

VYUŽITIE TERESTRICKÉHO LASEROVÉHO SKENOVANIA NA MERANIE DEFORMÁCIÍ PVE ČIERNY VÁH

Peter Lužák¹, Silvia Janíčková²

Abstrakt

Princíp a prístroje na terestrické laserové skenovanie sú dnes dostatočne známe. Ich možnosti využitia v praxi sú často výsledkom bádania a pokusov. Dosiahnutá presnosť výsledkov terestrického laserového skenovania je často prekvapujúca. V príspevku Vám bližšie predstavíme využitie terestrického laserového skenovania pri monitoringu hornej nádrže prečerpávacej vodnej elektrárne Čierny Váh. Na hornej nádrži sledujeme v pravidelných ročných intervaloch tvar a deformácie asfalto-betónového (AB) plášťa. Pri sledovaní stekania AB plášťa sa nám podarilo odhaliť aj nedostatky, ktoré vznikli pravdepodobne v dôsledku nekvalitnej pokládky asfaltobetónovej vrstvy. Výhodou laserového skenovania je, že okrem primárnych informácií získavame aj mnoho ďalších sekundárnych údajov. Tieto údaje bývajú často dôležité pri dlhodobom monitoringu.

1 ÚVOD

Naša firma, Vodohospodárska výstavba, š.p. Bratislava si ako prvá na Slovensku už na jeseň roku 2006 zadovážila prvý terestrický laserový skener Trimble GX od firmy Trimble. Neskôr sme investovali do výkonnejšieho a presnejšieho terestrického laserového skenera od firmy Leica Scanstation 2. Za niekoľko rokov používania TLS a zároveň aj testovania, čo tento prístroj dokáže Vám predstavíme jeho využitie pri geodetickom monitoringu prečerpávacej vodnej elektrárne Čierny Váh.

Prečerpávacia vodná elektráreň (PVE) Čierny Váh sa nachádza v ochrannom pásme Národného parku Nízke Tatry v riečnom kilometri 8,7 rieky Čierny Váh, približne 10 km nad sútokom s Bielym Váhom nad Kráľovou Lehotou. PVE Čierny Váh tvoria štyri hlavné skupiny objektov: **horná nádrž**, dolná nádrž, privádzače a elektráreň. Dolná nádrž bola vytvorená prehradením údolia rieky Čierny Váh hrádzou dĺžky 375 m. Má celkový objem 5,1 mil. m³ a užitočný objem 3,7 mil. m³, ktorý sa využíva na prečerpávanie. Kolísanie hladiny je 7,45 m medzi kótami 726,00 – 733,45 m n. m. Horná nádrž v tvare nepravidelného štvoruholníka sa nachádza medzi údolím Bieleho a Čierneho Váhu. Jej užitočný objem je 3,7 mil. m³, vodná hladina v nádrži kolíše v rozmedzí 25 m medzi kótami 1160,00 – 1135,00 m n. m. Tesnenie svahov a dna nádrže je zabezpečené jednovrstvovým asfalto-betónovým plášťom s plochou približne 196 000 m². Pod nádržou je umiestnená inšpekčná štôľňa, v ktorej je možné sledovať prípadné priesaky zo svahov a dna. Hydraulické prepojenie hornej a dolnej nádrže je riešené tromi tlakovými privádzačmi priemeru 3,8 m, ktoré v údolnej nive pred elektrárnou prechádzajú do potrubí s priemerom 3,6 m. Rozvetvenie každého z privádzačov na privody vody k dvom turbínam a odvod vody z dvoch akumuláčnych čerpadiel je riešené tromi guľovými odbočnicami o priemere 5,8 m. Maximálny výškový rozdiel medzi hornou a dolnou nádržou je 434 m. Elektráreň je súčasťou telesa hrádze dolnej nádrže. Je v nej

¹ Ing. Peter Lužák, Vodohospodárska výstavba š.p. Bratislava, e-mail: peter.luzak@vzb.sk, mobil: 0918 937 718

² Ing. Silvia Janíčková, Slovenské elektrárne a.s., spoločnosť skupiny ENEL, e-mail: silvia.janickova@enel.com

nainštalovaných šesť prečerpávacích turbogenerátorov v trojstrojovom usporiadaní – motorgenerátor, Francisova turbína, akumulčné čerpadlo. Celkový inštalovaný výkon PVE je 735,6 MW. Načerpanie vody do nádrže trvá 8 hod. pri prevádzke šiestich akumulčných čerpadiel.

2 MERANIE PVE ČIERNY VÁH – HORNÁ NÁDRŽ

Horná nádrž (HN) sa v súčasnosti sleduje terestrickou geodetickou metódou vo vybraných profiloch AB plášťa. Výhodou tejto metódy je jej vysoká priestorová presnosť zameraných profilových bodov $m_{xyz} \leq 2$ mm. Nevýhodou tejto metódy však je, že nedáva komplexné výsledky o celom AB plášti. V minulosti sa ešte používal špeciálny vozík, ktorý na základe náklonu meral kontinuálne AB plášť vo vybraných profilových rezoch. Jeho nevýhodou bola nepresnosť a taktiež len čiastkové výsledky. Preto sme hľadali metódu, ktorá by nám dala lepšie a komplexnejšie výsledky o správaní sa AB plášťa. Zvolili sme 3D terestrické laserové skenovanie, ktoré nám umožňuje získať informáciu o AB plášti v ktoromkoľvek mieste pomocou množiny bodov, ktoré majú priestorovú informáciu (X,Y,Z).



Obr.1 Pohľad na zníženú hladinu vody v hornej nádrže PVE Čierny Váh

Prvé meranie, ktoré možno skôr označiť za pokus bolo vykonané ešte v roku 2007. Tu sme odhalili nedostatky, ktoré vplyvajú na túto metódu a tie boli podkladom na ich elimináciu a upravenie metodiky skenovania.

Faktory, ktoré nepriaznivo ovplyvňovali výsledok skenovanie:

- AB plášť je tmavá čierna plocha, ktorá veľmi dobre absorbuje elektromagnetické žiarenie,
- niektoré plochy museli byť skenované pod veľmi šikmým uhlom dopadu ZLL (zväzku laserových lúčov), čo má nepriaznivý vplyv na presnosť výsledkov.

Na základe skúseností sme eliminovali vzdialenosť skenovaného povrchu AB plášťa cca do 50 m, čo malo za dôsledok nárast počtu stanovísk, z ktorých bol záujmový objekt skenovaný. V súčasnosti je každý rok spustená hladina dočasne na minimálnu a v tomto čase je vykonané skenovanie. Asi raz za 5 rokov je nádrž vypustená úplne. Zatiaľ tomu tak bolo

iba v roku 2012, keď bola naskenovaná celá nádrž a toto meranie je považované pre ďalšie roky za základné.



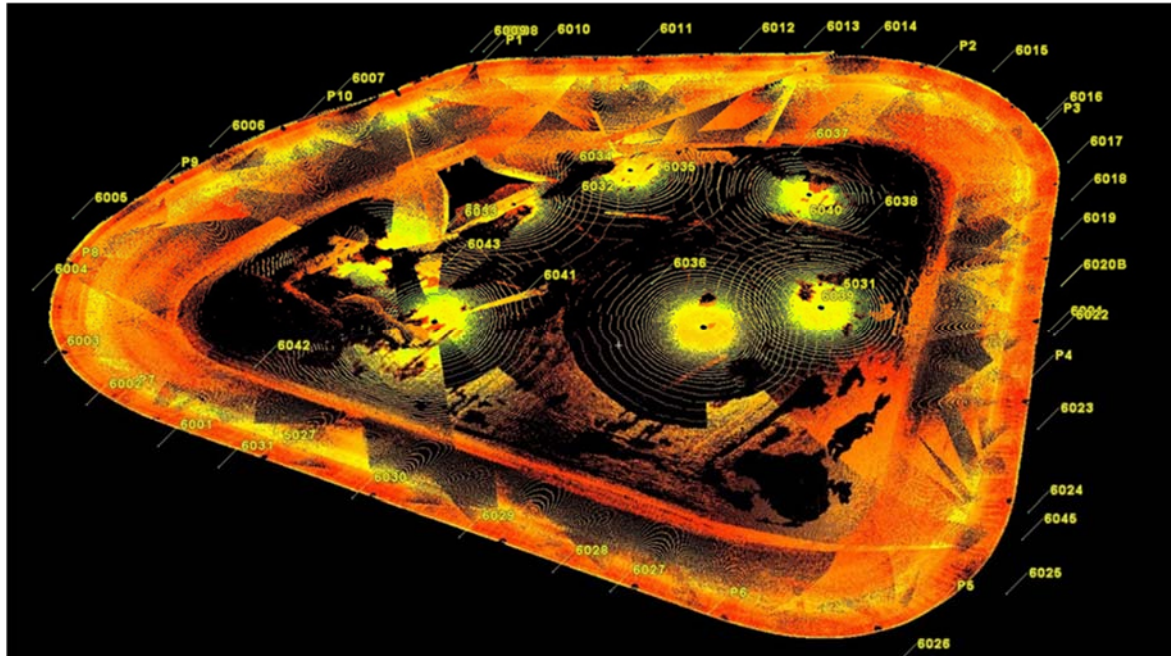
Obr. 2 Skenovanie vypustenej nádrže v roku 2012

Skenovanie AB plášťa bolo vykonané za účelom sledovania stekania AB plášťa. Skenovanie v rokoch 2008 až 2010 bolo vykonané skenerom Trimble GX. V roku 2011 bol skener Trimble GX nahradený novším skenerom Leica Scanstation 2, ktorého presnosť je dvojnásobná. V roku 2011 boli na AB plášti zachytené nedostatky v podobe vypuklín. Pri spätnom vyhodnotení modelu AB plášťa zo skenovania v roku 2010 bol výskyt týchto vypuklín potvrdení už skôr. Prehliadnutie týchto nedostatkov AB plášťa bolo spôsobené nižšou presnosťou používaného skenera do roku 2010 a zamenou týchto vypuklín z nečistotami na AB plášti. Model HN získaný z údajov pomocou skenera Trimble GX má presnosť 2-4 cm. Použitím skenera Scanstation2 sa presnosť modelu zvýšila na 1-2 cm.

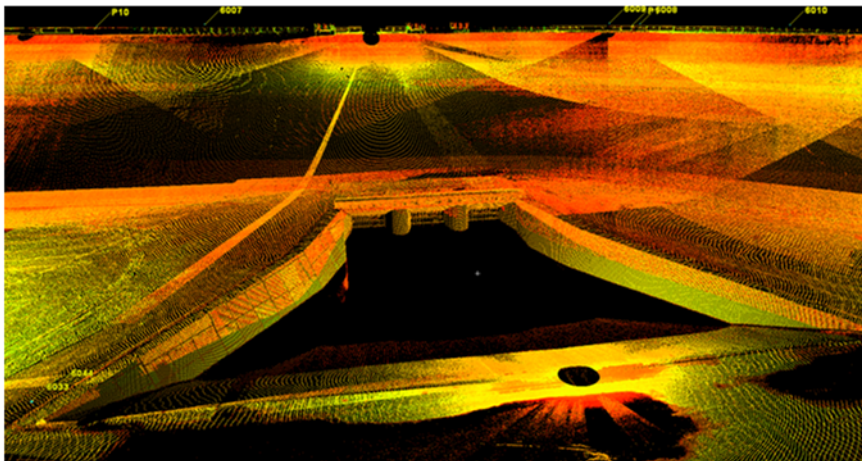


Obr. 3 Vypuklina na AB plášti

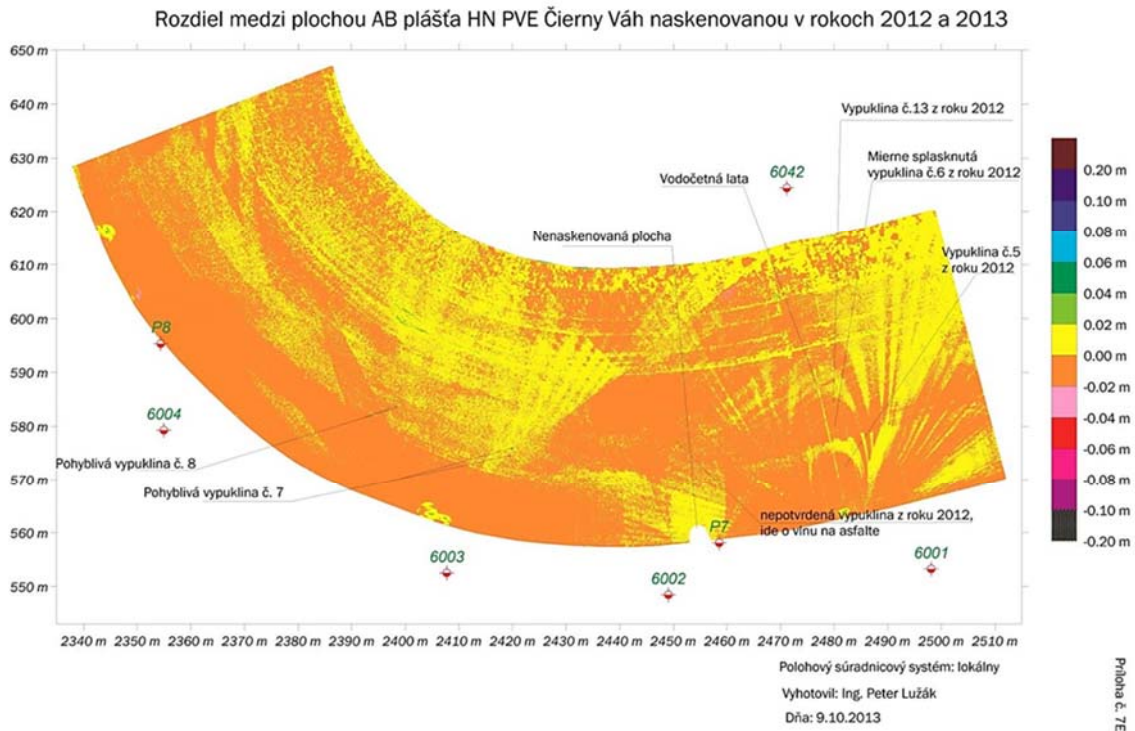
AB plášť v roku 2012 bol naskenovaný kompletne z 36 stanovísk s hustotou mračna bodov 50 x 50 m. Skenovanie trvalo aj kvôli nepriazni počasia cca 8 dní. Z naskenovaného mračna bodov (cca 181,5 milióna bodov) bol po odstránení šumu vymodelovaný terénny model pomocou triangulácie s lineárnou interpoláciou. Porovnaním modelov z jednotlivých rokov možno sledovať deformácie AB plášťa. Vzhľadom na veľmi vysokú náročnosť výpočtu, porovnávanie modelov z jednotlivých rokov prebieha po častiach.



Obr. 4 Naskenovaná horná nádrž z roku 2012

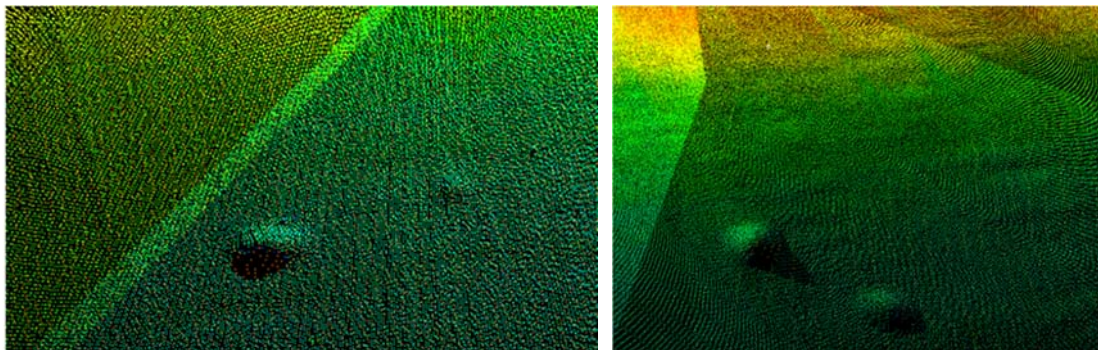


Obr. 5 Pohľad na naskenovaný vtokový objekt hornej nádrže



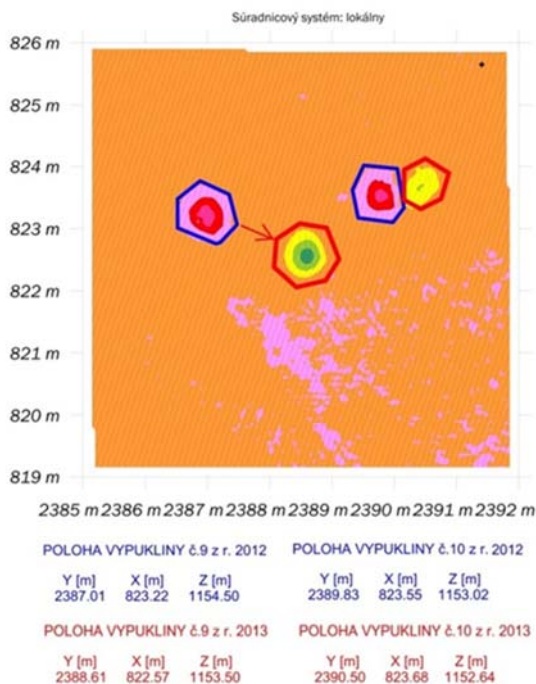
Obr. 8 Porovnanie modelov z rokov 2012 a 2013 (časť E)

Počas celej doby sledovania AB plášťa hornej nádrže sme zachytili 13 vypuklín, z ktorých niektoré časom splasli a niektoré zmenili svoju polohu o niekoľko desiatok cm a iné sa s časom buď zmenšujú alebo zväčšujú. Priemer vypuklín je od 0,3 m do 1,0 m s vypuklosťou do 8 cm. Tieto deformácie AB plášťa sú lokalizované súradnicami X,Y,Z v lokálnom súradnicovom systéme hornej nádrže a vo výškovom systéme Bpv. Na nasledujúcich obrázkoch možno vidieť ako sa niektoré pukliny premiestňujú. Oproti roku 2012 zmenili v roku 2013 svoju polohu aj o takmer 1 meter.

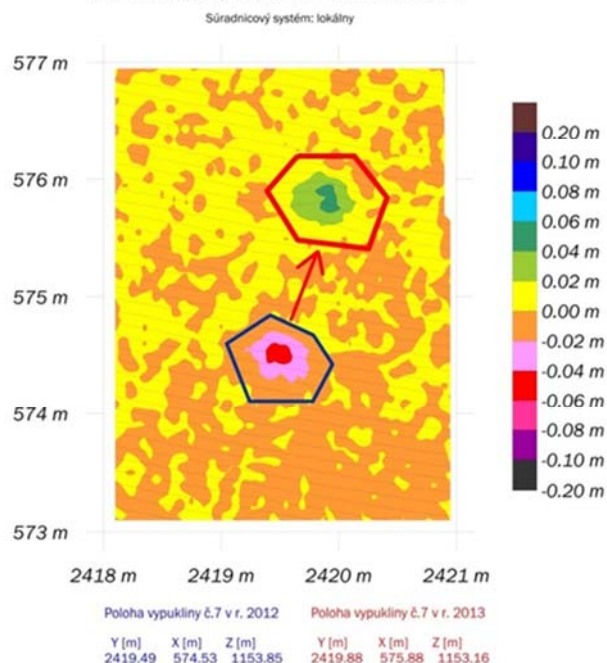


Obr. 9 Detail vypuklín na mrače bodov (vľavo vypuklina č.7, vpravo vypukliny č.9, č.10)

Rozdiely medzi plochou AB plášťa HN PVE
Čierny Váh naskenovanou v rokoch 2012 a 2013
POHYBUJÚCE SA VYPUKLINY č. 9 A 10



Rozdiel medzi plochou AB plášťa HN PVE
Čierny Váh naskenovanou v rokoch 2012 a 2013
POHYBUJÚCA SA VYPUKLINA č. 7



Obr. 10 Matematické spracovanie naskenovaných údajov o vypuklinách

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 je archivovanie údajov a možnosť spätného vyhodnocovania v prípade výskytu akýchkoľvek problémov. Treba však spomenúť aj nevýhodou tejto metódy, ktorou je nižšia presnosť. Je však veľmi veľká pravdepodobnosť, že tento nedostatok s vývojom tejto technológie bude minimalizovaný. Za 6 rokov sa presnosť zdvojnásobila a v súčasnosti táto technológia napreduje vysokou rýchlosťou.

3 ZÁVER

Keďže sa terestrické laserové skenovanie AB plášťa hornej nádrže osvedčilo, vykonáva sa aj naďalej v ročných intervaloch. Vypukliny a nedostatky, ktoré boli odhalené sa postupne odstraňujú. Možnosť použiť terestrické laserové skenovanie pri monitoringu betónových hrádzí s vývojom skenerov rastie. Aj napriek tomu sa môžu vyskytnúť isté nedostatky tejto metódy, ktoré je však možné na základe skúseností a praxe eliminovať alebo úplne odstrániť.

LITERATÚRA

[1] Trnovský K., Imro I. – Prečerpávacía vodná elektrárňa Čierny Váh