

DLHODOBÉ ETAPOVÉ MERANIE PRIESTOROVÝCH POSUNOV NA VN TURČEK

Juraj Kalivoda¹, Andrea Mičudová²

Abstrakt

Pri výkone technicko-bezpečnostného dohľadu, podľa vyhlášky TBD, tvoria geodetické merania posunov a deformácií jeden z najdôležitejších prostriedkov tejto činnosti vo všetkých etapách, teda od prípravy výstavby až do zrušenia vodného diela. V uvedenom príspevku sa budeme zaoberať výsledkami geodetických meraní počas výstavby, overovacej a trvalej prevádzky na vodnej nádrži Turček.

1 ÚVOD

Vodná stavba Turček bola vybudovaná pod sútokom Turca s jeho pravostranným prítokom z Ružovej doliny. Jej hlavným účelom je akumulácia a dodávka vody pre úpravňu vody v Turčeku a zásobovanie miest Žiar nad Hronom, Prievidza a Handlová pitnou vodou, ale nezanedbateľná je i ochrana pred povodňovými prietokmi horného Turca a využitie vytvorených spádov a prietokov na výrobu elektrickej energie v niekoľkých MVE.

VN Turček sa nachádza v komplikovanom geologickom prostredí. Priehradný profil sa nachádza v geologickom prostredí, ktoré tvoria horniny neogénnej vulkanickej formácie Kremnického štítu. Podložie priehrady tvorí pyroxenicko amfibolický andezit, v povrchovej zóne a v oblasti tektonických porúch zvetraný. Výrazná je primárna rozpukanosť, sekundárne pukliny sú zrejme len v oblasti zlomových tektonických porúch.

Hrádza je nasypaná z kameňa s návodným jednovrstvovým asfalto - betónovým plášťovým tesnením (ďalej aj AB – tesnením). Sklon návodného svahu je 1:2, vzdušného svahu 1 : 1,65 s lavičkami šírky 3,5 m na každých 10,0 m výšky hrádze. Koruna hrádze je na kóte 779,00 mn.m. šírky 4,3 m s vlnolamom na návodnej strane. Na päte návodného svahu je injekčná chodba, o ktorú sa opiera plášťové tesnenie s rozlohou 26 200 m². Z injekčnej chodby je vybudovaná dvojradová tesniaca clona premenlivej hĺbky od 20 do 48 metrov.

Manipulácia s vodou je zabezpečená združeným funkčným objektom (ďalej iba ZFO), kde sú osadené tri vodárenské odbery, dve dnové výpuste Ø 1200 mm a malá výpusť Ø 300 mm (pre vypúšťanie sanitárneho prietoku 70,0 l.s-1). Maximálna kapacita bezpečnostného priepadu je dimenzovaná na 35,0 m.s-1 pri prítoku do nádrže Q 1000 = 50,0 m.s-1 a retenčnom účinku nádrže.

Samotná výstavba vodnej nádrže prebiehala od roku 1992 do 15.mája 1996, kedy sa začalo prvé napúšťanie respektíve overovacia prevádzka VN, ktorá bola ukončená v decembri 1998. Od januára 1999 prešla prevádzka VN Turček do trvalej prevádzky.

¹ Ing. Juraj Kalivoda, Vodohospodárka výstavba š.p., Úsek TBD , Odbor geodetických meraní, Nobelova 7 Bratislava,č.t.:0906311527, juraj.kalivoda@vzb.sk

² Ing. Andrea Mičudová, Vodohospodárka výstavba š.p., Úsek TBD , Odbor geodetických meraní, Nobelova 7 Bratislava,č.t.:0906311541 ,andrea.micudova@vzb.sk

2 MERANIE PRIESTOROVÝCH POSUNOV OBJEKTOV VS TURČEK

Podľa projektu merania pozostáva meranie vodorovných a zvislých posunov vodnej stavby ako celku a jeho častí z merania:

- vodorovných a zvislých posunov na korune hrádze a povrchu hrádze,
- zvislých posunov betónových objektov,
- náklonu vežového objektu,
- deformácií asfaltobetónového plášťa a kameňolomu.

V uvedenom príspevku sa podrobnejšie budeme zaoberať prvými dvoma meraniami. Presnosť meraní bola odvodená podľa oborovej normy ON 73 6807 " Pozorovanie a meranie na vodných dielach " a STN 73 0405 " Meranie posunov stavebných objektov ". Pre sledovanie deformácií na VS - Turček je požadovaná nasledovná presnosť :

- meranie zvislých posunov :

na betónových a murovaných objektoch: $m_v \max. = 1 \text{ mm}$,

na násypoch sypaných hrádzí: $m_v \max. = 2 \text{ mm}$,

- meranie vodorovných posunov :

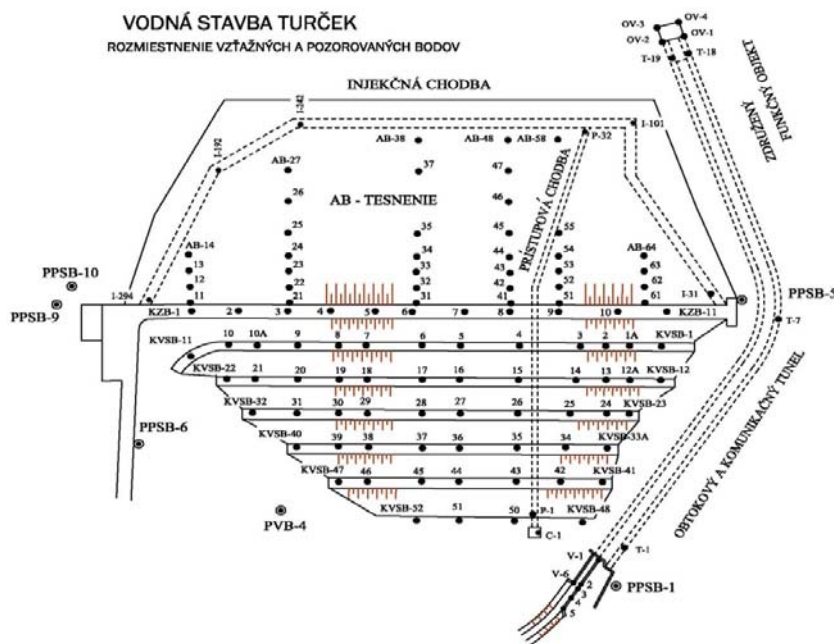
na betónových a murovaných objektoch: $m_{xy} \max. = 2 \text{ mm}$,

na násypoch sypaných hrádzí: $m_{xy} \max. = 10 \text{ mm}$.

Meranie zvislých a vodorovných posunov vzťažných a pozorovaných výškových bodov na objektoch VS vykonávajú pracovníci Vodohospodárskej výstavby, š. p. Bratislava.

2.1 MERANIE ZVISLÝCH POSUNOV NA VS TURČEK

Celkom bolo do konca roku 2013 vykonaných 43.meraní zvislých posunov(d'alej iba MZP) – z toho základné meranie(ZM) až 20.MZP za obdobie výstavby(1992-máj 1996), 21.MZP až 25.MZP za obdobie overovacej prevádzky(máj 1996 - december 1998) a 26.MZP až 43.MZP za obdobie trvalej prevádzky (január 1999 – október 2013),



Obr.1 Grafické znázornenie rozmiestnenia vzťažných a pozorovaných bodov na VN Turček

Meranie zvislých posunov bolo vykonávané metódou geometrickej nivelácie s presnosťou posudzovanou jednotkovou strednou chybou kilometrovou mo, ktorá bola v

rozpätí od 0,2 mm do 0,5 mm a jednotkovou strednou chybou kilometrovou vypočítanou z uzáverov nivelačných okruhov Mo, ktorá bola v rozpätí od 0,3 mm do 2,2 mm. Uvedené hodnoty spĺňajú požiadavky technických noriem. Na obrázku č.1 sa nachádza rozmiestnenie vzťažných a pozorovaných bodov na VN Turček.

2.2 MERANIE ZVISLÝCH POSUNOV VZŤAŽNÝCH VÝŠKOVÝCH BODOV

Základnú sieť tvorí 7 vzťažných výškových bodov. Body boli budované postupne, od apríla 1992 do novembra 1996. V 22.MZP v novembri 1996 boli zamerané všetky vzťažné výškové body. Vzťažné výškové body PVB-3 a PVB-4 boli v období od decembra 1995 do mája 1996 poškodené, následne v septembri 1996 bolo vykonané nové ZM. Veľkosť zvislých posunov bola ovplyvnená viacerými faktormi, ako sú priebeh výstavby vodného diela, výška hladiny vody vo vodnej nádrži a terénu pri vzťažnom bode pri jeho úprave. Počas výstavby tvorilo sieť vzťažných bodov 5 bodov, z ktorých 2 vyššie spomínané boli poškodené. Zvislé posuny vzťažných výškových bodov uvádzame v tabuľke.

Tab.1 Zvislé posuny vzťažných výškových bodov v mm

Označenie bodu	Dátum ZM	ZM 04. 1996	04. 1996 11.1998	11.1998 10. 2013	ZM 10. 2013
Hladina	–	0	64,3	-1,62	62,68
PVB-3	09.1996	xx.x	xx.x	-2,2	-1,0
PVB-4	09.1996	xx.x	xx.x	-1,8	0,2
PVB-7	11.1993	3,7	0,2	0,5	4,4
PVB-8	11.1993	3,4	-1,6	-1,7	0,1
PPSB-6	01.1995	7,2	-2,3	-1,0	3,9
PPSB-9	11.1996	xx.x	xx.x	-0,8	0,1
PPSB-10	11.1996	xx.x	xx.x	-1,0	-0,2

Z uvedených hodnôt môžeme predpokladať chybu v určení absolútneho horizontu od ZM max.4 mm.

2.3 MERANIE ZVISLÝCH POSUNOV POZOROVANÝCH BODOV PRÍSTUPOVEJ CHODBY

Meranie pozorovaných bodov prístupovej chodby sa začalo po jej vybudovaní v novembri 1993. V máji 1995 sa začali merať pozorované výškové body v okolí trhlíny na bloku č. 7. V prístupovej chodbe je osadených 38 pozorovaných výškových bodov stabilizovaných klinovou značkou, umiestnenými na pravej a ľavej strane dilatácie príslušného bloku. Prístupová chodba bola meraná v každej etape merania okrem 17. až 19.MZP. Výsledky dávajú podrobný obraz o sadaní podložia počas celého obdobia.

Pozorované výškové body v prístupovej chodbe vykázali vo vybraných časových obdobiach nasledovné rozpätia zvislých posunov:

Tab.2 Zvislé posuny v prístupovej chodbe

Obdobie	Rozpätie zvislých posunov od ... do ... v mm									
	Prístupová chodba									
	Bloky 1-5		Bloky 6-11		Bloky 12-16		Bl. 7 - trhliny			
ZM - 04.1996	-19,9	-2,8	-26,2	-16,8	-24,2	-1,0	-2,0	-1,6		
04.1996 - 11.1998	-13,6	-4,6	-4,5	-1,6	-1,6	-0,6	-3,4	-2,8		
11.1998 - 10. 2013	-4,5	-3,8	-4,8	-3,9	-4,5	-3,4	-4,1	-3,4		
ZM - 10. 2013	-30,9	-17,1	-32,6	-22,4	-30,3	-5,2	-9,0	-8,1		

Priebeh sadania s lokálnymi nerovnomernými hodnotami na niektorých bodoch zodpovedá pomerom sadania pod násypom v tvare lichobežníka. Max. hodnota sadnutia za obdobie výstavby (teda sadnutie podložia pod prístupovou chodbou) bola nameraná na bloku č.11 v hodnote -26,2 mm. Pričom podstatná časť sadania prebehla v období od júna do novembra 1994, kedy bolo zahájenie sypanie hrádze a v novembri dosiahol násyp kótu cca 755,00 m n.m.. Po tomto termíne už ďalšie zvyšovanie násypu nemalo výrazný vplyv na sadanie podložia. Výsledky sadania pozorovaných výškových bodov počas prvého plnenia za obdobie 04/98 – 11/98 predstavujú rovnomerné spojité sadanie v rozsahu -0,6 až -13,6 mm s nárastom hodnôt smerom od začiatku prístupovej chodby (šachta č.1) k napojeniu na injekčnú chodbu (-13,6 mm). Sadanie prístupovej chodby počas plnenia nádrže je odlišné ako pri sypaní hrádze, čo odpovedá najväčším prírastkom zaťaženia v úseku od injekčnej chodby po cca stred prístupovej chodby.

Za obdobie trvalej prevádzky priebeh zvislých posunov naznačuje už ukončený proces sadania prístupovej chodby a ročné posuny sú na hranici presnosti merania použitou metódou. Už od roku 1999 môžeme sledovať len drobné výkyvy v nameraných hodnotách, pričom za obdobie od 11.1998-10.2013 vykázala prístupová chodba zvislé posuny od -4,8 mm do -3,4 mm.

Maximálne hodnoty sadania bodov v prístupovej chodbe od základného merania boli namerané -32,6 mm na bode P-21(Blok č.6). Stanovená krajná hodnota (50 mm) nebola prekročená a v maxime bola dosiahnutá hodnota 65 % z krajnej hodnoty.

2.4 MERANIE ZVISLÝCH POSUNOV POZOROVANÝCH BODOV INJEKČNEJ CHODBY

Meranie pozorovaných bodov injekčnej chodby sa začalo postupne na dokončených blokoch a po zabudovaní klincových značiek. Prvé meranie bolo vykonané na blokoch č. 14, 15 a 16 v novembri 1993. Do konca roku 1995 bolo vykonané základné meranie na všetkých blokoch. Počas výstavby vodnej stavby sa vykonávala injektáž, ktorá mala značný vplyv na výsledky merania. V injekčnej chodbe je osadených 100 pozorovaných výškových bodov, stabilizovaných klincovou značkou. V nasledujúcej tabuľke uvádzame rozpätie zvislých posunov jednotlivých blokov za vybrané časové obdobia.

Tab. 3 Zvislé posuny pozorovaných bodov v injekčnej štôlni

Obdobie	Rozpätie zvislých posunov od ... do ... v mm					
	Ľavá strana		Údolná niva		Pravá strana	
	Blok 1 - 10		Blok 11 - 19		Blok 20 - 31	
ZM - 04.1996	-1,7	8,4	-2,9	0,4	-4,6	11,8
04.1996 - 11.1998	-6,1	-0,2	-5,5	-2,0	-1,9	4,3
11.1998 - 10.2013	-4,6	-2,2	-3,9	-2,8	-4,4	-1,4
ZM - 10.2013	-9,4	2,4	-10,1	-6,1	-9,4	8,5

Zvislé posuny od základného merania do 10/2013 boli namerané v rozmedzí od +8,5 do -10,1 mm. Tieto hodnoty sú minimálne, ako aj hodnoty prírastkov v posledných rokoch. Injekčnú chodbu na základe MZP hodnotíme ako stabilnú, s minimálnymi ročnými zvislými deformáciami, ktoré potvrdzujú aj merania na dilatometrických skobách. Celkové zvislé posuny sú ovplyvnené dátumom základného merania, výškou násypu zeminy nad bodom, priebehom injektáže v okolí bodu a výškou vody v nádrži. Stanovená krajná hodnota 24 mm nebola prekročená a dosiahnutá hodnota bola v maxime 42 % z krajnej hodnoty.

2.5 MERANIE ZVISLÝCH POSUNOV POZOROVANÝCH BODOV KOMUNIKAČNÉHO TUNELA A ZDRUŽENÉHO FUNKČNÉHO OBJEKTU

Meranie komunikačného tunela a vežového objektu sa začalo v 12.MZP v júli 1995, iba bod T-9 bol prvý raz meraný v októbri 1995. V komunikačnom tuneli a vežovom objekte je spolu osadených 23 bodov (stabilizovanými klincovou značkou) osadených po oboch stranách príslušnej dilatácie.

V tab.č.4 uvádzame príslušné hodnoty zvislých posunov za vybrané časové obdobia.

Tab.č.4 Tabuľka zvislých posunov komunikačného tunela a vežového objektu

Obdobie	Rozpätie zvislých posunov od ... do ... v mm			
	Komunikačný tunel		ZFO	
ZM - 04.1996	-3,4	-0,4	-2,4	-0,5
04.1996 - 11.1998	-3,9	16,5	-4,6	-2,6
11.1998 - 10.2013	-4,8	-1,4	-4,8	-4,5
ZM - 10.2013	-8,4	13,7	-10,5	-9,0

Pri etapových meraniach počas výstavby boli namerané na pozorovaných výškových bodoch zvislé posuny od -3,4 mm do -0,4 mm z maximom na bode T-9. Pri etapových meraniach počas prvého plnenia boli namerané malé hodnoty zvislých posunov v rozsahu -3,9 mm až +3,2 mm. Výnimkou sú dva body (T13 a T14), na ktorých bolo zaznamenané v období medzi 11.1996 až 7.1998 stúpnutie až 12,7 mm. Tieto výsledky potom ovplyvňujú aj zvislé deformácie počas prvého plnenia a samozrejme od základného merania. Za obdobie trvalej prevádzky sú zvislé posuny v rozmedzí -4,8 až -1,4 mm, čo sú hodnoty na úrovni presnosti merania a potvrdzujú stabilitu objektu.

ZFO počas celej svojej existencie nevykazoval výraznejšie zvislé posuny. Sadanie na bodoch je rovnomerné a od základného merania dosiahlo hodnoty od -10,5 mm do -9,0 mm. ZFO môžeme považovať za výškovo ustálený objekt. Stanovená krajná hodnota pre zvislú deformáciu ZFO (24,8 mm) nebola prekročená a v maxime bola dosiahnutá hodnota 42 % z krajnej hodnoty.

2.6 MERANIE ZVISLÝCH POSUNOV POZOROVANÝCH BODOV TELESA HRÁDZE

Meranie pozorovaných bodov na telese zemnej hrádze sa začalo v 6.MZP v novembri 1994 a do augusta 1995 boli zamerané všetky lavičky. Stabilizácia bodov na 2. lavičke bola nekvalitná, a preto po oprave bolo na nich vykonané nové základné meranie. Koruna hrádze bola dokončená v máji 1996, kedy bolo na nej vykonané základné meranie.

Zvislé posuny za obdobie výstavby, overovacej a trvalej prevádzky a zvislé posuny od základného merania telesa hrádze uvádzame v nasledujúcich tabuľkách.

Tab. 5 Zvislé posuny na telese hrádze – koruna hrádze, 5., 4. a 3.lavička

Obdobie	Rozpätie zvislých posunov od ... do ... v mm							
	Koruna hrádze		5. lavička		4. lavička		3. lavička	
ZM - 04.1996	xx.x	xx.x	-16,8	-0,2	-10,1	2,2	-6,5	2,0
04.1996 - 11.1998	-21,1	-1,6	-22,2	-2,2	-15,1	-1,5	-9,8	-1,2
11.1998 - 10. 2013	-31,2	-5,0	-35,4	-2,4	-26,9	-2,7	-19,8	-2,7
ZM - 10. 2013	-61,6	-11,5	-73,0	-4,8	-51,3	-3,0	-35,6	-1,9

Tab.6 Zvislé posuny na telese hrádze – 2. a 1.lavička, päta hrádze

Obdobie	Rozpätie zvislých posunov od ... do ... v mm					
	2. lavička		1. lavička		Päta hrádze	
ZM - 04.1996	-9,5	1,5	-11,8	1,4	-2,7	-1,7
04.1996 - 11.1998	-4,9	0,7	-5,3	-0,1	-1,9	1,4
11.1998 - 10. 2013	-13,1	-2,0	-8,8	-2,1	-6,3	-3,4
ZM - 10. 2013	-27,5	0,2	-25,0	-2,0	-10,9	-4,2

Namerané výsledky za obdobie výstavby potvrdzujú kvalitu spracovania násypu a dobrú stabilitu priečného profilu. Zvislé posuny zemnej hrádze sa nachádzajú v prípustných hodnotách posunov pre kamenný násyp. Najväčšie sadanie bolo namerané na 5. lavičke -16,8 mm na bode KVSB-4 (mierne sadanie odpovedajúce čerstvému násypu).

Hodnoty zvislých posunov počas overovacej prevádzky (04.1996-11.1998) potvrdzujú stabilitu vzdušnej časti hrádze a koruny hrádze a sú pod hranicou krajnej hodnoty. Zo spracovania nameraných výsledkov je vidieť, že najväčšia časť nameraných zvislých posunov počas napúšťania prebehla začiatkom napúšťania (do novembra 1996) a v ďalšom období boli zvislé deformácie na lavičkách 1 až 3 rádové nižšie. Na lavičke č. 4 (759,00 m n.m.) a 5 (769,00 m n. m.) prebiehali deformácie ešte do júla 1998, čo odpovedá časovému priebehu sypania hrádze. Po tomto období už aj na týchto úrovniach veľkosti zvislých posunov poklesli. Na piatej lavičke a korune hrádze predstavovali zvislé deformácie po júli 1998 až rádové nižšie hodnoty sadania ako zo začiatku napúšťania (04/96 - 07/98). Maximálne sadanie počas overovacej prevádzky vykázali body KVSB-5 (-22,5mm) na 5.lavičke, KZB-6 (-21,1mm) na korune hrádze.

Zvislé posuny za obdobie trvalej prevádzky potvrdzujú celkovú stabilitu telesa hrádze. Sadanie je pravdepodobne už ukončené a do budúca je možné očakávať už len minimálne zmeny zvislých deformácií.

Krajné hodnoty zvislých posunov telesa hrádze boli stanovené rôzne pre jednotlivé výškové úrovne. V nasledujúcej tabuľke uvádzame rozpätie hodnôt od ZM v porovnaní s krajnými hodnotami.

Tab.7 Medzné hodnoty zvislých posunov telesa hrádze

	rozpätie (mm)	KH (mm)	prekročenie MH (mm)
koruna hrádze	-61,6 až -11,5	416	–
lavička 769,00 m n.m.	-73,0 až -4,8	194	–
lavička 759,00 m n.m.	-51,3 až -3,0	164	–
lavička 749,00 m n.m.	-35,6 až -1,9	123	–
lavička 739,00 m n.m.	-27,5 až 0,2	82	–
lavička 729,00 m n.m.	-25,0 až -2,0	52	–
päta hrádze	-10,9 až -4,2	15	–

Z uvedených krajných hodnôt, rozpätí a maximálnych hodnôt sadania od základného merania vyplýva, že krajné hodnoty doposiaľ neboli prekročené a v maxime bola dosiahnutá hodnota 73 % z krajnej hodnoty na päte hrádze

2.7 MERANIE VODOROVNÝCH POSUNOV VS TURČEK

Celkom bolo do konca roku 2013 vykonaných 31.meraní vodorovných posunov(ďalej iba MVP) – z toho základné meranie až 9.MVP za obdobie výstavby, 10.MVP až 13.MVP za obdobie overovacej prevádzky a 14.MVP až 31.MVP za obdobie trvalej prevádzky.

MVP boli vykonané kombinovanou metódou merania smerov a dĺžok. Do 10.MVP boli smery merané elektronickým teodolitom Kern E-2 a dĺžky elektrooptickým dĺžkomerom Kern ME-5000. Od 11.MVP boli smery aj dĺžky merané univerzálnou meracou stanicou LEICA TDM 5000, posledné meranie bolo merané univerzálnou meracou stanicou LEICA TS 30.

Merané dĺžky boli opravené o atmosférické opravy a redukované na spoločný horizont s nulovou hladinovou plochou. Súradnice vzťažných a pozorovaných bodov sú počítané v systéme "JTSK". Výpočet súradníc sa vykonáva vyrovnaním meraných smerov a dĺžok cez sprostredkujúce pozorovania metódou najmenších štvorcov, pričom vypočítané stredné chyby neprekračujú 2 mm.

Vzhľadom k tomu, že súradnicová sústava JTSK je v obecnej polohe k osi hrádze, bola vykonaná transformácia do súradnicovej sústavy, kde os Y-ová je rovnobežná s osou hrádze a narastá zľava doprava a os X-ová je na ňu kolmá a narastá v smere toku vody. V tabuľke č.8 sa nachádzajú súradnice identických bodov podľa, ktorých je treba vykonať transformáciu.

Tab.8 Súradnice identických bodov

BODY	Súradnice v JTSK [m]	Transformované súradnice [m]
A	Y= 2975.2982	y= 500.0000
	X= 4407.7754	x= 500.0000
B	Y= 3020.9512	y= 667.4846
	X= 4246.6329	x= 500.0000

Transformované súradnice dávajú obraz o zmenách polohy vzťažných a pozorovaných bodov. Zmena X-ovej súradnice je priečny posun a zmena Y-ovej pozdĺžny posun.

2.8 MERANIE VODOROVNÝCH POSUNOV VZŤAŽNÝCH POLOHOVÝCH BODOV VS TURČEK

Sieť vzťažných polohových bodov má v súčasnej dobe 3 body stabilizované na prelome rokov 1993 a začiatkom roku 1994, 4 body v roku 1995, 1 bod v roku 1996 a 1 bod v roku 1997. Poloha týchto bodov je, vzhľadom k úzkemu údoliu, aj na takých miestach, kde ich konsolidácia bude trvať dlhšiu dobu. Z tohto dôvodu sú namerané priečne a pozdĺžne posuny primerané k možnostiam, ktoré môžeme od týchto bodov očakávať. Vodorovné posuny vzťažných polohových bodov uvádzame v tabuľke.

Tab. 9 Vodorovné posuny vzťažných polohových bodov v mm

Označenie bodov	Dátum ZM	ZM 04. 1996		04. 1996 11. 1998		11. 1998 10. 2013		ZM 10. 2013	
		dY	dX	dY	dX	dY	dX	dY	dX
Vzťažné polohové body									
PVB-3	01.1994	-4,0	3,6	-0,6	-3,8	0,8	0,5	-3,8	0,3
PVB-4	11.1996	xx.x	xx.x	xx.x	xx.x	-0,5	-0,7	-2,4	-0,3
PVB-7	01.1994	-3,0	-1,2	-0,1	0,0	2,7	-0,5	-0,4	-1,7
PVB-8	01.1994	1,2	5,6	1,9	-3,6	1,2	-0,5	4,3	1,5
PPSB-1	02.1995	1,1	0,3	3,4	1,2	2,2	-4,1	6,7	-2,6
PPSB-5	07.1997	xx.x	xx.x	xx.x	xx.x	1,6	-4,2	7,2	-5,5
PPSB-6	02.1995	-5,8	-13,8	4,8	16,1	1,5	-0,5	0,5	1,8
PPSB-9	02.1995	xx.x	xx.x	xx.x	xx.x	7,9	1,0	8,0	1,6
PPSB-10	02.1995	-1,5	1,2	-0,5	-2,6	7,6	2,2	5,6	0,8

Vzhľadom k vodorovným posunom všetkých meraných vzťažných bodoch je možné predpokladať chybu vo vypočítaných posunoch všetkých meraných bodoch 3 mm, s ktorou je pri hodnotení potrebné počítať.

2.9 MERANIE VODOROVNÝCH POSUNOV POZOROVANÝCH BODOV TELESA HRÁDZE

V nasledovných tabuľkách uvádzame rozpätie priečných posunov za obdobie od výstavby do 1.napúšťana, obdobie overovacej a trvalej prevádzky a za obdobie celej existencie.

Väčšie vodorovné posuny od základného merania (rôzne podľa budovania KVSB) boli do apríla 1996 namerané na KVSB-52(päta svahu na pravej strane) $c_{px}=-37,6$ mm, $c_{py}=-9,0$ m, KVSB-42($c_{px}=37,2$ mm, $c_{py}=1,3$ mm). Tieto hodnoty vodorovných posunov boli namerané v období kopania ryhy pre automatizované snímanie a prenos údajov z pozorovaných sond na lavičkách. Ďalšie etapové merania na týchto bodoch potvrdzujú uvedenú príčinu.

Tab.č.10 Priečne posuny telesa hrádze - koruny hrádze, 5.,4.,3.lavičky

Obdobie	Rozpätie priečných posunov od ... do ... v mm							
	Koruna hrádze		5. lavička		4. lavička		3. lavička	
ZM - 04.1996	xx.x	xx.x	-13,1	10,1	-5,1	4,4	-3,2	1,5
04.1996 - 11.1998	-2,5	8,9	-5,6	19,7	-0,1	9,6	0,6	8,8
11.1998 - 10. 2013	-0,6	10,0	-1,4	6,5	0,3	4,2	-0,9	2,5
ZM - 10. 2013	-0,1	14,6	3,2	13,0	4,6	9,6	0,5	8,6

Tab.č.11 Priečne posuny telesa hrádze - 2.,1 lavičky a päty hrádze

Obdobie	Rozpätie priečných posunov od ... do ... v mm					
	2. lavička		1. lavička		Päta hrádze	
ZM - 04.1996	-17,4	35,3	-5,9	37,2	-37,6	9,3
04.1996 - 11.1998	0,9	5,9	-0,3	7,5	-3,0	41,1
11.1998 - 10. 2013	-0,9	2,5	-2,5	2,9	-4,3	3,0
ZM - 10. 2013	-10,0	38,1	-1,5	44,4	-1,0	6,1

V období napúšťania 04.1996-11.1998 vykázali najväčšie priečne posuny (v smere toku vody) nad 10,0 mm body KVSb-50,51 a 52 (päta hrádze), na bode KVSb-9,10,11(5.lavička). Uvedené hodnoty priečných posunov boli na týchto bodoch zaznamenané zo začiatku napúšťania. V ďalších meraniach vykázali uvedené body hodnoty na úrovni ostatných KVSb. V období napúšťania nádrže boli veľké pozdĺžne posuny zľava doprava.

Celkové priečne posuny od základného merania v smere toku (x) nad 15,0 mm boli namerané len na bodoch KVSb-34, 35, 39 a 42. Výsledky meraní v roku 2013 i naďalej potvrdzujú pretrvávajúci vodorovný posun bodov na vzdušnej strane hrádze smerom do údolia a koruna hrádze má tendenciu sa posúvať do pravostranného zaviazania.

Krajné hodnoty pozdĺžnych posunov telesa hrádze boli taktiež stanovené rôzne pre jednotlivé výškové úrovne. V tabuľke č.12 uvádzame rozpätie hodnôt od základného merania v porovnaní s krajnými hodnotami.

Tab. 12 Rozpätie pozdĺžnych posunov od ZM v porovnaní s krajnými hodnotami

	rozpätie (mm)	KH (mm)	prekročenie KH (mm)
koruna hrádze	-0,1 až 14,6	10	4,6
lavička 769,00 m n.m.	3,2 až 13,0	16	--
lavička 759,00 m n.m.	4,6 až 9,6	10	--
lavička 749,00 m n.m.	0,5 až 8,6	20	--
lavička 739,00 m n.m.	-10,0 až 38,1	23	15,1
lavička 729,00 m n.m.	-1,5 až 44,4	17	27,4
päta hrádze	-1,0 až 6,1	8	--

Krajné hodnoty boli prekročené na lavičke 729,00 m n.m., na lavičke 739,00 m n.m. a na korune hrádze. Všetky ostatné hodnoty boli pod stanovenou krajinou hodnotou. Prekročené krajné hodnoty bezprostredne neohrozujú bezpečnosť vodnej stavby.

3 ZÁVER

Z nameraných výsledkov vyplýva, že najväčšie priestorové posuny na VS Turček vykázali jednotlivé objekty počas výstavby a prvého napustenia, respektíve overovacej prevádzky, pričom namerané vodorovné a zvislé posuny v poslednom období sú primerané veľkosti a veku vodnej stavby a potvrdzujú jej postupnú konsolidáciu.

LITERATÚRA

- [1] Bednárová E. a kol.: Priehradné staviteľstvo na Slovensku, 2010,
- [2] Vodohospodárska výstavba: Súhrnná správa o technicko – bezpečnostnom dohľade pri výstavbe, Bratislava, september 1997,
- [3] Vodohospodárska výstavba: Celková správa o technicko – bezpečnostnom dohľade počas overovacej prevádzky, Bratislava, máj 1999,
- [4] Vodohospodárska výstavba: Etapová správa o dohľade za rok 2013, Bratislava, jún 2014,
- [5] Mičudová A.: Geodetická príloha do SES o TBD nad vodnou stavbou VN Turček za obdobie od výstavby do roku 2009, Bratislava, marec 2010,
- [6] Kalivoda J.: Geodetická príloha do ES o TBD nad vodnou stavbou VN Turček za rok 2013, Bratislava, marec 2014.