

MEASUREMENT OF WATER LEVEL HIGHT BY PRESSURE SENSORS

MERANIE VÝŠKY HLADINY VODY TLAKOVÝMI SNÍMAČMI

Branislav Kubík¹

This contribution is about measurement of water level with pressure sensors. Contibution include two example of its using. The first example is measuring of underground water level in tail bays waterdam Gabčíkovo. The second is measuring of pressure underground water level above tunnel Višňové - Dubná skala with wibrating wire piezometer. In conclusion are described brief knowledge about it.

Key words: vibrating sensor, tail bay, piesoresistive transmitter, level measurement

Úvod

V súčasnosti získava na význame nová metóda výstavby veľkých alebo zložitých inžinierskych stavieb, ktorá pomáha lepšie zvládnuť veľkú náročnosť a zmenšiť riziká škôd. Je to tzv. pozorovacia (observačná) metóda výstavby. Uplatňuje sa všade tam, kde nie je možné dostatočne presne zistiť alebo odhadnúť správanie sa ako už samotnej konštrukcie tak i okolitého prostredia. Taktiež je možné použiť niektoré jej prvky i počas prevádzky hotového diela, ak si to vyžadujú jeho ďalšie úpravy v rámci bezpečnosti a predĺženia životnosti. Bližšie o metóde hovorí [1]. Jednou z neoddeliteľných súčastí tejto metódy je experimentálne meranie priamo in situ. Dnešná technika a postupy umožňujú experimentálne zistiť veľa veličín, v podstate od posunov, deformácií, napätí v konštrukciách, v podloží, teploty, hustoty, chemického zloženia v jednom okamihu až po zistenie dynamických charakteristík a časových priebehov všetkých veličín.

V tomto príspevku sa spomína jedna z možností a to meranie výšky hladiny vody pomocou rôznych snímačov tlaku vody. Tiež tu nájdete príklady využitia týchto meraní na stavbách známych pre všetkých, VD Gabčíkovo a cestnom tunely Višňové - Dubná skala. Keďže ide o veľmi náročné inžinierske diela, je a bolo nutné sledovať ich správanie sa už počas výstavby a takisto zisťovať ako vplývajú na okolité prostredie i počas ich prevádzky. Všetkým je asi známe, že na plavebných komorách VD Gabčíkovo sú problémy s neustálym únikom vody z plavebných komôr, ktorý ohrozuje okolité prostredie zvýšením hladiny podzemnej vody. Už nejaký čas sa potvrdzovalo, že ľavá komora (i keď menej používaná) vykazuje väčší únik vody. Preto sa správca rozhodol urobiť rekonštrukciu dilatačných škár.

¹ Ing. Branislav Kubík, Katedra stavebnej mechaniky, SvF ŽU v Žiline, Komenského 52, 01026 Žilina, Slovenská republika, tel.: +421 (41) 7243343, fax: +421 (41) 7233502, branok@fstav.utc.sk, www.ksmch.org

V akom rozsahu sa podarilo znížiť únik vody sa zmienime neskôr. Naopak pri výstavbe cestného tunela Višňové - Dubná skala je nutné už počas výstavby dohliadať na hladinu podzemnej vody (jej výšku) a určiť či nedochádza k poklesu v súvislosti s prerazením prirodzených bariér v podzemí, ktoré by mohlo spôsobiť vysychanie zdrojov vody apod. Predtým ako ukážeme konkrétne aplikácie, vráťme sa ešte k spôsobu merania výšky hladiny vody v spomenutých prípadoch a k tomu potrebným snímačom.

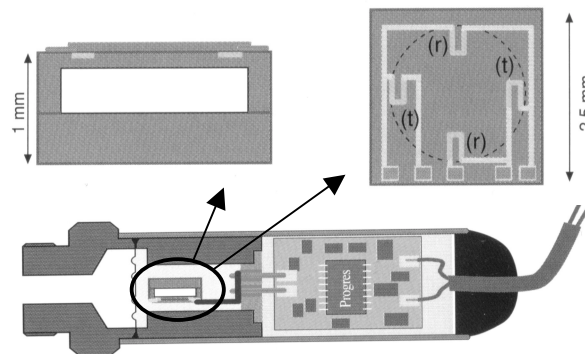
Použitie snímače tlaku vody

Oddávna bolo potrebné merať výšku hladiny vody, či už v riekach alebo neskôr aj v podzemí. Väčšinou sa na to používalo odčítanie výšky voľným okom na stupnici vloženej do vody alebo zistenie výšky pomocou plavákov. Neskôr bolo potrebné merania automatizovať a vznikali prvé snímače na základe mechanických princípov. Z tých sa postupom času prešlo k rôznym odporovým, piezometrickým, optickým a iným snímačom. V súčasnosti sa používajú už aj snímače na báze vibračnej struny. Na už spomenutých stavbách sa využívajú snímače tlaku vody na báze odporovej (KELLER, Gabčíkovo) a vibračnej (GEOKON, Višňové). Oba fungujú spôsobom: zistenie tlaku vody a prevod na hodnotu výšky hladiny pomocou dostupných hodnôt hĺbky ponorenia apod.

V špeciálnych šachtách a vrtoch pri plavebných komorách VD Gabčíkovo sú umiestnené snímače 26W (obr. 1) firmy KELLER v celkovej počte 15. Na obr. 2 je vidieť konštrukciu snímača.



Obr. 1 transmitter Serie 26W (KELLER)



Obr. 2 schéma a detail snímača

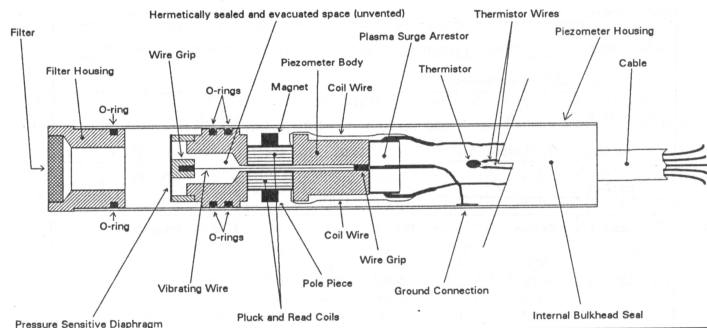
Detail ukazuje membránu, ktorá sa vplyvom zmeny tlaku prehyba a mení sa jej tvar, čo spôsobuje zmenu odporu v snímačoch a tá určuje po očiachovaní tlak vody. Existujú snímače absolútne aj komplikovanejšie relatívne. Tento typ snímača priamo obsahuje aj predzosilňovač. Výstup je analógový. Ten sa potom spracúva v AD prevodníku a postupuje ďalej do počítača. V Gabčíkove je namontovaný rozsiahly plnoautomatizovaný merací systém GEOMONITOR. Len pre obraz ho tvorí viac ako 200 snímačov, 5 počítačov, AD prevodníky, riadiace prvky a niekoľko kilometrov kabeľáže.

Presne nad osou výrubu prieskumnej štôlne tunela Višňové - Dubná skala bol urobený 120m hlboký vrt. V tomto vrte je umiestnený vibračný piezometer 4500SX-0250 (obr. 3) firmy GEOKON (USA). Keďže v danom mieste sa vyskytuje tlaková podzemná voda, vrt musel byť utesnený špeciálnou hmotou. Pri vyhodnotení sa zistilo, že voda by siahala až 2m nad úroveň terénu. Ak by sa vrt neutesnil, zistená výška by ukazovala len voľnú hladinu vody a nie tlakovú. Schéma snímača na obr. 4 ukazuje konštrukciu a systém fungovania. Tenká struna je natihnutá medzi pevne uložený koniec tela snímača a druhý koniec je upevnený na tenkú membránu. Táto membrána sa pod tlakom vody prehyba, čím dochádza k zmene dĺžky

struny. V strede struny je zariadenie, ktoré strunu rozkmitáva. Tým, že struna mení dĺžku, dochádza k zmene vlastnej frekvencie. Po ustálení kmitania zariadenie spätne zisťuje frekvenciu a tá je výstupom, ktorý sa potom ešte upravuje vzhľadom na teplotu a tlak vzduchu.



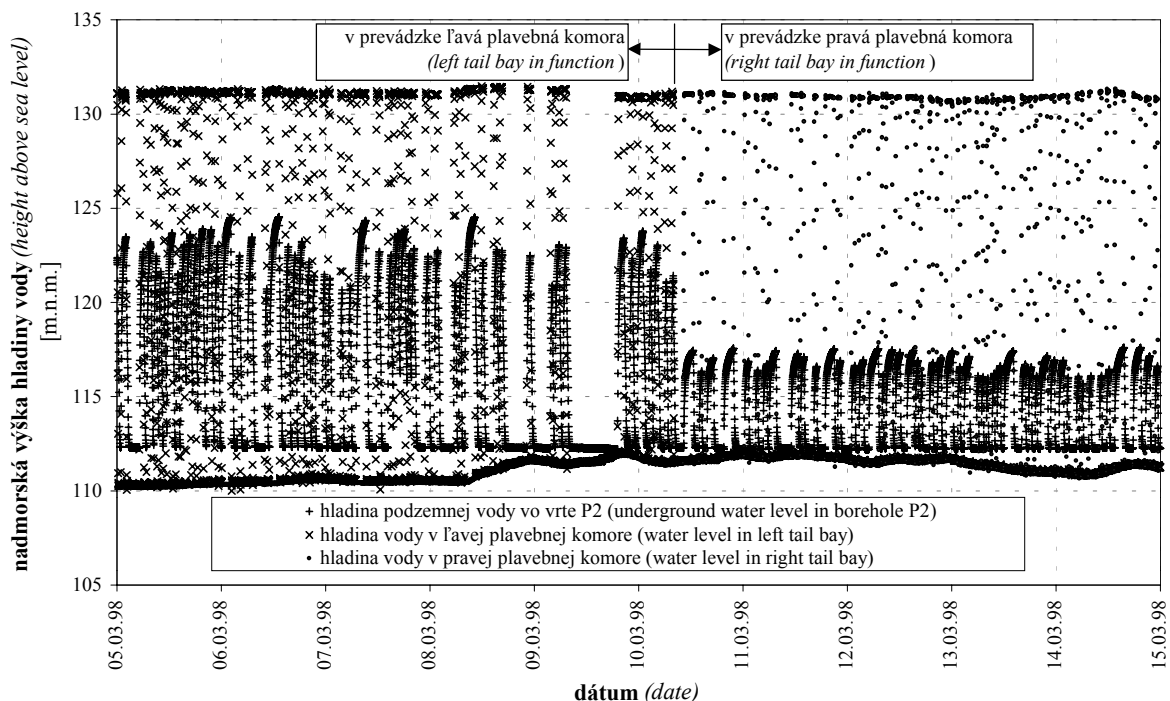
Obr. 3 vibračný piezometer 4500SX-0250



Obr. 4 schéma vibračného piezometra (GEOKON)

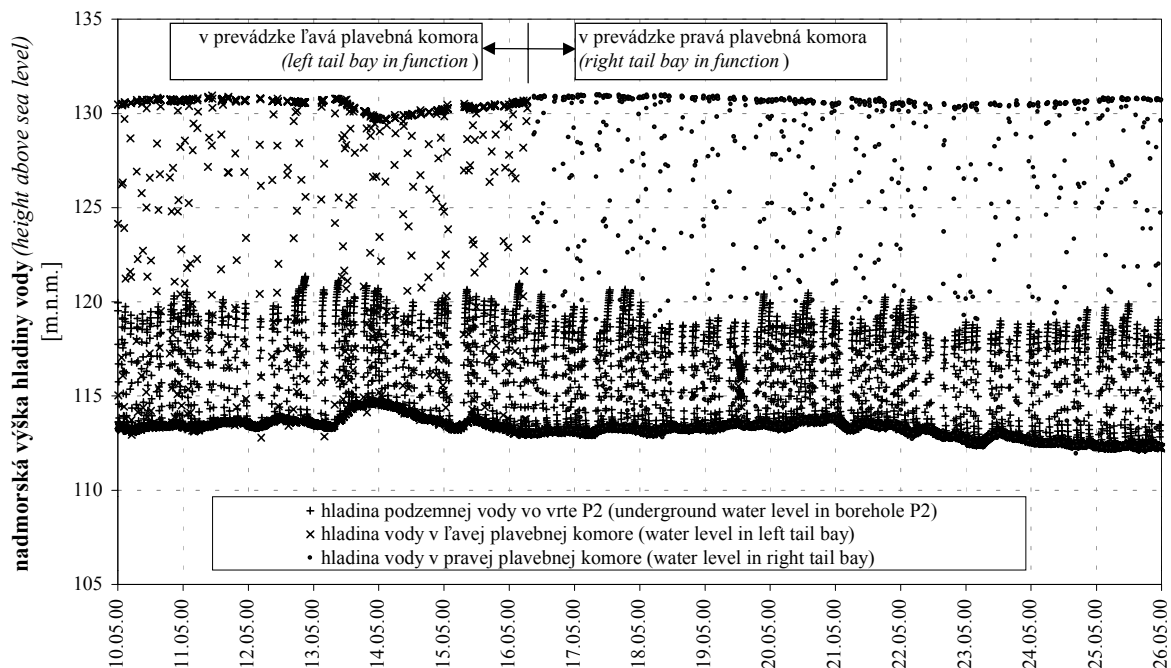
Výstupy z meraní tlaku vody na VD Gabčíkovo

Výstavba VD Gabčíkovo si vyžiadala vybudovať systém vrtov na pozorovanie výšok hladín podzemnej vody v okolí diela (ich počet je viac ako 1000) a po zistení únikov vody z plavebných komôr aj vybudovanie monitorovacieho systému na zistenie vplyvu zmeny hladiny vody v komorách na výšku podzemnej vody v tesnej blízkosti komôr a mnohých ďalších vplyvov. Ukážme tu teraz výstupy z dlhodobého monitoringu. V bodoch LK a PK sa zisťuje výška hladiny vody v PK. V bode P2 je vrt, v ktorom sa zisťuje výška hladiny podzemnej vody. Vrt sa nachádza v strede medzi PK. Vybrali sme zámerné tento bod, pretože je na ňom najlepšie vidieť zmeny. Ako sme už v úvode spomínali, na jeseň 1999 prebehla rekonštrukcia dilatačných škár ľavej PK, čo obnášalo výmenu dilatačného tesnenia za nové. Keďže merania prebiehajú priebežne od apríla 1997 až doteraz, je možné zistiť, ako táto



Obr. 5 časový priebeh zmeny hladiny vody v komorách a vo vrte P2 v marci 1998 (pred rekonštrukciou)

výmena ovplyvnila vytekanie vody z ľavej komory. Na obr. 5 je zobrazený graf, ktorý ukazuje časový priebeh zmien výšok hladín vody v PK a v P2 pred rekonštrukciou v marci 1998. Priamo odtiaľ je vidieť, kedy bola funkčná ľavá a kedy pravá PK a ako sa mení priebeh v bode P2. Snímač tlaku vody bol nainštalovaný v nadmorskej výške 111,5m.n.m. Je zrejmé, že pokiaľ fungovala ľavá PK, výška vody v bode P2 dosahovala maximá až 124,5m, avšak počas fungovania pravej PK je to len 119,0, čo je rozdiel 5,5m. Pritom ak zoberieme, že v prvom prípade voda v bode P2 stúpila o 12,5m, v druhom je to len 7,0m, čo je takmer o 40% menej. Na ďalších obrázkoch (obr. 7 a 8) je znázornený priebeh jedného cyklu napustenia a vypustenia komôr. Ako vidieť, krivka zmeny hladiny v bode P2 sa dá rozdeliť na dve časti. Prvá časť krivky znázorňuje zmenu hladiny počas napúšťania a druhá po dobu, keď je komora napustená. Pokiaľ sa ľavá PK napúšťa, zvýši sa hladina vody o 6,3m potom za čas 1h 12min, pokiaľ je napustená, hladina sa zvýši ešte o ďalších 5,1m. To predstavuje priemernú rýchlosť nárastu 4,2m/h. Pričom pri napúšťaní pravej PK je to počas napúšťania 3,9m a počas 1h 22min 2,7m, čo predstavuje rýchlosť nárastu 1,9m/h. Čiže z ľavej PK uniká voda približne 2,2 krát rýchlejšie. Na obr. 6 je graf ukazujúci časový priebeh hladín v máji 2000. Už na prvý

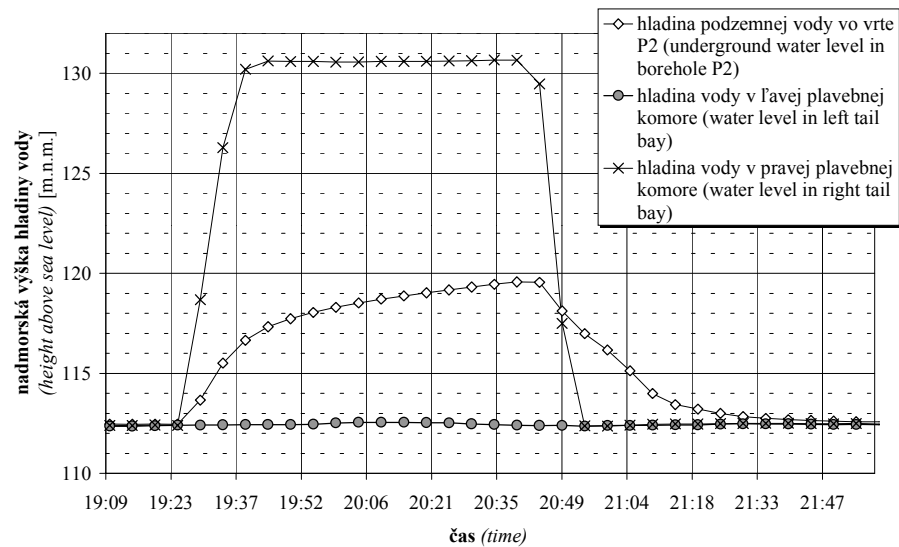
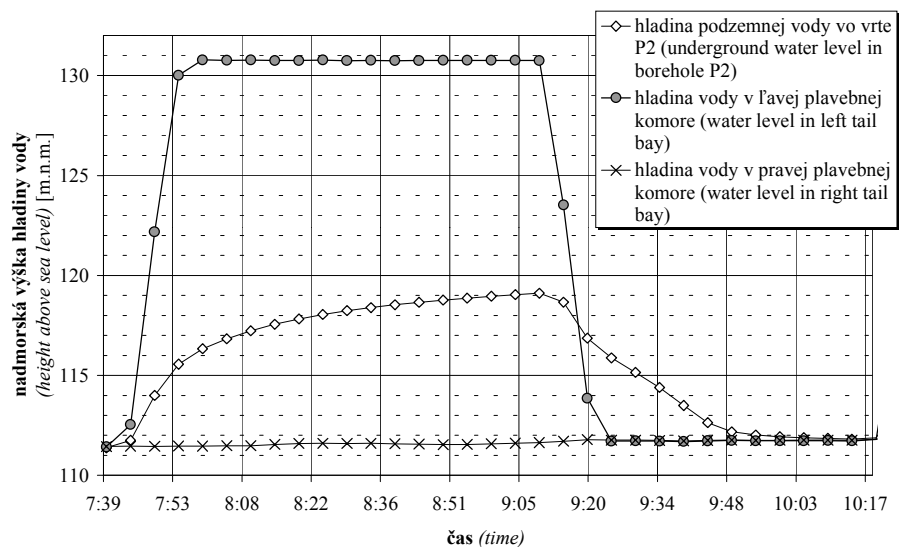
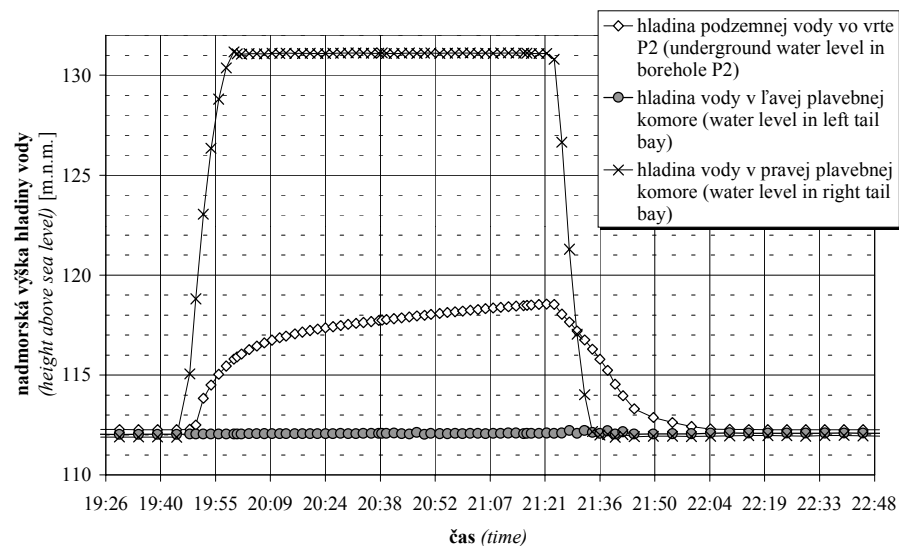
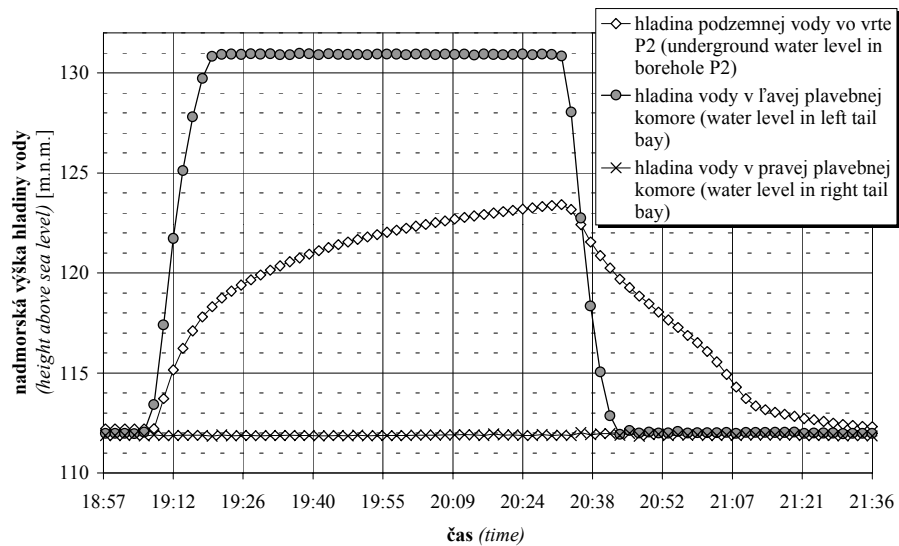


Obr. 6 časový priebeh zmeny hladiny vody v komorách a vo vrte P2 v máji 2000 (po rekonštrukcii)

pohľad je zrejмый rozdiel oproti obr. 5. Počas fungovania ľavej a pravej PK sa takmer strácajú rozdiely maxim v bode P2. Pozrime sa na to bližšie. Čiže pokiaľ fungovala ľavá PK maximá v bode P2 dosahovali cca 121,0m a pri pravej 119,0m, čo je rozdiel iba 2m. Už tu je vidieť zlepšenie. Na obrázkoch 9 a 10 je opäť znázornený priebeh jedného cyklu, avšak po rekonštrukcii. Pokiaľ sa ľavá PK napúšťa, zvýši sa hladina vody o 4,3m potom za čas 1h 10min, pokiaľ je napustená, hladina sa zvýši ešte o ďalších 2,8m. To predstavuje priemernú rýchlosť nárastu 2,4m/h. A to je o 1,8m/h menej ako pred rekonštrukciou. Pričom pri napúšťaní pravej PK je to počas napúšťania 3,5m a počas 1h 10min 3,0m, čo predstavuje rýchlosť nárastu 2,5m/h. Čiže z oboch komôr uniká voda približne rovnako rýchlo.

Výstupy z meraní tlaku vody nad výrubom prieskumnej štôlne tunela

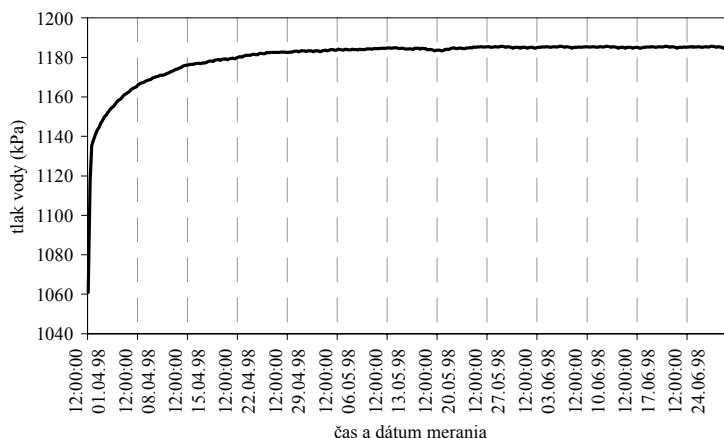
Keďže oblasť zasiahnutá výstavbou diaľničného tunela Višňové - Dubná skala je zdrojom vody pre okolie, bola požiadavka, aby sa zabezpečil monitoring podzemnej vody.



Obr. 7,9 Znáznornenie cyklu keď funguje ľavá PK (pred a po rekonštrukcii)

Obr. 8,10 Znáznornenie cyklu keď funguje pravá PK (pred a po rekonštrukcii)

Samozrejme nielen pre účely vplyvu stavby na okolie, ale ako sa neskôr ukázalo aj pre účely bezpečnosti počas výstavby. Ako sme už spomínali snímač bol nainštalovaný do vrtu L10 a ten bol utesnený, aby sa dala zmerať výška hladiny tlakovej vody. Na obr. 11 je graf zobrazujúci časový priebeh zmeny výšky tlaku vody. V počiatočnej fáze je vidieť rýchly nárast tlaku až na prirodzenú hodnotu, čo bolo spôsobené tesnením. To bolo vyrobené z gumy, ktorá pri styku z vodou napučia a tým zatesní otvor. Potom vidieť takmer lineárny priebeh, ktorý je občas prerušený náhlymi zmenami spôsobenými výdatnými zrážkami. Ak by sme sa pozreli bližšie, bolo by vidieť kolísanie vodnej hladiny počas dňa spôsobené pravdepodobne slapovými javmi a teplotou. Tieto odchýlky sú však minimálne. Graf ukazuje len prvých niekoľko mesiacov výstavby ešte predtým, ako štôlna dosiahla úroveň vrtu. Pre informáciu, neskôr došlo k prerazeniu prirodzenej bariéry a hladina vody začala klesať. V



Obr. 11 Vývin tlaku vody vo vrte L10 nad tunelom Višňové

tom istom čase sa v štôlni objavili značné prívaly vody a z povrchu zmizli dva potoky. Niekedy v budúcnosti po vyhodnotení sa bude dať o tom napísať viac. Zoberme zatiaľ tento prípad len ako príklad výhodného a vysokofunkčného použitia moderných snímačov.

Záver

Zhrňme si na záver niektoré základné výsledky z použitia snímačov tlaku vody v konkrétnych prípadoch. Snímače nainštalované na VD Gabčíkovo sa ukázali ako dobrá investícia vzhľadom na svoju dlhú bezproblémovú funkčnosť a stálosť. Dokazujú to aj výsledky zhodnotenia rekonštrukcie dilatačných škár, ktoré hovoria až o 30-40% zmenšení odtoku vody z ľavej plavebnej komory. I keď sme tu ešte teraz nemohli prezentovať podrobnejšie výsledky z monitorovania vody vo Višňovom, i v tomto prípade sa inštalácia snímača na báze vibračnej struny ukázala ako výhodná, pretože i počas zlých podmienok uloženia snímača a záznamového média sú merania stabilné a bezproblémové.

Literatúra

- [1] Vrábek, B., Gróf, V., Turovský, F. (1999): Použitie observačnej metódy pri výstavbe polyfunkčného objektu na Mariánskom námestí v Žiline. 4. Geotechnická konferencia, Bratislava
- [2] Gróf, V. (1999): Bodové meranie tlakového potenciálu podzemnej vody otvorenými a uzavretými piezometrami. 4. Geotechnická konferencia, Bratislava
- [3] Gróf, V. (2000): Progresívne metódy geotechnického monitoringu vodných diel, Přehradní dny 2000, Karlovy Vary.