



trať Čičenice - Volary

Výstavba PZS v km 38,188 (P1468) a 36,795 (P1466) trati Čičenice - Volary

Geotechnický průzkum pro návrh ZKPP

zpracoval: Ing. Alexandr Kačora

Martin Jech



objednatel: PROJEKT SERVIS s.r.o., U Elektry 830/2B, 198 00 Praha 9 Hloubětín

Praha, květen - červen 2020

OBSAH

1. Úvod	str. 1
2. Metodika průzkumných prací	str. 1
3. Geomorfologické a geologické poměry zájmového území	str. 1
4. Železniční přejezd P1466 v km 36,795	str. 4
5. Mechanicko-fyzikální parametry zastižených geotechnických prostředí	str. 5
6. Návrh ZKPP	str. 7
7. Posouzení možnosti vsakování srážkových vod	str. 9

Příloha č. 1 Situace průzkumných prací

Příloha č. 2 Dokumentace kopané sondy K1

Příloha č. 3 Výsledky laboratorních rozborů

Příloha č. 4 Výsledky statické zatěžovací zkoušky

Příloha č. 5 Grafické vyhodnocení vsakovací zkoušky

Příloha č. 6 Fotodokumentace

1. Úvod

Na základě objednávky společnosti Projekt servis spol. s r.o. byl zpracován geotechnický průzkum pro potřeby objednatele (zpracování projektové dokumentace pro akci „Výstavba PZS v km 38,188 (P1468) a 36,795 (P1466) trati Čičenice-Volary“). Předmětem předkládané závěrečné zprávy je ověření typu a geotechnické kvality základové půdy (pražcového podloží) železničního přejezdu P1466 ve staničení km 36,795 na trati Čičenice - Volary. Dále bylo u přejezdu P1466 zpracováno posouzení propustnosti geotechnického prostředí za účelem návrhu likvidace srážkových vod vsakováním. Jako podklad byla objednatelem poskytnuta situace s kilometrickou polohou (formát *.pdf).

2. Metodika průzkumných prací

Terénní etapě předcházela část v podobě studia dostupných archivních materiálů převážně z databáze ČGS a Geofondu ČR.

Následovala etapa inženýrské činnosti tj. vyhledání železničního přejezdu, jeho dokumentace, ověření přístupu, dále kontakt se zástupci dopravy (dopravní kanceláře žel. stanice Prachatic), získání časového harmonogramu pro provádění prací (práce probíhaly na nevytlučené koleji). Pro ověření skladby a kvality pražcového podloží byla provedena ručně kopaná sonda do úrovně budoucí zemní pláně. Následně byla ve dně kopané sondy realizována statická zatěžovací deska ve smyslu Přílohy č. 5 k předpisu S4 SŽDC. Poté byla kopaná sonda prodloužena zaráženou sondou (maloprofilovým vrtem). Její popis je uveden v rámci Přílohy č. 2. Umístění sondy bylo závislé na konstrukci přejezdu.

Dle požadavku zadavatele proběhlo v souladu s platnou normou ČSN 75 9010 „Vsakovací zařízení srážkových vod“ posouzení možnosti likvidace srážkových vod. Vsakovací zkouška byla realizována v blízkosti železničního přejezdu v prostředí vrtu J1.

3. Geomorfologické a geologické poměry zájmového území

Geomorfologické poměry - dle regionálního členění ČR náleží zájmové území do provincie Česká vysočina, soustavy (subprovincie) Šumavské, oblasti Šumavská hornatina, celku Šumavské podhůří, podcelku Prachatická hornatina. Má charakter ploché kerné hornatiny rozčleněné výraznými tektonickými kotlinami. Na vrcholech strukturních hřbetů a hrástí jsou četné skalní tvary zvětvřování a odnosu. Na západě ji ohraničuje hluboké až kaňonovité údolí Blanice a na východě kaňon Vltavy, hluboká údolí směru jih–sever vytvářejí i menší toky – Zlatý potok či Melhutka.

Podle klimatické klasifikace leží dotčená lokalita v chladné klimatické oblasti CH7. Rajon CH7 je charakteristický dlouhým, mírně chladným jarem, dlouhým, mírně chladným létem, dlouhým, mírným podzimem a dlouhou, mírnou, mírně vlhkou zimou s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou. Index I_{mn} 700 °C.den.

Klimatická charakteristika chladné oblasti	CH7
Počet letních dní	10–30
Počet dní s prům. teplotou 10 °C a více	120–140
Počet dní s mrazem	140–160
Počet ledových dní	50–60
Prům. lednová teplota	-3 až -4
Prům. červencová teplota	15–16
Prům. dubnová teplota	4–6
Prům. říjnová teplota	6–7
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	120–130
Suma srážek ve vegetačním období	500–600
Suma srážek v zimním období	350–400
Suma srážek celkem	850–1000
Počet dní se sněhovou pokrývkou	100–120

Geologické poměry – z regionálně-geologického hlediska lze zájmové území zařadit do soustavy: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, oblasti: moldanubická oblast (moldanubikum), regionu: metamorfní jednotky v moldanubiku. Skalní podklad je v místě přejezdu P1466 zastoupen metamorfovanou krystalickou horninou - konkrétně dvojslídnu pararulou proterozoického až spodnopaleozoického stáří. Skalní podklad je v celé ploše překryt kvartérním pokryvem.

Kvartérní pokryv je zde obecně zastoupen deluviálními (svahovými sedimenty) hlinito-písčitého charakteru. Dle archivních údajů dosahuje kvartérní pokryv mocnosti 2-4m.

Obecné hydrogeologické poměry zájmové oblasti závisí zejména na litologickém charakteru pevného prostředí, tj. především na jeho propustnosti, dále na morfologii terénu, potenciálních zdrojích podzemní vody a na antropogenních vlivech urbanizované oblasti. V zájmovém území je vyvinutý hydrogeologický kolektor, a to v prostředí přípovrchové partie skalního podkladu. Jedná se o puklinový kolektor hydrogeologického masivu s proměnlivým podílem průlinové porozity v pásmu přípovrchového rozpukání a rozpojení hornin, který je výrazně závislý na dotacích srážkové vody. Předpokládaný směr proudění podzemní vody v zájmovém území se dle archivní dokumentace odehrává východním směrem k soutoku

bezejmenné místní vodoteče a Chrobolského potoka (cca 300m východním směrem). Kvartérní pokryv, tvořený převážně gravitačně po svahu přesunutými zvětralinami pararuly je vzhledem k vysokému obsahu písčité frakce vysoce průlinově propustný, voda rychle zasakuje směrem k povrchu skalního podkladu. Hladina podzemní vody nebyla nově realizovanými pracemi zastižena (do hl. 1,60m pod ložnou plochu pražce).



Obr. 1 Výřez letecké a geologické mapy 1:50 000 (list 32-21 Prachovice, zdroj GEOFOND ČR)

4. Železniční přejezd P1466 v km 36,795

Jedná se o úrovnňový železniční přejezd přes místní zpevněnou pozemní komunikaci na západní periférii obce Chroboly (okres Prachatice). V případě žel. přejezdu P1466 v km 36,795 tvoří svrchní (přejezdovou) část konstrukce živičný povrch mezi ochrannými kolejnicemi, navazující část je tvořena také živičným povrchem. Realizace kopané sondy proběhla za hlavami pražců. Popis je prováděn od úložné plochy dřevěných pražců.

Podélná osa přejezdu je konformní s průběhem vrstevnic mírně ukloněného svahu se SZ expozicí a sklonem do 5°. Odhadovaná nadmořská výška konstrukce činí cca 760.8 m n.m.



Obr. 2 Pohled na místo provádění sondáže

V rámci geotechnického průzkumu byla za hlavami pražců provedena kopaná sonda K1. Následně byla po začištění v jejím dně realizována statická zatěžovací zkouška SZZ1. Poté byla kopaná sonda prohloubena zarážená sonda ZS1 (situace sond je znázorněna v Příloze č. 1).

popis K1 (viz Příloha č. 2):

- | | |
|-------------|---|
| 0,00 - 0,15 | dřevěný pražec (šterkové lože v mezipražcovém prostoru čisté) |
| 0,15 - 0,21 | kolejové lože (fr. 32/63) čisté |
| 0,21 - 0,43 | šterkové lože značně začištěné, mezerní hmota hlinitá (šedá hlína pevné konzistence) |
| 0,43 - 0,51 | tmavě šedá písčitá hlína tuhé konzistence (obtížně lze hníst v ruce) |
| 0,51 - 1,03 | rezavěhnědá písčitá hlína tuhé konzistence s přechodem do hlinitého písku, slídnatá, s příměsí ostrohranných úlomků pararuly vel. do 1cm (do 10%), (obtížně lze hníst v ruce) |

provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 1

modul přetvárnosti $E_{\text{def},2} = E_0 = 32,14 \text{ MPa}$

opravný součinitel $z = 0,8$ (ve smyslu Tabulky 3., Přílohy 6 k předpisu SŽDC S4)

redukovaný modul přetvárnosti zeminy zemní pláně $E_{\text{pl}} = E_0 \cdot z = 25,71 \text{ MPa}$

prohloubení sondy zaráženou sondou

1,03 - 1,60 hnědá rezavě smouhovaná silně písčitá hlína tuhé konzistence, výrazně slídnatá, písčitá frakce středně až hrubě zrnitá

hladina podzemní vody nebyla zastižena

vodní režim: příznivý

5. Mechanicko-fyzikální parametry zastižených geotechnických prostředí

Níže v tabulce jsou popsány mechanicko-fyzikální parametry zeminy zemní pláně zastižené v místě železničního přejezdu. Zatřídění bylo provedeno na základě laboratorního rozboru ve smyslu ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací (klasifikace odpovídá dnes již neplatné, ale osvědčené normě ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy). Současně proběhla klasifikace ve smyslu ČSN EN ISO 14688-1 a ČSN EN ISO 14688-2.

Mechanickofyzikální vlastnosti exponovaných zemin jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tab. č. 1

geneze (stratigrafie)	deluvium (kvartér)
petrografické složení	písčitá hlína
sonda	K1
geotyp	geotyp 1
ČSN 731001 „Základová půda pod plošnými základy“ – třída/symbol	F3/MS
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“	msaSi
konzistence, ulehlost	tuhá

tabulková výpočtová únosnost (orientační hodnoty) R_{dt} /kPa/	190*
objemová tíha v přirozeném uložení /kN/m ³ /	18,0
modul deformace E_{def} /MPa/	18
Poissonova konstanta ν	0,35
soudržnost efektivní c_{ef} /kPa/ soudržnost totální c_u /kPa/	23 70
úhel vnitřního tření efektivní j_{ef} /°/ úhel vnitřního tření totální j_u /°/	33 6

* platí pro šířku základu $\leq 3.0\text{m}$ při hloubce založení 0,8 - 1,5m

Součástí geotechnického hodnocení je posouzení těžitelnosti zeminy v základové spáře včetně její vhodnosti do násypů a zásypů. Klasifikace tříd těžitelnosti vychází z obecných kritérií dnes již neplatné ČSN 73 3050 „Zemní práce“, kterou uvádíme pro přehlednost a úplnost. Současně je exponovaná zemina klasifikována do třídy těžitelnosti dle aktuálně platného normativu ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“. Vhodnost materiálu do násypů a zásypů je posuzována na základě pravidel citovaných v ČSN 73 6133.

Klasifikace těžitelnosti, vhodnosti do násypu a zásypu je uvedena níže v tabulce č. 2.

Tab. č. 2

geneze (stratigrafie)	eluvium skalního podkladu (paleozoikum)
petrografické složení	písečná hlína
geotyp	K1
ČSN 73 3050 „Zemní práce“ třída těžitelnosti	3
ČSN 73 3133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“	I.
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“	podmínečně vhodná
vhodnost do násypu	

ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“	podmínečně vhodná
vhodnost pro podloží (aktivní zónu)	
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“	nebezpečně namrzavá
namrzavost	
vodní režim	příznivý

6. Návrh ZKPP

Průzkumnými pracemi bylo zastiženo štěrkové lože bez podkladní vrstvy. Trať Čičenice - Nové Údolí, v jízdním řádu pro cestující označená číslem 197 - náleží do kategorie hlavních traťových kolejí na trati regionální. Předpis SŽDC S4 (Příloha 6, Tabulka 1.) stanovuje pro hlavní traťové koleje na tratích regionálních minimální hodnotu modulu přetvárnosti na zemní pláni $E_0 = 15\text{MPa}$ a na pláni tělesa železničního spodku min. hodnotu $E_{pl} = 30\text{MPa}$.

Pro konstrukci ZKPP je v souladu se vzorovým listem žel. spodku Ž 4.2 požadovaná délka přechodové oblasti v délce 5,0m + přechodový klín ukončený ve sklonu 1:1. Minimální hodnota modulu přetvárnosti na pláni tělesa žel. spodku v prostoru ZKPP činí $E_{pl} = 50\text{MPa}$ při $E_{pl} = 30\text{MPa}$ navazující tratě.

Naměřená hodnota modulu přetvárnosti $E_0 =$ činí 32,14MPa. Redukovaný modul přetvárnosti vyplývá ze vztahu $E_{or} = E_0 \cdot z = 32,14 \cdot 0,8 = 25,71\text{MPa}$ (z ... opravný součinitel (předpis SŽDC S4, tab. 3 Přílohy č. 6).

Hodnota redukovaného modulu přetvárnosti splňuje požadavek na minimální hodnotu modulu přetvárnosti na pláni tělesa žel. spodku. Z toho důvodu je ZKPP navržena ve variantě ZKPP 4:

- *kolejové lože*

- *podkladní vrstva štěrkodrt' fr 0/32 tř. A*

tl. 0.20cm

- *podkladní vrstva štěrkodrt' fr 0/63*

tl. 0.30cm

- *zemní pláň*

Návrh pražcového podloží pro případ odstranění stávající zeminy zemní pláně a její nahrazení podkladní vrstvou SD 0/63 tl. 0,3m + SD 0/32 tl. 0,2

$$k_1 = \frac{E}{E_1} = \frac{25,71}{70} = 0,37 \quad k_2 = \frac{h_1}{D} = \frac{0,5}{0,3} = 1,67$$

- E** modul přetvárnosti zemní pláně; redukovaný modul přetvárnosti v MPa činí min. 25,71MPa
E₁ modul přetvárnosti podkl. vrstvy v MPa (viz Tabulka 6., Přílohy č. 13 předpisu SŽDC S4) činí 70MPa při I_D=0,90
h₁ tloušťka podkl. vrstvy SD 0/63 + SD 0/32; návrh 0,50m
D průměr zatěžovací desky = 0,3m
k₃ koeficient určený pomocí k₁ a k₂ z nomogramu = 0,86
E_{e1} ekvivalentní modul přetvárnosti na povrchu podkladní vrstvy

$$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,86 \times 70 = 60,2 \text{ MPa}$$

Tato hodnota vyhovuje požadavku na hodnotu modulu přetvárnosti E_{pl} pro daný druh ZKPP (50MPa) při navazujícím typu tratě tj. s E_{pl} 30MPa. V rámci navrhovaného řešení bude nutné provést odkop na úroveň zemní pláně tj. snížit její stávající niveletu.

Posouzení ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu

Nutná ochrana zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu se vyjadřuje tloušťkou ochranné štěrkopískové vrstvy. Pro zajištění ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu platí:

$$h_{pr} \leq h_k + h_{sp} + h_{zdov}$$

Index mrazu (dle předpisu SŽDC S4 – Železniční spodek, Příloha 7, obr.1 I_{mn}= 700°C.den).
 Hloubka promrzání h_{pr} = 0,045.√ I_{mn} = 0,045.√ 700 = 1,19m.

Uvažovaná tl. podkladních vrstev SD 0/32 + SD 0/63 činí 0,50m.

Přepoččet na ekvivalentní vrstvu štěrkopísku:

$$h_{sp} = \frac{h_n \times \lambda_{spn}}{\lambda_n} = \frac{0,5 \times 2,3}{2,0} = \frac{1,15}{2,0} = 0,575 \text{ m}$$

- h_{pr}** hloubka promrzání (1,19m)
h_k tloušťka kolejového lože od úložné plochy dřevěných pražců h_k = 0,40m
h_{sp} tloušťka podkladní vrstvy ze štěrkopísku = 0,575m
h_{zdov} dovolené tloušťky promrznutí zemin v m (Tabulka 2., Přílohy 7 předpisu SŽDC S4) = 0,80m

$$1,19 \leq 0,40 + 0,575 + 0,80 \leq 1,775 \text{ (splněno)}$$

Z výše uvedeného vyplývá, že navržená konstrukce ZKPP vyhovuje z hlediska nutné ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu.

7. Posouzení možnosti vsakování srážkových vod

Dle požadavku zadavatele proběhlo posouzení možnosti likvidace srážkových vod vsakovací zkouškou. V souladu s platnou ČSN 75 9010 „Vsakovací zařízení srážkových vod“ byla ověřována propustnost horninového prostředí vsakovací zkouškou v průzkumném díle (vrt J1 – situace sondy viz Příloha č. 1), v blízkosti železničního přejezdu P1466 v km 36,795.

Vsakovací zkouška byla provedena v nevystrojeném vrtu v podobě jednorázového nálevu formou tzv. zkoušky s proměnnou hladinou vody s následujícím měřením závislosti poklesu hladiny vody v čase (dle ČSN 75 9010). Výsledkem vsakovací zkoušky je stanovení koeficientu vsaku k_v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), který byl spočten podle rovnice $k_v=Q_{zk}/A_{zk}$, kde Q_{zk} je přítok vody do průzkumného objektu během zkoušky v $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ a A_{zk} je zkušební vsakovací plocha během zkoušky v m^2 - podrobněji viz kapitola 4.10.7.1 citované normy. Vyhodnocení jsme provedli rovněž podle empirických vzorců metodou podle Maaga a V. Hálek (podrobněji viz např. Podzemní hydraulika, Grmela, A.).

Takto byly vsakovací zkouškou v sondě J1 ověřeny infiltrační parametry nesaturované zóny (do hl. 1.8m) tvořené deluviálními sedimenty charakteru písčité hlíny s přechodem do hlinitého písku. Na základě vyhodnocení vsakovací zkoušky byla v nesaturované zóně stanovena následující hodnota koeficientu vsaku v intervalu $k_v = 2,57\cdot 10^{-6}$ až $5,42\cdot 10^{-5} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Přijatá hodnota koeficientu vsaku činí $4,25\cdot 10^{-6} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. To znamená, že vsakovací plochou 1m^2 se za dobu 24hod vsákne 367,2 l (bez uvažování součinitele bezpečnosti vsaku f). Dané prostředí lze považovat za málo propustné. V následující tabulce uvádíme vypočítané hodnoty infiltračních parametrů charakteristického geologického prostředí.

Označení sondy	Popis geologického prostředí - hydrogeologické poměry		Koeficient vsaku k_v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)			
			ČSN 75 9010	E. Maag (1944)	V. Hálek	přijatá hodnota
J1	hlína písčitá	nesaturovaná zóna	$4,75 \cdot 10^{-6}$	$2,57\cdot 10^{-6}$	$5,42\cdot 10^{-6}$	$4,25\cdot 10^{-6}$

Samotná vhodnost likvidace srážkových vod zasakováním do geologického prostředí je podmíněna geologickými a hydrogeologickými poměry, klimatickými poměry i vlastním návrhem vsakovacích objektů, který vychází z přírodních podmínek. Na základě objemu srážek ze zpevněných ploch (zemní pláň) bude určeno celkové množství vody, které je třeba zasáknout. Při návrhu vsakovacích zařízení doporučujeme uvažovat s přijatou hodnotou k_v , která je uvedena v posledním sloupci výše uvedené tabulky.

V souladu s článkem 6.2.3. ČSN 75 9010 doporučujeme ve výpočtu použít součinitel bezpečnosti vsaku $f=2$. Pro aktivní zasakování je rozhodující mocnost nesaturované zóny. Z

hlediska citované ČSN 75 9010 musí být dno vsakovacího zařízení umístěno minimálně 1m nad hladinou podzemní vody. Aktuální hloubka hladiny podzemní vody v místě provedené vsakovací zkoušky nebyla ověřena do hl. 1,8m pod povrchem terénu.

V Praze, dne 11.6.2020

zpracoval: Ing. Alexandr Kačora

schválil: Martin Jech



Příloha č. 1 Situace průzkumných prací

žel. přejezd P1466 v km 36,795

