

VYUŽITIE MODERNEJ PRÍSTROJOVEJ TECHNIKY A METÓD SPRACOVANIA PRI MERANÍ VODOROVNÝCH A ZVISLÝCH POSUNOV

MODERN GEODETIC ACCESSORIES AND PROCESSING METHODS FOR HORIZONTAL AND VERTICAL DISPLACEMENT

Ing. J. Kalivoda, Ing. M. Hamrúk

Abstrakt:

Odbor geodetických meraní ako súčasť úseku TBD sa od roku 1969 venuje meraniu a spracovaniu vodorovných a zvislých posunov na vodných stavbách na území Slovenska. Za viac ako 50 rokov sa tak ako aj v iných oblastiach aj v meraní a spracovaní vodorovných a zvislých posunov na vodných stavbách prejavili a stále prejavujú nové inovácie. Odbor geodetických meraní vždy patril medzi prvých na Slovensku, ktorý nové prístroje a príslušenstvo vlastnil a zároveň aj využil v praxi. V uvedenom príspevku si spravíme postupný prehľad od minulosti až po súčasnosť so zamyslením sa nad budúcnosťou.

Abstract:

Department of geodetic measurements as part of the TBD section is devoted to measurement and processing of horizontal and vertical displacements at the water works in Slovakia since 1969. For over 50 years, as well as in other areas in the measurement and processing of horizontal and vertical displacements at the water works, have appeared and are still appearing new innovations. Department of Geodetic Measurements has always been one of the first in Slovakia who owned new devices and equipment and used them in practice as well. That contribution we can make successive overview from the past to the present to reflect on the future.

Kľúčové slová: odbor geodetických meraní, vodorovné a zvislé posuny, metódy spracovania

1. ÚVOD

Odbor geodetických meraní(OGM) technicko bezpečnostného dohľadu(TBD) vykonáva geodetické merania za účelom sledovania vodorovných a zvislých posunov na priehradách, hydrocentrálach, prírodných kanáloch, hatiach, čerpacích staniciach, zosuvných územiach a na iných účelových vodohospodárskych zariadeniach.

Geodetickými metódami sa určuje:

- sadanie telesa hrádze a jednotlivých objektov vodnej stavby(VS),
- sadanie podložia v ráttane okolia priehrady
- vodorovné posuny telesa hrádze a objektov VS
- vzájomné posuny jednotlivých častí vodného diela
- nakláňanie konštrukcií
- deformácie konštrukcií
- sadanie a vodorovné zmeny vzťažných bodov
- a iné.

Určovanie posunov môžeme vykonávať v absolútnej, alebo relatívnej sústave. Absolútne posuny sú určované od vzťažnej sústavy, ktorá je definovaná sieťou vzťažných bodov. Relatívne posuny sú vzájomné posuny pozorovaných bodov (určujú náklon meraného objektu).

Posuny objektov poznáme priestorové, vodorovné, priečne a zvislé. Priestorové posuny sú určované posunom v smere osí x, y, z, vodorovné posuny v smere osí x, y, priečne posuny v smere osi x a zvislé posuny v smere osi z[1].

2. PRÁVNE PREDPISY A NORMY

Povinnosť merania posunov a deformácií geodetickým metódami vodohospodárskych stavieb zvýrazňuje vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 458/2005, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o výkone odborného technicko-bezpečnostného dohľadu nad vodnými stavbami o výkone technicko-bezpečnostného dozoru. Samotné geodetické merania, príslušenstvo a výsledný elaborát musia byť v súlade s nasledovnými právnymi a technickými predpismi:

Zákon NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii,

Vyhláška ÚGKK SR č. 75/2011 Z. z. ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚGKK SR č.300/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon NR SR č.215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii,

Vyhláška ÚGKK SR č. 26/2014 Z. z. ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚGKK SR č.300/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon NR SR č.215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii, STN 73 0405 Meranie posunov stavebných objektov a oborová norma ON 736807 Pozorovanie a meranie na vodohospodárskych stavbách.

Z uvedených technických noriem vyplýva, že nie všetky metódy a meracie prístroje sú pre meranie posunov a deformácií vodohospodárskych objektov vhodné pričom presnosť merania posunov sa vzťahuje na meranie bezchybne stabilizovaných vzťažných a pozorovaných bodov.

V nasledujúcej časti si stručne popíšeme aké prístroje, metódy merania, spracovania a vyhodnotenia celého etapového merania, pri meraní zvislých a vodorovných posunov a deformácií v súčasnosti používame na OGM TBD.

3. MERANIE ZVISLÝCH POSUNOV

3.1. Metódy merania zvislých posunov

Meranie zvislých posunov vykonávame v prevažnej miere geometrickou niveláciou - metódou presnej a veľmi presnej nivelácie (VPN) s predpísanými prístrojmi a pomôckami. Vyžadované sú výlučne invarové nivelačné laty. Pri meraní je potrebné dodržať spôsob a postup merania z predchádzajúceho etapového merania. Presnosť metódy pri určovaní relatívneho zvislého posunu dvoch susedných bodov je 0,05 až 0,1 mm. Absolútne zvislé posuny, ich presnosť závisia jednak od vzdialeností pozorovaného výškového bodu od vzťažného výškového bodu a tiež od prevýšenia medzi obidvoma bodmi. Obvykle dosahujeme presnosť $\pm 0,2$ mm až $\pm 0,5$ mm/km. Je to vlastne stredná kilometrová chyba, ktorá sa vypočítava z rozdielu merania tam a späť, z uzáverov nivelačných okruhov, alebo z vyrovnania siete.

V praxi nastávajú situácie, kedy táto metóda nemôže byť použitá. V tomto prípade sa používa trigonometrická metóda určovania výšok. Presnosť tejto metódy závisí od veľa faktorov a môže byť od cca 0,2 mm (táto metóda sa používa napríklad pri meraní odbernej veže na VS

Turček a meraní zvislých posunov šikmej štôlne na VS Hriňová, kde sa táto metóda osvedčila a dosahujeme s ňou presnosti určenia výšok ako pri presnej nivelácii).

3.2. Prístrojové vybavenie a pomôcky

Na meranie zvislých posunov sa používa nivelačný prístroj, ktorého podstatou je schopnosť vytýčiť zámernú os do vodorovnej polohy. Na meranie zvislých posunov na vodohospodárskych stavbách sa vyžadujú presné nivelačné prístroje, ktorých $m_o < 1$ mm, kde m_o je jednotková stredná chyba obojsmernej nivelácie, ktorá je udávaná výrobcom. V súčasnej dobe OGM TBD využíva výhradne digitálne kompenzátorové nivelačné prístroje Leica DNA03 s meraním na kódové invarové nivelačné laty. Tieto prístroje v plnej miere nahradili kompenzátorový nivelačný prístroj Zeiss NI 007 a klasické číselné invarové nivelačné laty.



Obrázok č.1- Leica DNA 003 a Zeiss Ni 007

V tabuľke č.1 uvádzam porovnanie týchto dvoch prístrojov:

tab č.1

prístroj	Zeiss Ni 007	Leica DNA 003
m_o (výrobcom)	0,7 mm	0,3 mm
m_o (dosiahnutá)	0,2-0,5	0,2-0,5
min. dosah	2,0 m	1,8 m
Zväčšenie	31,5x	24,0x
citlivosť kompenzátora	0,45 cc	0,90 cc
odčítanie	3s	3s
%zorného poľa	minimum	38cm kódu/20m
odčítanie laty	0,05 mm	0,01 mm
hmotnosť	3,9 kg	2,8kg
optim. počet ľudí na meranie	4	3
cena(stroj + príslušenstvo)	5000€	9000€

Digitálne nivelačné prístroje od firmy Leica vstupujú na trh začiatkom 90 rokov, kedy vyvinula prvý digitálny nivelačný prístroj Leica NA2000, ktorý mal mnoho predností, ktoré dovtedy používané optické nivelačné prístroje neposkytovali. A tou je to, že oko merača je nahradené riadkovým sensorom prístroja. Tento sensor prevádza kódové delenie nivelačnej laty na obrazový signál, ktorý je pomocou korelačných vzťahov premenený na číselnú hodnotu. OGM TBD obstaralo svoj prvý digitálny nivelačný prístroj Leica DNA 03 v roku 2003, kedy začína s postupným testovaním tohto prístroja pri meraní zvislých posunov na vodných stavbách. Za 11 rokov permanentného používania splnil plne predpoklady na to aby nahradil dovtedy používaný veľmi kvalitný optický nivelačný prístroj Zeiss NI 007, ktorý slúžil pri meraniach viac ako 4 desaťročia. Medzi hlavné výhody digitálneho nivelačného prístroja patrí hlavne jeho rýchlosť, spoľahlivosť a presnosť, čím sa zvýšila výkonnosť zhruba o 50 percent času(berieme ako súhrn samotného času na meranie, spracovanie a zhodnotenie). Leica DNA03 poskytuje užívateľovi plnú paletu rôznych kontrolných funkcií(nastavenie odchýlok a tolerancií, viacnásobné merania, program na rektifikáciu nivelačného prístroja, nastavenie korekcie zo zakrivenia Zeme atď.), ktoré znižujú výskyt hrubých chýb a sú predpokladom správneho merania. Menšou nevýhodou je zaručenie viditeľnosti min. 38cm úseku kódu laty na 20m, bez rušivých vplyvov ako sú tieň, porast, slnečné žiarenie a podobne.

V súčasnej dobe používame na OGM TBD 5 digitálnych nivelačných prístrojov.

3.3. Spracovanie a vyhodnotenie etapového merania

V súčasnej dobe prešli všetky výpočtové terénne práce (zápisník meraných prevýšení, zostavenie nivelačných prevýšení) z analógovej formy do digitálneho prostredia čím sa zefektívnil pracovný postup a obmedzil výskyt hrubých chýb pri ručnom zapisovaní. Medzi najdôležitejší postup v samotnom vyhodnocovaní zvislých postupov však patrí samotné vyrovnanie nivelačnej siete, na ktoré sa používajú geodetické programy. OGM TBD v minulosti využíval program OKRUHY, ktorý naprogramoval náš kolega Ing. Medvecký. V súčasnosti sa v plnej miere využíva program Nivelácia, ktorý odbor zakúpil v roku 2012. Spracovanie výsledkov nivelačných meraní vykonávame prostredníctvom druhého regresného lineárneho modelu. Metóda spracovania je založená na združene efektívnom a nevychýlenom odhade parametrov nivelačnej siete generujúcim, v zmysle teórie metódy najmenších štvorcov, optimálne výsledky. Pre zaručenie optimálnych a správnych výsledkov doporučujeme používať pri spracovaní metódu voľnej siete, kde výšky vzťažných bodov sú náhodné veličiny, môžu sa zmeniť a ich nepresnosť sa pre určované body rešpektuje. Samotný protokol vyrovnania obsahuje základné parametre vyrovnania (smerodajná odchýlka úlohy, jednotkovú strednú chybu merania, počet kritických meraní, počet hrubých chýb a omylov atď.), odhad normálnych výšok nivelačných bodov a vyrovnané hodnoty meraných prevýšení, ktoré nám poskytujú kvalitatívne informácie o samotnom meraní.

4. MERANIE VODOROVNÝCH A PRIESTOROVÝCH POSUNOV

4.1. Metódy merania vodorovných a priestorových posunov

- kombinovaná metóda merania smerov a dĺžok,
- meranie pomocou globálnych navigačných systémov (GNSS) – Meranie vodorovných posunov Veľkomarského zosuvu, sieť vzťažných bodov v Gabčíkove,
- terestrické laserové skenovanie(TLS) AB plášť a hornej nádrže PVE Čierny Váh.

4.2. Kombinovaná metóda merania smerov a dĺžok

Najrozšírenejšie metóda určovania priestorových a vodorovných posunov je kombinovaná metóda merania smerov a dĺžok. Jej plnohodnotné využitie umožnilo nástup presných optických diaľkometerov, ktoré sú súčasťou univerzálnych meracích staníc. Pri použití najpresnejších meracích prístrojov je možné určovať priestorové posuny objektov vodného diela s presnosťou $m_{x, y, z} < 1$ mm. Meranie treba vykonávať z vhodne stabilizovaných bodov na body, ktoré sú správne stabilizované a signalizované. Meranie vykonávame zameraním a vyrovnaním osnova smerov a dĺžok zo vzťažných resp. observačných bodov. Zameriame dostatočné množstvo nadbytočných meraní, aby bolo možné vyrovnat' sieť MNŠ. Meranie je vykonané z dostatočného množstva vzťažných bodov s prihliadnutím na vhodný tvar lokálnej siete.

4.2.1. Prístrojová vybavenie a pomôcky

Na meranie treba použiť prístroje, ktoré spĺňajú požiadavky stanovené normou STN 730405 a je možné dosiahnuť presnosť nameraného posunu vzhľadom na projektantom vodnej stavby stanovené očakávané posuny a kritické hodnoty posunov. V súčasnosti sa používajú prístroje LEICA TDM 5000, LEICA TS 30 so systémom automatizovaného cielenia na hranol a LEICA TC 1800L. V tabuľke č.2 uvádzam parametre týchto prístrojov.



Obr.č.2 - Leica TC1800L, TDM5000 a TS 30 pri meraní

tab.č.2

prístroj	Leica TC1800L	Leica TDM 5000	Leica TS 30
presnosť smeru	0,30 mgon	0,15 mgon	0,30mgon(s ATR), 0,15mgon(bez ATR)
presnosť dĺžky	1mm +2ppm	1mm+2ppm	0,6mm+1mm
čas merania	3s	3s	3s
dosah(hranol)	2500 m	3500m	3500 m
hmotnosť	6,5 kg	7,3 kg	7,3kg

Nie menej dôležité je aj kvalitné príslušenstvo, medzi ktoré patria odrazové hranoly firmy LEICA a WILD, teplomery a tlakomery na. Je veľký rozdiel zmerať zo stanoviska všetky potrebné smery a dĺžky v sieti naraz, ako merať po častiach za použitia rôznych

hranolov. OGM TBD má momentálne 16 odrazových hranolov firmy LEICA a 6 odrazových hranolov firmy KERN, čo je dostatok pre zabezpečenie tejto podmienky na všetkých vodných stavbách na celom Slovensku.

4.2.2. Spracovanie a vyhodnotenie etapového merania

Pred samotným výpočtom súradníc a stredných chýb je potrebné namerané vodorovné dĺžky opraviť o fyzikálne redukcie (teplota, tlak) a redukovať na spoločný horizont (zvolená nadmorská výška).

Lokálnu sieť vyrovnávame využitím regresného lineárneho modelu MNŠ v geodetickom programe „V-SM-DL-PM“. Vzhľadom na zameranie osnovy smerov a dĺžok je vhodné použiť 2. regresný lineárny model (vyrovnanie sprostredkujúcich meraní) pričom je možné v modeli zadefinovať aj známe podmienky s využitím MNŠ, ktorá nám dáva optimálne výsledky (je možné použiť aj inú metódu ako napr. metóda robustných odhadov).

Keďže ide o etapové meranie s cieľom sledovať vodorovné posuny je vhodné zameranú sieť vyrovnávať v dvoch etapách. V prvej etape je vyrovnaná sieť pozostávajúca zo vzťahných bodov. Je vyrovnaná ako voľná sieť MNŠ, ktorá je rátaná na jej ťažisko. Berie ohľad na možný posun všetkých vzťahných bodov. V druhej etape vyrovnáme sieť vzťahných a pozorovaných bodov spolu, pričom treba použiť model bezväzbovej siete (fixovaný jeden vzťahný bod a orientácia - výber bodov z najmenším posunom). V druhej etape do výpočtu vstupujú súradnice vzťahných bodov vyrátaných v prvej etape. Treba brať na zreteľ, že vo výpočte ide o linearizáciu vzťahov Taylorovým radom, v ktorom sú zanedbávané vyššie členy. Je možné použiť aj výpočet pozorovaných bodov pomocou rajónu, ale každý pozorovaný bod musí byť zameraný z viacerých vzťahných bodov.

Presnosť výsledných súradníc závisí od presnosti merania smerov a presnosti merania dĺžok. V poslednom období boli na vybraných vodných stavbách dosiahnuté pri meraní a spracovaní nasledovné hodnoty stredných chýb meraní smerov a dĺžok a vyrovnaných súradníc pozorovaných bodov[2].

tab.č.3

Vodná stavba	Merací prístroj	smerov	Stredné chyby		mx
			dĺžok	my	
Hriňová	Leica TDM-5000	2,1CC - 4,8CC	0,3 - 0,5 mm	0,4 - 1,1 mm	0,6 - 1,2 mm
	Leica TC1800L	3,3CC	0,5 mm	0,5 mm	0,6 mm
Málinec	Leica TDM-5000	1,9CC - 2,9CC	0,7 - 1,2 mm	1,1 - 3,3 mm	1,1 - 2,3 mm
Turček	Leica TDM-5000	2,8CC - 4,9CC	0,6 - 1,0 mm	0,9 - 1,6 mm	1,0 - 2,8 mm
	Leica TS30(ATR)	2,0CC-5,9CC	0,3-0,5 mm	0,7 mm	0,5 mm
Žilina	Leica TDM-5000	2,7CC - 4,4CC	0,4 - 0,6 mm	0,7 - 1,5 mm	0,8 - 2,3 mm
	Leica TC-1800L	3,4CC	0,5 mm	0,9 mm	1,5 mm

4.3. Meranie pomocou globálnych navigačných systémov(GNSS)

Medzi moderné geodetické metódy patrí čoraz viac využívané meranie prostredníctvom GNSS. Výhoda použitia GNSS technológií spočíva najmä v nezávislosti od priamej viditeľnosti medzi bodmi, čo poskytuje možnosť realizácie presného merania aj v oblastiach zvýšenej ochrany prírody, pretože nie je potrebné vykonávať prieseky cez porast. Náš odbor využíva túto technológiu na zhusťovanie meraní vzťahných bodov v Gabčíkove a na meranie vodorovných posunov na Veľkomarskom zosuve. Na meranie používame rýchlu statickú metódu, ktorej presnosť závisí od viacerých faktorov ako je dĺžka intervalu merania, dĺžka

meranej základnice, počet družíc a ich poloha vzhľadom na merané body, metódy spracovania, použité modely, stupeň eliminácie systematických chýb, metódy riešenia ambiguit, meranie na jednej alebo dvoch frekvenciách, typ prijímača a antény, typ efemeríd družíc. Je dôležité si uvedomiť, že pri zvyšovaní doby observácie nie je rozhodujúce dosiahnuť väčší počet meraní, ale získať dostatočnú zmenu geometrie družíc na vyriešenie ambiguit. K tomu dochádza po uplynutí určitého časového intervalu. Pri meraní Veľkomarského zosuvu sme schopný zaručiť pri použití rýchlej statickej metódy presnosť určenia vodorovných posunov do 5 mm.

Pri testovaní a porovnávaní dĺžok na SVD Gabčíkovo, medzi terestricky priamo určenými vodorovnými dĺžkami a vypočítanými vodorovnými dĺžkami určenými pomocou GNSS nám vychádza rozdiel v dĺžkach menší ako 2 mm.

4.3.1. Prístrojová vybavenie a pomôcky

Na meranie používame tri trojfrekvenčné GNSS aparatúry Leica rady 1200+GNSS.



Obrázok č.3 GNSS aparatúry rady 1200+GNSS

4.3.2. Spracovanie a vyhodnotenie etapového merania

Spracovanie nameraných dát a následné vyrovnanie siete vykonávame v programe LeicaGeoOffice verzia 7.0. v automatickom móde. Pri vyrovnaní siete je možné použiť samostatne signály iba z družíc GPS ako aj spoločne GPS a GLONASS. Rozdiely medzi spracovaným GPS signálom a kombinovaným GPS a Glonass boli na jednotlivých pozorovaných bodoch na Veľkomarskom zosuve do 1 mm. Presnosť určovaných priestorových základníc bola do 1 mm. Presnosť jednotlivých bodov po vyrovnaní siete sa pohybovala v rozpätí 0.6 až 3.1 mm[3].

4.4. Terestrické laserové skenovanie(TLS) AB plášťa hornej nádrže(HN) PVE Čierny Váh

Laserové skenovanie je v súčasnosti najefektívnejšia metóda priestorového merania a tvorby priestorových 3D modelov. OGM TBD ako prvý na Slovensku v roku 2006 kúpil TLS značky Trimble GX od firmy Trimble a v roku 2010 druhý výkonnejší skener Leica Scanstation 2 od firmy Leica. Táto technológia sa vyznačuje vysokou hustotou meraných bodov,

bezodrazovým meraním (resp. s pasívnym odrazom) a vysokou rýchlosťou. Skenovanie AB plášťa sa vykonáva za účelom sledovania stekania AB plášťa. Prvé meranie na HN PVE Čierny Váh bolo vykonané v roku 2007 a do roku 2013 bolo vykonaných 6 skenovaní AB plášťa. V roku 2012 bola vypustená celá horná nádrž a v tomto roku bola aj komplet celá naskenovaná. Presnosť modelu(vonkajšia) je v rozmedzí od 1-2cm.

4.4.1. Prístrojová vybavenie a pomôcky

V súčasnosti používame prístroj Leica Scanstation 2. TLS sa ovláda prostredníctvom notebooku a softvéru Cyclone.

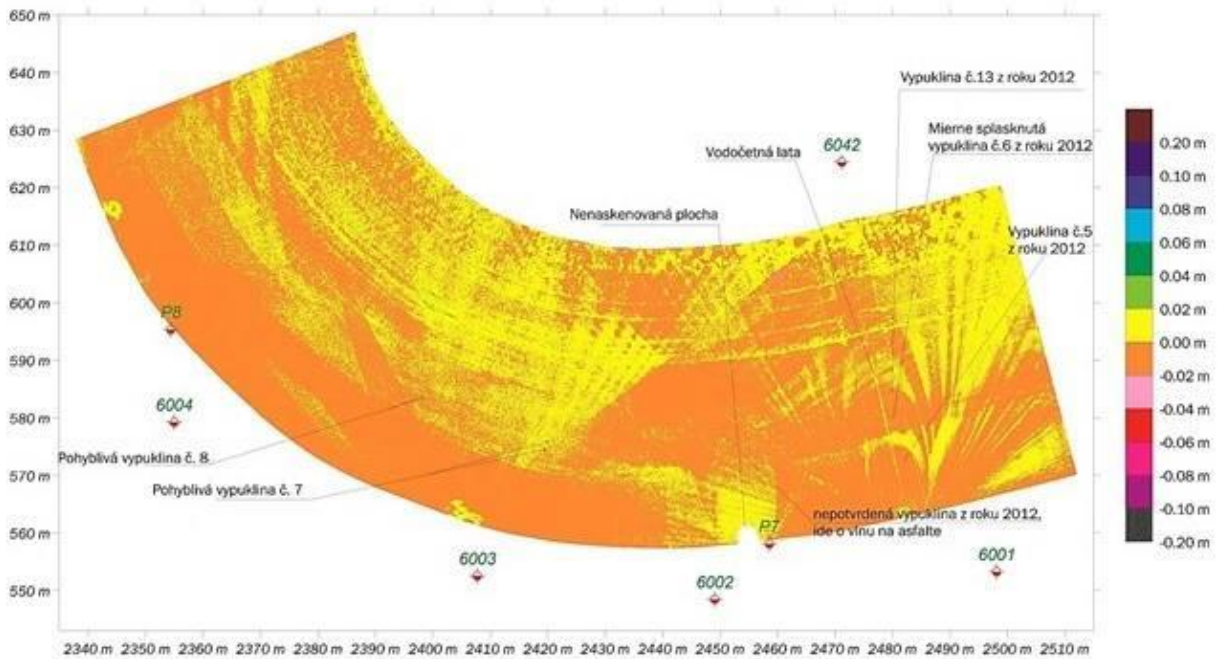


Technické parametre TLS	Scanstation 2
Presnosť polohy jedného bodu	6 mm/50 m
Presnosť dĺžky	4 mm/50 m
Presnosť horizontálneho uhla	3,4 mgon
Presnosť vertikálneho uhla	3,4 mgon
Kompenzátor	Dvojosý
Veľkosť laserovej stopy	4 mm/ 50 m
Rýchlosť skenovania	50 000 b./s

Obrázok č.4 TLS - Leica Scanstation 2

4.4.2. Spracovanie a vyhodnotenie etapového merania

Spracovanie nameraných dát prebieha v programe Cyclone a vyhodnotenie(porovnanie modelov) prebieha v softvéry Surfer. Pri skenovaní v roku 2012 bolo naskenovaných cca 181,5 milióna bodov, z ktorých sa po odstránení šumu vymodeluje terénny model pomocou triangulácie s lineárnou interpoláciou s rastrom bodov 0,05 x 0,05 m. Výsledné modely z jednotlivých rokov môžeme porovnávať a tým sledovať deformácie AB plášťa. Na obr.č.5 je porovnanie modelov z roku 2012 a 2013 (časť E) [4].



Obrázok č.5 Porovnanie modelov z rokov 2012 a 2013(časť E)

Ako sa časom ukázalo táto metóda je vhodná nielen na sledovanie stekania AB plášťa, ale aj na odhaľovanie akýchkoľvek nedostatkov AB plášťa. Jej veľmi veľkou výhodou veľká výpovedná hodnota, archivovanie dát a možnosť spätného vyhodnocovania v prípade výskytu akýchkoľvek problémov.

5. ZÁVER

Posuny a deformácie vodných stavieb možno merať rozličnými fyzikálnymi metódami, medzi ktoré patria aj geodetické metódy, prístrojmi a pomôckami. Prednosťou geodetických metód je najmä to, že poskytujú informácie o správaní sa objektov a ich konštrukčných častí vo všetkých smeroch v danom čase, a to v relatívnych a absolútnych hodnotách. Tu treba však spomenúť, že presnosť nameraných výsledkov spomínanými metódami je závislá od mnohých podmienok ako je počasie, presnosť použitého prístroja, vzdialenosť sledovaných pozorovaných bodov od siete vzťahných bodov, stabilita vzťahných bodov, prevýšenia medzi bodmi, skúsenosť merača, použitie geodetických metód a tiež vo veľkej miere spôsob spracovania a interpretácie celého kontrolného merania.

V uvedenom príspevku sme prezentovali naše skúsenosti a postupy, pri meraní a spracovaní vodorovných a zvislých postupov na vodných stavbách, ktoré máme rokmi overené a poskytujú hodnoverné výsledky potrebné na ďalšiu interpretáciu pri vypracovaní geodetických príloh, ktoré sú súčasťou etapových správ TBD, ktoré každoročne OGM vypracováva pre všetky vodné stavby I. a II. kategórie.

ZOZNAM LITERATÚRY

- [1] O. Michalčák - O. Vosika - M. Veselý - Z. Novák: *Inžinierska Geodézia I, Vyd. Alfa – SNTL Bratislava, 1985, kap.10. Geodetické meranie posunov a deformácií stavieb, technologických zariadení a zosuvov, s.176-202.*
- [2] Medvecký, L.: *Meranie vodorovných posunov na vodných stavbách Slovenska. Zborník z prednášok I. časť z medzinárodnej odbornej konferencie o bezpečnosti vodných stavieb, Bratislava, Bratislava 12.-14.10.2010. Vyd.Vodohospodárska výstavba š.p. Bratislava.*
- [3] Prvý, M: *Monitorovanie vodorovných posunov Veľkomarského zosuvu prostredníctvom technológie GNSS. Zborník z prednášok I. časť z medzinárodnej odbornej konferencie o bezpečnosti vodných stavieb, Bratislava, Bratislava 12.-14.10.2010. Vyd.Vodohospodárska výstavba š.p. Bratislava.*
- [4] Lužák. P: *PVE Čierny Váh - Horná nádrž skenovanie AB plášťa-4.etapové deformačné meranie, Technická správa, Bratislava 2012.*

AUTORI

Ing. Juraj Kalivoda
VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, Š.P. Bratislava,
Nobelova 7, Bratislava 83102
e-mail: juraj.kalivoda@vzb.sk

Ing. Martin Hamrák
VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, Š.P. Bratislava,
Nobelova 7, Bratislava 83102
e-mail: martin.hamrak@vzb.sk