

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 01

Zosuvy a iné svahové deformácie

Správa za rok 2024

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,
Mgr. Eduard Mašlár, Mgr. Ingrid Mašlárová,
RNDr. Pavel Liščák, CSc., RNDr. Ivan Dananaj, PhD.,
Mgr. Marián Stercz, PhD., Daniela Magalová,
RNDr. Ľubica Iglárová, Mgr. Daniel Grega,
Ing. Katarína Pačajová, Ing. Silvia Jajčíšiová,
Mgr. Robert Žjak, Mgr. et Mgr. Juraj Miškolczi, PhD.**

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

Štatutárny zástupca: **RNDr. Michal Klaučo, PhD.
generálny riaditeľ ŠGÚDŠ**

Obsah

1. ZOSUVY a INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE	2
1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete	2
1.2. Pozorované ukazovatele	6
1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov	11
1.4. Výsledky monitorovania	13
1.4.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko	14
1.4.2. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta	40
1.4.3. Lokalita Svätý Anton	44
1.4.4. Lokalita Hodruša-Hámre	54
1.4.5. Lokalita Slanec-TP	62
1.4.6. Lokalita Okoličné	77
1.4.7. Lokalita Dačov	79
1.4.8. Lokalita Bardejovská Zábava	89
1.4.9. Lokalita Čirč	98
1.4.10. Lokalita Vyšný Čaj	105
1.4.11. Lokalita Šenkvice	114
1.4.12. Lokalita Veľká Izra	119
1.4.13. Lokalita Sokol	122
1.4.14. Lokalita Košický Klečenov	125
1.4.15. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou	128
1.4.16. Lokalita Handlová-Baňa	132
1.4.17. Lokalita Demjata	135
1.4.18. Lokalita Bratislava-Železná studnička	140
1.4.19. Lokalita Pezinská Baba	143
1.4.20. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp	146
2. ZÁVER	168
LITERATÚRA	174

1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

V rámci subsystému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za roky 2023 a 2024 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 2024 a analýza výsledkov meraní za dlhšie obdobie, v ktorej sa pozornosť sústreďuje predovšetkým na zaznamenané vývojové trendy zmien jednotlivých pozorovaných ukazovateľov.

1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete

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

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

V roku 2024 sa pokračovalo v monitorovacích meraniach na zredukovanom súbore svahových deformácií v porovnaní s rokom 2023. Monitorovacie merania boli prerušené na lokalite Dolná Mičina. Zosuvná lokalita Dolná Mičina bola systematicky monitorovaná od roku 1995 v rámci inžinierskogeologického prieskumu (Jadroň et al., 1998) a následne vďaka zaradeniu do ČMS – GF, podsystému Zosuvy a iné svahové deformácie. Na lokalite bol spočiatku využívaný pomerne široký súbor monitorovacích metód – režimové pozorovania (meranie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosť odvodňovacích vrtov), merania metódou presnej inklinometrie, merania povrchových reziduálnych napätí a pulzných elektromagnetických emisií, ako aj geodetické merania. Tento rozsah sa postupne zúžil len na merania hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte JM-6. Merania vo vrte boli zabezpečované automatickým hladinomerom s hodinovou frekvenciou záznamu. Počas prevádzky monitorovacieho zariadenia (od roku 2002 do roku 2022) bol dokumentovaný relatívne pravidelný ročný cyklus zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. Zároveň treba podotknúť, že ide o jeden z najdlhšie sledovaných vrtov v rámci monitorovacieho systému, na ktorom prebiehali kontinuálne merania.

Rozsah použitých metód a frekvencia meraní boli rovnaké ako v roku 2023.

Podsystém 01 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 – podmieňujúcej 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 podsystému 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

bola zameraná na monitoring svahových deformácií na celospoločensky najvýznamnejších zosuvných územiach v rámci Slovenskej republiky. Geologická úloha mala názov „Monitoring svahových deformácií“ a bola riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia (Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvnených zmenou klímy), jej realizácia začala v roku 2018 a ukončená bola v roku 2023.

Ďalším z kritérií výberu reprezentatívnych lokalít je ich rozmiestnenie vo všetkých oblastiach v zmysle inžinierskogeologickej rajonizácie územia slovenských Karpát. Ak však berieme do úvahy skutočnosť, že vývoj každého monitorovaného svahového pohybu primárne ovplyvňuje geologická stavba prostredia, v ktorom sa nachádza (a ktorá nemusí dostatočne vystihovať charakter danej oblasti podľa regionálneho inžinierskogeologického členenia), vytvorilo sa niekoľko účelovo zjednodušených modelov prostredia, v ktorých sa nachádzajú vybrané monitorované lokality:

- neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi;
- neogénne sedimenty (piesky, íly, slabo spevnené pieskovce, prachovce a ílovce);
- sedimenty flyšového charakteru (striedanie pieskovcov a ílovcov prevažne paleogénneho veku);
- skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku.

Napriek tomu, že šmykové plochy monitorovaných svahových deformácií zasahujú do uvedeného predkvartérneho podložia, parciálne časti zosuvov, ako aj časti hlavnej šmykovej plochy, sa vyvinuli v kvartérnych sedimentoch – deluviálnych uloženinách a elúviách, derivovaných z pôvodných materských horninových komplexov.

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 flyšu	Oblasť flyšových hornatín		- Jaskyňa pod Spišskou		
	Oblasť flyšových vrchovín	- Bardejovská Zábava - Čirč - Ďačov		- Demjata	
Región neovulkanitov	Oblasť vulkanických hornatín	- Slanec-TP - Hodruša-Hámre	- Košický Klečenov - Sokol - Veľká Izra	- Handlová-Baňa	
Región neogénnych tektonických vkleslín	Oblasť vnútrohorských kotlín	- Handlová (Kunešovská cesta) - Handlová-Mor. sídlisko - Okoličné - Vyšný Čaj			- Handlová (Stabilizačný násyp)
	Oblasť vnútrokarpatských nížin	- Šenkvice			

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. 1.2. 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
	Sedimenty flyšového charakteru	Veľmi významná	6. Ďačov 7. Bardejovská Zábava
		Významná	8. Okoličné 9. Čirč
	Neogénne sedimenty	Veľmi významná	10. Vyšný Čaj 11. Šenkvice
	Plazenie	Významná	12. Veľká Izra 13. Sokol 14. Košícký Klečenov
			15. Jaskyňa p. Spišskou
Rútenie	Sedimenty flyš. char.	Významná	16. Handlová-Baňa
	Neogénne vulkanity	Menej významná	17. Demjata
	Sedimenty flyšového charakteru	Významná	18. Bratislava-Železná st. 19. Pezinská Baba
	Skalné horniny paleozoického veku	Menej významná	
Iné: Stabilita vodohospodárskeho diela	Antropogénne sedimenty na kvartérnych a paleogén. horninách	Veľmi významná	20. Handlová-Stabilizačný násyp

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);

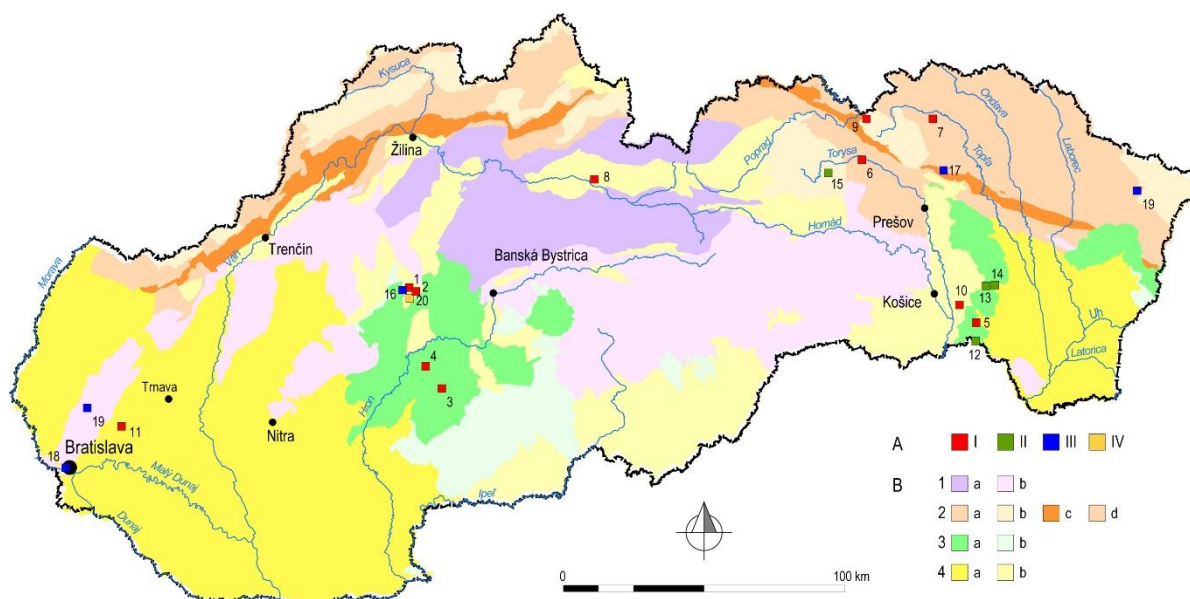
– **Lokality menej významné** – stupeň dôležitosti I (ide o svahové poruchy, ktoré sú stabilizované a ich význam je z celospoločenského hľadiska v súčasnosti nižší, nemožno však vylúčiť ich opätovnú aktivizáciu v súvislosti s rôznymi činiteľmi – napr. klimatickými faktormi, ale aj výstavbou nových objektov, zmenami v geometrii svahov alebo inými

geogénnymi/antropogénnymi faktormi). Monitoring na týchto lokalitách má prevažne udržiavací charakter; v prípade potreby sa môže jeho rozsah i frekvencia zvýšiť a lokality môžu byť preradené do vyššej kategórie významnosti.

Zoradenie jednotlivých monitorovaných lokalít (stav z roku 2024) na základe regionálneho inžinierskogeologického členenia Západných Karpát a podľa typu svahových pohybov je v tab. 1.1. Zoradenie lokalít podľa zjednodušených typových modelov horninového prostredia a celospoločenskej významnosti pozorovaných svahových porúch je v tab. 1.2 a ich situovanie je na obr. 1.1.

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

Okrem naplňovania 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 analýz, ale aj dlhodobých skúseností, boli viaceré monitorované body vyhodnotené ako nereprezentatívne, resp. namerané výsledky na týchto bodoch za málo vierohodné. Monitorovacie aktivity na uvedených objektoch boli ukončené.



Obr. 1.1. Rozmiestnenie monitorovaných lokalít svahových deformácií na území SR (čísla lokalít zodpovedajú číslu 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 (Hrašná 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 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; najpoužívanejšie z nich sú rôzne *terestrické geodetické metódy*, ktoré majú v tejto oblasti použitia najbohatšiu tradíciu. Podstata terestrických metód zostáva v zásade rovnaká, avšak vďaka výraznému progresu v kvalite meracej techniky i v spôsoboch spracovávania údajov sa postupne dosahuje čoraz väčšia presnosť meraní.

Terestrické metódy boli v poslednom období prakticky nahrádzané *presnou družicovou technológiou GNSS (Globálne navigačné satelitné systémy)*, často nie celkom správne označované skratkou GPS (z angl. „Global Positioning System“), 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. Obe uvedené metódy sa v minulosti hojne využívali pri sledovaní pohybovej aktivity.

b) Merania deformácií

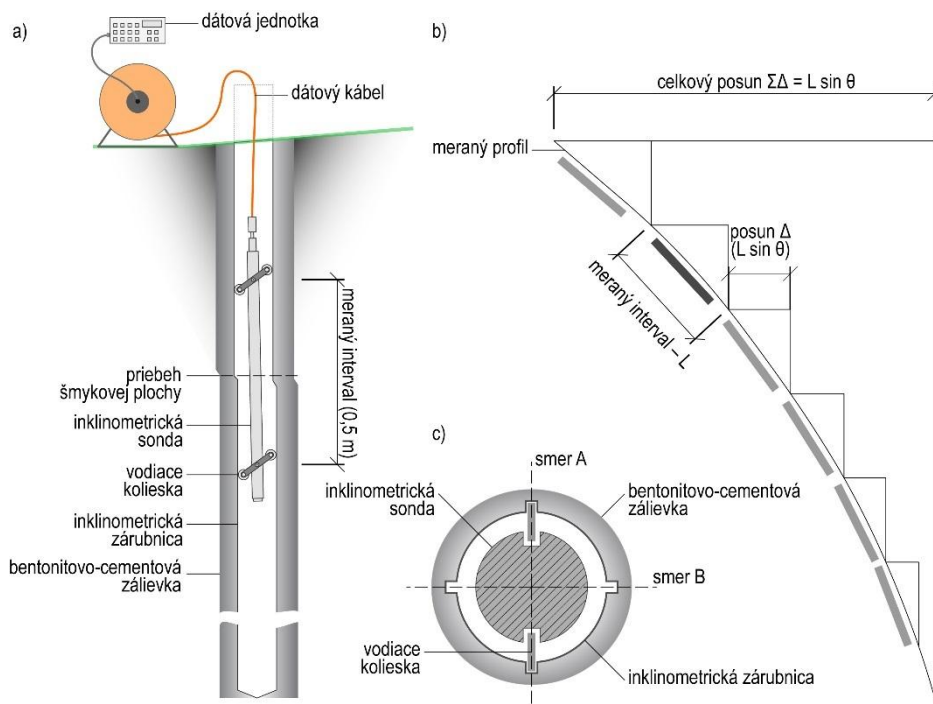
Svojou podstatou sú merania deformácií veľmi príbuzné meraniam posunov; vykonávajú sa však v podpovrchových horizontoch zosuvných hmôt.

Z viacerých metód azda najviac overená a používaná je *metóda presnej inklinometrie* (Gajdoš a Wagner, 2005; princíp postupu realizácie inklinometrických meraní je znázornený na obr. 1.2). 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, je potrebné uviesť *metódu stacionárnej inklinometrie*. Metóda umožňuje kontinuálne 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. 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 je potrebné 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).

Skúsenosti s monitorovaním pomocou stacionárnej inklinometrickej sondy v rámci riešenia úlohy ČMS – GF boli získané v zosuvných územiach: Prievidza-Hradec, Handlová (zosuv z roku 1960), Handlová-Kunešovská cesta, Handlová-Morovnianske sídlisko a Nižná Myšľa.

Vďaka realizácii geologickej úlohy „Monitoring svahových deformácií“, financovanej z prostriedkov Operačného programu Kvalita životného prostredia, bolo na jar roku 2023 inštalovaných 103 stacionárnych inklinometrov do 101 inklinometrických vrtov. V súčasnosti je tento typ meraní zabezpečovaný prostredníctvom úlohy „Udržateľnosť projektov ŠGÚDŠ riešených z prostriedkov OP KŽP“, konkrétne podúlohy „Monitoring svahových deformácií na spoločensko-ekonomicky najohrozenejších lokalitách“.



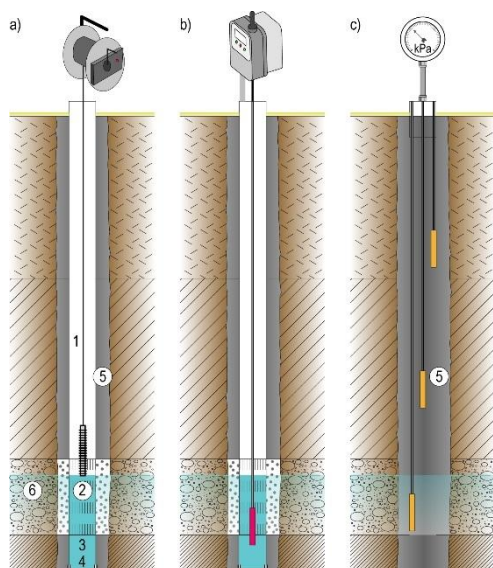
Obr. 1.2. Princíp realizácie inklinometrických meraní; a – vertikálny rez inklinometrickým vrtom spolu s inklinometrickou sondou a príslušenstvom, b – schematický postup stanovenia veľkosti deformácie; c – horizontálny rez inklinometrickým vrtom so zavedenou inklinometrickou sondou (zostavené podľa Rozsypala, 2001).

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).

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 hĺbok hladiny podzemnej vody; žiaľ, v súčasnosti sú uvedené varovné systémy mimo prevádzky). V súvislosti s monitorovaním najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora, ktorým je podzemná voda, je potrebné podotknúť, že vzhľadom na vek automatických hladinomerov a s tým súvisiace technické poruchy sme nútení tieto zariadenia postupne vyradovať. Princípy merania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody

pomocou ručného alebo automatického hladinomeru, prípadne snímača pórového tlaku, sú znázornené na obr. 1.3.



Obr. 1.3. Meranie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. V otvorených systémoch: a – pomocou Rangovej pišťaly, b – pomocou automatického hladinomeru; v uzavretých systémoch – c – meranie pomocou snímačov pórového tlaku. 1 – neperforovaná časť pažnice, 2 – filtračná časť pažnice, 3 – kalník, 4 – dno vrtu, 5 – ílové tesnenie, 6 – zvodnená vrstva.

Tab. 1.3. Prehľad aktuálnych metód monitorovania svahových pohybov.

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

V tabuľke nie sú uvedené monitorovacie metódy založené na diaľkovom prieskume Zeme (InSAR a LiDAR), ktoré pri hodnotení stabilitných pomerov zosuvných území získavajú v celosvetovom meradle popredné miesto. V rámci riešenia úlohy ČMS – GF bola technológia InSAR využívaná do roku 2018, v minulosti bola aplikovaná na viacerých lokalitách monitorovaných prostredníctvom geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií a v súčasnosti sa pripravuje jej využitie pri riešení geologickej úlohy Lokálny a regionálny monitoring svahových deformácií na Slovensku.

Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení vo všetkých prípadoch vykonávajú pozorovatelia. Na vybraných lokalitách možno v budúcnosti uvažovať aj o inštalácii kontinuálnych meracích zariadení, ich využitie však do veľkej miery závisí od technických možností inštalácie prístrojov na konkrétnych miestach. Dôležité je najmä zabezpečenie bezprostredného okolia ústia odvodňovacieho vrtu proti vandalizmu a namrzaniu. Ideálnymi miestami na inštaláciu takýchto zariadení sú podzemné šachty zabezpečené zámkom.

Úspešná prevádzka dvoch typov automatických prietokomerov, z ktorých jeden je založený na ultrazvukovom princípe, s použitím Dopplerovho javu (určený na sledovanie vyšších prietokov) a druhý, založený na stanovení počtu impulzov (člnkový preklápací prietokomer; určený na sledovanie nižších prietokov), prebieha, vďaka spomenutej geologickej úlohe, na 5 lokalitách (spolu 17 automatických prietokomerov).

Nevyhnutnou súčasťou informácií o stave zosuvotvorných faktorov sú *údaje o zrážkach*. Táto informácia sa preberá zo siete staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu (ďalej 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 touto metódou 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 vplývajúcich 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 *mikromorfológických zmien* povrchu skalnej steny majú už pomerne dlhú tradíciu a preukázalo sa nimi viacero zaujímavých výsledkov (Jánová a Liščák, 2001).

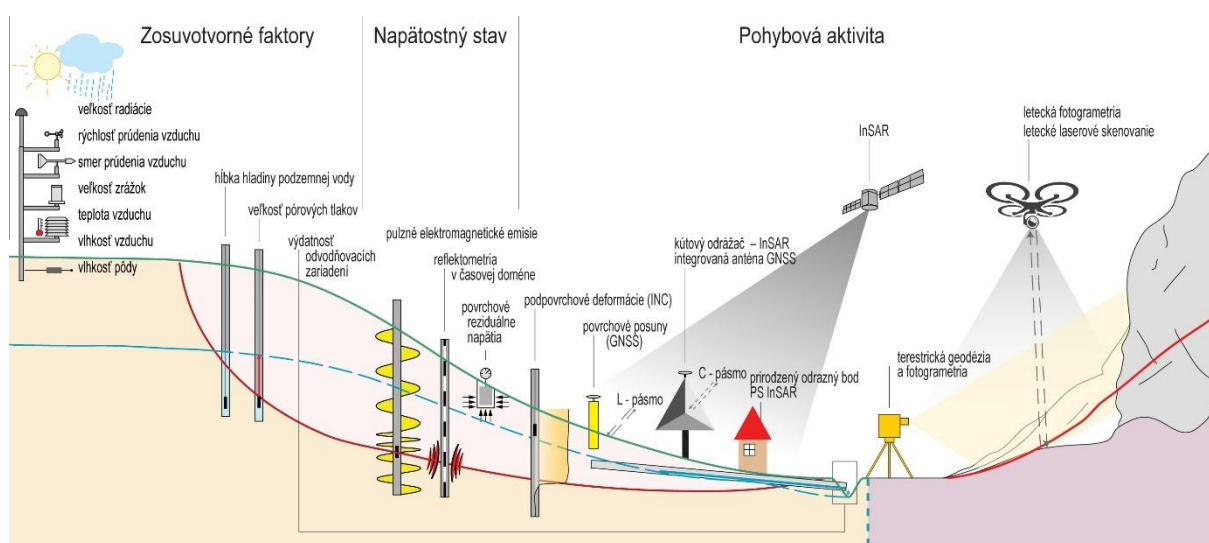
C. Plazenie

a) Merania posunov

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

b) Merania zmien faktorov vplývajúcich na stabilitu svahu

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



Obr. 1.4. Prehľad metód používaných pri monitorovaní zosuvov v podmienkach SR (ide o monitorovacie metódy, ktoré boli alebo sú aktuálne využívané pri riešení úlohy ČMS – GF alebo iných úloh spojených s monitorovaním zosuvov na Slovensku; INC – metóda presnej inklinometrie (prenosný alebo stacionárny variant), GNSS – globálny navigačný satelitný systém (z anglického Global Navigation Satellite System), PS InSAR – Interferometria trvalo rozptýlených objektov radarom so syntetickou apertúrou (z anglického Persistent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar).

1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov

Základný spôsob zberu údajov je uvedený v predchádzajúcej kapitole a čiastočne naznačený i súpisom monitorovacích metód 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 úspešne overený na dvoch zosuvných lokalitách v rámci subsystému „01 Zosuvy a iné svahové deformácie“. V súčasnosti sa uplatňuje pri riešení úlohy „Udržateľnosť projektov ŠGÚDŠ financovaných z prostriedkov OP KŽP“, konkrétne v podúlohe „Monitoring svahových deformácií na spoločensko-ekonomicky najohrozenejších lokalitách“. Automatické monitorovacie zariadenia boli do monitorovacích objektov implementované už počas riešenia geologickej úlohy „Monitoring svahových deformácií“, ako bolo spomenuté vyššie).

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 2023, zaužívala nasledujúca frekvencia zberu údajov z lokalít svahových pohybov:

a) Merania na zosuvoch

– Geodetické GNSS/terestrické merania boli naposledy realizované v roku 2022 na lokalite Okoličné. Merania sú zabezpečené v dvoj- až trojročnom intervale. V minulosti, do roku 2018, boli merania vykonávané na viacerých lokalitách, a to na konci jarneho 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 vykonávali častejšie. Frekvencia meraní do roku 2022 bola ustálená na dvoch meraniach za rok, výnimočne však i troch meraniach za rok (napr. lokalita Svätý Anton v rokoch 2021 a 2022). V súčasnosti, vzhľadom na finančné možnosti, sme sa vrátili k modelu jedno meranie za rok. V minulosti boli vystrojené viaceré vrty stacionárnymi inklinometrickými sondami, ktoré zaznamenávali 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, ktorými sa zabezpečovali kontrolné merania (od roku 2011 sú inklinometrické merania realizované výhradne v gescii Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra), 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 zakaždým 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 preberajú z údajov poskytnutých 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 2023 a 2024 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 pre nadchádzajúci kalendárny rok (2025).

1.4. Výsledky monitorovania

Podrobný opis všetkých monitorovaných lokalít, vrátane geologickej situácie, sa nachádza v správach z predchádzajúcich rokov, z ktorých niektoré boli publikované v článkoch (napr. Wagner et al., 2002, Petro et al., 2011, Ondrejka et al., 2011 atď.). 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 2024 a na porovnanie uvádzame i výsledky meraní z roku 2023.

Štruktúra opisu jednotlivých monitorovaných lokalít je nasledujúca:

- Stručná charakteristika lokality (v snahe redukovať rozsah 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);

- Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024 zhrnutý v tabuľkovej forme;

- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024. 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 2024, alebo – pri niektorých typoch meraní – do momentu posledného merania, uskutočneného v roku 2024;

- 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 za kratšie obdobie, uvádzajú sa výsledky za celé monitorované obdobie;

- Zhrnutie výsledkov a upozornenia. Spracované sú najdôležitejšie poznatky z monitorovania, praktické upozornenia a návrh ďalšieho postupu pozorovania a hodnotenia lokality v nadchádzajúcom roku.

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 (celkovo ich je 64 ks, prevažná väčšina z nich sa nachádza v šiestich odvodňovacích šachtách, z ktorých boli v rokoch 2023 a 2024 monitorované dve – E a F) a väčšom množstve pozorovacích piezometrických vrtoch. V roku 2015 sa na lokalite začali realizovať inklinometrické merania. Posledné inklinometrické etapové meranie bolo zrealizované v roku 2022. Prerušenie meraní v roku 2023 súvisí s kritickou deformáciou v jedinom funkčnom vrte AH-3, situovanom na Jánošíkovej ul.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024

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 2023 a 2024.

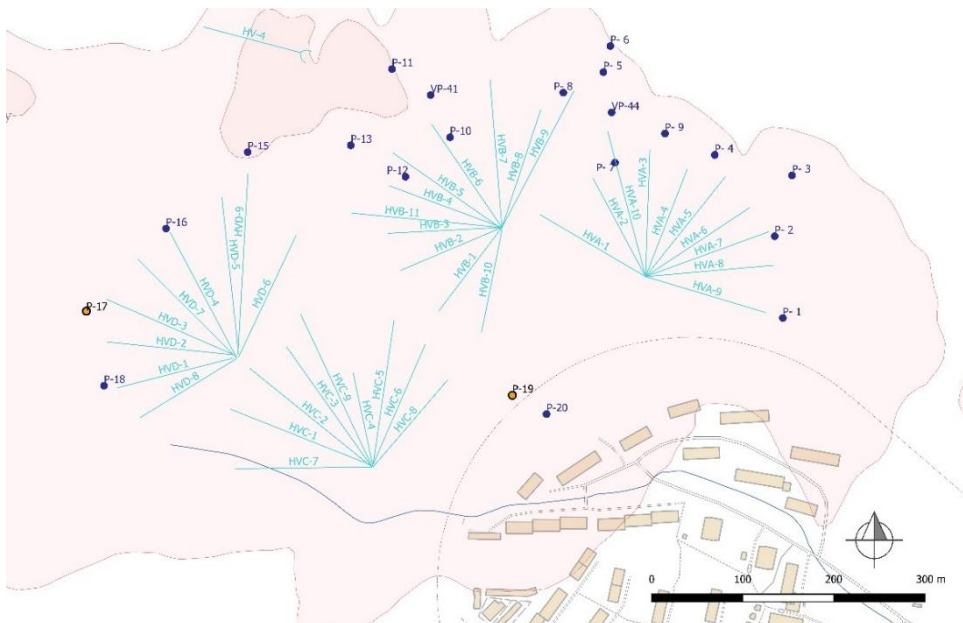
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	25	P-1 až 13, P-16, P-20, VP-41 (oblasť nad železničným oblúkom); P-21 až 24 (Malá Hôrka); P-31 až 38, J-318 (Jánošíkova cesta)	52 (4x za mesiac)	52 (4x za mesiac)
	1	P-19 – automatické hladinoměry	Kontinuálne (každú hodinu)	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	10	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	26 (2x za mesiac)	26 (2x za mesiac)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

a) Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

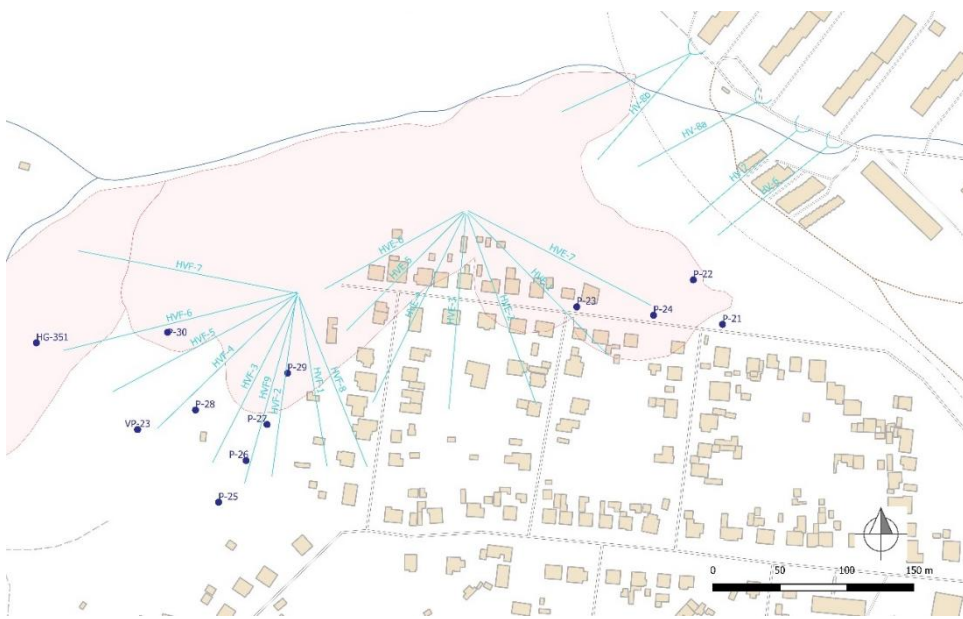
a1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Hladina podzemnej vody sa na lokalite meria v troch skupinách objektov – v starších vrtoch realizovaných prevažne v osemdesiatych rokoch (2 objekty – označené ako J a VP), vo vrtoch z roku 2002 (24 objektov, označených písmenom P), z ktorých je vo vrte P-19 inštalovaný automatický hladinomer (výsledky meraní kontinuálneho záznamu o zmenách

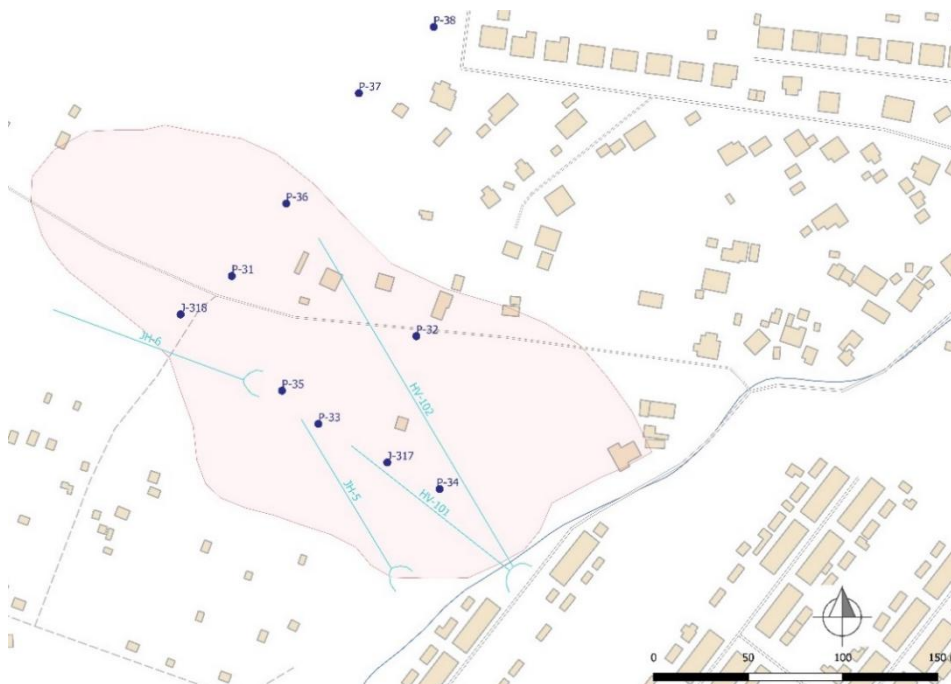


Obr. 4.1.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrtý: modré – merané pozorovateľom, oranžové – s automatickými hladinomeri (vrt P-17 – merania boli v danom vrte zabezpečované od roku 2003 a prerušené v roku 2021); objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi); mapový podklad: ZBGIS®.

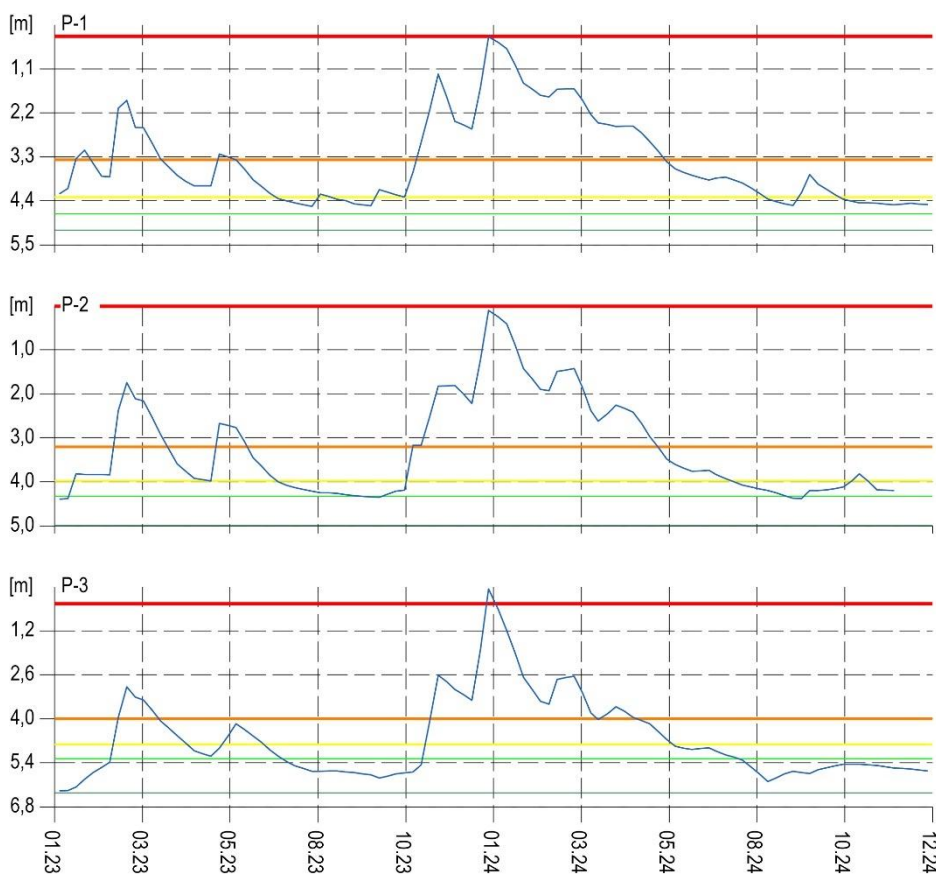
hĺbky hladiny podzemnej vody sú hodnotené samostatne). V roku 2022 došlo k zmene vo frekvencii realizácie kontrolných etapových meraní. Z dlhodobu zaužívaného dvojtýždňového intervalu sa od februára 2022 prešlo na týždenné merania, čím sa zdvojnásobil počet záznamov o zmenách úrovne hladiny podzemnej vody. V súvislosti s uvedenou zmenou došlo i k prehodnoteniu počtu monitorovacích objektov. Z pôvodného zoznamu 41 vrtov sa množina zúžila na 25 piezometrických vrtov. Merania boli prerušené na vrtoch, ktoré pri hodnotení výsledkov režimových meraní dlhodobo vykazovali značnú neistotu. Ide o vrtý, ktoré boli



Obr. 4.1.2. 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 vrtý, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.1.3. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Jánošíkovej ul. – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrtý, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.1.4. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-1 až P-3, ktoré sa nachádzajú severovýchodne od železničného oblúka), namerané v rokoch 2023 a 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

dlhodobu suchú, prípadne ich technické vybavenie nezodpovedalo požiadavkám piezometrického monitorovacieho objektu.

Zoznam monitorovaných vrtov od rokov 2023 a 2024 je uvedený v tab. 4.1.1. Situovanie piezometrických vrtov je na obr. 4.1.1 až 4.1.3 (na obrázkoch sú z dôvodu komplexnosti uvádzané i monitorovacie objekty, ktoré boli monitorované do roku 2021).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za roky 2023 a 2024, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.1.4 až 4.1.9. kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za dlhšie obdobie monitorovania sú prezentované na obr. 4.1.10 až 4.1.15.

Tab. 4.1.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2023.

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-318	52	4,67	497,94	28. 12. 2023	5,46	497,15	5. 1. 2023	5,00	497,61	0,79
P-1	52	0,30	431,85	28. 12. 2023	4,54	427,61	3. 8. 2023	3,48	428,67	4,24
P-2	52	0,11	441,93	28. 12. 2023	4,39	437,65	5. 1. 2023	3,35	438,70	4,28
P-3	52	-0,13	451,91	28. 12. 2023	6,29	445,49	5. 1. 2023	4,74	447,05	6,42
P-4	52	0,65	449,39	28. 12. 2023	11,85	438,19	5. 1. 2023	7,31	442,73	11,20
P-5	52	2,48	453,88	28. 12. 2023	4,71	451,65	5. 1. 2023	4,03	452,33	2,23
P-6	52	1,13	459,62	28. 12. 2023	6,19	454,56	5. 1. 2023	4,58	456,17	5,06
P-7	52	6,22	437,36	28. 12. 2023	10,98	432,60	12. 1. 2023	9,54	434,04	4,76
P-8	52	0,68	449,72	28. 12. 2023	6,30	444,10	12. 1. 2023	3,82	446,58	5,62
P-9	52	7,60	440,61	16. 11. 2023	10,90	437,31	5. 1. 2023	9,15	439,06	3,30
P-13	52	0,41	463,14	28. 12. 2023	suchý					
P-16	52	0,09	475,68	16. 11. 2023	6,30	469,47	5. 1. 2023	2,63	473,14	6,21
P-20	52	4,16	426,05	28. 12. 2023	6,13	424,08	5. 1. 2023	5,25	424,96	1,97
P-21	52	2,26	446,42	28. 12. 2023	3,22	445,46	5. 1. 2023	2,59	446,09	0,96
P-22	52	5,02	442,01	28. 12. 2023	9,13	437,90	5. 1. 2023	6,99	440,04	4,11
P-23	52	1,92	454,23	18. 5. 2023	3,14	453,01	15. 6. 2023	2,24	453,91	1,22
P-24	52	1,40	450,61	28. 12. 2023	4,00	448,01	21. 9. 2023	2,87	449,14	2,60
P-31	52	2,23	500,07	16. 11. 2023	6,23	496,07	27. 4. 2023	5,72	496,58	4,00
P-32	52	0,30	490,58	19. 1. 2023	1,20	489,68	26. 7. 2023	0,81	490,07	0,90
P-33	52	1,23	493,85	18. 5. 2023	suchý, zapchatý/zamrznutý					
P-34	52	0,19	484,63	23. 2. 2023	2,77	482,05	19. 10. 2023	1,37	483,45	2,58
P-35	52	0,57	496,87	28. 12. 2023	2,15	495,29	19. 10. 2023	1,46	495,98	1,58
P-37	52	0,48	501,66	18. 5. 2023	7,42	494,72	5. 1. 2023	5,09	497,05	6,94
P-38	52	0,05	502,03	16. 11. 2023	3,29	498,79	19. 10. 2023	1,40	500,68	3,24
VP-41	52	4,95	446,68	28. 12. 2023	7,99	443,64	19. 10. 2023	6,66	444,97	3,04

V roku 2023 boli režimové pozorovania realizované na množine 25 vrtov. Počas roku bolo zabezpečených 52 kontrolných meraní. Merania boli vykonávané od 5. januára do 28. decembra.

Hladina podzemnej vody vystúpila najvyššie vo vrte P-3. Počas posledného merania sa dostala až nad úroveň terénu (-0,13 m). Vrt P-3 sa nachádza v severovýchodnej časti zosuvného územia nad železničným oblúkom. Do tesnej blízkosti terénu sa dostali i hladiny podzemnej vody vo vrtoch P-38 (0,05 m pod terénom – 502,03 m n. m.; vrt sa nachádza nad Robotníckou ul.), P-16 (0,09 m pod terénom – 475,68 m n. m.; vrt sa nachádza západne od železničného oblúka), P-2 (0,11 m pod terénom – 441,39 m n. m.; vrt sa nachádza v nezastavanej oblasti severne od železničného oblúka, a to v dosahu odvodňovacích zariadení, ústiacich do šacht B a D), P-34 (0,19 m pod terénom – 484,63 m n. m.; vrt sa nachádza na Jánošíkovej ul.). Pomerne vysoko vystúpili hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch P-1 (0,3 m pod terénom – 431,85 m n. m. – 28. december), P-32 (0,3 m pod terénom – 490,58 m n. m. – 19. január), P-13 (0,41 m pod terénom – 463,14 m n. m. – 28. december), P-37 (0,48 m pod terénom – 501,66 m n. m. – 18. máj), P-35 (0,57 m pod terénom – 496,87 m n. m. – 28. december), P-4 (0,65 m pod terénom – 449,39 m n. m. – 28. december) a P-8 (0,68 m pod terénom – 449,72 m n. m. – 28. december). Maximálne hladiny podzemnej vody boli zaznamenané prevažne počas posledného decembrového merania, a to až v 16 (P-3, P-2, P-1, P-13, P-35, P-4, P-8, P-6, P-24,

P-21, P-5, P-20, J-318, VP-41, P-22 a P-7) z 25 monitorovacích objektov (tab. 4.1.3). Medzi významnejšie termíny s výskytom maximálnych stavov boli 16. november (maximálne stavy namerané vo vrtoch: P-9, P-16, P-31 a P-38) a 18. máj (vrty: P-37, P-23 a P-33).

Z priebehov hladiny podzemnej vody v roku 2023, ktoré sú prezentované na obr. 4.1.4 až 4.1.9 vyplýva, že hladiny podzemnej vody v mnohých vrtoch začali stúpať na konci predchádzajúceho roka, resp. na začiatku roka 2023. Išlo o reakciu na zvýšené úhrny zrážok, ktoré boli zaznamenané počas zimného obdobia (stanica SHMÚ Handlová s indikativom 30080 zaznamenala v januári zrážkový úhrn až 108,7 mm). Po miernom zostupe hladín, ktorý trval približne do konca apríla, došlo k ďalšiemu vzostupu hladín podzemnej vody. Opätovne došlo k zaznamenaní zvýšených zrážkových úhrnov. Na stanici SHMÚ Handlová bol v máji nameraný zrážkový úhrn 109,9 mm. V nasledujúcom polroku mali hladiny podzemnej vody zostupný alebo vyrovnaný charakter. K poslednému vzostupu podzemnej vody došlo na konci roka.

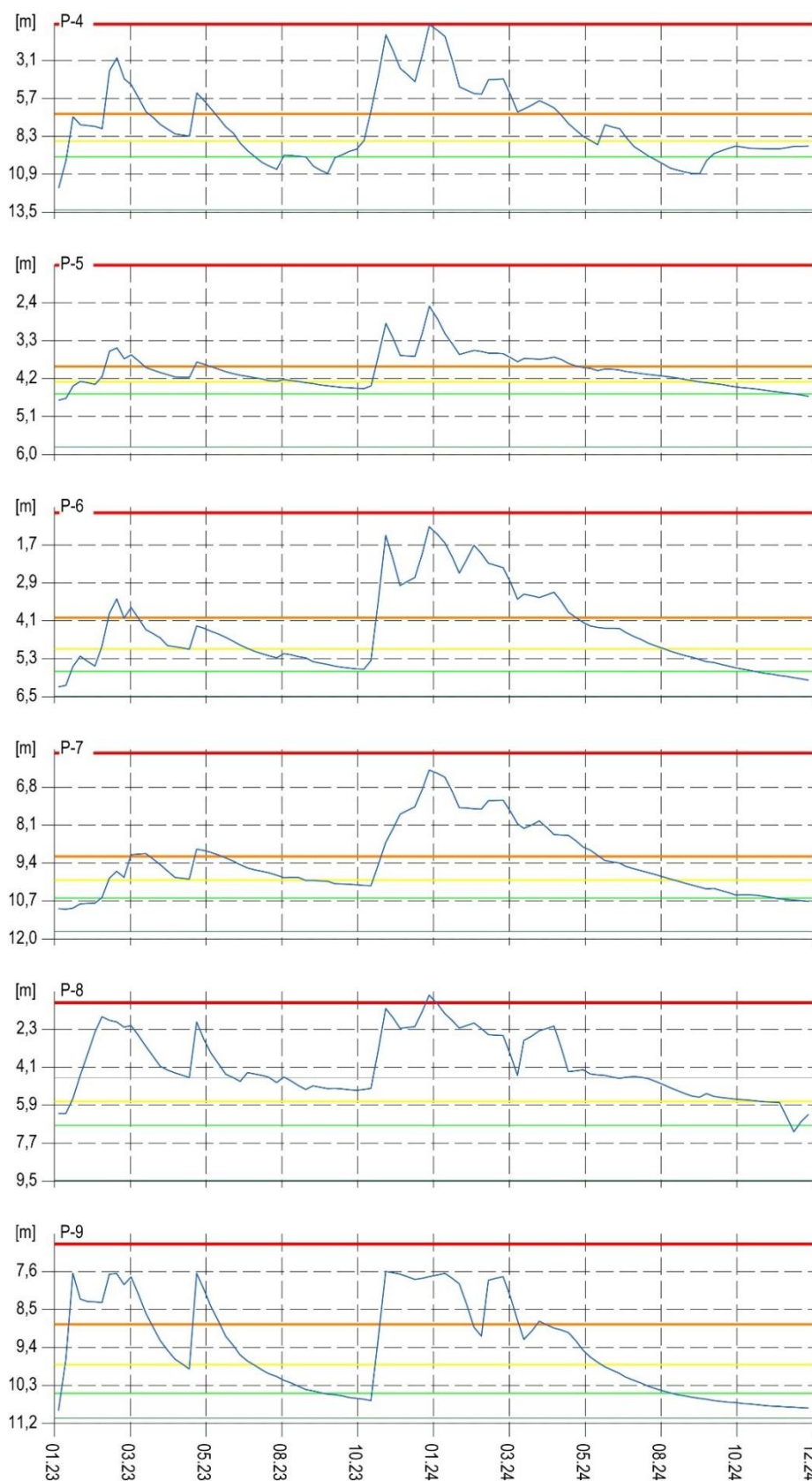
V súvislosti s hodnotením maximálnych stavov hladiny podzemnej vody vo vrtoch je potrebné upozorniť na skutočnosť, že v roku 2023 boli vo vrtoch P-3, P-8, P-22 a P-24 namerané najvyššie hladiny podzemnej vody za celé obdobie monitorovania (merania sú vykonávané od januára 2003).

Tab. 4.1.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2024.

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-318	52	4,49	498,12	8. 3. 2024	5,66	496,95	13. 12. 2024	4,96	497,65	1,17
P-1	52	0,44	431,71	5. 1. 2024	4,51	427,64	6. 9. 2024	3,31	428,84	4,07
P-2	52	0,25	441,79	5. 1. 2024	4,38	437,66	13. 9. 2024	nepriechodný ¹		
P-3	52	0,52	451,26	5. 1. 2024	5,99	445,79	16. 8. 2024	4,55	447,23	5,47
P-4	52	1,04	449,00	5. 1. 2024	10,87	439,17	13. 9. 2024	7,71	442,33	9,83
P-5	52	2,79	453,57	5. 1. 2024	4,62	451,74	27. 12. 2024	4,01	452,35	1,83
P-6	52	1,37	459,38	5. 1. 2024	5,98	454,77	27. 12. 2024	4,24	456,51	4,61
P-7	52	6,33	437,25	5. 1. 2024	10,72	432,86	27. 12. 2024	9,14	434,44	4,39
P-8	52	1,10	449,30	5. 1. 2024	7,16	443,24	13. 12. 2024	4,28	446,12	6,06
P-9	52	7,64	440,57	12. 1. 2024	10,84	437,37	27. 12. 2024	9,69	438,52	3,20
P-13	52	0,52	463,03	5. 1. 2024	suchý					
P-16	52	0,03	475,74	23. 2. 2024	5,59	470,18	27. 12. 2024	2,19	473,58	5,56
P-20	52	3,73	426,48	8. 3. 2024	5,38	424,83	8. 11. 2024	zničený ²		
P-21	52	2,26	446,42	5. 1. 2024	3,44	445,24	27. 12. 2024	2,68	446,00	1,18
P-22	52	4,40	442,63	19. 1. 2024	8,26	438,77	27. 12. 2024	6,87	440,16	3,86
P-23	52	1,93	454,22	5. 1. 2024	2,62	453,53	15. 11. 2024	2,23	453,92	0,69
P-24	52	1,42	450,59	5. 1. 2024	4,06	447,95	27. 12. 2024	2,73	449,28	2,64
P-31	52	3,74	498,56	5. 1. 2024	6,22	496,08	7. 6. 2024	5,90	496,40	2,48
P-32	52	0,36	490,52	23. 2. 2024	1,64	489,24	13. 9. 2024	0,89	489,99	1,28
P-33	52	zapchatý/nepriechodný ³								
P-34	52	0,35	484,47	26. 4. 2024	3,15	481,67	15. 11. 2024	1,70	483,12	2,80
P-35	52	0,65	496,79	5. 1. 2024	2,16	495,28	13. 9. 2024	1,56	495,88	1,51
P-37	52	1,55	500,59	26. 4. 2024	7,43	494,71	27. 12. 2024	5,07	497,07	5,88
P-38	52	0,23	501,85	5. 1. 2024	3,49	498,59	27. 12. 2024	1,89	500,19	3,26
VP-41	52	4,79	446,84	12. 1. 2024	7,92	443,71	13. 9. 2024	6,48	445,15	3,13

Poznámka: ¹ – vrt P-2 bol počas 5 kontrolných meraní nepriechodný, ² – vo vrte P-20 nie je možné od 15. novembra 2024 vykonávať monitorovacie merania, a to v dôsledku jeho mechanického poškodenia, spôsobeného vandalizmom, ³ – vrt P-33 je od 12. januára nepriechodný; v roku 2025 bolo možné vykonať len jedno meranie, a to 5. januára. Hladina podzemnej vody sa počas merania nachádzala v hĺbke 1,53 m pod terénom (493,55 m n. m.).

Minimálne hladiny boli zaznamenané prevažne na začiatku hodnoteného roka (5. január), taktiež, v niektorých vrtoch i počas jarného, letného a jesenného obdobia. Posledné minimálne hladiny boli zaznamenané v druhej polovici októbra. Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa pohybovali v intervale od 1,2 m pod terénom (489,68 m n. m.) vo vrte P-32 do 11,85 m (438,19 m n. m.) vo vrte P-4. Hladina podzemnej vody klesla pod úroveň dna vrtu v 2 prípadoch (P-13 – počas 22 meraní; P-33 – počas 12 meraní).



Obr. 4.1.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-4 až P-9, ktoré sa nachádzajú v severnej časti železničného oblúka), namerané v rokoch 2023 a 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: vrty P-4 až P-8: január 2003 – december 2022, vrt P-9: december 2005 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



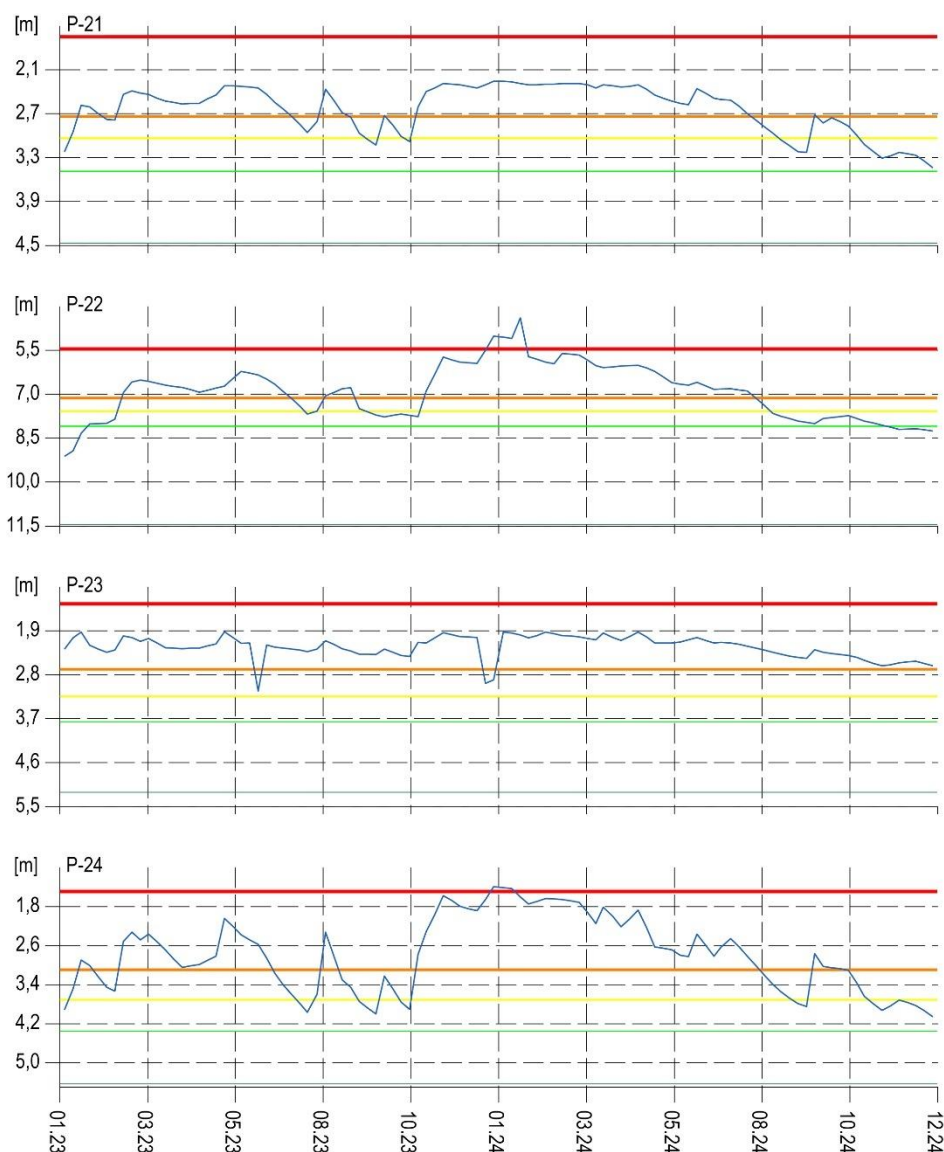
Obr. 4.1.6. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-13, P-16 – transportačná oblasť zosuvu, nachádzajúceho sa západne od železničného oblúka a P-20 – v blízkosti železničného oblúka), namerané v rokoch 2023 a 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2023 dosiahla úroveň 4,16 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,89 m. V jednotlivých vrtoch sa priemerné hĺbky pohybovali v rozsahu od 0,81 (vrt P-32) do 10,40 m pod terénom (vrt P-7). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo i v roku 2023 pozorované vo vrte P-4 (11,2 m; hodnotené neboli vrty, ktoré boli počas roka suché). Kolísanie hladiny podzemnej vody nad 2 m bolo zaznamenané aj vo vrtoch P-1, P-2, P-3, P-5, P-6, P-7, P-8, P-9, P-13, P-16, P-22, P-24, P-31, P-33, P-34, P-37, P-38 a VP-41. Minimálne zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované vo vrtoch P-21, P-32 a J-318 (v intervale od 0,79 do 0,96 m).

V roku 2024 sa pokračovalo v rovnakom rozsahu meraní ako v predchádzajúcom roku, to znamená, že merania boli realizované v 25 vrtoch a celkove bolo zabezpečených 52 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 5. januára do 27. decembra.

Vo viacerých vrtoch počas ich maximálneho stavu vystúpili hladiny podzemnej vody až do blízkosti úrovne samotného terénu – P-16 (0,03 m pod terénom; 475,74 m n. m.), P-38 (0,23 m pod terénom; 501,85 m n. m.), P-2 (0,25 m pod terénom; 441,79 m n. m.), P-34 (0,35 m pod terénom; 484,47 m n. m.), P-32 (0,36 m pod terénom; 490,52 m n. m.) a P-1 (0,44 m pod terénom; 431,71 m n. m.). Pomerne vysoké maximálne hladiny počas hodnoteného roka boli namerané aj vo vrtoch P-3 (0,52 m pod terénom; 451,26 m n. m.), P-13 (0,52 m pod terénom; 463,03 m n. m.) a P-35 (0,65 m pod terénom; 496,79 m n. m.). V ostatných vrtoch sa maximálne hodnoty pohybovali v rozsahu od 1,04 (P-4) do 7,64 m pod terénom (P-9). Maximálne hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch boli zaznamenané počas zimného a jarného obdobia (v rozmedzí 5. január – 26. apríl). Prevažne však išlo o kontrolné etapové meranie, ktoré bolo

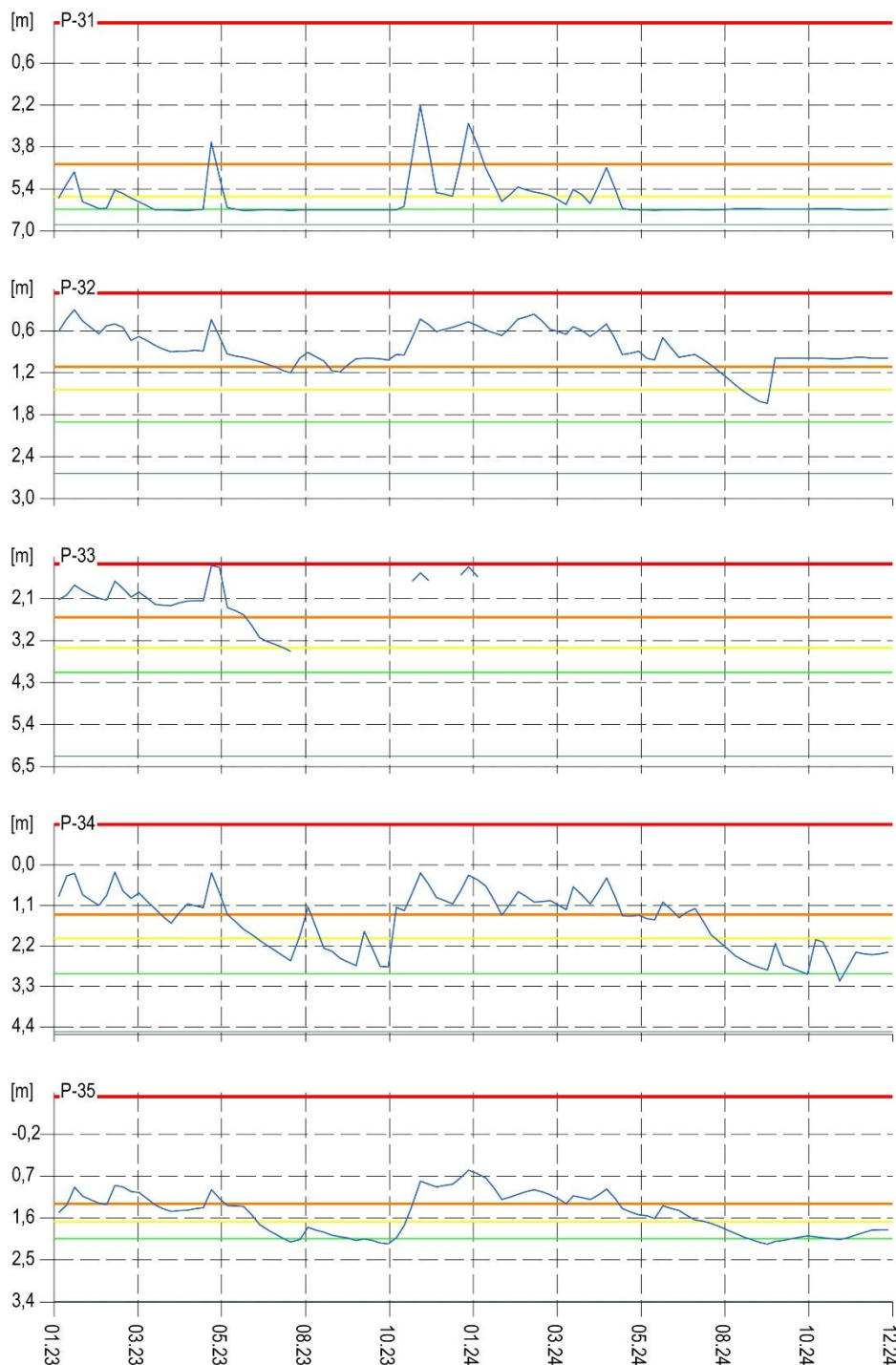
realizované 5. januára. Počas tohto termínu bola maximálna hladina nameraná až v 16 vrtoch (P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, P-8, P-13, P-21, P-23, P-24, P-31, P-33, P-35 a P-38). Počas januára, avšak v neskorších termínoch, bola maximálna hladina nameraná aj vo vrtoch P-9, VP-41 a P-22.



Obr. 4.1.7. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-21 až P-24, ktoré sa nachádzajú v oblasti Malej Hôrky), namerané v rokoch 2023 a 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

V súvislosti s hodnotením maximálnych hladín podzemnej vody je potrebné uviesť, že vo vrtoch VP-41 a P-22 boli v roku 2024 namerané najvyššie hladiny za celé monitorované obdobie. Vrt VP-41 je monitorovaný od roku 2000 a vrt P-22 od roku 2003.

Minimálne hladiny podzemnej vody boli pozorované prevažne v druhej polovici roka. Výnimkou boli len vrty P-31 a P-33 v ktorých boli minimálne hladiny namerané júli, resp. januári. Dominantným výskytom minimálnych stavov bol mesiac december (až v 12 vrtoch); v 6 vrtoch bola minimálna hladina zaznamenaná už na konci letného obdobia.



Obr. 4.1.8. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-31 až P-35, ktoré sa nachádzajú v oblasti Jánošíkovej ul.), namerané v rokoch 2023 a 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Najhlbšie hladina podzemnej vody klesla vo vrtoch P-7 (10,72 m pod terénom; 432,86 m n. m.), P-9 (10,84 m pod terénom; 437,37 m n. m.) a P-4 (10,87 m pod terénom; 439,17 m n. m.). Vrt P-13 bol počas 18 meraní suchý, teda hĺbka hladiny klesla pod úroveň dna vrtu (nachádzala sa v hĺbke väčšej ako 4,82 m pod terénom).

Naopak, hladiny podzemnej vody sa počas minimálnych stavov držali pomerne plytko pod terénom vo vrtoch P-33 (1,53 m pod terénom; 493,55 m n. m.) a P-32 (1,64 m pod terénom;

489,24 m n. m.). V tejto súvislosti je potrebné upozorniť na skutočnosť, že viaceré vrty boli v nedávnej minulosti poškodené vandalmi, čo okrem iného viedlo aj k zmene ich hĺbky. Predpokladáme, že namerané hodnoty vo vrte P-33 nemusia nevyhnutne odrážať skutočný priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody (voľnej alebo vztlakovej). Kolísanie hladiny v tomto vrte môže byť prejavom zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v najplytšom hydrogeologickom horizonte, prípadne môžu byť ovplyvnené hypodermickým odtokom.

Najvyššia priemerná hladina podzemnej vody bola nameraná v spomínanom vrte P-32, a to až 0,89 m pod terénom. Podobne, relatívne vysoko vystúpila priemerná hodnota hladiny podzemnej vody aj v opisovanom vrte P-33 a tiež vo vrtoch P-35 (1,56 m pod terénom; 495,88 m n. m.), P-34 (1,70 m pod terénom; 483,12 m n. m.; uvedené vrty však považujeme vzhľadom na ich aktuálne vystrojenie, respektíve poškodenie vandalmi, za problematické z hľadiska reprezentativnosti získaných údajov – na uvedených vrtoch je v budúcnosti plánované prerušenie režimových pozorovaní) a P-38 (1,89 m pod terénom; 500,19 m n. m.).



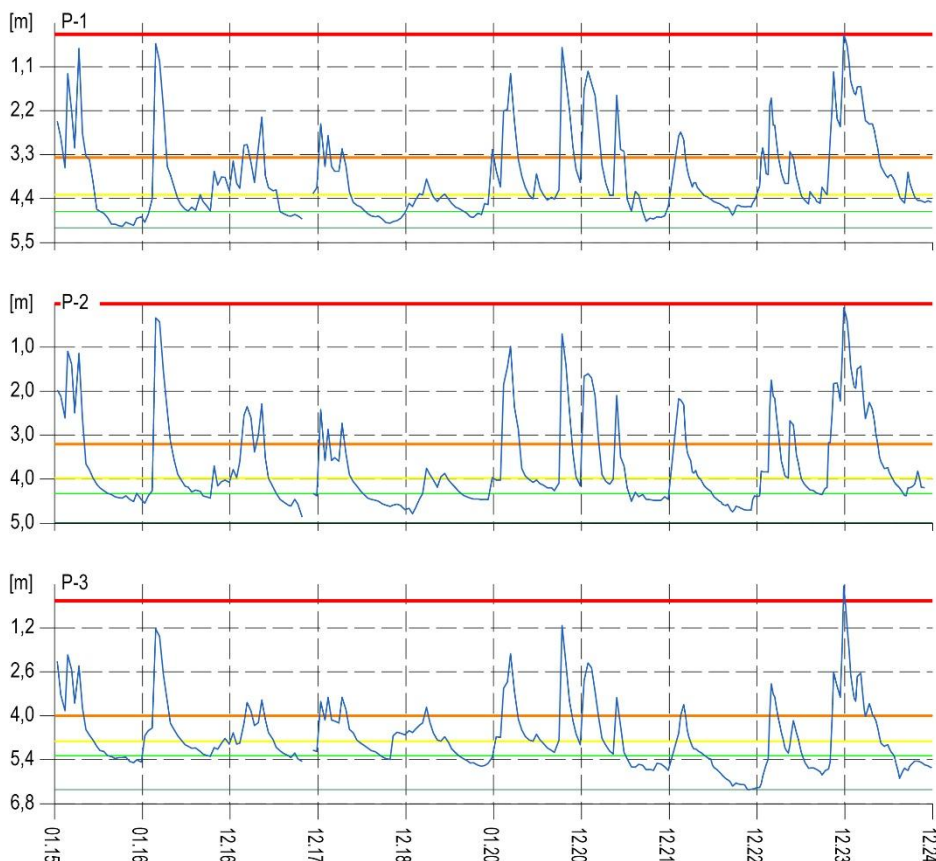
Obr. 4.1.9. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-37 a P-38, ktoré sa nachádzajú v oblasti Jánošíkovej ul.), namerané v rokoch 2023 a 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Z hľadiska hodnotenia priemernej etapovej hĺbky hladiny podzemnej vody možno konštatovať, že v hodnotenom území (v širšej oblasti zosuvu) bola výpočtom určená najvyššia priemerná hodnota 2,14 m pod terénom, a to dňa 5. januára 2024. Z priebehu priemernej etapovej hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody vyplýva, že počas roku 2024 prevládala jej postupný pokles. Najväčšia hĺbka priemernej hladiny podzemnej vody, vypočítaná z nameraných údajov na všetkých piezometrických vrtoch, bola zaznamenaná na konci roka – 27. decembra a dosiahla hodnotu 5,81 m pod terénom. V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa prejavil opačný trend kolísania hladiny podzemnej vody – v roku 2023 bola priemerná maximálna hodnota nameraná na konci roka a minimálna na jeho začiatku.

Celková priemerná hladina podzemnej vody v roku 2024 dosiahla úroveň 4,13 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrný vzostup (len o 0,03 m).

Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo, podobne ako i v predchádzajúcom období, pozorované vo vrte P-4 (9,83 m; hodnotené neboli vrty, ktoré boli počas roka suché; veľkosť kolísania v uvedených vrtoch môže presahovať uvedenú maximálnu nameranú hodnotu). Kolísanie hladiny podzemnej vody väčšie ako 2 m bolo zaznamenané aj vo vrtoch:

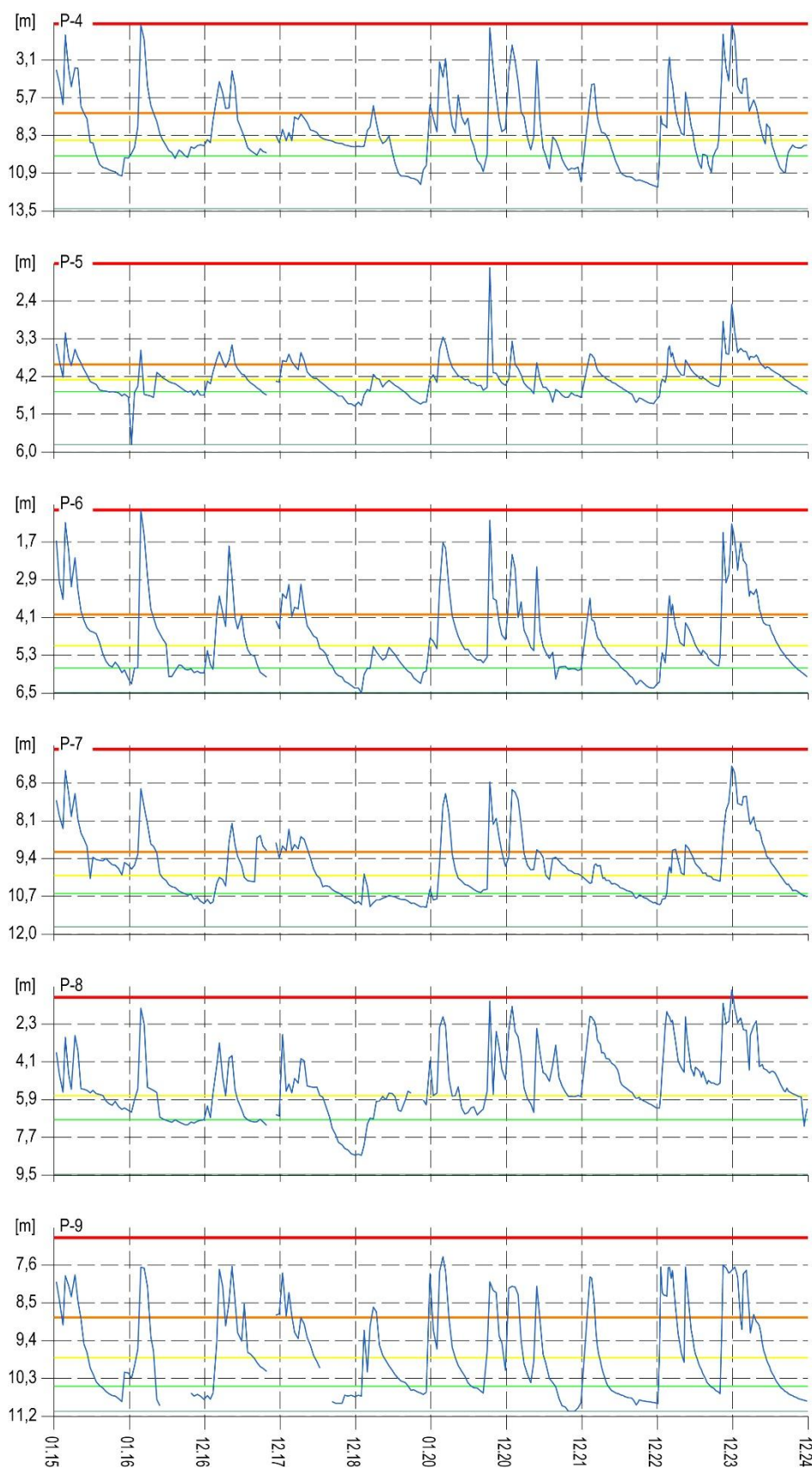
P-31 (2,48 m), P-24 (2,64 m), P-34 (2,80 m), VP-41 (3,13 m), P-9 (3,20 m), P-38 (3,26 m), P-22 (3,86 m), P-13 (3,91 m), P-1 (4,07 m), P-2 (4,13 m), P-7 (4,39 m), P-6 (4,61 m), P-3 (5,47 m), P-16 (5,56 m), P-37 (5,88 m), P-8 (6,06 m). Minimálne zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované vo vrtoch: P-33, P-23, J-318, P-21, P-32, P-35, P-20, P-5 (v intervale od 0,00 do 1,83 m).



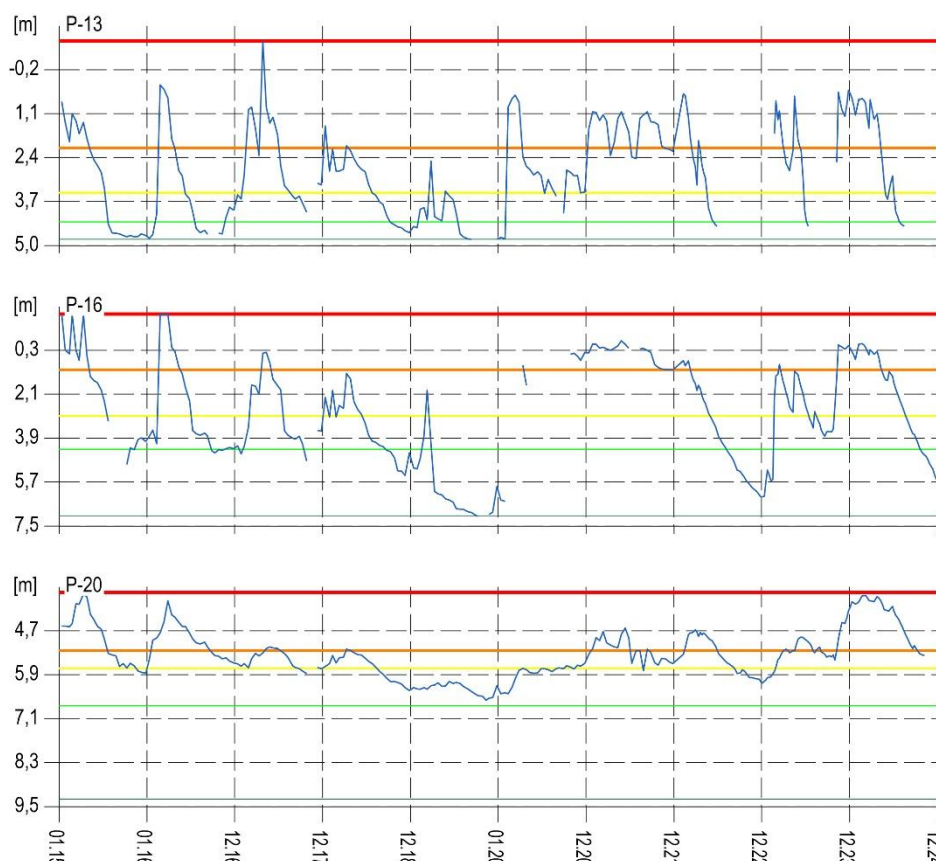
Obr. 4.1.10. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-1 až P-3, ktoré sa nachádzajú severovýchodne od železničného oblúka), namerané v rokoch 2015 až 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); 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. 4.1.10 a 4.1.15 vyplýva určitá periodicitá ročného cyklu kolísania hladiny podzemnej vody. Maximálne úrovne hladiny sa spravidla vyskytujú v súvislosti s topením snehovej pokrývky a jarnými zrážkami, prípadne v dôsledku výskytu intenzívnych zrážok počas jesenného obdobia. Mimo vegetačného obdobia dochádza k výraznému poklesu evapotranspirácie, čo vedie k nárastu podielu efektívnych zrážok na celkovom zrážkovom úhrne. Z uvedeného dôvodu sú maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenávané prevažne v zimných a jarných mesiacoch.

Minimálne hladiny podzemnej vody sa taktiež vyznačujú určitým opakujúcou sa cykličnosťou, pričom ich výskyt varíruje najmä počas jesenného a zimného obdobia v závislosti od klimatických pomerov konkrétnych hodnotených rokov.

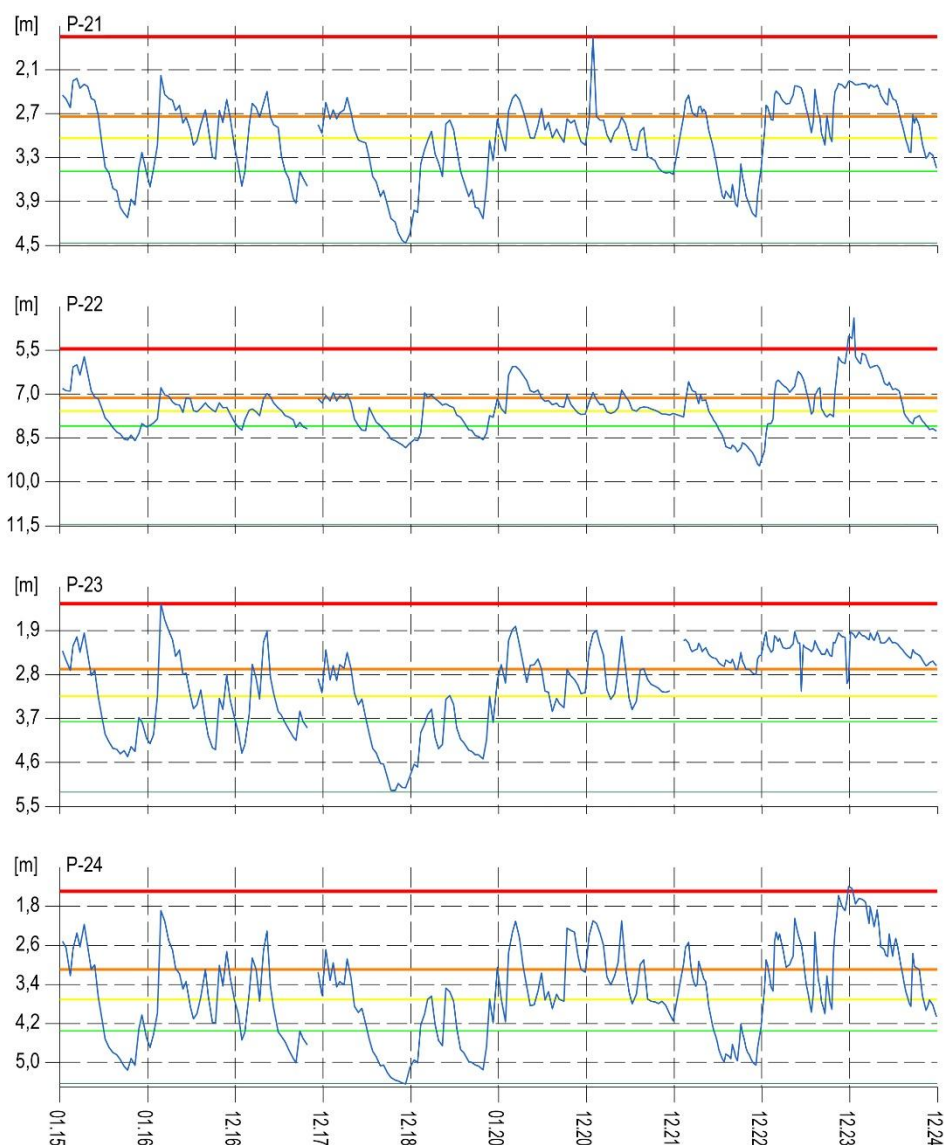


Obr. 4.1.11. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-4 až P-9, ktoré sa nachádzajú v severnej časti železničného oblúka), namerané v rokoch 2015 až 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

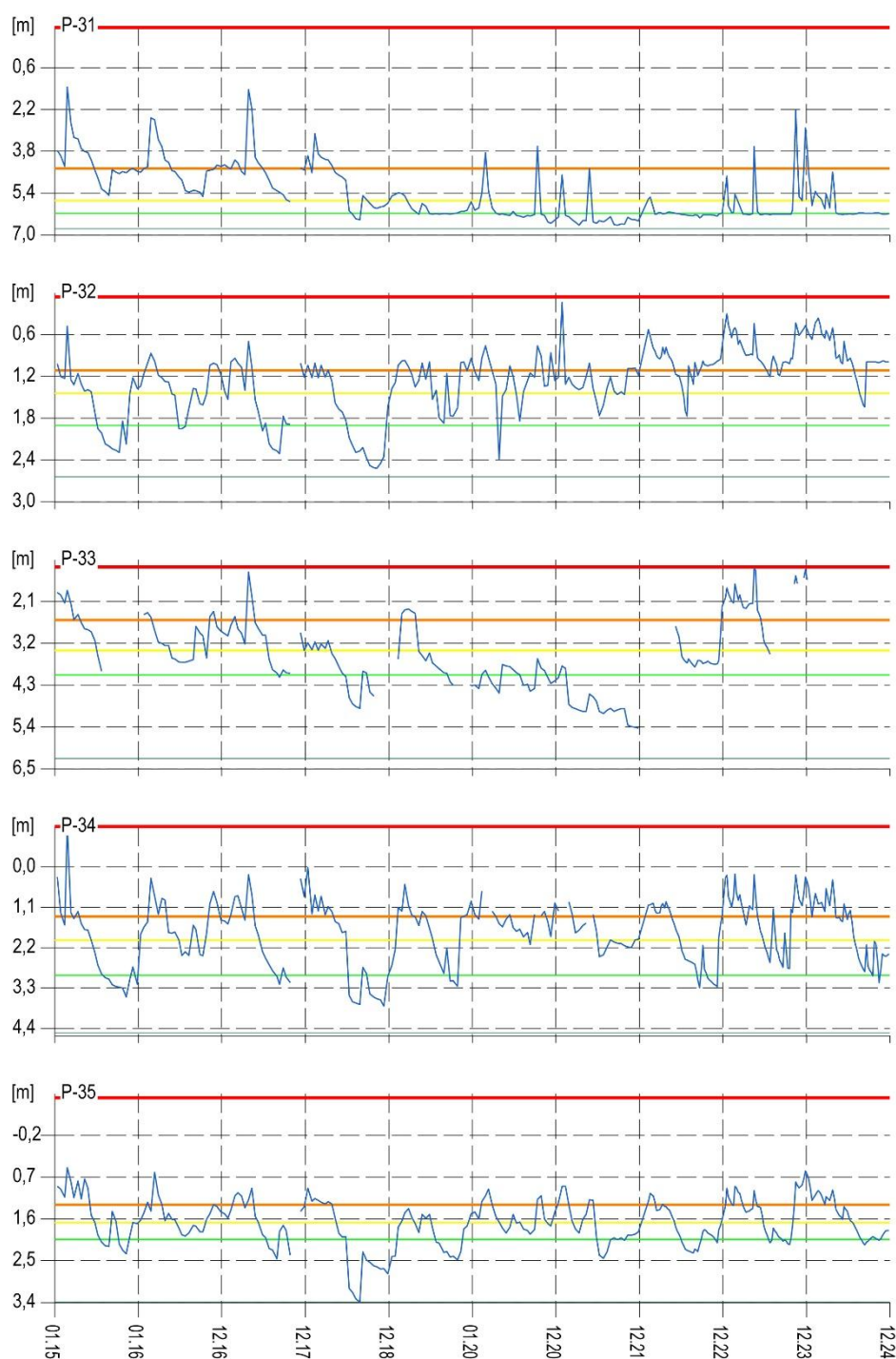


Obr. 4.1.12. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-13, P-16 – transportčná oblasť zosuvu, nachádzajúceho sa západne od železničného oblúka a P-20 – v blízkosti železničného oblúka), namerané v rokoch 2015 až 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

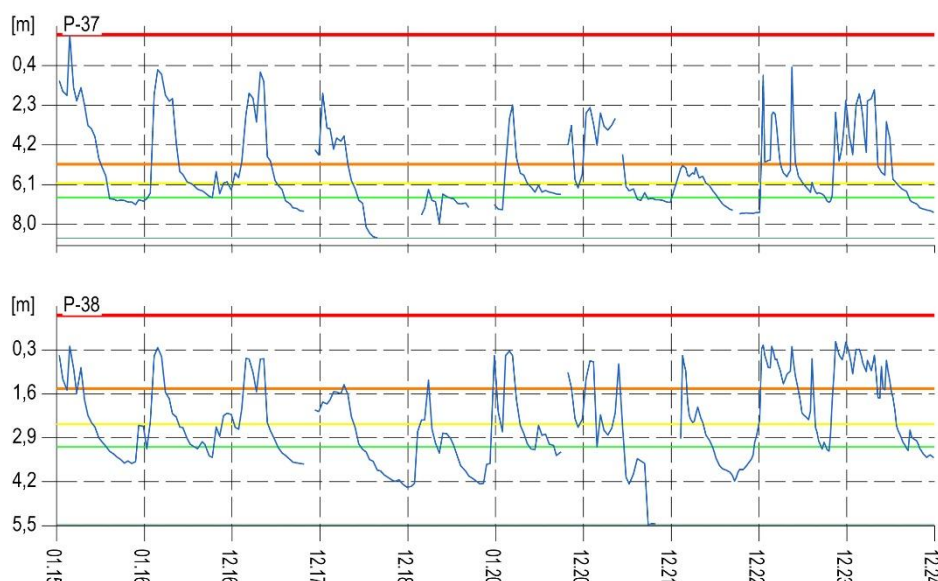
V hodnotenej dekáde (2015 – 2024) sa maximá hladiny podzemnej vody vyskytli najmä v roku 2015 (až v 5 vrtoch – P-26, P-27, P-28, P-34 a P-37). Prekročenia dlhodobých maximálnych úrovní hladiny v období monitorovania boli pozorované i v roku 2021, a to vo vrtoch P-21 a P-25 (v oboch vrtoch 29. januára). Vo viacerých vrtoch sa 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 160 kontrolných etáp (na množine 8 vrtoch – P-11, P-13, P-16, P-18, P-28, P-34, P-37 a P-38). Najčastejšie sa preliv podzemnej vody na ústí pažnice vyskytuje vo vrtoch P-11 (za posledných 10 rokov až v 80 prípadoch) a P-18 (55 prípadov), zriedkavejšie vo vrtoch P-16 (11 prípadov), P-34 (8 prípadov), P-37 (3 prípady). Vo vrtoch P-13, P-28 a P-38 bol zaznamenaný 1 prípad prelivu podzemnej vody. Do blízkosti terénu sa dostávajú hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch P-1, P-2, P-3, P-4, P-6, P-32, P-35, P-36 a J-317.



Obr. 4.1.13. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-21 až P-24, ktoré sa nachádzajú v oblasti Malej Hôrky), namerané v rokoch 2015 až 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.1.14. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-31 až P-35, ktoré sa nachádzajú v oblasti Jánošíkovej ul.), namerané v rokoch 2015 až 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.1.15. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-37 a P-38, ktoré sa nachádzajú v oblasti Jánošíkovej ul.), namerané v rokoch 2015 až 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko je vo vrte P-19 zabezpečené meranie hladiny podzemnej vody pomocou automatického hladinomera. Vrt sa nachádza v blízkosti železničnej trate, v zosuvnom území označenom ako „oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby“ (situovanie vrtu je znázornené na obr. 4.1.1).

V hodnotených rokoch 2023 a 2024 bolo zariadenie, rovnako ako v predchádzajúcom období, nastavené na záznam s hodinovým intervalom. V oboch rokoch však došlo v dôsledku technickej poruchy k výpadkom meraní. V tejto súvislosti je potrebné upozorniť, že zariadenie bolo inštalované do vrtu v roku 2003, pričom výrobcom deklarovaná technická životnosť je 10 rokov. Napriek tomu fungovalo bez vážnejších problémov takmer 20 rokov; od 18. novembra 2024 je zariadenie nefunkčné.

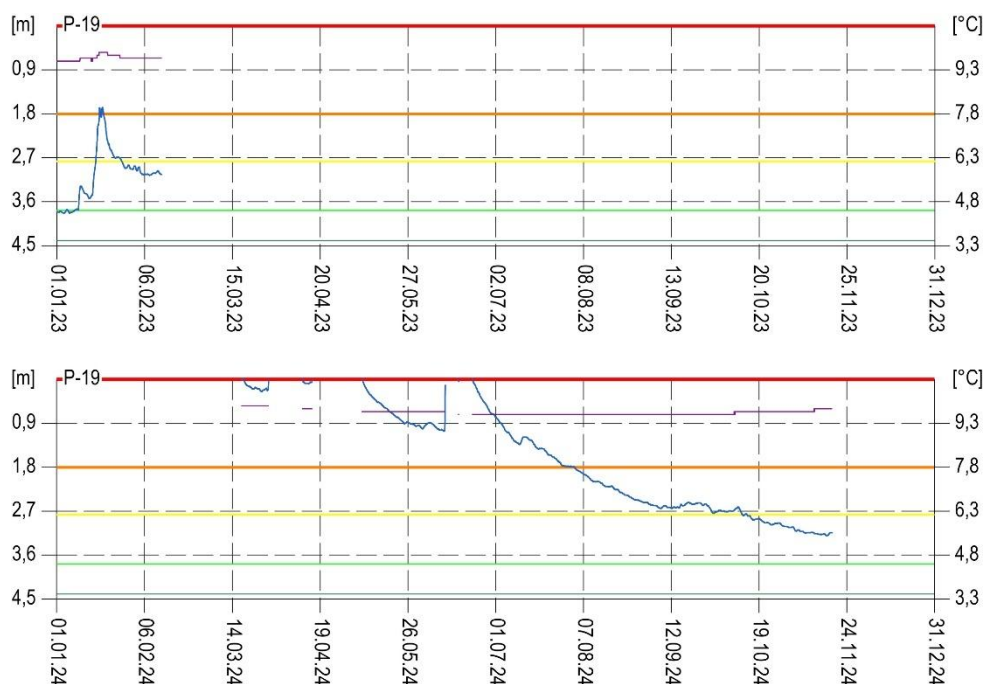
Dlhodobým problémom monitorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v uvedenom vrte je jej mimoriadne intenzívne kolísanie, a to až nad úroveň terénu. Spôsobené je prestupom podzemných vôd z viacerých horizontov s odlišnými hydraulickými gradientmi. Monitorovacie zariadenie nie je schopné zaznamenávať záporné hodnoty hladiny podzemnej vody (nad úrovňou terénu). To znamená, že pri pozitívnej vztlakovej hladine dochádza k výpadku záznamu. Z tohto dôvodu sú spracované len údaje, ktoré boli priamo namerané (pod úrovňou terénu).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2023 a 2024 sú znázornené na obr. 4.1.16 a výsledky za dlhšie obdobie monitorovania, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú na obr. 4.1.17. Základné štatistické hodnotenia sú prezentované v tab. 4.1.4 a 4.1.5.

Tab. 4.1.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2023.

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	1048	1,67	433,76	19. 1. 2023	3,84	431,59	3. 1. 2023	3,05	432,38	2,17

Poznámka: štatistické údaje prezentujú vývoj hladiny v období od 1. januára do 13. februára 2023.



Obr. 4.1.16. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2023 a 2024 vo vrte P-19 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO; pre graf za rok 2023 bolo RO od novembra 2003 do decembra 2022; pre graf za rok 2024 bolo RO od novembra 2003 do decembra 2023); modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os), červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.1.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2024.

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	4 813	0,00	435,43	17. 3. 2024	3,20	432,23	16. 11. 2024	1,79	433,64	3,20

Poznámka: štatistické údaje prezentujú vývoj hladiny v období od 17. marca do 18. novembra 2024.

Namerané hodnoty v roku 2023 zachytávajú obdobie od 1. januára do 13. februára. V dôsledku technickej poruchy došlo k výpadku meraní počas zvyšnej časti roka. Celkovo bolo zrealizovaných 1 048 meraní. Počas monitorovaného obdobia bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 19. januára s hĺbkou 1,67 m pod terénom (433,76 m n. m.). Minimálna hladina bola zaznamenaná 3. januára v hĺbke 3,84 m pod terénom (431,59 m n. m.). Priemerná hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody v hodnotenom období dosiahla 3,05 m pod terénom (432,38 m n. m.).

Maximálna teplota podzemnej vody v roku 2023 dosiahla hodnotu 9,9 °C a najnižšia teplota (9,7 °C).

V roku 2024 bolo zabezpečených 4 813 meraní, a to v období od 17. marca do 18. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody dosiahla po prvýkrát úroveň terénu (435,43 m n. m.) 17. marca. Išlo o prvý záznam po výpadku meraní spôsobenom technickou poruchou automatického hladinomera. Predpokladáme, že v predchádzajúcom období bola hladina podzemnej vody podobná, resp. piezometrická úroveň vystúpila nad úroveň terénu.

V ďalšej časti roka hladina podzemnej vody dosiahla alebo prekročila úroveň terénu ešte počas 1 097 meraní. Až do 6. mája sa hladina držala na úrovni terénu (prípadne aj mierne nad ňou), následne, približne počas jedného mesiaca, mala klesajúci trend. Tento pokles trval až do 9. júna, kedy hladina opäť prudko stúpila; v priebehu piatich hodín bol zaznamenaný vzostup o viac ako jeden meter, pričom opäť dosiahla úroveň terénu. Veľmi vysoký stav

pretrval až do druhej tretiny júna. Následne hladina opäť začala klesať, pričom zostupný trend pretrvával až do posledného zrealizovaného merania – 18. novembra 2024.

Minimálna hladina bola zaznamenaná 16. novembra v hĺbke 3,2 m pod terénom (432,23 m n. m.).

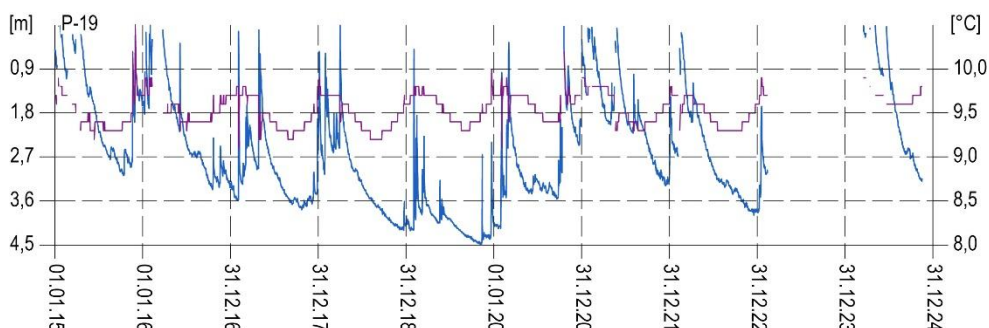
Priemerná hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody, vypočítaná z dostupných údajov (upozorňujeme, že chýbajúce záznamy z obdobia, kedy hladina podzemnej vody sa nachádzala na úrovni terénu, neboli vo výpočte zohľadnené), dosiahla 1,79 m pod úrovňou terénu (433,64 m n. m.). I napriek skutočnosti, že ide o jednu z najvyšších priemerných ročných hodnôt zaznamenaných počas monitorovania lokality, vzhľadom na neúplnosť časového radu meraní v hodnotenom roku, nie je možné túto hodnotu porovnať s ročnými priermi z predchádzajúcich rokov.

Maximálne zaznamenané kolísanie hladiny dosiahlo 3,2 m. Prvý kvartil hĺbok hladiny podzemnej vody bol na úrovni 2,64 m pod terénom, druhý kvartil na úrovni 2,06 m a tretí kvartil na úrovni 0,9 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,9 °C dňa 15. júna, zatiaľ čo najnižšia teplota s hodnotou 9,6 °C bola zaznamenaná 17. marca. Priemerná ročná teplota v hodnotenom období predstavovala 9,7 °C. Celková amplitúda teplotných zmien podzemnej vody v roku 2024 predstavovala 0,3 °C.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia možno konštatovať, že kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody súvisí s pravidelným striedaním ročných období. Istý periodický charakter vykazujú najmä termíny výskytu minimálnej hladiny podzemnej vody, ktoré sa zvyčajne viažu na koniec kalendárneho roka alebo na jeho prelom. Celková minimálna hodnota hladiny bola zaznamenaná v roku 2019 (11. november – 4,5 m pod terénom).

Hladina podzemnej vody pomerne často dosahuje úroveň terénu, najmä v období jarného topenia snehovej pokrývky. Tento jav predstavuje negatívny aspekt v rámci monitorovania hladiny podzemnej vody, pretože je pravdepodobne spôsobený nevhodným technickým vystrojením vrtu. Predpokladáme, že technický nedostatok súvisí s neprimerane dlhou filtračnou časťou vystrojenia vrtu, v dôsledku čoho je kolísanie monitorovanej hladiny ovplyvňované zmenami vo viacerých zvodnených horizontoch. V tejto súvislosti je potrebné taktiež podotknúť, že táto skutočnosť poukazuje na prítomnosť zvodnených vrstiev s výrazne napätou hladinou podzemnej vody, ktoré môžu významne vplývať na stabilitné pomery celého zosuvného územia. Existujúca monitorovacia sieť však neumožňuje dostatočne detailne rozlíšiť jednotlivé zvodnené hydrogeologické úrovne a ani ich vplyv na stabilitu svahovej deformácie. Na tento účel by bolo vhodné doplniť existujúcu monitorovaciu sieť o snímače pórového tlaku alebo o piezometrické vrty s presne definovanou filtračnou časťou.



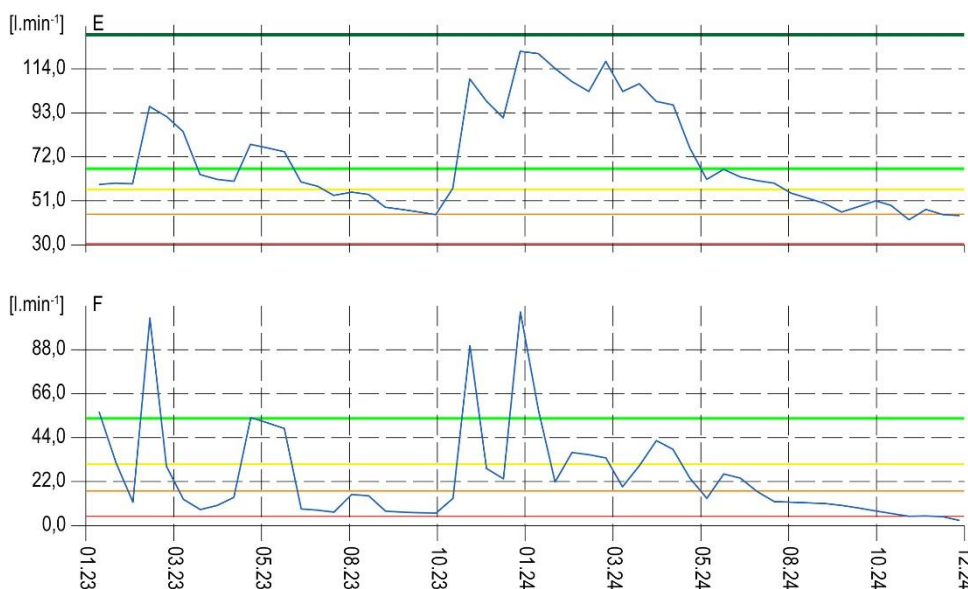
Obr. 4.1.17. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody v rokoch 2015 až 2024, zaznamenané automatickým hladinomerom, na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os).

b) Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko je pozorovaných 10 odvodňovacích zariadení (tab. 4.1.1). Štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.1.6 a 4.1.7; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.1.1, 4.1.3 a 4.1.3. Grafické zobrazenie výsledkov nameraných v rokoch 2023 a 2024 je na obr. 4.1.18 až 4.1.20. Dlhodobý vývoj výdatnosti odvodňovacích zariadení je zobrazený na obr. 4.1.21 až 4.1.23.

Tab. 4.1.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2023.

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		
E	26	122,40	28. 12. 2023	44,40	19. 10. 2023	69,43	78,00
F	26	106,80	28. 12. 2023	6,24	19. 10. 2023	29,83	100,56
HV-101	26	1,22	16. 11. 2023	0,01	5. 10. 2023	0,38	1,21
HV-102	26	2,44	18. 5. 2023	0,07	19. 10. 2023	0,67	2,37
HV-6	26	2,40	28. 12. 2023	0,24	19. 10. 2023	0,77	2,16
HV-7	26	20,64	28. 12. 2023	7,92	12. 1. 2023	12,09	12,72
HV-8a	26	3,98	18. 5. 2023	0,00	26. 7. 2023	suchý počas 6 kontrolných etáp	
HV-8b	26	1,08	23. 2. 2023	0,24	26. 7. 2023	0,46	0,84
JH-5	26	109,20	18. 5. 2023	0,94	23. 3. 2023	suchý počas 15 kontrolných etáp	
JH-6	26	2,00	12. 1. 2023	1,14	28. 12. 2023	1,41	0,86



Obr. 4.1.18. Vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích zariadeniach (ústie potrubia zo šachty) E a F na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (časť Malá Hôrka) v rokoch 2023 a 2024, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť (na výtokovom potrubí zo šachty F nie je maximálna výdatnosť zobrazená kvôli lepšej čitateľnosti grafu; v čase referenčného obdobia bola nameraná maximálna výdatnosť s hodnotou 454,73 l.min⁻¹). Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: január 2001 – december 2022.

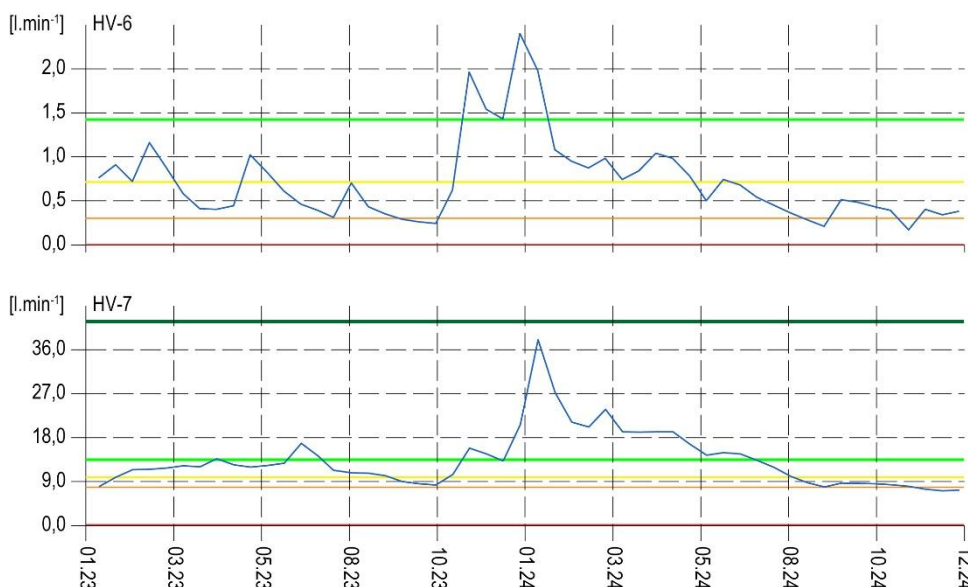
V roku 2023 bolo zabezpečených 26 kontrolných meracích etáp. Merania sa realizovali v období od 12. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na ústiach potrubí, ktoré odvádzajú vodu zo šacht E (122,4 l.min⁻¹) a F (106,8 l.min⁻¹), ale aj z vrty JH-5 (109,2 l.min⁻¹). Prietok nad 20 l.min⁻¹ bol nameraný vo vrte HV-7, v ostatných vrtoch boli maximálne prietoky v intervale 1,08 (HV-8b) až 3,98 l.min⁻¹ (HV-8a). Najvyššie výdatnosti boli namerané počas 18. mája (vo vrtoch: HV-102, HV-8a a JH-5), čo koreluje s výskytom intenzívnych májových zrážok, ale aj maximálnymi stavmi hladiny podzemnej vody; ešte

výraznejší vzostup výdatnosti na odvodňovacích vrtoch bol pozorovaný na konci decembra (vo vrtoch: E, F, HV-6 a HV-7).

Minimálne hodnoty výdatnosti na úrovni l.min^{-1} boli sledované vo vrtoch HV-101, HV-102 a HV-8a (od 0,01 do $0,07 \text{ l.min}^{-1}$). Navyše, vrt JH-5 bol až počas 15 meraní suchý. Pomerne často bola nulová výdatnosť pozorovaná aj vo vrte HV-8a (počas 6 kontrolných meraní).

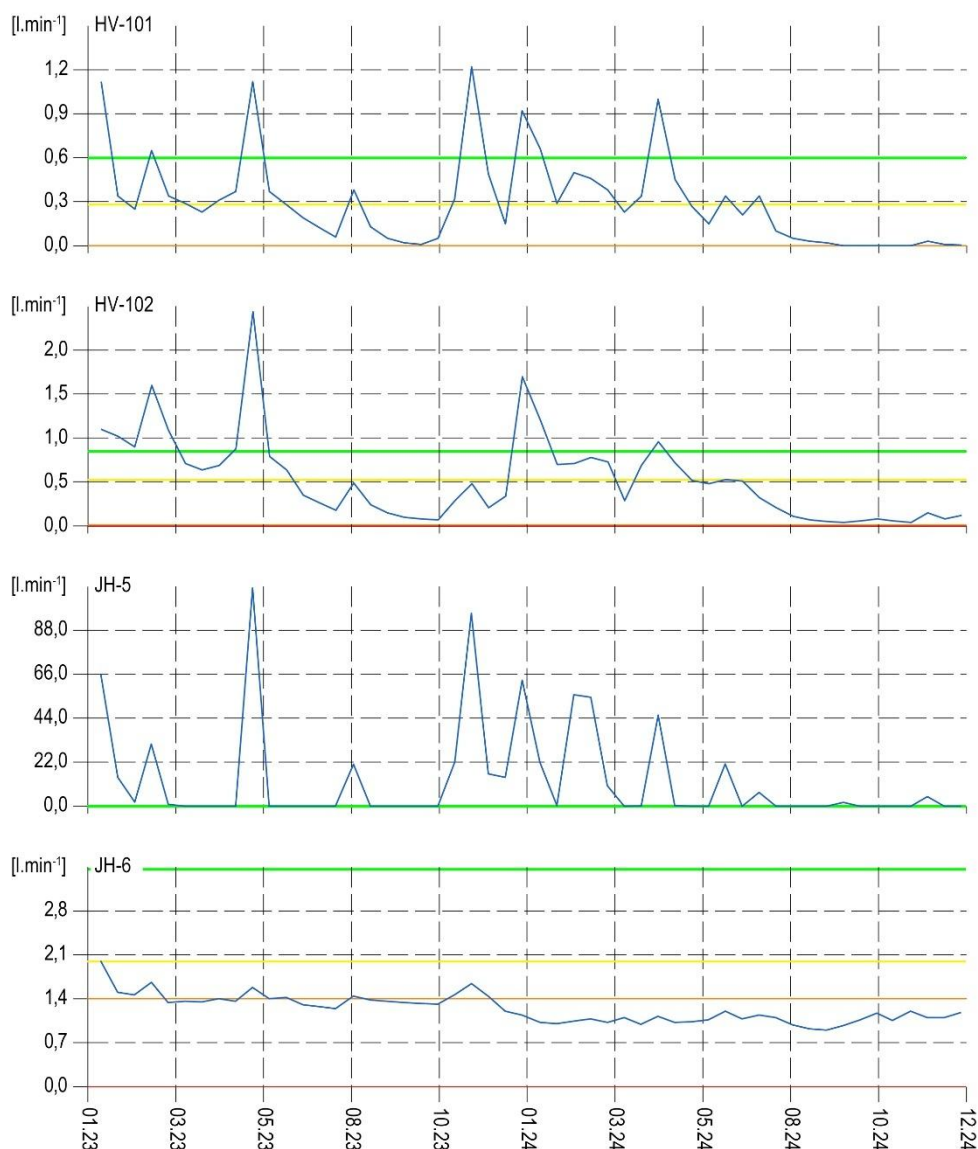
Tab. 4.1.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2024.

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		
E	26	121,20	12. 1. 2024	42,00	15. 11. 2024	72,41	79,20
F	26	57,60	12. 1. 2024	2,56	27. 12. 2024	19,81	55,04
HV-101	26	1,00	19. 4. 2024	0,00	20. 9. 2024	suchý počas 5 kontrolných etáp	
HV-102	26	1,20	12. 1. 2024	0,04	20. 9. 2024	0,39	1,16
HV-6	26	1,98	12. 1. 2024	0,17	15. 11. 2024	0,66	1,81
HV-7	26	38,00	12. 1. 2024	7,08	13. 12. 2024	14,74	30,92
HV-8a	26	2,68	12. 1. 2024	0,00	26. 7. 2024	suchý počas 9 kontrolných etáp	
HV-8b	26	0,63	12. 1. 2024	0,11	6. 9. 2024	0,29	0,52
JH-5	26	55,80	9. 2. 2024	0,00	22. 3. 2024	suchý počas 13 kontrolných etáp	
JH-6	26	1,20	14. 6. 2024	0,90	6. 9. 2024	1,06	0,30



Obr. 4.1.19. Vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích vrtoch HV-6 a HV-7 na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (časť Malá Hôrka, severovýchodná časť zosuvného územia) v rokoch 2023 a 2024, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť (vo vrte HV-6 nie je zobrazená, a to kvôli lepšej čitateľnosti grafu, maximálna výdatnosť bola nameraná na úrovni $38,48 \text{ l.min}^{-1}$). Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: január 2001 – december 2022.

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2023 dosiahla $154,15 \text{ l.min}^{-1}$. Najvyššia priemerná výdatnosť bola nameraná na výtoku zo šachty E, a to až $69,44 \text{ l.min}^{-1}$. Vysoká hodnota priemernej výdatnosti bola nameraná aj na výtokovom potrubí zo šachty F – $29,83 \text{ l.min}^{-1}$. Za zmienku stojí aj priemerná výdatnosť nameraná na samostatne stojacom odvodňovacom vrte JH-5. V roku 2023, a to i napriek tomu, že vrt bol počas 13 meraní suchý, priemerná výdatnosť vo vrte dosiahla $38,11 \text{ l.min}^{-1}$.



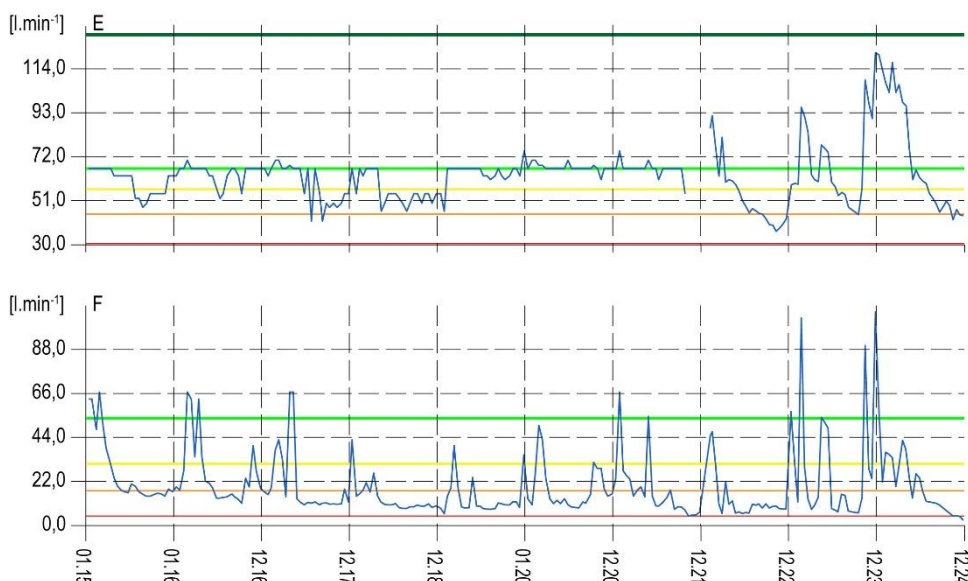
Obr. 4.1.20. Vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích vrtoch HV-101, HV-102, JH-5 a JH-6 na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (Jánošíkova ulica) v rokoch 2023 a 2024, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil (maximálna nameraná výdatnosť v jednotlivých odvodňovacích vrtoch kvôli lepšej čitateľnosti grafov nie je zobrazovaná; počas referenčného obdobia boli v jednotlivých vrtoch namerané maximá: HV-101 – 14,42 l.min⁻¹, HV-102 – 14,56 l.min⁻¹, JH-5 – 666,66 l.min⁻¹, JH-6 – 63,51 l.min⁻¹). Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: január 2001 – december 2022.

Maximálne kolísanie prietoku drénovanej vody bolo zaznamenané na spomenutom vrte JH-5 (108,26 l.min⁻¹). Podobná hodnota amplitúdy bola stanovená aj pre výtokový objekt zo šachty F – 100,56 l.min⁻¹. Množstvo odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.1.18 až 4.1.20.

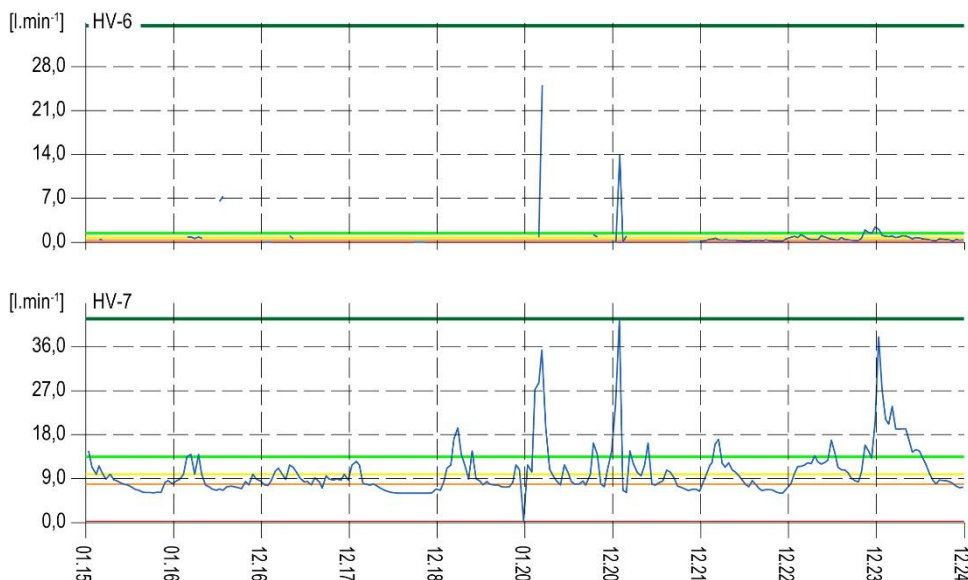
V roku 2024 bolo zabezpečených 26 kontrolných etapových meraní. Merania sa realizovali v období od 12. januára do 27. decembra v dvojtyždenných intervaloch.

Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na skupinách vrtoz ústiach do šácht E a F (121,20 a 57,60 l.min⁻¹). Veľmi vysoké hodnoty výdatnosti boli namerané aj na ústí vrtu JH-5 (55,80 l.min⁻¹), ktorý sa nachádza v oblasti Jánošíkovej ul. a pomerne vysoký maximálny prietok bol zaznamenaný i na vrte HV-7 (38,0 l.min⁻¹). Celkove sa maximálne prietoky vyskytovali v intervale od 0,63 (HV-8b) do 92,0 l.min⁻¹ (v spomínanom objekte E). K výskytu

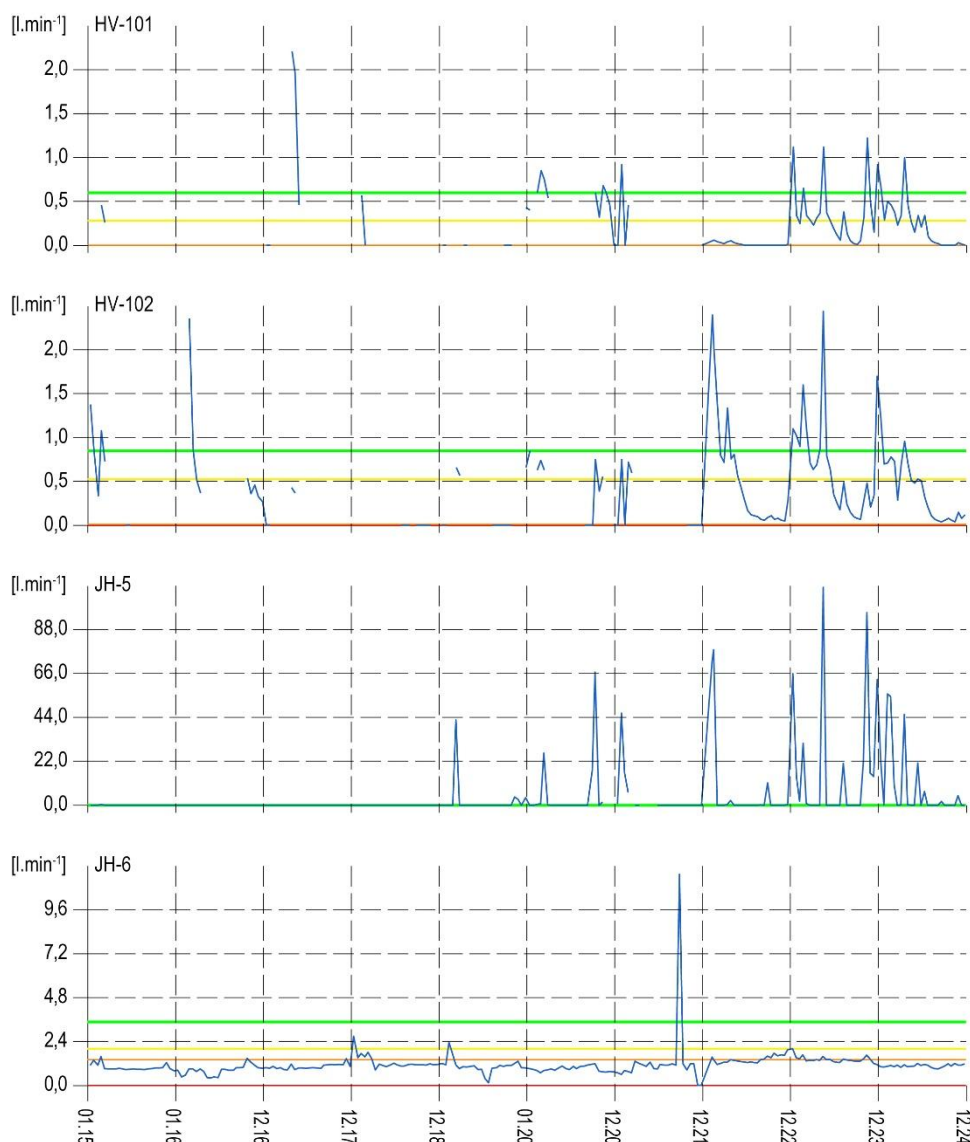
maximálnych prietokov došlo prevažne počas prvého januárového merania (až v 7 z 10 odvodňovacích zariadení – E, F, HV-102, HV-6, HV-7, HV-8a, HV-8b), ojedinele však aj vo februári (JH-5), apríli (HV-101) a júni (JH-6).



Obr. 4.1.21. Dlhodobý vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích zariadeniach (ústie potrubia zo šacht) E a F na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (časť Malá Hôrka) v rokoch 2015 až 2024, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť (na výtokovom potrubí zo šachty F bola v čase referenčného obdobia nameraná maximálna výdatnosť s hodnotou 454,73 l.min⁻¹). Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: január 2001 – december 2022.



Obr. 4.1.22. Dlhodobý vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích vrtoch HV-6 a HV-7 na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (časť Malá Hôrka, severovýchodná časť zosuvného územia) v rokoch 2015 až 2024, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), 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: január 2001 – december 2022.



Obr. 4.1.23. Dlhodobý vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích vrtoch HV-101, HV-102, JH-5 a JH-6 na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (Jánošíkova ulica) v rokoch 2015 až 2024, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil (maximálna nameraná výdatnosť v jednotlivých odvodňovacích vrtoch: HV-101 – 14,42 l.min⁻¹, HV-102 – 14,56 l.min⁻¹, JH-5 – 666,66 l.min⁻¹, JH-6 – 63,51 l.min⁻¹. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: január 2001 – december 2022.

Minimálne prietoky boli zaznamenané prevažne v druhej časti roka (výnimkou je minimálna výdatnosť odvodňovacieho vrtu JH-5, ktorá bola nameraná 22. marca – v tomto termíne bol vrt suchý). Minimálne hodnoty prietoku boli viazané prevažne na mesiace september (HV-8b, JH-6, HV-102 a HV-101), november (E a HV-6) a december (HV-7 a F). Jesenné termíny minimálnych prietokov súvisia s poklesom hladiny podzemnej vody, ktorý bol vo viacerých piezometroch pozorovaný taktiež v druhej polovici roka. Hodnoty minimálnych výdatností sa pohybovali v rozmedzí od 0,0 (okrem vrtu JH-5, aj vrty HV-8a a HV-101) do 42,0 l.min⁻¹ (výtokové potrubie zo šachty E). Vrt JH-5 bol suchý počas 13 meraní, vrt HV-8a počas 9 meraní a HV-101 počas piatich meraní.

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých objektov s merateľnými prietokmi v roku 2024 dosiahla 118,58 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pomerne výrazný pokles,

a to až o $35,57 \text{ l.min}^{-1}$ (medziročné porovnanie bolo vykonané na základe výsledkov, nameraných na množine odvodňovacích zariadení uvedených v tab. 4.1.7).

Najväčšie kolísanie prietokov drénovanej vody bolo zaznamenané vo vrtoch s najvyššími výdatnosťami (HV-7 – $30,92 \text{ l.min}^{-1}$; F – $55,04 \text{ l.min}^{-1}$; JH-5 – $55,8 \text{ l.min}^{-1}$; E – $79,2 \text{ l.min}^{-1}$), naopak, minimálne ročné amplitúdy boli namerané vo vrtoch JH-6 ($0,3 \text{ l.min}^{-1}$) a HV-8b ($0,52 \text{ l.min}^{-1}$).

Pri analýze záznamov z posledného desaťročia (obr. 4.1.21 až 4.1.23) možno konštatovať, že vyššie hodnoty sledovanej spoločnej výdatnosti sú dosahované prevažne v zimných a jarných mesiacoch. Sezónne zmeny výdatnosti súvisia 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 rokoch 2022 až 2024 boli vo viacerých vrtoch pozorované vzostupy prietokov. Týka sa to najmä výtokových potrubí zo šácht E a F, ale aj odvodňovacích vrtov HV-102, HV-7 a JH-5. Maximálne výdatnosti namerané v roku 2023 na objektoch E a JH-5 predstavujú najvyššie hodnoty v rámci lokality počas celého obdobia monitorovania (E – $122,40 \text{ l.min}^{-1}$ – 28. december, 109 l.min^{-1} – 16. november; JH-5 – $109,2 \text{ l.min}^{-1}$ – 18. máj). Celkove je možné konštatovať, že v posledných troch rokoch, v rámci hodnoteného desaťročného intervalu, došlo k vzostupu výdatnosti, sledovanej na odvodňovacích zariadeniach.

c) Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Handlová s indikatívom 30080. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2022 predstavuje $837,03 \text{ mm}$ a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol $1\,328,5 \text{ mm}$ (rok 2010); priemerný mesačný úhrn $69,8 \text{ mm}$ a maximálny mesačný úhrn $288,2 \text{ mm}$ (august 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 16. júla 2010 do 15. augusta 2010) dosiahol $335,8 \text{ mm}$.

V roku 2023 bol nameraný zrážkový úhrn $1\,148,90 \text{ mm}$, čo zodpovedá $137,26 \%$ dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra ($167,2 \text{ mm}$) a najvyšší denný úhrn 5. augusta ($46,8 \text{ mm}$). Najsuchším mesiacom bol apríl s $44,6 \text{ mm}$ zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. októbra do 17. novembra ($233,60 \text{ mm}$) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 18. augusta do 17. septembra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol $12,1 \text{ mm}$. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 11 dní (od 10. do 20. novembra) s úhrnom $65,7 \text{ mm}$.

V priebehu roka 2024 bol na meteorologickej stanici SHMÚ Handlová zaznamenaný celkový zrážkový úhrn $792,2 \text{ mm}$, čo predstavuje $94,64 \%$ z dlhodobého priemeru. Z hľadiska hodnotenia množstva zrážok je možné tento rok označiť za zrážkovo normálny. Najvyšší mesačný úhrn sa vyskytol v septembri, kedy spadlo $132,9 \text{ mm}$ zrážok. Najintenzívnejšie jednodňové zrážky boli zaznamenané 14. septembra, keď za jediný deň napršalo $45,0 \text{ mm}$. Naopak, najmenšie množstvo zrážok priniesol december – počas tohto mesiaca napršalo len $14,3 \text{ mm}$. Najvyšší tridsaťdňový úhrn bol zaznamenaný medzi 6. septembrom a 6. októbrom, pričom počas tohto obdobia spadlo spolu $166,1 \text{ mm}$ zrážok. Počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, ktoré trvalo od 15. októbra do 13. novembra, nebol zaznamenaný žiadny úhrn – zrážky úplne absentovali.

Najdlhšie obdobie s opakovaným výskytom zrážok trvalo 7 po sebe nasledujúcich dní, od 1. do 7. januára. V skutočnosti však zrážková aktivita začala už 31. decembra 2023, čím sa obdobie s výskytom dažďa predĺžilo na celkovo 8 dní. Počas tohto časového úseku spadlo spolu $54,3 \text{ mm}$ zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú monitorovacie aktivity zabezpečované v troch samostatných zosuvných územiach (západná časť intravilánu mesta Handlová).

V roku 2024 boli merania zamerané na sledovanie hlavného zosuvotvorného faktora – zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a taktiež na veľkosť výdatnosti odvodňovacích vrtov ako hlavného sanačného opatrenia. Merania pokračovali s týždennou frekvenciou (meranie úrovne HPV), resp. s dvojtýždňovou frekvenciou (meranie výdatnosti odvodňovacích vrtov), ktorá bola zavedená ešte v roku 2022.

Pri hodnotení výsledkov etapových kontrolných meraní hĺbky hladiny podzemnej vody možno konštatovať, že maximálne hladiny boli dosahované predovšetkým na začiatku kalendárneho roka, prevažne počas prvého etapového merania. V rámci tejto kontrolnej etapy bola maximálna hladina nameraná až v 16 vrtoch. Nad úroveň terénu nebola hladina podzemnej vody výnimočne nameraná ani v jednom vrte. Do tesnej blízkosti terénu sa však počas hodnoteného roku dostala hladina podzemnej vody vo vrtoch P-1, P-2, P-16, P-32, P-34a P-38 (maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale od 0,03 – P-16 do 0,44 – P-1). Pomerne vysoko vystúpili aj hladiny podzemnej vody vo vrtoch P-3, P-13 a P-35. V uvedených vrtoch sa počas roka maximálne stavy hladiny podzemnej vody nachádzali v intervale od 0,52 (P-3) do 0,65 m pod terénom (P-35). Navyše, vo vrtoch VP-41 a P-22 boli v roku 2024 namerané najvyššie hladiny za celé obdobie monitorovania, pričom vo vrte VP-41 sú monitorovanie aktivity zabezpečované od roku 2000 a vo vrte P-22 od roku 2003.

Z hľadiska hodnotenia stabilitných pomerov za nepriaznivé považujeme najmä tie prípady, kedy hladina podzemnej vody vystupuje nad úroveň terénu. V roku 2024, podobne ako po minulé roky, bola pozitívna vztlaková hladina podzemnej vody pozorovaná vo vrte P-19, ktorý je od roku 2003 monitorovaný automatickým hladinomerom. Vrt je v priamom kontakte s ochranným pásom železnice, v oblasti nad bytovou výstavbou. V roku 2024 bola úroveň terénu, resp. i vyššia, dosiahnutá bezmála počas 1 100 meraní. V súvislosti s meraniami zabezpečovanými automatickým hladinomerom je potrebné uviesť, že v posledných rokoch, vzhľadom na všeobecné zastaranie celej automatickej inštrumentácie, dochádza k pomerne častým technickým poruchám a tým pádom i k výpadkom v časových radoch meraní hĺbky hladiny podzemnej vody. V nadväznosti na vzniknuté problémy boli o danej skutočnosti informovaní zástupcovia SGaPZ MŽP SR počas pravidelného pracovného rokovania (za rok 2024), ktorí prisľúbili riešenie vzniknutého problému. Navrhli, že SGaPZ MŽP SR pre účely kontinuálneho monitorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody zabezpečí potrebný počet automatických hladinomerov. K obstaraniu a inštalácii automatických hladinomerov do vytypovaných vrtov má dôjsť v roku 2025.

V súvislosti s režimovými meraniami na vybudovanej sieti pozorovacích (piezometrických) vrtov je potrebné upozorniť na viacero vážnych problémov. Tak, ako sme už viackrát naznačili, monitorovacie objekty boli vybudované za účelom sledovania podzemnej vody, avšak ich filtračné časti sú v mnohých prípadoch neúmerne dlhé, čo spôsobuje problémy pri správnej interpretácii kolísania hladiny podzemnej vody. V mnohých prípadoch došlo vybudovaním monitorovacieho objektu k prepojeniu dvoch, prípadne viacerých zvodnených horizontov. Uvedená skutočnosť sa prejavuje skreslením nameraných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody. Riešením problému je dobudovanie nových monitorovacích objektov, ktoré budú spĺňať kvalitatívne požiadavky monitorovacieho piezometrického vrtu.

Na základe pravidelných rekognoskácií možno konštatovať, že v zosuvnom území postupne dochádza k poškodzovaniu vybudovanej monitorovacej siete. Veľmi zlá situácia je v oblasti zosuvného územia na Jánošíkovej ulici. Vandalizmom došlo k odstráneniu viacerých ochranných pažníc piezometrických vrtov, čo zhoršuje, a v niektorých prípadoch i znemožňuje,

výkon monitorovacích meraní. Navyiac, vplyvom spomenutého vandalizmu dochádza k zasypávaniu vrtov.

V prípade odvodňovacích vrtov došlo k výraznému poklesu výdatnosti. Maximálne prietoky boli pozorované, okrem pár prípadov, výlučne v januári. Najvyššie prietoky boli namerané na ústiach odvodňovacích potrubí zo šácht E a F; veľmi vysoké hodnoty prietokov však boli namerané aj v samotných vrtoch JH-5 a HV-7. Ide o vrty, ktoré v období zvýšených hladín podzemnej vody mimoriadne efektívne odvádzajú podzemnú vodu mimo zosuvné územie. Vrty HV-101, HV-8a a tiež JH-5, boli počas viacerých kontrolných meraní suché.

Po kritickej deformácii – „ustrihnutí“ inklinometrického vrtu AH-3, ktorý sa nachádza v oblasti Jánošíkovej ul., nie je možné pokračovať v zabezpečovaní meraní pohybovej aktivity zosuvného územia. V súvislosti s nameranou deformáciou na úrovni šmykovej plochy, ktorá sa nachádza v hĺbke 5,57 m pod terénom, bolo zosuvné územie v oblasti Jánošíkovej ul. zaradené do zoznamu lokalít navrhnutých na inžinierskogeologický prieskum, následnú sanáciu a prípadné monitorovanie v rámci Programu prevencie a manažmentu zosuvných rizík na roky 2021 až 2029.

Na zosuvnom území prebiehalo v relatívne krátkom období monitorovanie pohybovej aktivity prostredníctvom dvoch inklinometrických vrtov. Merania sa realizovali nielen na už spomínanej Jánošíkovej ceste, ale aj v oblasti nad železničným oblúkom bez bytovej zástavby. Namerané hodnoty a najmä výsledky ich analýz však poukázali na technické problémy súvisiace so zabudovaním jedného z inklinometrických vrtov. Z tohto dôvodu boli kontrolné etapové merania pozastavené. Do budúcnosti, z hľadiska hodnotenia stabilitného stavu, odporúčame rozšíriť monitorovaciu sieť o objekty umožňujúce meranie posunov alebo deformácií. Bez takéhoto doplnenia nie je možné efektívne posúdiť aktuálny stabilitný stav ani spoľahlivo hodnotiť zosuvný hazard, najmä zosuvné riziko na monitorovanom zosuvnom území. K lepšiemu poznaniu pohybovej aktivity by významne prispela sieť inklinometrických vrtov alebo kútových odrazných bodov pre technológiu InSAR.

V roku 2025 plánujeme na zosuvnej lokalite pokračovať v monitorovaní režimových ukazovateľov – meranie hĺbky hladiny podzemnej vody a množstva vody odvádzanej odvodňovacími zariadeniami. Okrem terénnych meraní bude zabezpečené spracovanie klimatických údajov zo stanice SHMÚ. Zároveň, ako už bolo uvedené, na základe návrhu zástupcov SGA PZ MŽP SR, plánujeme do vybraných vrtov inštalovať automatické hladinoměry pre kontinuálny záznam vývoja zmien hĺbky hladiny podzemnej vody.

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. 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 v uvedenom období predstavovalo vážnu hrozbu pre viaceré obytné objekty.

V roku 2022 bol na zosuvnej lokalite upravený rozsah a frekvencia režimových pozorovaní. Výlučne ručné merania boli nahradené automatickým záznamom s hodinovou frekvenciou.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2023 a 2024, sú zhrnuté v tab. 4.2.1.

Tab. 4.2.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	JK-3 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	Kontinuálne (každú hodinu)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

a) Merania hĺbky hladiny podzemnej vody – vyhodnotenie výsledkov meraní automatickým hladinomerom

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta boli do roku 2021 zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 9 vrtoch (situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.2.1). Od 31. mája 2022 sú merania zabezpečované vo vrte JK-3 automatickým hladinomerom. Monitorovacie zariadenie je nastavené na záznam s hodinovým intervalom. Žiaľ, v roku 2023 došlo k poruche na automatickom hladinomery. Z tohto dôvodu boli merania realizované len v mesiacoch január, február, november a december. Celkovo bolo v roku 2023 zabezpečených 1 997 meraní.

V roku 2024, rovnako z dôvodu technickej poruchy, boli merania zabezpečované do 18. novembra. V tejto súvislosti, rovnako ako je to v prípade ostatných automatických hladinomerov, je možné konštatovať, že zariadenia už dávno prekročili hranicu svojej technickej životnosti, deklarovanej výrobcom.



Obr. 4.2.1. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta – situácia monitorovaných objektov, na ktorých boli do roku 2021 zabezpečované režimové pozorovania (od roku 2022 sú merania zabezpečované prostredníctvom automatického hladinomeru vo vrte JK-3, ktorý je označený oranžovým bodom; 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. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2023.

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.]	
JK-3	1 997	0,57	486,20	22. 12. 2023	3,84	482,93	3. 1. 2023	2,31	484,46	3,27

Poznámka: štatistické údaje prezentujú vývoj hladiny v období od 1. januára do 13. februára a od 22. novembra do 31. decembra 2023.

Aj napriek neúplnému záznamu o vývoji zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte JK-3 je možné konštatovať, že v roku 2023 mala podzemná voda vzostupný charakter. Najhlbšie pod terénom bola nameraná 3. januára (3,84 m pod terénom; 482,93 m n. m.). V súvislosti s intenzívnymi januárovými zrážkami došlo v prvej polovici mesiaca k jej vzostupu, a to na úroveň 2,45 m pod terénom (27. január). Výraznejší vzostup bol pozorovaný na konci roka. Podobne, vplyvom zrážkovej činnosti, došlo k nárastu hladiny podzemnej vody na úroveň 0,57 m pod terénom. Ide o najvyššiu úroveň nameranú v danom vrte od začiatku monitorovania (december 1999). V minulosti bola najvyššia hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 0,9 m pod terénom (v septembri 2010).

Priemerná hodnota z nameraných hĺbok hladiny podzemnej vody dosiahla 2,32 m pod terénom a celkové kolísanie 3,27 m.

Tab. 4.2.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2024.

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.]	
JK-3	7 741	0,85	485,92	7. 1. 2024	3,42	483,35	15. 11. 2024	2,29	484,48	2,57

Poznámka: štatistické údaje prezentujú vývoj hladiny v období od 1. januára do 18. novembra 2024.

Z nameraných údajov z roku 2024 vyplýva, že hladina podzemnej vody počas zimného a čiastočne aj jarného obdobia kolísala v blízkosti terénu. Najvyššie vystúpila 7. januára, a to

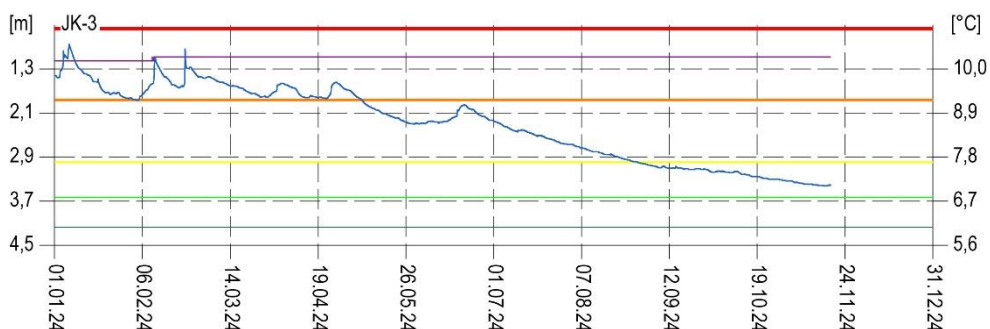
až na úroveň 0,85 m pod terénom. Podobné vzostupy boli pozorované aj v mesiaci február; napr. 24. februára vystúpila na úroveň 0,94 m pod terénom. Na skutočnosť, že hladina podzemnej vody sa počas pravých 4 mesiacov nachádzala pomerne plytko pod terénom, poukazuje i priemerná hodnota stanovená pre obdobie január až apríl, ktorá dosahuje 1,59 m pod terénom.

V nasledujúcom období začala hladina podzemnej vody pomerne intenzívne klesať. Zostupný trend pretrval až po posledný nameraný záznam, pričom v druhej polovici júna bol prerušený vzostupom hladiny podzemnej vody, ktorý je možné spojiť s výdatnejšími zrážkami z prvej polovice mesiaca júl. K 15. júlu dosahovali 30-dňové kumulatívne zrážky až 153,5 mm.

Minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná 15. novembra s hodnotou 3,42 m pod terénom (483,35 m n. m.).

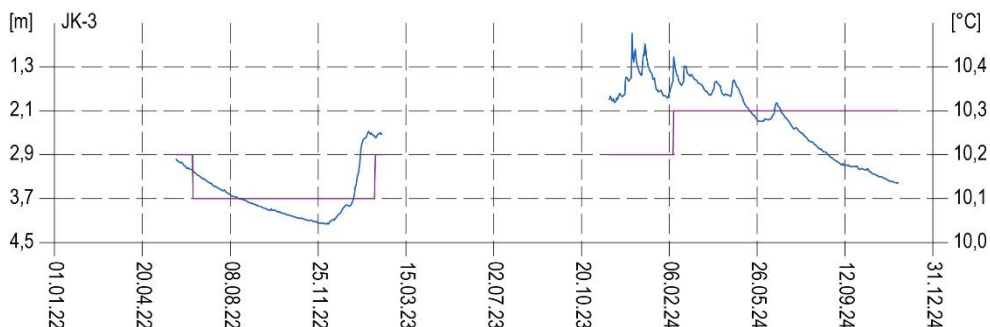
Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla úroveň 2,29 m pod terénom a celkové kolísanie 2,57 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody dosiahol 2,98 m pod terénom, 2. kvartil 2,23 m pod terénom a 3. kvartil 1,71 m pod terénom. Pribeh hladiny podzemnej vody spolu so zmenami jej teploty je znázornený na obr. 4.2.2.

Teplota podzemnej vody kolísala len nepatrne, a to v rozsahu 10,2 až 10,3 °C; jej priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,3 °C.



Obr. 4.2.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v roku 2024 vo vrte JK-3 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO; od mája 2022 do novembra 2024); modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os), červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Z výsledkov meraní realizovaných počas dlhšieho časového obdobia (máj 2022 až november 2024), ktoré sú prezentované na obr. 4.2.3, vyplýva, že hladina podzemnej vody kolísala v rozsahu od 0,69 m do 4,16 m pod úrovňou terénu. Z grafu je zároveň zrejmé, že v letných, ako aj čiastočne v jarných a jesenných mesiacoch dochádzalo k plynulému poklesu hladiny podzemnej vody. Naopak, vzostup hladiny bol typický pre zimné obdobia.



Obr. 4.2.3. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody v rokoch 2022 až 2024, zaznamenané automatickým hladinomerom, na lokalite Handlová-Kunešovská cesta. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os).

V dôsledku technických porúch spôsobených zastaraním monitorovacieho zariadenia dochádzalo počas obdobia monitorovacích meraní na lokalite Handlová-Kunešovská cesta k opakovaným výpadkom v zázname údajov. Z uvedeného dôvodu v roku 2025 prerušujeme monitorovacie merania na danej lokalite.

b) Merania zrážkových úhrnov

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

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Handlová-Kunešovská cesta prebiehajú monitorovacie aktivity v oblasti situovanej nad zástavbou rodinných domov v juhovýchodnej časti intravilánu mesta Handlová. Od roku 2022, na rozdiel od predchádzajúceho obdobia, sú merania zamerané najmä na sledovanie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, realizované prostredníctvom automatického hladinomeru umiestneného vo vrte JK-3. Prechod na kontinuálny záznam predstavoval významný posun v monitorovaní hlavného zosuvotvorného faktora, ktorým je kolísanie hladiny podzemnej vody. Tento spôsob záznamu umožnil presnejšie a podrobnejšie sledovanie dynamiky vývoja hladiny. Počas prevádzky zariadenia však došlo v dôsledku technických porúch, spôsobených najmä jeho zastaraním, k viacerým výpadkom meraní, ktoré čiastočne obmedzili kontinuitu získaných údajov.

V roku 2024 bol pri hodnotení režimových ukazovateľov k dispozícii časový rad meraní v období od 1. januára do 18. novembra, pričom bolo zaznamenaných celkovo 7 741 údajov. Analýza tohto obdobia potvrdila mierne zostupný trend hladiny podzemnej vody, ktorý sa výraznejšie prejavil najmä od mája. Počas zimných mesiacov bolo pozorované výraznejšie kolísanie hladiny, pričom hladina viackrát vystúpila nad úroveň 1 m pod terénom, to znamená do blízkosti úrovne terénu.

Vzhľadom na skutočnosť, že používaný automatický hladinomer vykazuje časté technické poruchy v dôsledku technického zastarania, plánujeme v zosuvnom území Handlová-Kunešovská cesta v roku 2025 prerušiť monitorovacie aktivity.

1.4.3. Lokalita Svätý Anton

Stručná charakteristika lokality

Monitorované zosuvné územie sa nachádza v južnej časti obce Svätý Anton. Zosuv vznikol v oblasti násypu, ktorý bol vytvorený počas výstavby futbalového ihriska. Má plošný charakter, s približnými rozmermi 115 metrov na šírku a 110 metrov na dĺžku. Odlučná oblasť zosuvu je lokalizovaná priamo v priestore tohto ihriska. 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 príľahlého povrchového recipientu – rieka Štiavnica). Počas riešenia geologickej úlohy boli v priestore zosuvu vybudované monitorovacie objekty – inklinometrické (novovybudovaný vrt SVA-1-INK je od roku 2021 zaradený do monitorovacej siete ČMS – GF) 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 2023 a 2024

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2023 a 2024, sú zhrnuté v tab. 4.3.1.

Tab. 4.3.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Svätý Anton v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Inklinometrické	2	INK-1, SVA-1-INK	1 (16. august)	1 (30. júl)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	JSA-1 a 2 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Štiavnica (indikatív 40260)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

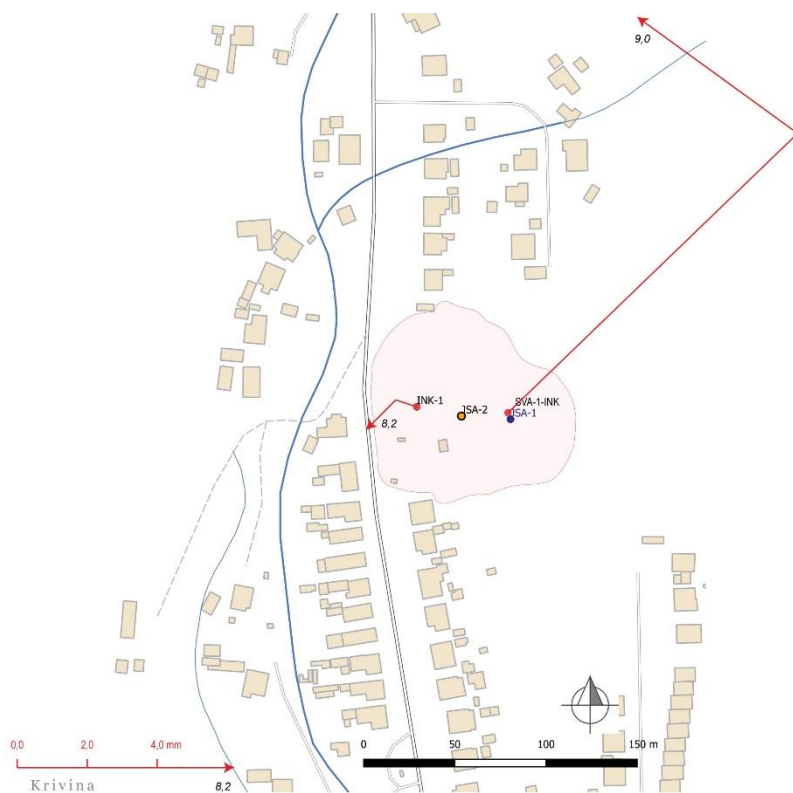
a) Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite sa inklinometrické merania vykonávajú od apríla 2015 (nulté meranie) vo vrte INK-1; v roku 2021, vďaka vybudovaniu nových inklinometrických vrtov, sa rozšírili monitorovacie aktivity o merania vo vrte SVA-1-INK. Nulté meranie bolo vo vrte SVA-1-INK zrealizované v roku 2021, počas septembrovej etapy.

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 na obr. 4.3.1 a 4.3.2; hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.3.3). Vo vrte SVA-1-INK boli v hĺbke 9,0 m pod

terénom zaznamenané výrazné znaky prítomnosti aktívnej šmykovej plochy, a to aj napriek tomu, že v území boli v roku 2021 realizované viaceré sanačné opatrenia.

V roku 2023 boli vykonané nulté merania v rámci druhej monitorovacej epochy. Dôvodom bola výmena monitorovacej sondy.



Obr. 4.3.1. Lokalita Svätý Anton – vektory deformácií namerané v rokoch 2023 a 2024 (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 – oba vrty sú vystrojené automatickými hladinomeri); ohraničenie zosuvu podľa Laurenčíka a Sluku (2015 in Šimeková et al., 2015), mapový podklad: ZBGIS®.

Počas roka 2023 bolo vo vrtoch INK-1 a SVA-1-INK zabezpečené jedno kontrolné etapové meranie, a to 18. augusta. Namerané údaje zachytávajú pohybovú aktivitu zosuvného územia počas približne 11 mesačného obdobia.

Z výsledkov meraní vo vrte INK-1 vyplýva, že hodnota nameraného vektora je nízka a poukazuje na relatívne priaznivý stabilitný vývoj v oblasti šmykovej plochy, ktorá sa nachádza v hĺbke 8,2 m pod terénom. Zároveň treba však poznamenať, že nameraná deformácia, a to i napriek tomu, že jej hodnota je pomerne nízka, má orientáciu v smere spádnicie svahu, teda i v smere pohybu zosuvného telesa. Práve v dôsledku tejto skutočnosti došlo k nárastu celkovej deformácie za monitorované obdobie (merania sú vykonávané od 24. apríla 2015) na 15,36 mm, čo v rámci monitorovaného obdobia predstavuje priemernú rýchlosť $1,85 \text{ mm.rok}^{-1}$.

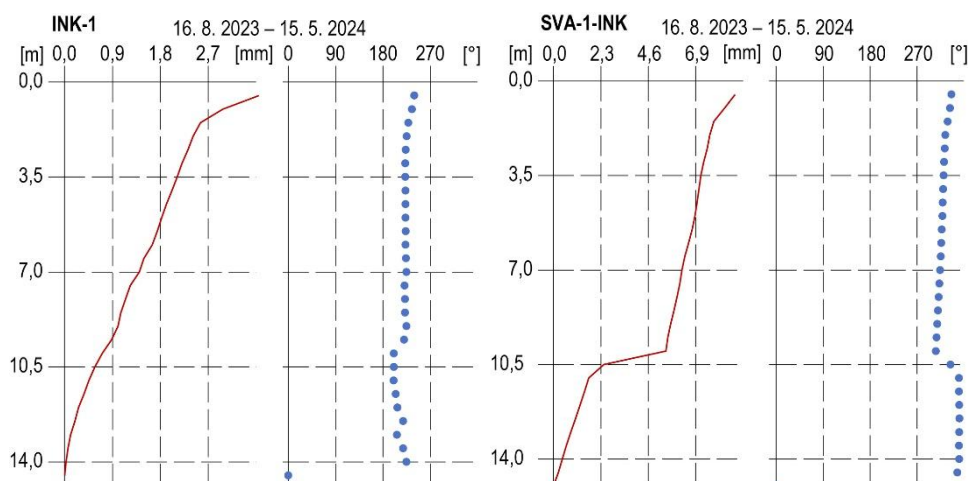
Vo vrte SVA-1-INK je situácia iná. Nameraná deformácia naznačuje, že v oblasti hornej časti zosuvného svahu (v blízkosti telesa násypu futbalového ihriska) dochádza k pomerne výraznej pohybovej aktivite. Počas obdobia od 21. septembra 2022 do 16. augusta 2024 bola v hĺbke 2,0 m pod terénom nameraná deformácia 17,64 mm (čo predstavuje rýchlosť $19,56 \text{ mm.rok}^{-1}$) a v hĺbke 8,5 m pod terénom nameraná deformácia 9,82 mm ($10,90 \text{ mm.rok}^{-1}$). Vzhľadom na severo-severovýchodne orientované azimuty nameraných vektorov nie je možné jednoznačne usúdiť, či v území došlo vplyvom nepriaznivých klimatických pomerov k rozvoju pohybovej aktivity alebo ide len o chybu merania. Merania sa

vo vrte vykonávajú relatívne krátke obdobie, a teda nie je možné sa jednoznačne vyjadriť ku kvalite zabudovania inklinometrického vrtu. Zároveň nie je možné vylúčiť, že v dôsledku nadmerných zrážkových úhrnov, najmä počas januára, došlo k nasýteniu odľučnej oblasti – konkrétne územia s vybudovaným futbalovým ihriskom. Táto časť má vhodné podmienky na infiltráciu zrážkových vôd do telesa násypu. Uvedené okolnosti mohli prispieť k zvýšeniu pohybovej aktivity v oblasti monitorovacieho objektu. Treba taktiež podotknúť, že v roku 2021 boli do tejto oblasti sústredené sanačné práce zamerané na odvodnenie, vďaka čomu tu dochádza k účinnému drénovaniu podzemnej vody z geologického prostredia. Tento stav potvrdzujú merania v piezometrických vrtoch situovaných v nižšej časti svahu.

Tab. 4.3.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Svätý Anton v rokoch 2023 a 2024.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	21. 9. 2022 – 16. 8. 2023			16. 8. 2023 – 15. 5. 2024		
		CD ¹ [mm]	ED [mm]	A [°]	CD ² [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	8,20	15,36	0,63	288	1,00	1,00	225
SVA-1-INK	8,0	11,60	11,51	46	5,46	5,46	306

CD – celková deformácia od nultého merania: ¹ – 24. 4. 2015 – vrt INK-1; 23. 9. 2021 – vrt SVA-1-INK; ² – 16. 8. 2023 (začiatok druhej monitorovacej epochy); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.3.2. Diferenciálny priebeh deformácie v inklinometrických vrtoch na lokalite Svätý Anton (označenie vrtovej je vľavo hore). Červená línia – spojnica etapových vektorov, modré body – etapové hodnoty azimutov nameraných vektorov (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi; na vertikálnej osi je uvedená hĺbka deformácie v m, meraná od ústia ochrannej pažnice).

V roku 2024 boli etapové merania realizované rovnako v dvoch inklinometrických vrtoch, pričom zachytávajú pohybovú aktivitu približne za obdobie jedného kalendárneho roka. V roku 2023, počas vykonávania kontrolného merania, bolo uskutočnené úvodné – nulté meranie pomocou novej, technicky modernejšej inklinometrickej sondy – pre dlhodobé hodnotenia bola zavedená druhá monitorovacia epocha.

Z výsledkov meraní vyplýva, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k miernemu nárastu pohybovej aktivity na šmykovej ploche vo vrte INK-1. Počas kontrolnej etapy, ktorá zachytáva pohybovú aktivitu od polovice augusta 2023 do polovice mája 2024, bola v hĺbke 8,2 m pod terénom zaznamenaná deformácia 1,0 mm. Ide o najvyššiu etapovú deformáciu od roku 2021, teda od realizácie sanačných opatrení. Táto skutočnosť sa odrazila aj na hodnote priemernej etapovej rýchlosti deformácie, ktorá dosiahla 1,35 mm.rok⁻¹. Azimut etapového prírastku deformácie vo veľkej miere nadväzuje na vektor nameraný v predchádzajúcom období, pričom možno konštatovať aj jeho podobnosť s orientáciou spádnic svahu.

Vo vrte SVA-1-INK bol pozorovaný opačný trend. Nameraná etapová deformácia na šmykovej ploche v hĺbke približne 8 m pod terénom v porovnaní s predchádzajúcim rokom

klesla približne o polovicu, na 5,46 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti deformácie 7,63 mm·rok⁻¹. Napriek poklesu etapového prírastku je však možné namerané deformácie naďalej považovať za veľmi vysoké.

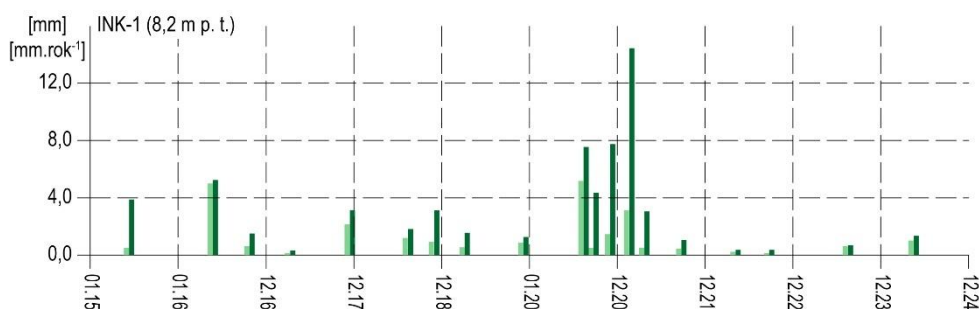
Výsledky inklinometrických meraní z roku 2024 sú o to znepokojujúcejšie, že azimuty nameraných vektorov deformácie sú blízke orientácii svahu.

Z dlhodobého vývoja deformácií vo vrte INK-1 (obr. 4.3.3) vyplýva, že najvyššie prírastky deformácií inklinometrickej pažnice boli zaznamenané v roku 2020 a o niečo nižšie v roku 2016. Najvyššia etapová rýchlosť deformácie bola nameraná v roku 2021. Mierne zvýšené hodnoty etapovej deformácie boli pozorované aj v prvej polovici roku 2021 a v druhej polovici roku 2017.

Generálny azimut nameraných deformácií 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) počas prvej meracej epochy dosiahol 63,59 %, čo naznačuje pohyb po aktívnej šmykovej ploche, predovšetkým v predsanačnom období.

Etapy aktivizácie svahového pohybu sú úzko spojené so vzostupom hladiny podzemnej vody, najmä s jej náhlymi vzostupnými zmenami. Celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche, sledovaná v období od 24. apríla 2015 do 16. augusta 2023 (teda medzi nultým a posledným kontrolným meraním prvej meracej epochy), dosiahla 15,36 mm. Z uvedeného vyplýva, že priemerná rýchlosť pohybu zosuvného telesa je na úrovni 1,85 mm·rok⁻¹.

Na základe výsledkov meraní vykonaných po septembri 2021 možno konštatovať, že výrazný pokles pohybovej aktivity úzko súvisí s realizovanými sanačnými opatreniami, ktoré boli zamerané na hĺbkové a povrchové odvodnenie zosuvného svahu a vybudovanie stabilizačných konštrukcií v čelnej časti zosuvného telesa.



Obr. 4.3.3. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Svätý Anton vo vrte INK-1 v období rokov 2015 až 2024; svetlozelená – etapové deformácie a tmavozelená – etapové rýchlosti sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore).

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 hĺbkach 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.

Tab. 4.3.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Svätý Anton v roku 2023.

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	8 760	4,07	412,90	25. 12. 2023	8,46	408,51	21. 10. 2023	8,02	408,95	4,39
JSA-2	8 760	5,58	409,67	26. 12. 2023	9,73	405,52	15. 10. 2023	9,15	406,10	4,15

Počas roka 2023 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 nameraná 26. decembra v hĺbke 5,58 m pod terénom (409,67 m n. m.) predstavuje najvyššiu úroveň od júna 2021, to znamená spreď realizácie sanačných opatrení. V porovnaní s maximálnou hladinou nameranou v predchádzajúcom roku ide o vzostup až o 3,78 m. Pomerne výrazné vzostupy hladiny podzemnej vody boli pozorované aj v prvej polovici roka. Prvé zreteľné stúpnutie hladiny podzemnej vody bolo namerané 11. januára (7,01 m pod terénom), následne, po období zostupu – druhá polovica januára a február, došlo k opätovným vzostupom 12. marca (7,36 m pod terénom) a v druhej polovici mája a v prvej polovici júna. Najintenzívnejší vzostup bol nameraný na konci roka – 25. december (4,07 m pod terénom; 412,09 m n. m.). Uvedené vzostupy hladiny podzemnej vody, predovšetkým decembrový, sa výrazne odlišujú od priebehu hladiny podzemnej vody v predchádzajúcom roku, resp. jej priebehu po vykonaní sanačných prác. Predpokladáme, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia s mimoriadne intenzívnymi zrážkami.

Hladina podzemnej vody mala od mája až do polovice októbra mierne klesajúci charakter. Práve v októbri bola nameraná minimálna hladina podzemnej vody v hodnotenom roku – 15. október – 9,73 m pod terénom (405,52 m n. m.).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2023 hodnotu 9,15 m pod terénom (406,10 m n. m.). V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo teda k vzostupu o 0,61 m.

Celková amplitúda ročných zmien dosiahla 4,15 m. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody dokumentuje výrazný vzostup – 0,22 m – 10. marec. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 9,02 m pod terénom, 2. kvartil 9,29 m pod terénom a 3. kvartil 9,53 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,8 °C počas 26. decembra, naopak, najnižšia teplota (10,3 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,41 °C.

V roku 2024 sa pri meraniach vo vrte JSA-2 pokračovalo v rovnakom režime ako v predchádzajúcom období. Z nameraných výsledkov vyplýva, že hladina podzemnej vody vo vrte JSA-2 mala relatívne ustálený charakter s veľmi malou amplitúdou. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná na začiatku roka, a to 1. januára v hĺbke 7,81 m pod terénom (407,44 m n. m.; čo je pri porovnaní maximálnych hladín podzemnej vody s predchádzajúcim rokom 2023 pokles o 2,23 m). I napriek minimálnemu kolísaniu hladiny podzemnej vody bolo možné v zimných mesiacoch (január a február) sledovať jej viaceré náhle, avšak nie výrazné, vzostupy. Najvyššia hodinová zmena dosiahla 0,08 m; nameraná bola 12. februára. Išlo o reakciu na dlhotrvajúce zrážkové úhrny (zrážky sa vyskytovali 5 dní po sebe, pričom sumárny zrážkový úhrn dosiahol 41,1 mm), ktoré boli 11. februára spojené aj s intenzívnou zrážkou (21,6 mm).

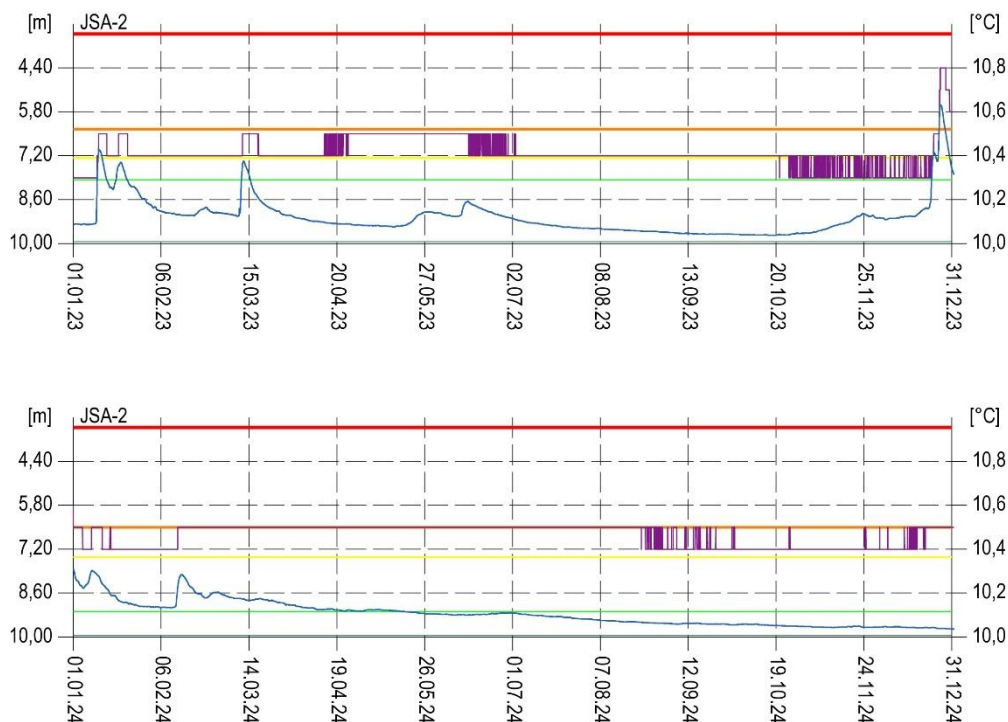
Minimálna úroveň bola dosiahnutá na konci hodnoteného roka (31. decembra) s hĺbkou hladiny podzemnej vody 9,74 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 405,51 m n. m. Nameraná najnižšia ročná hodnota predstavuje zároveň najvyššiu minimálnu hladinu podzemnej vody po realizácii sanačných opatrení.

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2024 dosiahla 9,25 m pod terénom (406,00 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2023 predstavuje nepatrnú zmenu – zostup o 0,10 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo však len 1,94 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa v roku 2024 nachádzal na úrovni 9,05 m pod terénom, 2. kvartil 9,28 m pod terénom a 3. kvartil 9,58 m pod terénom.

Relatívne priaznivý vývoj hladiny podzemnej vody je výsledkom odvodnenia svahu pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov, realizovaných počas záchranných (sanačných) prác, v rámci vyhlásenej mimoriadnej udalosti. K poklesu hladiny podzemnej vody

prispievajú i objekty povrchového a podpovrchového odvodnenia situované v odlučnej oblasti a tiež i futbalového ihriska.

Kolísanie teploty malo minimálnu amplitúdu (0,2 °C), maximálna teplota podzemnej vody bola zaznamenaná na úrovni 10,6 °C; naopak, minimálna teplota na úrovni 10,4 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,5 °C.



Obr. 4.3.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom JSA-2 v rokoch 2023 a 2024 spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO; pre graf za rok 2023 bolo RO od júna 2016 do decembra 2022; pre graf za rok 2024 bolo RO od júna 2016 do decembra 2023); modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os), červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.3.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Svätý Anton v roku 2024.

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	8 784	5,48	411,49	11. 2. 2024	8,42	408,55	24. 12. 2024	8,05	408,92	2,94
JSA-2	8 784	7,81	407,44	1. 1. 2024	9,74	405,51	31. 12. 2024	9,25	406,00	1,93

Vo vrte JSA-1 sú merania vykonávané od 18. februára 2021. Automatický hladinomer bol do vrtu inštalovaný v súvislosti so zvyšujúcim sa rizikom aktivizácie svahového pohybu väčších rozmerov.

V roku 2023, podobne ako v predchádzajúcom roku, sa vývoj hladiny podzemnej vody do veľkej miery zhoduje so zmenami vo vrte JSA-2. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná až v druhej polovici decembra (4,07 m pod terénom – 412,90 m n. m. – 25. december), ale pomerne výrazné vzostupy boli zaznamenané už počas januára marca a taktiež, ale v menšom rozsahu, aj počas mája, júna a novembra. Prvý výrazný vzostup hladiny podzemnej vody (10. január) súvisel s intenzívnymi zrážkami z 9. januára, kedy počas 24 hodín spadlo 39,1 mm zrážok (stanica SHMÚ Svätý Anton – indikatív 40280). Zimné obdobie bolo všeobecne bohaté na zrážky a k termínu 10. januára dosahoval 30-dňový zrážkový úhrn až 102,9 mm. Reakciou na intenzívnu zrážkovú udalosť z 9. januára bol výrazný nárast hladiny

podzemnej vody. Z analýzy hodinových údajov vyplýva, že vzostupné zmeny hladiny v období od 2:00 do 10:00 hod. sa pohybovali v intervale od 0,20 do 0,48 m. Ešte výraznejšie zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované 10. marca. Hladina podzemnej vody vystúpila v priebehu 1 hodiny až o rekordných 1,79 m. Následne sa tempo vzostupu hladiny mierne spomalilo (0,70 m a menej). Opäť aj v tomto prípade išlo o odozvu na zrážky (10. marca 2023 spadlo na stanici SHMÚ Svätý Anton 27,7 mm a 30-dňový úhrn dosahoval 60,7 mm zrážok). Májové, júnové a novembrové vzostupy mali rovnakého menovateľa, avšak veľkosť vzostupu v týchto prípadoch bola podstatne menšia. Posledné výrazné vzostupy hladiny podzemnej vody, spojené s atmosférickými zrážkami, boli pozorované v decembri. Hodinové hodnoty vzostupu sa pohybovali od 0,20 do 0,66 m, priemerne 0,41 m (v dňoch 1. a 25. december).



Obr. 4.3.5. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom JSA-1 v rokoch 2023 a 2024 spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO; pre graf za rok 2023 bolo RO od februára 2021 do decembra 2022; pre graf za rok 2024 bolo RO od februára 2021 do decembra 2023); modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os), červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Z hľadiska dopĺňania zásob podzemnej vody sú pozoruhodné mesiace október a november. Denné zrážkové úhrny v októbri dosahovali od 0,2 do 47,2 mm a celkový úhrn za mesiac bol 140,4 mm; v novembri sa denné zrážkové úhrny nachádzali v intervale od 0,1 do 25,5 mm a mesačný úhrn 143,6 mm. 30-denný úhrn k 17. novembru dosiahol 244,2 mm. Uvedené zrážky sa na vývoji hladiny prejavili len miernym vzostupom. Predpokladáme, že vzostup hladiny podzemnej vody bol v danom období kompenzovaný postupnou saturáciou oblasti aerácie. K výraznejšiemu kolísaniu došlo až neskôr po jej dostatočnom nasýtení.

Minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná dňa 21. októbra v hĺbke 8,46 m pod terénom (408,51 m n. m.).

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2023 dosiahla 8,02 m pod terénom (408,95 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,49 m. Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 4,39 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín

podzemnej vody dosiahol úroveň 7,96 m pod terénom, 2. kvartil 8,09 m pod terénom a 3. kvartil 8,25 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,4 °C počas 5. novembra; naopak, najnižšia teplota (6,3 °C) bola zaznamenaná 26. decembra. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,69 °C.

Kolísanie hladiny podzemnej vody v roku 2024 vykazovalo obdobný charakter ako vo vrte JSA-2. Relatívne ustálený režim hladiny bol pozorovaný najmä v období od polovice marca až do konca hodnoteného roka. Výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody boli zaznamenané 7. januára, keď hladina dosiahla hodnotu 6,89 m pod terénom, s maximálnym hodinovým vzostupom 0,11 m. Ďalší výrazný nárast bol zaznamenaný 11. februára, kedy hladina podzemnej vody dosiahla maximálnu hodnotu za rok 2024 – 5,48 m pod terénom, pri maximálnom hodinovom vzostupe 0,32 m. Tretím významným termínom bol 12. marec, kedy hladina dosiahla 7,31 m pod terénom a maximálny hodinový vzostup predstavoval 0,07 m. Vo všetkých týchto prípadoch možno vzostupy hladiny priamo spojiť so zrážkovou činnosťou. Napríklad 6. januára bol zaznamenaný denný úhrn zrážok 18,2 mm, pričom aj v predchádzajúcich piatich dňoch pretrvávali zrážky. Tridsaťdňový úhrn k 7. januáru dosiahol hodnotu 133,0 mm. Podobne, pred februárovým vzostupom hladiny (rovnako ako vo vrte JSA-2) aj marcovému vzostupu predchádzala dlhodobá zrážková činnosť. V prípade marcového vzostupu zrážky pretrvávali 7 dní a to od 6. marca, pričom celkový úhrn za toto obdobie dosiahol 23,1 mm.

V tejto súvislosti je potrebné poznamenať, že aj v neskorších obdobiach boli zaznamenané podobné jednodňové alebo viacdenné zrážky, no ich vplyv na hladinu podzemnej vody bol minimálny až zanedbateľný. Z toho vyplýva, že k efektívnemu dopĺňaniu hladiny podzemnej vody dochádza predovšetkým v súvislosti so zrážkovými udalosťami, ktoré sa vyskytujú počas bezvegetačného obdobia, keď je účinok evapotranspirácie zanedbateľný.

Za potenciálne nebezpečné možno považovať obdobia, počas ktorých sa vyskytujú viacdňové zrážky s následným výskytom intenzívnych zrážkových udalostí. Aj napriek tomu, že sa na lokalite nevykonávajú priame merania nasýtenosti zóny aerácie, predpokladáme, že k dopĺňaniu hladiny podzemnej vody dochádza až po dosiahnutí určitého stupňa saturácie nenasýtenej zóny, teda zóny nad hladinou podzemnej vody.

Minimálna úroveň bola dosiahnutá 24. decembra s hĺbkou 8,42 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 408,55 m n. m.

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2024 dosiahla 8,05 m pod terénom (408,92 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2023 predstavuje nepatrnú zmenu – zostup o 0,03 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 2,94 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa v roku 2024 nachádzal na úrovni 7,88 m pod terénom, 2. kvartil 8,00 m pod terénom a 3. kvartil 8,32 m pod terénom.

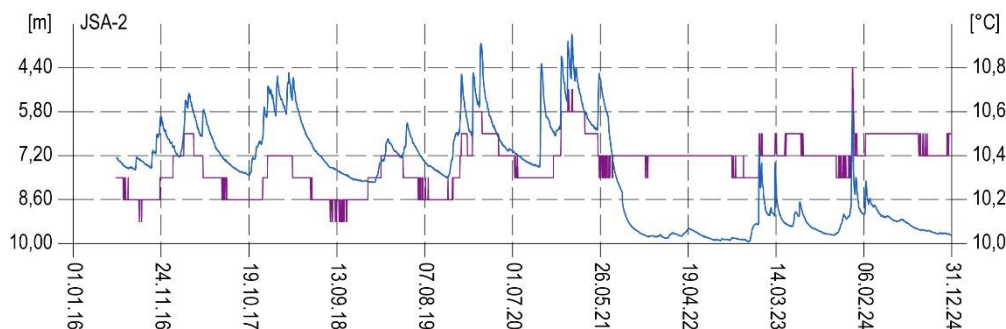
Podobne, ako vo vrte JSA-2, i tu je možné konštatovať, že z hľadiska stability zosuvného územia bol vývoj hladiny podzemnej vody v roku 2024 priaznivý.

Zmeny teploty podzemnej vody dosiahli amplitúdu 2,4 °C; maximálna teplota podzemnej vody bola zaznamenaná na úrovni 10,0 °C a naopak, minimálna teplota na úrovni 7,6 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,9 °C.

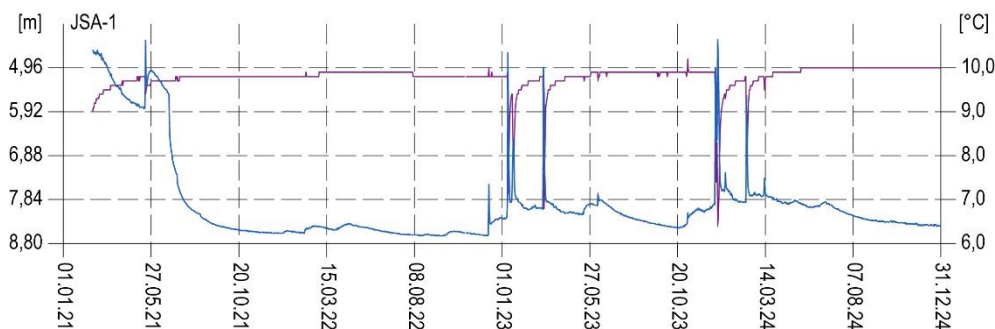
Na základe dlhodobého vývoja zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte JSA-2 možno monitorované obdobie rozdeliť na dve samostatné etapy. Prvá etapa sa vyznačuje periodickým kolísaním hladiny podzemnej vody, ktoré súvisí so sezónnymi klimatickými zmenami. Toto obdobie sa končí realizáciou sanačných odvodňovacích vrtov v polovici júna 2021. Maximálna hladina podzemnej vody v rámci tejto etapy bola zaznamenaná v roku 2021 (obr. 4.3.6). Po realizácii sanačných opatrení nastala zmena v režime hladiny podzemnej vody. Jej priebeh je prevažne vyrovnaný, s občasným výskytom náhlych krátkodobých výkyvov, ktoré súvisia s intenzívnejšími zrážkovými udalosťami (vyskytujúcimi sa hlavne v jesennom

a zimnom období). Tento charakter vývoja hladiny je typický aj pre monitorovací vrt JSA-1, ktorý je situovaný vyššie vo svahu.

Vybudovaný odvodňovací systém výrazne obmedzuje prísun zrážkovej vody do zosuvného telesa, resp. okolitého geologického prostredia, čím efektívne prispieva k jeho stabilizácii. Napriek tomu sa v posledných troch rokoch, aj pri plne funkčnom hĺbkovom odvodnení, vyskytlo niekoľko prípadov výrazného vzostupu hladiny podzemnej vody.



Obr. 4.3.6. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, inštalovaným vo vrte JSA-2, v rokoch 2016 až 2024 na lokalite Svätý Anton. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os).



Obr. 4.3.7. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, inštalovaným vo vrte JSA-1, v rokoch 2021 až 2024 na lokalite Svätý Anton. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os).

c) Merania zrážkových úhrnov

Klimatologické údaje sú preberané zo stanice SHMÚ Svätý Anton s indikatívom 40280 od roku 2017. Ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2017 do 31. decembra 2022 predstavuje 761,77 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 918,10 mm (rok 2020); priemerný mesačný úhrn 63,5 mm a maximálny mesačný úhrn 179,2 mm (október 2020). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 18. septembra do 18. októbra 2019) dosiahol 215,8 mm.

V roku 2023 bol nameraný zrážkový úhrn 1 086,40 mm, čo zodpovedá 142,62 % dlhodobého priemeru, a teda ide o mimoriadne vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas januára (148,0 mm) a najvyšší denný úhrn 27. októbra (47,2 mm). Najsuchším mesiacom bol júl s 32,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. októbra do 17. novembra (244,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 24. júna do 24. júla) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 17,8 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 11 dní (od 10. do 20. novembra) s úhrnom 46,0 mm.

V priebehu roka 2024 bol na meteorologickej stanici SHMÚ Svätý Anton zaznamenaný celkový zrážkový úhrn 813,8 mm, čo predstavuje 106,83 % z dlhodobého priemeru. Z hľadiska hodnotenia množstva zrážok je možné tento rok označiť za zrážkovo normálny. Najvyšší mesačný úhrn sa vyskytol v júni, kedy spadlo 144,7 mm zrážok. Najintenzívnejšie jednodňové

zrážky boli zaznamenané 9. septembra, keď za jediný deň napršalo 37,5 mm. Naopak, najmenšie množstvo zrážok priniesol december – počas tohto mesiaca napršalo len 16,4 mm. Najvyšší tridsaťdňový úhrn bol zaznamenaný medzi 28. májom a 6. júnom, pričom počas tohto obdobia spadlo spolu 168,9 mm zrážok. Počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, ktoré trvalo od 14. októbra do 13. novembra, boli zaznamenané zrážky na úrovni 1 mm.

Najdlhšie obdobie s opakovaným výskytom zrážok trvalo 8 po sebe nasledujúcich dní, od 6. do 16. júna. Počas tohto obdobia spadlo spolu 74,6 mm zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2021 prebehla v zosuvnom území rozsiahla sanácia, ktorej súčasťou bolo i dobudovanie monitorovacej siete. V rámci riešenia úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory podsystem 01 Zosuvy a iné svahové deformácie bola pôvodná množina monitorovacích objektov rozšírená o jeden inklinometrický vrt. Nulté meranie bolo vo vrte zabezpečené v septembri roku 2021.

V roku 2024 sa merania pohybovej aktivity vykonávali v dvoch inklinometrických a dvoch piezometrických vrtoch. Z výsledkov inklinometrických meraní, realizovaných na konci júla, vyplýva, že vo vrte INK-1 v hĺbke šmykovej plochy (8,2 m pod terénom) došlo k miernemu nárastu pohybovej aktivity. Podobne ako v predchádzajúcom roku mala nameraná deformácia azimut v smere spádnicovej svahu. Naopak, v oblasti monitorovacieho vrtu SVA-1-INK, v hĺbke 8,5 m pod terénom, bol v porovnaní s predchádzajúcim rokom zaznamenaný pokles pohybovej aktivity, ale i napriek tomu možno etapový prírastok deformácie s hodnotou 5,46 mm považovať za závažný. I v tomto prípade bol nameraný azimut s približnou orientáciou spádnicovej svahu.

Vybudované odvodňovacie vrty sa podieľajú na znižovaní úrovne hladiny podzemnej vody v oblasti zosuvu, čo dokumentujú i priebehy dlhodobých zmien hladín podzemnej vody, sledované automatickými hladinomerami. Hladiny podzemnej vody v roku 2024, a to i napriek vybudovanému odvodňovaciemu systému, zaznamenali v zimných mesiacoch viacero výraznejších vzostupov. Celkove bola zaznamenaná veľmi podobná priemerná hodnota hladiny podzemnej vody ako v predchádzajúcom roku, pričom došlo k jej miernemu zostupu.

Zosuvné územie po realizovanej sanácii je možné hodnotiť ako relatívne stabilizované. Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality, ktorá súvisí s ohrozením významnej cestnej komunikácie, trasy plynovodu, vodovodu, elektrického vedenia, ale aj niekoľkých stavebných objektov, plánujeme v monitorovacích aktivitách pokračovať aj v roku 2025. Rozsah a frekvencia meraní budú zachované z roku 2024, to znamená že bude zabezpečená jedna etapa meraní metódou presnej inklinometrie a vykonávaný bude aj pravidelný zber a vyhodnocovanie údajov z automatických hladinomerov. Rovnako budú analyzované klimatické údaje zo stanice SHMÚ Svätý Anton.

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). Podrobnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy za rok 2015 (Ondrejka et al., 2016).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024

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 2023 a 2024, sú zhrnuté v tab. 4.4.1.

Tab. 4.4.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Inklinometrické	2	IP-2, PS-Z1	2 (16. august)	2 (15. máj)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	PS-H1 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Štiavnica (indikatív 40260	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 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 2023 a 2024 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.

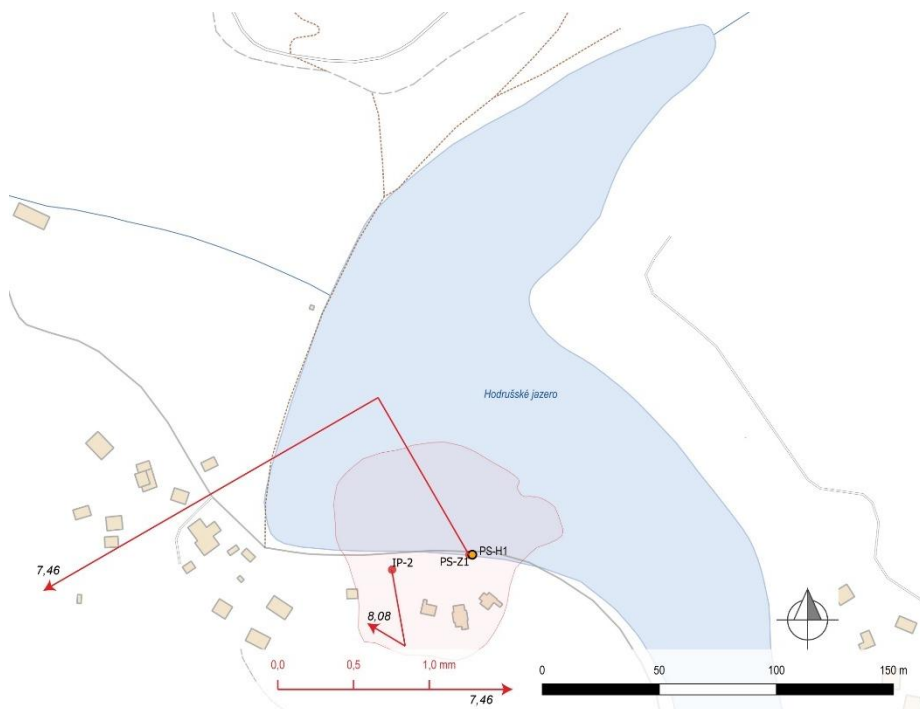
Tab. 4.4.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2023 a 2024.

Bod	Hĺbka [m]	21. 9. 2022 – 16. 8. 2023			16. 8. 2023 – 15. 5. 2024		
		CD ¹ [mm]	ED [mm]	A [°]	CD ² [mm]	ED [mm]	A [°]
IP-2	3,08	8,59	0,36	125	0,40	0,40	320
IP-2	8,08	3,24	0,51	170	0,24	0,24	301
PS-Z1	7,46	5,76	1,20	330	2,50	2,50	240

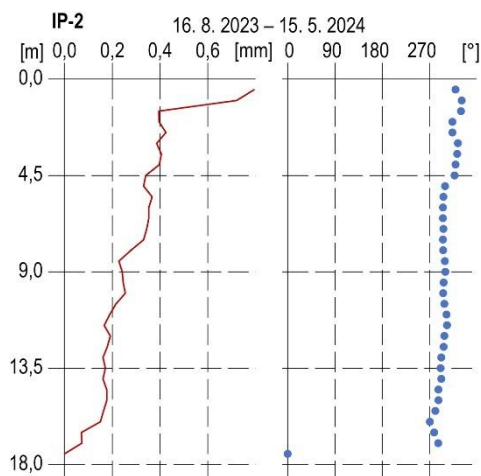
CD¹ – celková deformácia od nultého merania (15. 12. 2015 – vrt IP-2; 6. 11. 2015 – vrt PS-Z1; prvá epocha); CD² – celková deformácia od nultého merania (16. 8. 2023; druhá epocha); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora

V súvislosti s realizáciou meraní metódou presnej inklinometrie je potrebné uviesť, že v auguste 2023 bola ukončená prvá meracia epocha. Táto skutočnosť súvisí s obstaraním novej, technicky modernejšej inklinometrickej sondy. Druhá meracia epocha sa začala 16. augusta

2023. Pri charakteristike zosuvného pohybu, vzhľadom na relatívne krátke obdobie realizácie meraní novou inklinometrickou sondou, sa opierame predovšetkým o výsledky meraní z predchádzajúcich meracích epoch.



Obr. 4.4.1. Lokalita Hodruša-Hámre – vektory deformácií namerané v rokoch 2023 a 2024 (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®

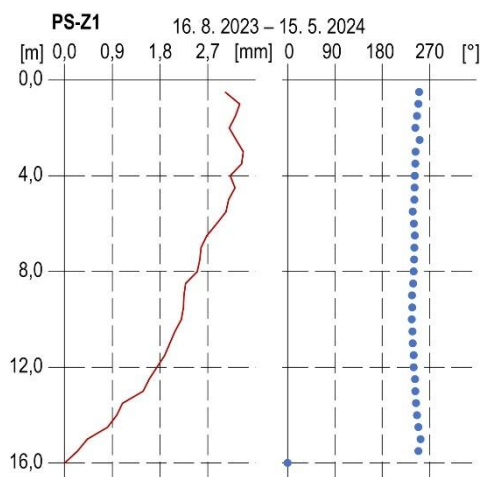


Obr. 4.4.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte IP-2 na lokalite Hodruša-Hámre. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi; na vertikálnej osi je uvedená hĺbka deformácia v m, meraná od ústia ochrannej pažnice).

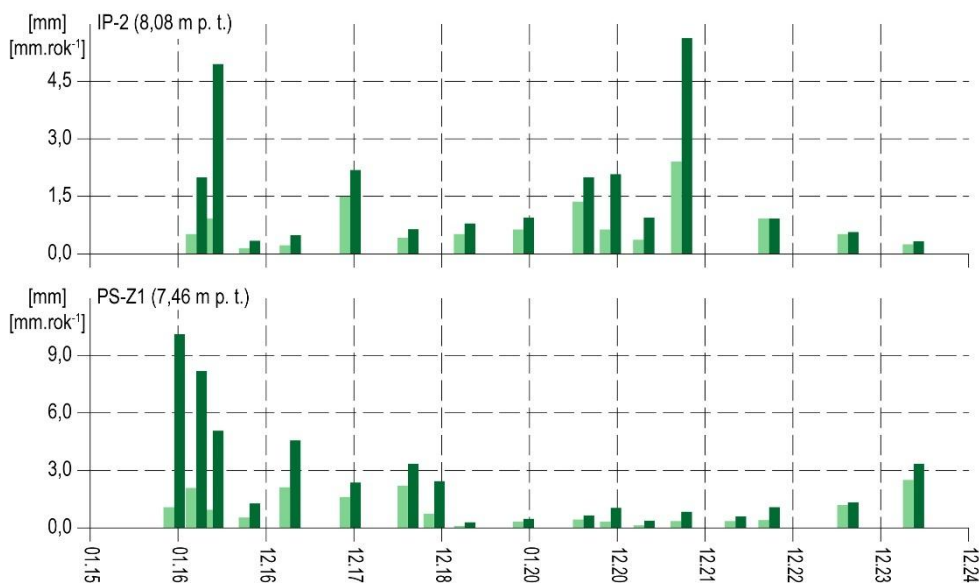
V roku 2023 bolo v zmysle platného Programu monitorovania na rok 2023 zrealizované jednodňové meranie. Výsledky merania zachytávajú pohybovú aktivitu približne 11-mesačného obdobia (od 21. septembra 2022 do 16. augusta 2023). Deformácie vo vrte IP-2, ktorý je situovaný západnejšie, boli v sledovaných hĺbkach (3,08 a 8,08 m pod terénom) namerané vektory 0,36 mm a 0,51 mm. Najvyššia deformácia bola nameraná v hĺbke 6,58 m pod terénom

(0,71 mm; 0,78 mm.rok⁻¹). Vektor má azimut na juho-juhovýchod. Podobná orientácia je i v prípade vektora v hĺbke 8,08 m pod terénom. Deformácia nameraná v plytšej časti vrtu mala azimut 125°.

Vo vrte PS-Z1 boli namerané o niečo vyššie hodnoty pohybovej aktivity. Veľkosti vektorov v sledovaných hĺbkach (4,96 a 7,46 m pod terénom) sa pohybovali od 1,17 do 1,20 mm. Oba namerané vektory smerujú do priestoru Dolnohodruškého tajchu.



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 (informácia o dĺžke monitorovacej etapy sa nachádzajú nad grafmi).



Obr. 4.4.4. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre vo vrtoch IP-2 a PS-Z1 v období rokov 2015 až 2024; svetlozelená – etapové deformácie, tmavozelená – rýchlosti sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore).

V roku 2024 sa pokračovalo v rovnakom režime meraní ako v predchádzajúcom období. Na zosuve, ktorý je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom, bolo teda vykonané jedno meranie. Prezentované hodnoty charakterizujú prírastky deformácií za obdobie od 16. augusta 2023 do 15. mája 2024, čo predstavuje 9-mesačné meracie obdobie.

Vo vrte IP-2 boli v oboch hodnotených hĺbkach (3,08 m a 8,08 m pod terénom) zaznamenané relatívne nízke prírastky deformácií – v intervale 0,24 až 0,40 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti deformácie 0,32 až 0,53 mm.rok⁻¹. V porovnaní s predchádzajúcimi meraniami ich možno považovať za výrazne podpriemerné.

Naopak, vo vrte PS-Z1 bol na predpokladanej šmykovej ploche v hĺbke 7,46 m pod terénom zaznamenaný prírastok deformácie 2,5 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti deformácie $3,35 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$. Ide o najvyššiu hodnotu etapovej deformácie nameranú v danej hĺbke počas celého monitorovaného obdobia. Azimut deformácie mal juhozápadný smer, a preto nemožno s istotou určiť, či ide o svahový pohyb, alebo sa na nameranej hodnote prejavili aj iné faktory.

Z hodnotenia dlhšieho časového obdobia vo vrte IP-2 (obr. 4.4.4) vyplýva, že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v roku 2021; mierne zvýšené hodnoty etapových deformácií boli namerané i v rokoch 2017 a 2020. Minimálna hodnota etapového prírastku bola zaznamenaná v roku 2016.

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), počas prvej epochy, ktorá trvala od 15. decembra 2015 do 16. augusta 2023, dosiahol 51,93 %, čo naznačuje pohyb po šmykovej ploche za určitých podmienok, teda len v obdobiach, počas ktorých prevládali zhoršené stabilitné pomery. Výsledná deformácia počas prvej meracej epochy – od nultého merania (15. december 2015) po augustové meranie v roku 2023 dosiahla 8,59 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie $1,12 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Z hodnotenia meraní na sledovaných predpokladaných šmykových plochách vo vrte PS-Z1 vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita bola nameraná počas decembrového merania v roku 2017 (v hĺbke 3,46 m pod terénom: 3,04 mm; $4,46 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$); o niečo nižšia deformácia bola nameraná v auguste 2018 (v hĺbke 3,46 m pod terénom: 2,51 mm; $3,79 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$). 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, ktorá je vypočítaná ako pomer medzi dĺžkou trajektórie etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu, 24,02 %. 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 vyvstáva 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 v nasledujúcom monitorovacom období. Celková deformácia od nultého merania (6. november 2015) po posledné etapové meranie v rámci prvej epochy (16. august 2023) na sledovanej potenciálnej šmykovej ploche v hĺbke 3,46 m pod terénom dosiahla 4,03 mm ($0,52 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$); v hĺbke 7,46 m pod terénom je výsledná deformácia na úrovni 5,76 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $0,67 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Na základe hodnotenia pohybovej aktivity zosuvného svahu počas prvej meracej epochy (roky 2015 – 2023), ako aj analýzy hĺbky a veľkosti zaznamenaných deformácií, možno konštatovať, že deformácie nevznikali priamo na jednoznačne definovanej šmykovej ploche a ich etapové prírastky boli relatívne malé.

V rámci novej meracej epochy (od roku 2023 – v súvislosti s novou meracou sondou) výsledky inklinometrických meraní taktiež jednoznačne nepreukázali priebeh šmykovej plochy. Z tohto dôvodu bude v nasledujúcom období pozornosť zameraná na spresnenie hĺbky šmykovej plochy a zároveň bude sledovaný rozsah veľkosti pohybovej aktivity.

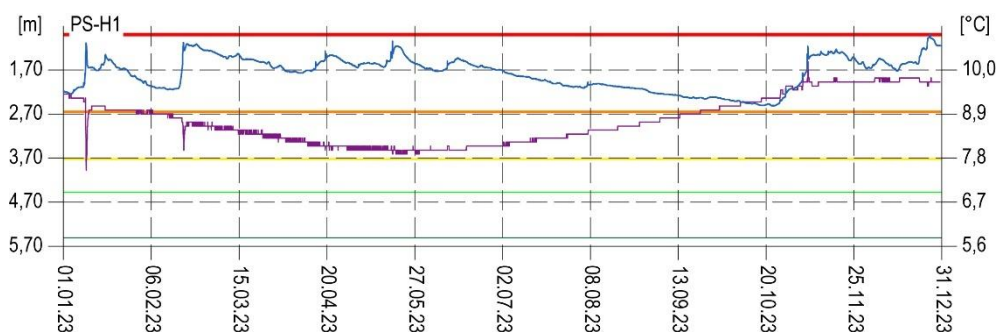
b) Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Hodruša-Hámre bol automatický hladinomer inštalovaný 19. novembra 2015 do vrtu PS-H1. V rokoch 2023 a 2024 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale. V roku 2023 došlo v priestore sanovaného zosuvu k pomerne výraznej zmene v konfigurácii terénu brehov Dolného Hodrušského jazera. V oblasti vrtu PS-H1 bol pôvodný terén navýšený prakticky až po ústie ochrannej pažnice vrtu. Keďže ide o finálnu úpravu terénu, pri meraní hĺbky hladiny podzemnej vody je od začiatku roka 2024 za porovnávaciú úroveň braná nová výška terénu. Z uvedeného dôvodu nie je možné v roku 2024 vykonávať porovnania niektorých sledovaných ukazovateľov s výsledkami, ktoré boli namerané v predchádzajúcom období.

Zároveň došlo k spolupráci so spoločnosťou Vodohospodárska výstavba, š. p., pri poskytovaní údajov z monitorovania. Na základe recipročnej výmeny údajov o hladiny podzemnej vody sme získali údaje o kolísaní hladiny vody v nádrži.

Tab. 4.4.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2023.

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	8 760	0,90	529,30	26. 12. 2023	2,52	527,68	21. 10. 2023	1,77	528,43	1,62



Obr. 4.4.5. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneným vo vrte PS-H1 na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2023 spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO; od novembra 2015 do decembra 2022); modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os), červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

V roku 2023 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 0,90 m pod terénom (529,30 m n. m.; 26. december – obr. 4.4.5), čo je najvyššia hodnota za monitorované obdobie (rovnaká hodnota bola nameraná 17. mája 2021). Podobné hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody boli pozorované viackrát počas prvej polovice roka, v druhej polovici roka len ojedinele, a to v druhej dekáde novembra. Spomenuté kolísanie, spojené s relatívne náhlymi vzostupmi hladiny podzemnej vody, súvisí s intenzívnymi, ale aj dlhotrvajúcimi zrážkami. Prvý výrazný vzostup hladiny podzemnej vody (max. hodinová zmena 0,17 m) bol nameraný 10. januára o 6:00, čo súvisí s dlhodobými zrážkami (30-dňový úhrn dosiahol 90,9 mm) a aktuálnou zrážkou nameranou 9. januára – 35,2 mm (stanica SHMÚ Banská Štiavnica – indikatív 40260). Maximálny 24-hodinový vzostup v danom termíne dosiahol 0,91 m (od 9. januára 11:00 do 10. januára 10:00). Ďalšie výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody (viac ako 10 cm za hodinu), ktoré priamo súviseli s výskytom atmosférických zrážok boli namerané: 19. februára, 19. apríla, 16. a 17. mája, 9. júna, a 3. a 5. novembra.

V období od polovice júna do 21. októbra mala hladina zostupný charakter. Minimálna hladina bola nameraná v hĺbke 2,52 m pod terénom (527,68 m n. m.) počas spomenutého

októbrového termínu. Na základe hodnotenia minimálnych hladín podzemnej vody je možné konštatovať, že ide o najvyššiu minimálnu hladinu za celé monitorované obdobie. Táto skutočnosť sa prejavila i na priemernej ročnej hodnote hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorá v roku 2023 dosiahla 1,77 m pod terénom. Aj v tomto prípade ide o najvyššiu (priemernú) hodnotu za monitorované obdobie. V porovnaní s predchádzajúcim rokom ide o vzostup o 0,57 m.

Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody počas roku dosiahlo 1,62 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 1,50 m pod terénom, 2. kvartil 1,69 m pod terénom a 3. kvartil 2,09 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,2 °C počas 5. novembra, naopak, najnižšia teplota 7,5 °C (10. január). Priemerná teplota v hodnotenom roku sa nachádzala na úrovni 8,7 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody dosiahla 2,7 °C.

Tab. 4.4.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2024.

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	8 784	1,87	528,33	26. 2. 2024	3,26	526,94	14. 9. 2024	2,69	527,51	1,39

V roku 2024 bolo na základe súčinnosti pracovníkov spoločnosti Vodohospodárska výstavba, š. p., možné získať presné údaje o kolísaní hladiny vo vodnej nádrži. Korelácia kolísania hladiny v nádrži s údajmi nameranými v piezometrickom vrte výrazne spresnila poznatky o možných vplyvoch na zmeny hladiny podzemnej vody.

Z výsledkov monitorovania jednoznačne vyplýva, že kolísanie hladiny podzemnej vody je do značnej miery determinované zmenami výšky hladiny v nádrži. Maximálny stav hladiny podzemnej vody bol dosiahnutý 26. februára na úrovni 1,87 m pod terénom (528,33 m n. m.) a bol jednoznačne spojený so zvýšením hladiny v nádrži na úroveň 528,72 m n. m. (tretia najvyššia hodnota nameraná v roku 2024). Bezprostrednému vzostupu hladín predchádzali zrážky s úhrnom 21,4 mm (údaje VV, š. p.), pričom 30-dňový zrážkový úhrn podľa údajov VV, š. p., dosiahol až 105 mm. Ako vyplýva z obr. 4.4.6, prudký nárast oboch hladín bol zaznamenaný už v prvej polovici februára, a to v súvislosti so zrážkovým úhrnom 38,2 mm zo dňa 12. februára.

Pomerne úzka korelácia medzi oboma hladinami pretrvávala aj v ďalšej časti roka. Výraznejšie vzostupy boli pozorované ešte v prvej pätine mája, po ktorých začala hladina v nádrži aj v piezometri klesať. Minimálna hladina podzemnej vody (3,26 m pod terénom; 526,94 m n. m.) bola nameraná 14. septembra, teda v období najnižšej hladiny v nádrži (13. september – 527,12 m n. m.).

Podobnosť vývoja oboch hladín bola pozorovaná aj v nasledujúcom období, avšak amplitúda ich kolísania bola už veľmi malá.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla 2,96 m pod terénom (527,51 m n. m.). Pre porovnanie, priemerná hladina vody v nádrži sa nachádzala na úrovni 527,80 m n. m.

Celková amplitúda zmien hladiny podzemnej vody počas roka 2024 dosiahla 1,39 m. Hladina vody vo vodnej nádrži kolísala v rozsahu 527,12 – 528,96 m n. m., teda 1,84 m.

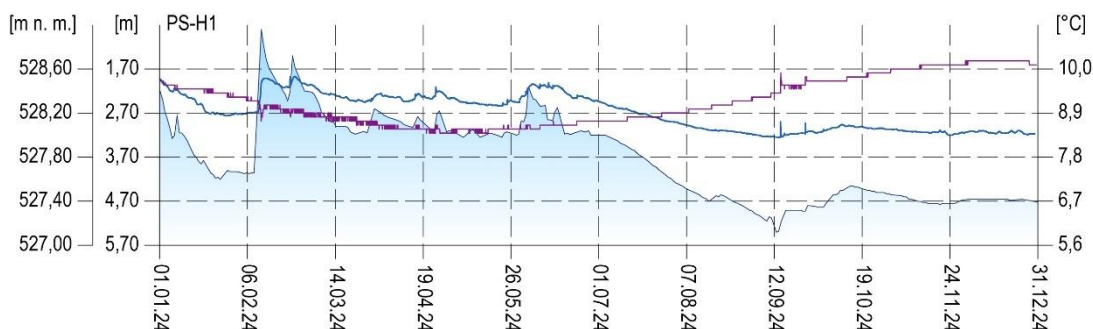
Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody dosiahol 3,11 m pod terénom, 2. kvartil 2,70 m pod terénom a 3. kvartil 2,35 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla 10,2 °C (30. november), minimálna bola 8,4 °C (20. apríl). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,2 °C a jej priebeh mal pravidelný sinusoidálny charakter.

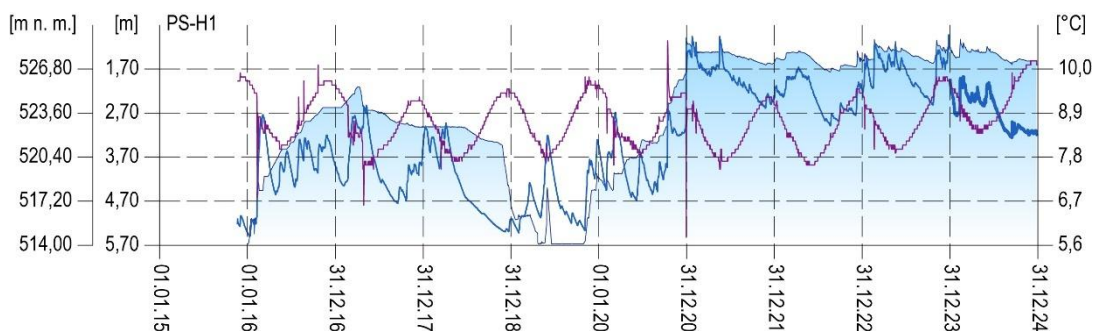
Na základe dlhodobého hodnotenia zmien hĺbky hladiny vo vrte PS-H1 a jej korelácie s kolísaním vodného stavu v nádrži vyplýva, že hĺbka podzemnej vody je vo významnej miere priamo ovplyvňovaná vývojom hladiny povrchovej vody v nádrži. Na základe hodnotenia

dlhšieho obdobia monitoringu vyplýva, že maximálne hladiny, zaznamenané v rokoch 2021 a 2023 (obr. 4.4.7), boli priamo spojené s náhlymi vzostupmi hladiny v Dolnom Hodrušskom jazere. Rovnako aj minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytli v období minimálnych vodných stavov v jazere.

Priemerná hodnota hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia dosiahla 3,28 m pod terénom (526,92 m n. m.), pričom celková amplitúda kolísania predstavovala 4,61 m.



Obr. 4.4.6. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody zaznamenané automatickým hladinomerom umiestneným vo vrte PS-H1 a výška vodného stavu v Dolnom Hodrušskom jazere, zaznamenaná na základe priamych meraní spoločnosti Vodohospodárska výstavba, š. p., na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2024. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os, [m]); modrá tieňovaná plocha – vodný stav v nádrži (ľavá os, [m n. m.]); stupnice nadmorskej výšky hladiny v priehrade a hĺbky podzemnej vody nie sú vzájomne kompatibilné; fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os).



Obr. 4.4.7. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2015 až 2024 na zosuvnej lokalite Hodruša-Hámre a výška vodného stavu v Dolnom Hodrušskom jazere, zaznamenaná na základe priamych meraní spoločnosti Vodohospodárska výstavba, š. p. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PS-H1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os, [m]); modrá tieňovaná plocha – vodný stav v nádrži (ľavá os, [m n. m.]); stupnice nadmorskej výšky hladiny v priehrade a hĺbky podzemnej vody nie sú vzájomne kompatibilné; fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os). Zvýraznená modrá línia (rok 2024) – hladina podzemnej vody po zohľadnení zmeny konfigurácie terénu v brehovej časti telesa zosuvu.

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 zrážkových úhrnoch v roku 2001. Ročný zrážkový priemer nameraný v období od januára 2001 do decembra 2021 predstavuje 807,3 mm (uvedený údaj nezahrňuje ročný úhrn z roku 2016, počas ktorého došlo k výpadku meraní v mesiacoch október a november) a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 295,5 mm (rok 2010), opačne, minimálny ročný úhrn bol zaznamenaný v roku 2003 (490,9 mm); priemerný mesačný úhrn 68,1 mm, maximálny mesačný úhrn 339,7 mm (február 2010) a minimálny mesačný úhrn 0,8 mm (apríl 2007).

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1 000,7 mm, čo zodpovedá 123,96 % dlhodobému priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (147,2 mm). Najsuchším mesiacom bol júl s 35,8 mm zrážok.

V roku 2024 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k výraznému poklesu zrážkového úhrnu, nameraných bolo iba 759,5 mm, čo je o 241,2 mm menej ako v roku 2023. V porovnaní s dlhodobým ročným priemerom to predstavuje 94,1 % normálu, vďaka čomu je možné rok 2024 hodnotiť ako zrážkovo normálny. Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v júli (114,4 mm); mesačné úhrny presahujúce 90 mm boli namerané v máji a septembri. Naopak, najnižší zrážkový úhrn bol zaznamenaný v decembri, a to iba 15,2 mm.

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 počas jedinej kontrolnej etapy poukázali na nárast pohybovej aktivity v oblasti vrtu PS-Z1. Vektor s hodnotou 2,5 mm bol nameraný v hĺbke 7,46 m pod terénom a bol orientovaný na juhozápad, čo naznačuje, že nesúvisel priamo so svahovým pohybom. Vo vrte IP-2 bol zaznamenaný mierny pokles pohybovej aktivity. Na sledovaných šmykových plochách nepresiahli etapové prírastky deformácie 0,4 mm (3,08 m pod terénom). Nameraný vektor mal azimut na severozápad, teda smerom na Dolné Hodrušské jazero. Na základe nameraných výsledkov je možné konštatovať, že zosuvné teleso sa pohybuje veľmi pomaly, s priemernou rýchlosťou na úrovni desiatín milimetra až prvých mm za rok.

Merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2024 potvrdili pomerne úzku previazanosť s kolísaním vodného stavu v nádrži. V roku 2024 došlo k nastaveniu novej referenčnej hĺbky hladiny podzemnej vody v automatickom hladinomere, čo si vyžiadala zmena výšky terénu v oblasti vrtu PS-H1. Keďže presný termín terénnych úprav nebol známy, korekcia hladiny bola vykonaná k konvenčne stanovenému dátumu. Z dôvodu zjednodušenia vyhodnocovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody boli upravené údaje namerané od 1. januára 2024.

V roku 2025 vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie vodnej stavby) je plánované pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a režime ako v predchádzajúcom roku 2024.

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 2023 a 2024

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2023 a 2024 vykonávali len režimové pozorovania. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2023 a 2024, sú zhrnuté v tab. 4.5.1.

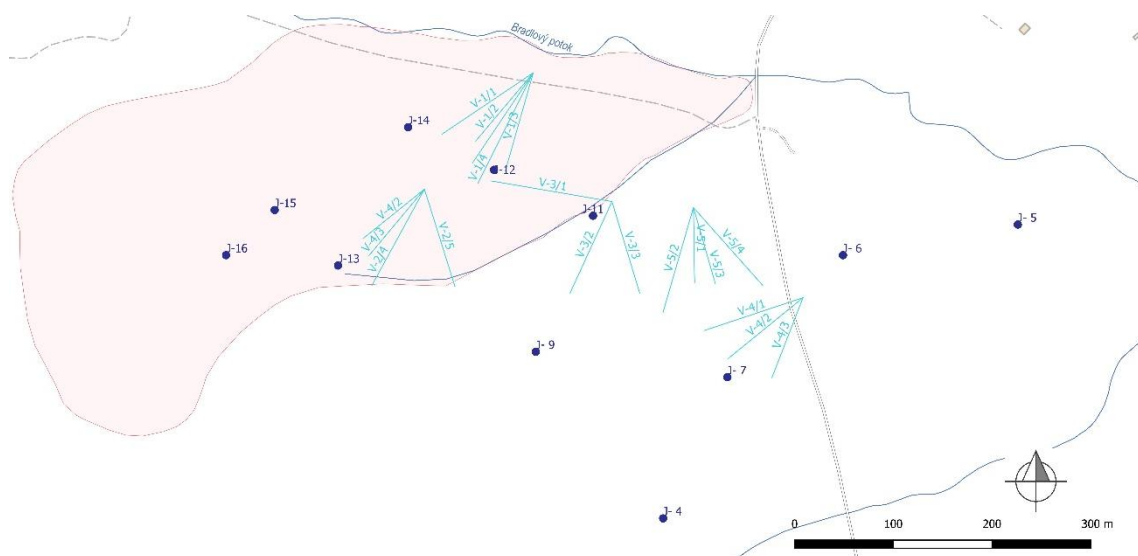
Tab. 4.5.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slanec-TP v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	11	J-4, J-5, J-6, J-7, J-9, J-11, J-12, J-13, J-14, J-15, J-16	10 (23. február, 29. marec, 21. apríl, 29. máj, 29. jún, 20. júl, 23. august, 28. september, 2. november, 12. december)	10 (15. február, 12. marec, 25. apríl, 30. máj, 26. jún, 30. júl, 27. august, 25. september, 29. október, 27. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	20	V-1/1 až 1/5, V-2/1 až 2/5, V-3/1 až 3/3, V-4/1 až 4/3, V-5/1 až 5/4	10 (23. február, 29. marec, 21. apríl, 29. máj, 29. jún, 20. júl, 23. august, 28. september, 2. november, 12. december)	10 (15. február, 12. marec, 25. apríl, 30. máj, 26. jún, 30. júl, 27. august, 25. september, 29. október, 27. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Slanská Huta (indikatív 51160)	Mesačné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 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.



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 vrtovej); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.5.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2023.

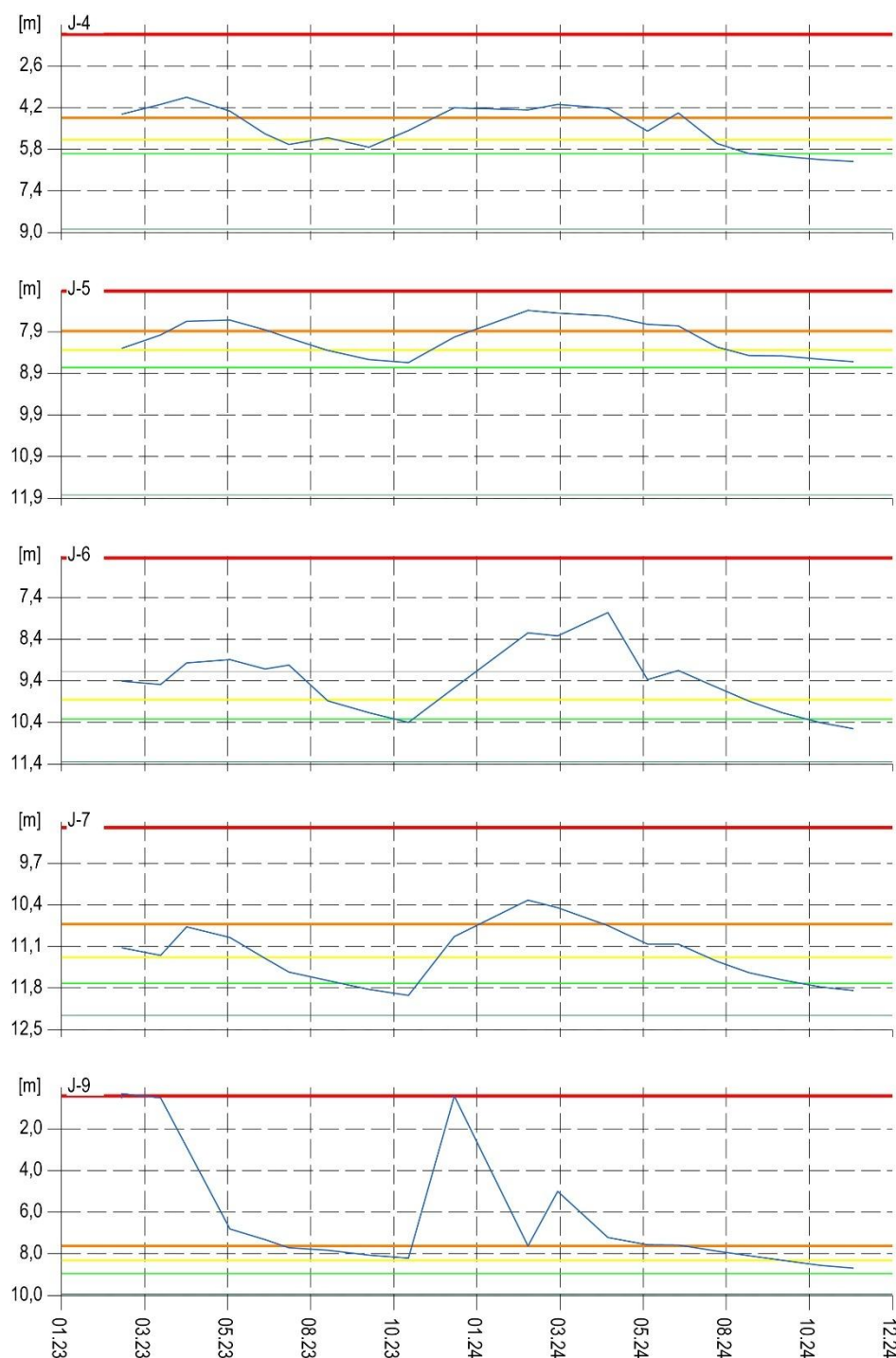
Bod	Počet meraní	Max. úroveň HPV			Min. úroveň HPV			Priem. úroveň HPV		Max. kolísanie HPV [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-4	10	3,80	338,70	21. 4. 2023	5,72	336,78	28. 9. 2023	4,78	337,72	1,92
J-5	10	7,62	295,17	29. 5. 2023	8,64	294,15	2. 11. 2023	8,10	294,69	1,02
J-6	10	8,89	306,43	29. 5. 2023	10,40	304,92	2. 11. 2023	9,49	305,83	1,51
J-7	10	10,77	323,88	21. 4. 2023	11,92	322,73	2. 11. 2023	11,33	323,32	1,15
J-9	10	0,30	345,58	29. 3. 2023	8,21	337,67	2. 11. 2023	4,77	341,11	7,91
J-11	10	0,04	324,94	29. 3. 2023	2,31	322,67	28. 9. 2023	1,16	323,82	2,27
J-12	10	2,86	332,75	21. 4. 2023	4,19	331,42	2. 11. 2023	3,72	331,89	1,33
J-13	10	0,58	352,21	21. 4. 2023	2,11	350,68	28. 9. 2023	1,33	351,46	1,53
J-14	10	0,59	339,10	21. 4. 2023	4,92	334,77	28. 9. 2023	2,49	337,20	4,33
J-15	10	6,44	354,69	21. 4. 2023	7,10	354,03	23. 2. 2023	6,77	354,36	0,66
J-16	10	0,22	358,07	29. 3. 2023	3,71	354,58	28. 9. 2023	2,17	356,12	3,49

V roku 2023 boli merania zabezpečované v 11 vrtoch, a to od 23. februára do 12. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom období, bola nameraná vo vrte J-11 (0,04 m pod terénom – 324,94 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol nameraný 29. marca. Pomerne vysoké stavy hladiny podzemnej vody boli namerané aj vo vrtoch J-16, J-9, J-13 a J-14 (maximálne stavy v intervale od 0,23 do 0,59 m pod terénom). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 2,86 (J-12) do 10,77 m pod terénom (J-7). Ich výskyt bol pozorovaný výlučne počas prvého polroku. Prevládajúcim termínom bol 21. apríl (v 6 vrtoch: J-4, J-7, J-12, J-13, J-14 a J-15). Maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané aj 29. marca (3 vrty: J-9, J-11 a J-16) a 29. mája (2 vrty: J-5 a J-6).

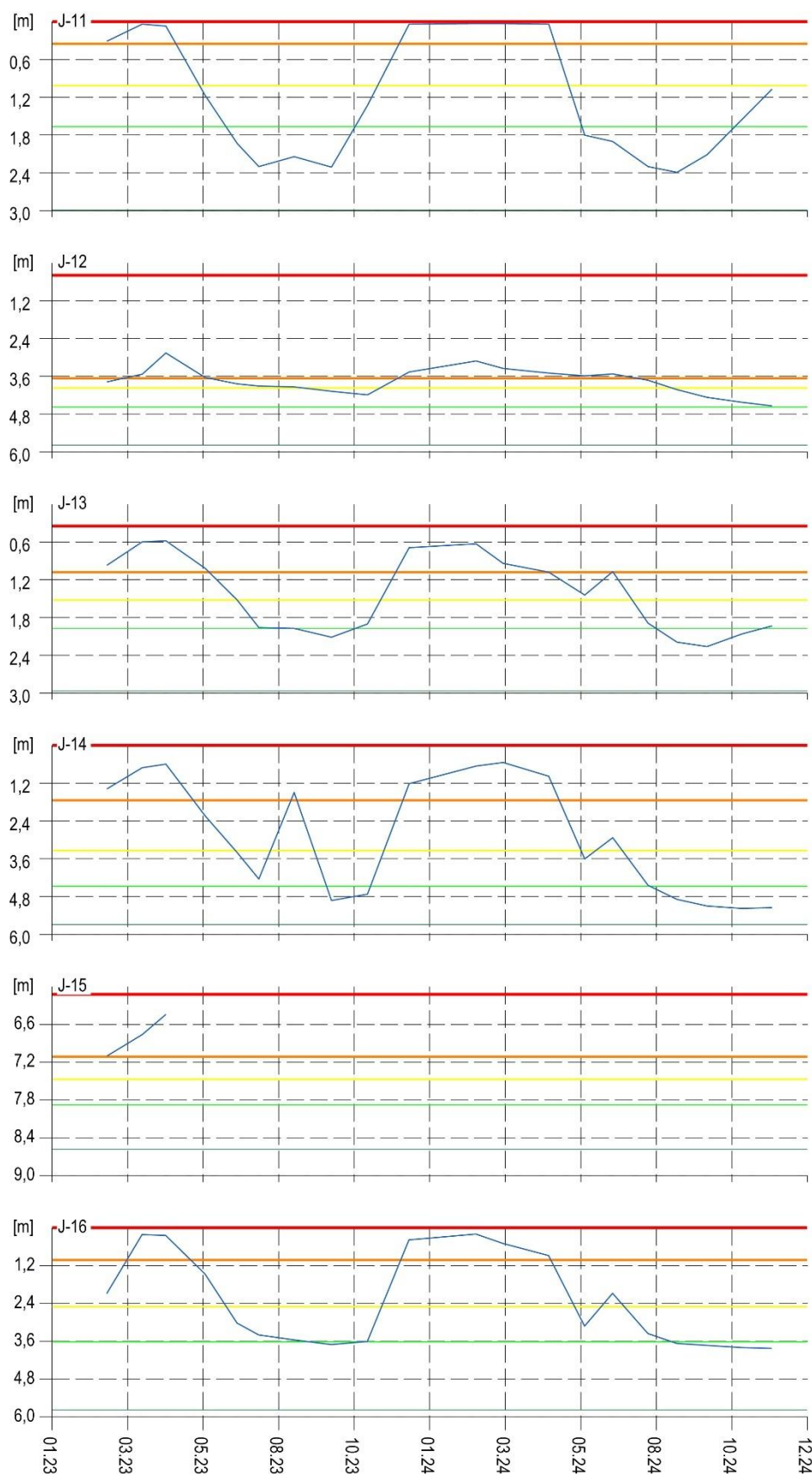
Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte J-7. Jej minimálna hladina sa nachádzala na úrovni 11,72 m pod terénom (322,73 m n. m.; 2. november). Pod úroveň desiatich metrov klesla hladina podzemnej vody aj vo vrte J-6 (10,4 m pod terénom; 304,92 m n. m.; 23. november). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali zväčša na konci septembra (vrty: J-4, J-11, J-13, J-14 a J-16), resp. začiatku novembra (vrty: J-5, J-6, J-7, J-9 a J-12), len ojedinele bol ich výskyt spojený s koncom februára (vrt J-15).

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2023 dosiahla hĺbku 5,10 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup (o 1,12 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,16 (vrt J-11) do 11,33 m pod terénom (vrt J-7). Výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody

bolo pozorované vo vrtoch J-9 (7,91 m) a J-14 (4,33 m). V ostatných vrtoch bolo namerané kolísanie hladiny podzemnej vody v rozsahu od 1,22 do 3,49 m.



Obr. 4.5.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP (vo vrtoch: J-4, J-5, J-6, J-7 a J-9, ktoré sú situované vo východnej časti zosuvného územia), namerané v rokoch 2023 a 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2003 – november 2022); 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 na lokalite Slanec-TP (vo vrtoch: J-11 až J-16, situovaných prevažne v strednej časti zosuvu), namerané v rokoch 2023 a 2024, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO január 2003 – november 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.5.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2024.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň HPV			Min. úroveň HPV			Priem. úroveň HPV		Max. kolísanie HPV [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-4	10	4,08	338,42	12. 3. 2024	6,27	336,23	27. 11. 2024	5,22	337,28	2,19
J-5	10	7,39	295,40	15. 2. 2024	8,62	294,17	27. 11. 2024	8,02	294,77	1,23
J-6	10	7,76	307,56	25. 4. 2024	10,55	304,77	27. 11. 2024	9,34	305,98	2,79
J-7	10	10,32	324,33	15. 2. 2024	11,84	322,81	27. 11. 2024	11,18	323,47	1,52
J-9	10	4,99	340,89	12. 3. 2024	8,68	337,20	27. 11. 2024	7,65	338,24	3,69
J-11	10	0,03	324,95	15. 2. 2024	2,39	322,59	27. 8. 2024	1,32	323,66	2,36
J-12	10	3,11	332,50	15. 2. 2024	4,54	331,07	27. 11. 2024	3,80	331,81	1,43
J-13	10	0,63	352,16	15. 2. 2024	2,26	350,53	25. 9. 2024	1,55	351,24	1,63
J-14	10	0,54	339,15	12. 3. 2024	5,18	334,51	29. 1. 2024	3,35	336,34	4,64
J-15	10	vrt bol poškodený								
J-16	10	0,20	358,09	15. 2. 2024	3,83	354,46	27. 11. 2024	2,52	355,77	3,63

V roku 2024 sa pokračovalo v meraniach hladiny podzemnej vody v desiatich vrtoch. Kontrolné monitorovacie merania prebiehali od 15. februára do 27. novembra v približne mesačných intervaloch, pričom bolo uskutočnených desať kontrolných meraní.

Maximálna hladina podzemnej vody bola, podobne ako v predchádzajúcich rokoch obdobia monitorovania, zaznamenaná vo vrte J-11 (0,03 m pod terénom; 324,95 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny bol zaznamenaný už počas prvého kontrolného merania – 15. februára. Do blízkosti povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody aj vo vrtoch J-16, J-14 a J-13, kde sa maximálne hodnoty nachádzali v intervale od 0,20 do 0,63 m pod terénom. V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny pohybovali v rozmedzí od 3,11 m (vrt J-12) do 10,32 m (vrt J-7) pod terénom. Výskyt maximálnych stavov bol viazaný predovšetkým na prvý kontrolný termín (15. február; vrty J-11, J-16, J-13, J-12, J-5 a J-7). Relatívne početný výskyt maximálnych stavov bol zaznamenaný aj v marci (vrty J-14, J-4 a J-9) a ojedinelý v druhej polovici apríla (vrt J-6). Vrt J-15 bol počas celého monitorovacieho obdobia nemerateľný.

Hodnoty maximálnych stavov zaznamenané vo vrtoch J-5 a J-6 predstavujú najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody za hodnotené desaťročné obdobie.

Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa v sledovanom území vyskytovali výlučne v druhej polovici roka, predovšetkým počas posledného kontrolného merania (27. november), kedy boli minimálne hodnoty zaznamenané v siedmich vrtoch. Najnižšie hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,26 m (vrt J-13) do 11,84 m pod terénom (vrt J-7).

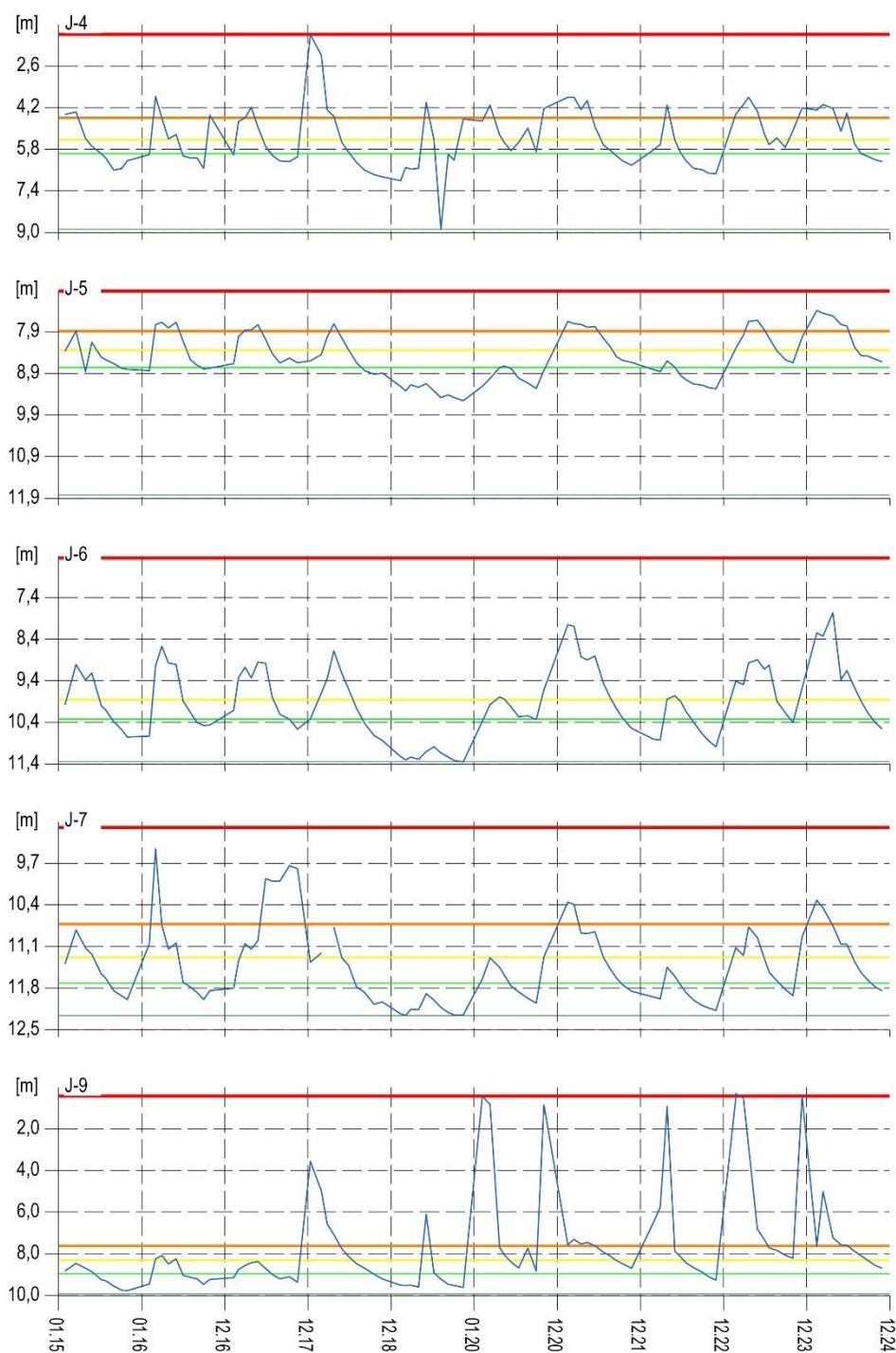
Najvyššia priemerná hladina podzemnej vody (to znamená hladina najbližšie k povrchu terénu) bola zaznamenaná vo vrte J-11 – 1,32 m pod terénom (323,66 m n. m.).

Celková priemerná hladina podzemnej vody, odvodená z priemerných hodnôt nameraných v desiatich pozorovacích vrtoch, dosiahla 5,39 m pod terénom, čo oproti predchádzajúcemu roku predstavuje mierny pokles (o 0,29 m; pri výpočte nebola zohľadnená hladina vo vrte J-15, ktorý bol v dôsledku poškodenia nemerateľný).

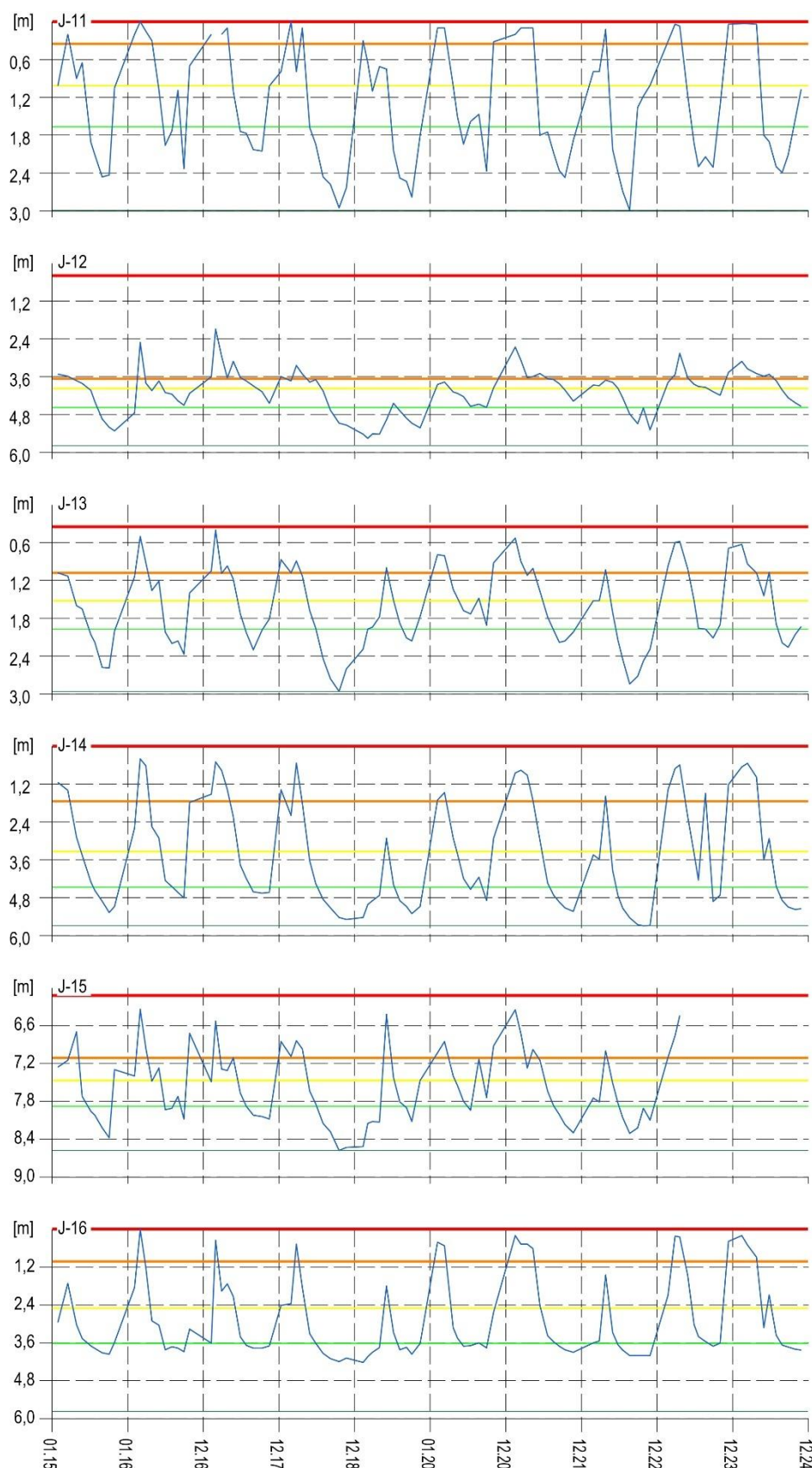
Amplitúdy zmien hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch sa pohybovali v rozsahu od 1,23 m (vrt J-5) do 4,64 m (vrt J-14).

Z dlhodobého hľadiska (v období 2015 až 2024 – obr. 4.5.4 a 4.5.5) boli najvyššie namerané hladiny podzemnej vody – na úrovni terénu – vo vrtoch J-11 (marec 2016 a marec 2018) a J-16 (marec 2016). 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 hodnotenej dekády bola najvyššie hladina podzemnej vody v danom vrte nameraná počas 2. marca 2017, a to v hĺbke 0,40 m pod terénom.

Od roku 2019, ale najmä v rokoch 2021 a 2024, sú pozorovateľné výrazné vzostupy hladiny i vo vrte J-9.



Obr. 4.5.4. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2015 až 2024 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 2003 – november 2022); 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 na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2015 až 2024 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 2003 – november 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

b) Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

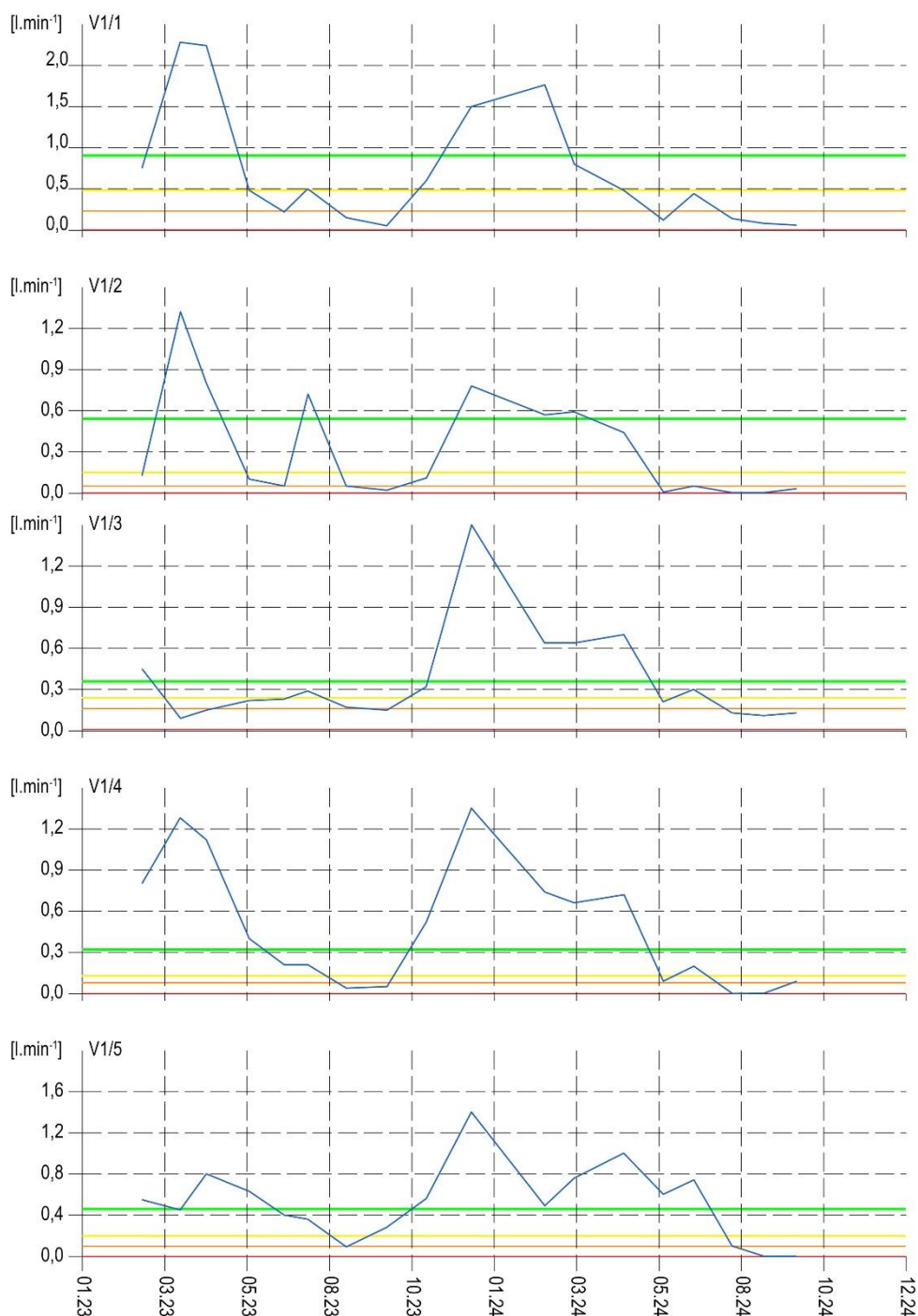
Na lokalite Slanec je pozorovaných 20 odvodňovacích zariadení, ktoré sú rozdelené do piatich stanovišť (tab. 4.5.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.5.4 a 4.5.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení je na obr. 4.5.1). Počas hodnotených rokov 2023 a 2024 boli 2. a 4. stanovište (zberné šachty), tak ako po minulé roky, zatopené vodou, a to počas všetkých kontrolných etapových meraní. Výsledky meraní za posledné dva roky sú graficky prezentované na obr. 4.5.6 a 4.5.8; podobným spôsobom je zhodnotená i posledná monitorovacia dekáda (obr. 4.5.9 a 4.5.11).

Tab. 4.5.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2023.

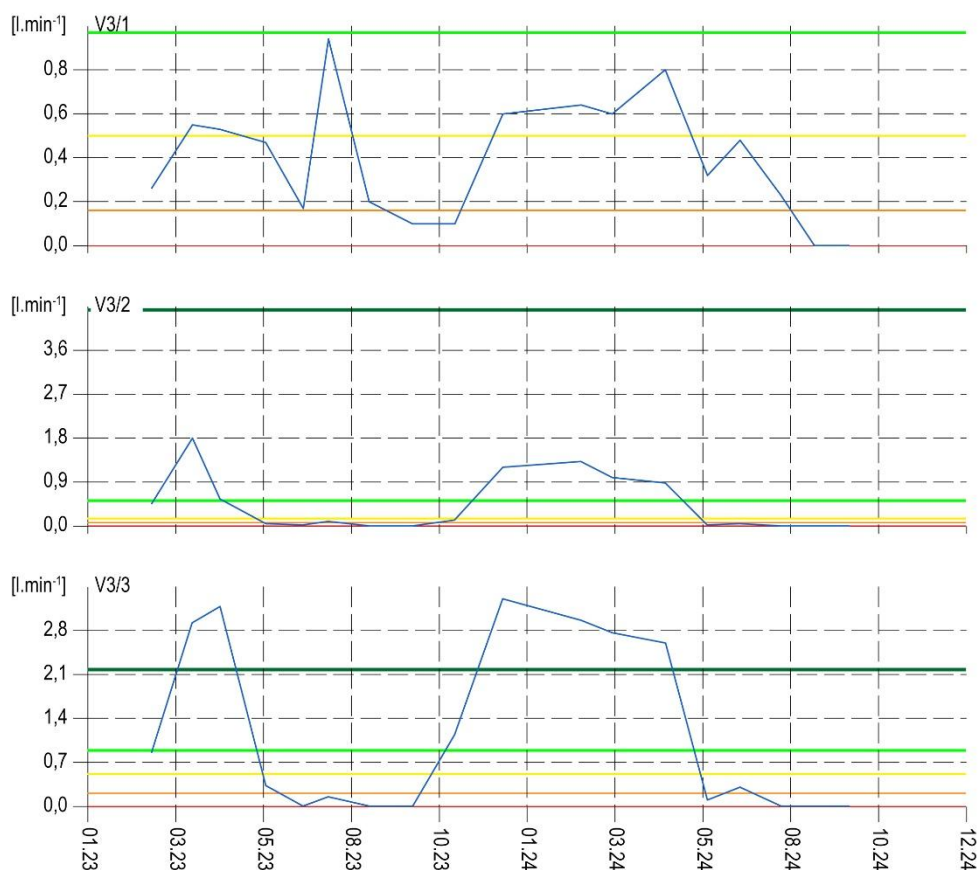
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
V1/1	10	2,28	29. 3. 2023	0,05	28. 9. 2023	0,88	2,23
V1/2	10	1,32	29. 3. 2023	0,02	28. 9. 2023	0,41	1,30
V1/3	10	1,50	12. 12. 2023	0,09	29. 3. 2023	0,36	1,41
V1/4	10	1,35	12. 12. 2023	0,04	23. 8. 2023	0,60	1,31
V1/5	10	1,40	12. 12. 2023	0,09	23. 8. 2023	0,55	1,31
V2/1	10	ústia odvodňovacích vrtov, nachádzajúcich sa v zbernej šachte, boli počas jednotlivých monitorovacích etáp zaliate vodou					
V2/2	10						
V2/3	10						
V2/4	10						
V2/5	10						
V3/1	10	0,94	20. 7. 2023	0,10	28. 9. 2023	0,39	0,84
V3/2	10	1,80	29. 3. 2023	0,00	28. 9. 2023	0,48	1,80
V3/3	10	3,30	12. 12. 2023	0,00	23. 8. 2023	1,48	3,30
V4/1	10	ústia odvodňovacích vrtov, nachádzajúcich sa v zbernej šachte, boli počas jednotlivých monitorovacích etáp zaliate vodou					
V4/2	10						
V4/3	10						
V5/1	10	0,40	29. 3. 2023	0,00	20. 7. 2023	0,17	0,40
V5/2	10	0,05	29. 3. 2023	0,00	23. 8. 2023	0,01	0,05
V5/3	10	1,02	29. 3. 2023	0,00	28. 9. 2023	0,16	1,02
V5/4	10	0,40	29. 3. 2023	0,03	28. 9. 2023	0,17	0,37

Tab. 4.5.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2024

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	1,76	15. 2. 2024	0,06	25. 9. 2024	0,42	1,70
V1/2	10	0,59	12. 3. 2024	0,00	29. 10. 2024	0,17	0,59
V1/3	10	0,70	25. 4. 2024	0,11	27. 8. 2024	0,32	0,59
V1/4	10	0,74	15. 2. 2024	0,00	30. 7. 2024	0,30	0,74
V1/5	10	1,00	25. 4. 2024	0,00	27. 8. 2024	0,37	1,00
V2/1	10	ústia odvodňovacích vrtov, nachádzajúcich sa v zbernej šachte, boli počas jednotlivých monitorovacích etáp zaliate vodou					
V2/2	10						
V2/3	10						
V2/4	10						
V2/5	10						
V3/1	10	0,80	25. 4. 2024	0,00	27. 8. 2024	0,34	0,80
V3/2	10	1,32	15. 2. 2024	0,00	30. 7. 2024	0,33	1,32
V3/3	10	2,96	15. 2. 2024	0,00	30. 7. 2024	0,92	2,96
V4/1	10	ústia odvodňovacích vrtov, nachádzajúcich sa v zbernej šachte, boli počas jednotlivých monitorovacích etáp zaliate vodou					
V4/2	10						
V4/3	10						
V5/1	10	0,35	15. 2. 2024	0,00	25. 9. 2024	0,11	0,35
V5/2	10	0,01	15. 2. 2024	0,00	27. 11. 2024	0,00	0,01
V5/3	10	0,41	15. 2. 2024	0,00	27. 11. 2024	0,06	0,41
V5/4	10	0,47	12. 3. 2024	0,03	27. 8. 2024	0,16	0,44



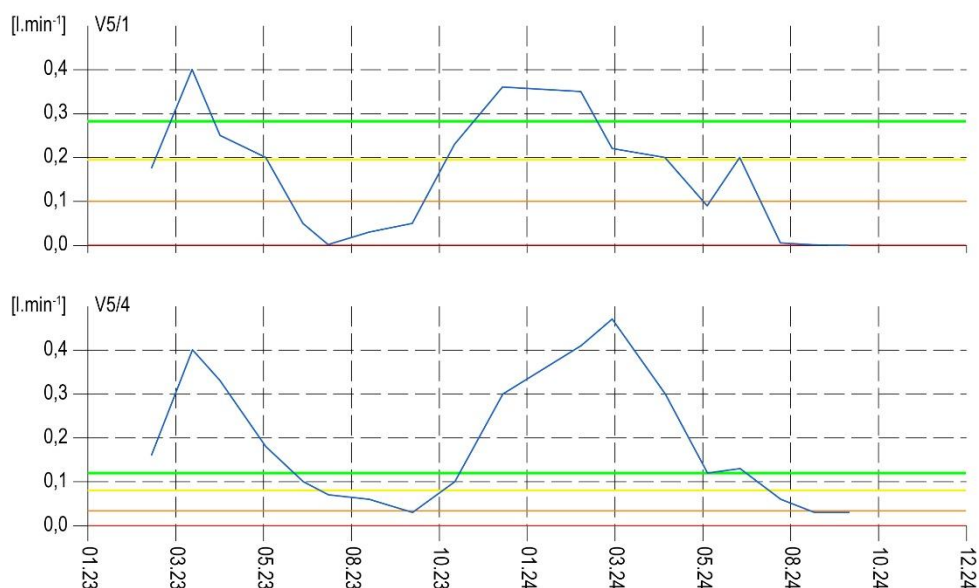
Obr. 4.5.6. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V1/1, V1/2, V1/3, V1/4 a V1/5) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2023 a 2024, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil (maximálna nameraná výdatnosť v jednotlivých vrtoch: V1/1 – 4,91 $l.min^{-1}$, V1/2 – 60,0 $l.min^{-1}$, V1/3 – 5,12 $l.min^{-1}$, V1/4 – 2,65 $l.min^{-1}$, V1/5 – 3 $l.min^{-1}$). Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: október 2001 – november 2022.



Obr. 4.5.7. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V3/1, V3/2 a V3/3) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2023 a 2024, 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 (vo vrte V3/1 bola maximálna výdatnosť nameraná na úrovni 16,05 l.min⁻¹). Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: október 2001 – november 2022.

V roku 2023 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 23. februára do 12. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 12. decembra na vrte V3/3 (3,30 l.min⁻¹). Pomerne vysoká výdatnosť bola nameraná aj vo vrte V1/1 – 2,88 l.min⁻¹ (29. marec). Maximálne prietoky nad 1 l.min⁻¹ boli namerané aj vo vrtoch V1/2, V1/3, V1/4, V1/5, V3/2 a V5/3 (od 1,02 do 1,80 l.min⁻¹). Naopak, najnižšie maximálne výdatnosti boli namerané na odvodňovacích zariadeniach V3/1, V5/1, V5/2 a V5/4 (od 0,05 do 0,94 l.min⁻¹). Maximálne hodnoty výdatností boli najčastejšie namerané na konci marca (na 7 vrtoch: V1/1, V1/2, V3/2, V5/1, V5/2, V5/3 a V5/4). Nárast výdatnosti dokumentujú i merania z prvej polovice decembra, kedy boli maximálne hodnoty prietokov namerané na 4 vrtoch (V1/3, V1/4, V1/5 a V3/3). K prekročeniu dlhodobých maximálnych hodnôt prietoku došlo vo vrte V1/1, V1/2, V1/3, V1/4, V1/5 a V3/3.

Minimálne hodnoty sledovaného prietoku sa pohybovali od 0,00 (na úrovni kvapkania, a to vo vrtoch: V3/2, V3/3, V5/1, V5/2 a V5/3) do 0,1 l.min⁻¹ (V3/1). Prevládajúcimi termínmi s minimálnymi hodnotami výdatnosti odvodňovacích vrtoch boli 23. august (V1/4, V1/5, V3/3 a V5/2) a 28. september (V1/1, V1/2, V3/1, V3/2, V5/3 a V5/4). Počas roka 2023 boli suché minimálne počas jedného merania vrty V3/2 a V3/3; vo vrtoch V5/2 a V5/3 bol prietok prevažne na úrovni kvapkania.



Obr. 4.5.8. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V5/1 a V5/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2023 a 2024, 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, (maximálna nameraná výdatnosť v jednotlivých vrtoch: V5/1 – 3,45 l.min⁻¹, V5/4 – 14,0 l.min⁻¹. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: október 2001 – november 2022.

Najhoršia situácia, podobne ako po minulé roky panovala vo vrtoch: V2/1, V2/2, V2/3, V2/4, V2/5, V4/1, V4/2 a V4/3. Ústia vrtov boli počas terénnych meraní zaliate vodou a nebolo ich možné merať.

Sumárna priemerná hodnota výdatnosti u vrtov, ktoré vykazovali merateľné hodnoty, je 5,66 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s rokom 2022 pokles o 0,48 l.min⁻¹.

V aktuálne hodnotenom roku 2024 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 15. februára do 27. novembra, a to približne s mesačnou frekvenciou.

Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte V3/3 (2,96 l.min⁻¹; ide o jeden z najvyšších prietokov nameraných počas monitorovaného obdobia; vyššie hodnoty na odvodňovacom vrte boli namerané len v roku 2023). Maximálne namerané hodnoty výdatnosti na jednotlivých odvodňovacích objektoch sa nachádzali v intervale od 0,01 (vrt V5/2) až do uvedených 2,96 l.min⁻¹. Maximálne hodnoty výdatnosti, rovnako ako v prípade merania režimových zmien hladiny podzemnej vody, boli namerané zväčša počas februárového kontrolného merania (vo vrtoch: V5/2, V5/1, V5/3, V1/4, V3/2, V1/1, V3/3 a V5/4). Ojedinele boli maximálne hodnoty výdatnosti pozorované aj v mesiacoch marec (V5/4 a V1/2) a apríl (V1/3, V3/1 a V1/5).

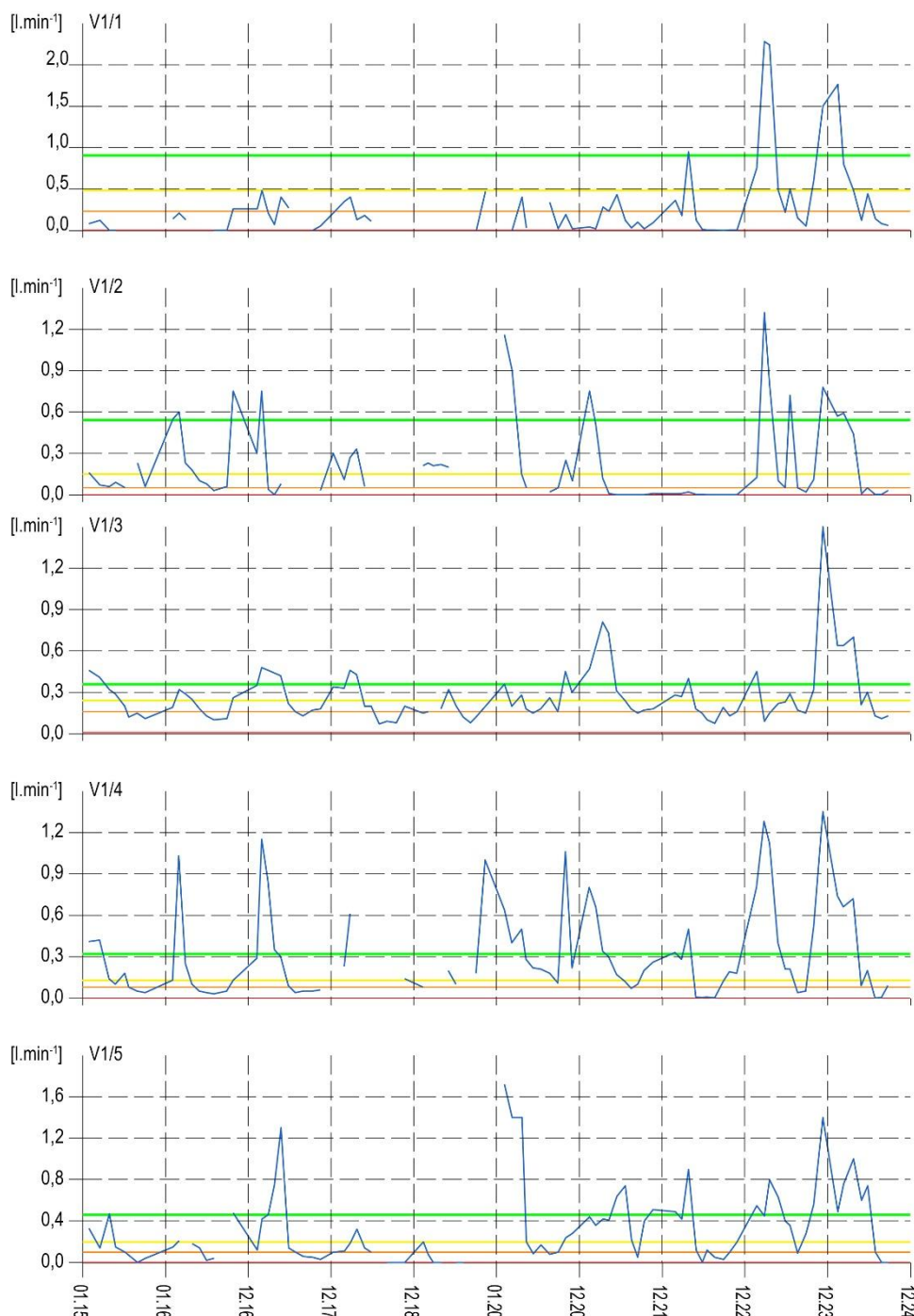
Počas celého roka, a to aj v období s minimálnymi hodnotami výdatnosti, bol pozorovaný prietok len na ústiach vrtov V5/4 (0,03 l.min⁻¹), V1/1 (0,06 l.min⁻¹), V1/3 (0,11 l.min⁻¹). Ostatné vrty (V5/1, V3/2, V3/3, V1/2, V3/1, V1/5, V5/2, V1/4 a V5/3) boli počas hodnoteného roka viackrát suché, prípadne bol pozorovaný len veľmi nízky prietok – na úrovni kvapkania.

Opäť, i v tomto prípade je možné minimálne stavy výdatnosti odvodňovacích zariadení spájať s poklesom hladiny podzemnej vody. Minimálne stavy prietoku sa začali vyskytovať ešte v júli (vrty: V3/2, V3/3 a V1/4) a trvali až do konca novembra (vrty: V5/2 a V5/3).

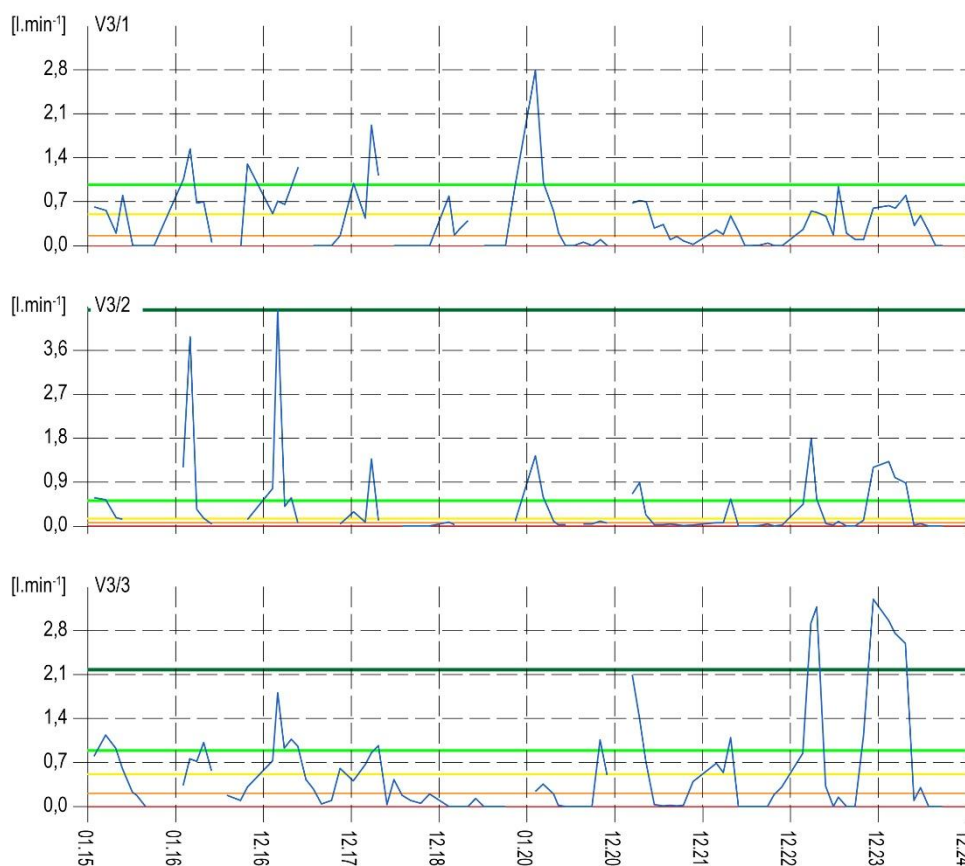
Sumárna priemerná hodnota výdatnosti vrtov, na ktorých bolo možné v roku 2024 realizovať merania, dosiahla 3,51 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom o 2,13 l.min⁻¹ nižšia hodnota.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (od roku 2015 do 2024) možno konštatovať, že v rámci odvodňovacej siete vrtov sa najefektívnejšie prejavujú vrty označené ako V2. Ich priemerná výdatnosť za poslednú dekádu dosahuje 0,53 l.min⁻¹. Problémom však je, že vrty

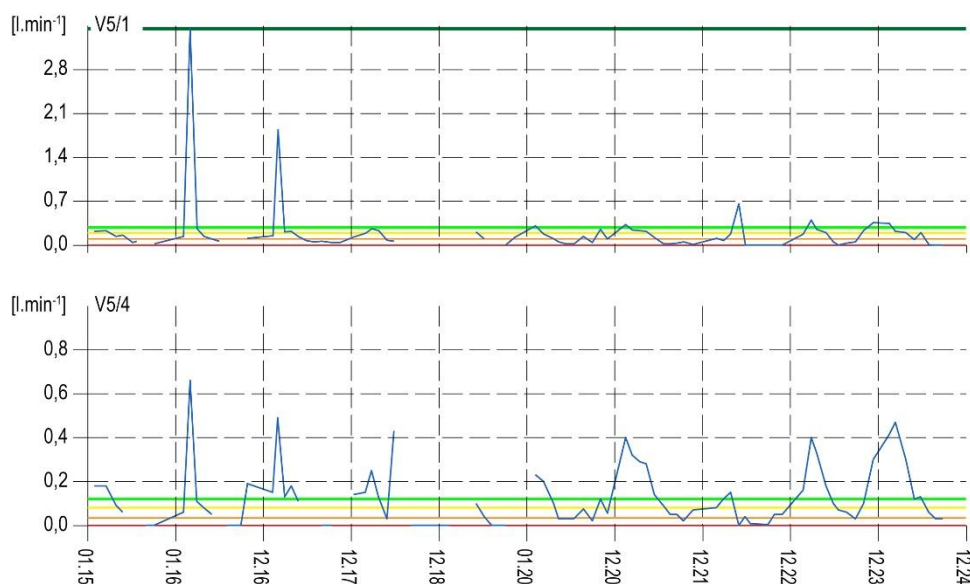
ústia do šachty, ktorá je prakticky permanentne zaliata vodou, čo jednak znemožňuje výkon monitorovacích meraní, ale predovšetkým znižuje účinnosť vybudovaného sanačného opatrenia. Vyššia efektivita odvodňovacích zariadení je monitorovaná v šachtách V3 a V1. V šachte V3 sa spoločná priemerná výdatnosť za poslednú dekádu pohybovala na úrovni $0,43 \text{ l.min}^{-1}$ a v šachte V1 $0,28 \text{ l.min}^{-1}$.



Obr. 4.5.9. 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 2015 až 2024, 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 (maximálna nameraná výdatnosť v jednotlivých vrtoch: V1/1 – $4,91 \text{ l.min}^{-1}$, V1/2 – $60,0 \text{ l.min}^{-1}$, V1/3 – $5,12 \text{ l.min}^{-1}$, V1/4 – $2,65 \text{ l.min}^{-1}$, V1/5 – 3 l.min^{-1}). Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: október 2001 – november 2022.



Obr. 4.5.10. Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V3/1, V3/2, V3/3 a V3/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2015 až 2024, 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 (vo vrte V3/1 bola maximálna výdatnosť nameraná na úrovni 16,05 l.min⁻¹). Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: október 2001 – november 2022.



Obr. 4.5.11. Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V5/1 a V5/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2015 až 2024, 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 (vo vrte V5/4 bola maximálna výdatnosť nameraná na úrovni 14,0 l.min⁻¹). Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: október 2001 – november 2022.

V jednotlivých skupinách vrtoch boli najvýznamnejšie hodnoty výdatnosti namerané počas rokov 2016, 2017 a 2023. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli namerané v roku 2016, a to vo vrtoch V5/2 ($6,24 \text{ l.min}^{-1}$ – 2. marca) a V2/1 ($6,0 \text{ l.min}^{-1}$ – 30. marca). V roku 2016 bol zaznamenaný zároveň najväčší počet nameraných maximálnych výdatností za poslednú hodnotenú dekádu, a to až vo 8 vrtoch (V2/1, V2/2, V2/4, V2/5, V5/1, V5/2, V5/3 a V5/4). Z hľadiska hodnotenia počtu dlhodobých maximálnych prietokov je významný i rok 2023. K prekročeniu najvyšších hodnôt z predchádzajúceho obdobia došlo až v 5 vrtoch (V1/1, V1/2, V1/3, V1/4 a V3/3).

Tak ako už bolo naznačené, problémom monitorovania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-tranzitný plynovod je, že viaceré vrty bývajú zaplavované vytekajúcou vodou z drenážnych zariadení. V dôsledku tohto stavu nie je možné sledovať množstvo odtekajúcej vody zo zosuvného územia, čo je však ešte horšie, zaplavovaním zberných šácht, teda zlými odtokovými pomermi, dochádza k znižovaniu účinnosti jediného sanačného opatrenia, ktorým je hĺbkové odvodnenie.

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 2021 predstavuje 758,5 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 204,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 63,2 mm, maximálny mesačný úhrn 314,9 mm (máj 2010) a minimálny mesačný úhrn 0,0 mm (november 2011).

V roku 2023 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k nárastu ročných zrážok až o 384,2 mm. Ročný zrážkový úhrn dosiahol 967,5 mm, čo zodpovedá 127,55 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (134,0 mm). O niečo nižšia hodnota mesačného úhrnu bola zaznamenaná v januári (120,0 mm). Mesačný zrážkový úhrn nad 100 mm bol nameraný aj počas júla (114,8 mm). Naopak, najsuchším mesiacom bol február s 13,9 mm zrážok. V ostatných mesiacoch mesačné zrážkové úhrny neklesli pod hranicu 58 mm. Priemerný mesačný zrážkový úhrn sa nachádzal na úrovni 80,6 mm, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom o 32,0 mm viac.

V roku 2024 dosiahol zrážkový úhrn hodnotu 732,2 mm, čo znamená, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k pomerne výraznému poklesu zrážkového úhrnu (až o 235,3 mm). V porovnaní z ročným zrážkovým normálom je aktuálny ročný úhrn nižší o 26,3 mm, čo zodpovedá 96,53 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (151,9 mm); mesačný zrážkový úhrn nad 100 mm bol však nameraný aj v septembri (123,8 mm). 21. augusta bol nameraný najvyšší denný zrážkový úhrn – 45,7 mm. Naopak, najsuchším mesiacom bol december s 17,2 mm zrážok. V ostatných mesiacoch sa zrážkové úhrny nachádzali v intervale od 18,5 do 87,4 mm. Priemerný mesačný zrážkový úhrn v roku 2024 dosiahol hodnotu 61,0 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Slanec sú monitorovacie aktivity zamerané najmä na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Súčasne sa sleduje aj efektívnosť sanačného opatrenia, ktorým je výdatnosť subhorizontálnych odvodňovacích vrtoch. Analyzované sú tiež údaje zo zrážkomernej stanice Slanská Huta.

Na základe spracovania nameraných údajov z roku 2024 možno konštatovať, že priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody, odvodená zo štatistického spracovania, zaznamenala v tomto roku mierny pokles. Priebeh hladín mal v roku 2024 sinusoidálny charakter. Prvý výraznejší vzostup bol pozorovaný už počas zimného obdobia 2023/2024, po ktorom hladiny prevažne

klesali. Jesenné merania vo väčšine prípadov preukázali minimálne hodnoty hladiny podzemnej vody. Z dlhodobého hľadiska stoja za pozornosť priebehy hladín vo vrtoch J-5 a J-6. V týchto vrtoch boli namerané maximálne hodnoty, ktoré predstavujú najvyššie hladiny podzemnej vody zaznamenané za posledné desaťročie (od roku 2015).

V hodnotení výdatnosti odvodňovacích zariadení možno rovnako pozorovať medziročný pokles množstva odvodnenej vody, a to o $2,13 \text{ l.min}^{-1}$. Vývoj prietoku na jednotlivých odvodňovacích vrtoch do veľkej miery odzrkadľoval kolísanie hladiny podzemnej vody v piezometrických vrtoch. V súvislosti s monitorovaním hĺbkového odvodnenia je potrebné opätovne upozorniť, že mnohé vrty, ktoré ústia do šacht V2 a V4, boli počas celého roka trvalo zatopené. Tento stav výrazne znižuje efektívnosť hĺbkového odvodnenia – jediného stabilizačného opatrenia v území a zároveň znemožňuje meranie výdatnosti týchto vrtoch.

Vzhľadom na mimoriadne riziko súvisiace s možným pretrhnutím tranzitného plynovodu alebo ropovodu zdôrazňujeme naliehavú potrebu komplexnej sanácie celého zosuvného územia, vrátane svahov po oboch stranách miestneho potoka. Realizácia takéhoto opatrenia by si vyžiadala spoločné investície vlastníkov a prevádzkovateľov všetkých produktovodov a inžinierskych sietí (vrátane diaľkového a optického kábla).

Opakovane upozorňujeme, že súčasné monitorovanie v území je zamerané výlučne na sledovanie režimových ukazovateľov, a teda je nepostačujúce. Úplne chýbajú metódy, ktoré by umožnili sledovať veľkosť a dynamiku pohybovej aktivity. Z tohto dôvodu považujeme za nevyhnutné rozšíriť monitorovaciu sieť o inklinometrické vrty, ktoré umožnia s vysokou presnosťou určiť hĺbky šmykových plôch a sledovať vývoj deformácií v čase. K zvýšeniu kvality monitorovania by významne prispela aj inštalácia kútových odrážačov pre technológiu InSAR, vďaka ktorým by bolo možné sledovať prejavy zosuvného pohybu s frekvenciou približne každých 12 dní.

V roku 2025 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2024, teda realizovať 10 etáp režimových meraní na piezometrických vrtoch a odvodňovacích zariadeniach. Zároveň, vzhľadom na zamýšľané zabezpečenie automatických hladinomerov zo strany SGAPZ MŽP SR, je v roku 2025 plánované vystrojiť 11 piezometrických vrtoch týmito zariadeniami.

1.4.6. 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; systematicky sa svah monitoruje od roku 1993. Detailnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia monitorovania, ale hlavne práce Fussgängera a Jadroňa (1977).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024

Na lokalite boli od roku 2016 merania hladiny podzemnej vody zabezpečované v jednom piezometrickom vrte. Merania boli vykonávané automatickým hladinomerom, ktorý bol inštalovaný vo vrte J-1 v čele zosuvu. Merania boli vykonávané dlhodobo, avšak počas prevádzky automatického zariadenia došlo k viacerým poruchám. Poslednú poruchu, ktorá bola detegovaná v roku 2022, je plánované odstrániť v roku 2025. Z uvedeného dôvodu nie je možné hodnotiť výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody.

V aktuálne hodnotenom roku bolo zabezpečované spracovanie a analýza údajov zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130). Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2023 a 2024, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

Tab. 4.6.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Okoličné v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2023	2024
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanica SHMÚ: Lipt. Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová s indikatívom 21130. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2022 predstavuje 636,48 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 774,50 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 53,5 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.

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 807,40 mm, čo zodpovedá 126,85 % dlhodobého priemeru, a teda išlo o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas augusta (115,9 mm) a najvyšší denný úhrn 17. júla (33,1 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 21,4 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 10. júla do 9. augusta (170,0 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 11. marca do 10. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 16,1 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie trvalo 6 dní, a to od 15. do 20. januára s úhrnom 36,9 mm.

V priebehu roka 2024 bol na meteorologickej stanici SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová zaznamenaný celkový zrážkový úhrn 553,4 mm, čo predstavuje len 86,95 % z dlhodobého priemeru. Rok 2024 bol z hľadiska množstva zrážok hodnotený ako suchý.

Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v auguste, keď spadlo 86,6 mm zrážok. Najintenzívnejšie jednoduchové zrážky sa vyskytli 17. augusta – počas tohto dňa napršalo 37,2 mm. Najmenej zrážok priniesol december, s mesačným úhrnom len 11,4 mm.

Najvyšší tridsaťdňový úhrn zrážok bol zaznamenaný v období od 22. júla do 21. augusta, kedy spadlo spolu 101,1 mm. Najsuchšie tridsaťdňové obdobie trvalo od 14. októbra do 13. novembra, pričom počas tohto obdobia nebol zaznamenaný žiadny zrážkový úhrn (0,0 mm).

Najdlhšie obdobie s výskytom zrážok trvalo 11 po sebe nasledujúcich dní – od 3. do 13. júna, počas ktorých spadlo spolu 51,5 mm zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Okoličné sa monitorovacie činnosti postupne zredukovali na zber a analýzu dôležitého zosuvotvorného faktora – zrážkových úhrnov.

Na základe hodnotenia klimatických faktorov je možné usúdiť, že rok 2024 bol z hľadiska stability svahov relatívne priaznivý. Počas roku 2024 došlo v oblasti posudzovaného zosuvného územia k výraznému medziročnému poklesu ročného zrážkového úhrnu, a to až o 254,0 mm. Medziročný pokles bol pozorovaný aj pri ostatných hodnotených parametroch. V prípade maximálnych mesačných úhrnov predstavoval najvyšší mesačný úhrn roku 2024 (86,6 mm v auguste) iba približne tri štvrtiny hodnoty zaznamenatej v predchádzajúcom roku (115,9 mm v auguste 2023). Výrazne nižšie boli aj tridsaťdňové kumulatívne zrážky, ktoré v roku 2024 dosiahli maximum 101,1 mm, čo predstavuje pokles o takmer 70 mm v porovnaní s rokom 2023.

I z hľadiska intenzity zrážok bol rok 2024 priaznivejší; najvyšší denný úhrn (37,2 mm) bol síce vyšší denné maximum z roku 2023, avšak ostatné charakteristiky intenzity a trvania zrážok vykazovali celkovo nižšie hodnoty. Zároveň bolo v roku 2024 zaznamenané aj dlhšie trvajúce bezzrážkové obdobie.

Na základe týchto výsledkov možno konštatovať, že klimatické podmienky v roku 2024 mali pozitívny vplyv na stabilné pomery monitorovaného zosuvného územia.

Treba však zdôrazniť potrebu komplexnejšieho monitorovania zosuvného územia. Dlhodobá absencia informácií o deformáciách predstavuje riziko nesprávneho vyhodnotenia skutočnej stability. Preto odporúčame doplniť monitorovacie aktivity o metódy umožňujúce sledovať priamu pohybovú aktivitu, napr. metódou presnej inklinometrie alebo prostredníctvom diaľkového prieskumu Zeme – technológiou InSAR. Vzhľadom na skutočnosť, že zosuv priamo ohrozuje významnú železničnú trať, dňa 6. augusta 2025 sme oslovili prevádzkovateľa železničnej trate ŽSR so žiadosťou o súčinnosť pri dobudovaní monitorovacej siete.

Vzhľadom na vysoký celospoločenský význam lokality, súvisiaci s trvalým ohrozením hlavnej železničnej trate, ktorá predstavuje spojnicu viacerých krajských miest, plánujeme zabezpečiť opravu alebo, v spolupráci so SGaPZ MŽP SR, výmenu kontinuálneho automatického hladinometra, zároveň bude zabezpečené hodnotenie klimatických pomerov, sledovaných na stanici SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová.

1.4.7. 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 príslušných plôch na ľavej strane Ďačovského potoka (obr. 4.7.1). 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 2023 a 2024

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2023 a 2024, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

Tab. 4.7.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ďačov v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Inklinometrické	3	DA-1, 7, 9	1 (4. máj – DA-7 a DA-9, 16. október – DA-1)	1 (12. apríl – DA-7 a DA-9, 3. december – DA-1)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	DA-5, DA-8, DA-10	10 (24. február, 31. marec, 24. apríl, 26. máj, 30. jún, 21. júl, 25. august, 29. september, 31. október, 1. december)	10 (16. február, 14. marec, 26. apríl, 31. máj, 28. jún, 31. júl, 30. august, 24. september, 30. október, 28. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Lipany (indikatív 59100)	Denné úhrny zrážok	

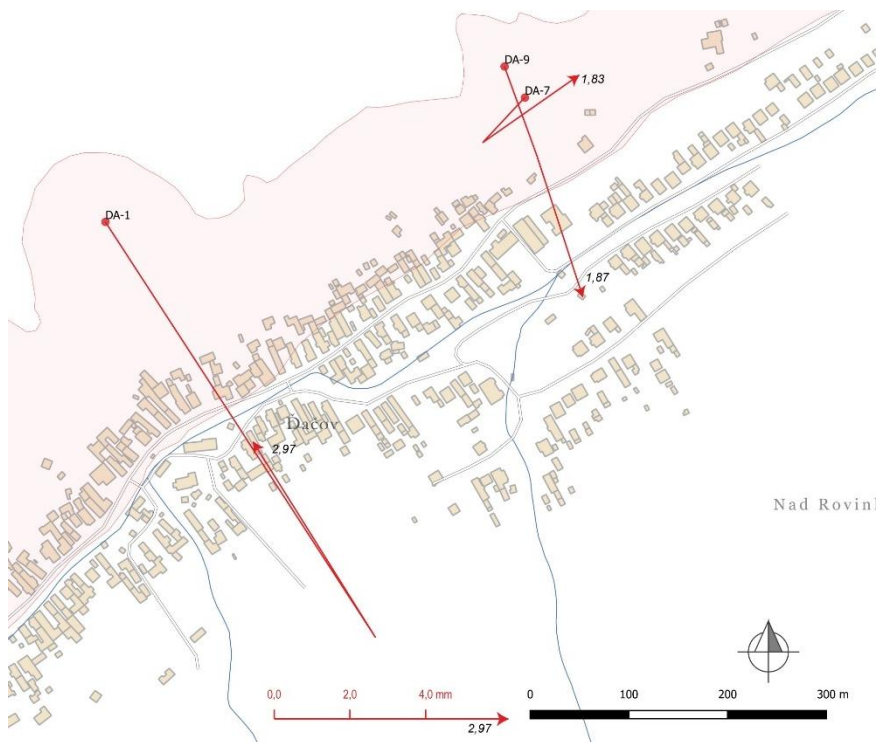
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

a) Inklinometrické merania

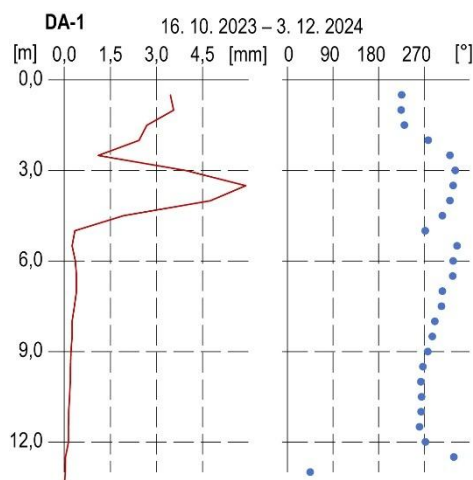
Na lokalite Ďačov bolo v roku 2010 vybudovaných viacero inklinometrických vrtov, z ktorých sa v súčasnosti systematicky monitorujú už len tri: DA-1, DA-7 a DA-9 (vo vrte DA-1 boli merania obnovené 12. decembra 2019). Vrtý sú situované v severovýchodnej časti obce a slúžia na sledovanie pohybovej aktivity parciálne aktívneho zosuvu (obr. 4.7.1).

V apríli 2017 došlo na lokalite k výmene meracej sondy, čo si vyžiadalo realizáciu nultého merania, teda začatie novej monitorovacej epochy (pre prehľadnosť označenej ako 2. meracia epocha). Podobná situácia nastala aj v roku 2023, keď bola meracia sonda opätovne vymenená. Z tohto dôvodu je obdobie nasledujúce po roku 2023 označené ako 3. meracia epocha.

Výsledky meraní z rokov 2023 a 2024 sú zhrnuté v tab. 4.7.2 a graficky prezentované na obr. 4.7.1 až 4.7.4. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je zobrazené na obr. 4.7.5 až 4.7.7.



Obr. 4.7.1. Lokalita Dačov – vektory deformácií namerané v rokoch 2023 a 2024 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.7.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektorech označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

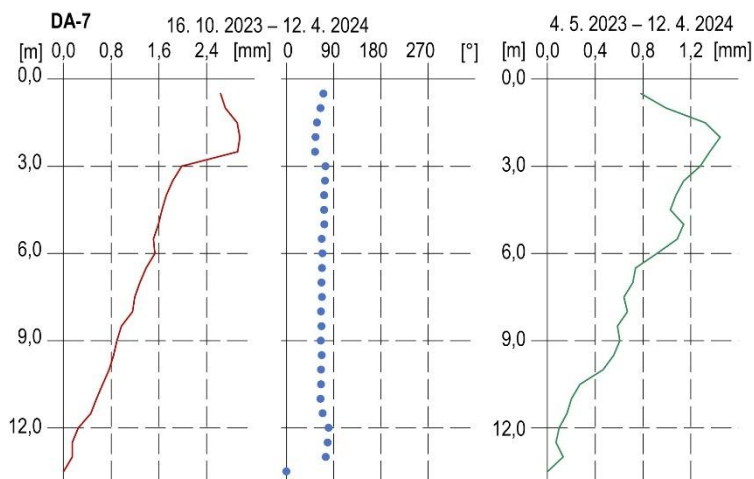


Obr. 4.7.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-1 na lokalite Dačov. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (informácia o dĺžke monitorovacej etapy sa nachádza nad grafmi).

Tab. 4.7.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Dačov v rokoch 2023 a 2024.

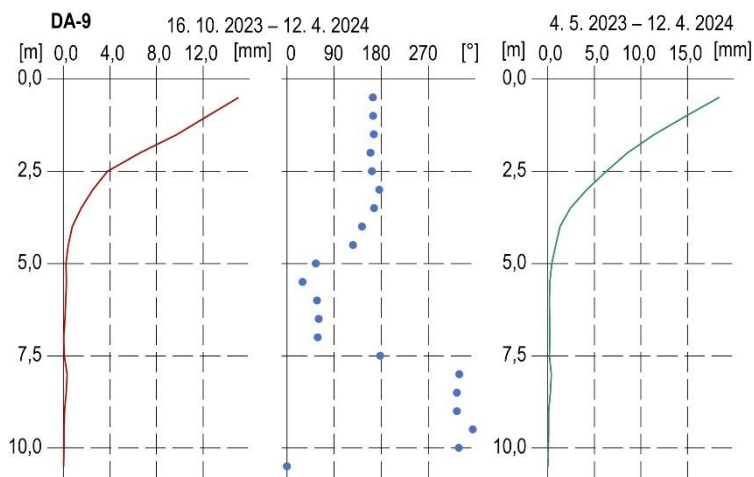
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	4. 5. 2023 – 16. 10. 2023			11. 11. 2022 – 16. 10. 2023			16. 10. 2023 – 12. 4. 2024			16. 10. 2023 – 3. 12. 2024		
		CD ¹ [mm]	ED [mm]	A [°]	CD ² [mm]	ED [mm]	A [°]	CD ¹ [mm]	ED [mm]	A [°]	CD ³ [mm]	ED [mm]	A [°]
DA-1	2,47				2,42	13,32	149				3,96	3,96	332
DA-1	2,97				1,40	13,10	147				5,91	5,91	328
DA-7	1,83	1,64	1,64	223				1,36	2,92	55			
DA-9	1,87	2,49	2,49	160				6,26	3,77	162			

CD¹ – celková deformácia vo vrtoch DA-7 a DA-9 od nultého merania tretej epochy – 4. 5. 2023; CD² – celková deformácia vo vrte DA-1 od nultého merania druhej epochy – 18. 10. 2017; CD³ – celková deformácia vo vrte DA-1 od nultého merania tretej epochy – 16. 10. 2023; ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.7.3. 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; na vertikálnej osi je uvedená hĺbka deformácia v m, meraná od ústia ochrannej pažnice).

V roku 2023 bolo na monitorovaných vrtoch zabezpečené jedno etapové meranie, pričom jeho realizácia bola rozdelená do dvoch samostatných termínov. V skoršom termíne boli vykonané merania vo vrtoch DA-7 a DA-9 (4. máj) a v neskoršom vo vrte DA-1 (16. október). Namerané výsledky vo vrtoch DA-7 a DA-9 charakterizujú pohybovú aktivitu približne v polročnom období a vo vrte DA-1 v cca 11-mesačnom období.



Obr. 4.7.4. 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; na vertikálnej osi je uvedená hĺbka deformácia v m, meraná od ústia ochrannej pažnice).

Z nameraných výsledkov vo vrte DA-1 vyplýva, že etapový prírastok deformácie v sledovanej hĺbke dosiahol 13,32 mm, čo predstavuje rýchlosť $14,33 \text{ mm.rok}^{-1}$. Azimut nameraného vektora mal juhovýchodný smer, teda priamo v smere spádnicovej svahu. Treba však podotknúť, že pri monitorovaní v danom vrte dochádza opakovane k situácii, kedy rozdiely v orientácii nameraných vektorov počas jednotlivých, po sebe nasledujúcich etáp, sú blízke 180° . Podobne, i v tomto prípade má nameraný vektor opačnú orientáciu ako vektor z predchádzajúceho kontrolného merania. Aktuálna hodnota celkovej deformácie dosiahla veľkosť len 2,42 mm.

Počas kontrolnej etapy vo vrte DA-7 bola na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 1,83 m pod terénom nameraná etapová deformácia 2,42 mm ($5,07 \text{ mm.rok}^{-1}$; azimut 35° – severovýchod). Z prezentovaných etapových meraní v tab. 4.7.2 a na obr. 4.7.1 vyplýva pomerne výrazný pohyb po šmykovej ploche. Azimut naznačuje vychýlenie od spádnice svahu smerom na sever. Predpokladáme, že inklinometrický vrt nie je vybudovaný priamo v najaktívnejšej časti zosuvného telesa, čo sa prejavuje „odtláčaním vrtu do strany“. Výsledný pohyb za obdobie poslednej epochy je 4,49 mm.

V hlbšom horizonte v 7,33 m pod terénom bola nameraná deformácia 2,46 mm (rýchlosť pohybu $5,16 \text{ mm.rok}^{-1}$). Azimut nameraného vektora mal, podobne ako v plytšom horizonte, severovýchodný smer.

Vo vrte DA-9 boli na základe dlhodobých výsledkov meraní počas 1. a 2. meracej epochy identifikované hĺbky s predpokladaným výskytom šmykových plôch v úrovniach 1,87 a 6,37 m pod terénom. V roku 2023 bola výraznejšia deformácia zaznamenaná v plytšom horizonte. Počas etapového merania dosiahol prírastok deformácie hodnotu 4,06 mm (t. j. $8,51 \text{ mm.rok}^{-1}$). Orientácia nameraného vektora mala severo-severozápadný smer.

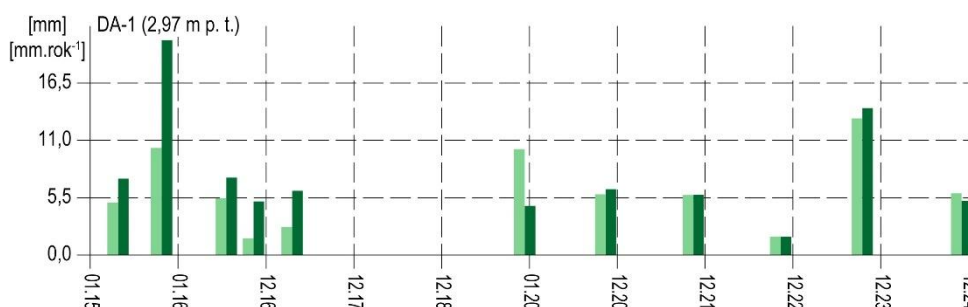
V roku 2024 bola realizovaná jedna meracia etapa, ktorá však v rámci monitorovacích objektov na zosuvnej lokalite prebehla v dvoch rozdielnych termínoch. Z tabuľky 4.7.2 vyplýva, že etapová deformácia nameraná vo vrte DA-1 charakterizuje pohybovú aktivitu v období od novembra 2023 do decembra 2024. Vo vrtoch DA-7 a DA-9 bolo hodnotené kratšie časové obdobie, a to od októbra 2023 do apríla 2024.

Z výsledkov meraní vo vrte DA-1 vyplýva, že zaznamenaný etapový vektor mal opačný azimut než v roku 2023. Tento jav je v danom vrte pomerne bežný. Z tohto dôvodu bola na konci druhej epochy zaznamenaná nižšia hodnota celkovej deformácie ako samotného etapového vektora. V hĺbke 2,47 m pod terénom dosiahla etapová deformácia 3,96 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti deformácie $3,5 \text{ mm.rok}^{-1}$. V horizonte 2,97 m pod terénom bola nameraná deformácia 5,91 mm ($5,22 \text{ mm.rok}^{-1}$).

V severovýchodnej časti zosuvného územia, vo vrte DA-7, bol v hĺbke 1,83 m pod terénom zaznamenaný prírastok deformácie 2,92 mm ($5,95 \text{ mm.rok}^{-1}$). Vektor nameranej etapovej deformácie bol orientovaný na severovýchod, teda opačne ako v predchádzajúcej etape. Z uvedeného dôvodu je výsledná deformácia po dvoch etapách meraní 1,36 mm.

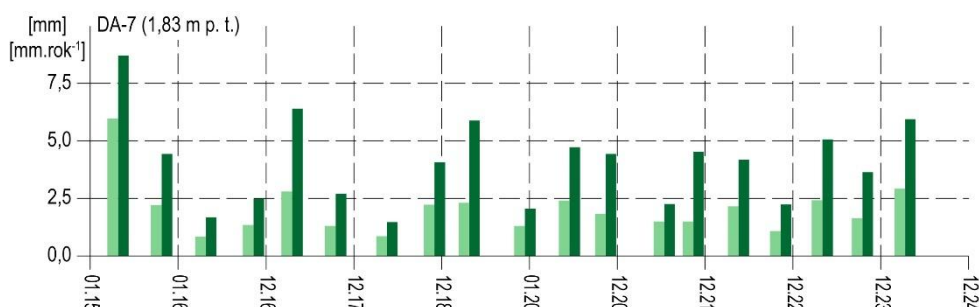
Vo vrte DA-9 je možné od hĺbky približne 4 m pod terénom sledovať postupné, pomalé plazivé deformácie. S klesajúcou hĺbkou sa deformácie postupne zväčšujú – v hĺbke približne 1 m pod terénom dosiahli takmer 10 mm ($19,89 \text{ mm.rok}^{-1}$). Azimuty posledných dvoch etapových prírastkov sú v súlade so spádniciou svahu, čo naznačuje, že v danej oblasti dochádza k aktívnemu svahovému pohybu. Ten však pravdepodobne neprebíha po konkrétnej šmykovej ploche, ale súvisí skôr so zvýšeným nasýtením pripovrchového horizontu vodou a s následným pohybom materiálu po svahu.

Zo spracovania dlhšieho časového radu nameraných deformácií na predpokladanej šmykovej ploche vo vrte DA-1 (obr. 4.7.5) vyplýva, že najvyššie etapové hodnoty boli namerané v roku 2023 a o niečo nižšie v rokoch 2015, 2019, 2020 a 2021. 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 bol 49,8 %. Počas druhej epochy, ktorá trvá od roku 2017, dosiahla hodnota uvedeného pomeru 6,73 %. Nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že deformácie v sledovanom horizonte nie sú priamočiare, ale naopak, v priebehu monitorovaného obdobia sa často menia azimuty etapových vektorov. Merania z roku 2024 tento jav potvrdzujú.



Obr. 4.7.5. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-1 v období rokov 2015 až 2024; svetlozelená – etapové deformácie a tmavozelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

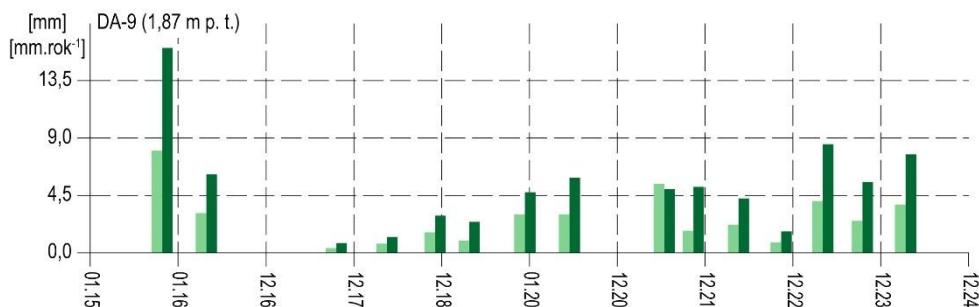
Z dlhodobého hodnotenia deformácie, ktorá je sledovaná vo vrte DA-7 (obr. 4.7.6) v hĺbke 1,83 m pod terénom, vyplýva, že najväčšia etapová deformácia inklinometrickej pažnice bola zaznamenaná v roku 2015. K svahovému pohybu v oblasti monitorovaného vrtu dochádzalo len počas prvej epochy inklinometrických 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 len 21,53 %. Z uvedeného vyplýva, že v monitorovanej oblasti postupne dochádza k prirodzenej stabilizácii zosuvu, najmä v obdobiach so stabilne priaznivými klimatickými pomermi. Celkový vektor, nameraný v období druhej epochy (za obdobie apríl 2017 – november 2023), dosiahol hodnotu 4,49 mm a priemerná rýchlosť deformácie dosahuje 0,75 mm.rok⁻¹.



Obr. 4.7.6. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-7 v období rokov 2015 až 2024; svetlozelená – etapové deformácie a tmavozelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

Vo vrte DA-9, na základe výsledkov dlhodobého monitoringu na úrovni predpokladanej šmykovej plochy v hĺbke 1,87 m pod terénom (obr. 4.7.8), možno konštatovať, že najväčšia etapová deformácia inklinometrickej pažnice bola nameraná v roku 2015 (5,97 mm; 8,71 mm.rok⁻¹). Azimut výslednej deformácie, nameranej počas obdobia prvej epochy, bol orientovaný na juhovýchod. Počas druhej epochy sa smer výslednej deformácie zmenil na severo-severovýchod. Vypočítaný pomer medzi dĺžkou trajektórie nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu bol počas prvej epochy 66,95 %. Počas druhej epochy, ktorá trvala od roku 2017 do roku 2023, dosiahla hodnota vypočítaného pomeru už len 20,87 %. Nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že svahový pohyb v sledovanom horizonte nie je priamočiary, ale naopak, etapové vektory často menia svoj smer, a teda namerané deformácie nie je možné jednoznačne prisudzovať zosuvnému javu. Výsledný vektor nameraný počas prvej epochy inklinometrických meraní (za obdobie apríl 2015 – apríl 2017) dosiahol hodnotu 52,23 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 9,72 mm.rok⁻¹. Počas druhej epochy (v období od apríla 2017 do mája 2023) bol nameraný

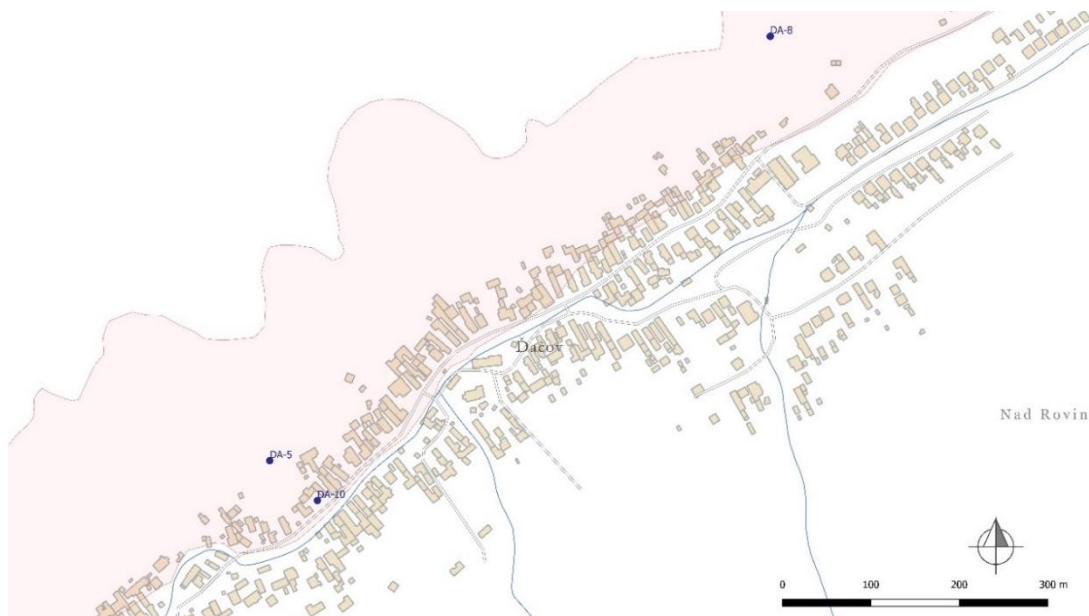
výsledný vektor 2,42 mm, teda vypočítaná priemerná rýchlosť deformácie dosiahla 0,75 mm.rok⁻¹.



Obr. 4.7.7. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-9 v období rokov 2015 až 2024; svetlozelená – etapové deformácie a tmavozelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

b) Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Ďačov sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (tab. 4.7.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.7.3 a 4.7.4). Situovanie monitorovacích objektov v zosuvnom území je znázornené na obr. 4.7.9, priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2023 a 2024 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.7.10, dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.7.11.



Obr. 4.7.9. Lokalita Ďačov – situácia objektov na monitorovanie hĺbky hladiny podzemnej vody; mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.7.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2023.

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	24. 2. 2023	0,62	429,44	21. 7. 2023	0,44	429,62	0,42
DA-5	10	3,78	438,33	24. 2. 2023	4,64	437,47	21. 7. 2023	3,97	438,14	0,86
DA-8	10	8,87	427,94	24. 2. 2023	11,79	425,02	21. 7. 2023	9,91	426,91	2,92

V roku 2023 bolo vo všetkých troch vrtoch zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 24. februára do 1. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody

bola zaznamenaná vo vrte DA-10 (0,20 m pod terénom – 429,86 m n. m.), a to dňa 24. februára. Počas uvedeného kontrolného merania, boli pozorované maximálne stavy hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch DA-5 (3,78 m pod terénom) a DA-8 (8,87 m pod terénom).

Naopak, najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala 21. júla. Podobne ako v predchádzajúcich rokoch, najhlbšie klesla vo vrte DA-8, a to do hĺbky 11,79 m pod terénom; v najplytšom monitorovanom horizonte sa hladina počas jej minimálneho stavu dostala do hĺbky 0,62 m pod terénom.



Obr. 4.7.10. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov, nameranej v rokoch 2023 a 2024 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 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.7.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2024.

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	0,31	429,75	16.02.24	0,98	429,08	28.11.24	0,71	429,35	0,67
DA-5	10	3,84	438,27	16.02.24	5,09	437,02	30.08.24	4,13	437,98	1,25
DA-8	10	8,57	428,24	16.02.24	11,34	425,47	28.11.24	10,09	426,72	2,77

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla v roku 2023 hodnotu 4,77 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2022 vzostup o 0,56 m. V jednotlivých vrtoch sa priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 0,44 (DA-10) do 9,91 m pod terénom (vrt DA-8). Najvýraznejšia ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte DA-8 (2,92 m).

V roku 2024 sa pokračovalo v meraniach vo všetkých 3 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 16. februára do 28. novembra, a to s približne mesačnou frekvenciou.

Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná, podobne ako i v predchádzajúcom období monitorovania, vo vrte DA-10 (0,31 m pod terénom – 429,75 m n. m.), a to počas prvého kontrolného etapového merania, dňa 16. februára. Maximálne stavy sa v rámci monitorovacej siete pozorovacích vrtov vyskytli v rovnaký termín.

Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody už dlhodobo nachádza vo vrte DA-8, podobne tomu bolo ak v roku 2024 – počas minimálneho stavu klesla na úroveň 11,34 m pod terénom, čo predstavuje 425,47 m n. m. (28. november). V rovnakom termíne bola minimálna hladina podzemnej vody nameraná aj vo vrte DA-10 (0,98 m pod terénom; 429,08 m n. m.). Vo vrte DA-5 bol minimálny stav zaznamenaný už počas augusta 5,09 m pod terénom (437,02 m n. m.).

Priemerná hodnota hladiny podzemnej vody (stanovená z priemerných ročných hodnôt z jednotlivých vrtov) dosiahla v roku 2024 hĺbku 4,98 m pod terénom, čo je oproti roku 2023 zostup o 0,21 m. Priemerné hodnoty v jednotlivých piezometrických vrtoch sa pohybovali v intervale od 0,71 m pod terénom až do 10,09 m pod terénom. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k poklesu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody vo všetkých monitorovaných vrtoch. Zostup priemerných hĺbok hladiny podzemnej vody súvisí s poklesom zrážkových úhrnov.

Maximálne kolísanie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte DA-8 – 2,92 m. Vo vrtach DA-5 a DA-10 neprekročila ročná amplitúda 0,9 m.



Obr. 4.7.11. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v rokoch 2015 až 2024 vo vrtach: 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 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Pri hodnotení dlhodobých záznamov o hĺbke hladiny podzemnej vody je potrebné uviesť, že merania boli vykonávané zvyčajne od februára do novembra, ale s nízkou frekvenciou – 10-krát za rok. Z tohto dôvodu, a to i napriek dlhému časovému radu, nie je možné jednoznačne

definovať presný režim kolísania podzemnej vody. Počas poslednej dekády boli v jednotlivých vrtoch namerané najvyššie hladiny podzemnej vody v rokoch 2017 vo vrte DA-5 – 0,00 m pod terénom (442,11 m n. m.), 2021 vo vrte DA-10 – 0,10 m pod terénom (429,96 m n. m.) a 2015 vo vrte DA-8 – 4,73 m pod terénom (432,08 m n. m.). Naopak najnižšie hladiny v monitorovaných vrtoch boli namerané v rokoch 2019 vo vrte DA-10 – 1,96 m pod terénom (428,10 m n. m.), 2023 vo vrte DA-5 – 4,64 m pod terénom (437,47 m n. m.) a 2017 vo vrte DA-8 – 12,16 m pod terénom (424,65 m n. m.).

c) Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Lipany s indikatívom 59100. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2022 predstavuje 629,93 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 770,6 mm (rok 2020); priemerný mesačný úhrn 52,9 mm a maximálny mesačný úhrn 175,1 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdenný úhrn (zaznamenaný v období od 17. septembra 2020 do 17. októbra 2020) dosiahol 180,3 mm.

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 791,0 mm, čo zodpovedá 125,57 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (148,3 mm) a najvyšší denný úhrn 23. júna (89,4 mm). Najsuchším mesiacom bol február s 26,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 17. júna do 17. júla (122,4 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 19. februára do 21. marca) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 10,3 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 6 dní (od 15. do 20. januára) s úhrnom 50,5 mm.

V priebehu roka 2024 bol na meteorologickej stanici SHMÚ Lipany zaznamenaný celkový zrážkový úhrn 597,5 mm, čo predstavuje 94,85 % z dlhodobého priemeru. Z hľadiska hodnotenia množstva zrážok je možné tento rok označiť za zrážkovo normálny. Najvyšší mesačný úhrn sa vyskytol v júni, kedy spadlo 148,2 mm zrážok. Najintenzívnejšie jednoduché zrážky boli zaznamenané 14. septembra, keď za jediný deň napršalo 44,3 mm. Naopak, najmenšie množstvo zrážok priniesol november – počas tohto mesiaca napršalo len 19,7 mm.

Najvyšší tridsaťdňový úhrn bol zaznamenaný medzi 2. júnom a 2. júlom, pričom počas tohto obdobia spadlo spolu 158,4 mm zrážok. Počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, ktoré trvalo od 14. októbra do 13. novembra, neboli zaznamenané takmer žiadne zrážky – úhrn predstavoval 0,0 mm.

Najdlhšie obdobie s opakovaným výskytom zrážok trvalo 6 po sebe nasledujúcich dní, od 7. do 12. februára. Počas tohto obdobia spadlo spolu 8,2 mm zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Ďačov sú monitorovacie činnosti zamerané na hodnotenie stabilného stavu územia, a to prostredníctvom priamych meraní pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie, ako aj nepriamych meraní založených na sledovaní hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Merania v roku 2024 nadviazali na výsledky z predchádzajúcich rokov, pričom za významný posun možno považovať používanie technologicky vyspelejšej inklinometrickej sondy, čo si však na lokalite vyžiadalo zavedenie tretej meracej epochy inklinometrických meraní.

V roku 2024 boli inklinometrické merania realizované vo vrtoch DA-1, DA-7 a DA-9. Merania v jednotlivých vrtoch neprebíhali v jednom termíne, ale vzhľadom na režim z predchádzajúcich rokov boli vykonané v dvoch odlišných časových obdobiach. Vo vrtoch DA-7 a DA-9 došlo v porovnaní s predchádzajúcim obdobím k zvýšeniu pohybovej aktivity, avšak len v prípade vrtu DA-9 je, vzhľadom na azimut nameraného vektora, možné uvažovať o svahovom pohybe.

Vo vrte DA-7 bola v minulosti jasne identifikovaná šmyková plocha v hĺbke 7,33 m pod terénom, na ktorej bol zaznamenávaný výrazný svahový pohyb. V rámci tretej meracej epochy sa však svahový pohyb nepotvrdil. Aktuálne je pozorovaná hĺbka 1,83 m pod terénom, avšak azimuty namerané počas posledných dvoch etáp sa zásadne líšia (o 168°), čo skôr naznačuje neistotu merania spojenú s vystrojením vrtu než aktívny svahový pohyb.

Najvyššia nameraná deformácia bola zaznamenaná vo vrte DA-1, a to v hĺbke 2,47 m pod terénom, kde dosiahla hodnotu 5,91 mm. V porovnaní s predchádzajúcim rokom však ide o pokles veľkosti etapového prírastku až o 7,19 mm; navyše, nameraný etapový prírastok má azimut pootočený o 181° voči etapovému vektoru z predchádzajúceho merania. Z uvedených dôvodov nepredpokladáme, že vo vrte DA-1 došlo k aktívnemu svahovému pohybu.

Monitorované piezometrické vrty zaznamenávajú hladinu podzemnej vody vo viacerých hĺbkových úrovniach. V roku 2024 vystúpila najvyššie hladina podzemnej vody vo vrte DA-10, a to do úrovne 0,31 m pod terénom. V porovnaní s rokom 2023 však ide o mierny pokles (o 0,11 m); priemerná hladina podzemnej vody poklesla oproti predchádzajúcemu roku o 0,27 m. Naopak, najnižšie klesá hladina podzemnej vody vo vrte DA-8 (priemerná hĺbka – 10,09 m pod terénom, čo v porovnaní s predchádzajúcim rokom predstavuje pokles o 0,18 m). Pokles priemernej hladiny bol zaznamenaný aj vo vrte DA-5 (o 0,16 m).

V roku 2025 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach (cca 10-krát ročne) a v inklinometrických meraniach (1-krát ročne). Zároveň plánujeme, na základe návrhu zástupcov SGaPZ MŽP SR, inštalovať do piezometrických vrtov automatické hladinoměry na kontinuálny záznam zmien hĺbky hladiny podzemnej vody.

1.4.8. Lokalita Bardejovská Zábava

Stručná charakteristika lokality

Zosuv, ktorý vznikol v roku 2010 v Bardejove, v mestskej časti Bardejovská Zábava, ohrozuje zástavbu rodinných domov (obr. 4.8.1). 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 2023 a 2024

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2023 a 2024, sú zhrnuté v tab. 4.8.1.

Tab. 4.8.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Inklinometrické	1	BIJ-1	1 (4. máj)	1 (12. apríl, 5. september)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	BHJ-1, BHJ-3	10 (24. február, 31. marec, 24. apríl, 26. máj, 30. jún, 21. júl, 25. august, 29. september, 31. október, 1. december)	10 (16. február, 14. marec, 26. apríl, 31. máj, 28. jún, 31. júl, 30. august, 24. september, 30. október, 28. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4	10 (24. február, 31. marec, 24. apríl, 26. máj, 30. jún, 21. júl, 25. august, 29. september, 31. október, 1. december)	10 (16. február, 14. marec, 26. apríl, 31. máj, 28. jún, 31. júl, 30. august, 24. september, 30. október, 28. november)
Merania zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Bardejov (indikatív 49120)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

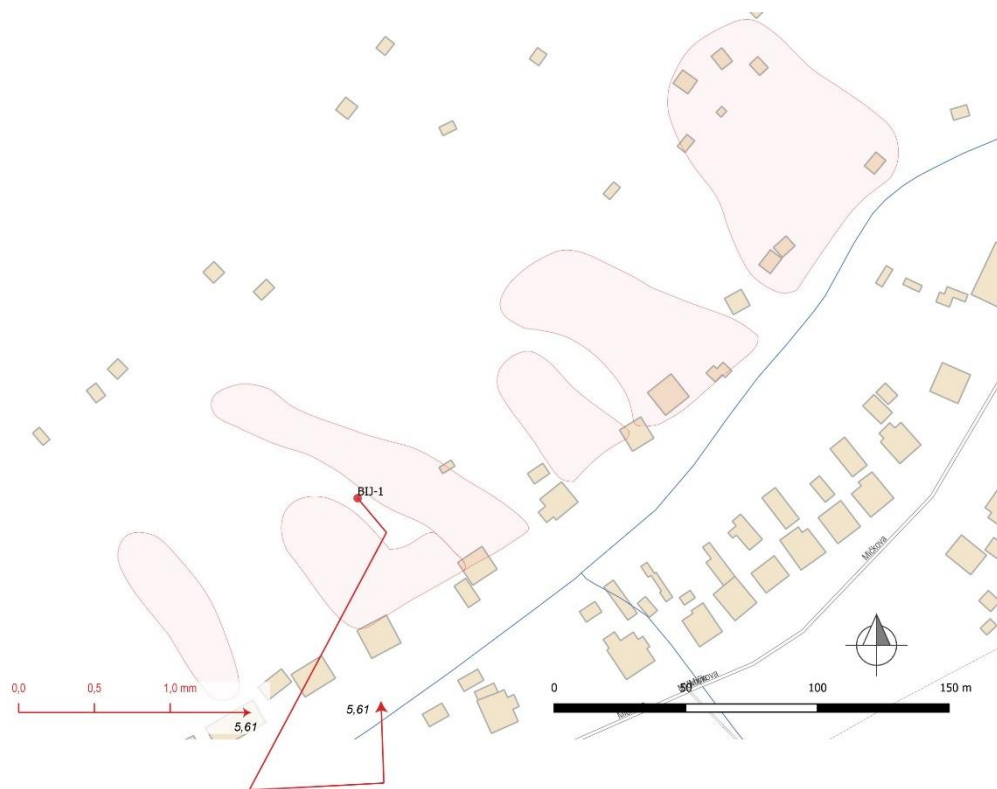
a) Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite v katastri obce Bardejovská Zábava sa nachádza jeden inklinometrický vrt BIJ-1. Monitorovaný je od decembra 2011, merania sú však rozdelené do troch samostatných epoch. Prvá epocha trvala od decembra 2011 do decembra 2014; v uvedenom termíne sa začala druhá epocha, v rámci ktorej bola lokalita monitorovaná do mája 2023. Od posledného uvedeného termínu až do súčasnosti sa na lokalite zabezpečuje tretia etapa inklinometrických meraní. Zavádzanie nových meracích epoch súviselo s výmenami inklinometrických sond.

V hodnotených rokoch 2023 a 2024 boli zabezpečené po dve etapy meraní, pričom v roku 2023 počas májového merania bola ukončená druhá monitorovacia epocha metódou presnej inklinometrie a zároveň začatá tretia epocha. Posledné etapové meranie bolo realizované v prvej tretine septembra 2024. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská Zábava sú kvantifikované prostredníctvom tab. 4.8.2 a graficky vyjadrené na obr. 4.8.1 a 4.8.2.

Veľkosti vektorov a ich rýchlosti, namerané vo vrte BIJ-1 počas poslednej dekády, sú prezentované graficky na obr. 4.8.3.

V roku 2023 namerané výsledky pohybovej aktivity potvrdzujú relatívne stabilný stav z predchádzajúceho roku. Veľmi mierny nárast deformácie bol zaznamenaný v hĺbke 2,11 m pod terénom. Počas májového merania bola na plytkej šmykovej ploche zaznamenaná deformácia 1,2 mm, čo predstavuje $2,57 \text{ mm.rok}^{-1}$. Azimut deformácie mal 55° , čo je pohyb v severovýchodnom smere.



Obr. 4.8.1. Lokalita Bardejovská Zábava – vektory deformácií namerané v rokoch 2023 a 2024 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.8.2; hĺbka zaznamenatej deformácie je 5,61 m pod povrchom terénu); obrysy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

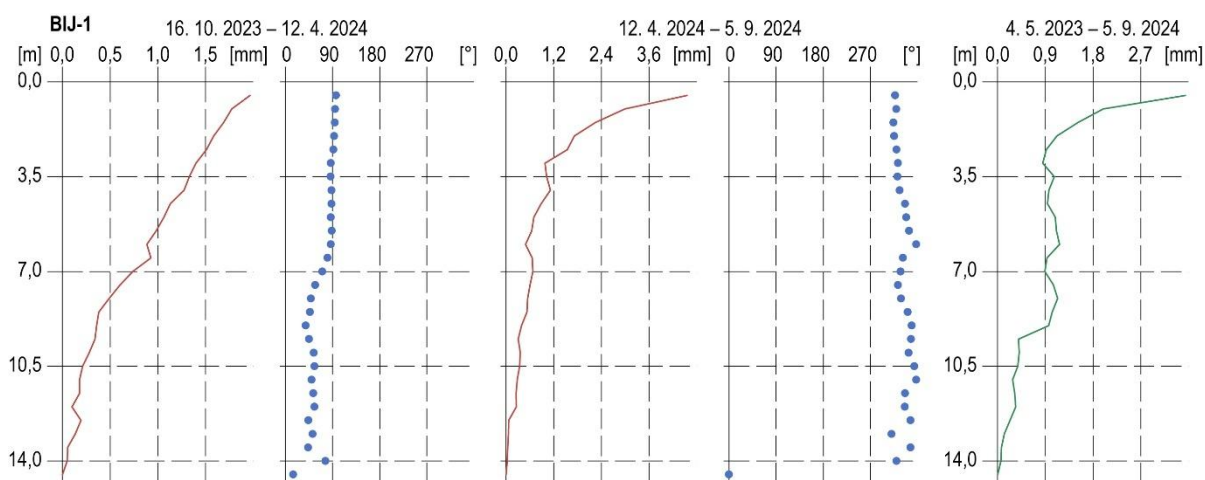
Tab. 4.8.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2023 a 2024.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	14. 11. 2022 – 4. 5. 2023			4. 5. 2023 – 16. 10. 2023			16. 10. 2023 – 12. 4. 2024			12. 4. 2024 – 5. 9. 2024		
		CD ¹ [mm]	ED [mm]	A [°]	CD ² [mm]	ED [mm]	A [°]	CD ² [mm]	ED [mm]	A [°]	CD ² [mm]	ED [mm]	A [°]
BIJ-1	5,61	12,52	0,30	140	1,93	1,93	208	1,66	0,89	87	1,17	0,49	358
BIJ-1	11,61	1,90	0,14	5	0,30	0,30	245	0,20	0,10	56	0,34	0,26	336

CD¹ – celková deformácia od nultého merania druhej epochy (3. 12. 2014); CD² – celková deformácia od nultého merania tretej epochy (4. 5. 2023); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

Hodnoty deformácie v hlbších horizontoch nepresiahli 0,3 mm, vďaka čomu je možné túto hĺbkovú oblasť považovať za stabilnú. Vektor nameraný v hĺbke 5,6 m pod terénom mal azimut orientovaný juhovýchodne, teda v smere spádnicе svahu.

V roku 2024, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, boli realizované dve etapy kontrolných meraní – jarná (od 16. októbra 2023 do 12. apríla 2024) a jesenná (od 12. apríla do 5. septembra 2024). V jednotlivých sledovaných hĺbkach boli zaznamenané deformácie do 1 mm (maximálne 0,89 mm v hĺbke 5,61 m pod terénom, čo zároveň predstavuje aj maximálnu priemernú rýchlosť $1,81 \text{ mm.rok}^{-1}$).

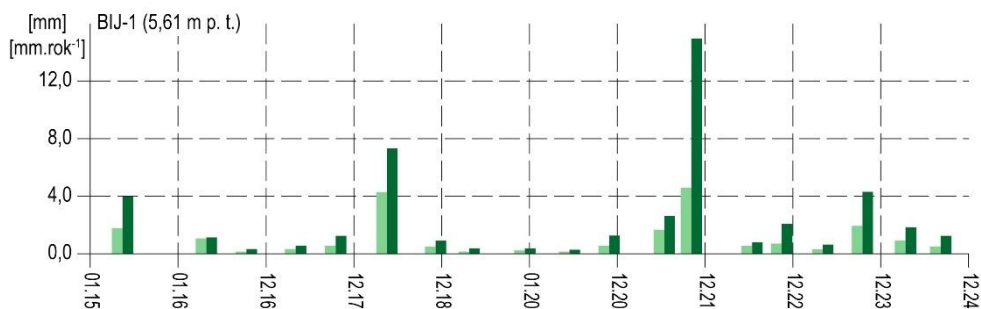


Obr. 4.8.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Bardejovská Zábava vo vrte BIJ-1. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi; na vertikálnej osi je uvedená hĺbka deformácia v m, meraná od ústia ochrannej pažnice).

Počas jarnej etapy mali vektory v hodnotených hĺbkových úrovniach východný a severovýchodný azimut. Opačná orientácia bola zaznamenaná počas septembrového merania, kedy došlo k zmene smeru na severný a severozápadný.

Na základe nameraných výsledkov je možné vo všeobecnosti konštatovať relatívne priaznivý stabilný vývoj v oblasti monitorovacieho objektu BJK-1.

Z hodnotenia výsledkov, ktoré boli namerané počas dlhšieho časového obdobia v hĺbke 5,61 m pod terénom (obr. 4.8.3) vyplýva, že najvyššie etapové prírastky deformácie boli namerané v rokoch 2021 (4,59 mm; 14,95 mm.rok⁻¹) a 2018 (4,27 mm; 7,32 mm.rok⁻¹). Celkovo najvyššia rýchlosť deformácie bola zaznamenaná pri jesennom meraní 2021. Monitorovanie je vo vrte rozdelené do troch epoch. Počas prvých dvoch monitorovacích epoch majú výsledné vektory juhovýchodný azimut (tretia epocha, vzhľadom na krátku dobu vykonávania meraní, nie je z hľadiska dlhodobých výsledkov hodnotená). 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 – 71,63 %). 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 – máj 2023) dosiahol 12,52 mm, čo znamená, že priemerná rýchlosť deformácie zosuvného telesa dosahovala 1,49 mm.rok⁻¹.



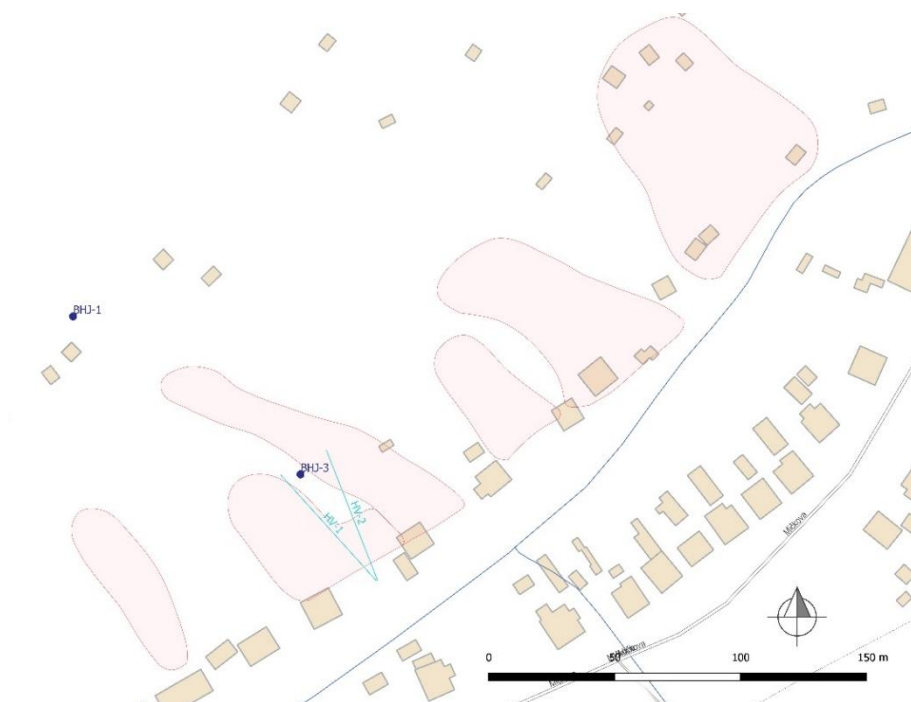
Obr. 4.8.3. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Bardejovská Zábava vo vrte BIJ-1 v období rokov 2015 až 2024; svetlozelená – etapové deformácie a tmavozelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

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. 4.8.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.8.3 a 4.8.4). Situovanie piezometrických vrtov na zosuvnej lokalite je znázornené na obr. 4.8.4. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2023 a 2024, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.8.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.8.6.

Tab. 4.8.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2023

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-3	10	2,53	301,06	31. 3. 2023	3,36	300,23	21. 7. 2023	2,66	300,93	0,83
BHJ-1	10	8,83	344,93	24. 4. 2023	9,40	344,36	21. 7. 2023	9,05	344,71	0,57



Obr. 4.8.4. Lokalita Bardejovská Zábava – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2023 bolo v oboch vrtoch zabezpečených 10 meraní. Režimové pozorovania boli vykonávané od 24. februára do 1. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-3 dosiahla úroveň 2,53 m pod terénom (301,06 m n. m.). Pri porovnaní maximálnej nameranej hladiny s predchádzajúcim rokom došlo len k nepatrnému vzostupu (o 0,03 m). Maximálny stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 31. marca. Vo vrte BHJ-1, v ktorom je sledovaný hlbší horizont hladiny podzemnej vody, bol maximálny stav zaznamenaný v druhej polovici apríla, a to na úrovni 8,83 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom len minimálna zmena (vzostup o 0,09 m).

V aktuálne hodnotenom roku 2024 sa pokračovalo v meraniach v dvoch piezometrických vrtoch (BHJ-1 a BHJ-3), pričom bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa vykonávali od 16. februára do 28. novembra, a to približne s mesačnou frekvenciou.

V plytšom zvodnenom horizonte (vo vrte BHJ-3) bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 2,84 m pod terénom (300,75 m n. m.); v hlbšej zvodnenej úrovni (vo vrte BHJ-1) v hĺbke 8,21 m pod terénom (345,55 m n. m.). V oboch piezometroch bol maximálny stav nameraný počas prvého kontrolného merania (16. február). Sledované hladiny podzemnej vody mali v oboch vrtoch počas nasledujúceho obdobia prevažne zostupný charakter.



Obr. 4.8.5. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava, nameranej v rokoch 2023 a 2024 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 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.8.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2024

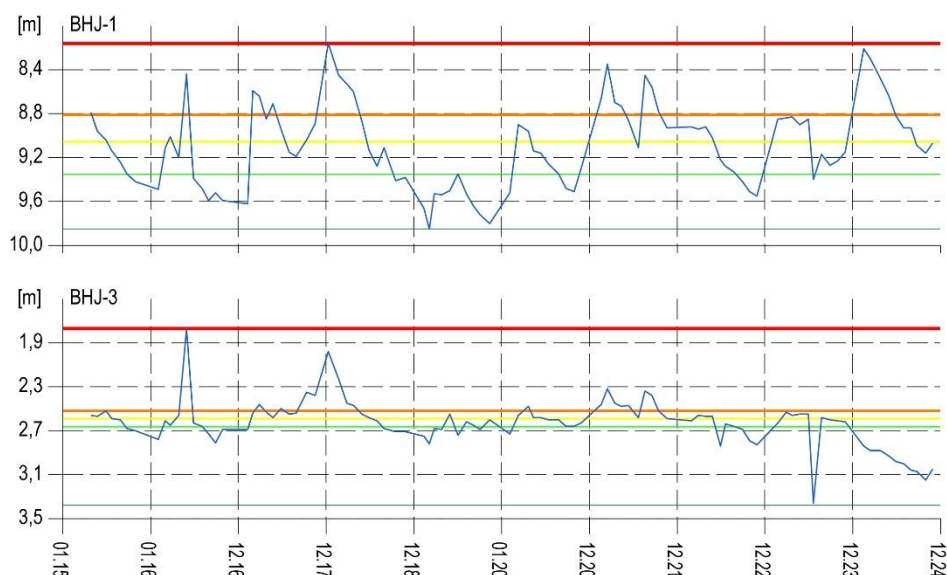
Bod	Počet meraní	Max. úroveň HPV			Min. úroveň HPV			Priem. úroveň HPV		Max. kolísanie HPV [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
BHJ-1	10	8,21	345,55	16. 2. 2024	9,16	344,60	30. 10. 2024	8,76	345,00	0,95
BHJ-3	10	2,84	300,75	16. 2. 2024	3,15	300,44	30. 10. 2024	2,98	300,61	0,31

Minimálne hĺbky hladiny podzemnej vody boli namerané na konci októbra. Vo vrte BHJ-1 bola nameraná v hĺbke 9,16 m pod terénom (344,60 m n. m.) a vo vrte BHJ-3 v hĺbke 3,15 m pod terénom (300,44 m n. m.). Nasledujúce meranie, ktoré bolo zároveň posledné kontrolné, potvrdilo v oboch vrtoch mierny vzostup hladiny podzemnej vody.

V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k miernemu vzostupu priemernej hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-1 (o 0,29 m) a naopak, miernemu poklesu vo vrte BHJ-3 (0,32 m). Celková priemerná hladina podzemnej vody v roku 2024 (odvodená s priemerných hodnôt stanovaných pre jednotlivé vrty) dosiahla hĺbku 5,87 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrná zmena (o 0,02 m).

Celkové kolísanie hĺbok hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch bolo veľmi malé, ani v jednom prípade nepresiahlo 1 m.

Pri hodnotení údajov z dlhšieho časového obdobia režimových pozorovaní (2015 až 2024 – obr. 4.8.6) možno konštatovať, že hladina podzemnej vody na zrážkové úhrny reaguje minimálne. Výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody boli pozorované v rokoch 2016, 2018 a čiastočne i v roku 2021. 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. 4.8.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava, nameranej v rokoch 2015 až 2025 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 2022); 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. 4.8.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.8.5 a 4.8.6; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení je na obr. 4.8.4).

Tab. 4.8.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2023

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	0,04	24. 2. 2023			suchý	
HV-2	10	0,70	31. 3. 2023	0,13	29. 9. 2023	0,48	0,48
HV-3	10	kvapkanie, suchý					
HV-4	10	0,04	26. 5. 2023	0,00	29. 9. 2023	0,01	0,04

Tab. 4.8.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2024

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 počas všetkých kontrolných meracích etáp					
HV-2	10	0,90	16. 2. 2024	0,00	31. 7. 2024	0,29	0,90
HV-3	10	suchý počas 9 kontrolných etáp, počas jednej etapy bolo pozorované kvapkanie					
HV-4	10	0,50	28. 11. 2024	0,00	30. 8. 2024	0,12	0,50

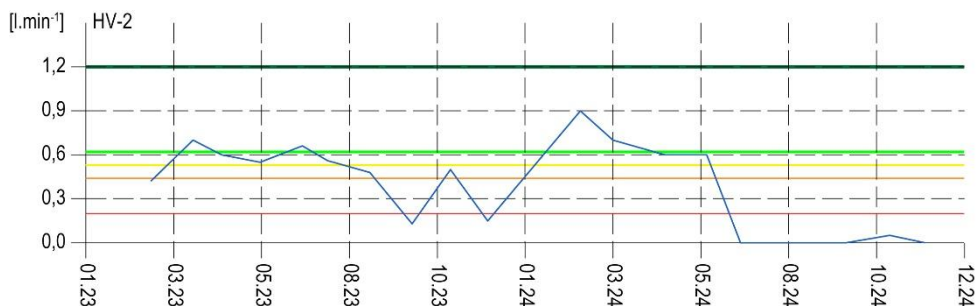
Počas roka 2023 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, ktoré boli realizované v období od 24. februára do 1. decembra. V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa situácia čiastočne zlepšila. V roku 2023 bol nameraný prietok (prípadne kvapkanie vody) minimálne počas jedného kontrolného merania v každom z odvodňovacích vrtoch. Najvyššia výdatnosť bola nameraná, podobne ako po minulé roky, vo vrte HV-2, a to 0,7 l.min⁻¹ na konci marca. Vo vrtoch HV-1 a HV-4 boli maximálne prietoky na úrovni 0,04 l.min⁻¹. Najnižšia hodnota maximálnej výdatnosti bola nameraná vo vrte HV-3, a to na úrovni kvapkania.

Minimálna hodnota výdatnosti vo vrte HV-2 bola nameraná na konci septembra s hodnotou 0,13 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 0,48 l.min⁻¹, čo je o 0,04 l.min⁻¹ menej ako v predchádzajúcom roku. Celková sumárna priemerná výdatnosť v roku 2023 predstavovala

hodnotu $0,61 \text{ l.min}^{-1}$. Priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia HV-2 v rokoch 2023 a 2024 sú znázornené na obr. 4.8.7.

Počas aktuálne hodnoteného roka 2024, rovnako ako v predchádzajúcich rokoch, bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, ktoré boli realizované v období od 16. februára do 28. novembra, a to v približne mesačnom intervale.

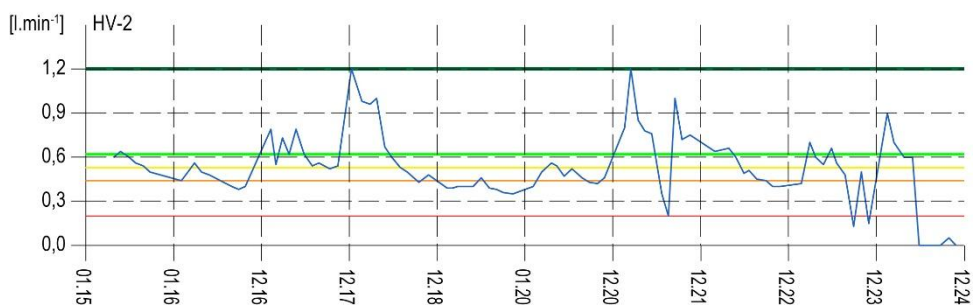


Obr. 4.8.7. Vývoj výdatnosti na odvodňovacom vrte HV-2 na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2023 a 2024, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané počas referenčného obdobia: máj 2012 – november 2022.

Z výsledkov monitorovacích meraní vyplýva, že odvodňovací vrt HV-1 bol počas všetkých kontrolných meraní suchý, podobne bol na tom i vrt HV-3, avšak na jeho ústí bolo počas jednej meracej etapy pozorované kvapkánie. Veľmi nízke prietoky (na úrovni kvapkánie), resp. stav bez prietoku (ústie odvodňovacieho vrtu suché) boli pozorované aj v prípade ostatných vrtoch (HV-2 a HV-4). Maximálna výdatnosť bola nameraná vo vrte HV-2 na úrovni $0,9 \text{ l.min}^{-1}$. Vo vrte HV-4 bola táto hodnota na úrovni $0,5 \text{ l.min}^{-1}$.

Namerané prietoky v hodnotenom roku je možné celkovo považovať za veľmi nízke. Poukazuje na to i skutočnosť, že vrt HV-2 bol počas posledných 4 kontrolných meraní úplne suchý. Ide o vrt, ktorý dlhodobo vykazoval pomerne vysokú výdatnosť. Jeho priemerná hodnota do konca roku 2023 sa nachádzala na úrovni $0,56 \text{ l.min}^{-1}$ a v roku 2024 dosiahla len $0,29 \text{ l.min}^{-1}$, čo je pokles o viac ako 48 %.

Sumárna priemerná hodnota výdatnosti v roku 2024 dosiahla $0,41 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o $0,07 \text{ l.min}^{-1}$.



Obr. 4.8.8. Vývoj výdatnosti na odvodňovacom vrte HV-2 na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2015 až 2024, 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 počas referenčného obdobia: máj 2012 – november 2022.

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 na nich zaznamenané len kvapkánie. Jediné zariadenie, ktoré dlhodobo účinne odvádza podzemnú

vodu, je spomenutý vrt HV-2. V tomto vrte prevládajú prietoky v intervale 0,50 až 0,60 l.min⁻¹. Počas hodnotenej dekády boli uvedené prietoky zaznamenané až v 22 prípadoch (až 23,4 % zo všetkých nameraných údajov). Podobne vysoké zastúpenie majú aj prietoky v intervaloch 0,4 až 0,5 l.min⁻¹ (22,3 % zo všetkých nameraných údajov) a 0,3 až 0,4 l.min⁻¹ (17,02 % zo všetkých nameraných údajov).

Z hodnotenia dlhodobých výsledkov merania výdatností vo vrte HV-2, ktoré sú prezentované na obr. 4.8.8, vyplýva, že zvýšené prietoky boli namerané v rokoch 2018 a 2021. Naopak, k výraznému poklesu výdatnosti došlo v aktuálne hodnotenom roku. Na základe hodnotenia spoločnej výdatnosti z vrtov HV-2, HV-3 a HV-4 je možné konštatovať, že najvyššie hodnoty boli namerané počas marca 2017 (spoločná výdatnosť dosiahla až 3,31 l.min⁻¹), januára 2018 (1,45 l.min⁻¹) a marca 2021 (1,41 l.min⁻¹).

Podobne ako v iných prípadoch, keď sú kontrolné merania, vzhľadom na finančné a technické možnosti, realizované len v mesačných intervaloch (10 meraní za rok), nie je možné jednoznačne posúdiť objem odvádzanej vody z drenážneho systému, a teda ani efektívnosť vybudovaného odvodňovacieho systému. Výrazné zlepšenie prehľadu o jeho účinnosti by priniesla implementácia automatických prietokomerov, ktoré sa inštalujú pod ústia odvodňovacích vrtov. Pozitívne skúsenosti s ich prevádzkou boli dosiahnuté na zosuvných lokalitách riešených v rámci geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií (Ondrejka et al., 2023). Inštaláciou automatických zariadení by došlo k objektívnejšiemu hodnoteniu účinku drenážneho systému.

d) Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Bardejov s indikatívom 49120. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2022 predstavuje 647,17 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 798,0 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 53,9 mm a maximálny mesačný úhrn 205,4 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 6. júla 2021 do 5. augusta 2021) dosiahol 249,7 mm.

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 829,7 mm, čo zodpovedá 128,2 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (121,8 mm) a najvyšší denný úhrn 23. júna (75,5 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 34,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 17. júna do 17. júla (137,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 21. februára do 23. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 17,3 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 9 dní (od 6. do 14. júna) s úhrnom 31,7 mm.

V priebehu roka 2024 bol na meteorologickej stanici SHMÚ Bardejov zaznamenaný celkový zrážkový úhrn 507,4 mm, čo predstavuje len 78,40 % z dlhodobého priemeru. Na základe uvedeného úhrnu bol rok hodnotený ako veľmi suchý. Najvyšší mesačný úhrn zrážok bol nameraný v júni, keď spadlo 84,6 mm. Najintenzívnejšie jednodňové zrážky boli zaznamenané 14. septembra – počas tohto dňa napršalo 26,6 mm. Najmenej zrážok priniesol december, s mesačným úhrnom 20,1 mm. Najvyšší tridsaťdňový úhrn zrážok bol zaznamenaný v období od 11. septembra do 11. októbra, keď spadlo spolu 106,9 mm. Najsuchšie tridsaťdňové obdobie trvalo od 14. októbra do 13. novembra – počas tohto obdobia bol úhrn len 0,8 mm. Najdlhšie obdobie s výskytom zrážok trvalo 8 po sebe nasledujúcich dní, a to od 6. do 13. júna. Počas tohto obdobia spadlo spolu 40,1 mm zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V katastri obce Bardejovská Zábava boli v zosuvnom území v roku 2024 zabezpečené inklinometrické merania (v jednom vrte) a zároveň bol sledovaný režim hĺbky hladiny

podzemnej vody v dvoch piezometrických vrtoch a výdatnosť štyroch odvodňovacích zariadení.

Z výsledkov inklinometrických meraní realizovaných vo vrte BIJ-1 vyplýva, že v porovnaní s výsledkami posledného etapového merania z predchádzajúceho roka došlo k poklesu pohybovej aktivity. Hodnoty namerané v sledovaných horizontoch neprekročili 0,9 mm, a oblasť monitorovaného vrtu je preto možné v období od októbra 2023 do septembra 2024 hodnotiť ako relatívne stabilnú. Keďže v území sa nachádza viacero parciálnych zosuvov, treba upozorniť, že merania sa vykonávajú iba v jednom vrte, ktorý charakterizuje pohybovú aktivitu transportačnej oblasti jedného zosuvného prúdu. Napriek priaznivým výsledkom z roku 2024 pripomíname, že v predchádzajúcich rokoch boli zaznamenané viaceré etapové deformácie jednoznačne poukazujúce na aktívny svahový pohyb po šmykovej ploche. Naposledy v novembri 2021, keď priemerná etapová rýchlosť dosiahla až $14,95 \text{ mm.rok}^{-1}$.

Hladiny podzemnej vody v porovnaní s predchádzajúcim rokom zaznamenali len mierne zmeny. K vzostupu priemernej hĺbky hladiny došlo vo vrte BHJ-1, naopak vo vrte BHJ-3 bol pozorovaný jej pokles. Z priebehu hladiny podzemnej vody na obr. 4.8.5 vyplýva, že vo vrte BHJ-1 sa hladina priblížila k historickému maximu odvodenému počas referenčného obdobia. Maximálne hodnoty boli zaznamenané počas prvého kontrolného merania 16. februára, a to súčasne v oboch monitorovaných vrtoch. Naopak, minimálne hladiny boli v oboch vrtoch namerané koncom októbra.

Na základe výsledkov monitorovania odvodňovacích vrtov možno konštatovať, že postupne dochádza k poklesu efektívnosti hĺbkového odvodňovacieho systému. Vrty HV-1 a HV-3 boli počas jednotlivých kontrolných meraní prevažne suché. Podobná situácia sa na týchto vrtoch opakuje dlhodobo a ich dlhodobá priemerná výdatnosť je blízka nule. Prietoky na ostatných odvodňovacích vrtoch sa v roku 2024 pohybovali v rozsahu od 0,0 do $0,90 \text{ l.min}^{-1}$; sumárna priemerná výdatnosť dosiahla iba $0,41 \text{ l.min}^{-1}$.

V roku 2025 plánujeme kontrolným inklinometrickým meraním overiť stabilitu zosuvného územia a zabezpečiť režimové pozorovania v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2024. Zároveň plánujeme inštalovať do piezometrických vrtov automatické hladinoměry na kontinuálne sledovanie hladiny podzemnej vody, a to v súlade s návrhom zástupcov SGaPZ MŽP SR o ich zabezpečení.

1.4.9. 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. 4.9.1). 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 2023 a 2024

V rokoch 2023 a 2024 bola na zosuvnej lokalite pozornosť venovaná výhradne režimovým meraniam. Rozsah a frekvencia monitorovacích aktivít sú uvedené v tab. 4.9.1.

Tab. 4.9.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Čirč v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	Č-1 a Č-3	10 (24. február, 31. marec, 24. apríl, 26. máj, 30. jún, 21. júl, 25. august, 29. september, 31. október, 1. december)	10 (16. február, 14. marec, 26. apríl, 31. máj, 28. jún, 31. júl, 30. august, 24. september, 30. október, 28. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	Spoločná výdatnosť troch odvodňovacích vrtoch (VV-1, VV-2, VV-3)	10 (24. február, 31. marec, 24. apríl, 26. máj, 30. jún, 21. júl, 25. august, 29. september, 31. október, 1. december)	10 (16. február, 14. marec, 26. apríl, 31. máj, 28. jún, 31. júl, 30. august, 24. september, 30. október, 28. november)
Merania zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Lipany (59100); Malcov (49040)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 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. 4.9.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.9.2 a 4.9.3). 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 2023 a 2024 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi sú na obr. 4.9.2 a jej dlhodobé zmeny sú na obr. 4.9.3.

V roku 2023 bolo v oboch vrtoch zabezpečených rovnako 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 24. februára do 1. decembra. V plytšom horizonte, ktorý je sledovaný vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný v hĺbke 4,30 m pod terénom (494,98 m n. m.), teda o 0,12 m plytšie ako v predchádzajúcom roku. Vo vrte Č-3 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný v hĺbke 8,88 m pod terénom (495,83 m n. m.), čo znamená, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom stúpila zaznamenaná maximálna hladina podzemnej vody o 0,14 m. V oboch prípadoch boli maximálne stavy namerané počas prvého monitorovacieho merania –

24. február. Počas nasledujúcich meraní mali hladiny mierne zostupný trend s pomerne výrazným kolísaním, hlavne vo vrte Č-1 (časté zmeny hladiny podzemnej vody). Na konci roka došlo k opätovnému vzostupu hladiny podzemnej vody.



Obr. 4.9.1. 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 vrto); ohraničenie zosuvov podľa Šimekovej et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.9.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2023.

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	4,30	494,98	24. 2. 2023	5,67	493,61	29. 9. 2023	4,88	494,40	1,37
Č-3	10	8,88	495,83	24. 2. 2023	10,49	494,22	21. 7. 2023	9,62	495,09	1,61

Tab. 4.9.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2024.

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	4,34	494,94	16. 2. 2024	4,85	494,43	28. 11. 2024	4,57	494,71	0,51
Č-3	10	8,93	495,78	16. 2. 2024	10,23	494,48	28. 11. 2024	9,61	495,10	1,30

Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala v letnom, resp. jesennom období. Vo vrte Č-3 hladina podzemnej vody klesla na úroveň 10,49 m pod terénom a vo vrte Č-1 na 5,67 m pod terénom.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2023 hĺbku 7,25 m pod terénom, čo je oproti roku 2022 vzostup o 0,20 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,88 (vrt Č-1) do 9,62 m pod terénom (vrt Č-3). V oboch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,77 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2023 s údajmi z predchádzajúceho obdobia (od 2013 do 2022 – referenčné obdobie) vyplýva, že nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych alebo minimálnych hladín.

V aktuálne hodnotenom roku 2024 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a celkovo bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 16. februára do 28. novembra. V oboch horizontoch bol maximálny stav zaznamenaný

v rovnakom termíne, a to dňa 16. februára. V plytšom horizonte, teda vo vrte Č-1, dosiahol hĺbku 4,34 m pod terénom (494,94 m n. m.) a v hlbšom horizonte, teda vo vrte Č-3 hĺbku 8,93 m pod terénom – 495,78 m n. m.). Priebeh hladiny v oboch vrtoch mal zostupný trend, a to i napriek miernemu júnovému vzostupu.

Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala v na konci novembra – posledné kontrolné meranie (4,57 m pod terénom vo vrte VČ-1 a 9,61 m pod terénom vo vrte VČ-3).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2024 hĺbku 7,09 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny vzostup, a to o 0,16 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,57 (vrt Č-1) do 9,61 m pod terénom (vrt Č-3). V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol výraznejší vzostup zaznamenaný vo vrte Č-1 (o 0,31 m).

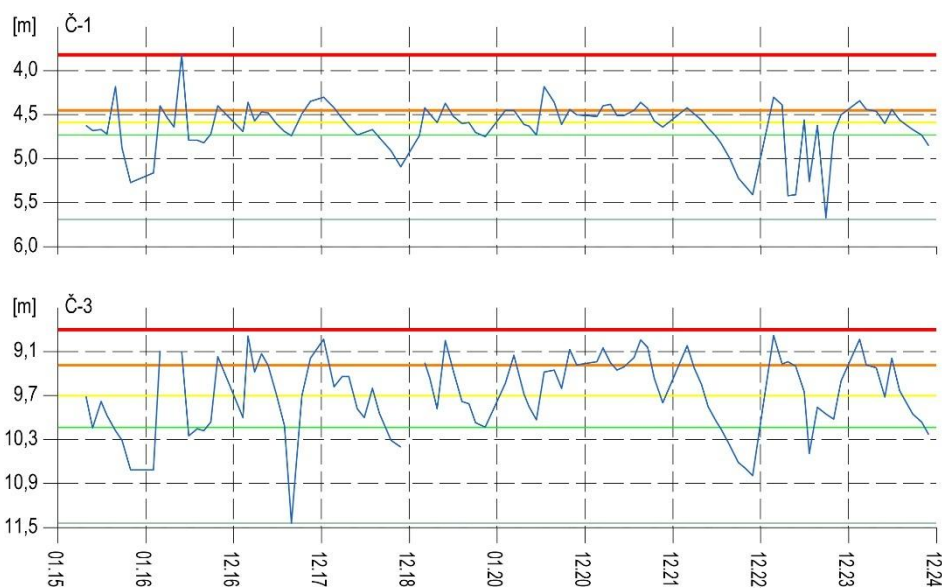


Obr. 4.9.2. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč, nameranej v rokoch 2023 a 2024 vo vrtoch: Č-1 a Č-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2013 – november 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

V oboch vrtoch bolo pozorované len relatívne malé kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody (0,51 m vo vrte Č-1 a 1,30 m vo vrte Č-3). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2024 s údajmi z referenčného obdobia (od 2013 do 2022) vyplýva, že nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych alebo minimálnych hladín (obr. 4.9.2).

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (2015 až 2024 – obr. 4.9.3), vzhľadom na skutočnosť, že frekvencia meraní je nízka, len 10 meraní za rok, je problematické vyhodnotiť zaznamenaný priebeh hladiny podzemnej vody. Z nameraného kolísania hladiny podzemnej vody, ktoré malo v niektorých rokoch pomerne výraznú dynamiku, 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.

Najvyššie hladiny za hodnotenú dekádu boli namerané v rokoch 2016 (Č-1 – 3,82 m pod terénom – 495,46 m n. m.) a 2023 (Č-3 – 8,88 m pod terénom – 495,83 m n. m.). Naopak, minimálne stavy v rokoch 2023 (Č-1 – 5,67 m pod terénom – 493,61 m n. m.) a 2016 a 2019, kedy bol vrt Č-3 suchý. Desaťročný priemer hladiny vo vrte Č-1 je na úrovni 4,64 m pod terénom a vo vrte Č-3 9,69 m pod terénom.



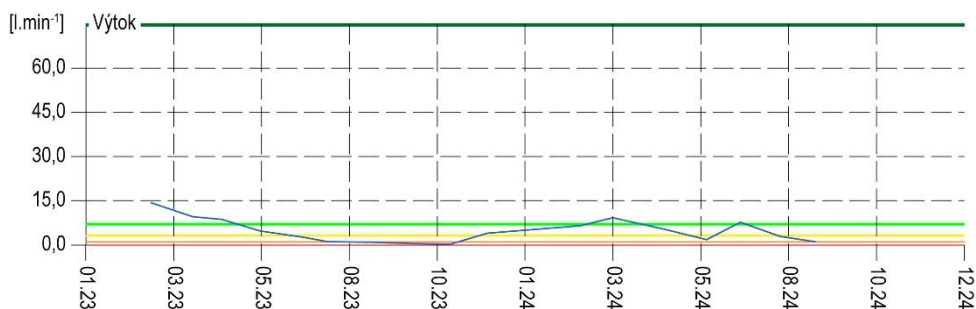
Obr. 4.9.3. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč, nameranej v rokoch 2015 až 2024 vo vrtoch: Č-1 a Č-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2013 – november 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna 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. 4.9.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.9.4 a 4.9.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení, ako aj ústie potrubia sú znázornené na obr. 4.9.1). Pribeh nameranej výdatnosti na ústí odvodňovacieho zariadenia v rokoch 2023 a 2024 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi je vyjadrený na obr. 4.9.4 a dlhodobé zmeny sú zobrazené na obr. 4.9.5.

Tab. 4.9.4. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2023.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	[l.min ⁻¹]
výtok	10	14,40	24. 2. 2023	0,34	31. 10. 2023	4,75	14,06



Obr. 4.9.4. Vývoj výdatnosti na spoločnom výtokovom objekte (označenom ako „výtok“) na zosuvnej lokalite Čirč v rokoch 2023 a 2024, 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 počas referenčného obdobia: marec 2013 – november 2022.

V roku 2023 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 24. februára do 1. decembra. Najvyššia výdatnosť (14,40 l.min⁻¹) bola nameraná počas prvého terénneho merania 24. februára, pravdepodobne ako reakcia na výdatnejšie zrážky

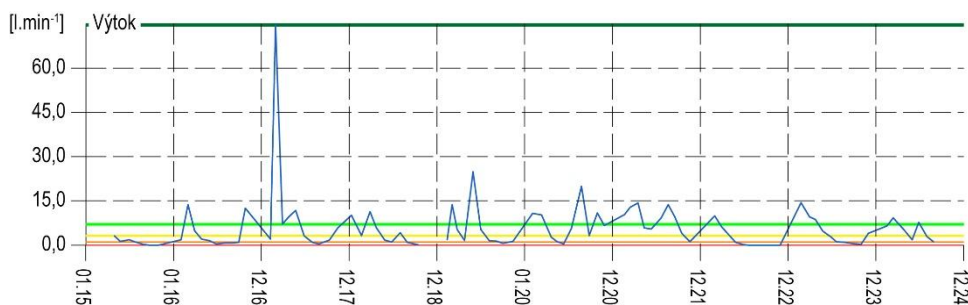
z predchádzajúceho obdobia (30-denný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Lipany k 3. februáru dosiahol 81,5 mm; posledné zrážkové udalosti boli na stanici zaznamenané 23. a 24. februára, ich hodnota bola však relatívne nízka, sumárne 1,4 mm; intenzívnejšie zrážky boli pozorované v druhej polovici januára). V nasledujúcom období bol sledovaný postupný zostup prietokov na odvodňovacom zariadení. Mierne zvýšená výdatnosť bola nameraná až počas posledného merania 1. decembra – 4,08 l.min⁻¹.

Najnižšia výdatnosť, ktorá bola zaznamenaná v novembri, sa nachádzala na úrovni 0,34 l.min⁻¹. Celkové kolísanie výdatnosti tak dosiahlo hodnotu 14,06 l.min⁻¹. Priemerná hodnota výdatnosti za rok 2023 je 4,75 l.min⁻¹, čo je o 1,22 l.min⁻¹ viac ako v predchádzajúcom roku.

Tab. 4.9.5. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2024.

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	9,36	14. 3. 2024	0,00	28. 11. 2024	3,60	9,36

V roku 2024 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 16. februára do 28. novembra. Najvyššia výdatnosť (9,36 l.min⁻¹) bola nameraná 14. marca. Výdatnosť odvodňovacieho zariadenia počas roka jedenkrát klesla na najnižšiu merateľnú úroveň – 0,003 l.min⁻¹ (počas novembrového kontrolného merania bolo pozorované len kvapkanie). Výdatnosti nad 5 l.min⁻¹ boli pozorované vo februári, marci, apríli a júni). Celkové kolísanie výdatnosti dosiahlo hodnotu 9,36 l.min⁻¹. Priemerná hodnota výdatnosti za rok 2024 dosiahla 3,60 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom o 1,15 l.min⁻¹ menej.



Obr. 4.9.5. Vývoj výdatnosti na spoločnom výtokovom objekte (označenom ako Výtok) na zosuvnej lokalite Čirč v rokoch 2015 až 2024, 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: marec 2013 – november 2022.

Zo štatistickej analýzy údajov nameraných v predchádzajúcom období vyplýva, že počas monitorovaného obdobia prevládali hodnoty s prietokom 0,0 až 1 l.min⁻¹. Počas monitorovaného obdobia boli zaznamenané počas 26 kontrolných meraní, čo predstavuje 26,8 % z celkového počtu zabezpečených meracích etáp. Pomerne vysoké zastúpenie majú aj výdatnosti v rozsahu 1,0 až 2,0 l.min⁻¹ (19,6 % z celkového počtu meracích etáp). Z prietokov z vyššou hodnotou výdatnosti stoja za zmienku prietoky v intervale 5,0 až 6,0 l.min⁻¹, ktoré predstavujú až 7,2 % z nameraných prietokov.

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 pozorovateľné, že jej kolísanie je do značnej miery determinované zmenami hladiny podzemnej vody. Maximálne výdatnosti sú spojené so zimným, prípadne jarným obdobím. Pribeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia v dlhšom časovom horizonte je znázornený na obr. 4.9.5.

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. 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 2022, dosiahol 692,24 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 889,90 mm (rok 2021); priemerný mesačný úhrn 58,1 mm a maximálny mesačný úhrn 233,3 mm (august 2021). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 28. júna 2021 do 28. júla 2021) dosiahol 247,8 mm.

V roku 2023 bol nameraný zrážkový úhrn 711,3 mm, čo zodpovedá 102,75 % dlhodobého priemeru, a ide normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (113,4 mm) a najvyšší denný úhrn 28. júna (28,5 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 32,5 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 4. júna do 4. júla (113,8 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 21. februára do 23. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 14,6 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 8 dní (od 15. do 22. januára) s úhrnom 53,5 mm.

V priebehu roka 2024 bol na meteorologickej stanici SHMÚ Malcov zaznamenaný celkový zrážkový úhrn 714,5 mm, čo predstavuje 103,22 % z dlhodobého priemeru. Z hľadiska hodnotenia množstva zrážok bol tento rok klasifikovaný ako zrážkovo normálny. Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v júni, keď spadlo až 165,1 mm zrážok. Najintenzívnejšie jednodňové zrážky sa vyskytli 3. júna, kedy za jediný deň napršalo 73,9 mm. Naopak, najmenej zrážok priniesol november – počas tohto mesiaca spadlo len 17,3 mm. Najvyšší tridsaťdňový úhrn zrážok bol zaznamenaný v období od 17. mája do 16. júna. Počas týchto tridsiatich dní spadlo spolu 217,1 mm zrážok. Najsuchšie tridsaťdňové obdobie trvalo od 14. októbra do 13. novembra, počas ktorého bol zaznamenaný úhrn len 0,6 mm. Najdlhšie obdobie s opakovaným výskytom zrážok trvalo 8 po sebe nasledujúcich dní – od 6. do 13. júna. V tomto období spadlo spolu 38,6 mm zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Čirč prebiehajú dlhodobo monitorovacie aktivity zamerané najmä na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Súčasne je monitorovaná aj výdatnosť odvodňovacieho zariadenia, konkrétne spoločná výdatnosť subhorizontálnych odvodňovacích vrtov VV-1 až VV-3. Analyzované sú takisto údaje o zrážkových úhrnoch zo zrážkomerných staníc Lipany a Malcov.

Na základe spracovania výsledkov monitorovania možno konštatovať, že v priebehu roku 2024 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom len k minimálnym zmenám priemerných hĺbok hladín podzemnej vody. Podobná situácia bola zaznamenaná aj pri maximálnych nameraných hodnotách, kde je však možné pozorovať mierny pokles. Z hľadiska časového výskytu boli maximálne hodnoty namerané hneď počas prvého kontrolného merania, a to súčasne v oboch vrtoch. Rovnako súčasne boli zaznamenané aj minimálne hladiny podzemnej vody počas posledného merania v roku.

V prípade hodnotenia výdatnosti hĺbkového drenážneho systému možno v porovnaní s predchádzajúcim rokom pozorovať pokles o $1,15 \text{ l.min}^{-1}$. V tejto súvislosti treba podotknúť, že v posledných dvoch hodnotených rokoch boli namerané podobné ročné zrážkové úhrny. Klesajúci trend prietokov je však pozorovateľný už dlhodobo – v roku 2024 boli hodnoty presahujúce 5 l.min^{-1} namerané len počas troch kontrolných etáp. V minulosti pritom výdatnosť neraz dosahovala aj hodnoty nad 10 l.min^{-1} , čo naznačuje postupné znižovanie efektívnosti drenážneho systému.

V súvislosti s uvedenými výsledkami je potrebné zdôrazniť, že monitorované parametre sú sledované s relatívne nízkou frekvenciou, čo neumožňuje detailnejšiu analýzu vzťahov medzi klimatickými podmienkami a režimovými ukazovateľmi. Do budúcnosti považujeme za dôležité zvýšiť frekvenciu monitorovacích meraní, ideálne prostredníctvom inštalácie automatických zariadení. Zároveň odporúčame obnoviť sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie, prípadne doplniť monitoring o technológiu InSAR, ktorá by umožnila plošné sledovanie povrchových deformácií.

V roku 2025 plánujeme na zosuvnej lokalite pokračovať v monitorovacích meraniach v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v roku 2024.

1.4.10. 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 2023 a 2024

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2023 a 2024, sú zhrnuté v tab. 4.10.1.

Tab. 4.10.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2023 a 2024.

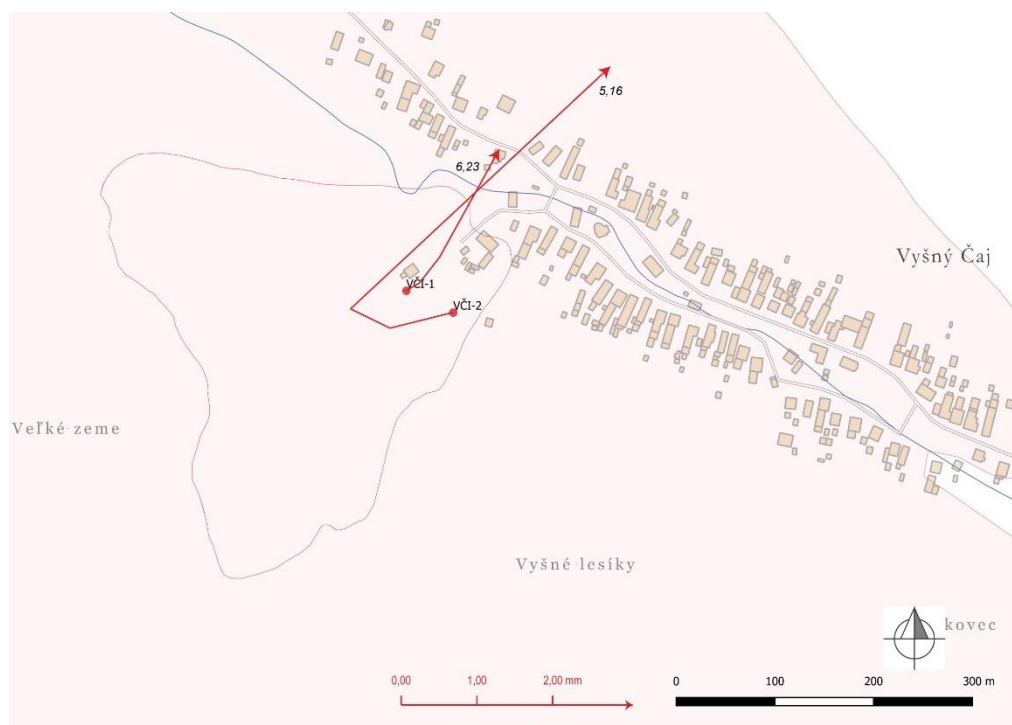
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Inklinometrické	2	VČI-1, VČI-2	1 (4. máj)	1 (12. apríl)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	VČHG-2, VČHG-3	10 (23. február, 29. marec, 21. apríl, 29. máj, 29. jún, 20. júl, 23. august, 28. september, 2. november, 12. december)	10 (15. február, 12. marec, 25. apríl, 30. máj, 26. jún, 30. júl, 27. august, 25. september, 29. október, 27. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	2	VČSHV-1, VČSHV-2	10 (23. február, 29. marec, 21. apríl, 29. máj, 29. jún, 20. júl, 23. august, 28. september, 2. november, 12. december)	10 (15. február, 12. marec, 25. apríl, 30. máj, 26. jún, 30. júl, 27. august, 25. september, 29. október, 27. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

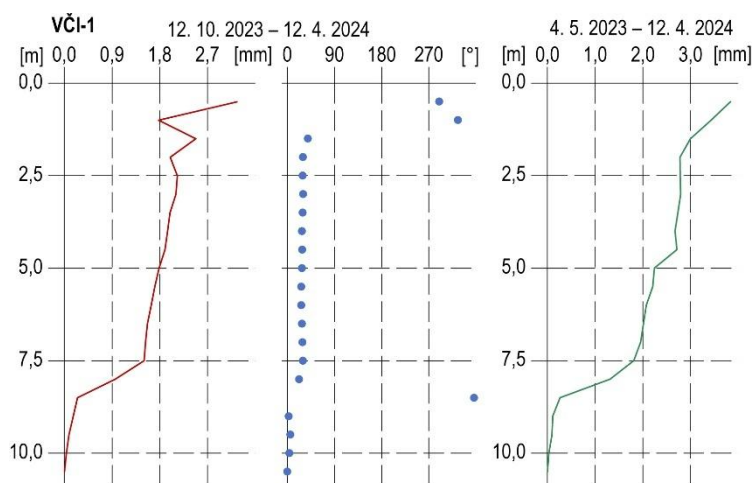
a) Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa realizujú v dvoch vrtoch (VČI-1 a VČI-2; obr. 4.10.1), ktoré sú situované neďaleko miestneho cintorína. Namerané hodnoty z kontrolných etapových meraní z rokov 2023 a 2024 sú zhrnuté v tab. 4.10.2 a prezentované na obr. 4.10.1 až 4.10.3. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.10.4 a 4.10.5. Inklinometrické merania sú počas obdobia realizácie rozdelené do troch samostatných meracích epoch. Rozdelenie si vynútila zmena meracej sondy. Prvá meracia epocha trvala od 5. decembra 2011 do 7. októbra 2014, druhá epocha od 7. októbra 2014 do 4. mája 2023 a posledná tretia epocha začala 4. mája 2023. Uvedené skutočnosti majú vplyv na hodnotenie celkovej deformácie nameranej za monitorované obdobie.

Z vývoja analyzovaných parametrov na obr. 4.10.2 a 4.10.3 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.



Obr. 4.10.1. Lokalita Vyšný Čaj – vektory deformácií namerané v rokoch 2023 a 2024 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.10.2; 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. 4.10.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte VČI-1 na lokalite Vyšný Čaj. Červená linia – etapové deformácie inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená linia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi; na vertikálnej osi je uvedená hĺbka deformácia v m, meraná od ústia ochrannej pažnice).

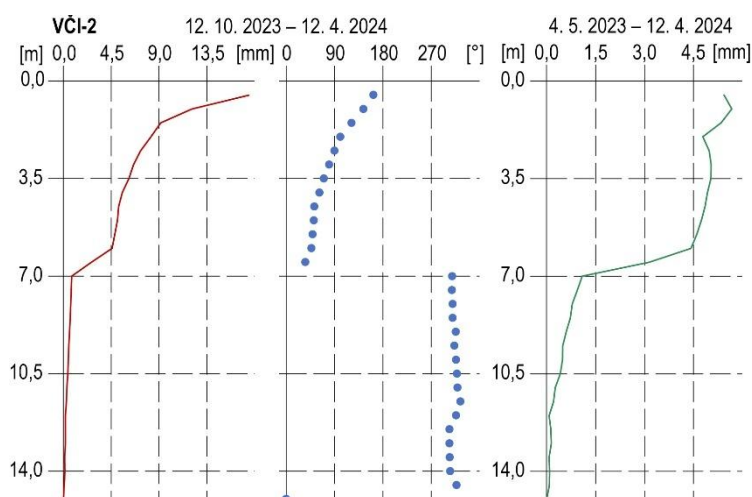
V roku 2023 bol vo vrte VČI-1 počas kontrolnej etapy, na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 6,23 m pod terénom, nameraný prírastok deformácie s hodnotou 0,2 mm. Priemerná rýchlosť deformácie dosiahla 0,42 mm.rok⁻¹. Azimut nameraného vektora má hodnotu 60°, teda s orientáciou na severovýchod, v smere predpokladaného svahového pohybu.

Tab. 4.10.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2023 a 2024.

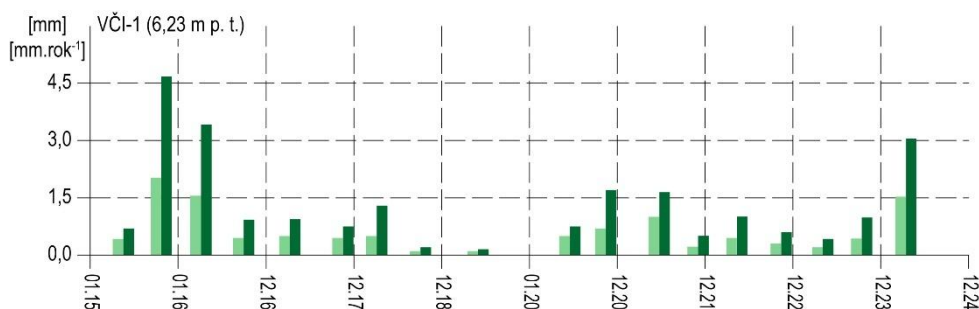
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	11. 11. 2022 – 4. 5. 2023			4. 5. 2023 – 12. 10. 2023			12. 10. 2023 – 12. 4. 2024		
		CD ¹ [mm]	ED [mm]	A [°]	CD ² [mm]	ED [mm]	A [°]	CD ² [mm]	ED [mm]	A [°]
VČI-1	6,23	4,90	0,20	60	0,43	0,43	38	1,96	1,53	29
VČI-2	5,16	3,65	0,86	256	0,58	0,58	296	4,42	4,59	47

CD¹ – celková deformácia od nultého merania druhej epochy (8. 10. 2014); CD² – celková deformácia od nultého merania tretej epochy (4. 5. 2023) ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

Vo vrte VČI-2 v hĺbke 5,16 m pod terénom bola počas mája 2023 nameraná deformácia 0,86 mm. Nameraná deformácia charakterizuje pohybovú aktivitu za obdobie od 11. novembra 2022, čo predstavuje priemernú rýchlosť 1,81 mm.rok⁻¹. Azimut nameraného etapového vektora mal západný až juhozápadný smer (256°).



Obr. 4.10.3. 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 (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi; na vertikálnej osi je uvedená hĺbka deformácie v m, meraná od ústia ochrannej pažnice).



Obr. 4.10.4. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj vo vrte VČI-1 v období rokov 2015 až 2024; svetlozelená – etapové deformácie a tmavozelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

V aktuálne hodnotenom roku 2024 bola realizovaná jedna etapa kontrolných meraní (12. apríla 2024). Na základe nameraných výsledkov je možné konštatovať nárast pohybovej aktivity na sledovaných šmykových plochách, a to v oboch vrtoch.

Vo vrte VČI-1 bola v hĺbke 6,23 m pod terénom nameraná etapová deformácia 1,53 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,05 mm.rok⁻¹ (ide o najvyššiu priemernú etapovú rýchlosť od septembra 2016). Azimut nameranej etapovej deformácie mal severovýchodnú orientáciu, teda zodpovedal smeru spádnic svahu. Na základe týchto výsledkov je možné konštatovať, že v oblasti vrty VČI-1 došlo k miernej reaktivizácii svahového pohybu.

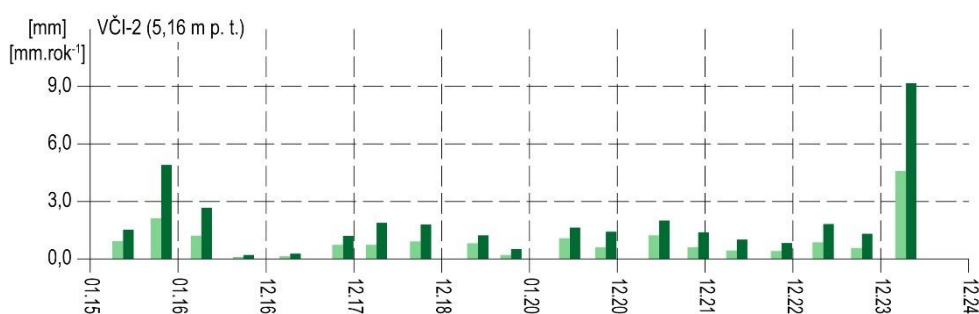
Vo vrte VČI-2 bol nameraný ešte výraznejší etapový prírastok deformácie. V hĺbke 5,16 m pod terénom bola zaznamenaná čiastková deformácia 4,59 mm. Ide o druhú najvyššiu deformáciu zaznamenanú počas celého monitorovaného obdobia (monitorovanie vo vrte prebieha od roku 2011; vyššia hodnota – 5,85 mm – bola nameraná v roku 2014).

Rovnako aj pri hodnotení priemernej etapovej rýchlosti deformácie ide o druhú najvyššiu zaznamenanú hodnotu; vyššia rýchlosť bola nameraná len v októbri 2012. Azimut deformácie mal, podobne ako v prípade vrtu VČI-1, severovýchodný smer, teda aj v tomto prípade je možné predpokladať aktivizáciu svahového pohybu po šmykovej ploche.

Na základe nameraných výsledkov v jednotlivých vrtoch je možné rok 2024 hodnotiť ako pohybovo aktívny.

Dlhodobý vývoj deformácie na sledovanej šmykovej ploche vo vrte VČI-1, prezentovanej na obr. 4.10.4, naznačuje, že najvyššia etapová deformácia inklinometrickej pažnice bola nameraná roku 2015 (2,02 mm; 4,68 mm.rok⁻¹) a o niečo nižšia bola zaznamenaná v rokoch 2016 (1,56 mm; 3,42 mm.rok⁻¹) a 2024 (1,53 mm; 3,05 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 50,75 %. Celková deformácia inklinometrickej pažnice (v hĺbke šmykovej plochy) počas prvej epochy dosiahla 3,45 mm a počas druhej epochy 4,9 mm. Priemerné rýchlosti deformácie sa pohybujú na úrovni 1,21 mm.rok⁻¹ (prvá epocha) a 0,57 mm.rok⁻¹ (druhá epocha; tretia epocha, vzhľadom na krátke obdobie monitorovania, nie je v rámci hodnotenia dlhodobého vývoja posudzovaná).

Z hodnotenia výsledkov inklinometrických meraní za posledných 10 rokov vo vrte VČI-2 (obr. 4.10.5) vyplýva, že najvyššie deformácie boli namerané počas kontrolných meraní v aktuálne hodnotenom roku 2024 (4,59 mm; 9,16 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 mal jeho azimut severovýchodný smer. Pomery medzi trajektóriami etapových deformácií a výslednými premiestneniami sledovaných bodov počas prvých dvoch monitorovacích epoch dosiahli: prvá epocha – 37,8 % a druhá epocha – 27,9 %. Priemerné rýchlosti deformácie sa pohybujú na úrovni 2,68 mm.rok⁻¹ (prvá epocha) a 0,43 mm.rok⁻¹ (druhá epocha).



Obr. 4.10.5. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj vo vrte VČI-2 v období rokov 2015 až 2024; svetlozelená – etapové deformácie a tmavozelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

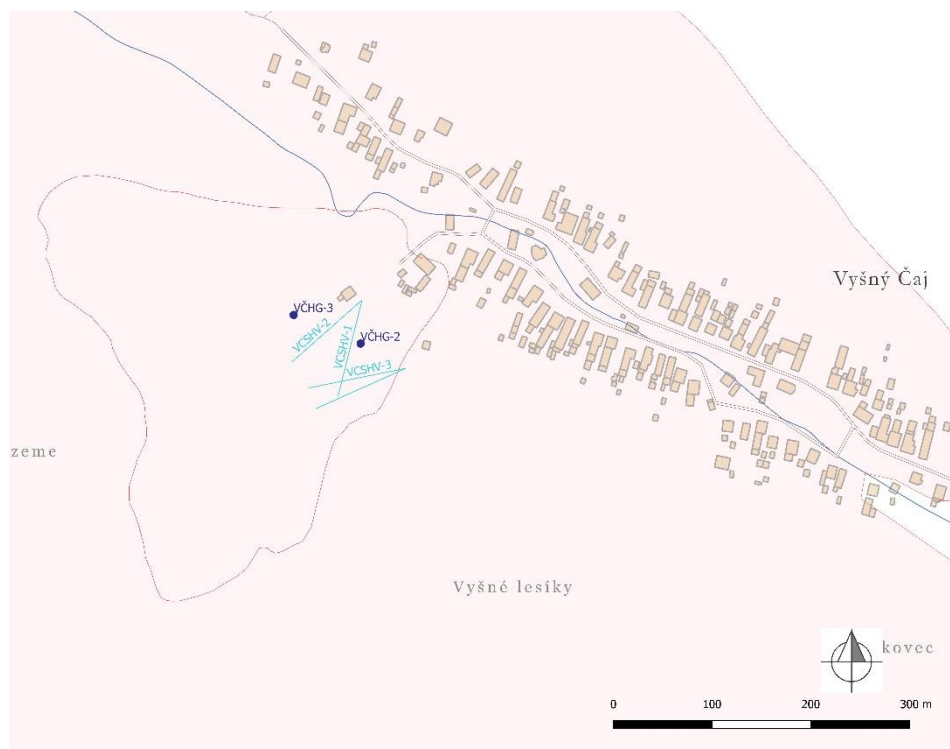
b) Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Vyšný Čaj sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované vo vrtoch VČHG-2 a VČH-3, ktorý je pomerne často suchý (tab. 4.10.1.; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.10.3 a 4.10.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.10.6). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v období rokov 2023 a 2024

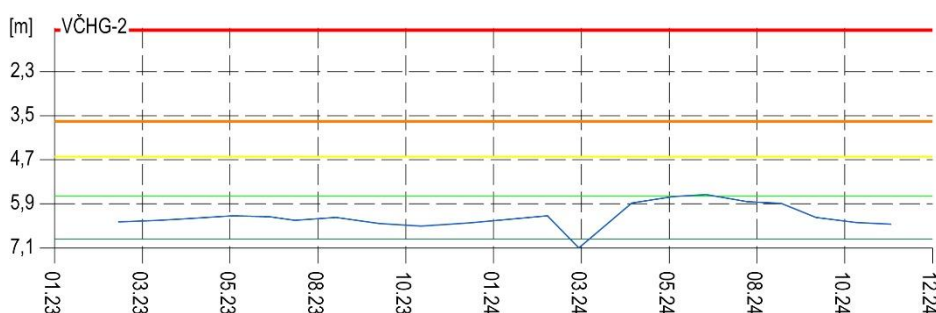
sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi znázornené na obr. 4.10.7. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2015 až 2024 je znázornený na obr. 4.10.8.

Tab. 4.10.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2023.

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	6,22	248,47	29. 5. 2023	6,50	248,19	2. 11. 2023	6,35	248,34	0,28
VČHG-3	10	suchý								



Obr. 4.10.6. Lokalita Vyšný Čaj – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrtý, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.10.7. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj, nameranej v rokoch 2023 a 2024 vo vrte VČHG-2, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2011 – november 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

V roku 2023, podobne ako po minulé roky boli zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sledované len vo vrte VČHG-2, vrt VČHG-3 bol počas všetkých meraní suchý. Zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 23. februára do 12. decembra.

Maximálna hladina podzemnej vody vo vrte VČHG-2 bola nameraná v hĺbke 6,22 m pod terénom (248,47 m n. m.) a to 29. mája. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k poklesu

maximálnej hladiny o 1,49 m. Hladina mala počas roka mimoriadne ustálený charakter s minimálnym kolísaním (0,28 m).

Minimálna hladina bola nameraná počas novembrového kontrolného merania na úrovni 6,5 m pod terénom. V porovnaní s rokom 2022 došlo v prípade minimálnej hodnoty k nárastu o 0,35 m.

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2 dosiahla hĺbku 6,35 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,37 m.

V aktuálne hodnotenom roku 2024 boli merania vykonávané od 15. februára do 27. novembra, pričom bolo zabezpečených, rovnako ako v predchádzajúcich rokoch, 10 kontrolných etáp. Merania boli vykonávané s intervalom približne jeden mesiac.

Vo vrte VČHG-2 bola maximálna hladina podzemnej vody zaznamenaná v hĺbke 5,65 m pod terénom (249,04 m n. m.) dňa 26. júna. Od tohto termínu mala hladina podzemnej vody zostupný charakter, a to až do konca novembra, kedy bolo zrealizované posledné etapové meranie.

Minimálny stav bol však zaznamenaný ešte v počas marcového merania v hĺbke 7,10 m pod terénom, čo je najnižšia nameraná hladina za celé obdobie monitorovania.

Priemerná hladina podzemnej vody vo vrte VČHG-2 dosiahla 6,14 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny vzostup, a to o 0,21 m.

V roku 2024 dosiahla amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody 1,45 m.

Vrt VČH-3 bol v roku 2024 suchý počas všetkých meraní (hladina podzemnej vody sa nachádza v hĺbke väčšej ako 5 m pod terénom), hladina podzemnej vody bola vo vrte naposledy nameraná 28. apríla 2022; od tohto obdobia bol suchý 27 etapových meraní po sebe.

Tab. 4.10.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2024.

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	5,65	249,04	26. 6. 2024	7,10	247,59	12. 3. 2024	6,14	248,55	1,45
VČHG-3	10	suchý								



Obr. 4.10.8. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj, nameranej v rokoch 2015 až 2024 vo vrtoch: VČHG-2 a VČHG-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2011 – november 2022); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Z dlhodobého vývoja nameraných hĺbok hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2, prezentovanom na obr. 4.10.8, vyplýva trend pomalého postupného poklesu hladiny podzemnej vody (vo vrte VČHG-3 došlo v spojitosti s uvedeným trendom k poklesu hladiny podzemnej vody pod úroveň dna vrtu). Zároveň treba poznamenať, že na začiatku monitorovaného obdobia sa hladiny podzemnej vody v oboch vrtoch nachádzali približne v rovnakej hĺbke. K diferenciácii hĺbok došlo až neskôr, čo môže súvisieť s vybudovaným hĺbkovým odvodnením. V obidvoch prípadoch však možno sledovať podobný vývoj. Maximálny stav vo vrte VČHG-2 bol nameraný 31. mája 2016 (3,12 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 251,57 m n. m.). V rovnakom roku bola maximálna hladina zaznamenaná aj vo vrte VČHG-3 (1. marca – 1,76 m pod terénom; 253,58 m n. m.). Vo vrte VČHG-2 boli v rokoch 2019, 2020 a 2021 namerané hladiny podzemnej vody pomerne hlboko pod terénom a v roku 2024 klesla na historické minimum. Vrt VČHG-3 je v posledných rokoch pomerne často bez vody. Uvedený stav považujeme z hľadiska stabilitných pomerov za priaznivý.

c) Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Vyšný Čaj sú merania realizované na dvoch odvodňovacích zariadeniach – VČSHV-1 a VČSHV-2 (tab. 4.10.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.10.5 a 4.10.6).

Tab. 4.10.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2023

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	Zariadenie bolo prevažnú časť monitorovaného obdobia zaliate vodou alebo suché					
VČSHV-2	10	Zariadenie bolo prevažnú časť monitorovaného obdobia zaliate vodou, len počas februára a marca bola nameraná výdatnosť 0,18 l.min ⁻¹					

Tab. 4.10.6. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2024

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	0,23	30. 5. 2024	0,00	27. 8. 2024	0,12	0,23
VČSHV-2	10	0,90	30. 5. 2024	0,79	27. 8. 2024	0,85	0,11

Poznámka: počas roku 2024 boli merateľné prietoky zaznamenané len počas 2 kontrolných etáp, v ostatnom období boli ústia odvodňovacích zariadení zaliate vodou

V roku 2023 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, a to v období od 23. februára do 12. decembra. Z výsledkov terénnych pozorovaní je však možné konštatovať, že oba sledované vrty boli počas väčšiny kontrolných meraní zaliate vodou, ktorá zo zbernej šachty neodteká dostatočne. V čase keď sa v kontrolnej šachte nenachádzala voda, resp. ústia odvodňovacích vrtov boli nad jej hladinou (februárová a marcová kontrolná etapa), bol vrt VČSHV-1 suchý (23. február a 29. marec). Vo vrte VČSHV-2 bolo možné v uvedených termínoch pozorovať prietok na úrovni 0,18 l.min⁻¹.

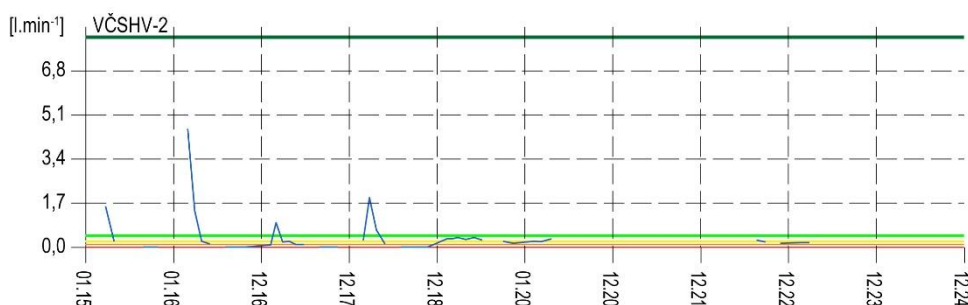
V roku 2024 sa merania vykonávali v období od 15. februára do 27. novembra s približne mesačnou frekvenciou; zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní.

Počas jednotlivých meraní boli na odvodňovacích vrtoch namerané relatívne nízke hodnoty prietokov alebo naopak, vrty v zbernej šachte boli zaliate vodou a nebolo ich možné merať. K priamemu meraniu prietoku bolo možné pristúpiť len počas májovej a augustovej etapy.

Z nameraných výsledkov vyplýva, že vo vrte VČSHV-1 bola maximálna výdatnosť nameraná na úrovni 0,23 l.min⁻¹, a to počas májového merania. Vo vrte VČSHV-2 boli namerané dve hodnoty prietoku, a to 0,90 l.min⁻¹ a 0,79 l.min⁻¹; vyššia hodnota bola nameraná v auguste.

Na základe zistení počas realizácie kontrolných meraní, ale aj získaných skúseností z predchádzajúceho obdobia monitorovania je možné dospieť k záveru, že v prípade nárastu prietoku na ústí odvodňovacích vrtov, dochádza veľmi rýchlo k zatopeniu zbernej šachty. Ide o veľmi vážny problém, ktorý súvisí so zle nadimenzovaným potrubím, ktorého úlohou je odvádzanie vôd zo zbernej šachty. Tento nedostatok sa prejavuje kumuláciou vody v zbernej šachte, čím sa znižuje účinnosť odvodňovacích vrtov.

V zosuvnom území boli do roku 2018 sledované 4 odvodňovacie vrty. Vzhľadom na veľmi nízke hodnoty výdatnosti bola v nasledujúcom období pozornosť sústredená len na vrty VČSHV-1 a VČSHV-2. Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia od roku 2015 do roku 2024 bola maximálna spoločná výdatnosť z jednotlivých vrtov nameraná v roku 2017 (6,49 l.min⁻¹ – 3. marec). Na uvedenom odtoku drénovanej vody sa najvýraznejšie prejavil vrt VČSHV-1 s výdatnosťou 5,55 l.min⁻¹. O niečo nižšie hodnoty boli zaznamenané aj v roku 2016 (5,32 l.min⁻¹ – 2. marec a 3,49 l.min⁻¹ – 30. marec).



Obr. 4.10.9. Dlhodobý vývoj výdatnosti na odvodňovacom vrte VČSHV-2 na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2015 až 2024, 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 počas referenčného obdobia: marec 2011 – november 2022.

d) Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice Vyšný Čaj s indikativom 60100.

Na stanici Vyšný Čaj dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2022, dosiahol 607,95 mm; maximálny ročný úhrn 699,2 mm (rok 2019); priemerný mesačný úhrn 50,7 mm a maximálny mesačný úhrn 189,3 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 22. júna do 22. júla 2011) dosiahol 203,2 mm.

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 778,9 mm, čo zodpovedá 128,12 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (102,9 mm) a najvyšší denný úhrn 3. augusta (27,7 mm). Najsuchším mesiacom bol február s 8,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. októbra do 17. novembra a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 3. februára do 5. marca) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,5 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 8 dní (od 10. do 17. novembra) s úhrnom 40,0 mm.

V priebehu roka 2024 bol na meteorologickej stanici SHMÚ Vyšný Čaj zaznamenaný celkový zrážkový úhrn 573,7 mm, čo predstavuje 94,37 % z dlhodobého priemeru. Z hľadiska hodnotenia množstva zrážok ide o zrážkovo normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn zrážok bol zaznamenaný v júni, kedy spadlo 126,8 mm. Najintenzívnejšie jednoduché zrážky sa vyskytli 13. septembra – za jeden deň napršalo 39,5 mm. Najmenej zrážok priniesol december, počas ktorého bolo zaznamenaných len 14,1 mm. Najvyšší tridsaťdňový úhrn bol nameraný v období od 2. júna do 2. júla, kedy spadlo spolu 136,6 mm zrážok. Najsuchšie tridsaťdňové obdobie sa

vyskytlo od 15. októbra do 14. novembra s celkovým úhrnom iba 0,5 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie trvalo 8 po sebe nasledujúcich dní – od 6. do 13. júna, počas ktorých spadlo spolu 64,1 mm zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj sú monitorovacie aktivity zabezpečované formou inklinometrických a režimových meraní v blízkosti miestneho cintorína. Zároveň je sledovaná i efektívnosť vybudovaného sanačného opatrenia – hĺbkového odvodnenia.

Pri hodnotení spracovaných výsledkov inklinometrických meraní je možné konštatovať, že v porovnaní s rokom 2023 došlo v roku 2024 k výraznému nárastu pohybovej aktivity na sledovaných šmykových plochách v oboch vrtoch. Vo vrte VČI-1 sa etapová deformácia zvýšila z 0,2 mm na 1,53 mm a priemerná rýchlosť z 0,42 mm.rok⁻¹ na 3,05 mm.rok⁻¹, čo predstavuje najvyššiu hodnotu od roku 2016. Vo vrte VČI-2 bol zaznamenaný ešte výraznejší nárast deformácie z 0,86 mm na 4,59 mm, pričom ide o druhú najvyššiu hodnotu počas celého monitorovaného obdobia. V oboch vrtoch boli namerané deformácie orientované v severovýchodnom smere, teda v smere predpokladaného svahového pohybu. Na základe výsledkov možno rok 2024 jednoznačne hodnotiť ako pohybovo aktívny, so zreteľnými znakmi reaktivizácie zosuvného pohybu.

Pri hodnotení výsledkov monitorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2 je možné konštatovať, že v porovnaní s rokom 2023 boli namerané výraznejšie zmeny – ročná amplitúda vzrástla z 0,28 m na 1,45 m. Maximálna hladina sa zvýšila zo 6,22 m na 5,65 m pod terénom, čo predstavuje vzostup o 0,57 m, zatiaľ čo minimálna hladina klesla na 7,10 m pod terénom, čo je najnižšia hodnota v celom období monitorovania. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2024 mierne vzrástla, a to o 0,21 m. Vrt VČHG-3 zostal, rovnako ako v predchádzajúcich obdobiach, počas všetkých meraní suchý, čo poukazuje na výraznejší pokles hladiny podzemnej vody v oblasti monitorovacieho vrtu.

Pri hodnotení účinnosti hĺbkového odvodnenia, ktoré významne ovplyvňuje stabilitu zosuvného územia, opakovane upozorňujeme, že nevhodne dimenzované potrubie odvádzajúce vodu do recipienta spôsobuje jej kumuláciu v zbernej šachte, čím dochádza k zníženiu účinnosti tohto sanačného opatrenia. V roku 2024 bolo možné vykonať len dve kontrolné merania, keďže v ostatnom období boli ústia odvodňovacích vrtov zatopené. Dlhodobé merania ukázali, že pri zvýšení prietoku na ústí vrtov dochádza k zaplaveniu zbernej šachty.

Ďalším nedostatkom, ktorý súvisí so samotným monitorovaním, je nízka frekvencia režimových pozorovaní. Súčasný interval meraní neumožňuje zachytiť krátkodobé zmeny ani detailne sledovať dynamiku celkového kolísania hĺbky hladiny podzemnej vody. Riešením je inštalácia automatických monitorovacích zariadení. Takýto systém by umožnil nepretržité sledovanie hladiny podzemnej vody, výdatnosti odvodňovacích vrtov (po vyriešení problémov z odtokom zo zbernej šachty) a poskytol by podrobnejšie a spoľahlivejšie údaje o vývoji dôležitých stabilitných faktorov.

V roku 2025 je plánované pokračovať v monitorovacích meraniach. Rozsah a frekvencia režimových pozorovaní a inklinometrických meraní budú zhodné s rokom 2024. Podobne, ako na ostatných lokalitách, je v roku 2025 plánovaná inštalácia automatických hladinomerov na kontinuálne sledovanie hladiny podzemnej vody, a to v súlade s návrhom zástupcov SGAPZ MŽP SR o ich zabezpečení.

1.4.11. 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 oblasti, kde zosuv priamo ohrozuje dva rodinné domy. Od roku 2016 boli monitorovacie merania založené výhradne na kontinuálnom sledovaní hladiny podzemnej vody v troch piezometrických vrtoch. Vzhľadom na zastaranosť monitorovacej inštrumentácie došlo v roku 2024 k prerušeniu monitorovania v dvoch z týchto 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 2023 a 2024

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2023 a 2024, sú zhrnuté v tab. 4.11.1.

Tab. 4.11.1. *Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Šenkvice v rokoch 2023 a 2024.*

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
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 2023 a 2024 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 odľučnou 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 vrtoch je na obr. 4.11.1). Počas hodnotených rokov 2023 a 2024 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke.

Z hľadiska validácie výsledkov monitorovacích meraní pomocou automatických hladinomerov sa v monitorovacích vrtoch v pravidelných intervaloch vykonávajú kontrolné merania hĺbky hladiny podzemnej vody. Kontrolné merania zo dňa 1. marca 2023 a 14. novembra 2025 (v čase zostavovania ročnej správy) poukázali na to, že automatické hladinomery inštalované vo vrtoch PVZS-2 a PVZS-3 zaznamenávajú hĺbky hladiny podzemnej vody nesprávne. Odchýlky vznikajúce počas prevádzky týchto prístrojov nie je možné jednoznačne definovať, a preto ani kompenzovať vzniknuté chyby.

Predpokladáme, že nesprávne hodnoty mohli v predchádzajúcom období súvisieť s deformáciou vystrojenia vrtu – vnútornej plastovej pažnice, ktorá vznikla v dôsledku svahového pohybu zosuvného telesa. Sondy hladinomerov umiestnené vo vrtoch pod hladinou podzemnej vody boli týmto pohybom postupne „vyťahované“ z hĺbky pôvodnej inštalácie. Táto skutočnosť sa prejavovala ako zdanlivý zostup hladiny podzemnej vody, teda pokles výšky vodného stĺpca nad meracou sondou.

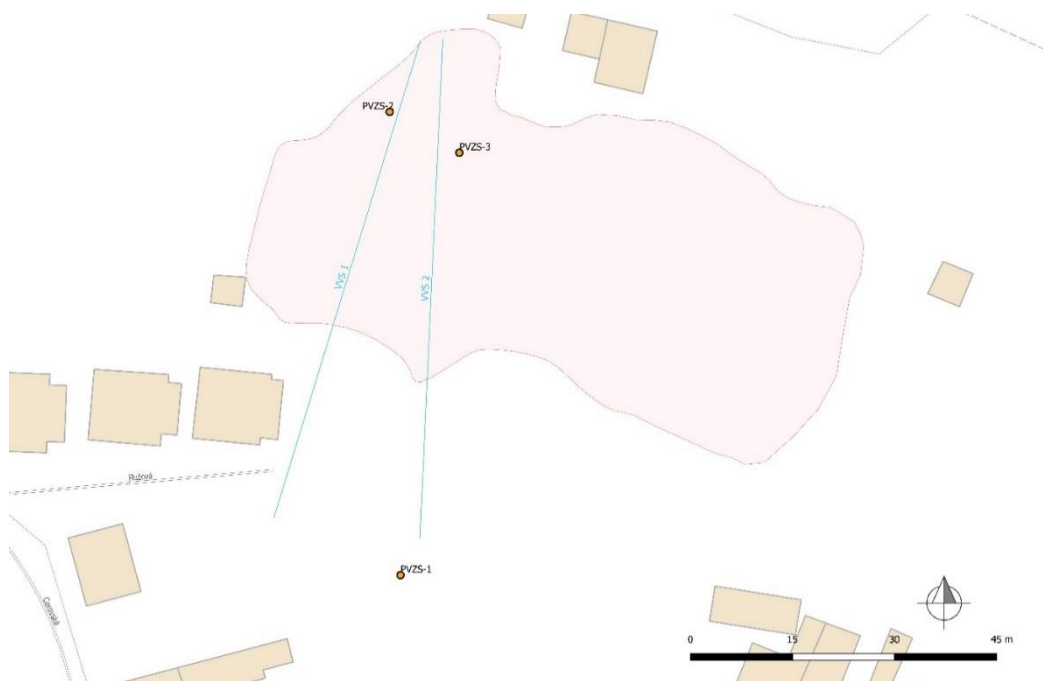
V súčasnosti však predpokladáme, že problém nepresnosti merania súvisí so zablokovaním kapiláry slúžiacej na kompenzáciu tlaku vzduchu. Absencia tejto fyzikálnej veličiny spôsobuje pri hysteréznej krivke odklon, ktorý sa postupne prejavuje narastajúcou odchýlkou od skutočnej hladiny podzemnej vody. V prípade úplného „ustrihnutia“ vrtov sa navyše mohol v prostredí vytvoriť samostatný zvodnený horizont, ktorý už priamo nekomunikuje s meracou sondou umiestnenou v nižšej časti vrtu.

Pri kontrolnom meraní hĺbky vrtov bolo možné ručnou sondou preniknúť len po šmykovú plochu, ktorá vo vrte PZSV-2 dosahuje hĺbku 5,40 m pod terénom a vo vrte PZSV-3 hĺbku 5,13 m pod terénom.

Z uvedených dôvodov boli merania vo vrtoch PVZS-2 a PVZS-3 prerušené a v nasledujúcej časti sa venujeme výhradne údajom nameraným vo vrte PZSV-1.

Tab. 4.11.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice v roku 2023.

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	8 760	10,53	154,62	31. 12. 2023	11,72	153,43	22. 10. 2023	11,28	153,87	1,19



Obr. 4.11.1. Lokalita Šenkvice – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrt s automatickými hladinomerami, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2023 mali zmeny hladiny podzemnej vody monitorované vo vrte PZSV-1 sínusoidný priebeh. Maximálna hladina podzemnej vody bola však nameraná na konci hodnoteného roka, a to v hĺbke 10,53 m pod terénom (154,62 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,53 m. Dosiahnutiu maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody predchádzal vzostup, ktorý sa začal formovať v jesenných mesiacoch po nameraní minimálnej hladiny podzemnej vody.

Prvý vzostup hladiny podzemnej vody bol pozorovaný od začiatku januára do druhej polovice mája. Najvyššia hladina v uvedenom období dosiahla 10,93 m pod terénom (23. máj). Následne, po dosiahnutí čiastkovom maximálnom stave až do 22. októbra, hladina vo vrte klesala. Minimálna úroveň bola zaznamenaná v hĺbke 11,72 m pod terénom. V nasledujúcom období až do konca roka bol pozorovaný spomenutý vzostup hladiny podzemnej vody.

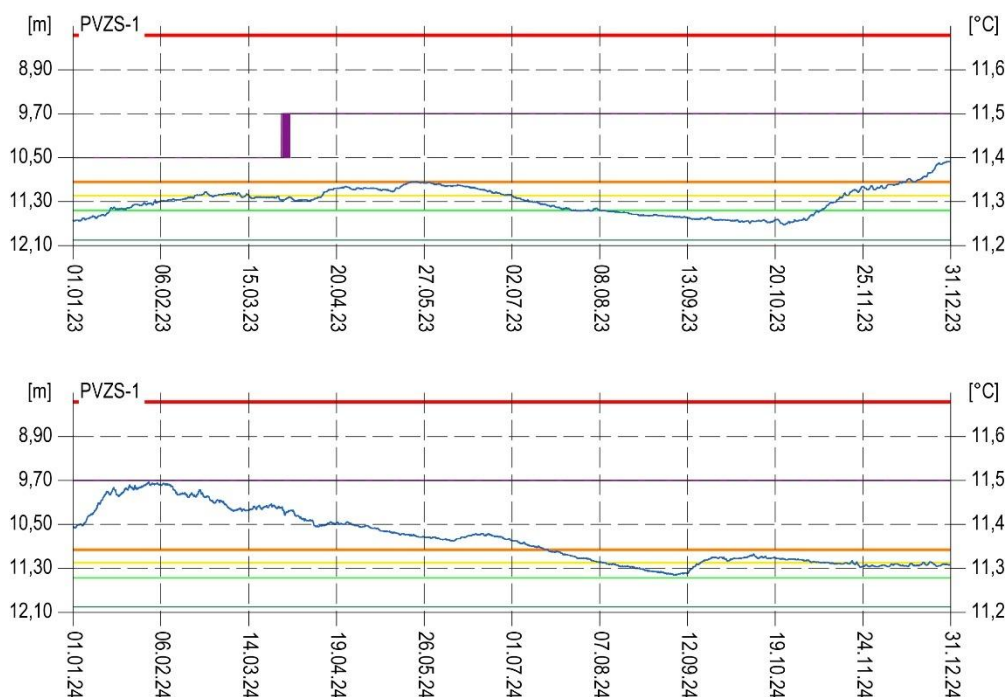
Prejavy zrážkovej činnosti v zostupnej fáze hladiny podzemnej vody sa prejavovali len minimálne. V tejto súvislosti treba uviesť, že daný stav je výsledkom hĺbkového odvodnenia, ktoré bolo na lokalite budované postupne od roku 2011. Najväčší účinok má drenážno-stabilizačné rebro, ktoré relatívne efektívne eliminuje intenzívne vzostupy hladiny podzemnej vody, súvisiace s nepriaznivými klimatickými pomermi.

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2023 dosiahla 11,28 m pod terénom (153,87 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2022 vzostup o 0,23 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,19 m. V porovnaní s rokom 2022 sa táto hodnota mierne zvýšila. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 10,08 m pod terénom, 2. kvartil 11,27 m pod terénom a 3. kvartil 11,51 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody vykazovala len veľmi malé zmeny. V roku 2023 sa nachádzala v intervale 11,4 – 11,5 °C.

Tab. 4.11.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice v roku 2024.

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	8 784	9,73	155,42	1. 2. 2024	11,42	153,73	6. 9. 2024	10,76	154,39	1,69



Obr. 4.11.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom vo vrte PVZS-1 na lokalite Šenkvice v rokoch 2023 a 2024 spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO; pre graf za rok 2023 bolo RO od apríla 2012 do decembra 2022; pre graf za rok 2024 bolo RO od apríla 2012 do decembra 2023); modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os), červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Vývoj hladiny podzemnej vody vo vrte PVZS-1 počas roku 2024 možno rozdeliť na tri obdobia, ktoré sa od seba líšia trendom jej kolísania.

V januári bol zaznamenaný pomerne výrazný vzostup hladiny podzemnej vody. Maximálny mesačný vzostup dosiahol 0,81 m, pričom najväčšia hodinová vzostupná zmena bola 0,03 m a najväčší hodinový pokles 0,02 m. Denné (24-hodinové) zmeny, vzostupy aj poklesy, dosahovali hodnotu 0,18 m. Súčet vzostupných hodinových zmien predstavoval 1,72 m, zatiaľ čo súčet poklesov len 0,94 m, čo potvrdzuje celkový vzostupný trend hladiny.

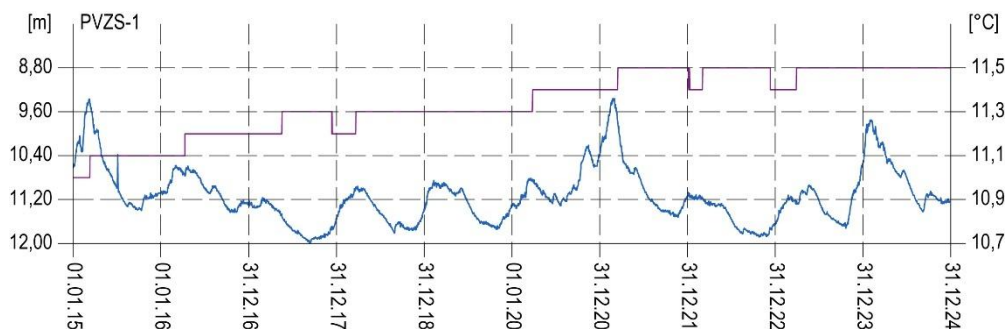
V období od 1. februára do 6. septembra bol pozorovaný dlhodobý, pozvoľný pokles hladiny podzemnej vody. Maximálne hodinové vzostupy dosahovali 0,02 m a najväčšie hodinové poklesy 0,03 m. Súčet zostupných hodinových zmien dosiahol 7,23 m, zatiaľ čo vzostupné zmeny predstavovali 5,75 m, čo poukazuje na pretrvávajúci klesajúci trend hladiny podzemnej vody.

Od 7. septembra do konca roka nepresiahli hodinové zmeny hĺbky hladiny hodnotu 0,01 m. Mierne prevládali vzostupné zmeny (prejavujúce sa prevažne na začiatku obdobia) nad zostupnými – 1,75 m oproti 1,57 m, čo v závere roka naznačuje slabý vzostupný trend.

Ako už bolo naznačené, maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná 1. februára v hĺbke 9,73 m pod terénom (155,42 m n. m.). Naopak, minimálna hladina bola zaznamenaná 6. septembra v hĺbke 11,42 m pod terénom (153,73 m n. m.). Priemerná hodnota hĺbky hladiny v roku 2024 dosiahla 10,76 m pod terénom (154,39 m n. m.), čo v porovnaní s predchádzajúcim rokom predstavuje vzostup o 0,52 m.

Celková ročná amplitúda kolísania hladiny v roku 2024 dosiahla 1,69 m. Maximálna denná vzostupná zmena bola 0,12 m, zatiaľ čo maximálna denná zostupná zmena 0,14 m. Priemerné denné kolísanie bolo na úrovni 0,002 m.

Teplota podzemnej vody mala v roku 2024 mimoriadne ustálený priebeh a počas celého roka sa držala na úrovni 11,5 °C.



Obr. 4.11.5. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody v rokoch 2015 až 2024, zaznamenané automatickým hladinomerom vo vrte PVZS-1 na lokalite Šenkvice. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os), fialová línia – teplota podzemnej vody (pravá os).

Z dlhodobého hľadiska (obr. 4.11.5) možno konštatovať, že na zmene hladiny podzemnej vody vo vrte PVZS-1 sa výraznejšie prejavujú zimné a jarné zrážky, a to najmä v rokoch 2015, 2020 a tiež v aktuálne hodnotenom roku 2024. Relatívne malé amplitúdy kolísania boli pozorované v rokoch 2016 až 2019. V rokoch 2020 a 2021 bol po dlhšom období zaznamenaný opätovný vzostup hladiny podzemnej vody. V rokoch 2022 a 2023 sa vývoj hladiny stabilizoval a v roku 2024 bol, naopak, zaznamenaný výraznejší vzostup.

Dlhodobý celkový pokles hladiny súvisel s realizáciou drenážno-stabilizačného rebra v roku 2015. Krátkodobý vzostup hladiny v rokoch 2020/2021 možno pripísať obmedzenému prietoku v odvodňovacom potrubí, spôsobenému nelegálnym napojením splaškovej kanalizácie. Celkovo však možno konštatovať, že vďaka sanačnému opatreniu boli dlhodobo dosahované podstatne nižšie úrovne hladiny podzemnej vody než pred jeho realizáciou. 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 indikativom 18060. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2022 predstavuje 703,38 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 093,7 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 58,6 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 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 899,9 mm, čo zodpovedá 127,94 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. V roku 2023 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas decembra (130,1 mm) a najvyšší denný úhrn 23. decembra (33,8 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 18,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 20. októbra do 19. novembra (165,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 14. júna do 14. júla) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 7,3 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 8 dní (od 4. do 11. júna) s úhrnom 33,3 mm.

V priebehu roka 2024 bol na meteorologickej stanici SHMÚ Modra zaznamenaný celkový zrážkový úhrn 641,0 mm, čo predstavuje 91,13 % z dlhodobého priemeru. Z hľadiska hodnotenia množstva zrážok ide o zrážkovo normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v septembri, keď spadlo 138,6 mm zrážok. Najintenzívnejšie jednodňové zrážky sa vyskytli 14. septembra – počas tohto dňa napršalo 33,2 mm. Naopak, najmenej zrážok priniesol júl, kedy bolo zaznamenaných 26,0 mm. Najvyšší tridsaťdňový úhrn zrážok bol zaznamenaný v období od 8. septembra do 8. októbra, keď spadlo spolu 166,2 mm. Najsuchšie tridsaťdňové obdobie trvalo od 14. októbra do 13. novembra, počas ktorého bol úhrn len 1,5 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie trvalo 6 po sebe nasledujúcich dní, a to od 11. do 16. septembra. Počas tohto obdobia spadlo spolu 104,3 mm zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Šenkvice boli monitorovacie aktivity dlhodobo zabezpečované formou kontinuálnych režimových pozorovaní v troch piezometrických vrtoch. V roku 2024 pokračovalo monitorovanie hladiny podzemnej vody, avšak merania bolo možné vyhodnocovať len z vrtu PVZS-1, pretože vo vrtoch PVZS-2 a PVZS-3 sa preukázala opakovane nepresnosť nameraných údajov. Kontrolné merania potvrdili výrazné odchýlky od skutočnej hladiny. Predpokladáme, že vzniknuté chyby súvisia s deformáciami vystrojenia vrtov v dôsledku svahového pohybu alebo pravdepodobného zablokovania kapilár slúžiacich na kompenzáciu tlaku vzduchu. Keďže tieto chyby nie je možné odstrániť ani kompenzovať, merania v oboch vrtoch boli ukončené.

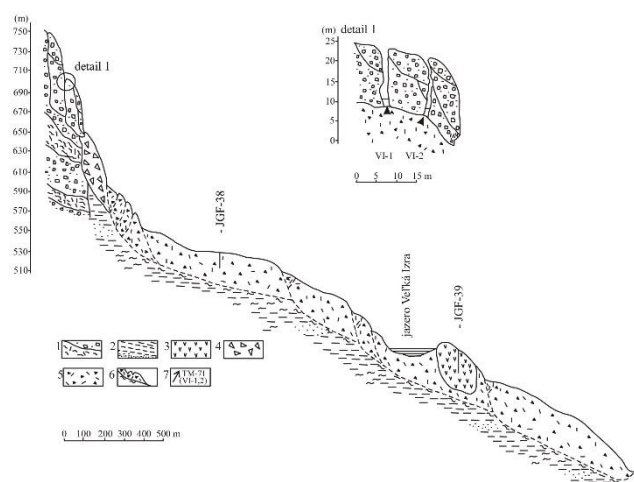
Na základe údajov z jediného funkčného vrtu PVZS-1 možno konštatovať, že priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2024 v porovnaní s predchádzajúcim rokom zaznamenala vzostup o 0,52 m, pričom maximálna hladina bola vyššia a minimálna nižšia ako v predchádzajúcom roku; táto skutočnosť sa prejavila nárastom ročnej amplitúdy a dosiahla hodnotu 1,69 m. Výsledky režimových meraní poukazujú na vyššiu dynamiku kolísania hladiny podzemnej vody ako v predošlom roku, avšak vďaka vybudovanému hĺbkovému odvodneniu sú do určitej miery kompenzované.

V roku 2025 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach formou kontinuálnych, ako aj kontrolných etapových meraní, ktoré sú nevyhnutné pre validáciu výsledkov z automatických hladinomerov. Rovnako plánujeme pokračovať aj v analýze a vyhodnotení klimatických ukazovateľov nameraných na stanici SHMÚ Modra.

1.4.12. 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. 4.12.1), 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. Vzhľadom na zničenie prístroja VI-2 spadnutým balvanom a jeho technicky neuskutočniteľnú obnovu boli merania pohybu spodného bloku koncom roka 2008 ukončené.



Obr. 4.12.1. 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 2023 a 2024 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Veľká Izra sa v jednotlivých rokoch 2023 a 2024 uskutočnili štyri odčítania hodnôt deformácií zaznamenaných prístrojmi TM-71 (tab. 4.12.1). Aj v roku 2024 pokračoval zber údajov o zrážkach zo stanice SHMÚ Slanská Huta.

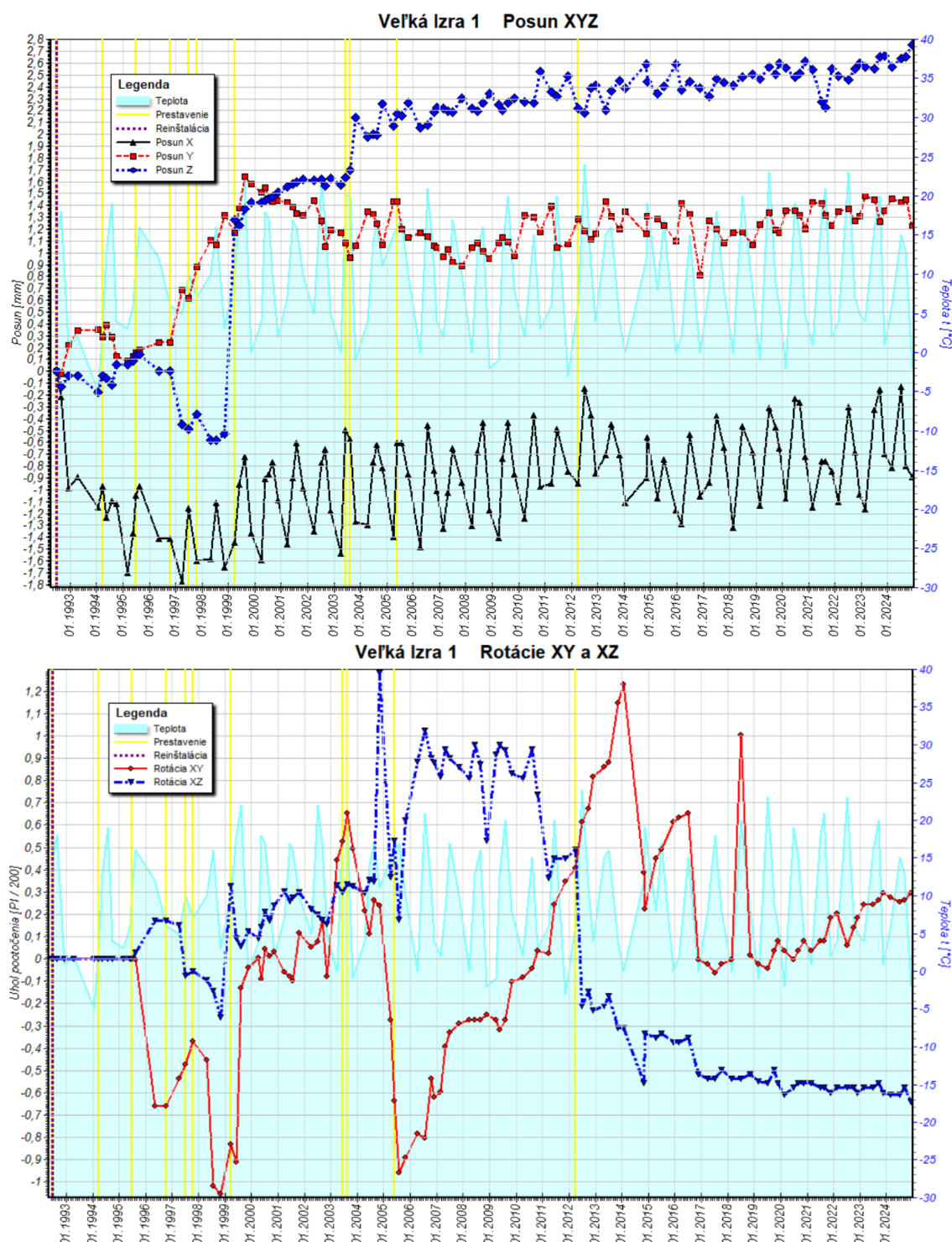
Tab. 4.12.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Izra v rokoch 2023 a 2024

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	VI-1 (horný)	2023 – 4x 21. február, 3. júl, 13. september, 21. november
			2024 – 4x 27. február, 2. júl, 11. september, 03. december

a) Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2023 a 2024 (obr. 4.12.2) preukázali stagnáciu pohybu vo všetkých troch meraných smeroch: X (rozširovanie trhliny), Y (šmykový posun pozdĺž trhliny) a Z (pokles bloku voči masívu). Celkové hodnoty posunov v uvedených smeroch (X, Y, Z) dosiahli na konci roka 2024 0,892 mm, 1,226 mm a 2,756 mm. Priemerné rýchlosti posunov (X, Y, Z) za 31,5 roka meraní dosahujú hodnoty 0,028 mm.rok⁻¹, 0,039 mm.rok⁻¹

a $0,087 \text{ mm.rok}^{-1}$. Výrazné oscilácie predovšetkým v smere osi X odrážajú výkyvy teploty v priebehu jednotlivých ročných období. Rotácie v rovinách XY a XZ nie sú významné. Vo vodorovnej rovine (XY) sa pohyb nepatrne znížil a koncom roka 2024 dosiahol hodnotu $0,264 \text{ gr.}$, vo vertikálnej (XZ) $0,578 \text{ gr.}$



Obr. 4.12.2. 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 $\pi/200$ grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

b) Merania zrážkových úhrnov

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160) v roku 2023 dosiahol 967,5 mm. Mesačný priemer bol 80,6 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 134,0 mm (november) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 13,9 mm (február). V roku 2024 medziročne klesol zrážkový úhrn o 235,3 mm a dosiahol 732,2 mm. Podobne klesol aj mesačný priemer, a to na úroveň 61,0 mm (medziročný zostup o 19,6 mm). Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v júni s hodnotou 151,9 mm. Najnižší mesačný úhrn 17,2 mm bol nameraný v decembri.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

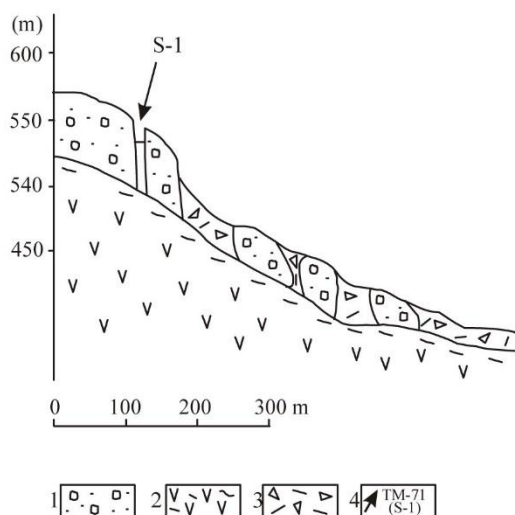
Výsledky doterajších meraní potvrdzujú trend dlhodobého pozvoľného poklesávania vrchného monitorovaného bloku voči masívu (celkovo 2,756 mm), veľmi pomalý dlhodobý rast šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny v rozmedzí cca 0,11 – 1 mm.

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 minimálne 4-krát ročne.

1.4.13. 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. 4.13.1). Vzhľadom na minimálnu pohybovú aktivitu bol prístroj S-2 začiatkom roku 2004 natrvalo odstránený.



Obr. 4.13.1. 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 zbreciovatý, 3 – balvanité a úlomkovito-ílovité svahové sedimenty (sute), 4 – lokalizácia dilatometra TM-71 (S-1).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024 a ich celkové zhodnotenie

Hodnoty posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 boli v roku 2023 odčítané štyrikrát (tab. 4.13.1). V roku 2024 bola však zistená deštrukcia prístroja spôsobená náhlým pohybom, ktorý presahoval merateľný rozsah zariadenia. Konzoly boli natoľko vyosené, že prístroj nebolo možné zrekonštruovať; z tohto dôvodu boli merania prístrojom TM-71 na lokalite Sokol v roku 2024 ukončené. V roku 2024 pokračoval iba zber údajov zo zrážkomernej stanice SHMÚ Dargov.

Tab. 4.13.1 Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Sokol v rokoch 2023 a 2024.

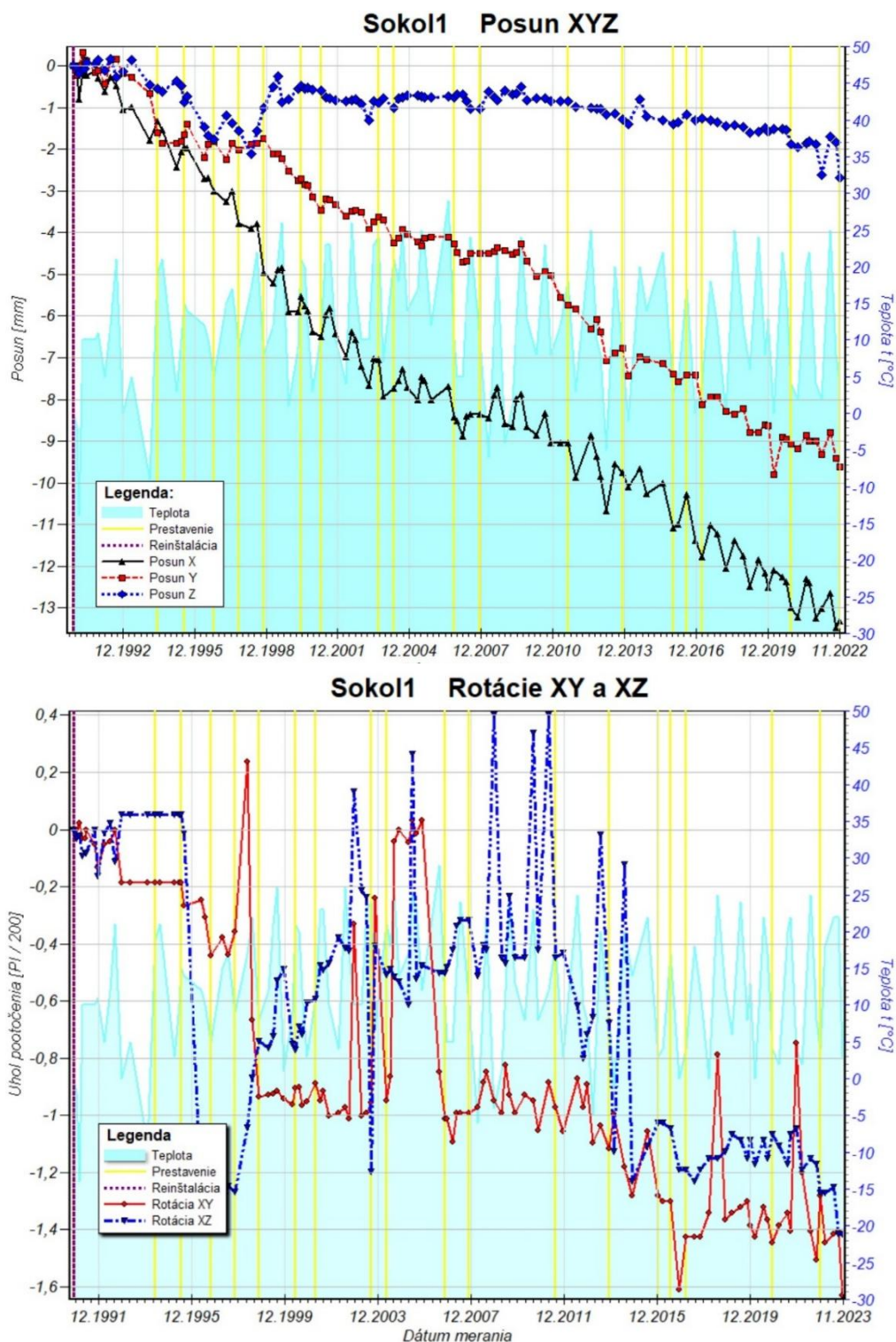
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	S-1	2023 – 4x
			21. február, 3. júl, 13. september, 21. november
			2024 – 0x
			27. február – zistená deštrukcia prístroja

* – prestavenie prístroja

a) Meranie deformácií dilatometrom

V roku 2023 pokračoval nárast pohybu monitorovaného skalného bloku voči masívu (obr. 4.13.2). Merania potvrdili posuny vo všetkých troch smeroch (X, Y, Z). Otvorenie trhliny

(X) vzrástlo o 0,834 mm na celkových 14,137 mm. Šmykový posun pozdĺž trhliny (Y) sa zmenšil o 0,513 mm na celkových 9,101 mm. V smere osi Z (pokles bloku voči masívu) bolo zaznamenané zmenšenie posun z predošlého roku (posun 0,305 mm). Celkový pokles za 32 rokov dosiahol hodnotu 2,373 mm. Rotácie bloku v oboch rovinách, vodorovnej XY a vertikálnej XZ, nepresiahli 1,7 gr.



Obr. 4.13.2. 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.

V roku 2024 bola počas pravidelného zimného kontrolného merania zistená deformácia – pohyb monitorovaného skalného bloku, ktorý spôsobil nevratné poškodenie meracieho prístroja TM-71. Konzoly, na ktorých bolo monitorovacie zariadenie osadené, boli výrazne vyosené, čo naznačuje relatívne masívny pohyb monitorovaného skalného bloku. Z uvedeného dôvodu boli merania na lokalite Sokol ukončené.

b) Merania zrážkových úhrnov

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Dargov (indikatív 50040) v roku 2023 dosiahol 873,9 mm. Mesačný priemer bol 72,8 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 130,6 mm (november) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 15,5 mm (február). V roku 2024 klesol zrážkový úhrn o 289,5 mm a dosiahol 584,4 mm. Podobne klesol aj mesačný priemer, a to na úroveň 48,7 mm (medziročný zostup o 24,1 mm). Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v júli s hodnotou 114,0 mm. Najnižší mesačný úhrn 18,6 mm bol nameraný počas decembra.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Najvýznamnejšie posuny v predchádzajúcich rokoch boli zaznamenané v smere osi *X* (otváranie trhliny) a v smere osi *Y* (šmykový posun pozdĺž trhliny). Kým v roku 2022 bolo zaznamenané otváranie trhliny len o 0,055 mm, v roku 2023 tento pohyb narástol až na 0,834 mm. V prípade osí *Y* a *Z* došlo naopak – k zápornému pohybu. Priemerná rýchlosť posunov v smere osí *X*, *Y* a *Z* za celé monitorovacie obdobie (33 rokov) je 0,428 mm.rok⁻¹, 0,276 mm.rok⁻¹ a 0,072 mm.rok⁻¹.

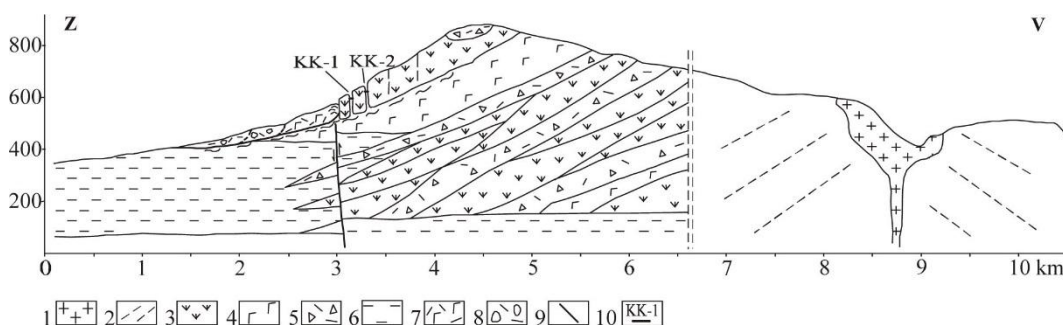
Dlhodobý monitoring na lokalite Sokol poukázal na posuny monitorovaného skalného bloku vo všetkých troch smeroch. Po poslednej deformácii, ktorá znemožnila ďalšie monitorovacie merania, možno konštatovať, že hrozba odtrhnutia bloku od masívu je do budúcnosti reálna.

Vďaka pravidelnému, 33-ročnému monitorovaniu bolo možné získať detailný obraz o pomalom plazivom pohybe skalného bloku.

1.4.14. 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. 4.14.1).



Obr. 4.14.1. 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 2023 a 2024 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite KK-1 sa v roku 2024 vykonali 4 odčítania. V roku 2023 bolo na lokalite KK-1 vykonaných 5 odčítaní. Na lokalite KK-2 nebolo možné v roku 2023 vzhľadom na poškodenie prístroja vykonať ani prvé odčítanie. Prístroj KK-1 bol v roku 2024 prestavený v decembri (tab. 4.14.1). V rokoch 2023 a 2024 pokračoval zber údajov zo zrážkomernej stanice Herľany.

Tab. 4.14.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košický Klečenov v rokoch 2023 a 2024.

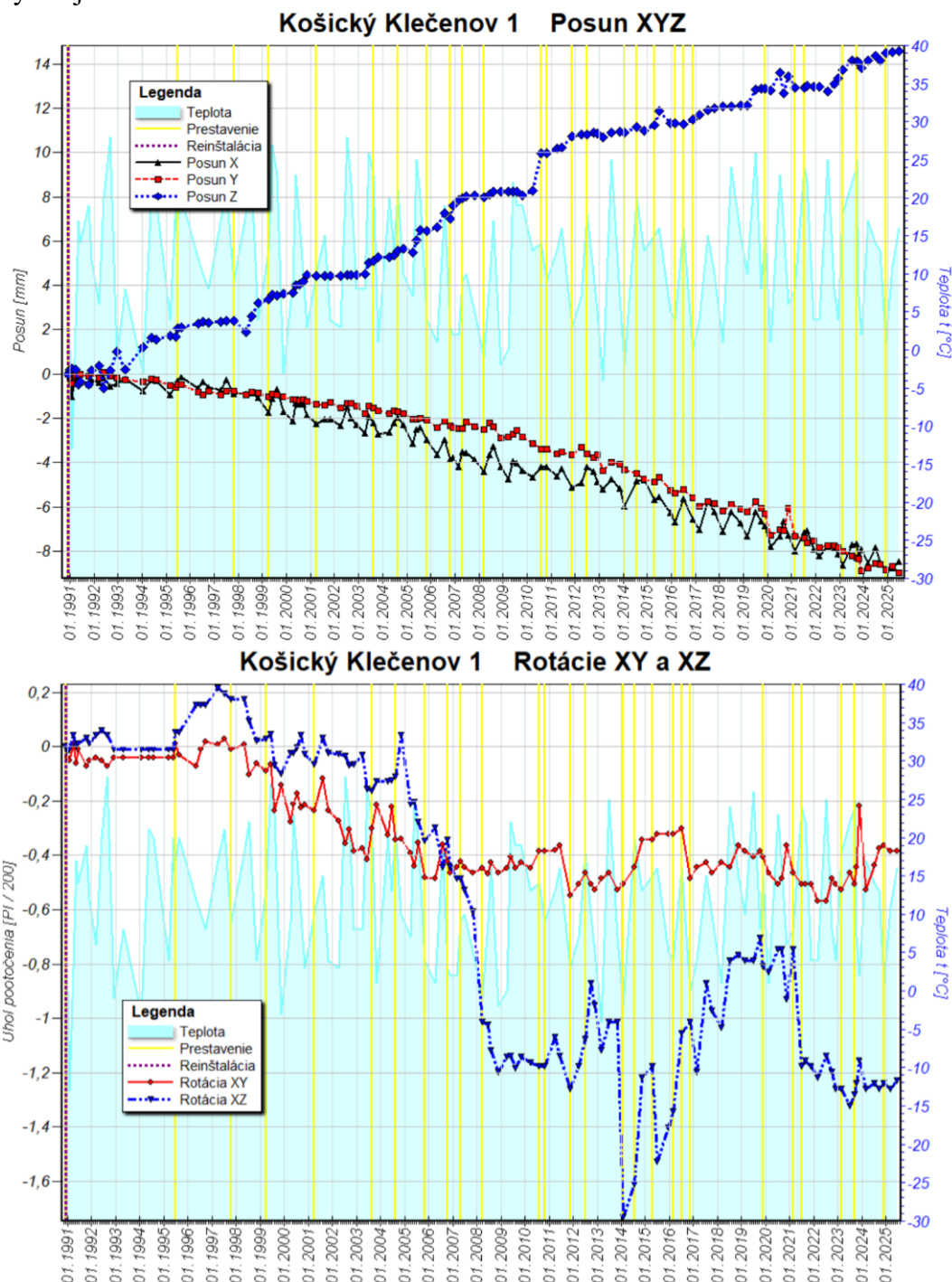
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	2	KK-1 (dolný)	2023 – 5x 21. február*, 3. júl, 13. september*, 11. október, 21. november
			2024 – 4x 27. február, 2. júl, 11. september, 03. december*
		KK-2 (horný)	2023 – 0x (21. február – zistená deštrukcia prístroja)

* – prestavenie prístroja

a) Meranie deformácií dilatometrami

V roku 2024 prístroj KK-1 (dolný) preukázal pokračujúci trend pohybu spodného (okrajového) bloku v smere všetkých troch osí, avšak s rozdielnou intenzitou (obr. 4.14.2). Prejavilo sa najmä rozširovanie trhliny (os X) a šmykový pohyb blokov pozdĺž trhliny (os Y). Rozšírenie trhliny v roku 2023 kleslo o 0,191 mm, pričom v roku 2024 vzrástlo o 0,902 mm. Celkové rozšírenie trhliny za 34 rokov predstavuje 8,827 mm. Pohyb pozdĺž trhliny (os Y) v roku 2023 vzrástol o 1,062 mm a v roku 2024 o klesol o 0,027 mm (celkový pohyb dosiahol 8,861 mm). V roku 2023 pokles spodného bloku voči hornému vzrástol o 0,457 mm, v roku 2024 vzrástol o 0,678 mm (na celkových 14,486 mm).

Merania prístrojom KK-2 (horný) boli začiatkom roka 2023 ukončené, a to z dôvodu jeho deštrukcie. Celkové rozšírenie trhliny za viac než 27 rokov dosiahlo 0,124 mm. Šmykový posun (os Y) predstavoval výslednú deformáciu 4,567 mm a pokles (os Z) dosiahol 14,238 mm, pri priemernej rýchlosti $0,527 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$. V porovnaní so spodným blokom klesal horný blok rýchlejšie.



Obr. 4.14.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košícký 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) preukazovali kontinuálny vertikálny pohyb voči sebe i voči masívu (obr. 4.14.2 a 4.14.3). 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, to znamená za 34 (KK-1), resp. 27 rokov (KK-2). Spodný blok vykazuje veľmi slabú rotáciu vo vertikálnej rovine (v smere S-J), horný blok v horizontálnej rovine (XY).

b) Merania zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Herľany (indikatív 60060) v roku 2023 predstavoval hodnotu 837,4 mm. Mesačný priemer bol 69,8 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 115,0 mm (november) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 12,3 mm (február).

V roku 2024 medziročne klesol zrážkový úhrn o 245,4 mm a dosiahol 592,0 mm. Podobne klesol aj mesačný priemer, a to na úroveň 49,3 mm (medziročný zostup o 20,5 mm). Maximálny mesačný úhrn bol zaznamenaný v júni s hodnotou 104,8 mm. Najnižší mesačný úhrn 17,9 mm bol nameraný v decembri.

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. Pokiaľ otváranie trhliny medzi oboma blokmi je výrazné a pretrvávajúce (KK-1, celkovo 8,827 mm), horná trhlina (medzi horným blokom a masívom) sa dlhodobo nemení, t. j. neotvára. Priemerné rýchlosti pohybu v smere jednotlivých osí za celé monitorovacie obdobie sú v prípade KK-1 – $0,260 \text{ mm.rok}^{-1}$ (X), $0,260 \text{ mm.rok}^{-1}$ (Y), $0,426 \text{ mm.rok}^{-1}$ (Z) a v prípade KK-2 – $0,005 \text{ mm.rok}^{-1}$ (X), $0,169 \text{ mm.rok}^{-1}$ (Y) a $0,527 \text{ mm.rok}^{-1}$ (Z; do roku 2023 kedy došlo k deštrukcii monitorovacieho prístroja).

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.

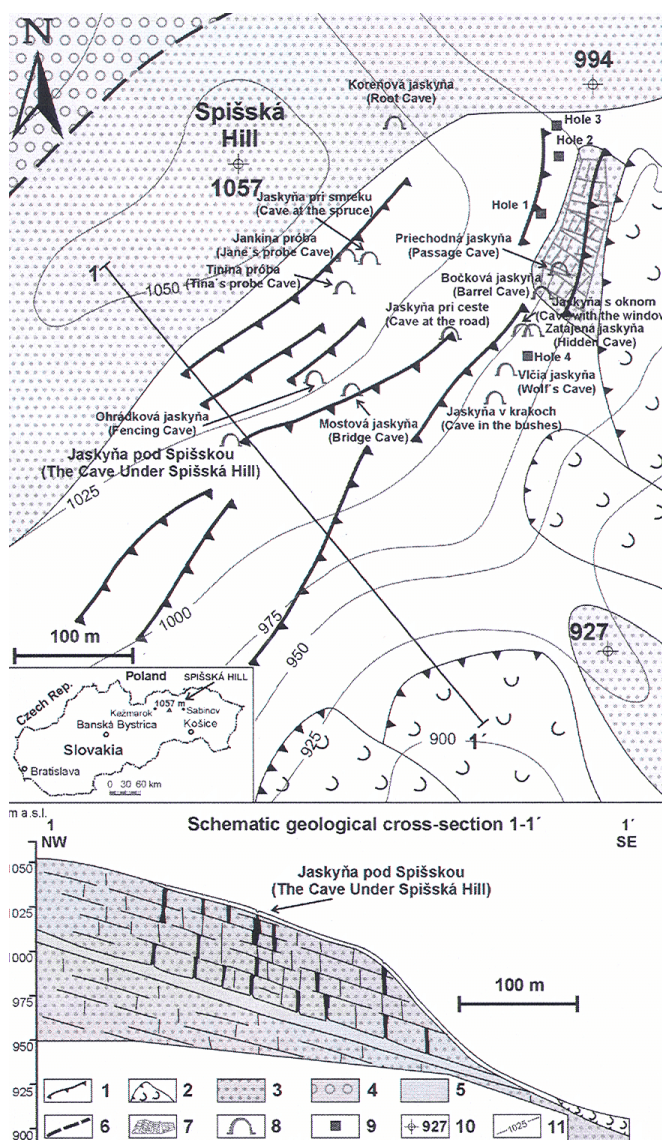
Merania v nasledujúcom období (vykonávané aspoň 4-krát ročne) môžu prispieť spolu s ďalšími poznatkami, získanými štúdiom neotektonickej aktivity širšieho okolia lokality a niektorými geodetickými meraniami k objasneniu recentného vývoja územia a dotvárania jeho reliéfu.

1.4.15. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou

Stručná charakteristika lokality

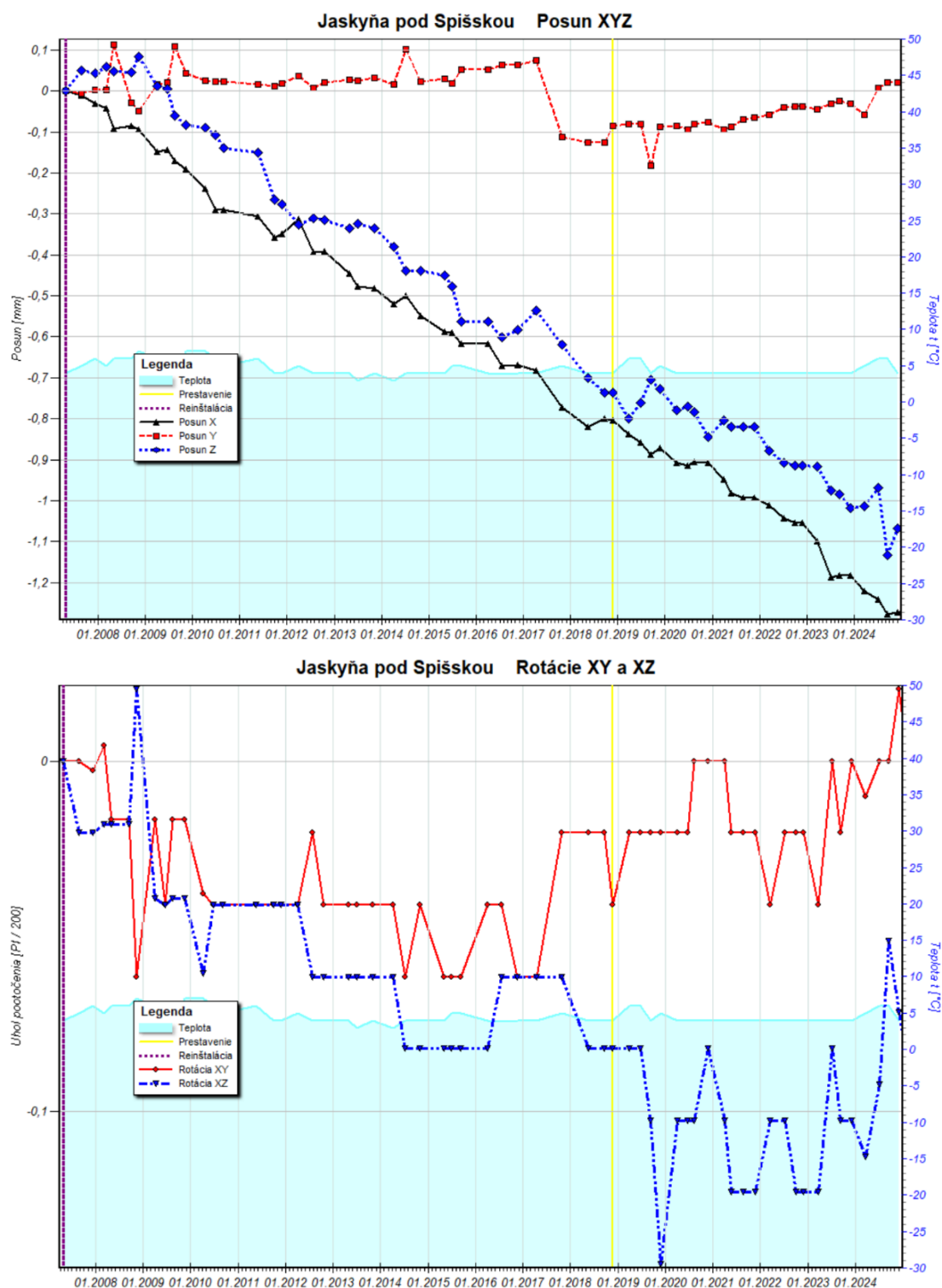
Lokalita je situovaná na severovýchodnom okraji Levočských vrchov, severo-severovýchodne od obce Brutovce, asi 300 m južne od kóty Spišská (1056,5 m n. m.) v nadmorskej výške 1 022 m n. m.

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



Obr. 4.15.1. 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 Torysy na S od kóty Spišská), v ktorej sa uvažuje s výstavbou vodného diela. Poznanie mechanizmu a charakteru pohybu blokov môže poskytnúť cenné informácie pri návrhu protizosuvných opatrení v prípade realizácie vodnej nádrže.



Obr. 4.15.2. 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 $\pi/200$ gradov).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Jaskyňa pod Spišskou sa v roku 2023 aj roku 2024 vykonali štyri odčítania hodnôt posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 (tab. 4.15.1). V rokoch 2023 a 2024 pokračovalo preberanie údajov o mesačných úhrnoch zrážok zo stanice SHMÚ Brezovica nad Torysou.

Tab. 4.15.1. Prehľad monitorovacích aktivít uskutočnených na lokalite Jaskyňa p. Spišskou v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	JS-1	2023 – 4x (22. marec, 6. júl, 12. september, 5. december)
			2024 – 4x (22. marec, 3. júl, 12. september, 4. december)

a) Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2023 aj 2024 preukázali doterajší výrazný trend pohybu v smere osi X (otváranie trhliny) aj v smere osi Z (pokles bloku). Otvorenie trhliny v roku 2023 vzrástlo o 0,131 mm a v roku 2024 o 0,090 mm na celkových 1,274 mm. Za 17,5 roka meraní sa trhlina rozširuje priemernou rýchlosťou 0,069 mm.rok⁻¹. Pokles bloku v roku 2023 narástol o 0,104 mm a v roku 2024 o 0,050 mm. Celkový pokles od roku 2007 dosiahol 1,068 mm. Priemerná rýchlosť poklesávania bloku je 0,058 mm.rok⁻¹. Doterajší šmykový pohyb (os Y) dlhodobý (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 0,093 mm. Od marca 2021 do konca roka 2024 pohyb narástol na hodnotu 0,021 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 2023 hodnotu 808,4 mm. Mesačný priemer bol 67,4 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 120,3 mm (júl) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 22,6 mm (február).

V roku 2024 klesol zrážkový úhrn o 96,8 mm a dosiahol 711,6 mm. Podobne klesol aj mesačný priemer, a to na úroveň 59,3 mm (medziročný zostup o 8,1 mm). Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v júni s hodnotou 154,4 mm. Najnižší mesačný úhrn 15,3 mm bol nameraný počas decembra.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Merania za celú dobu monitorovania (17,5 roka) preukazujú pokračujúci trend pomalého poklesávania monitorovaného bloku a rozširovania trhliny. Celkové otvorenie trhliny už prekročilo 1,1 mm, celkový pokles bloku hodnotu 1 mm. Hlavnou príčinou takéhoto 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).

1.4.16. 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. 4.16.1), 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. 4.16.1. Situovanie meradla mikromorfologických zmien povrchu horniny na skalnej stene oproti katastrofálnemu handlovskému zosuvu (lokalita Handlová-Baňa).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024

V rokoch 2023 a 2024 bolo na lokalite realizované jedno meranie mikromorfologických zmien. Prehľad termínov meraní za uvedené dva roky je v tab. 4.16.1.

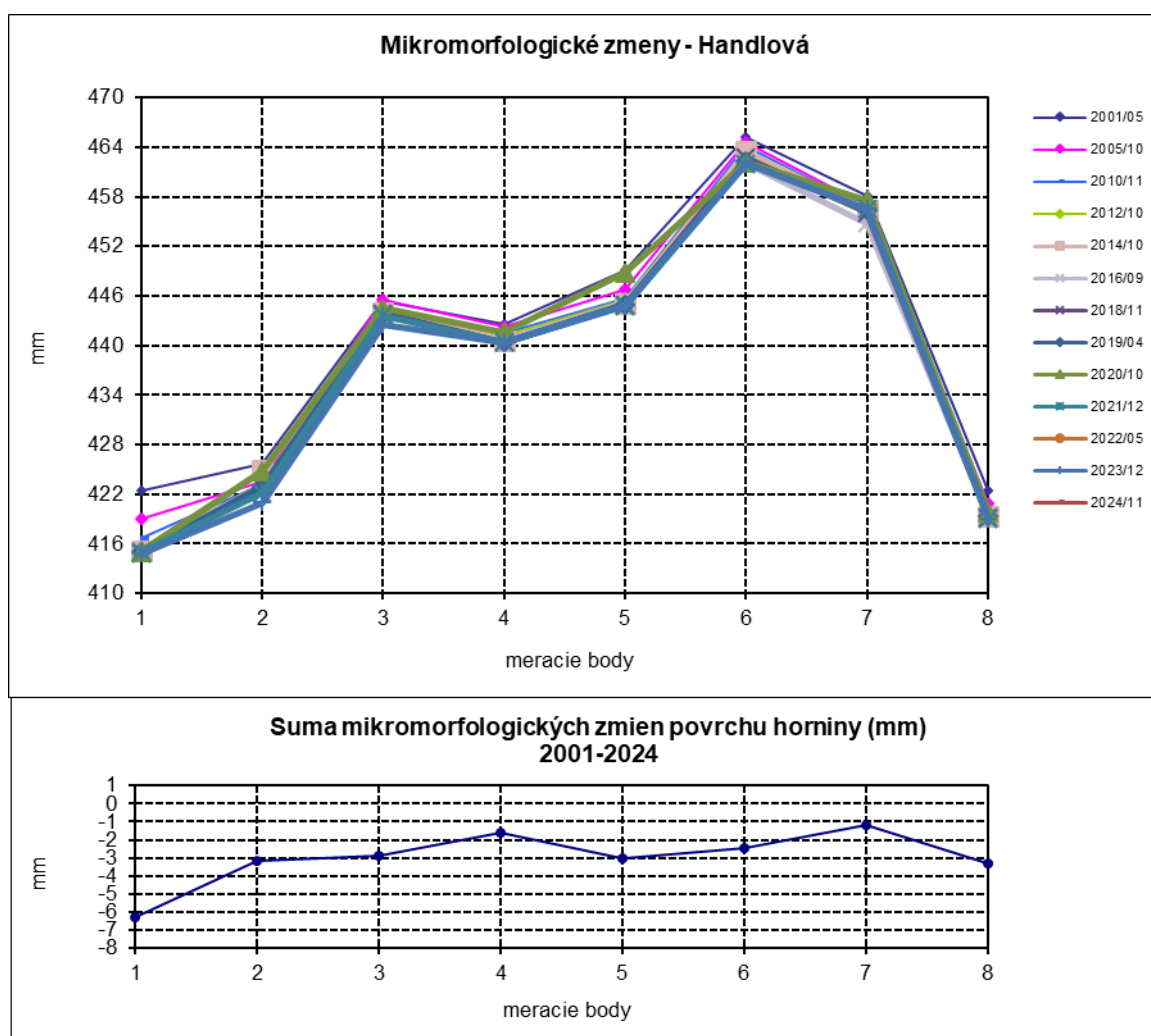
Tab. 4.16.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Baňa v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	8	1 Stanovište MZ	1 (28. december)	1 (18. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

a) Merania mikromorfologických zmien

Merania boli v roku 2023 realizované 28. decembra a 18. novembra v roku 2024. 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 $-0,74$ mm za 11 mesiacov, s minimálnou hodnotou $+0,04$ mm (bod 3) a s maximálnou hodnotou úbytku $-1,54$ mm v bode 2 (obr. 4.16.2). Priemerný ústup masívu za celé monitorované obdobie (23 rokov) predstavuje $-3,00$ mm; priemerný ročný ústup masívu je $-0,16$ mm. Z obr. 4.16.2 vyplýva, že v rámci celého sledovaného profilu je ústup masívu relatívne rovnomerný v rozpätí $<-1,18$ mm až $-3,34$ mm>; iba v bode 1 dosiahol ústup masívu hodnotu $-6,32$ mm.



Obr. 4.16.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2001 – 2024) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Handlová-Baňa (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 2001 – 2024).

b) Merania zrážkových úhrnov

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

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

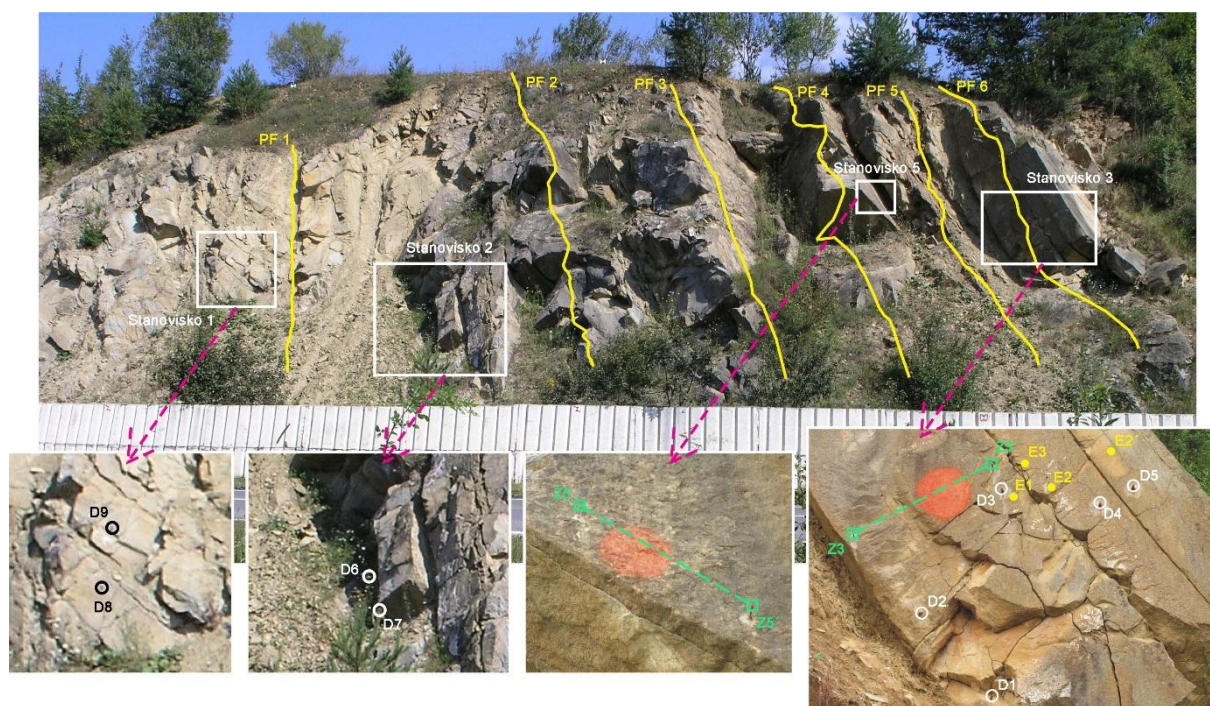
V roku 2024 v porovnaní s rokom 2023 došlo vplyvom špecifických klimatických podmienok k relatívne významnej zmene správania masívu, t. j. k úbytku horninového masívu -0,74 mm. Aj keď uvedený odkryv bezprostredne neohrozuje žiadny objekt infraštruktúry, odporúčame v budúcnosti pokračovať v hodnotení zvetrávania a rozvolňovania, keďže ide o jedinú lokalitu tufov, pozorovanú v rámci monitoringu. Z dôvodu optimalizácie monitorovacej siete v podsysteme 01 Zosuvy a iné svahové deformácie budú však v roku 2025 merania na tejto lokalite pozastavené.

1.4.17. 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 rozvolňovanie 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. 4.17.1). V súčasnosti je aplikácia fotogrametrických metód monitorovania pozastavená. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Iglárová et al., 2011).



Obr. 4.17.1. Rozmiestnenie pozorovaných profilov a bodov na monitorovanom úseku zárezu cesty pri obci Demjata. PF1 až PF6 – profily pre stereofotogrametrické merania; Stanovisko 1: pozorovacie body D8 a D9 pre merania meradlom posuvov; Stanovisko 2: zrútené; Stanovisko 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; Stanovisko 4 (pozorovacie body E4 a E5): nachádza sa na protilahlej stene skalného zárezu; Stanovisko 5: body Z5 a Z5' na upevnenie meradla mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2023 a 2024, sú zhrnuté v tab. 4.17.1.

Tab. 4.17.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Demjata v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Dilatometrické merania – Somet	4	E1, E2, E3, E2'	1 (30. jún)	1 (26. júl)
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	16	DEMJATA 3 - 3' stanovišťa MZ	1 (30. jún)	1 (26. júl)
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 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

a) Dilatometrické merania

a1) Dilatometer Somet

Merania sa vykonávajú na stanovišti č. 3, 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.

V roku 2024 pokračoval pohyb dvoch na sebe uložených skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu (obr. 4.17.2). Posun okrajovej vrchnej lavice prekročil rozsah, ktorý možno zaznamenávať dilatometrom Somet, už v monitorovacom cykle 2023 sa pohyb zintenzívnili, pozorovaný bol posun lavice o 0,43 mm (profil E1 – E2'), v roku 2022 posun okrajovej lavice stagnoval, pozorované bolo nepatrné zmenšenie rozvoľňenia o 0,05 mm, v roku 2021 bol zaznamenaný posun o 0,143 mm. V rokoch 2016 až 2020 boli monitorované posuny tejto lavice intenzívnejšie a takmer kontinuálne v rozsahu od 0,5508 mm do 0,4367 mm za rok. Monitorovanie pohybu okrajovej lavice bolo v roku 2024 ukončené, ale trend pohybovej aktivity okrajovej lavice zaznamenaný v roku 2023 dokladuje návrat k dlhodobému trendu jej postupného uvoľňovania.

V podloží okrajovej lavice bolo v roku 2024 bolo pozorované taktiež zvýšenie intenzity rozvoľňovania na oboch profiloch E1 – E2 aj E1 – E3. Na profile E1 – E2 bol zaznamenaný posun podložnej lavice o 0,600 mm. Menšie posuny boli zaznamenané v predchádzajúcich rokoch. Posun lavice na profile E1 – E2 bol zaznamenaný v roku 2023 o 0,342 mm, v roku 2022 o 0,157 mm a v roku 2021 o 0,220 mm.

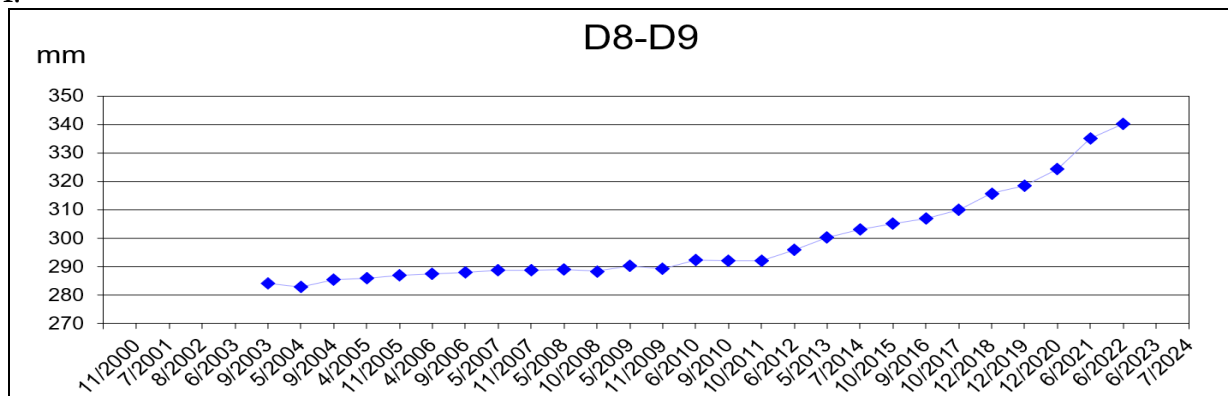
Na profile E1 – E3 bol v roku 2024 taktiež pozorovaný intenzívnejší pohyb – rozvoľňenie podložnej horninovej lavice o 0,51 mm. V predchádzajúcom roku 2023 nastal gravitačný posun lavice o 0,297 mm. V roku 2022 a 2021 pohyb lavice na tomto profile stagnoval.

a2) Meradlo posuvov

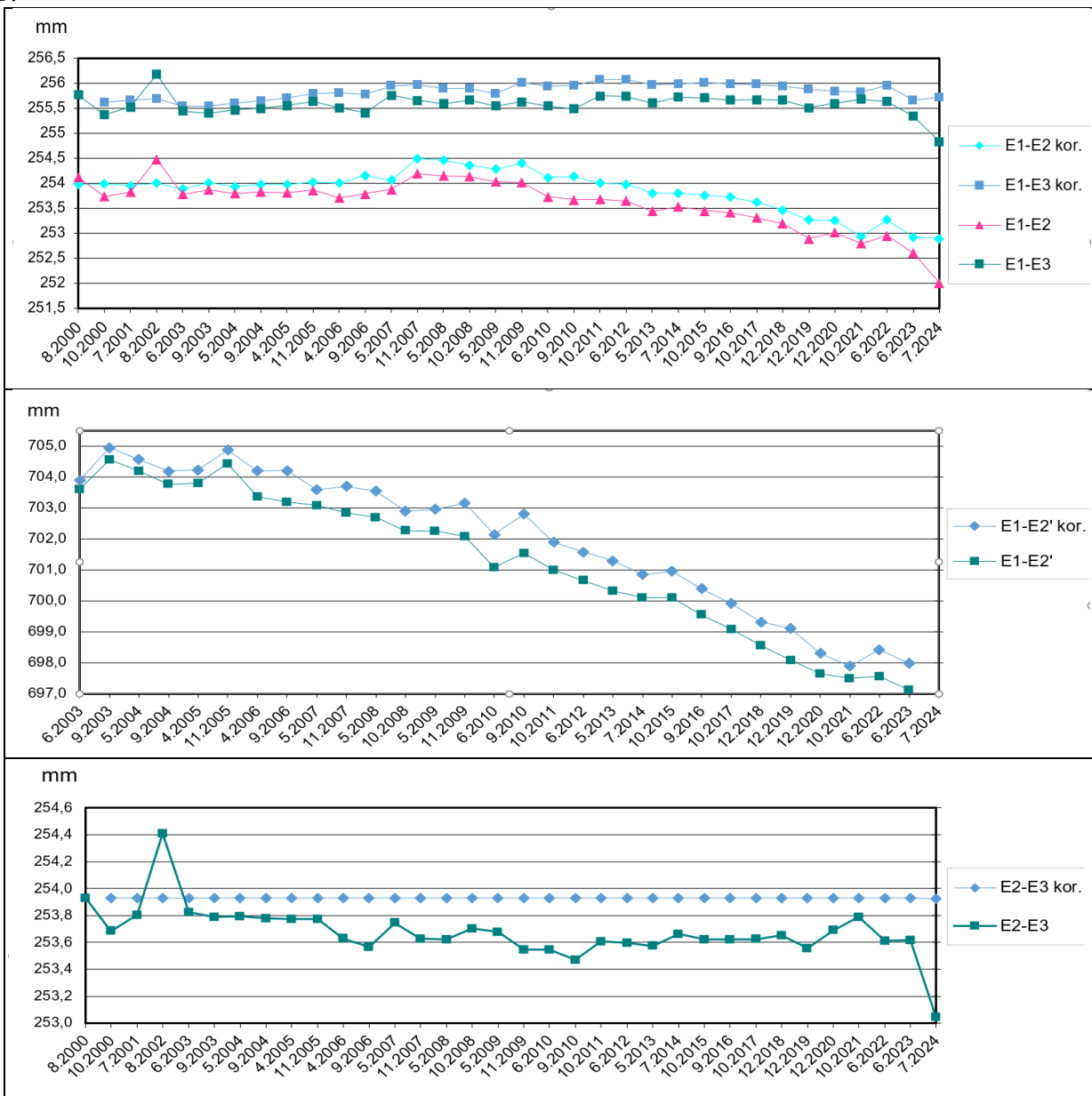
Monitorovacie body pre meranie meradlom posuvov sú na každom zo stanovišť inštalované tak, aby zachytávali posuv blokov, oddelených výraznou diskontinuitou (obr. 4.17.1).

Na stanovišti č. 1 so zabudovanými meracími bodmi D8 a D9 sa uvoľnil v roku 2023 horninový blok s inštalovaným meracím tŕňom D9 v skalnom masíve a monitorovanie už nie je možné v nasledujúcich obdobiach vykonávať. Do roku 2023 pretrvával na profile D8 – D9

A:



B:



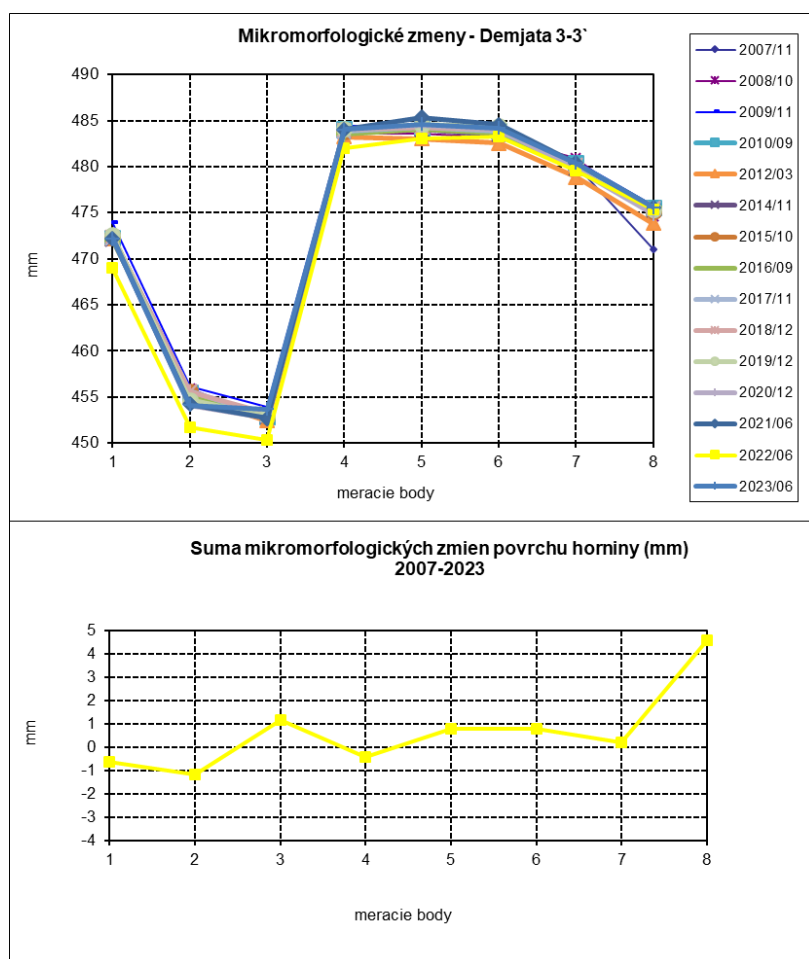
Obr. 4.17.2. Výsledky dlhodobého merania posuvu blokov na lokalite Demjata; A – meradlom posuvov, B – dilatometrom Somet. Grafy s korekciou nameraných hodnôt zohľadňujú zmeny podmienok a techniky merania (označené príponou kor. – údaje v nich sú upravované v závislosti od hodnoty nameranej vzdialenosti medzi bodmi E2-E3, situovanými na jednom samostatnom horninovom bloku).

nezvratný trend uvoľňovania skalného bloku, cestná premávka však ohrozená nebola. Zvýšená intenzita pohybov tu bola zaznamenaná od roku 2012. V roku 2022 bolo pozorované rozvoľnenie diskontinuity o 4,998 mm. V predchádzajúcom roku 2021 sa puklina rozšírila o 10,88 mm (obr. 4.17.2). Monitorovacie merania na profile D8 – D9 sú od roku 2023 ukončené.

Skalný blok, na ktorom bol umiestnený bod stanovišťa č. 2, sa zrútil v roku 2006. Na stanovišti č. 3 sú meracie body D1, D2, D3, D4 a D5 inštalované na zhodnom stanovišti ako monitorovacie body merané dilatometrom Somet. Meradlo posunov je vhodné používať predovšetkým v prostredí intenzívnejšieho rozvoľňovania skalných blokov. Vzhľadom na výsledky meraní, vykazujúce menšiu presnosť tejto metódy oproti meraniam získaným dilatometrom Somet, nie sú merania pohybu rozvoľnených skalných blokov zistené meradlom posunov od roku 2020 vyhodnocované.

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 boli obnovené až v roku 2007 na dvoch profiloch (stanovište 3 s bodmi Z3 a Z3' a stanovište 5 s okrajovými bodmi Z5 a Z5' – obr. 4.17.3). Dňa 29. júna 2023 bolo pri obhliadke stanovišťa 5 konštatované jeho poškodenie (poškodené osadzovacie trne); z toho dôvodu nebolo možné meranie zrealizovať a stanovište 5 je z plánu monitoringu vyradené.



Obr. 4.17.3. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2023) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata v profile 3 – 3'.

Meraniami bolo v profile 3 zaznamenané priemerné „pribúdanie“ masívu +0,06 mm (za 17 rokov monitoringu; obr. 4.17.3). V porovnaní s meraním v roku 2023 bolo v profile 3 zaznamenané priemerné „pribúdanie“ masívu 0,64 mm, čo môže signalizovať vypadnutie tenkej vrstvy horninového materiálu v blízkej budúcnosti.

c) Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) v roku 2023 dosiahol hodnotu 780,7 mm. V roku 2024 úhrn zrážok klesol o 125,5 mm na 655,2 mm.

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

V zimnom období 2022/2023 bol počet mrazových dní 98 t. j. 86,34 % dlhodobého priemeru (stanica Bardejov) a počet mrazových dní na stanici Prešov-vojsko bol 92, t. j. 76,6 % dlhodobého priemeru.

V zime 2023/2024 bol počet mrazových dní na stanici Bardejov 83 (73,13 % dlhodobého priemeru) a na stanici Prešov-vojsko 82 dní (68,26 % dlhodobého priemeru).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Selektívne zvetrávanie a rozvoľňovanie masívu pokračuje, o čom svedčia výsledky časového radu dilatometrických pozorovaní. Dilatometrické merania preukázali pokračujúci trend uvoľňovania okrajových skalných blokov v južnej časti pravostranného zárezu cesty z Demjaty do Raslavíc. 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.

Z dôvodu optimalizácie monitorovacej siete v podsystéme 01 Zosuvy a iné svahové deformácie budú od roku 2025 na tejto lokalite pozastavené monitorovacie aktivity.

1.4.18. Lokalita Bratislava-Železná studnička

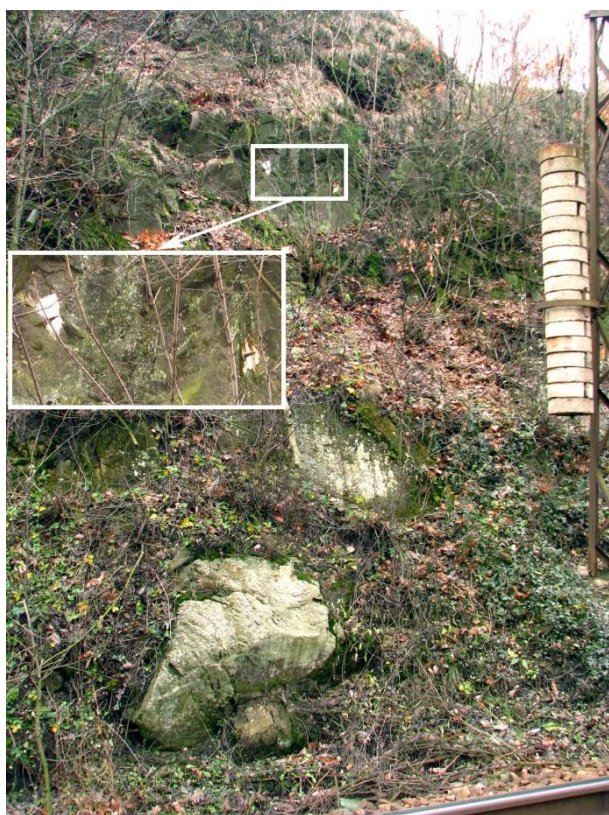
Stručná charakteristika lokality

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. 4.18.1) 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. 4.18.1. 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 2023 a 2024

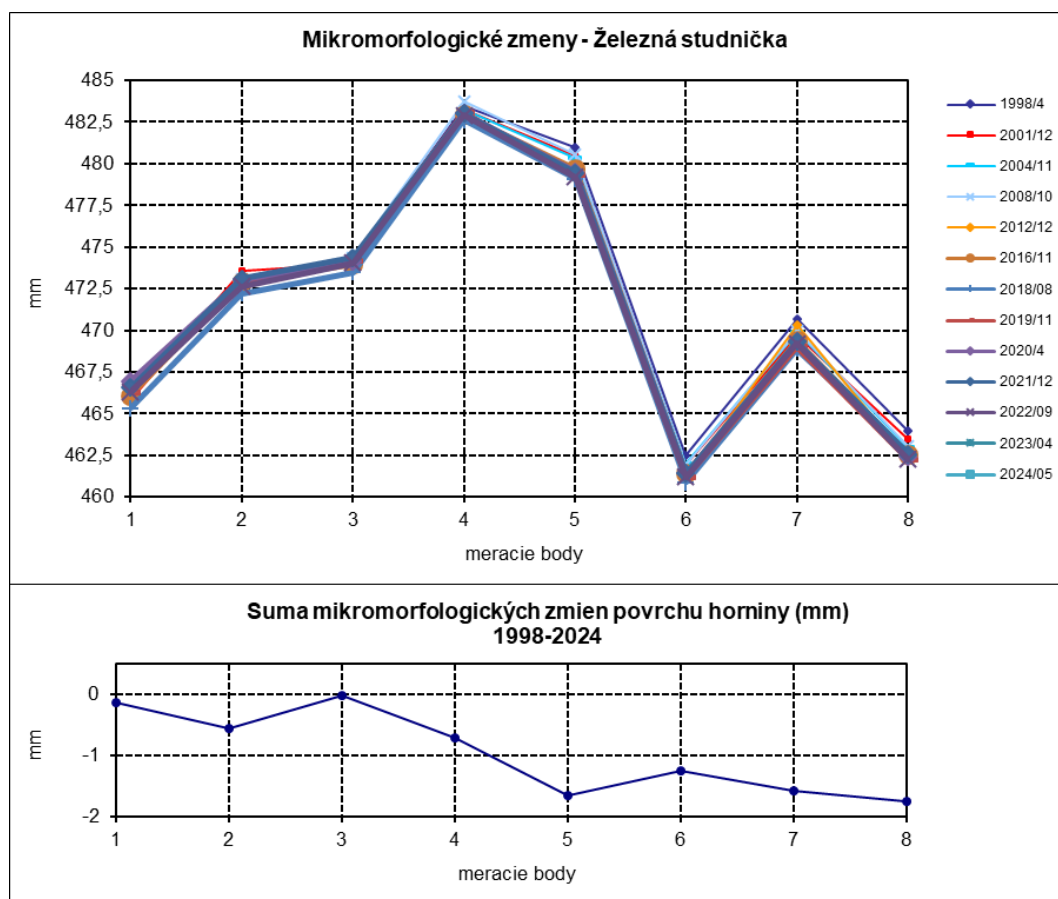
V rokoch 2023 a 2024 bol zabezpečený zber klimatologických faktorov – zrážkové úhrny, teploty vzduchu, a najmä počty mrazových dní. Monitorovacie aktivity, realizované na lokalite v rokoch 2023 a 2024 sú zhrnuté v tab. 4.18.1.

Tab. 4.18.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bratislava-Železná studnička v rokoch 2023 až 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 Stanovište MZ	1 (21. apríl)	1 (30. máj)
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	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

a) Merania mikromorfologických zmien



Obr. 4.18.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1998 – 2024) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Bratislava-Železná studnička (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1998 – 2024).

V roku 2024 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu granitoidov so severnou orientáciou pomocou meradla mikromorfologických zmien. Celkový priemerný úbytok za 26 rokov sledovania dosiahol -0,96 mm; priemerný ročný úbytok za sledované obdobie je -0,037 mm, pričom výraznejší úbytok, presahujúci -1,26 mm, je charakteristický pre body 5 až 8 (obr. 4.18.2). Porovnanie medzi rokmi 2023 a 2024 (rozdiel medzi termínmi realizácie

terénnych meraní je cca 13 mesiacov) poukazuje na relatívny ústup horninového masívu s priemernou hodnotou -0,26 mm.

b) Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080) v roku 2023 dosiahol 827,3 mm a v roku 2024 724,7 mm.

Počet mrazových dní na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) v zimnom období 2022/2023 dosiahol 38 a v zimnom období 2023/2024 stúpol na 57.

Na stanici SHMÚ Bratislava-Koliba (indikatív 11813) bolo počas zimy 2022/2023 zaznamenaných 42 mrazových dní a počas zimy 2023/2024 ich počet stúpol na 60 dní.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Procesy zvetrávania a rozvoľňovania skalnej steny sa v prostredí granitoidných hornín prejavujú menej intenzívne (o čom svedčia i namerané hodnoty zmeny konfigurácie masívu), zato však pomerne rovnomerne, ako vyplýva z grafu na obr. 4.18.2.

Z dôvodu optimalizácie monitorovacej siete v podsystéme 01 Zosuvy a iné svahové deformácie budú od roku 2025 na tejto lokalite monitorovacie aktivity pozastavené.

1.4.19. Lokalita Pezinská Baba

Stručná charakteristika lokality

Lokalita sa nachádza vo svahu asi 1 200 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. 4.19.1).



Obr. 4.19.1. Situovanie stanovišť 2 a 3 na lokalite Pezinská Baba na meranie mikromorfologických zmien povrchu horniny na svahu odrezu cesty.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024

Podobne ako i v prípade ostatných lokalít, na ktorých sú monitorovacie aktivity zamerané predovšetkým na merania mikromorfologických zmien, boli posledné merania realizované v roku 2023, ako aj v roku 2024 (1 termín merania v roku 2023 a 1 termín merania v roku 2024, tab. 4.19.1). V oboch rokoch bola pozornosť venovaná zberu a analýze klimatologických ukazovateľov. Prehľad monitorovacích aktivít, realizovaných v rokoch 2023 a 2024, je zhrnutý v tab. 4.19.1.

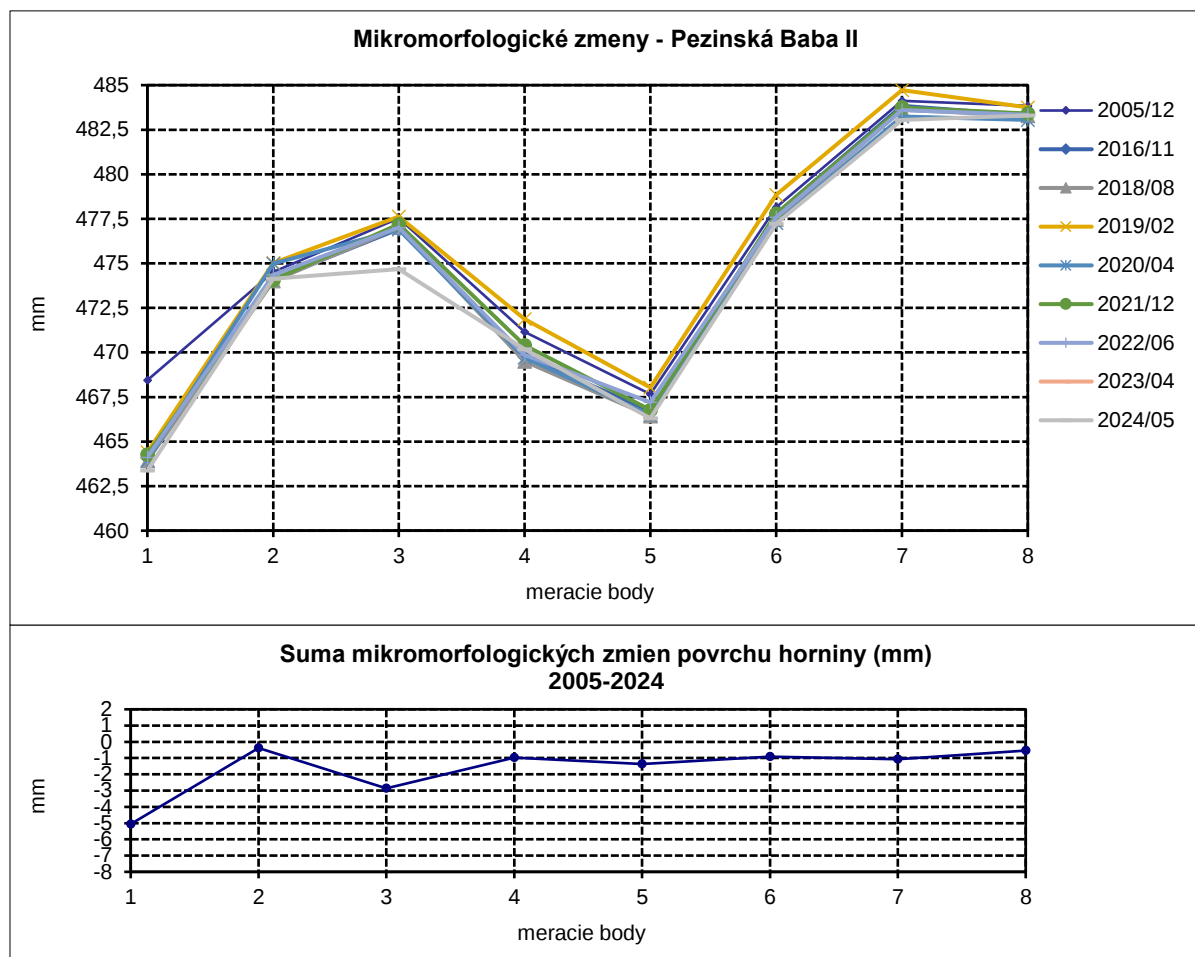
Tab. 4.19.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Pezinská Baba v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2023	Rok 2024
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	16	2 Stanovišťa MZ	1 (20. 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 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

a) Merania mikromorfologických zmien

V rokoch 2023 a 2024 sa uskutočnil vždy jeden cyklus meraní zmien povrchu skalnej steny pomocou meradla mikromorfologických zmien na profiloch II a III.

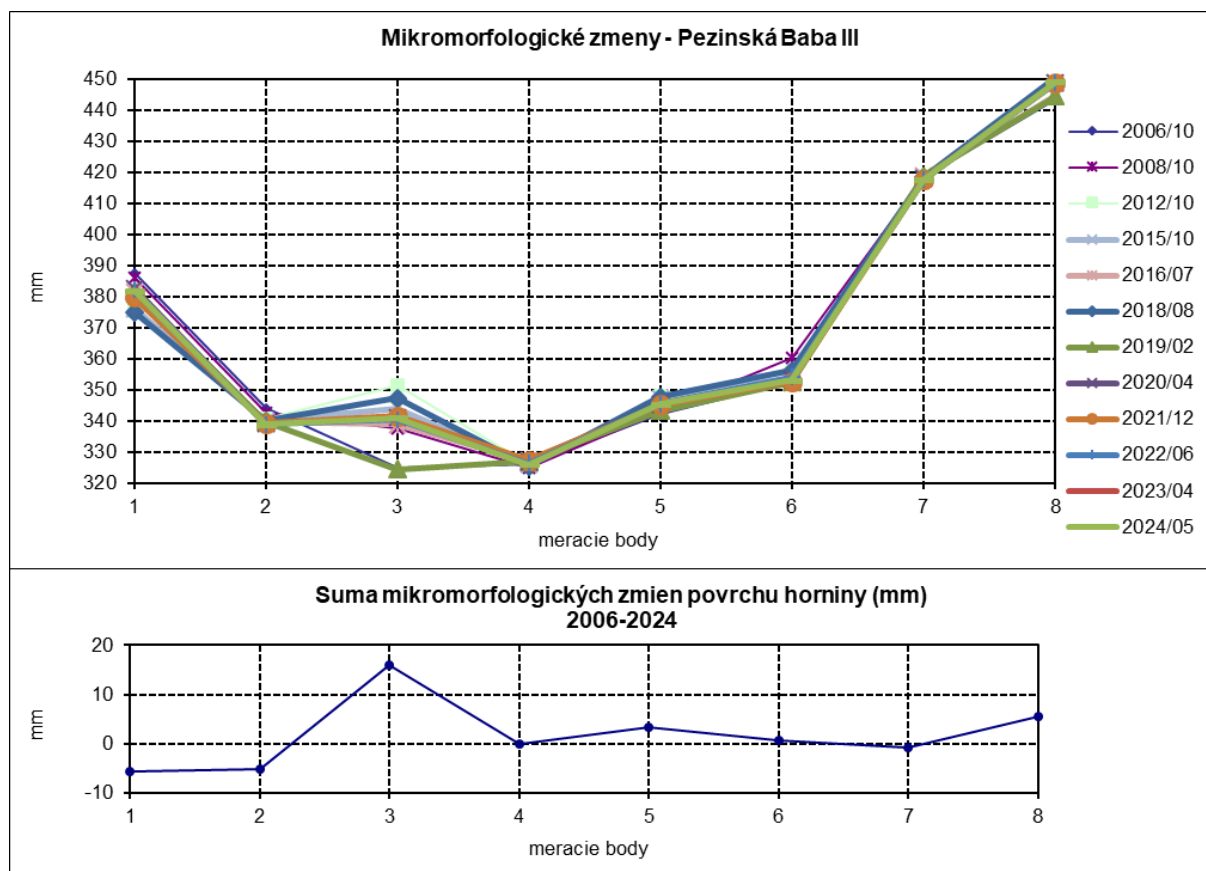


Obr. 4.19.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2005 – 2024) mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny na lokalite Pezinská Baba, profil II (stanovište 2). Spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 2005 – 2024.

Na profile II (obr. 4.19.2) bol v roku 2024 v porovnaní s rokom 2023 zaznamenaný „prírastok“ horninového masívu (priemerne +0,7225 mm; $x_{\min} = -0,16$ mm, $x_{\max} = +2,74$ mm). Tým sa potvrdzuje predpoklad odlúpnutia časti masívu v blízkej budúcnosti (vplyvom klimatických faktorov) pozdĺž plôch bridličnatosti, tak, ako to bolo predvídané v hodnotiacej správe za rok 2023. Priemerná hodnota ročného úbytku za celé sledované obdobie (19 rokov) predstavuje -0,087 mm. Celkový priemerný úbytok na profile II je -1,6457 mm.

V porovnaní s rokom 2023 nebola zaznamenaná výraznejšia zmena v konfigurácii profilu III (obr. 4.19.3). V bode 5 tohto profilu sme zaznamenali výraznejší prírastok masívu +0,64 mm. V rámci celého profilu III tak priemerná hodnota prírastku masívu v perióde 2023 – 2024 dosiahla +0,045 mm. Priemerný prírastok za celé monitorované obdobie (18 rokov) dosiahol hodnotu +1,735 mm; priemerný ročný prírastok bol +0,096 mm. Za 18 rokov pozorovaní možno konštatovať na tomto profile periodické obdobia prírastkov, striedajúce sa s obdobiami ústupu masívu. Základným mechanizmom je cyklické zamŕzanie meteorickej vody

penikajúcej pozdĺž plôch bridličnatosti do masívu s logickou zmenou jej objemu a následným odlúpením najexponovanejšej časti masívu.



Obr. 4.19.3. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2006 – 2024) mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny na lokalite Pezinská Baba, profil III (stanovište 3). Spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 2006 – 2024.

b) Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050) v roku 2023 dosiahol 998,1 mm. V roku 2024 klesol zrážkový úhrn na uvedenej stanici na hodnotu 786,4 mm.

Počet mrazových dní v zime 2022/2023 bol 49 (stanica Modra-Piesok, indikatív 11833) a v zimnom období 2023/2024 ich počet stúpol na 74.

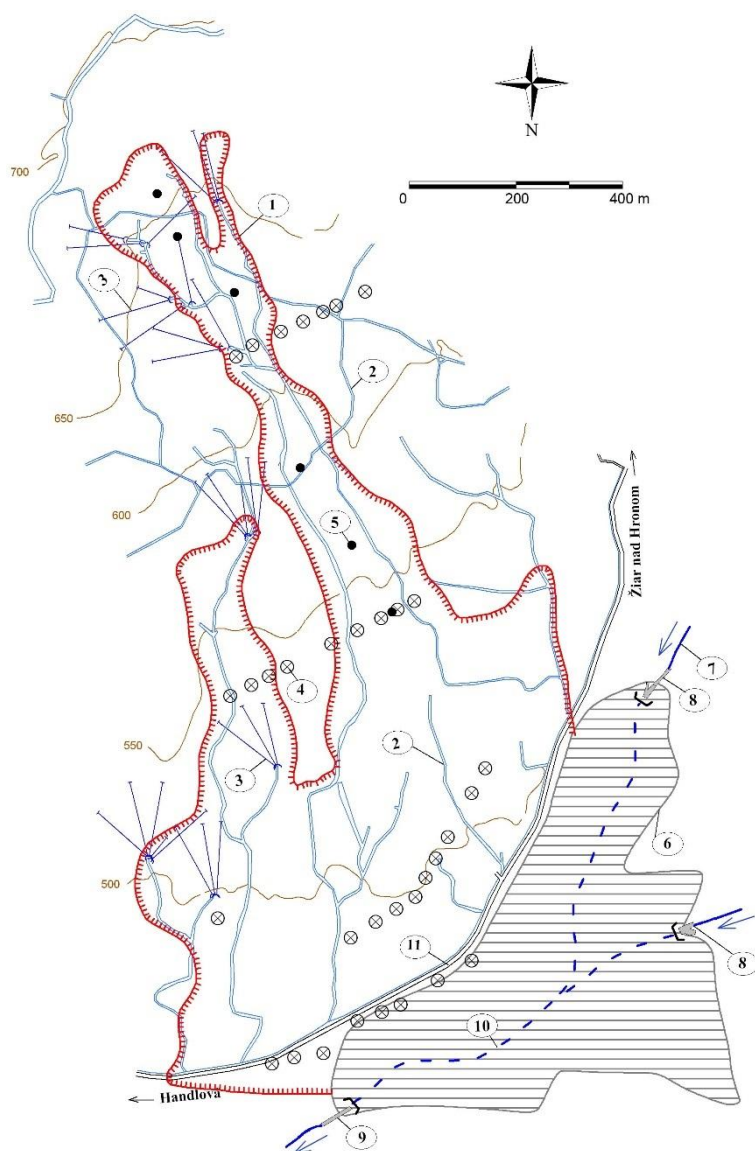
Zhrnutie výsledkov a upozornenia

O oprávnenosti monitoringu na tejto lokalite svedčí 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. Z dôvodu optimalizácie monitorovacej siete v podsystéme 01 Zosuvy a iné svahové deformácie budú od roku 2025 na tejto lokalite monitorovacie aktivity pozastavené.

1.4.20. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp

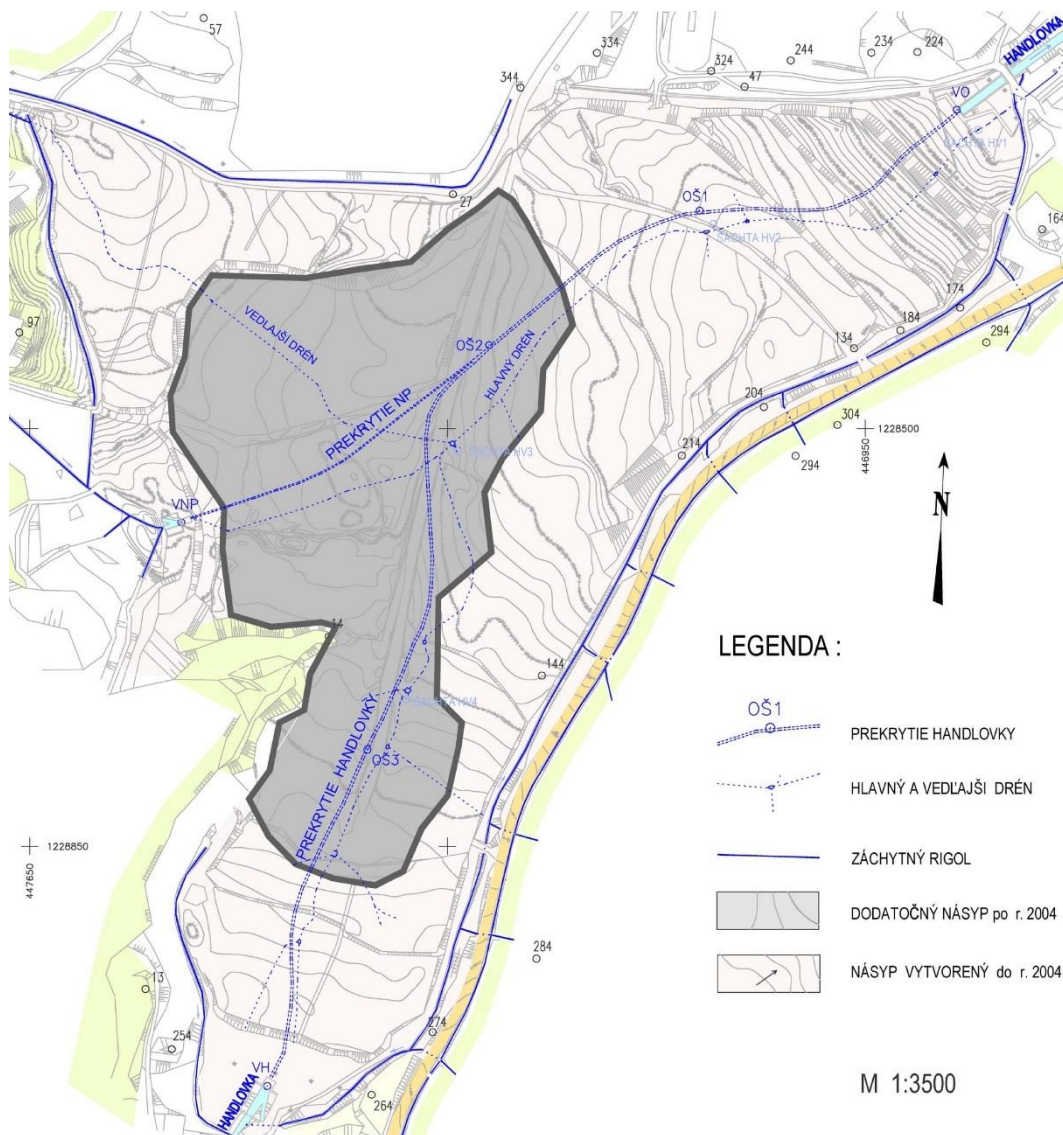
Stručná charakteristika lokality

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 navážať banskou hlušinou, ktorá vznikala ťažbou v bani Handlová. Stabilizačný násyp (SN) rozopiera obidva zosuvné svahy a má stabilizačný účinok na prevádzku Európskej cesty E572, spájajúcu Handlovú zo Žiarom nad Hronom (obr. 4.20.1), i bezpečnosť individuálnej bytovej zástavby v najbližšom okolí.



Obr. 4.20.1. Situovanie Stabilizačného násypu v Handlovej na úpätí svahu katastrofálneho zosuvu z roku 1960 (Hagara et al., 2015). 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 oceleového potrubia, prekrytého Stabilizačným násypom, 11 – cesta E572 medzi Handlovou a Žiarom 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 (obr. 4.20.2). Žiaľ, v období deponovania dochádzalo i k nekoordinovanému ukladaniu rôznych nevhodných materiálov v rôznych častiach násypu.



Obr. 4.20.2. Stav dosypávania Stabilizačného násypu v Handlovej po roku 2004 (Hagara et al., 2015).

V podloží materiálu navážok sa sporadicky a okrajovo nachádzajú pôvodné deluviálne, fluviálne, prípadne proluviálne sedimenty a pozdĺž celého toku Handlovky a Nepomenovaného potoka sú to hlavne zosuvné delúviá rôzneho veku a litologického charakteru (Mokrá et al., 2004). Kvarterné 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.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2023 a 2024

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2023 a 2024 na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, sú zhrnuté v tab. 4.20.1.

Tab. 4.20.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2023 a 2024.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2023	2024
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	25	H-1, H-2, H-3, H-5, H-7, IN-1, IN-3A, IN-4, INV-4, M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3, N-4, NV-110, NV-111, NV-112, PV-107, PV-109, PV-111, PV-112, PV-14, PV-4	52 (1x za týždeň)	52 (1x za týždeň)
Meranie výdatnosti odvodňovacieho zariadenia	1	Hlavný drén	Kontinuálne ¹ (každú hodinu)	Kontinuálne ¹ (každú hodinu)
Obhliadky objektov SN	5	vtokový objekt na Handlovke, výtokový objekt Handlovky, vtokový objekt Nepomenovaného potoka, deponovanie materiálu na SN, povrchové odvodňovacie rigoly handlovského zosuvu	12 ² (1x za mesiac)	12 ² (1x za mesiac)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

¹ – merania sú vykonávané vďaka automatickému prietokomeru, ktorý bol do potrubia inštalovaný v marci 2023 v rámci geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií (OP KŽP – Ondrejka et al., 2023); ² – výsledky obhliadok sú v mesačných intervaloch predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom TBD – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Bratislava.

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2023 a 2024 a za dlhšie obdobie pozorovania

a) Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Z hľadiska monitorovania režimu hladiny podzemnej vody v priestore SN a jeho vyhodnocovania je potrebné uviesť, že v predchádzajúcom období došlo, na základe analýzy vývoja hladiny podzemnej vody, k optimalizácii počtu monitorovacích objektov a tiež i zmene vo frekvencii meraní. Vďaka uvedeným úpravám v súčasnosti zabezpečujeme merania v 25 piezometrických vrtoch, v ktorých sa merania hĺbky hladiny podzemnej vody vykonávajú systematicky na týždennej báze. Uvedená frekvencia bola zachovaná aj počas oboch hodnotených rokov, pričom vo všetkých vrtoch bolo zrealizovaných 52 meraní (tab. 4.20.2).

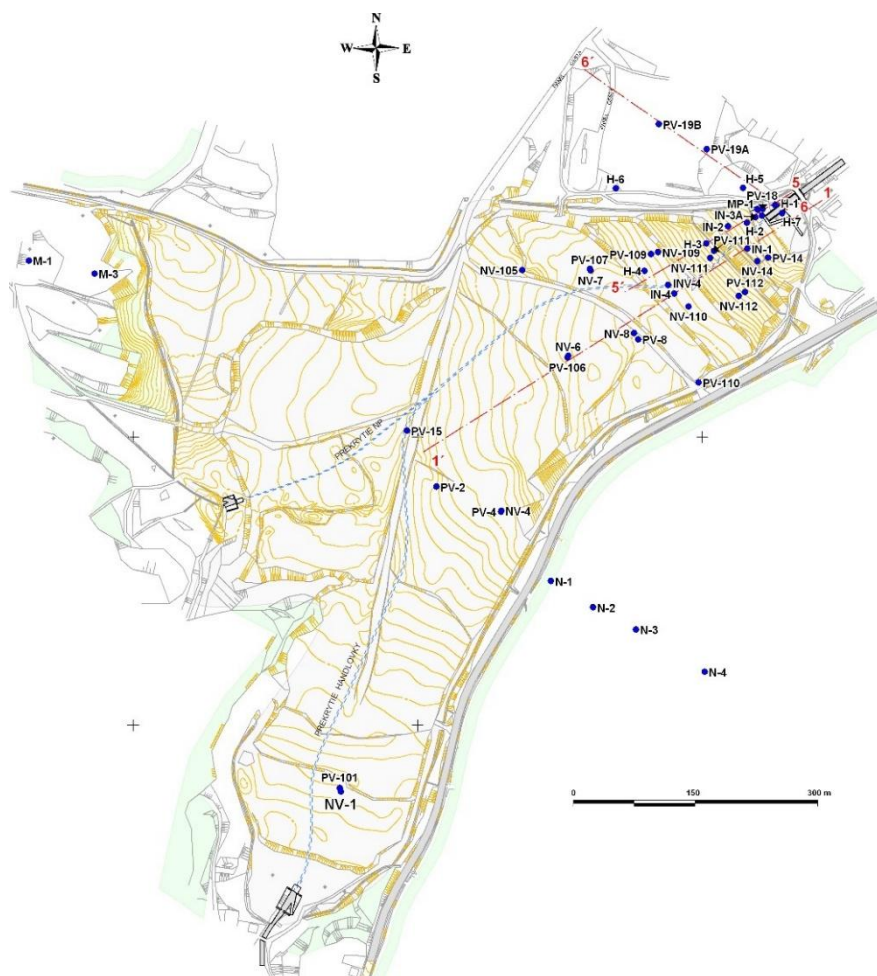
Situovanie monitorovacích objektov, v ktorých boli realizované merania v minulosti, no najmä monitorovacie aktivity hodnoteného obdobia, sú znázornené na obr. 4.20.3. Výsledky týchto meraní sú štatisticky spracované a prezentované v tabuľkách 4.20.3 a 4.20.4.

Grafické znázornenia zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v hodnotenom období (január 2023 – december 2024), vrátane základných štatistických charakteristík (minimálna a maximálna hĺbka, ako aj prvý až tretí kvartil), sú uvedené na obr. 4.20.4 až 4.20.9. Dlhodobé ukazovatele vývoja hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2015 – 2024 sú prezentované na obr. 4.20.10 až 4.20.15. Prezentované štatistické ukazovatele slúžia na porovnanie aktuálne hodnoteného dvojročného obdobia s predchádzajúcou fázou monitorovania, zabezpečenou v rokoch 2003 až 2022.

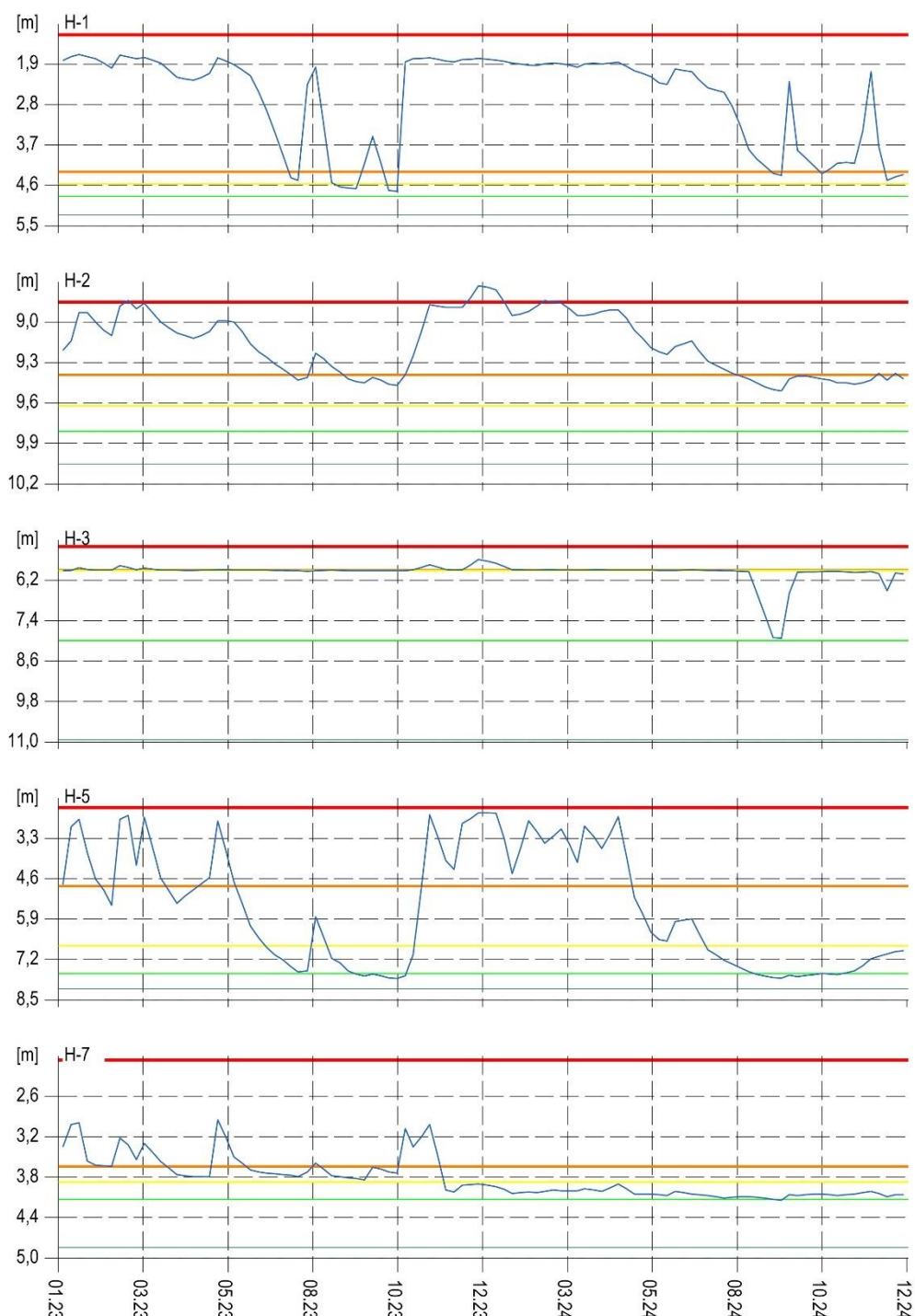
V roku 2023 prebiehali monitorovacie merania od 5. januára do 28. decembra. Počas uvedeného obdobia bola maximálna hladina podzemnej vody zaznamenaná, podobne ako i v predchádzajúcich rokoch, vo vrte N-1 (0,47 m nad terénom – 489,72 m n. m.). Tento vysoký

Tab. 4.20.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2023.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň HPV			Min. úroveň HPV			Priem. úroveň HPV		Max. kolísanie HPV [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
H-1	52	1,69	453,20	19.01.23	4,73	450,16	19.10.23	2,56	452,33	3,04
H-2	52	8,73	452,74	28.12.23	9,47	452,00	19.10.23	9,13	452,34	0,74
H-3	52	5,58	464,22	28.12.23	5,93	463,87	03.08.23	5,88	463,92	0,35
H-5	52	2,48	458,36	28.12.23	7,81	453,03	19.10.23	5,28	455,56	5,33
H-7	52	2,95	451,03	18.05.23	4,02	449,96	07.12.23	3,59	450,39	1,07
IN-1	52	3,94	459,12	28.12.23	6,70	456,36	19.10.23	5,68	457,38	2,76
IN-3A	52	7,72	452,88	28.12.23	8,37	452,23	19.10.23	8,06	452,54	0,65
IN-4	52	12,16	464,92	23.02.23	17,09	459,99	26.10.23	14,01	463,07	4,93
INV-4	52	12,08	465,03	02.03.23	12,61	464,50	26.10.23	12,22	464,89	0,53
M-1	52	-0,18	516,91	16.11.23	5,07	511,66	03.08.23	3,09	513,64	5,25
M-2	52	-0,27	540,12	14.12.23	1,85	538,00	19.10.23	0,80	539,05	2,12
M-3	52	0,57	507,32	14.12.23	2,44	505,45	26.07.23	1,77	506,12	1,87
N-1	52	-0,47	489,72	18.05.23	1,01	488,24	21.09.23	0,12	489,13	1,48
N-2	52	0,73	494,82	28.12.23	2,51	493,04	21.09.23	1,45	494,10	1,78
N-3	52	0,11	498,65	19.01.23	2,31	496,45	26.07.23	0,92	497,84	2,20
N-4	52	0,20	506,96	14.12.23	5,22	501,94	28.09.23	1,68	505,48	5,02
NV-110	52	4,10	472,97	12.01.23	9,13	467,94	26.10.23	4,93	472,14	5,03
NV-111	52	8,21	462,17	28.12.23	9,06	461,32	03.08.23	8,85	461,53	0,85
NV-112	52	9,61	461,51	28.12.23	10,55	460,57	05.01.23	10,23	460,89	0,94
PV-107	52	14,02	468,33	28.12.23	suchý					
PV-109	52	7,76	469,28	28.12.23	suchý					
PV-111	52	7,80	462,17	28.12.23	8,36	461,61	03.08.23	8,16	461,81	0,56
PV-112	52	10,73	459,54	28.12.23	12,03	458,24	26.07.23	11,60	458,67	1,30
PV-14	52	3,24	458,57	28.12.23	4,24	457,57	19.10.23	3,88	457,93	1,00
PV-4	52	5,52	485,46	18.05.23	9,51	481,47	28.09.23	8,82	482,16	3,99

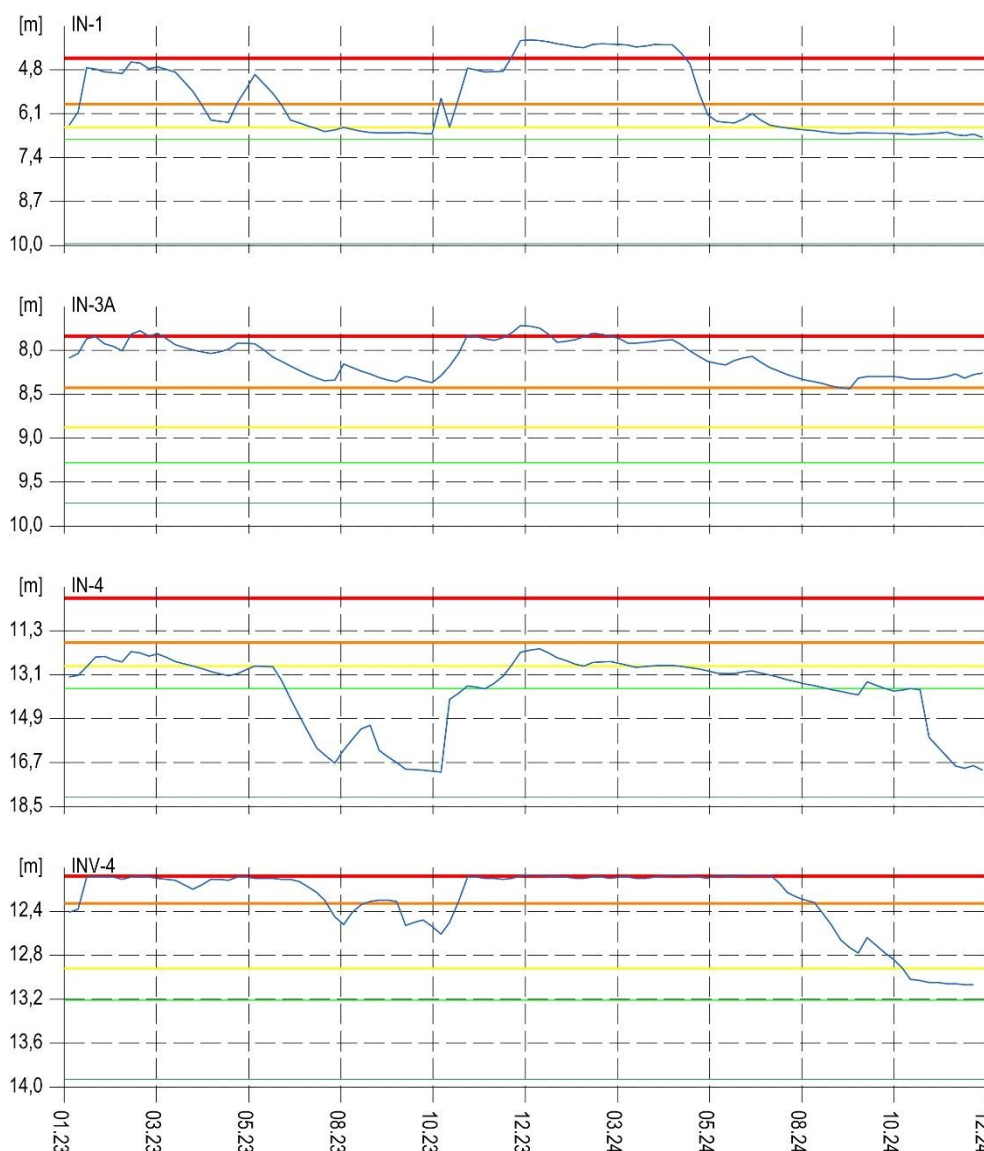


Obr. 4.20.3. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp. Situovanie vrtov, určených na meranie hĺbky hladiny podzemnej vody.



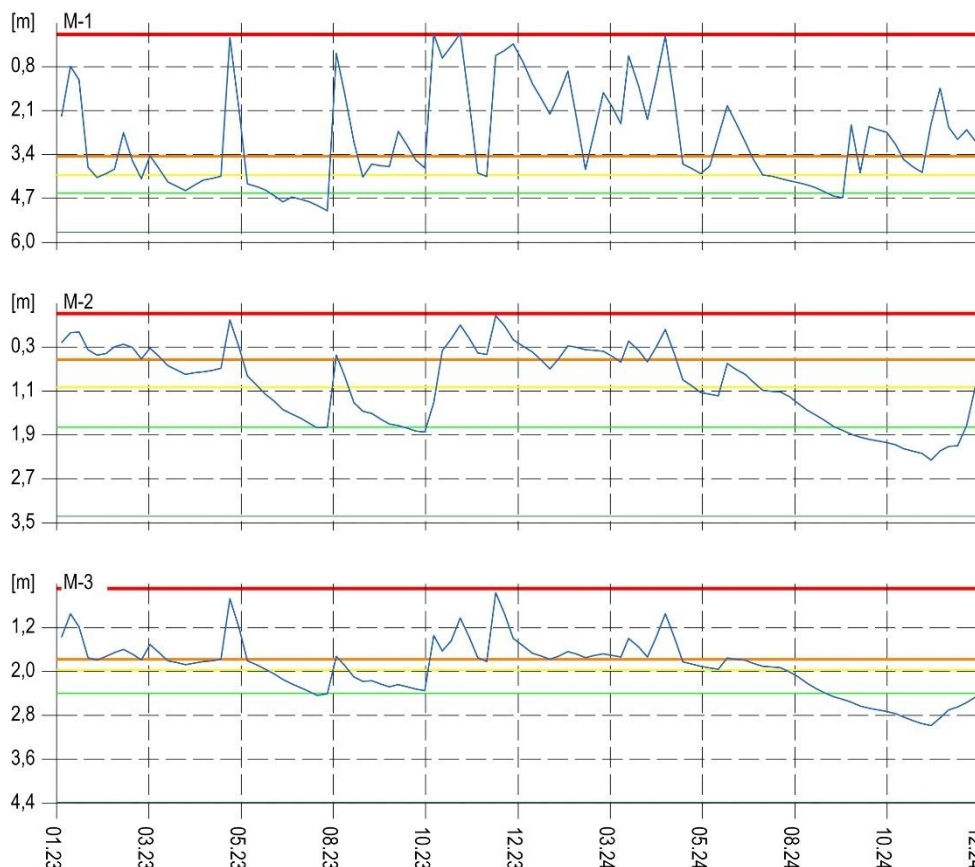
Obr. 4.20.4. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2023 a 2024 vo vrtoch: H-1, H-2, H-3, H-5 a H-7, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 18. mája. Vrt sa nachádza nad cestou E572 v čele zosuvu z rokov 1960/1961. Mimoriadne vysoko, nad úroveň terénu, vystúpili hladiny podzemnej vody i vo vrtoch M-2 (0,27 m nad terénom – 540,12 m n. m.) a M-1 (0,18 m nad terénom – 516,91 m n. m.). K povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody aj vo vrtoch N-3 a N-4 (0,11 až 0,2 m pod terénom). Vrty N-3 a N-4, podobne ako vrt N-1, sa nachádzajú na pravom brehu rieky Handlovky v telese zosuvu z rokov 1960/1961. Vrty M-1 a M-2 sú



Obr. 4.20.5. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2023 a 2024 vo vrtoch: IN-1, IN-3A, IN-4 a INV-4, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

situované na protihlhom svahu. Uvedené maximálne hladiny neboli zaznamenané v rovnakom termíne, ale v rôznych obdobiach roka. Vo vrte N-3 maximálna hladina podzemnej vody súvisela so zimnými zrážkami (maximálny stav bol nameraný 19. januára; na stanici SHMÚ Handlová bola v období od 1. do 19. januára pozorovaná zrážková činnosť až počas 14 dní. V tomto období spadlo 88,7 mm zrážok, pričom v mesiaci január bol nameraný úhrn 108,7 mm, čo je najvyšší mesačný úhrn januárových zrážok od roku 2008; z hľadiska hodnotenia dlhodobějších zrážkových úhrnov je potrebné uviesť, že k 19. januáru dosiahol 30-denný úhrn až 101,1 mm). Januárovými meraniami boli maximálne ročné hladiny podzemnej vody overené aj vo vrtoch NV-110 (4,1 m pod terénom) a H-1 (1,69 m pod terénom). Ďalší významnejší výskyt max. stavov hladiny podzemnej vody bol podobne ako v spomenutom vrte N-1 nameraný aj vo vrtoch H-7 a PV-4. Maximálne stavy však dominovali v závere roka. Vo vrte M-1 bola najvyššia hladina podzemnej vody nameraná už polovici novembra, následne v polovici decembra vo vrtoch N-4 a M-3, pričom celkove prevažoval kontrolný termín 28. december. Počas uvedeného merania bola maximálna hladina nameraná až v 13 vrtoch



Obr. 4.20.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2023 a 2024 vo vrtoch: M-1, M-2 a M-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

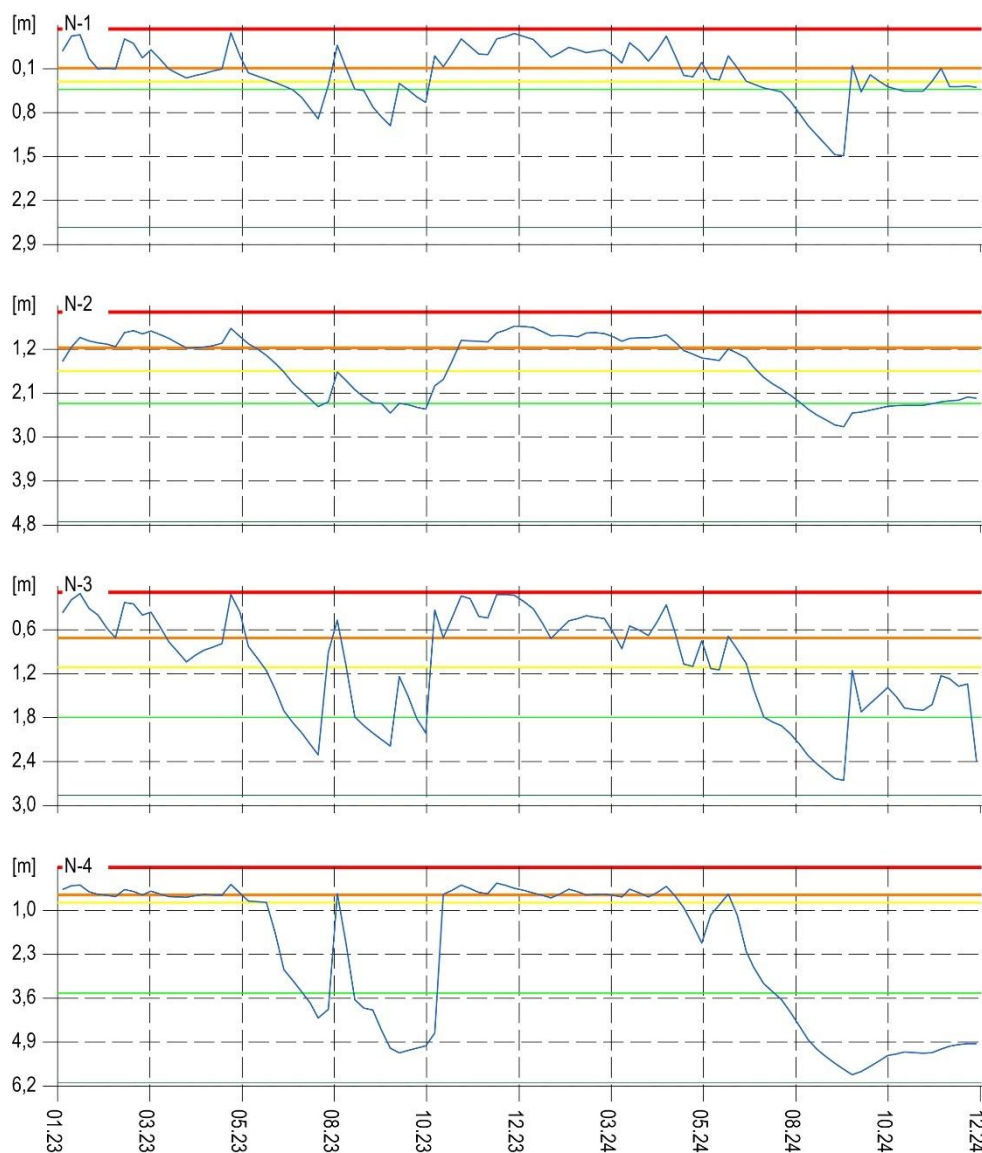
(N-2, H-5, PV-14, IN-1, H-3, IN-3A, PV-109, PV-111, NV-111, H-2, NV-112, PV-112 a PV-107) z celkového počtu 25 vrtoch. Pod koncoročný vzostup hladiny podzemnej vody sa podpísali zrážky posledných piatich mesiacov. Od augusta do konca decembra spadlo v danej oblasti až 617,2 mm zrážok. Najviac zrážok spadlo v novembri – 167,2 mm. Maximálne 30-dňové zrážky boli zaznamenané k 17. novembru (233,6 mm). Len ojedinele boli namerané max. hladiny podzemnej vody aj vo februári (IN-4), resp. v marci (INV-4).

K prekročeniu maximálnej referenčnej hodnoty (odvodenej z údajov, nameraných od januára 2003 do decembra 2022) došlo vo vrtoch H-2, IN-1, IN-3A, M-1. Ide o najvyššie hladiny podzemnej vody namerané v jednotlivých vrtoch v období monitorovania SN. V súvislosti s nameranou hladinou podzemnej vody vo vrte M-1 je treba tiež poznamenať, že hladina vystúpila až nad úroveň terénu – +0,18 m. V uvedenom vrte sú takto vysoké stavy hladiny podzemnej vody zriedkavé. V predchádzajúcom období bola hladina podzemnej vody nad úrovňou terénu nameraná len raz, a to v roku 2019; v roku 2023 bol jej výstup nad terén zaznamenaný až počas troch meraní (máj, október a november).

Ako už bolo naznačené, hladiny podzemnej vody stúpali počas zimného a jarného obdobia a počas jesenného obdobia. Minimálne stavy podzemnej vody boli pozorované hlavne v letnom a jesennom období – od 26. júla do 26. októbra (v 19 vrtoch); ojedinele však i v januári a decembri. Minimálne stavy, pri ktorých bola dokumentovaná hladina podzemnej vody hlbšie ako 10 m pod terénom, boli zaznamenané vo vrtoch NV-112, PV-112, INV-4, IN-4 a PV-107 (v intervale 10,55 až 17,61 m pod terénom). Zo stabilného hľadiska považujeme za nepriaznivé tie hladiny podzemnej vody, ktoré sa i v čase minimálneho stavu nachádzali v blízkosti terénu. Ide o podzemnú vodu vo vrtoch N-1 a M-2. V uvedených vrtoch sa hladiny podzemnej vody v čase minimálnych stavov nachádzali v hĺbkach 1,01 a 1,85 m pod terénom.

Pre úplnosť hodnotenia konštatujeme, že v roku 2023 nedošlo k poklesu hladiny pod minimálnu referenčnú hodnotu, odvodenú na základe výsledkov, nameraných počas predchádzajúceho obdobia monitorovania.

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2023 dosiahla hĺbku 6,26 m pod terénom, čo v porovnaní s predchádzajúcim rokom predstavuje vzostup o 0,62 m. Ako už bolo uvedené, najplytšie pod terénom sa hladina podzemnej vody v roku 2023 zdržiavala vo vrte N-1. Jej priemerná hladina dosiahla 0,12 m pod terénom. Priemerné hĺbky hladiny do 1 m pod terénom boli namerané aj vo vrtoch M-2 a N-3. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody kolísala vo vrte PV-107 (s priemernou hĺbkou 15,14 m po terénom).



Obr. 4.20.7. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2023 a 2024 vo vrtoch: N-1, N-2 a N-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

V porovnaní s predchádzajúcim obdobím monitorovania došlo v roku 2023 k pomerne výraznému poklesu ročnej amplitúdy hĺbky hladiny podzemnej vody. Najväčšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte H-5 (5,33 m). Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody väčšie ako 5 m boli namerané aj vo vrtoch N-4, NV-110 a M-1. Naopak, minimálne zmeny

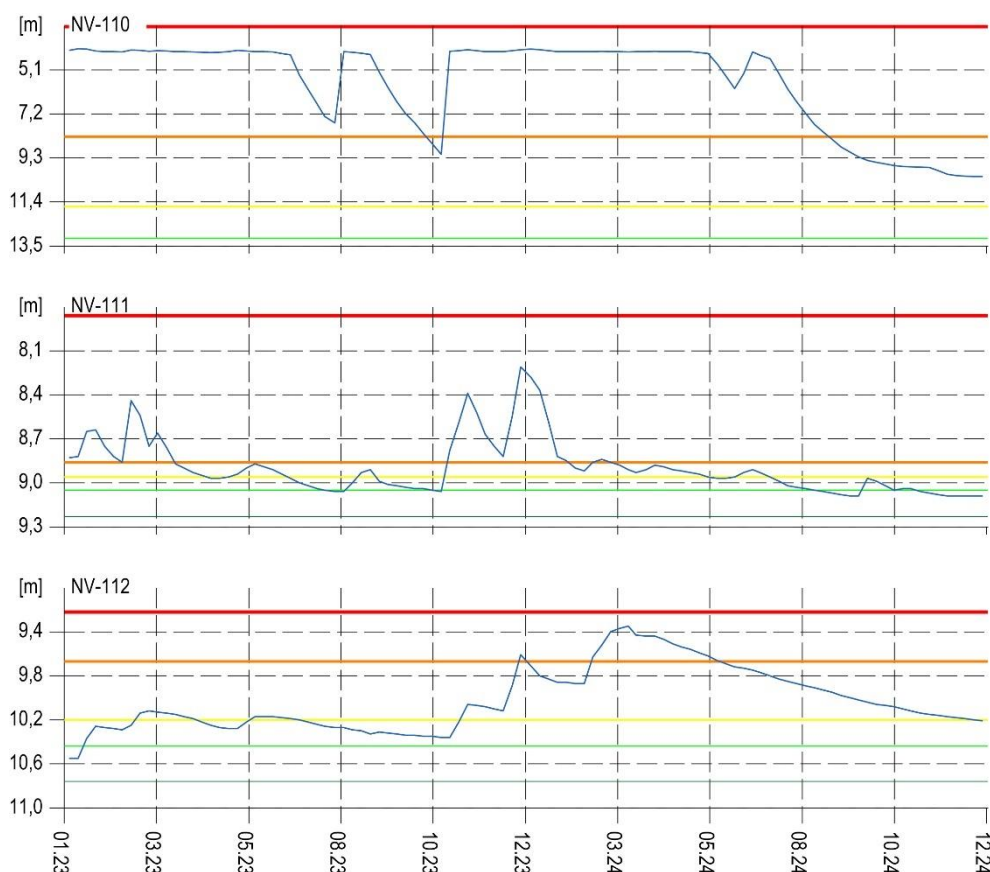
hlúbky hladiny podzemnej vody boli pozorované vo vrtoch: H-3, INV-4, PV-111, IN-3A, H-2, NV-111 a NV-112. Ich kolísanie nepresiahlo 0,94 m.

V roku 2024 prebiehali monitorovacie merania, rovnako ako v predchádzajúcom roku, od začiatku januára do konca decembra. Počas tohto obdobia bola maximálna hladina podzemnej vody zaznamenaná vo vrte N-1 (0,42 m nad terénom, t. j. 489,67 m n. m.). Ide o mimoriadne nepriaznivý stav, pri ktorom vztlak podzemnej vody presahuje úroveň terénu. Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol zaznamenaný 26. apríla.

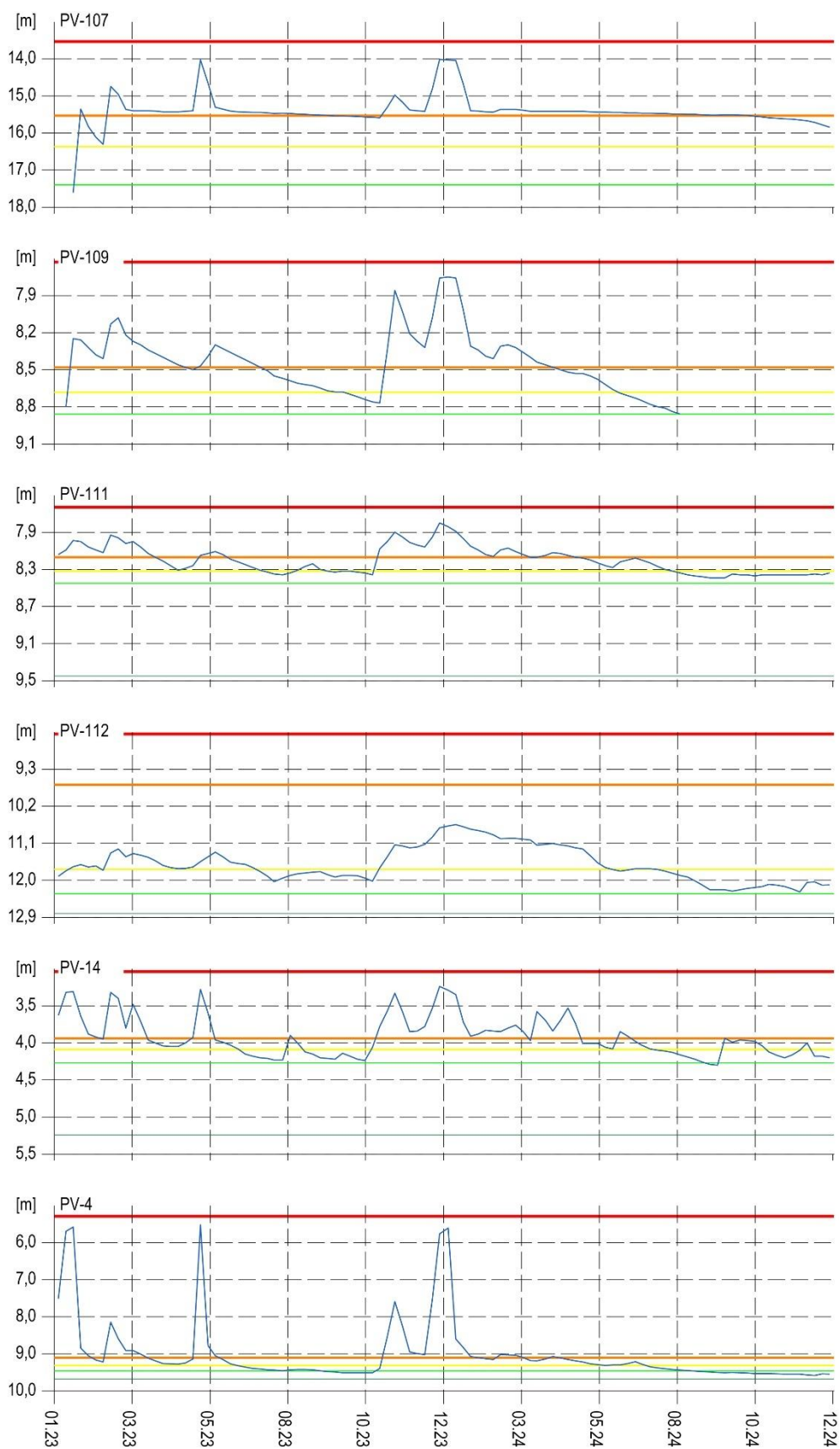
V rovnakom termíne vystúpila hladina podzemnej vody nad úroveň terénu aj vo vrtoch M-1 (0,10 m nad terénom) a M-2 (0,02 m nad terénom). Vrt N-1 sa nachádza nad cestou E572, v čele zosuvu z rokov 1960/1961, zatiaľ čo vrty M-1 a M-2 sú situované na protihlomy svahu, na ľavom brehu rieky Handlovky.

Do blízkosti úrovne terénu vystúpila hladina podzemnej vody aj vo vrtoch N-3 (0,22 m pod terénom; 498,54 m n. m.), N-4 (0,29 m pod terénom; 506,87 m n. m.), N-2 (0,74 m pod terénom; 494,81 m n. m.) a M-3 (0,95 m pod terénom; 506,94 m n. m.). Tieto vysoké stavy boli zaznamenané začiatkom januára alebo koncom apríla. Vrty sú rozmiestnené v profilových líniiach, pričom nadväzujú na už spomínané situovanie vrtov s označením „N“ a „M“.

V ostatných monitorovacích objektoch sa maximálne hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 1,79 m pod terénom (vrt H-1 – situovaný v oblasti výtokového objektu) do 14,03 m pod terénom (vrt PV-107). Vrt PV-107 je lokalizovaný v predpolí čela zosuvu a slúži na dokumentáciu zmien hladiny podzemnej vody v podloží Stabilizačného násypu (tretia etáž hrádze násypu).



Obr. 4.20.8. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2023 a 2024 vo vrtoch: NV-110, NV-111 a NV-112, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.20.9. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2023 a 2024 vo vrtoch: PV-107, PV-109, PV-111, PV-112, PV-14 a PV-4, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.20.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2024.

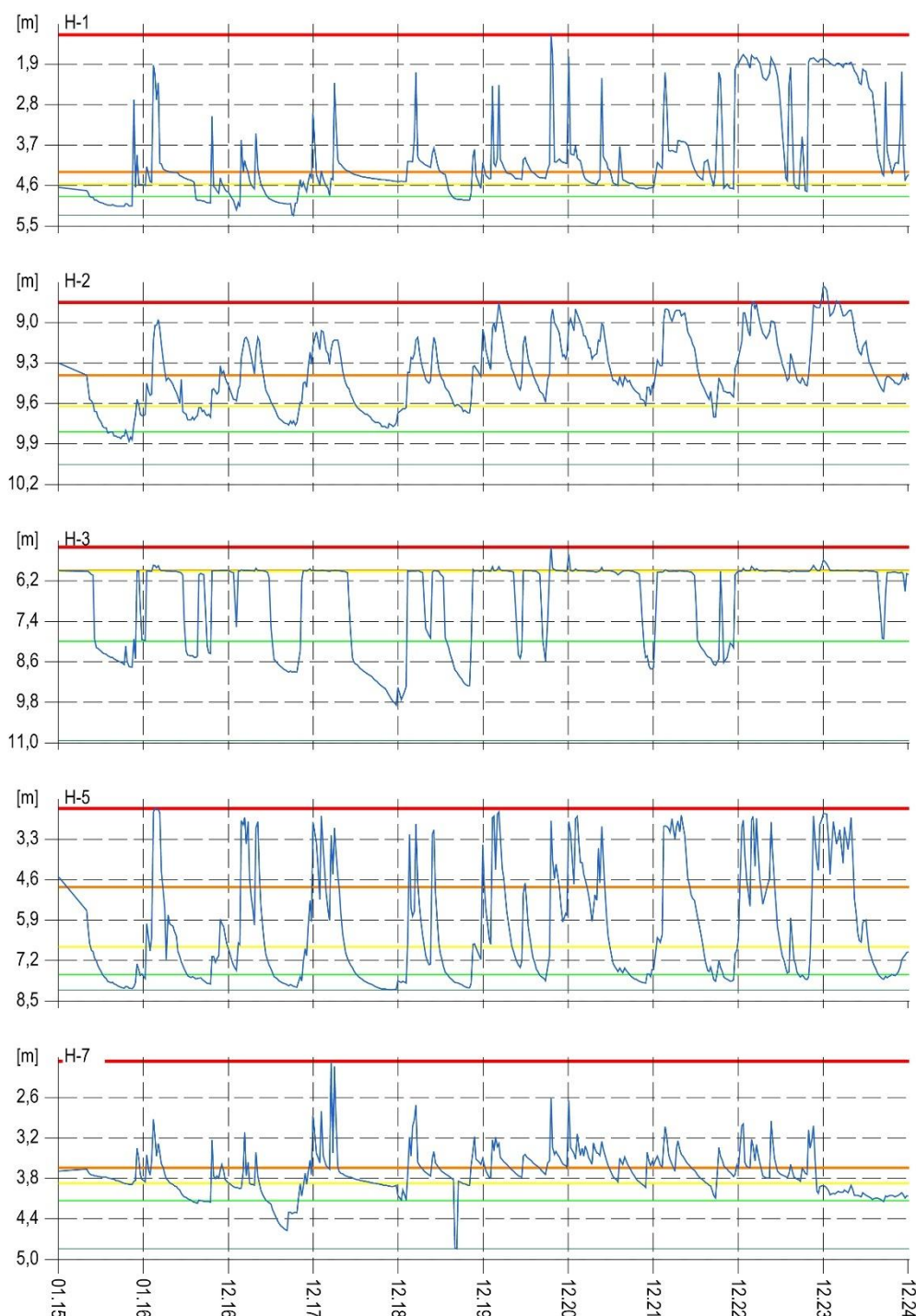
Bod	Počet meraní	Max. úroveň HPV			Min. úroveň HPV			Priem. úroveň HPV		Max. kolísanie HPV [m]
		pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	naď mor. [m n. m.]	
H-1	52	1,79	453,10	05.01.24	4,49	450,40	13.12.24	2,79	452,10	2,70
H-2	52	8,74	452,73	05.01.24	9,51	451,96	13.09.24	9,19	452,28	0,77
H-3	52	5,64	464,16	05.01.24	7,92	461,88	13.09.24	6,05	463,75	2,28
H-5	52	2,48	458,36	05.01.24	7,80	453,04	13.09.24	5,76	455,08	5,32
H-7	52	3,90	450,08	26.04.24	4,14	449,84	13.09.24	4,04	449,94	0,24
IN-1	52	3,92	459,14	05.01.24	6,80	456,26	27.12.24	5,65	457,41	2,88
IN-3A	52	7,73	452,87	05.01.24	8,44	452,16	13.09.24	8,12	452,48	0,71
IN-4	52	12,04	465,04	12.01.24	17,01	460,07	27.12.24	13,53	463,55	4,97
INV-4	52	12,07	465,04	05.01.24	suchý					
M-1	52	-0,10	516,83	26.04.24	4,68	512,05	13.09.24	2,82	513,91	4,78
M-2	52	-0,02	539,87	26.04.24	2,36	537,49	22.11.24	1,14	538,71	2,38
M-3	52	0,95	506,94	26.04.24	2,99	504,90	22.11.24	2,08	505,81	2,04
N-1	52	-0,42	489,67	26.04.24	1,49	487,76	13.09.24	0,24	489,01	1,91
N-2	52	0,74	494,81	05.01.24	2,79	492,76	13.09.24	1,68	493,87	2,05
N-3	52	0,22	498,54	05.01.24	2,66	496,10	13.09.24	1,23	497,53	2,44
N-4	52	0,29	506,87	26.04.24	5,87	501,29	20.09.24	2,81	504,35	5,58
NV-110	52	4,12	472,95	05.01.24	10,19	466,88	20.12.24	6,50	470,57	6,07
NV-111	52	8,28	462,10	05.01.24	9,09	461,29	13.09.24	8,95	461,43	0,81
NV-112	52	9,35	461,77	22.03.24	10,21	460,91	27.12.24	9,82	461,30	0,86
PV-107	52	14,03	468,32	05.01.24	15,85	466,50	27.12.24	15,43	466,92	1,82
PV-109	52	7,75	469,29	05.01.24	suchý					
PV-111	52	7,84	462,13	05.01.24	8,39	461,58	06.09.24	8,24	461,73	0,55
PV-112	52	10,65	459,62	12.01.24	12,28	457,99	29.11.24	11,61	458,66	1,63
PV-14	52	3,29	458,52	05.01.24	4,30	457,51	13.09.24	3,96	457,85	1,01
PV-4	52	5,61	485,37	05.01.24	9,58	481,40	13.12.24	9,24	481,74	3,97

Z hľadiska výskytu maximálnych stavov možno konštatovať, že až v 16 prípadoch boli zaznamenané na začiatku kalendárneho roka – prevažne 5. januára, výnimočne však aj 12. januára a 22. marca. Na svahoch mimo telesa Stabilizačného násypu dominoval výskyt maximálnych hladín až koncom apríla (vrty N-1, M-1, M-2, N-4 a M-3). V rovnakom termíne bola maximálna hladina nameraná aj vo vrte H-7, situovanom na úpätí hrádze SN v oblasti výtokového objektu.

Po dosiahnutí januárového maxima sa vývoj hladiny podzemnej vody vo viacerých vrtoch (H-1, H-2, H-5, IN-1, IN-3A, IN-4, INV-4, M-2, N-1, N-2, N-3, N-4 a NV-110) relatívne ustálil, pričom kolísanie hladiny bolo malé; tento stav pretrval až do apríla, v niektorých prípadoch až do letných mesiacov. Výraznejší pokles hladiny v uvedených vrtoch nastal pomerne neskoro, čo mohlo zásadným spôsobom ovplyvniť stabilitné pomery v hodnotenom území. Vyplýva to z predpokladu, že počas relatívne dlhého obdobia panovali stabilitné nepriaznivé podmienky.

Z hľadiska hodnotenia maximálnych stavov boli v roku 2024 významné úrovne hladiny podzemnej vody zaznamenané vo vrtoch IN-1 (dňa 5. januára) a INV-4 (v období od 5. januára do 17. júla – celkovo počas 9 etapových meraní). Išlo o najvyššie hladiny podzemnej vody zaznamenané v uvedených vrtoch za celé obdobie monitorovania.

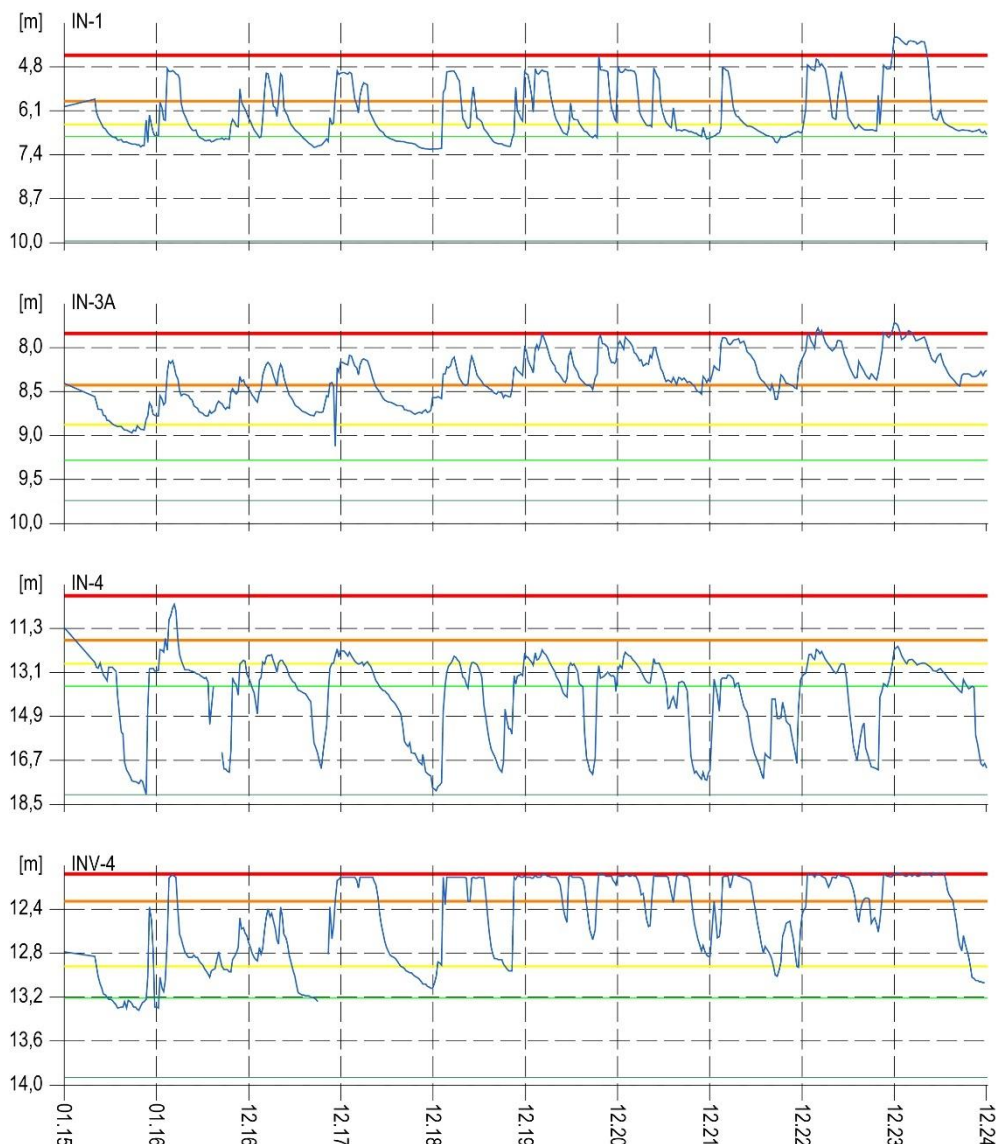
Minimálne hladiny podzemnej vody sa v hodnotenej množine vrtoch pohybovali v intervale od 1,49 m pod terénom (vrt N-1) do 17,01 m pod terénom (vrt IN-4). Ich výskyt nebol časovo jednotný. Ako už bolo naznačené, k výraznejšiemu poklesu hladiny podzemnej vody, a teda aj k výskytu minimálnych stavov, začalo dochádzať až v druhej polovici roka – od 9. augusta (vrt PV-109). Najčastejšie boli minimálne hladiny podzemnej vody zaznamenané počas septembra; počas jednotlivých kontrolných etáp boli namerané až v 13 vrtoch; v novembri boli minimá zaznamenané v troch vrtoch a v decembri v ôsmich vrtoch. V súvislosti s hodnotením minimálnych stavov je potrebné uviesť, že vrt INV-4 bol počas jedného merania suchý a vrt PV-19 bol suchý počas 19 kontrolných meraní.



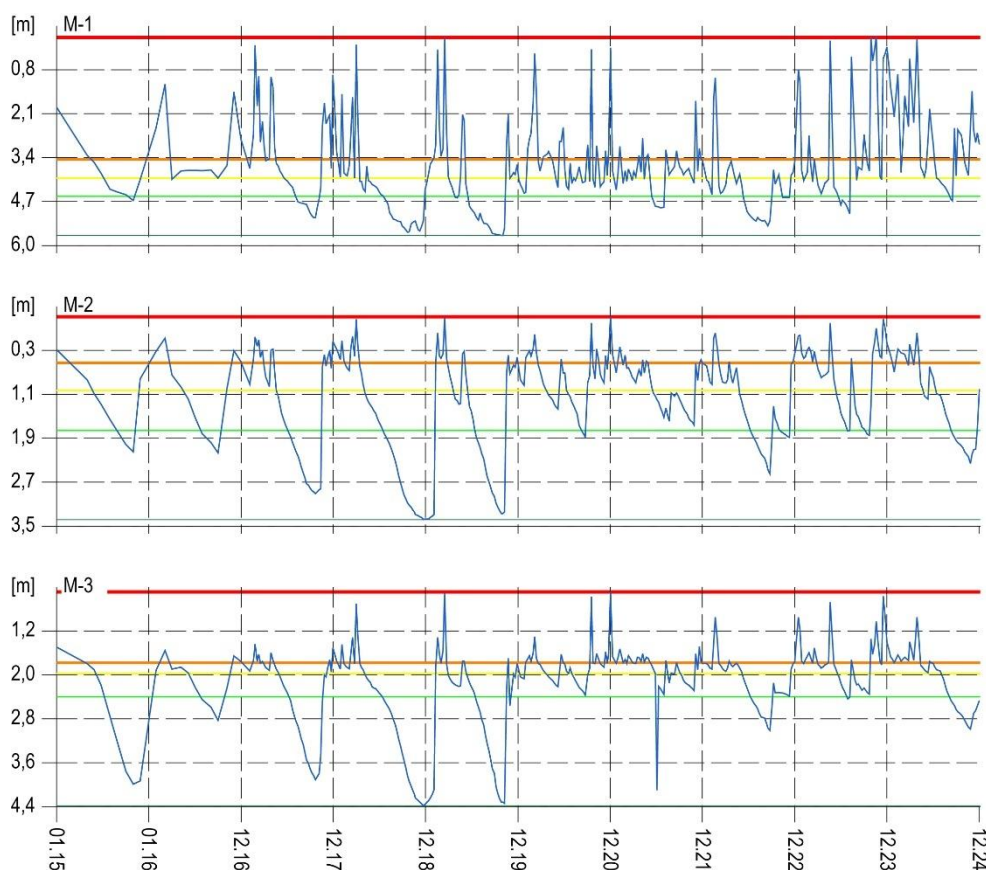
Obr. 4.20.10. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2015 až 2024 vo vrtoch: H-1, H-2, H-3, H-5 a H-7 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch je vo výraznej miere determinovaná uvedeným rozsahom jej kolísania. Z tohto dôvodu boli najnižšie priemerné hodnoty, to znamená hladiny najbližšie k povrchu terénu, zaznamenané vo vrte N-1, kde hladina podzemnej vody dosahovala v priemere len 0,24 m pod povrchom. Relatívne vyššie priemerné hĺbky boli zaznamenané vo vrtoch M-2 (1,14 m pod terénom), N-3 (1,23 m pod terénom) a N-2 (1,68 m pod terénom).

Kolísanie hladiny podzemnej vody bolo v prevažnej väčšine vrtov nízke. V šiestich vrtoch sa amplitúda kolísania pohybovala v intervale 0,24 až 0,86 m, zatiaľ čo v trinástich vrtoch kolísanie dosahovalo hodnoty od 1,0 do 2,88 m. Výraznejšie zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody, s amplitúdou presahujúcou 5 m, boli zaznamenané len v troch vrtoch: H-5 (5,32 m), N-4 (5,58 m) a NV-110 (6,07 m).



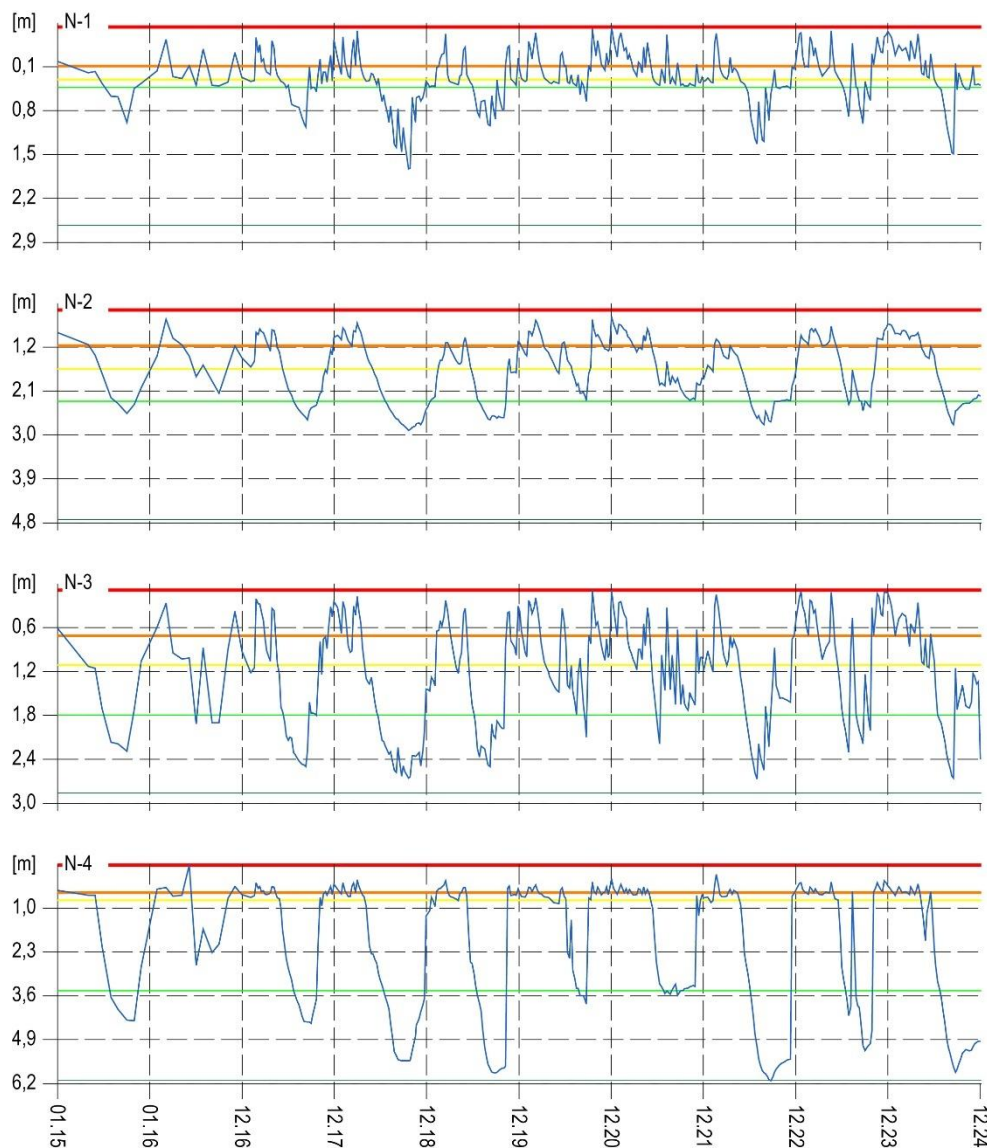
Obr. 4.20.11. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2015 až 2024 vo vrtoch: IN-1, IN-3A, IN-4 a INV-4 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.20.12. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2015 až 2024 vo vrtoch: M-1, M-2 a M-3 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Z dlhodobého vývoja hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch, znázornených na obr. 4.20.10 až 4.20.15 vyplýva, že zmeny hladiny podzemnej vody majú relatívne pravidelný sezónny charakter. Vo viacerých vrtoch došlo k prepojeniu dvoch alebo viacerých zvodnených horizontov (napr. vrty H-3, N-4, PV-14), resp. sledovaná hladina podzemnej vody je do určitej miery ovplyvňovaná iným zvodneným horizontom (napr. vrty M-1 a N-1). Celkovo je však možné konštatovať, že maximálne hladiny, najčastejšie pozorované v marci, sú spojené s jarnými zrážkami a topením snehovej pokrývky. Naopak minimálne hladiny sa vyskytujú prevažne v jesennom období.

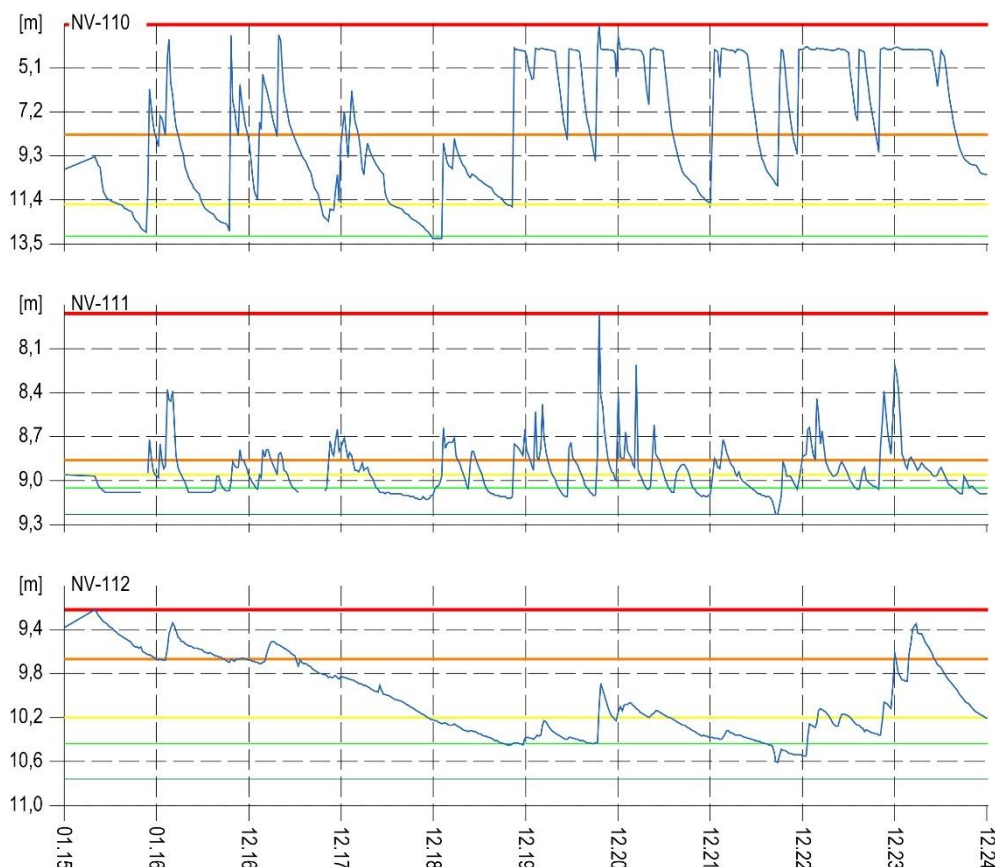
V priebehu posledného desaťročia boli maximálne hladiny podzemnej vody zaznamenané prevažne v roku 2020, konkrétne počas kontrolných etapových meraní, uskutočnených 15. októbra a 30. decembra. V hodnotenej množine 25 vrtoch bola práve v tomto roku až v 12 prípadoch nameraná najvyššia hladina podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Išlo o vrty: H-1 (1,25 m pod terénom), H-3 (5,20 m pod terénom), NV-110 (3,04 m pod terénom), NV-111 (7,86 m pod terénom), PV-107 (13,54 m pod terénom), PV-109 (7,63 m pod terénom), PV-14 (3,04 m pod terénom), PV-4 (5,29 m pod terénom), M-2 (0,31 m nad terénom), M-3 (0,49 m pod terénom), N-1 (0,53 m nad terénom) a N-3 (0,09 m pod terénom). Uvedené maximálne hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody neboli do roku 2024 prekročené. Okrem spomenutých prípadov z rokov 2023 a 2024 boli ojedinele najvyššie hladiny za celé monitorované obdobie zaznamenané aj v rokoch: 2015 (vrt NV-112 – 9,22 m pod terénom), 2016 (vrty H-5 – 2,31 m pod terénom; N-4 – 0,26 m nad terénom) a 2018 (vrt H-7 – 2,06 m pod terénom).



Obr. 4.20.13. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2015 až 2024 vo vrtoch: N-1, N-2, N-3 a N-4 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.20.14. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2015 až 2024 vo vrtoch: PV-107, PV-109, PV-111, PV-112, PV-14 a PV-4 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.20.15. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2015 až 2024 vo vrtoch: NV-110, NV-111 a NV-112 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (január 2003 – december 2022); červená – maximálna, tmavozelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

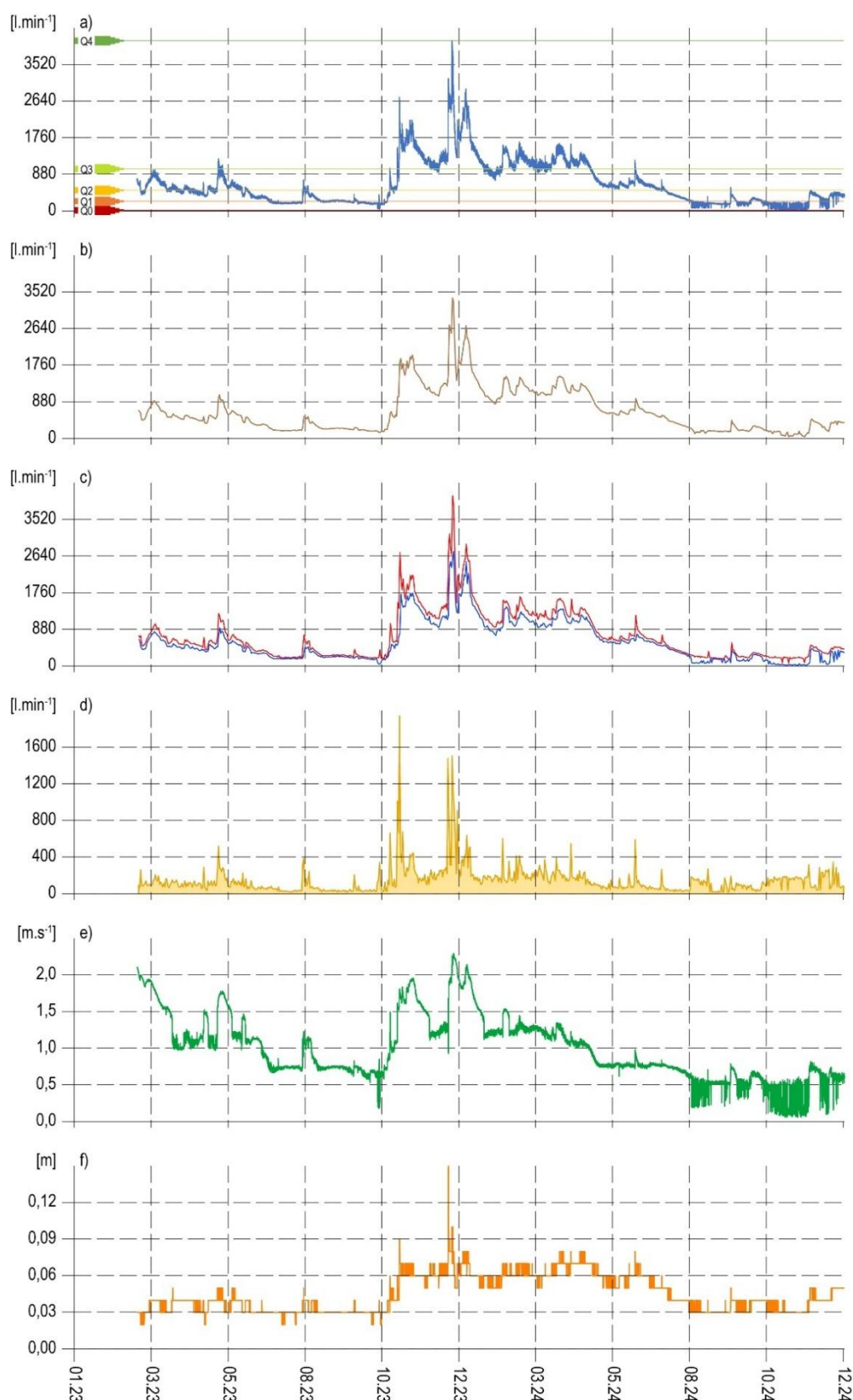
b) Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Predstavu o režimových pomeroch v oblasti Stabilizačného násypu v Handlovej dopĺňajú údaje o kolísaní prietoku v Hlavnom odvodňovacom dréne. Monitorovacie merania boli v hodnotených rokoch 2023 a 2024 zabezpečované prevažne s hodinovou frekvenciou, teda kontinuálne (tab. 4.20.1). Kolísanie prietoku v odvodňovacom dréne, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, sú znázornené na obr. 4.20.16. Dlhodobý vývoj výdatnosti (obdobie rokov 2015 až 2024) je znázornený na obr. 4.20.17.

Tab. 4.20.4. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacieho zariadenia (Hlavného drénu) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2023.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
Hlavný drén	7 308	4 092,50	25. 12. 2023 13:00	49,60	17. 10. 2023 21:00	629,66	4 042,90

V roku 2023 došlo k veľmi významnej zmene v spôsobe merania výdatnosti drenážneho potrubia, označeného ako Hlavný drén. V súvislosti s implementáciou moderného monitorovacieho zariadenia, ktoré prostredníctvom ultrazvuku sleduje výšku vodného stĺpca v rúre a pomocou Dopplerovho efektu rýchlosť prúdenia, je možné sledovať prietok odvodňovacieho zariadenia s podstatne vyššou presnosťou. Samozrejme, neporovnateľná je i frekvencia snímania prietoku vody v potrubí. Vďaka uvedeným skutočnostiam bolo možné v monitorovanom roku 2023 zachytiť maximálnu výdatnosť na úrovni 4 092,5 l.min⁻¹.



Obr. 4.20.16. Priebeh výdatnosti (Q) Hlavného drénu (označeného ako HAS-1-SHV) v rokoch 2023 a 2024 a ostatných významných ukazovateľov, zaznamenaný automatickým prietokomerom, inštalovaným na ústí odvodňovacieho potrubia v marci 2023 v rámci riešenia geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií (ktorá bola súčasťou OP KŽP); a – hodinové kolísanie Q (zelená – maximálny Q , červená – minimálny Q , bledozelená – 3. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 1. kvartil), b – priemerný denný Q , c – minimálny (modrá) a maximálny (červená) denný Q , d – veľkosť denného kolísania Q , e – rýchlosť prúdu vody na ústí potrubia, f – výška hladiny na ústí potrubia.

Nameraná bola 25. decembra, teda krátko pred nameraním maximálnych stavov hladiny podzemnej vody vo väčšine monitorovacích vrtov. Z interpretácie priebehu prietoku na obr. 4.20.16 vyplýva, že hodnoty výdatnosti nad $1\,000\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ boli prvýkrát namerané už 18. marca ($1\,010,40\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$), následne boli pozorované od 17. do 21. mája (maximum $1\,260,4\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$). K náhlemu krátkodobému vzostupu výdatnosti došlo 27. októbra ($1\,027,6\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$; v rovnaký termín bol na stanici SHMÚ Handlová nameraný zrážkový úhrn 29,1 mm; 30-dňové kumulatívne zrážky k uvedenému dátumu dosiahli 89,4 mm). Najvyššie hodnoty výdatnosti boli pozorované v novembri a predovšetkým v decembri. V mesiaci november bola najvyššia nameraná hodnota prietoku na úrovni $2\,733,0\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ a v mesiaci december až $4\,092,50\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Ide o najvyššiu zaznamenanú hodnotu v hodnotenom roku a zároveň i najvyššiu nameranú výdatnosť na danom zariadení v rámci celého obdobia monitorovania (pri manuálnych meraniach, ktoré boli vykonávané terénnym meračom, podobné prietoky nebolo fyzicky možné zaznamenať). Vzostupy, hlavne náhle, súviseli s výskytom intenzívnych zrážok v danom období. Počas posledných dvoch mesiacov roka bol zaznamenaný 1-dňový zrážkový úhrn v intervale 15,4 až 41,0 mm až počas piatich dní. 30-dňové kumulatívne zrážky sa v danom období pohybovali v rozmedzí od 72,9 do 233,6 mm, teda išlo o obdobie mimoriadne bohaté na zrážky.

Naopak, najnižšie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na začiatku druhej polovice októbra. Minimálna hodnota len mierne prekračovala $50\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Pokles nasýtenia horninového prostredia vodou v danom období je preukázateľný aj z meraní hĺbky hladiny podzemnej vody. Počas októbrových meraní boli až v desiatich vrtoch namerané najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody.

Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v období roka 2023 dosiahla $689,22\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (do výpočtu boli zahrnuté hodinové merania v období od 1. marca do 31. decembra).

V roku 2024 sa pokračovalo v kontinuálnom meraní prietoku hlavného drénu v rámci pokračovania projektu Monitoring svahových deformácií (OP KŽP) pod názvom „Udržiavateľnosť projektov ŠGÚDŠ riešených z prostriedkov OP KŽP, podúloha: Monitoring svahových deformácií na spoločensko-ekonomicky najohrozenejších lokalitách“.

Z nameraných údajov vyplýva, že výdatnosť odvodňovacích drenážnych zariadení, sledovaná na ústí hlavného drénu, mala počas hodnotného roka 2024 výrazne zostupný trend. Maximálna hodnota bola nameraná na začiatku kalendárneho roka – 7. januára s hodnotou $2\,931,8\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (išlo o reakciu na zrážkovú činnosť; počas predchádzajúcich 8 dní boli zaznamenané zrážky s úhrnom 54,3 mm) Minimálny prietok v daný deň však dosahoval $2\,507\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, z čoho vyplýva denná amplitúda s veľkosťou $424,2\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Priemerná denná hodnota prietoku v daný deň dosiahla $2\,713,52\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Uvádzané hodnoty boli stanovené na základe rýchlosti prietoku na ústí potrubia (v daný deň sa pohybovali v rozsahu $1,97$ až $2,10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) a výšky hladiny v odmernom bode (maximálne hodnoty výšky hladiny v potrubí s kruhovým profilom sa pohybovali v intervale od 7 do 8 cm).

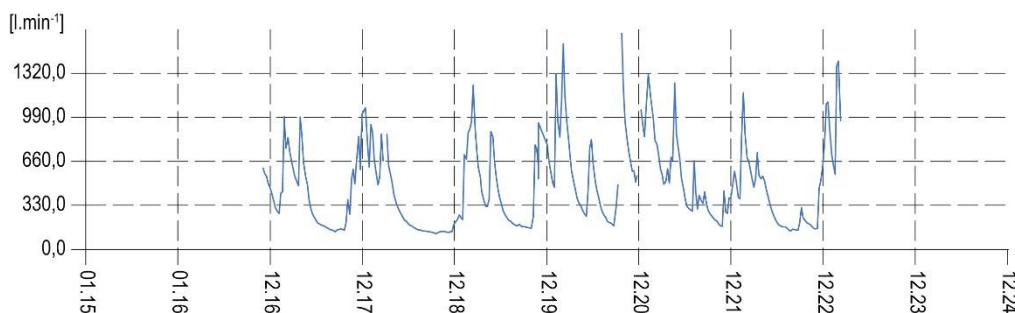
V nasledujúcom období začala výdatnosť pomerne prudko klesať. Jej zostup sa počas roka niekoľkokrát spomalil, resp. došlo k viacerým prípadom náhleho, nie však veľmi výrazného vzostupu prietoku; predpokladáme, že všetky vzostupy súviseli s klimatickými vplyvmi. Okrem viacerých krátkodobých vzostupov (16. apríl, 16. júl a 15. september) boli zaznamenané aj viaceré vzostupné zmeny výdatnosti, ktoré mali dlhodobejší charakter. Ide hlavne o obdobie od polovice februára do konca apríla, resp. začiatku mája. Zvýšené hodnoty výdatnosti v uvedenom období pomerne dobre korelujú so zvýšenými hladinami podzemnej vody vo viacerých monitorovacích vrtoch.

Približne od 11. augusta do 20. novembra výdatnosť dosahovala nízke hodnoty – priemer $182,26\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. V druhej polovici novembra došlo k miernemu vzostupu výdatnosti.

Celková priemerná hodnota v roku 2024 dosiahla 676,22 l.min⁻¹ (čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny vzostup; v tejto súvislosti treba poznamenať, že kontinuálne merania v roku 2023 nepokrývajú celý rok, čo môže do určitej miery ovplyvniť výslednú priemernú hodnotu) a výslednú amplitúdu ročných zmien prietoku dosiahla 2 910,82 l.min⁻¹.

Tab. 4.20.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacieho zariadenia (Hlavného drénu) na lokalite Stabilizačný násyp Handlová v roku 2024.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
Hlavný drén	8 784	2 931,8	7. 1. 2024 17:00	20,98	17. 11. 2024 11:00	676,22	2 910,82



Obr. 4.20.17. Dlhodobý priebeh výdatnosti Hlavného odvodňovacieho drénu v rokoch 2015 až 2024 sledovanej manuálne v týždenných intervaloch. Pozn.: v období od októbra 2010 do decembra 2016 sa na objekte Hlavného drénu merania nevykonávali; od marca 2023 bol na ústie odvodňovacieho potrubia inštalovaný automatický prietokomer; výsledky sú prezentované na obr. 4.20.16 (vzhľadom na rozdielnosť technológie merania nie je možné výsledky kombinovať).

Z dlhodobého hľadiska je možné konštatovať (obr. 4.20.17), že kolísanie prietoku vody vytekajúcej z odvodňovacích systémov, zachytených v hlavnom dréne, má podobne ako v prípade zmien hĺbky hladiny podzemnej vody do značnej miery sezónny charakter. Minimálne hodnoty sú zvyčajne dosahované na konci letného obdobia a počas jesenných mesiacov a naopak, maximálne, v zimných a jarných mesiacoch.

c) Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Handlová s indikatívom 30080. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2022 predstavuje 837,03 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 328,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 69,8 mm a maximálny mesačný úhrn 288,2 mm (august 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 16. júla 2010 do 15. augusta 2010) dosiahol 335,8 mm.

V roku 2023 bol nameraný zrážkový úhrn 1 148,90 mm, čo zodpovedá 137,26 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (167,2 mm) a najvyšší denný úhrn 5. augusta (46,8 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 44,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. októbra do 17. novembra (233,60 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 18. augusta do 17. septembra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 12,1 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 11 dní (od 10. do 20. novembra) s úhrnom 65,7 mm.

V roku 2024 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 792,2 mm, čo zodpovedá 94,64 % dlhodobého priemeru, a teda, podobne ako v predchádzajúcom roku, ide o normálny rok. Na zrážky bol najbohatší mesiac september (132,9 mm). Najvyšší denný úhrn bol zaznamenaný 14. septembra (45,0 mm). Naopak, najsuchším mesiacom bol december s úhrnom 14,3 mm zrážok. Najvyššia hodnota kumulatívnych tridsaťdňových zrážok dosiahla 166,1 mm a nameraná bola

v období od 6. septembra do 6. októbra. Najsuchšie tridsaťdňové obdobie trvalo od 15. októbra do 13. novembra so sumárnym zrážkovým úhrnom 0,0 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2024 trvalo 7 dní (od 1. do 7. januára; v skutočnosti však jeho trvanie bolo až 8 dní, pretože zrážky sa začali vyskytovať už 31. decembra 2023) s úhrnom 54,3 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Pri hodnotení hladín podzemnej vody, sledovaných v piezometrických vrtoch, možno konštatovať, že v rokoch 2023 a 2024 došlo vo viacerých prípadoch k prekročeniu referenčných maximálnych hĺbok hladiny podzemnej vody. Tieto referenčné hodnoty boli stanovené pre každý monitorovací vrt na základe dlhodobých výsledkov predchádzajúceho monitoringu. Celkovo bolo počas hodnoteného obdobia zaznamenané prekročenie referenčnej maximálnej hladiny podzemnej vody až v piatich prípadoch. Za mimoriadne nepriaznivý stav možno označiť situáciu najmä vo vrte N-1, ale i vo vrtoch M-1 a M-2, v ktorých hladina podzemnej vody počas kulminácie vystúpila až nad úroveň terénu.

Z meraní zároveň vyplýva, že vo väčšine monitorovaných objektov sa hladina podzemnej vody vyznačovala sezónnym kolísaním. V niektorých prípadoch pozorujeme, že hĺbka hladiny podzemnej vody vo vrte je ovplyvňovaná prepojením viacerých zvodnených horizontov. Často dochádza k prepojeniu pôvodne monitorovaného horizontu s nadložným, alebo s horizontom s vyšším hydraulickým gradientom. Tieto prepojenia sú spôsobené narušením ílového tesnenia vo vrte, čo vedie k hydraulickému prepojeniu viacerých vrstiev. Takéto javy boli pozorované napríklad vo vrtoch H-3, N-4 a NV-110.

V súvislosti so sledovaním prietokov na ústí Hlavného drénu bol v marci 2023 nainštalovaný automatický prietokomer, ktorý umožňuje meranie prietoku aj v čiastočne zaplavených potrubiach. Na meranie sa využívajú Dopplerov a ultrazvukový senzor. Zariadenie zabezpečuje kontinuálne meranie prietoku, pričom namerané hodnoty sú raz denne automaticky odosielané prostredníctvom siete GSM do monitorovacieho centra ŠGÚDŠ v Bratislave.

Vďaka kontinuálnemu meraniu výdatnosti Hlavného drénu v rokoch 2023 a 2024 bolo možné podrobne sledovať skutočný vývoj prietoku odtekajúcej vody z drenážnych objektov. Významnou výhodou oproti predchádzajúcemu obdobiu, kedy bol monitoring realizovaný výlučne manuálnym spôsobom, je možnosť zachytiť aj extrémne hodnoty výdatnosti (veľmi nízke, ale hlavne tie extrémne vysoké). Najmä pri zvýšených prietokoch bolo v minulosti prakticky nemožné zabezpečiť spoľahlivé manuálne meranie, čo v súčasnosti automatický systém umožňuje.

V závere roka 2023 a na začiatku roka 2024 boli na hodnotenom objekte zaznamenané prietoky, ktoré výrazne prekročili dovtedy zaznamenané maximálne hodnoty. Ako už bolo naznačené, priame porovnanie údajov z obdobia pred inštaláciou automatického prietokomeru s obdobím po jeho zavedení nie je metodicky možné. Dôvodom sú zásadné rozdiely v použitých postupoch merania. Týka sa to hlavne technických obmedzení pri terénnych meraniach, ale tiež i výrazne nižšej frekvencie manuálneho zberu dát. Z tohto dôvodu nie je možné výsledky z automatického prietokomeru porovnávať s predchádzajúcimi údajmi zabezpečenými etapovými meraniami. Na základe kontinuálnych meraní však možno predpokladať, že i v minulosti boli maximálne prietoky, napr. počas období bohatých na zrážkové úhrny (ako napríklad 15. august 2010 a ďalšie), pravdepodobne vyššie ako tie, ktoré boli fyzicky manuálnymi kontrolnými meraniami zmerané a zaznamenané.

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. V zmysle uvedených obhliadok boli identifikované tieto závažné nedostatky:

- povrchové odvodňovacie rigoly, nachádzajúce sa v oblasti zosuvu z roku 1960/1961, plnia svoju úlohu pri odvádzaní vody len čiastočne, na viacerých úsekoch sú poškodené,

rozvoľnené alebo úplne chýbajú. Na týchto úsekoch dochádza k nežiaducej infiltrácii vody do podlažia – telesa zosuvu. Rigoly sú miestami zanesené zeminou, zarastené porastom, kríkmi alebo sú zanesené rozličným materiálom – napadané kmene stromov, konáre, listie atď. Znečistené sú aj šachty subhorizontálnych vrtov, ktoré sú napojené na povrchové rigoly;

- viaceré kanalizačné šachty a cestné priepusty pod št. cestou Žiar nad Hronom – Handlová sú znečistené, zahádzané rôznorodým materiálom a čiastočne aj upchaté;
- pravostranná záchytná priekopa medzi štátnou cestou a násypom býva zanesená prívalovým bahnom z násypu, zarastá vegetáciou a jej funkčnosť sa tým podstatne znižuje;
- rošty pred vtokovými objektami na Handlovke a Nepomenovanom potoku bývajú častokrát zanesené od nánosov a naplavenín rôznorodého materiálu (napr. konáre, pneumatiky, plastové fľaše a iné);
- **dlhodobo upozorňujeme na slabo zabezpečenú revíziu šachtu OŠ-3 na stabilizačnom násype, ktorá je prekrytá iba dreveným poklopom a hrozí tu nebezpečenstvo úrazu.** Šachtu je potrebné trvalo zabezpečiť prekrytím veľkým betónovým panelom;
- na násype bol počas viacerých pozorovaní nájdený nevhodný odpadový materiál, išlo hlavne o stavebný a komunálny odpad. Jednou z príčin tohto stavu je, že bočné prístupové cesty k násypu nie sú zabezpečené, na čo sme opakovane upozorňovali.

Taktiež treba upozorniť na nepriaznivý stav pravostrannej priekopy medzi Európskou cestou E572 a okrajom Stabilizačného násypu, ktorá sa zanáša prívalovým bahnom z násypu a jej funkčnosť sa tým podstatne znižuje.

2. ZÁVER

V podsysteme „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2024 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – **zosúvanie** (11 lokalít), **plazenie** (4 lokality; fyzické merania boli však vykonávané len na 3 lokalitách, pretože lokalitu Sokol, v dôsledku kritickej deformácie a deštrukcie prístroja TM-71, nebolo možné v roku 2024 monitorovať) a **náznaky aktivizácie rúťových pohybov** (4 lokality). Špecifickou lokalitou, na ktorej sa vykonávajú monitorovacie aktivity je **Stabilizačný násyp v Handlovej**.

Celkovo sa teda v rámci podsystemu 01 v roku 2024 monitorovalo 20 lokalít. Prehľad aplikovaných metód monitorovania, frekvencie ich použitia a najvýznamnejšie výsledky meraní na jednotlivých pozorovaných lokalitách, je zhrnutý v predloženej správe vo forme textu, obrázkov a tabuliek.

Rozsah monitorovacích aktivít, ako aj frekvencia ich použitia, vychádzali z Programu monitorovania na rok 2024.

Najdôležitejšie výsledky monitorovania svahových deformácií v roku 2024

Na lokalitách zo skupiny zosúvania boli pri monitorovaní použité dlhodobou zaužívané metód, ktoré 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 rúťových pohybov, boli sledované prejavy aktivity pomocou dilatometrických a mikromorfologických meraní.

Okrem priamo vykonávaných monitorovacích meraní bola v roku 2024 zabezpečená štatistická 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

Jednou zo základných charakteristík zosuvov je gravitačný pohyb zosuvného telesa po šmykovej ploche. Ďalším významným faktorom, ktorý sa podieľa na vývoji stability území postihnutých zosuvmi, sú zmeny úrovne hladiny podzemnej vody. Z tohto dôvodu sa pri záverečnom hodnotení zosuvných lokalít prednostne uvádzajú tie lokality, na ktorých boli namerané zvýšené hodnoty pohybovej aktivity. Zároveň sa zameriavame aj na lokality, pri ktorých výsledky režimových ukazovateľov poukazujú na mimoriadne vzostupné zmeny hladiny podzemnej vody. Pozornosť je venovaná aj zisteniam z pravidelných terénnych obhliadok zosuvných území.

Inklinometrické merania boli v roku 2024 zabezpečené na 5 lokalitách (Bardejovská Zábava – 1 vrt, Dačov – 3 vrty, Hodruša-Hámre – 2 vrty, Svätý Anton – 2 vrty a Vyšný Čaj – 2 vrty), a to s frekvenciou 1 meranie za rok.

Na základe nameraných výsledkov je možné konštatovať, že najvyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná na lokalite Svätý Anton. Namerané deformácie na lokalite vyjadrujú pohybovú aktivitu za obdobie od 16. augusta 2023 do 15. mája 2024. V uvedenom období došlo v oblasti vrtu SVA-1-INK na šmykovej ploche v hĺbke cca 9 m pod terénom k etapovej deformácii 5,46 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 7,32 mm.rok⁻¹. Priebeh deformácie vo vrte naznačuje, že ide o aktívnu šmykovú plochu. Pohyb zosuvu je v danej oblasti orientovaný na severozápad s azimutom 306°. Podstatne nižšie hodnoty etapového prírastku boli pozorované vo vrte INK-1, ktorý sa nachádza bližšie k čelu zosuvu (v oblasti, v ktorej boli v roku 2021 vybudované sanačné opatrenia). Nárast pohybovej aktivity vo vrte SVA-1-INK je

výsledkom mimoriadne nepriaznivej stabilitej situácie, ktorá súvisí so zrážkovou činnosťou na konci roku 2023. Hladinomeri inštalovanými vo vrtoch JSA-1 a JSA-2 boli v danom období dokumentované výrazné vzostupy hladiny podzemnej vody. Vo vrte JSA-1 vystúpila hladina podzemnej vody na úroveň 4,07 m pod terénom (k uvedenému vzostupu došlo na sklonku roka 2023), čo je najvyššia hladina za celé monitorované obdobie v danom vrte, teda vyššia ako pred realizáciou sanačných opatrení (monitorovacie merania hladiny podzemnej vody sa začali vo vrte realizovať v druhej polovici februára 2021). V rovnakom období bol pomerne výrazný vzostup hladiny podzemnej vody pozorovaný aj vo vrte JSA-2. V súvislosti s vybudovanými sanačnými opatreniami je možné konštatovať, že v oblasti vrtov JSA-2 (piezometrický) a INK-1 (inklinometrický), ktoré sa nachádzajú práve v blízkosti stabilizačnej konštrukcie osadenej do čela zosuvu, boli namerané priaznivejšie stabilné výsledky – nižšie hodnoty deformácie, ale aj menšie kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody (čo je dôsledok hĺbkového odvodnenia). Z meraní hladiny podzemnej vody zároveň vyplýva, že vďaka vybudovanému hĺbkovému odvodneniu, ktoré je tvorené subhorizontálnymi vrtmi, dochádza k výraznej kompenzácii vzostupov hladiny podzemnej vody. Uvedený stav sa týka predovšetkým oblasti vrtu JSA-2; vo východnejšej časti, pod násypom futbalového ihriska, je dosah stabilizačných opatrení nižší, v dôsledku čoho hladina podzemnej vody intenzívnejšie reaguje na atmosférické zrážky. Nepriaznivo tomu prispieva i skutočnosť, že vo vyššej časti svahu sa nachádza vhodné infiltračné územie – futbalové ihrisko, (i v tomto území boli vybudované sanačné opatrenia – systém povrchových a podpovrchových odvodňovacích prvkov).

Výrazný nárast pohybovej aktivity bol pozorovaný aj na lokalite Vyšný Čaj. Inklinometrickými meraniami, ktoré zachytávajú obdobie od 12. októbra 2023 do 12. apríla 2024, bola v jednotlivých vrtoch na úrovni šmykových plôch, detegovaná pohybová aktivita v intervale od 1,53 (vo vrte VČI-1 v hĺbke 6,23 m pod terénom) do 4,59 mm (vo vrte VČI-2 v hĺbke 5,16 m pod terénom; zosuvné územie sa nachádza v juhozápadnej časti obce). Oba namerané prírastky deformácie jednoznačne dokumentujú akceleráciu svahového pohybu v oblasti čela zosuvu, ktoré je v priamom kontakte s obecným cintorínom. Po približne 10 ročnom stabilite priaznivom období, počas ktorého prevládali etapové prírastky deformácie do 1,0 mm, došlo v roku 2024 k nárastu pohybovej aktivity a namerané deformácie sú najvyššie od roku 2014 (VČI-2), resp. od roku 2015 (VČI-1). V súvislosti s nepriaznivým stabilným vývojom je potrebné poukázať na dlhodobu neriešenú problém nesprávneho dimenzovania odtokového potrubia zo zbernej šachty, do ktorej sú zaústené subhorizontálne odvodňovacie vrty. Voda v šachte zatápa ústia odvodňovacích vrtov, čím dochádza k zníženiu efektívnosti sanačného opatrenia. Vzhľadom na pomerne nízku frekvenciu režimových meraní nie je možné jednoznačne preukázať príčinu nárastu pohybovej aktivity.

Poslednou lokalitou, na ktorej možno na základe výsledkov meraní vykonaných metódou presnej inklinometrie konštatovať nárast deformácie, je zosuvné územie Ďačov. Z korelácie medzi vývojom svahového pohybu zaznamenaného v predchádzajúcom období a súčasnými prírastkami deformácie v jednotlivých monitorovaných vrtoch vyplýva, že vo vrte DA-7 došlo v hĺbke 1,83 m pod terénom k nárastu pohybu. Počas obdobia od 16. októbra 2023 do 12. apríla 2024 bola v tomto vrte nameraná deformácia 2,92 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 5,95 mm.rok⁻¹. Ide o najvyššiu nameranú hodnotu deformácie od roku 2015. O niečo vyššia hodnota etapovej pohybovej aktivity bola zaznamenaná vo vrte DA-1. V hĺbke 2,47 m pod terénom bola od polovice októbra 2023 do začiatku decembra 2024 nameraná deformácia 3,96 mm. Azimut nameraného vektora je orientovaný na severozápad. Nárast pohybovej aktivity bol pozorovaný aj vo vrte DA-9. V hĺbke 1,87 m pod terénom bola nameraná deformácia 3,77 mm; nameraný etapový vektor má navyše azimut v smere spádnic svahu. Na lokalite sa pravidelne vykonávajú merania režimových ukazovateľov, avšak vzhľadom na nízku frekvenciu meraní nie je možné jednoznačne určiť príčinu nárastu deformácie.

Ako bolo uvedené, značná pozornosť sa venuje monitorovaniu režimových ukazovateľov, predovšetkým zmenám hladiny podzemnej vody. Z hľadiska hodnotenia účinkov na stabilitu zosuvov sa zameriavame na najvyššie namerané hladiny podzemnej vody počas celého monitorovaného obdobia, resp. za poslednú dekádu. Pri analýze nameraných údajov došlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych hodnôt na lokalitách Handlová-Morovnianske sídlisko a Slanec-tranzitný plynovod, ako aj k čiastočnému prekročeniu na lokalite Bardejovská Zábava.

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko bolo zaznamenané prekročenie doterajších maximálnych hladín v dvoch vrtoch. Vo vrte P-22 bola 19. januára 2024 nameraná hladina podzemnej vody v hĺbke 4,40 m pod terénom (442,63 m n. m.), čo predstavuje prekročenie maxima z roku 2023 o 0,62 m. Vo vrte VP-41 hladina vystúpila na úroveň 4,79 m pod terénom (446,84 m n. m.), pričom v porovnaní s predchádzajúcim maximom ide o rozdiel len 0,04 m. Vrt P-22 sa nachádza medzi železnicou a individuálnou bytovou výstavbou v časti Malá Hôrka, zatiaľ čo vrt VP-41 je situovaný v severnej časti monitorovaného územia nad železničným oblúkom. Podobne ako v uvedených dvoch vrtoch, výskyt maximálnych hladín podzemnej vody v ostatných vrtoch kulminoval v mesiaci január.

Na lokalite Slanec-TP boli vo vrtoch J-5 a J-6 prekročené desaťročné maximálne hladiny. Frekvencia meraní je však nižšia, čo neumožňuje jednoznačne hodnotiť kolísanie hladiny podzemnej vody v monitorovaných vrtoch.

Na ostatných zosuvných lokalitách, kde je pozornosť okrem hodnotenia klimatických faktorov a vykonávania pravidelných kontrolných rekognoskácií zameraná predovšetkým na sledovanie režimových ukazovateľov – lokality Čirč, Okoličné (v rokoch 2023 a 2024 sa vyskytli opakované poruchy monitorovacieho zariadenia), Handlová–Kunešovská cesta a Šenkvice – nedošlo v roku 2024 k prekročeniu dlhodobých maximálnych stavov hladiny podzemnej vody, odvodených z výsledkov predchádzajúceho monitorovacieho obdobia.

Systematický monitoring hladiny podzemnej vody predstavuje kľúčový nástroj na hodnotenie stabilitných pomerov zosuvných území. Náhle zmeny hladiny podzemnej vody bývajú neraz priamo späté s nárastom pohybovej aktivity monitorovaných zosuvov. Z tohto dôvodu považujeme do budúcnosti za opodstatnené požadovať pri budovaní nových piezometrických vrtovej aj ich inštrumentovanie automatickými hladinomerami, ktoré poskytnú kontinuálny záznam o zmene hĺbky hladiny podzemnej vody. V tejto súvislosti mimoriadne oceňujeme iniciatívu zástupcov SGaPZ MŽP SR, ktorí navrhli výmenu technicky zastaraných automatických hladinomerov a zároveň aj ich doplnenie do piezometrických vrtovej, v ktorých boli zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody doteraz sledované iba prostredníctvom kontrolných etapových meraní.

V nadväznosti na tento návrh bolo vykonané posúdenie vhodnosti inštrumentácie jednotlivých monitorovacích vrtovej automatickými hladinomerami. Na základe analýzy bola vytípaná množina deviatich zosuvných lokalít, na ktorých sa v roku 2025, prípadne v roku 2026, plánuje inštalácia automatických hladinomerov. Základným kritériám inštalácie (vrátane posúdenia, či kolísanie hladiny podzemnej vody v monitorovanom vrte neindikuje alebo nepreukazuje technický problém s vystrojením vrtovej) vyhovel 26 monitorovacích objektov.

Návrh na vystrojenie monitorovacích objektov automatickými hladinomerami bol v zmysle dohody z pracovného rokovania k úlohe „Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory“ zo dňa 20. februára 2025 odoslaný zástupcom SGaPZ MŽP SR.

Svahové pohyby charakteru plazenia

V roku 2024 pokračovali monitorovacie práce s využitím mechanicko-optických dilatometrov TM-71 na troch lokalitách: Veľká Izra, Košícký Klečenov a Jaskyňa pod Spišskou. Začiatkom roka bola na lokalite Sokol zistená deštrukcia prístroja z dôvodu náhleho pohybu skalného bloku, ktorého veľkosť bola nad rozsah merania osadeného prístroja. Na lokalite Veľká Izra (VI-1) dlhodobo postupujúci pokles bloku (os Z) v roku 2024 vzrástol

o 0,09 mm na celkových 2,756 mm; šmykový posun (os Y) od roku 2007 dlhodobo rastie (celkovo 1,226 mm), v roku 2024 však klesol o 0,127 mm. Na lokalite Košický Klečenov sa dlhodobo prejavuje pohyb bloku (KK1) vo všetkých troch smeroch. Otvorenie trhliny (os X) v roku 2024 vzrástlo o 0,902 mm (celkovo 8,827), šmykový posun pozdĺž trhliny (os Y) klesol o 0,027 mm (celkovo 8,861 mm), pokles bloku (os Z) sa zväčšil o 0,678 mm (celkovo 14,486 mm). V Jaskyni pod Spišskou otvorenie trhliny (os X) narástlo o 0,09 mm (celkovo 1,274 mm), spodný blok (os Z) poklesol o 0,05 mm (celkovo 1,068 mm) a šmykový posun pozdĺž trhliny (os Y) stagnoval pri hodnote cca 0,03 mm.

Názznaky aktivizácie rúťových pohybov a monitorovanie mikromorfologických zmien

Na lokalite **Demjata** je monitorované pomalé rozvoľňovanie dvoch oddelených lavíc v skalnom záreze cestnej komunikácie z Demjaty do Raslavic. Situované sú v pravej strane zárezu, na jeho južnom ukončení. V roku 2024 posun okrajovej vrchnej lavice prekročil rozsah, ktorý možno zaznamenávať dilatometrom Somet. V podloží okrajovej lavice sa v roku 2024 zvýšila intenzita rozvoľňovania uvoľneného horninového bloku, zaznamenaný bol posun 0,60 mm, pričom v roku 2023 bol pozorovaný posun 0,342 mm.

Na lokalitách Demjata 5, Handlová-Baňa, Bratislava-Železná studnička, Pezinská Baba 2 a 3, na ktorých sa vykonávajú merania mikromorfologických zmien, boli v roku 2024 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 úložísk nebezpečných odpadov.

Samostatnú – špecifickú – skupinu hodnotenia stability prostredia predstavuje 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 2024 zabezpečené merania hladiny podzemnej vody a pravidelne raz mesačne boli vykonávané obhliadky všetkých objektov Stabilizačného násypu. Výsledky boli mesačne predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom TBD – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Na základe analýzy režimových ukazovateľov vyplýva, že v priestore Stabilizačného násypu došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k zostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody, a to o 0,21 m, na úroveň 6,47 m pod terénom. Maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané prevažne 5. januára 2024, a to až v 16 vrtoch (pričom monitorovaných je celkovo 25 vrtov). Nad úroveň terénu sa dostala hladina v troch vrtoch M-1 (0,10 m nad terénom), M-2 (0,02 m nad terénom) a N-1 (0,42 m nad terénom). Vo všetkých prípadoch bol jednotný termín výskytu, a to 26. apríl 2024. Do blízkosti terénu (v intervale hĺbok 0,22 až 0,99 m pod terénom) vystúpili hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch M-3, N-2, N-3 a N-4).

Z hľadiska hodnotenia funkčnosti drenážneho systému v oblasti zosuvu z roku 1960, ako aj samotného telesa stabilizačného násypu, je mimoriadne dôležitá informácia o výdatnosti Hlavného drénu. Vďaka prevádzke automatického prietokomeru, ktorý bol vybudovaný v roku 2023 v rámci riešenia geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií a v roku 2024 bol prevádzkovaný v rámci Udržateľnosti uvedeného projektu (Ondrejka et al., 2025), bolo v roku 2024 namerané kolísanie prietoku od 20,98 l.min⁻¹ (17. november) do 2 931,8 l.min⁻¹ (7. januára). Priemerná výdatnosť dosiahla 676,08 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s rokom 2023 vzostup.

Nové zosuvy v roku 2024

Základné informácie o svahových deformáciách aktivizovaných v roku 2024 (vrátane obdobia začiatku nepriaznivej klimateckej situácie v decembri 2023), resp. statických poruchách, ktoré boli poskytnuté Centrálnym monitorovacím a riadiacim strediskom, odborom operačného riadenia, sekciou krízového riadenia MV SR, sa týkali katastrálnych území: Kozelník, Galanta, Štiavnické Bane, Dolné Semerovce, Rudina, Lednica, Hričovské Podhradie, Likavka, Liptovská Osada, Dolný Kubín, Strečno, Žilina-Bytčica, Košice (Bankov), Žirany, Jablonov, Žilina-Budatín, Ružomberok-Biely Potok, Čičava, Čavoj, Ubl'a, Ľubietová-Zábava, Domaníža, Zubrohlava, Vysoké Tatry, Kremná a Ždiar – Monkova dolina.

V rámci riešenia vyhlásenej Mimoriadnej situácie, súvisiacej s mimoriadnymi zrážkami v mesiaci september 2024, boli v Bratislavskom kraji, na základe príkazov Okresného úradu Bratislava, posudzované lokality Kuchyňa, Pernek (3 zosuvy), Devín, Devínska Nová Ves, Stupava-Debnáreň, Stupava-Lintavy, Marianka (2 lokality), Borinka (5 lokalít) a Bernolákovo.

Priamu informáciu od občanov a zástupcov samosprávy dostali pracovníci ŠGÚDŠ o svahových deformáciách v katastrálnych územiach: Malá Lehôtka, Malá Čausa, Bratislava-Lamač, Obid a Horné Opatovce. Informáciu z Magistrátu hlavného mesta SR Bratislavy prijal ŠGÚDŠ o dvoch zosuvoch na Devínskej ceste nad ostrovom a Sihot'.

V roku 2024 pracovníci ŠGÚDŠ na základe žiadosti SGaPZ MŽP SR a iných subjektov vykonali obhliadku/registráciu 13 svahových deformácií: Baláže, Dolné Semerovce, Malá Lehôtka, Malá Čausa, Modrý Kameň, Veľká Čausa, Handlová – nad Baňou, Handlová – areál OC Handlová, Horné Opatovce, Slivník, Rudina, Košice (Bankov) a Prešov-Šalgovík.

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 stabilného stavu, budú 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.

V súvislosti s katastrofickými kamenito-hlinitými prúdmi, ktoré vznikli v Monkovej doline (Belianske Tatry) dňa 11. júla 2024, v rámci geologického a inžinierskogeologického mapovania územia a posúdenia trasovania nového náučného chodníka ŠGÚDŠ identifikoval 129 svahových deformácií, prevažne hlinito-kamenitých prúdov, zosuvov a svahových prúdov.

Prevažná väčšina vzniknutých alebo aktivizovaných svahových deformácií bola zapríčinená nepriaznivými klimatickými podmienkami (najmä na prelome 2023/2024 a v septembri 2024), v niektorých prípadoch to bola kombinácia antropogénnych vplyvov a klimatických podmienok.

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, 2021, 2022, 2023 a 2024)

- Antonická, B. a Fussgänger, E., 1998: Olšavica – vrch Spišská a okolie, svahové poruchy. Manuskript. Bratislava, archív ŠGÚDŠ, 17 s.
- Fekeč, P., Bednarik, M., Mareta, P., 2014a: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Šenkvice. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, INGEO, a.s. Žilina. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, Ľ., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, 33 s.
- Fussgänger, E., Jadroň, D., 1977: Engineering geological investigation of the Okoličné landslide using measurement of stresses existing in soil mass. Bull. IAEG (Krefeld), 16, s. 203 – 209.
- Gajdoš, V., Wagner, P., 2005: Spôsob spracovania údajov z meraní presnej inklinometrie pri monitoringu svahových pohybov. Mineralia Slovaca, 37, s. 563 – 568.
- Grman, D., Boszák, M., Magdošková, M., Ondrejka, J., Potančok, L., Syčevová, M., Takáč, P., Udič, P., Dvořák, M., Adamová, M., 2010: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v Košickom kraji. MŽP SR, Bratislava, GEO Slovakia, s. r. o., Košice. Manuskript – 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 priečnych deformačných javov prekrytého profilu Handlovky a prítoku Nepomenovaného potoka. Meranie pohybov podložia. Banské projekty, spol. s r. o., 126 s. Archív Odboru 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. Manuskript – Geofond, Bratislava, 44 s.
- Havčo, J., 2012: Sanácia havarijného zosuvu v obci Bardejov, Mičkova ul. – 1.etapa. MŽP SR, Bratislava, HAGEOS, s. r. o., Uhorská Ves. Manuskript – Geofond, Bratislava, 43 s.
- Imrich, P., Kováčik, M., Bóna, J., Majerníková, 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.
- Matula, M., Pašek, J., 1986: Regionálna inžinierska geológia ČSSR. Vyd. Alfa – SNTL, 295 s., Bratislava, Praha.
- Míka, R., Bolha, Ľ., 2000: Záverečná správa z podrobného inžinierskogeologického prieskumu „Slanec“. Manuskript. Archív SPP, 15 s., Bratislava.
- Mokrá, M., Jadroň, D., Beracko, I., Zuberec, M., 2004: Handlová – pozorovací systém na stabilizačnom násype v údolí Handlovky. Záverečná správa. Archív INGEO – ighp, spol. s r.o. Manuskript, 92 s. a prílohy, Žilina.
- Ondrejka, P., Wagner, P., Gróf, V., 2011: Využitie stacionárneho inklinometra na tvorbu systémov včasného varovania na zosuvoch. Geotechnika 1-2/2011, Čeněk a Ježek, Praha, s. 19 – 23.
- Ondrejka, P., Liščák, P., Šimeková, J., 2014: Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, 37 s.
- Ondrejka, P., Ondrus, P., Mašlárová, I., Mašlár, E., Petro, Ľ., Stercz, M., Grega, D., Pačajová, K., Jajčišinová, S., Papčo, J., Czikhart, R., Kubica, L., Dananaj, I., Liščák, P., Gregor, M., Bottlik, F., Jelínek, R., Žjak, R., Fraštia, M., Gužík, M., Cibula, R., Magalová, D., Dana, G., Peterčák, V., Kurta, F., Macková, A. a Holúbek, V., 2023b: Monitoring svahových deformácií, záverečná správa. Manuskript, ŠGÚDŠ, archív ŠGÚDŠ, Bratislava.

- Ondrejka, P., Ondrus, P., Žjak, R., Jajčištinová, S., Grega, D., 2025: Udržateľnosť projektu Monitoring svahových deformácií. Zhodnotenie výsledkov za monitorovacie obdobie január 2024 – marec 2025. Manuskript, ŠGÚDŠ, archív ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Petro, L., Bóna, J., Kováčik, M., Fussgänger, E., Antonická, B. & Imrich, P., 2011: The Cave under the Spišská hill: Preliminary monitoring results of the block movements. *Miner. Slov.*, 43, 2, 2011, s. 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, s. 24-26.
- Petro, L., Košťák, B., Polaščinová, E., Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybů v Slanských vrchoch. *Mineralia Slovaca*, 31, s. 549 – 554.
- Petro, L., Liščák, P., Ondrejka, P., 2012: Assessment of selected active landslides in Slovakia in 2011. *Mineralia Slovaca*, 44/2, s. 131 – 140.
- Petro, L., Spišák, Z., Polaščinová, E., 1984: Inžinierskogeologická mapa 1 : 10 000, oblasť Solivar. Manuskript, archív ŠGÚDŠ Košice, s. 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
- Pisca, P., 2022: Meranie vývoja zosuvného procesu v km 255,0 – 255,5 trate Košice – Žilina. 65. etapové meranie. Žilina, s. 5, prílohy.
- 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, L., 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, s. 7-287.
- Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro L. a Gonda, S., 2024: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, Časť I. Sanácia havarijného zosuvu v obci Nižná Myšľa – 2. etapa, Časť II. Inžinierskogeologický prieskum a sanácia prioritných havarijných zosuvov, orientačný a doplnkový IGP. Manuskript, ŠGÚDŠ, archív ŠGÚDŠ, Bratislava.
- 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.
- Šimeková, J., Sluka, V., Smolka, M., Flimmel, J., Hajčík, J., Šúty, P., 2010: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010; časť 2: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okrese Stará Ľubovňa, orientačný IGP. MŽP SR, Bratislava, GEOTREND, Žilina. Manuskript – Geofond, Bratislava, 57 s, 26 príloh.
- Šimeková, J., Sluka, V., Smolka, M., Havčo, J., 2012: Čirč – sanácia havarijného zosuvu v obci – 1. etapa. Obec Čirč, GEOTREND, Žilina. Manuskript – Geofond, Bratislava, 11 s.
- 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., Gomolčák, M., Scherer, S., Bvoc, T., 2010: 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. Manuskript – Geofond, Bratislava.
- Wagner, P., Iglárová, L., Petro, L., Scherer, S., 2002: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií. *Geol. práce, Spr.*, 106, s. 21 – 42.
- 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. Manuskript – Geofond, Bratislava, 38 s.