

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY
Sekcia geológie a prírodných zdrojov

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA
Bratislava



***Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní a fyzického stavu monitorovacích objektov
na Stabilizačnom násype v Handlovej***

(príloha č. 1)

Autori správy:

Mgr. Róbert Jelínek, PhD.,

Mgr. Peter Ondrejka, PhD.

Spolupracovali:

Vladimír Holúbek

Bratislava október 2016

Obsah

1. Úvod.....	5
2. Pozorovacie objekty.....	5
3. Výtoková oblasť	12
4. I. etáž Stabilizačného násypu.....	15
5. II. etáž Stabilizačného násypu	17
5. III. etáž Stabilizačného násypu	19
7. IV. etáž Stabilizačného násypu	21
8. V. etáž Stabilizačného násypu.....	24
9. Objekty situované na ľavostrannom svahu Handlovky, mimo SN vo výtokovej oblasti	26
10. Objekty situované na ľavostrannom svahu Handlovky, mimo SN v centrálnej časti	28
11. Objekty situované na pravostrannom svahu Handlovky, v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960.....	31
12. Záver	33
Literatúra	38

Zoznam obrázkov

<i>Obr.1: Monitorovacie vrty na SN v Handlovej rozdelené podľa stupňa zanesenia vyjadreného v percentách k pôvodnej hĺbke sondy</i>	8
<i>Obr.2: Monitorovacie vrty na SN v Handlovej rozdelené podľa spôsobu zabudovania a účelu monitorovania</i>	9
<i>Obr.3: Pozorovacie sondy rozdelené podľa ich situovania v rámci Stabilizačného násypu v Handlovej</i>	11
<i>Obr. 4: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v monitorovaných sondách v mieste výtoku SN</i>	12
<i>Obr. 5: Priebeh kolísania hĺbky hpv pod terénom v sonde H-1</i>	13
<i>Obr. 6: Stĺpcový graf početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom v sonde H-1</i>	13
<i>Obr. 7: Výsledky spracovania údajov o výdatnosť Hlavného drénu</i>	13
<i>Obr. 8: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na I. etáži SN</i>	15
<i>Obr. 9: Priebeh kolísania hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na I. etáži SN</i>	16
<i>Obr. 10: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na I. etáži SN</i>	16
<i>Obr. 11: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na II. etáži SN</i>	17
<i>Obr. 12: Zhodnotenie kolísania hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na II. etáži SN</i>	18
<i>Obr. 13: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na II. etáži SN</i>	19
<i>Obr. 14: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na III. etáži SN</i>	19
<i>Obr. 15: Zhodnotenie kolísania hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na III. etáži SN</i>	20
<i>Obr. 16: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na III. etáži SN</i>	21
<i>Obr. 17: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na IV. etáži SN</i>	22
<i>Obr. 18: Zhodnotenie kolísania hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na IV. etáži SN</i>	23
<i>Obr. 19: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na IV. etáži SN</i>	23
<i>Obr. 20: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na V. etáži SN</i>	24
<i>Obr. 21: Zhodnotenie kolísania hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na V. etáži SN</i>	25
<i>Obr. 22: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na V. etáži SN</i>	26
<i>Obr. 23: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, vo výtokovej oblasti</i>	26
<i>Obr. 24: Zhodnotenie kolísania hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, vo výtokovej oblasti</i>	27
<i>Obr. 25: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, vo výtokovej oblasti</i>	28
<i>Obr. 26: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, v centrálnej časti</i>	29
<i>Obr. 27: Zhodnotenie kolísania hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, v centrálnej časti</i>	30
<i>Obr. 28: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, v centrálnej časti</i>	30
<i>Obr. 29: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na pravostrannom svahu Handlovky, v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960</i>	31
<i>Obr. 30: Zhodnotenie kolísania hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na pravostrannom svahu Handlovky, v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960</i>	32
<i>Obr. 31: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na pravostrannom svahu Handlovky, v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960</i>	32

Zoznam tabuliek

<i>Tabuľka 1: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách vo výtokovej oblasti..</i>	<i>12</i>
<i>Tabuľka 2: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách na I. etáži SN</i>	<i>15</i>
<i>Tabuľka 3: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách na II. etáži SN</i>	<i>17</i>
<i>Tabuľka 4: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách na III. etáži SN.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabuľka 5: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách na IV. etáži SN</i>	<i>22</i>
<i>Tabuľka 6: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách na V. etáži SN</i>	<i>25</i>
<i>Tabuľka 7: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, vo výtokovej oblasti</i>	<i>27</i>
<i>Tabuľka 8: Základné štatistické údaje režimových meraní hpv v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, v centrálnej časti</i>	<i>29</i>
<i>Tabuľka 9: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách nachádzajúcich sa na pravostrannom svahu Handlovky, v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabuľka10: Súhrnná tabuľka monitorovacích objektov v rámci Stabilizačného násypu v Handlovej ..</i>	<i>35</i>

1. Úvod

Predkladaná správa sumárne hodnotí režimové merania hĺbky hladiny podzemnej vody (ďalej hpv) vo vybraných sondách za sledované obdobie rokov 2004 – 2015, ktoré boli riešené v rámci úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory, ktorej objednávateľom je Ministerstvo životného prostredia SR a riešiteľom Štátny geologický ústav Dionýza Štúra.

Prvá časť správy je zameraná na zhodnotenie monitorovacích objektov, pričom samotné hodnotenie vychádza z viacerých hľadísk, ako je napr. ich aktuálny stav alebo účel vybudovania objektov. V druhej časti správy sú štatisticky spracované a zhodnotené režimové pozorovania hĺbky hladiny podzemnej vody pod terénom vo vybraných sondách ako aj skupinách sond nachádzajúcich sa v rovnakých oblastiach v rámci Stabilizačného násypu (ďalej SN) v Handlovej.

Záver obsahuje zhrnutie predchádzajúcich častí, pričom dôraz je kladený na celkové zhodnotenie monitorovacích objektov z hľadiska ich ďalšieho využitia v rámci monitorovania SN v Handlovej.

2. Pozorovacie objekty

Monitorovacie sondy boli realizované vo viacerých etapách budovania násypu počas rokov 1983 až 2002. Geologickú dokumentáciu k jednotlivým sondám obsahuje záverečná správa vypracovaná firmou INGEO-ighp, s.r.o. (Mokrá et al., 2004).

Počas obdobia realizácie monitorovacích prác v rokoch 2005 až 2015, kedy režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody zabezpečoval Štátny geologický ústav D. Štúra, bola snaha o nadviazanie na výsledky z predchádzajúcich meraní. Program monitorovacích prác bol teda nastavený v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v období pred rokom 2004. Počet meraných vrtov v priebehu monitorovania kolísal, resp. sa postupne znižoval. Dôvody vyradovania monitorovacích objektov boli rôzne. Vrtý postupne starli, vďaka čomu dochádzalo k zhoršovaniu ich technického stavu, väčšina vrtov bola však zničená nevhodnými antropogénnymi zásahmi.

Vrtý je možné rozdeliť na základe frekvencie meraní do dvoch skupín. Prvú skupinu tvorí 25 vrtov (stav z roku 2015), v ktorých sa merania vykonávajú s týždennou periódou. Druhú skupinu predstavuje 12 vrtov, v ktorých sú merania zabezpečené v mesačnom intervale. Doplňujúcu informáciu o hydrogeologických pomeroch v oblasti Stabilizačného násypu predstavovali údaje o množstve vody vytekajúcej z Hlavného drénu (ktorý odvádza podzemné vody z oblasti zosuvných území). Drén ústi do povrchového toku Handlovky (cca 100 m pod výtokovým objektom). Merania na tomto objekte boli zabezpečované do augusta 2010, kedy v dôsledku povodne bola odnesená časť meracieho objektu.

Výsledky režimových meraní, ako aj ostatných monitorovacích aktivít realizovaných v priestore Stabilizačného násypu, boli každoročné prezentované vo forme správ. Základná informácia o najdôležitejších výsledkoch bola predkladaná na rokovanie Vlády SR (v jarných mesiacoch) a následne (v jesenných mesiacoch) objednávateľovi – MŽP SR (súhrnná správa za celý podsystem – 01 Zosuvy a iné svahové deformácie – Ondrejka, et al., 2015, ktorej súčasťou je i lokalita Handlová-Stabilizačný násyp).

Pre zhodnotenie aktuálneho technického stavu monitorovaných sond Stabilizačného násypu, realizovala Vodohospodárska výstavba, š.p. v júni 2016 videomonitoring existujúcich objektov (Bakeš et al., 2016). Na základe výsledkov videomonitoringu bolo z celkového počtu 37 hodnotených sond 21 vyhovujúcich z hľadiska monitorovania úrovne hladiny podzemnej vody, 15 sond bolo zhodnotených ako nevyhovujúcich (zanesené, ustrihnuté, atď.) a sondu IN-3A nebolo možné otvoriť. Na základe výsledkov správy Vodohospodárskej výstavby, š.p., sme vypočítali celkové zanesenie jednotlivých objektov k ich pôvodným hĺbkam a percentuálne výsledky zanesenia objektov sme vyjadrili krúžkami rôznej veľkosti a farby v mape na Obr. 1. Ako je možné vidieť z mapy, u 14 sond došlo k badateľnej zmene hĺbky (20-100 % zmena oproti ich pôvodnej hĺbke) spôsobenej vplyvom zanesenia, zapchatia alebo ich zalomenia pri zmene tlakových pomerov. Najviac zanesené boli sondy M-1 a N-4 (80-100 %), ktoré sa nachádzajú mimo telesa SN. V rámci SN boli najviac zanesené nasledovné sondy: IN-1 a PV-110 (60-80 %), H-4, MP-1 a PV-14 (40-60 %).

Mapu percentuálneho zanesenia monitorovacích objektov sme prekryli s ostatnými, aj nefunkčnými objektmi a vytvorili nasledovné 4 skupiny sond, ktoré sme rozdelili podľa ich aktuálneho stavu na:

- *vyhovujúce*: vrty sú v dobrom stave a vyhovujú režimovým meraniam hĺbky hpv,
- *merateľné*: ide o zväčša zanesené (prípadne ustrihnuté) vrty, ktoré i v súčasnosti vyhovujú meraniam hĺbky hpv,
- *aktuálne nefunkčné*: ide o nefunkčné vrty, na ktorých boli v hodnotenom období rokov 2004 – 2015 alebo jeho časti vykonávané merania hĺbky hpv,
- *dlhodobo nefunkčné*: ide o nefunkčné sondy, ktoré boli zničené, zapchaté, ustrihnuté, prípadne sú suché a v hodnotenom období 2004 – 2015 neboli využívané pri monitorovaní hĺbky hpv, resp. iba krátkodobo (menej ako cca 10 meraní).

Výsledná mapa na obr.2 znázorňuje pozorovacie sondy Stabilizačného násypu a jeho okolia podľa ich aktuálneho stavu. Ako je možné vidieť z obrázku a aj z nasledujúceho rozdelenia, z celkového počtu 59 sond je:

- **27 vyhovujúcich**: H-1, H-3, H-5, H-6, H-7, IN-2, IN-3A, IN-4, INV-4, M-2, M-3, MP-1, N-1, N-2, N-3, NV-105, NV-7, NV-8, NV-109, NV-110, NV-112, NV-14, PV-4, PV-107, PV-14, PV19A, PV-19B

- **9 merateľných**: H-2, H-4, IN-1, M-1, N-4, NV-111, PV-110, PV-111, PV-112

- **23 nefunkčných**: IN-3, MP-2, NV-1, NV-2, NV-3, NV-4, NV-6, NV-113, NV-15, NV-16, NV-17, PV-101, PV-2, PV-3, PV-105, PV-106, PV-8, PV-109, PV-13, PV-15, PV-16, PV-17, PV-18, (podčiarknuté sondy boli ešte počas monitorovaného obdobia 2004 - 2015 funkčné).

Objekty Stabilizačného násypu boli realizované pre hydrogeologický, inžinierskogeologický alebo inklinometrický účel, avšak zvyčajne slúžili na viacero účelov. Podľa účelu monitorovania resp. zabudovania objektov, môžeme v rámci Stabilizačného násypu vyčleniť nasledovné skupiny sond:

- hydrogeologické;
- inklinometrické;
- inklinometrické s perforáciou.

V prípade hydrogeologických objektov ide o pozorovacie sondy, ktoré slúžia na režimové pozorovania úrovne hladiny podzemnej vody. Hydrogeologické sondy sú ďalej rozdelené podľa ich vystrojenia a intervalu zabudovania na:

- *sondy monitorujúce podložie Stabilizačného násypu* (perforovaná časť je v podloží a nadložie je odizolované), označenie PV;
- *sondy monitorujúce teleso Stabilizačného násypu* (perforovaná časť prechádza násypnou časťou, podložie je odizolované), označenie NV;

Inklinometrické sondy boli realizované za účelom merania podpovrchových posunov a deformácií v blízkosti kritických miest porušenia betónových konštrukcií sklzu a vývaru. Viaceré inklinometrické sondy v rámci handlovského Stabilizačného násypu slúžia okrem svojho prvotného účelu aj na režimové merania hĺbky hpv.

Na obr.3 sú znázornené monitorované sondy na handlovskom Stabilizačnom násype a v jeho okolí, rozdelené podľa spôsobu zabudovania a účelu monitorovania. Väčšina sond SN bola realizovaná pre hydrogeologické účely (41 sond), druhú najpočetnejšiu skupinu tvoria vrty využívané pre viacnásobné účely (inklinometrické a hydrogeologické, 16 sond). Celkove až 57 z 59 sond je využívaných na režimové pozorovania hladiny podzemnej vody.

Monitorovacie sondy boli realizované vo viacerých etapách budovania násypu, staré alebo zničené sondy boli nahradené novými. Sondy boli zvyčajne realizované vo zvolených profiloch, napr. prechádzajúce čelom násypu alebo situované do priľahlých svahov atď. Pripravili sme preto prehľadnú mapu rozdelenia sond podľa ich situovania v rámci SN (obr. 4).

Poloha sond v rámci SN:

V oblasti pod výtokovým objektom:

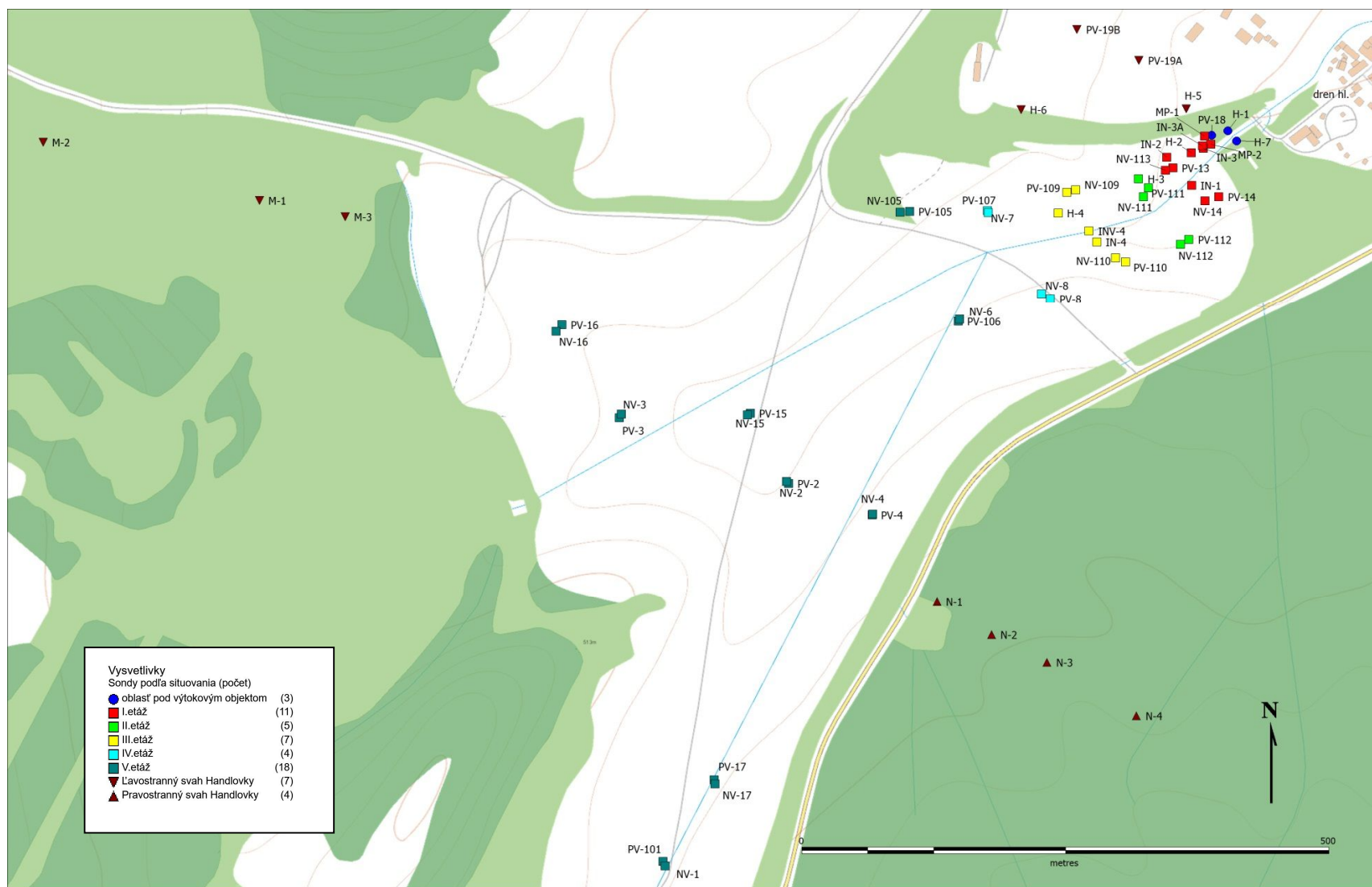
- I. etáž;
- II. etáž;
- III. etáž;
- IV. etáž;
- V. etáž.

Vrty situované mimo telesa Stabilizačného násypu:

- pravostranný svah Handlovky – v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960;
- ľavostranný svah Handlovky – vo výtokovej oblasti;
– v centrálnej časti.

Najviac sond (18) sa nachádza na V. etáži SN, ktorá je aj svojou rozlohou najväčšia, avšak až 16 z týchto sond je už nefunkčných. Naopak najmenej sond (4) sa nachádza na IV. etáži SN, z ktorých 1 sonda je nefunkčná.

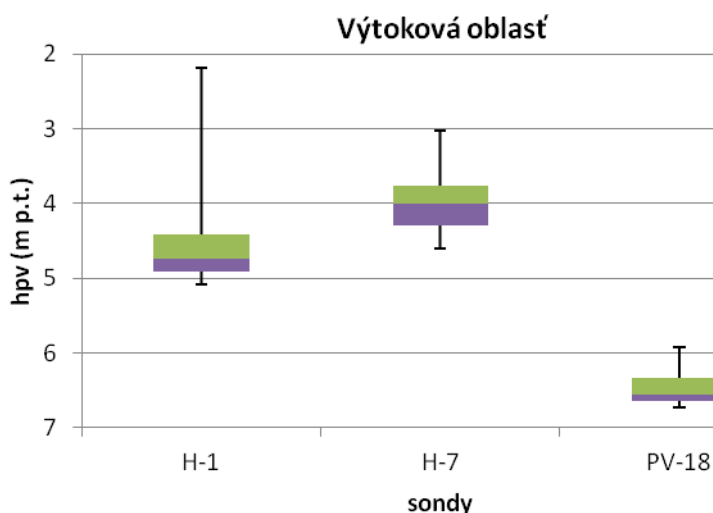
Takto rozdelené sondy podľa ich situovania v rámci SN sme ďalej využili pri štatistickom zhodnotení režimových pozorovaní hpv v jednotlivých skupinách sond, ktoré popisujeme nižšie.



Obr.3: Pozorovacie sondy rozdelené podľa ich situovania v rámci Stabilizačného násypu v Handlovej

3. Výtoková oblasť

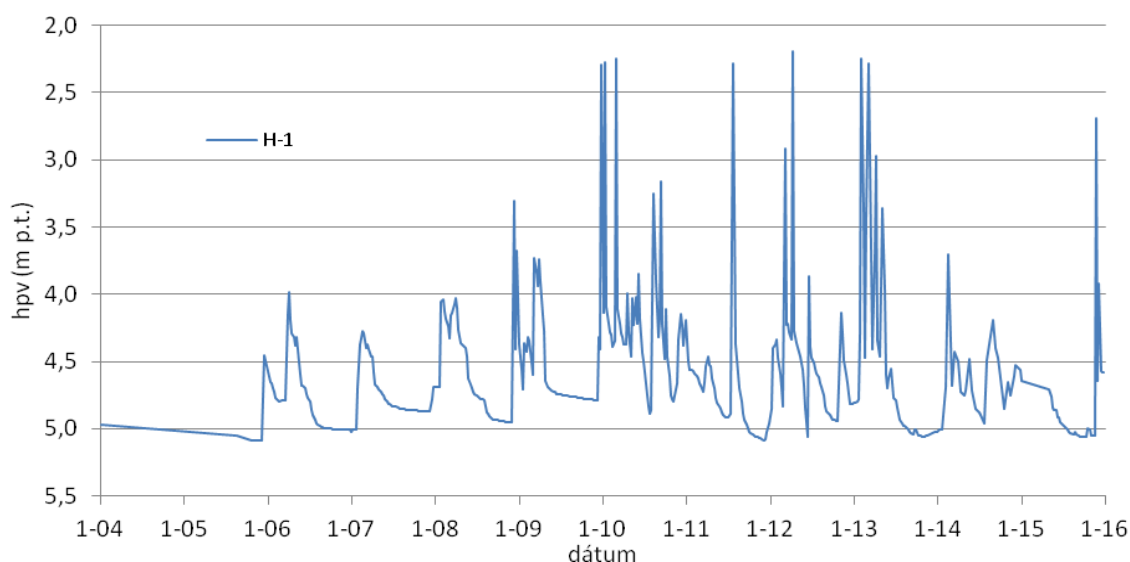
Vo výtokovej oblasti SN sa nachádzajú 3 sondy (H-1, H-7 a PV-18), z ktorých H-1 a H-7 sú funkčné a PV-18 je od merania z 18.4.2009 zapchatá. Ako je možné vidieť z krabicových grafov na obr.5 a v príslušnej tabuľke 1, hpv sa v sondách vo výtokovej oblasti v priemere nachádzala v hĺbkach od 4,01 do 6,48 m pod terénom (ďalej p.t.). Rozpätie hodnôt hĺbky hpv v jednotlivých sondách je pomerne malé, avšak dochádza aj k výrazným zmenám hladiny, ako napr. pri H-1 (variačné rozpätie hpv je 2,90 m). Priebeh kolísania hpv v tomto vrte počas sledovaného obdobia rokov 2004 až 2016, ako aj početnosť nameraných údajov hĺbky hpv pod terénom, sú zobrazené v grafoch na obr. 6 a 6b.



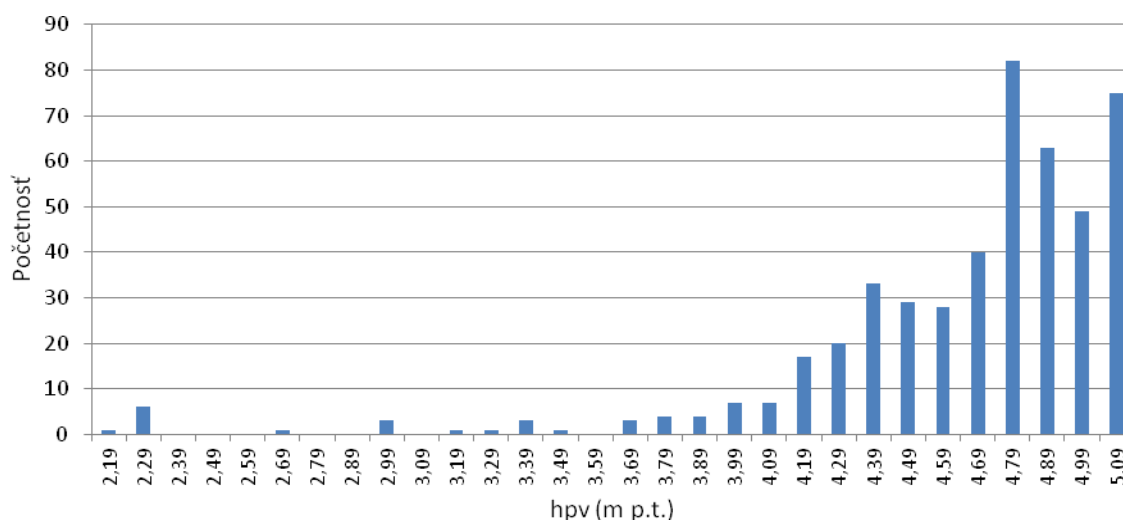
Obr. 4: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v monitorovaných sondách v mieste výtoku SN

Tabuľka 1: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách vo výtokovej oblasti

Sonda	H-1	H-7	PV-18
Priemer	4,60	4,01	6,48
Štandardná chyba	0,021747	0,015506	0,014399
Medián	4,74	4,01	6,57
Modus	5,01	4,37	6,65
Smerodajná odchýlka	0,475467	0,339356	0,197426
Rozptyl	0,226069	0,115162	0,038977
Koeficient špicatosti	8,532202	-0,49947	-0,44344
Koeficient asymetrie	-2,51275	-0,2748	-0,77495
Variačné rozpätie	2,90	1,58	0,81
Maximum (hpv najhlbšie pod p.t.)	5,09	4,60	6,73
Minimum (hpv najbližšie pri p.t.)	2,19	3,02	5,92
Počet pozorovaní	478	479	188
Poznámka			od 18.4.2009 zapchatá



Obr. 5: Priebeh kolísania hĺbky hpv pod terénom v sonde H-1



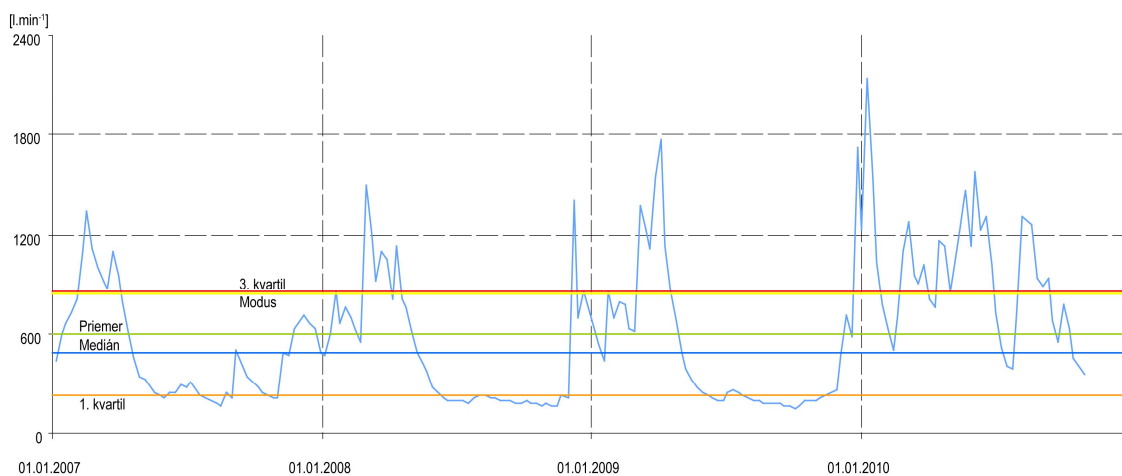
Obr. 6: Stĺpcový graf početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom v sonde H-1

Na základe analýzy 478 meraní hĺbky hpv v sonde H-1, v období od 5.1.2004 do 26.12.2015, môžeme povedať, že hĺbka hladiny podzemnej vody v tejto sonde sa pohybovala v rozsahu 2,19 až 5,09 m p.t., v priemere to bolo 4,60 m p.t., najčastejšie v hĺbkovom intervale od cca 4,7 do 5,1 m p.t. K stúpnutiu hpv dochádzalo hlavne v jarných a zimných mesiacoch, výnimočne v lete, od apríla až do jesenných mesiacoch hladina klesala, až na najnižšiu úroveň.

Ako už bolo naznačené v úvode, v oblasti pod výtokovým objektom ústi Hlavný drén, ktorý odvádza podzemné vody z priestoru priľahlých svahových deformácií. Merania na tomto objekte sa vykonávali s týždennou frekvenciou. Ukončené boli v dôsledku povodne z roku 2010, počas ktorej bola odplavená časť meracieho objektu. Z výsledkov meraní (k dispozícii máme merania od 06. januára 2007 do 30. októbra 2010) vyplýva, že v monitorovanom období veľkosť prietokov kolísala v intervale 153,00 (03. október 2009) – 2142,00 l.min⁻¹ (09. január 2010). Najvyššie výdatnosti boli dosahované prevažne v zimných a jarných mesiacoch, čo súvisí s topením snehovej pokrývky na priľahlých

svahoch. Naopak, minimálne hodnoty boli zaznamenané v jesennom, ale aj letnom období. Počas sledovaného obdobia mali maximálne ročné výdatnosti vzostupný trend (2007 – 1332 l.min⁻¹; 2008 – 1500 l.min⁻¹; 2009 – 1764 l.min⁻¹; 2010 – 2142 l.min⁻¹). Táto skutočnosť je do veľkej miery odrazom klimatických pomerov v jednotlivých rokoch. Zároveň však podáva obraz o dobrom technickom stave Hlavného drénu.

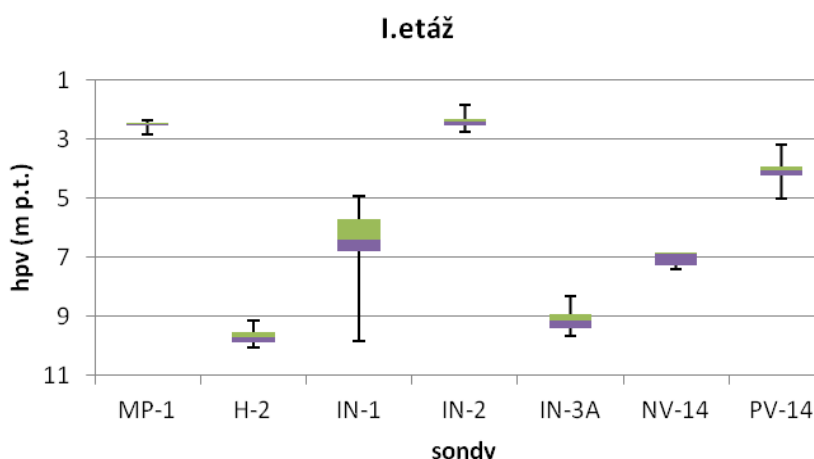
Priemerná výdatnosť Hlavného drénu počas sledovaného obdobia dosahovala 592,04 l.min⁻¹. Najvyššia priemerná ročná výdatnosť bola nameraná v roku 2010 (944,54 l.min⁻¹). V tejto súvislosti treba však podotknúť, že merania skončili v októbri, a teda nezachytávajú minimálne jesenné prietoky. V ostatných rokoch monitorovaného obdobia mali priemerné hodnoty výdatnosti vyrovnaný charakter, pohybovali sa v intervale 486,40 (rok 2008) – 498,18 l.min⁻¹ (rok 2009). Základné štatistické ukazovatele sú znázornené na obr. 7.



Obr. 7: Výsledky spracovania údajov o výdatnosť Hlavného drénu (modus a 3. kvartil majú rovnakú hodnotu)

4. I. etáž Stabilizačného násypu

V prvej etáži Stabilizačného násypu sa nachádza 11 monitorovacích sond, z ktorých 7 je vyhovujúcich, resp. merateľných, 4 sú nefunkčné: MP-2 (posledné meranie je z 28.1.2004, následne bola sonda zničená), IN-3 a PV-13 boli zapchaté počas celého obdobia a NV-113 (posledné meranie je z 28.1.2004, následne bola sonda zapchatá). Na obr. 8 sú vykreslené krabicové grafy pre merateľné sondy. Z obrázku je možné vizuálne pozorovať zjavnú variabilitu hĺbok hpv pod terénom, čo potvrdzujú aj stredné hodnoty hĺbok hpv, napr. medián bol v rozsahu 2,50 až 9,72 m p.t. (tabuľka 2). Potrebne je si však uvedomiť, že tieto vrty sa líšia svojou hĺbkou (od 6 do 30 m) ako aj vystrojením (umiestnenie perforovanej časti vrtov je v rôznych hĺbkových úrovniach).

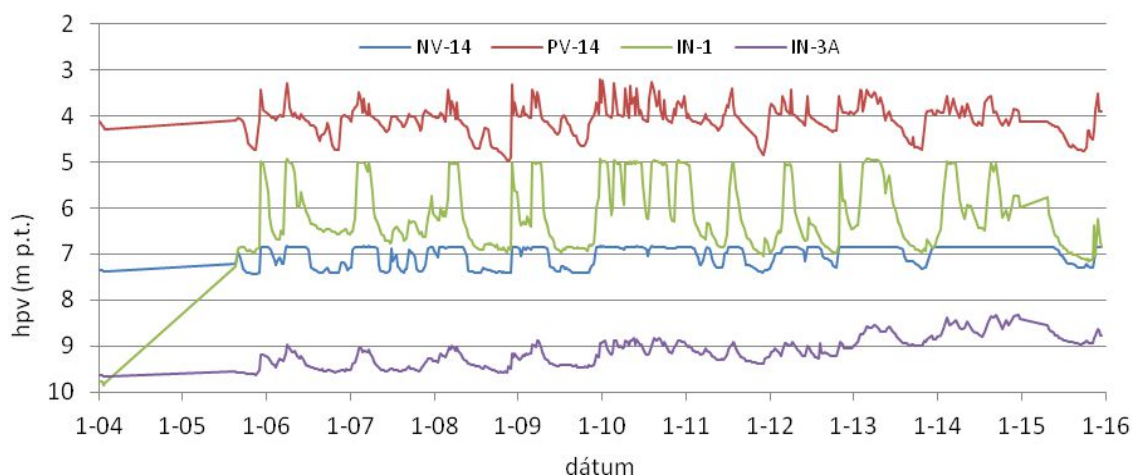


Obr. 8: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na I. etáži SN

Tabuľka 2: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách na I. etáži SN

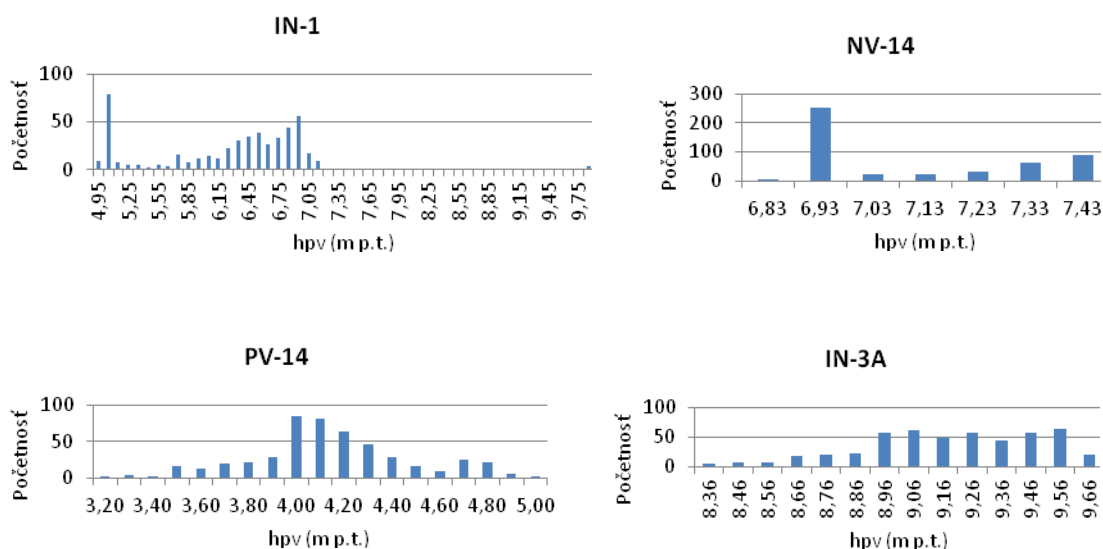
Sonda	MP-1	H-2	IN-1	IN-2	IN-3A	NV-14	PV-14
Priemer	2,53	9,70	6,21	2,43	9,14	7,05	4,10
Štandardná chyba	0,004184	0,010102	0,034528	0,00725	0,013629	0,010197	0,015042
Medián	2,50	9,72	6,41	2,42	9,15	6,90	4,06
Modus	2,5	9,9	5,04	2,35	9,54	6,84	4
Smerodajná odchýlka	0,092715	0,223625	0,765086	0,160644	0,302008	0,225949	0,333307
Rozptyl	0,008596	0,050008	0,585356	0,025806	0,091209	0,051053	0,111094
Koeficient špicatosti	1,916254	-0,77437	2,434332	-0,03491	-0,44534	-1,49594	0,126859
Koeficient asymetrie	1,554105	-0,48944	0,266869	-0,33604	-0,44249	0,497443	0,147432
Variačné rozpätie	0,46	0,92	4,93	0,92	1,34	0,6	1,8
Maximum (hpv najhlbšie pod p.t.)	2,85	10,05	9,85	2,76	9,66	7,43	5,00
Minimum (hpv najbližšie pri p.t.)	2,39	9,13	4,92	1,84	8,32	6,83	3,20
Počet pozorovaní	491	490	491	491	491	491	491

Priebeh kolísania hĺbky hpv vo vybraných sondách je znázornený na obr. 9.



Obr. 9: Priebeh kolísania hĺbky h_{pv} pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na I. etáži SN

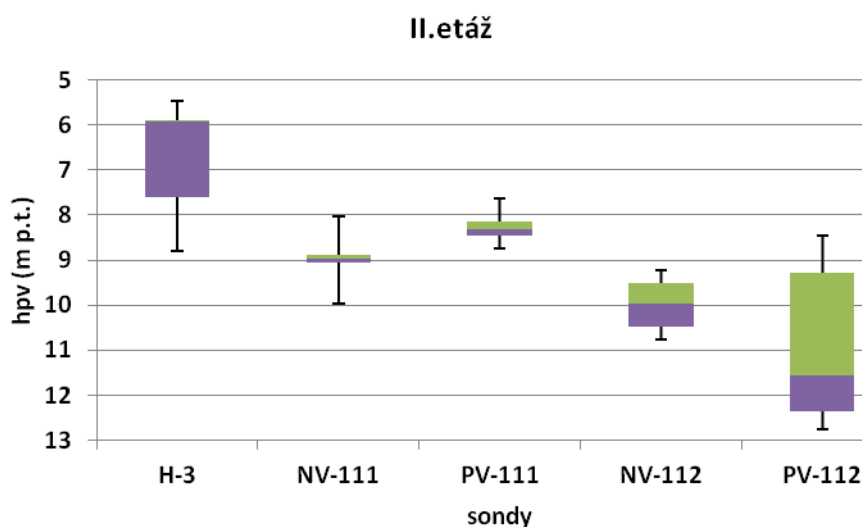
H_{pv} v týchto sondách sa nachádzala v štyroch rozdielnych úrovniach, v priemere 4,10, 6,21, 7,05 a 9,14 m p.t. v PV-14, IN-1, NV-14 a IN-3A. Zaujímavé je, že h_{pv} v sonde PV-14, ktorá by mala monitorovať podložie násypu, sa nachádzala bližšie pri povrchu terénu ako tomu bolo v prípade sondy NV-14 monitorujúcej nadložie SN. Svedčí to o značnom zanesení alebo ustrihnutí sondy PV-14 (pôvodná hĺbka sondy bola 20 m, aktuálna je 9,64 m). V sonde IN-1 sa h_{pv} na začiatku meraní v roku 2004 nachádzala v hĺbke cca 9,8 m p.t., pričom v neskorších meraniach zhruba od roku 2005 došlo k jej stúpnutiu na úroveň 5 - 7 m p.t. V tomto objekte bolo zaznamenané aj najväčšie rozpätie hĺbky h_{pv} predstavujúce 4,93 m. Početnosť nameraných hodnôt h_{pv} sme vyjadrili vo forme samostatných stĺpcových grafov na obr. 10. V prípade IN-1 a NV-14 je možné pozorovať 2 vrcholy, ktoré zodpovedajú hĺbke h_{pv} s najvyššou početnosťou, PV-14 sa blíži najviac k normálnemu rozdeleniu s jedným lokálnym maximom hĺbky h_{pv}.



Obr. 10: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky h_{pv} pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na I. etáži SN

5. II. etáž Stabilizačného násypu

Na II. etáži Stabilizačného násypu sa nachádza 5 sond, z ktorých dve (H-3 a NV-112) sú vyhovujúce a ostatné 3 sondy (NV-111, PV-111 a PV-112) sú z dôvodu ich značného zanesenia klasifikované ako „merateľné“. Z pozorovaných objektov nachádzajúcich sa na II. etáži SN (obr. 11) je vidieť, že priemerná hĺbka hpv bola najbližšie pri povrchu terénu v inklinometrickej sonde H-3, a to v hĺbke 6,62 m p.t. V dvojici hydrogeologických sond NV-111 a PV-111, v ktorých sú sledované hĺbky hpv v samotnom telese násypu, resp. jeho podloží, boli priemerné hĺbky hpv na približne rovnakej úrovni, a to 8,96 a 8,31 m p.t. Pri hydrogeologických sondách NV-112 a PV-112 bola situácia podobná, priemerná hpv sa ale nachádzala o niečo hlbšie pod terénom, a to v hĺbkach 10,01 a 10,99 m. Základné štatistické údaje o meraniach úrovne hpv sú zosumarizované v tabuľke 3.

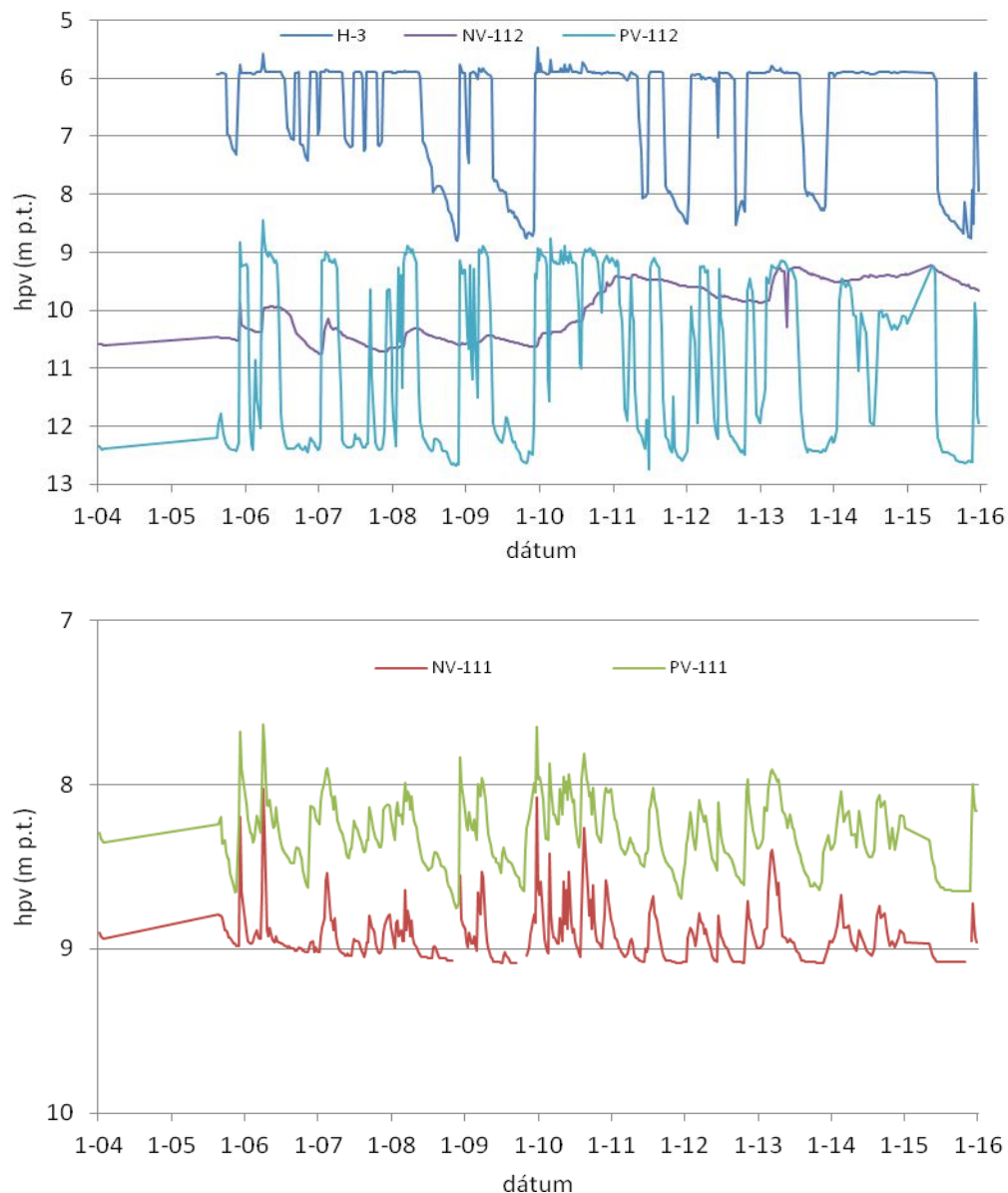


Obr. 11: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na II. etáži SN

Tabuľka 3: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách na II. etáži SN

Sonda	H-3	NV-111	PV-111	NV-112	PV-112
Priemer	6,62	8,96	8,31	10,01	10,99
Štandardná chyba	0,046343	0,010407	0,009328	0,021941	0,064057
Medián	5,92	8,97	8,33	9,96	11,55
Modus	5,9	9,08	8,65	10,58	12,41
Smerodajná odchýlka	1,023759	0,230598	0,206687	0,486187	1,419398
Rozptyl	1,048083	0,053176	0,04272	0,236378	2,014692
Koeficient špicatosti	-0,90987	9,848339	-0,31024	-1,61862	-1,672
Koeficient asymetrie	0,903813	1,604628	-0,23783	-0,07013	-0,28724
Variačné rozpätie	3,33	1,95	1,12	1,54	4,3
Maximum (hpv najhlbšie pod p.t.)	8,80	9,98	8,75	10,76	12,75
Minimum (hpv najbližšie pri p.t.)	5,47	8,03	7,63	9,22	8,45
Počet pozorovaní	488	491	491	491	491

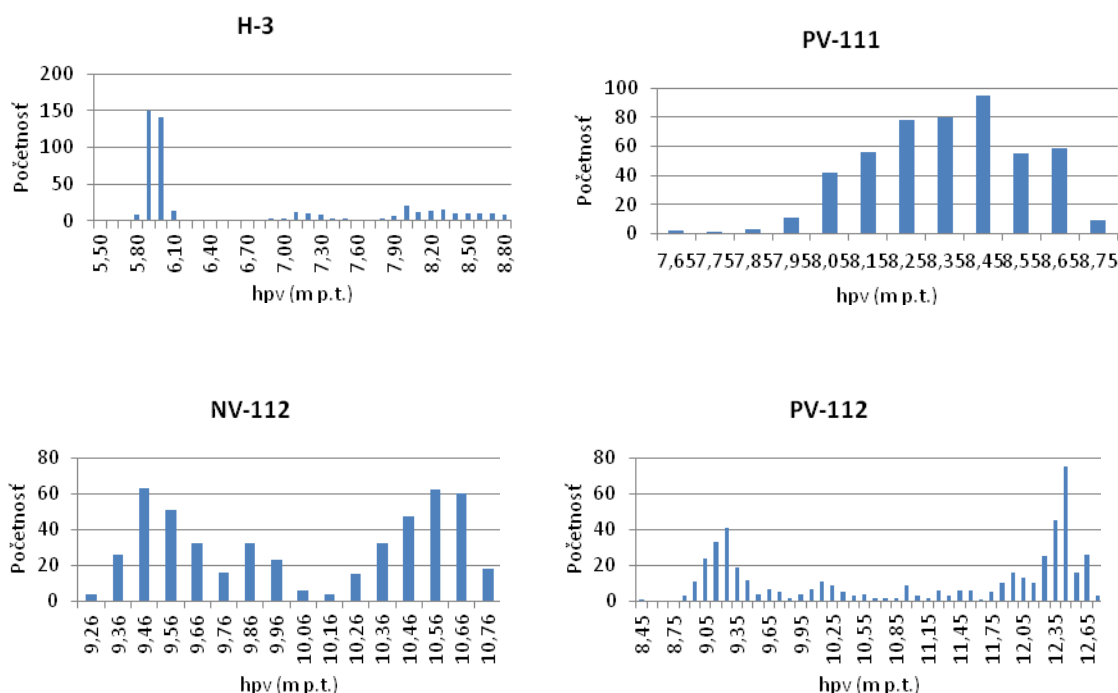
Priebeh kolísania hĺbky hpv v sondách nachádzajúcich sa na II. etáži SN je znázornený na obr. 12.



Obr. 12: Zhodnotenie kolísania hĺbky hvp pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na II. etáži SN

Hpv má vo vybraných objektoch na obr. 12 približne rovnaký priebeh (s výnimkou NV-112), k jej stúpnutiu dochádza v zimnom období, keď sa topí sneh a infiltruje zrážková voda, pričom najbližšie pri povrchu terénu je niekedy v marci. Od apríla/mája hladina poklesáva, až dosiahne najväčšiu hĺbku pod terénom, zvyčajne v mesiaci november. Ku krátkodobým stúpnutiam hvp dochádza aj v letných mesiacoch, čo je zapríčinené vplyvom atmosférických zrážok.

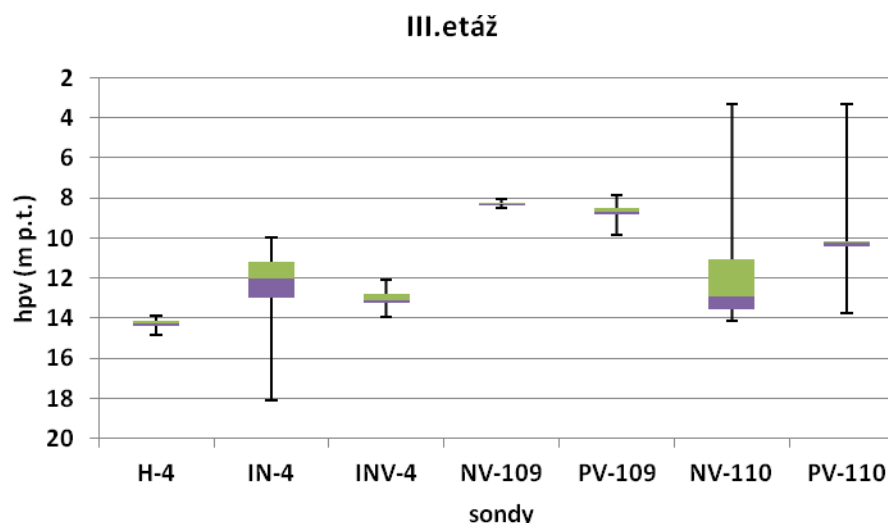
Početnosť nameraných hodnôt hvp sme vyjadrili vo forme samostatných stĺpcových grafov pre vybrané sondy na obr. 13. V prípade NV-112 a PV-112 je možné pozorovať 2 vrcholy, ktoré zodpovedajú hĺbke hvp s najvyššou početnosťou, v H-3 sa hvp najčastejšie vyskytovala v hĺbkovom intervale 5,90-6,10 m a PV-111 sa blíži najviac k normálnemu rozdeleniu s jedným lokálnym maximom hĺbky hvp.



Obr. 13: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na II. etáži SN

6. III. etáž Stabilizačného násypu

V III. etáži Stabilizačného násypu sa nachádza 7 sond, z ktorých 4 (IN-4, INV-4, NV-109 a NV-110) sú vyhovujúce pre režimové pozorovania, 2 merateľné (H-4 a PV-110) z dôvodu ich zanesenia a sonda PV-109 je od 4.7.2015 suchá. Ako je vidieť z krabicových grafov na obr.14, hpv sa nachádzala najbližšie pri povrchu terénu v sondách NV-109 a PV-109, a to v priemere 8,30 a 8,71 m p.t., v ostatných 4 sondách bola o čosi nižšie, a to v hĺbkach 10,18 až 14,25 m p.t. Výrazná variabilita úrovne hladiny podzemnej vody bola zaznamenaná v sondách IN-4 (8,13 m), NV-110 (10,83 m) a PV-110 (10,43 m). V ostatných sondách to bolo do cca 2 m.

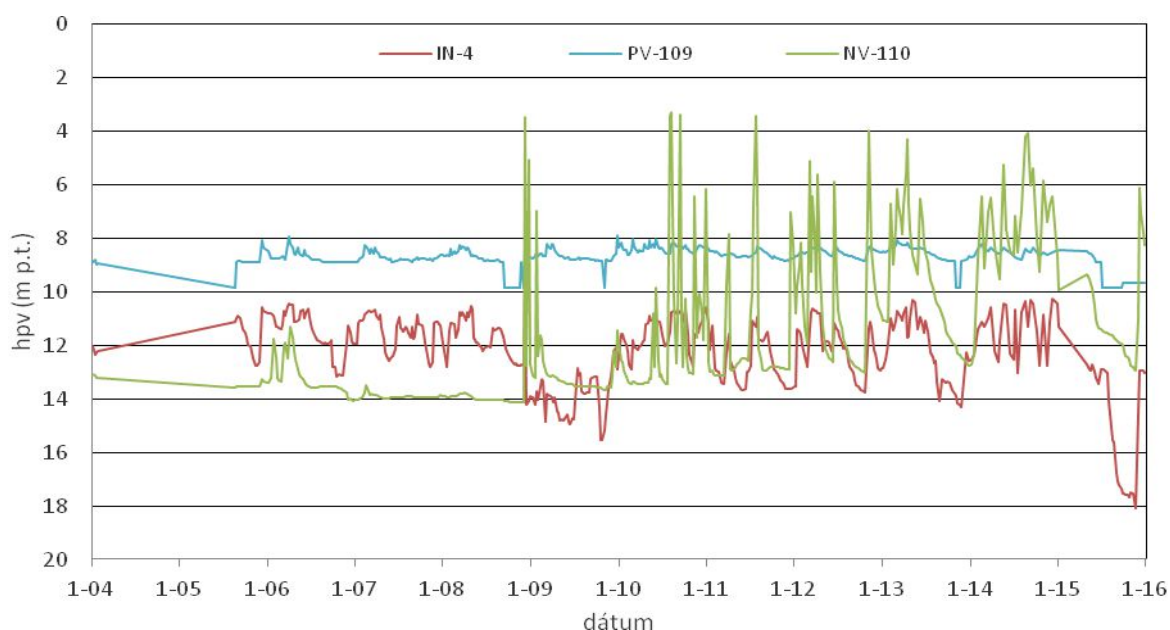


Obr. 14: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na III. etáži SN

Tabuľka 4: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách na III. etáži SN

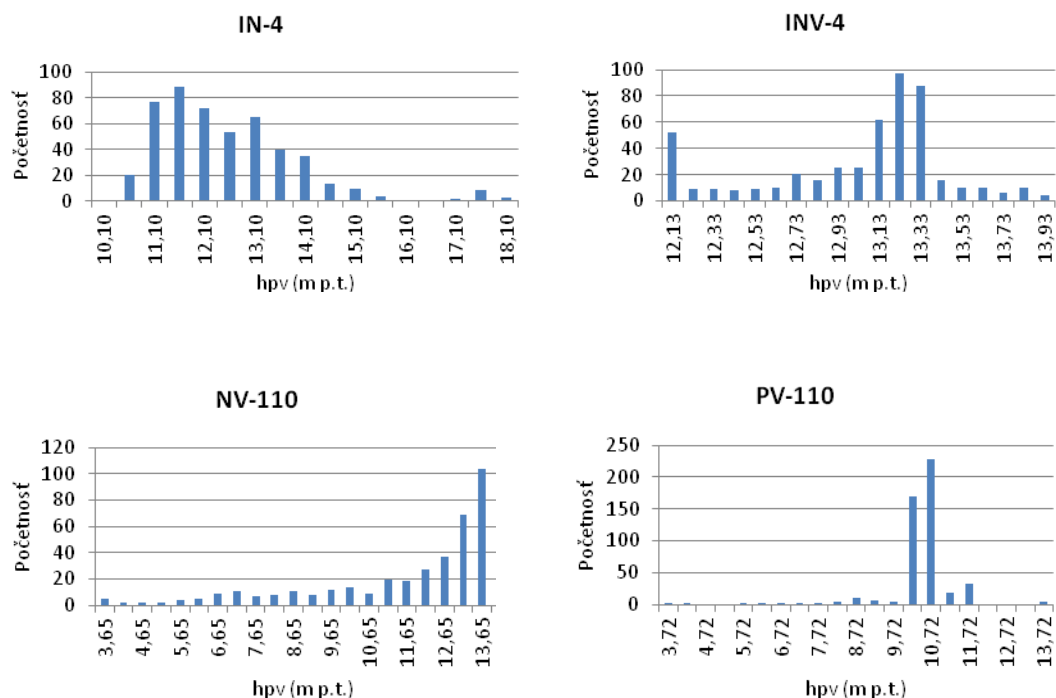
Sonda	H-4	IN-4	INV-4	NV-109	PV-109	NV-110	PV-110
Priemer	14,25	12,30	12,99	8,30	8,71	11,91	10,18
Štandardná chyba	0,007645	0,064186	0,019886	0,003293	0,017418	0,112286	0,042554
Medián	14,25	12,03	13,12	8,28	8,67	12,90	10,24
Modus	14,19	11,11	13,25	8,27	8,9	13,55	10,23
Smerodajná odchýlka	0,168882	1,422268	0,438851	0,072664	0,385952	2,488081	0,942941
Rozptyl	0,028521	2,022846	0,19259	0,00528	0,148959	6,190545	0,889137
Koeficient špicatosti	0,414742	2,905549	-0,14514	0,330847	2,866622	1,524001	19,23544
Koeficient asymetrie	0,113335	1,409769	-0,72592	0,515947	1,588045	-1,51783	-3,03005
Variačné rozpätie	0,99	8,13	1,85	0,44	1,98	10,83	10,43
Maximum (hvp najhlbšie pod p.t.)	14,85	18,10	13,93	8,50	9,87	14,15	13,72
Minimum (hvp najbližšie pri p.t.)	13,86	9,97	12,08	8,06	7,89	3,32	3,29
Počet pozorovaní	488	491	487	487	491	491	491
Poznámka	od 4.7.2015 suchá						

Priebeh kolísania hĺbky hvp vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na III. etáži SN je znázornený na obr. 15 a početnosť meraní hĺbky hvp vyjadrená vo forme stĺpcových grafov na obr. 16.



Obr. 15: Zhodnotenie kolísania hĺbky hvp pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na III. etáži SN

Najvýraznejší rozkyv hĺbky hvp je možné pozorovať v sonde NV-110 (10,83 m); podobný, ale menej výrazný priebeh mala hvp v sonde IN-4 ako aj v PV-109, kde však dochádza v priebehu roka k úplnému poklesu hladiny až na úroveň dna sondy.

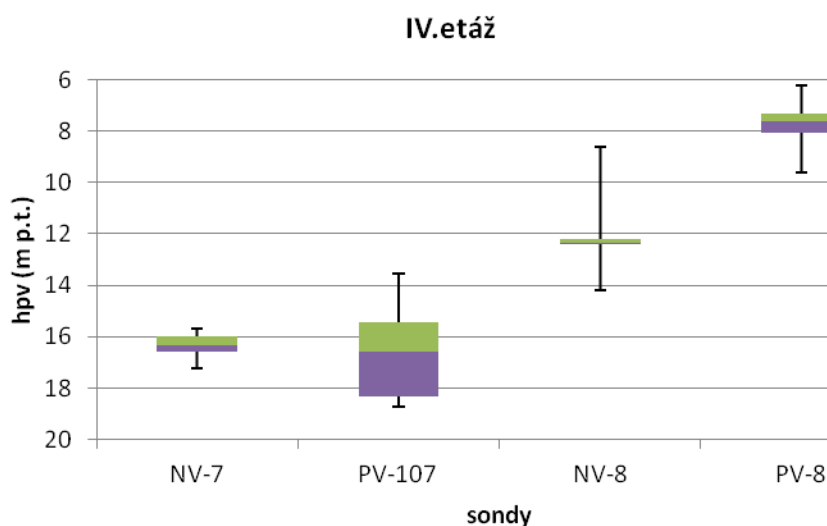


Obr. 16: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na III. etáži SN

V prípade stĺpcových grafov na obr.16 môžeme hovoriť o ostrovrcholovom rozdelení početností vo väčšine objektoch, čo zodpovedá najväčšej početnosti úrovne hpv pod terénom len v určitých hĺbkových intervaloch, pričom ostatné hĺbkové úrovne hladiny sú zastúpené menej.

7. IV. etáž Stabilizačného násypu

Na IV. etáži Stabilizačného násypu sa nachádzajú 4 sondy, z ktorých 3 (NV-7, PV-107 a NV-8) sú vyhovujúce pre režimové pozorovania a sonda PV-8 je od 2.5.2009 zapchatá. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody sa v dvojici hydrogeologických sond NV-7 a PV-107 nachádzala na približne rovnakej úrovni, v priemere 16,32 a 16,71 m p.t. V druhej dvojici sond NV-8 a PV-8, nachádzajúcich sa na opačnej strane násypu, sa hpv nachádzala bližšie pri povrchu terénu, a aj v rozdielnych hĺbkových úrovniach: 12,22 a 7,73 m p.t. (obr. 17), čo naznačuje, že sonda PV-8 mohla byť zničená už počas realizovaných meraní. Základné štatistické údaje o meraniach hĺbky hpv sú zosumarizované v tabuľke 5.

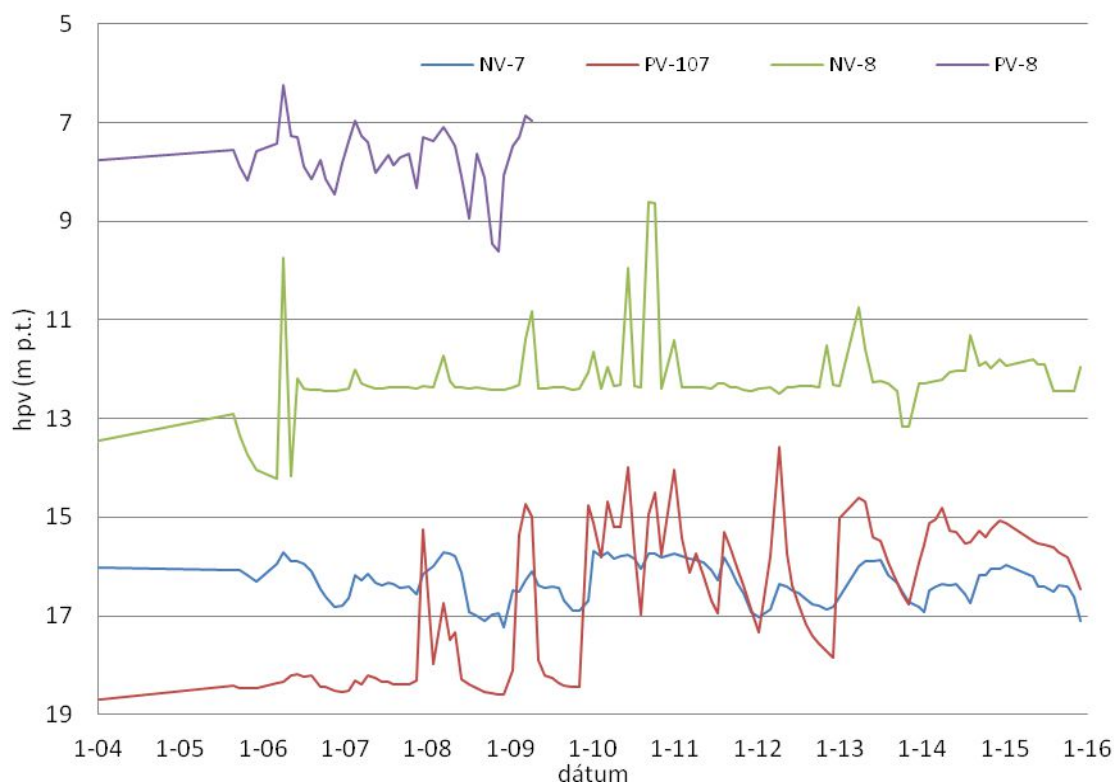


Obr. 17: Zhodnotenie hĺbky hvp pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na IV. etáži SN

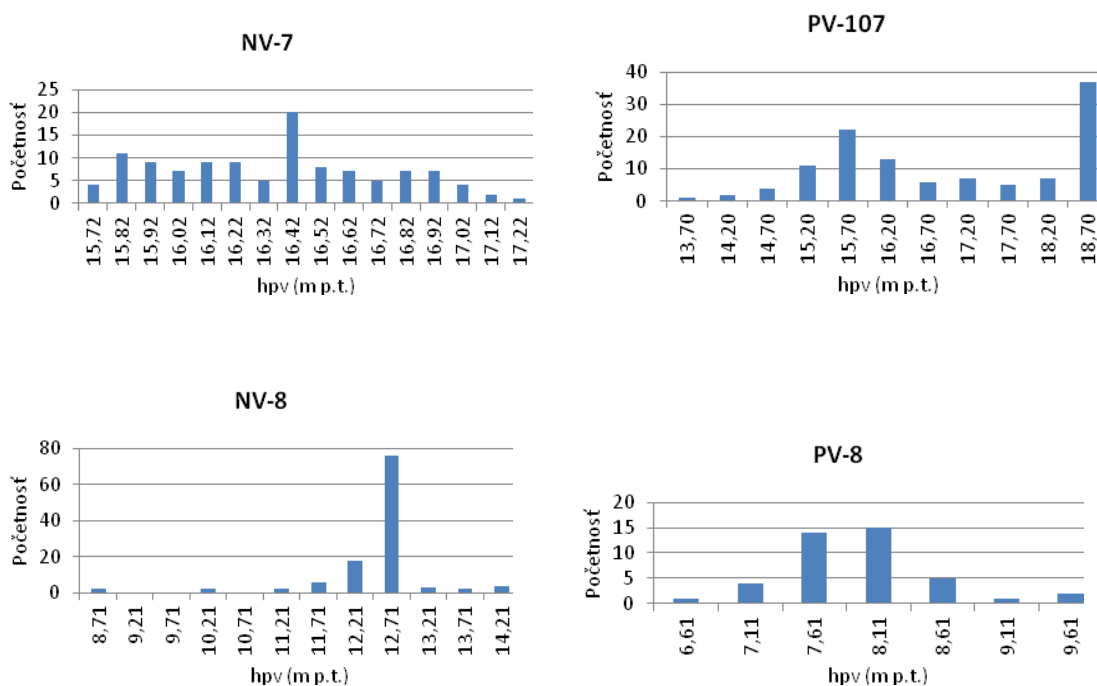
Tabuľka 5: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hvp v sondách na IV. etáži SN

Sonda	NV-7	PV-107	NV-8	PV-8
Priemer	16,32	16,71	12,22	7,73
Štandardná chyba	0,036448	0,136169	0,071208	0,097314
Medián	16,35	16,56	12,36	7,64
Modus	16,41	18,4	12,37	7,31
Smerodajná odchýlka	0,390866	1,460245	0,763624	0,630665
Rozptyl	0,152776	2,132314	0,583122	0,397739
Koeficient špicatosti	-0,88584	-1,46724	9,467339	2,225215
Koeficient asymetrie	0,195334	-0,06519	-1,96318	0,90186
Variačné rozpätie	1,53	5,13	5,6	3,36
Maximum (hvp najhlbšie pod p.t.)	17,22	18,70	14,21	9,61
Minimum (hvp najbližšie pri p.t.)	15,69	13,57	8,61	6,25
Počet pozorovaní	115	115	115	42
Poznámka	od 2.5.2009 zapchatá			

Priebeh kolísania hĺbky hvp v sondách na IV. etáži SN je znázornený na obr. 18. Početnosť meraní hĺbky hvp vyjadrená vo forme stĺpcových grafov na obr. 19.



Obr. 18: Zhodnotenie kolísania hĺbky h_{pv} pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na IV. etáži SN



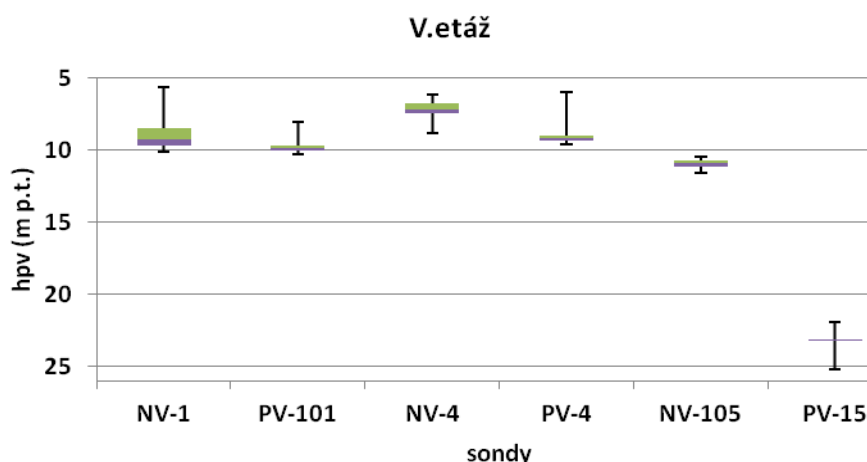
Obr. 19: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky h_{pv} pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na IV. etáži SN

H_{pv} v týchto sondách sa od počiatkov meraní do cca konca roku 2010 nachádzala v štyroch rozdielnych úrovniach, v priemere od 7,73 m v PV-8 do 16,71 m v PV-107. Od roku 2011 došlo k stúpnutiu hladiny vo vrte PV-107, zhruba na úroveň vrtu NV-7. Priebeh kolísania úrovne h_{pv} je

podobný ako v ostatných sondách na SN, kedy hladina je najbližšie pri povrchu terénu v jarných mesiacoch, a naopak najnižšie pod terénom sa nachádza počas v jesenných mesiacov. Najvýraznejší priebeh kolísania hĺbky hpv je možné pozorovať v sondách PV-107 a NV-8.

8. V. etáž Stabilizačného násypu

Na piatej etáži Stabilizačného násypu sa nachádza 18 hydrogeologických vrtov (rozdelných do 9 dvojíc, monitorujúcich hĺbku hpv v telese násypu, označených ako NV, resp. v jeho podloží, označených ako PV). Z tejto množiny vrtov sú v súčasnosti funkčné iba 2 (PV-4 a NV-105; režimové pozorovania boli na nich zabezpečené počas celého sledovaného obdobia 2004 – 2015). V ďalších 4 vrtoch (NV-1, NV-4, PV-101 a PV-15) boli uskutočnené merania, ale momentálne sú nefunkčné (NV-1 je zapchatá od 3.5.2014, NV-4 zapchatá od 5.10.2013, PV-101 zapchatá od 2.5.2009 a PV-15 zničená od 23.3.2013). Ostatné sondy boli zničené alebo zapchaté ešte pred začiatkom meraní: NV-2 bola suchá, neskôr zapchatá, NV-3 zapchatá, od 23.3.2013 zničená, NV-6 zapchatá a od 29.9.2012 zničená, NV-15, NV-16 a NV-17 boli zapchaté a od 23.3.2013 zničené, PV-2 suchá a od 23.3.2013 zničená, PV-3 zničená od 10.9.2006, PV-16 a PV-17 zničené od 23.3.2013, PV-105 zapchatá a PV-106 zničená od 29.9.2012, predtým väčšinou suchá. Spomenuté objekty sú koncentrované do 3 oblastí násypu, pričom najväčšia vzdialenosť medzi jednotlivými objektmi je cca 700 m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody sa nachádzala v rozpätí hĺbok 7,21 (NV-4) až 10,95 m p.t. v NV-105, s výnimkou sondy PV-15, v ktorej sa priemerná hĺbka hpv pohybovala na úrovni 23,15 m p.t. (obr. 20, tabuľka 6).

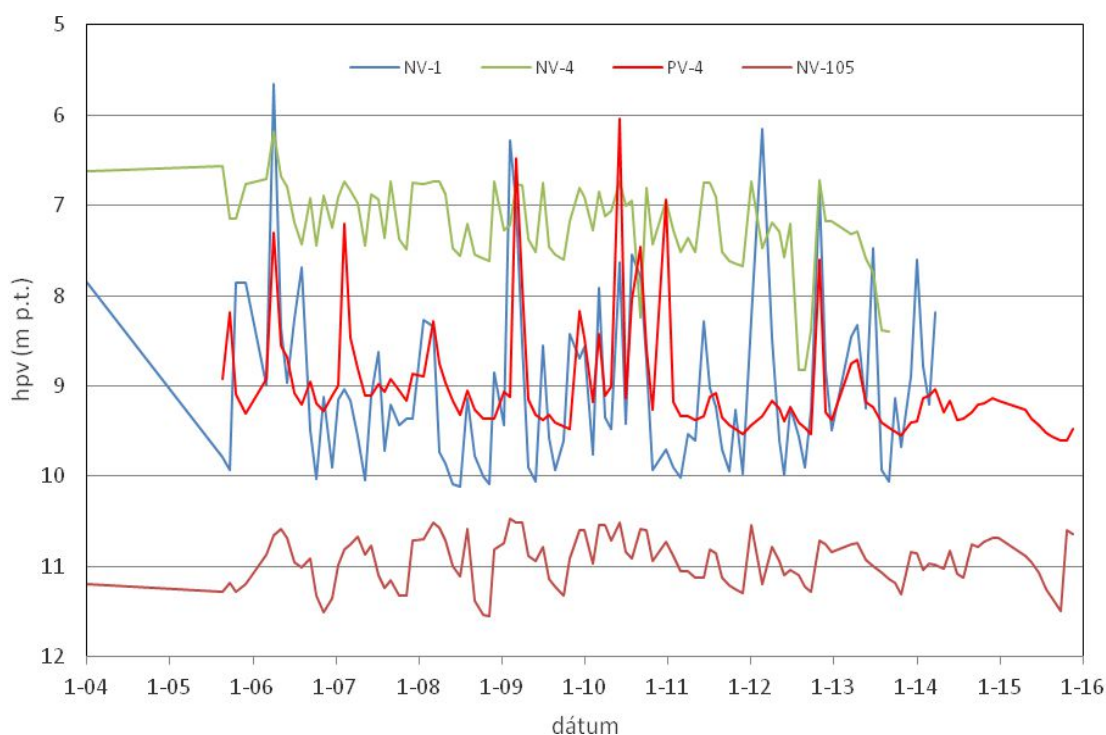


Obr. 20: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na V. etáži SN

Tabuľka 6: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách na V. etáži SN

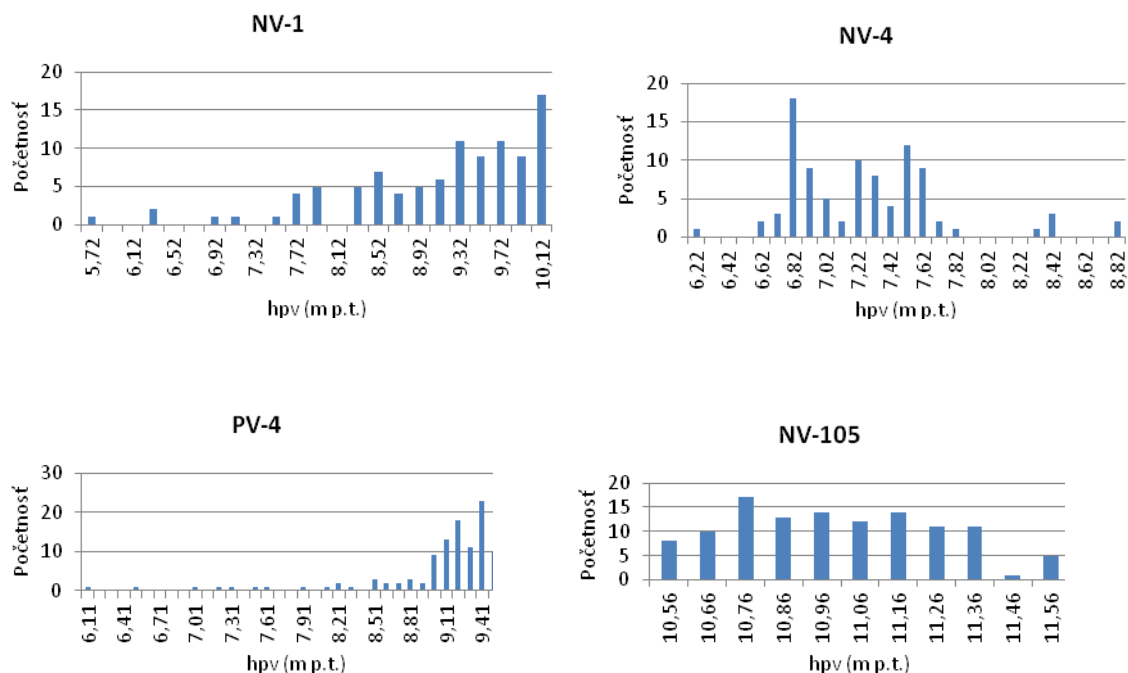
Sonda	NV-1	PV-101	NV-4	PV-4	NV-105	PV-15
Priemer	9,02	9,84	7,21	9,01	10,95	23,15
Štandardná chyba	0,095482	0,055313	0,05	0,058149	0,025163	0,04813
Medián	9,24	9,85	7,19	9,18	10,94	23,18
Modus	9,91	9,73	6,74	9,11	10,76	23,18
Smerodajná odchýlka	0,950032	0,358467	0,479582	0,623582	0,271015	0,36655
Rozptyl	0,902561	0,128499	0,229999	0,388855	0,073449	0,134359
Koeficient špicatosti	1,54483	12,38662	2,016781	7,437859	-0,75744	18,31546
Koeficient asymetrie	-1,24185	-2,61653	1,132674	-2,57764	0,23499	2,043128
Variačné rozpätie	4,47	2,18	2,64	3,57	1,08	3,21
Maximum (hvp najhlbšie pod p.t.)	10,12	10,29	8,82	9,61	11,56	25,18
Minimum (hvp najbližšie pri p.t.)	5,65	8,11	6,18	6,04	10,48	21,97
Počet pozorovaní	99	42	92	115	116	58
Poznámka	zapchatá od 3.5.2014	zapchatá od 2.5.2009	zapchatá od 5.10.2013			zničená od 23.3.2013

Priebeh kolísania hĺbky hvp vo vybraných sondách V. etáži SN je znázornený na obr. 21. Početnosť meraní hĺbky hvp vyjadrená vo forme stĺpcových grafov na obr. 22.



Obr. 21: Zhodnotenie kolísania hĺbky hvp pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na V. etáži SN

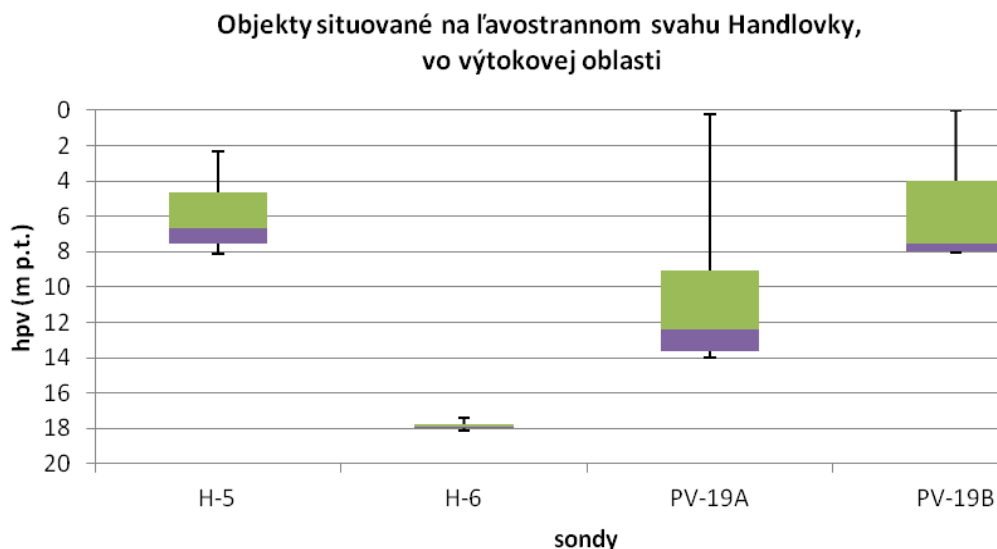
Hpv sa vo vybraných sondách nachádzala v 3 hĺbkových úrovniach, cca v hĺbkach 7,2, 9,5 a 11 m. Najvýraznejšie kolísanie hvp, ako aj jej najväčší rozkvy (4,47 m) bol zaznamenaný vo vrte NV-1, kde dochádza k výrazným a opakovaným stúpaniam hvp hlavne v zimných a jarných mesiacoch. Podobný priebeh kolísania hvp bol zaznamenaný aj vo vrtoch PV-4 a NV-4, avšak pozorované rozpätie hvp bolo o čosi menšie (3,57 a 2,64 m).



Obr. 22: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky h_{pv} pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na V. etáži SN

9. Objekty situované na ľavostrannom svahu Handlovky, mimo SN vo výtokovej oblasti

Ide o 4 sondy nachádzajúce sa mimo Stabilizačného násypu, vo východnej časti pod svahom s kótou 596 m n.m. Na základe krabicových grafov na obr. 23 je možné vidieť výrazný rozkyv hĺbky h_{pv} v sondách PV19-A, PV19B a HV-5, s maximom 13,73 m v PV-19A. Priemerná h_{pv} pod terénom sa nachádzala v 3 rozdielnych hĺbkových úrovniach, a to cca 6, 11 a 18 m. Naopak, v H-6 boli počas monitorovaného obdobia zaznamenané len minimálne zmeny kolísania h_{pv} (< 0,73 m).

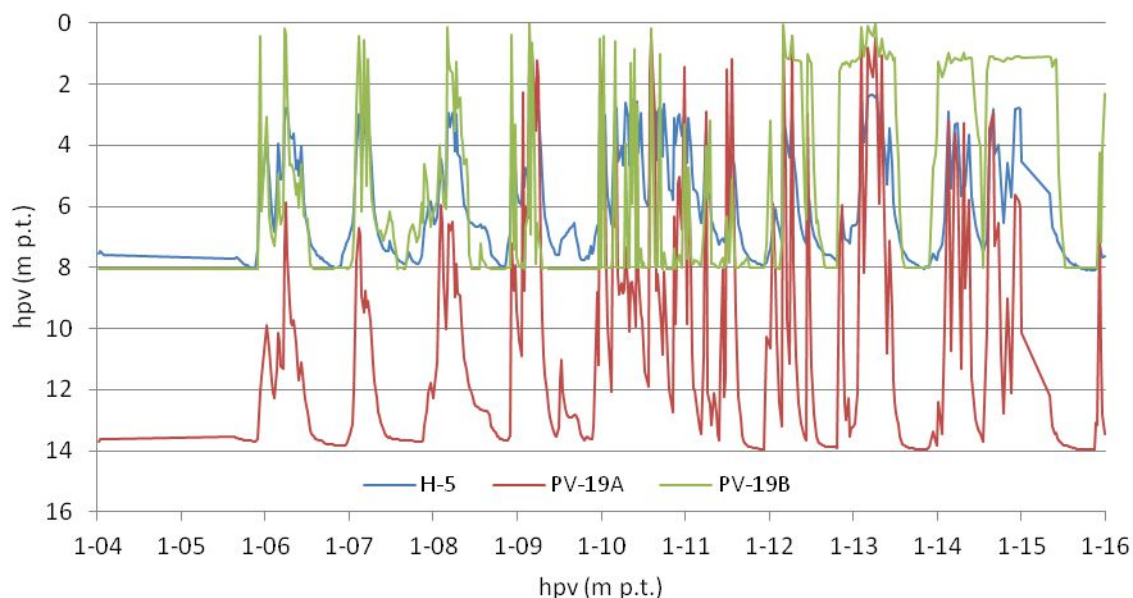


Obr. 23: Zhodnotenie hĺbky h_{pv} pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, vo výtokovej oblasti

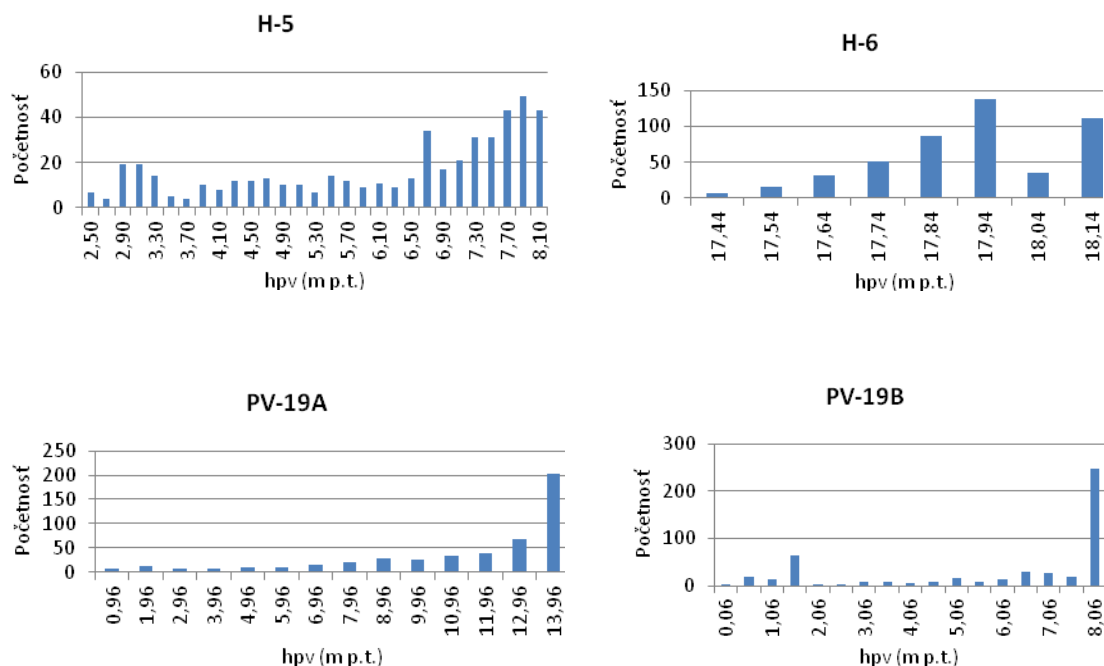
Tabuľka 7: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, vo výtokovej oblasti

Sonda	H-5	H-6	PV-19A	PV-19B
Priemer	6,06	17,87	10,86	5,85
Štandardná chyba	0,078273	0,008141	0,160773	0,126255
Medián	6,65	17,89	12,39	7,58
Modus	7,91	18,09	13,95	8,03
Smerodajná odchýlka	1,734405	0,17799	3,562499	2,797617
Rozptyl	3,00816	0,03168	12,6914	7,826663
Koeficient špicatosti	-0,91082	-0,42128	0,893333	-0,78915
Koeficient asymetrie	-0,67105	-0,40938	-1,3383	-0,93579
Variačné rozpätie	5,74	0,73	13,73	8,05
Maximum (hpv najhlbšie pod p.t.)	8,10	18,14	13,96	8,06
Minimum (hpv najbližšie pri p.t.)	2,36	17,41	0,23	0,01
Počet pozorovaní	491	478	491	491

Priebeh kolísania hĺbky hpv vo vybraných sondách s najväčším rozkvyvom hladín je znázornený na obr. 24 a početnosť meraní hĺbky hpv vyjadrená vo forme stĺpcových grafov na obr. 25



Obr. 24: Zhodnotenie kolísania hĺbky hpv pod terénom vo vybraných sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, vo výtokovej oblasti

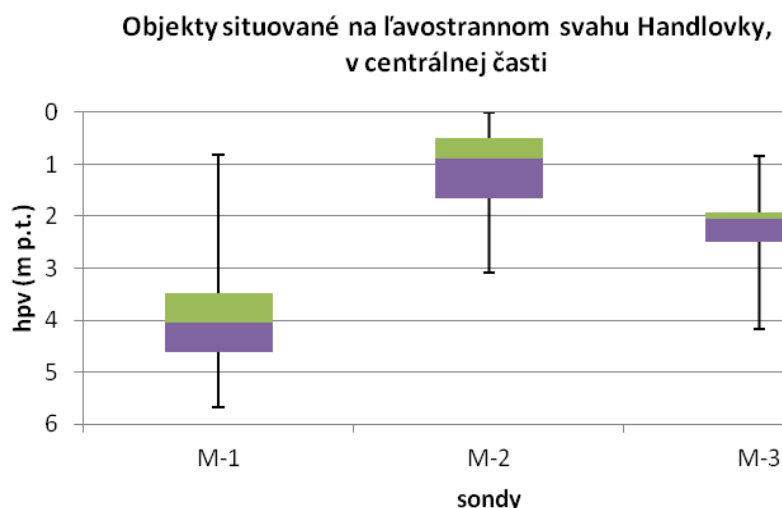


Obr. 25: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, vo výtokovej oblasti

Výsledky meraní hĺbky hpv na vybraných objektoch nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky ukazujú, že v týchto objektoch dochádza k výrazným zmenám hpv, ktoré sa cyklicky opakujú v zhruba pravidelných intervaloch počas jednotlivých rokov. Hpv sa v týchto vrtoch nachádzala najbližšie pri povrchu terénu v zimných a jarných mesiacoch, keď sa topí sneh a dochádza k infiltrácii zrážok. Od apríla dochádza k poklesu úrovne hpv až k jej najväčšej hĺbke pod terénom, ktorú dosahovala v mesiacoch august až október. Ku krátkodobým stúpnutiam hpv dochádzalo aj v letných mesiacoch, čo je zapríčinené vplyvom atmosférických zrážok.

10. Objekty situované na ľavostrannom svahu Handlovky, mimo SN v centrálnej časti

Ide o 3 inklinometrické vrty s perforáciou označené ako M-1, M-2 a M-3, nachádzajúce sa nad Stabilizačným násypom v údolí Nepomenovaného potoka. Priemerná hpv v týchto vrtoch sa nachádzala v 3 rozdielnych hĺbkových úrovniach, a to 3,8 m (M-1), 0,96 m (M-2) a 2,13 m p.t. (M-3) (obr. 26). Pre tieto vrty pozorujeme značný rozkyv hĺbky hpv, maximálne do 4,86 m vo vrte M-1.

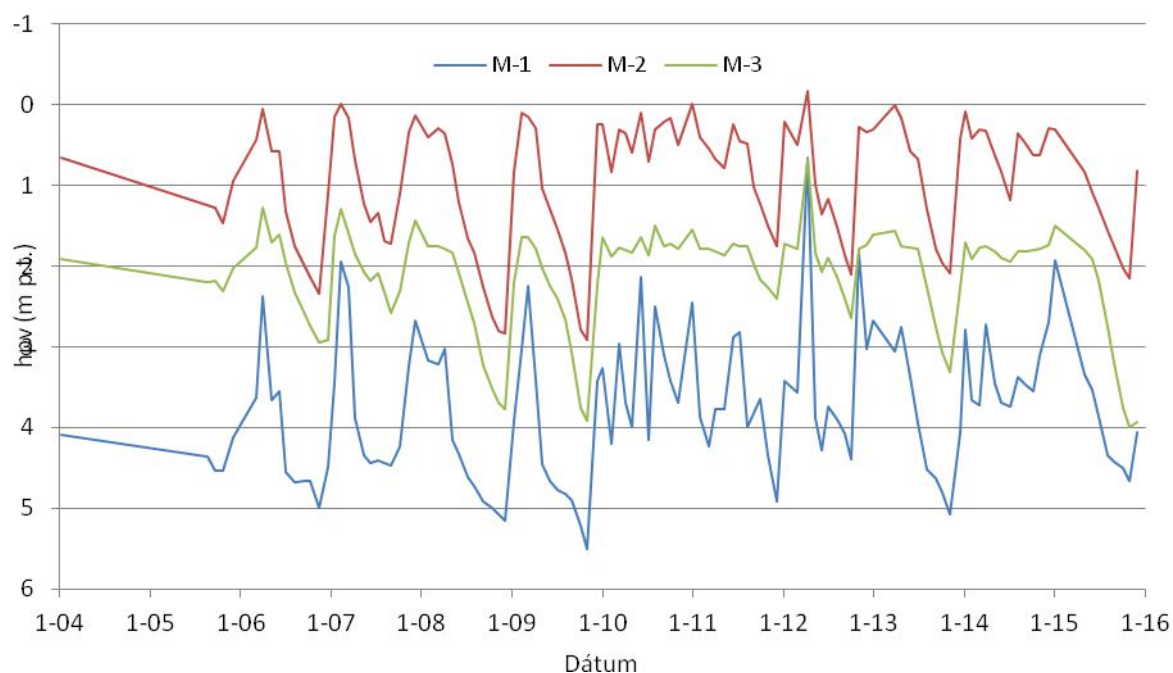


Obr. 26: Zhodnotenie hĺbky hvp pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, v centrálnej časti

Tabuľka 8: Základné štatistické údaje režimových meraní hvp v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, v centrálnej časti

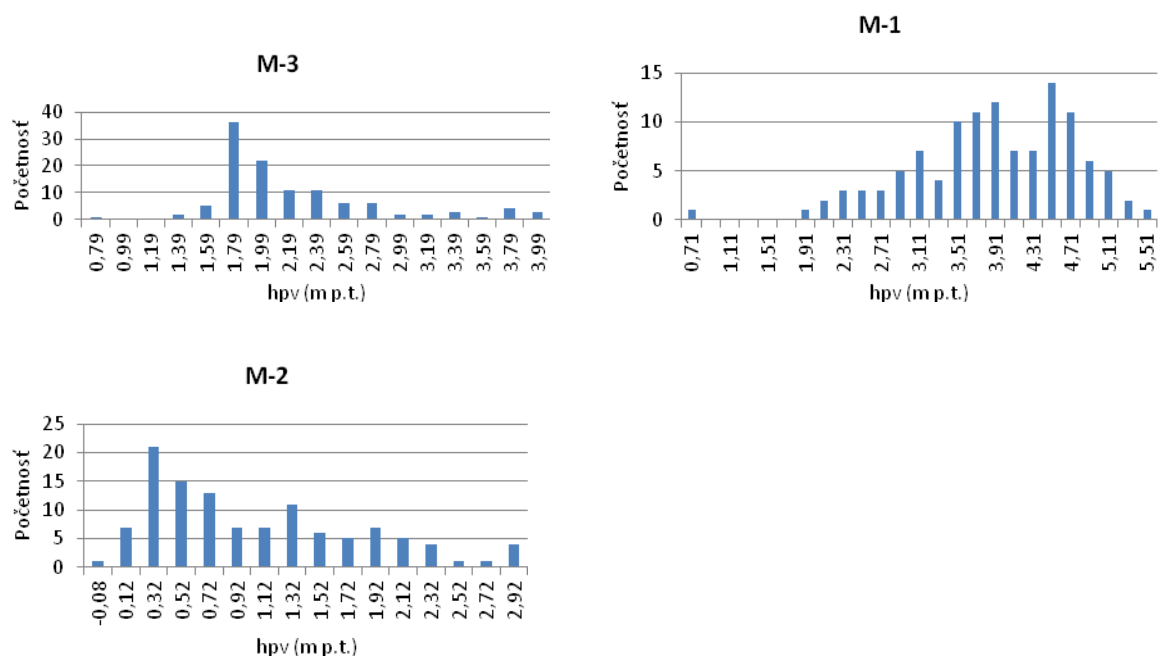
Sonda	M-1	M-2	M-3
Priemer	3,80	0,96	2,13
Štandardná chyba	0,080232	0,070033	0,058707
Medián	3,87	0,73	1,88
Modus	3,43	0,57	1,79
Smerodajná odchýlka	0,860396	0,751016	0,629559
Rozptyl	0,740281	0,564025	0,396345
Koeficient špicatosti	0,616814	-0,31155	1,544307
Koeficient asymetrie	-0,67501	0,74625	1,322655
Variačné rozpätie	4,86	3,09	3,32
Maximum (hvp najhlbšie pod p.t.)	5,51	2,92	3,99
Minimum (hvp najbližšie pri p.t.)	0,65	-0,17	0,67
Počet pozorovaní	115	115	115

Na obr. 27 je možné vidieť priebeh kolísania hĺbky hvp v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky. Hĺbka hvp mala približne rovnaký priebeh vo všetkých troch objektoch, avšak nachádzala sa v 3 rozdielnych úrovniach, v priemere 0,96, 2,13 a 3,80 m p.t. Najvýraznejšie kolísanie hvp, ako aj jej najväčší rozkyv (4,86 m) bol zaznamenaný v sonde M-1. Priebeh sezónnej zmeny hĺbky hvp je podobný ako v ostatných sondách na SN, kedy hladina je najbližšie pri povrchu terénu v jarných mesiacoch, a naopak najnižšie pod terénom sa nachádza počas v jesenných mesiacov.



Obr. 27: Zhodnotenie kolísania hĺbky h_{pv} pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, v centrálnej časti

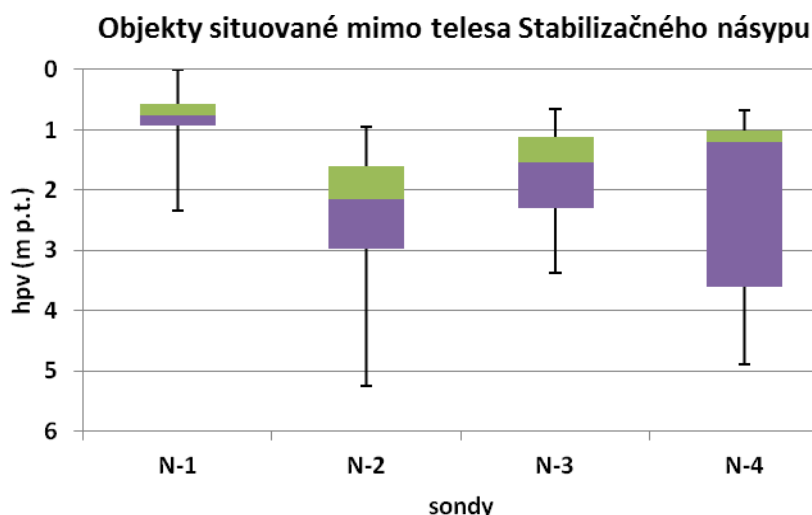
Početnosť meraní hĺbky h_{pv} vyjadrená vo forme stĺpcových grafov je na obr. 28.



Obr. 28: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky h_{pv} pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na ľavostrannom svahu Handlovky, v centrálnej časti

11. Objekty situované na pravostrannom svahu Handlovky, v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960

Ide o 4 inklinometrické vrty s perforáciou, nachádzajúce sa nad Stabilizačným násypom, v telese handlovského zosuvu. Ako je možné pozorovať z obr. 29, hpv vo všetkých sondách sa pohybuje v približne rovnakých úrovniach, avšak s rozdielnym variačným rozpätím. Priemerné hĺbky hpv pod terénom sa pohybovali v rozsahu 0,28 až 1,80 m p.t., najväčšie variačné rozpätie bolo zaznamenané v sonde N-4 (4,29 m).

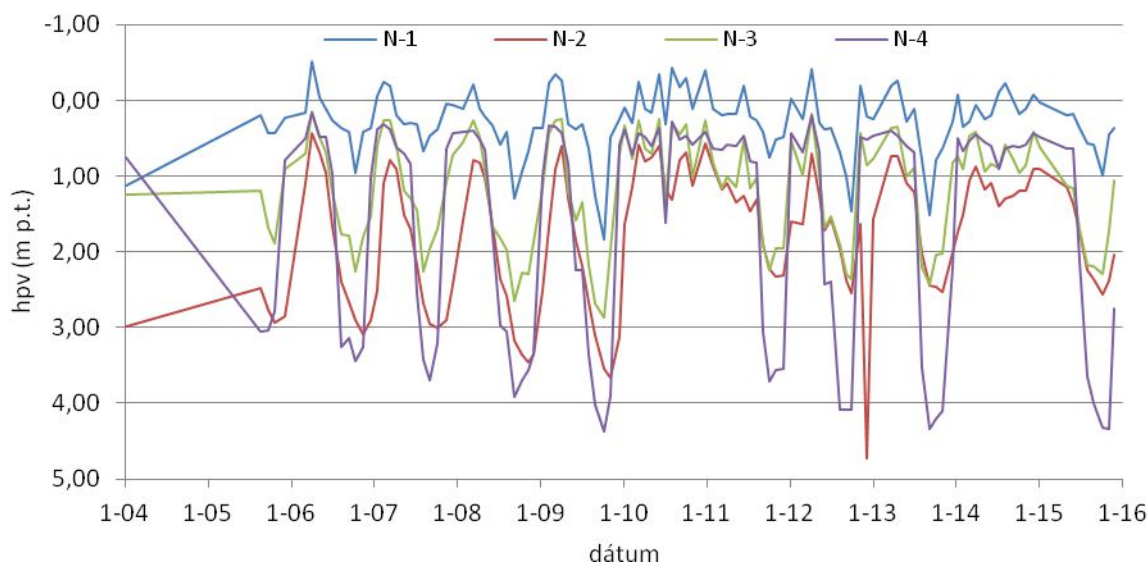


Obr. 29: Zhodnotenie hĺbky hpv pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na pravostrannom svahu Handlovky, v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960

Tabuľka 9: Základné štatistické údaje režimových meraní hĺbky hpv v sondách nachádzajúcich sa na pravostrannom svahu Handlovky, v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960

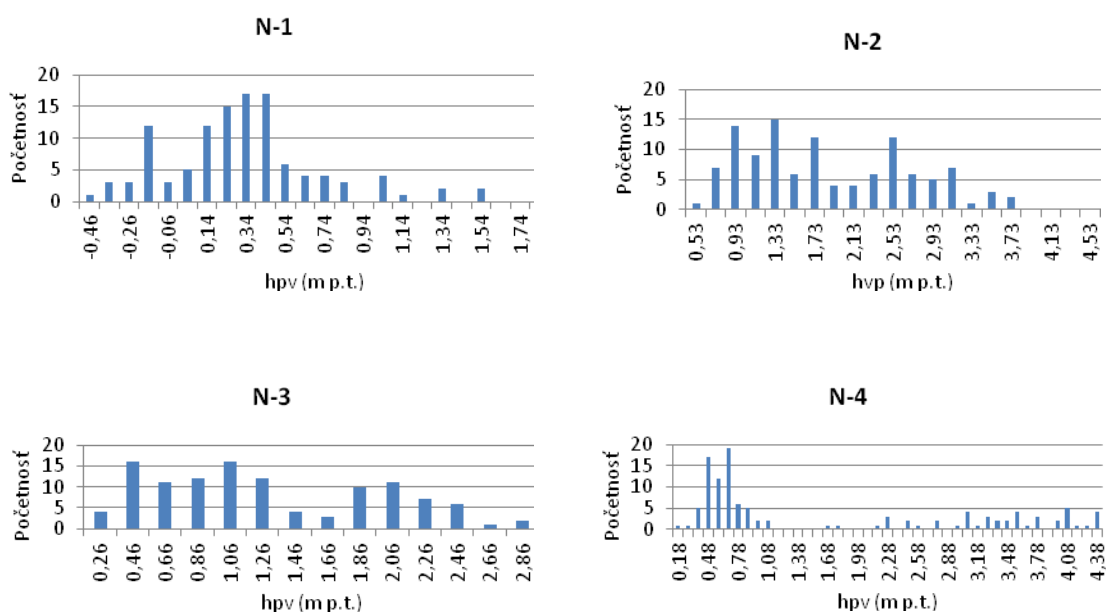
Sonda	N-1	N-2	N-3	N-4
Priemer	0,28	1,80	1,19	1,60
Štandardná chyba	0,03874	0,081407	0,06507	0,13236
Medián	0,25	1,64	1,02	0,69
Modus	0,37	1,1	0,27	0,59
Smerodajná odchýlka	0,415439	0,87299	0,697802	1,407002
Rozptyl	0,172589	0,762111	0,486927	1,979655
Koeficient špicatosti	1,963513	-0,22554	-0,94904	-1,15956
Koeficient asymetrie	0,989192	0,587746	0,407953	0,740549
Variačné rozpätie	2,35	4,29	2,71	4,22
Maximum (hpv najhlbšie pod p.t.)	1,84	4,73	2,86	4,38
Minimum (hpv najbližšie pri p.t.)	-0,51	0,44	0,15	0,16
Počet pozorovaní	32,22	207,27	137,21	180,50
Sonda	115	115	115	113

Priebeh kolísania hĺbky hpv v sondách N-1 až N-4 je znázornený na obr. 30 a početnosť meraní hĺbky hpv vyjadrená vo forme stĺpcových grafov na obr. 31.



Obr. 30: Zhodnotenie kolísania hĺbky hvp pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na pravostrannom svahu Handlovky, v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960

V sledovaných objektoch v oblasti handlovského zosuvu dochádza k výrazným zmenám hvp, ktoré sa cyklicky opakujú v zhruba pravidelných intervaloch počas jednotlivých rokov. Hvp sa v týchto vrtoch nachádzala najbližšie pri povrchu terénu v zimných a jarných mesiacoch, keď sa topí sneh a dochádza k infiltrácii zrážok. Od apríla dochádza k poklesu úrovne hvp, až k jej najväčšej hĺbke pod terénom, ktorú dosahovala v mesiacoch august až október. Ku krátkodobým stúpnutiam hvp dochádzalo aj v letných mesiacoch, čo je zapríčinené vplyvom atmosférických zrážok a najvýraznejšie viditeľné na meraniach z roku 2010.



Obr. 31: Stĺpcové grafy početnosti meraní hĺbky hvp pod terénom v sondách nachádzajúcich sa na pravostrannom svahu Handlovky, v oblasti handlovského zosuvu z roku 1960

12. Záver

Na základe režimových pozorovaní objektov Stabilizačného násypu v Handlovej a jeho najbližšieho okolia, realizovaných v období rokov 2004 až 2015, môžeme vyvodiť nasledujúce závery:

- V jednotlivých objektoch SN a jeho okolí bola počas sledovaného obdobia pozorovaná **výrazná variabilita úrovne hĺbky hladiny podzemnej vody pod terénom**, a to aj v sondách nachádzajúcich sa na rovnakej etáži alebo v bezprostrednej blízkosti. Môže to svedčiť o starnutí, zhoršujúcom sa stave monitorovacích objektov, ale najmä o vysokej heterogenite deponovaného materiálu.
- **Dochádza k postupnému zanášaniu monitorovacích objektov**, ktoré vyžadujú pravidelnú údržbu počas svojej životnosti.
- **Došlo k zničeniu viacerých monitorovacích objektov**, konkrétne v priebehu sledovaného obdobia (2004 – 2015) bolo znefunkčnených 7 objektov (v správe označené ako „aktuálne nefunkčný“), pričom je z celkového počtu 59 objektov 23 nefunkčných („aktuálne nefunkčný“ + „dlhodobó nefunkčný“). Navrhujeme preto prekontrolovať stav týchto objektov, ktoré by mohli byť prečistené od mechanických a chemických sedimentov a znovu sfunkčnené pre účely monitoringu.
- **V prípade nefunkčných vrtov bude potrebné rozhodnúť, či ich ponechať alebo zlikvidovať.** Ak sa ponechajú, bude potrebné ich zabezpečiť tak, aby nedochádzalo ku vnikaniu povrchových vôd do násypu. Minimálnym technickým zabezpečením môže byť montáž uzáverov na ústiach vrtov.
- **Pre režimové pozorovania hĺbky hpv sú využívané aj iné ako hydrogeologické sondy** (aj bez perforovanej časti), ktoré neboli realizované pre tento účel a preto nie sú vhodné pre využitie v rámci monitoringu.

Merania hĺbky hladiny podzemnej vody zabezpečoval ŠGÚDŠ v spolupráci s pánom Vladimírom Holúbkom, ktorý režimové pozorovania fyzicky vykonával. Počas hodnoteného obdobia sa na niektorých objektoch vykonalo takmer 500 meraní. Dlhodobým problémom pri zabezpečovaní monitoringu bol vandalizmus. Z viacerých vrtov boli odcudzené uzávery a následne boli mnohé z nich zahádzané rôznymi predmetmi (deponovaným materiálom). Tieto vrty sa stali z hľadiska monitorovania bezpredmetné (IN-3, MP-2, NV-113, PV-13, NV-15, NV-16, NV-17, NV-2, NV-3, NV-6, PV-105, PV-106, PV-16, PV-17, PV-2, PV-3, PV-109, PV-8, NV-1, NV-4, PV-101, PV-15). Pochopiteľne, okrem negatívnych antropogénnych zásahov, dochádzalo aj k ich postupnému zanášaniu a kolmatácii (napr. M-1 a N-4 – 80 až 100 % zanesenia).

Z analýzy nameraných údajov vyplýva, že vo viacerých vrtoch majú sledované hĺbky hladiny podzemnej vody statický charakter a ich zmeny (počas monitorovaného obdobia) dosahujú rádovo decimetre. Až v ôsmich vrtoch (**NV-109, MP-1, NV-14, H-6, PV-18, H-2, IN-2, H-4**) sa zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody počas celého monitorovaného obdobia nachádzali v rozsahu 0,44 – 0,99 m. Paradoxne, len dva z nich (H-6 a IN-2) sú vystrojené ako inklinometrické vrty (s perforáciou). Ostatné vrty boli primárne vystrojené ako hydrogeologické monitorovacie objekty (vrt PV-18 je od 18.4.2009 zapchatý). Uvedená skupina vrtov má z hľadiska monitorovania režimových zmien hĺbky hladiny podzemnej vody len minimálnu výpovednú hodnotu. Vrty sú sústredené do severovýchodnej časti

Stabilizačného násypu, najmä do oblasti I. etáže a čiastočne III. etáže (2 vrty sa nachádzajú v oblasti výtokového objektu). **Tieto sondy navrhujeme vyradiť zo súboru monitorovaných vrto.**

Opačným prípadom je, keď voda vo vrte počas krátkych intervalov extrémne mení svoju hĺbku. Predpokladáme, že do vrtu sa voda dostáva v dôsledku nedostatočného utesnenia v oblasti zabudovania ochrannej pažnice na úrovni terénu. Kolísanie hladiny v takomto prípade dosahuje (počas jednej etapy) viac ako 10 m. Výsledky takýchto meraní nepodávajú skutočný obraz o vývoji hĺbky hladiny podzemnej vody v danom vrte. Vrty, v ktorých zmeny úrovne hladiny podzemnej vody počas jednej meracej etapy presahujú konvenčne stanovenú hranicu 5 m a viac, sú: **PV-19A, NV-110 a PV-19B**. Diskutabilné sú i ďalšie vrty (napr. **NV-8, PV-14, PV-4**), ale vzhľadom na nízku frekvenciu meraní, nie je možné presne stanoviť, či zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody súvisia s jej prirodzeným dopĺňaním, alebo je to vplyvom vtekania povrchových vôd do vrtu (z povrchového a hypodermického odtoku). **V týchto vrtoch navrhujeme rekonštrukciu, zameranú na utesnenie v oblasti ochrannej pažnice.**

Na základe kritického rozboru výsledkov meraní hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých sondách, **považujeme za vhodné pokračovať v režimových pozorovaniach vo vrtoch: PV-112, PV-111, H-5, NV-7, INV-4, NV-112, PV-107**. Do tejto skupiny je možné zaradiť aj vrty: **NV-111, PV-14, PV-4**, na ktorých je však potrebné zabezpečiť rekonštrukciu (utesnenie v oblasti ochrannej pažnice pred vnikaním povrchových vôd). Zároveň je možné pokračovať v režimových meraniach aj vo vrtoch **IN-3A, H-1, H-7, IN-1, N-2, N-3**, ktoré boli pôvodne vystrojené ako inklinometrické. Namerané údaje v týchto objektoch (aj napriek skutočnosti, že nie sú primárne určené na hydrogeologický monitoring), podávajú základný obraz o vývoji hladiny podzemnej vody v bezprostrednom okolí vrtu.

Ostatné vrty sú pre účely režimových meraní nevhodné (PV-107, PV-4, NV-105, NV-8 – vrty s piezometrickou pažnicou; H-3, M-1, N-4 – vrty s inklinometrickou pažnicou).

Z analýzy zameranej na porovnanie aktuálnej hĺbky vrtu s pôvodnou hĺbkou vyplýva, že viaceré vrty v oblasti prvých štyroch etáží sú do značnej miery zanesené kalom. Vo viacerých prípadoch sa jedná o vrty, ktoré boli zaradené medzi objekty nevhodné na monitoring, prípadne vrty, na ktorých je potrebné zabezpečiť rekonštrukciu. Je teda otázne, či investícia vynaložená na prečistenie týchto vrto bude úmerná hodnote informácií, ktoré bude rekonštruovaný objekt poskytovať v budúcnosti. Na prečistenie navrhujeme vrty, ktoré v období monitorovania podávali spoľahlivé informácie o zmenách hladiny podzemnej vody (NV-112 a PV-107).

Aj keď analýza nameraných údajov priniesla ucelený obraz o vývoji hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých častiach násypu (počas celého obdobia monitoringu), zároveň však načrtla viacero okruhov problémov. Okrem už spomenutých poukazuje i na skutočnosť, že v priestore stabilizačného násypu existuje viacero izolovaných, hydrogeologicky ohraničených štruktúr. Je to výsledkom výrazných rozdielov vo filtračných parametroch deponovaného materiálu v jednotlivých častiach násypu. Hlušinový materiál z Hornonitrianskych baní, a. s. bol počas obdobia budovania telesa násypu kombinovaný s inými, miestami aj nevhodnými materiálmi (antropogénneho pôvodu; informácia je zo zdrojov spoločnosti Banské projekty, a.s.). Z tohto dôvodu je častým javom, že údaje o nameranom stave hladiny podzemnej vody vo vrtoch situovaných v užšom okruhu (s približne rovnakou hĺbkou perforácie) sa zásadne líšia.

Súhrnné informácie o monitorovacích objektoch Stabilizačného násypu v Handlovej sú usporiadané podľa ich situovania v Tabuľke 10.

Tabuľka 10: Zhodnotenie monitorovacích objektov v rámci Stabilizačného násypu v Handlovej

	Objekt	X-súradnica	Y-súradnica	Z-súradnica	Výška pažnice	Pôvodná hĺbka	Aktuálna hĺbka	Aktuálny stav	Účel objektu
pod výtokom	H-1	-446 860,35	-1 228 218,84	454,89	0,73	12	10,7	vyhovujúci	inklinometrické
	H-7	-446 851,93	-1 228 228,52	453,98	0,76	12	11,6	vyhovujúci	inklinometrické
I. etáž	PV-18	-446 875,65	-1 228 223,25	457,03	1,18	15		aktuálne nefunkčný	inklinometrické s perforáciou
	H-2*	-446 895,03	-1 228 239,90	461,47	1,00	15	10,0	merateľný	hydrogeologické
	IN-1	-446 894,60	-1 228 271,70	463,06	0,78	30	6,7	merateľný	inklinometrické s perforáciou
	IN-2*	-446 918,50	-1 228 244,39	463,13	0,71	22	20,85	merateľný	inklinometrické s perforáciou
	IN-3	-446 883,53	-1 228 235,82	460,66	0,92	16		dlhodobo nefunkčný	inklinometrické s perforáciou
	IN-3A	-446 884,41	-1 228 233,23	460,60	0,74	17		merateľný	inklinometrické s perforáciou
	MP-1*	-446 882,29	-1 228 223,79	460,05	0,52	6	2,8	merateľný	hydrogeologické
	MP-2	-446 876,49	-1 228 231,76	460,07	0,52	6		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	NV-113	-446 919,31	-1 228 257,18	463,84	1,02	9		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	NV-14*	-446 882,00	-1 228 286,82	462,99	0,46	8	7,0	merateľný	hydrogeologické
	PV-13	-446 912,57	-1 228 254,72	463,16	1,00	20		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	PV-14	-446 868,85	-1 228 282,63	461,81	1,12	20	9,64	vyhovujúci	hydrogeologické
II. etáž	H-3*	-446 945,01	-1 228 265,35	469,80	0,89	24	21,8	merateľný	inklinometrické s perforáciou
	NV-111	-446 940,31	-1 228 282,74	470,38	0,88	11	9,57	merateľný	hydrogeologické
	NV-112	-446 905,13	-1 228 328,95	471,12	1,05	13	12,6	vyhovujúci	hydrogeologické
	PV-111	-446 935,49	-1 228 274,19	469,97	0,88	17	9,4	merateľný	hydrogeologické
	PV-112	-446 897,25	-1 228 324,06	470,27	1,18	20	13,7	merateľný	hydrogeologické
III. etáž	H-4*	-447 021,30	-1 228 298,60	478,05	0,92	30	13,0	merateľný	hydrogeologické
	IN-4	-446 984,61	-1 228 326,37	477,08	0,73	26	22,3	vyhovujúci	inklinometrické s perforáciou
	INV-4	-446 991,88	-1 228 315,91	477,11	1,61	15	13,2	vyhovujúci	hydrogeologické
	NV-109*	-447 004,63	-1 228 275,89	477,18	1,27	11	10,5	merateľný	hydrogeologické
	NV-110	-446 967,02	-1 228 341,94	477,07	1,06	16	16,3	merateľný	hydrogeologické
	PV-109	-447 012,84	-1 228 278,29	477,04	0,96	15	10,0	aktuálne nefunkčný	hydrogeologické
	PV-110	-446 954,73	-1 228 434,21	477,01	0,74	21	6,6	merateľný	hydrogeologické

pokračovanie tabuľky

	Objekt	X-súradnica	Y-súradnica	Z-súradnica	Výška pažnice	Pôvodná hĺbka	Aktuálna hĺbka	Aktuálny stav	Účel objektu
IV. etáž	NV-7	-447 087,39	-1 228 298,01	482,41	1,13	3	15,8	vyhovujúci	hydrogeologické
	NV-8*	-447 340,03	-1 228 374,46	483,27	0,71	3		merateľný	hydrogeologické
	PV-107	-447 088,34	-1 228 296,15	482,35	1,16	23	18,6	vyhovujúci	hydrogeologické
	PV-8	-447 028,59	-1 228 381,83	482,97	2,83	12		aktuálne nefunkčný	hydrogeologické
	NV-1	-447 394,00	-1 228 931,22	498,17	1,56	6		aktuálne nefunkčný	hydrogeologické
V. etáž	NV-105*	-447 171,26	-1 228 297,57	484,99	1,16	15	10,5	merateľný	hydrogeologické
	NV-15	-447 315,90	-1 228 494,40	494,79	0,58	20		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	NV-16	-447 497,31	-1 228 413,52	493,92	1,22	20		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	NV-17	-447 346,75	-1 228 852,00	499,74	0,72	15		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	NV-2	-447 278,93	-1 228 558,84	494,54	0,24	8		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	NV-3	-447 435,24	-1 228 493,78	494,31	1,17	6		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	NV-4	-447 197,04	-1 228 590,19	490,90	1,31	8		aktuálne nefunkčný	hydrogeologické
	NV-6	-447 114,79	-1 228 401,62	484,89	2,35	3		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	PV-101	-447 396,12	-1 228 926,85	498,19	1,59	18		aktuálne nefunkčný	hydrogeologické
	PV-105	-447 162,15	-1 228 296,75	483,89	2,25	0		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	PV-106	-447 115,86	-1 228 403,80	484,95	2,10	21		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	PV-15	-447 313,13	-1 228 492,89	494,72	0,34	25		aktuálne nefunkčný	hydrogeologické
	PV-16	-447 491,96	-1 228 407,16	494,50	0,88	26		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	PV-17	-447 347,63	-1 228 847,86	499,88	1,05	25		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	PV-2	-447 276,99	-1 228 560,84	494,36	0,54	13		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	PV-3	-447 437,20	-1 228 497,12	494,32	0,39	14		dlhodobo nefunkčný	hydrogeologické
	PV-4	-447 197,76	-1 228 591,01	490,98	0,60	14	12,2	vyhovujúci	hydrogeologické

pokračovanie tabuľky

I' Handlovka I	H-5	-446 899,71	-1 228 197,55	460,84	0,81	16		vyhovujúci	hydrogeologické
	H-6*	-447 056,35	-1 228 198,29	474,32	0,83	20		merateľný	inklinometrické s
	PV-19A**	-446 944,60	-1 228 150,45	466,89	0,75	17		merateľný	perforáciou
	PV-19B**	-447 003,33	-1 228 120,45	474,86	0,84	12		merateľný	inklinometrické s
I' Handlovka II	M-1*	-447 778,41	-1 228 286,13	516,73	1,37	22		merateľný	perforáciou
	M-2	-447 983,75	-1 228 229,62	539,85	1,38	28	24,96	merateľný	inklinometrické s
	M-3	-447 697,40	-1 228 301,80	507,89	1,40	13	12,00	merateľný	perforáciou
	N-1	-447 136,03	-1 228 675,37	489,25	1,08	15		merateľný	inklinometrické s
P Handlovka	N-2	-447 084,38	-1 228 707,42	495,55	0,78	30		vyhovujúci	perforáciou
	N-3	-447 031,73	-1 228 734,13	498,76	0,73	30	16,38	vyhovujúci	inklinometrické s
	N-4*	-446 946,96	-1 228 785,78	507,16	1,33	30		merateľný	perforáciou

* – údaje namerané v týchto vrtoch majú z hľadiska monitorovania režimových zmien len minimálnu výpovednú hodnotu

** – na vrtoch navrhujeme rekonštrukciu, zameranú na utesnenie v oblasti ochrannej pažnice

Literatúra

- Bakeš, M., Sviteková, J., Homola, M. a Gužík, P. 2016: VS Stabilizačný násyp Handlová, Zhodnotenie stavu pozorovacích sond, Vodohospodárska výstavba, š.p.
- Hagara, R., Nagy, Z., Madaj, M., 2012: Meranie priečných deformačných javov prekrytého profilu Handlovky a prítoku Nepomenovaného potoka. Meranie pohybov podložia. Banské projekty, spol. s r. o., 126 s. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Mokrá, M., Jadroň, D., Beracko, I., Zuberec, M. 2004: Handlová- pozorovací systém na stabilizačnom násype v údolí Handlovky, INGEO- ighp, s.r.o., Manuscript archív geofondu č. 85489
- Ondrejka, P., Petro, Ľ., Iglárová, Ľ., Jelínek, R., Wagner, P., Liščák, P., Žilka, A., Pauditš, P., Šimeková, J., Magalová, D., 2015: Zosuvy a iné svahové deformácie. Správa za rok 2014 (v rámci úlohy ČMS Geologické faktory). Manuskript, archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 336 s, 52 príloh.