

**Global - Geo, s.r.o.**

**Akademika Heyrovského 1178, 500 03 Hradec Králové**

zapsán v obchodním rejstříku u Krajského soudu v Hradci Králové, oddíl C, vložka 21046

# **ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA Z GEOTECHNICKÉHO PRŮZKUMU**

**Oprava trati v úseku Rovensko pod  
Troskami – Turnov, žst. Hrubá Skála**

**3110/19/121**

## **OBSAH**

### Textová část:

#### **1. Úvod - str. 2**

#### **2. Metodika průzkumných prací - str. 2**

2.1 Technické práce v terénu - str. 2

2.2 Stanovení modulu přetvárnosti - str. 2

2.3 Vzorkovací a laboratorní práce - str. 3

2.4 Stanovení vodního režimu pláně - str. 4

#### **3. Geologické a hydrogeologické poměry území - str. 4**

#### **4. Výsledky geotechnického průzkumu - str. 6**

4.1 Přejezd P 3172 v km 22,331 - str. 6

4.2 Kolej č. 1 a č. 3 - str. 8

4.3 Kolej č. 2 - str. 8

#### **5. Závěr - str. 9**

### Tabulky v textu:

1. Přehled geotechnických vlastností místních zemin - str.4

2. Souhrn výsledků zjištěných GTP - str. 7

### Přílohy:

1. Přehledná situace M 1 : 10 000

2. Situace realizovaných sond DP1 - DP3

3. Geologická dokumentace sond

3.1 Dokumentace sondy DP1

3.2 Dokumentace sondy DP2

3.3 Dokumentace sondy DP3

4. Protokoly rázových zatěžovacích zkoušek

5. Laboratorní rozbory zemin

6. Návrh a posouzení ZKPP a PP na únosnost a účinky mrazu

6.1 ZKPP pro přejezd P 3172 v km 22,331

6.2 PP pro 1. a 3. kolej

6.3 PP pro 2. kolej

## **1. ÚVOD**

Předmětem zprávy je vyhodnocení geotechnického průzkumu železničního spodku v délce 317 m v žst. Hrubá Skála (viz přehledná situace v př. č. 1). GTP v rozsahu tří zadavatelem určených sond, zakreslených v podrobné situaci v příloze č. 2 (sonda DP1 mezi výhybkami č. 1 a 2, sonda DP2 uprostřed v koleji č. 3 a sonda DP3 mezi výhybkami č. 4 a 5) je součástí akce „Oprava trati v úseku Rovensko pod Troskami - Turnov“. Získané poznatky a výsledky slouží jako podklad k vypracování projektové dokumentace.

Objednatel: PRODIN a. s., Jiráskova 169, 530 02 Pardubice

Zhotovitel: Global - Geo, s.r.o., Akademika Heyrovského 1178, 500 03 Hradec Králové

Kraj: Liberecký

Katastrální území: Karlovice - kód 663328

## **2. METODIKA PRŮZKUMNÝCH PRACÍ**

Náplň geotechnického průzkumu vychází z přílohy 9 předpisu SŽDC S4 - Železniční spodek (účinnost od 1. 10. 2008).

Ověřovaná místa zahrnují následující dílčí operace:

- kopanou sondu na plán železničního spodku,
- makroskopické posouzení stavu pražcového podloží a změření mocnosti šterkového lože,
- petrografický popis všech zastižených vrstev a zaznamenání případného výskytu podzemní vody,
- rázovou zatěžovací zkoušku v úrovni zemní pláně,
- ověření hlubšího podloží prohloubením kopané sondy ruční vrtnou soupravou G-10, s průměrem spirálového vrtného nástroje 60 mm, do úrovně min. 1,50 m od TK.

### **2.1 TECHNICKÉ PRÁCE V TERÉNU**

Terénní etapa průzkumu se uskutečnila dne 29. 10. 2019. Pro ověření vrstevního profilu vyhloubili pracovníci zhotovitele GTP v nejširších místech mezi pražci v určených staničních ručně kopané sondy o rozměrech 0,35 - 0,45 m x 0,65 - 0,80 m do úrovně pláně železničního spodku, resp. zemní pláně. Ruční vrtnou soupravou G-10 se podařilo prohloubit všechny tři sondy do úrovně 1,50 - 1,58 m od TK. Dokumentace sond, umístěných do osy koleje, tvoří přílohy č. 3.1 až 3.3 předkládané zprávy.

Po popisu geologem se na závěr technických prací sondy likvidovaly zpětným záhozem, materiálem ukládaným v opačném pořadí, než byl výkopem získáván, s finálním urovnáním povrchu do původní podoby. Veškeré hloubkové údaje jsou vztaženy k hlavám kolejnic (TK).

### **2.2 STANOVENÍ MODULU PŘETVÁRNOSTI**

Modul přetvárnosti, jako základní kritérium únosnosti, je orientačně určený postupem ve znění ČSN 73 6192 „Rázové zatěžovací zkoušky netuhých vozovek a podloží“. Zkoušky se realizovaly rázovým zařízením typu LDD 100, v. č. 143, od firmy ZBA GEOTECH. Jejich

použití je výhodné v obtížně přístupných místech a také proto, že se jedná o rychlou metodu s okamžitým výsledkem. Účinnost zařízení sahá do hloubky 0,50 m a rázové zatížení desky činí 100 kPa.

Při rázové zatěžovací zkoušce se povrch zkoušeného prostředí zatěžuje rázovým pulzem, který je vyvozený pádem závaží na kruhovou zatěžovací desku prostřednictvím tlumicího systému, přičemž se registruje průběh a velikost rázového pulzu a svislá deformace povrchu zkoušeného prostředí pod středem zatěžovací desky.

Pro provozní režim jsou předepsány tři údery závažím na zatěžovací desku. Poklesy desky jsou automaticky zaznamenány, zprůměrovány a výsledná hodnota rázového modulu deformace  $M_{vd}$  je zobrazena na displeji, zároveň s číslem měření, datumem a Poissonovým číslem používaným ve výpočtu. Zkouška je použitelná pro hrubozrnné a různozrnné zeminy a nestmelené podkladní vrstvy s největším zrnem 63 mm. Před každým měřením je třeba zatěžovací desku dotlačit třemi přípravnými údery.

Pro výpočet rázového modulu deformace vyhodnocovací jednotka zařízení používá vztah:

$$M_{vd} = \frac{F}{d \cdot y_{el}} \cdot (1 - v^2) \quad \text{ČSN 73 6192}$$

kde:

- $y_{el}$  = velikost pružného průhybu pod středem zatěžovací desky
- $v$  = Poissonovo číslo
- $F$  = velikost síly v N
- $d$  = průměr zatěžovací desky v mm

Zkušebním zařízením se dosáhne maximální rázové síly 7,07 kN. Velikost pružného průhybu představuje aritmetický průměr ze tří vykonaných rázů. Průměr rázové desky  $d = 300$  mm. Poissonovo číslo  $v = 0,40$  pro jílovitou zeminu, v souladu s tabulkou D.1 ČSN 72 1006.

Pro převod dynamického modulu  $M_{vd}$  na statický  $E_{v2}$  je v případě výskytu soudržných zemin použit orientační přepočít  $E_{v2} = 1,50 \times M_{vd}$ .

Protokoly rázových zatěžovacích zkoušek tvoří samostatné přílohy č. 4.1 až 4.3

## **2.3 VZORKOVACÍ A LABORATORNÍ PRÁCE**

Pro klasifikaci zeminového prostředí, stanovení vodního režimu a opravného součinitele byl z každé sondy odebrán vzorek zeminy, uložený ihned po odběru do PE sáčku pro zachování přirozené vlhkosti.

Z hlediska kvality získaných vzorků, ve znění normy ČSN EN ISO 22475-1 „Geotechnický průzkum a zkoušení-Odběry vzorků a měření podzemní vody-Část 1: Zásady provádění“, patří vzorky zemin do 3. třídy kategorie B (dříve tzv. porušené vzorky).

Vzorky zpracovala a vyhodnotila laboratoř mechaniky zemin a analýzy stavebních vod Lahučká Blanka, Pardubice, laboratorními rozbory v souladu s postupy specifikovanými:

ČSN CEN ISO/TS 17892-1 Stanovení vlhkosti zemin

ČSN CEN ISO/TS 17892-4 Stanovení zrnitosti zemin

ČSN CEN ISO/TS 17892-12 Stanovení konzistenčních mezí

Na základě zrnitostních rozborů je primárně provedena klasifikace zemin ve znění ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“, resp. předpisu SŽDC S4, který vychází ze stejné klasifikace. Dále jsou ze zrnitostních analýz odvozeny namrzavost, kapilární vztlakovost a hodnoty filtračního součinitele „ $k$ “ ( $\text{m.s}^{-1}$ ) metodou Mallet-Pacquant. Výsledky laboratorních rozborů obsahuje příloha č. 5.

Tabulka č. 1 Přehled geotechnických vlastností místních zemin

Vzorek Číslo / Sonda	Hloubka odběru (m)	Zemina	$I_c$	$z$	$k$ ( $\text{m.s}^{-1}$ )	$h_s$ (m)	Propustnost zeminy	Namrzavost zeminy
205 / DP1	1,40 - 1,50	F8 CH,CV	0.87	0.50	$< 3 \cdot 10^{-8}$	3,90	velmi nepropustná	vysoce namrzavá
206 / DP2	0,85 - 1,20	F8 CH	0.92	0.50	$< 3 \cdot 10^{-8}$	3,20	velmi nepropustná	nebezpečně namrzavá
207 / DP3	0,75 - 1,31	F8 CV	0.98	0.50	$< 3 \cdot 10^{-8}$	3,90	velmi nepropustná	vysoce namrzavá

$I_c$  ... stupeň konzistence       $k$  ... filtrační součinitel

$z$  ... opravný součinitel       $h_s$  ... výška kapilárního výstupu vody při 100 % saturaci zeminy

Přiřazené hodnoty filtračního součinitele odpovídají tabulce 6, přílohy 10 SŽDC S4.

Opravný součinitel „ $z$ “ jemnozrnných zemin je odvozený z tabulky č. 3 přílohy 6 k předpisu SŽDC S4 pro příslušný druh a konzistenci zeminy.

## 2.4 STANOVENÍ VODNÍHO REŽIMU PLÁNĚ

Pro vyhodnocení vodního režimu byly určeny následující parametry:

$h_{pv}$  - poloha hladiny podzemní vody

$h_{pv}$  - nebyla sondami zastižena

$h_{pr}$  - hloubka promrzání pražcového podloží dle návrhové hodnoty indexu  $I_{mn}$  ( $^{\circ}\text{C.den}$ )

$h_{pr} = 0,045 \sqrt{I_{mn}}$ , kde  $I_{mn}$  pro území žst. Hrubá Skála dle obr. 1, příl. 7 k SŽDC S4 činí  $500^{\circ}\text{C.den}$

$h_{pr} = 1,01\text{m}$

Vyhodnocení vodního režimu je provedeno na základě kritérií čl. 10, přílohy 7 citovaného předpisu. Všechny tři sondy mají vodní režim dle stupně konzistence nepríznivý.

## 3. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY ÚZEMÍ

Vlastní žst. Hrubá Skála se nachází cca 800 m k SV od stejnojmenné obce, v blízkosti silnice I/35. Je situovaná do mělkého údolí s tokem Libuňky, s okolním terénem v nadmořské výšce 258 - 260 m n. m. Stanice má povrch upravený do dnešní podoby násypovým tělesem do 2 m výšky.

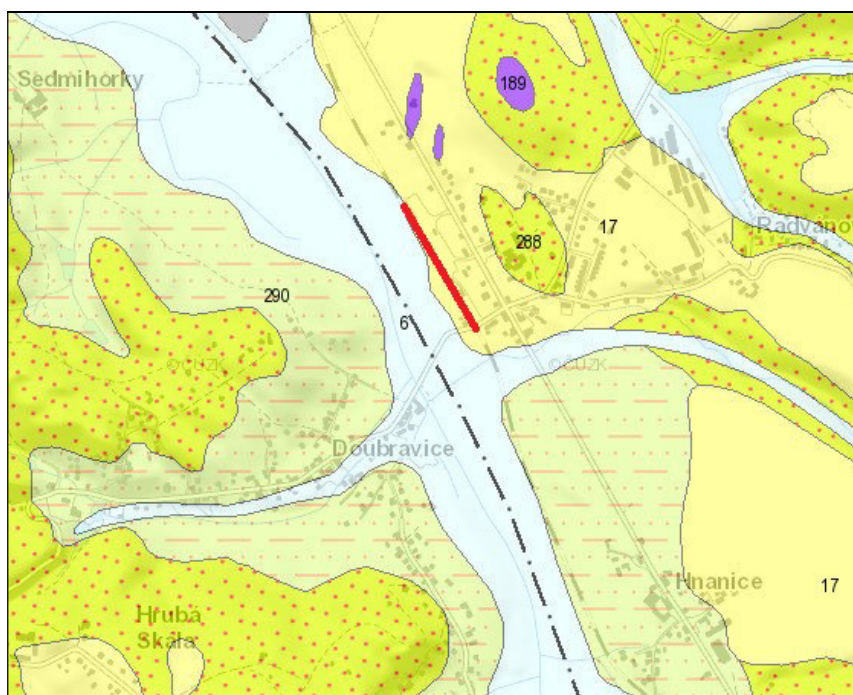
Ze širšího geomorfologického pohledu území náleží do oblasti Středočeská tabule, k podcelku Turnovská pahorkatina a okrsku Libuňská brázda (kód VIA - 2A - g), rázu mělkého, tektonicky predisponovaného údolí, vyplněného deluviálními a nivními sedimenty.

### Předkvartérní podloží

Posuzované území přísluší z regionálně - geologického hlediska k severovýchodnímu okraji centrální části České křídové pánve, k litofaciální oblasti jizerské, s monoklinálně uloženými zpevněnými aleuropelitickými a psamitickými sedimenty.

Předkvartérní podloží je budováno teplickým souvrstvím (stáří svrchní křída - turon až coniak). Litologicky se jedná o hnědošedé vápnité jílovce ze spodních partií souvrství, svrchu silně až zcela zvětřelé, resp. slabě zpevněné, na povrchu terénu a v podloží kvartérních sedimentů přeměněné na jílovitá eluvia. Ve výřezu geomapy jsou zobrazeny šedozelenou barvou s č. 290. Křemenné pískovce z vyšších partií souvrství jsou vlivem denudace zachované po obou stranách údolí a do jeho osově části již nazasahují.

V zájmovém prostoru vápnité jílovce nevystupují na povrch terénu, ale jsou zastřeny pokryvnými sedimenty v mocnosti jednotek prvních metrů.



Výřez z geologické mapy M 1 : 50 000 (Mapový server ČGS 2019, upraveno)

### Kvartérní pokryv

Reprezentují jednak nivní sedimenty (pruh světle modré barvy pod č. 6) a dále relikty sprašových hlín eolické geneze (plochy žluté barvy s č. 17), které jsou více či méně deluvio-fluviálně redeponované. Jako celek se jedná o soudržné zeminy v jílovitém vývoji, charakteru prachovitých, jemně písčitých a vysoce plastických jílů, v případě nivních sedimentů s lokální příměsí jemně rozptýlených organických látek, v podobě do tmava barvicího pigmentu.

V podloží kolejistě bylo, kromě štěrkového lože, ověřeno násypové těleso o mocnosti cca 0,50 - 1,50 m vybudované ze soudržných jílovitých zemín místního původu.

### Hydrogeologické poměry

Z hlediska hydrogeologického členění ČR patří zájmové území do rajónu 4430 Jizerská křída levobřežní, v základní vrstvě, s celkem třemi samostatnými kolektory, oddělenými polohami izolátorů.

S ohledem na hloubku sondování a složení zemin pokryvu i násypu (soudržné, jílovité, nepropustné), nebyl zjištěn ani výskyt mělké kvartérní zvodně.

Dle serveru HEIS VÚV TGM je území s žst. Hrubá Skála součástí rozsáhlé CHOPAV č. 215 Severočeská křída, v jejím okolí nejsou vymezena žádná ochranná pásma podzemních vodních zdrojů. Prostor vlakové stanice je součástí CHKO Český ráj, resp. se nachází při jeho východní hranici, která kopíruje silnici I/35.

Hydrologicky patří území s žst. do dílčího povodí Libuňky, č. h. p. 1-05-02-0160-0-00, která protéká cca 150 m západně a zprostředkovává odvodnění širšího okolí.

## **4. VÝSLEDKY GEOTECHNICKÉHO PRŮZKUMU**

Mocnosti konstrukčních vrstev, zjištěné druhy materiálů/zemin pláně železničního spodku a zemní pláně, změřené moduly přetvárnosti zemní pláně a jejich redukované hodnoty podle druhu a aktuálních vlastností zemin jsou sestaveny v tabulce č. 2 na následující stránce č. 7.

### **4.1 Přejezd P 3172 v km 22,331**

Sonda DP 1 - příloha č. 3.1

RZZ č. 3 - příloha č. 4.1

V sondě DP1 vrstva kolejového lože „hk“ má pod dřevěným pražcem tl. 16 cm nedostatečnou mocnost a to jen 16 cm. Drážní štěrk se zrny vel. až 12 cm je v úrovni pražců a těsně pod nimi čistý, při bázi vrstvy znečištěný jemnozrnnou zeminou a škvárou, klasifikovaný třídou G2 GP+Cb.

Sonda pod štěrkovým ložem ověřila konstrukční vrstvu zhotovenou v tl. 17 cm ze škváry se zamačkaným štěrkem, tř. S3 S-F. Jedná se o směsnou sypaninu nevhodného složení, středně ulehlou a špatně zhutnitelnou.

Zemní pláň od 0,67 m pod TK tvoří jíl plastický jíl, tř. F8 CH, CE, tuhé konzistence, s  $I_c = 0.87$ . Jedná se o soudržnou zeminu velmi nepříznivých geotechnických vlastností - vysoce namrzavou, velmi nepropustnou, s kapilární vztlakovostí  $h_s = 3,90$  m, při styku s vodou snadno rozbídkavou.

Ustálená hladina podzemní vody nebyla sondou zjištěna. Vodní režim podloží je podle dokumentovaného stupně konzistence jílu klasifikovaný jako nepříznivý.

Zemní pláň  $E_0 = 12,0$  MPa má nedostatečnou únosnost 15 MPa regionální tratě. Vzhledem k tomu, že štěrkové lože pod dřevěným pražcem nedosahuje předepsaných 30 cm (skut. 16 cm), musí se zvětšit jeho mocnost min. o 14 cm, v případě betonových pražců o 19 cm. Tím dojde prakticky k úplnému odtěžení vrstvy škváry. Únosnost zemní pláně po redukci opravným součinitelem „z“ činí  $E_{0r} = 6,0$  MPa.

Pro ZKPP železničního přejezdu a dosažení požadované únosnosti  $E_{pl} = 50$  MPa se vytvoří konstrukce PP TYP 6 s vrstvou zhotovenou z míchacího centra dovezené štěrkodrti stabilizované cementem (SC) tl. 300 mm. Krycí podkladní vrstva v tl. 300 mm bude vytvořena z únosné a dobře hutnitelné ŠD fr. 0 - 32 mm. Posouzení navržené konstrukce tvoří přílohu č. 6.1.

Tabulka č. 2 Souhrn výsledků zjištěných GTP

Sonda číslo, dle staničení	Drážní štěrka celkem (cm)	Drážní štěrka znečištěný (cm)	Konstrukční vrstva (cm)	Třída zeminy zemní pláně, parapláně	Kvalita do podloží (podle vrstevního sledu)	Namrzavost zemní pláně	Vodní režim zemní pláně	Modul přetvárnosti žel. spodku $E_{pi}$ (MPa)	Modul přetvárnosti zemní pláně $E_0$ (MPa)	Opravný součinitel „z“	Redukovaný modul zemní pláně $E_{0r}$ (MPa)
DP 1	32	8	17 <sup>(1)</sup>	F8 CH, CE	konstantní	vysoce namrzavá	nepříznivý	-	12,0	0,50	6,0
DP 2	32	15	28 <sup>(1)</sup> + 5 <sup>(2)</sup>	F8 CH	konstantní	nebezpečně namrzavá	nepříznivý	-	11,0	0,50	5,5
DP 3	57	40	-	F8 CV	konstantní	vysoce namrzavá	nepříznivý	-	11,6	0,50	5,8

Vysvětlivky: 1/ škvára

2/ štěrkopísek

Červeně zvýrazněné hodnoty  $E_0$  upozorňují na nevyhovující skladbu a nedostatečnou únosnost zemní pláně.



## **4.2 Kolej č. 1 a č. 3**

Sondy DP1 až DP3 - přílohy č. 3.1 až 3.3

RZZ č. 1 až 3 - příloha č. 4

Vrstva kolejového lože „ $h_k$ “ má pod dřevěnými pražci tl. 16 - 17 cm v sondách DP1 a DP2 nedostatečnou tloušťku a to jen 15 - 16 cm. Naopak vyhovující mocnost 40 cm byla zjištěna sondou DP3. Drážní štěrť je v ověřených intervalech poměrně hrubý, se zrnny vel. až 12 cm, v sondách DP1 a DP2 v úrovni pražců čistý, tř. G2 GP+Cb, níže mírně až silně znečištěný jemnozrnnou zeminou a škvárou, tř. G4 GM. Naproti tomu v sondě DP3 je pod pražci zcela znečištěný a promíchaný s podložním jílem, charakteru soudržného jílovitého štěrťku, tř. G5 GC, s mezizrnnou výplní pevné konzistence, s  $I_c > 1.00$ .

Konstrukční vrstvu mezi štěrťkovým ložem a zemní plání tvoří v sondách DP1 a DP2 17 - 28 cm silná vrstva škváry se zamačkaným štěrťkem a v sondě DP2 navíc ještě 5 cm jemnozrnného stejnozrnného písku bez štěrťků, tř. S3 S-F. V případě škváry se jedná o sypaninu nevhodného složení.

Zemní pláň od 0,67 - 0,83 m pod TK představuje plastický jíl, tř. F8 CH, CV, s tuhou a tuhou až pevnou konzistencí, s  $I_c = 0.87 - 0.98$ . Jedná se o soudržné zeminy velmi nepříznivých geotechnických vlastností - nebezpečně až vysoce namrzavé, velmi nepropustné, s kapilární vztlínavostí  $h_s = 3,20 - 3,90$ , při styku s vodou nestabilní a rozbídné.

Ustálená hladina podzemní vody nebyla sondami přímo zjištěna. Vodní režim podloží je podle odebraných laboratorních vzorků a jejich stupně konzistence klasifikovaný jako nepříznivý.

Zemní pláň  $E_0 = 11 - 12$  MPa má nedostatečnou únosnost, nesplňuje požadavek  $E_0 = 15$  MPa. Vzhledem k tomu, že štěrťkové lože pod dřevěnými pražci nedosahuje předepsaných 30 cm, resp. 35 cm pro betonové pražce, musí se zvětšit jeho mocnost. Tím dojde prakticky k úplnému odtěžení vrstvy škváry a stejnozrnného písku. Únosnost zemní pláňe po redukci opravným součinitelem „ $z$ “ činí  $E_{0r} = 6,0$  MPa.

Pro koleje č. 1 a č.3 se vytvoří konstrukce PP TYP 6, se zeminou upravenou in situ vápnem/cementem (ZZV) v tl. 450 mm. Zemina bude překryta podkladní vrstvou ze ŠD fr. 0-32 mm v tl. 300 mm. Posouzení navržené konstrukce tvoří přílohu č. 6.2. Vrstva ŠD musí mít řádné a funkční odvodnění.

## **4. Kolej č. 2**

V předmětné koleji nebyly prováděny žádné geotechnické práce. Vzhledem k tomu, že se jedná o kolej ostatní ve stanici na regionální trati s nižším dopravním zatížením, je pro návrh nové konstrukce uvažováno s redukovaným modulem zemní pláňe  $E_{0r} = 10$  MPa, díky jejímu vizuálně lepšímu stavu, bez výrazných poruch.

K zajištění požadované únosnosti v úrovni pláňe železničního spodku  $E_{pl} = 20$  MPa je navrženo vytvoření konstrukce PP typu 3 se separační geotextilií a s podkladní vrstvou ze ŠD fr. 0-32 mm v tl. 150 mm. Posouzení navržené konstrukce tvoří přílohu č. 6.3. Geotextilie a vrstva ŠD se musí ukládat na nerozměklou vyspádanou zemní pláň a za příznivých klimatických podmínek tak, aby nedošlo k nežádoucí degradaci podložních zemin. Vrstva ŠD musí mít řádné a funkční odvodnění.

## **5. ZÁVĚR**

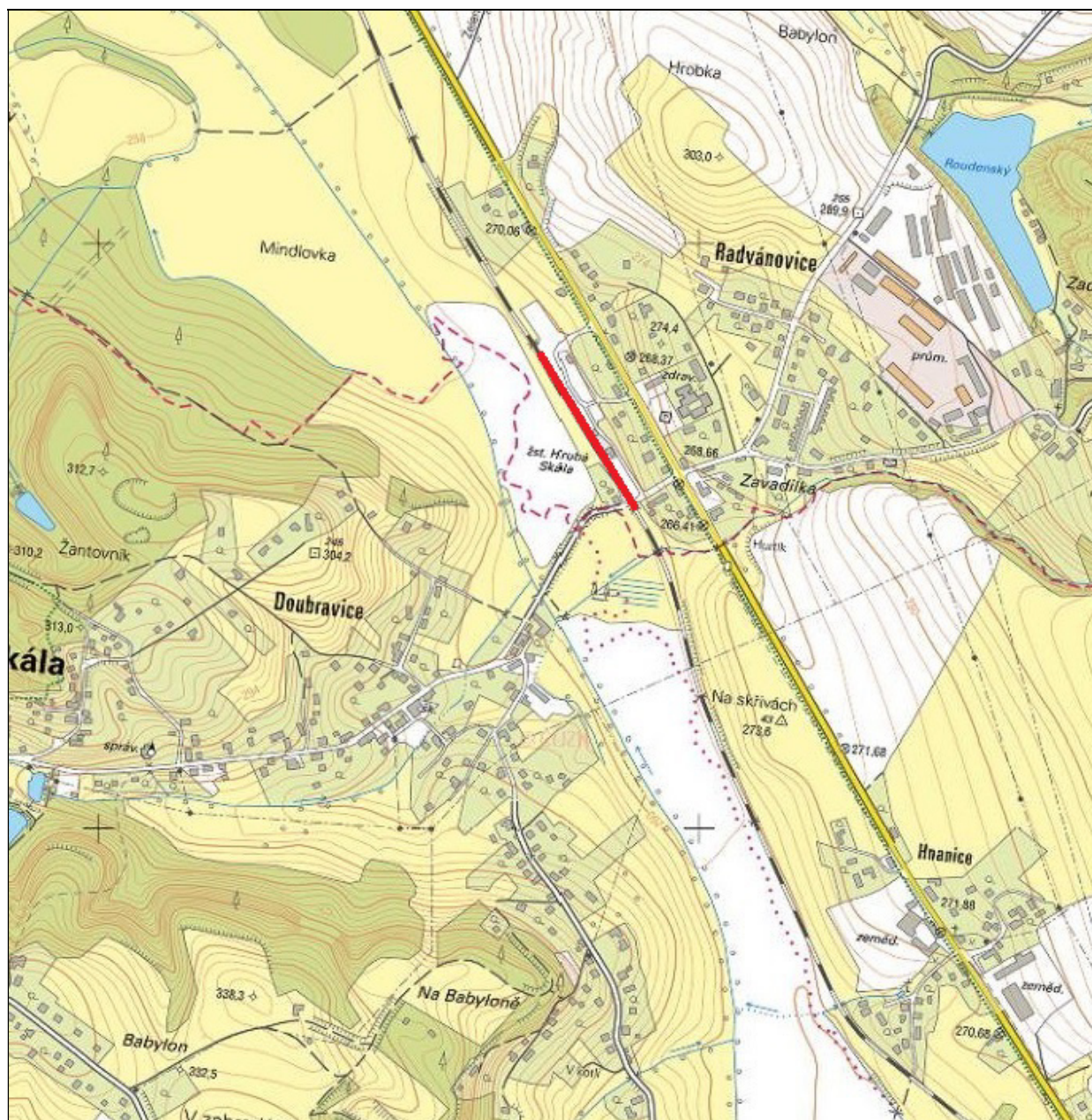
Z výsledků GTP železničního spodku, realizovaného v žst. Hrubá Skála, vyplývají následující zjištění:

- průzkumem byly zjištěny dvě konstrukce PP a to TYP1 a TYP2, vesměs s nedostatečnou mocností šterkového lože pod dřevěnými pražci (sondy DP1 a DP2) a s konstrukční vrstvou ze škváry s malým množstvím písku (sondy DP1 a DP2),
- ŠL z vulkanických hornin (bazalt, trachyt) je díky dílčím opravám v minulosti v úrovni pražců čisté, níže mírně, silně až zcela znečištěné škvárou (sondy DP1 a DP2) či jílem (sonda DP3) a po přečištění bude dále použitelné,
- zemní pláň v celé žst. tvoří soudržné zeminy velmi nepříznivých geotechnických vlastností, plastické jíly, tř. F8 CH, CV i CE, tuhé konzistence, s  $I_c = 0.87 - 0.98$  (nebezpečně až vysoce namrzavé, velmi nepropustné, s kapilární vztlakovostí  $h_s = 3,20 - 3,90$ , při styku s vodou nestabilní a rozbídné), které se vyznačují nízkou únosností ( $E_{0r} = 6$  MPa pro 1. a 3.kolej,  $E_{0r} = 10$  MPa pro 2.kolej),
- v rámci opravných prací je pro zlepšení vlastností podloží a dosažení požadované únosnosti pláň železničního spodku navržena pro ZKPP přejezdu P 3172 konstrukce PP TYP 6 z SC tl. 300 mm a překryté ŠD fr. 0 - 32 mm tl. 300 mm, pro kolej č. 1 a č. 3 s četnými poruchami konstrukce PP TYP 6 ze ZZV v tl. 450 mm a překryté ŠD fr. 0 - 32 mm tl. 300 mm a konečně pro kolej č. 2 konstrukce PP typ 3 se separační geotextilií a vrstvou ŠD fr. 0-32 mm tl. 150 mm,
- posouzení navržených konstrukcí na únosnost a účinky mrazu jsou doložené v přílohách č. 6.1 - 6.3,
- zemní práce v soudržných zeminách je žádoucí provádět za příznivých klimatických podmínek tak, aby nedošlo k nežádoucí degradaci podložních zemin,
- podkladní vrstvy ze ŠD musí mít řádné a funkční odvodnění drenážemi,
- vzhledem k přítomnosti plastických jílu tř. F8, které mohou lokálně působit komplikace při zlepšování pojivem, je třeba v dostatečném předstihu zhotovitelem stavby zajistit průkazní laboratorní zkoušky na ověření upravitelnosti místních zemin, druhu a množství pojiva (s ohledem na vlhkost lze předpokládat vyšší množství přídatku pojiva cca 4 - 6%, dvojí dávkování a mísení, kombinaci vápna a cementu pro vysušení a následné zpevnění).

Odpovědný řešitel: Ing. Luboš Med  
odborná způsobilost v IG 1570/2002

Ing. Pavel Žaba  
ředitel společnosti

Hradec Králové, 16. 11. 2019



CÚZK - mapy KN, 2019

## Přehledná situace

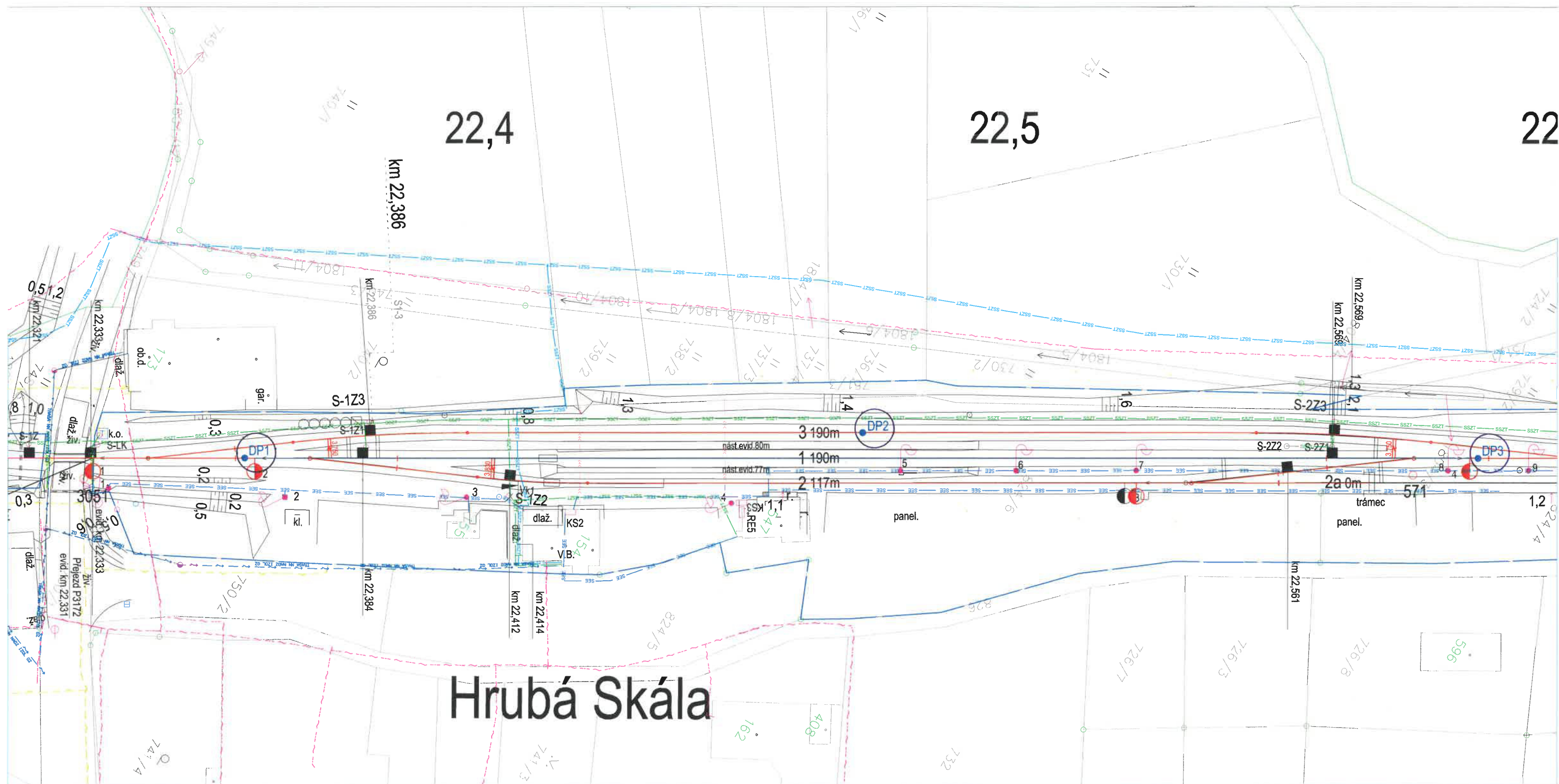
M 1 : 10 000

mapový list 03 - 34 - 04

**Oprava trati v úseku Rovensko pod Troskami - Turnov, žst. Hrubá Skála**

**Geotechnický průzkum**





**Global - Geo, s.r.o.**

Akademika Heyrovského 1178, 500 03 Hradec Králové

**DOKUMENTACE SONDY DP1**

Název zakázky:	Oprava trati v úseku Rovensko pod Troskami - Turnov, žst. Hrubá Skála. Geotechnický průzkum.			
Lokalizace sondy:	kolej č. 1, km 22.366 (viz situace v příloze č. 2)			
Rozměry sondy:	0,35 x 0,65 m, vrt $\varnothing$ 60 mm od 0,68 m	Datum popisu:	29. 10. 2019	
Hloubka sondy:	1,50 m (měřeno od temene kolejnice)	Dokumentoval:	R. Kodým	
Hloubka [m] od - do	Makroskopický popis		SŽDC S4	ČSN EN ISO 14 688
0,00	0,18	<b>Kolejnice a upevňovací</b>	-	-
0,18	0,50	<b>Dřevěný pražec</b> tl. 16 cm, hrubý <b>dražní štěrk</b> (fr. 32 - 63 $\pm$ 125 mm), šedý, z vulkanických hornin, svrchu čistý, od 0,42 m znečištěný jemnozrnnou zeminou a škvárou	G2 GP +Cb	Gr+Co
0,50	0,67	<b>Škvára s občasným zamačkaným dražním štěrkem</b> , středně ulehlá, vlhká, šedočerná, na bázi vrstvy šedá	S3 S-F	grSa
0,67	1,50	<b>Jíl s vysokou plasticitou</b> , tuhé až pevné konzistence, bez štěrků, barvy šedé, od 0,98 m namodralé šedé, se žlutými prolohami	F8 CH, CE	Cl

Poznámka: RZZ v hl. 0,68 m od TK, naměřený rázový modul  $M_{vd} = 7,9$  MPa (zk. č. 3)**Fotografická dokumentace**

Hladina podzemní vody:	nenaražena
Vodní režim:	nepříznivý
Vzorek zeminy:	205 3B: 1,40 - 1,50 m



**Global - Geo, s.r.o.**

Akademika Heyrovského 1178, 500 03 Hradec Králové

**DOKUMENTACE SONDY DP2**

Název zakázky:	Oprava trati v úseku Rovensko pod Troskami - Turnov, žst. Hrubá Skála. Geotechnický průzkum.			
Lokalizace sondy:	kolej č. 3, km 22.482 (viz situace v příloze č. 2)			
Rozměry sondy:	0,45 x 0,75 m, vrt Ø 60 mm od 0,79 m	Datum popisu:	29. 10. 2019	
Hloubka sondy:	1,58 m (měřeno od temene kolejnice)	Dokumentoval:	R. Kodým	
Hloubka [m] od - do	Makroskopický popis		SŽDC S4	ČSN EN ISO 14 688
0,00	0,18	<b>Kolejnice a upevňovadla</b>	-	-
0,18	0,35	<b>Dřevěný pražec</b> tl. 17 cm (silně ztrouchnivělý), hrubý <b>drážní štěrk</b> (fr. 32 - 63 ± 125 mm), v úrovni pražců čistý, na povrchu nový, modrošedý,	G2 GP +Cb	Gr+Co
0,35	0,50	<b>Drážní štěrk</b> , se zrný do 10 cm, pod pražci silně znečištěný jemnozrnnou zeminou a škvárou, černošedé barvy	G4 GM	sisGr
0,50	0,78	<b>Škvára</b> , málo ulehlá, vlhká, šedočerná	S3 S-F	grSa
0,78	0,83	<b>Písek</b> jemnozrnný, stejnozrnný, bez štěrků, žlutý	S3 S-F	Sa
0,83	1,58	<b>Jíl s vysokou plasticitou</b> , tuhé až pevné konzistence, bez štěrků, v 1,08 m kořen, zelenošedý, od 1,23 m žlutošedý	F8 CH	siCl

Poznámka: RZZ v hl. 0,79 m, naměřený rázový modul  $M_{vd} = 7,2$  MPa (zk. č. 2); vizuálně patrné posuny a poklesy koleje (GPK) směrem do volného terénu

**Fotografická dokumentace**

Hladina podzemní vody:	nenaražena
Vodní režim:	nepříznivý
Vzorek zeminy:	206 3B: 0,85 - 1,20 m

**Global - Geo, s.r.o.**

Akademika Heyrovského 1178, 500 03 Hradec Králové

**DOKUMENTACE SONDY DP3**

Název zakázky:	Oprava trati v úseku Rovensko pod Troskami - Turnov, žst. Hrubá Skála. Geotechnický průzkum.			
Lokalizace sondy:	kolej č. 1, km 22.591 (viz situace v příloze č. 2)			
Rozměry sondy:	0,35 x 0,80 m, vrt Ø 60 mm od 0,81 m	Datum popisu:	29. 10. 2019	
Hloubka sondy:	1,56 m (měřeno od temene kolejnice)	Dokumentoval:	R. Kodým	
Hloubka [m] od - do	Makroskopický popis		SŽDC S4	ČSN EN ISO 14 688
0,00	0,17	<b>Kolejnice a upevňovadla</b>	-	-
0,17	0,34	<b>Dřevěný pražec</b> tl. 17 cm, <b>dražní štěrk</b> (velikost zrn do 8 cm), čistý, hnědošedý	G2 GP	Gr
0,34	0,74	<b>Dražní štěrk</b> , zcela znečištěný podložním nažloutle šedým jílem, soudržný, s výplní pevné konzistence, od 0,71 m převážně drobná drť vel. do 3 cm	G5 GC	clGr
0,74	1,31	<b>Jíl s vysokou plasticitou</b> , tuhé až pevné konzistence, šedožlutý, od 1,01 m šedý (součást násypu)	F8 CV	Cl
1,31	1,40	<b>Hlína se střední plasticitou</b> , prachovitá, pevné konzistence, s jemně rozptýlenými organickými látkami v podobě pigmentu, tmavě hnědá až černohnědá	F5 MI O	orclSi
1,40	1,56	<b>Jíl s vysokou plasticitou</b> , tuhé konzistence, tmavě šedý, fluvialní - náplav	F8 CH	siCl

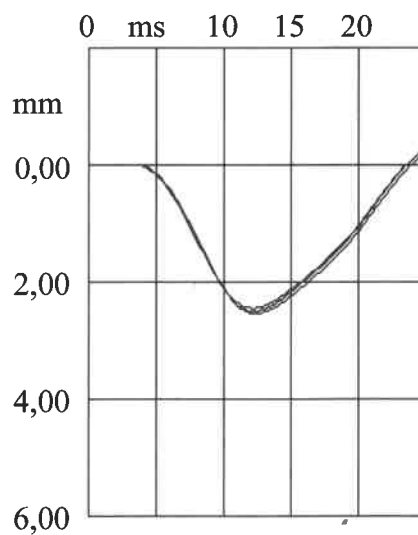
Poznámka: RZZ v hl. 0,74 m, naměřený rázový modul  $M_{vd} = 7,7$  MPa (zk. č. 1)**Fotografická dokumentace**

Hladina podzemní vody:	nenaražena
Vodní režim:	nepříznivý
Vzorek zeminy:	207 3B: 0,75 - 1,31 m

Vyhodnocení rázové zatěžovací zkoušky

Začátek měření: 29.10.19 13:07  
 Číslo zkoušky: 3  
 Typ zařízení: LDD100 v.č. 143  
 Poissonovo číslo: 0,40  
 Stavba: Oprava trati Rovensko p.Tr.-Turnov  
 Místo: Žst. Hrubá Skála  
 Staničení: kolej č. 1, km 22.366  
 Vzdál. od osy: v ose koleje  
 Zemina: jíl  
 Konstr. vrstva: zemní pláš  
 Počasí: zataženo, 6 °C  
 Jméno: R. Kodým  
 Pozn.: hl. 0,68 m od TK

1. ráz	2,557	mm
2. ráz	2,517	mm
3. ráz	2,465	mm
<hr/>		
stř. vých	2,513	mm
Mvd	7,9	MPa

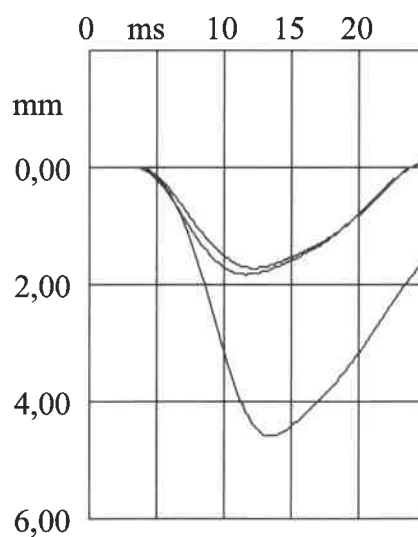




## Vyhodnocení rázové zatěžovací zkoušky

Začátek měření: 29.10.19 12:02  
 Číslo zkoušky: 2  
 Typ zařízení: LDD100 v.č. 143  
 Poissonovo číslo: 0,40  
 Stavba: Oprava trati Rovensko p.Tr.-Turnov  
 Místo: Žst. Hrubá Skála  
 Staničení: kolej č. 3, km 22.482  
 Vzdál. od osy: v ose koleje  
 Zemina: jíl  
 Konstr. vrstva: zemní pláň  
 Počasí: zataženo, 6 °C  
 Jméno: R. Kodym  
 Pozn.: hl. 0,79 m od TK

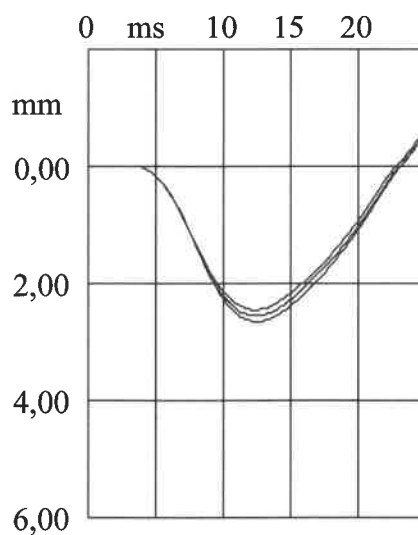
1. ráz	4,609	mm
2. ráz	1,735	mm
3. ráz	1,847	mm
<hr/>		
stř. vých	2,730	mm
Mvd	7,2	MPa




## Vyhodnocení rázové zatěžovací zkoušky

Začátek měření: 29.10.19 10:51  
 Číslo zkoušky: 1  
 Typ zařízení: LDD100 v.č. 143  
 Poissonovo číslo: 0,40  
 Stavba: Oprava trati Rovensko p.Tr.-Turnov  
 Místo: Žst. Hrubá Skála  
 Staničení: kolej č. 1, km 22.591  
 Vzdál. od osy: v ose koleje  
 Zemina: jíl  
 Konstr. vrstva: zemní pláň  
 Počasí: zataženo, 6 °C  
 Jméno: R. Kodým  
 Pozn.: hl. 0,74 m od TK

1. ráz	2,665	mm
2. ráz	2,574	mm
3. ráz	2,467	mm
<hr/>		
stř. vých	2,569	mm
Mvd	7,7	MPa



**LAHUČKÁ Blanka**  
**laboratoř mechaniky zemín a analýzy stavebních vod**  
 Zelená 238, 530 03 Pardubice  
 IČO 662 99 331, tel.: 731473400 

---

NÁZEV AKCE : **Žst. Hrubá Skála**  
 ZAKÁZKOVÉ ČÍSLO : 10 - 2019  
 DATUM : 15.11.2019

#### POČTY ZPRACOVANÝCH VZORKŮ

porušené : 3	neporušené : 0
poloporušené : 0	podzemní vody : 0

Prohlašuji na svou odpovědnost, že požadovaná stanovení na 1 vzorcích zeminy akce „Žst. Hrubá Skála“ jsou ve shodě s následujícími normami.

#### NORMY POUŽITÉ PŘI LABORATORNÍM ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ ZEMIN:

Vlhkost	ČSN CEN ISO/TS 17892-1
Stanovení konzistenčních mezí	ČSN CEN ISO/TS 17892-12
Stanovení zrnitosti zemín	ČSN CEN ISO/TS 17892-4

#### URČENÍ KOEFICIENTU FILTRACE Z KŘIVKY ZRNITOSTI

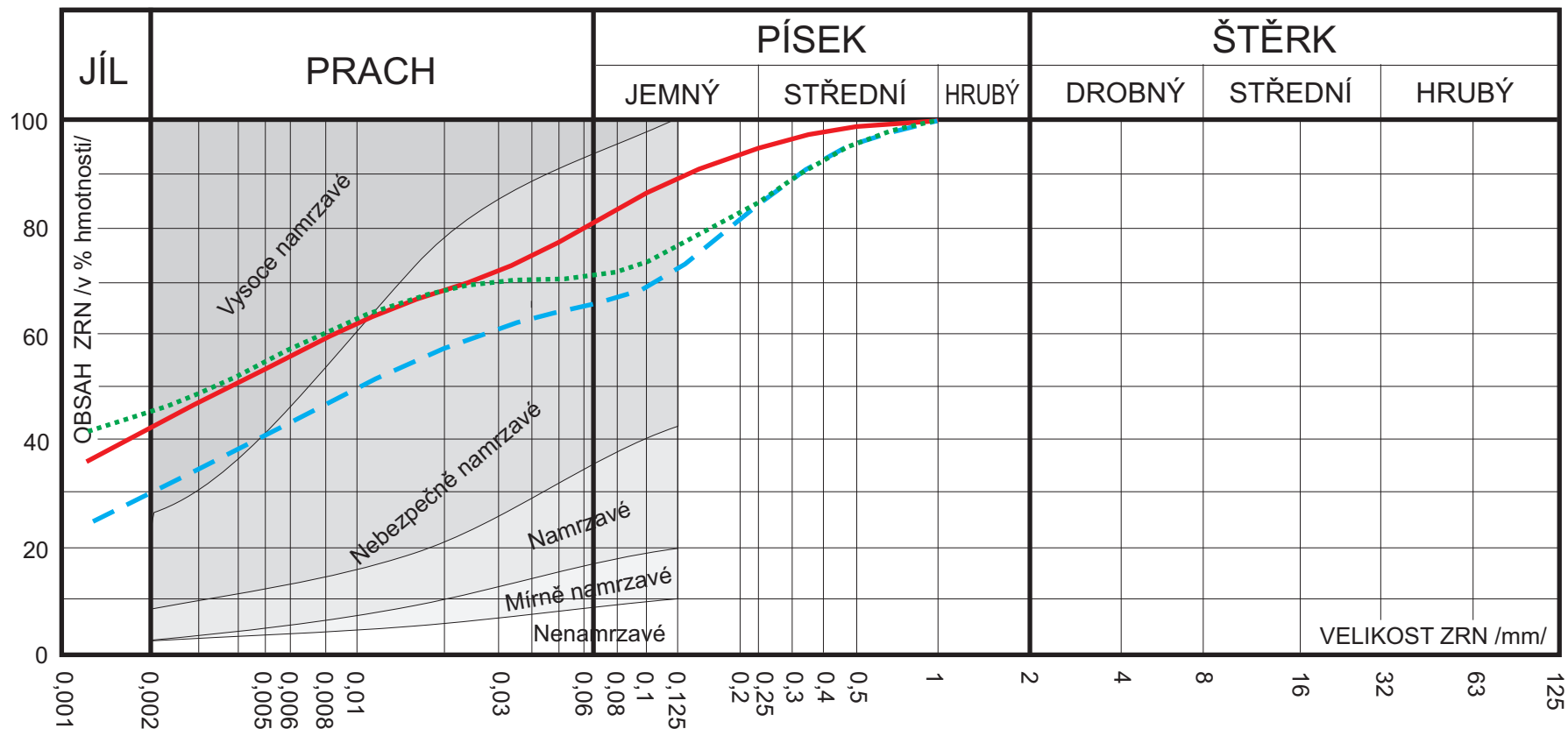
(Převzato z knihy Mallet, Pacquant)

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka [ m ]	Koeficient filtrace [m.s <sup>-1</sup> ]
205	DP 1	1,4 - 1,5	< 3 . 10 <sup>-8</sup>
206	DP 2	0,85 - 1,2	< 3 . 10 <sup>-8</sup>
207	DP 3	0,75 - 1,3	< 3 . 10 <sup>-8</sup>

Název úkolu: Hrubá Skála  
Číslo úkolu: 10 - 2019

Lahučká Blanka  
laboratoř mechaniky zemin a analýzy stavebních vod  
Zelená 238, 530 03 Pardubice  
IČO 662 99 331, tel 731 473 400

## ZRNITOSTNÍ KŘIVKY



## VLHKOST A PLASTICITNÍ PARAMETRY

Značení	Číslo vzorku	Sonda	Hloubka odběru /m/	Vlhkost w /%/	Mez tekutosti w <sub>L</sub> /%/	Mez plasticity w <sub>P</sub> /%/	Index plasticity I <sub>p</sub>	Index konzistence I <sub>c</sub>	Klasifikace ČSN 73 6133	Název zeminy
—	205	DP 1	1,4 - 1,5	36,1	90,3	28,1	62,2	0,87	F8 - CE	Jíl s extrémě vysokou plasticitou
- - -	206	DP 2	0,85 - 1,2	28,1	67,0	24,5	42,5	0,92	F8 - CH	Jíl s vysokou plasticitou
...	207	DP 3	0,75 - 1,3	29,6	79,9	28,5	51,4	0,98	F8 - CV	Jíl s velmi vysokou plasticitou

Příloha

ZRNITOST A PLASTICITA ZEMIN

**Návrh a posouzení ZKPP pro přejezd P 3172 v km 22,331 v žst. Hrubá Skála**

<b>Posouzení konstrukce na únosnost</b>	
Typ trati	regionální
Navržená konstrukční vrstva	šterkodrt' fr. 0-32 mm
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_p = 0,30$ m
Modul přetvárnosti šterkodrti	$E_1 = 70$ MPa při relativní hutnosti $I_D \geq 0,90$
Požadovaný modul přetvárnosti pláň železničního spodku	$E_{pl} = 50$ MPa
Modul přetvárnosti na vrstvě ŠD s cementem tl. 0,30 m (SC)	$E_{pstab} = 60$ MPa
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30$ m
Výpočet koeficientu „ $k_1$ “	$k_1 = E_{pstab} / E_1 = 60 / 70 = 0,86$
Výpočet koeficientu „ $k_2$ “	$k_2 = h_p / D = 0,30 / 0,30 = 1,00$
Koeficient „ $k_3$ “ z diagramu na obr. 8 přílohy 6 SŽDC S4	$k_3 = 0,90$
Ekvivalentní modul přetvárnosti dvouvrstvé konstrukce žel. spodku	$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,90 \times 70 = 63,00$ MPa
Požadavek $E_{e1} \geq E_{pl}$	po dosazení: $63,00$ MPa $\geq 50,00$ MPa <b>vyhovuje</b>
<b>Posouzení ochrany zemní pláň před účinky mrazu</b>	
Druh zemní pláň	jíl plastický tř. F8 CH, CE tuhé konzistence
Namrzavost	vysoce namrzavý
Konzistence zeminy	$I_c = 0,87$
Vodní režim	nepříznivý
Hloubka promrzání	$h_{pr} = 1,01$ m
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD	$h_{sd} = 0,30$ m
Přepočet tl. konstrukční vrstvy ze ŠD na šterkopísek dle tepelné vodivosti	$h_{sp} = (h_{sd} \times \lambda_{sp}) / \lambda_{sd}$
Součinitel tepelné vodivosti šterkopískové vrstvy ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )	$\lambda_{sp} = 2,30$
Součinitel tepelné vodivosti vrstvy ze šterkodrti ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )	$\lambda_{sd} = 2,00$
Přepočtená tl. konstrukční vrstvy na šterkopísek dle tepelné vodivosti	$h_{sp} = (h_{sd} \times \lambda_{sp}) / \lambda_{sd} = (0,30 \times 2,30) / 2,00 = 0,34$ m
Dovolená tloušťka promrznutí vrstvy ŠD s cementem	$h_{zdov} = 0,30$ m
Tloušťka kolejového lože od úložné plochy (pro betonové pražce)	$h_k = 0,55$ m
Požadavek ochrany zemní pláň před mrazem $h_{pr} \leq h_k + h_{sp} + h_{zdov}$	po dosazení: $1,01$ m $\leq 0,55$ m + $0,34$ m + $0,30$ m $1,01$ m $\leq 1,19$ m <b>vyhovuje</b>
<b>Navržená konstrukce pražcového podloží TYP 6</b>	
Kolejové lože (betonové pražce)	<b>tl. 0,35 m</b>
Konstrukční vrstva ze šterkodrti	<b>tl. 0,30 m</b>
Vrstva ŠD s cementem (SC)	<b>tl. 0,30 m</b>
Paraplán (hloubka od LPP)	jíl plastický tř. F8 CH, CE ( <b>0,95 m</b> )

**Návrh a posouzení PP pro 1. a 3. kolej v žst. Hrubá Skála**

<b>Posouzení konstrukce na únosnost (sanovaná zemní pláň)</b>	
Typ trati	regionální
Navržená konstrukční vrstva	zemina zlepšená vápnem (ZZV)
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_{zlepš} = 0,45 \text{ m}$
Modul přetvárnosti ZZV	$E_1 = 100 \text{ MPa}$ při zhutnění na $D = 100\% \text{ PS}$
Požadovaný modul přetvárnosti zemní pláně	$E_0 = 15 \text{ MPa}$
Redukovaný modul přetvárnosti zemní pláně	$E_{0r} = 6,0 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Výpočet koeficientu „ $k_1$ “	$k_1 = E_{0r} / E_1 = 6 / 100 = 0,06$
Výpočet koeficientu „ $k_2$ “	$k_2 = h_p / D = 0,45 / 0,30 = 1,50$
Koeficient „ $k_3$ “ z diagramu na obr. 8 přílohy 6 SŽDC S4	$k_3 = 0,40$
Ekvivalentní modul přetvárnosti dvouvrstvé konstrukce žel. spodku	$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,40 \times 100 = 40,00 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{e1} \geq E_0$	po dosazení: $40,00 \text{ MPa} \geq 15,00 \text{ MPa}$ <b>vyhovuje</b>
<b>Posouzení celé konstrukce na únosnost</b>	
Typ trati	regionální
Navržená podkladní vrstva	šterkodrt' fr. 0-32 mm
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_p = 0,30 \text{ m}$
Modul přetvárnosti šterkodrti	$E_1 = 70 \text{ MPa}$ při relativní hutnosti $I_D \geq 0,90$
Požadovaný modul přetvárnosti pláně železničního spodku	$E_{p1} = 30 \text{ MPa}$
Modul přetvárnosti zemní pláně ze ZZV	$E_0 = 40,0 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Výpočet koeficientu „ $k_1$ “	$k_1 = E_0 / E_1 = 40 / 70 = 0,57$
Výpočet koeficientu „ $k_2$ “	$k_2 = h_p / D = 0,30 / 0,30 = 1,00$
Koeficient „ $k_3$ “ z diagramu na obr. 8 přílohy 6 SŽDC S4	$k_3 = 0,83$
Ekvivalentní modul přetvárnosti dvouvrstvé konstrukce žel. spodku	$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,83 \times 70 = 58,10 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{e1} \geq E_{p1}$	po dosazení: $58,10 \text{ MPa} \geq 30,00 \text{ MPa}$ <b>vyhovuje</b>
<b>Posouzení ochrany zemní pláně před účinky mrazu</b>	
Druh zemní pláně	jíl plastický tř. F8 CH, CV tuhé konzistence
Namrzavost	nebezpečně až vysoce namrzavý
Konzistence zeminy	$I_c = 0,92 - 0,98$
Vodní režim	nepříznivý
Hloubka promrzání	$h_{pr} = 1,01 \text{ m}$
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD	$h_{sd} = 0,30 \text{ m}$
Přepočet tl. konstrukční vrstvy ze ŠD na šterkopísek dle tepelné vodivosti	$h_{sp} = (h_{sd} \times \lambda_{sp}) / \lambda_{sd}$
Součinitel tepelné vodivosti šterkopískové vrstvy ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )	$\lambda_{sp} = 2,30$

Součinitel tepelné vodivosti vrstvy ze štěrkodrti ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )	$\lambda_{sd} = 2,00$
Přepočtená tl. konstrukční vrstvy na štěrkopísek dle tepelné vodivosti	$h_{sp} = (h_{sd} \times \lambda_{sp}) / \lambda_{sd} = (0,30 \times 2,30) / 2,00 = 0,34 \text{ m}$
Dovolená tloušťka promrznutí vrstvy ZZV	$h_{zdov} = 1/3 h_{zlepš} = 0,15 \text{ m}$
Tloušťka kolejového lože od úložné plochy (pro betonové pražce)	$h_k = 0,55 \text{ m}$
Požadavek ochrany zemní pláně před mrazem $h_{pr} \leq h_k + h_{sp} + h_{zdov}$	po dosazení: $1,01 \text{ m} \leq 0,55 \text{ m} + 0,34 \text{ m} + 0,15 \text{ m}$ $1,01 \text{ m} \leq 1,04 \text{ m}$ <b>vyhovuje</b>
<b>Navržená konstrukce pražcového podloží TYP 6</b>	
Kolejové lože (betonové pražce)	<b>tl. 0,35 m</b>
Podkladní vrstva ze štěrkodrti	<b>tl. 0,30 m fr. 0-32 mm</b>
Zemní plán upravená in situ (ZZV)	<b>tl. 0,45 m</b> (sanace zemní pláně)
Paraplán (hloubka od LPP)	jíl plastický tř. F8 CH, CV ( <b>1,10 m</b> )

**Návrh a posouzení PP pro 2. kolej v žst. Hrubá Skála**

<b>Posouzení konstrukce na únosnost</b>	
Typ trati	regionální
Navržená konstrukční vrstva	šterkodrt' fr. 0-32 mm
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_p = 0,15 \text{ m}$
Modul přetvárnosti šterkodrti	$E_1 = 70 \text{ MPa}$ při relativní hutnosti $I_D$ min. 0.90
Požadovaný modul přetvárnosti pláň železničního spodku	$E_{pl} = 20 \text{ MPa}$
Redukovaný modul přetvárnosti zemní pláň	$E_{0r} = 10 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Výpočet koeficientu „ $k_1$ “	$k_1 = E_{0r} / E_1 = 10 / 70 = 0,14$
Výpočet koeficientu „ $k_2$ “	$k_2 = h_p / D = 0,15 / 0,30 = 0,50$
Koeficient „ $k_3$ “ z diagramu na obr. 8 přílohy 6 SŽDC S4	$k_3 = 0,29$
Ekvivalentní modul přetvárnosti dvouvrstvé konstrukce žel. spodku	$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,29 \times 70 = 20,30 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{e1} \geq E_{pl}$	po dosazení: $20,30 \text{ MPa} \geq 20,00 \text{ MPa}$ <b>vyhovuje</b>
<b>Posouzení ochrany zemní pláň před účinky mrazu</b>	
Druh zemní pláň	jíl plastický tř. F8 CH pevný - tuhý
Namrzavost	nebezpečně namrzavý
Konzistence zeminy	$I_c = 0.90 - 1.00$
Vodní režim	nepříznivý
Hloubka promrzání	$h_{pr} = 1,01 \text{ m}$
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD	$h_{sd} = 0,15 \text{ m}$
Přepočet tl. konstrukční vrstvy ze ŠD na šterkopísek dle tepelné vodivosti	$h_{sp} = (h_{sd} \times \lambda_{sp}) / \lambda_{sd}$
Součinitel tepelné vodivosti šterkopískové vrstvy ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )	$\lambda_{sp} = 2,30$
Součinitel tepelné vodivosti vrstvy ze šterkodrti ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )	$\lambda_{sd} = 2,00$
Přepočtená tl. konstrukční vrstvy na šterkopísek dle tepelné vodivosti	$h_{sp} = (h_{sd} \times \lambda_{sp}) / \lambda_{sd} = (0,15 \times 2,30) / 2,00 = 0,17 \text{ m}$
Dovolená tloušťka promrznutí zemní pláň dle tab. 2 přílohy 7 SŽDC S4	$h_{zdov} = 0,40 \text{ m}$
Tloušťka kolejového lože od úložné plochy (pro betonové pražce)	$h_k = 0,55 \text{ m}$
Požadavek ochrany zemní pláň před mrazem $h_{pr} \leq h_k + h_{sp} + h_{zdov}$	po dosazení: $1,01 \text{ m} \leq 0,55 \text{ m} + 0,17 \text{ m} + 0,40 \text{ m}$ $1,01 \text{ m} \leq 1,12 \text{ m}$ <b>vyhovuje</b>
<b>Konstrukce pražcového podloží TYP 3</b>	
Kolejové lože (betonové pražce)	<b>tl. 0,35 m</b>
Konstrukční vrstva ze šterkodrti	<b>tl. 0,15 m fr. 0-32 mm; separační geotextilie</b>
Paraplán (hloubka od LPP)	jíl plastický tř. F8 CH pevný - tuhý <b>(0,50 m)</b>