatnosti sú zaznamenávané najmä v prvej polovici roka a naopak, najnižšie hodnoty počas mesiacov október a november. V roku 2021 boli na odvodňovacích zariadeniach A, C a F zaznamenané najnižšie výdatnosti za posledných 10 rokov. Na uvedených odvodňovacích zariadeniach je už dlhšie obdobie možné pozorovať postupný pokles výdatnosti.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Handlová s indikatívom 30080 (obr. 4.1.17. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2019 predstavuje 834,35 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1328,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 69,5 mm a maximálny mesačný úhrn 288,2 mm (august 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 16. júla 2010 do 15. augusta 2010) dosiahol 335,8 mm.



Obr. 4.1.17 Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080) za obdobie rokov 2020 (grafy I.) a 2021 (grafy II.); a – úhrny atmosférických zrážok: modrá – denné zrážky (os DZ), zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v hodnotenom roku (os KZ), červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok, vypočítané z údajov, ktoré boli na stanici SHMÚ zaznamenané v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2019 (os KZ); b – prebytok (ružová) a deficit (zelená) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v hodnotených rokoch.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1092,80 mm, čo zodpovedá 130,98% dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (228,9 mm) a najvyšší denný úhrn 28. decembra (57,9 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 9,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 19. septembra do 19. októbra (294,10 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 11. marca do 10. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 8,7 mm.

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 797,2 mm, čo zodpovedá 95,55 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (154,0 mm) a najvyšší denný úhrn 17. mája (44,2 mm). Najsuchším mesiacom bol október s 13,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 9. júla do 8. augusta (191,7 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 12. marca do 11. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 7,6 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2021 trvalo 9 dní (od 2. do 10. februára) s úhrnom 36,1 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). Inklinometrickými meraniami v oblasti Jánošíkovej ul. bol v porovnaní s predchádzajúcim obdobím zaznamenaný výrazný nárast pohybovej aktivity. Výsledná deformácia inklinometrickej pažnice v hĺbke šmykovej plochy (5,57 m pod terénom) dosiahla 67,49 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 10,9 mm.rok⁻¹. Azimuty vektorov, zaznamenaných počas monitorovaného obdobia, naznačujú pohyb zosuvného telesa prevažne východným smerom.

V roku 2021 sa pokračovalo v meraniach hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení v rovnakom režime ako v predchádzajúcom roku.

Za mimoriadny vzostup hladiny podzemnej vody možno z dlhodobého hľadiska považovať hodnoty namerané vo vrtoch P-21 a P-25. V obidvoch vrtoch boli zhodne 29. januára zaznamenané najvyššie stavy hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Vrty sa nachádzajú nad odlučnými časťami rozsiahlejšieho zosuvu v oblasti Malá Hôrka. Pomerne vysoké hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody boli namerané i vo vrtoch P-18, P-32, P-34, P-35 a P-38. Za nepriaznivý stav považujeme hlavne prípady, kedy hladiny podzemnej vody vystupujú nad úroveň terénu. V roku 2021, podobne ako v predchádzajúcom roku, boli prelivy pozorované vo vrtoch P-11, P-16, P-18, P-34 a P-38.

Vo vrte P-19, ktorý je vybavený automatickým hladinomerom, došlo k vzostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Vo všeobecnosti sa dá konštatovať, že podzemná voda počas roka zaznamenala dva výrazné vzostupy. Prvý súvisel so zimnými zrážkami (predpokladáme, že čiastočne sa prejavilo i topenie snehovej pokrývky) a druhý s jarnými – májovými zrážkami. Hladinomer inštalovaný vo vrte P-17 nebol v roku 2021 hodnotený, a to v dôsledku porušenia ochrannej pažnice, ktorá predstavuje referenčný odmerný bod pre meranie hĺbky hladiny podzemnej vody.

Viacero vrtov bolo počas monitorovaného obdobia suchých. Vrt P-36 je dlhodobou bez prítomnosti hladiny podzemnej vody, v roku 2021 bol taktiež suchý počas všetkých meraní. Vo vrtoch HG-351, J-317, J-318, P-12, P-15, P-16, P-18, P-25, P-26, P-27, P-28, P-29, P-30 a P-38 bol minimálne počas jedného merania zaznamenaný stav bez podzemnej vody. Vo vrte P-18 bol počas roka 2021 zaznamenaný súčasne stav bez vody, teda vrt bol suchý a zároveň i stav s hladinou podzemnej vody nad úrovňou ústia ochrannej pažnice, teda preliv. Znamená to, že voda v uvedenom vrte má veľmi výrazné kolísanie (ide však len o zdanlivé kolísanie, ktoré je spôsobené tým, že filtračná časť vrtu zachytáva viaceré zvodnené vrstvy, ktoré majú výrazne odlišné hydraulické parametre. Na hodnotenej lokalite však nejde o ojedinelý problém.

Podobné vystrojenie pozorovacích vrtov – neúmerne dlhé filtračné časti – sú na lokalite bežné. Vďaka tejto skutočnosti dochádza k prepojeniu viacerých zvodnených horizontov a namerané zmeny hĺbky hladiny sú z tohto dôvodu neobjektívne. Uvedený vplyv nie je možné vždy jednoznačne identifikovať).

V prípade odvodňovacích vrtov došlo k medziročnému poklesu sumárnej priemernej výdatnosti o $30,69 \text{ l.min}^{-1}$. Negatívnou skutočnosťou v monitorovanej oblasti nad železničným oblúkom je, že odtokové potrubie zo šachty B je dlhodobo zapchaté odpadkami. Voda vyteká cez revíznú šachtu.

V roku 2022 plánujeme pokračovať v rovnakých monitorovacích aktivitách ako v predchádzajúcom roku. Zabezpečené budú inklinometrické merania a režimové pozorovania. Okrem terénnych meraní bude zabezpečený zber údajov z automatického zariadenia a spracované budú aj klimatické údaje zo stanice SHMÚ.

1.4.2. 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 a Mokrá, 1999). V rámci prieskumu bola vybudovaná sieť objektov, umožňujúcich vykonávať inklinometrické merania, ako aj režimové pozorovania. K jej modernizácii došlo počas roka 2014. Do existujúceho inklinometrického vrtu bola inštalovaná stacionárna inklinometrická sonda a automatický hladinomer. Modernizácia monitorovacích zariadení prebehla v rámci riešenia projektu „Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza“ (Ilkanič et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014). Súčasťou geologickej úlohy bola i revízia a rekonštrukcia odvodňovacích zariadení.

Po období overovania pohybovej aktivity zosuvného územia, bola stacionárna inklinometrická sonda v roku 2016 odinštalovaná a premiestnená v rámci monitorovacej siete na zosuv Prievidza-Hradec. Zosuvné územie Prievidza-Hradec aktuálne predstavovalo vážnu hrozbu pre viaceré obytné stavebné objekty.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2020 a 2021

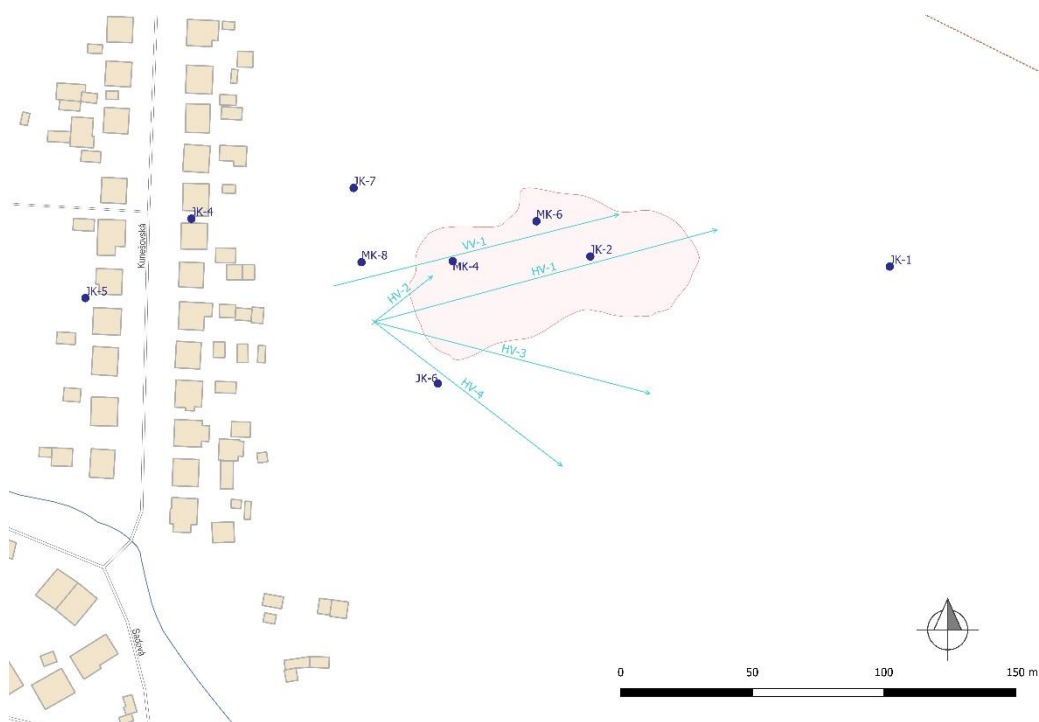
Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021, sú zhrnuté v tab. 4.2.1.

Tab. 4.2.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	9	JK-1, 2, 4, 5, 6, 7 MK-4, 6, 8	24 (2x za mesiac)	24 (2x za mesiac)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, 3, 4, spoločný výtok drenážneho systému pri potoku – „VÝTOK“	24 (2x za mesiac)	24 (2x za mesiac)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 9 vrtoch (tab. 4.2.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.2.2 a 4.2.3; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.2.1). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2020 a 2021 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.2.2. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za dlhšie obdobie monitorovania sú znázornené na obr. 4.2.3.



Obr. 4.2.1. 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 subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi); ohraničenie zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.

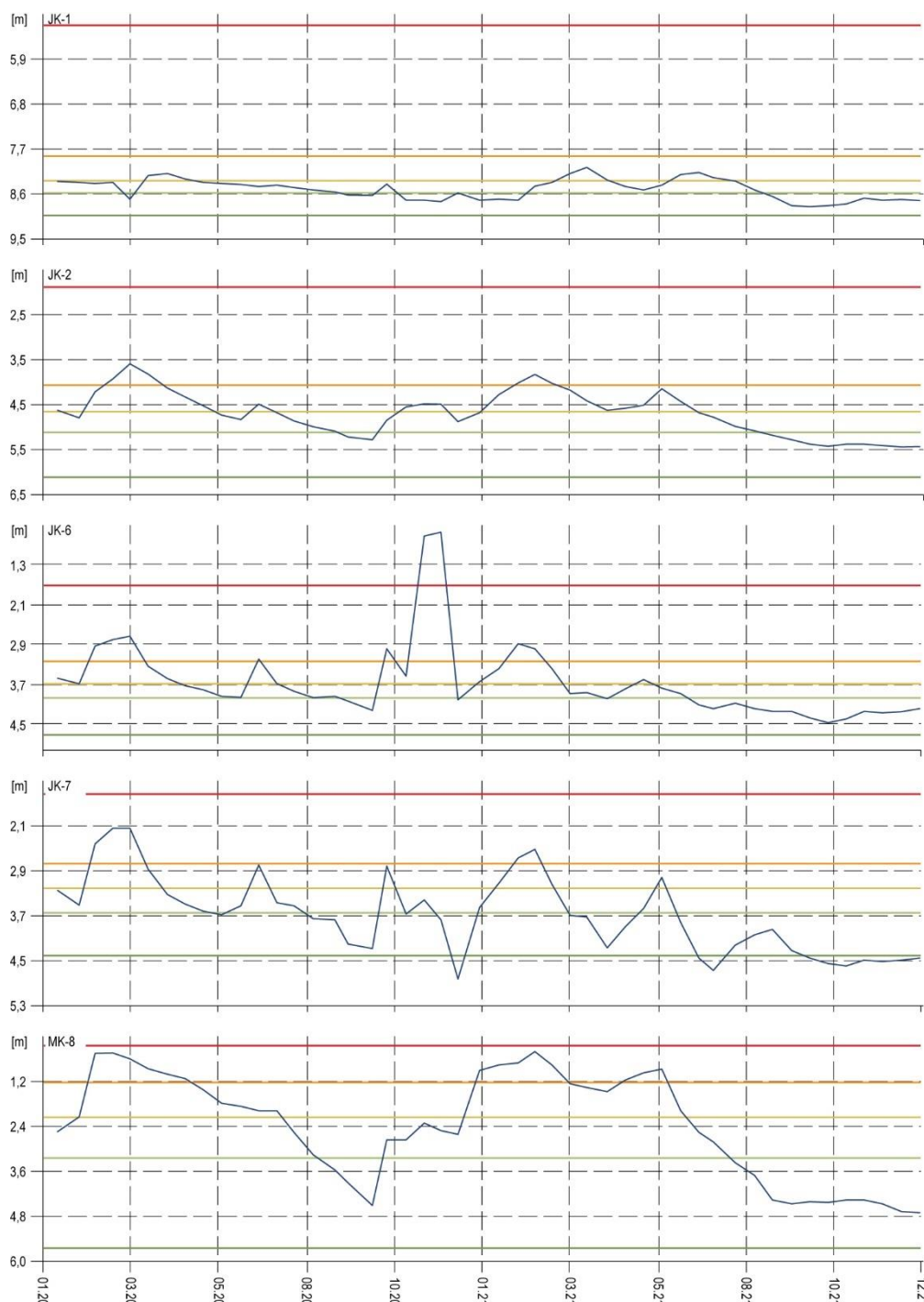
Tab. 4.2.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2020.

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	8,19	501,74	13. 4. 2020	8,75	501,18	26. 11. 2020	8,48	501,45	0,56
JK-2	24	3,59	488,59	13. 3. 2020	5,28	486,90	30. 9. 2020	4,59	487,59	1,69
JK-4	24	1,09	472,23	12. 10. 2020	2,10	471,22	12. 8. 2020	1,60	471,72	1,01
JK-5	24	0,95	468,80	28. 10. 2020	1,87	467,88	28. 4. 2020	1,37	468,38	0,92
JK-6	24	0,64	484,88	26. 11. 2020	4,20	481,32	30. 9. 2020	3,34	482,18	3,56
JK-7	24	2,14	478,23	28. 2. 2020	4,82	475,55	10. 12. 2020	3,41	476,96	2,68
MK-4	24	2,16	483,44	12. 10. 2020	5,56	480,04	12. 11. 2020	3,55	482,05	3,40
MK-6	24	0,45	488,96	12. 10. 2020	3,64	485,77	26. 11. 2020	2,48	486,93	3,19
MK-8	24	0,44	480,80	28. 2. 2020	4,51	476,73	30. 9. 2020	2,07	479,17	4,07

V roku 2020 sa pokračovalo v zaužívanom režime monitorovacích meraní. Merania sa začali vykonávať 13. januára a posledné meranie bolo zabezpečené 28. decembra. Maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané koncom zimného obdobia (vrty JK-2, JK-7, MK-8 – 28. februára) alebo v októbri (vrty JK-4, JK-5, MK-4, MK-6 – 12. a 28. októbra). Výška hladiny pri maximálnych stavoch vo vrtoch JK-4, JK-5, JK-6, MK-6 a MK-8 vystúpila blízko k terénu (0,44 až 1,09 m pod terénom).

Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte JK-1 (8,75 m – 26. novembra). V ostatných vrtoch hladina podzemnej vody poklesla, prevažne v jesennom období, na úroveň 1,87 až 5,28 m pod terénom. Vo vrte MK-6 hladina počas roka poklesla väčšinou pod úroveň dna vrtu (20 prípadov z 24 meraní); v prvej polovici októbra hladina náhle vystúpila k blízkosti terénu (0,45 m pod terénom – 12. októbra).

Priemerná hladina podzemnej vody vo vrtoch, ktoré počas roku 2020 neboli suché, dosiahla hĺbku 3,43 m pod terénom, čo je vzostup o 0,54 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,37 m (vrt JK-5) do 8,48 m pod terénom (vrt JK-1). Najvýraznejšie kolísanie

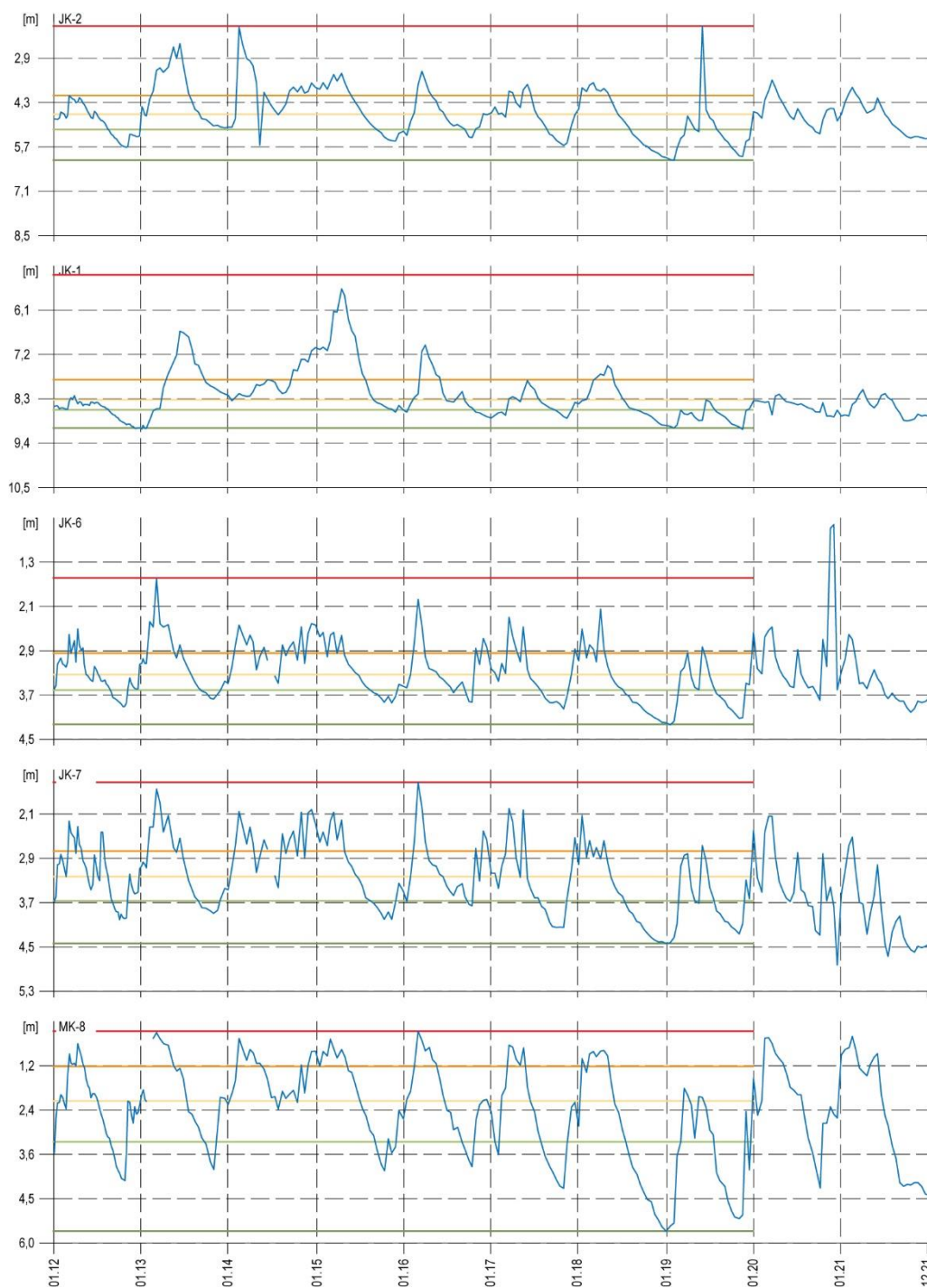


Obr. 4.2.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Kunešovská cesta namerané v rokoch 2020 a 2021, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch MK-8 (4,07 m), JK-6 (3,56 m) a MK-4 (3,40 m). Minimálne kolísanie hladiny bolo vo vrtoch JK-1 (0,56 m), JK-5 (0,92 m) a JK-4 (1,01 m).

V roku 2021, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, bolo zabezpečených 24 kontrolných etapových meraní (od 13. januára do 28. decembra). Maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané prevažne v zimnom (vrty: JK-6 – 29. januára, JK-2, JK-7, MK-4, a MK-8 – 12. februára), ojedinele však i v jarnom a letnom období (vrty: JK-1, JK-4 – 27. marca a JK-5 – 10. júla). Výška hladiny pri maximálnych stavoch sa v týchto vrtoch

pohybovala od 0,41 do 8,07 m pod terénom. Vzostup hladiny v zimnom a jarnom období súvisel s výdatnejšími zrážkami (obr. 4.1.17).



Obr. 4.2.3. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, namerané v rokoch 2012 až 2021, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte JK-1. Jej minimálna hladina bola nameraná v hĺbke 8,85 m pod terénom (28. september). Výskyt minimálnych stavov podzemnej vody bol pozorovaný od júla do konca roka. Vrt MK-6 bol suchý počas celého roku, tento stav pretrváva dlhodobo.

Priemerná hladina podzemnej vody vo vrtoch, ktoré počas roku 2021 neboli suché, dosiahla hĺbku 3,87 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,44 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,50 m (vrt JK-5) do 8,52 m pod terénom (vrt JK-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte MK-8 (4,29 m). Naopak, minimálne kolísanie hladiny bolo vo vrtoch JK-1 (0,78 m) a JK-5 (0,86 m).

Tab. 4.2.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2021.

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	8,07	501,86	27. 3. 2021	8,85	501,08	28. 9. 2021	8,52	501,41	0,78
JK-2	24	3,83	488,35	12. 2. 2021	5,44	486,74	13. 12. 2021	4,79	487,39	1,61
JK-4	24	1,10	472,22	27. 3. 2021	2,83	470,49	28. 7. 2021	1,83	471,49	1,73
JK-5	24	1,04	468,71	10. 7. 2021	1,90	467,85	13. 8. 2021	1,50	468,25	0,86
JK-6	24	2,87	482,65	29. 1. 2021	4,45	481,07	13. 10. 2021	3,93	481,59	1,58
JK-7	24	2,52	477,85	12. 2. 2021	4,67	475,70	10. 7. 2021	3,94	476,43	2,15
MK-4	24	2,59	483,01	12. 2. 2021	4,46	481,14	13. 9. 2021	3,78	481,82	1,87
MK-6	24	suchý								
MK-8	24	0,41	480,83	12. 2. 2021	4,70	476,54	28. 12. 2021	2,68	478,56	4,29

Kolísanie hladiny podzemnej vody za posledné desaťročné obdobie je odrazom ročných klimatických cyklov (obr. 4.2.3). Sledované hladiny podzemnej vody najvyššie vystupujú v jarých obdobiach, resp. na konci zimného alebo začiatku letného obdobia. Naopak, najhlbšie klesajú na konci letného a počas jesenného obdobia (v niektorých prípadoch i na začiatku zimného obdobia). Historicky najvyššie hladiny podzemnej vody boli namerané prevažne v roku 2010 (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). Za posledné desaťrocie boli najvyššie hladiny podzemnej vody namerané v rokoch 2020 (MK-4 – 12. október – 2,16 m pod terénom, MK-6 – 12. október – 0,45 m pod terénom, JK-6 – 26. november – 0,64 m pod terénom), 2019 (JK-2 – 28. máj – 1,89, m pod terénom), 2016 (JK-4 – 27. február – 0,56 m pod terénom, JK-7 – 27. február – 1,53 m pod terénom, MK-8 – 27. február – 0,27 m pod terénom), 2015 (JK-1 – 14. apríl – 5,57 m pod terénom), 2014 (JK-5 – 26. november – 0,9 m pod terénom) a 2013 (JK-3 – 22. apríl – 1,14 m pod terénom).

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2020 a 2021 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. (tab. 4.2.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.2.4 a 4.2.5; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.2.1).

Tab. 4.2.4. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2020.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
HV-1	24	1,70	13. 3. 2020	0,26	13. 6. 2020	0,71	1,44
HV-3	24	1,78	12. 10. 2020	0,70	30. 9. 2020	1,10	1,08
HV-4	24	2,83	12. 10. 2020	0,23	30. 9. 2020	0,55	2,60
VÝTOK	24	25,00	13. 2. 2020	0,00	13. 1. 2020	3,64	25,00

V roku 2020 boli merania realizované od 13. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť zo samotných odvodňovacích vrtov bola nameraná vo vrte HV-4 (2,83 l.min⁻¹ – 12. október). V tento istý termín bola zaznamenaná aj najvyššia výdatnosť vo vrte HV-3 (1,78 l.min⁻¹). V obidvoch vrtoch išlo o nárazové stúpnutie prietoku súvisiace s výrazným vzostupom hladiny podzemnej vody v prvej polovici októbra. Podobná hodnota výdatnosti (1,70 l.min⁻¹) bola nameraná aj vo vrte HV-1 (13. marec). Na odvodňovacom zariadení „VÝTOK“ bola nameraná maximálna hodnota 25,00 l.min⁻¹ 13. februára, avšak pri meraní 12. októbra bol prietok ešte vyšší, pretože výtokový objekt bol zaplavený vodou a teda

nemerateľný. Pred týmto termínom bolo zaznamenané 6-mesačné obdobie s nulovým prietokom a 12. októbra došlo k extrémnemu zvýšeniu prietoku.

Najnižšie výdatnosti boli namerané vo vrte HV-1 a odvodňovacom zariadení „VÝTOK“. Obe odvodňovacie zariadenia boli počas roka suché, prípadne z nich voda len kvapkala (odvodňovacie potrubie „VÝTOK“ bolo počas 14 meraní suché). Vrt HV-1 vykazoval v piatich prípadoch iba kvapkanie. Odvodňovaciu funkciu počas celého roku plnili vrty HV-3 a HV-4.



Obr. 4.2.5. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch na zosuvnej lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2020 a 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrty), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

Priemerné výdatnosti vo vrtoch HV-1, HV-3 a „VÝTOK“ boli vyššie ako v predchádzajúcom roku a pohybovali sa od $0,71 \text{ l.min}^{-1}$ (HV-1) do $3,64 \text{ l.min}^{-1}$ („VÝTOK“). Najmä vo výtokovom objekte to predstavuje viac ako štvornásobné zvýšenie jeho výdatnosti. Nižšia priemerná výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte HV-4 ($2,34 \text{ l.min}^{-1}$), čo ale súvisí s nameranou extrémnou hodnotou prietoku v roku 2019, inak je táto hodnota výdatnosti vyššia ako dlhodobý priemer.

Tab. 4.2.5. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2021

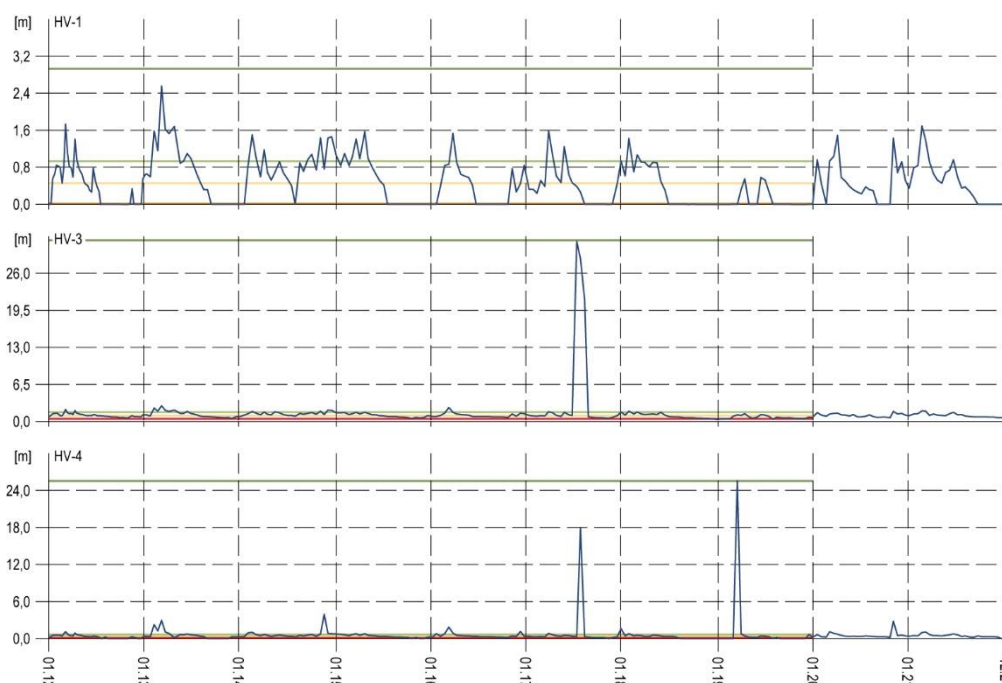
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. $[\text{l.min}^{-1}]$	Max. kolísanie výdat. $[\text{l.min}^{-1}]$
		$[\text{l.min}^{-1}]$	dátum	$[\text{l.min}^{-1}]$	dátum		
HV-1	24	1,93	29. 1. 2021	0,00	28. 8. 2021	0,53	1,93
HV-3	24	1,85	29. 1. 2021	0,68	27. 11. 2021	1,08	1,17
HV-4	24	1,08	12. 2. 2021	0,00	27. 11. 2021	0,45	1,08
VÝTOK	24	50,00	12. 2. 2021	0,00	10. 7. 2021	6,21	50,00

Vyššie hodnoty výdatnosti vo vrtoch HV-1, HV-3 a výtokovom objekte sa prejavili aj na zvýšení sumárnej priemernej výdatnosti všetkých meraných objektov, ktorá v roku 2020 dosiahla hodnotu $4,29 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zvýšenie o $1,72 \text{ l.min}^{-1}$. Zvýšenie celkovej výdatnosti odvodňovacích zariadení má súvis najmä s prietokmi nameranými v marci a v období od októbra do decembra na výtokovom zariadení.

V roku 2021 sa merania realizovali od 13. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 12. februára na odvodňovacom objekte „VÝTOK“ ($50,0 \text{ l.min}^{-1}$). Následne, po tomto termíne, výdatnosť klesla na polovičnú hodnotu a od júna sa pohybovala na úrovni kvapkania, resp. zariadenie bolo suché. Výnimkou bolo len kontrolné augustové meranie, počas ktorého bola nameraná výdatnosť $28,57 \text{ l.min}^{-1}$. Na ostatných odvodňovacích vrtoch sa v roku 2021 pohybovali hodnoty prietokov od $0,0$ (HV-1 a HV-4) do $1,93 \text{ l.min}^{-1}$ (HV-1). Maximálne, resp. zvýšené hodnoty výdatnosti sledovaných odvodňovacích zariadení boli zaznamenané v zimnom období. Minimálne hodnoty výdatnosti boli pozorované v druhej polovici roka, prevažne v jesennom a zimnom období.

I v roku 2021 pokračoval trend poklesu priemerných hodnôt výdatnosti odvodňovacích zariadení. Zvýšená priemerná výdatnosť bola len na objekte „VÝTOK“ ($6,21 \text{ l.min}^{-1}$).

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2021 dosiahla hodnotu $8,26 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zvýšenie o $2,26 \text{ l.min}^{-1}$. Zvýšenie celkovej výdatnosti odvodňovacích zariadení však súvisí s nárazovo vysokými hodnotami prietoku na objekte „VÝTOK“.



Obr. 4.2.6. Vývoj dlhodobej výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (HV-1, HV-3 a HV-4) na zosuvnej lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2011 až 2020, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bleдозelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

Namerané zmeny spoločnej výdatnosti horizontálnych vrtov HV-1, HV-2 a HV-4 v období 2012 až 2021 majú prevažne pravidelný cyklus, ktorý súvisí s režimovými zmenami hladiny podzemnej vody (obr. 4.2.3). Najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti boli dosiahnuté v roku 2017 ($5,91 \text{ l.min}^{-1}$). Naopak, najnižšia hodnota spoločnej výdatnosti bola nameraná v aktuálne hodnotenom roku 2021 ($0,0 \text{ l.min}^{-1}$ – 28. december). Počas hodnoteného desaťročného obdobia priemerná hodnota spoločnej výdatnosti z drenážnych vrtoch (HV-1, HV-3 a HV-4) dosiahla $2,48 \text{ l.min}^{-1}$. Vo vrtoch HV-3 a HV-4 sa ojedinele vyskytujú nezvyčajne vysoké hodnoty výdatnosti, tak ako tomu bolo v roku 2017 (výdatnosť až $31,58 \text{ l.min}^{-1}$ – vrt HV-3 a $17,91 \text{ l.min}^{-1}$ – vrt HV-4) a v roku 2019 (výdatnosť až $25,53 \text{ l.min}^{-1}$ – vrt HV-4). Vo výdatnosti výtoku z kanalizácie v období rokov 2012 až 2021 je možné

pozorovať výrazné zmeny. Maximálna výdatnosť bola nameraná v rokoch 2013 a 2016 ($67,67 \text{ l.min}^{-1}$) a vysoká hodnota bola dosiahnutá aj v roku 2017 ($54,55 \text{ l.min}^{-1}$). Minimálna výdatnosť v danom objekte v mnohých prípadoch dosahuje len hodnotu $0,01 \text{ l.min}^{-1}$, resp. vrt je suchý.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080; obr. 4.1.17). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Handlová-Kunešovská cesta sa monitorovacie aktivity zabezpečujú v území nad zástavbou rodinných domov (juhovýchodná časť intravilánu mesta Handlová). Merania v roku 2021, podobne ako i v predchádzajúcom období, boli sústredené na sledovanie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody ako hlavného zosuvotvorného faktora a zároveň na sledovanie efektívnosti, resp. účinnosti hĺbkového odvodnenia (subhorizontálnych odvodňovacích vrtov a kanalizačného potrubia, ktorým sú drénované vody odvádzané mimo zosuvné územie).

Pri hodnotení vývoja hladiny podzemnej vody v roku 2021 je možné konštatovať, že jej priebeh bol do veľkej miery ovplyvnený zimnými zrážkami – topením snehovej pokrývky. Maximálne stavy boli zaznamenané prevažne v prvej polovici februára. Napríklad vo vrte MK-8 sa hladina podzemnej vody dostala do blízkosti terénu 12. februára a pomerne plytko pod terénom pretrvala až do konca mája. Podobný vývoj bol pozorovaný aj vo vrtoch JK-1, JK-2 a čiastočne i vo vrte JK-7. Priemerná úroveň hladín podzemnej vody, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, prakticky vo všetkých vrtoch klesla. Najvýraznejší pokles priemernej hladiny podzemnej vody bol pozorovaný vo vrtoch JK-7, JK-6 a MK-8. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo v uvedených vrtoch k zostupu priemernej hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody o viac ako $0,54 \text{ m}$. Vrt MK-6 bol počas všetkých kontrolných meraní suchý.

Na klimatické faktory, a teda aj na zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody, reagovali prietoky na zariadeniach hĺbkového odvodnenia. Nárast výdatnosti bol pozorovaný, podobne ako v prípade piezometrických vrtov, v zimnom a jarnom období. V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol zaznamenaný nárast sumárnej priemernej hodnoty výdatnosti o $2,26 \text{ l.min}^{-1}$. Napriek tomu je potrebné poznamenať, že na zosuvnej lokalite je už dlhšie obdobie pozorovaný zostup sumárnej priemernej hodnoty, a to i napriek rekonštrukcii (prečisteniu) odvodňovacích vrtov v roku 2014.

V roku 2022 je plánované prejsť na vyššiu úroveň monitorovania hladiny podzemnej vody v podobe kontinuálneho záznamu, ktorý bude zabezpečovať automatický hladinomer. Zároveň budú priebežne vyhodnocované a spracovávané údaje o klimatických faktoroch.

1.4.3. Lokalita Svätý Anton

Stručná charakteristika lokality

Monitorované zosuvné územie sa nachádza v južnej časti obce Svätý Anton. Zosuv sa vyvinul v oblasti násypu, ktorý bol vytvorený pri budovaní futbalového ihriska – odlučná oblasť zosuvu (zosuv má plošný tvar s rozmermi 115 m – šírka x 110 m – dĺžka). Akumulačná časť je v kontakte s cestnou komunikáciou I. triedy číslo 51. V akumuláčnej časti došlo v roku 2012 k pretrhnutiu vodovodného potrubia. V roku 2021 v dôsledku zintenzívnenia svahového pohybu a priameho ohrozenia premávky na komunikácii I. triedy číslo 51, ktorá je súčasťou významnej regionálnej infraštruktúry, ale aj inžinierskych sietí, ako sú plynovod, vodovod, elektrické vedenie a tiež niekoľkých stavebných objektov, bola starostom obce dňa 8. februára vyhlásená mimoriadna situácia. Následne boli v zosuvnom území zabezpečené sanačné práce, ktoré boli orientované prevažne na zníženie hladiny podzemnej vody (subhorizontálne odvodňovacie vrty, z ktorých je voda odvádzaná priamo do príslušného povrchového recipientu – rieka Štiavnica). Počas riešenia geologickej úlohy boli v priestore zosuvu vybudované monitorovacie objekty – inklinometrické (vrt SVA-1-INK je od roku 2021 zaradený do monitorovacej siete; 23. septembra bolo zabezpečené nulté meranie) a piezometrické vrty (snímače pórových tlakov) a meteorologická stanica (Csizmadia et al., 2022). V minulosti boli v 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 2020 a 2021

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021, sú zhrnuté v tab. 4.3.1.

Tab. 4.3.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Svätý Anton v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Inklinometrické	2 ¹	INK-1, SVA-1-INK	3 (12. august, 23. september, 1. december)	3 (18. február, 20. apríl, 23. september)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2 ²	JSA-1 a 2 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Štiavnica (indikatív 40260)	Denné úhrny zrážok	

¹ – v roku 2021 bolo zabezpečené nulté meranie vo vrte SVA-1-INK a kontrolné etapové meranie vo vrte INK-1,

² – v roku 2021 bol do vrty JSA-1 inštalovaný automatický hladinomer.

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite sa inklinometrické merania vykonávajú od apríla 2015 (nulté meranie) vo vrte INK-1 a v roku 2021, vďaka vybudovaniu nových inklinometrických vrtov, sa rozšírili monitorovacie aktivity o merania vo vrte SVA-1-INK. Výsledky meraní vo vrte INK-1 vykonané počas predchádzajúceho obdobia preukázali šmykovú plochu v hĺbke 8,2 m pod terénom (informácie o pohybovej aktivite za posledné dva roky sú zhrnuté v tab. 4.3.2

a 4.3.3 na obr. 4.3.1 a 4.3.2; hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.3.3).

V roku 2020 došlo v zosuvnom území k zhoršeniu stabilitných pomerov, čo potvrdilo i kontrolné etapové meranie z 12. augusta. V hĺbke 8,2 m pod terénom bola zaznamenaná deformácia 5,17 mm, čo predstavuje priemernú ročnú rýchlosť 7,55 mm.rok⁻¹ (azimut 285°). Následným septembrovým meraním bol preukázaný priaznivejší stabilitný vývoj s etapovou deformáciou 0,5 mm. K nárastu deformácie došlo v období medzi septembrovým a decembrovým meraním. Dňa 1. decembra bol na úrovni šmykovej plochy nameraný vektor 1,46 mm (7,76 mm.rok⁻¹).



Obr. 4.3.1. Lokalita Svätý Anton – vektory deformácií namerané v rokoch 2020 a 2021 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.3.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenatej 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®.

Tab. 4.3.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Svätý Anton v roku 2020.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	6. 12. 19 – 12. 8. 20			12. 8. 20 – 23. 9. 20			23. 9. 20 – 1. 12. 20		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	8,20	9,58	5,17	285	9,82	0,50	233	11,27	1,46	286

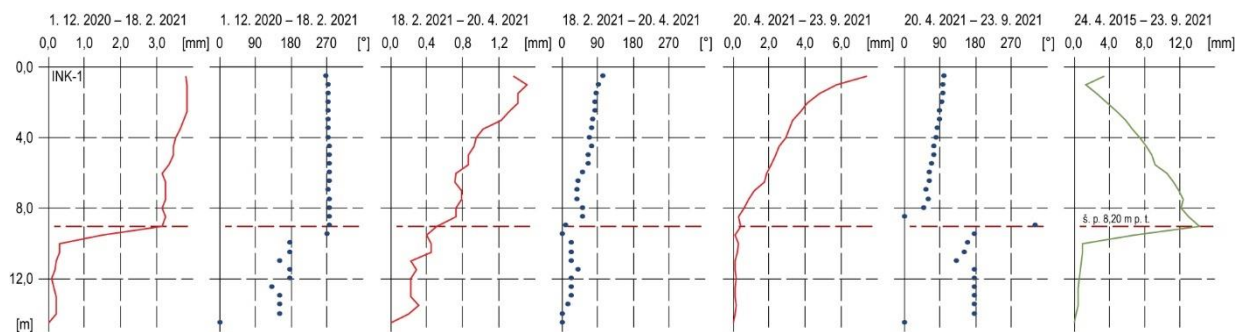
CD – celková deformácia od nultého merania (24. 4. 2015); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

Tab. 4.3.3. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Svätý Anton v roku 2021.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	1. 12. 20 – 3. 2. 21			3. 2. 21 – 20. 4. 21			20. 4. 21 – 23. 9. 21		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	8,20	14,36	3,14	279	14,43	0,51	11	14,76	0,45	333

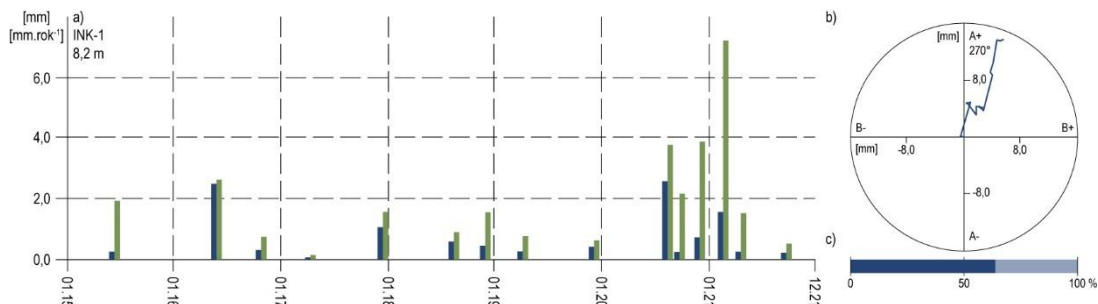
CD – celková deformácia od nultého merania (24. 4. 2015); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

Počas roka 2021 boli vykonané tri kontrolné etapové merania. Počas zimnej etapy (od 1. decembra 2020 do 3. februára 2021) bola na šmykovej ploche (v hĺbke 8,2 m pod terénom) nameraná etapová deformácia 3,14 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $14,43 \text{ mm.rok}^{-1}$. Jarným kontrolným meraním bola zaznamenaná etapová deformácia 0,51 mm (čo predstavuje rýchlosť pohybu $3,05 \text{ mm.rok}^{-1}$); a nakoniec, počas septembrovej kontrolnej etapy bol nameraný prírastok 0,45 mm ($1,05 \text{ mm.rok}^{-1}$).



Obr. 4.3.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Svätý Anton (označenie vrty je vľavo hore). Červená línia – spojnica etapových vektorov, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania, (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá prerušovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

Z dlhodobého hľadiska vyplýva (obr. 4.3.3), že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v roku 2020 a o niečo nižšie v roku 2016; najvyššia etapová rýchlosť bola zaznamenaná v aktuálne hodnotenom roku. Mierne zvýšená hodnota etapovej deformácie bola nameraná aj v prvej polovici roka 2021 a v druhej polovici roka 2017. Generálny azimut deformácií, nameraných počas monitorovaného obdobia, má západný až severozápadný smer. Pomer medzi dĺžkou trajektórie etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy (8,2 m pod terénom) je 63,8 %, čo naznačuje pohyb po aktívnej šmykovej ploche. Obdobia aktivizácie svahového pohybu sú spojené so vzostupom hladiny podzemnej vody, najmä jej náhlými vzostupnými zmenami. Celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche, sledovaná od 24. apríla 2015 do 23. septembra 2021 (teda medzi nultým a posledným kontrolným meraním), dosiahla 14,76 mm. Z uvedeného vyplýva, že priemerná rýchlosť pohybu zosuvného telesa je na úrovni $2,3 \text{ mm.rok}^{-1}$. V súvislosti s výsledkami zo septembrovej kontrolnej etapy z roku 2021 je potrebné uviesť, že výrazný pokles pohybovej aktivity súvisí s vybudovanými sanačnými opatreniami, zameranými prevažne na hĺbkové, ale aj povrchové odvodnenie zosuvného svahu.



Obr. 4.3.3. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Svätý Anton vo vrte INK-1 v období rokov 2015 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie (orientácia drážok voči severu je uvedená v hornej časti grafu), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu (aktuálne k 23. septembru 2021: 63,76 %).

b/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickým hladinomerom

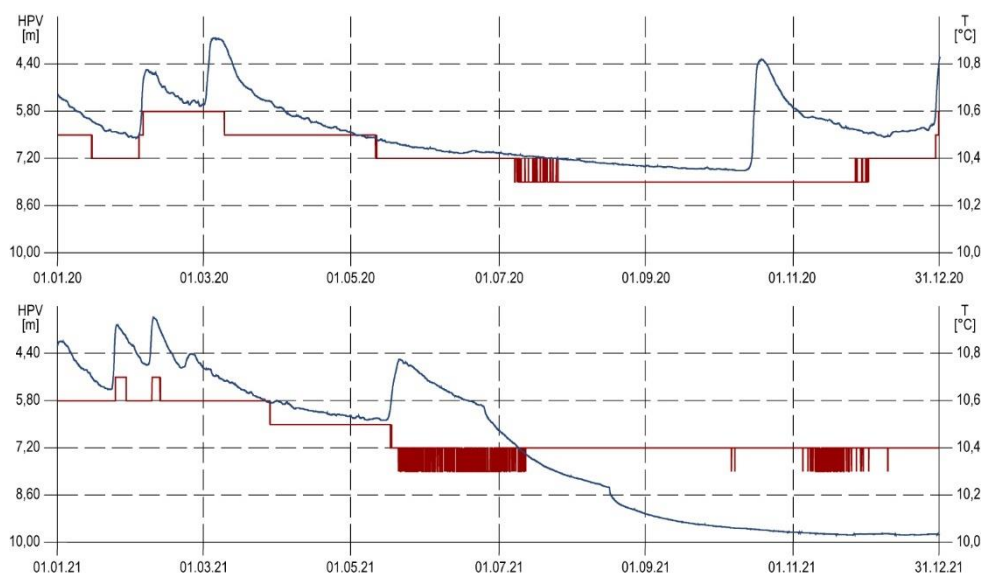
Na lokalite Svätý Anton sú automatickými hladinomerami zabezpečované merania vo vrtoch JSA-2 (od 9. júna 2016) a JSA-1 (od 18. februára 2021). Štatistické zhodnotenie nameraných údajov o hĺbke hladín podzemnej vody za posledné dvojročné obdobie je zhrnuté v tab. 4.3.3 a 4.3.4 a taktiež na obr. 4.3.4 a 4.3.5. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie sú graficky znázornené na obr. 4.3.6.

V roku 2020 bola vo vrte JSA-2 maximálna hladina podzemnej vody nameraná 5. marca v hĺbke 3,61 m pod terénom (411,64 m n. m.). Maximálny stav bol dosiahnutý po predchádzajúcich výrazných zostupoch z konca roku 2019 a začiatku roka 2020. Išlo o relatívne rýchle odozvy na zrážkovú činnosť a topenie snehovej pokrývky. Následne po dosiahnutí maximálneho stavu, hladina podzemnej vody začala pozvoľne klesať. Zostupný charakter zmien ukončili intenzívne zrážky na prelome mesiacov september a október, ktoré sa prejavili náhlym stúpnutím hladiny. Minimálna úroveň bola dosiahnutá 8. októbra s hĺbkou hladiny podzemnej vody 7,56 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 407,69 m n. m. Počas novembra a sčasti i decembra mala hladina prevažne zostupný trend. K prudkému nárastu hladiny došlo na konci roka. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 6,38 m pod terénom (408,87 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2019 predstavuje vzostup o 0,84 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 3,95 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa v roku 2020 nachádzal na úrovni 7,14 m pod terénom, 2. kvartil 6,44 m pod terénom a 3. kvartil 5,86 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,6 °C počas 5. februára, naopak, najnižšia teplota (10,3 °C) bola zaznamenaná 8. júla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,40 °C.

Tab. 4.3.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Svätý Anton v roku 2020.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	
JSA-2	8784	3,61	411,64	5. 3. 2020	7,56	407,69	8. 10. 2020	6,38	408,87	3,95



Obr. 4.3.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom JSA-2 v rokoch 2020 a 2021. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JSA-2 od 9. júna 2016. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os).

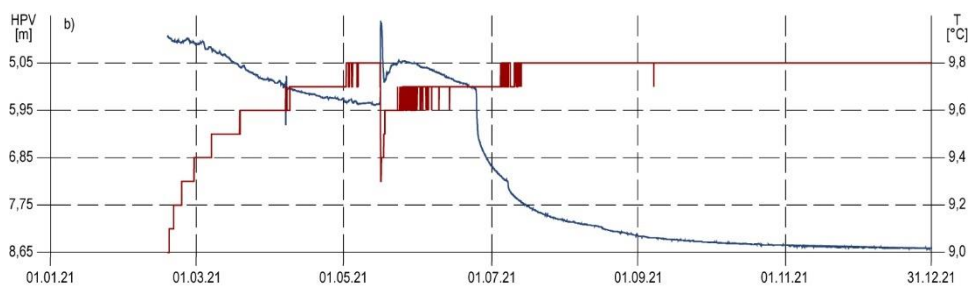
Počas roka 2021 bolo automatické zariadenie, ktoré je umiestnené vo vrte JSA-2, v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale. Maximálna hladina podzemnej vody, ktorá bola nameraná 9. februára v hĺbke 3,32 m pod terénom (411,93 m n. m.), predstavovala zároveň aj najvyššiu úroveň za celé monitorované obdobie. Podobné úrovne hladiny podzemnej vody boli dosahované už na začiatku, ale aj na konci januára. Od marca až do druhej polovice mája, vzhľadom na priaznivé klimatické pomery, malo kolísanie hladiny podzemnej vody prevažne vzostupný charakter. Následne, v súvislosti s výdatnými májovými zrážkami, došlo k opätovnému náhlemu vzostupu podzemnej vody (22. máj – 4,57 m pod terénom).

V nasledujúcom období, a to až do konca roka, mala hladina podzemnej vody zostupný trend. K poklesu hladiny podzemnej vody výrazne prispeli vybudované subhorizontálne odvodňovacie vrty. Z priebehu hladiny podzemnej vody na obr. 4.3.4 vyplýva, že po navrtaní zvodnených vrstiev bol prakticky okamžite pozorovaný jej pokles. Intenzívne poklesy hladiny podzemnej vody sú pozorovateľné postupne s pribúdajúcimi odvodňovacími vrtmi, a to od 27. júna (pokles hladiny o 0,25 m za 24 hod.) do 18. augusta (pokles hladiny o 0,26 m za 24 hod.). Minimálna úroveň hladiny podzemnej vody bola dosiahnutá 17. decembra – 9,79 m pod terénom; 405,46 m n. m. – ide o jej najväčší pokles za celé monitorované obdobie. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 7,20 m pod terénom (408,05 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2020 predstavuje pokles o 0,83 m. Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 6,47 m. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,09 m (vzostup). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 5,4 m pod terénom, 2. kvartil 6,67 m pod terénom a 3. kvartil 9,53 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,7 °C počas 25. januára, naopak, najnižšia teplota (10,3 °C) bola zaznamenaná 22. mája. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,5 °C.

Tab. 4.3.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Svätý Anton v roku 2021.

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-1	8784	4,25	412,72	17. 5. 2021	8,58	408,39	21. 12. 2021	7,25	409,72	4,33
JSA-2	8760	3,32	411,93	9. 2. 2021	9,79	405,46	17. 12. 2021	7,20	408,05	6,47



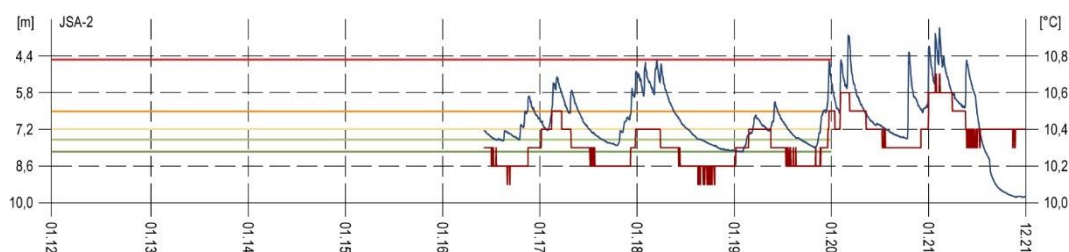
Obr. 4.3.5. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom JSA-2 v roku 2021 (od 18. februára). Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), červená línia – teplota podzemnej vody (T; pravá os).

Od 18. februára je hladina podzemnej vody vo vrte JSA-1 monitorovaná prostredníctvom automatického hladinomeru. Inštalácia hladinomeru do vrtu súvisela s nepriaznivými stabilitnými pomermi, ktoré si vyžiadali vyhlásenie mimoriadnej situácie.

Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná 17. mája v hĺbke 4,25 m pod terénom (412,72 m n. m.). Išlo o mimoriadny vzostup hladiny podzemnej vody, ktorý súvisel so zrážkovou činnosťou zo dňa 17. mája. Počas tohto dňa bol na stanici SHMÚ Svätý Anton

(indikatív 40280) nameraný zrážkový úhrn 39,9 mm. Tejto udalosti predchádzalo obdobie s pomerne vysokým zrážkovým úhrnom – 30-dňový úhrn (od 18. apríla do 17. mája) dosiahol 112,3 mm. Vzostup hladiny podzemnej vody súvisel bezprostredne len s mimoriadnou zrážkovou udalosťou. Od konca mája mala hladina prirodzený zostupný charakter. K zintenzívneniu poklesu hladiny podzemnej vody došlo v súvislosti s budovaním odvodňovacích vrtov. Termíny, počas ktorých boli zaznamenané intenzívne poklesy hladiny pozemnej vody sú zhodné s vrtom JSA-2. Od vybudovania prvého odvodňovacieho vrtu do konca roka, klesla hladina podzemnej vody o 2,29 m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 7,25 m pod terénom (409,72 m n. m.). Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 4,33 m. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,76 m (vzostup). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 5,56 m pod terénom, 2. kvartil 8,23 m pod terénom a 3. kvartil 8,53 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,8 °C počas 3. mája, naopak, najnižšia teplota (9,0 °C) bola zaznamenaná 18. februára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,7 °C.



Obr. 4.3.6. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2016 až 2020, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Svätý Anton. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JSA-2. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od júna 2016 do decembra 2019): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

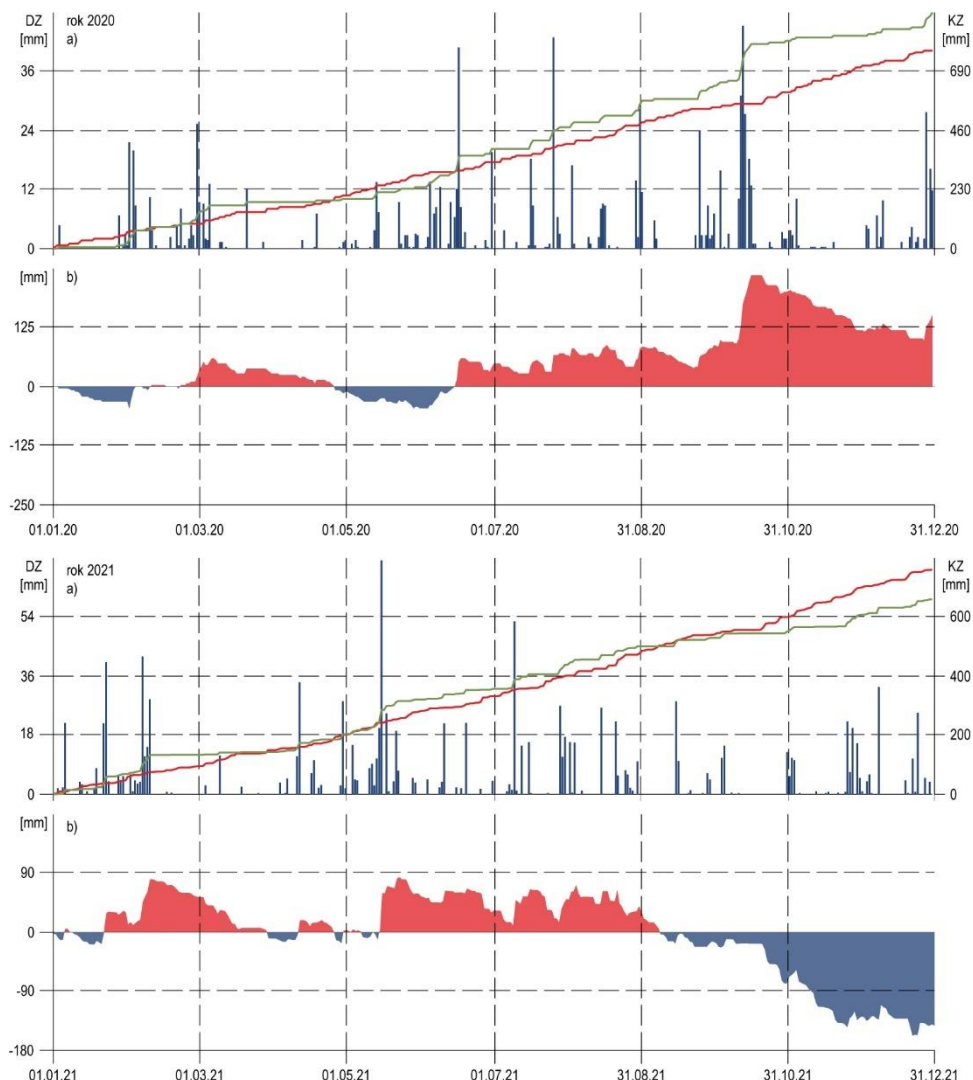
Z dlhodobého vývoja zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte JSA-2 vyplýva určitá periodicita, súvisiaca so sezónnymi zmenami. Maximálna hladina bola zaznamenaná v aktuálne hodnotenom roku (obr. 4.3.6). Rovnako aj minimálna hladina bola zaznamenaná počas hodnoteného roka. Priemerná hodnota hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia dosiahla 7,59 m pod terénom s celkovým kolísaním 4,33 m. Priebeh hladiny podzemnej vody má sínusoidálny charakter, maximálne hladiny sú dosahované prevažne v jarnom a zimnom období; naopak, opačne, minimálne stavy sú dosahované prevažne v jesennom období. V roku 2021 boli hladiny podzemnej vody, ktoré sú monitorované v oboch piezometroch, výrazne ovplyvnené hĺbkovým odvodnením. Predpokladáme, že vybudované odvodnenie bude i v budúcnosti výrazným spôsobom determinovať vývoj zmien hladiny podzemnej vody.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkach sú preberané zo stanice SHMÚ Svätý Anton s indikatívom 40280. Informácie o zrážkach sme začali preberať v roku 2017. Ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2017 do 31. decembra 2019 predstavuje 767,33 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 860,20 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 63,9 mm a maximálny mesačný úhrn 161,8 mm (máj 2019). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 1. novembra do 1. decembra 2019) dosiahol 162,6 mm.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 918,10 mm, čo zodpovedá 119,65 % priemeru za obdobie od 1. januára 2017 do 31. decembra 2019, a teda ide o vlhký rok. Najvyšší

mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (179,2 mm) a najvyšší denný úhrn 13. októbra (45,1 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 9,8 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. septembra do 18. októbra (215,80 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 25. decembra do 24. januára) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,5 mm.



Obr. 4.3.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Svätý Anton (indikatív 40280); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (os ZD), zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (os ZK), červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2017 – 2019 (os ZK); b – prebytok (červená) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021.

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 664,70 mm, čo predstavuje 86,62 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2021 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas mája (134,9 mm) a najvyšší denný úhrn 17. mája (39,9 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 9,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 30. apríla do 30. mája (132,9 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 11. marca do 10. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,4 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2021 trvalo 9 dní (od 2. februára do 10. februára) s úhrnom zrážok za toto obdobie 64,5 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V území svahovej deformácie, ktorá sa nachádza v intraviláne obce Svätý Anton, sú monitorovacie činnosti zabezpečované na západnom svahu medzi futbalovým ihriskom a cestou I. triedy č. 51. Merania sú zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a zmien hĺbky hladiny podzemnej vody prostredníctvom automatických hladinomerov.

Z výsledkov inklinometrických meraní realizovaných vo februári 2021 vyplýva, že v oblasti monitorovaného vrtu, na úrovni šmykovej plochy, ktorá sa nachádza 8,2 m pod terénom, došlo k deformácii 3,14 mm. Následne, opakované kontrolné merania z apríla a septembra zaznamenali pokles pohybovej aktivity. Vzhľadom na kontakt zosuvného telesa s cestou I. triedy č. 51 bol o nameraných deformáciách priebežne informovaný starosta obce Svätý Anton. Dňa 8. februára 2021 o 16:00 hod. bola starostom obce, v súvislosti s havarijným zosuvom, vyhlásená mimoriadna situácia. Následne boli v zosuvnom území zabezpečené záchranné práce zamerané na zachytenie a odvedenie povrchových, podpovrchových a podzemných vôd. Čelo zosuvu, ktoré priamo ohrozovalo premávku na cestnej komunikácii, bolo zabezpečené kotvenými oceľovými konštrukciami. V území bola doplnená sieť monitorovacích objektov.

I napriek krátkemu časovému úseku monitorovania po realizácii sanačných opatrení si dovoľujeme konštatovať, že vybudované odvodňovacie vrty sa efektívne podieľajú na znižovaní úrovne hladiny podzemnej vody v oblasti zosuvu. Dokumentujú to najmä priebehy hladín podzemnej vody, sledované automatickými hladinomerami. Rovnako pozitívne je možné hodnotiť i pokles pohybovej aktivity v inklinometrickom vrte INK-1. Z vykonaných meraní vyplýva, že po dobudovaní súboru stabilizačných opatrení sa pohybová aktivita zásadným spôsobom spomalila. V rámci sledovania deformácií metódou presnej inklinometrie boli v roku 2021 rozšírené monitorovacie aktivity i o novovybudovaný vrt SVA-1-INK. Dňa 21. septembra 2021 bolo vo vrte zabezpečené nulté meranie.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality, ktorá súvisí s ohrozením významnej cestnej komunikácie, trasy plynovodu, vodovodu, elektrického vedenia, ale aj niekoľkých stavebných objektov, budú monitorovacie aktivity v roku 2022 pokračovať v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2021.

1.4.4. 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 2020 a 2021

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 rokoch 2020 a 2021, sú zhrnuté v tab. 4.4.1.

Tab. 4.4.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2020 a 2021.

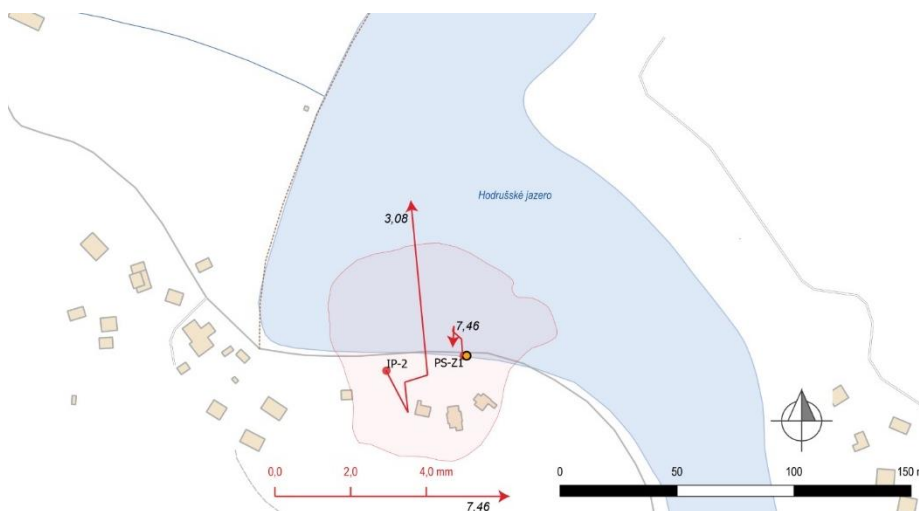
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Inklinometrické	2	IP-2, PS-Z1	2 (12. august, 1. december)	2 (20. apríl, 23. september)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	PS-H1 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Žarnovica (indikatív 36340)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 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. Výsledky meraní z rokov 2020 a 2021 sú zhrnuté v tab. 4.4.2. a na obr. 4.4.1, 4.4.2 a 4.4.3. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.4.4, 4.4.5 a 4.4.6.

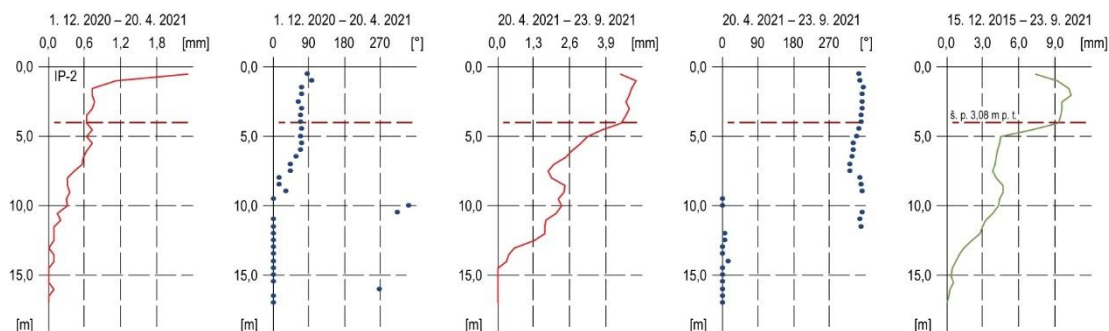
V roku 2020 boli merania na zosuve, ktorý je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom, zabezpečené v oboch monitorovacích objektoch, a to počas letnej etapy – obdobie od 6. decembra 2019 do 12. augusta 2020 a jesennej etapy – od 12. augusta 2020 do 1. decembra 2020. Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas augustového merania, a to vo vrte IP-2. V hĺbke 7,08 m pod úrovňou terénu bola nameraná etapová deformácia 1,52 mm (2,23 mm.rok⁻¹). Na šmykovej ploche (v hĺbke 3,08 m pod terénom) v rovnakom období dosiahla deformácia hodnotu 1,25 mm (1,83 mm.rok⁻¹). Vykonané kontrolné merania vo vrte PS-Z1 poukázali na relatívne priaznivý stabilný vývoj. V sledovaných hĺbkových úrovniach (hĺbky: 4,96 m, 7,46 m a 11,46 m pod terénom) boli namerané etapové vektory v intervale 0,22 až 0,45 mm. Rýchlosti priemerných ročných deformácií sa pohybovali v intervale od 0,33 do 1,04 mm.rok⁻¹.



Obr. 4.4.1. Lokalita Hodruša-Hámre – vektory deformácií namerané v rokoch 2020 a 2021 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.4.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; objekty označené ako body – monitorovacie objekty – červené – inklinometrické vrty, oranžové – piezometrický vrt s automatickým hladinomerom); ohraničenie zosuvu podľa Šimekovej a Martinčekovej et al. (2006); mapový podklad: ZBGIS®

V roku 2021 sa pokračovalo s rovnakou frekvenciou meraní ako v predchádzajúcom roku. Namerané vektory počas jarnej etapy ani v jednom zo sledovaných horizontov v jednotlivých monitorovacích vrtoch neprekročili hodnotu 0,7 mm. Maximálna hodnota prírastku deformácie bola nameraná vo vrte IP-2 (0,63 mm; čo predstavuje priemernú rýchlosť 1,65 mm.rok⁻¹). Orientácia vektora mala východný smer. Vektory vo vrte PS-Z1 mali juhovýchodné, resp. severné azimuty.

Počas septembrovej kontrolnej etapy sa vo vrte IP-2 situácia zmenila. Nárast pohybovej aktivity bol pozorovaný v hĺbke 3,08 m pod terénom. Počas päťmesačného obdobia bol nameraný prírastok deformácie 4,43 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 10,36 mm.rok⁻¹. Nameraný vektor bol orientovaný na sever, teda smerom na Dolnohodrušský tajch. Nameraná etapová deformácia je najvyššia za celé obdobie monitorovania v uvedenom vrte. Z výsledkov meraní zároveň vyplýva aj zvýšená pohybová aktivita v hĺbke okolo 11,64 m pod terénom.



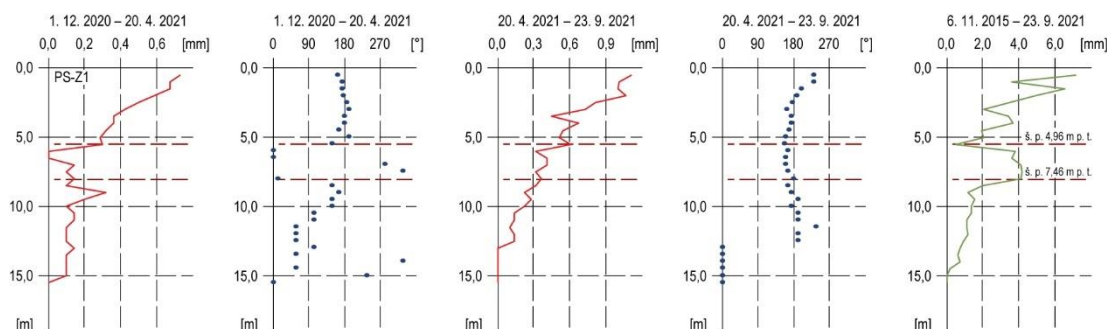
Obr. 4.4.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte IP-2 na lokalite Hodruša-Hámre. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá prerušovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

Vo vrte PS-Z1 sa počas jesennej etapy hodnoty deformácií v sledovaných horizontoch pohybovali do 0,7 mm (do 1,57 mm.rok⁻¹). Azimuty nameraných vektorov sa nachádzali v intervale 177 – 184° (orientácia na juh).

Tab. 4.4.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2020 a 2021.

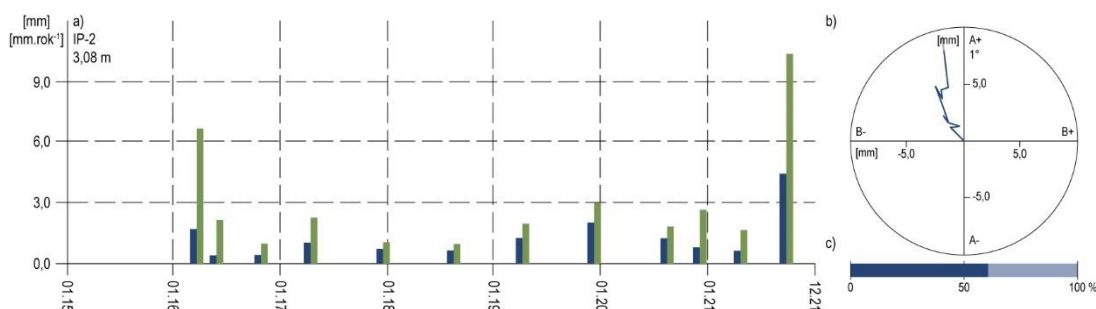
Bod	Hĺbka [m]	6. 12. 2019 – 12. 8. 2020			12. 8. 2020 – 1. 12. 2020			1. 12. 2020 – 20. 4. 2021			20. 4. 2021 – 23. 9. 2021		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IP-2	3,08	4,16	1,25	152	4,92	0,81	354	4,90	0,63	73	9,30	4,43	355
PS-Z1	4,96	1,24	0,36	94	1,32	0,14	15	1,02	0,30	150	0,50	0,61	159
PS-Z1	7,46	4,08	0,45	357	4,34	0,32	312	4,46	0,14	15	4,12	0,36	184

CD – celková deformácia od nultého merania (15. 12. 2015 vrt – IP-2; 6. 11. 2015 vrt – PS-Z1); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora;



Obr. 4.4.3. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte PS-Z1 na lokalite Hodruša-Hámre. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá prerušovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

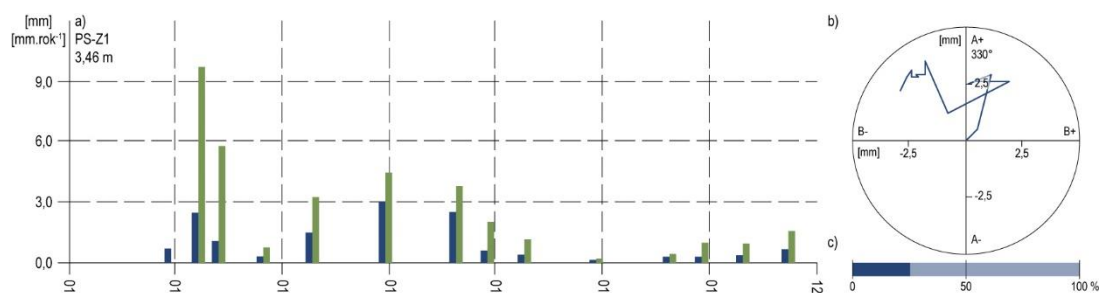
Z hodnotenia dlhšieho časového obdobia vo vrte IP-2 (obr. 4.4.4) vyplýva, že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v aktuálne hodnotenom roku; mierne zvýšené hodnoty etapových deformácií boli namerané i v rokoch 2019 a 2016. Etapové deformácie nad 1 mm boli namerané aj v rokoch 2017 a 2020. Generálny azimut etapových deformácií nameraných počas monitorovaného obdobia, má severný až severozápadný smer. Pomer medzi trajektóriou nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy (3,08 m pod terénom) je 60,7 %, čo naznačuje pohyb po šmykovej ploche v určitých obdobiach. Celková deformácia od nultého merania (15. december 2015) po ostatné meranie dosiahla 9,3 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie $1,61 \text{ mm.rok}^{-1}$.



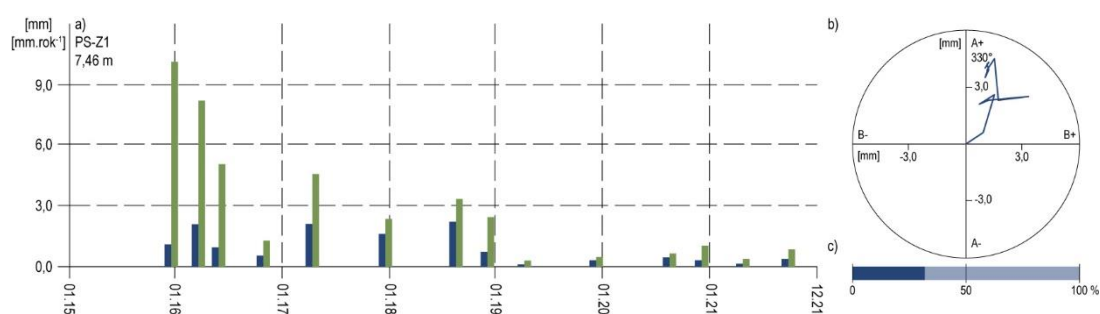
Obr. 4.4.4. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre vo vrte IP-2 v období rokov 2015 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie (orientácia drážok voči severu je uvedená v hornej časti grafu), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu (aktuálne k 23. septembru 2021: 60,66%).

Z hodnotenia meraní vo vrte PS-Z1 (obr. 4.4.5 a 4.4.6) vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita bola nameraná počas decembrového merania v roku 2017 (v hĺbke 3,46 m pod terénom: 3,04 mm; $4,46 \text{ mm.rok}^{-1}$); o niečo nižšia deformácia bola nameraná v auguste 2018 (v hĺbke

3,46 m pod terénom: 2,51 mm; 3,79 mm.rok⁻¹). Etapové deformácie nad 2 mm boli zaznamenané aj v roku 2016 (v hĺbke 7,46 m pod terénom). V oboch sledovaných hĺbkach dochádza k pomerne častým zmenám v azimutoch nameraných vektorov. V hĺbke 3,46 m bol do mája 2016 výsledný azimut deformácie na sledovanej šmykovej ploche orientovaný na severovýchod, následne od októbra 2016 sa jeho orientácia viackrát zásadne zmenila. Vďaka tejto skutočnosti dosiahla hodnota, vypočítaná ako pomer medzi dĺžkou trajektórie etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu, 25,28 %. Relatívne nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že deformácie v sledovanom horizonte nie sú priamočiare, ale naopak, striedajú sa tu rôzne smery pohybu. Na základe uvedenej skutočnosti vystáva otázka, či v sledovanom hĺbkovom horizonte je možné predpokladať priebeh šmykovej plochy. V tejto súvislosti je však potrebné uviesť, že počas monitorovaného obdobia prebehla v zosuvnom území sanácia s použitím predpätých zemných kotiev, ktoré mohli do určitej miery ovplyvniť vývoj deformácie na úrovni šmykovej plochy. Spresnenie informácie o hĺbke šmykovej plochy bude možné až na základe realizácie ďalších inklinometrických meraní, ktoré sú plánované na nasledujúce monitorovacie obdobie. Celkové deformácie od nultého merania (6. november 2015) po ostatné meranie (23. septembra 2021) v jednotlivých sledovaných horizontoch dosiahli od 3,64 mm (hĺbka: 3,46 m pod terénom; rýchlosť: 0,62 mm.rok⁻¹) do 4,12 mm (hĺbka: 7,46 m pod terénom; rýchlosť 0,7 mm.rok⁻¹).



Obr. 4.4.5. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre vo vrte PS-Z1 v hĺbke 3,46 m pod terénom v období rokov 2015 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche, b – horizontálny priebeh deformácie (orientácia drážok voči severu je uvedená v hornej časti grafu), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu (aktuálne k 23. septembru 2021: 25,28%).



Obr. 4.4.6. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre vo vrte PS-Z1 v hĺbke 7,46 m pod terénom v období rokov 2015 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche, b – horizontálny priebeh deformácie (orientácia drážok voči severu je uvedená v hornej časti grafu), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu (aktuálne k 23. septembru 2021: 31,75%).

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 2020 a 2021 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

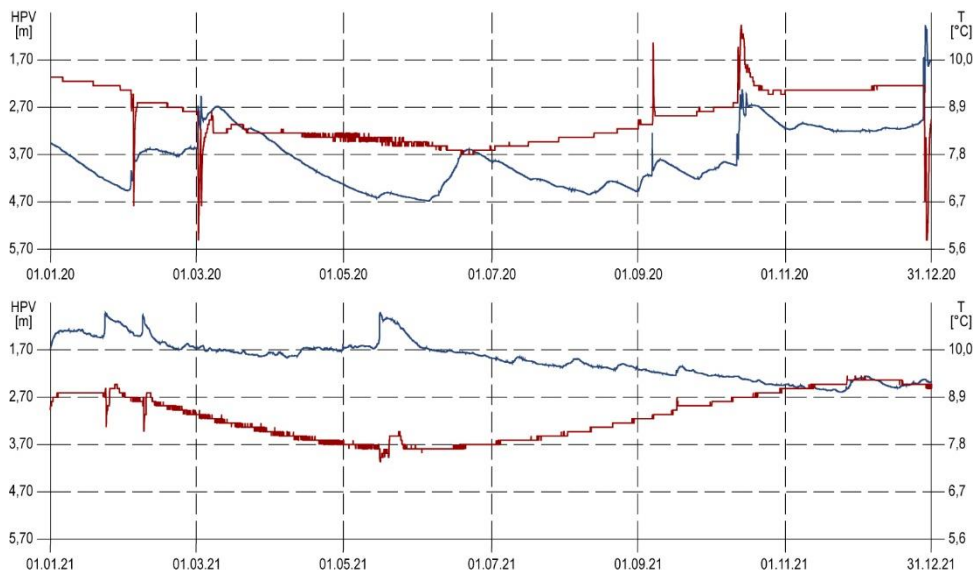
V roku 2020 mal priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vzostupný trend. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná až na konci roka, a to v hĺbke 0,97 m pod terénom (529,23 m n. m.; 5. apríl), čo je v porovnaní s rokom 2019 výrazný nárast (až o 1,95 m; obr. 4.4.7). Počas roka hladina podzemnej vody viackrát náhle stúpila a pozvoľne klesla. Vzhľadom na absenciu záznamov o zmenách hladiny v priehrade nevieme posúdiť do akej miery ovplyvňuje napúšťanie/vypúšťanie priehrady kolísanie hladiny podzemnej vody, ktorá je sledovaná v piezometrickom vrte.

Minimálny stav bol nameraný 5. júna v hĺbke 4,68 m pod terénom (525,52 m n. m.) Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 3,77 m pod terénom (526,43 m n. m.), teda o 0,88 m vyššie ako v roku 2019. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,71 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody dosiahol 4,27 m pod terénom, 2. kvartil 3,85 m pod terénom a 3. kvartil 3,20 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody mala hodnotu 10,8 °C (13. október), naopak, najnižšia teplota len 5,8 °C (2. marec). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,65 °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 alebo vody z vodnej nádrže.

Tab. 4.4.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2020.

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	0,97	529,23	29. 12. 2020	4,68	525,52	5. 6. 2020	3,77	526,43	3,71



Obr. 4.4.7. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneným vo vrte PS-H1 v rokoch 2020 a 2021 na lokalite Hodruša-Hámre. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV – ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (T – pravá os).

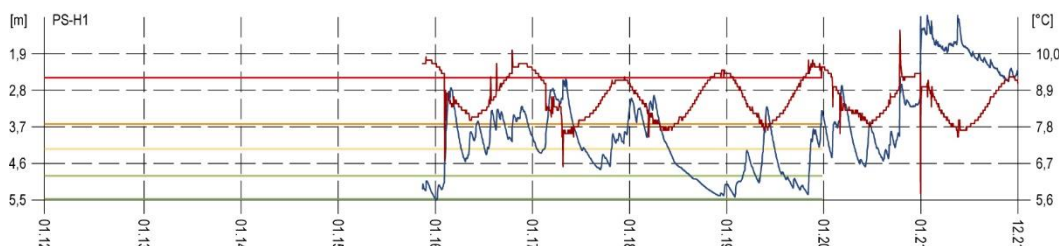
V roku 2021 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 0,90 m pod terénom (529,30 m n. m.; 17. máj), čo je najvyššia hodnota za monitorované obdobie. Podobné hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody boli pozorované i v druhej polovici januára (0,92 m pod terénom) a v prvej polovici februára (0,97 m pod terénom). K dosiahnutiu maximálneho stavu došlo po relatívne dlhom období s minimálnym kolísaním hladiny podzemnej vody. Podobne ako v predošlých prípadoch i v tomto prípade vzostupná zmena bola mimoriadne

náhla (0,25 m za 1 hod.). Išlo o reakciu na intenzívnu zrážkovú udalosť zo dňa 17. mája – 44,4 mm zrážok (stanica SHMÚ Banská Štiavnica). 30-dňový zrážkový úhrn k uvedenému dátumu dosahoval až 120,2 mm. Následne, hladina podzemnej vody mala prevažne zostupný charakter. Najnižšia jesenná hodnota hladiny podzemnej vody bola zaznamenaná v druhej polovici novembra. V zvyšnej časti roka hladina podzemnej vody zaznamenala len mierne kolísanie. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 1,90 m pod terénom (528,30 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup až o 1,78 m a zároveň i najvyššia priemerná ročná hladina za celé obdobie monitorovania. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,69 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 1,66 m pod terénom, 2. kvartil 1,86 m pod terénom a 3. kvartil 2,24 m pod terénom.

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.

Tab. 4.4.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2021.

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	0,90	529,30	17. 5. 2021	2,59	527,61	23. 11. 2021	1,90	528,30	1,69



Obr. 4.4.8. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2015 až 2021 spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Hodruša-Hámre. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PS-H1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od novembra 2015 do decembra 2019): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, sietozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

Z hodnotenia dlhšieho obdobia monitoringu vyplýva, že maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná v aktuálne posudzovanom roku s hĺbkou 0,90 m pod terénom (obr. 4.4.8). Opačným príkladom je 10. január 2016, kedy bola v monitorovanom období nameraná najnižšia úroveň hladiny podzemnej vody (5,51 m pod terénom). Priemerná hodnota hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia dosiahla 3,77 m pod terénom s celkovým kolísaním 4,61 m.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260) a Svätý Anton (indikatív 40280). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici Svätý Anton SHMÚ sú súčasťou hodnotenia lokality Svätý Anton.

Na stanici SHMÚ Banská Štiavnica sa začali preberať informácie o mesačných zrážkach úhrnoch v roku 2001. Ročný zrážkový priemer nameraný v období od januára 2001 do decembra 2019 predstavuje 821,3 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1295,5 mm (rok 2010), opačne, minimálny ročný úhrn bol zaznamenaný v roku 2003 (490,9 mm); priemerný mesačný úhrn 68,4 mm a maximálny mesačný úhrn 339,7 mm (február 2010).

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 879,1 mm, čo zodpovedá 107,03 % dlhodobému priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (192,4 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 12,1 mm zrážok.

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 658,1 mm, čo predstavuje 80,13 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2021 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas mája (137,3 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 9,5 mm zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Hodruša-Hámre sú monitorovacie aktivity zabezpečované na severnom svahu nad Dolným Hodrušským jazerom. Výsledky meraní metódou presnej inklinometrie, v porovnaní s rokom 2020, poukázali na výrazný nárast pohybovej aktivity vo vrte IP-2. Nameraná deformácia v období od 20. apríla do 23. septembra (4,43 mm) je najväčšia za celé monitorované obdobie a poukazuje na pohyb po šmykovej ploche. Výsledný azimut deformácie má severo-severozápadný smer, teda orientovaný na Dolné Hodrušské jazero.

Deformácie na šmykovej ploche sledované vo vrte PS-Z1 nenaznačujú rozvoj svahového pohybu. Namerané deformácie počas jednotlivých kontrolných meraní nepresiahli hodnotu 0,7 mm. Orientácia nameraných vektorov nenaznačuje svahový pohyb. V hodnotenom roku prevládali vektory s orientáciou na juh.

V súvislosti so zabezpečovaním meraní metódou presnej inklinometrie je možné v budúcnosti očakávať určité komplikácie. V oblasti inklinometrického vrtu IP-2 sa v roku 2020/2021 začali vykonávať terénne úpravy, ktoré výrazne zhoršujú podmienky pre realizáciu merania. Z tohto dôvodu budeme v roku 2022 iniciovať rokovanie s majiteľom/stavebníkom o technických možnostiach, ktoré by prispeli k lepšej dostupnosti k ústiu inklinometrického vrtu, a tým pádom i k zlepšeniu podmienok samotnej realizácie merania.

Meraniami zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bol v roku 2021 nameraný jej najvyšší stav počas celého monitorovaného obdobia. Od konca roku 2020 hladina podzemnej vody začala výrazne stúpať a počas roku 2021 sa nachádzala vysoko nad dlhodobým priemerom. Počas roka boli zaznamenané viaceré náhle vzostupy podzemnej vody, pri ktorých hladina stúpala o viac ako 0,25 m. Zmeny hladiny podzemnej vody monitorované v vrte PS-H1 sú do veľkej miery determinované kolísaním hladiny vo vodnej nádrži.

V roku 2022 vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie vodnej stavby) je plánované pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a režime ako v predchádzajúcom roku 2021.

1.4.5. 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 2020 a 2021

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2020 a 2021 vykonávali len režimové pozorovania. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021, sú zhrnuté v tab. 4.5.1.

Tab. 4.5.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slanec-TP v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
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	9 (2. november, 6. február, 10. marec, 11. jún, 12. máj, 15. júl, 22. apríl, 24. august, 29. september)	10 (15. február, 15. marec, 15. apríl, 11. máj, 15. jún, 22. júl, 19. august, 16. september, 14. október, 23. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	20	V-1/1 až 1/5, V-2/1 až 2/5, V-3/1 až 3/3, V-4/1 až 4/3, V-5/1 až 5/4	9 (2. november, 6. február, 10. marec, 11. jún, 12. máj, 15. júl, 22. apríl, 24. august, 29. september)	10 (15. február, 15. marec, 15. apríl, 11. máj, 15. jún, 22. júl, 19. august, 16. september, 14. október, 23. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Slanská Huta (indikatív 51160)	Mesačné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

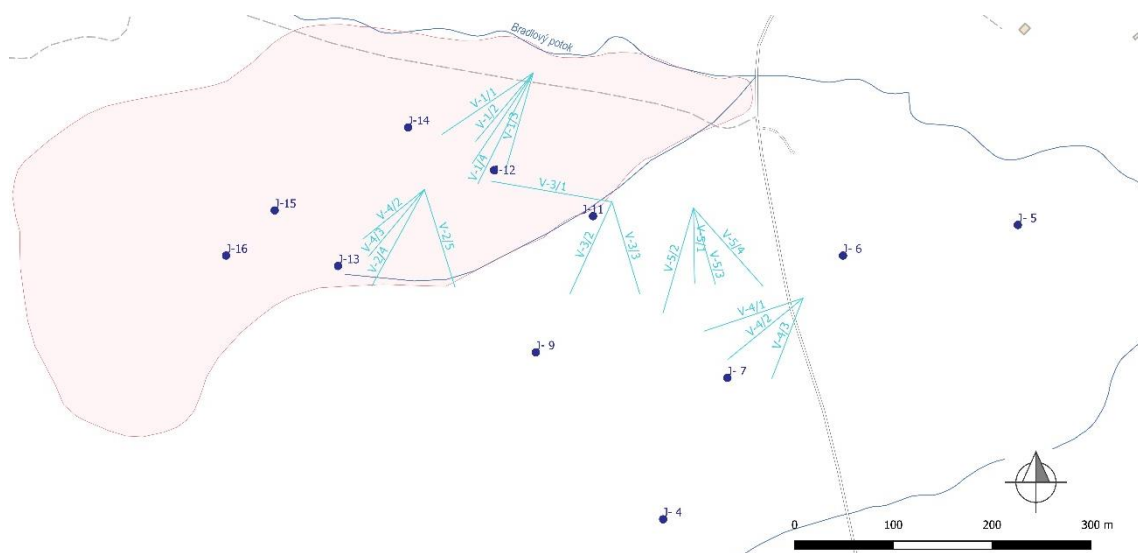
a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Slanec sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 11 vrtoch (tab. 4.5.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.5.2 a 4.5.3; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.5.1). Priebehy vývoja hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.5.2 a 4.5.3, dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.5.4 a 4.5.5.

V roku 2020 sa pokračovalo v meraniach v 11 vrtoch (od 6. februára do 2. novembra). Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte J-11 (0,10 m pod terénom –

324,88 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol zaznamenaný 6. februára. V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 0,41 (J-16) do 11,27 m pod terénom (J-7). Do blízkosti úrovne terénu sa okrem vrtov J-11 a J-16 priblížila hladina podzemnej vody aj vo vrtoch J-9 (0,42 m pod terénom) a J-13 (0,79 m pod terénom). Tieto vysoké stavy hladiny podzemnej vody boli rovnako dosiahnuté 6. februára. Pri vrtoch s hlbším obehom podzemnej vody, ako napríklad vo vrtoch J-6 a J-7 boli maximálne úrovne hladiny podzemnej vody dosiahnuté 2. novembra. Naopak, minimálne stavy hladiny podzemnej vody boli až v deviatich prípadoch namerané 29. septembra.

Najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte J-7, jej minimálna úroveň sa nachádzala v hĺbke 12,05 m pod terénom. V ostatných vrtoch boli najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody v hĺbke 1,91 m pod terénom (vrt J-13) až 10,37 m (vrt J-6). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2020 hĺbku 5,61 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku zostup až o 1,06 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,16 (vrt J-11) do 11,65 m pod terénom (vrt J-7). Výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch J-9 (8,40 m), J-15 (3,42 m) a J-16 (3,35 m). V ostatných vrtoch bolo kolísanie hladiny podzemnej vody od 0,54 do 2,27 m.



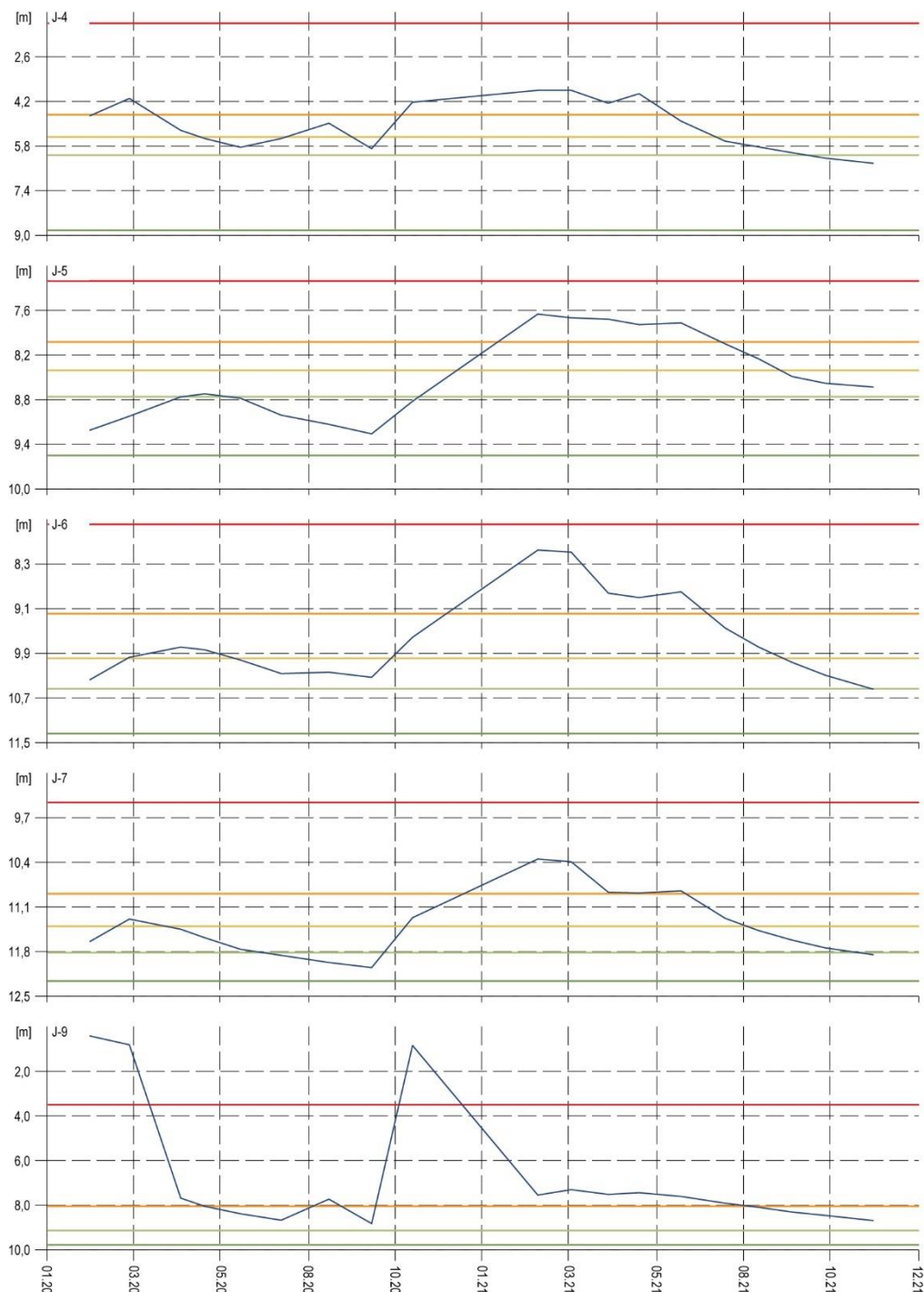
Obr. 4.5.1. Lokalita Slanec-TP – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.5.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2020.

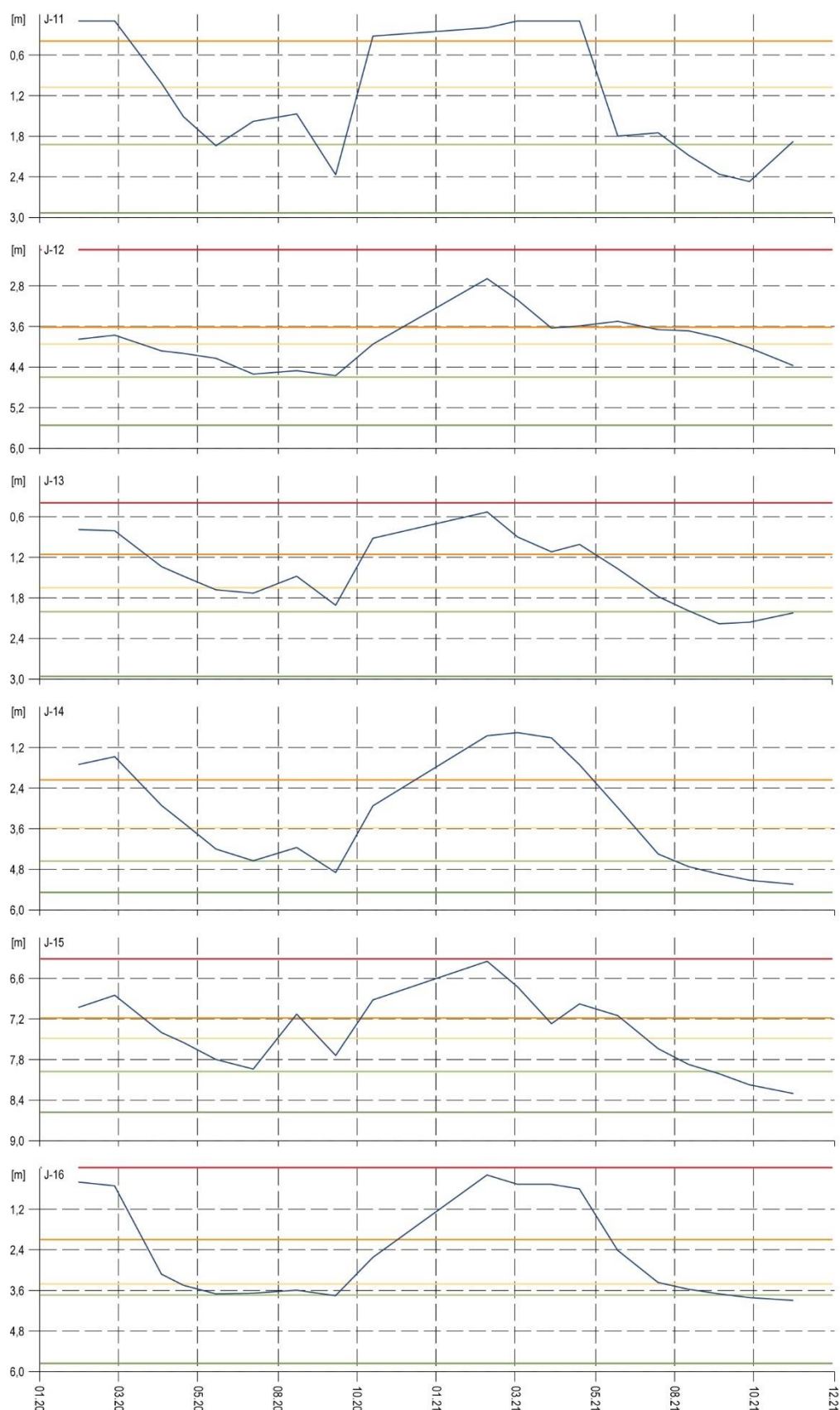
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-4	9	4,10	338,40	10. 3. 2020	5,89	336,61	29. 9. 2020	5,12	337,38	1,79
J-5	9	8,72	294,07	12. 5. 2020	9,26	293,53	29. 9. 2020	8,97	293,82	0,54
J-6	9	9,61	305,71	2. 11. 2020	10,37	304,95	6. 2. 2020	10,05	305,27	0,76
J-7	9	11,27	323,38	2. 11. 2020	12,05	322,60	29. 9. 2020	11,65	323,00	0,78
J-9	9	0,42	345,46	6. 2. 2020	8,82	337,06	29. 9. 2020	5,71	340,17	8,40
J-11	9	0,10	324,88	6. 2. 2020	2,37	322,61	29. 9. 2020	1,16	323,82	2,27
J-12	9	3,77	331,84	10. 3. 2020	4,57	331,04	29. 9. 2020	4,18	331,43	0,80
J-13	9	0,79	352,00	6. 2. 2020	1,91	350,88	29. 9. 2020	1,35	351,44	1,12
J-14	9	1,47	338,22	10. 3. 2020	4,89	334,80	29. 9. 2020	3,36	336,33	3,42
J-15	9	6,85	354,28	10. 3. 2020	7,94	353,19	15. 7. 2020	7,37	353,76	1,09
J-16	9	0,41	357,88	6. 2. 2020	3,76	354,53	29. 9. 2020	2,77	355,52	3,35

V roku 2021 boli merania zabezpečované rovnako ako v predchádzajúcich rokoch v 11 vrtoch, a to od 15. februára do 23. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola opätovne nameraná vo vrte J-11 (0,10 m pod terénom – 324,88 m n. m.). Tento vysoký stav

hladiny podzemnej vody bol nameraný 15. marca. Pomerne vysoké stavy hladiny podzemnej vody boli namerané aj vo vrtoch J-16, J-13 a J-14 (maximálne stavy v intervale od 0,2 do 0,76 m pod terénom). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 2,66 (J-12) do 10,35 m pod terénom (J-7). Výskyt maximálnych stavov bol pozorovaný skoro výlučne počas zimného obdobia (meranie z 15. februára), len v spomenutých vrtoch J-11, J-9 a J-14 boli maximálne stavy zaznamenané v polovici marca.



Obr. 4.5.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2020 a 2021 vo vrtoch: J-4, J-5, J-6, J-7 a J-9, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.5.3. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2020 a 2021 vo vrtoch: J-11, J-12, J-13, J-14, J-15 a J-16, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte J-7. Jej minimálna hladina sa nachádzala na úrovni 11,85 m pod terénom (23. november). Pod úroveň desiatich metrov klesla hladina podzemnej vody aj vo vrte J-6 (23. november). Relatívne vysoké stavy hladiny podzemnej vody boli počas jej minimálnej úrovne pozorované vo vrtoch J-13 a J-11 (2,18 – 2,47 m pod terénom). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali zväčša na konci novembra, len ojedinele bol ich výskyt spojený s neskorým letným a skorým jesenným obdobím (vrty J-13 a J-11). Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2021 dosiahla hĺbku 5,52 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku nepatrný vzostup (o 0,09 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,28 (vrt J-11) do 11,13 m pod terénom (vrt J-7). Výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch J-14 (4,48 m) a J-16 (3,70 m). V ostatných vrtoch bolo namerané kolísanie hladiny podzemnej vody v rozsahu od 0,98 do 2,61 m.

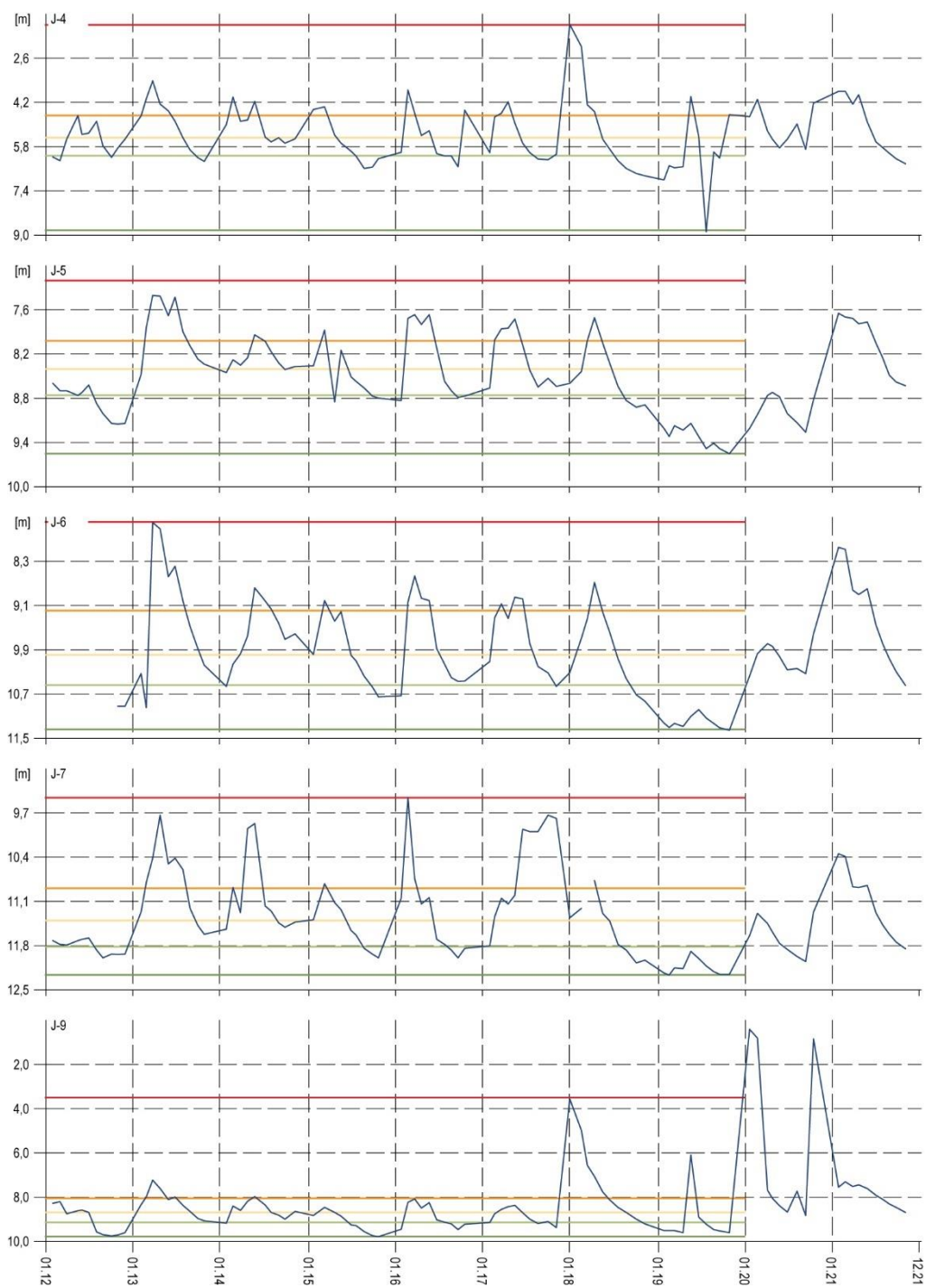
Tab. 4.5.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2021.

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	3,80	338,70	15. 2. 2021	6,41	336,09	23. 11. 2021	5,08	337,42	2,61
J-5	10	7,65	295,14	15. 2. 2021	8,63	294,16	23. 11. 2021	8,06	294,73	0,98
J-6	10	8,05	307,27	15. 2. 2021	10,54	304,78	23. 11. 2021	9,28	306,04	2,49
J-7	10	10,35	324,30	15. 2. 2021	11,85	322,80	23. 11. 2021	11,13	323,52	1,50
J-9	10	7,30	338,58	15. 3. 2021	8,68	337,20	23. 11. 2021	7,89	338,00	1,38
J-11	10	0,10	324,88	15. 3. 2021	2,47	322,51	14. 10. 2021	1,28	323,70	2,37
J-12	10	2,66	332,95	15. 2. 2021	4,37	331,24	23. 11. 2021	3,60	332,01	1,71
J-13	10	0,53	352,26	15. 2. 2021	2,18	350,61	16. 9. 2021	1,51	351,28	1,65
J-14	10	0,76	338,93	15. 3. 2021	5,24	334,45	23. 11. 2021	3,16	336,53	4,48
J-15	10	6,35	354,78	15. 2. 2021	8,30	352,83	23. 11. 2021	7,45	353,68	1,95
J-16	10	0,20	358,09	15. 2. 2021	3,90	354,39	23. 11. 2021	2,25	356,04	3,70

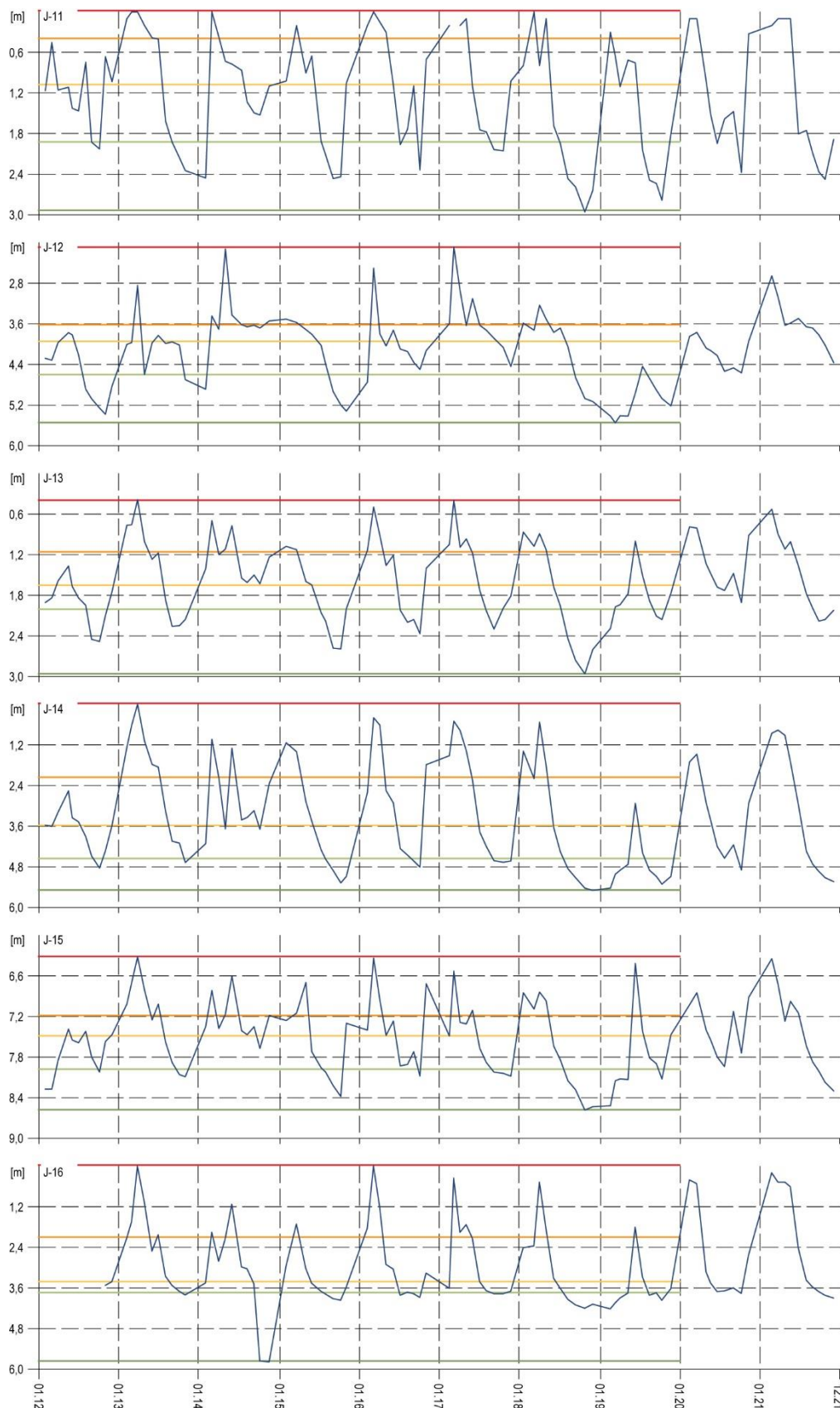
Z dlhodobého hľadiska (v období 2012 až 2021 – obr. 4.5.4 a 4.5.5) boli najvyššie namerané hladiny podzemnej vody – na úrovni terénu – vo vrtoch J-11 (apríl a marec 2013, február 2014, marec 2016 a marec 2018), J-16 (marec 2013 a marec 2016) a J-14 (marec 2013). Pomerne vysoká hladina podzemnej vody bola počas hodnoteného obdobia sledovaná i vo vrte J-13. Pravidelne počas každého roku, najmä v zimnom a jarnom období, stúpa hladina podzemnej vody v tomto vrte k úrovni terénu. V období rokov 2012 až 2021 hladina podzemnej vody vystúpila najvyššie 25. marca 2013, a to do hĺbky 0,39 m pod terénom.

Najväčší počet dlhodobých maximálnych stavov bol nameraný v roku 2013, a to až v siedmich prípadoch (J-5, J-6, J-11, J-13, J-14, J-15 a J-16). Naposledy bolo dlhodobé maximum prekročené v vrte J-9 (0,42 m pod terénom) dňa 6. februára 2020.

Opačne, najhlbšie (viac ako 10 m) pod terén zostupujú hladiny vo vrtoch J-6 a J-7.



Obr. 4.5.4. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2012 až 2021 vo vrtoch: J-4, J-5, J-6, J-7 a J-9, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.5.5. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2012 až 2021 vo vrtoch: J-11, J-12, J-13, J-14, J-15 a J-16, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Slanec je pozorovaných 20 odvodňovacích zariadení, ktoré sú rozdelené do piatich stanovišť (tab. 4.5.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.5.4 a 4.5.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení je na obr. 4.5.1). Počas hodnotených rokov 2020 a 2021 bolo 2. a 4. stanovište značnú časť monitorovaného obdobia zaplavené vodou. Výsledky meraní za posledné dva roky sú graficky prezentované na obr. 4.5.6 a 4.5.7; podobným spôsobom je zhodnotená i posledná dekáda (obr. 4.5.8 a 4.5.9).

Tab. 4.5.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2020.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
V1/1	10	0,40	22. 4. 2020	0,02	29. 9. 2020	0,17	0,38
V1/2	10	1,16	6. 2. 2020	0,02	24. 8. 2020	0,34	1,14
V1/3	10	0,45	2. 11. 2020	0,15	11. 6. 2020	0,25	0,30
V1/4	10	1,06	2. 11. 2020	0,11	29. 9. 2020	0,38	0,95
V1/5	10	1,72	6. 2. 2020	0,08	24. 8. 2020	0,57	1,64
V2/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa počas všetkých meraní nachádzali pod hladinou vody					
V2/2	10						
V2/3	10						
V2/4	10						
V2/5	10						
V3/1	10	2,79	6. 2. 2020	0,06	24. 8. 2020	0,78	2,74
V3/2	10	1,44	6. 2. 2020	0,03	12. 5. 2020	0,27	1,41
V3/3	10	1,06	2. 11. 2020	0,02	12. 5. 2020	0,40	1,04
V4/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa nachádzali pod hladinou vody alebo vrty boli suché alebo kvapkali					
V4/2	10						
V4/3	10	0,60	10. 3. 2020	0,57	6. 2. 2020	0,59	0,03
V5/1	10	0,31	6. 2. 2020	0,02	11. 6. 2020	0,12	0,29
V5/2	10	0,02	11. 6. 2020	0,01	12. 5. 2020	0,02	0,01
V5/3	10	0,65	6. 2. 2020	0,02	12. 5. 2020	0,11	0,63
V5/4	10	0,23	6. 2. 2020	0,02	29. 9. 2020	0,09	0,21

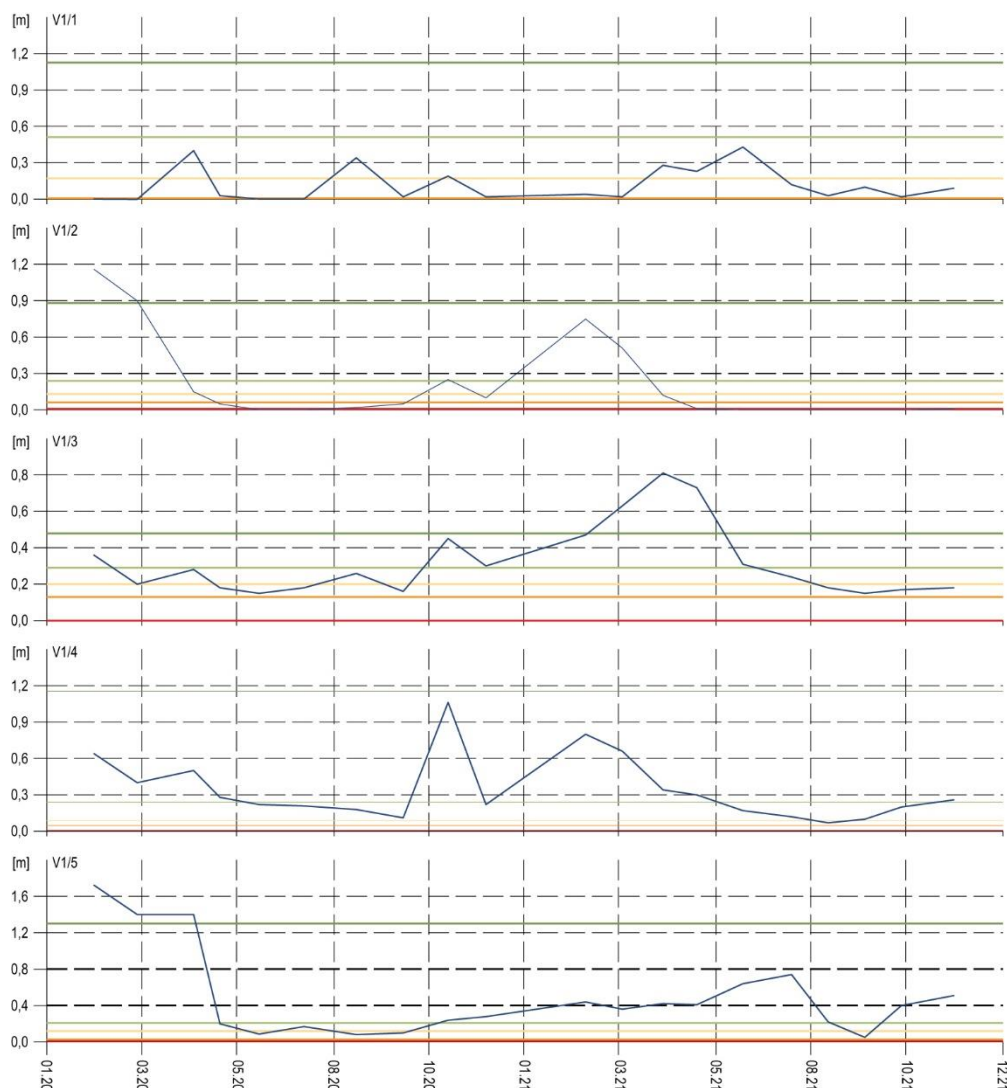
V roku 2020 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 6. februára do 1. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte V3/1 (2,79 l.min⁻¹). Tento stav bol zaznamenaný 6. februára; v rovnakom termíne boli zaznamenané najvyššie výdatnosti u väčšiny vrtov s merateľným prietokom (V1/2, V1/5, V3/2, V5/1, V5/3 a V5/4).

Tab. 4.5.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2021

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
V1/1	10	0,43	15. 6. 2021	0,02	15. 3. 2021	0,14	0,41
V1/2	10	0,75	15. 2. 2021	0,00	15. 6. 2021	0,14	0,75
V1/3	10	0,81	15. 4. 2021	0,15	16. 9. 2021	0,39	0,66
V1/4	10	0,80	15. 2. 2021	0,07	19. 8. 2021	0,30	0,73
V1/5	10	0,74	22. 7. 2021	0,05	16. 9. 2021	0,42	0,69
V2/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa počas všetkých meraní nachádzali pod hladinou vody					
V2/2	10						
V2/3	10						
V2/4	10						
V2/5	10						
V3/1	10	0,72	15. 4. 2021	0,02	23. 11. 2021	0,34	0,70
V3/2	10	0,89	15. 4. 2021	0,01	14. 10. 2021	0,22	0,88
V3/3	10	2,10	15. 3. 2021	0,01	22. 7. 2021	0,52	2,09
V4/1	10	Ústie odvodňovacieho vrtu bolo počas 7 meraní pod hladinou vody a počas 3 meraní bolo suché					
V4/2*	10	0,03	19. 8. 2021	0,01	22. 7. 2021	0,02	0,02
V4/3*	10	0,12	22. 7. 2021	0,01	19. 8. 2021	0,05	0,11
V5/1	10	0,21	4. 6. 2021	0,00	4. 10. 2021	0,04	0,21
V5/2	10	kvapkanie					
V5/3	10	kvapkanie, suchý					
V5/4	10	0,10	4. 6. 2021	0,00	12. 2. 2021	0,01	0,10

* – na odvodňovacích zariadeniach boli zabezpečené len 3 merania, v zvyšnom čase boli ústia vrtov pod úrovňou terénu.

Počas roka niektoré vrty vykazovali iba kvapkanie vody alebo boli suché (V3/1, V3/2, 3/3, V1/1, V1/2, V5/2, V5/3 a V5/4). Pomerne veľká časť vrtov (V2/1, V2/2, V2/3, V2/4, V2/5, V4/1, V4/2, V4/3) mala počas roka zaliate ústia a nebolo možné merať ich výdatnosť. Priemerná hodnota výdatnosti vrtov, na ktorých bolo možné v roku 2020 realizovať merania, dosiahla $1,41 \text{ l.min}^{-1}$. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých merateľných vrtov za rok 2020 je $4,08 \text{ l.min}^{-1}$, čo je výrazný vzostup oproti roku 2019 (až o $3,1 \text{ l.min}^{-1}$), pričom treba podotknúť, že v rokoch 2018 a 2019 bol zaznamenaný výrazný pokles výdatnosti.

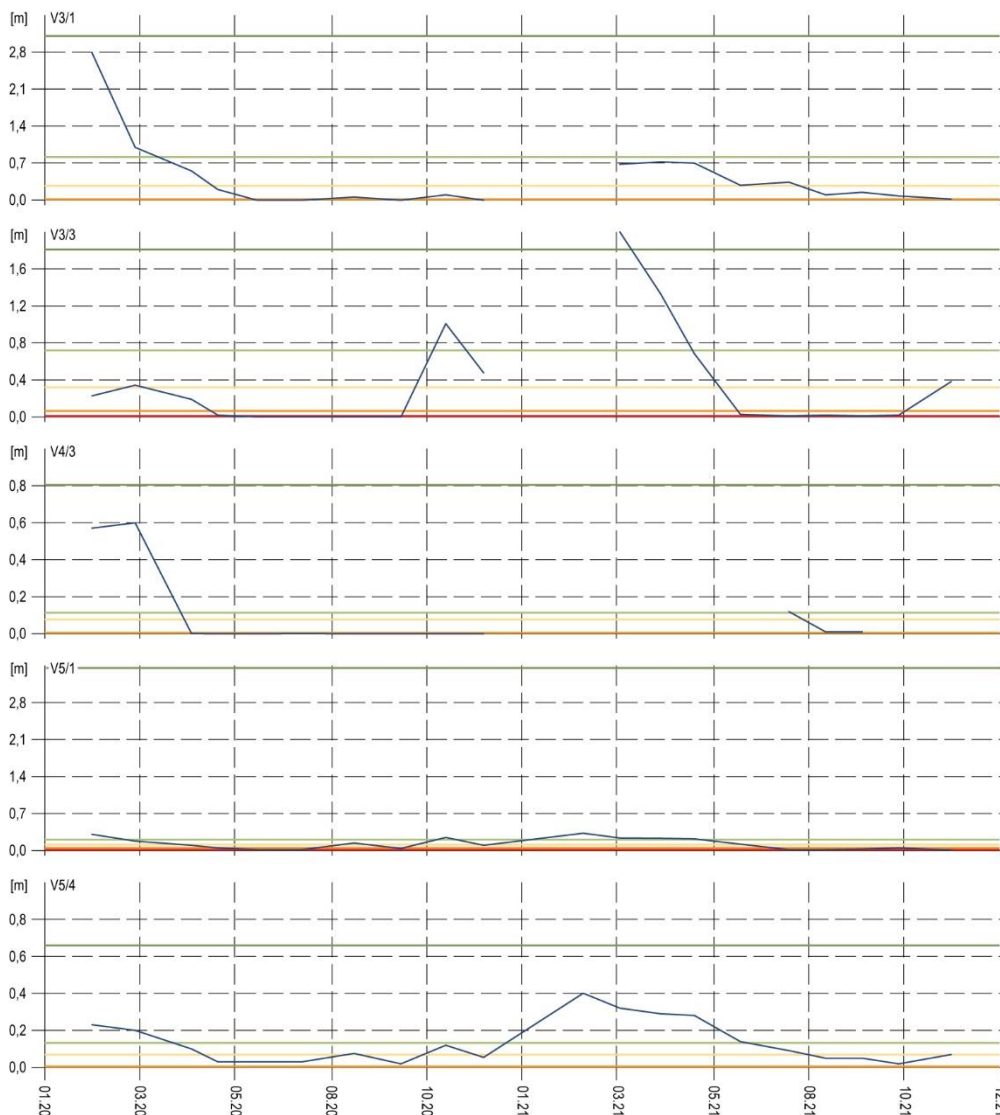


Obr. 4.5.6. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V1/1, V1/2, V1/3, V1/4 a V1/5) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2020 a 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

V aktuálne hodnotenom roku 2021 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 15. februára do 23. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 15. marca na vrte V3/3 ($2,10 \text{ l.min}^{-1}$). Maximálne hodnoty výdatností boli najčastejšie v polovici februára, resp. v polovici júla, len ojedinele sa vyskytovali v júni alebo auguste, resp. v už spomenutom marci. K prekročeniu dlhodobých maximálnych hodnôt prietoku došlo vo vrte V1/3; dňa 15. apríla 2021 bola na uvedenom vrte nameraná výdatnosť $0,81 \text{ l.min}^{-1}$.

Počas hodnoteného roka bolo pomerne často sledované, že odvodňovacie vrty boli suché, platí to najmä pre vrty V1/2 a V4/1. Pomerne veľká časť vrtov (V2/1, V2/2, V2/3, V2/4, V2/5,

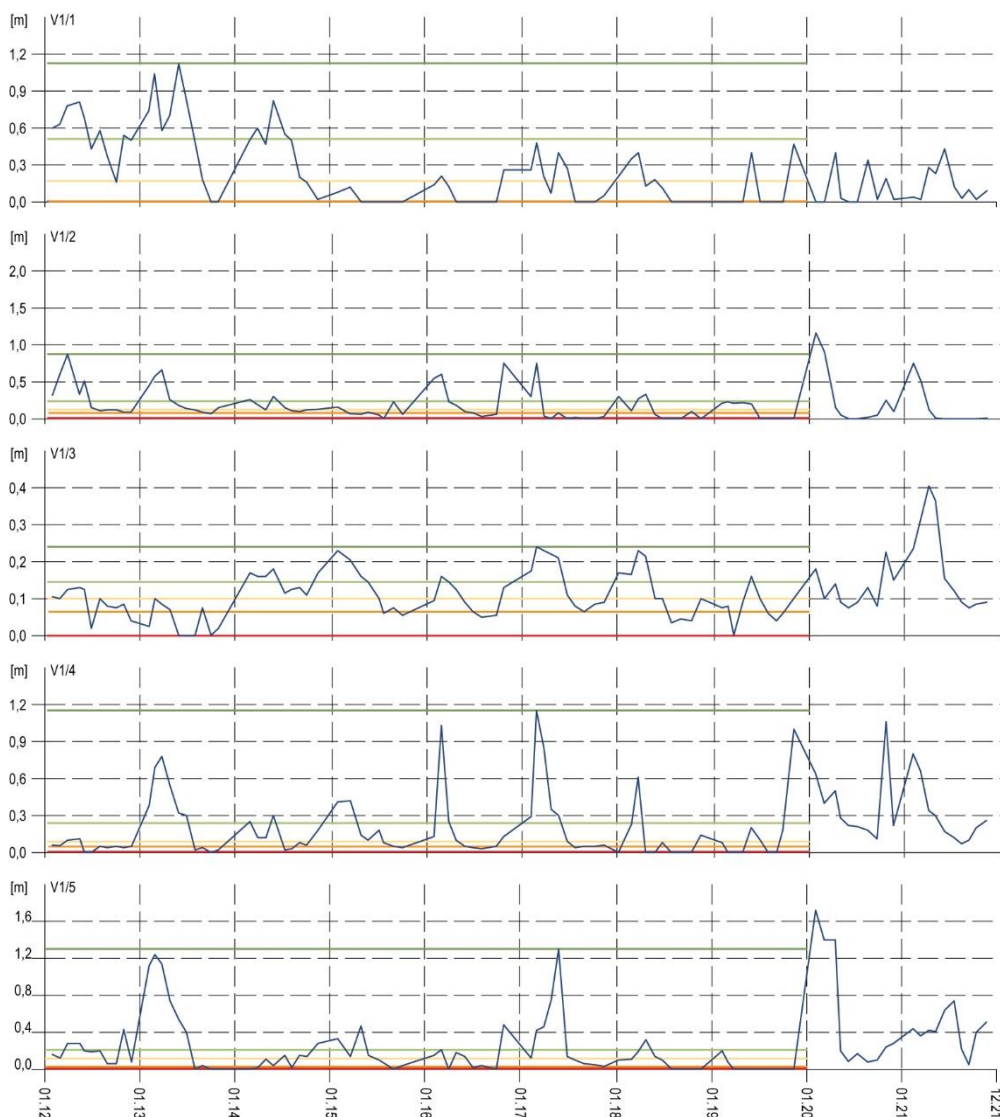
V4/1, V4/2, V4/3) mala počas roku väčšinou zaliatie ústia vrtov a nebolo možné merať ich výdatnosť. Sumárna priemerná hodnota výdatnosti u vrtov, ktoré vykazovali merateľné hodnoty, je $2,99 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s rokom 2020 pokles o $1,09 \text{ l.min}^{-1}$).



Obr. 4.5.7 Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtov (V3/1, V3/3, V4/3, V5/1 a V5/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2020 a 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtov počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

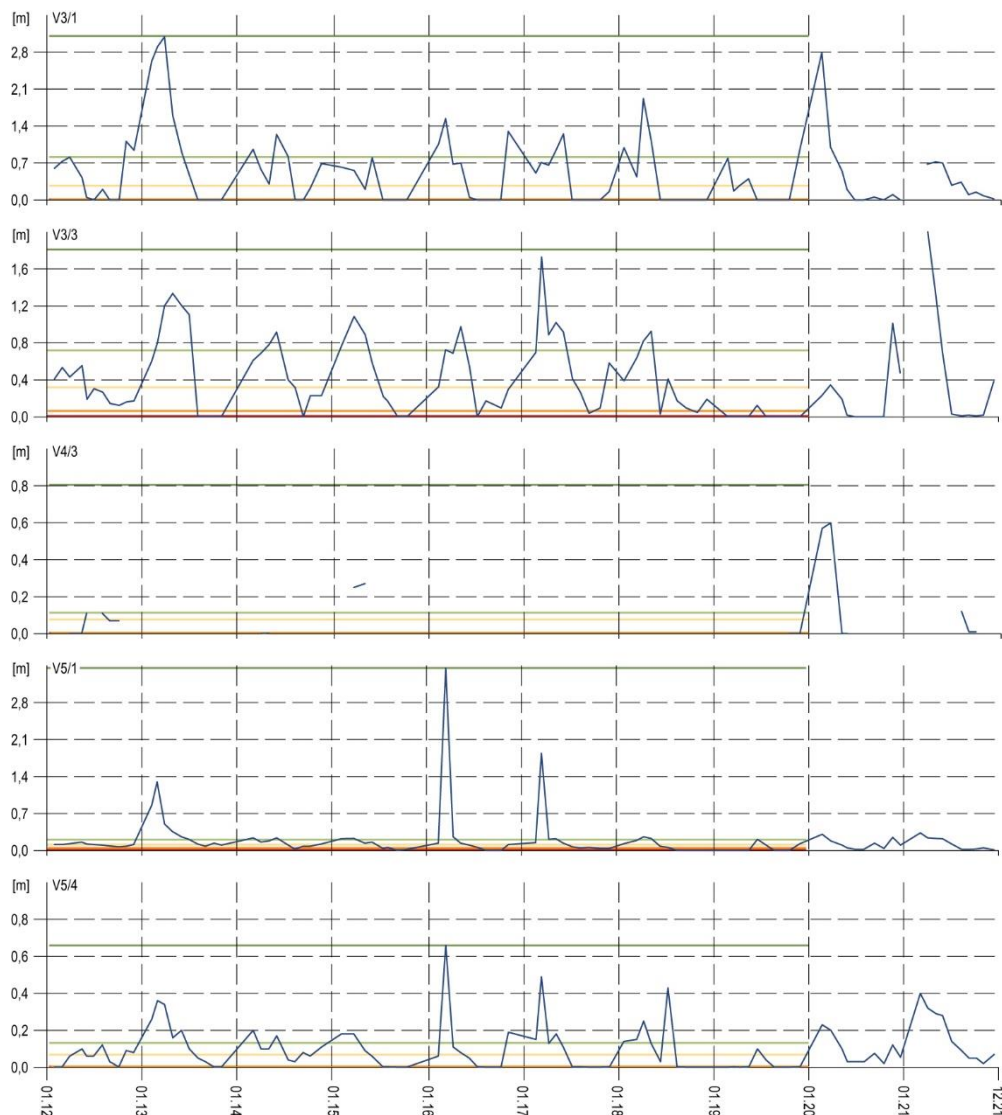
Pri hodnotení časového obdobia od roku 2012 do 2021 boli najvyššie výdatnosti namerané v roku 2011 (V2/1 – 29. marca $65,0 \text{ l.min}^{-1}$). V súbore nameraných výdatností v rámci celej lokality boli počas monitorovaného obdobia na jednotlivých odvodňovacích zariadeniach pozorované prevažne prietoky v rozsahu $0,0$ až $0,3 \text{ l.min}^{-1}$. V rámci skupín odvodňovacích vrtov sa najefektívnejšie prejavujú vrty označené ako V2, ktorých priemerná výdatnosť za hodnotenú dekádu dosahuje $0,91 \text{ l.min}^{-1}$. Z nich najvyššiu priemernú výdatnosť vykazuje odvodňovací vrt V2/1 ($3,2 \text{ l.min}^{-1}$). V skupinách vrtov V3 a V5 boli najvýznamnejšie hodnoty výdatnosti namerané počas rokov 2013, 2016 a 2017, ale v skupine vrtov V3 aj v roku 2020. V skupinách vrtov V1 a V2 došlo po roku 2011 k ustáleniu výdatnosti. Na vrtov 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 vrtoch by bolo možné urobiť len na základe údajov s vyššou frekvenciou meraní). Dlhodobu najnižšiu výdatnosť sú pozorované vo vrtoch označených V4 (priemerná výdatnosť $0,05 \text{ l.min}^{-1}$) a pomerne nízku výdatnosť vykazujú aj vrty V5 ($0,57 \text{ l.min}^{-1}$). Od roku 2011 je možné pozorovať postupný pokles celkovej výdatnosti odvodňovacích zariadení, ktorý sa markantne prejavil najmä v rokoch 2018 a 2019 (iba $0,98 \text{ l.min}^{-1}$ v roku 2019). K nárastu výdatnosti došlo znovu v roku 2020, kedy bola sumárna priemerná výdatnosť všetkých merateľných vrtoch na úrovni $4,08 \text{ l.min}^{-1}$.



Obr. 4.5.8 Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V1/1, V1/2, V1/3, V1/4 a V1/5) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2012 až 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrto), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

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.



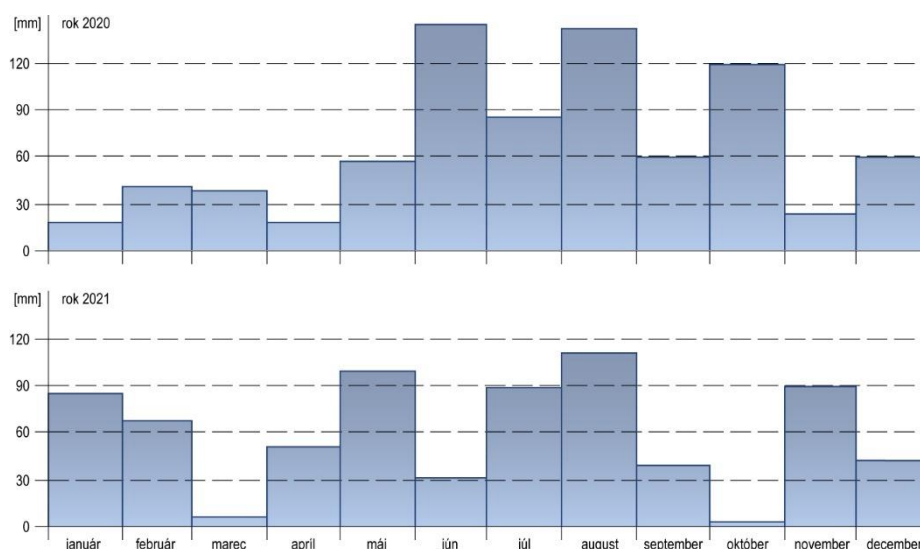
Obr. 4.5.9 Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V3/1, V3/3, V4/3, V5/1 a V5/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2020 až 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Slanská Huta s indikatívom 51160. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od januára 2001 do decembra 2018 predstavuje 755,2 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1204,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 62,9 mm a maximálny mesačný úhrn 314,9 mm (máj 2010).

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 709,8 mm, čo zodpovedá 106,36 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (144,5 mm) a naopak, najsuchším mesiacom bol január s 17,4 mm zrážok (obr. 4.5.10).

V roku 2021 bol zrážkový úhrn 823,2 mm, čo zodpovedá 93,99 % dlhodobého priemeru, a teda taktiež ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas augusta (110,4 mm). Naopak, najsuchším mesiacom bol október s 2,8 mm zrážok.



Obr. 4.5.10 Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160) v rokoch 2020 a 2021.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

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

Na základe spracovania nameraných údajov možno konštatovať, že v prípade sledovaných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bol pozorovaný mierny vzostup. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k vzostupu o 0,09 m. Z hľadiska dlhodobého vývoja sledovaných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody je potrebné upozorniť na vzostupný trend hladiny podzemnej vody vo vrte J-9. Najmä v predchádzajúcich rokoch boli v uvedenom vrte pozorované výrazné vzostupy hladiny podzemnej vody.

V súvislosti s monitorovaním hĺbkového odvodnenia je nevyhnutné opätovne konštatovať, že vrty ústiace do šachty V2 boli prakticky počas celého roka utopené pod vodou a vrty ústiace do šachty V4 boli pod vodou počas 7 meraní. Uvedený stav výrazne znižuje efektívnosť hĺbkového odvodnenia, ktoré predstavuje jediné stabilizačné opatrenie v zosuvnom území a znemožňuje meranie výdatnosti uvedených vrtov.

Z nameraných údajov vyplýva, že v roku 2021 došlo k miernemu poklesu hodnoty sumárnej priemernej výdatnosti.

Vzhľadom na mimoriadne riziko spojené s potenciálnym pretrhnutím tranzitného plynovodu alebo ropovodu zdôrazňujeme 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 tejto súvislosti ďalej upozorňujeme, že monitorovacie aktivity, ktoré sú v zosuvnom území zabezpečované, sú sústredené výlučne len na sledovanie režimových ukazovateľov, a teda sú nepostačujúce. V zosuvnom území úplne absentujú monitorovacie metódy, ktoré by poskytovali informácie o veľkosti pohybovej aktivity. Z tohto dôvodu považujeme za nevyhnuté rozšírenie monitorovacej siete o inklinometrické vrty, vďaka ktorým bude možné s vysokou presnosťou stanoviť hĺbky šmykových plôch a sledovať vývoj deformácie v čase. K zvýšeniu úrovne monitorovania by určite prispela aj inštalácia kútových odrážačov pre technológiu InSAR, vďaka čomu by bolo možné prejavy zosuvného pohybu sledovať s frekvenciou cca 12 dní.

V roku 2022 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2021, teda 10 etáp režimových meraní na piezometrických vrtoch a odvodňovacích zariadeniach.

1.4.6. 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 2020 a 2021

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021 na lokalite Dolná Mičiná, sú zhrnuté v tab. 4.6.1.

Tab. 4.6.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Dolná Mičiná v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
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	

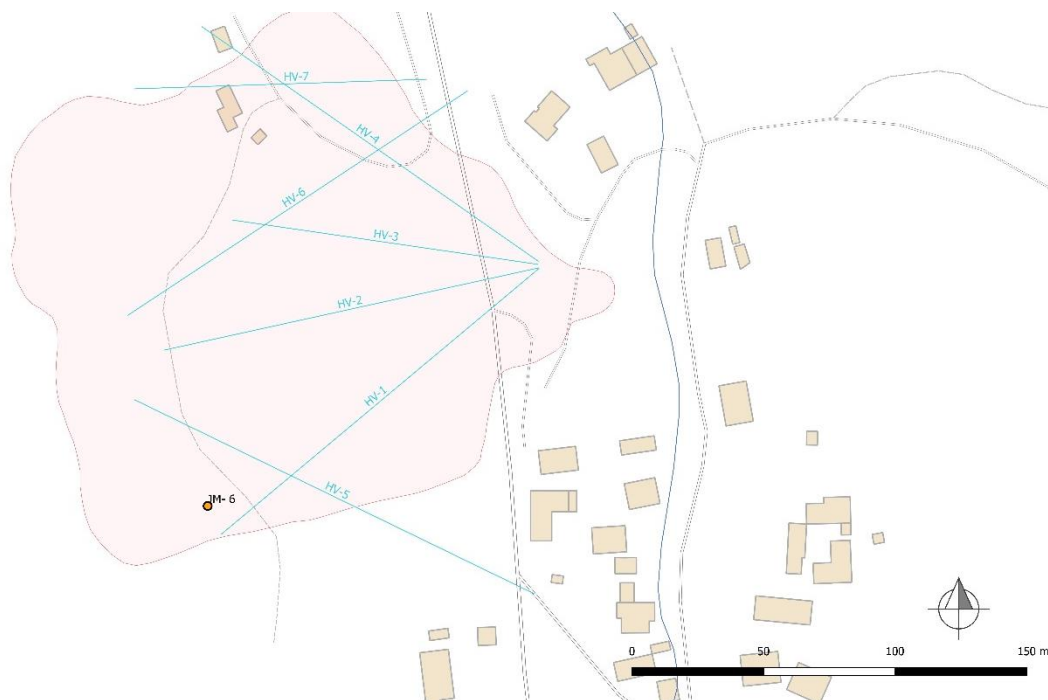
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Dolná Mičiná je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie vo vrte JM-6 (obr. 4.6.1). Počas hodnotených rokov 2020 a 2021 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, to znamená, že zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali každú hodinu.

Hladina podzemnej vody mala v roku 2020 vzostupný charakter. Minimálna hladina bola zaznamenaná na začiatku kalendárneho roka (1. januára; 15,89 m pod terénom – 397,00 m n. m.) a naopak, maximálny stav bol pozorovaný na konci roka (31. decembra; 8,35 m pod terénom – 404,54 m n. m. – tab. 4.6.2 a obr. 4.6.2), čo je v porovnaní s rokom 2019 výrazný vzostup (o 6,79 m). Vzostupy hladiny podzemnej vody počas roka súviseli so zimnými a jarnými zrážkami, ale najmä s intenzívnymi úhrnmi na prelome septembra a októbra. Následne, vzhľadom na výrazný pokles evapotranspiračného potenciálu, došlo po decembrových zrážkach k opätovnému vzostupu hladiny podzemnej vody. Zostup hladiny podzemnej vody v roku 2020 bol zdokumentovaný počas jarného a letného obdobia. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 13,72 m pod terénom (399,17 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 1,85 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 7,54 m. Prvý kvartil odvodený z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody dosiahol úroveň 14,78 m pod terénom, 2. kvartil 13,73 m pod terénom a 3. kvartil 12,62 m pod terénom.

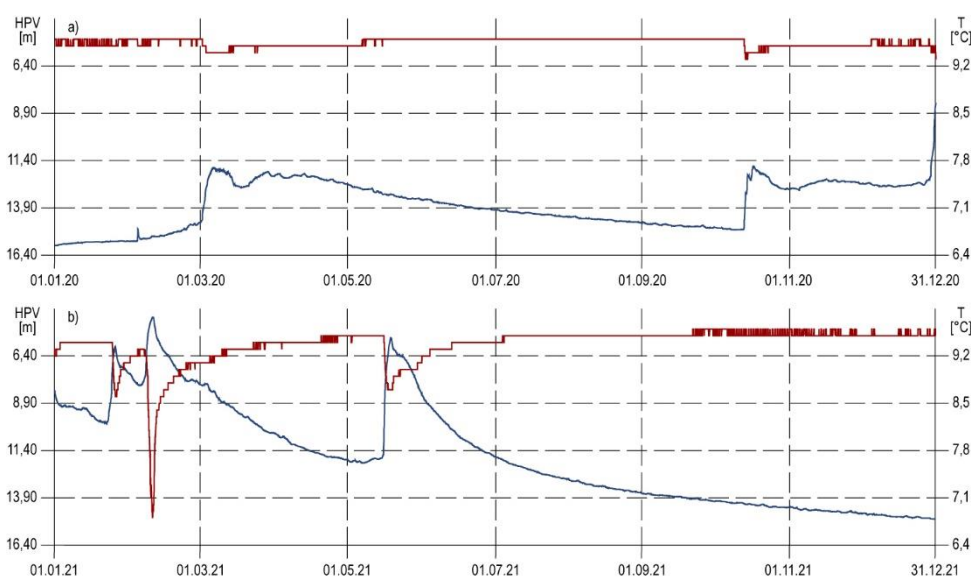
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,6 °C počas 1. januára. Minimálna teplota bola nameraná 13. októbra s hodnotou 9,3 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku predstavovala 9,55 °C.



Obr. 4.6.1. Lokalita Dolná Mičina – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (oranžový bod – piezometrický vrt s automatickým hladinomerom) a sanačných opatrení (modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvu podľa Fussgängera a Jadroňa (1995), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.6.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Dolná Mičina v roku 2020.

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	8,35	404,54	31. 12. 2020	15,89	397,00	1. 1. 2020	13,72	399,17	7,54



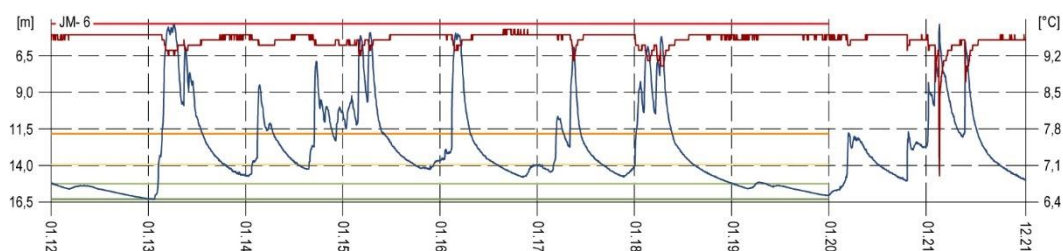
Obr. 4.6.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom vo vrte JM-6 v rokoch 2020 a 2021 na lokalite Dolná Mičina. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), červená línia – teplota podzemnej vody (T; pravá os).

V roku 2021 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 4,34 m pod terénom (408,55 m n. m. – tab. 4.6.3 a obr. 4.6.2), čo je v porovnaní s rokom 2020 výrazný vzostup, a to až 4,01 m. Ide taktiež o najvyššiu hladinu podzemnej vody za poslednú dekádu a zároveň o najvyššiu hladinu od roku 2010, kedy nastal, vzhľadom na extrémne klimatické pomery, mimoriadne stabilne nepriaznivý stav. Po dosiahnutí maximálneho stavu mala hladina podzemnej vody prevažne zostupný ráz. K výraznejšiemu vzostupu došlo len v súvislosti s májovými zrážkami. Zostupný charakter hladiny podzemnej vody v roku 2021 pretrval až do konca roka. Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 15,02 m (397,87 m n. m.) bola dosiahnutá 30. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 11,61 m pod terénom (401,28 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 2,12 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 10,68 m, vďaka čomu je možné hladinu podzemnej vody v roku 2021 hodnotiť ako mimoriadne dynamickú (najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody od roku 2013). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 9,46 m pod terénom, 2. kvartil 11,99 m pod terénom a 3. kvartil 14,07 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,6 °C a najnižšia 6,8 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku predstavovala 9,4 °C.

Tab. 4.6.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Dolná Mičina v roku 2021.

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	4,34	408,55	10. 2. 2021	15,02	397,87	30. 12. 2021	11,61	401,28	10,68



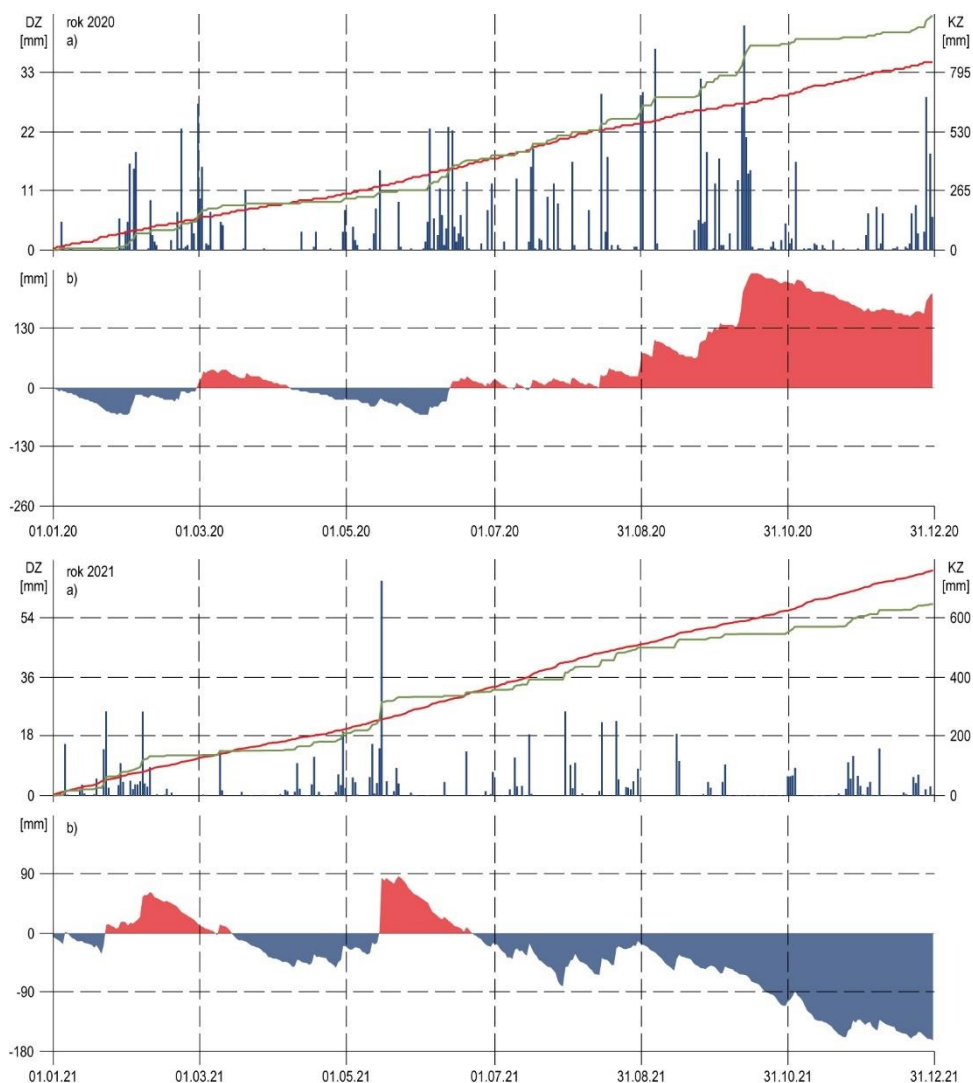
Obr. 4.6.3. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2012 až 2021, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Dolná Mičina. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JM-6. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od januára 2012 do decembra 2019): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

Pri hodnotení poslednej dekády je možné sledovať prevažne pravidelný cyklus zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorý odráža sezónne vplyvy, pričom veľkosť kolísania je priamo úmerná klimatickým pomerom v jednotlivých rokoch. Vzostupy súvisia 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 sú roky 2012 a 2019, kedy hladina podzemnej vody prakticky počas celého roka nestúpala.

Maximálna hladina za posledných desať rokov bola nameraná v aktuálne hodnotenom roku (obr. 4.6.3). Opačným príkladom je rok 2012, ktorý je možné vyhodnotiť ako „najsuchší“. Minimálny stav hladiny podzemnej vody bol však nameraný až 13. januára 2013 s hodnotou 16,3 m pod terénom.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Banská Bystrica s indikatívom 34300 (obr. 4.6.4). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2000 do 31. decembra 2019 predstavuje 871,43 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1289,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 72,6 mm a maximálny mesačný úhrn 228,9 mm (október 2000). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 19. septembra 2000 do 19. októbra 2000) dosiahol 294,10 mm.



Obr. 4.6.4. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (os ZD), zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (os ZK), červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 (os ZK); b – prebytok (červená) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1049,30 mm, čo zodpovedá 120,41 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (173,7 mm) a najvyšší denný úhrn 13. októbra (41,6 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 10,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 21. septembra do 21. októbra (233,9 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 25. decembra 2019 do 24. januára 2020) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,5 mm.

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 716,50 mm, čo zodpovedá 82,22 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas mája

(156,9 mm) a najvyšší denný úhrn 17. mája (65,8 mm). Najsuchším mesiacom bol október s 14,8 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 24. apríla do 24. mája (166,5 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 12. marca do 11. apríla) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,0 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2021 trvalo 9 dní (od 2. februára do 10. februára) s úhrnom 58,5 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Dolná Mičina sú zabezpečované monitorovacie aktivity v jednom piezometrickom vrte, ktorý je inštrumentovaný automatickým hladinomerom. Pravidelne dvakrát ročne sa vykonávajú v území terénne rekognoskácie za účelom posúdenia morfológických zmien v oblasti zárubného múra, pozostávajúceho z gabiónových košov. Zároveň sú spracovávané a vyhodnocované klimatické ukazovatele zo zrážkomernej stanice Banská Bystrica. Hladina podzemnej vody počas roka mala síce zostupný charakter, avšak vo februári bola nameraná najvyššia hladina podzemnej vody od roku 2010. Výrazný vzostup hladiny bol pozorovaný i v súvislosti s májovými zrážkami. I napriek skutočnosti, že rok 2021 bol v porovnaní s rokom 2020 výrazne „chudobnejší na zrážky“, priemerná hladina v roku 2021 zaznamenala v porovnaní s predchádzajúcim rokom pomerne výrazný vzostup.

V súvislosti s monitorovaním hladiny podzemnej vody je potrebné zdôrazniť, že automatický hladinomer je nepretržite v prevádzke bezmála 20 rokov. Technická životnosť monitorovacieho zariadenia je výrobcom garantovaná desať rokov.

V roku 2022 plánujeme pokračovať v monitorovaní hladiny podzemnej vody s rovnakou frekvenciou meraní ako v roku 2021. Zároveň budú spracované a vyhodnotené údaje o klimatických faktoroch.

1.4.7. 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 akumuláčnej 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 monitorovania, ale hlavne práce Fussgänger a Jadroňa (1977).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2020 a 2021

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

Tab. 4.7.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Okoličné v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2020	2021
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 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami

Na lokalite Okoličné je automatický hladinomer umiestnený vo vrte J-1. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody bolo v rokoch 2020 a 2021 možné pozorovať nepretržite, resp. v hodinovom intervale.

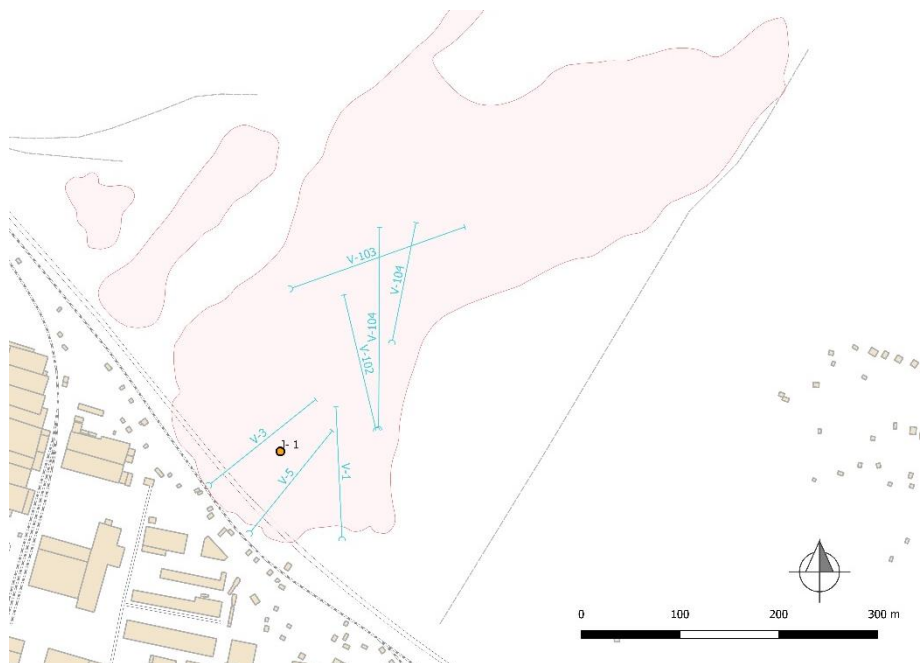
Tab. 4.7.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Okoličné v roku 2020.

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	6,44	601,63	12. 12. 2020	7,46	600,61	3. 2. 2020	7,04	601,03	1,02

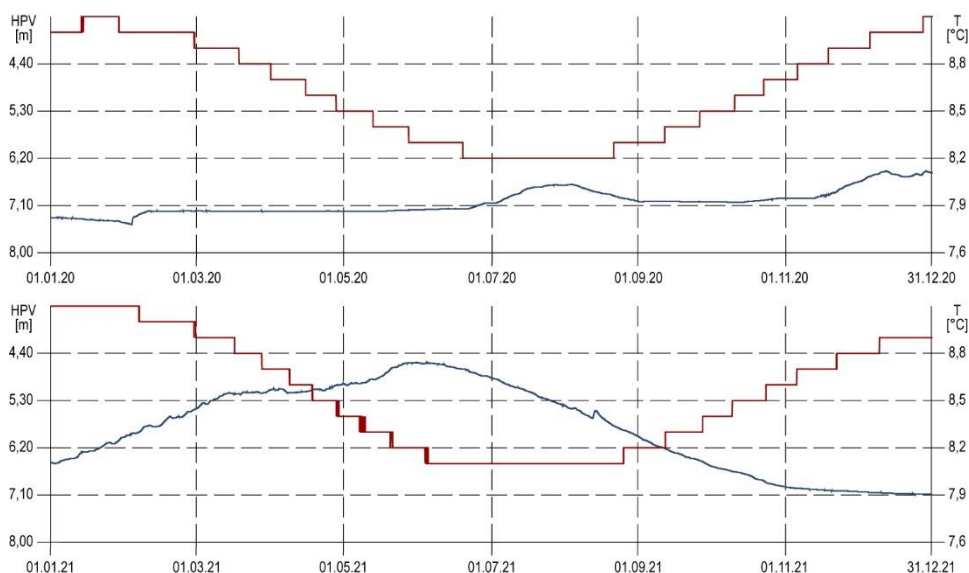
V roku 2020 mala hladina podzemnej vody mierne vzostupný charakter (obr. 4.7.2). Minimálna hladina bola zaznamenaná 3. februára (7,46 m pod terénom; 600,61 m n. m.), následne, do druhej polovice júna bol pozorovaný veľmi mierny vzostup (hladina stúpala o 0,84 m). Intenzívnejší vzostup hladiny podzemnej vody bol pozorovaný od druhej polovice júna do prvej polovice augusta. Koniec letného a začiatok jesenného obdobia bol spojený s poklesom hladiny podzemnej vody. Opätovný vzostup hladiny podzemnej vody spustili zrážky zaznamenané na prelome mesiacov september a október, hlavne však intenzívne zrážky v októbri. Hladina stúpala od polovice októbra až do polovice decembra. Maximálna hladina bola nameraná 12. decembra v hĺbke 6,44 m pod terénom (601,63 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 7,04 m pod terénom (601,98 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 0,51 m. Amplitúda ročných zmien v hodnotenom roku

dosiahla 1,02 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 7,21 m pod terénom, 2. kvartil 7,05 m pod terénom a 3. kvartil 6,93 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody v roku 2020 dosiahla hodnotu 9,1 °C 13. januára. Najnižšia teplota (8,2 °C) bola zaznamenaná 20. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,62 °C.



Obr. 4.7.1. Lokalita Okoličné– situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (oranžový bod – piezometrický vrt s automatickým hladinomerom) a sanačných opatrení (modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Jadroňa (1980), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.7.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2020 a 2021 vo vrte J-1 na lokalite Okoličné. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), hnedá línia – teplota podzemnej vody (T – pravá os).

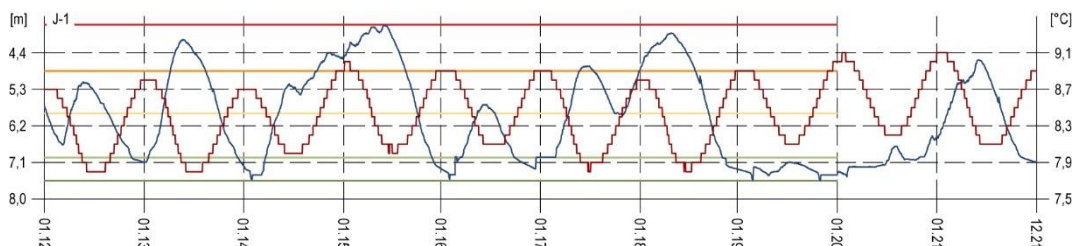
V roku 2021 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 1. júna v hĺbke 4,57 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 603,50 m n. m. Výrazný vzostup hladiny podzemnej vody bol pozorovaný už počas prvých mesiacov (približne od začiatku roka do

polovice marca). Následne, počas trvania jedného mesiaca sa hladina podzemnej vody ustálila a začala mierne klesať. Uvedený maximálny stav bol výsledkom intenzívnych májových zrážok, ktoré sa podpísali pod jej relatívne náhly vzostup. Obdobie od júna do decembra bolo sprevádzané poklesom hladiny podzemnej vody. Postupný zostup hladiny sa spomalil v decembri, avšak jej pokles sa nezastavil a minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná až 31. decembra s hĺbkou 7,09 m pod terénom. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 5,81 m pod terénom (600,52 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup o 1,23 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,52 m. V porovnaní s predchádzajúcimi dvoma rokmi došlo k výraznému nárastu jej kolísania, avšak z hľadiska dlhodobých pozorovaní, aktuálna hodnota ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody nie je neobvyklá. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 5,10 m pod terénom, 2. kvartil 5,68 m pod terénom a 3. kvartil 6,55 m pod terénom.

Tab. 4.7.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Okoličné v roku 2021.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	
J-1	8760	4,57	603,50	1. 6. 2021	7,09	600,98	31. 12. 2021	5,81	602,26	2,52

Minimálna teplota podzemnej vody bola v roku 2021 nameraná 5. júna s hodnotu 8,1 °C a naopak, najvyššia teplota (9,1 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,5 °C.



Obr. 4.7.3. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2012 až 2021, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Okoličné. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte J-1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV – ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (°C – pravá os), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od januára 2012 do decembra 2019): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

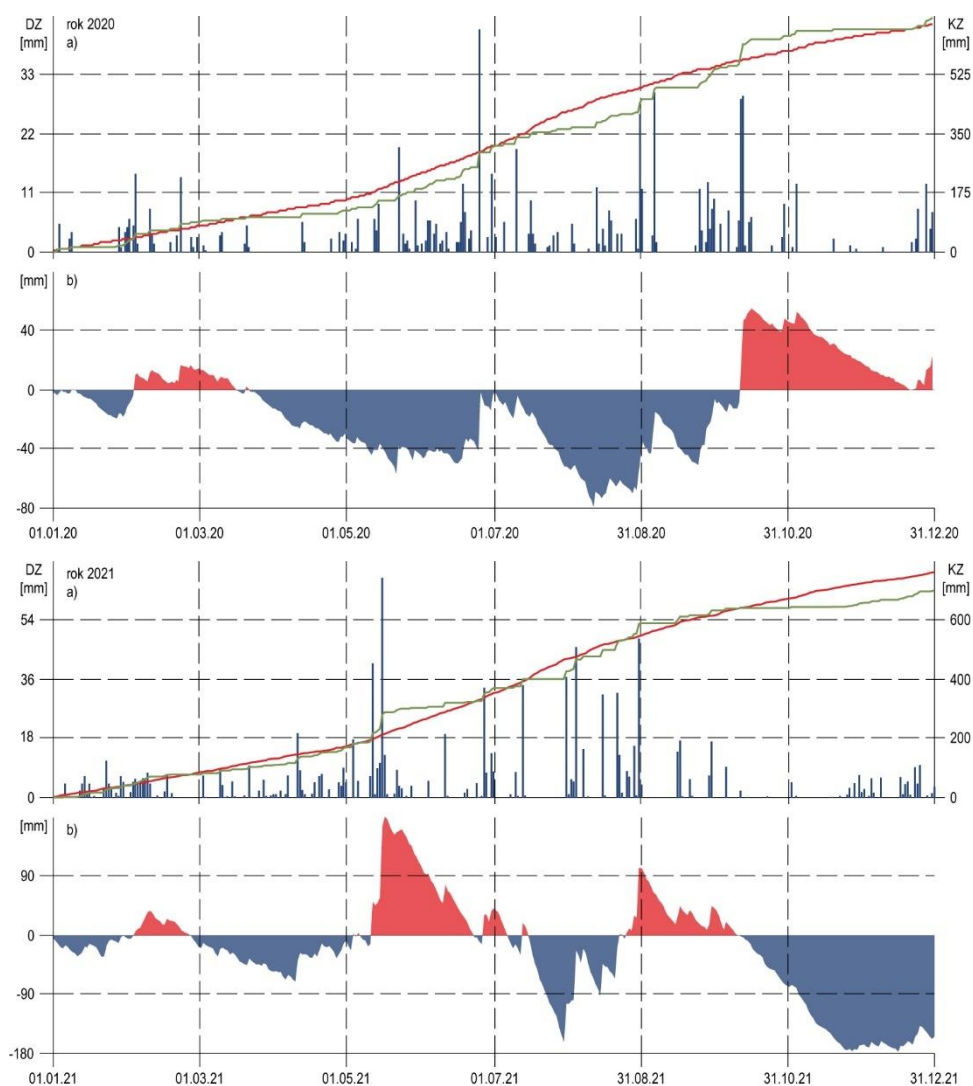
Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia prevažne s ročným klimatickým cyklom (obr. 4.7.3). Hladina podzemnej vody vo vrte J-1 má mimoriadne pravidelný režim, maximálne stavy sa vyskytujú zvyčajne na konci prvej polovice roka. Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytujú prevažne na sklonku, resp. v prvých mesiacoch kalendárneho roka. Výnimku tvoria roky 2019 a 2020, počas ktorých boli pozorované len nepatrné zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody.

Maximálna hladina podzemnej vody za hodnotenú dekádu bola nameraná 5. júna 2015 s hodnotou 3,72 m pod terénom. Naopak, najnižšie hladina klesla 28. októbra 2019 (7,55 m pod terénom). Celková amplitúda v posudzovanom období tak dosiahla hodnotu 3,83 m.

Zaujímavosťou, ktorá vyplýva z dlhodobého monitorovania podzemnej vody vo vrte J-1, sú systematické a pravidelné zmeny teploty podzemnej vody, ktoré jednoznačne poukazujú na hlboký režim jej obehu. Minimálne teploty sú prakticky vždy zaznamenané v máji, resp. júni a opačne, maximálne teploty sú pozorované len v zimných mesiacoch (december – január).

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová s indikatívom 21130 (obr. 4.7.4). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2019 predstavuje 639,34 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 774,50 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 53,3 mm a maximálny mesačný úhrn 166,8 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 27. júna 2011 do 27. júla 2011) dosiahol 202,00 mm.



Obr. 4.7.4. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš (indikatív 21060); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZD – ľavá os), zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZK – pravá os), červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 (ZK – pravá os); b – prebytok (červená) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 694,10 mm, čo zodpovedá 108,56 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (111,9 mm) a najvyšší denný úhrn 26. júna (41,3 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 15,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 16. septembra do 16. októbra (142,90 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 19. novembra do 19. decembra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 2,3 mm.

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 617,7 mm, čo zodpovedá 96,61 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas augusta (164,1 mm) a najvyšší denný úhrn 17. mája (41,2 mm). Najsuchším mesiacom bol október s 7,4 mm zrážkami. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 2. augusta do 1. septembra (143,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 15. októbra do 14. novembra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,3 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2021 trvalo 9 dní (od 2. februára do 10. februára) s úhrnom 26,8 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Okoličné sa monitorovacie činnosti postupne zredukovali na sledovanie hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody (prostredníctvom automatického hladinomeru). Geodetické merania sa na lokalite vykonávajú s dvoj- až trojročnou frekvenciou.

Piezometrické merania preukázali, že v roku 2021 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k vzostupu hladiny podzemnej vody. Kolísanie hladiny malo charakteristický sínusoidálny priebeh, podobne ako v predchádzajúcich rokoch. Amplitúda zmien dosiahla 2,52 m.

Na základe terénnych rekognoskácií je i v súčasnosti 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 nevyhovujúci technický stav monitorovacích objektov. V tejto súvislosti boli pozastavené monitorovacie aktivity na viacerých monitorovacích objektoch (v minulosti bola zničená sieť piezometrických vrtov, v roku 2017 bola vážne poškodená inštrumentácia na piezometrickom vrte AH-2, ktorá slúžila ako varovný systém; inklinometrické vrty M-2, M-3, M-4, JO-1 boli vybudované ako viacúčelové – inklinometricko-piezometrické. Na základe analýz sa ukázalo, že uvedené vrty nie sú vhodné pre vykonávanie režimových meraní a tiež ani na meranie pohybovej aktivity).

Vzhľadom na vysoký celospoločenský význam lokality, súvisiaci s trvalým ohrozením hlavnej železničnej trate, ktorá predstavuje spojnicu viacerých krajských miest, je i v nasledujúcom roku 2022 plánované zabezpečiť zber a analýzu údajov z automatického hladinomeru a taktiež hodnotenie klimatických pomerov, sledovaných na stanici SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová.

1.4.8. 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 príľahlých plôch na ľavej strane Ďačovského potoka (obr. 4.8.1). 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 2020 a 2021

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021, sú zhrnuté v tab. 4.8.1.

Tab. 4.8.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ďačov v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Inklinometrické	3	DA-1, 7, 9	1 – 2 (15. jún, 12. november)	1 – 2 (14. júl, 12. november)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	DA-5, DA-8, DA-10	10 (4. február, 11. marec, 21. apríl, 13. máj, 12. jún, 14. júl, 25. august, 25. september, 29. október, 27. november)	10 (19. február, 16. marec, 16. apríl, 13. máj, 11. jún, 23. júl, 20. august, 17. september, 15. október, 19. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Lipany (indikatív 59100)	Denné úhrny zrážok	

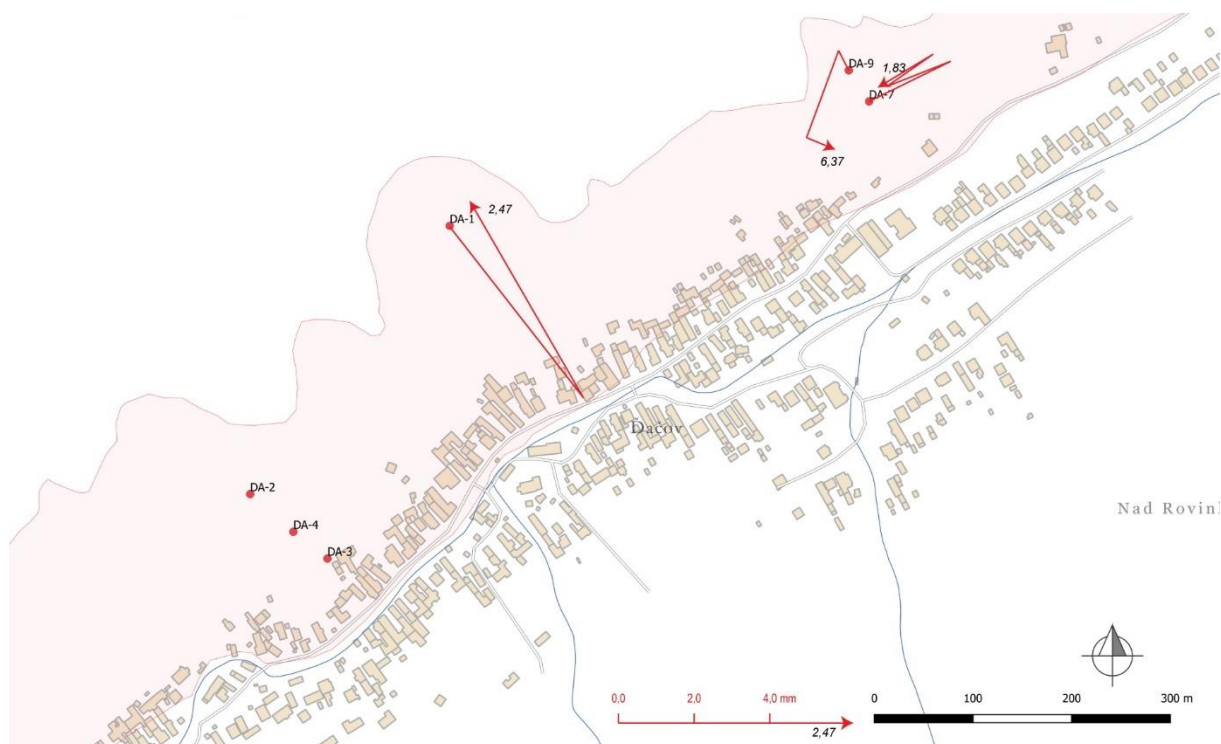
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite Ďačov bolo v roku 2010 vybudovaných viacero inklinometrických vrtov, z ktorých sa v súčasnosti systematicky monitorujú už len vrty DA-7 a DA-9. Vo vrte DA-1 boli merania obnovené 12. decembra 2019. Vrty sú situované v severovýchodnej časti obce a sledujú pohybovú aktivitu parciálneho aktívneho zosuvu (obr. 4.8.1). V apríli 2017 došlo na lokalite k výmene meracej sondy, čo si vyžiadalo realizáciu nultého merania, teda začatie novej monitorovacej epochy. Výsledky meraní z rokov 2020 a 2021 sú zhrnuté v tab. 4.8.2 a graficky prezentované na obr. 4.8.1 až 4.8.4. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je zobrazené na obr. 4.8.5 až 4.8.8.

V roku 2020 boli zabezpečené 1 až 2 merania – jarná (vo vrtoch DA-7 a DA-9 – od 12. decembra 2019 do 15. júna 2020) a letná etapa (vo vrtoch DA-1 – od 12. decembra 2019 do 12. novembra 2020 a DA-7 – od 15. júna 2020 do 12. novembra 2020). Zvýšená pohybová aktivita bola zaznamenaná opätovne vo vrte DA-1. Nameraný vektor dosiahol hodnotu 5,74 mm (6,24 mm.rok⁻¹; hĺbke 2,47 m pod úrovňou terénu) a dokumentuje približne 11 mesačné obdobie. Azimut etapového vektora sa v porovnaní s rokom 2019 otočil o 180°, z čoho plynie značná neistota v posudzovaní pohybovej aktivity v oblasti vrtu DA-1. Na hlbšej

šmykovej ploche bol v rovnakom období nameraný etapový prírastok deformácie 0,2 mm ($0,22 \text{ mm.rok}^{-1}$). Vo vrte DA-7 boli v roku 2020 zrealizované dve kontrolné etapové merania. Počas prvého (júnového) merania bol v hĺbke 1,83 m od terénu nameraný vektor 2,41 mm ($4,73 \text{ mm.rok}^{-1}$) a následne, počas novembrovej etapy, vektor 1,28 mm ($4,44 \text{ mm.rok}^{-1}$). V hlbších horizontoch sa počas roka 2020 veľkosti vektorov pohybovali v intervale 0,64 – 1,8 mm.



Obr. 4.8.1. Lokalita Dačov – vektory deformácií namerané v rokoch 2020 a 2021 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.8.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.8.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Dačov v rokoch 2020 a 2021.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	12. 12. 2019 – 15. 6. 2020			15. 6. 2020 – 12. 11. 2020			12. 11. 2020 – 14. 7. 2021			14. 7. 2021 – 12. 11. 2021		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
DA-1	2,47				3,93 ¹	5,74 ¹	142 ¹				9,71 ²	5,80 ²	330 ²
DA-7	1,83	2,28	2,41	64	1,41	1,82	248	2,27	1,50	55	1,51	1,50	239
DA-7	7,33	1,30	0,82	73	1,14	0,64	278	1,27	0,20	59	0,89	0,51	228
DA-9	6,37	0,22	0,58	333				2,63 ³	2,45 ³	200 ³	2,69	0,61	113

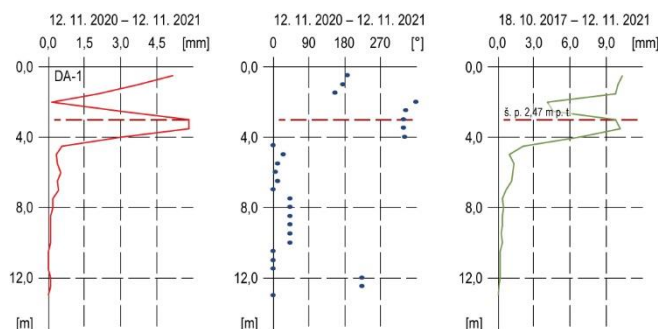
CD – celková deformácia od nultého merania druhej epochy – 25. 4. 17 – vrt DA-7 a DA-9; 18. 10. 2017 – vrt DA-1; ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; ¹ – namerané hodnoty sú za obdobie: 12. 12. 2019 – 12. 11. 2020; ² – namerané hodnoty sú za obdobie: 12. 11. 2020 – 12. 11. 2021; ³ – namerané hodnoty sú za obdobie: 15. 6. 2020 – 14. 7. 2021

Mierne zvýšená pohybová aktivita bola nameraná i vo vrte DA-9 v čase júnového merania. V hĺbke 1,87 m pod terénom bol nameraný vektor 3,0 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie $5,89 \text{ mm.rok}^{-1}$. Nameraný vektor mal juhozápadnú orientáciu.

V roku 2021 sa pokračovalo v etapových meraniach vo vrtoch DA-7 a DA-9 (2 etapy) a 12. novembra vo vrte DA-1 (1 etapové meranie).

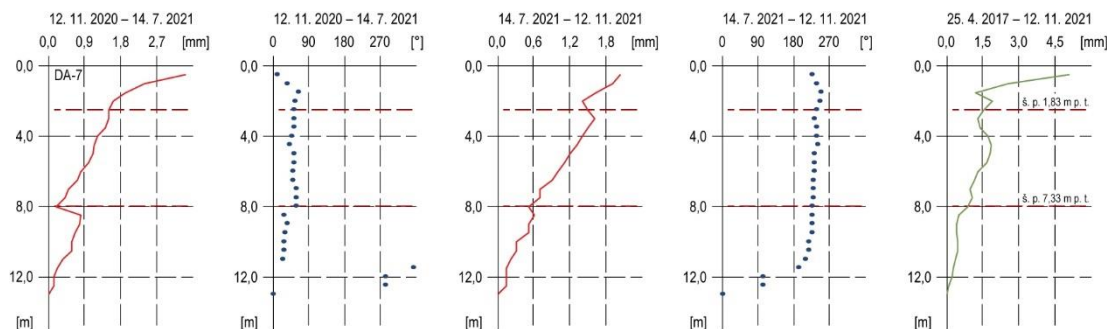
Vo vrte DA-1 sú merania vykonávané s jednoročnou frekvenciou. Z merania, ktoré bolo realizované v prvej polovici novembra vyplýva, že etapový prírastok deformácie dosiahol 5,8 mm a jeho azimut mal severozápadný smer. Znamená to, že sa opakuje situácia z predchádzajúcej kontrolnej etapy, kedy rozdiely v orientácii nameraných vektorov boli 180° .

Podobne, i v tomto prípade má nameraný vektor opačnú orientáciu ako vektor z predchádzajúceho kontrolného merania. Aktuálna hodnota celkovej deformácie dosiahla veľkosť 9,71 mm.



Obr. 4.8.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-1 na lokalite Ďačov. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), červená čiarkovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

Počas letnej etapy (od 12. novembra 2020 do 14. júla 2021) bola vo vrte DA-7 na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 1,83 m pod terénom nameraná etapová deformácia 1,5 mm ($2,25 \text{ mm.rok}^{-1}$; azimut – 55° – severovýchod). Následne, pri jesennom kontrolnom meraní bola v rovnakej hĺbke nameraná prakticky identická deformácia (1,5 mm; $4,53 \text{ mm.rok}^{-1}$), avšak azimut pohybu sa zmenil na 239° (smer juhozápad). Z prezentovaných etapových meraní v tab. 4.8.1 a na obr. 4.8.1 vyplýva viac-menej pravidelný cyklický pohyb v smere severovýchod – juhozápad. Výsledný pohyb za posledné dva roky je ale veľmi malý. Na základe uvedeného je možné konštatovať, a to i napriek nameraným vektorom, že pohybová aktivita v hĺbke 1,83 m pod terénom je v posledných rokoch len zdanlivá a s najväčšou pravdepodobnosťou nesúvisí so svahovým pohybom.

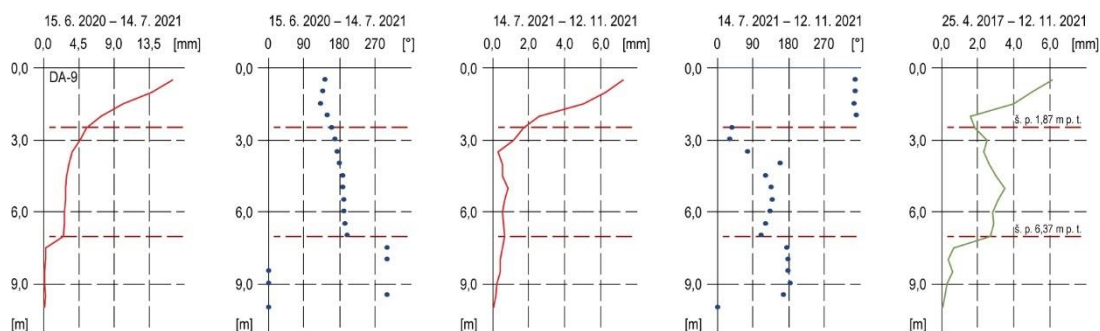


Obr. 4.8.3. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-7 na lokalite Ďačov. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), červená čiarkovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

V hlbšom horizonte v hĺbke 7,33 m pod terénom bola počas jarného etapového merania nameraná deformácia 0,2 mm (rýchlosť pohybu $0,3 \text{ mm.rok}^{-1}$) a následne pri jesennej kontrolnej etape 0,51 mm ($1,54 \text{ mm.rok}^{-1}$). Azimuty nameraných vektorov sa podobne ako v plytšom horizonte výrazne líšili.

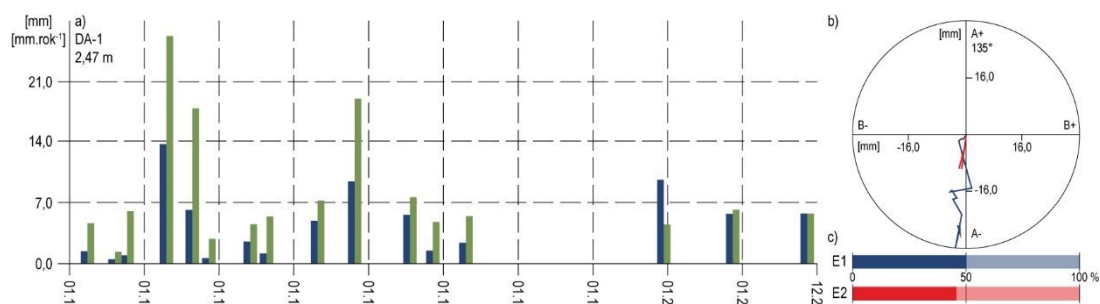
Vo vrte DA-9 sú na základe dlhodobého sledovania pohybovej aktivity vybrané hĺbky (1,87 m a 6,37 m pod terénom) s predpokladanou šmykovou plochou. V roku 2021 bola výraznejšia deformácia nameraná v hlbšom horizonte. Počas letného merania, ktoré v tomto

vrte charakterizuje pohybovú aktivitu od 15. júna 2020 do 14. júla 2021, dosiahol etapový prírastok hodnotu 2,45 mm ($2,27 \text{ mm.rok}^{-1}$). Orientácia nameraného vektora mala juho-juhovýchodný smer. Jesenné meranie preukázalo pokles pohybovej aktivity a odklon na juhovýchod.



Obr. 4.8.4. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-9 na lokalite Ďačov. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), červená čiarkovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

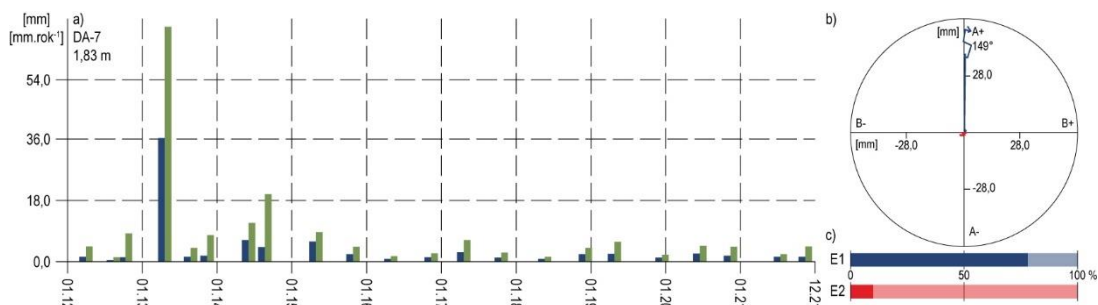
Zo spracovania dlhšieho časového radu nameraných deformácií na predpokladanej šmykovej ploche vo vrte DA-1 (obr. 4.8.5) vyplýva, že najvyššie etapové hodnoty boli namerané v roku 2013 a o niečo nižšie v rokoch 2015 a 2019; mierne zvýšené hodnoty etapových deformácií boli namerané aj pri jesenných meraniach v posledných dvoch hodnotených rokoch. V prvej epoche inklinometrických meraní (ktorá trvala do roku 2017) mal azimut výsledného vektora severozápadný smer a pomer medzi dĺžkou trajektórie etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu je 49,8 %. Počas druhej epochy, ktorá trvá od roku 2017, dosiahla hodnota uvedeného pomeru 45,76 %. Nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že deformácie v sledovanom horizonte nie sú priamočiare, ale naopak, v priebehu monitorovaného obdobia sa menia azimuty etapových vektorov.



Obr. 4.8.5. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-1 v období rokov 2012 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (modrá línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1 – od 7. 12. 2011 do 19. 4. 2017, červená línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2 – od 18. 10. 2017 do 12. 11. 2021), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

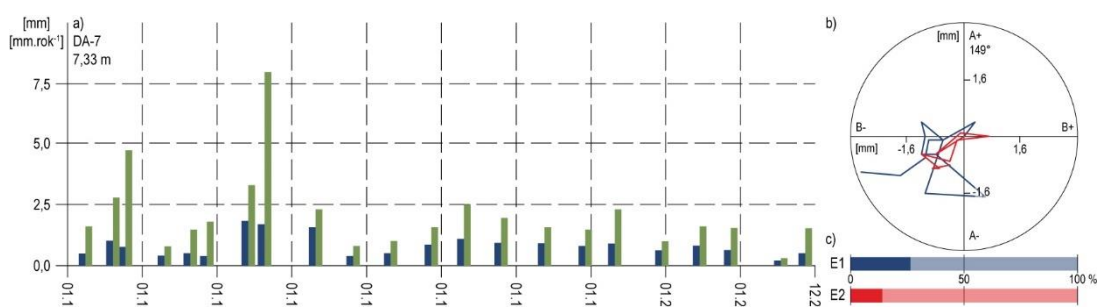
Z dlhodobého hodnotenia deformácie sledovanej vo vrte DA-7 (obr. 4.8.6) v hĺbke 1,83 m pod terénom vyplýva, že najväčšie etapové deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v roku 2013. K svahovému pohybu v oblasti monitorovaného vrtu dochádzalo len počas prvej epochy inklinometrických meraní (do roku 2017). Azimuty nameraných deformácií mali prevažne juhovýchodný smer. Pomer medzi dĺžkou trajektórie nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy (1,83 m

pod terénom) bol 78,0 %. Počas druhej epochy, ktorá trvá od roku 2017, dosiahla hodnota uvedeného pomeru 9,94 %. Z uvedeného vyplýva, že v oblasti došlo k prirodzenej stabilizácii zosuvu, najmä v dôsledku stabilizácie priaznivých klimatických pomerov. Celkový vektor, nameraný v období aktuálnej epochy (za obdobie apríl 2017 – november 2021), dosiahol hodnotu 1,51 mm a priemerná rýchlosť deformácie dosahuje len 0,33 mm.rok⁻¹. Pokles rýchlosti deformácie na sledovanej šmykovej ploche dokumentuje i skutočnosť, že počas predchádzajúcej epochy bol nameraný výsledný vektor až 52,23 mm (9,72 mm.rok⁻¹).



Obr. 4.8.6. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Dačov vo vrte DA-7 v hĺbke 1,83 m pod terénom v období rokov 2012 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (modrá línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1 – od 7. 12. 2011 do 19. 4. 2017, červená línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2 – od 25. 4. 2017 do 12. 11. 2021), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

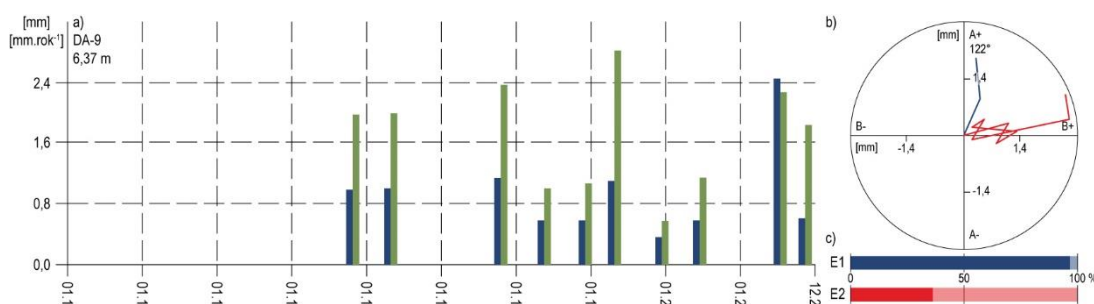
V hĺbke 7,33 m pod terénom, kde na základe priebehu deformácie inklinometrickej pažnice predpokladáme priebeh hlbšej šmykovej plochy, sa veľkosti etapových vektorov nachádzajú v intervale od 0,2 do 1,84 mm (obr. 4.8.7). Maximálna priemerná rýchlosť (7,97 mm.rok⁻¹) bola nameraná v období od júna 2014 do augusta 2014. Azimuty etapových vektorov sú veľmi rôznorodé, v dôsledku čoho sú pomerné hodnoty medzi trajektóriou a výsledným premiestnením sledovaného bodu veľmi nízke (prvá epocha – 26,4 %, druhá epocha – 14,01 %).



Obr. 4.8.7. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Dačov vo vrte DA-7 v hĺbke 7,33 m pod terénom v období rokov 2012 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (modrá línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1 – od 7. 12. 2011 do 19. 4. 2017, červená línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2 – od 25. 4. 2017 do 12. 11. 2021), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

Vo vrte DA-9, na základe výsledkov dlhodobého monitoringu na úrovni predpokladanej šmykovej plochy v hĺbke 6,37 m pod terénom (obr. 4.8.8), možno konštatovať, že najväčšia etapová deformácia inklinometrickej pažnice bola nameraná v aktuálne hodnotenom roku (2,45 mm; 2,27 mm.rok⁻¹). Azimut výslednej deformácie, nameranej počas obdobia prvej epochy, bol orientovaný na juhovýchod. Počas druhej epochy sa smer výslednej deformácie zmenil na juho-juhozápad. Vypočítaný pomer medzi dĺžkou trajektórie nameraných etapových

deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu bol počas prvej epochy 97,7 %. Počas druhej epochy, ktorá trvá od roku 2017, dosiahla hodnota vypočítaného pomeru už len 36,3 %. Nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že svahový pohyb v sledovanom horizonte nie je priamočiary, ale naopak, etapové vektory často menia svoj smer. Výsledný vektor nameraný počas prvej epochy inklinometrických meraní (za obdobie apríl 2015 – apríl 2016) dosiahol hodnotu 10,85 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 10,8 mm.rok⁻¹. Počas druhej epochy bol (v období od apríla 2017 do novembra 2021) nameraný výsledný vektor 2,69 mm, teda vypočítaná priemerná rýchlosť deformácie dosiahla 0,59 mm.rok⁻¹.



Obr. 4.8.8. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-9 v hĺbke 6,37 m pod terénom v období rokov 2015 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (modrá línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1 – od 27. 4. 2015 do 27. 4. 2016, červená línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2 – od 25. 4. 2017 do 12. 11. 2021), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

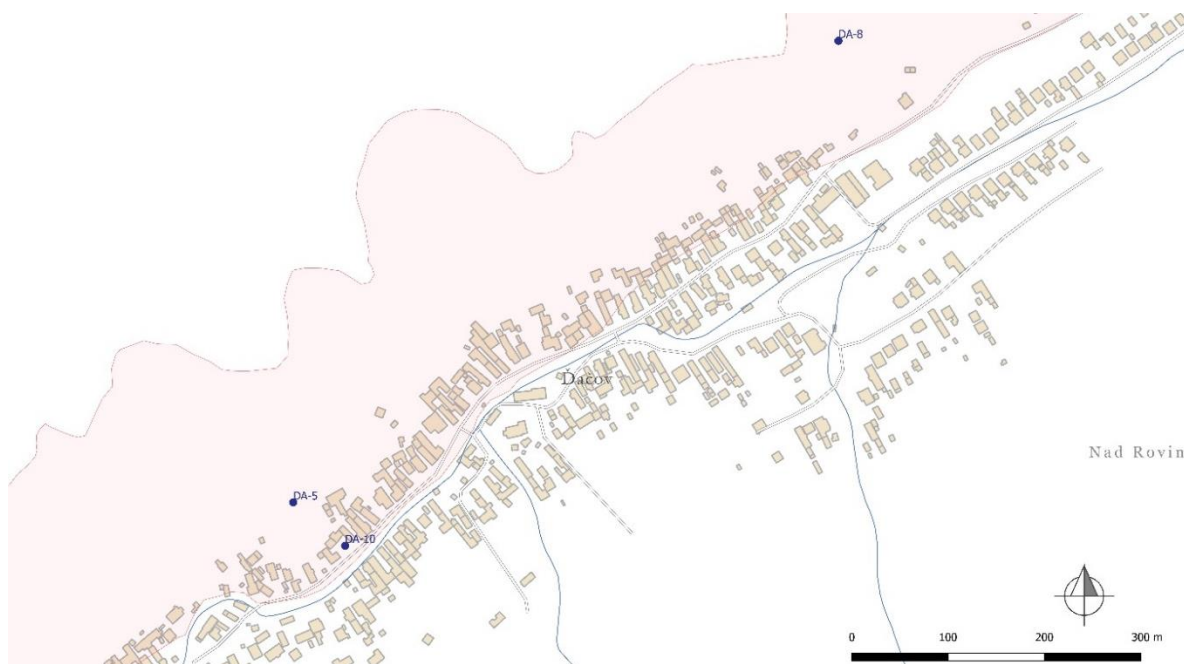
Na lokalite Ďačov sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (tab. 4.8.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.8.3 a 4.8.4). Situovanie monitorovacích objektov v zosuvnom území je znázornené na obr. 4.8.9, priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2020 a 2021 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.8.10, dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.8.11.

Tab. 4.8.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2020.

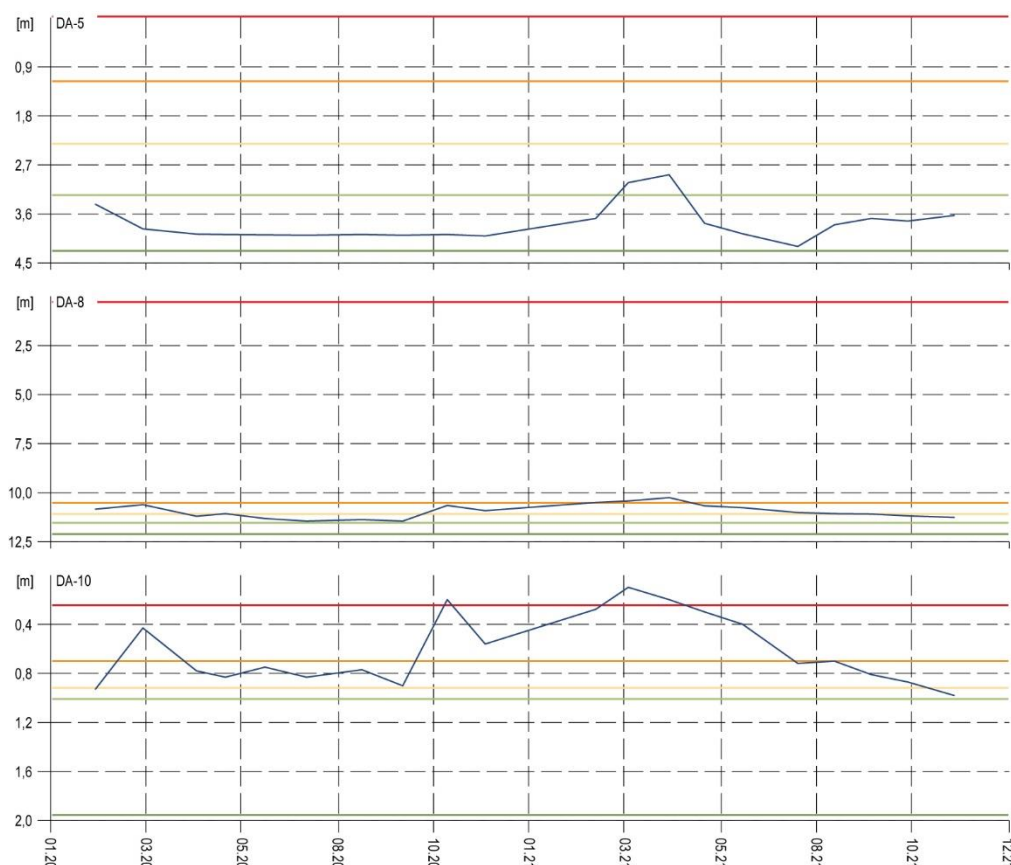
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
DA-10	10	0,20	429,86	29. 10. 2020	0,93	429,13	4. 2. 2020	0,70	429,36	0,73
DA-5	10	3,82	438,29	11. 3. 2020	4,12	437,99	14. 7. 2020	3,99	438,12	0,30
DA-8	10	9,50	427,31	4. 2. 2020	11,12	425,69	27. 11. 2020	10,88	425,93	1,62

V roku 2020 sa pokračovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 4. februára do 27. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte DA-10 (0,20 m pod terénom – 429,25 m n. m.), a to dňa 29. októbra. Tento stav hladiny predstavuje zároveň i najvyššiu úroveň, do akej vystúpila hladina v tomto vrte počas celého obdobia pozorovania.

Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody už dlhodobo nachádza vo vrte DA-8 (v roku 2020 dosiahla v jesennom období úroveň 11,12 m pod terénom – 27. november). V ostatných vrtoch sa minimálne hladiny podzemnej vody pohybovali na úrovni 4,12 m pod terénom (vrt DA-5) až 0,93 m pod terénom vo vrte (vrt DA-10).



Obr. 4.8.9. Lokalita Dačov – situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody; mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.8.10. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Dačov, nameranej v rokoch 2020 a 2021 vo vrtoch: DA-5, DA-8 a DA-10, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: apríl 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2020 hĺbku 5,19 m pod terénom, čo je oproti roku 2019 vzostup o 0,56 m. Vzostup priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody bol

ovplyvnený najmä vysokým stavom hladiny vo vrte DA-10, pretože jej priemerná hĺbka v tomto vrte bola počas roku 2020 vo výške 0,70 m (oproti roku 2019 – 1,90 m) s maximálnym kolísaním hladiny 0,73 m. Ešte menším kolísaním sa vyznačoval vrt DA-5 (0,30 m).

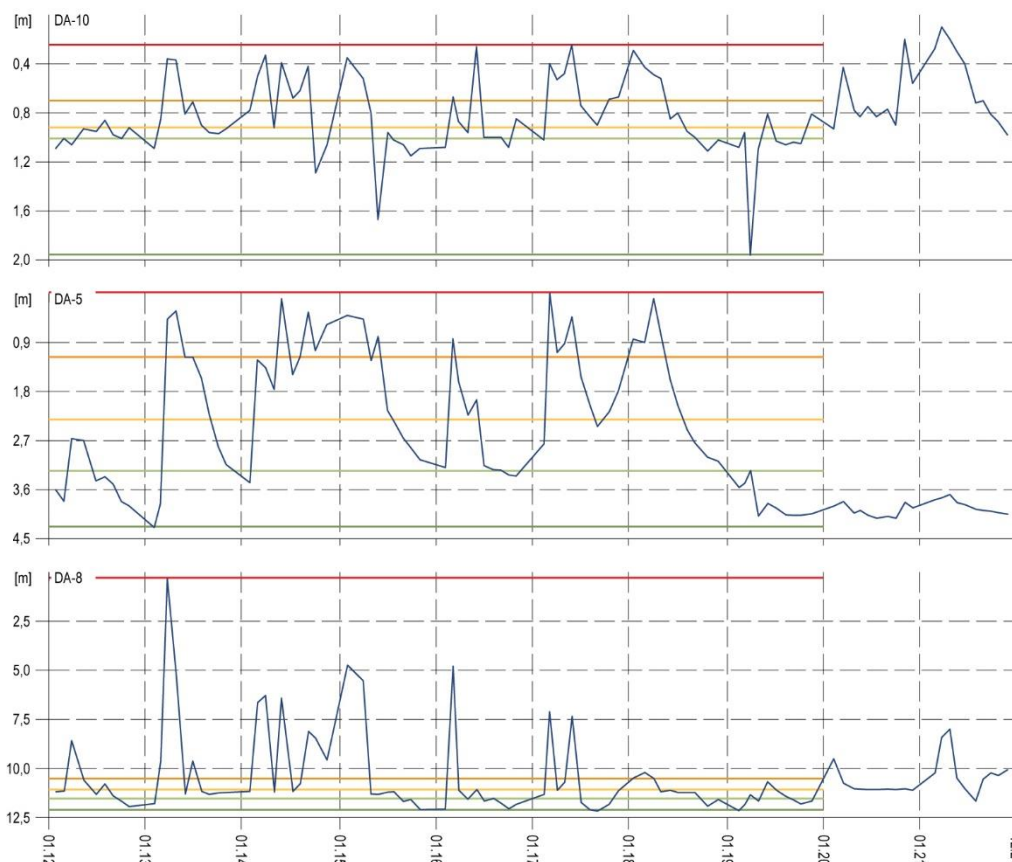
V roku 2021 bolo vo všetkých troch vrtoch zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 19. februára do 19. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte DA-10 (0,10 m pod terénom – 429,96 m n. m.), a to dňa 16. marca (najvyššia za celé obdobie monitorovania). Následne, počas nasledujúceho kontrolného merania, boli pozorované aj maximálne stavy hladiny vo vrtoch DA-5 (3,69 m pod terénom) a DA-8 (8,00 m pod terénom).

Naopak, najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte DA-8 (11,66 m pod terénom – 23. júl). V ostatných vrtoch boli minimálne hladiny podzemnej vody namerané počas posledného kontrolného merania (4,05 m pod terénom vo vrte DA-5 a 0,98 m pod terénom vo vrte DA-10).

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla v roku 2021 hodnotu 4,85 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup o 0,35 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v intervale od 0,54 (DA-10) do 11,10 m pod terénom (vrt DA-8).

Tab. 4.8.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2021.

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	0,10	429,96	16. 3. 2021	0,98	429,08	19. 11. 2021	0,54	429,52	0,88
DA-5	10	3,69	438,42	16. 4. 2021	4,05	438,06	19. 11. 2021	3,89	438,06	0,36
DA-8	10	8,00	428,81	16. 4. 2021	11,66	425,15	23. 7. 2021	10,10	426,71	3,66

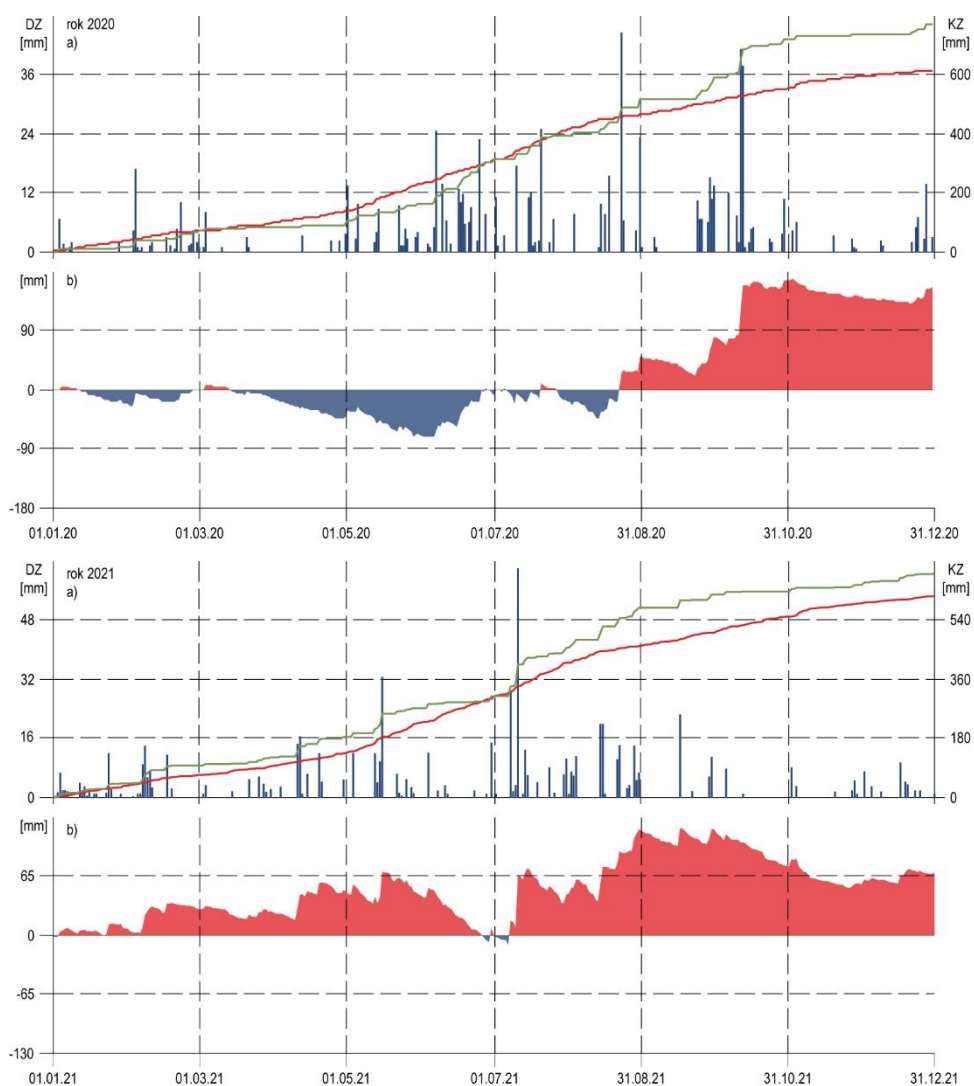


Obr. 4.8.11. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Ďačov v rokoch 2011 až 2021 vo vrtoch: DA-5, DA-8 a DA-10, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: apríl 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Z dlhodobého hľadiska bolo najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody vo vrtoch namerané v roku 2013, kedy sa vo vrte DA-8 s hlbším horizontom obehu dostala až k úrovni terénu (0,35 m pod povrchom; 22. marec). Hladina podzemnej vody vo vrte DA-5 zaznamenala najvyššiu úroveň v roku 2017, kedy sa dostala až na úroveň terénu (1. marec). Najvyššia úroveň hladiny vo vrte DA-10 sa vyskytla počas aktuálne hodnoteného roku (0,10 m pod terénom).

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Lipany s indikatívom 59100 (obr. 4.8.12). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2019 predstavuje 624,11 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 754,8 mm (rok 2014); priemerný mesačný úhrn 52,0 mm a maximálny mesačný úhrn 175,1 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 24. júna 2014 do 24. júla 2014) dosiahol 176,4 mm.



Obr. 4.8.12. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Lipany (indikatív 59100); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZD – ľavá os), zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZK – pravá os), červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2019 (ZK – pravá os); b – prebytok (červená) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 734,00 mm, čo zodpovedá 117,61 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (144,3 mm) a najvyšší denný úhrn 23. augusta (44,6 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 7,8 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 17. septembra do 17. októbra (180,30 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 22. marca do 21. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,3 mm.

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 648,7 mm, čo zodpovedá 103,94 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (152,1 mm) a najvyšší denný úhrn 12. júla (62,1 mm). Najsuchším mesiacom bol október s 8,8 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 6. júla do 5. augusta (171,8 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 19. februára do 21. marca) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,0 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2021 trvalo 7 dní (od 5. februára do 11. februára) s úhrnom 40,4 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Ďačov sú monitorovacie činnosti zamerané na hodnotenie stabilného stavu, a to priamymi meraniami pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie, ako aj nepriamymi meraniami, založenými na sledovaní hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody.

V posledných rokoch sa merania vykonávajú na upravenom súbore inklinometrických vrtov. Týmto krokom malo dôjsť k optimalizácii inklinometrických meraní; nespoľahlivé vrty, ktoré nepodávali jednoznačné výsledky, boli z monitorovacích meraní vylúčené. V roku 2021 boli merania zabezpečené vo vrtoch DA-1, DA-7 a DA-9. Zvýšená pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte DA-1 s hodnotou etapovej deformácie 5,8 mm, ktorá dokumentuje obdobie jedného roka. Aj napriek optimalizácii v množine inklinometrických vrtov, pri posudzovaní pohybovej aktivity v oblasti vrtu DA-1 vládne vážna neistota, ktorá súvisí s orientáciou etapových vektorov. V roku 2021, v porovnaní s rokom 2020 došlo k zmene v orientácii o viac než 180°. Vo vrte DA-7 boli počas oboch etapových meraní zaznamenané rovnaké prírastky deformácie. Rozdielne boli len ich azimuty, odchýlka medzi meraniami je viac ako 180°. Meraním vo vrte DA-9 v čase júlovej kontrolnej etapy bola nameraná zvýšená pohybová aktivita s juhozápadným azimutom. Priebeh deformácie vo vrte, ako aj azimuty nameraných vektorov poukazujú na aktivizáciu pohybu na hlbšej šmykovej ploche. Predchádzajúce merania, ktoré boli vo vrte zabezpečené v období po roku 2017, jednoznačne nepreukázali, že pohyb v hĺbke 6,37 m pod terénom súvisí so zosúvaním po predpokladanej šmykovej ploche. Podobne, i meranie, ktoré bolo vykonané v prvej polovici novembra, poukazuje na relatívne priaznivý stabilný vývoj v danej oblasti. Až realizáciou meraní v najbližších rokoch bude možné posúdiť pohybovú aktivitu v uvedenom vrte.

Monitorované piezometrické vrty zachytávajú hladinu podzemnej vody vo viacerých hĺbkových úrovniach. V roku 2021 vystúpila hladina najvyššie vo vrte DA-10 do úrovne 0,1 mm, čo je jej najvyšší stav za celé monitorované obdobie. Naopak, najhlbšie pod terén hladina podzemnej vody klesla vo vrte DA-8 (11,66 m pod terénom). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021, v porovnaní s rokom 2020, vystúpila o 0,35 m vyššie. Vzostup priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody bol ovplyvnený najmä vysokým stavom hladiny vo vrte DA-10. Hladina vo vrte DA-5 vykazovala veľmi malé kolísanie.

V roku 2022 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach (cca 10 krát ročne) a inklinometrických meraniach (1 až 2-krát za rok).

1.4.9. Lokalita Bardejovská Zábava

Stručná charakteristika lokality

Zosuv, ktorý vznikol v roku 2010 v Bardejove, v mestskej časti Bardejovská Zábava, ohrozuje zástavbu rodinných domov (obr. 4.9.1). 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 2020 a 2021

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021, sú zhrnuté v tab. 4.9.1.

Tab. 4.9.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Inklinometrické	1	BIJ-1	2 (15. jún, 26. november)	2 (15. jún, 26. november)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	BHJ-1, BHJ-3	10 (4. február, 11. marec, 21. apríl, 13. máj, 12. jún, 14. júl, 25. august, 25. september, 29. október, 27. november)	10 (19. február, 16. marec, 16. apríl, 13. máj, 11. jún, 23. júl, 20. august, 17. september, 15. október, 19. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4	10 (4. február, 11. marec, 21. apríl, 13. máj, 12. jún, 14. júl, 25. august, 25. september, 29. október, 27. november)	10 (19. február, 16. marec, 16. apríl, 13. máj, 11. jún, 23. júl, 20. august, 17. september, 15. október, 19. november)
Merania zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Bardejov (indikatív 49120)	Denné úhrny zrážok	

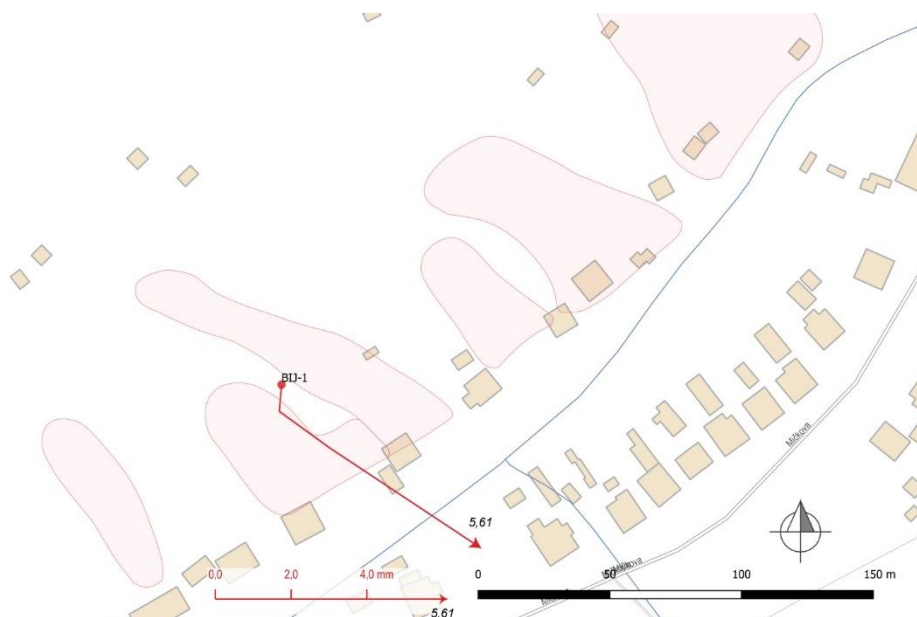
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

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 2020, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, boli zabezpečené 2 etapy kontrolných meraní (jarná – od 12. decembra 2019 do 15. júna 2020 a jesenná – od 15. júna 2020 do 26. novembra 2020). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas novembrového merania. Na úrovni hlavnej šmykovej plochy v hĺbke 5,61 m pod terénom bola nameraná deformácia 0,57 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť 1,26 mm.rok⁻¹). Na plytšej potenciálnej šmykovej ploche (v hĺbke 2,11 m pod terénom) bol nameraný etapový prírastok deformácie s hodnotou 1,36 mm (3,3 mm.rok⁻¹). Počas júnovej kontrolnej etapy nepresiahli

namerané vektory 0,9 mm ($1,77 \text{ mm.rok}^{-1}$). Na potenciálnej šmykovej ploche v hĺbke 11,61 m pod terénom dosiahla maximálna deformácia hodnotu 0,14 mm.

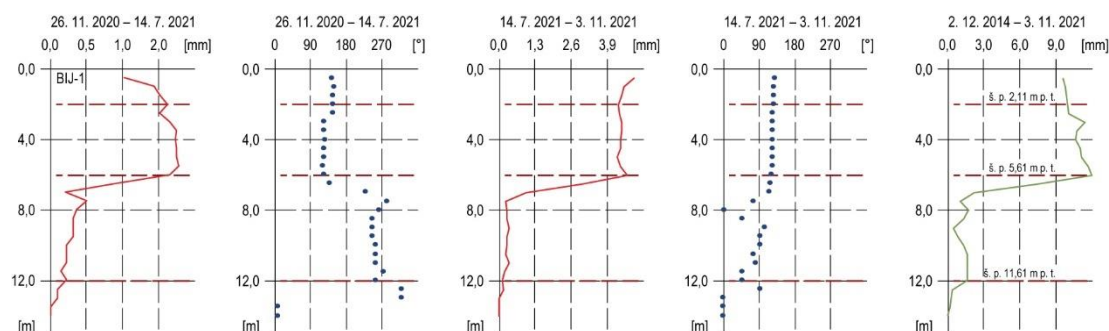


Obr. 4.9.1. Lokalita Bardejovská Zábava – vektory deformácií namerané v rokoch 2020 a 2021 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.2; hĺbku zaznamenananej deformácie je 5,61 m pod povrchom terénu); obrisy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS[®].

Tab. 4.9.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2020 a 2021.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	12. 12. 2019 – 15. 6. 2020			15. 6. 2020 – 26. 11. 2020			26. 11. 2020 – 14. 7. 2021			14. 7. 2021 – 3. 11. 2021		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
BIJ-1	2,11	4,36	0,90	140	4,38	1,36	33	5,69	1,51	148	10,00	4,32	127
BIJ-1	5,61	5,55	0,14	185	5,74	0,57	185	7,37	1,65	126	11,95	4,59	124
BIJ-1	11,61	1,71	0,00	0	1,58	0,14	185	1,63	0,22	257	1,65	0,10	50

CD – celková deformácia od nultého merania druhej epochy (3. 12. 2014); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

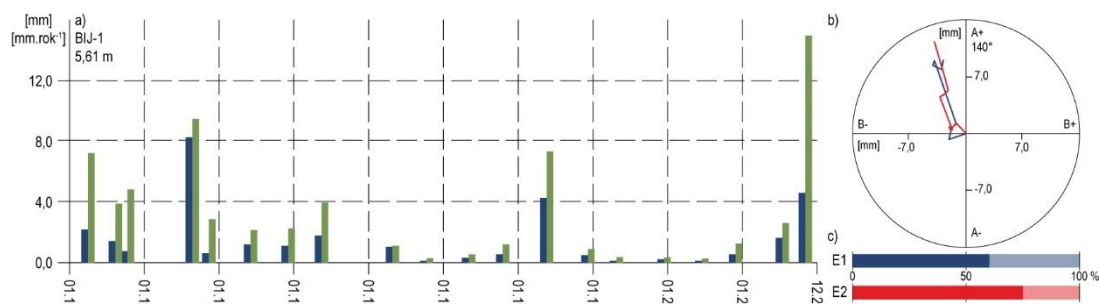


Obr. 4.9.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Bardejovská Zábava (označenie vrtu je vľavo hore). Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá čiarkovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

V roku 2021 bolo vďaka kontrolným meraniam metódou presnej inklinometrie možné pozorovať akceleráciu svahového pohybu na šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m pod terénom. Počas letnej etapy, ktorá zachytáva pohybovú aktivitu v období od 26. novembra 2020 do 14. júla 2021, bola na šmykovej ploche nameraná deformácia 1,65 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $2,62 \text{ mm.rok}^{-1}$. Azimut nameranej deformácie mal hodnotu 126° , teda

pohyb zosuvného telesa sleduje orientáciu spádnic svahu. Následné jesenné meranie len potvrdilo nepriaznivý stabilitný stav v oblasti monitorovacieho objektu. Nameraná hodnota deformácie dosiahla 4,59 mm, čo po prepočítaní na priemernú rýchlosť predstavuje až 14,95 mm.rok⁻¹. Nameraná rýchlosť v oblasti aktívnej šmykovej plochy je najvyššia za celé obdobie monitorovania. Podobne, i počas tejto etapy nameraný vektor vykazoval juhovýchodný smer, pričom hodnota azimutu bola prakticky totožná s júlovým meraním.

V sledovanej hĺbke 2,11 m pod terénom boli zaznamenané podobné prejavy deformácií ako na úrovni aktívnej šmykovej plochy (tab. 4.9.2). Na potenciálnej šmykovej ploche v hĺbke 11,61 m pod terénom boli počas jednotlivých kontrolných etáp namerané prírastky deformácie do 0,22 mm.



Obr. 4.9.3. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Bardejovská Zábava vo vrte BIJ-1 v období rokov 2012 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (modrá línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1 – od 8. 12. 2011 do 3. 12. 2014, červená línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2 – od 3. 12. 2014 do 3. 11. 2021), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

Z hodnotenia výsledkov nameraných počas dlhšieho časového obdobia v hĺbke 5,61 m pod terénom (obr. 4.9.3) vyplýva, že najvyššie etapové prírastky deformácie boli namerané v roku 2013 (8,25 mm; 9,47 mm.rok⁻¹); relatívne vysoká hodnota etapovej deformácie bola nameraná i v aktuálne hodnotenom roku a tiež aj v roku 2018 (4,27 mm; 7,32 mm.rok⁻¹). Celkovo najvyššia rýchlosť deformácie bola zaznamenaná práve počas jesenného merania v roku 2021. Monitorovanie je vo vrte rozdelené do dvoch epoch. Počas oboch monitorovacích epoch majú výsledné vektory juhovýchodný azimut. Odvodené hodnoty pomerov medzi dĺžkou trajektórie nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy dosahujú relatívne vysoké hodnoty (prvá epocha – 60,3 %; druhá epocha – 75,0 %). Uvedené hodnoty poukazujú na skutočnosť, že deformácia má relatívne priamočiary charakter, čo indikuje, že prevažná časť etapových vektorov, nameraných v sledovanom horizonte priamo súvisí so svahovým pohybom. Výsledný vektor deformácie počas druhej epochy (obdobie december 2014 – november 2021) dosiahol 11,95 mm, čo znamená, že aktuálne dosahuje priemerná rýchlosť deformácie zosuvného telesa hodnotu 1,73 mm.rok⁻¹.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

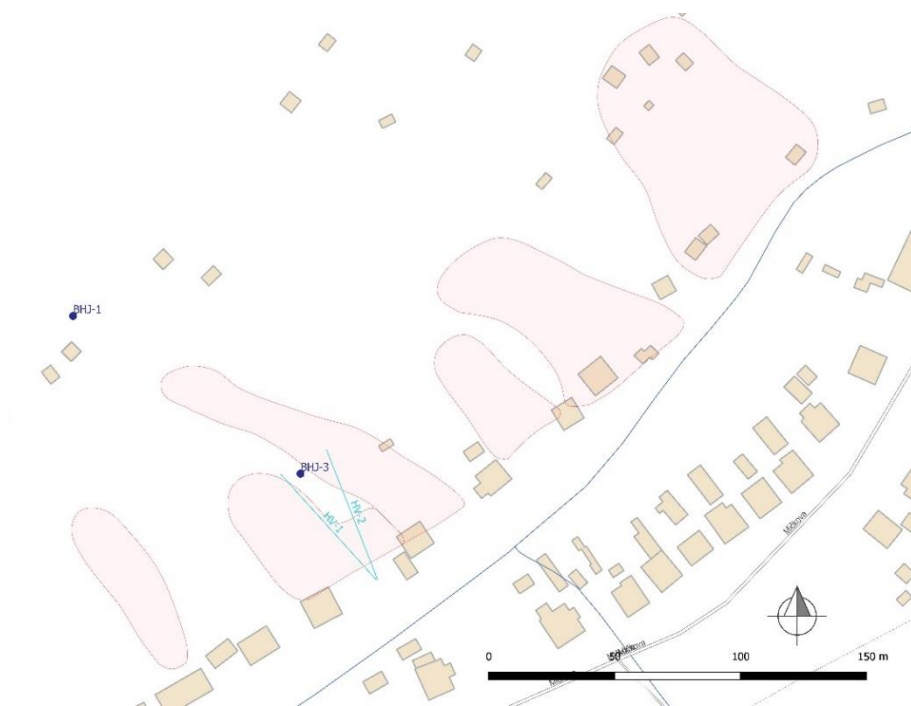
Na lokalite Bardejovská Zábava sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch, ktoré zachytávajú hladiny podzemnej vody v dvoch odlišných zvodnených horizontoch (tab. 4.9.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.9.3 a 4.9.4). Situovanie piezometrických vrtov na zosuvnej lokalite je znázornené na obr. 4.9.4. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2020 a 2021 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.9.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.9.6.

V roku 2020 sa pokračovalo v meraniach v dvoch piezometrických vrtoch, pričom bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli vykonávané od 4. februára do 27. novembra. Najvyššia hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte BHJ-3 (2,48 m pod terénom; 301,11 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 21. apríla. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-1 bol na úrovni 8,90 m pod terénom (11. marca).

Tab. 4.9.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2020

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	
BHJ-1	10	8,90	344,86	11. 3. 2020	9,52	344,24	4. 2. 2020	9,26	344,50	0,62
BHJ-3	10	2,48	301,11	21. 4. 2020	2,73	300,86	4. 2. 2020	2,61	300,98	0,25

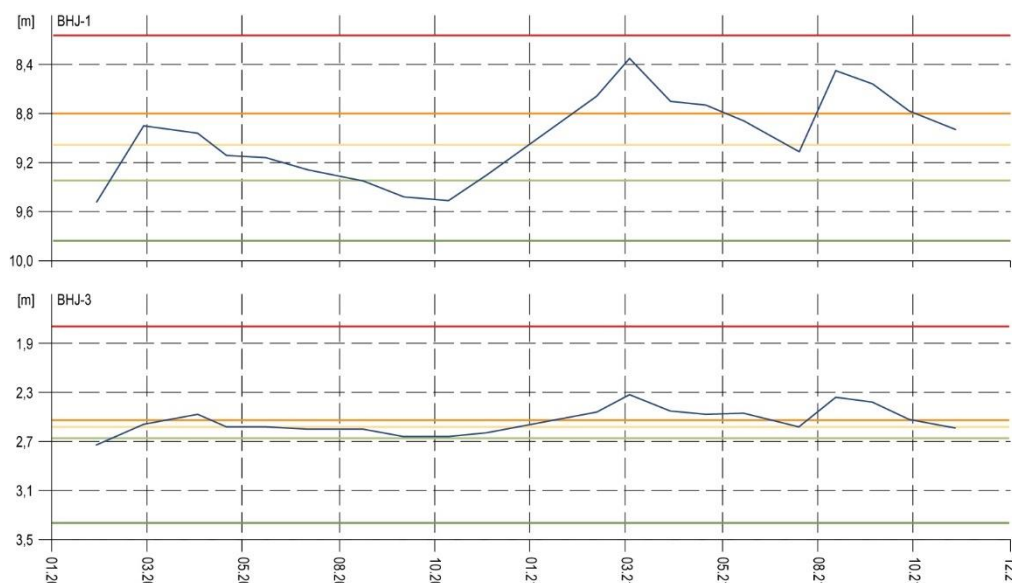
Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-1, jej minimálna hĺbka sa nachádzala na úrovni 9,52 m pod terénom (4. februára). V rovnakom termíne bola nameraná minimálna hladina i vo vrte BHJ-3 (2,73 m po terénom). Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2020 dosiahla hĺbku 5,93 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,22 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,61 (vrt BHJ-3) do 9,26 m pod terénom (vrt BHJ-1). V oboch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,62 m vo vrte BHJ-1 a 0,25 m vo vrte BHJ-3).



Obr. 4.9.4. 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 vrto); ohraničenie zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2021 bolo v oboch vrtoch zabezpečených 10 meraní. Režimové pozorovania boli vykonávané od 19. februára do 19. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-3 dosiahla úroveň 2,32 m pod terénom (301,27 m n. m.). V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo v prípade max. hladiny podzemnej vody k vzostupu o 0,16 m. Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 16. marca. Vo vrte BHJ-1, v ktorom je sledovaný hlbší horizont hladiny podzemnej vody, bol maximálny stav zaznamenaný taktiež

v čase marcového kontrolného merania, a to na úrovni 8,35 m pod terénom. V porovnaní s predchádzajúcim rokom maximálna hladina podzemnej vody stúpala až o 0,55 m.



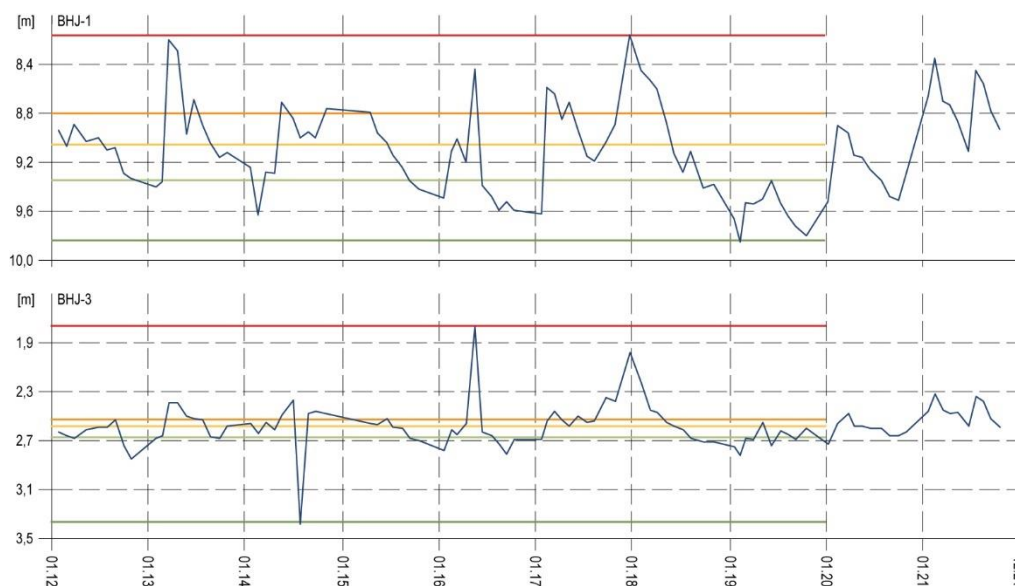
Obr. 4.9.5. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Bardejovská Zábava, nameranej v rokoch 2020 a 2021 vo vrtoch: BHJ-1 a BHJ-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-1, jej minimálna hĺbka sa nachádzala na úrovni 9,11 m pod terénom (23. júla). Minimálna hladina vo vrte BHJ-3 bola nameraná počas posledného kontrolného merania v hĺbke 2,59 m po terénom. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2021 dosiahla hĺbku 5,59 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,34 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,46 (vrt BHJ-3) do 8,71 m pod terénom (vrt BHJ-1). V obidvoch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,76 m vo vrte BHJ-1 a 0,27 m vo vrte BHJ-3).

Tab. 4.9.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2021

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	8,35	345,41	16. 3. 2021	9,11	344,65	23. 7. 2021	8,71	345,05	0,76
BHJ-3	10	2,32	301,27	16. 3. 2021	2,59	301,00	19. 11. 2021	2,46	301,13	0,27

Pri hodnotení údajov z dlhšieho časového obdobia režimových pozorovaní (2012 až 2021 – obr. 4.9.6) možno konštatovať, že hladina podzemnej vody na zrážkové úhrny reaguje minimálne. Výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody boli pozorované v rokoch 2013, 2016, 2018 a čiastočne i v aktuálne hodnotenom roku. V súvislosti s hodnotením režimových ukazovateľov je nutné upozorniť na nízku frekvenciu meraní, ktorá znemožňuje vykonať komplexné posúdenie charakteru sledovaných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch.



Obr. 4.9.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Bardejovská Zábava, nameranej v rokoch 2012 až 2021 vo vrtoch: BHJ-1 a BHJ-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Bardejovská Zábava sú monitorované štyri odvodňovacie vrty (tab. 4.9.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.9.5 a 4.9.6; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení je na obr. 4.9.4).

Tab. 4.9.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2020

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
HV-1	10	suchý					
HV-2	10	0,56	21. 4. 2020	0,40	4. 2. 2020	0,48	0,16
HV-3	10	kvapkanie, suchý					
HV-4	10	kvapkanie, suchý					

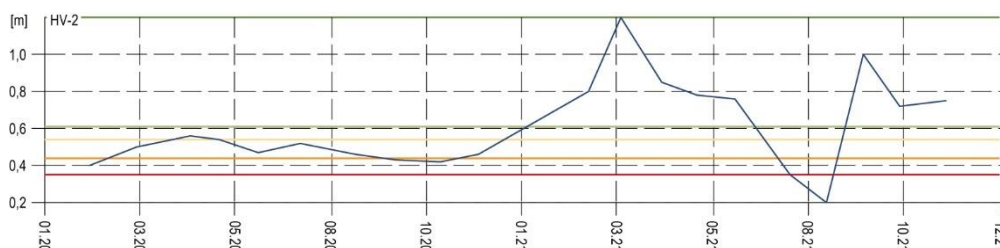
Počas roka 2020 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, realizovaných v období od 4. februára do 27. novembra. Z monitorovaných odvodňovacích vrtov bol vrt HV-1 počas všetkých meraní suchý, podobne suché alebo len kvapkajúce boli i vrty HV-3 a HV-4. Jediným funkčným vrtom v roku 2020 bol HV-2, jeho výdatnosti sa pohybovali v rozsahu od 0,40 do 0,56 l.min⁻¹. Priemerná výdatnosť v tomto vrte dosiahla 0,48 l.min⁻¹, čo je nepatrne vyššia hodnota výdatnosti ako v roku 2019.

Tab. 4.9.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2021

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
HV-1	10	0,20	17. 9. 2021	0,00	19. 2. 2021	0,03	0,20
HV-2	10	1,20	16. 3. 2021	0,20	20. 8. 2021	0,74	1,00
HV-3	10	0,01	16. 3. 2021	0,00	19. 2. 2021	0,00	0,01
HV-4	10	0,20	16. 3. 2021	0,01	19. 2. 2021	0,06	0,19

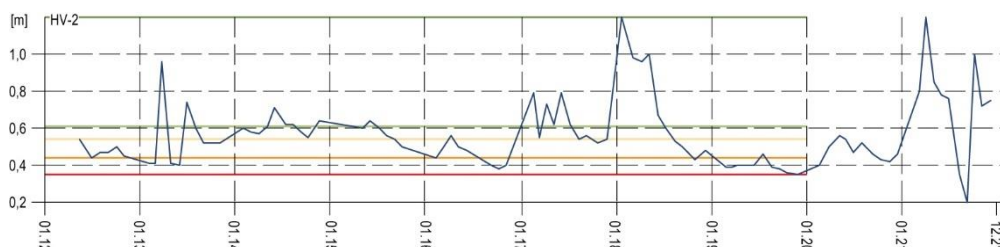
Počas roka 2021 bolo zabezpečených rovnako ako v predchádzajúcich rokoch 10 kontrolných meraní, ktoré boli realizované v období od 19. februára do 19. novembra. V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa situácia čiastočne zlepšila. V roku 2021 bol nameraný prietok vody minimálne počas jedného kontrolného merania. Najvyššia výdatnosť bola nameraná, podobne ako po minulé roky, vo vrte HV-2, a to 1,20 l.min⁻¹. Vo vrtoch HV-1

a HV-4 boli maximálne prietoky na úrovni $0,20 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne prietoky sa vyskytovali v marci a len ojedinele v septembri. Minimálna hodnota výdatnosti vo vrte HV-2 bola nameraná v druhej polovici augusta s hodnotou $0,2 \text{ l.min}^{-1}$. Uvedená hodnota predstavuje najnižšiu hodnotu za celé monitorované obdobie. V ostatných vrtoch sa minimálne hodnoty blížili nule, resp. niektoré vrty boli úplne suché, napr. odvodňovacie vrty HV-1 a HV-3 boli suché väčšiu časť roka. Priemerná výdatnosť vo vrte HV-2 dosiahla $0,74 \text{ l.min}^{-1}$, čo je o $0,26 \text{ l.min}^{-1}$ viac ako v predchádzajúcom roku. Celková sumárna priemerná výdatnosť v roku 2021 predstavuje hodnotu $0,83 \text{ l.min}^{-1}$. Priebiehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia HV-2 v rokoch 2020 a 2021 sú znázornené na obr. 4.9.7.



Obr. 4.9.7. Vývoj výdatnosti na vybranom odvodňovacom vrte HV-2 na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2020 a 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrty), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

Zo štatistického spracovania vyplýva, že na odvodňovacích vrtoch HV-1, 3 a 4 prevládajú výdatnosti blízke nule. Vrty sú počas väčšiny termínov merania suché, prípadne je zaznamenané kvapkanie. Jediné zariadenie, ktoré dlhodobo účinne odvádza podzemnú vodu, je spomenutý vrt HV-2. V tomto vrte prevládajú prietoky v intervale $0,40$ až $0,60 \text{ l.min}^{-1}$.

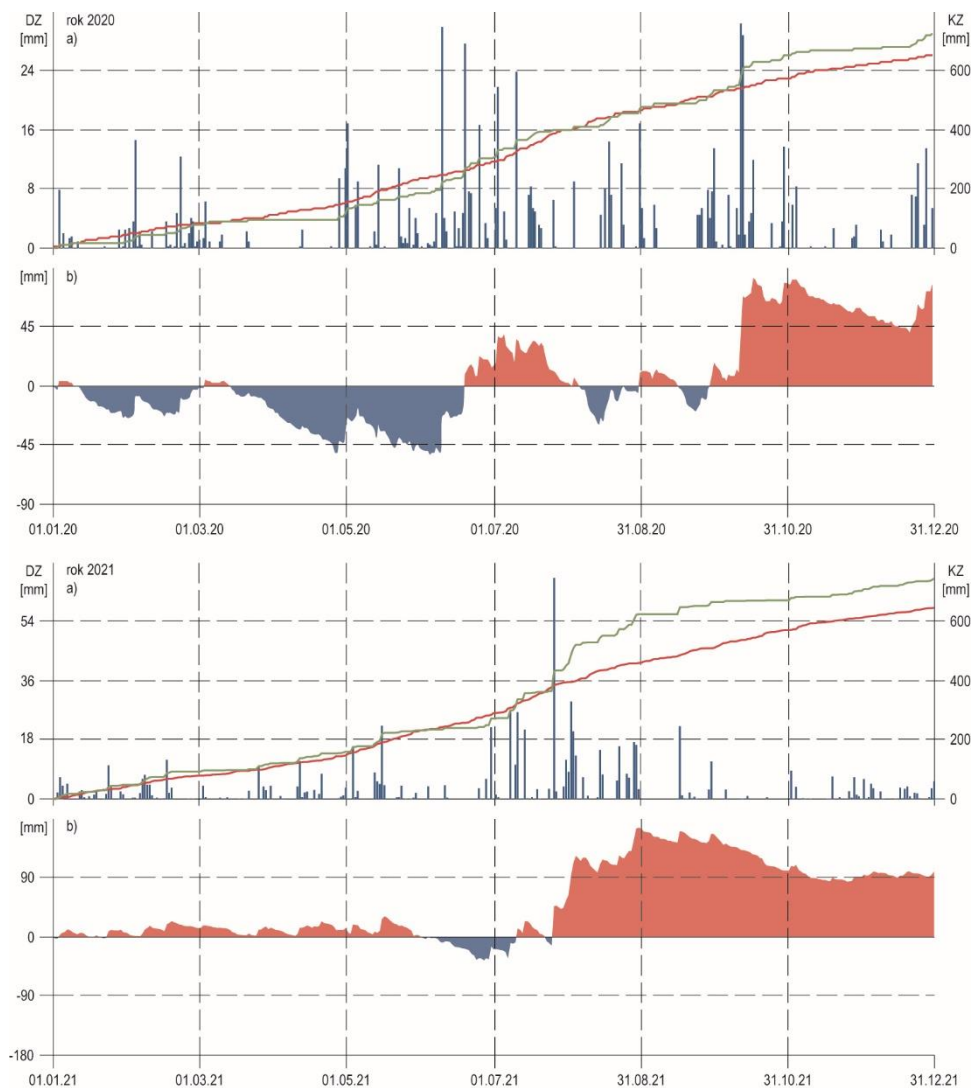


Obr. 4.9.8. Vývoj výdatnosti na vybranom odvodňovacom vrte HV-2 na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2012 až 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrty), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

Z hodnotenia dlhodobých výsledkov merania výdatností na lokalite Bardejovská Zábava, ktoré sú prezentované na obr. 4.9.8 (odvodňovací vrt HV-2 – jediný vrt efektívne odvádzajúci podzemné vody zo zosuvného územia), vyplýva, že zvýšené prietoky boli namerané v druhej polovici marca 2013, ale hlavne v rokoch 2018 a aktuálne hodnotenom roku. Počas marcového merania v roku 2013 spoločná výdatnosť vo vrtoch HV-2, HV-3 a HV-4 dosiahla $2,06 \text{ l.min}^{-1}$, v marci 2017 to bolo až $3,31 \text{ l.min}^{-1}$ a v januári 2018 dosiahla $1,45 \text{ l.min}^{-1}$.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Bardejov s indikatívom 49120 (obr. 4.9.9). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2019 predstavuje 648,47 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 798,0 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 54,0 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.



Obr. 4.9.9 Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Bardejov (indikatív 49120); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZD – ľavá os), zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZK – pravá os), červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 (ZK – pravá os); b – prebytok (červená) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 727,20 mm, čo zodpovedá 112,14 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (130,2 mm) a najvyšší denný úhrn 12. októbra (30,2 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 12,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 7. júna do 7. júla (149,90 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 22. marca do 21. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 2,5 mm.

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 748,3 mm, čo zodpovedá 115,4 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (189,6 mm) a najvyšší denný úhrn 27. júla (67,5 mm). Podobne, na zrážky bohatým mesiacom bol aj august, v ktorom mesačný úhrn zrážok dosiahol 187,5 mm. Najsuchším mesiacom bol október s 4,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 6. júla do 5. augusta (249,7 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 30. septembra do 30. októbra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,6 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2021 trvalo 11 dní (od 15. decembra do 25. decembra) s úhrnom 15,8 mm.

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, realizovaných vo vrte BIJ-1 vyplýva, že v roku 2021 bola zaznamenaná zvýšená pohybová aktivita. Hodnoty namerané počas novembrovej etapy naznačujú akceleráciu svahového pohybu na šmykovej ploche. Vďaka aktuálne nameraným hodnotám dosiahol výsledný vektor deformácie v období december 2014 – november 2021 až 11,95 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 1,73 mm.rok⁻¹.

Hladiny podzemnej vody v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierne stúpili. Počas hodnoteného roka maximálne hladiny v oboch prípadoch vystúpili vyššie ako v roku 2020. Maximálne hladiny boli dosiahnuté na konci zimného obdobia. Vzostup hladiny podzemnej vody zároveň dokumentuje i jej priemerná hodnota (stúpnutie o 0,34 m). Na kolísaní hladín podzemnej vody sa v oboch vrtoch prejavili zmeny, ktoré sú charakteristické pre jednotlivé ročné obdobia – minimálne úrovne podzemnej vody v jesennom období; maximálne hladiny v zimnom a jarnom období. V obidvoch vrtoch je dlhodobo pozorovaná relatívne malá amplitúda zmien hladiny podzemnej vody.

Na základe výsledkov monitorovania odvodňovacích vrtoch možno konštatovať, že efektívne odvodňovanie zosuvného územia je zabezpečované len subhorizontálnym vrtom HV-2. Prietoky na odvodňovacom vrte sa v roku 2021 pohybovali v rozsahu od 0,20 do 1,2 l.min⁻¹, čo znamená, že v hodnotenom období bola dosiahnutá maximálna hodnota z roku 2018 a zároveň bola nameraná i najnižšia výdatnosť za celú dobu monitorovania. Priemerná výdatnosť na tomto odvodňovacom zariadení v období monitorovania dosahuje 0,57 l.min⁻¹. Vo vrtoch HV-1, HV-3 a VH-4 v porovnaní s predchádzajúcim rokom bol pozorovaný mierny vzostup prietoku. I napriek tejto skutočnosti vrty HV-1 a HV-3 boli značnú časť hodnoteného obdobia suché. Na uvedených vrtoch sa podobná situácia opakuje už dlhšie obdobie a ich dlhodobá priemerná hodnota je blízka nule.

V roku 2022 plánujeme kontrolným inklinometrickým meraním overiť stabilitu zosuvného územia a zabezpečiť režimové pozorovania v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2021.

1.4.10. 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. 4.10.1). Podrobnejšie informácie o lokalite sa nachádzajú v správe z monitorovania z roku 2013 (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 2020 a 2021

V rokoch 2020 a 2021 bola na zosuvnej lokalite pozornosť venovaná výhradne režimovým meraniam. Rozsah a frekvencia monitorovacích aktivít sú uvedené v tab. 4.10.1.

Tab. 4.10.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Čirč v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	Č-1 a Č-3	10 (4. február, 11. marec, 21. apríl, 13. máj, 12. jún, 14. júl, 25. august, 25. september, 29. október, 27. november)	10 (19. február, 16. marec, 16. apríl, 13. máj, 11. jún, 23. júl, 20. august, 17. september, 15. október, 19. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	Spoločná výdatnosť troch odvodňovacích vrtoch (VV-1, VV-2, VV-3)	10 (4. február, 11. marec, 21. apríl, 13. máj, 12. jún, 14. júl, 25. august, 25. september, 29. október, 27. november)	10 (19. február, 16. marec, 16. apríl, 13. máj, 11. jún, 23. júl, 20. august, 17. september, 15. október, 19. november)
Merania zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Lipany (59100); Malcov (49040)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Čirč sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sledované v dvoch vrtoch (Č-1 a Č-3 – tab. 4.10.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.10.2 a 4.10.3). V prvom vrte je monitorovaný plytší horizont podzemnej vody (cca 3,6 až 6,0 m pod terénom) a v druhom hlbší, približne na úrovni 8,0 m pod úrovňou terénu (údaj o narazenej hladine podzemnej vody počas sanácie geologického prostredia – Šimeková et al., 2012). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovaných vrtoch v rokoch 2020 a 2021 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi sú na obr. 4.10.2 a jej dlhodobé zmeny sú na obr. 4.10.3.

V roku 2020 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a celkovo bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 4. februára do 27. novembra. V plytšom horizonte, vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody

nameraný v hĺbke 4,18 m pod terénom (495,10 m n. m.) v termíne 14. júla. Vo vrte Č-3 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný v hĺbke 9,07 m pod terénom (495,64 m n. m.) v termíne 29. októbra. Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala v júni (4,73 m pod terénom vo vrte VČ-1 a 10,03 m pod terénom vo vrte VČ-3).



Obr. 4.10.1. 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. 4.10.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2020.

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	4,18	495,10	14. 7. 2020	4,73	494,55	12. 6. 2020	4,50	494,78	0,55
Č-3	10	9,07	495,64	29. 10. 2020	10,03	494,68	12. 6. 2020	9,49	495,22	0,96

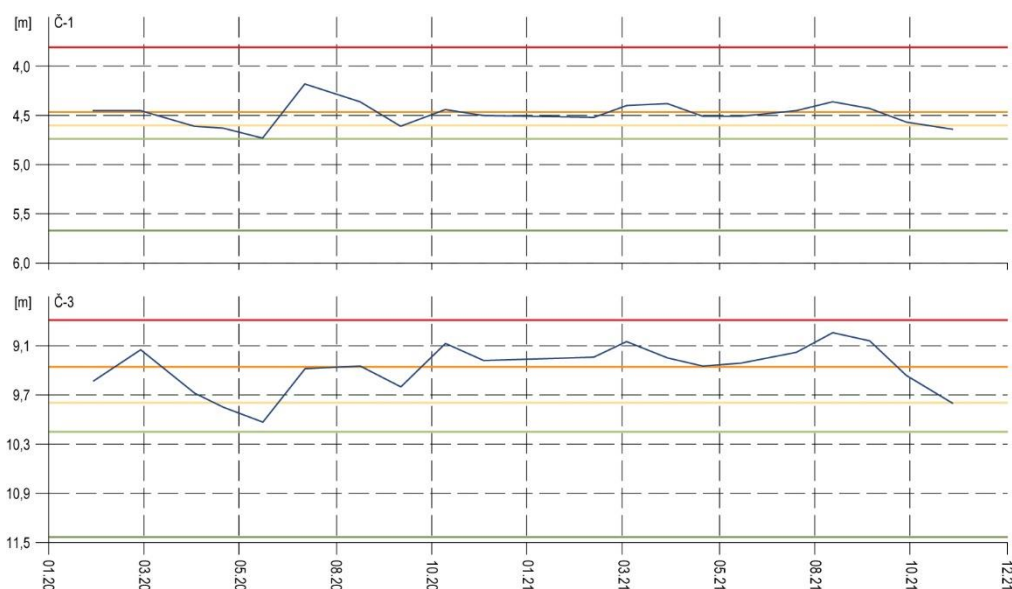
Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2020 hĺbku 6,99 m pod terénom, čo je oproti roku 2019 nepatrné zvýšenie. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,50 (vrt Č-1) do 9,49 m pod terénom (vrt Č-3). V oboch vrtoch bolo pozorované malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,96 m vo vrte Č-3 a 0,55 m vo vrte Č-1). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2020 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2013 do 2019) vyplýva, že nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych alebo minimálnych hladín.

Tab. 4.10.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2021.

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	4,36	494,92	20. 8. 2021	4,64	494,64	19. 11. 2021	4,48	494,80	0,28
Č-3	10	8,94	495,77	20. 8. 2021	9,80	494,91	19. 11. 2021	9,26	495,45	0,86

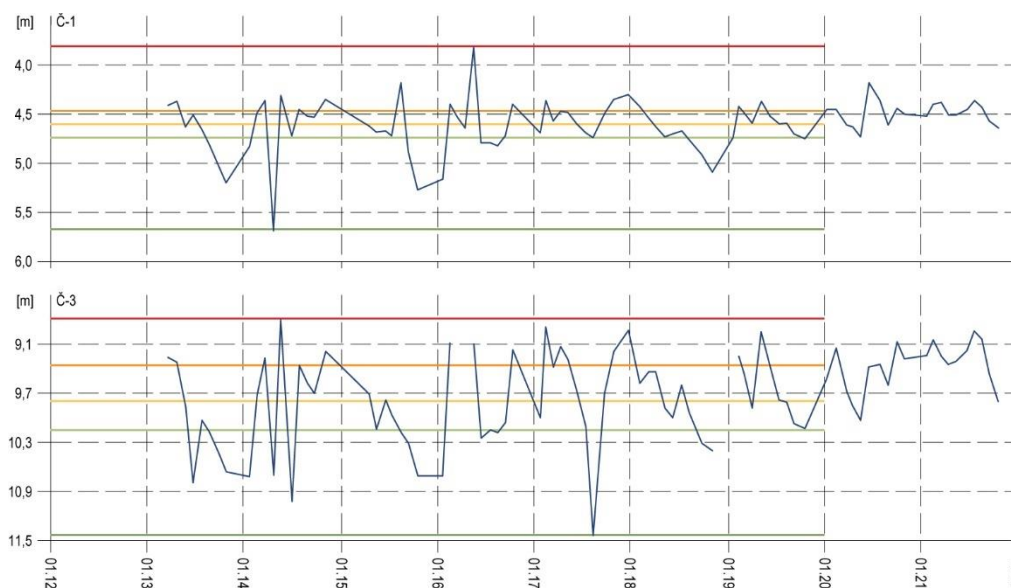
V roku 2021 bolo v oboch vrtoch zabezpečených rovnako 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 19. februára do 19. novembra. V plytšom horizonte, vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný v hĺbke 4,36 m

pod terénom (494,92 m n. m.), teda o 0,18 m hlbšie ako v predchádzajúcom roku. Vo vrte Č-3 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný v hĺbke 8,94 m pod terénom (495,77 m n. m.), čo znamená, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom stúpila zaznamenaná maximálna hladina podzemnej vody o 0,15 m. V oboch prípadoch boli maximálne hodnoty namerané po nevýraznom kolísaní 20. augusta. Počas nasledujúcich meraní bol v oboch vrtoch pozorovaný zostup hladiny podzemnej vody. Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala na konci monitorovaného obdobia, 19. novembra. Vo vrte Č-3 hladina podzemnej vody klesla na úroveň 9,8 m pod terénom a vo vrte Č-1 na 4,64 m pod terénom. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2021 hĺbku 6,86 m pod terénom, čo je oproti roku 2020 nenápadné zvýšenie (o 0,13 m). Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,48 (vrt Č-1) do 9,26 m pod terénom (vrt Č-3). V oboch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,86 m vo vrte Č-3 a len 0,26 m vo vrte Č-1). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2021 s údajmi z predchádzajúceho obdobia (od 2013 do 2019) vyplýva, že nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych alebo minimálnych hladín.



Obr. 4.10.2. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Čirč, nameranej v rokoch 2020 a 2021 vo vrtoch: Č-1 a Č-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2013 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (2013 až 2021 – obr. 4.10.3), vzhľadom na skutočnosť, že frekvencia meraní je nízka, len 10 meraní za rok, je problematické vyhodnotiť zaznamenaný priebeh hladiny podzemnej vody. V oboch prípadoch hladiny vody vo vrtoch kolíšu pomerne výrazne, pričom nie je možné jednoznačne preukázať, či ide o zmeny súvisiace s určitými ročnými cyklami, ktoré sú spojené s klimatickými faktormi alebo dochádza k ovplyvňovaniu hladín pritekaním vody z iných zvodnených horizontov v dôsledku zlého technického stavu monitorovacieho objektu. Overenie skutočného vývoja hladiny podzemnej vody by umožnila prevádzka automatického hladinomeru s pravidelným hodinovým záznamom.



Obr. 4.10.3. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Čirč, nameranej v rokoch 2013 až 2021 vo vrtoch: Č-1 a Č-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2013 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

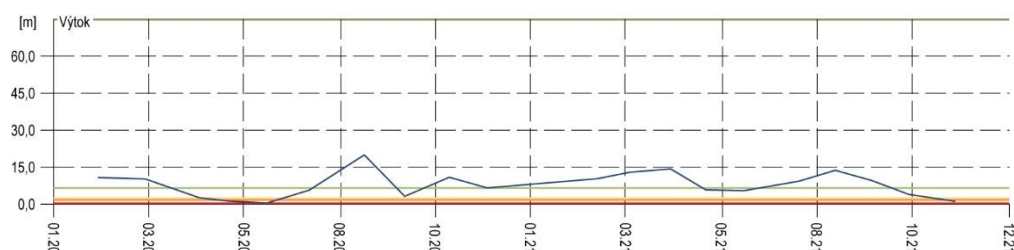
b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Čirč je výdatnosť odvodňovacích vrtov pozorovaná na výtokovom potrubí, ktoré odvádza vodu z troch vrtov VV-1, 2 a 3 (tab. 4.10.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.10.4 a 4.10.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení, ako aj ústie potrubia je znázornené na obr. 4.10.1).

Tab. 4.10.4. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2020.

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	20,00	25. 8. 2020	0,50	12. 6. 2020	7,23	19,50

V roku 2020 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 4. februára do 27. novembra. Najvyššia výdatnosť (20,00 l.min⁻¹) bola nameraná 25. augusta. Odvodňovacie zariadenie plnilo svoju funkciu počas celého roka, najnižšia výdatnosť bola v júni (0,50 l.min⁻¹), ale viackrát počas roka boli namerané výdatnosti nad 10 l.min⁻¹ (február, marec, august a október). Celkové kolísanie výdatnosti tak dosiahlo hodnotu 19,50 l.min⁻¹. Priemerná hodnota výdatnosti za rok 2020 je 7,23 l.min⁻¹, čo je o 1,43 l.min⁻¹ viac ako v predchádzajúcom roku.

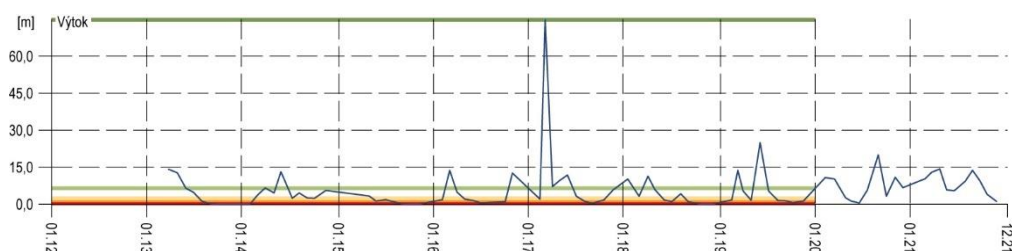


Obr. 4.10.4. Vývoj výdatnosti na spoločnom výtokovom objekte (označenom ako Výtok) na zosuvnej lokalite Čirč v rokoch 2020 a 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2013 – 2019.

V roku 2021 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 19. februára do 19. novembra. Najvyššia výdatnosť ($14,37 \text{ l.min}^{-1}$) bola nameraná 16. apríla, pravdepodobne ako reakcia na výdatnejšie zrážky z predchádzajúceho obdobia (30-denný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Lipany dosiahol 59,6 mm; posledné zrážkové udalosti boli zaznamenané 12. až 14. apríla so sumárnou hodnotou 32,1 mm). Podobne, zvýšená výdatnosť bola nameraná aj 20. augusta – $13,80 \text{ l.min}^{-1}$. Najnižšia výdatnosť, ktorá bola zaznamenaná v novembri, sa nachádzala na úrovni $1,26 \text{ l.min}^{-1}$. Celkové kolísanie výdatnosti tak dosiahlo hodnotu $13,11 \text{ l.min}^{-1}$. Priemerná hodnota výdatnosti za rok 2021 je $8,71 \text{ l.min}^{-1}$, čo je o $1,48 \text{ l.min}^{-1}$ viac ako v predchádzajúcom roku.

Tab. 4.10.5. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2021.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
výtok	10	14,37	16. 4. 2021	1,26	19. 11. 2021	8,71	13,11



Obr. 4.10.5 Vývoj výdatnosti na spoločnom výtokovom objekte (označenom ako Výtok) na zosuvnej lokalite Čirč v rokoch 2013 až 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2013 – 2019.

Zo štatistickej analýzy vyplýva, že počas monitorovaného obdobia prevládali hodnoty s prietokom $0,7$ až $2,1 \text{ l.min}^{-1}$. Pomerne vysoké zastúpenie majú aj najnižšie výdatnosti (do $0,7 \text{ l.min}^{-1}$). Zároveň sa pravidelne vyskytujú udalosti, kedy odvodňovacie zariadenie nárazovo odvádza prietok viac ako 10 l.min^{-1} . Celkovo sa maximálne výdatnosti vyskytujú najmä počas mesiacov marec až máj. Najnižšie výdatnosti bývajú zvyčajne v letnom a jesennom období.

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. Priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia v dlhšom časovom horizonte je znázornený na obr. 4.10.5.

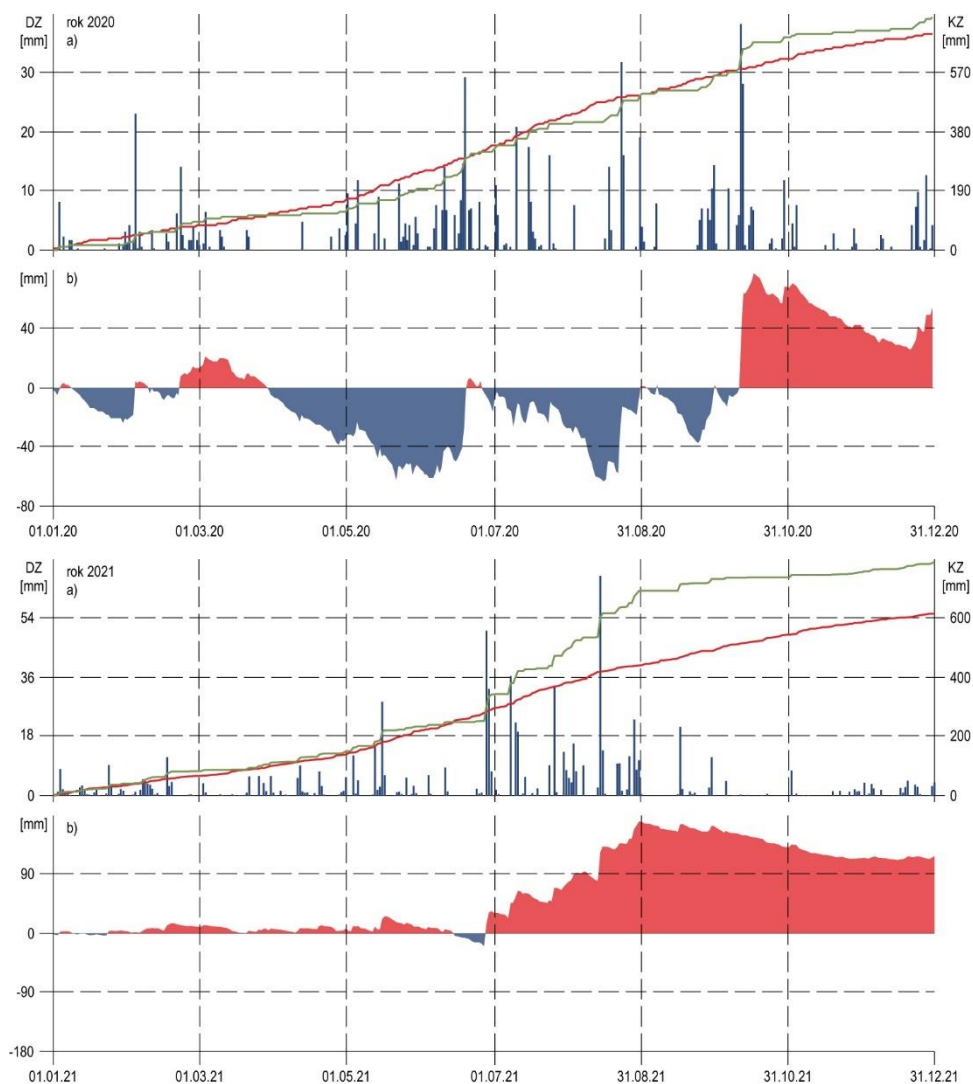
c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Lipany s indikatívom 59100 a Malcov s indikatívom 49040 (obr. 4.10.6). Informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Lipany je uvedená v podkapitole 1.4.8 (lokalita Ďačov).

Na stanici Malcov dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2019, dosiahol 693,18 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 847,5 mm (rok 2016); priemerný mesačný úhrn 57,8 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 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 701,70 mm, čo zodpovedá 101,23 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (136,3 mm) a najvyšší denný úhrn 12. októbra (38,2 mm). Najsuchším mesiacom bol

apríl s 10,4 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 24. septembra do 24. októbra (154,60 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 22. marca do 21. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,7 mm.



Obr. 4.10.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Maltov (indikatív 49040); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZD – ľavá os), zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZK – pravá os), červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2019 (ZK – pravá os); b – prebytok (červená) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021.

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 850,4 mm, čo zodpovedá 122,68 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas augusta (233,0 mm) a najvyšší denný úhrn 15. augusta (74,4 mm). Najsuchším mesiacom bol október s 6,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 28. júna do 28. júla (247,8 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 30. septembra do 30. októbra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,3 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2021 trvalo 11 dní (od 3. februára do 13. februára) s úhrnom 25,2 mm.

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 údajov je možné konštatovať, že počas roku 2021, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, došlo k miernemu nárastu úrovne hladiny podzemnej vody a výdatnosti zariadenia hĺbkového odvodnenia. Predpokladáme, že na stúpnutí hladín podzemnej vody sa prejavila zrážková činnosť. Zároveň je nevyhnutné zdôrazniť, že monitorované parametre sa sledujú s veľmi nízkou frekvenciou, čo znemožňuje vykonať podrobnejšiu analýzu medzi klimatickými faktormi a režimovými ukazovateľmi. Za dôležité považujeme zvýšiť frekvenciu monitorovacích meraní, ideálne inštaláciou automatických zariadení a zároveň, zabezpečiť sledovanie pohybovej aktivity prostredníctvom metódy presnej inklinometrie, prípadne technológie InSAR.

V roku 2022 plánujeme na zosuvnej lokalite pokračovať v monitorovacích meraniach v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v roku 2021.

1.4.11. 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 2020 a 2021

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021, sú zhrnuté v tab. 4.11.1.

Tab. 4.11.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Inklinometrické	2	VČI-1, VČI-2	2 15. jún, 12. november)	2 20. jún, 30. november)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	VČHG-2, VČHG-3	10 (6. február, 10. marec, 22. apríl, 12. máj, 11. jún, 15. júl, 24. august, 29. september, 2. november, 1. december)	10 (15. február, 15. marec, 15. apríl, 11. máj, 15. jún, 22. júl, 19. august, 16. september, 14. október, 23. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	2	VČSHV-1, VČSHV-2	10 (6. február, 10. marec, 22. apríl, 12. máj, 11. jún, 15. júl, 24. august, 29. september, 2. november, 1. december)	10 (15. február, 15. marec, 15. apríl, 11. máj, 15. jún, 22. júl, 19. august, 16. september, 14. október, 23. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	Denné úhrny zrážok	

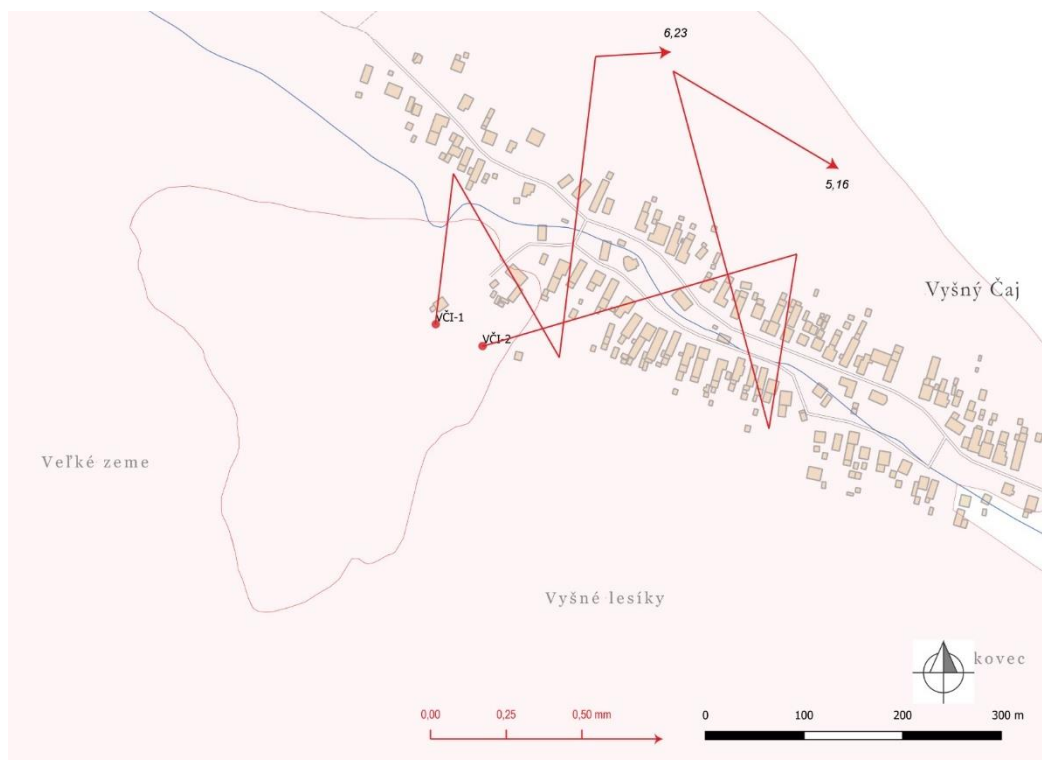
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

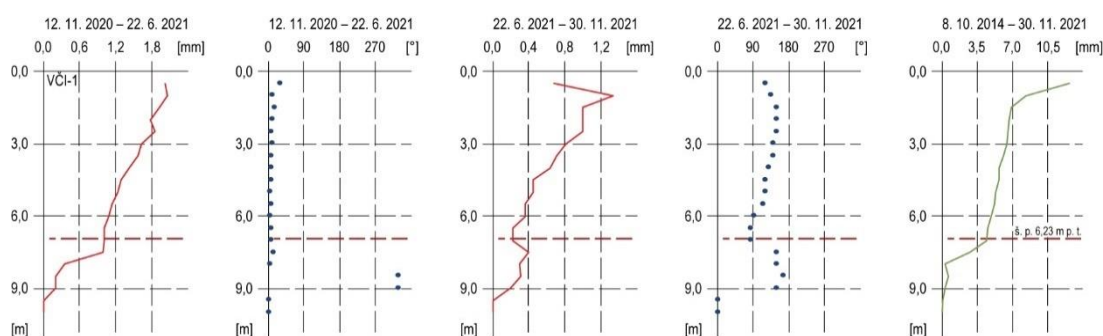
Inklinometrické merania sa realizujú v dvoch vrtoch (VČI-1 a VČI-2; obr. 4.11.1), ktoré sú situované neďaleko miestneho cintorína. Namerané hodnoty z kontrolných etapových meraní z rokov 2020 a 2021 sú zhrnuté v tab. 4.11.2 a prezentované na obr. 4.11.1 až 4.11.3. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.11.4 a 4.11.5.

Z vývoja analyzovaných parametrov na obr. 4.11.2 a 4.11.3 predpokladáme, že vo vrte VČI-1 sa šmyková plocha nachádza v hĺbke približne 6,23 m pod terénom, vo vrte VČI-2 je šmyková plocha o niečo plytšie, a to približne v hĺbke 5,16 m pod terénom.

V roku 2020, podobne ako v predchádzajúcom roku, boli zabezpečené 2 etapy kontrolných meraní (jún a november). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte VČI-2 počas júlového merania. V hĺbke 5,16 m pod úrovňou terénu bola nameraná etapová deformácia s hodnotou 1,8 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $1,63 \text{ mm.rok}^{-1}$. Následne, jesenné meranie poukázalo na pokles pohybovej aktivity. Vo vrte VČI-1 bola mierne zvýšená pohybová aktivita nameraná počas novembrového merania ($0,7 \text{ mm}$; $1,7 \text{ mm.rok}^{-1}$).



Obr. 4.11.1. Lokalita Vyšný Čaj – vektory deformácií namerané v rokoch 2020 a 2021 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.11.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.11.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte VČI-1 na lokalite Vyšný Čaj. Červená línia – etapové deformácie inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

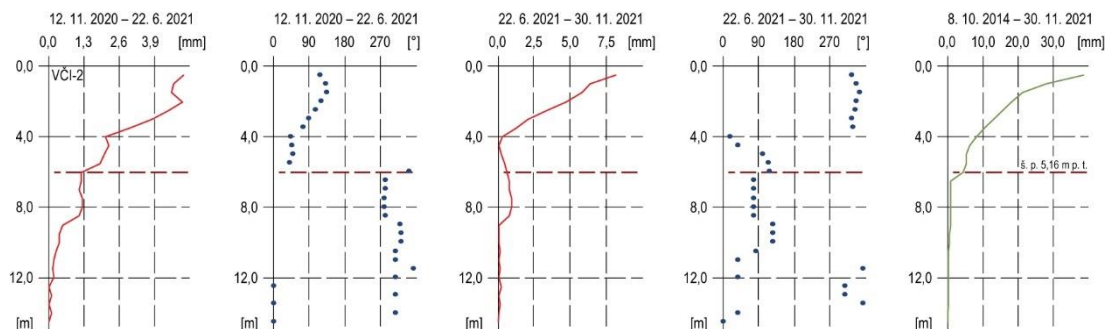
V roku 2021 boli vo vrte VČI-1 počas obidvoch kontrolných meraní na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 6,23 m pod terénom pozorované relatívne nízke hodnoty deformácie. Počas jarnej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu obdobia do 12. novembra 2020 do 22. júna 2021, bol nameraný vektor s dĺžkou $1,0 \text{ mm}$ a azimutom 7° . Následným jesenným

meraním bol preukázaný pokles pohybovej aktivity. Nameraný vektor za obdobie od júna do novembra dosiahol 0,22 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $0,51 \text{ mm.rok}^{-1}$ a azimut 87° .

Tab. 4.11.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2020 a 2021.

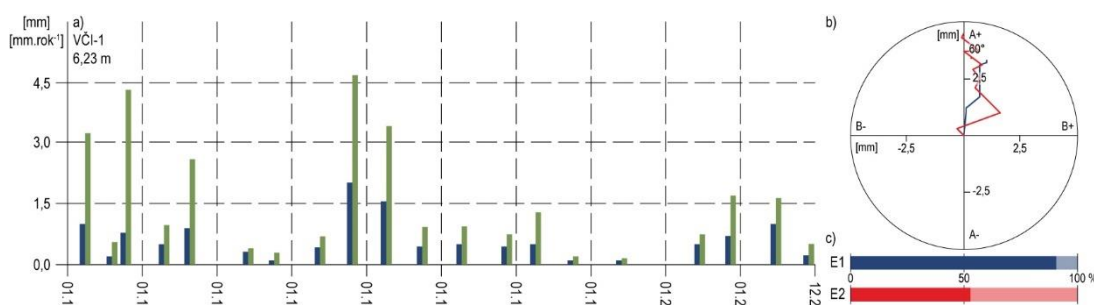
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	16. 10. 2019 – 15. 6. 2020			15. 6. 2020 – 12. 11. 2020			12. 11. 2020 – 22. 6. 2021			22. 6. 2021 – 30. 11. 2021		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VČI-1	6,23	3,70	0,50	7	3,77	0,70	150	4,30	1,00	7	4,50	0,22	87
VČI-2	5,16	4,10	1,08	74	3,70	0,58	189	4,20	1,22	345	4,37	0,61	121

CD – celková deformácia od nultého merania druhej epochy (8. 10. 2014); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.11.3. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte VČI-2 na lokalite Vyšný Čaj. Červená línia – etapové deformácie inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

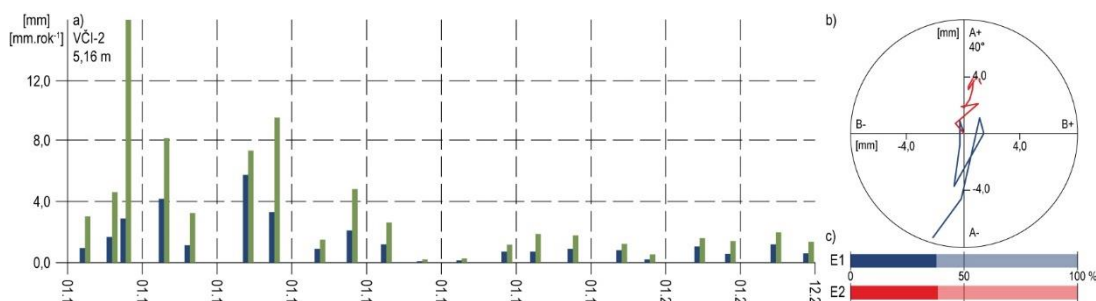
Vo vrte VČI-2 v hĺbke 5,16 m pod terénom bola počas jarnej etapy nameraná deformácia 1,22 mm. Nameraná deformácia charakterizuje pohybovú aktivitu za obdobie od 12. novembra 2020 do 22. júna 2021, čo teda predstavuje priemernú rýchlosť $2,01 \text{ mm.rok}^{-1}$. Azimut nameraného etapového vektora mal severozápadný smer (345°). Počas jesennej etapy (obdobie od druhej polovice júna do polovice novembra 2021) bol na šmykovej ploche nameraný prírastok deformácie 0,61 mm ($1,38 \text{ mm.rok}^{-1}$; azimut 121°).



Obr. 4.11.4. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj vo vrte VČI-1 v období rokov 2012 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (modrá línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1 – od 5. 12. 2011 do 7. 10. 2014, červená línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2 – od 8. 10. 2014 do 30. 11. 2021), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

Vývoj deformácie na sledovanej šmykovej ploche vo vrte VČI-1, prezentovanej na obr. 4.11.4, naznačuje, že najvyššia etapová deformácia inklinometrickej pažnice bola nameraná roku 2015 ($2,02 \text{ mm}$; $4,68 \text{ mm.rok}^{-1}$) a o niečo nižšia v roku 2016 ($1,56 \text{ mm}$; $3,42 \text{ mm.rok}^{-1}$). Výsledné vektory namerané počas oboch epoch monitorovaného obdobia majú

severovýchodný až východný azimut. Pomer medzi dĺžkou trajektórie nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy sa počas prvej epochy pohyboval na úrovni 90,7 %. V druhej epoche táto hodnota klesla na úroveň 52,8%. Celková deformácia inklinometrickej pažnice (v hĺbke šmykovej plochy) počas prvej epochy dosiahla 3,45 mm a počas druhej epochy 4,5 mm.



Obr. 4.11.5. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj vo vrte VČI-2 v období rokov 2012 až 2021; a – etapové deformácie (modrá) a rýchlosti (zelená) sledované na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (modrá línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1 – od 5. 12. 2011 do 7. 10. 2014, červená línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2 – od 8. 10. 2014 do 30. 11. 2021), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

Z hodnotenia výsledkov inklinometrických meraní za posledných 10 rokov vo vrte VČI-2 (obr. 4.11.5) vyplýva, že najvyššie deformácie boli namerané počas kontrolných meraní v rokoch 2014 (5,85 mm; 7,76 mm.rok⁻¹) a 2013 (4,25 mm; 8,30 mm.rok⁻¹). Azimuty výsledných vektorov, nameraných počas jednotlivých epoch monitorovaného obdobia, sa výrazne odlišujú. Kým počas prvej epochy výsledný vektor smeroval na juho-juhozápad, počas druhej epochy má jeho azimut severovýchodný smer. Pomery medzi trajektóriami etapových deformácií a výslednými premiestneniami sledovaných bodov sa počas jednotlivých monitorovacích epoch líšia len nepatrne (prvá epocha – 37,8 %, druhá epocha – 38,5 %).

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

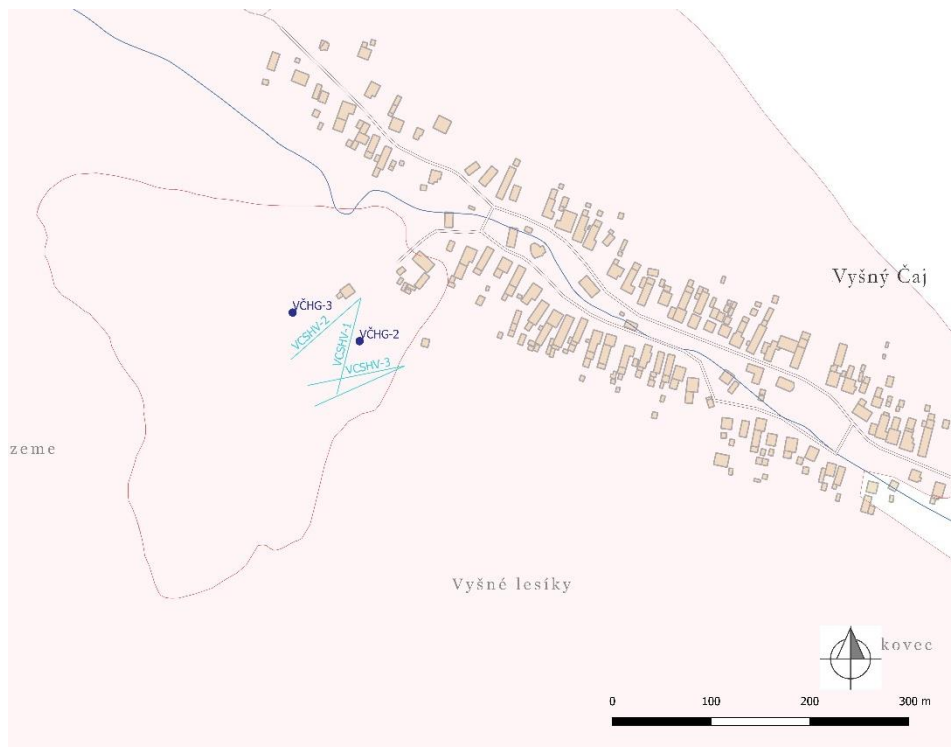
Na lokalite Vyšný Čaj sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované vo vrtoch VČHG-2 a VČH-3, ktorý je pomerne často suchý (tab. 4.11.1.; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.11.3 a 4.11.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.11.6). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v období rokov 2020 a 2021, sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, znázornené na obr. 4.11.7. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2012 až 2021 je znázornený na obr. 4.11.8.

Tab. 4.11.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2020.

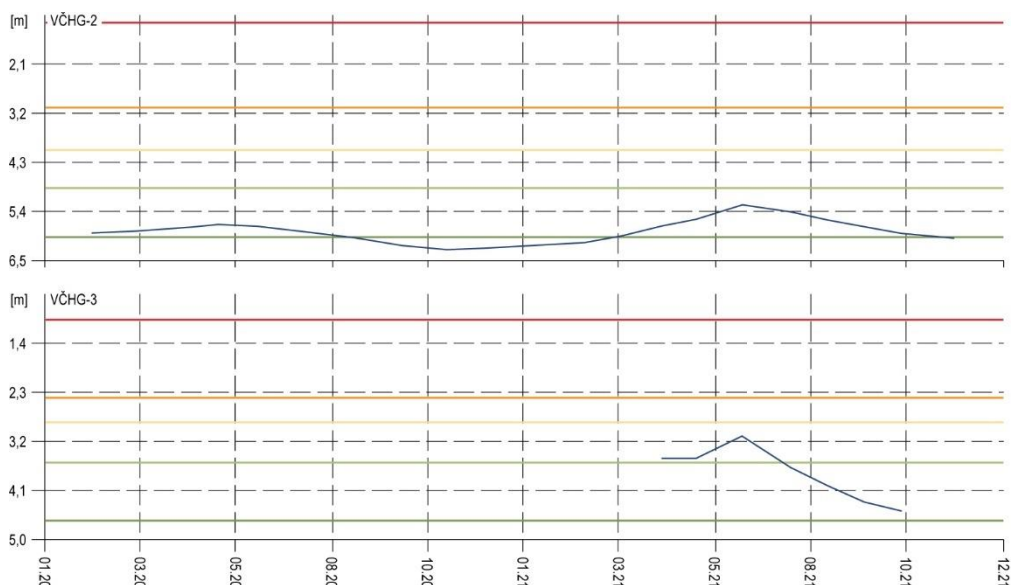
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VČHG-2	10	5,69	249,00	12. 5. 2020	6,25	248,44	2. 11. 2020	5,94	248,75	0,56
VČHG-3	10	suchý, zasypaný								

Počas roku 2020 bolo vo vrte VČH-2 zabezpečených po 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 6. februára do 1. decembra. Vrt VČH-3 bol, podobne ako v roku 2019, počas všetkých desiatich meraní suchý. Maximálna hladina podzemnej vody vo vrte VČHG-2 bola zaznamenaná v hĺbke 5,69 m pod terénom (249,00 m n. m.) v jarnom období (12. máj). Od tohto termínu hladina podzemnej vody postupne klesala až k minimálnym stavom zaznamenaným pri posledných meraniach; minimálna hladina bola nameraná 2. novembra (6,25 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla vo vrte VČHG-2 v roku

2020 hĺbkou 5,94 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom iba nepatrný pokles (o 0,15 m), avšak trend poklesu úrovne hladiny v tomto vrte je zrejмый (obr. 4.11.6). V roku 2020 boli oproti roku 2019 namerané nižšie minimálne úrovne hladiny podzemnej vody a zároveň predstavujú aj minimálne stavy za celé doterajšie sledované obdobie (od 2011 do 2020). Kolísanie podzemnej vody vo vrte VČHG-2 bolo minimálne a predstavuje hodnotu 0,56 m.



Obr. 4.11.6. 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 vrto); ohraničenie zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.



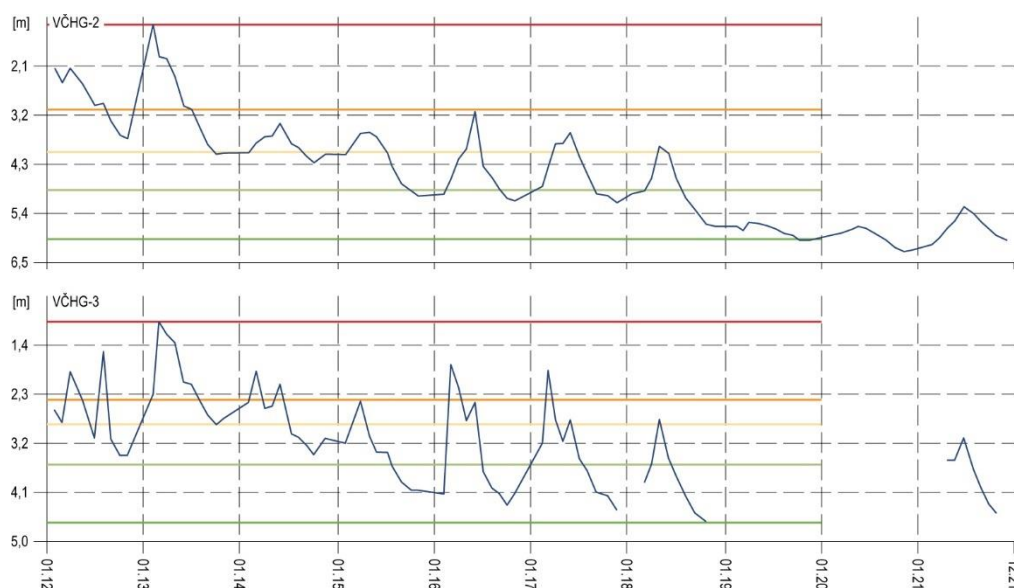
Obr. 4.11.7. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Vyšný Čaj, nameranej v rokoch 2020 a 2021 vo vrtoch: VČHG-2 a VČHG-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.11.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2021.

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	5,25	249,44	15. 6. 2021	6,10	248,59	15. 2. 2021	5,72	248,97	0,85
VČHG-3	10	3,10	252,24	15. 6. 2021	4,47	250,87	14. 10. 2021	3,80	251,54	1,37

V roku 2021 bolo možné po dlhšej dobe sledovať zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody v oboch piezometrických vrtoch. Zabezpečených bolo podobne ako po minulé roky 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 15. februára do 23. novembra. Plytšie pod terén sa dostala hladina podzemnej vody vo vrte VČHG-2, počas maximálnej úrovne dosiahla hĺbku 5,25 m pod terénom (249,44 m n. m.; 15. jún). Pribeh hladiny podzemnej vody mal v prvej polovici roka vzostupný charakter. Minimálna hladina bola nameraná počas februárového kontrolného merania. Naopak, hladina podzemnej vody v druhej polovici roka vykazovala zostup, a to až do novembra, kedy bolo zabezpečené posledné kontrolné meranie. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2 dosiahla hĺbku 5,75 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,22 m.

Vo vrte VČHG-3, ktorý bol dlhodobo suchý, bola v hodnotenom roku nameraná hladina podzemnej vody počas 7 kontrolných meraní (od 15. apríla do 14. októbra), v ostatnom období bol vrt suchý. Z nameraných hĺbok hladiny podzemnej vody vyplýva, že k jej maximálnemu vzostupu došlo, podobne ako vo vrte VČHG-2, v polovici júna (3,1 m pod terénom). V nasledujúcom období bol pozorovaný zostup hladiny podzemnej vody. Najnižšia zaznamenaná hladina počas 14. októbra dosiahla hĺbku 4,47 m pod terénom. V termíne novembrového merania bol vrt suchý.



Obr. 4.11.8. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Vyšný Čaj, nameranej v rokoch 2012 až 2021 vo vrtoch: VČHG-2 a VČHG-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Z dlhodobého vývoja hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch na obr. 4.11.8 vyplýva, že na začiatku monitorovaného obdobia sa hladiny nachádzali približne v jednej 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 výrazne zostupný trend, pričom vo vrte VČHG-2 bola v rokoch 2019, 2020 a 2021 nameraná najnižšia úroveň hladiny

podzemnej vody a vrt VČHG-3 je v posledných rokoch pomerne často bez prítomnosti vody. Uvedený stav považujeme z hľadiska stabilitných pomerov za priaznivý.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

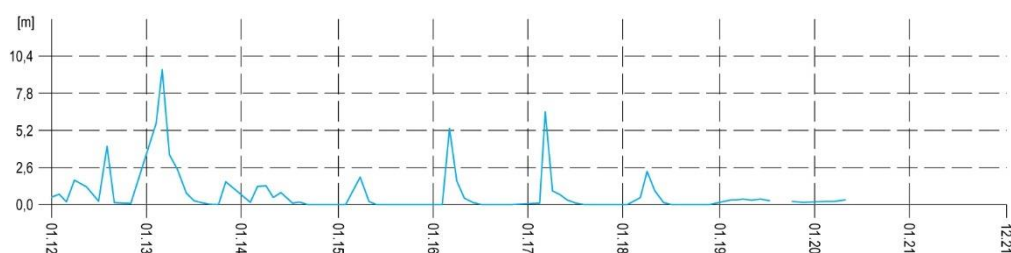
Na lokalite Vyšný Čaj sú od roku 2019 pozorované už iba dve odvodňovacie zariadenia – VČSHV-1 a VČSHV-2 (tab. 4.11.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.11.5 a 4.11.6). Dôvodom, že sa prerušili merania na odvodňovacích vrtoch VČSHV-3 a VČSHV-4, je nedostatočne dimenzované odtokové potrubie, vďaka čomu sa voda hromadí v zbernej šachte a vrty VČSHV-3 a 4 boli značnú časť pozorovaného obdobia zaplavené. Ďalšou negatívnou skutočnosťou je, že vrty VČSHV-1 a 2 bývajú pomerne často suché, prípadne len kvapkajú. V roku 2020 bol v týchto vrtoch pozorovaný suchý stav, ale prevažnú časť roka boli zaplavené. Z uvedeného vyplýva, že hodnotiť výdatnosť na tejto lokalite je obtiažne, a tak pozornosť venujeme len skutočne nameraným hodnotám.

V roku 2020 sa merania vykonávali v období od 6. februára do 1. decembra. Vrt VČSHV-1 bol na začiatku roku (február až apríl) suchý a naopak od mája do decembra bol zaliaty vodou. V rovnakom období (máj až december) bol zaliaty aj vrt VČSHV-2. Merateľné výdatnosti dosahoval vo februári až apríli (od 0,21 do 0,32 l.min⁻¹). Priemerná hodnota z merateľných výdatností dosahuje 0,25 l.min⁻¹, čo je podobná hodnota ako v predchádzajúcom roku.

Tab. 4.11.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2020

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		
VČSHV-1	10	zaliaty, suchý					
VČSHV-2	10	0,32	22. 4. 2020	0,21	10. 3. 2020	0,25	0,11

V roku 2021, podobne ako po predchádzajúce roky, bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, a to v období od 15. februára do 23. novembra. Z výsledkov terénnych pozorovaní je však možné konštatovať len, že oba sledované vrty boli počas všetkých meraní zaliate vodou, ktorá zo zbernej šachty nedostatočne odtieká. I napriek uvedenej skutočnosti, na ktorú dlhodobo poukazujeme, je možné na základe dlhodobého zostupného vývoja hĺbky hladiny podzemnej vody konštatovať, že odvodňovacie zariadenie plní svoju funkciu.



Obr. 4.11.9. Vývoj sumárnej výdatnosti na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj z vrto VČSHV-1 a VČSHV-2 v rokoch 2012 až 2021.

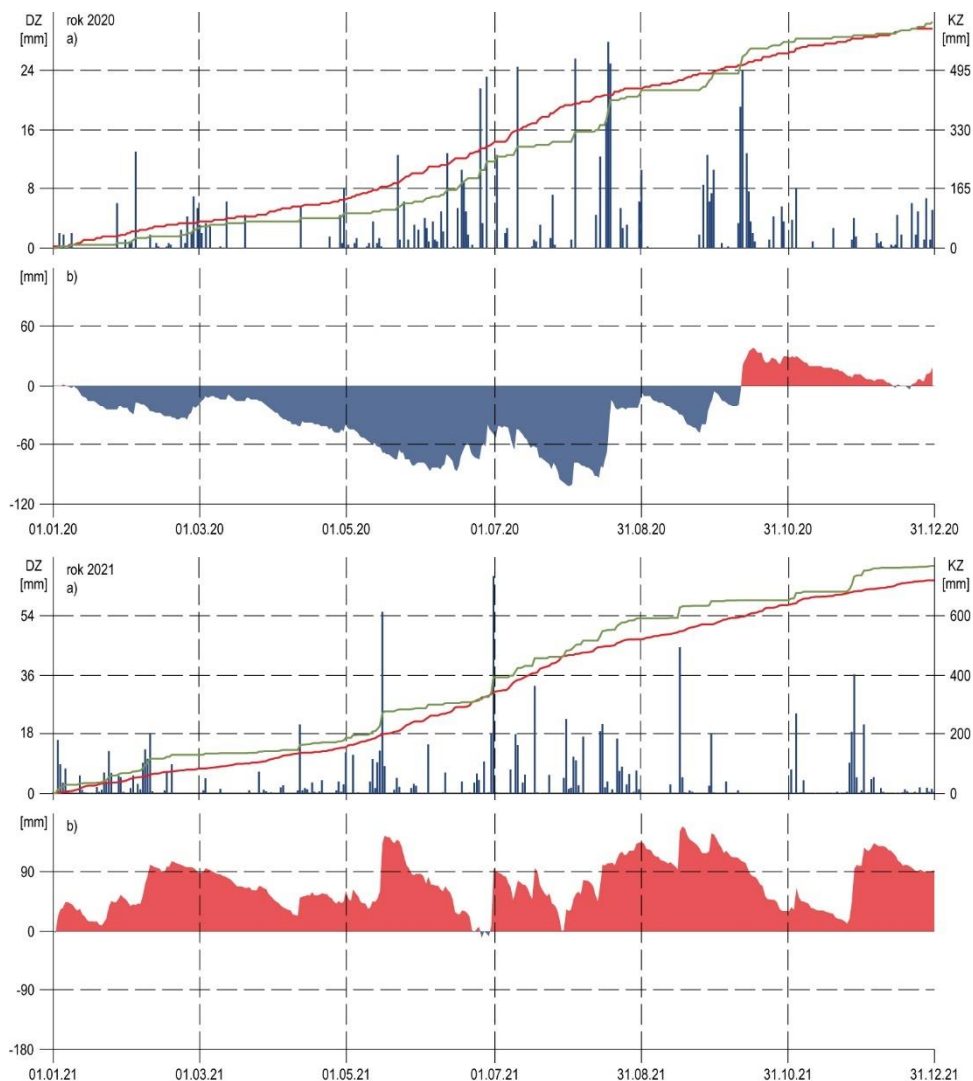
Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia od roku 2012 do roku 2021 bola maximálna výdatnosť nameraná v roku 2013, tiež v marci 2015, v marci 2016 a v roku 2012. Priebeh sumárneho množstva odvádzanej vody z vrtu VČSHV-1 a VČSHV-2 je znázornený na obr. 4.11.9. Ako však už bolo spomenuté, vážnym problémom je nedostatočne dimenzované potrubie, ktorého úlohou je odvádzanie vôd zo zbernej šachty. Tento nedostatok sa prejavuje kumuláciou vody v zbernej šachte, čím sa znižuje účinnosť odvodňovacích vrto.

Tab. 4.11.6. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2021

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		
VČSHV-1	10	zaliaty					
VČSHV-2	10	zaliaty					

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo staníc Vyšný Čaj s indikatívom 60100 (obr. 4.11.10). Informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Lipany je uvedená v podkapitole 1.4.8 (lokalita Ďačov).



Obr. 4.11.10 Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZD – ľavá os), zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZK – pravá os), červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2019 (ZK – pravá os); b – prebytok (červená) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021.

Na stanici Vyšný Čaj dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2019, dosiahol 613,37 mm; maximálny ročný úhrn 699,2 mm (rok 2019); priemerný mesačný úhrn 51,1 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.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 632,20 mm, čo zodpovedá 103,07 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas augusta (130,6 mm) a najvyšší denný úhrn 18. augusta (27,9 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 12,1 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 2. augusta do 1. septembra (141,10 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 13. marca do 12. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,5 mm.

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 654,80 mm, čo zodpovedá 106,76 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (118,0 mm) a najvyšší denný úhrn 2. júla (44,1 mm). Najsuchším mesiacom bol október s 3,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 21. júna do 21. júla (126,8 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 2. októbra do 31. októbra) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,0 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2021 trvalo 8 dní (od 18. januára do 25. januára) s úhrnom 21,7 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj sú monitorovacie aktivity zabezpečované formou inklinometrických a režimových meraní v blízkosti miestneho cintorína. Pri hodnotení nameraných výsledkov pohybovej aktivity v roku 2021 možno konštatovať, že pohybová aktivita s hodnotou min. 1 mm bola nameraná v oboch inklinometrických vrtoch, a to pri júnovom meraní, ktoré charakterizuje pohybovú aktivitu od 12. novembra 2020 do 22. júna 2021. V porovnaní s predchádzajúcim rokom je možné konštatovať mierny nárast pohybovej aktivity. Jesenným etapovým meraním bol preukázaný priaznivý stabilný vývoj v oblasti monitorovacích objektov.

Sledované režimové ukazovatele podávajú obraz o pozitívnom vývoji hĺbky hladiny podzemnej vody. Pokles hladiny podzemnej vody v roku 2021 prekročil dlhodobý minimálny stav. Vrt VČHG-3 bol počas troch kontrolných meraní suchý.

Pri hodnotení účinnosti hĺbkového odvodnenia, ktoré 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. V roku 2021 nebolo možné zabezpečiť hodnotenie efektívnosti odvodnenia zosuvného územia, pretože počas všetkých meraní boli pozorované odvodňovacie vrty zaliate vodou.

Ďalším nedostatkom, ktorý však súvisí so samotným monitorovaním, je nízka frekvencia režimových pozorovaní. Riešením súčasnej situácie je inštalácia automatických hladinomerov a prietokomerov.

V roku 2022 je plánované pokračovať v monitorovacích meraniach. Rozsah a frekvencia režimových pozorovaní a inklinometrických meraní budú zachované ako v roku 2021.

1.4.12. 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 2020 a 2021

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021, sú zhrnuté v tab. 4.12.1.

Tab. 4.12.1. *Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Šenkvice v rokoch 2020 a 2021.*

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	PVZS-1, PVZS-2, PVZS-3 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Modra (indikatív 18060)	Denné úhrny zrážok	

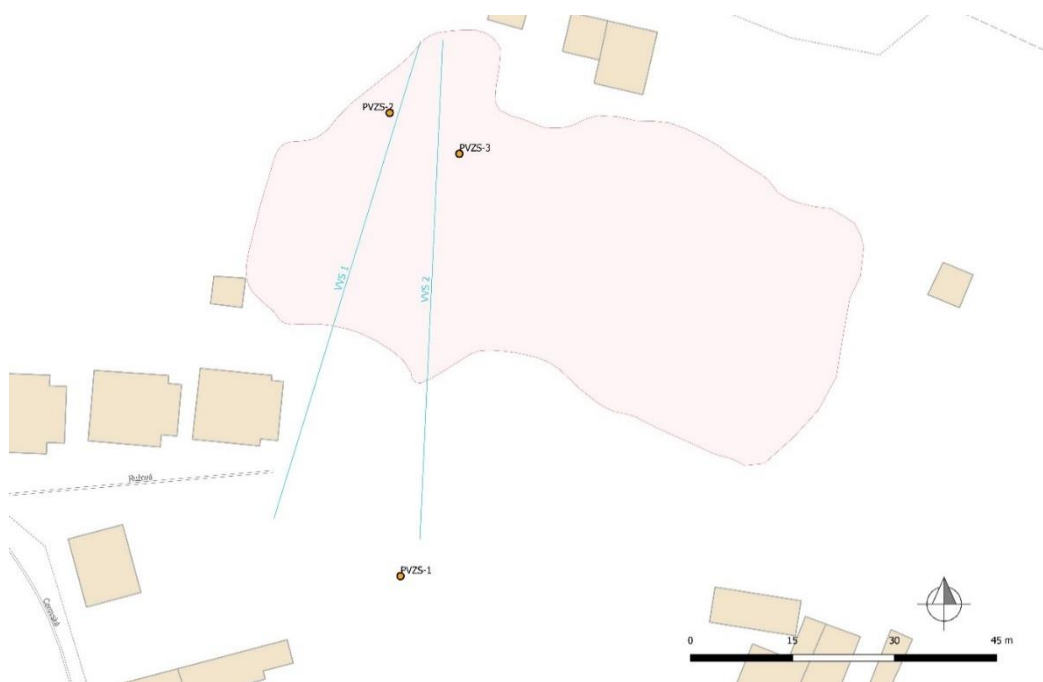
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami

Od roku 2012 sa hladiny podzemnej vody monitorujú v troch vrtoch s automatickými hladinomerami. 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 (lokalizácia vrtov je na obr. 4.12.1). Počas hodnotených rokov 2020 a 2021 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke.

V roku 2020 bola vo vrte PVZS-1 nameraná maximálna hladina podzemnej vody 15. novembra v hĺbke 10,21 m pod terénom (154,94 m n. m.). Počas celého roka mala hladina podzemnej vody mierne vzostupný charakter, čo nekorešponduje s predchádzajúcim obdobím, pre ktoré, vďaka vybudovaniu drenážno-stabilizačného rebra, bol príznačný zostupný charakter. Nárast maximálnej hladiny podzemnej vody o 0,63 m považujeme za významný. Minimálny stav bol nameraný 20. januára s hĺbkou 11,34 m (153,41 m n. m.). Z obrázku 4.12.2 jednoznačne vyplýva, že počas väčšej časti roka sa hladina nachádzala nad úrovňou tretieho kvartilu, odvodeného z meraní z predchádzajúceho obdobia. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 10,96 m pod terénom (154,19 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 0,34 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,16 m. V porovnaní s vlaňajším rokom táto hodnota vzrástla. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 11,19 m pod terénom, 2. kvartil 11,07 m pod terénom a 3. kvartil 10,84 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom období, vykazovala len veľmi malé zmeny. V roku 2020 sa pohybovala v intervale 11,3 až 11,4 °C.



Obr. 4.12.1. Lokalita Šenkvice – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrtý s automatickými hladinomeri, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.12.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomeri na lokalite Šenkvice v roku 2020.

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	10,21	154,94	15. 11. 2020	11,37	153,78	20. 01. 2020	10,96	154,19	1,16
PVZS-2	8784	5,74	147,66	29. 12. 2020	6,79	146,61	20. 01. 2020	6,39	147,01	1,05
PVZS-3	8784	6,98	145,78	31. 12. 2020	8,00	144,76	22. 07. 2020	7,62	145,14	1,02

V roku 2021 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 9,35 m pod terénom (155,80 m n. m.) 4. marca, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,86 m. Dosiahnutiu maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody predchádzal mierny vzostup, ktorý sa začal formovať v jesenných mesiacoch predchádzajúceho roka. Uvedená maximálna hladina predstavuje najvyššiu hodnotu od roku 2015. V súvislosti s výskytom takto vysokej hladiny podzemnej vody vzniká podozrenie kolmatácie odvodňovacieho potrubia, do ktorého bola ešte v minulosti ilegálne pripojená splašková kanalizácia (obdobie pred výskytom maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody nebolo významné z hľadiska zrážkových úhrnov – v predchádzajúcom 30-dennom intervale spadlo na stanici SHMÚ Modra 29,8 mm zrážok, teda predpokladáme, že hladina podzemnej vody, bola dotovaná aj z iného zdroja). Hladina podzemnej vody po dosiahnutí maximálnom stave až do druhej polovice novembra mala zostupný charakter. Minimálna úroveň bola zaznamenaná 23. novembra v hĺbke 11,52 m pod terénom. V nasledujúcom období až do konca roka bol pozorovaný mierny vzostup. Prejavy zrážkovej činnosti vo fáze zostupu hladiny podzemnej vody sa prejavovali len minimálne (mierny vzostup súvisí s májovými zrážkami). V tejto súvislosti treba uviesť, že daný stav je výsledkom hĺbkového odvodnenia, ktoré bolo na lokalite budované postupne od roku 2011. Najväčší účinok má stabilizačno-drenážne rebro, po vybudovaní ktorého dochádza každoročne k poklesu hladiny podzemnej vody. Je teda možné predpokladať, že problémy súvisiace s upchatím sú vyriešené a odvodňovacie potrubie umožňuje bezpečne odvádzať zachytené podzemné vody.

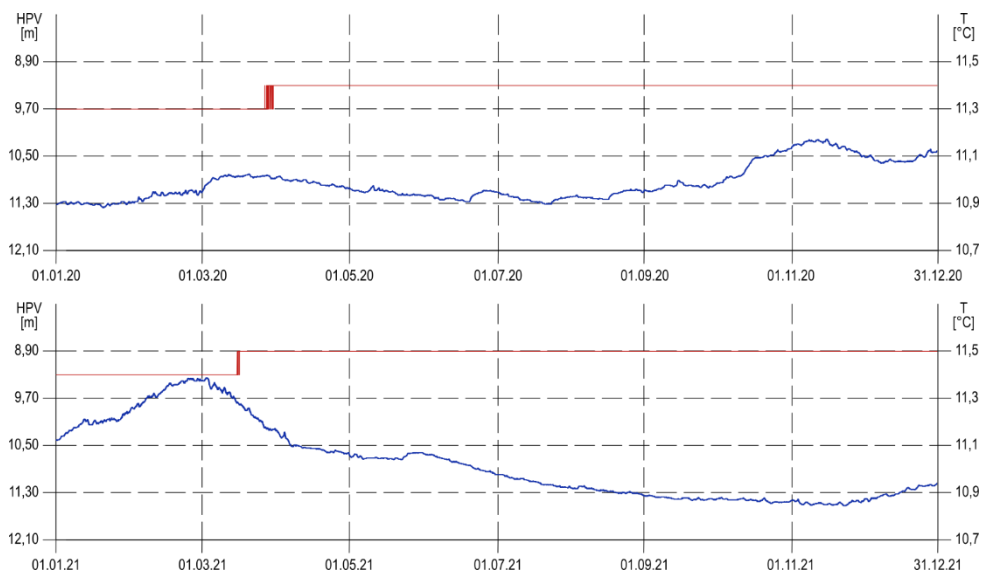
Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 10,79 m pod terénom (154,36 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2021 len nepatrná zmena (vzostup o 0,16 m).

Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,17 m. V porovnaní s rokom 2020 sa táto hodnota prakticky zdvojnásobila. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 10,84 m pod terénom, 2. kvartil 11,07 m pod terénom a 3. kvartil 11,19 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody vykazovala len veľmi malé zmeny. V roku 2021 sa nachádzala v intervale 11,3 – 11,4 °C.

Tab. 4.12.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice v roku 2021.

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	9,35	155,80	4. 3. 2021	11,52	153,63	23. 11. 2021	10,79	154,36	2,17
PVZS-2	8760	5,64	147,76	1. 2. 2021	6,60	146,80	14. 9. 2021	6,18	147,22	0,96
PVZS-3	8760	6,86	145,90	10. 2. 2021	7,75	145,01	15. 9. 2021	7,38	145,38	0,89



Obr. 4.12.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2020 a 2021 vo vrte PVZS-1 na lokalite Šenkvice. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), hnedá línia – teplota podzemnej vody (T – pravá os).

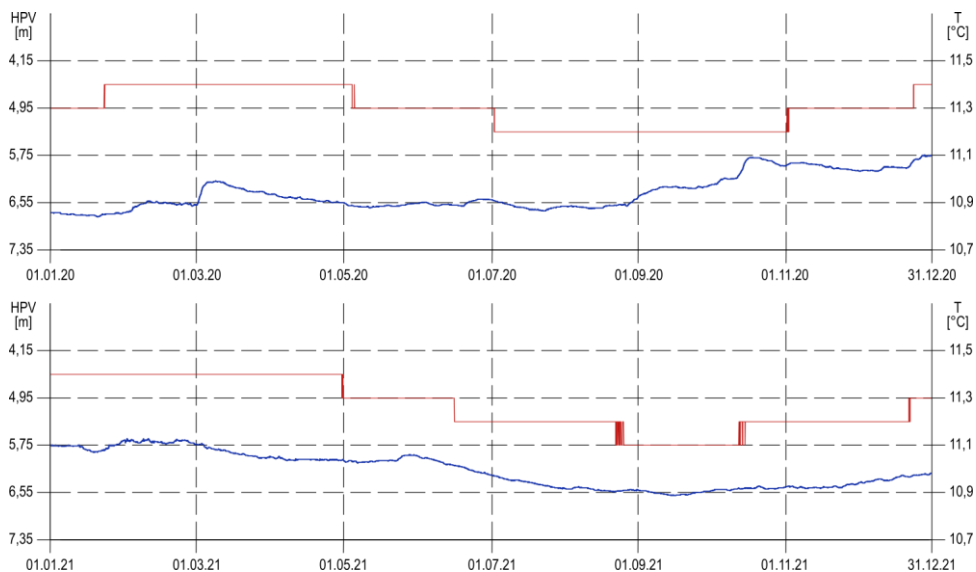
Vo vrte PVZS-2 bol roku 2020, podobne, ako vo vrte PVZS-1, pozorovaný vzostupný trend hladiny podzemnej vody. Minimálna hladina podzemnej vody (6,79 m pod terénom; 146,61 m n. m. – tab. 4.12.2, obr. 4.12.3) bola zaznamenaná na začiatku roka (20. januára) a naopak, maximálna (5,74 m pod terénom; 147,66 m n. m.) na konci roka (29. decembra). Výraznejšie zmeny hladiny podzemnej vody súviseli so zimnými a jesennými zrážkami. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 6,39 m pod terénom (147,01 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2019 predstavuje vzostup o 0,42 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 1,05 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 6,6 m pod terénom, 2. kvartil 6,52 m pod terénom a 3. kvartil 6,20 m pod terénom. Z uvedeného vyplýva, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k zhoršeniu všetkých sledovaných ukazovateľov.

Kolísanie teploty podzemnej vody bolo rovnaké ako v roku 2019; maximálna – 11,4 °C a minimálna teplota – 11,2 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,30 °C.

V roku 2021 mal vývoj zmien hladiny podzemnej vody opačný charakter ako v predchádzajúcom roku. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná 1. februára (5,64 m pod terénom; 147,76 m n. m. – tab. 4.12.3, obr. 4.12.3), po jej veľmi miernom januárovom vzostupe. V porovnaní s predchádzajúcim rokom ide o mierny vzostup (o 0,1 m). Po uvedenom termíne až do začiatku júna hladina podzemnej vody mierne kolísala a následne

začala klesať. Tento trend pretrval do polovice septembra, kedy dosiahla minimálny stav (6,60 m pod terénom; 146,80 m n. m.). Ide o podobnú hodnotu, aká bola počas minimálnej hladiny nameraná v roku 2020. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 6,18 m pod terénom (147,22 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2020 predstavuje vzostup o 0,21 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,96 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 5,94 m pod terénom, 2. kvartil 6,42 m pod terénom a 3. kvartil 6,47 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,4 °C 1. januára, naopak, najnižšia teplota (11,1 °C) bola zaznamenaná 23. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,3 °C.



Obr. 4.12.3. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2020 a 2021 vo vrte PVZS-2 na lokalite Šenkvice. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), hnedá línia – teplota podzemnej vody (T – pravá os).

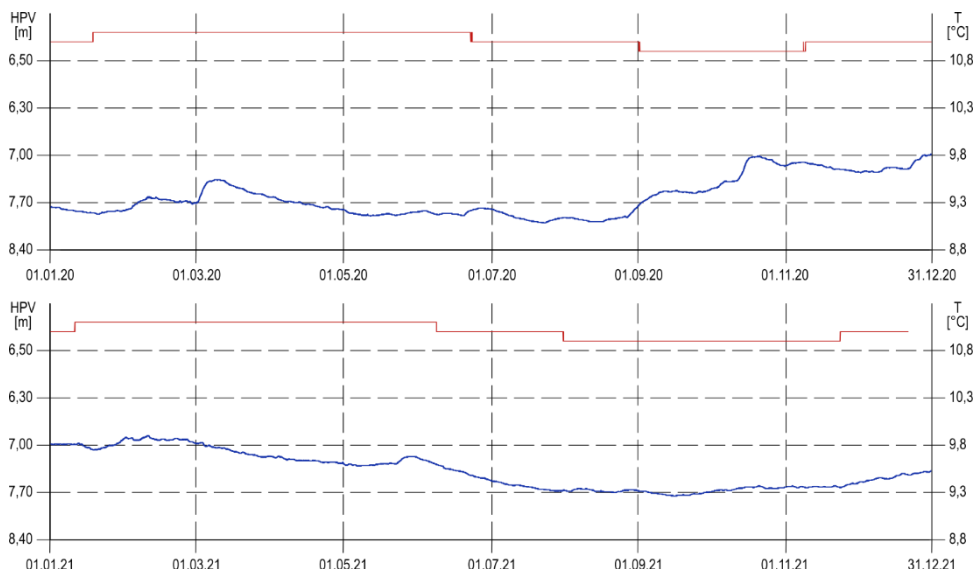
Vo vrte PVZS-3 v roku 2020 dosiahla maximálna hladina podzemnej vody 6,98 m, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,41 m. Nameraná bola, podobne ako v prípade vrtov PVZS-1 a PVZS-2, na konci roka (31. decembra). Najnižšia úroveň hladiny podzemnej vody bola nameraná 22. júla (8,0 m pod terénom). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo spôsobené zimnými a jesennými zrážkami. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 7,62 m pod terénom (144,96 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2019 len mierny vzostup (o 0,18 m). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,02 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,86 m pod terénom, 2. kvartil 7,7 m pod terénom a 3. kvartil 7,39 m pod terénom.

Kolísanie teplôt bolo identické ako v roku 2019. Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla 11,1 °C, minimálna 10,9 °C a priemerná 11,02 °C.

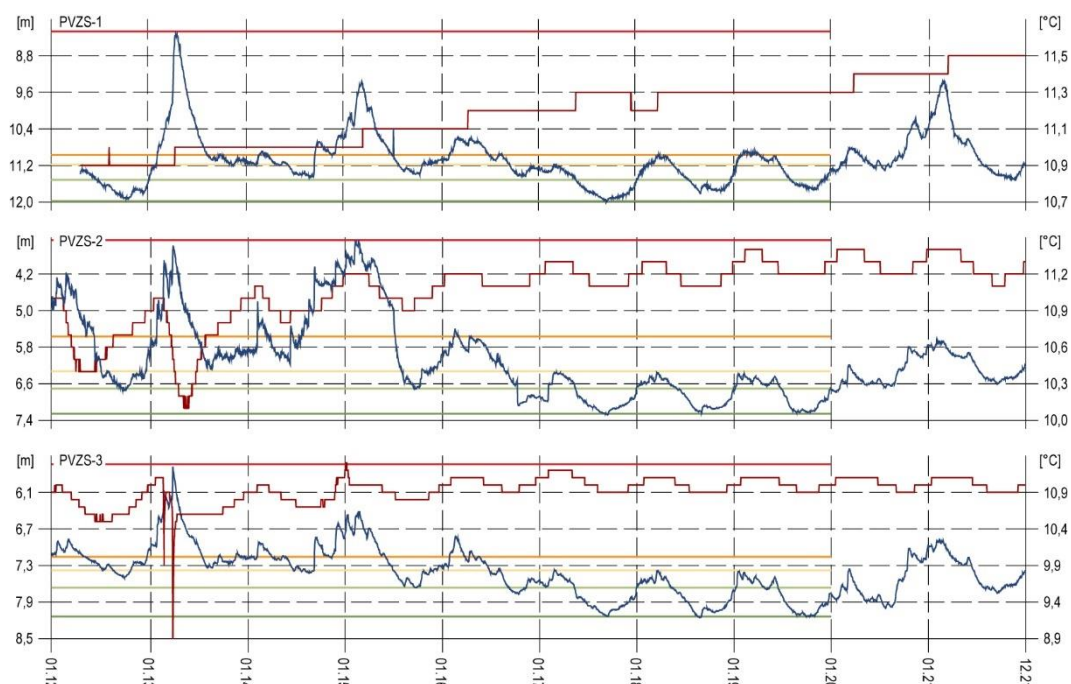
V roku 2021 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 10. februára (6,86 m pod terénom; 145,37 m n. m. – čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny vzostup, a to o 0,12 m). V nasledujúcom období bol pozorovaný pokles hladiny. Minimálna hladina bola zaznamenaná v polovici septembra (7,75 m pod terénom; 145,01 m n. m.). Od tohto termínu až do konca roka boli pozorované len veľmi malé zmeny s miernou zostupnou tendenciou. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 7,38 m pod terénom (145,38 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup o 0,24 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,89 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín

podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,17 m pod terénom, 2. kvartil 7,43 m pod terénom a 3. kvartil 7,63 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,1 °C 11. januára, naopak, najnižšia teplota (10,9 °C) bola zaznamenaná 6. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,0 °C.



Obr. 4.12.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2020 a 2021 vo vrte PVZS-3 na lokalite Šenkvice. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), hnedá línia – teplota podzemnej vody (T – pravá os).

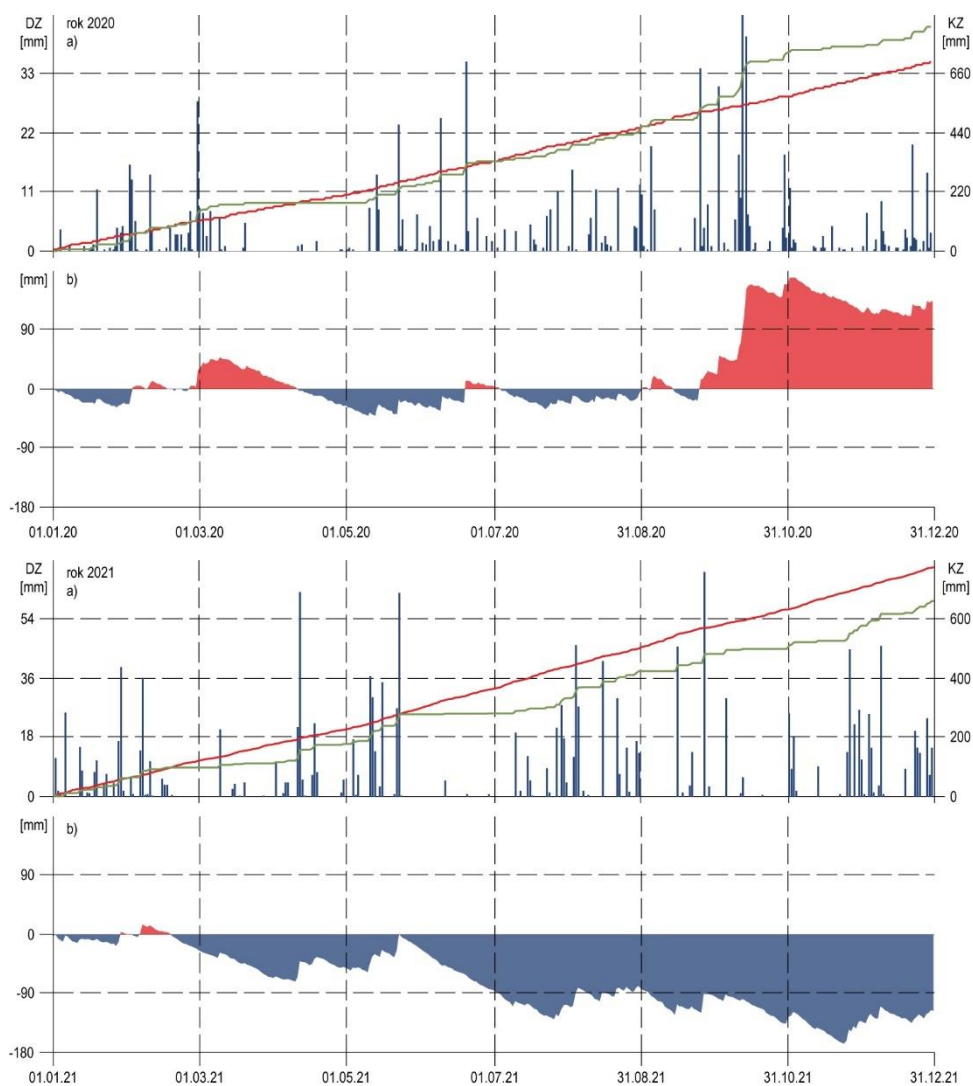


Obr. 4.12.5. Dlhodobé zmeny úrovne hladín a teplôt podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomerami v rokoch 2012 až 2021, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Šenkvice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch PVZS-1, PVZS-2 a PVZS-3. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od apríla 2012 do decembra 2019 – vrt PVZS-1; od januára 2012 do decembra 2019 – vrty PVZS-2 a PVZS-3): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

Z dlhodobého hľadiska (obr. 4.12.5) 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 do roku 2015. Relatívne malé amplitúdy sú pozorované v rokoch 2016 až 2019. V rokoch 2020 a 2021, po dlhšom období, dochádza k vzostupu hladiny podzemnej vody, najmä vo vrte PVZS-1. Celkový pokles hladiny bol spojený s realizáciou stabilizačno-drenážneho rebra v roku 2015. Aktuálny vzostup hladiny podzemnej vody pripisujeme obmedzenému prietoku v odvodňovacom potrubí, v dôsledku nelegálneho napojenia splaškovej kanalizácie. Celkovo však možno konštatovať, že vďaka sanačnému opatreniu boli zaznamenané podstatne nižšie hodnoty úrovne hladiny podzemnej vody ako pred jeho vybudovaním. Zásadne sa zmenil aj teplotný režim podzemnej vody.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Modra s indikatívom 18060 (obr. 4.12.6). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2019 predstavuje 708,77 mm



Obr. 4.12.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZD – ľavá os), zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021 (ZK – pravá os), červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2019 (ZK – pravá os); b – prebytok (červená) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v rokoch 2020 a 2021.

a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1093,7 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 59,1 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.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 834,8 mm, čo zodpovedá 119,06 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. V roku 2020 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas októbra (188,2 mm) a najvyšší denný úhrn 13. októbra (43,9 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 3,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. septembra do 18. októbra (216,4 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 21. marca do 20. marca) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,5 mm.

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 602,5 mm, čo zodpovedá 85,01 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2020 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas mája (93,0 mm) a najvyšší denný úhrn 27. septembra (26,7 mm). Najsuchším mesiacom bol jún s 2,5 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 25. novembra do 24. decembra (98,9 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 25. mája do 24. júna) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 2,2 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2022 trvalo 6 dní (od 6. februára do 11. februára) s úhrnom 24,4 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 2021 vyplýva, že vo všetkých vrtoch došlo k vzostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Zároveň, v porovnaní s rokom 2020, stúpili všetky sledované ukazovatele režimu podzemnej vody. Hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch naďalej odrážajú vývoj klimatických faktorov, pozorovaných na stanici SHMÚ Modra, avšak ich prejavy sú v porovnaní s výsledkami z obdobia pred sanáciou podstatne menšie.

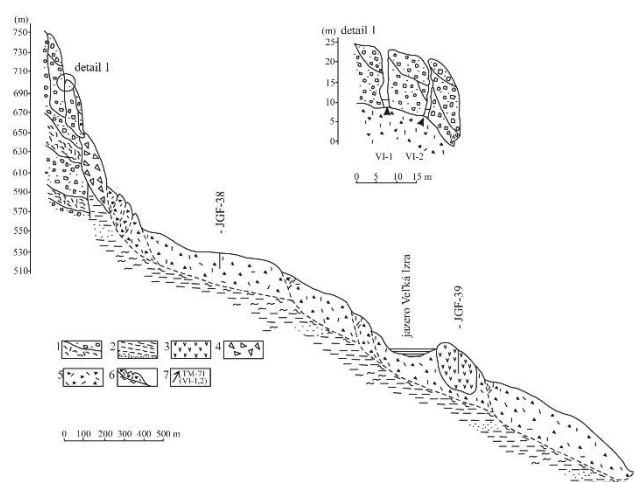
Žiaľ, ani v roku 2021 nebolo možné zabezpečiť merania výdatnosti zo spomenutých odvodňovacích zariadení. Realizácii meraní bráni v minulosti vybudované nelegálne pripojenie splaškovej kanalizácie z príľahlého rodinného domu priamo do odvodňovacieho potrubia, ktoré odvádza podzemnú vodu zo zosuvného územia. Vzhľadom na vzostup hladiny podzemnej vody je odôvodnené podozrenie, že splaškové vody zhoršujú prietoknosť v potrubí.

V roku 2022 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach, zabezpečovaných automatickými hladinomerami a v analýze a vyhodnotení klimatických ukazovateľov nameraných na stanici SHMÚ Modra.

1.4.13. 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. 4.13.1), 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. 4.13.1. 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 – morfológicky 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 2020 a 2021 a ich celkové zhodnotenie

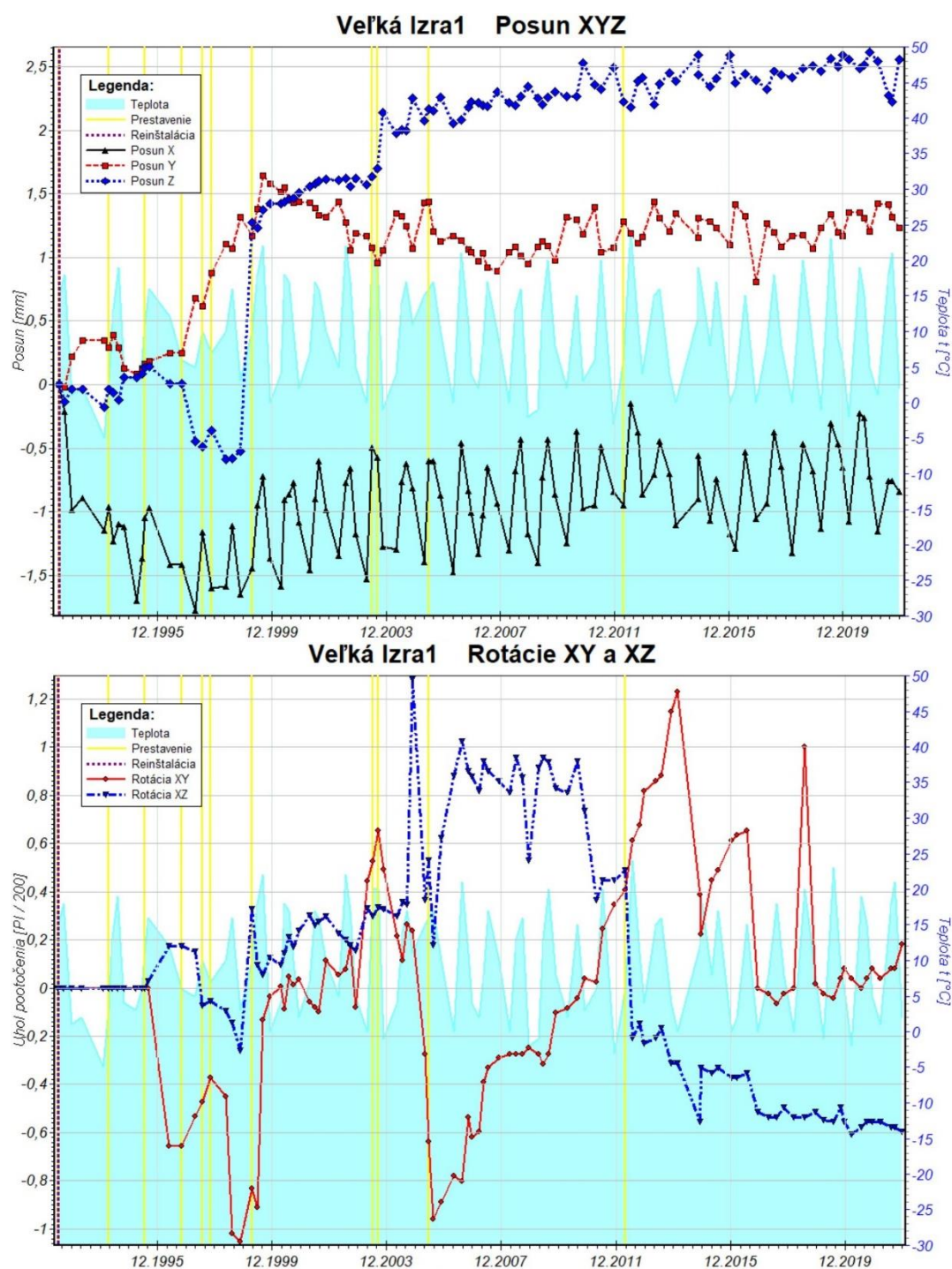
Na lokalite Veľká Izra sa v každom z rokov 2020 a 2021 uskutočnili štyri odčítania hodnôt deformácií zaznamenaných prístrojmi TM-71 (tab. 4.13.1). Aj v roku 2020 pokračoval zber údajov o zrážkach zo stanice SHMÚ Slanská Huta.

Tab. 4.13.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Izra v rokoch 2020 a 2021

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	VI-1 (horný)	2020 – 4x
			21. február, 1. júl, 3. september, 11. november
			2021 – 4x
			23. február, 7. júl, 24. august, 24. november

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2020 a 2021 (obr. 4.13.2) preukázali stagnáciu pohybu v smere osi X (rozširovanie trhliny) aj osi Z (pokles bloku voči masívu) a slabý nárast šmykového posunu pozdĺž trhliny (os Y) (o 0,029 a 0,033 mm). Celkové hodnoty posunu v jednotlivých smeroch (X, Y a Z) od roku 1992 dosahujú 0,846 mm, 1,234 mm a 2,556 mm. Priemerná rýchlosť posunu v žiadnom smere nepresahuje hodnotu 0,09 mm.rok⁻¹. Rotácie v rovinách XY a XZ nie sú významné. Vo vodorovnej rovine (XY) sa pohyb zvýšil nepatrne a dosiahol hodnotu 0,182 gr., vo vertikálnej (XZ) pomaly narastal a koncom roka 2021 dosiahol 0,599 gr.



Obr. 4.13.2. 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 $\pi/200$ gradov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160) v roku 2020 dosiahol 803,2 mm. Mesačný priemer bol 66,9 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 144,5 mm (jún) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 17,4 mm (január). V roku 2021 klesol zrážkový úhrn na úroveň 709,8 mm. Mesačný priemer bol 59,2 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 110,4 mm (august) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 2,8 mm (október).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

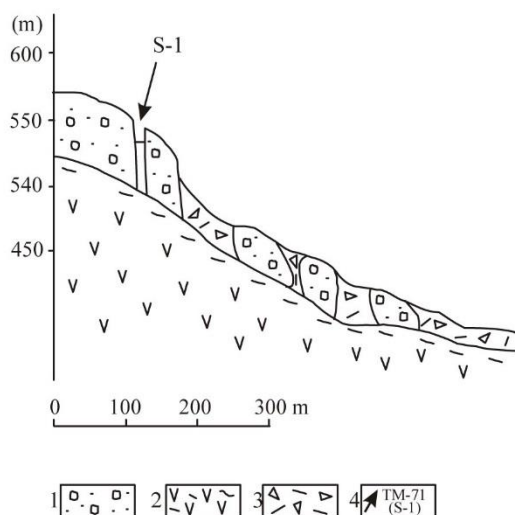
Výsledky doterajších meraní potvrdzujú pozvoľné poklesávanie vrchného monitorovaného bloku voči masívu (celkovo 2,556 mm), veľmi pomalý dlhodobý rast šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny v rozmedzí cca 0,4 – 1,4 mm.

Hlavným cieľom meraní v najbližších rokoch 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 4-krát ročne.

1.4.14. 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 S od obce Dargov), boli koncom roku 1990 inštalované dva dilatometre TM-71 (S-1 a S-2). Prístroje boli osadené v trhlinách medzi okrajovými blokmi (bloková rozpadlina) budovanými andezitmi lávového prúdu, striedajúcimi sa s autochtónnymi pyroklastikami. Podložie uvedených hornín tvoria propylitizované a silno brekciovité andezity (obr. 4.14.1). Vzhľadom na minimálnu pohybovú aktivitu bol prístroj S-2 začiatkom roku 2004 natrvalo odstránený.



Obr. 4.14.1. 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 zbrekciovatý, 3 – balvanité a úlomkovito-ílovité svahové sedimenty (sute), 4 – lokalizácia dilatometra TM-71 (S-1)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2020 a 2021 a ich celkové zhodnotenie

Hodnoty posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 sa v roku 2020 aj 2021 odčítali štyrikrát, pričom v novembri 2020 bolo potrebné prístroj prestaviť (tab. 4.14.1). V oboch rokoch pokračoval aj zber údajov zo zrážkomernej stanice SHMÚ Dargov.

Tab. 4.14.1 Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Sokol v rokoch 2020 a 2021

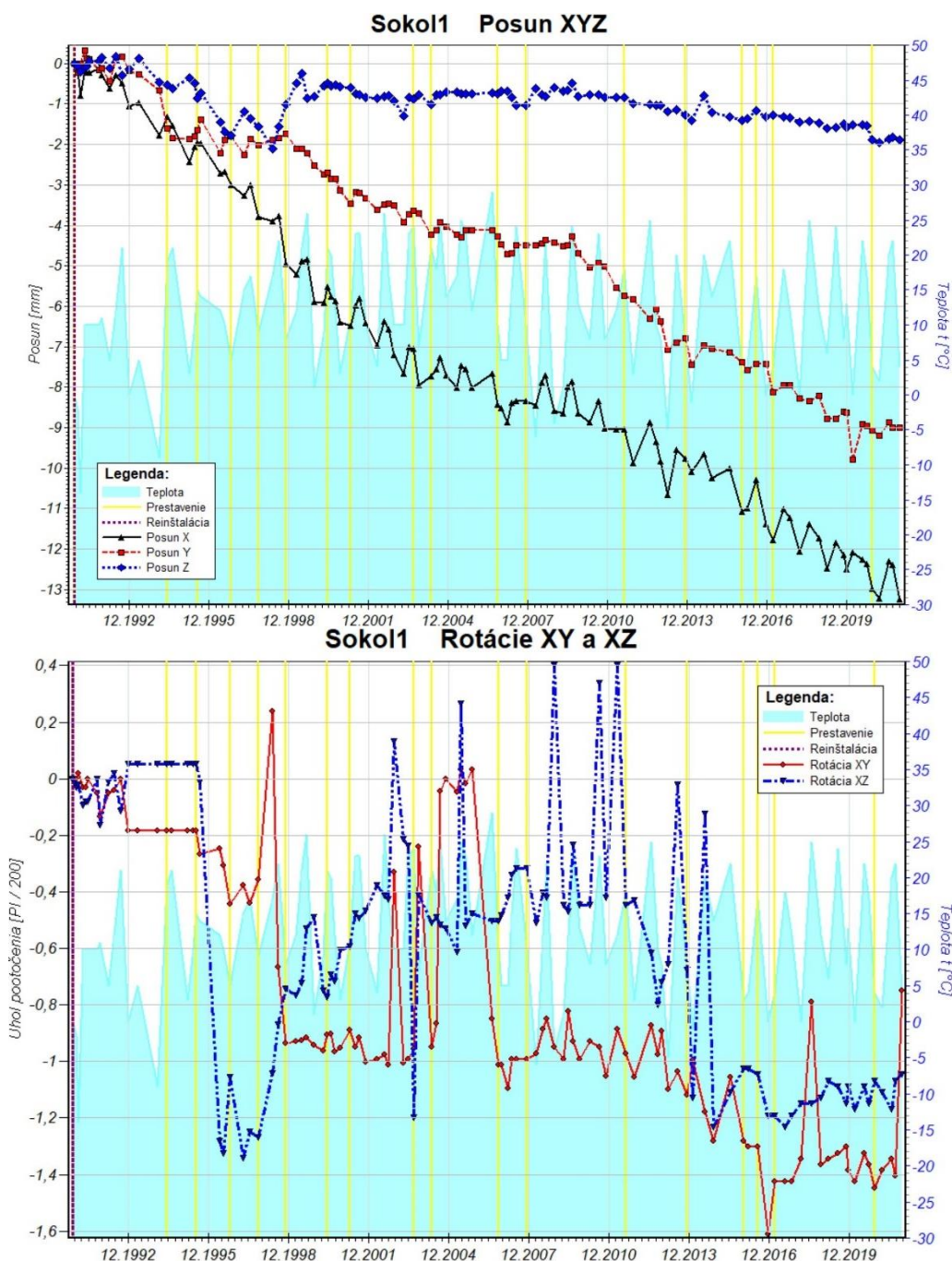
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	S-1	2020 – 4x 21. február, 1. júl, 3. september, 11. november*
			2021 – 4x 23. február, 7. júl, 24. august, 24. november

* – prestavenie prístroja

a/ Meranie deformácií dilatometrom

Trend narastania pohybu sa v rokoch 2020 a 2021 (obr. 4.14.2) preukázal vo všetkých troch meraných smeroch (X, Y, Z), ale najviac v smere osi X (otváranie trhliny) a Y (šmykový posun pozdĺž trhliny). Otváranie trhliny (os X) vzrástlo v roku 2020 o 0,468 mm a v roku 2021 o 0,268 mm a celkovo (od roku 1990) dosiahlo 13,248 mm. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny (os Y) v roku 2020 narástol o 0,322 mm, roku 2021 o 0,034 mm na celkových

8,992 mm. V smere osi Z (pokles bloku voči masívu) bol v roku 2020 zaznamenaný posun o 0,301 mm, v roku 2021 iba o 0,001 mm. Celkový pokles za 31 rokov je 1,881 mm. Rotácie bloku v oboch rovinách, vodorovnej XY a vertikálnej XZ nepresahujú 1,6 gr.



Obr. 4.14.2. 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 $\pi / 200$ grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Dargov (indikatív 50040) v roku 2020 dosiahol 792,9 mm. Mesačný priemer bol 66,1 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 155,0 mm (august) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 17,2 mm (apríl). V roku 2021 klesol zrážkový úhrn na úroveň 506,3 mm. Mesačný priemer bol 42,2 mm a najvyšší mesačný úhrn

bol zaznamenaný na úrovni 73,5 mm (november) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 0,6 mm (október).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

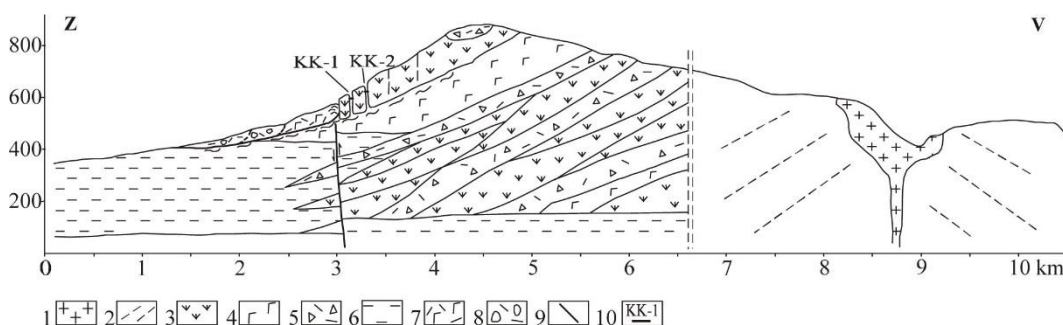
V rokoch 2020 a 2021 pokračoval pomalý pokles bloku voči masívu, ktorý sa ustálil na hodnote 1,951 mm. Dlhodobý trend šmykového posunu bloku pozdĺž trhliny, ako aj jej otváranie, pokračovali v rokoch 2020 a 2021. Celkový šmykový posun dosiahol ku koncu roka 2020 už 9,059 mm a celkové otvorenie trhliny 12,980 mm. Priemerná rýchlosť posunov v osiach X, Y a Z je 0,433 mm.rok⁻¹, 0,302 mm.rok⁻¹ a 0,065 mm.rok⁻¹.

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 4-krát ročne.

1.4.15. 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. 4.15.1).



Obr. 4.15.1. 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 2020 a 2021 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite sa v každom z uvedených rokov vykonali 4 odčítania na oboch dilatometroch, pričom KK-1 bol prestavený vo februári a KK-2 v novembri 2021 (tab. 4.15.1). V rokoch 2020 a 2021 pokračoval zber údajov zo zrážkomernej stanice Herľany.

Tab. 4.15.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košický Klečenov v rokoch 2020 a 2021

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	2	KK-1 (dolný)	2020-4x (21. február, 1. júl, 3. september, 11. november)
			2021-4x (23. február*, 7. júl*, 24. august, 24. november)
		KK-2 (horný)	2020-4x (21. február, 1. júl, 3. september, 11. november)
			2021-4x (23. február, 7. júl, 24. august, 24. november*)

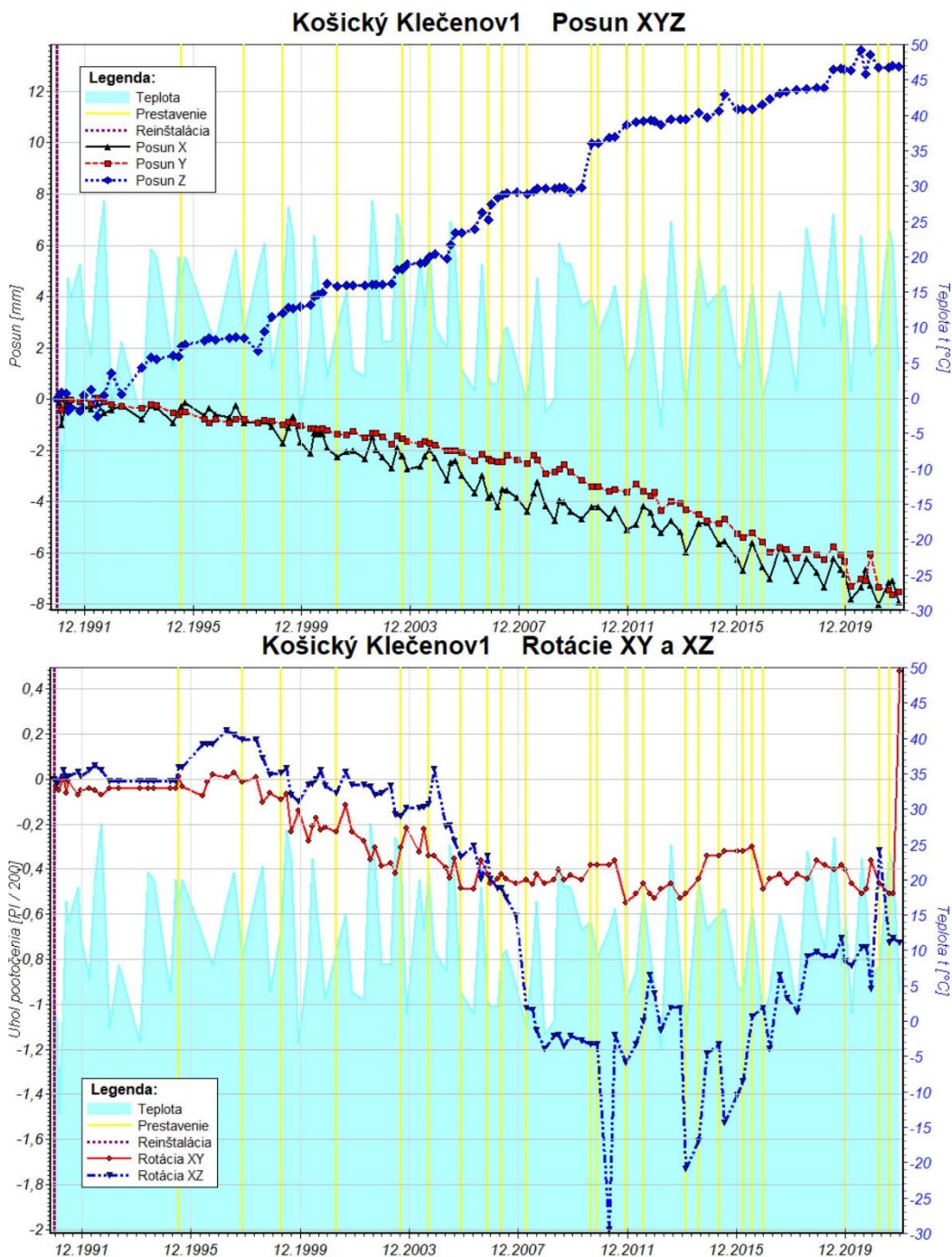
* – prestavenie prístroja

a/ Meranie deformácií dilatometrami

V rokoch 2020 a 2021 prístroj KK-1 (dolný) preukázal pokračujúci trend pohybu spodného (okrajového) bloku v smere všetkých troch osí, avšak s rozdielnou intenzitou (obr. 4.15.2). Prejavilo sa najmä rozširovanie trhliny (os X) a šmykový pohyb blokov pozdĺž trhliny (os Y). Rozšírenie trhliny v roku 2020 vzrástlo o 0,420 mm, v roku 2021 o 0,663 mm (za 31 rokov celkovo 7,931 mm). Pohyb pozdĺž trhliny v roku 2020 dosiahol 0,770 mm, v roku 2021 0,451 mm (celkovo 7,541 mm). Kým v roku 2020 pokles spodného bloku voči hornému narástol o 0,567 mm, v roku 2021 stagnoval na úrovni cca 12,979 mm.

Merania prístrojom KK-2 (horný) v roku 2020 preukázali stagnáciu pohybu v smere osi X (otváranie trhliny) a veľmi pomalý nárast (0,085 mm) v roku 2021 (4.15.3). Celkové rozšírenie trhliny dosiahlo za 26 rokov hodnotu iba 0,223 mm. Šmykový posun (os Y) stagnoval v rokoch 2020 aj 2021 na celkovej hodnote cca 4,3 mm. Pokles horného bloku (os Z) je dlhodobý

najrýchlejším pohybom a jeho priemerná rýchlosť je $0,531 \text{ mm.rok}^{-1}$. V roku 2020 dosiahol pokles $0,235 \text{ mm}$, v roku 2021 $0,594 \text{ mm}$ (celkovo $13,963 \text{ mm}$). V porovnaní so spodným blokom klesá horný rýchlejšie.

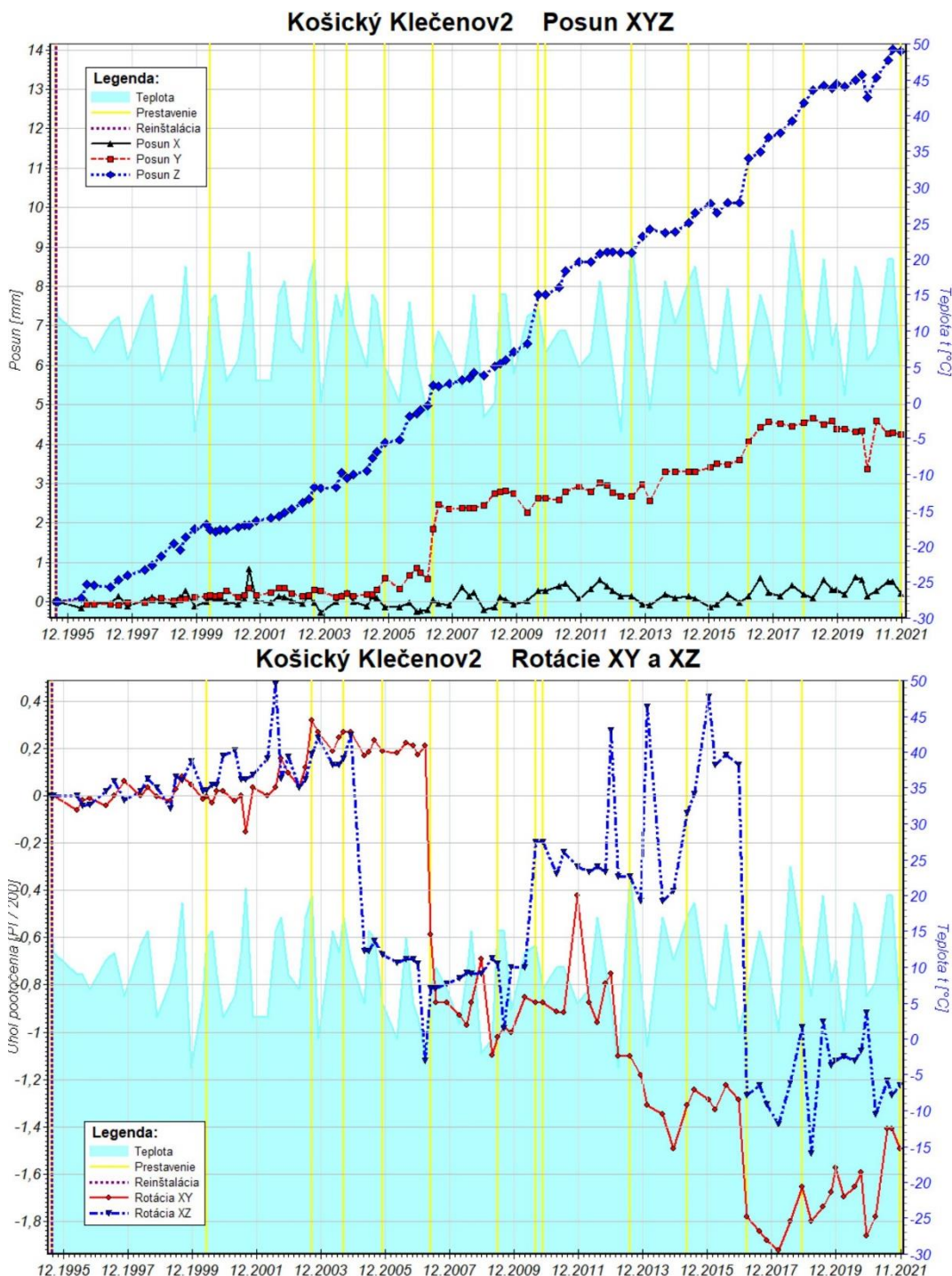


Obr. 4.15.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košický Klečenov (prístroj KK-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v $\pi/200$ grádov). Žltými 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. 4.15.2 a 4.15.3). V absolútnom ponímaní oba 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.

Rotácie oboch blokov neprekročili 2 gr. za celé obdobie monitorovania, t. j. za 31 (KK-1), resp. 26 rokov (KK-2). Spodný blok vykazuje veľmi slabú rotáciu vo vertikálnej rovine (v smere S-J), horný blok v horizontálnej rovine.



Obr. 4.15.3. 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 $\pi/200$ grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja

b/ Merania zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Herľany (indikatív 60060) v roku 2020 predstavoval hodnotu 795,1 mm. Mesačný priemer bol 66,3 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 164,7 mm (august) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 10,3 mm (apríl). V roku 2021 klesol zrážkový úhrn na úroveň 631,9 mm. Mesačný priemer bol 52,7 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 118,7 mm (august) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 2,4 mm (október).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Napriek menším, resp. časovo krátkym stagnáciám je dlhodobý trend pohybu oboch monitorovaných blokov evidentný a pomerne rýchly. Prejavuje sa hlavne ich pokles voči neporušenej časti masívu (lávového prúdu) a šmykový posun pozdĺž trhlín. Priemerné rýchlosti pohybu v smere jednotlivých osí za celé monitorovacie obdobie sú v prípade KK-1 – 0,256 mm.rok⁻¹ (X), 0,243 mm.rok⁻¹ (Y), 0,419 mm.rok⁻¹ (Z), v prípade KK-2 – 0,008 mm.rok⁻¹ (X), 0,162 mm.rok⁻¹ (Y) a 0,531 mm.rok⁻¹ (Z).

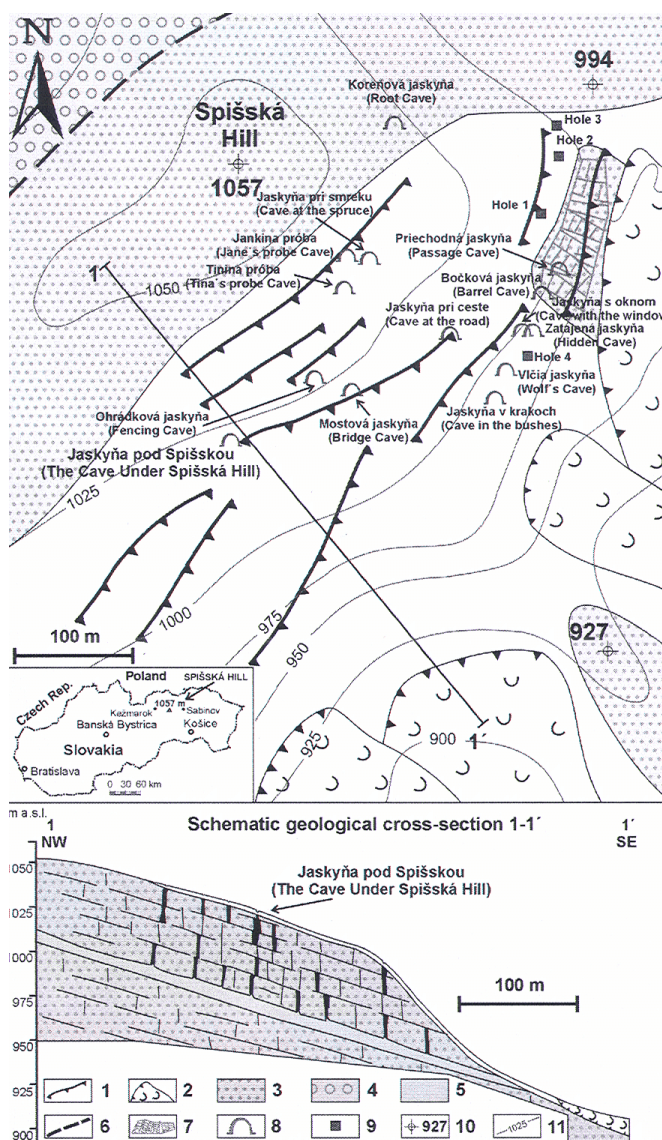
Najpravdepodobnejším vysvetlením recentnej aktivity oboch blokov je kombinovaný vplyv tektoniky (zdvih masívu pozdĺž S – J okrajového zlomu) a plazivého pohybu blokov, ktorý sa prejavuje ich nerovnomerným zabáraním, resp. vytláčaním. Merania v nasledujúcom období (vykonávané aspoň 4-krát ročne) môžu 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.

1.4.16. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou

Stručná charakteristika lokality

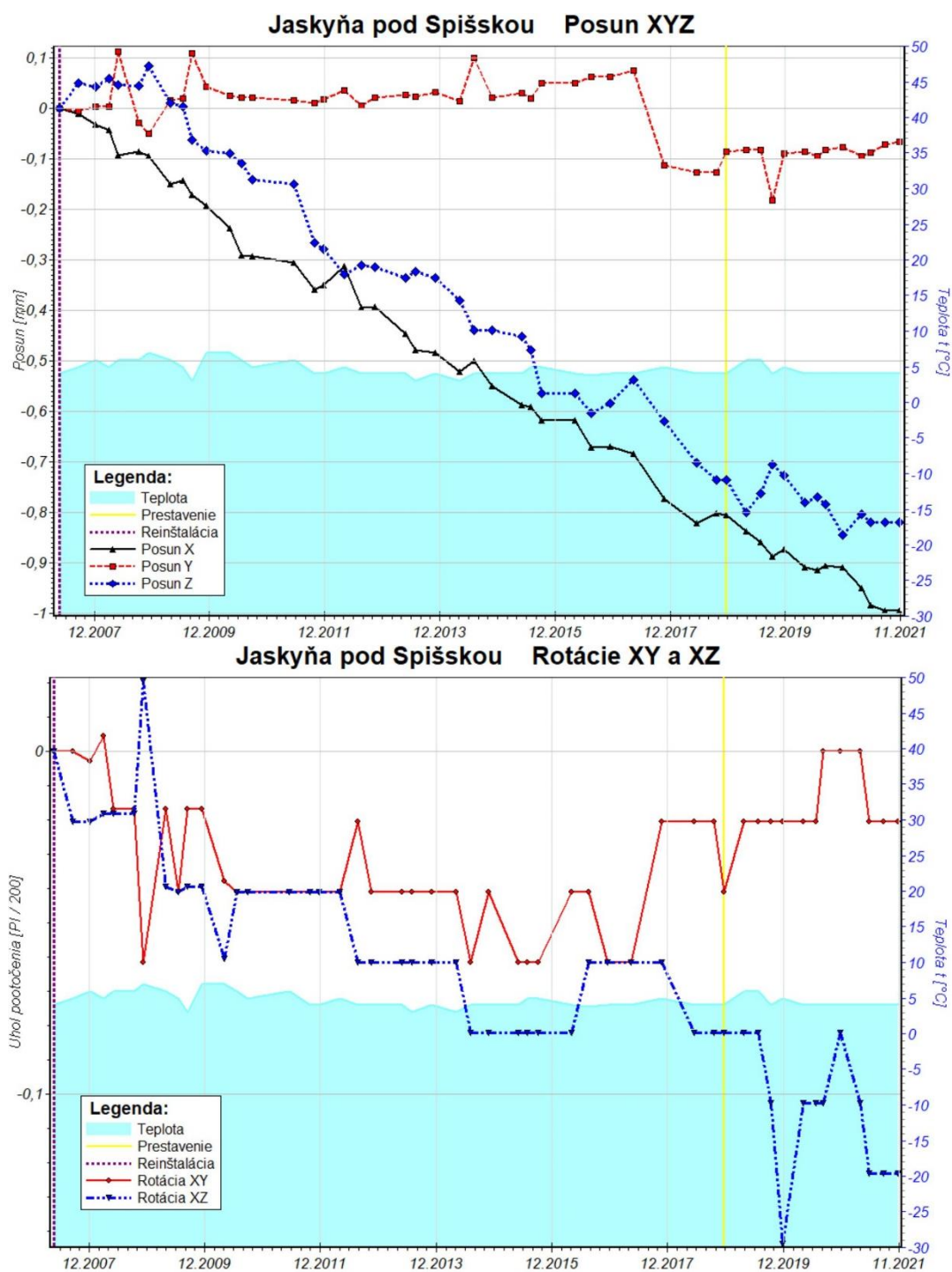
Lokalita je situovaná na severovýchodnom okraji Levočských vrchov, severo-severovýchodne od obce Brutovce, asi 300 m južne od kóty Spišská (1056,5 m n. m.) v nadmorskej výške 1022 m n. m.

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. 4.16.1). V hlavnej chodbe severovýchodnej (spišskej) časti jaskyne bol v apríli 2007 inštalovaný jeden dilatometer TM-71.



Obr. 4.16.1. Geologická mapa blízkeho okolia Jaskyne pod Spišskou s vyznačením ďalších jaskýň a priečny rez – 1' jaskyňou (podľa Gross et al., 1999, resp. Antonická a Fussgänger, 1998, upravili Imrich et al., 2007). Kvartér: 1 – morfológicky výrazné prejavy rozpadávania blokov (terénne stupne, pozdĺžne trhliny a depresie vyplnené ílovito-úlomkovitými sutinami), 2 – zosuv; Paleogén: 3 – hrubolavcovitý flyš (pieskovce s tenkými polohami ílovcov), 4 – hrubolavcovitý flyš s konglomerátmi, 5 – predpokladaná poloha tenkolavcovitého 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 Torusy 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.



Obr. 4.16.2. 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 $\pi/200$ grádov).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2020 a 2021 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Jaskyňa pod Spišskou sa v roku 2020 aj roku 2021 štyri odčítania hodnôt posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 (tab. 4.16.1). V roku 2021 pokračovalo preberanie údajov o mesačných úhrnoch zrážok zo stanice SHMÚ Brezovica nad Torysou.

Tab. 4.16.1. Prehľad monitorovacích aktivít uskutočnených na lokalite Jaskyňa pod Spišskou v r. 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	JS-1	2020 – 4x (3. apríl, 23. jún, 10. august, 26. november)
			2021 – 4x (30. apríl, 25. máj, 25. august, 23. november)

* – prestavenie prístroja

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2020 aj 2021 preukázali doterajší výrazný trend pohybu v smere osi X (otváranie trhliny) aj v smere osi Z (pokles bloku). Otvorenie trhliny v roku 2020 vzrástlo o 0,036 mm, v roku 2021 o 0,085 mm na celkových 0,993 mm. Trhlina sa rozširuje priemernou rýchlosťou 0,069 mm.rok⁻¹. Pokles bloku v roku 2020 narástol o 0,118 mm, v roku 2021 takmer stagnoval. Celkový pokles od roku 2007 dosiahol 0,820 mm. Priemerná rýchlosť poklesávania bloku je 0,056 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. Od konca roku 2017 do začiatku roku 2021 pohyb stagnoval pri hodnote cca 0,09 mm. Od marca 2021 pohyb narástol o 0,028 mm. Rotácie bloku nie sú zatiaľ významné (obr. 4.16.2).

b/ Meranie zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Brezovica nad Torysou (indikatív 59040) dosiahol v roku 2020 hodnotu 691,9 mm. Mesačný priemer bol 57,7 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 131,1 mm (október) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 12,1 mm (január). V roku 2021 klesol zrážkový úhrn na úroveň 672,0 mm. Mesačný priemer bol 56,0 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 168,0 mm (júl) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 9,2 mm (október).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Napriek pomerne krátkej dobe monitorovania (necelých 15 rokov) preukazujú merania pokračujúci trend pomalého poklesávania monitorovaného bloku a rozširovania trhliny. Celkové hodnoty v oboch smeroch atakujú hranicu 1 mm. Hlavnou príčinou takého vývoja je pôsobenie gravitácie a čiastočne aj zvetrávanie hornín a zmena fyzikálno-mechanických vlastností pôvodných ílovcov.

Vzhľadom na podobnosť tejto lokality a zosuvnej štruktúry na lokalite Tichý Potok (Židova jaskyňa), kde sa perspektívne 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 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).

1.4.17. 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 menšom skalnom brale, ktoré sa nachádza oproti svahu katastrofálneho handlovského zosuvu, asi 800 m východne od Bane Handlová v odkrytej skalnej stene.

Sledovaná lokalita má pravidelný priamkový tvar (obr. 4.17.1), 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. 4.17.1. Situovanie meradla mikromorfologických zmien povrchu horniny na skalnej stene oproti katastrofálnemu handlovskému zosuvu (lokalita Handlová-Baňa)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2020 a 2021

V rokoch 2020 a 2021 bolo na lokalite realizované jedno meranie mikromorfologických zmien. Prehľad termínov meraní za uvedené dva roky je v tab. 4.17.1.

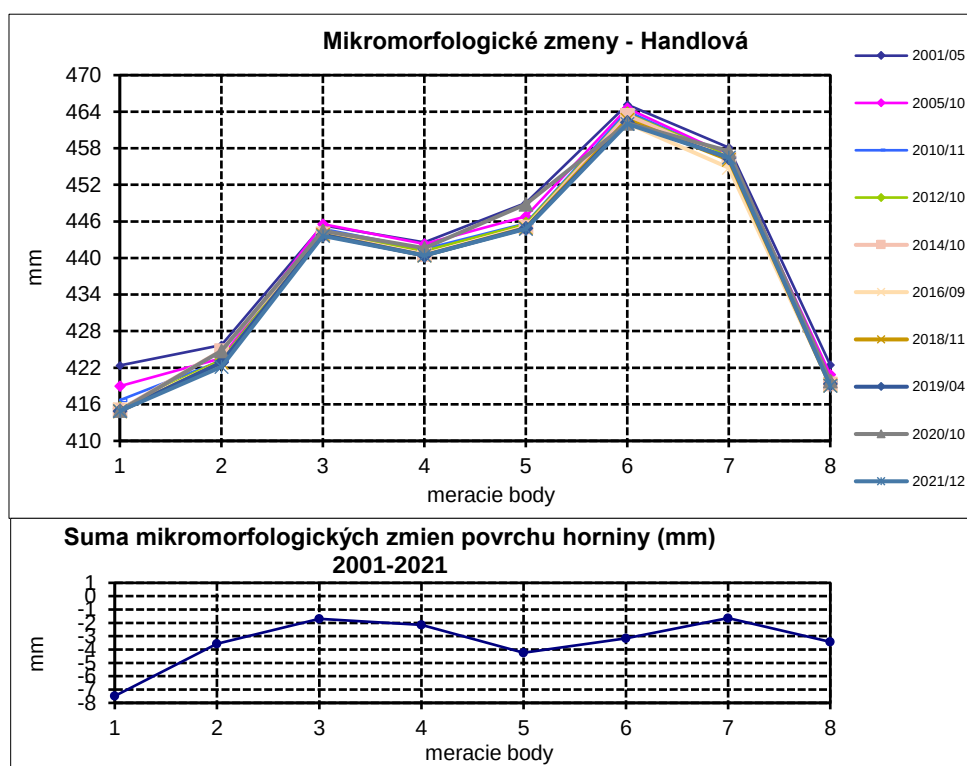
Tab. 4.17.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Baňa v rokoch 2020 a 2021.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	8	1 Stanovište MZ	1 (5. október)	1 (14. december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania boli v roku 2020 realizované 5. októbra a 14. decembra v roku 2021. Vo všetkých bodoch boli zaznamenané pomerne výrazné ročné zmeny v konfigurácii meraného profilu (číslovanie bodov je vždy zľava od 1 do 8 pri orientácii čelom k masívu), pričom došlo zrejme vplyvom špecifických klimatických podmienok k úbytku horninového masívu – priemerne -1,34 mm za 14 mesiacov, s minimálnou hodnotou -0,08 mm a s maximálnou hodnotou -4,00 mm v bode 5 (obr. 4.17.2). Pritom v bode 5 v predchádzajúcom porovnaní rokov 2019 – 2020 bolo namerané „pribúdanie“ masívu +3,95mm, čiže vplyvom zvetrávania došlo následne k vypadnutiu väčšieho úlomku. Priemerný ústup masívu za celé monitorované obdobie (20 rokov) predstavuje -3,42 mm. Z obr. 4.17.2 vyplýva, že v rámci celého sledovaného profilu je ústup masívu relatívne rovnomerný v rozpätí <-1,64 mm až -4,24 mm>, iba v bode 1 dosiahol ústup masívu hodnotu -7,48 mm.



Obr. 4.17.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2001 – 2021) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Handlová-Baňa (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 2001 – 2021).

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkových pomeroch na lokalite sú spracované pri opise lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2021 v porovnaní s rokom 2020 došlo vplyvom špecifických klimatických podmienok k relatívne významnej zmene správania masívu, t. j. k úbytku horninového masívu -1,34 mm. Aj keď uvedený odkryv bezprostredne neohrozuje žiadny objekt infraštruktúry, odporúčame pokračovať v hodnotení zvetrávania a rozvoľňovania, keďže ide o jedinou lokalitu

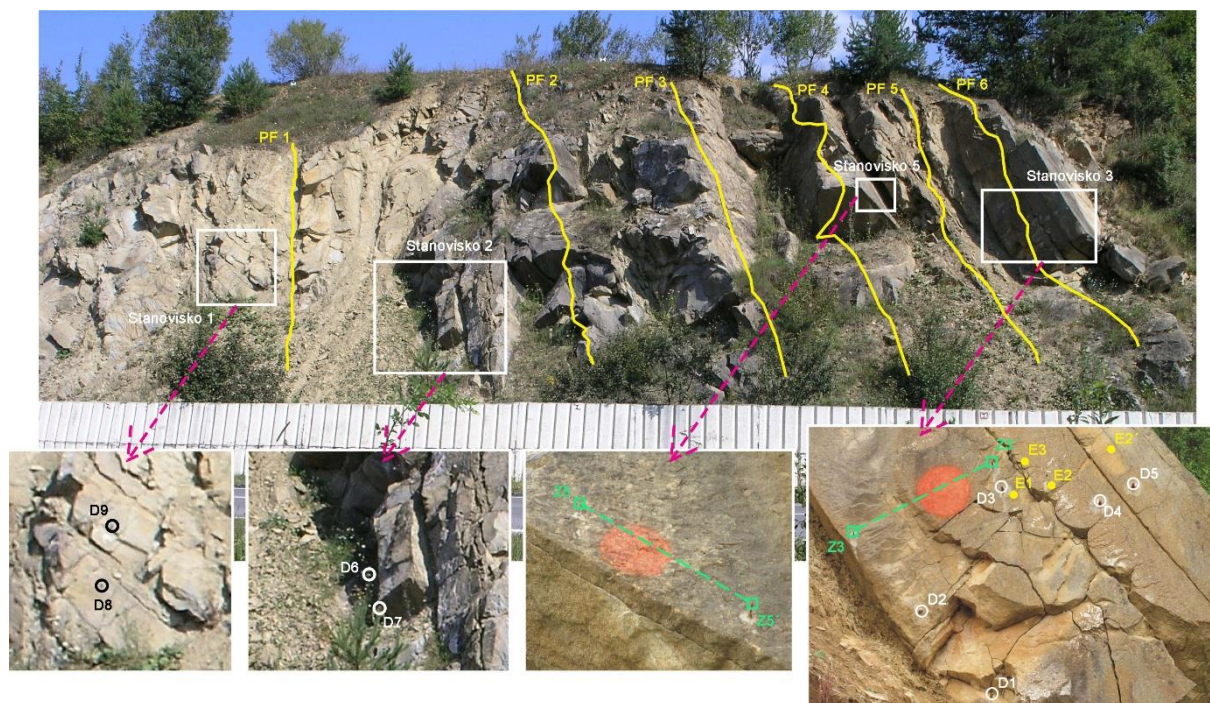
tufov, pozorovanú v rámci monitoringu. Najbližšie meranie mikromorfologických zmien, na základe ktorého bude možné posúdiť ďalší vývoj procesu zvetrávania, bude realizované v roku 2022.

1.4.18. 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. 4.18.1). V súčasnosti je aplikácia fotogrametrických metód monitorovania pozastavená. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Iglárová et al., 2011).



Obr. 4.18.1. 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 2020 a 2021

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021, sú zhrnuté v tab. 4.18.1.

Tab. 4.18.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Demjata v rokoch 2020 a 2021

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Dilatometrické merania:				
– Dilatometer Somet	6	E1, E2, E3, E2', E4, E5	1 (8.december)	1 (26.október)
– Meradlo posuvov	7	D1, D2, D3, D4, D5, D8, D9a	1 (8.december)	1 (26.október)
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	16	2 stanovištia MZ	1 (8.december)	1 (28.júna)
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 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

V rokoch 2020 fotogrametrické meranie na lokalite nebolo realizované, frekvencia fotogrametrických meraní je pozastavená, obnovená bude s ohľadom na rozsah dynamiky rozvoľňovania skalných blokov na monitorovanom záreze cestnej komunikácie a potenciálnym ohrozením prevádzky na nej.

a/ Dilatometrické merania

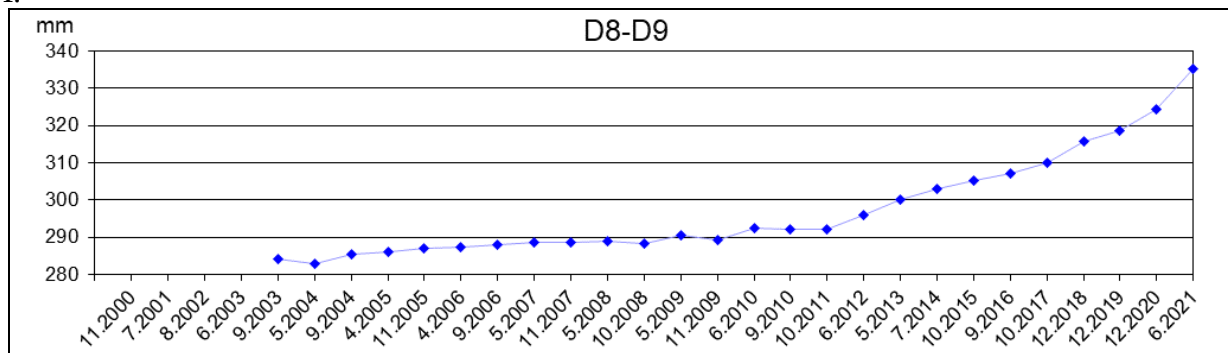
a1/ Dilatometer Somet

Merania sa vykonávajú na stanovišti č. 3 (obr. 4.18.1), 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, inštalované je pre meradlo dĺžky 25 cm. V roku 2020 bolo zistené poškodenie meracieho bodu E4 v tomto profile a ukončené pozorovanie rozvoľňovania horninových blokov.

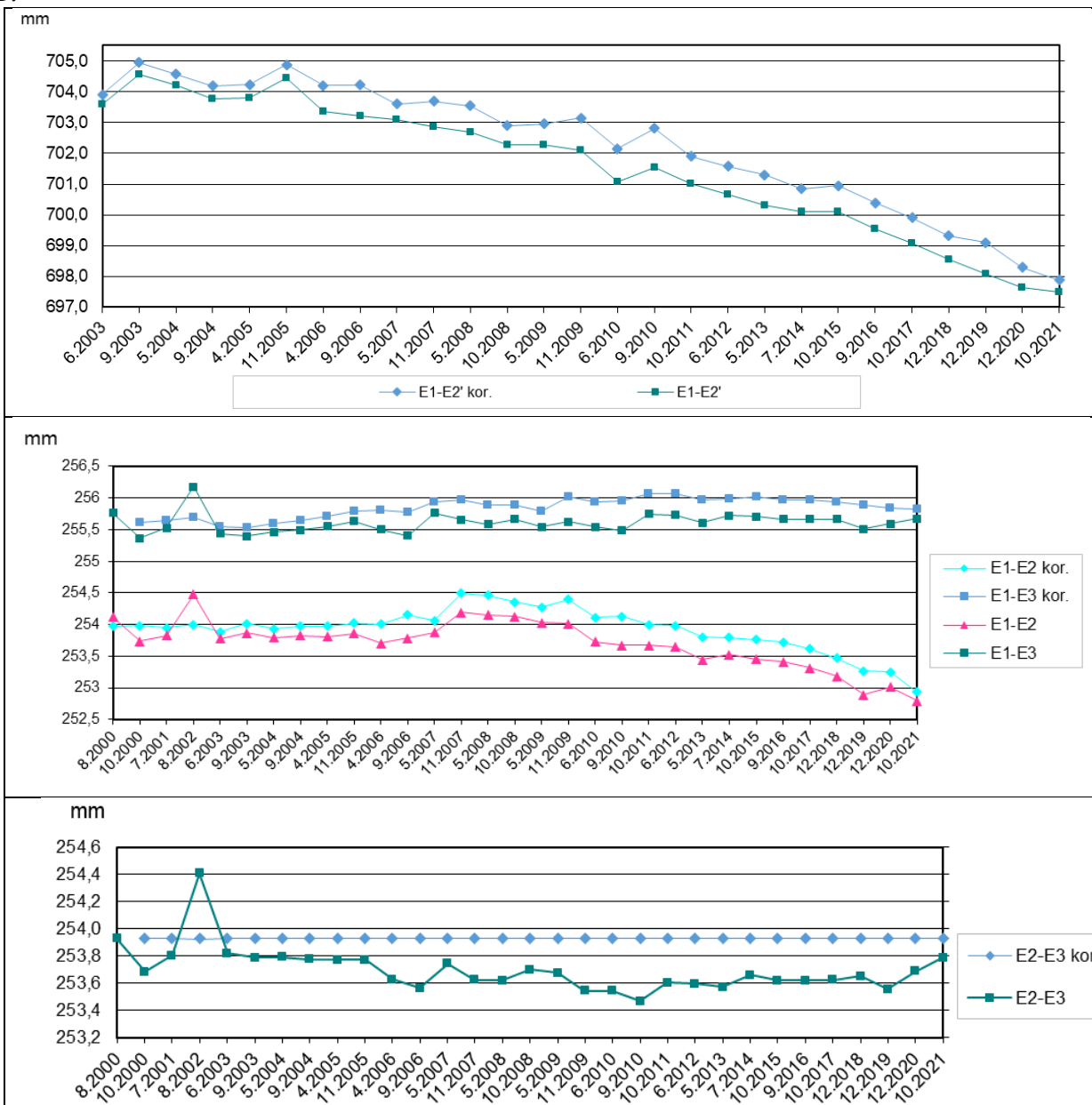
Na stanovišti č. 3 pokračoval v roku 2020 pohyb dvoch na sebe uložených skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu. V monitorovacom cykle 2020 bol pozorovaný posun okrajovej lavice (profil E1 – E2') o 0,437 mm. V porovnaní s predchádzajúcimi ročnými monitorovacími cyklami sú posuny tejto lavice takmer kontinuálne (v roku 2019 o 0,472 mm).

Pohyb uvoľneného horninového bloku v podloží okrajovej lavice v roku 2020 stagnoval, zistené bolo nepatrné zúženie diskontinuity, oddeľujúcej uvoľnený horninový blok. Na profile E1 – E2 bol zaznamenaný posuv o veľkosti 0,122 mm, na profile E1 – E3 o veľkosti 0,085 mm, obe opačného charakteru ako v predchádzajúcich etapách ročných meraní. V roku 2019 bol na profile E1 – E2 bol zaznamenaný posuv o 0,297 mm a na profile E1 – E3 o 0,154 mm.

A:



B:



Obr. 4.18.2. 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

Monitorovacie body pre meranie meradlom posuvov sú na každom zo stanovišť inštalované tak, aby zachytávali posuv blokov, oddelených výraznou diskontinuitou. Na stanovišti č. 1 sú zabudované meracie body D8 a D9 (obr. 4.18.2). Skalný blok, na ktorom bol umiestnený bod stanovišť č. 2, sa zrútil. Na stanovišti č. 3 sú meracie body D1, D2, D3, D4 a D5 inštalované na zhodnom stanovišti ako monitorovacie body merané dilatometrom Somet. Meradlo posuvov je vhodné používať predovšetkým v prostredí intenzívnejšieho rozvoľňovania skalných blokov (ako je napr. profil na stanovišti č. 1). Vzhľadom na výsledky meraní, vykazujúce menšiu presnosť tejto metódy oproti meraniam získaným dilatometrom Somet, nie sú od roku 2020 merania pohybu rozvoľnených skalných blokov meradlom posuvov vyhodnocované.

Na stanovišti č. 1 pretrváva nezvratný trend uvoľňovania skalného bloku, ohrozenie cestnej premávky však nepredpokladáme. Rozvoľňovanie diskontinuity medzi bodmi D8 – D9 pokračovalo v roku 2021, zaznamenané bolo rozšírenie diskontinuity o 10,88 mm, v predchádzajúcom roku sa puklina rozšírila o 5,78 mm (obr. 4.18.2). Trend mierne zvýšenej intenzity pohybov je v tomto profile zaznamenávaný od roku 2012.

b/ 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. obr. 4.18.3 a 4.18.4).

Meraniami bol v profile 3 zaznamenaný celkový priemerný „ústup“ materiálu (za 14 rokov monitoringu) v masíve -0,97 mm a v profile 5 celkové priemerné „pribúdanie“ masívu +0,68 mm (obr. 4.18.3 a 4.18.4). V porovnaní s meraním v roku 2020 bol v profile 3 zaznamenaný priemerný ústup masívu -1,10 mm a v profile 5 „pribúdanie“ masívu +0,3525 mm. Z obr. 4.18.4 je zrejmé, že v dohľadnej budúcnosti dôjde v dôsledku zvetrávania k vypadnutiu úlomku v oblasti bodov 5 až 8. Najbližšie meranie je plánované na rok 2022.

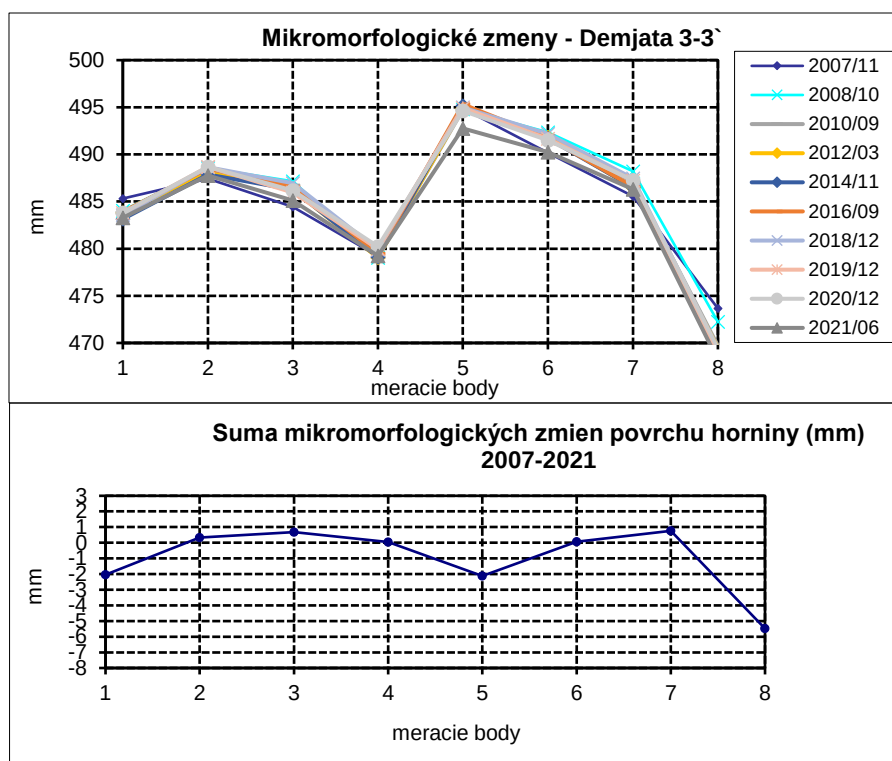
c/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) v roku 2020 dosiahol hodnotu 666,2 mm. V roku 2021 úhrn zrážok stúpol na 686,1 mm.

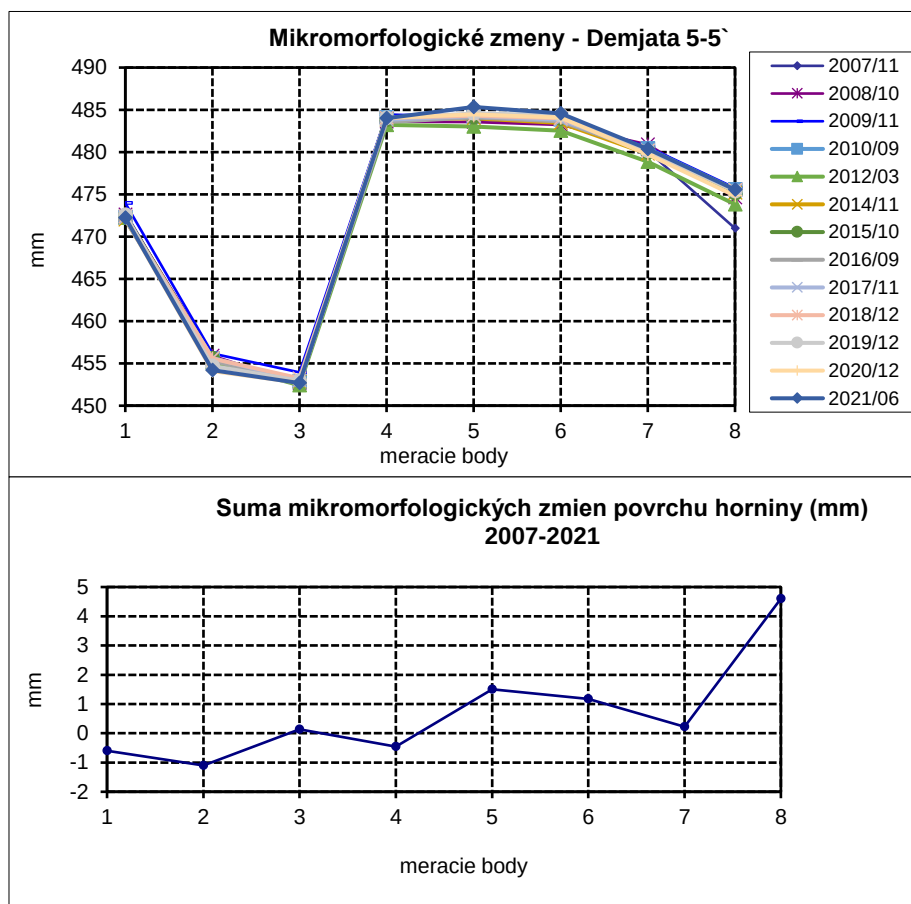
Priemerný počet mrazových dní za zimné obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008 je na stanici Bardejov (indikatív 11962) 113,5 a na stanici Prešov-vojsko (indikatív 11955) za rovnaké obdobie 120,13.

V zimnom období 2019/2020 bol počet mrazových dní 115 t. j. 101,3 % dlhodobého priemeru (stanica Bardejov) a počet mrazových dní na stanici Prešov-vojsko bol 105, t. j. 87,4 % dlhodobého priemeru.

V zime 2020/2021 bol počet mrazových dní na stanici Bardejov 105 (92,5 % dlhodobého priemeru) a na stanici Prešov-vojsko 103 dní (85,7 % dlhodobého priemeru).



Obr. 4.18.3. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2021) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata v profile 3 – 3'.



Obr. 4.18.4. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2021) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata v profile 5 – 5'.

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 Raslavič a pokračuje aj rozvoľňovanie menšieho pozorovaného bloku (stanovište č. 1) na rovnakej strane zárezu cesty. Zistená intenzita rozvoľňovania skalných blokov zatiaľ nevyžaduje opatrenia na zaistenie bezpečnosti premávky. Navyše, v roku 2020 boli rekonštruované záchytné múry na oboch stranách komunikácie, pričom ako doplnujúce sanačné opatrenie boli vybudované záchytné siete na venci záchytného múru.

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 2022 pri relatívnom pozorovaní zmien v rámci masívu, a to predovšetkým dilatometriou typu Somet, doplnenou o informácie meraní mikromorfologických zmien skalnej steny.

1.4.19. Lokalita Bratislava-Železná studnička

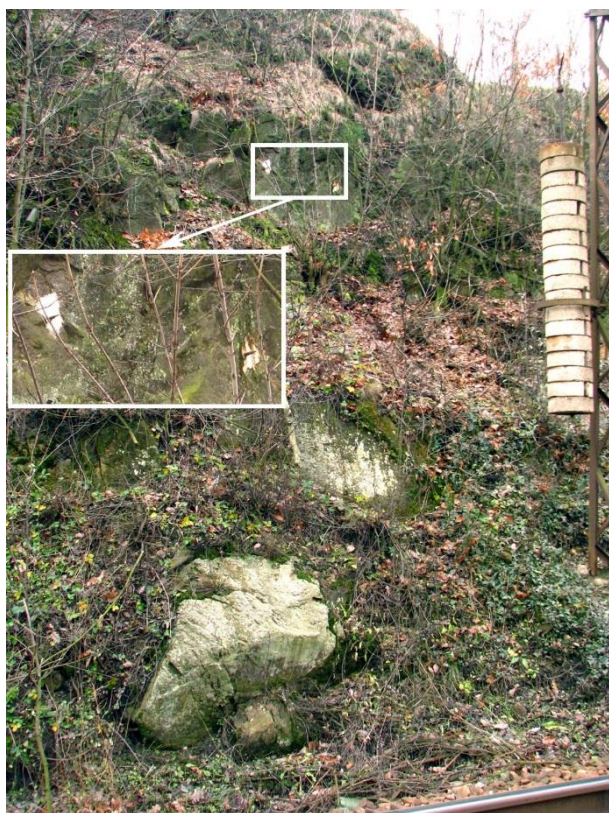
Stručná charakteristika lokality

Lokalita je situovaná v záreze železnice približne 120 m západne od staničnej budovy železničnej zastávky Bratislava-Železná studnička.

Železničný zárez vybudovaný v granodioritoch bratislavského masívu (obr. 4.19.1) 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. 4.19.1. 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 2020 a 2021

V rokoch 2020 a 2021 bol zabezpečený zber klimatologických faktorov – zrážkové úhrny, teploty vzduchu, a najmä počty mrazových dní. Monitorovacie aktivity, realizované na lokalite v rokoch 2020 a 2021 sú zhrnuté v tab. 4.19.1.

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

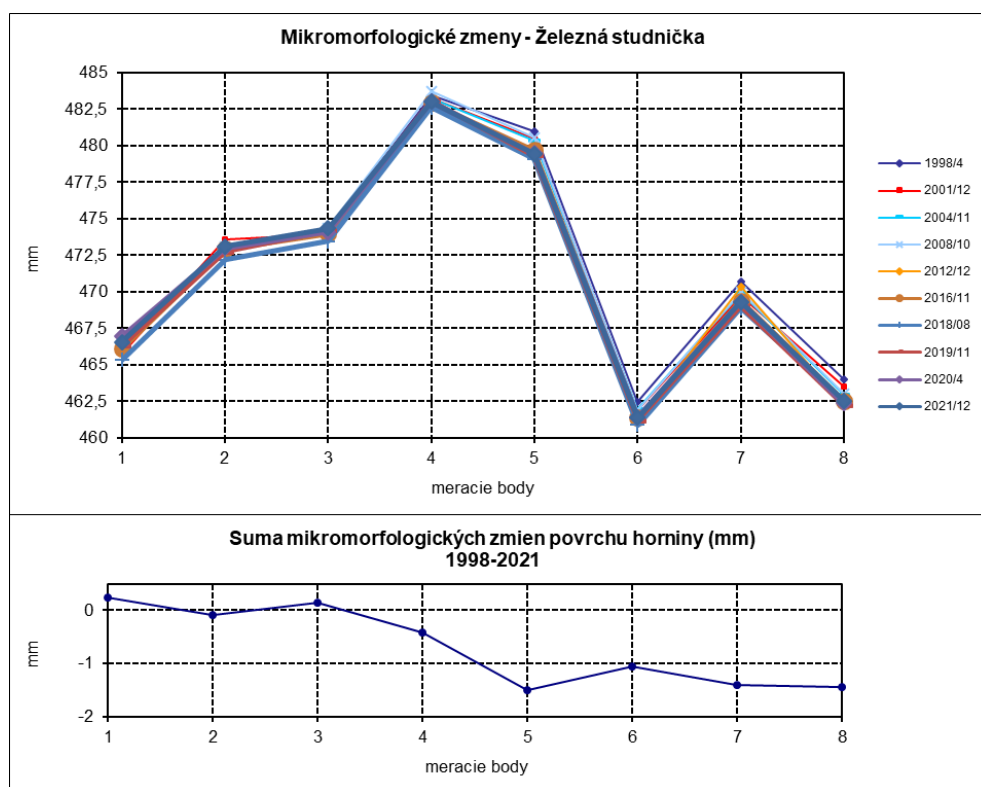
a/ Merania mikromorfologických zmien

V roku 2021 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu granitoidov so severnou orientáciou pomocou meradla mikromorfologických zmien. Celkový priemerný úbytok za

23 rokov sledovania dosiahol -0,69 mm; priemerný ročný úbytok za sledované obdobie je -0,03 mm, pričom výraznejší úbytok, presahujúci -1,06 mm, je charakteristický pre body 5 až 8 (obr. 4.19.2). Porovnanie medzi rokmi 2020 a 2021 (rozdiel medzi termínmi realizácie terénnych meraní je cca 20 mesiacov; meranie v roku 2020 bolo uskutočnené po zimnej sezóne) poukazuje na relatívne rozpínanie horninového masívu s priemernou hodnotou 0,075 mm.

Tab. 4.19.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bratislava-Železná studnička v rokoch 2020 až 2021

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Mikromorfológické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (2. apríl)	1 (8. december)
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	



Obr. 4.19.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1998 – 2021) mikromorfológických zmien povrchu odkryvu na lokalite Bratislava-Železná studnička (spodný graf: suma mikromorfológických zmien povrchu horniny za obdobie 1998 – 2021).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080) v roku 2020 dosiahol 674,7 mm. V roku 2021 boli na stanici počas decembra prerušené merania.

Počet mrazových dní zaznamenaných na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) v zime 2019/2020 dosiahol 56 dní. V roku 2021 boli na stanici prerušené merania v mesiaci december a z tohto dôvodu nie je možné vykonať analýzu mrazových dní počas zimného obdobia 2020/2021.

Na stanici SHMÚ Bratislava-Koliba (indikatív 11813) bolo počas zimy 2019/2020 zaznamenaných 58 mrazových dní a počas zimy 2020/2021 ich počet klesol na 45 dní.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Procesy zvetrávania a rozvolňovania 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. 4.19.2. V roku 2022 budeme pokračovať v sledovaní rozvoja procesu zvetrávania s nezmenenou frekvenciou.

1.4.20. 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 stanovišťa na meranie mikromorfologických zmien – stanovište 2 a stanovište 3 (obr. 4.20.1).



Obr. 4.20.1. Situovanie stanovišť 2 a 3 na lokalite Pezinská Baba na meranie mikromorfologických zmien povrchu horniny na svahu odrezu cesty

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2020 a 2021

Podobne ako i v prípade ostatných lokalít, na ktorých sú monitorovacie aktivity zamerané predovšetkým na merania mikromorfologických zmien, boli posledné merania realizované v roku 2020, ako aj v roku 2021 (1 termín merania v roku 2020 a 1 termín merania v roku 2021, tab. 4.20.1). V oboch rokoch bola pozornosť venovaná zberu a analýze klimatologických ukazovateľov. Súhrnný prehľad monitorovacích aktivít, realizovaných v rokoch 2020 a 2021, je zhrnutý v tab. 4.20.1.

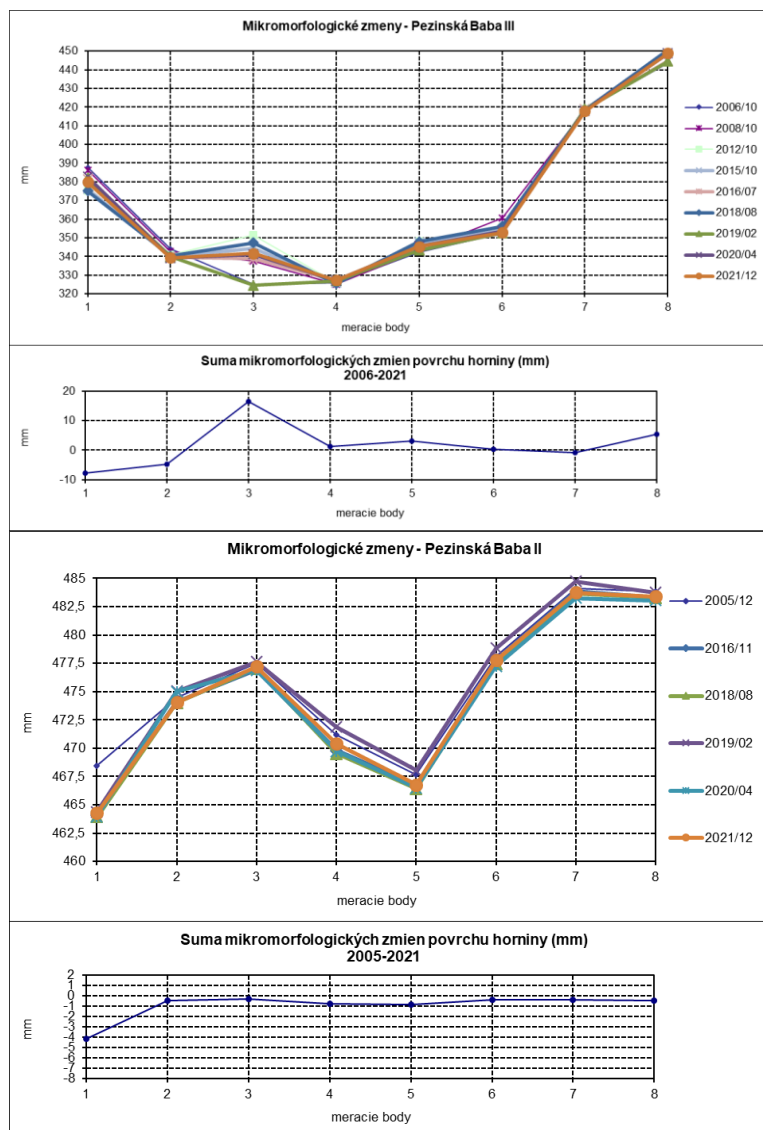
Tab. 4.20.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Pezinská Baba v rokoch 2020 a 2021

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2020	Rok 2021
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	16	2 stanovišťa MZ	1 (2. apríl)	1 (8. december)
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 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V rokoch 2020 a 2021 sa uskutočnil vždy 1 cyklus meraní zmien povrchu skalnej steny pomocou meradla mikromorfologických zmien na profiloch II a III.



Obr. 4.20.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2005/2006 – 2021) mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny na lokalite Pezinská Baba, profily II (stanovište 2) a III (stanovište 3). Spodné grafy: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 2005/2006 – 2021).

Na profile II (obr. 4.20.2) bolo v roku 2021 v porovnaní s rokom 2020 zaznamenané „pribúdanie“ horninového masívu (priemerne +0,25725 mm; $x_{\min} = -0,92$ mm, $x_{\max} = +0,68$ mm). Tento vývoj signalizuje výrazné odlúpenie v blízkej budúcnosti (vplyvom klimatických faktorov) pozdĺž plôch bridličnatosti. Priemerná hodnota ročného úbytku za celé sledované obdobie (16 rokov) predstavuje -0,06 mm. Celkový priemerný úbytok na profile II je -0,97275 mm.

V porovnaní s rokom 2020 bola zaznamenaná výraznejšia zmena v konfigurácii profilu III (obr. 4.20.2). V bode 3 toho profilu sme zaznamenali výrazný prírastok masívu +16,48 mm. Podobne, ako v roku 2020 predpokladáme, že sa zopakuje odlúpnutie väčšieho úlomku pozdĺž

plochy bridličnatosti. V rámci celého profilu III tak priemerná hodnota prírastku masívu v perióde 2017 – 2018 dosiahla +2,81 mm, v perióde 2019 – 2020 sme zaregistrovali pomerne výrazný priemerný prírastok masívu +2,915 mm, v roku 2020 – 2021 však už došlo k úbytku -0,38 mm, t. j. k avizovanému odlúčeniu šupiny bridlice. Priemerný prírastok za celé monitorované obdobie (15 rokov) dosiahol hodnotu +1,65 mm; priemerný ročný prírastok bol +0,11x mm (tieto hodnoty sú však výrazne ovplyvnené extrémnym prírastkom v bode 3, obr. 4.20.2).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050) v roku 2020 dosiahol 947,1 mm. V roku 2021 klesol zrážkový úhrn na uvedenej stanici na hodnotu 700,6 mm.

Počet mrazových dní v zime 2019/2020 bol 71 (stanica Modra-Piesok, indikatív 11833), v zimnom období 2020/2021 ich počet klesol na 58.

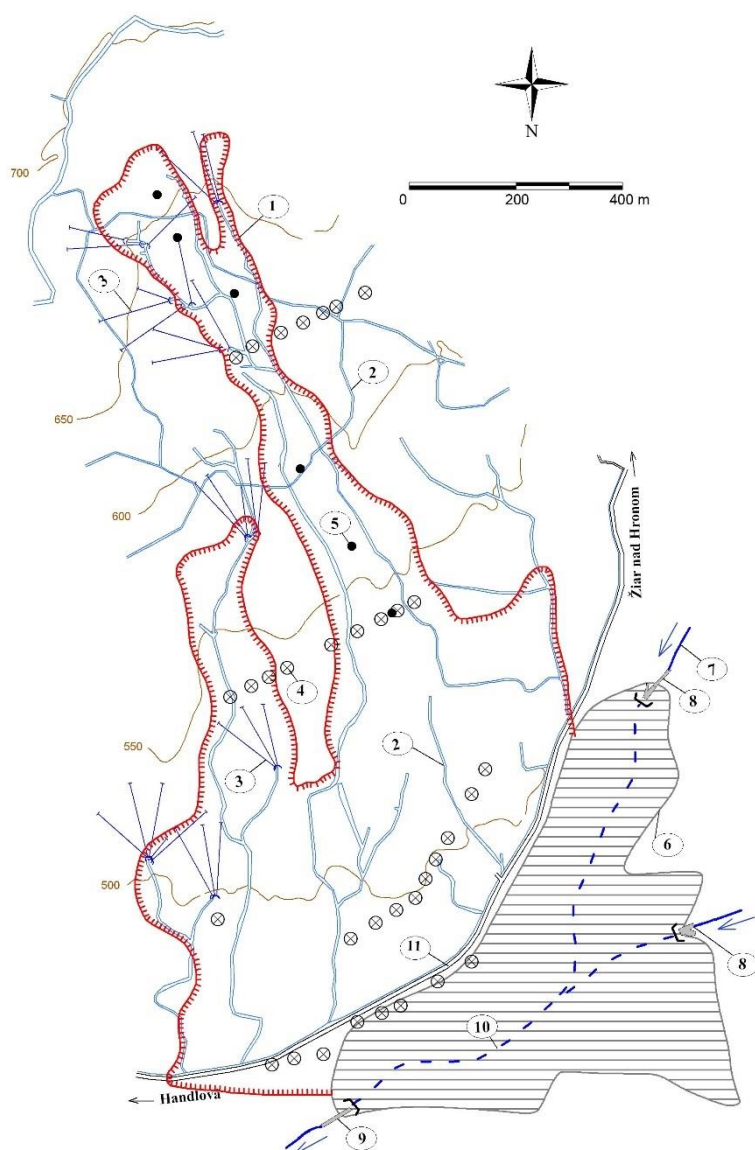
Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Vzhľadom na priamy kontakt skalnej steny odrezu s frekventovanou cestnou komunikáciou, ktorá je na viacerých úsekoch postihnutá aj zosúvaním, považujeme za potrebné v roku 2022 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.

1.4.21. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp

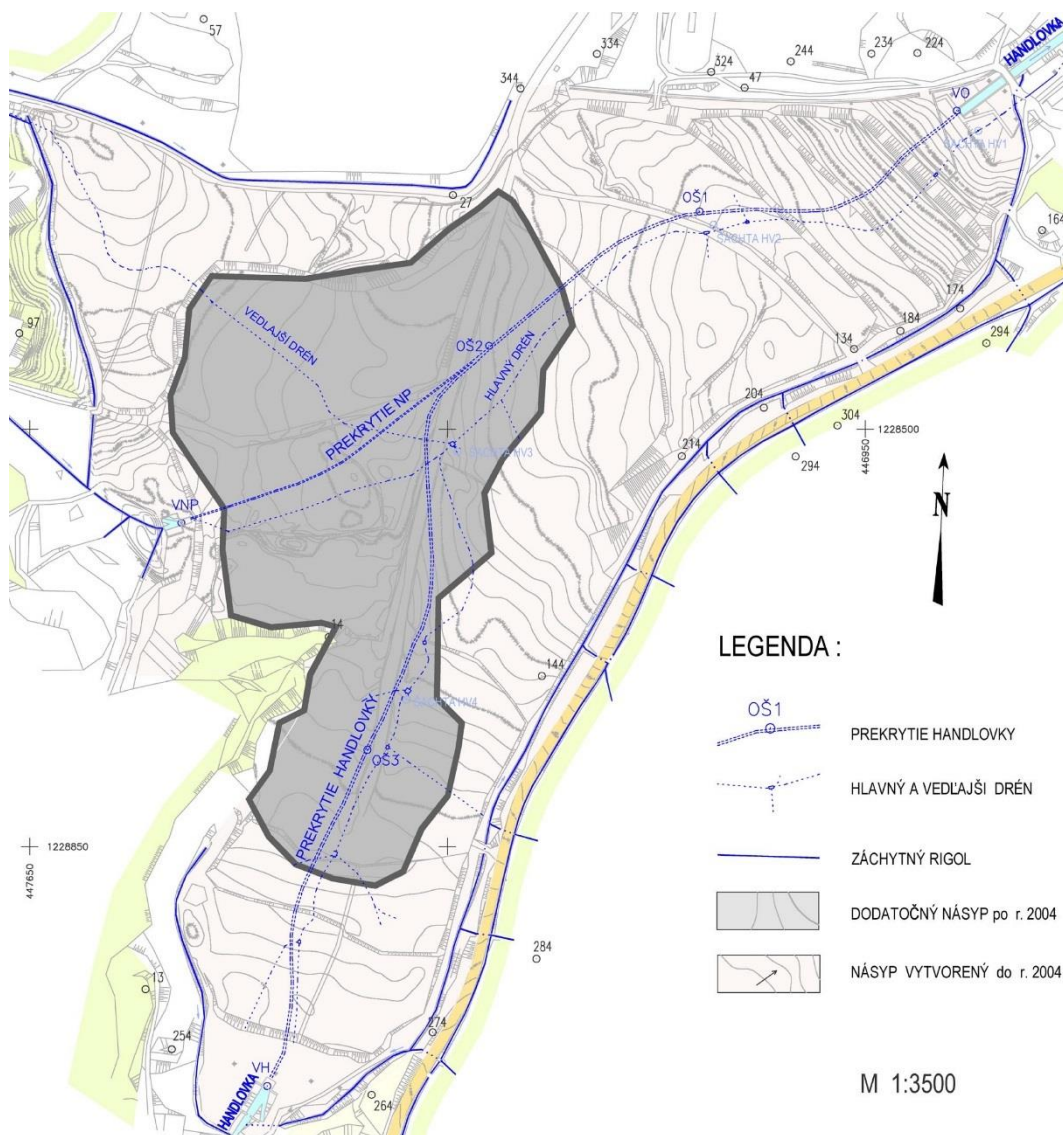
Stručná charakteristika lokality

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 navázať z banskej hlušiny, vznikajúcej pri ťažbe v bani Handlová. Stabilizačný násyp (SN) rozopiera obidva zosuvné svahy a má stabilizačný účinok na prevádzku Európskej cesty E572 i bezpečnosť obytnej zástavby v najbližšom okolí (obr. 4.21.1).



Obr. 4.21.1. Lokalita Handlová – situovanie Stabilizačného násypu na úpätí svahu katastrofálneho zosuvu z roku 1960/1961. 1 – morfológické 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 ocelového 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 zlepcov. Hrúbka navážok závisí od konfigurácie telesa násypu; maximálna je v mieste pôvodného koryta Handlovky a vzhľadom na pokračujúce ukladanie materiálu sa postupne zväčšuje (obr. 4.21.2). Žiaľ, v poslednom období dochádza k nekoordinovanému ukladaniu rôznych nevhodných materiálov v rôznych častiach násypu (obr. 4.21.3).



Obr. 4.21.2. 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 (Mokrý 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. 4.21.3. Ukladanie nevhodných materiálov na západnom okraji násypu (neďaleko od vtokového objektu Nepomenovaného potoka) a vytváranie „jazier“ neznámych viskózných látok (foto Z. Nagy, 2008).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2020 a 2021

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2020 a 2021 na lokalite Stabilizačný násyp Handlová, sú zhrnuté v tab. 4.21.1.

Tab. 4.21.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2020 a 2021

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2020	2021
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	25	M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3, N-4, NV-105 ¹ , NV-8 ¹ , PV-107, PV-4, H-1, H-2, H-3, H-4 ¹ , H-5, H-6 ¹ , H-7, IN-1, IN-2 ¹ , IN-3A, IN-4, INV-4, MP-1 ¹ , NV-109 ¹ , NV-110, NV-111, NV-112, NV-14 ¹ , PV-109, PV-110 ² , PV-111, PV-112, PV-14, PV-19A ¹ , PV-19B ¹	53 (1x za týždeň)	52 (1x za týždeň)
Obhliadky objektov SN	5	Vtokový objekt na Handlovke, Výtokový objekt Handlovky, Vtokový objekt Nepomenovaného potoka, Haldovanie materiálu na SN, Povrchové odvodňovacie rigoly Handlovského zosuvu	12 (1x za mesiac)	12 (1x za mesiac)
Meranie výdatnosti odvodňovacích zariadení	1	Hlavný drén	53 (1x za týždeň)	52 (1x za týždeň)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2020 a 2021 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite je na sledovanie režimových ukazovateľov v súčasnosti využívaných 25 monitorovacích objektov (v roku 2017 sa na základe analýzy vhodnosti pre ďalšie vykonávanie režimových pozorovaní dočasne prerušilo monitorovanie objektov H-4, H-6, IN-2, MP-1, NV-105, NV-109, V-14, NV-7, NV-8, PV-19A, PV-19B; objekt PV-110 bol

vyraďený z meraní z dôvodu nefunkčnosti). Ich situovanie je znázornené na obr. 4.21.4. Objekty boli monitorované v týždennom režime a teda v danom období bolo zrealizovaných 52, resp. 53 meraní (tab. 4.21.2 a tab. 4.21.3). 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).

Tab. 4.21.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2020

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
NV-112	53	9,89	461,23	23. 10. 2020	10,44	460,68	18. 9. 2020	10,31	460,81	0,55
NV-111	53	7,86	462,52	15. 10. 2020	9,11	461,27	5. 6. 2020	8,87	461,51	1,25
PV-109	53	7,63	469,41	15. 10. 2020	8,90	468,14	23. 12. 2020	8,49	468,55	1,27
IN-3A	53	7,84	452,76	6. 3. 2020	8,48	452,12	22. 9. 2020	8,18	452,42	0,64
H-2	53	8,85	452,62	6. 3. 2020	9,59	451,88	22. 9. 2020	9,24	452,23	0,74
PV-111	53	7,86	462,52	15. 10. 2020	9,11	461,27	5. 6. 2020	8,87	461,51	1,25
IN-4	53	12,18	464,90	6. 3. 2020	17,28	459,80	22. 9. 2020	13,54	463,54	5,10
PV-14	53	3,40	458,77	15. 10. 2020	4,34	457,47	22. 9. 2020	3,98	457,84	1,30
H-7	53	2,61	451,37	15. 10. 2020	3,79	450,19	31. 1. 2020	3,54	450,44	1,18
N-1	53	-0,53	489,78	30. 12. 2020	0,66	488,59	22. 9. 2020	0,13	489,12	1,19
N-2	53	0,58	494,97	30. 12. 2020	2,30	493,25	22. 9. 2020	1,34	494,21	1,72
PV-107	53	13,54	468,81	15. 10. 2020	16,94	465,41	9. 10. 2020	15,66	466,69	3,40
PV-4	53	5,29	485,69	15. 10. 2020	9,47	481,51	22. 9. 2020	8,99	481,99	4,18
IN-1	53	4,46	458,60	15. 10. 2020	6,90	456,16	22. 9. 2020	5,90	457,16	2,44
N-3	53	0,09	498,67	15. 10. 2020	2,10	496,66	22. 9. 2020	0,93	497,83	2,10
H-1	53	1,25	453,64	15. 10. 2020	4,46	450,43	12. 6. 2020	4,30	450,86	3,21
PV-112	53	8,99	461,28	15. 10. 2020	12,13	458,14	22. 9. 2020	10,36	459,91	3,14
M-2	53	-0,31	540,16	30. 12. 2020	1,89	537,96	22. 9. 2020	0,86	538,99	2,20
M-3	53	0,49	507,40	30. 12. 2020	2,38	505,51	22. 9. 2020	1,87	506,02	1,89
H-3	53	5,20	464,60	15. 10. 2020	8,59	461,21	22. 9. 2020	6,25	463,55	3,39
N-4	53	0,14	507,02	30. 12. 2020	3,85	503,31	22. 9. 2020	1,15	506,01	3,71
M-1	53	0,15	516,58	30. 12. 2020	4,45	512,28	24. 1. 2020	3,45	513,28	4,30
H-5	53	2,42	458,42	6. 3. 2020	7,84	453,00	22. 9. 2020	5,70	455,14	5,42
INV-4	53	12,80	465,03	15. 10. 2020	12,68	464,43	22. 9. 2020	12,19	464,92	0,60
NV-110	53	3,40	474,03	15. 10. 2020	9,57	467,50	2. 10. 2020	5,26	471,81	6,53

V roku 2020 boli vykonané merania v 25 vrtoch, a to v období od 3. januára do 30. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne, tak ako v predchádzajúcich rokoch, vo vrte N-1 (0,53 m nad terénom – 489,78 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. decembra. Nad úroveň terénu vystúpila hladina podzemnej vody aj vo vrte M-2. Do blízkosti terénu sa dostali hladiny podzemnej vody vo vrtoch M-1, M-3, N-2, N-3 a N-4, pričom maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale od 0,09 do 0,58 m pod terénom. Tieto vysoké úrovne hladiny podzemnej vody boli namerané prevažne 30. decembra, vo vrte N-3 to bolo 15. októbra. V ostatných vrtoch bol výskyt maximálnych stavov hladiny podzemnej vody zaznamenaný prevažne v októbri (až 14 vrtoch) a v marci (4 vrty).

Naopak, najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody boli pozorované najmä septembri, kedy hladina poklesla najhlbšie až v 17 vrtoch. Najhlbšie hladina podzemnej vody klesla vo vrtoch INV-4, INV-4, NV-112, PV-107 a PV-112 (minimálne počas jedného merania dosiahla hĺbku väčšiu ako 10 m pod terénom).

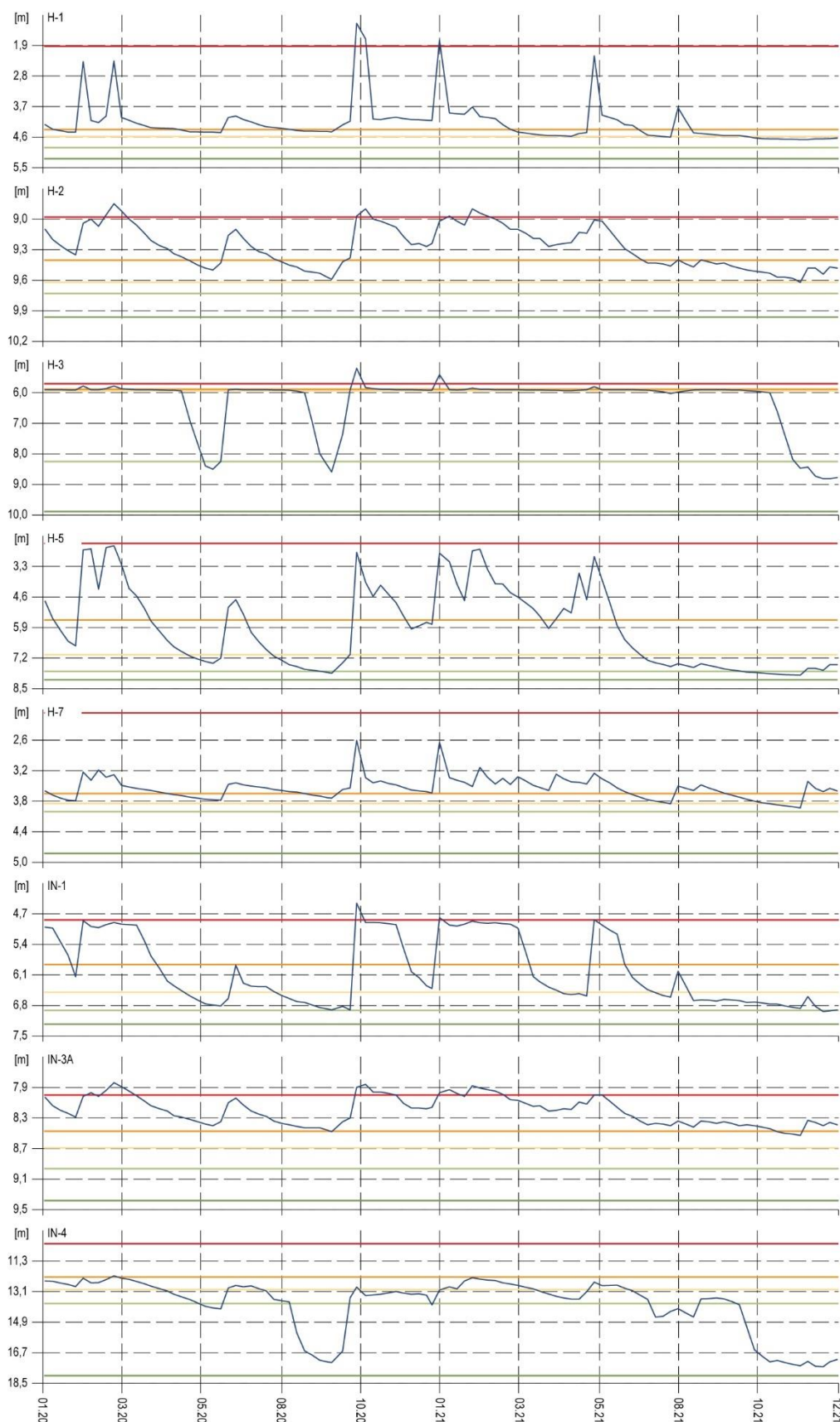
Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 bola 6,35 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,64 m. Najvyššia priemerná ročná hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte N-1 (0,13 m pod úrovňou terénu). Naopak, najnižšia priemerná úroveň hladiny podzemnej vody bola vo vrte PV-107 (15,66 m pod terénom). Najväčšie kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte NV-110 – 6,53 m, pričom minimálny stav bol v tomto vrte nameraný 2. októbra s hodnotou 9,57 m pod terénom a maximálny stav bol zaznamenaný o dva týždne neskôr – 15. októbra s hodnotou 3,40 m pod terénom.

Kolísanie hladiny podzemnej vody viac ako 5 m bolo aj vo vrtoch IN-4 a H-5. Naopak, v deviatich vrtoch (NV-112, IN-3A, H-2, INV-4, H-7, N-1, NV-111, PV-4 a PV-111) bolo kolísanie hladiny podzemnej vody do jedného metra.

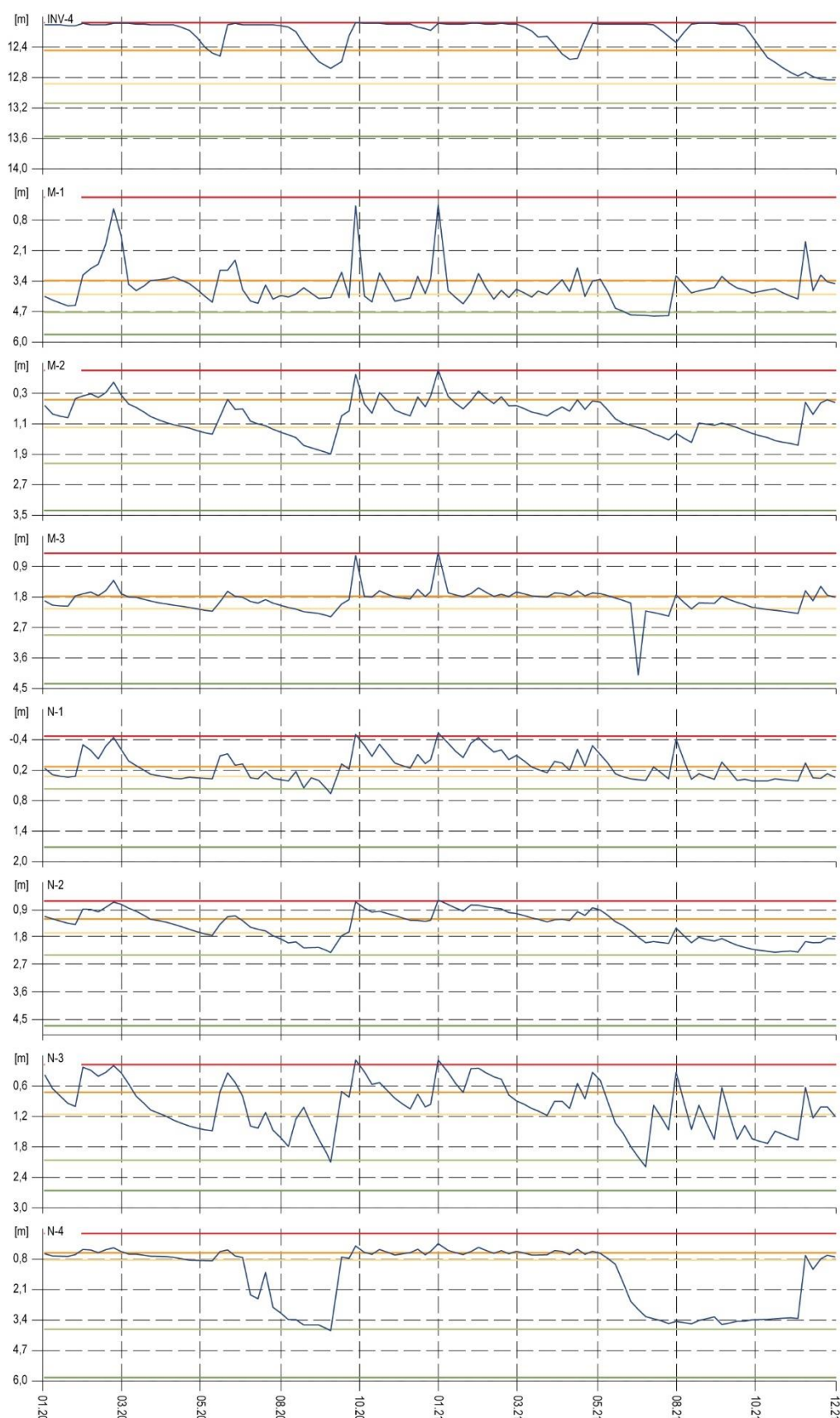
Tab. 4.21.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2021

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
NV-112	52	10,07	461,05	12. 2. 2021	10,38	460,74	23. 12. 2021	10,22	460,90	0,31
NV-111	52	8,21	462,17	12. 3. 2021	9,11	461,27	26. 11. 2021	8,95	461,43	0,90
PV-109	52	7,87	469,17	21. 5. 2021	8,89	468,15	16. 4. 2021	8,63	468,41	1,02
IN-3A	52	7,88	452,72	29. 1. 2021	8,53	452,07	26. 11. 2021	8,24	452,36	0,65
H-2	52	8,90	452,57	29. 1. 2021	9,62	451,85	26. 11. 2021	9,30	452,17	0,72
PV-111	52	7,98	461,99	29. 1. 2021	8,93	461,04	12. 3. 2021	8,29	461,68	0,95
IN-4	52	12,28	464,80	29. 1. 2021	17,52	459,56	17. 12. 2021	14,19	462,89	5,24
PV-14	52	3,30	458,51	21. 5. 2021	4,35	457,46	26. 11. 2021	4,05	457,76	1,05
H-7	52	3,14	450,84	5. 2. 2021	3,93	450,05	26. 11. 2021	3,56	450,42	0,79
N-1	52	-0,44	489,69	5. 2. 2021	0,41	488,84	15. 10. 2021	0,14	489,11	0,85
N-2	52	0,73	494,82	8. 1. 2021	2,29	493,26	5. 11. 2021	1,54	494,01	1,56
PV-107	52	14,67	467,68	21. 5. 2021	17,53	464,82	30. 12. 2021	16,16	466,19	2,86
PV-4	52	8,56	482,42	21. 5. 2021	9,51	481,47	26. 11. 2021	9,27	481,70	0,95
IN-1	52	4,84	458,22	21. 5. 2021	6,94	456,12	17. 12. 2021	6,12	456,94	2,10
N-3	52	0,25	498,51	5. 2. 2021	2,19	496,57	9. 7. 2021	1,07	497,69	1,94
H-1	52	2,21	452,68	21. 5. 2021	4,67	450,22	26. 11. 2021	4,36	450,53	2,46
PV-112	52	9,68	460,59	29. 1. 2021	12,52	457,75	26. 11. 2021	10,98	459,29	2,84
M-2	52	0,24	539,61	5. 2. 2021	1,66	538,19	26. 11. 2021	0,95	538,90	1,42
M-3	52	1,49	506,40	17.12. 2021	4,10	503,79	2. 7. 2021	1,92	505,97	2,61
H-3	52	5,80	464,00	21. 5. 2021	8,81	460,99	17. 12. 2021	6,32	463,48	3,01
N-4	52	0,30	506,86	5. 2. 2021	3,58	503,58	17. 9. 2021	1,83	505,33	3,28
M-1	52	1,72	515,01	3.12. 2021	4,89	511,84	16. 7. 2021	3,85	512,88	3,17
H-5	52	2,57	458,27	5. 2. 2021	7,92	452,92	26. 11. 2021	6,14	454,70	5,35
INV-4	52	12,09	465,02	29. 1. 2021	12,83	464,28	23. 12. 2021	12,28	464,82	0,74
NV-110	52	4,16	472,91	21. 5. 2021	11,56	465,51	30. 12. 2021	7,22	469,85	7,40

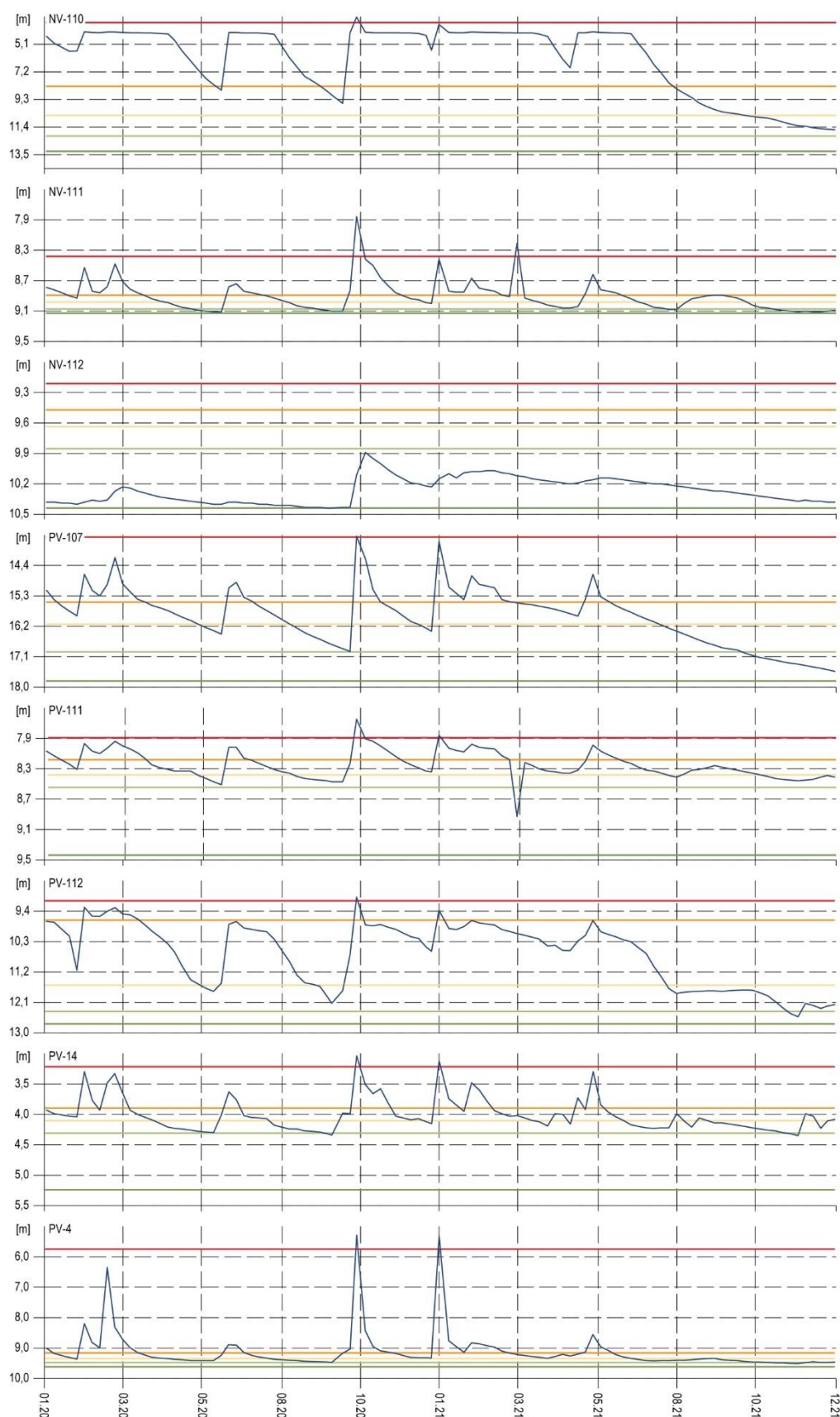
Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2021 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2003 do 2020) možno konštatovať, že v roku 2021 neboli prekročené doteraz namerané maximálne stavy. Pribehy hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch počas roku 2021 sú prezentované na obr. 4.21.5, 4.21.6 a 4.21.7. Dlhodobý vývoj hladiny vo vrtoch v období od 2012 do 2021 je prezentovaný na obr. 4.21.8, 4.21.9 a 4.21.10.



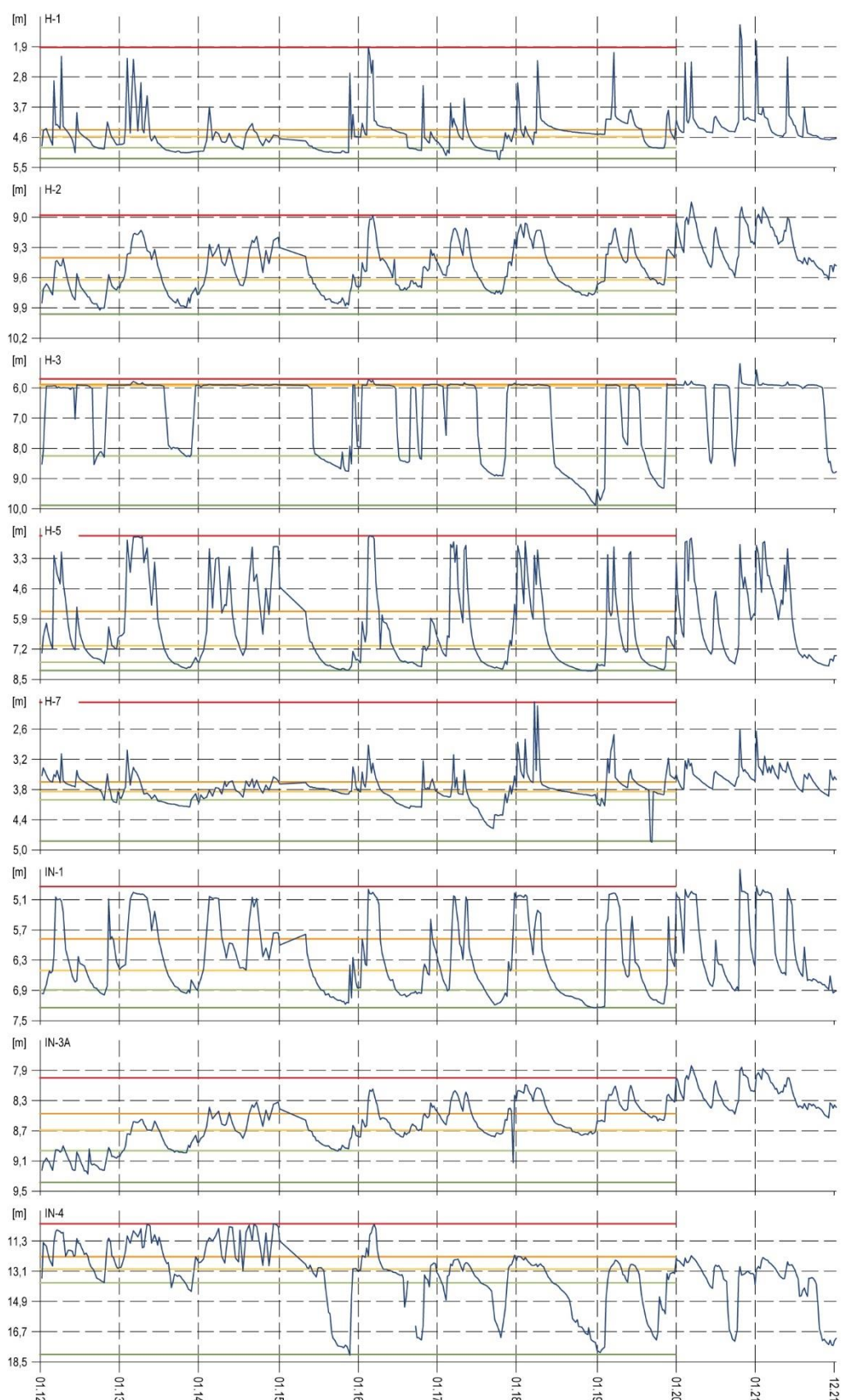
Obr. 4.21.5. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2020 a 2021 vo vrtoch: H-1, H-2, H-3, H-5, H-7, IN-1, IN-3A, IN-4, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



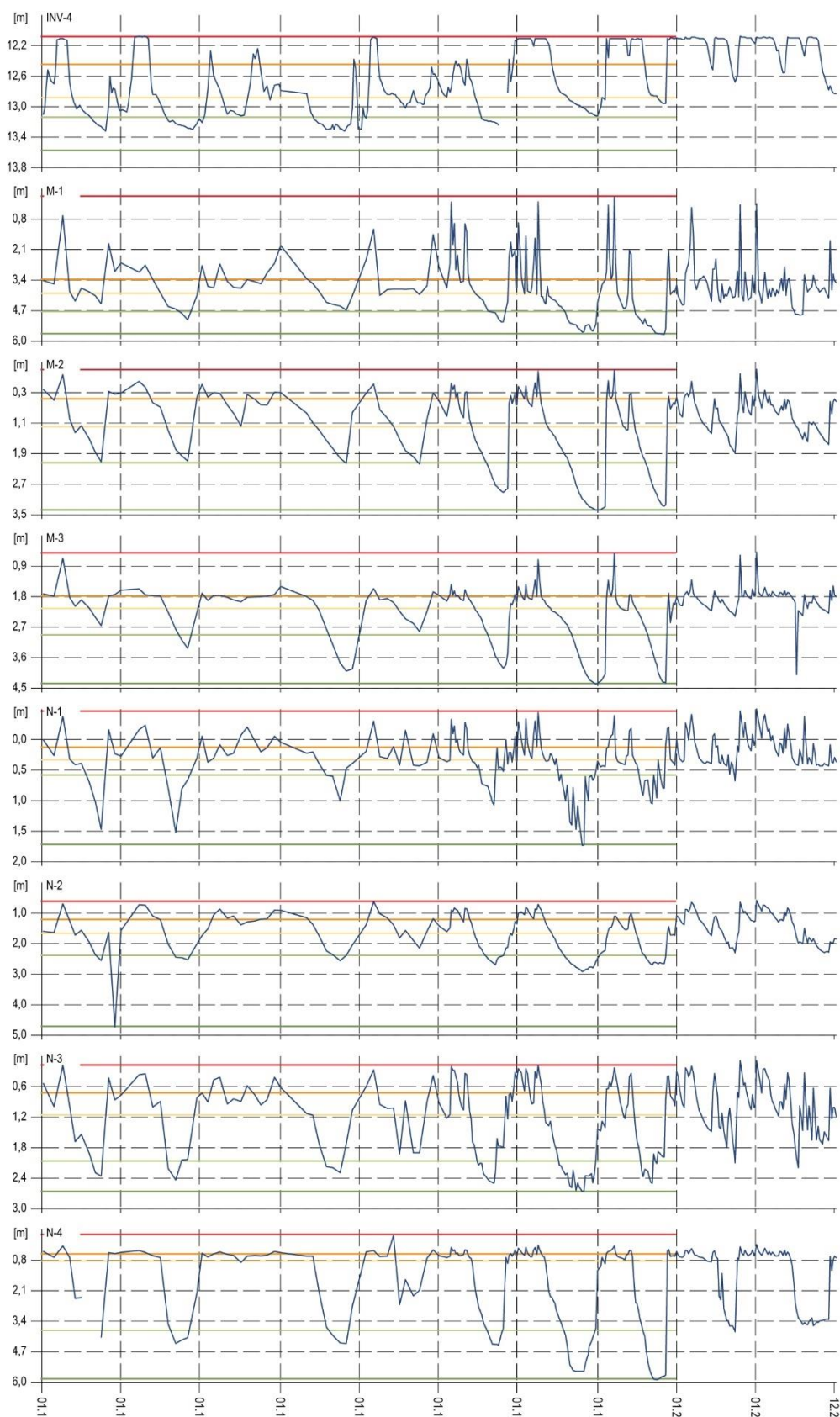
Obr. 4.21.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2020 a 2021 vo vrtoch: INV-4, M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3 a N-4, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



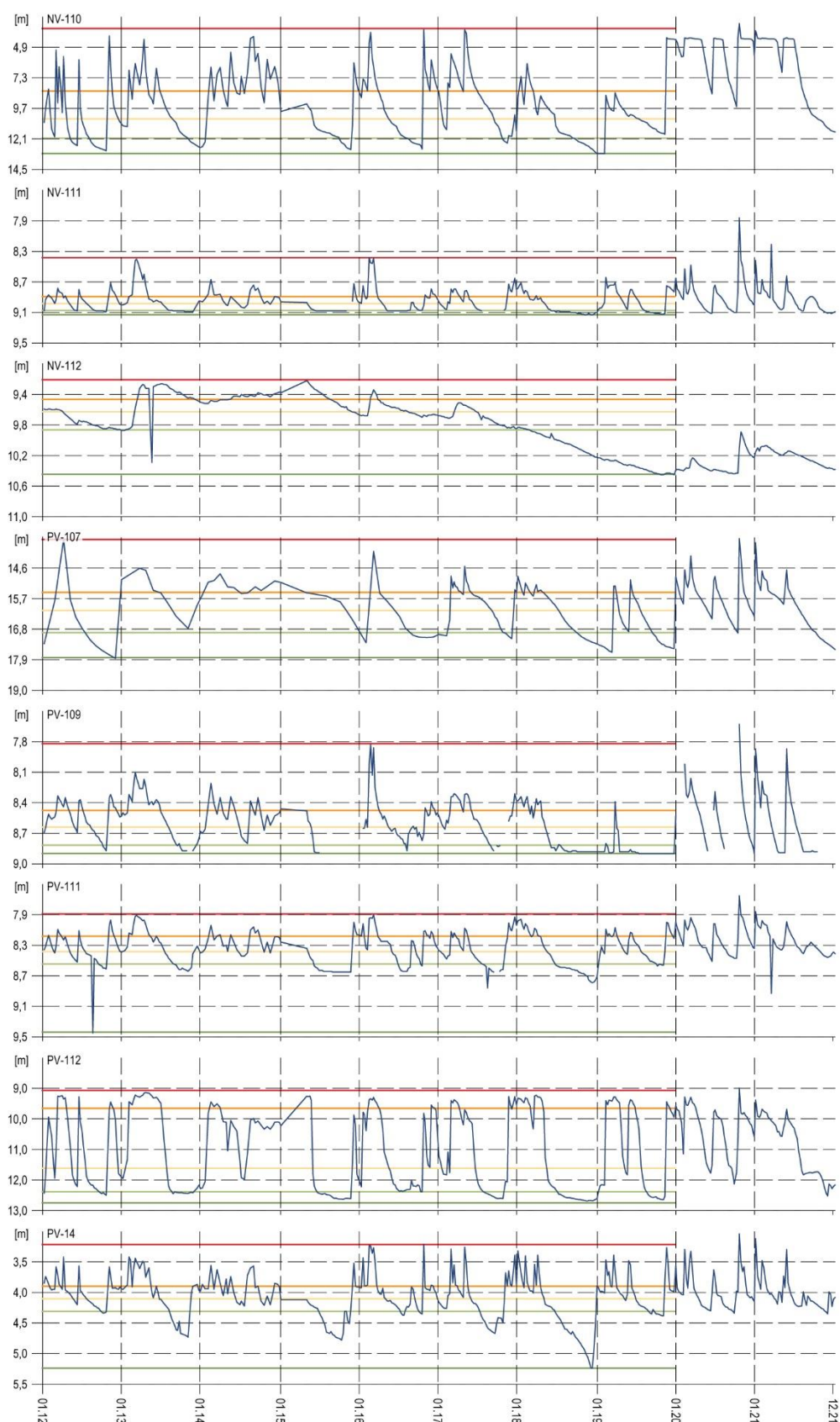
Obr. 4.21.7. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2020 a 2021 vo vrtoch: NV-110, NV-111, NV-112, PV-107, PV-111, PV-112 a PV-14, PV-4, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.21.8. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2012 až 2021 vo vrtoch: H-1, H-2, H-3, H-5, H-7, IN-1, IN-3A, IN-4, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.21.9. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2012 až 2021 vo vrtoch: INV-4, M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3 a N-4, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.21.10. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2012 až 2021 vo vrtoch: NV-110, NV-111, NV-112, PV-107, PV-109, PV-111, PV-112 a PV-14, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

e/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

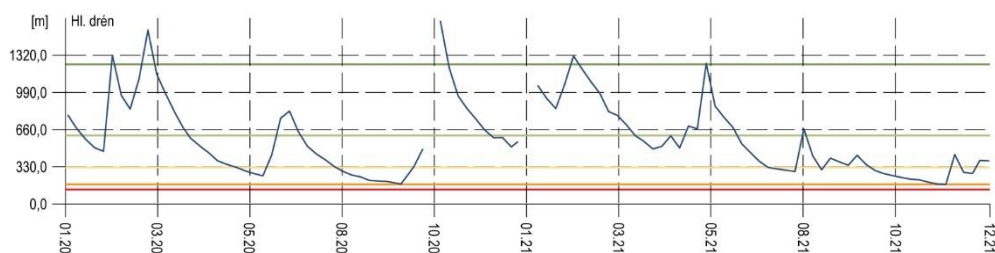
Výdatnosti na Hlavnom odvodňovacom dréne sa v roku 2020 merali s týždennou frekvenciou a teda v danom období bolo realizovaných 53 meraní (tab. 4.21.4). Maximálna výdatnosť bola nameraná 23. októbra, teda tesne po dosiahnutí maximálnych stavov hladiny podzemnej vody a dosahovala hodnotu 1621,80 l.min⁻¹. Naopak, najnižšie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané v septembri – minimálna hodnota 178,20 l.min⁻¹ zo dňa 22. septembra. V tomto termíne boli v prevažnom počte vrtov namerané aj najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody.

Tab. 4.21.4. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Stabilizačný násyp Handlová za rok 2020

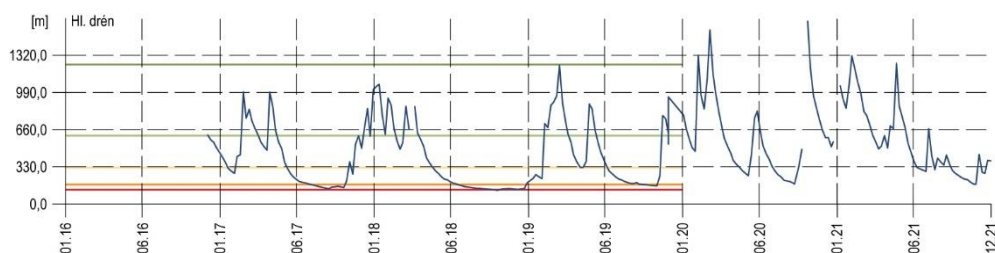
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
Hlavný drén	53	1621,80	23. 10. 2020	178,20	22. 9. 2020	608,75	1443,60

Tab. 4.21.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Stabilizačný násyp Handlová za rok 2021

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
Hlavný drén	52	1312,80	5. 2. 2021	175,80	26. 11. 2021	551,50	1137,00



Obr. 4.21.11. Vývoj výdatnosti na drenážnom potrubí na zosuvnej lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2020 a 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2016 – 2019.



Obr. 4.21.12. Vývoj výdatnosti na drenážnom potrubí na zosuvnej lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2016 až 2021, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2016 – 2019.

V roku 2021 sa pokračovalo v meraní výdatnosti na Hlavnom odvodňovacom dréne s týždennou frekvenciou a bolo vykonaných 52 meraní (tab. 4.21.5). Maximálna výdatnosť bola nameraná 5. februára po dosiahnutí maximálnych stavov hladiny podzemnej vody v januári a februári a dosahovala hodnotu 1312,80 l.min⁻¹. Naopak, najnižšie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané v novembri – minimálna hodnota 175,80 l.min⁻¹ zo dňa 26. novembra. V tomto termíne boli v desiatich vrtoch namerané aj najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody. Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v období roka 2021 dosiahla 551,50 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 57,25 l.min⁻¹.

e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová. Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou hodnotenia lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2015, vzhľadom na faktor rizika, ktorý vyplýva z existencie vodnej stavby, bol monitorovaný objekt z pôvodnej tretej kategórie preradený do vyššej – druhej kategórie. Z preradenia monitorovaného objektu Stabilizačného násypu do kategórie 2 vyplývajú vyššie nároky na zabezpečovanie monitorovacích prác. Z uvedených dôvodov boli monitorovacie práce upravené podľa aktuálnej kategórie monitorovaného objektu a s tým súvisiacich požiadaviek na odbornú spôsobilosť osôb vykonávajúcich špecifické monitorovacie merania a v neposlednom rade i požiadaviek vlastníka objektu – MŽP SR. Na Stabilizačnom násype je od 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 2021. Hodnota priemernej výdatnosti v roku 2021, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, zaznamenala pokles o $57,25 \text{ l.min}^{-1}$ a nachádzala sa na úrovni $551,50 \text{ l.min}^{-1}$.

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.

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021, v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2020, zaznamenala pokles o 0,27 m. Kolísanie hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch neprekročilo maximálne stavy z predchádzajúceho obdobia. Avšak vplyv klimatických faktorov počas zimných mesiacov, ale aj samotná vysoká nasýtenosť telesa vodou z predchádzajúceho roku spôsobili, že počas februára boli na Hlavnom odvodňovacom dréne, podobne ako vlani, prekročené maximálne stavy, namerané v referenčnom období. Z výsledkov meraní za dlhšie časové obdobie vyplýva, že vo viacerých monitorovacích objektoch postupne dochádza k poklesu amplitúdy zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, čo signalizuje ich starnutie – zanášanie, ale tiež i 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.

2. ZÁVER

V rámci pod systému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2021 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvania (12 pozorovaných lokalít), plazenia (4 lokality) a náznakov aktivizácie rútvých pohybov (4 lokality). Samostatnú skupinu špecifických prípadov hodnotenia stability prostredia tvorí lokalita Stabilizačného násypu v Handlovej. Rozsah monitorovacích aktivít, ako aj frekvencia ich použitia, vychádzali z Programu monitorovania na rok 2021.

Celkovo sa teda v rámci pod systému 01 v roku 2021 monitorovalo 21 lokalít. V roku 2021 boli monitorovacie aktivity, v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2020, zabezpečované na zredukovanom súbore lokalít. Ukončené boli merania na lokalitách Jakub a Starina v dôsledku zániku monitorovacích objektov. Prehľad aplikovaných metód monitorovania, frekvencie ich použitia a najvýznamnejších výsledkov meraní na všetkých pozorovaných lokalitách, je zhrnutý v predloženej správe vo forme textu obrázkov a tabuliek.

Najdôležitejšie výsledky monitorovania svahových deformácií v roku 2021

Lokality zo skupiny zosúvania sa monitorovali metódou zaznamenávajúcou deformácie na úrovni šmykovej plochy (metóda presnej inklinometrie) a zároveň bol sledovaný stav najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hĺbky hladiny podzemnej vody. Súčasťou monitorovacích meraní je i sledovanie efektívnosti odvodňovacích zariadení, ktoré na mnohých lokalitách predstavujú hlavné sanačné opatrenie.

Na lokalitách s monitorovanými svahovými pohybmi charakteru plazenia boli zabezpečené merania mechanicko-optickým dilatometrom TM-71. Na svahových deformáciách, označovaných ako náznaky aktivizácie rútvých pohybov, boli sledované prejavy aktivity pomocou dilatometrických a mikromorfologických meraní.

Okrem priamo vykonávaných monitorovacích meraní bola v roku 2021 zabezpečená analýza klimatologických údajov (zo siete staníc SHMÚ) vo vzťahu k stabilite zosuvných území. Analyzovaný bol najmä ich vplyv na zmeny úrovne hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení.

Svahové pohyby charakteru zosúvania

Na základe výsledkov monitorovania z roku 2021 možno jednotlivé zosuvné lokality účelovo rozdeliť do viacerých kategórií. Vzhľadom na skutočnosť, že pri hodnotení stabilitných pomerov pripisujeme najväčší význam ich aktuálnej pohybovej aktivite, poradie prezentovaných lokalít zodpovedá veľkosti pohybu, zaznamenanému počas kontrolných meraní metódou presnej inklinometrie; najväčšia pozornosť je venovaná lokalitám, ktoré boli počas roka 2021 pohybovo najaktívnejšie.

Na základe hodnotenia výsledkov z inklinometrických meraní, ktoré boli v roku 2021 realizované na 6 lokalitách (Handlová-Morovnianske sídlisko, Svätý Anton, Hodruša-Hámre, Ďačov, Bardejovská Zábava a Vyšný Čaj), možno konštatovať, že najaktívnejšia je zosuvná lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko.

Inklinometrické merania boli v roku 2021 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko zabezpečené vo vrte AH-3. Vysoká pohybová aktivita, podobne ako po minulé roky, bola nameraná v južnej časti, rozsiahleho zosuvného územia, s názvom Jánošíkova cesta. V roku 2021 boli v tomto vrte vykonané dve etapy meraní (máj a september). Vysoké hodnoty deformácie boli potvrdené obomi kontrolnými meraniami. Počas jarnej etapy, ktorá dokumentuje pohybovú aktivitu v období od decembra 2020 do mája 2021 bola v hĺbke 5,57 m pod terénom nameraná deformácia 19,23 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 43,39 mm.rok⁻¹ s azimutom 56°. Uvedená hodnota predstavuje najvyššiu etapovú deformáciu v období monitorovania. Podobný prírastok deformácie bol nameraný dňa 23. septembra

(16,10 mm, 43,81 mm.rok⁻¹, 241°). O nameraných výsledkoch bola bezodkladne informovaná primátorka mesta Handlová a sekcia geológie a prírodných zdrojov MŽP SR.

Z hľadiska hodnotenia zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorá je monitorovaná v 41 objektoch, je možné konštatovať priaznivý vývoj. V roku 2021 klesol počet vrtoch s pozitívnou vztlakovou hladinou (2 vrty – P-11 a P-16). Podobne klesol i počet vrtoch s vysokými stavmi hladiny podzemnej vody (maximálne stavy v intervale do 1 m pod terénom boli zaznamenané vo vrtoch: P-18, P-32, P-34, P-35 a P-38).

Odvodňovacie zariadenia sú na lokalite vybudované buď ako samostatné vrty, alebo sú sústredené do vejárov a zvedené do zberných šácht. Najvyššie výdatnosti sú dlhodobo pozorované na výtokových objektoch zo zberných šácht (v intervale od 4,65 do 75,00 l.min⁻¹). Vážnym problémom monitorovania odvodňovacích zariadení je dlhodobo upchaté výtokové potrubie zo šachty B. Voda preteká cez okraj záchytnej šachty.

Na zosuvnej lokalite Dačov boli metódou presnej inklinometrie zabezpečené 2 kontrolné merania (júl a november) vo vrtoch DA-7 a DA-9 a jedno meranie (november) vo vrte DA-1. Zvýšená pohybová aktivita bola nameraná vo vrte DA-1. V hĺbke 2,47 m pod terénom na šmykovej ploche bola nameraná etapová deformácia 5,80 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 9,71 mm.rok⁻¹, s azimutom 330°. Vrt sa nachádza v cca 180 m severozápadne od zastavanej časti obce. Vo vrte DA-9 bol počas júlovej etapy v hĺbke 6,37 m pod terénom nameraný prírastok deformácie s veľkosťou 2,45 mm (2,27 mm.rok⁻¹, 200°) a následne, počas novembrovej etapy 0,61 mm (1,84 mm.rok⁻¹, 113°). Vo vrte DA-7 bol na šmykovej ploche v hĺbke 1,83 m pod terénom zhodne počas oboch kontrolných etáp nameraný prírastok deformácie 1,5 mm.

Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú sledované v troch piezometrických vrtoch: DA-5, DA-8 a DA-10. V hodnotenom období najvyššie vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte DA-10, a to až do blízkosti terénu. Vrt sa nachádza v JV časti zosuvného územia v oblasti IBV. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody (odvodená z jednotlivých meraní) dosiahla hĺbku 4,85 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup o 0,35 m.

Na lokalite Bardejovská Zábava je vo vrte BIJ-1 sledovaná pohybová aktivita na šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m pod terénom. V roku 2021 boli zabezpečené 2 kontrolné merania (júl a november). Vyššie deformácie boli namerané počas novembrového merania (4,59 mm; 14,95 mm.rok⁻¹ – ide o najvyššiu deformáciu od roku 2013). Predpokladáme, že k akcelerácii svahového pohybu došlo v súvislosti so zrážkovými úhrnmi v období september 2020 až máj 2021. Počas júlovej kontrolnej etapy nameraný vektor na hlavnej šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m pod terénom dosiahol 1,65 mm (2,62 mm.rok⁻¹). Oba etapové vektory mali juhovýchodný azimut. Výsledný vektor deformácie (za obdobie december 2014 – november 2021) dosiahol 11,95 mm (1,73 mm.rok⁻¹).

Vývoj zmien hĺbky hladiny podzemnej vody je na lokalite sledovaný vo vrtoch BHJ-1 a BHJ-3. Z desiatich kontrolných meraní vyplýva, že hladiny mali prevažne ustálený vývoj s veľmi malou amplitúdou (max. kolísanie 0,76 m – BHJ-1). Pri jej porovnaní s dlhodobými ukazovateľmi vyplýva, že priemerné hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody z roku 2021 sa v oboch monitorovaných vrtoch nachádzajú nad úrovňou dlhodobých priemerov.

Podzemná voda bola odvádzaná najmä horizontálnym vrtom HV-2 a čiastočne i vrtom VH- 4. Priemerná výdatnosť vo vrte HV-2 dosahovala 0,74 l.min⁻¹, pričom maximálna hodnota bola nameraná v polovici marca (1,2 l.min⁻¹) a minimálna 20. augusta (0,20 l.min⁻¹). Vo vrte HV-4 sa výdatnosť pohybovala v intervale od 0,01 do 0,2 l.min⁻¹. V porovnaní s rokom 2020 došlo k nárastu priemernej hodnoty prietoku.

Na lokalite Hodruša-Hámre sa pohybová aktivita sleduje vo vrtoch IP-2 a PS-Z1. Na zosuve, ktorý je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom, boli v hodnotenom období zabezpečené dve merania (apríl a september). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas septembrového merania vo vrte IP-2. V hĺbke 3,08 m pod terénom bola

nameraná etapová deformácia 4,43 mm ($10,36 \text{ mm.rok}^{-1}$). Nameraná deformácia predstavuje najvyššiu hodnotu zaznamenanú počas obdobia monitorovania. Celková deformácia, nameraná v období od decembra 2015 do septembra 2021 dosiahla 9,3 mm ($1,61 \text{ mm.rok}^{-1}$). Merania v uvedenom vrte sú však vážne ohrozené stavebnou činnosťou. Z dôvodu, že vrt podával kľúčové informácie o stabilitných pomeroch v oblasti kontaktu zosuvného územia s hydrotechnickým dielom, je potrebné zabezpečiť možnosť ďalšieho vykonávania meraní. Merania vo vrte PS-Z1 na sledovaných šmykových plochách potvrdili relatívne uspokojivý stav. Etapové vektory sa pohybovali v intervale 0,14 až 0,36 mm ($0,37$ až $0,84 \text{ mm.rok}^{-1}$).

Hladina podzemnej vody mala počas hodnoteného roka mierne zostupný trend. Výraznejšie vzostupné zmeny boli pozorované v zimných mesiacoch, najmä v druhej polovici januára a prvej polovici februára. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná 17. mája, a to v hĺbke 0,9 m pod terénom. Dôležitou skutočnosťou je, že v roku 2021 všetky zaznamenané hodnoty o hĺbke hladiny podzemnej vody presahovali maximálne stavy z predchádzajúceho obdobia. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2021 – 1,9 m pod terénom – sa nachádza vysoko nad dlhodobým priemerom, ktorý je 4,14 m pod terénom (vzostup až o 2,24 m). Uvedený stav považujeme z hľadiska stability zosuvného územia za vážny.

Ďalšou lokalitou v poradí, na ktorej boli počas roka 2021 zaznamenané relatívne nepriaznivé stabilitné pomery, je zosuvné územie v obci Svätý Anton. Monitorovanie pohybovej aktivity je v území zabezpečované v inklinometrickom vrte INK-1. Vrt sa nachádza v telese zosuvu, ktorý poškodzuje cestnú komunikáciu č. I/51 a ohrozuje prevádzku na nej. V roku 2021, vzhľadom na zvýšenú pohybovú aktivitu z predchádzajúceho roka 2020, boli zabezpečené tri etapy kontrolných meraní (február, apríl a september). Počas prvej kontrolnej etapy bol na šmykovej ploche 8,2 m pod terénom nameraný prírastok deformácie 3,14 mm, čo predstavuje priemernú ročnú rýchlosť $14,43 \text{ mm.rok}^{-1}$ (azimut 279°). Zaznamenaná deformácia predstavuje najvyššiu rýchlosť v monitorovanom období. Výsledky meraní v aktuálne hodnotenom roku, ale tiež i v roku 2020, boli pravidelne predkladané obecnému zastupiteľstvu. Starosta obce 8. februára 2021 vyhlásil v obci, v súvislosti so zosuvom, mimoriadnu situáciu. Následne boli v zosuvnom území zabezpečené záchranné práce zamerané na zachytenie a odvedenie povrchových, podpovrchových a podzemných vôd. Čelo zosuvu, ktoré priamo ohrozovalo premávku na cestnej komunikácii, bolo zabezpečené kotvenými oceľovými konštrukciami. V území bola doplnená sieť monitorovacích objektov.

Dôkaz o úspešnosti sanácie podávajú výsledky režimových meraní. Úroveň hladiny podzemnej vody, dlhodobo monitorovaná vo vrte JSA-2, začala klesať najmä v súvislosti s realizovanými sanačnými opatreniami (hĺbkovým odvodnením). Hladina podzemnej vody klesala v etapách, v závislosti od realizácie odvodňovacích prvkov. Minimálny stav hladiny podzemnej vody bol dosiahnutý 17. decembra, a to na úrovni 9,79 m pod terénom. Zaznamenaný minimálny stav predstavuje v porovnaní s dlhodobým minimom pokles o 1,74 m. Efektívnosť sanačných opatrení potvrdzujú i režimové merania vo vrte JSA-1, do ktorého bol automatický hladinomer inštalovaný pracovníkmi ŠGÚDŠ 18. februára. Hĺbka hladiny podzemnej vody v reakcii na budované odvodňovacie vrty najvýraznejšie klesla z 26. na 27. júla. Maximálny hodinový pokles dosiahol 0,13 m a denný 0,92 m. Minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná 21. decembra na úrovni 8,58 m pod terénom.

V zosuvnom území nad obcou Vyšný Čaj je monitorovanie pohybovej aktivity zabezpečené prostredníctvom vrtov VČI-1 a VČI-2. V hodnotenom roku boli v území zrealizované 2 etapy meraní (jún a november). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas júnového merania vo vrte VČI-2 ($1,22 \text{ mm}$, $2,01 \text{ mm.rok}^{-1}$). V rovnakom termíne bola mierne zvýšená pohybová aktivita aj vo vrte VČI-1 ($1,00 \text{ mm}$, $1,64 \text{ mm.rok}^{-1}$).

Režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody sú zabezpečované na dvojici piezometrických vrtov VČHG-2 a VČHG-3. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody

vo vrte VČHG-2 dosiahla 5,72 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrný vzostup (o 0,22 m). Vrt VČHG-3 bol počas viacerých kontrolných etáp suchý.

I napriek uspokojivej stabilite situácii, naďalej pretrvávajú problémy v oblasti odvádzania vôd zo zariadení podpovrchového odvodnenia. V obdobiach so zvýšenými prietokmi vybudované potrubie kapacitne nepostačuje, vďaka čomu dochádza k zaplavovaniu zbernej šachty a znižovaniu účinnosti sanačného opatrenia. V roku 2021 boli zberné šachty zaplavené počas všetkých kontrolných meraní.

Na lokalitách Okoličné, Šenkvice, Dolná Mičina, Slanec-TP, Čirč a Handlová-Kunešovská cesta sú monitorovacie aktivity zamerané len na sledovanie režimových ukazovateľov. Merania hladiny podzemnej vody podávajú informáciu o vývoji najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora.

Na lokalite Okoličné je kolísanie hladiny podzemnej vody sledované automatickým hladinomerom, umiestneným v čele prúdového zosuvu (vo vrte J-1), ktorý ohrozuje železničnú trať, spájajúcu Bratislavu a Košice. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 5,81 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup až o 1,23 m. Maximálny stav bol nameraný 1. júna (4,57 m pod terénom).

Na lokalite Šenkvice sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody monitorované v troch piezometrických vrtoch. Počas prvých dvoch mesiacov pretrvával vzostupný trend z predchádzajúceho roka. Predpokladáme, že hlavnou príčinou uvedeného stavu je znefunkčnené (upchaté) potrubie, ktoré má slúžiť na odvádzanie podzemných vôd do povrchového recipientu. Do odvodňovacieho potrubia je nelegálne pripojené kanalizačné potrubie so splaškovými vodami z príľahlého rodinného domu. Meraním hladiny podzemnej vody v roku 2021 sa preukázala zásadná zmena v charaktere jej vývoja. Vo všetkých monitorovaných vrtoch došlo 1. júna k poklesu hladiny podzemnej vody, čo naznačuje obnovenie efektívnosti drenážneho systému.

V Dolnej Mičinej je hladina podzemnej vody monitorovaná automatickým hladinomerom vo vrte JM-6. V roku 2021 jej hĺbka dosiahla úroveň 4,34 m pod terénom, čo predstavuje najvyššiu úroveň od roku 2010. Maximálny stav bol nameraný 10. februára. Priemerná hladina podzemnej vody, v porovnaní s rokom 2020, stúpila o 2,11 m.

Na lokalitách Slanec-TP a Čirč je hlavná pozornosť venovaná sledovaniu efektívnosti odvodňovacích zariadení. V prípade zosuvného územia Slanec-TP je dlhodobým problémom skutočnosť, že viaceré odvodňovacie vrty sú počas roka zaplavované vodou vytekajúcou z drenážnych zariadení (odvodňovacie zariadenia V2 a V4). Spomenutý jav znižuje účinnosť hĺbkového odvodnenia. Z odvodňovacích zariadení, ktoré spoľahlivo odvádzali podzemnú vodu, bol najvyšší prietok nameraný na vrte V3/3 ($2,1 \text{ l.min}^{-1}$).

Pri hodnotení zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ktoré sú monitorované v 11 vrtoch, možno konštatovať, že jej priemerná hodnota v aktuálne posudzovanom roku, v porovnaní s predchádzajúcim rokom zaznamenala len nepatrný vzostup (o 0,09 m).

Na lokalite Čirč je možné odvodňovací systém hodnotiť ako relatívne efektívny. V roku 2021 priemerný prietok z výtokového objektu dosahoval $8,71 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný vzostup (o $1,48 \text{ l.min}^{-1}$). Priemerná hladina podzemnej vody v hodnotenom roku dosiahla 6,87 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup o 0,12 m.

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta sa stav hladiny podzemnej vody monitoruje v pravidelnej dvojtyždňovej frekvencii na sieti 9 piezometrických vrtoch. Z výsledkov meraní vyplýva, že do blízkosti terénu sa hladina podzemnej vody dostala len vo vrte MK-8, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom priaznivý výsledok. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 3,87 m pod terénom.

Svahové pohyby charakteru plazenia

Aj v roku 2021 pokračovali monitorovacie práce s využitím 5 mechanicko-optických dilatometrov TM-71 na štyroch lokalitách: Veľká Izra 1, Košický Klečenov (2 prístroje), Sokol a Jaskyňa pod Spišskou. Na lokalite Veľká Izra 1, napriek stagnácii poklesu bloku (os Z) v tomto roku, je dlhodobý trend zrejмый (celkovo 2,556 mm), šmykový posun (os Y) sa zvýšil o 0,033 mm na celkových 1,234 mm; otváranie trhliny (os X) stagnuje od roku 2011. V lokalite Košický Klečenov sa dlhodobo prejavuje pohyb spodného bloku (KK1) vo všetkých troch osiach, hoci pokles v roku 2021 stagnoval. Celkové hodnoty posunov (X, Y, Z) dosahujú 7,931 mm, 7,541 mm a 12,979 mm. V prípade vrchného bloku (KK2) narástol hlavne pokles (os Z) o 0,594 mm na celkových 13,963 mm, otvorenie trhliny (os X) sa zvýšilo iba o 0,085 mm na celkových 0,223 mm a šmykový posun (os Y) stagnuje cca od roku 2017 pri hodnote 4,255 mm. Celkovo platí, že vrchný blok klesá rýchlejšie než spodný. V lokalite Sokol (Bačkovská dolina) potvrdil prístroj pohyb v smere všetkých troch osí. Trhlina sa rozšírila (os X) o 0,268 mm (celkovo 13,248 mm), blok sa posunul pozdĺž trhliny (os Y) o 0,034 mm (celkovo 8,992 mm) a poklesol (os Z) o 0,001 mm (celkovo 1,881 mm). Prevláda výrazný a dlhodobý trend v smeroch osí X a Y. V Jaskyni pod Spišskou otvorenie trhliny (os X) narástlo o 0,085 mm na celkových 0,995 mm, dlhodobý pokles spodného bloku (os Z) stagnoval pri hodnote 0,820 mm, šmykový posun pozdĺž trhliny (os Y) stagnoval pri hodnote cca 0,065 mm.

Náznaky aktivizácie rúťivých pohybov a monitorovanie mikromorfologických zmien

V roku 2021 boli monitorovacie aktivity realizované na štyroch lokalitách. Pri meraniach boli aplikované metódy dilatometrického a mikromorfologického merania. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávali aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážky, počet mrazových dní).

Na lokalite Demjata, na pravej strane skalného zárezu cestnej komunikácie z Demjaty do Raslavič, pokračovalo pomalé rozvoľňovanie oddelených skalných lavíc, situovaných v južnom ukončení zárezu. Posuny vrchnej okrajovej lavice sú pozorované už od roku 2016 v rozsahu cca 0,5 mm za rok, oproti tomuto trendu bol v roku 2021 zaznamenaný menší posun. V uvoľnenom horninovom bloku v jej podloží sa naopak posuny po stagnácii v roku 2020 zintenzívnili, v roku 2021 nastal posun o 0,32 mm. Kontinuálne rozvoľňovanie menšieho uvoľneného bloku v severnejšej časti zárezu pokračovalo aj v roku 2021 v rozsahu 10,88 mm za rok, nepredstavuje však bezpečnostné riziko.

Na lokalitách Handlová-Baňa, Bratislava-Železná studnička, Pezinská Baba 2 a 3, na ktorých sa vykonávajú merania mikromorfologických zmien, boli zaznamenané zmeny v rozsahu odvodených dlhodobých trendov.

Dlhodobé pozorovania mikromorfologických zmien realizované na typických horninových komplexoch Slovenska poskytujú údaje, ktoré môžu v blízkej budúcnosti vstupovať do rozhodnutí ohľadne významných investičných zámerov, napr. geologických ťložísk nebezpečných odpadov.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability prostredia je zaradený objekt Stabilizačného násypu v Handlovej. Ide o hydrotechnické dielo (klasifikované ako vodná stavba), ktoré rozopiera dva zosuvné svahy, stabilizuje Európsku cestu E572 a zabezpečuje stabilitu obytnej zástavby v južnej časti mesta.

Na Stabilizačnom násype boli v roku 2021 zabezpečené režimové merania hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti Hlavného drénu. V priebehu roka 2021 boli pravidelne raz mesačne vykonávané obhliadky všetkých objektov Stabilizačného násypu. Výsledky boli mesačne predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom TBD – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Bratislava.

Z analýzy režimových ukazovateľov vyplýva, že v priestore Stabilizačného násypu

dosiahla priemerná hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody (odvodená z jednotlivých meraní) 6,62 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zostup o 0,27 m. Najvyššia priemerná ročná hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte N-1 (0,14 m p. t.). V rámci monitorovacej siete bola na tomto vrte nameraná zároveň i najvyššia úroveň HPV za rok 2021. Jej maximálny stav bol zaznamenaný 5. februára s piezometrickou úrovňou 0,44 m nad terénom. Do blízkosti terénu sa dostala HPV vo vrtoch M- 2, N-3, N-4 a N-2 (maximálne stavy HPV sa nachádzali v intervale od 0,24 do 0,73 m p. t.). Naopak, najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody boli pozorované najmä novembri a decembri. Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrtoch NV-112, NV-110, PV-112, INV-4, IN-4 a PV-107. Najväčšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte NV-110 – 7,4 m.

Maximálny prietok ($1312,80 \text{ l.min}^{-1}$) na Hlavnom dréne bol nameraný 5. februára, teda v termíne maximálnych stavov hladiny podzemnej vody.

Nové zosuvy v roku 2021

V roku 2021 pracovníci ŠGÚDŠ vykonali obhliadku/registráciu 15 svahových deformácií (Čirč, Fintice, Hrhov, Králiky, Krušinec, Ličartovce, Malá Čausa, Myjava-Hlinická, Ostrý Grúň, Pavlovce, Rankovce, Strečno-ulica Lesná, Tepličany, Tiesňavy, Košice-Vyšné Opátske Prvosienková ul.). Pri aktivizácii uvedených svahových deformácií sa dominantne uplatňovali klimatické pomery v kombinácii s nevhodnými antropogénnymi aktivitami. Z uvedených registrácií svahových porúch boli zostavené „obhliadkové správy“, resp. listy adresované samospráve a sekcii geológie a prírodných zdrojov MŽP SR, ktoré sú vhodným podkladom pre realizáciu inžinierskogeologických prieskumov, resp. okamžitých protihavarijných opatrení. Niektoré z lokalít, na ktorých boli vykonané obhliadky aktuálneho stabilitného stavu, môžu byť v súčinnosti so sekciou geológie a prírodných zdrojov MŽP SR navrhnuté do aktualizovaných zoznamov dokumentu „Program prevencie zosuvných rizík – aktualizácia“ v rámci OP KŽP 2021 – 2029.

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, 2017, 2018, 2019, 2020 a 2021)

- Antonická, B. a Fussgänger, E., 1998: Olšavica – vrch Spišská a okolie, svahové poruchy. Manuskript. Bratislava, archív ŠGÚDŠ, 17 s.
- 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, L., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 33.
- Frašťia, M., 2011: Blízka fotogrametria, jej aplikácie a nástroje. 19. slovenské geodetické dni. In: Zborník referátov. Komora geodetov a kartografov, Bratislava, nestr.
- Frašťia, M., 2012: Laserové verzus optické skenovanie skalných masívov. Mineralia Slovaca, 44, s. 177 – 184. ISSN 0369-2068
- 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
- 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.
- Gross, P. (ed.), Buček, S., Ďurkovič, T., Filo, I., Karoli, S., Maglay, J., Nagy, A., Halouzka, R., Spišák, Z., Žec, B., Vozár, J., Borza, V., Lukáčik, E., Mello, J., Polák, M., Janočko, J., 1999: Geologická mapa Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny 1 : 50 000. Bratislava, Vyd. GS SR a MŽP SR.
- Hagara, R., Nagy, Z., Madaj, M., 2015: Meranie priečných 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.
- Imrich, P., Kováčik, M., Bóna, J., Majerníčková, F., 2007: Geological control of the gravitational processes in the Spišská Hill pseudokarst region (Levočské vrchy Mts., Slovakia). Nature Conservation, 63, 47 – 55.
- Jadroň, D., Mokrá, M., 1999: Handlová – Kunešovská cesta, havarijný zosuv. Záverečná správa. INGEO, a.s. Manuskript, 31 s., Žilina
- 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: Súčasný 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
- Jánová, V., Liščák, P., Kopecký, M., Bednarik, M., Šimeková, J., Ondrášik, M., Pauditš, P., Tupý, P., Petro, L., Ondrejka, P., Greif, V., Ondrus, P., 2021: Zosuvy na Slovensku. Zost. Jánová, V., Liščák, P. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2021. - 214 s. - ISBN 978-80-8213-055-6
- Kaličiak, M. (ed.), Baňacký, V., Jacko, S., Janočko, J., Karoli, S., Molnár, J., Petro, L., 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, L., 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>
- 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.

- 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, L., 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 Prievdza-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 Prievdza. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 37.
- Otepka, J., Menzelová, O., Bohyník, J., Mesko, M., Čubříková, E., Roháčiková, A., Škripeková, E., Novotný, P., Čellár, S., Abelovič, J., Čerňanský, J., Kúdel'a, 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.
- Petro, L., 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, L., 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, L., Košťák, B., Polaščinová, E., Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybů v Slanských vrchoch. Miner. Slov., 31, s. 549 – 554
- Petro, L., Liščák, P., Ondrejka, P., 2012: Assessment of selected active landslides in Slovakia in 2011. Miner. Slov., 44/2, s. 131 – 140.
- Petro, L., Spišák, Z., Polaščinová, E., 1984: Inžinierskogeologická mapa 1 : 10 000, oblasť Solivar. Manuskript, archív ŠGÚDŠ Košice, 1 – 189.
- Petro, L., Stercz, M., 1998: Inžinierskogeologické posúdenie lokality Fintice. Manuskript, 7 s., GS SR, Regionálne centrum, Košice
- Petro, L., 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, L., Vlčko, J., Ondrášik, R., Polaščinová, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. Engineering Geology, 74, s. 103 – 112
- 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, L., Németh, Z., Malík, P., Liščák, P., Madarás, J., Slavkay, M., Kubeš, P., Kucharič, E., 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
- 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, L., 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
- 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.
- Wagner, P., Iglárová, L., Petro, L., Scherer, S., 2002: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií. Geol. práce, Spr., 106, 21 – 42
- Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, L., 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.