



ZÁVEREČNÁ SPRÁVA

Názov geologickej úlohy:	Vážska cyklodopravná trasa – úsek Žilina - Bytča - hranica ŽSK/TSK - (Považská Bystrica) – etapa Kotešová - Žilina
Druh geologických prác:	inžinierskogeologický prieskum
Etapa prieskumu:	doplňkový inžinierskogeologický prieskum
Číslo úlohy:	19004
Objednávateľ:	ISPO spol. s r.o. inžinierske stavby, Slovenská 86, 080 01 Prešov
Zhotoviteľ:	GEOTREND, s.r.o., Predmestská 75, 010 01 Žilina
Zástupca zhotoviteľa:	RNDr. Júlia Šimeková
Zodpovedný riešiteľ:	RNDr. Júlia Šimeková
Riešitelia:	Ing. Michal Páleník RNDr. Kamil Kandra
Dátum vyhotovenia:	december 2019

Ing. Michal Páleník
konateľ s.r.o.

OBSAH

1	ÚVOD	3
1.1	Miestopisné vymedzenie územia.....	3
1.2	Cieľ geologickej úlohy	4
1.3	Údaje o projekte.....	4
1.4	Doterajšia geologická preskúmanosť územia.....	4
2	CHARAKTERISTIKA PRÍRODNÝCH POMEROV ÚZEMIA	5
2.1	Geomorfologické pomery	5
2.2	Klimatické a hydrologické pomery	5
2.3	Geologické pomery a seizmicita územia	5
2.3	Hydrogeologické pomery	6
3	POSTUP RIEŠENIA GEOLOGICKEJ ÚLOHY	6
4	VÝSLEDKY RIEŠENIA GEOLOGICKEJ ÚLOHY.....	8
4.1	Inžinierskogeologické pomery a odvodené geotechnické parametre	8
4.2	Hydrogeologické pomery	11
5	ZÁVERY A ODPORÚČANIA.....	12
6	ZOZNAM LITERATÚRY	13

ZOZNAM PRÍLOH

1	Situácia prieskumných diel a inžinierskogeologických rezov	M 1 : 1 000
2	Inžinierskogeologické rezy	M 1 : 200
3	Dokumentácia sond dynamickej penetrácie	

1 ÚVOD

Predkladaná záverečná správa hodnotí výsledky doplnkového inžierskogeologického prieskumu na úseku projektovanej cyklo dopravnej trasy, úsek 18, v oblasti premostenia (mostný objekt 205-00) cez rieku Váh.

Prieskum bol realizovaný na základe objednávky č. 2019/10/7 zo dňa 28.10.2019 od spoločnosti ISPO, s.r.o., Prešov. Úloha bola podľa § 13 geologického zákona ohlásená Štátnemu geologickému ústavu Dionýza Štúra, ktorý ju zaevidoval pod číslom 958/2019.

Pre doplnenie prieskumu objednávateľ požadoval realizáciu 4 penetračných sond v dĺžke 10 m. K realizácii úlohy nám bola poskytnutá situácia cyklotrasy v úseku premostenia, súradnice požadovaných penetračných sond a záverečné správy doteraz realizovaných inžierskogeologických prieskumov.

Geologické práce boli vykonávané v súlade so zákonom č. 569/2007 Z.z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov, vyhlášky č. 51/2008 Z.z., ktorou sa vykonáva geologický zákon v znení neskorších predpisov, platných STN, EN a bezpečnostných predpisov.

1.1 Miestopisné vymedzenie územia

Údaje týkajúce sa územného začlenenia skúmanej lokality sú v Tab. 1 a prehľadné situovanie na mapovom podklade na Obr. 1.

Tab. 1: Územné začlenenie

Kraj		Okres		Obec		Katastrálne územie*		Číslo map. listu 1 : 10 000
názov	kód	názov	kód	názov	kód	názov	číslo kú	
Žilinský	5	Žilina	511	Žilina	517402	Žilina	874604	26-31-16
						Považský Chlmec	849031	

*kú Považský Chlmec zasahuje do skúmaného územia okrajovo v severnej časti



Obr. 1: Prehľadná situácia

1.2 Cieľ geologickej úlohy

Cieľom geologickej úlohy bolo overenie inžinierskogeologických pomerov v miestach zakladania opôr mostného objektu cyklodopravnej trasy (cyklistickej lávky) na oboch brehoch rieky Váh, so zameraním hlavne na zistenie geotechnických parametrov základovej pôdy prostredníctvom terénnych skúšok – sond dynamickej penetrácie.

1.3 Údaje o projekte

V súlade so zákonom 569/2007 Z. z. o geologických prácach v znení neskorších predpisov (geologický zákon) a vyhlášky 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva geologický zákon, v znení neskorších predpisov, sa na túto úlohu nevzťahovala povinnosť vypracovania projektu.

1.4 Doterajšia geologická preskúmanosť územia

Výsledky dlhodobého systematického geologického výskumu a geologického mapovania sú komplexne zhrnuté a prezentované v Geologickej mape stredného Považia v M 1 : 50 000 (Mello et al., 2005), Vysvetlivkách ku geologickej mape stredného Považia (Mello, 2011), Geologickej mape Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry (Haško, J., Polák, M., 1978), Vysvetlivkách ku geologickej mape Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry (Haško, J., Polák, M., 1979), ako aj v digitálnej geologickej mape SR v M 1 : 50 000 (<http://mapserver.geology.sk/gm50js>).

Skúmané územie je súčasťou Vážskej cyklodopravnej trasy, pre ktorú boli realizované inžinierskogeologické prieskumy slúžiace ako podklad pre vypracovanie projektovej dokumentácie pre územné rozhodnutie (DÚR):

- Vrábľová, K. et al., 07/2018: Vážska cyklodopravná trasa – úsek Žilina – Bytča – hranica ŽSK/TSK – (Považská Bystrica). Orientačný inžinierskogeologický prieskum. CAD-ECO, a.s., Bratislava.
Prieskum sa dotýkal celej trasy rozdelenej do 18 úsekov. Pre úsek 18 v blízkosti pravej opory mostného objektu 205-00 bola vyhlbená kopaná sonda KS-19 hĺbky 1 m.
- Vrábľová, K. et al., 07/2018: Vážska cyklodopravná trasa – úsek Žilina – Bytča – hranica ŽSK/TSK – (Považská Bystrica), zosuv v km 25,450. Podrobný inžinierskogeologický prieskum. CAD-ECO, a.s., Bratislava.
Prieskum bol zameraný na zosuv ovplyvňujúci cyklotrasu pri Považskom Chlmcí.
- Vrábľová, K. et al., 10/2018: Vážska cyklodopravná trasa – úsek Žilina – Bytča – hranica ŽSK/TSK – (Považská Bystrica), 3. časť. Orientačný inžinierskogeologický prieskum. CAD-ECO, a.s., Bratislava.
Prieskum sa dotýkal priamo úseku 18, vrátane mostného objektu 205-00. V rámci tohto prieskumu boli v blízkosti pravostrannej opory realizované jadrový inžinierskogeologický vrt V-06 hĺbky 12 m, kopaná sonda KS-21 hĺbky 1,0 m, v blízkosti ľavostrannej opory sonda dynamickej penetrácie DPS-31 hĺbky 3,7 m.

Na ľavej strane rieky Váh, v blízkosti projektovanej cyklotrasy boli v minulosti realizované tiež prieskumné jadrové vrty v rámci úlohy „Borovský, M., et al., 2015: Technicko-hygienická údržba koľajových vozidiel ZSSK – Žilina, podrobný IG prieskum. CAD-ECO Žilina“. Záverečná správa z tohto prieskumu je v archíve ŠGÚDŠ znepřístupnená do roku 2025.

2 CHARAKTERISTIKA PRÍRODNÝCH POMEROV ÚZEMIA

2.1 Geomorfologické pomery

Na základe geomorfologického členenia SR (kolektív autorov: Atlas krajiny SR, 2002) sa skúmaná lokalita rozprestiera vo Fatransko-tatranskej oblasti, celku Žilinská kotlina, podcelku Žilinská pahorkatina.

Projektovaný mostný objekt preklenie koryto rieky Váh, pozdĺž ktorého je vyvinutá aluviálna niva charakteristická rovinným reliéfom. Povrch rovinatého terénu aluviálnej nivy v záujmovej oblasti dosahuje nadmorskú výšku v rozmedzí cca 327 – 330 m n.m. Pravý breh Váhu je na hranici s korytom vodného toku ukončený prirodzeným eróznym stupňom výšky cca do 3 m., ľavý breh Váhu výšky cca 7,5 m je terasovo upravený a spevnený. Povrch terénu v okolí realizovaných prieskumných diel na ľavom brehu Váhu je nerovný v dôsledku neriadeneho skládkovania antropogénnych sedimentov.

2.2 Klimatické a hydrologické pomery

Podľa mapy klimatických oblastí Atlasu krajiny SR (kolektív autorov, 2002) patrí záujmové územie do mierne teplej oblasti M, okrsku M5 – mierne teplého, vlhkého, s chladnou až studenou zimou, dolinového, s priemernou teplotou v januári ≤ -3 °C, v júli ≥ 16 °C. Priemerná ročná teplota vzduchu je ≥ 7 °C.

Priemerný ročný úhrn zrážok je v intervale 700 – 800 mm.

V zmysle ON 73 6196 Ochrana cestných komunikácií pred účinkami premrzania podložia je približná hĺbka premrzania v predmetnej oblasti 120 cm (Vrábl'ová et al., 10/2018).

Hydrologicky patrí predmetné územie k úmoriu Čierneho mora, do povodia hlavného toku rieky Váh, ktorou je aj odvodňované. Podľa autorov Šimo, E., Zaťko, M. (in Atlas krajiny SR, kolektív autorov, 2002) je územie súčasťou stredohorskej oblasti s dažďovo-snehovým typom režimu odtoku, pre ktorý je charakteristické maximum priemerného mesačného prietoku v marci, minimum v septembri, vysoká vodnosť v období marec - apríl a výrazné podružné zvýšenie vodnosti koncom jesene a začiatkom zimy.

2.3 Geologické pomery a seizmicita územia

Záujmové územie po geologickej stránke patrí k bradlovému pásu, ktoré sa vyznačuje zložitou a špecifickou geologicko-tektonickou stavbou. Predkvartérne podložie tvorí flyšové súvrstvie mezozoika (krieda), litologicky zastúpené ílovcami, pieskovecami a siltovitými slieňmi (<http://mapserver.geology.sk/gm50js>). Doterajšími prieskumami boli zistené hlavne ílovce, menej slieňovce, laminovanej až tenkodoskovitej vrstevnatosti.

Mezozoické podložie je v záujmovom území prekryté súvislou vrstvou kvartérnych sedimentov, zastúpených hlavne fluviálnymi štrkami s polohami a šošovkami pieskov. Hrúbka fluviálneho komplexu v záujmovej oblasti sa na základe archívnych prieskumných diel pohybuje v rozmedzí 6,5 až 10,0 m.

Na povrchu územia sa nachádzajú nerovnomerne rozmiestnené akumulácie navážok stavebného a komunálneho odpadu a účelové navážky spevňujúce ľavý breh Váhu.

Podľa STN EN 1998-1/NA/Z2 skúmané územie patrí do pásma s hodnotou referenčného špičkového seizmického zrýchlenia $a_{gR} = 0,63 \text{ m.s}^{-2}$ pre návratovú periódu 475 rokov. Na základe kategorizácie podložia sú predkvartérne horniny mezozoika zaradené do kategórie A, kvartérne fluviálne štrky, príp. piesky, tvoriace výplň aluviálnej nivy do kategórie B.

Podľa seizmotektonickej mapy Slovenska patrí územie do 8° EMS-98.

2.3 Hydrogeologické pomery

Hydrogeologické pomery hodnoteného územia sú výsledkom súboru činiteľov, z ktorých najvýznamnejšie sú litologické, tektonické a klimatické podmienky. Podľa mapy hydrogeologických pomerov Slovenska (Malík, Švasta in Atlas krajiny SR, kolektív autorov, 2002) sa záujmové územie nachádza v hydrogeologickom regióne č. 29 – Paleogén a kvartér časti Žilinskej kotliny a východného okraja Súľovských vrchov, v ktorom určujúcim typom priepustnosti je medzizrnová priepustnosť.

V skúmanom území sú po hydrogeologickej stránke priaznivé štrkové, resp. piesčito-štrkové náplavy rieky Váh, vyznačujúce sa súvislým zvodnením a dobrou medzzrnovou priepustnosťou, ktorú možno charakterizovať koeficientom filtrácie v rozmedzí hodnôt 10^{-5} až 10^{-3} m.s^{-1} , pričom vyššou priepustnosťou sa vyznačujú hrubozrnnejšie až balvanovité štrky (Vrábľová et al., 10/2018). Realizovanými archívnymi inžinierskogeologickými vrtmi v blízkosti projektovaných mostných opôr pre cyklotrasu bola podzemná voda v aluviálnej nive zistená v hĺbkach 2,2 až 4,1 m.

Hladina podzemnej vody v údolnej nive Váhu je v hydraulikej spojitosti s povrchovým vodným tokom, čo znamená, že jej úroveň bude významne kolísať podľa úrovne hladiny v koryte Váhu. Na dopĺňaní zásob podzemných vôd sa okrem povrchového vodného toku významnou mierou podieľajú zrážky a pozdĺž pravého brehu Váhu môžu byť štrkové sedimenty čiastočne dotované vodou aj z priľahlých svahov.

Litologický charakter predkvartérnych hornín (striedanie nepriepustných ílovcov a slieňovcov s priepustnejšími pieskovecami) v skúmanom území nevytvára príliš vhodné podmienky pre prúdenie a akumuláciu podzemných vôd. Obeh podzemných vôd je väčšinou plytký, viazaný na pripovrchovú zónu zvetraných a rozvolnených hornín. Hlbší obeh v horninovom masíve je možný pozdĺž tektonicky porušených zón a významnejších priebežných diskontinuit. Z hľadiska priepustnosti prevláda priepustnosť puklinová nad medzizrnovo-puklinovou.

3 POSTUP RIEŠENIA GEOLOGICKEJ ÚLOHY

Za účelom riešenia geologickej úlohy boli realizované:

- prípravné práce,
- technické práce,
- geodetické práce,
- geologické činnosti.

Rozsah a metodika geologických prác vyplynuli z požiadaviek objednávateľa a účelu doplňujúcich geologických prác.

Prípravné práce

Spočívali z prípravy pracoviska v mieste vytýčených prieskumných sond dynamickej penetrácie. Zahŕňali výrub náletových drevín, vyčistenie a odstránenie popadaných častí drevín, prekážajúcich v mieste realizácie sond a v úsekoch transportu súpravy pre realizáciu dynamickej penetrácie.

Technické práce

Pre zistenie inžinierskogeologických pomerov, hlavne litologickej skladby základovej pôdy a geotechnických vlastností jednotlivých litologických typov hornín, boli v miestach projektovaných opôr mostného objektu realizované sondy dynamickej penetrácie, v počte 4 kusy, označené DP-1, DP-2, DP-3 a DP-4. Situované boli podľa požiadaviek objednávateľa na

oboch brehoch Váhu, dve sondy (DP-1, DP-2) na pravom a dve sondy (DP-3, DP-4) na ľavom brehu. Pri realizácii došlo v porovnaní s návrhom iba k menšiemu posunu pri sonde DP-1, kde na pôvodne vytýčenom bode prekážal kmeň stromu. Situovanie sond je znázornené v Prílohe 1.

Požadovaná hĺbka sond bola 10 m, ale z dôvodu prítomnosti pevných balvanov hornín v štrkových náplavoch Váhu a v navážkach spevňujúcich ľavý breh Váhu sa podarilo sondy vyhlbiť len do 1,1 – 3,7 m (Tab. 2).

Tab. 2: *Prehľad realizovaných sond*

Označenie sondy	Situovanie	Projektovaná hĺbka	Dosiahnutá hĺbka
DP-1	pravý breh Váhu	10 m	3,7
DP-2	pravý breh Váhu	10 m	3,5
DP-3	ľavý breh Váhu	10 m	1,1
DP-4	ľavý breh Váhu	10 m	2,2

Sondy dynamickej penetrácie realizovali pracovníci spoločnosti Ing. Jozef Hajčík – geologicko-prieskumné práce dňa 26.11.2019. Použitá bola ťažká dynamická penetračná súprava od fy STITZ GmbH. Vyhodnotenie realizovala firma PROGEO, s.r.o., Žilina.

Podstatou dynamickej penetračnej skúšky je určiť odolnosť zemín a poloskalných hornín voči dynamickej penetrácii hrotom kužela, pričom sa stanovuje merná hodnota dynamického penetračného odporu q_{dyn} . Penetračný odpor je definovaný ako počet úderov potrebný na zarazenie penetromera o stanovený úsek. Na zarážanie sondovacieho sútyčia s penetračným hrotom sa musí použiť baran s normovanou hmotnosťou a výškou dopadu. Realizácia a vyhodnotenie dynamickej penetračnej skúšky prebiehali v zmysle STN EN ISO 22476-2 (Dynamic probing).

Dokumentácia sond dynamickej penetrácie a získané výsledky sa nachádzajú v Prílohe 3, terénne záznamy o skúškach sú súčasťou prvotnej geologickej dokumentácie a sú uložené v archíve firmy Geotrend, s.r.o., Žilina.

Geodetické práce

Geodetické práce pozostávali z vytýčenia penetračných sond DP-1 až DP-4 pred ich realizáciou a z polohopisného a výškového zamerania tých istých sond po ich realizácii. Sondy boli vytýčené podľa súradníc zadanych objednávateľom. Z dôvodu neprístupnosti terénu došlo k menšiemu posunu sondy DP-1. Definitívne situovanie sond je znázornené v prílohe 1, súradnice sond sú v Tab. 3.

Práce boli realizované GNSS prístrojom Leica 900 CS, metódou RTK s využitím služby SKPOS, súradnicový systém polohový S-JTSK, výškový Bpv. Geodetické činnosti realizoval autorizovaný geodet Ing. Pavel Lukáč.

Tab. 3: *Polohové a výškové zameranie sond dynamickej penetrácie*

Označenie sondy	Y (m)	X (m)	Z (m n. m.)
DP-1	444434,637	1170905,205	326,084
DP-2	444425,962	1170907,346	326,297
DP-3	444439,146	1171037,225	328,959
DP-4	444448,656	1171036,008	329,102

Geologické činnosti

Geologické činnosti zahŕňali:

- archívnu excerpciu a ohlásenie geologických prác poverenej organizácii (ŠGÚDŠ Bratislava),
- terénnu rekognoskáciu územia spojenú s vytýčením vrtov,
- sled, riadenie a koordináciu prác,
- vedenie geologickej dokumentácie,
- vyhodnotenie sond dynamickej penetrácie (Príloha 3),
- zostrojenie inžinierskogeologických rezov (Príloha 2),
- vyhodnotenie geotechnických vlastností horninového prostredia odvodených z realizovaných penetračných skúšok,
- vypracovanie záverečnej správy,
- reprodukčné práce.

4 VÝSLEDKY RIEŠENIA GEOLOGICKEJ ÚLOHY

4.1 Inžinierskogeologické pomery a odvodené geotechnické parametre

Pre doplnkový inžinierskogeologický prieskum mostného objektu preklenujúceho rieku Váh na projektovanej cyklodopravnej trase boli v rámci tejto úlohy realizované 4 sondy dynamickej penetrácie (Príloha 1, Obr. 2, 3). V minulosti bol na pravom brehu realizovaný jadrový inžinierskogeologický vrt V-06 hĺbky 12 m (Vrábľová, et al., 10/2018), na ľavom brehu sonda dynamickej penetrácie DPS-31 hĺbky 3,7 m (Vrábľová, et al., 10/2018). Pri prezentácii inžinierskogeologických pomerov v ďalšom texte sme zohľadnili aj výsledky z archívnych prieskumných geologických diel vyššie citovanej záverečnej správy.

Územie v mieste realizovaných sond dynamickej penetrácie je na pravom brehu rovinné s prirodzeným eróznym brehom vodného toku, na ľavom brehu stupňovité, čo je výsledkom terénnych úprav brehu Váhu a jeho spevnenia. Na ľavom brehu Váhu sú v okolitom území vizuálne viditeľné navážky stavebného a komunálneho odpadu, ktoré vytvárajú na povrchu terénu nerovnosti. Na pravej strane Váhu je počas vysokých vodných stavov predpoklad podmáčania a zaplavovania územia v blízkosti vodného toku.



Obr. 2: Ukážka z realizácie penetračnej sondy na pravom brehu Váhu



Obr. 3: Ukážka z realizácie penetračnej sondy na ľavom brehu Váhu

Zistené inžinierskogeologické pomery sú graficky znázornené v inžinierskogeologických rezoch 1-1', 2-2' a 3-3' (Príloha 2), dokumentácia sond dynamickej penetrácie je v Prílohe 3.

V dosahu realizovaných penetračných sond boli v rámci tohto prieskumu zistené iba kvartérne sedimenty. Archívnym vrtom V-06 (Vrábľová et al., 10/2018) bola na pravom brehu Váhu zistená aj báza kvartérnych fluviálnych sedimentov a mezozoické (kriedové) podložie.

V rámci kvartérneho útvaru sa v území vyskytujú sedimenty antropogénnej a fluviálnej genézy.

KVARTÉR

Antropogénne sedimenty

Súčasným prieskumom boli antropogénne sedimenty zistené sondami DP-3 a DP-4 na ľavom brehu Váhu, kde boli identifikované ako štrkovité až balvanovité materiály násypu spevňujúce breh Váhu a vytvárajúce jeho ochranný val (G5/GC, G3/G-F, G2/GP). Overené boli do 1,1 – 2,2 m, čo bola však aj konečná hĺbka sond, pretože hlbšie sa nachádzali balvany, ktoré boli pre penetráciu neprieichodné. Celkovú hrúbku navážok sa teda zistiť nepodarilo a upozorňujeme, že touto prieskumnou metódou (penetračné skúšky) a existujúcou skladbou horninového prostredia (navážky podobného charakteru ako podložné fluviálne štrky) sa ich rozhranie ani nedá celkom spoľahlivo určiť.

V okolí sa vyskytujú tiež divoké navážky stavebného a komunálneho odpadu.

V predchádzajúcich prieskumoch bola v blízkom okolí (cca 24 m juhovýchodne od sondy DP-3) realizovaná penetračná sonda DPS-31, v ktorej boli antropogénne zeminy - štrky s prímiesou jemnozrnnej zeminy (G3/G-FY) a štrky ílovité (G5/GCY) jednoznačne identifikované od povrchu terénu do hĺbky 0,8 m, autor však zároveň pripúšťal, že je možná aj ich väčšia hrúbka.

V minulosti boli antropogénne sedimenty zistené aj na pravom brehu Váhu, a to vrtom V-06, kde sa nachádzali v podobe štrkovitých zemín od povrchu terénu do hĺbky 0,7 m.

Geotechnické parametre odvodené z realizovaných penetračných skúšok a zatriedenie antropogénnych sedimentov sú uvedené v Tab. 4.

Tab. 4: Geotechnické parametre odvodené z penetračných skúšok a zatriedenie kvartérnych antropogénnych sedimentov

Charakteristika	symbol [rozmer]	Antropogénne sedimenty					
		štrk ílovitý		štrk s prímiesou jemnozrnej zeminy		štrk zle zrnený	
		rozsah	priemer	rozsah	priemer	rozsah	priemer
Uľahnutosť	I_D	0,46 – 0,61 (1,0)	0,52	0,82 – 0,93 (0,64)	0,88	0,99	0,99
Modul deformácie	E_{def} [MPa]	44,8 – 49,2 (60,6)	46,6	95,6 – 98,9 (93,1)	97,3	254,2	254,2
Efektívny uhol vnútorného trenia	φ' [°]	29 – 30 (32)	29,5	38 – 39 (34)	38,5	41	41
Klasifikácia podľa STN 72 1001 trieda / symbol		G5 / GCY		G3 / G-FY		G2 / GPY	
Zatriedenie podľa STN 73 6133	vhodnosť pre podložie:	nevhodný až podmienečne vhodný		vhodný		vhodný	
	vhodnosť do násypu:	vhodný		vhodný		vhodný	
Ťažiteľnosť STN 73 3050		3. trieda		3. – 4. trieda		4. trieda	
Vrtateľnosť VC 20/105/89		trieda I - II		trieda II - III		trieda II - III	

Hodnoty v zátvorkách boli zistené dynamickými penetračnými skúškami v roku 2018 (Vrábl'ová et al.)

Fluviálne sedimenty

Tvoria hlavnú súčasť kvartérnych sedimentov v skúmanej oblasti.

Overené boli na pravom brehu Váhu sondami DP-1, DP-2 až do konečnej hĺbky sond 3,5 – 3,7 m. Vo vrchnej časti, do hĺbky 1,4 m ich na základe penetračných skúšok interpretujeme ako kypré až stredne uľahnuté **piesky ílovité** (S5/SC). Hlbšie sa nachádzajú **štrky s prímiesou jemnozrnej zeminy až štrky dobre zrnené** (G3/G-F, G1/GW), s výskytom balvanovitej frakcie, uľahnuté až veľmi uľahnuté. Na báze sond boli narazené hrubé balvany, cez ktoré sa penetračný hrot už nepodarilo zaradiť.

V minulosti bol v blízkosti sond realizovaný inžinierskogeologický vrt V-06, ktorým boli fluviálne sedimenty zistené pod vrstvou navážok od 0,7 do 6,5 m. Overené boli ako **štrky s prímiesou jemnozrnej zeminy až štrky dobre zrnené** (G3/G-F, G1/GW), vo vrchnej polohe (0,7 – 2,0 m) ako **piesky ílovité** (S5/SC), na báze až piesky so štrkom. Piesčitá poloha (S1/SW) bola zistená tiež ako medzivrstva, resp. šošovka v prostredí štrkovej akumulácie v hĺbke 4,7 – 5,5 m.

Na ľavom brehu Váhu sa realizovanými sondami DP-3 a DP-4, vzhľadom na ich nedostatočnú hĺbku (1,1 – 2,2 m) a ukončenie v navážkach, fluviálne sedimenty nepodarilo overiť. V predchádzajúcom prieskume boli zistené sondou DPS-31 v podloží navážok, ale iba do hĺbky 3,7 m, v ktorej bola sonda ukončená. Overené boli ako **štrky zle zrnené, štrky s prímiesou jemnozrnej zeminy a štrky ílovité** (G2/GP, G3/G-F, G5/GC), s polohou **pieskov s prímiesou jemnozrnej zeminy** (S3/S-F) a nevýraznou polohou **pieskov ílovitých** (S5/SC) vo vrchnej časti.

Na celkovú hrúbku fluviálnych sedimentov na ľavom brehu Váhu a ich charakter môžeme usudzovať iba podľa archívnych prieskumných vrtov ZA-03, 04, 05 z roku 2015 (Borovský et al. in Vrábl'ová et al., 10/2018), hĺbky 8,0 – 9,6 m, ktoré sa však od miesta zakladania nachádzajú až vo vzdialenosti okolo 180 m a väčšej. Podľa dokumentácie vrtu ZA-04 je povrch predkvartérneho skalného podložia v hĺbke 9,6 m, t.j. v úrovni 320,16 m n. m., čo približne zodpovedá povrchu skalného podložia vo vrte V-06 (320,9 m n.m.). Hladina podzemnej vody v týchto vrtoch bola ustálená v hĺbke 4,1 - 4,4 m pod terénom.

Geotechnické parametre odvodené z realizovaných penetračných skúšok a zatriedenie antropogénnych sedimentov sú uvedené v Tab. 5.

Tab. 5: Geotechnické parametre odvodené z penetračných skúšok a zatriedenie kvartérnych fluviálnych sedimentov

Charakteristika	symbol [rozměr]	Fluviálne sedimenty					
		piesok ílovitý		štrk s prímiesou jemnozrnej zeminy		štrk dobre zrnený	
		rozsah	priemer	rozsah	priemer	rozsah	priemer
Uľahnutosť	I_D	0,22 – 0,41	0,32	0,64 – 0,71	0,68	0,89 – 0,95	0,92
Modul deformácie	E_{def} [MPa]	2,6 – 4,9	3,75	90,2 – 92,3	91,25	482,0 – 459,6	470,8
Efektívny uhol vnútorného trenia	φ' [°]	25 - 26	25,5	36 - 37	36,5	43 - 44	43,5
Klasifikácia podľa STN 72 1001 trieda / symbol		S5 / SC		G3 / G-F		G1 / GW	
Zatriedenie podľa STN 73 6133	vhodnosť pre podložie:	podmienečne vhodný		vhodný		vhodný	
	vhodnosť do násypu:	vhodný		vhodný		vhodný	
Ťažiteľnosť STN 73 3050		1. trieda		3. – 4. trieda		4. trieda	
Vrtateľnosť VC 20/105/89		trieda I		trieda II - III		trieda II - III	

MEZOZOIKUM

Podľa archívnych prieskumných diel (V-06, ZA-04 in Vrábľová et al., 10/2018) sa v podloží kvartérnych fluviálnych štrkov nachádzajú horniny mezozoického veku – **ílovce a slieňovce**, ktoré sú vo vrchnej časti, hrúbky 0,2 – 0,3 m, rozložené až silno zvetrané, charakteru ílu so strednou plasticitou až kamenito-ílovitej sutiny (F6/CI až F2/CG), pevnej až tvrdej konzistencie. Hlbšie sú ílovce až slieňovce zvetrané, laminovanej až tenkodoskovitej vrstevnatosti, pevnosti R4 – R5. Zo skúšok bodovej pevnosti v tlaku (PLT) bola stanovená pevnosť v prostom tlaku $\sigma_c = 5,27 - 19,09$ MPa.

4.2 Hydrogeologické pomery

Vzhľadom na druh prieskumných diel realizovaných v tomto doplnkovom prieskume, nebolo možné zistiť údaje o hĺbke hladiny podzemnej vody ani odobrať vzorku na jej laboratórnu analýzu a zistenie prípadných agresívnych účinkov. Pre komplexnosť v nasledujúcom texte aspoň rekapitulujeme charakteristiku hydrogeologických pomerov územia podľa zistení z orientačného inžinierskogeologického prieskumu (Vrábľová et al., 10/2018).

Hladina podzemnej vody bola zistená v prostredí fluviálnych sedimentov. Na pravom brehu Váhu bola narazená v hĺbke 2,2 m, ustálená v hĺbke 2,3 m p. t. (vrt V-06), na ľavom brehu Váhu narazená v hĺbke 4,3 – 4,4 m, ustálená v hĺbke 4,1 – 4,4 m p. t. (vrty ZA-03, ZA-04, ZA-05).

Priepustnosť štrkovitých sedimentov možno charakterizovať koeficientom filtrácie v rozmedzí hodnôt 10^{-5} až 10^{-3} m.s⁻¹, pričom vyššou priepustnosťou sa vyznačujú hrubozrnné až balvanovité štrky. Hladina podzemnej vody v údolnej nive Váhu je v hydraulikej spojitosti s povrchovým tokom, čo pri vyšších vodných stavoch spôsobuje zamokrenie a zaplavenie územia povodňovými a prívalovými vodami. Tento jav hrozí hlavne

na pravom brehu Váhu, ľavý breh je umelo upravený, spevnený a zvýšený ochranným valom, bez rizika zaplavenia príľahlého územia.

Chemicky analyzovaná podzemná voda z vrtu V-06 nevykázala agresivitu na betón. Podľa obsahu súčtu síranov a chloridov, pH a neprítomnosti agresívneho CO₂ na železo, tvorí kvapalné prostredie s veľmi nízkou agresivitou na ocel' uloženú v pôde a vode so stupňom I. Na základe laboratórne stanovenej mernej elektrickej vodivosti však podzemná voda vytvára prostredie s veľmi vysokou agresivitou na železo a ocel' uloženú v pôde a vode so stupňom IV. Pre ochranu železných materiálov je na zachovanie ich pasivity odporúčaná zosilnená izolácia.

5 ZÁVERY A ODPORÚČANIA

V rámci doplnkového prieskumu boli realizované 4 penetračné sondy, situované do miest zakladania mostných opôr, dve na pravom a dve na ľavom brehu Váhu, ktoré sa však oproti navrhovanej hĺbke 10 m, podarilo vyhlbiť iba do 3,7 m (DP-1), 3,5 m (DP-2), 1,1 m (DP-3) a 2,2 m (DP-4).

V mieste pravého základu projektovaného mostného objektu do konečnej hĺbky sond dynamickej penetrácie 3,5 – 3,7 m sa nachádzajú fluválne sedimenty, v ktorých pod cca 1,4 m hrubou vrstvou kyprých ílovito-piesčitých zemín boli identifikované štrkovité sedimenty s výskytom balvanovitej frakcie (G3/G-F, G1/GW). Na bázu štrkovitých fluválnych sedimentov môžeme usudzovať z archívneho vrtu V-06, v ktorom bola zistená na úrovni 320,9 m n. m. Premietnutím vrtu V-06 do roviny konštruovaného rezu 1-1' vychádza hĺbka fluválnych sedimentov v reze cca 5,6 – 5,8 m.

Na ľavom brehu Váhu sa na povrchu terénu nachádzajú antropogénne sedimenty (pravdepodobne hrubozrnné až balvanovité štrky, príp. bloky pevných skalných hornín ?), ktorých hrúbku sa nepodarilo overiť. Navážky boli od 1,1 – 2,2 m pre dynamicčú penetráciu neprechodné. V archívnej sonde DPS-31 bolo rozhranie medzi antropogénnymi navážkami a fluválnymi sedimentmi identifikované do úrovne 0,8 m p. t. Hlbšie boli interpretované fluválne štrky (G2/GP, G3/G-F, G5/GC) s polohami pieskov (S5/SC, S3/S-F), ale interpretácia nebola jednoznačná a bolo pripustené, že navážky môžu zasahovať aj hlbšie.

Na bázu fluválnych sedimentov na ľavom brehu Váhu môžeme usudzovať iba z archívneho vrtu V-04, ktorého využitie však nie je celkom relevantné vzhľadom na príliš veľkú vzdialenosť od miesta ľavostranného zaviazania mostného objektu.

V podloží fluválnych sedimentov boli archívnym vrtom V-06 overené ílovce až slieňovce, vo vrchnej časti rozložené, hlbšie zvetrané, pevnosti R4 až R5.

V záujme získania komplexných inžinierskogeologických informácií by bolo vhodné v území na ľavom brehu Váhu realizovať ešte aspoň jeden prieskumný vrt hĺbky cca 15 m, ktorý overí charakter a hrúbky antropogénnych a fluválnych sedimentov, ale tiež hĺbku a charakter skalného mezozoického podložia a informácie o podzemnej vode. Pre realizáciu vrtu je však problémom neprístupnosť terénu pre vrtnú súpravu. Najbližšie prístupné miesto, kde by sa v súčasnosti dalo dostať s vrtnou súpravou, sa nachádza vo vzdialenosti cca 40 m juhozápadne od sondy DP-4.

6 ZOZNAM LITERATÚRY

- Borovský, M., et al., 2015: Technicko-hygienická údržba koľajových vozidiel ZSSK – Žilina, podrobný IG prieskum. CAD-ECO Žilina
- Haško, J., Polák, M., 1978: Geologická mapa Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry. M 1 : 50 000. GÚDŠ Bratislava.
- Geologická mapa Slovenska M 1:50 000 [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2013. [cit. 23.3.2017].
Dostupné na internete: <http://mapserver.geology.sk/gm50js>.
- Kolektív autorov, 2002: Atlas krajiny SR. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava, Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica.
- Malík, P., Švasta, J., 2002: mapa „Hlavné hydrogeologické regióny“ in Atlas krajiny SR. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava, Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica.
- Mello, J., Potfaj, M., Teťák, M., Havrila, M., Rakús, M., Buček, S., Filo, I., Salaj, J., Maglay, J., Pristaš, J., Fordinál, K., 2005: Geologická mapa stredného Považia, M 1 : 50 000. ŠGÚDŠ Bratislava.
- Šimo, E., Zaťko, M., 2002: mapa „Typy režimu odtoku“ in Atlas krajiny SR. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava, Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica.
- Vrábľová, K. et al., 07/2018: Vážska cyklodopravná trasa – úsek Žilina – Bytča – hranica ŽSK/TSK – (Považská Bystrica). Orientačný inžinierskogeologický prieskum. CAD-ECO, a.s., Bratislava.
- Vrábľová, K. et al., 07/2018: Vážska cyklodopravná trasa – úsek Žilina – Bytča – hranica ŽSK/TSK – (Považská Bystrica), zosuv v km 25,450. Podrobný inžinierskogeologický prieskum. CAD-ECO, a.s., Bratislava.
- Vrábľová, K. et al., 10/2018: Vážska cyklodopravná trasa – úsek Žilina – Bytča – hranica ŽSK/TSK – (Považská Bystrica), 3. časť. Orientačný inžinierskogeologický prieskum. CAD-ECO, a.s., Bratislava.

Použité normy

STN 72 1001	Klasifikácia zemín a skalných hornín
STN 73 1001	Geotechnické konštrukcie; Zakladanie stavieb
STN 73 6133	Stavba ciest, Teleso pozemných komunikácií
STN EN 1998-1/NA/Z2	Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť; Časť 1: Všeobecné pravidlá, seizmické zaťaženia a pravidlá pre budovy
STN 73 1010	Názvoslovie a značky v geotechnike
STN EN 1997-1	Navrhovanie geotechnických konštrukcií; Časť 1: Všeobecné pravidlá
STN EN ISO 14688-1	Geotechnický prieskum a skúšky; Pomenovanie a klasifikácia zemín; Časť 1: Pomenovanie a opis
STN EN ISO 14689-1	Geotechnický prieskum a skúšky; Pomenovanie a klasifikácia skalných hornín; Časť 1: Pomenovanie a opis
STN 73 3050	Zemné práce