

Informácia o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám

1. Úvod

Uznesením vlády SR č. 907 z 21. augusta 2002 bola schválená Koncepcia trvalo udržateľného využívania zdrojov horninového prostredia. Na základe bodu B.3. tohto uznesenia sa predkladá každoročne k 30. aprílu na rokovanie vlády SR materiál „Informácia o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám“.

Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory (ďalej len „ČMS – GF“) je súčasťou Monitorovacieho systému životného prostredia Slovenskej republiky. Monitoring je zameraný hlavne na škodlivé prírodné alebo antropogénne geologické procesy, ktoré ohrozujú človeka a životné prostredie. Vzhľadom na nepriaznivé pôsobenie prírodných síl v kombinácii s neadekvátnymi zásahmi človeka do prírodného prostredia narastá v posledných rokoch počet mimoriadnych udalostí, ktoré majú negatívny vplyv na život a zdravie ľudí alebo ich majetok. Veľmi často v dôsledku zvýšených zrážok narastá vznik havarijných zosuvov. Výsledky monitorovania poskytujú informácie, na základe ktorých je možné prijať opatrenia umožňujúce mimoriadnym udalostiam včas predchádzať.

Monitorovanie geologických faktorov životného prostredia je zabezpečené v rámci geologickej úlohy ČMS – GF prostredníctvom Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (ďalej len „ŠGÚDŠ“).

Uznesenie vlády SR č. 803 z 12. októbra 2005 v bode B.1 ukladá ministrovi životného prostredia „zabezpečiť naďalej na Stabilizačnom násype v údolí Handlovky merania a pozorovania vodohospodárskych objektov a výsledky pozorovaní každoročne zahrnúť do správy o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám“.

Informácia je vypracovaná na základe výsledkov monitorovania v spolupráci s odborníkmi ŠGÚDŠ a s pracovníkmi organizácie Vodohospodárskej výstavby š. p., Bratislava, ktorí vykonávajú technicko-bezpečnostný dohľad (ďalej len „TBD“) na vodnej stavbe „Stabilizačný násyp Handlová“.

2. Výsledky monitorovania za rok 2020

V roku 2020 sa v súlade s Koncepciou aktualizácie a racionalizácie environmentálneho monitoringu pokračovalo v meraniach v nasledujúcich podsystemoch:

- 01 Zosuvy a iné svahové deformácie,
- 02 Tektonická a seizmická aktivita územia,
- 04 Vplyv ťažby na životné prostredie,
- 05 Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí,
- 06 Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi,
- 07 Monitorovanie riečnych sedimentov.

2.1 Podsystem 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie

V rámci podsystemu „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2020 (Príloha 1) vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – **zosúvanie** (12 lokalít), **plazenie** (4 lokality) a **náznaky aktivizácie rúťových pohybov** (6 lokalít). Samostatnou špecifickou skupinou hodnotenia stability prostredia je lokalita **Stabilizačného násypu v Handlovej**. Rozsah monitorovacích aktivít, ako aj frekvencia ich použitia, vychádzali z Programu monitorovania na

rok 2020.

Na území SR sú aktuálne v rámci inej geologickej úlohy – Monitoring zosuvných deformácií – monitorované i ďalšie socio-ekonomicky veľmi významné zosuvné územia: Bardejov - Pravoslávny chrám, Červený Kameň, Fintice, Handlová (zosuv z roku 1960), Kapušany, Kľačany, Liptovská Štiavnica, Ľubietová (nad ihriskom), Nižná Hutka, Nižná Myšľa, Petrovany, Podhorie, Prešov-Horárska ul., Prešov-Pod Wilec Hôrkou, Prievidza-Hradec, Prievidza-Veľká Lehôtka, Ruská Nová Ves, Varhaňovce, Veľká Čausa, Vyšná Hutka.

Hlavné výsledky monitorovania svahových pohybov v roku 2020

Lokality zo skupiny **zosúvania** sa monitorovali metódou zaznamenávajúcou deformácie na úrovni šmykovej plochy (metóda presnej inklinometrie) a zároveň bol sledovaný stav najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hĺbky hladiny podzemnej vody (ďalej len „HPV“). 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 a zabezpečovaných monitorovacích meraní bola v roku 2020 zabezpečená analýza klimatologických údajov (zo siete staníc SHMÚ) vo vzťahu k stabilite zosuvných území. Analyzovaný bol najmä ich vplyv na zmeny úrovne HPV a výdatnosti odvodňovacích zariadení.

Svahové pohyby charakteru zosúvania

Na základe výsledkov monitorovania z roku 2020 možno jednotlivé zosuvné lokality účelovo rozdeliť do viacerých kategórií. Vzhľadom na skutočnosť, že pri hodnotení stabilitných pomerov pripisujeme najväčší význam ich aktuálnej pohybovej aktivite, poradie prezentovaných lokalít zodpovedá veľkosti pohybu, zaznamenanému počas kontrolných meraní metódou presnej inklinometrie; najväčšia pozornosť je venovaná lokalitám, ktoré boli počas roka 2020 najaktívnejšie. Zároveň, v predloženej správe podávame aj informácie o vývoji režimových ukazovateľov a zisteniach z pravidelných obhládok.

Na základe hodnotenia výsledkov z inklinometrických meraní, ktoré boli v roku 2020 realizované na 6 lokalitách (**Handlová-Morovnianske sídlisko, Svätý Anton, Hodruša-Hámre, Ďačov, Bardejovská Zábava a Vyšný Čaj**), možno konštatovať, že najaktívnejšia je zosuvná lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko.

Inklinometrické merania sú na lokalite **Handlová-Morovnianske sídlisko** zabezpečované vo vrtoch AH-2 a AH-3. Vysoká pohybová aktivita bola nameraná v južnej časti s názvom Jánošíkova cesta vo vrte AH-3. Ide o oblasť, v ktorej je zvýšená pohybová aktivita sledovaná dlhšie obdobie. Jej prejavy sú viditeľné na stavebných objektoch, ale i na prístupovej ceste. V roku 2020 boli v tomto vrte vykonané dve etapy meraní (august a december). Vysoké hodnoty deformácie boli dokumentované obomi kontrolnými meraniami. Počas augustovej etapy bola v hĺbke 6,59 m pod úrovňou terénu nameraná deformácia 10,76 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 15,70 mm.rok⁻¹ a následne, počas decembrovej etapy deformácia 7,16 mm (23,52 mm.rok⁻¹). Výsledný vektor na aktívnej šmykovej ploche za obdobie od apríla 2017 do novembra 2020 dosiahol 49,54 mm, čo predstavuje priemernú ročnú rýchlosť 8,62 mm.rok⁻¹. Vo vrte AH-2, ktorý sa nachádza nad zástavbou Morovnianskeho sídliska (nad železničným oblúkom), boli v roku 2020 namerané zvýšené hodnoty deformácií prakticky na všetkých sledovaných šmykových plochách. Počas augustového merania bola najvyššia pohybová aktivita nameraná v hĺbke 3,78 m p. t. (4,3 mm; 6,28 mm.rok⁻¹).

Z hľadiska hodnotenia zmien hĺbky HPV, ktorá je monitorovaná v 41 objektoch, je možné konštatovať, že v roku 2020 došlo v šiestich vrtoch (P-11, P-16, P-18, P-34, P-37 a P-38) k dosiahnutiu pozitívnej vztlakovej hladiny. Výskyt tejto stabilítne nepriaznivej úrovne podzemnej vody bol spojený zväčša so zimným obdobím. Mimoriadne vysoké úrovne HPV boli zaznamenané aj vo vrtoch P-1, P-2, P-4, P-13, P-32, P-35 a P-36 (maximálne stavy HPV sa nachádzali v intervale od 0,55 do 0,96 m p. t.). Výskyt maximálnych stavov HPV v uvedených vrtoch bol viazaný prevažne na prvú polovicu mesiaca október, teda na obdobie s výdatnými zrážkami.

Odvodňovacie zariadenia sú vybudované buď ako samostatné odvodňovacie vrty, alebo sú sústredené do vejárov a zvedené do zberných šácht. Najvyššie výdatnosti sú pozorované na výtokových objektoch zo zberných šácht (v intervale od 8,7 do 70,59 l.min⁻¹). V roku 2020 bola však mimoriadne vysoká výdatnosť nameraná i na samostatnom odvodňovacom vrte JH-6. V prvej polovici októbra dosiahla výdatnosť na tomto vrte 66,67 l.min⁻¹, t. j. najvyššiu nameranú hodnotu od roku 2010. Vážnym problémom monitorovania odvodňovacích zariadení je dlhodobop upchaté výtokové potrubie zo šachty B. Voda preteká cez okraj záchytnej šachty.

Ďalšia lokalita, na ktorej počas roka 2020 prevládali nepriaznivé stabilitné pomery, je zosuvné územie v obci **Svätý Anton**. Monitorovanie je zabezpečované v jednom inklinometrickom a jednom piezometrickom vrte. V roku 2020 boli mimoriadne, nad rámec Programu monitorovania, zabezpečené tri etapy meraní (august, september a december). Dôvodom boli zhoršené stabilitné pomery, potvrdené kontrolným meraním z 13. augusta. V hĺbke 8,2 m p. t. bola zaznamenaná deformácia 5,17 mm, čo predstavuje priemernú ročnú rýchlosť 7,55 mm.rok⁻¹ (azimut 285°). Následným septembrovým meraním bol preukázaný priaznivejší stabilitný vývoj s etapovou deformáciou 0,5 mm. K miernemu nárastu deformácie došlo v období medzi septembrovým a decembrovým meraním. 1. decembra bol na úrovni šmykovej plochy nameraný vektor 1,46 mm (7,76 mm.rok⁻¹).

HPV, monitorovaná automatickým hladinomerom vo vrte JSA-2, kolísala najmä v zimnom a jesennom období. Maximálny stav bol zaznamenaný 5. marca (3,61 m p. t.); ide o najvyššiu HPV za celé monitorované obdobie (v predchádzajúcom období bola max. HPV nameraná na úrovni 4,55 m od terénu – 18. marec 2018). Následne HPV klesala, a to až do 16. októbra, kedy zaznamenala opätovný náhly vzostup (1,45 m za 24 hodín). Predpokladáme, že práve náhle vzostupy HPV vytvárajú mimoriadne nepriaznivé stabilitné podmienky. Priemerná hĺbka HPV v roku 2020 dosiahla hodnotu 6,38 m p. t., čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,84 m.

V zosuvnom území bola na základe požiadavky starostu obce vykonaná terénna obhliadka (výsledky boli zhrnuté v Obhliadkovej správe z augusta 2020). Z jej výsledkov vyplýva priame ohrozenie cestnej komunikácie I/51, plynového potrubia, elektrického vedenia a stavebných objektov nachádzajúcich sa v blízkosti zosuvu.

Na zosuvnej lokalite **Ďačov** boli zabezpečené 2 merania (jún a november) v troch vrtoch (DA-1, DA-7 a DA-9). Zvýšená pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte DA-1 počas novembrovej kontrolnej etapy. V hĺbke 2,47 m pod úrovňou terénu bola nameraná deformácia 5,74 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 6,24 mm.rok⁻¹ (meranie v intervale 11 mesiacov). Na hlbšej šmykovej ploche bol v rovnakom období nameraný etapový prírastok deformácie 0,2 mm (0,22 mm.rok⁻¹). Vo vrte DA-7 boli zabezpečené dve kontrolné merania. Počas prvého júnového merania bol na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 1,83 m p. t. nameraný vektor s dĺžkou 2,41 mm (4,73 mm.rok⁻¹) a následne, počas novembrovej etapy, vektor 1,28 mm (4,44 mm.rok⁻¹). V hlbších horizontoch sa veľkosti vektorov pohybovali v intervale 0,64 – 1,8 mm. Dlhodobý vektor deformácie na sledovanej šmykovej ploche (za obdobie apríl 2017 – november 2020) dosiahol 1,41 mm (0,4 mm.rok⁻¹). V porovnaní s predchádzajúcim aktívnym obdobím, ktoré trvalo od decembra 2011 do apríla 2017, kedy priemerná rýchlosť deformácie dosahovala približne 10 mm.rok⁻¹, je možné aktuálny stav zosuvného územia hodnotiť ako relatívne stabilný. Vo vrte DA-9 bola nameraná deformácia 1,14 mm (2,24 mm.rok⁻¹).

Vývoj zmien hĺbky HPV je sledovaný v troch vrtoch: DA-5, DA-8 a DA-10. V hodnotenom období najvyššie vystúpila HPV vo vrte DA-10, a to až do blízkosti terénu. Vrt sa nachádza v JV časti zosuvného územia v oblasti IBV. Priemerná HPV v roku 2020 dosiahla hĺbku 5,19 m p. t., čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,56 m. Priemerné hĺbky HPV sa pohybovali v rozsahu od 0,70 m (vrt DA-10) do 10,88 m p. t. (vrt DA-8).

V zosuvnom území nad obcou **Vyšný Čaj** je monitorovanie pohybovej aktivity zabezpečené prostredníctvom vrtov VČI-1 a VČI-2. V hodnotenom roku boli v území zrealizované 2 etapy meraní (jún a november). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas júnového merania vo vrte VČI-2. Na šmykovej ploche v hĺbke 5,16 m pod úrovňou terénu bola nameraná etapová deformácia s hodnotou 1,8 mm ($1,63 \text{ mm.rok}^{-1}$). Vo vrte VČI-1 bola mierne zvýšená pohybová aktivita nameraná počas novembrového merania. Výsledný dlhodobý vektor deformácie na šmykovej ploche vo vrte VČI-1 (za obdobie október 2014 – december 2020) dosiahol 3,77 mm ($0,62 \text{ mm.rok}^{-1}$) a vo vrte VČI-2 3,7 mm ($0,61 \text{ mm.rok}^{-1}$). V porovnaní s predchádzajúcim obdobím (pred rokom 2014), kedy priemerná rýchlosť deformácie dosahovala $2,69 \text{ mm.rok}^{-1}$, je možné konštatovať pokles pohybovej aktivity.

Z dvojice monitorovaných piezometrických vrtov bola HPV sledovaná len vo vrte VČHG-2; vrt VČHG-3 bol počas meraní v roku 2020 suchý. Priemerná hĺbka HPV vo vrte VČHG-2 dosiahla 5,94 m p. t., čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrný pokles, a to o 0,15 m.

I napriek uspokojivej stabilitej situácii, naďalej pretrvávajú problémy v oblasti odvádzania vôd zo zariadení podpovrchového odvodnenia. V obdobiach so zvýšenými prietokmi vybudované potrubie kapacitne nepostačuje, vďaka čomu dochádza k zaplavovaniu zbernej šachty a znižovaniu účinnosti sanačného opatrenia. V tejto súvislosti boli viackrát oslovení i predstavitelia obecného zastupiteľstva. V roku 2020 boli zberné šachty zaplavené počas siedmich z desiatich kontrolných meraní.

Na lokalite **Hodruša-Hámre** sa pohybová aktivita sleduje vo vrtoch IP-2 a PS-Z1. Na zosuve, ktorý je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom, boli v hodnotenom období zabezpečené dve merania (august a december). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas augustového merania vo vrte IP-2. V hĺbke 7,08 m pod úrovňou terénu bola nameraná etapová deformácia 1,52 mm ($2,23 \text{ mm.rok}^{-1}$). Na plytšej šmykovej ploche (3,08 m p. t.) bol nameraný etapový prírastok deformácie 1,25 mm ($1,83 \text{ mm.rok}^{-1}$). Merania na ostatných sledovaných šmykových plochách dosiahli etapové vektory v intervale 0,22 až 0,81 mm ($0,33$ až $2,65 \text{ mm.rok}^{-1}$).

Meraním hĺbky HPV vo vrte PS-H1 (s inštalovaným automatickým hladinomerom) bola 29. decembra zaznamenaná jej najvyššia úroveň (0,97 m p. t.) za celé monitorované obdobie (od decembra 2015; najvyššia hladina zaznamenaná v predchádzajúcich rokoch dosiahla 2,5 m – 29. apríl 2017). Priemerná HPV v roku 2020 dosiahla hĺbku 3,77 m p. t., čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,88 m.

Na lokalite **Bardejovská Zábava** je pohybová aktivita sledovaná vo vrte BIJ-1. V roku 2020 boli zabezpečené 2 kontrolné merania (jún a november). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas novembrového merania. V hĺbke 5,61 m p. t. bola nameraná deformácia 0,57 mm ($1,26 \text{ mm.rok}^{-1}$). Na plytšej šmykovej ploche bol nameraný etapový prírastok deformácie s hodnotou 1,36 mm ($3,3 \text{ mm.rok}^{-1}$). Počas júnovej kontrolnej etapy nepresiahli namerané vektory 0,9 mm ($1,77 \text{ mm.rok}^{-1}$). Výsledný dlhodobý vektor deformácie (za obdobie december 2014 – november 2020) na hlbšej šmykovej ploche dosiahol 3,75 mm ($0,83 \text{ mm.rok}^{-1}$). V prípade plytšieho sledovaného horizontu dĺžka výsledného dlhodobého vektora dosiahla 5,79 mm ($0,97 \text{ mm.rok}^{-1}$). V porovnaní s obdobím pred rokom 2014, ktoré môžeme označiť ako aktívne (počas ktorého rýchlosť deformácie dosahovala viac ako 3 mm.rok^{-1}), je možné súčasný stav hodnotiť ako relatívne stabilný.

Vývoj zmien HPV je na lokalite sledovaný vo vrtoch BHJ-1 a BHJ-3. Z desiatich kontrolných meraní zabezpečených v roku 2020 vyplýva, že hladiny mali prevažne ustálený vývoj

s veľmi malou amplitúdou (max. kolísanie 0,62 m – BHJ-1). Najvyššia HPV bola nameraná 21. apríla vo vrte BHJ-3. Priemerná HPV v roku 2020 dosiahla hĺbku 5,93 m p. t., čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,22 m, pričom priemerné hĺbky HPV v jednotlivých vrtoch sa pohybovali v rozsahu od 2,61 (vrt BHJ-3) do 9,26 m p. t. (vrt BHJ-1). Pri hodnotení výdatnosti odvodňovacích vrtovej je možné konštatovať, že 3 zo 4 vrtovej boli prakticky počas všetkých kontrolných meraní suché. Voda bola odvádzaná len horizontálnym vrtom HV-2. Priemerná výdatnosť v tomto vrte dosiahla 0,48 l.min⁻¹, pričom maximálna hodnota bola nameraná v druhej polovici apríla (0,56 l.min⁻¹) a minimálna 4. februára (0,40 l.min⁻¹).

Na lokalitách Okoličné, Šenkvice, Dolná Mičína, Slanec-TP, Čirč a Handlová-Kunešovská cesta sú monitorovacie aktivity zamerané len na sledovanie vývoja zmien HPV a efektívnosť odvodňovacích zariadení. Merania podávajú informáciu o vývoji najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora.

Na lokalite **Okoličné** je kolísanie HPV sledované automatickým hladinomerom, umiestneným v čele prúdového zosuvu (vo vrte J-1), ktorý ohrozuje železničnú trať, spájajúcu Bratislavu a Košice. Priemerná hĺbka HPV v roku 2020 dosiahla 7,04 m p. t., čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 0,25 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,02 m. K výraznejšiemu vzostupu HPV došlo v druhej polovici novembra a maximálna hladina bola dosiahnutá 13. decembra. Od tohto termínu do konca roka došlo len k nepatrnému poklesu HPV a predpokladáme, že v jarnom období 2021 môže HPV výraznejšie stúpať.

Na lokalite **Šenkvice** sú monitorovacie aktivity sústredené na sledovanie HPV v troch vrtoch prostredníctvom automatických hladinomerov. V roku 2020, na rozdiel od predchádzajúceho obdobia, vývoj sledovaných hladín podzemnej vody nemal ustálený charakter. Naopak, v druhej polovici roka bol pozorovaný pomerne výrazný vzostup HPV (najvyššie úrovne PV od roku 2016). Uvedená skutočnosť čiastočne súvisí so zrážkovou činnosťou, ale predpokladáme, že hlavnou príčinou uvedeného stavu je znefunkčnenie (upchatie) potrubia, ktoré má slúžiť na odvádzanie podzemných vôd, zachytených drenážnymi zariadeniami mimo zosuvné územie do povrchového recipientu. Na odvodňovacie potrubie **je nelegálne pripojené kanalizačné potrubie so splaškovými vodami** z príľahlého rodinného domu. Napriek tomu, že na tento nepriaznivý stav boli písomne upozornení predstavitelia samosprávy (napr. listom zo dňa 7. 11. 2014), k jeho náprave zatiaľ nedošlo.

V **Dolnej Mičinej** je pozornosť sústredená na sledovanie HPV prostredníctvom automatického hladinomeru, ktorý je umiestnený vo vrte JM-6. HPV po dlhšom období začala výraznejšie stúpať. Maximálna hladina bola nameraná na konci roka, a to na úrovni 8,35 m p. t. Zároveň je predpoklad, že zostupný trend pretrvá i v najbližších mesiacoch roka 2021. Priemerná hĺbka HPV v roku 2020 dosiahla 13,72 m p. t., čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 1,85 m. Amplitúda ročných zmien v hodnotenom roku dosiahla 7,54 m.

Na lokalitách Slanec-TP a Čirč je hlavná pozornosť venovaná sledovaniu efektívnosti odvodňovacích zariadení. V prípade zosuvného územia **Slanec-TP** je dlhodobým problémom skutočnosť, že viaceré odvodňovacie vrty sú počas roka zaplavované vodou vytekajúcou z drenážnych zariadení, v dôsledku čoho nebolo možné v roku 2020 sledovať objem odtekajúcej vody z vrtovej, ktoré ústia do zberných šácht V2 a V4. V týchto odvodňovacích zariadeniach dochádza vďaka spomenutému javu i k znižovaniu účinnosti hĺbkového odvodnenia. Z odvodňovacích zariadení, ktoré spoľahlivo odvádzali podzemnú vodu, bol najvyšší prietok nameraný na vrte V3/1 (2,79 l.min⁻¹); pomerne vysoké maximálne prietoky boli namerané i na vrtoch V1/2, V1/4, V1/5, V3/2 a V3/3 (od 1,06 do 1,72 l.min⁻¹). Priemerné hodnoty výdatnosti sa pohybovali v intervale 0,02 až 0,78 l.min⁻¹.

Pri hodnotení zmien hĺbky HPV, ktoré sú monitorované v 11 vrtoch, možno konštatovať, že priemerná HPV v hodnotenom roku dosiahla hĺbku 5,61 m p. t., čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pomerne výrazný vzostup (o 0,96 m). Maximálne stavy sa vyskytovali prevažne v zimnom období. Maximálna hladina bola nameraná vo vrte J-11, a to len 0,11 m p. t.

Mimoriadne vysoké stavy hladiny boli namerané i vo vrtoch J-16, J-9 a J-13 (v intervale od 0,41 do 0,79 m p. t.). Najväčšia ročná amplitúda bola zaznamenaná vo vrte J-9, a to s hodnotou 8,40 m. Naopak, minimálne zmeny HPV boli pozorované vo vrtoch J-5, J-6, J-7 a J-12 (v intervale od 0,54 do 0,8 m p. t.).

Na lokalite **Čirč** je možné odvodňovací systém hodnotiť ako relatívne efektívny. V roku 2020 priemerný prietok z výtokového objektu dosahoval $7,23 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný vzostup (o $1,43 \text{ l.min}^{-1}$). Najvyššia výdatnosť ($20,0 \text{ l.min}^{-1}$) bola zaznamenaná v druhej polovici augusta, krátko po najvyššom stave HPV v piezometrickom vrte Č-1 (max. 4,18 m p. t.). Priemerná HPV v hodnotenom roku dosiahla 6,99 m p. t. V porovnaní s rokom 2019 ide o jej mierny vzostup (o 0,12 m). Kolísanie HPV v monitorovaných vrtoch nepresiahlo 1 m.

Na lokalite **Handlová-Kunešovská cesta** sa stav HPV monitoruje v pravidelnej dvojtyždňovej frekvencii na sieti 9 piezometrických vrtoch. Z výsledkov meraní vyplýva, že až v 4 vrtoch (MK-8, MK-6, JK-6 a JK-5) sa HPV počas maximálnych stavov dostala do blízkosti terénu (max. HPV v rozsahu 0,44 a 0,95 m p. t.). Maximálne stavy HPV v jednotlivých monitorovacích vrtoch boli zaznamenané prevažne v zimnom (v troch vrtoch) a jesennom období (v piatich vrtoch). Priemerná hĺbka HPV v roku 2020 dosiahla 3,43 m p. t., čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 0,54 m. Maximálna amplitúda ročných zmien bola v hodnotenom roku zaznamenaná vo vrte MK-8 (4,07 m), naopak, najnižšie kolísanie bolo pozorované vo vrte JK-1 (0,56 m).

Svahové pohyby charakteru plazenia

Aj v roku 2020 pokračovali monitorovacie práce s využitím 5 mechanicko-optických dilatometrov TM-71 na štyroch lokalitách: **Veľká Izra 1**, **Košický Klečenov** (2 prístroje), **Sokol** a **Jaskyňa pod Spišskou**. Na lokalite **Veľká Izra 1** boli v tomto roku zistené nepatrné pohyby vo všetkých troch smeroch (osiach x / y / z; 0,072 / 0,029 / 0,015 mm). Pokles horninového bloku (os z) dosiahol celkovo 2,615 mm. Na lokalite **Košický Klečenov** sa výraznejšie hýbal iba spodný horninový blok. Prístroj KK1 preukázal rozšírenie trhliny o 0,420 mm (celkovo 7,268 mm) a pokles bloku o 0,567 mm (celkovo 13,443 mm). Šmykový pohyb pozdĺž trhliny (os y) stagnoval. V prípade KK2 sa pohyb neprejavil v žiadnom smere. Na lokalite **Sokol** (Bačkovská dolina) potvrdil prístroj pohyb v smere všetkých troch osí. Trhlina sa rozšírila (os x) o 0,468 mm (celkovo 12,980 mm), blok sa posunul pozdĺž trhliny (os y) o 0,322 mm (celkovo 8,958 mm) a poklesol (os z) o 0,3 mm (celkovo 1,880 mm). Prevláda výrazný a dlhodobý trend v smeroch osí x a y. V **Jaskyni pod Spišskou** sa výraznejšie potvrdil iba pokles spodného bloku (os z – 0,118 mm), ktorého celková hodnota dosiahla 0,845 mm. Rozšírenie trhliny (os x) sa zvýšilo iba o 0,036 mm na celkových 0,908 mm. Šmykový posun pozdĺž trhliny (os y) stagnoval.

Názznaky aktivizácie rúťivých pohybov a monitorovanie mikromorfologických zmien

V roku 2020 boli monitorovacie aktivity realizované na štyroch lokalitách, avšak v zmysle Programu monitorovania na rok 2020 bolo plánované zabezpečiť monitorovacie merania na šiestich lokalitách. Dôvody zníženia počtu monitorovaných lokalít súvisia so stabilizačno-sanačnými prácami a intenzívnym zvetrávaním, vďaka čomu došlo k poškodeniu dvoch lokalít na sledovanie mikromorfologických zmien – Starina a Banská Bystrica-Jakub. Pri meraniach boli aplikované metódy dilatometrického a mikromorfologického merania. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávali aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážky, počet mrazových dní).

Na lokalite **Demjata**, v oblasti skalného zárezu na ceste z Demjaty do Raslavic, pokračovalo pomalé rozvoľňovanie oddelených skalných lavíc na jeho južnom ukončení. V meranom profile sú od roku 2016 každoročne pozorované intenzívnejšie posuny vrchnej – okrajovej lavice v rozsahu cca $0,5 \text{ mm.rok}^{-1}$. V roku 2020 bol zaznamenaný posun 0,44 mm. Uvoľnený horninový

blok v jej podloží stagnoval, od roku 2018 je priemerná rýchlosť posunu bloku $0,1 \text{ mm.rok}^{-1}$. Kontinuálny posun menšieho uvoľneného bloku v severnejšej časti zárezu pokračoval aj v roku 2020 o 5,7 mm, nepredstavuje však bezpečnostné riziko. Monitorovacie zariadenie na opačnej strane zárezu cesty bolo poškodené a merania boli ukončené.

Na štyroch lokalitách (**Demjata 3 a 5, Handlová-Baňa, Bratislava-Železná studnička, Pezinská Baba 2 a 3**), na ktorých sa vykonávajú merania mikromorfologických zmien, boli zaznamenané zmeny v rozsahu, ktorý bolo možné očakávať na základe odvodených trendov z meraní realizovaných v predchádzajúcom období. V roku 2020 bolo pri plánovanom meraní 1. decembra 2020 na lokalite Jakub zistené, že v súvislosti so stabilizáciou skalného brala nad železničnou traťou Banská Bystrica – Uľanka došlo k nenávratnému poškodeniu meraného profilu. Merania na tejto lokalite boli po 22 rokoch ukončené. Na lokalite Starina, v záreze štátnej cesty Snina – Prislop, bolo pri plánovanom meraní 8. decembra 2020 zistené, že v dôsledku zvetrávania došlo k zničeniu profilu. Merania na tejto lokalite museli byť po 24 rokoch ukončené.

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.

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

Na Stabilizačnom násype bol v roku 2020 zabezpečený súbor režimových meraní v piezometrických vrtoch a výdatnosti Hlavného drénu. V priebehu roka 2020 boli pravidelne raz mesačne zabezpečené obhliadky všetkých objektov Stabilizačného násypu. Výsledky boli mesačne predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom TBD – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Bratislava.

Na základe analýzy režimových ukazovateľov z roku 2020, ktorá vychádza z informácie o stave HPV v 25 vrtoch, je možné konštatovať, že v priestore Stabilizačného násypu dosiahla jej priemerná hodnota 6,35 m p. t., čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,76 m. Najvyššia priemerná ročná HPV bola nameraná vo vrte N-1 (0,13 m pod úrovňou terénu). V rámci monitorovacej siete bola na tomto vrte nameraná zároveň i najvyššia úroveň HPV za rok 2020. Jej maximálny stav bol zaznamenaný 30. decembra, kedy piezometrická úroveň HPV dosiahla 0,53 m nad terénom. Nad úroveň terénu vystúpila HPV aj vo vrte M-2. Do blízkosti terénu sa dostali HPV vo vrtoch M-1, M-3, N-2, N-3 a N-4, pričom maximálne stavy HPV sa nachádzali v intervale od 0,09 do 0,58 m p. t. Tieto vysoké úrovne HPV boli namerané prevažne 30. decembra, vo vrte N-3 to bolo 15. októbra. V ostatných vrtoch bol výskyt maximálnych stavov HPV zaznamenaný prevažne v októbri (až 14 vrtoch) a v marci (4 vrty). Rok 2020 možno považovať za výnimočný v tom, že až v 13 z 25 monitorovaných piezometrov boli namerané maximálne stavy za celé monitorované obdobie (od roku 2003).

Naopak, najnižšie úrovne HPV boli pozorované najmä septembri, kedy HPV poklesla najhlbšie až v 17 vrtoch. Najhlbšie HPV klesla vo vrtoch INV-4, INV-4, NV-112, PV-107 a PV-112 (minimálne počas jedného merania dosiahla hĺbku väčšiu ako 10 m p. t.). Najväčšie kolísanie hĺbky HPV bolo zaznamenané vo vrte NV-110 – 6,53 m, pričom minimálny stav bol v tomto vrte nameraný 2. novembra s hodnotou 9,57 m p. t. a maximálny stav bol zaznamenaný o dva týždne neskôr – 15. novembra s hodnotou 3,40 m p. t.

Na základe výsledkov merania výdatnosti Hlavného drénu bol maximálny prietok nameraný 23. októbra, teda tesne po dosiahnutí maximálnych stavov HPV a dosahoval hodnotu $1621,80 \text{ l.min}^{-1}$. Naopak, najnižšie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané v septembri – minimálna hodnota $178,20 \text{ l.min}^{-1}$ zo dňa 22. septembra. V tomto termíne boli v prevažnom počte vrtoch namerané aj najnižšie úrovne HPV. Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v období roka 2020 dosiahla $608,75 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný vzostup,

až o 154,42 l.min⁻¹.

Z výsledkov režimových meraní vyplýva, že prietoky odvodňovacieho zariadenia sú do značnej miery ovplyvňované hĺbkou HPV v širšom priestore stabilizačného násypu (oblasť zosuvného územia z roku 1960).

Vybudovanie informačného systému

V súvislosti s absenciou funkčného informačného systému, ktorý by zabezpečoval archiváciu, spracovanie, vyhodnotenie a prezentáciu sledovaných ukazovateľov v rámci riešenia úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory, podsystem 01 Zosuvy a iné svahové deformácie (ďalej informačný systém len „IS“), dlhodobo pretrvávala požiadavka na vytvorenie funkčného IS. IS je vybudovaný na internetovej platforme a zabezpečuje všetky požadované funkcie. Do IS sú postupne importované údaje zo všetkých monitorovacích objektov na zosuvných lokalitách podsystemu 01, a to od začiatku ich zberu až do súčasnosti, resp. do termínu ukončenia ich sledovania. Databázu v súčasnosti tvorí viac ako 1 500 monitorovacích objektov (sledovaných v súčasnosti alebo v minulosti) a viac ako 2,5 mil. nameraných údajov na 61 zosuvných lokalitách. Okrem archivácie údajov, softvér informačného systému umožňuje spracovanie, hodnotenie a prezentáciu nameraných údajov v podobe reportov, grafov a mapových výstupov, a to podľa zvolených kritérií (metóda merania, lokalita, meraný bod, obdobie a pod.). Databáza údajov je umiestnená na serveri ŠGÚDŠ. Vďaka pravidelnému importu nameraných údajov bude mať odborná, ako i široká verejnosť aktuálny prehľad o monitorovaných lokalitách, použitých monitorovacích metódach, frekvencii meraní, ale hlavne o nameraných hodnotách, ktoré poskytujú základné informácie o vývoji zosuvotvorných faktorov a tiež o stabilitných pomeroch na jednotlivých lokalitách. Zavedenie nových progresívnych metód monitorovania, využívajúcich dáta z družicových systémov (radarová interferometria – InSAR), umožní verejnosti na vybraných lokalitách prístup k informáciám o plošnom vývoji pohybovej aktivity. IS je okrem odbornej a širokej laickej verejnosti vhodný aj pre orgány krajskej a miestnej samosprávy na účely územného plánovania a prevencie rizík spojených s ohrozením svahovými deformáciami a pre orgány štátnej správy na sledovanie aktivity svahových deformácií, najmä zosuvov a tým aj prípadnej potreby sanácie monitorovaných zosuvných území.

Nové zosuvy v roku 2020

V roku 2020 pracovníci ŠGÚDŠ v rámci hlásených nových/reaktivovaných zosuvov vykonali obhliadku/registráciu 10 svahových deformácií (*Dolná Mičiná, Klenov, Malá Čausa, Ruskov, Sabinov, Šarišské Bohdanovce, Svätý Anton, Vinohrady nad Váhom, Žarnovica, Žaškov*). Niektoré z lokalít, na ktorých boli vykonané obhliadky aktuálneho stabilitného stavu, sú v súčinnosti so sekciou geológie a prírodných zdrojov MŽP SR navrhnuté do aktualizovaných zoznamov dokumentu „Program prevencie zosuvných rizík – aktualizácia“ v rámci OP KŽP.

2.2 Podsystem 02 – Tektonická a seizmická aktivita územia

Pohyby povrchu územia v roku 2020

V roku 2020 neboli zaznamenané výraznejšie problémy s realizáciou permanentných meraní GNSS. V stratégii spracovania sa aplikuje referenčný systém ITRS a jeho realizácia ITRF2014, ktorá lepšie zohľadňuje sezónne variácie v polohe a postseizmické deformácie. Tieto zmeny však z pohľadu dlhodobého monitorovania predmetných bodov z územia Slovenska nepredstavujú významnú zmenu ich celkovo ustáleného a stabilného charakteru pohybu. Okrem bodov zaradených do siete EPN sa na našom území nachádzajú ďalšie permanentné stanice GNSS (12 bodov) vhodné na dlhodobé monitorovanie pohybov. Ide o body s vhodnou stabilizáciou, zaradené do siete SKPOS, resp. do siete bodov Národného centra diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska (Katedra geodetických základov, STU v Bratislave – KGZA). Táto množina bola v roku 2020 rozšírená o prvú kolokačnú stanicu ZVOL (Zvolen)

integrujúcu techniku GNSS s technológiou družicovej radarovej interferometrie InSAR. Predbežné spracovanie údajov za rok 2020 nepreukázalo na žiadnom z bodov významné pohybové aktivity.

Merania mikroposunov dilatometrami TM-71 na neotektonických poruchách v 2020

Aj v roku 2020 bolo dilatometrami TM-71 monitorovaných 6 lokalít na území SR – Branisko (4 odčítania), Demänovská jaskyňa Slobody (4), Banská Hodruša (4), Ipeľ (4) a Dobrá Voda (6). Odčítania sa realizovali vizuálne alebo fotograficky.

Branisko – pokračuje dlhodobý pravostranný pohyb (os Y) a roku 2020 narástol o 0,128 mm na celkových 2,312 mm. Otváranie trhliny a zdvih stagnovali. V **Demänovskej jaskyni Slobody** stagnoval pohyb vo všetkých troch smeroch aj v roku 2020. V **štôlni na Ipeľi** v minulom roku tiež pohyby v smere všetkých osí stagnovali. Celkový doterajší pokles jedného z blokov pozdĺž monitorovaného zlomu dosahuje 2,13 mm. V **Banskej Hodruši** sa prejavuje dlhodobá stagnácia pohybov v smere osí X (otváranie trhliny) a Z (pokles bloku). Šmykový posun pozdĺž monitorovaného zlomu narástol iba o 0,016 mm na celkových 0,271 mm. Dlhodobý trend šmykového posunu (os Y) pozdĺž zlomu v roku 2020 narástol iba o 0,033 mm na celkových 1,025 mm. Pohyb pozdĺž osí X a Z stagnoval. V lokalite **Dobrá Voda** sa výraznejšie prejavuje iba otváranie trhliny (os X). V priebehu roka narástlo o 0,203 mm na celkových 0,8 mm. Pohyb v ostatných dvoch smeroch stagnoval, resp. bol inverzný (oscilácie spôsobené zmenami teploty).

Seizmická aktivita na území Slovenska v roku 2020

Nepretržitá registrácia seizmických javov je vykonávaná na staniciach Národnej siete seizmických staníc, ktorej prevádzkovateľom je Ústav vied o Zemi SAV (bývalý Geofyzikálny ústav SAV). Národná sieť seizmických staníc je tvorená 14 seizmickými stanicami. Všetky stanice sú registrované v International Seismological Centre (ISC) vo Veľkej Británii. Seizmické stanice kontinuálne zaznamenávajú rýchlosť seizmického pohybu pôdy a poskytujú zaznamenané údaje dátovému centru v reálnom čase (okrem HRB, ktorá je v prevádzke viac-menej z historických dôvodov). V roku 2020 bolo zo záznamov seizmických staníc interpretovaných 11 229 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo takmer 35 000 seizmických fáz. Lokalizovaných bolo cca 70-80 zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky. Makroseizmicky bolo v roku 2020 na území Slovenska pozorovaných 7 zemetrasení, z toho 4 zemetrasenia s epicentrom na Slovensku (zemetrasenie s epicentrom **na Záhorí** 8. 2. 2020, zemetrasenia s epicentrom **vo Vihorlatských vrchoch** 24. 4. 2020 a 30. 4. 2020 a zemetrasenie s epicentrom **pri Brezne** 31. 8. 2020) a 3 zemetrasenia s epicentrom v **Chorvátsku** (22. 3. 2020, 29. 12. 2020 a 30. 12. 2020).

2.3 Podsystem 03 – Antropogénne sedimenty charakteru starých environmentálnych záťaží

V roku 2020 boli merania na lokalitách monitorovacej siete podsystemu 03 pozastavené. Pozastavenie monitorovania lokalít bolo v roku 2015 podmienené kolídaním lokalít s úlohou Monitorovanie environmentálnych záťaží financovanou z OP KŽP.

2.4 Podsystem 04 – Vplyv ťažby nerastov na životné prostredie

V rámci podsystemu 04 monitorovacie práce v roku 2020 nadväzovali na doterajšie obdobie monitorovania 2007 – 2019. Štátny monitoring inžinierskogeologických, hydrogeologických a geochemických aspektov vplyvov ťažby na abiotické zložky životného prostredia, ktorého súčasťou sú i vlastné terénne práce, bol realizovaný na 13 rizikových banských lokalitách.

V rámci monitoringu inžinierskogeologických aspektov, súvisiacich s vplyvom podrúbania a prítomnosťou banských diel pri ťažbe nerastov, boli sledované lokality Rudňany – Poráč, Novoveská Huta, Nižná Slaná – ložisko Kobeliarovo, Pezinok – ložisko Nádej, Podrečany a Prešov – Solivary, na ktorých dlhodobejšie pretrvávajú prejavy nestability povrchu územia. V porovnaní s predchádzajúcim

obdobím boli v roku 2020 zaznamenané významnejšie zmeny v týchto prejavoch na dvoch lokalitách. Na lokalite **Nižná Slaná – ložisko Kobeliarovo** boli zistené ďalšie prejavy v subsidenčnej aktivite v severozápadnej časti závalového pásma, a to v podobe vzniku nových trhlín, príp. rozvoja existujúcich trhlín. Monitoring na lokalite **Prešov – Solivary** severovýchodne od okraja mestskej časti Solivar preukázal pokračujúce poklesávanie územia v južnej až strednej časti lúhovacieho poľa ložiska soli.

Monitoring hydrogeologických aspektov vplyvov ťažby na životné prostredie bol aj v roku 2020 zameraný hlavne na kontrolné merania veľkosti odtoku z najvýznamnejších odvodňovacích objektov. Tieto merania poukazujú na pretrvávajúci hydrodynamicky ustálený režim odtoku, úzko naviazaný na sezónne zmeny zrážkovo-odtokových pomerov územia. Neboli zaznamenané zmeny režimu odtoku, spôsobené umelými zásahmi, alebo zavaľovaním stropu chodieb v banských priestoroch. Hydrogeologicky neustálený režim je v súčasnosti na sideritovom **ložisku Manó v Nižnej Slanej**, kde od augusta 2011 prebieha zatápanie bane. Stúpajúca hladina v jame Gabriela tu dosiahla koncom roka 2020 úroveň 67 m pod horizontom štôľne Marta, ktorou bude po zatopení bane voda vytekať na povrch. Nepriaznivý stav odvodňovania s rozvojom krasovatenia síranovej polohy prerazenej štôľňou pretrváva na **Novej štôľni pri Tepličke nad Hornádom**. Odvodňovanie bane čerpaním banskej vody pokračuje v nezmenenom režime na ložisku sadrovca v **Novoveskej Hute** a na bani Mária v Rožňave. Na lokalite **Podrečany** sa stúpajúca hladina vody v opustenom ťažobnom lome magnezitového ložiska blíži k úrovni miestnej eróznej bázy s potenciálnym rizikom vzniku geodynamických javov na jeho svahoch a v jeho bezprostrednom okolí.

V roku 2020 bol v sledovaných oblastiach v rámci geochemického monitoringu potvrdený pretrvávajúci stav negatívneho ovplyvnenia kvality miestnych povrchových tokov banskými vodami, drenážnymi vodami odkalísk a priesakovými vodami hald a prírodných ložiskových (geochemických) anomálií. Najnepriaznivejšia situácia je naďalej v oblastiach s výskytom rudných ložísk. V **Smolníku** je voda potoka Smolník kontaminovaná Fe, Mn, Al, Zn a Cu. Na lokalite **Slovinky – Gelnica** pretrváva znečistenie vody Slovinského a Turzovského potoka antimónom. Na lokalite **Rudňany** pretrváva kontaminácia vody Rudnianskeho potoka antimónom, báriom a meďou. Na lokalite **Špania Dolina** je voda miestnych tokov kontaminovaná meďou, arzénom a antimónom. Antimón prinášaný banskými vodami z lokality **Dúbrava** výrazne kontaminuje potok Paludžanka, ústiaci do VN Liptovská Mara. V oblasti **Banskej Štiavnice** toky Štiavnica a Hodrušský potok obsahujú nadlimitnú úroveň zinku a síranového aniónu. Vysoké obsahy Al, Zn a Cd sú dlhodobo charakteristické pre banskú vodu Voznickej dedičnej štôľne. Kvalitu vody rieky Hron, do ktorej táto banská voda vteká, môže významne negatívne ovplyvniť v období nízkych riečnych prietokov v obsahu Zn. Potok Blatina pred vstupom do areálu nemocnice **nad Pezinkom** má trvale zvýšené obsahy arzénu a antimónu v dôsledku výskytu banských diel a odkalísk v jeho povodí. Zvýšené koncentrácie kontaminantov uvoľňovaných s ťažbou rozrušeného horninového prostredia do vodného roztoku spôsobujú i kontamináciu sedimentov akumulovaných v miestnych povrchových tokoch. Na lokalite **Prešov – Solivary** úniky soľanky z poškodených vrtov nepriaznivo ovplyvňujú kvalitu vody Barackého a Soľného potoka.

2.5 Podsystem 05 – Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí

Monitorovanie objemovej aktivity radónu (OAR) je zamerané do troch oblastí: pôdny radón na referenčných plochách (RP) v miestach so zvýšeným radónovým rizikom, pôdny radón nad tektonikou a radón v podzemných vodách.

Monitoring OAR v pôdnom vzduchu na RP bol v sezóne 2020 realizovaný s rôznou frekvenciou monitorovania na piatich lokalitách: **Bratislava – Vajnory** (2x v roku), **Banská Bystrica – Podlavice** (2x ročne), **Spišská Nová Ves** (Novoveská Huta a Teplička; po 7x v roku) a **Hnilec** (4x za rok). Pri monitoringu pôdneho radónu na RP bolo v roku 2020 vykonaných celkom 22 monitorovaní.

Pri mapovaní koncentrácií pôdneho radónu nad tektonickou dislokáciou na lokalite **Dobrá Voda** bol na ploche D1.1 zrealizovaný súbor detailných meraní OAR (sieť 5 x 5 m, profily P1 – P7, 49 sond). Overovaná bola výrazná anomália obsahov pôdneho radónu v mieste prieniku plôch

P2, P3 a D1 preskúmaných v predošlých monitorovacích obdobiach. Tento areál navrhujeme v ďalších sezónach pravidelne monitorovať.

Vzorky pôdneho vzduchu, odoberané do lucasových komôr o objeme 125 ml, boli merané v laboratórnych podmienkach okalibrovaným prístrojovým kompletom LK-4. Kvalita odberov, meraní a výsledkov stanovení OAR sa hodnotila na základe kontrolných odberov a meraní v rozsahu jeden bod (sonda) na každej RP pri všetkých monitorovaniach.

Objemová aktivita radónu v zdrojoch podzemných vôd sa v sezóne 2020 sledovala v prameňoch v oblasti Malých Karpát v extraviláne Bratislavy (pramene: Mária, Zbojníčka a Himligárka – po 2x ročne); v prameni sv. Ondreja na Sivej Brade pri Spišskom Podhradí (12x za rok); v prameni Boženy Němcovej severne od obce Bacúch (8x v priebehu roka) a v pramenisku pri vrte OZ-1 Oravice – Jašterčie (2x ročne), t. j. 28 monitorovaní OAR v podzemných vodách.

Výsledky meraní OAR v pôdnom vzduchu aj v podzemných vodách dokumentujú ich variabilitu nielen v priebehu daného roka, ale aj počas viacerých monitorovacích sezón, s odlišnými zákonitostami a priebehmi variačných závislostí pre rôzne lokality.

2.6 Podsystem 06 – Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi

V roku 2020 bolo monitorovaných sedem hradov – ich skalné bralá, vrátane porúch v stavebných objektoch. Na monitorovanie sú používané dva typy dilatometrov – Somet (Spišský, Trenčiansky, Uhrovský, Plavecký a Pajštúnsky), ktorým je pozorovaná zmena šírky poruchy v meranom profile a TM-71 (Oravský, Strečiansky a Spišský hrad), ktorý zaznamenáva priestorovú zmenu polohy uvoľnených horninových blokov v masíve a aj ich rotáciu. Merania prebehli s frekvenciou 2 až 4x ročne.

Siedmymi prístrojmi TM-71 osadenými na 3 lokalitách boli počas roku 2020 vykonané 4 merania (odčítania) na každom z nich, a to vizuálne alebo fotograficky. **Na Oravskom hrade** sa opakovane potvrdila pretrvávajúca stabilita monitorovaného bloku. V žiadnom smere nepresiahol pohyb v žiadnom smere hodnotu 0,011 mm. Svedčí to o tom, že sanácia hradu, realizovaná v roku 1995, bola vykonaná úspešne. Rovnako aj sanácia hradu **Strečno** v období koniec roka 2016 až začiatok roka 2018 bola zrejme uskutočnená úspešne. Svedčia o tom výsledky meraní do konca roka 2020. Okrem kolísavých pohybov ($\leq 1,35$ mm) spôsobených výkyvmi teploty sa nepotvrdilo pôvodné otváranie trhliny. **Na Spišskom hrade** sa v roku 2020 výraznejšie pohyby preukázali iba v prípade Perúnovej skaly (TM-1 a TM-2) a v západnej časti II. nádvorja. Prírastky posunov vo všetkých troch smeroch (osiach) reprezentujúcich otváranie trhlín, pokles blokov alebo ich šmykový posun pozdĺž trhlín boli v rozsahu 0,021 – 0,251 mm.

V ročnom cykle 2020 pohyby na monitorovaných diskontinuitách na Uhrovskom, Pajštúnskom, Plaveckom a Trenčianskom hrade prevažne stagnovali. Zmeny dilatácie porúch nastali na **Uhrovskom hrade** len v spodnom podlaží kaplnky – zúženie o 0,28 mm, na **Trenčianskom hrade** sa rozšírila diskontinuita pod Veľkou baštou Zápoľského paláca o 0,15 mm. Na **Plaveckom hrade** sa zmenila len šírka priebežnej diskontinuity, oddeľujúcej menší skalný blok od samotného skalného brala, v meraných profiloch sa zúžila v ročnom cykle od 0,11 mm do 0,22 mm. Zmeny dilatácie diskontinuit skalného brala **Pajštúnskeho hradu** sa pohybovali od stagnácie až po ich rozšírenie o 0,459 mm.

2.7 Podsystem 07 – Monitorovanie riečnych sedimentov

Riečny sediment reprezentuje častice odvodené z hornín alebo biologických materiálov, ktoré boli transportované kvapalnou fázou alebo pevnú, resp. suspendovanú fázu usadzovanú z vody. Štúdium vlastností a genézy riečnych sedimentov umožňuje robiť dôležité závery v rámci prospektorských, geochemických a environmentálnych hodnotení. Cieľom monitorovacieho podsystemu riečnych sedimentov je identifikácia časových zmien a priestorových rozdielov obsahov vybraných ukazovateľov chemického zloženia v **aktívnom riečnom sedimente hlavných tokov Slovenska**, a to vplyvom primárnych (geogénnych) ako aj antropogénnych podmienok.

Analýzovaná asociácia ukazovateľov chemického zloženia v 42 vzorkách predstavovala v roku 2020 stopové prvky (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, V, Zn, Zr) a stanovenia organických ukazovateľov C₁₀-C₄₀, PAU, PCB, organochlórovaných pesticídov a TOC. Laboratórne práce boli realizované v akreditovaných Geoanalytických laboratóriách ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi.

Z pohľadu kontaminácie sú dlhodobo znečistené toky **Nitra** (odberové miesta Chalmová, Lužianky, Nitriansky Hrádok), **Štiavnica** (ústie), **Hron** (odberové miesta Kalná nad Hronom, Kamenica), **Hornád** (odberové miesto Krompachy) a **Hnilec** (odberové miesto prítok do nádrže Ružín). Znečistené toky Štiavnica, Hron, Hornád a Hnilec reprezentujú geogénno-antropogénne anomálie viazané na bansko-štiavnickú, resp. a spišsko-gemerskú rudnú oblasť. Anomálne koncentrácie niektorých kovov (**Zn, Pb, As, Sb**) svedčia o pomerne značnom zaťažení oblastí potenciálnymi nebezpečnými látkami, ktoré pretrvávajú aj po útlme baníctva na Slovensku. Závažné sú aj obsahy **ortuti** a **arzénu** na rieke Nitra (odberové miesta Chalmová, Lužianky) pochádzajúce z intenzívnej priemyselnej činnosti na hornom Ponitří. Sledovanie vývoja znečistenia v riečnych sedimentoch v týchto oblastiach aj v ďalšom období má vzhľadom k uvedeným faktom veľký význam. Zvýšený obsah uvedených potenciálne toxických prvkov môže mať negatívny dopad na zdravotný stav obyvateľstva v týchto regiónoch, keďže nie je vylúčené, že kontaminanty môžu prestupovať aj do potravinového reťazca.

Zo zisťovaných obsahov organických látok sa javia závažné predovšetkým pretrvávajúce zvýšené koncentrácie PCB v riečnych sedimentoch **Laborca** (stanovište Lastomír). PCB sú nebezpečné látky patriace do skupiny **chlórovaných polycyklických aromatických uhl'ovodíkov**, majúce vysoký toxický potenciál pre vodné prostredie. Opakovane boli zistené vysoké koncentrácie **polycyklických aromatických uhl'ovodíkov** v riečnych sedimentoch **Kysuce** (stanovište Považský Chlmec), **Latorice** (stanovište Leleš), **Uhu** (Pinkovce), **Turca** (Vrútky). Riečny sediment patrí medzi významné zdroje ale aj receptory perzistentných organických polutantov, a preto je vzhľadom na stanovené ciele monitorovacieho podsystemu dôležité vo vybraných riečnych sedimentoch Slovenska sledovať vybrané organické látky aj naďalej.

V rámci monitorovania snehovej pokrývky bolo v roku 2020 vzhľadom na nepriaznivú snehovú situáciu odobratých 23 vzoriek snehov (z plánovaných 44 vzoriek). Analyzované boli základné fyzikálno-chemické ukazovatele (CHSK-Mn, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, NH₄⁺, Fe_{celkom}, Mn²⁺, Al³⁺, Cl⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, F⁻, Li⁺, Sr²⁺, SiO₂), stopové prvky (As, Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Sb, Se, Co, Ag) a vypočítaná bola hodnota celkovej mineralizácie. Chemické zloženie snehovej pokrývky na Slovensku stanovené na základe výsledkov monitorovania v roku 2020 v nepravidelnej sieti odberových miest je pomerne variabilné. V našich geograficko-klimatických podmienkach variabilita chemického zloženia snehovej pokrývky odráža predovšetkým pôvod vzduchových hmôt, synoptickú situáciu, množstvo zrážok, resp. globálne, regionálne a lokálne znečistenie atmosféry, charakter suchého spádu (morská, terestrická, antropogénna emisia), dĺžku trvania snehovej pokrývky a chod teploty vzduchu. Z hľadiska celkového zaťaženia atmosféry v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi (pri porovnaní s priemernými hodnotami vybraných zložiek za celé predchádzajúce obdobie pozorovania) môžeme hovoriť oproti priemerným koncentráciám o nižšej záťaži bez lokálne extrémne zvýšených anomálií. Prejavilo sa to hlavne na celkovo nízkych hodnotách celkovej mineralizácie snehových roztokov (väčšinou menej ako 10 mg.l⁻¹). Najvyššia hodnota celkovej mineralizácie na úrovni 17,4 mg.l⁻¹ bola zistená na lokalite **Slanec**.

3. Záver

Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia je dôležitou súčasťou Monitoringu životného prostredia Slovenskej republiky. Výber podsystemov ČMS - GF je zameraný na geologické faktory (geohazardy) a na takú formu výstupov, ktoré poskytujú relevantné informácie pri riešení problémov ochrany životného prostredia.

V poslednom desaťročí, v dôsledku nepriaznivých klimatických pomerov, došlo postupne v rôznych obdobiach, vo viacerých častiach Slovenska, k aktivizácii, resp. reaktivácii viac ako **700 zosuvov**, ktoré v mnohých prípadoch priamo ohrozili životy a majetok obyvateľov a vyžiadali si vyhlásenie mimoriadnej situácie. V rámci podsystému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2020 na 23 lokalitách (Príloha 1) vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvanie (12 lokalít), plazenie (4 lokality) a náznaky aktivizácie rúťivých pohybov (6 lokalít). Samostatnou špecifickou skupinou hodnotenia stability prostredia je lokalita Stabilizačného násypu v Handlovej.

Na základe hodnotenia výsledkov pohybovej aktivity z inklinometrických meraní bola v roku 2020 najaktívnejšia zosuvná lokalita **Handlová-Morovnianske sídlisko** v oblasti Jánošíkovej cesty a nad zástavbou Morovnianskeho sídliska (územie nad železničným oblúkom). V priebehu roku bola zvýšená pohybová aktivita zaznamenaná aj na zosuvnej lokalite **Svätý Anton** (meranie z augusta a decembra 2020), pričom sa v druhej polovici roku v tejto súvislosti vykonali merania nad rámec programu monitorovania, ako aj obhliadka aktuálneho stavu zosuvného územia ohrozujúceho cestu I/59, inžinierske siete a blízke objekty. So zvýšenou frekvenciou monitorovania sa na tejto lokalite uvažuje aj v roku 2021. Mierne zvýšená pohybová aktivita bola nameraná aj na lokalite **Ďačov**.

V roku 2020 bol na väčšine zosuvných lokalít zaznamenaný vzostup HPV a zároveň boli v niektorých piezometrických vrtoch pozorované najvyššie úrovne HPV za celé doterajšie obdobie monitorovania. Zvýšenie HPV a jej vztlakových účinkov v zosuvných telesách predstavuje nepriaznivý faktor vplyvajúci na stabilitné pomery zosuvných lokalít. Pomerne výrazný vzostup HPV, ktorý bol pozorovaný na lokalite Šenkvice, je pravdepodobne okrem klimatických vplyvov zapríčinený aj znefunkčnením (upchatím) potrubia, ktorého úlohou je odvádzať podzemné vody zachytené drenážnymi zariadeniami mimo zosuvné územie – do povrchového recipientu.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability prostredia je zaradený objekt **Stabilizačného násypu v Handlovej** (Príloha 2). Ide o hydrotechnické dielo, ktoré rozopiera dva zosuvné svahy, stabilizuje Európsku cestu E572 a zabezpečuje stabilitu obytnej zástavby v južnej časti mesta. Z meraní režimových ukazovateľov v roku 2020 bola zistená priemerná úroveň HPV na úrovni 6,35 m, čo oproti predchádzajúcemu roku predstavuje vzostup HPV o 0,76 m. Vo viacerých vrtoch v priebehu roka vystúpila HPV nad úroveň terénu alebo sa dostala do blízkosti úrovni terénu. Maximálny prietok na sumárnom odvodňovacom zariadení (Hlavný drén) bol nameraný 23. októbra, teda tesne po dosiahnutí maximálnych stavov HPV a dosahoval hodnotu 1621,80 l.min⁻¹. Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v období roka 2020 dosiahla 608,75 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný vzostup, až o 154,42 l.min⁻¹.

Ďalšie veľmi významné zosuvné územia sú monitorované prostredníctvom geologickej úlohy **Monitoring zosuvných deformácií** v rámci **projektu OP KŽP**.

Vytvorený bol nový **informačný systém na podsystém 01 Zosuvy a iné svahové deformácie**, ktorého databázu v súčasnosti tvorí viac ako 1 500 monitorovacích objektov a viac ako 2,5 mil. nameraných údajov na 61 zosuvných lokalitách.

V roku 2020 pracovníci ŠGÚDŠ vykonali obhliadku/registáciu **10 nových/reaktivovaných svahových deformácií**. Pri ich aktivizácii sa dominantne uplatňovali klimatické pomery v kombinácii s nevhodnými antropogénnymi aktivitami. Niektoré z lokalít môžu byť navrhnuté do aktualizovaných zoznamov dokumentu „**Program prevencie zosuvných rizík**“.

Z hľadiska monitoringu neotektonických pohybov výsledky meraní v roku 2020 potvrdili dlhodobý trend pravostranného šmykového posunu v **tuneli Branisko** prejavujúceho sa vznikom otvorených trhlín po oboch stranách zlomu. Posun v priebehu roka narástol o 0,128 mm na celkových 2,312 mm.

V roku 2020 bolo zo záznamov seizmických staníc lokalizovaných cca 70-80 zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky. Makroseizmicky bolo v roku 2020 na území Slovenska pozorovaných 7 zemetrasení, z toho 4 zemetrasenia s epicentrom na Slovensku (zemetrasenie s epicentrom **na Záhorí** 8. 2. 2020, zemetrasenia s epicentrom **vo Vihorlatských vrchoch** 24. 4. 2020 a 30. 4. 2020 a zemetrasenie s epicentrom **pri Brezne** 31. 8. 2020) a 3 **zemetrasenia s epicentrom v Chorvátsku** (22. 3. 2020, 29. 12. 2020 a 30. 12. 2020). Najviac hlásených makroseizmických pozorovaní (713) bolo pre zemetrasenie s epicentrom v Chorvátsku zo dňa 29. 12. 2020 s magnitúdom 6,4. Najvyššia makroseizmická intenzita bola na území Slovenska dosiahnutá pri zemetrasení s epicentrom vo Vihorlatských vrchoch zo dňa 24. 4. 2020 a lokálnym magnitúdom 3,2.

V rámci monitoringu inžinierskogeologických aspektov, súvisiacich s vplyvom podrúbania a prítomnosťou banských diel pri ťažbe nerastov, boli v roku 2020 zaznamenané významnejšie zmeny v týchto prejavoch na lokalite **Nižná Slaná – ložisko Kobeliarovo** v severozápadnej časti závalového pásma, a to v podobe vzniku nových trhlín, príp. rozvoja existujúcich trhlín. Na lokalite **Prešov – Solivary** severovýchodne od okraja mestskej časti Solivar preukázal pokračujúce poklesávanie územia v južnej až strednej časti lúhovacieho poľa ložiska soli.

Z hydrogeologických aspektov vplyvov ťažby na životné prostredie bol pozorovaný neustálený režim na sideritovom **ložisku Manó v Nižnej Slanej**, kde od augusta 2011 prebieha zatápanie bane, nepriaznivý stav odvodňovania s rozvojom krasovatenia síranovej polohy **na Novej štôlni pri Tepličke nad Hornádom** (ložisková oblasť Novoveskej Huty), kde na jeho sanáciu prebieha verejné obstarávanie a na lokalite **Podrečany** vplyvom stúpajúcej hladiny vody v opustenom ťažobnom lome magnezitového ložiska s potenciálnym rizikom vzniku geodynamických javov na jeho svahoch a v jeho bezprostrednom okolí.

V monitorovaných oblastiach s vplyvom ťažby bol v roku 2020 potvrdený pretrvávajúci stav negatívneho ovplyvnenia kvality miestnych povrchových tokov banskými vodami, drenážnymi vodami odkalísk a priesakovými vodami hald a prírodných ložiskových (geochemických) anomálií na lokalitách: **Smolník** (Fe, Mn, Al, Zn a Cu), **Slovinky – Gelnica** (Sb), **Rudňany** (Sb, Ba, Cu), **Špania Dolina** (Cu, As, Sb), **Dúbrava** (Sb), **Banská Štiavnica** (Zn, Al, Cd, SO₄), **Pezinok** (As, Sb), **Prešov – Solivary** (úniky soľanky z poškodených vrtov).

Z pohľadu kontaminácie sú dlhodobo znečistené toky **Nitra** (odberové miesta Chalmová, Lužianky, Nitriansky Hrádok), **Štiavnica** (ústie), **Hron** (Kalná nad Hronom, Kamenica), **Hornád** (Krompachy) a **Hnilec** (prítok do nádrže Ružín).

Z organických látok sa javia závažné predovšetkým pretrvávajúce zvýšené koncentrácie PCB v riečnych sedimentoch **Laborca** (stanovište Lastomír). Opakovane boli zistené vysoké koncentrácie **polycyklických aromatických uhľovodíkov** v riečnych sedimentoch **Kysuce** (stanovište Považský Chlmec), **Latorice** (Leleš), **Uhu** (Pinkovce), **Turca** (Vrútky).

Na základe výsledkov monitorovania je možné sledovať vzniknuté ohrozenie a následne prijať opatrenia, ktoré umožňujú s dostatočným predstihom predchádzať mimoriadnym udalostiam, a tak chrániť životy a zdravie ľudí a predchádzať škodám na majetku. Je preto nevyhnutné naďalej pokračovať v monitorovaní **geologických hazardov**, predovšetkým **havarijných zosuvov**.