

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 ŽELEZNIČNÍHO SPODKU

OTVOVICE

Most v km 19,720 trati Kladno-Kralupy

OBSAH

Textová část:

- 1. Úvod** - str. 2
- 2. Metodika průzkumných prací** - str. 2
 - 2.1 Technické práce v terénu - str. 2
 - 2.2 Zjištění modulu přetvárnosti - str. 3
 - 2.3 Vzorkovací a laboratorní práce - str. 3
 - 2.4 Stanovení vodního režimu zemní pláně - str. 4
- 3. Geologické a hydrogeologické poměry území** - str. 4
- 4. Výsledky geotechnického průzkumu** - str. 6
 - 4.1 Kolej č.1 - str. 8
 - 4.2 Kolej č.2 - str. 8
 - 4.3 Kolej č.3 - str. 9
- 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. Podrobná situace sond M 1 : 500
- 3. Geologická dokumentace kopaných sond
 - 3.1 Dokumentace sondy K 19,713/1
 - 3.2 Dokumentace sondy K 19,713/2
 - 3.3 Dokumentace sondy K 19,713/3
- 4. Protokoly statických zatěžovacích zkoušek
- 5. Laboratorní rozbory zemin
- 6. Posouzení ZKPP na únosnost a před účinky mrazu

1. ÚVOD

Předmětem zprávy je vyhodnocení geotechnického průzkumu železničního spodku (pražcového podloží) v místě železničního mostu v km 19,720 trati Kladno - Kralupy (viz přehledná situace v příloze č. 1). Podle poskytnutých podkladů se jedná o trať celostátní ostatní, pro rychlost $v < 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Získané poznatky a výsledky slouží jako podklad k vypracování projektové dokumentace na jeho opravu a dále pro návrh zesílené konstrukce pražcového podloží v jeho přechodových oblastech, s požadovanou únosností $E_{p1} = 60 \text{ MPa}$.

Objednatel: TOP CON SERVIS, s.r.o., Ke Stírce 1824/56, 182 00 Praha 8

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

Kraj: Středočeský

Katastrální území: Otovice - kód 716987

Pro předmětný most byl současně realizovaný IGP za účelem zjištění geologického složení a vrstevního sledu základových půd v místě stávajícího objektu, stanovení jejich geotechnických charakteristik (fyzikálně mechanické a přetvárné vlastnosti) a ověření hydrogeologických poměrů (výskyt a vlastnosti podzemní vody) pro účely statického posouzení návrhu nové konstrukce.

K vyhodnocení zakázky zadavatel poskytl v elektronické podobě, ve formátu dwg a pdf, mapu KN, situaci mostu na geodetickém podkladu a informace o existujících inženýrských sítích a dále „Zvláštní technické podmínky RM v km 19,720 trati Kladno - Kralupy“, vydané v 7.2018 SŽDC Praha.

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 sondou 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,
- statickou zatěžovací zkoušku v úrovni pláň železničního spodku (SZZ),
- zjištění hlubšího podloží prohloubením kopané sondy.

2.1 TECHNICKÉ PRÁCE V TERÉNU

Terénní etapa průzkumu se uskutečnila dne 14. 12. 2018, po předchozím projednání podmínek jeho realizace s příslušným správcem trati a zajištění protizátěže. Pro ověření vrstevního profilu pracovníci zhotovitele GTP vyhloubili po jedné straně mostu v jednotném

staničení km 19,713 v ose každé z kolejí ručně kopané sondy o rozměrech cca 0,65 m x 0,35 m až 1,00 x 0,40 m, sahající do úrovně pláň železničního spodku. Za lomítkem jsou vyznačena čísla kolejí (1 - 3). Jejich pozice je znázorněna v příloze č. 2, dokumentace doložena v přílohách č. 3.1 - 3.3 předkládané zprávy.

Po změření SZZ byly sondy podle možnosti následně prohloubeny prokopáním či odvrtem ruční soupravou G10, se spirálovým vrtným nástrojem \varnothing 60 mm, do konečných hloubek 0,75 - 1,62 m od TK.

Po popisu geologem se na závěr technických prací sondy likvidovaly zpětným záhozem, s finálním urovnáním povrchu do původní podoby. Veškeré hloubkové údaje profilu jsou vztaženy k hlavám kolejnic (TK).

2.2 ZJIŠTĚNÍ MODULU PŘETVÁRNOSTI

Modul přetvárnosti, jako základní kritérium únosnosti, je určený statickou zatěžovací zkouškou postupem ve znění přílohy 5 SŽDC S4, resp. dle ČSN 72 1006. Modul vyjadřuje závislost mezi statickým zatížením vrstev kruhovou zatěžovací deskou a hodnotou jejího zatlačení v průběhu zkoušky. K vyvození předepsaného tlaku se používá hydraulického lisu opřeného o protizátěž, v konkrétním případě o rám drážního vozidla MUV 69.

Statické zatěžovací zkoušky byly zhotoveny zařízením ECM Static, výr. č. 100. Pro určení statického modulu přetvárnosti pláň se použila zatěžovací deska kruhového průřezu o průměru 0,30 m se středovým snímačem zatlačení a maximální měrný tlak $p = 0,2$ MPa, stupňovaně zvyšovaný (snížovaný) po 0,05 MPa. Nanášení dalšího stupně zatížení probíhalo až po ustálení deformace, tj. když změna dosahovala během 1 minuty $\leq 0,02$ mm.

Měření hodnot zatížení a odlehčení je uskutečněno ve dvou cyklech, výpočty modulů přetvárnosti z prvního i z druhého zatěžovacího cyklu E_1 a E_2 , dle vztahu čl. 15 přílohy 5 SŽDC S4, vyhodnocovací jednotkou na základě průběžně elektronicky snímaných a zaznamenávaných dat. Nově je stanovený poměr deformačních modulů E_1 / E_2 jako kritérium zhutnění zemin a sypanin.

Protokoly statických zatěžovacích zkoušek tvoří samostatné přílohy č. 4.1 - 4.3.

2.3 VZORKOVACÍ A LABORATORNÍ PRÁCE

Pro klasifikaci zeminového prostředí a vodního režimu byly ze sond odebrány celkem 2 vzorky charakteristických místních zemin, uložené ihned po odběru do PE sáčků 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 laboratoř mechaniky zemin a analýzy stavebních vod Lahučká Blanka, Pardubice, laboratorními rozborů 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 vzorků zemin podle 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 hodnoty filtračního součinitele dle metody Mallet-Pacquant.

Výsledky laboratorních rozborů, křivky zrnitosti, klasifikace a hodnoty filtračního součinitele „k“ (m.s^{-1}), obsahuje příloha č. 5.

Tabulka č. 1 Přehled geotechnických vlastností místních zemin

Vzorek číslo / sonda	Hloubka odběru (m)	Zemina	I _c	k (m.s^{-1})	h _s (m)	Propustnost zeminy	Namrzavost zeminy
226/K 19,720/2	0,90 - 1,40	F6 CI	1.11	$< 3 \cdot 10^{-8}$	2,40	nepropustná	nebezpečně namrzavá
227/K 19,720/3	0,90 - 1,60	S4 SM	-	$4,5 \cdot 10^{-6}$	1,00	málo propustná	namrzavá

I_c ... stupeň konzistence k ... filtrační součinitel (odvozený ze zrnitostních rozborů)

h_s ... výška kapilárního výstupu vody při 100 % saturaci zeminy

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

2.4 STANOVENÍ VODNÍHO REŽIMU ZEMNÍ 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} (°C.den)

h_{pr} = $0,045 \sqrt{I_{mn}}$, kde I_{mn} pro území Otavovic dle obr. 1, příl. 7 k SŽDC S4 činí 400°C.den

h_{pr} = 0,90 m

Vyhodnocení vodního režimu zemní pláň v každé sondě je provedeno kombinací kritérií čl. 9 a 10, přílohy 7 citovaného předpisu a shrnuto v tabulce č. 2 na str. 7.

3. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY ÚZEMÍ

Železniční trať je v zájmovém úseku vedena na násypu cca 3 m vysokém, s nadmořskou výškou v úrovni cca 206 m n. m. Mostní objekt, který se nachází cca 120 m zjz. od výpravní budovy žst. Otavovice, slouží jako podchod pod železniční trať se třemi kolejemi na přístupu k vlakovému nádraží a k místnímu fotbalovému hřišti.

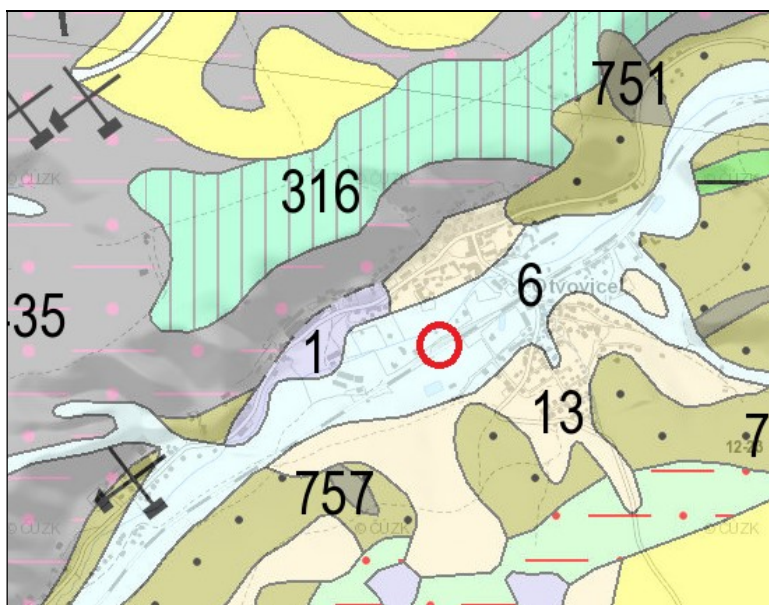
Geomorfologicky náleží zájmový prostor k celku Pražská plošina a podcelku Kladenská tabule. Nachází se prakticky na rozhraní okrsků Turská plošina (kód VA - 2B - c) a Slánská tabule (kód VA-2B-b), s reliéfy, předurčenými geologickou stavbou území, jejím tektonickým porušením a zvětráním. Hranici mezi okrsky představuje údolí směru JZ - SV, protékané Zákolanským potokem.

Předkvartérní podloží

Posuzované území přísluší z regionálně - geologického hlediska ke středočeské oblasti (bohemiku), reprezentované proterozoikem až neoproterozoikem Barrandienu.

Předkvartérní podloží budují horniny kralupsko-zbraslavské skupiny. Litologicky se jedná o slabě metamorfované fylitické droby a břidlice. Ve výřezu geomapy jsou zobrazeny zelenohnědými plochami s číselným kódem 757. Obsahují různě velká tělesa silicitů, protažená ve směru SZ - JV i ZJZ - VSV (černošedé pruhy s č. 751) a též bazalty až andezitobazalty (např. PR Otšovická skála na sv. konci obce). V obou případech se jedná o houževnaté a zvětřené odolné horniny, tvořící morfologicky výrazné hřbety a skalní výchozy. Dle geologické mapy se popisované horniny nacházejí v blízkém okolí Otovic a zřejmě pokračují i pod kvartérní pokryv.

Jejich subhorizontální strop, pro most realizované vrty, zastihly v jednotné hloubce 8,80 m pod terénem, v úrovni 193,71 - 194,11 m n. m.



Výřez z geologické mapy M 1 : 50 000 (Mapový server ČGS 2018, upraveno)

Kvartérní pokryv

Neoproterozoické horniny překrývají deluviální a nivní sedimenty převážně v jemnozrnném vývoji, které tak tvoří přímé podloží tělesa násypu železniční trati. V geomapě jsou zakreslené plochami světle hnědé barvy s č. 13 a souvislým modrobílým pásem s č. 6 po obou stranách Zákolanského potoka. Na jejich složení se podílejí redeponované sprašové hlíny, eluvia břidlic a eluvia reliktních křídových slínovců, s proměnlivou příměsí místních hornin v podobě štěrků s různým stupněm zaoblení, či ostrohranných úlomků až kamenů vel. do 10 cm.

Celková mocnost pokryvných sedimentů, reprezentovaných jíly se střední a vysokou plasticitou, jíly písčitými, jíly štěrkovitými, jílovitými písky i jílovitými štěrky, činí 8,20 - 8,35 m. V celém ověřeném hloubkovém profilu mají sníženou konzistenci - tuhou až měkkou.

Terén je do dnešní podoby dotvořený uloženinami antropogenního původu - jednak navážkami v těsném okolí mostu o mocnosti 0,45 - 0,60 m, složenými ze škváry a výsivek s příměsí drážního štěrku a dále vlastním násypovým tělesem železniční trati.

U násypu je z provedených kopaných sond patrné několik stavebních etap. Do jeho konstrukce byly jako základ použity jíla a škvára, následně v různém rozsahu sanované kamenitým materiálem, ŠD a drážním štěrkem. Ke konstrukčním vrstvám PP patří vesměs tenké a lokální vrstvy ŠP.

Hydrogeologické poměry

Podle mapy hydrogeologického členění ČR území náleží do rajónu 6250 Proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy v základní vrstvě. Horninové prostředí rajónu je velmi nesourodé, s proměnlivou propustností. Zvodnění se váže na přípovrchovou zónu - s rozdílnou hustotou rozpukaný horninový strop do hloubky až prvních desítek metrů. Tato většinou nespojitá zvodněn má volnou nebo mírně napjatou HPV, ustálenou v různých hloubkových úrovních.

Vrtné práce u mostního objektu, realizované samostatným IGP, ověřily mělkou zvodněn vázanou na kvartérní sedimenty převážně fluvialní geneze. V přípovrchových partiích se zvodnění nachází v propustnějších písčitých vrstvičkách, proplástech a čočkách uložených v jílovitých zeminách, v hlubších partiích souvrství jsou přítomny zvodnělé jílovité písky a jílovité štěrky.

Ve vrtech ustálená hladina po odpažení byla dokumentována v hloubce 1,10 - 1,70 m pod stávajícím povrchem okolního terénu (201,21 - 201,41 m n. m.), tedy pod násypovým tělesem trati.

S ohledem na hloubku realizovaných sond v kolejišti vedeném na násypu mělký horizont, vázaný na průlinově propustné partie kvartérních sedimentů, nebyl zastižován. V období dlouhodobých srážek a režimních maxim (jarní tání) nelze vyloučit lokální výskyty dočasněho zvodnění písčitých zemin či štěrkového lože, způsobené nedokonalým odvodněním, střídáním zemin v podloží s proměnlivou propustností i velkým znečištěním štěrkového lože jemnozrnnými zeminami.

Hydrologicky patří zájmový prostor do povodí Zákolanského potoka, číslo hydrogeologického pořadí 1-12-02-0360-0-00, který protéká obcí ve směru od JZ k SV a spolu s bezejmennými přítoky zprostředkovává povrchové odvodnění širší oblasti.

Dle serveru VÚV HEIS území není součástí CHOPAV, ani zde nejsou vymezena žádná ochranná pásma podzemních vodních zdrojů.

4. VÝSLEDKY GEOTECHNICKÉHO PRŮZKUMU

Mocnosti konstrukčních vrstev, zjištěné druhy zemin pláně, naměřené hodnoty modulů přetvárnosti pláně železničního spodku E_{pl} , resp. zemní pláně E_0 a jejich redukované hodnoty E_{0r} (moduly násobené opravným součinitelem) podle aktuálních vlastností zemin jsou souhrnně sestaveny v tabulce č. 2 na následující str. 7.

Opravné součinitele „z“ zemin jsou odvozené z čl. 8 a z tabulky č. 3 přílohy 6 k předpisu SŽDC S4 pro příslušný druh a konzistenci zeminy.

Tabulka č. 2 Souhrn výsledků zjištěných GTP

Sonda číslo, dle staničení	Dražní štěrky celkem (cm)	Dražní štěrky znečištěný (cm)	Konstrukční vrstva (cm)	Třída zeminy zemní pláně	Kvalita do podloží (podle vrstevního sledu)	Namrzavost zemní pláně	Vodní režim zemní pláně	Modul přetvárnosti žel. spodku E_{pl} (MPa)	Modul přetvárnosti zemní pláně E_0 (MPa)	Opravný součinitel „z“	Redukovaný modul zemní pláně E_{or} (MPa)
K 19,713/1	33	33	24 ⁽²⁾	F6 CI	klesá ⁽¹⁾	nebezpečně namrzavá	nepříznivý ⁽⁵⁾	$E_{pl} = 38,5$	$E_0 = 12,0$ ⁽¹⁾	0,40	4,8
K 19,713/2	36	26	33 ⁽³⁾	F6 CI	konstantní	nebezpečně namrzavá	příznivý	$E_{pl} = 22,1$	$E_0 = 12,0$ ⁽¹⁾	0,40	4,8
K 19,713/3	67	47	-	S4 SM ⁽⁴⁾	konstantní	namrzavá	příznivý	$E_{pl} = E_0 = 20,7$		0,90	18,6

Vysvětlivky: 1/ odhad

2/ štěrkodrt', lomový kámen

3/ štěrkopísek

4/ škvára

5/ snížená konzistence výplňové zeminy

Červeně zvýrazněné hodnoty E_{pl} a E_0 upozorňují na nevyhovující skladbu a nedostatečnou únosnost obou plání.

4.1 Kolej č. 1

Sonda K 19,713/1 - příloha č. 3.1

SZZ č. 2 - příloha č. 4.2

Vrstva kolejového lože „hk“ má pod betonovými pražci nedostatečnou mocnost, jen 13 cm. Šterkové lože je v celém ověřeném intervalu 33 cm silně znečištěné jemnozrnnou písčito-hlinitou zeminou a klasifikované třídou G4 GM.

Plán železničního spodku tvoří ostrohranná ŠD fr. 0-100 mm s prachovito-písčitou výplní, tř. G3 G-F + Cb, uložená ve vrstvě tl. 11 cm. Od hloubky 0,62 m pod TK je vystřídána hrubým kamenitým materiálem - netříděným lomovým kamenem se zrny vel. až do 30 cm, s jílovitou výplní měkké konzistence, tř. Cb,B + F6 CI, který lze považovat za sanační vrstvu.

V případě ŠD se jedná o sypaninu nesoudržnou, ulehlou ($I_D \geq 0.65$), propustnou ($k = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$), mírně namrzavou, s nepatrnou výškou kapilární vztlávanosti h_s . Naproti tomu hrubý kamenitý materiál je díky jílovité výplni málo propustný až nepropustný ($k = 10^{-6}-10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$) a namrzavý. Dále je velmi ulehlý a ručním nářadím nerozpojitelný (nutné minimálně sbíjecí kladivo). Hlubší podloží tak nemohlo být přímo ověřeno. Podle výplně se předpokládá, že bude taktéž jílovité, obdobně jako v sousední koleji č. 2.

HPV nebyla sondou zjištěna. Vodní režim v koleji č. 1 je klasifikovaný jako nepříznivý, vlivem mokré jílovité výplně v hrubě kamenité sypanině.

Modul přetvárnosti pláne železničního spodku, který podle výsledku SZZ činil $E_{pl} = 38,5 \text{ MPa}$, nesplňuje požadavek pro ZKPP (60 MPa) a v podstatě ani pro plán železničního spodku navazující tratě (40 MPa). Pro předpokládanou jílovitou zemní plán uvažovaný modul $E_0 = 12 \text{ MPa}$, resp. $E_{0r} = 4,8 \text{ MPa}$ je rovněž zcela nevyhovující.

Při zvětšení mocnosti šterkového lože na potřebných 350 mm pod betonovými pražci, dojde navíc k odtěžení části či většiny únosného kamenitého materiálu a ŠD.

4.2 Kolej č. 2

Sonda K 19,713/2 - příloha č. 3.2

SZZ č. 1 - příloha č. 4.1

Vrstva kolejového lože „hk“ má pod betonovými pražci nedostatečnou mocnost a to 16 cm. Šterkové lože je svrchu čisté, od půlky tloušťky pražců níže silně znečištěné černohnědým hlinitým pískem, klasifikované třídami G2 GP - G4 GM.

Plán železničního spodku tvoří konstrukční vrstva v sumární mocnosti 33 cm, složená svrchu z hlinitého písku se zamačkaným drážním šterkem, tř. S4 SM a z hrubozrnného písku s občasnými valouny vel. až 10 cm, tř. S3 S-F. Jako celek se jedná o sypaninu nesoudržnou, podle odporu při rozpojování středně ulehlou, s relativní hutností v horní polovině normového rozpětí pro zeminy středně ulehlé, s $I_D = 0.50 - 0.65$, propustnou až málo propustnou ($k = 10^{-5}-10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$), mírně namrzavou, s nepatrnou výškou kapilární vztlávanosti h_s .

Vlastní násypové těleso je vybudované z prachovitého jílu pevné konzistence, s $I_c = 1.11$. Zemní plán představuje soudržná zemina, tř. F6 CI, nebezpečně namrzavá, nepropustná ($k < 3 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$), s kapilární vztlávaností $h_s = 2,40 \text{ m}$.

HPV nebyla sondou zjištěna. Vodní režim v koleji č. 2 je hodnocený jako příznivý, s ohledem na pevnou konzistenci jílu.

Zjištěný modul přetvárnosti v úrovni pláně železničního spodku $E_{pl} = 22,1$ MPa nesplňuje požadavek pro ZKPP (60 MPa), ani pro pláň železničního spodku navazující tratě (40 MPa). Vyhověl by nejvýše na zemní pláni. Pro předpokládanou jílovitou zemní pláň uvažovaný modul $E_0 = 12$ MPa, resp. $E_{0r} = 4,8$ MPa je rovněž zcela nevyhovující.

Při zvětšení mocnosti šterkového lože na potřebných 350 mm pod betonovými pražci, dojde navíc k odtěžení větší části písčité konstrukční vrstvy.

4.3 Kolej č. 3

Sonda K 19,713/3 - příloha č. 3.3

SZZ č. 3 - příloha č. 4.3

Vrstva kolejového lože „hk“ má pod betonovými pražci výrazně větší mocnost, než byla zjištěna v kolejích č. 1 a 2, celkem 47 cm. Šterkové lože je v úrovni pražců čisté, pod nimi nerovnoměrně znečištěné příměsí písku, klasifikované třídami G2 GP - G3 G-F. Část drážního šterku nepochybně sloužila ke zvýšení únosnosti podloží. Vizualně odlišitelné vrstvy nebyly pozorovány.

Těleso násypu/přísypu bylo v minulosti vybudované ze škváry, charakteru hlinitého písku, tř. S4 SM. Složení dokumentuje laboratorní vzorek č. 227. Z něho vyplývá, že popisovaná sypanina je nesoudržná a středně ulehlá, s relativní hutností v dolní polovině normového rozpětí pro zeminy středně ulehlé, $I_D = 0.35 - 0.50$, málo propustná ($k = 4,5 \cdot 10^{-6}$ m.s⁻¹), namrzavá, s výškou kapilární vzlinavosti h_s do 1,0 m. Navíc patří k materiálům obtížně hutnitelným a neodpovídajícím dnešním ekologickým standardům.

HPV nebyla sondáží zjištěna. Vodní režim v koleji č. 3 je klasifikovaný jako příznivý, vlivem zrnitostního složení sypaniny.

Pláň železničního spodku je totožná se zemní plání, tvořené škvárou, s $E_{pl} = E_0 = 20,7$ MPa. Nesplňuje požadavek pro ZKPP (60 MPa), pro pláň železničního spodku navazující tratě (40 MPa) a prakticky ani pro zemní pláň, když $E_{0r} = 18,6$ MPa.

5. ZÁVĚR

Z geotechnického průzkumu železničního spodku (pražcového podloží), provedeného v přechodové oblasti mostu v km 19,720 trati Kladno - Kralupy (žst. Otovice) je zřejmých několik stavebních etap, souvisejících s rozšiřováním kolejiště a s jeho opravami v minulosti.

Nevhodné vrstevní skladby, spolu s velmi nepříznivými vlastnostmi místních zemin a sypanin (jíl, škvára), podrobně charakterizovanými v předchozích kapitolách č. 4.1 - 4.3, vykazují zcela nedostatečné únosnosti, které nevyhovují požadavkům ani pro navazující trať, natož pro ZKPP.

Z těchto důvodů je nutné nově navrhnout celou přechodovou oblast mostu, zahrnující jak přechodový klín, tak i ZKPP. Vhodným řešením v místních geotechnických podmínkách by mohlo být spořádání přechodové oblasti dle obr. 5 přílohy 24 k SŽDC S4, s přechodovým

klínem zhotoveným z míchacího centra dovezené šterkodrti stabilizované cementem, na který naváže výběh ZKPP ze stejného materiálu tl. min. 300 mm. Krycí podkladní vrstva v jednotné tl. min. 200 mm bude vytvořena z únosné a dobře hutnitelné ŠD fr. 0 - 32 mm.

Současně se musí zvětšit mocnost drážního šterku pod pražci na tl. 350 mm.

Posouzení navržené ZKPP (TYP 6 dle příl. 6 k SŽDC S4) na únosnost a před účinky mrazu, v nejnepříznivějším místě v koleji č.2, obsahuje příloha č. 6.

Použití prosté ŠD by vyžadovalo vybudování konstrukčních vrstev v souhrnné mocnosti cca ≥ 800 mm, jejich řádné odvodnění a větší množství odtěženého materiálu ze stávajícího tělesa násypu.

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

Hradec Králové, 31. 12. 2018

Ing. Pavel Žaba
ředitel společnosti

Geotechnický průzkum železničního spodku



CÚZK - mapy KN

Podrobná situace sond

M 1 : 500

Otvovice - most v km 19,713 trati Kladno - Kralupy

Geotechnický průzkum železničního spodku

DOKUMENTACE KOPANÉ SONDY K 19,713/1

Název zakázky:	GTP PP - Most v km 19,720 trati Kladno - Kralupy			
Lokalizace sondy:	Žst. Otavovice, km 19,713 - v ose koleje č. 1			
Rozměry sondy:	0,65 x 0,35 m	Datum hloubení:	14. 12. 2018	
Hloubka sondy od TK:	0,75 m	Dokumentoval:	R. Kodym	
Hloubka [m] od - do	Makroskopický popis		SŽDC S4	ČSN EN ISO 14 688
0,00 0,18	Kolejnice + upevňovací		-	-
0,18 0,51	Betonový pražec tl. 16 - 20 cm, hnědošedý drážní štěr , silně znečištěný tmavě hnědou písčito-hlinitou zeminou, na povrchu řídký drn		G4 GM	sisGr
0,51 0,62	Štěrkodrt' fr. 0-100 mm, hnědošedá, ostrohranné destičkovité a roubíkovité úlomky s prachovito-písčitou zeminou		G3 G-F +Cb	saGr+Co
0,62 0,75	Lomový kámen , netříděný, se zrny do 30 cm (přes polovinu dna sondy), černošedý, s mezizrnou výplní šedožlutého jílu měkké konzistence		Cb,B +F6 CI	Co, Bo +clSi

Poznámky: - SZZ v hl. 0,56 m od TK

- modul přetvárnosti $E_{pl} = 38,5$ MPa; modul přetvárnosti $E_0 = 12,0$ MPa (odhad)

- redukovaný modul přetvárnosti $E_{or} = 4,8$ MPa (opravný součinitel $z = 0,40$)

Fotodokumentace

Hladina podzemní vody:	od 0,62 m pod TK mokrá jílovitá výplň
Vodní režim:	nepříznivý
Namrzavost zemní pláně:	nebezpečně namrzavá
Laboratorní vzorky:	-

DOKUMENTACE KOPANÉ SONDY K 19,713/2

Název zakázky:	GTP PP - Most v km 19,720 trati Kladno - Kralupy			
Lokalizace sondy:	Žst. Otavovice, km 19,713 - v ose koleje č. 2			
Rozměry sondy:	0,70 x 0,35 m; od 0,87 m vrt ø 60 mm	Datum hloubení:	14. 12. 2018	
Hloubka sondy od TK:	1,43 m	Dokumentoval:	R. Kodym	
Hloubka [m] od - do	Makroskopický popis		SŽDC S4	ČSN EN ISO 14 688
0,00 0,18	Kolejnice + upevňovací		-	-
0,18 0,54	Betonový pražec tl. 16 - 20 cm, hnědošedý drážní štěr , svrchu čistý, od půlky pražce a níže silně znečištěný černohnědým hlinitým pískem, místy porostlý řídkým drnem		G2 GP - - G4 GM	Gr - - sisaGr
0,54 0,61	Hlinitý písek , tmavě hnědý, hrubozrnný, s drobnými štěrčky do 1 cm, s občasným valounem do 5 cm a drážním štěrkem		S4 SM	grsiSa
0,61 0,87	Písek tmavě hnědý, hrubozrnný, s valouny ojed. až 10 cm		S3 S-F	grSa
0,87 1,43	Jíl prachovitý , šedožlutý, pevné konzistence, s drobnými štěrčky vel. 1 cm		F6 CI	grclSi

Poznámky: - SZZ v hl. 0,57 m od TK

- modul přetvárnosti $E_{pl} = 22,1$ MPa; modul přetvárnosti $E_0 = 12,0$ MPa (odhad)

- redukovaný modul přetvárnosti $E_{or} = 4,8$ MPa (opravný součinitel $z = 0.40$)

Fotodokumentace

Hladina podzemní vody:	nezjištěna
Vodní režim:	příznivý
Namrzavost zemní pláně:	nebezpečně namrzavá
Laboratorní vzorky:	226 3B: 0,90 - 1,40 m od TK

DOKUMENTACE KOPANÉ SONDY K 19,713/3

Název zakázky:	GTP PP - Most v km 19,720 trati Kladno - Kralupy			
Lokalizace sondy:	Žst. Otovice, km 19,713 - v ose koleje č. 3			
Rozměry sondy:	1,00 x 0,40 m; od 0,85 m vrt ø 60 mm	Datum hloubení:	14. 12. 2018	
Hloubka sondy od TK:	1,62 m	Dokumentoval:	R. Kodym	
Hloubka [m] od - do		Makroskopický popis		SŽDC S4
0,00	0,18	Kolejnice + upevňovací		-
0,18	0,85	Betonový pražec tl. 16 - 20 cm, hnědošedý dražní štěr , v úrovni pražců čistý, v intervalu 0,50 - 0,80 m znečištěný nerovnoměrnou příměsí světle hnědého vlhkého střednozrnného písku (větší ke svahu násypu, menší ke koleji č. 1)		G2 GP - - G3 G-F
0,85	1,62	Škvára , charakteru šedočerného písku se struskou		S4 SM

Poznámky: - SZZ v hl. 0,88 m od TK

- modul přetvárnosti $E_{pl} = E_0 = 20,7 \text{ MPa}$ - redukovaný modul přetvárnosti $E_{or} = 18,6 \text{ MPa}$ (opravný součinitel $z = 0,90$)**Fotodokumentace**

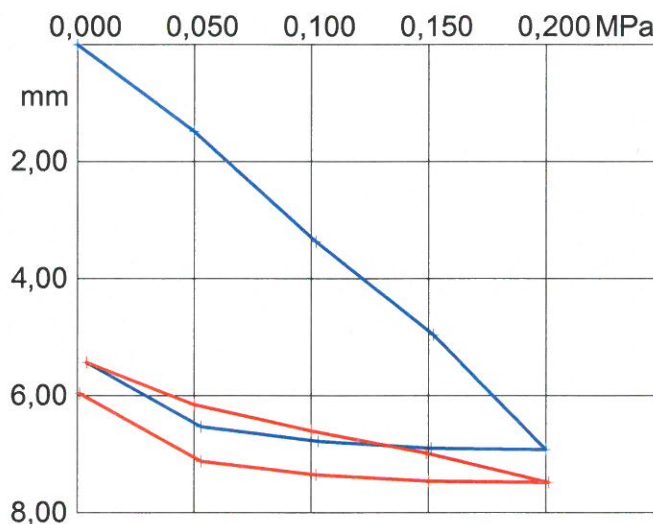
Hladina podzemní vody:	nezjištěna
Vodní režim:	příznivý
Namrzavost zemní pláně:	namrzavá
Laboratorní vzorky:	227 3B: 0,90 - 1,60 m od TK

PROTOKOL O STATICKÉ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠCE

Objednatel: TOP CON SERVIS, s.r.o., Praha
 Stavba a objekt: Most v km 19,720 trati Kladno - Kralupy

Začátek měření:	14.12.18 08:41	Místo:	žst. Otovice
Číslo zkoušky:	1	Staničení:	km 19,713 - kolej č. 2
Typ zařízení:	ECM-Static v.č. 100	Vzdál. od osy:	v ose
Typ zkoušky:	ČSN 72 1006/B	Zemina:	písek hlinitý, hrubozrný
Velikost desky:	300 mm	Podloží:	štěrkopísek, s valouny až 10 cm
Převodový poměr:	1:2	Počasí:	zataženo, -2°C
		Jméno:	Mgr. M. Štancí
		Pozn.1:	plán žel. spodku
		Pozn.2:	

	1.cyklus		2.cyklus	
	p/MPa	s/mm	p/MPa	s/mm
1	0,000	0,00	0,004	5,43
2	0,050	1,48	0,050	6,15
3	0,102	3,37	0,100	6,60
4	0,152	4,96	0,149	6,98
4	0,200	6,92	0,201	7,48
1	0,151	6,90	0,150	7,46
2	0,103	6,78	0,102	7,35
3	0,053	6,53	0,053	7,12
4	0,004	5,43	0,001	5,96



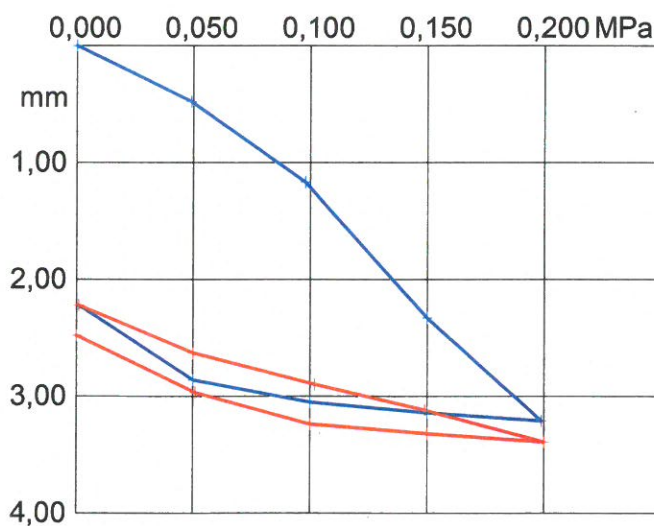
Modul přetvárnosti: E1= 6,5 MPa
 Modul přetvárnosti: E2= 22,1 MPa
 Poměr: E2/E1= 3,40

PROTOKOL O STATICKÉ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠCE

Objednatel: TOP CON SERVIS, s.r.o., Praha
 Stavba a objekt: Most v km 19,720 trati Kladno - Kralupy

Začátek měření:	14.12.18 09:22	Místo:	žst. Otovice
Číslo zkoušky:	2	Staničení:	km 19,713 - kolej. č. 1
Typ zařízení:	ECM-Static v.č. 190	Vzdál. od osy:	cca v ose
Typ zkoušky:	ČSN 72 1006/B	Zemina:	lomový kámen, silně zajílovaný, mokrá
Velikost desky:	300 mm	Podloží:	dtto
Převodový poměr:	1:2	Počasí:	zataženo, -2°C
		Jméno:	Mgr. M. Štancl
		Pozn.1:	plán železničního spodku
		Pozn.2:	

	1.cyklus		2.cyklus	
	p/MPa	s/mm	p/MPa	s/mm
	0,000	0,00	0,001	2,22
1	0,049	0,48	0,050	2,63
2	0,098	1,17	0,102	2,90
3	0,150	2,33	0,149	3,12
4	0,199	3,21	0,200	3,39
1	0,150	3,14	0,150	3,32
2	0,100	3,05	0,100	3,24
3	0,050	2,86	0,051	2,97
4	0,001	2,22	0,000	2,48



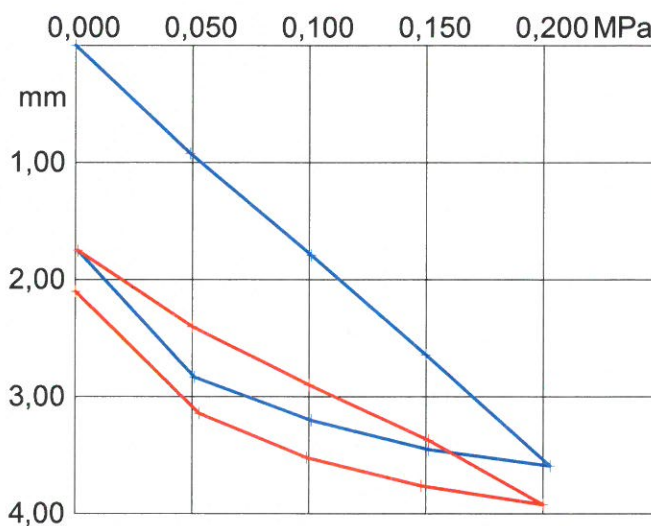
Modul přetvárnosti:	E1=	14,0 MPa
Modul přetvárnosti:	E2=	38,5 MPa
Poměr:	E2/E1=	2,75

PROTOKOL O STATICKÉ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠCE

Objednatel: TOP CON SERVIS, s.r.o., Praha
 Stavba a objekt: Most v km 19,720 trati Kladno - Kralupy

Začátek měření:	14.12.18 10:26	Místo:	žst. Otovice
Číslo zkoušky:	3	Staničení:	km 19,713 - kolej č. 3
Typ zařízení:	ECM-Static v.č. 100	Vzdál. od osy:	v ose
Typ zkoušky:	ČSN 72 1006/B	Zemina:	škvára
Velikost desky:	300 mm	Podloží:	dtto
Převodový poměr:	1:2	Počasí:	zataženo, -2°C
		Jméno:	Mgr. M. Štancí
		Pozn.1:	pláň žel. spodku = zemní pláň
		Pozn.2:	

	1.cyklus		2.cyklus	
	p/MPa	s/mm	p/MPa	s/mm
	0,000	0,00	0,001	1,75
1	0,049	0,92	0,050	2,40
2	0,101	1,79	0,100	2,90
3	0,150	2,64	0,151	3,37
4	0,203	3,59	0,200	3,92
1	0,151	3,45	0,148	3,76
2	0,101	3,20	0,099	3,52
3	0,051	2,83	0,053	3,14
4	0,001	1,75	0,000	2,10



Modul přetvárnosti: E1= 12,7 MPa
 Modul přetvárnosti: E2= 20,7 MPa
 Poměr: E2/E1= 1,63

LAHUČKÁ Blanka
laboratoř mechaniky zemin a analýzy stavebních vod

Zelená 238, 530 03 Pardubice
IČO 662 99 331, tel.: 731 473 400



NÁZEV AKCE : **Otvovice - most km 19.720, GTP PP**
ZAKÁZKOVÉ ČÍSLO : 50 - 2018
DATUM : 19.12.2018

POČTY ZPRACOVANÝCH VZORKŮ

porušené	: 2	neporušené	: 0
poloporušené	: 0	podzemní vody	: 0

Prohlašuji na svou odpovědnost, že požadovaná stanovení na 2 vzorcích zeminy z akce „Otvovice - most km 19.720, GTP PP“ jsou ve shodě s následujícími normami.

NORMY POUŽITÉ PŘI LABORATORNÍM ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ ZEMIN:

Laboratorní stanovení vlhkosti zemin	ČSN CEN ISO/TS 17892-1
Stanovení konzistenčních mezí	ČSN CEN ISO/TS 17892-12
Stanovení zrnitosti zemin	ČSN CEN ISO/TS 17892-4

URČENÍ KOEFICIENTU FILTRACE Z KŘIVKY ZRNITOSTI

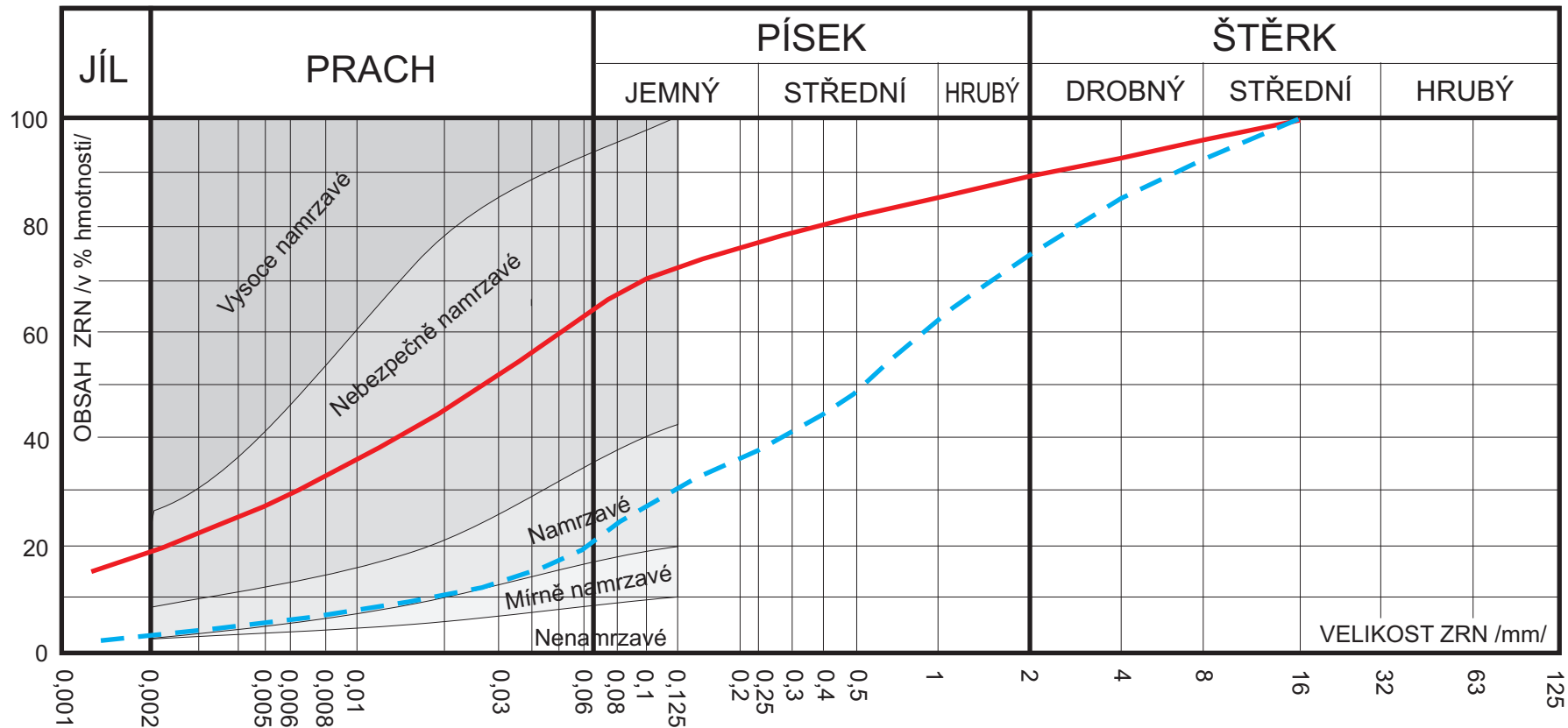
(Převzato z knihy Mallet, Pacquant)

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka [m]	Koeficient filtrace [m.s ⁻¹]
226	K 2. kolej	0,9 - 1,4	$< 3 \cdot 10^{-8}$
227	K 3. kolej	0,9 - 1,6	$4,5 \cdot 10^{-6}$

Název úkolu: Otavice - most km 19.720
Číslo úkolu: 50 - 2018

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 _L /%/	Mez plasticity w _P /%/	Index plasticity I _p	Index konzistence I _c	Klasifikace ČSN 73 6133	Název zeminy
—	226	K 2.kolej	0,9 - 1,4	17,3	36,0	19,2	16,8	1,11	F6 - CI	Jíl se střední plasticitou
- - -	227	K 3.kolej	0,9 - 1,6	23,9					S4 - SM	Písek hlinitý

Příloha

ZRNITOST A PLASTICITA ZEMIN

**Návrh a posouzení ZKPP v km 19,713 – kolej č.1-3 u mostního objektu
v km 19,720 trati Kladno - Kralupy**

Posouzení konstrukce na únosnost	
Typ trati	celostátní, pro rychlost $v < 120 \text{ km.h}^{-1}$
Navržená konstrukční vrstva	šterkodrt' fr. 0-32 mm
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_p = 0,20 \text{ m}$
Modul přetvárnosti šterkodrti	$E_1 = 80 \text{ MPa}$ při relativní hutnosti $I_D \geq 0.95$
Požadovaný modul přetvárnosti pláň železničního spodku	$E_{pl} = 60 \text{ MPa}$
Modul přetvárnosti na vrstvě ŠD s cementem tl. 0,30 m	$E_{pstab} = 60 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Výpočet koeficientu „ k_1 “	$k_1 = E_{pstab} / E_1 = 60 / 80 = 0,75$
Výpočet koeficientu „ k_2 “	$k_2 = h_p / D = 0,20 / 0,30 = 0,67$
Koeficient „ k_3 “ z diagramu na obr. 8 přílohy 6 SŽDC S4	$k_3 = 0,87$
Ekvivalentní modul přetvárnosti dvouvrstvé konstrukce žel. spodku	$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,87 \times 80 = 69,60 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{e1} \geq E_{pl}$	po dosazení: $69,60 \text{ MPa} \geq 60,00 \text{ MPa}$ vyhovuje
Posouzení ochrany zemní pláň před účinky mrazu	
Druh zemní pláň	jíl prachovitý tř. F6 CI pevné konzistence
Namrzavost	nebezpečně namrzavý
Konzistence zeminy	$I_c = 1.11$
Vodní režim	příznivý
Hloubka promrzání	$h_{pr} = 0,90 \text{ m}$
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD	$h_{sd} = 0,20 \text{ m}$
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 ($\text{W. m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	$\lambda_{sp} = 2,30$
Součinitel tepelné vodivosti vrstvy ze šterkodrti ($\text{W. m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	$\lambda_{sd} = 2,00$
Přepočtená tl. konstrukční vrstvy na šterkopísek dle tepelné vodivosti	$h_{sp} = (h_{sd} \times \lambda_{sp}) / \lambda_{sd} = (0,20 \times 2,30) / 2,00 = 0,23 \text{ m}$
Dovolená tloušťka promrznutí vrstvy ŠD s cementem	$h_{zdov} = 0,30 \text{ m}$
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: $0,90 \text{ m} \leq 0,55 \text{ m} + 0,23 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$ $0,90 \text{ m} \leq 1,08 \text{ m}$ vyhovuje
Navržená konstrukce pražcového podloží TYP 6	
Kolejové lože (betonové pražce)	tl. 0,35 m
Konstrukční vrstva ze šterkodrti	tl. 0,20 m
Vrstva ŠD s cementem	tl. 0,30 m
Paraplán (hloubka od LPP)	prachovitý jíl tř. F6 CI (0,85 m)

**Návrh a posouzení ZKPP v km 19,713 – kolej č.1-3 u mostního objektu
v km 19,720 trati Kladno - Kralupy**

Posouzení konstrukce na únosnost	
Typ trati	celostátní, pro rychlost $v < 120 \text{ km.h}^{-1}$
Navržená konstrukční vrstva	šterkodrt' fr. 0-32 mm
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_p = 0,20 \text{ m}$
Modul přetvárnosti šterkodrti	$E_1 = 80 \text{ MPa}$ při relativní hutnosti $I_D \geq 0.95$
Požadovaný modul přetvárnosti pláň železničního spodku	$E_{pl} = 60 \text{ MPa}$
Modul přetvárnosti na vrstvě ŠD s cementem tl. 0,30 m	$E_{pstab} = 60 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Výpočet koeficientu „ k_1 “	$k_1 = E_{pstab} / E_1 = 60 / 80 = 0,75$
Výpočet koeficientu „ k_2 “	$k_2 = h_p / D = 0,20 / 0,30 = 0,67$
Koeficient „ k_3 “ z diagramu na obr. 8 přílohy 6 SŽDC S4	$k_3 = 0,87$
Ekvivalentní modul přetvárnosti dvouvrstvé konstrukce žel. spodku	$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,87 \times 80 = 69,60 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{e1} \geq E_{pl}$	po dosazení: $69,60 \text{ MPa} \geq 60,00 \text{ MPa}$ vyhovuje
Posouzení ochrany zemní pláň před účinky mrazu	
Druh zemní pláň	jíl prachovitý tř. F6 CI pevné konzistence
Namrzavost	nebezpečně namrzavý
Konzistence zeminy	$I_c = 1.11$
Vodní režim	příznivý
Hloubka promrzání	$h_{pr} = 0,90 \text{ m}$
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD	$h_{sd} = 0,20 \text{ m}$
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 ($\text{W. m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	$\lambda_{sp} = 2,30$
Součinitel tepelné vodivosti vrstvy ze šterkodrti ($\text{W. m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	$\lambda_{sd} = 2,00$
Přepočtená tl. konstrukční vrstvy na šterkopísek dle tepelné vodivosti	$h_{sp} = (h_{sd} \times \lambda_{sp}) / \lambda_{sd} = (0,20 \times 2,30) / 2,00 = 0,23 \text{ m}$
Dovolená tloušťka promrznutí vrstvy ŠD s cementem	$h_{zdov} = 0,30 \text{ m}$
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: $0,90 \text{ m} \leq 0,55 \text{ m} + 0,23 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$ $0,90 \text{ m} \leq 1,08 \text{ m}$ vyhovuje
Navržená konstrukce pražcového podloží TYP 6	
Kolejové lože (betonové pražce)	tl. 0,35 m
Konstrukční vrstva ze šterkodrti	tl. 0,20 m
Vrstva ŠD s cementem	tl. 0,30 m
Paraplán (hloubka od LPP)	prachovitý jíl tř. F6 CI (0,85 m)

**Návrh a posouzení ZKPP v km 19,713 – kolej č.1-3 u mostního objektu
v km 19,720 trati Kladno - Kralupy**

Posouzení konstrukce na únosnost	
Typ trati	celostátní, pro rychlost $v < 120 \text{ km.h}^{-1}$
Navržená konstrukční vrstva	šterkodrt' fr. 0-32 mm
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_p = 0,20 \text{ m}$
Modul přetvárnosti šterkodrti	$E_1 = 80 \text{ MPa}$ při relativní hutnosti $I_D \geq 0.95$
Požadovaný modul přetvárnosti pláne železničního spodku	$E_{pl} = 60 \text{ MPa}$
Modul přetvárnosti na vrstvě ŠD s cementem tl. 0,30 m	$E_{pstab} = 60 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Výpočet koeficientu „ k_1 “	$k_1 = E_{pstab} / E_1 = 60 / 80 = 0,75$
Výpočet koeficientu „ k_2 “	$k_2 = h_p / D = 0,20 / 0,30 = 0,67$
Koeficient „ k_3 “ z diagramu na obr. 8 přílohy 6 SŽDC S4	$k_3 = 0,87$
Ekvivalentní modul přetvárnosti dvouvrstvé konstrukce žel. spodku	$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,87 \times 80 = 69,60 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{e1} \geq E_{pl}$	po dosazení: $69,60 \text{ MPa} \geq 60,00 \text{ MPa}$ vyhovuje
Posouzení ochrany zemní pláne před účinky mrazu	
Druh zemní pláne	jíl prachovitý tř. F6 CI pevné konzistence
Namrzavost	nebezpečně namrzavý
Konzistence zeminy	$I_c = 1.11$
Vodní režim	příznivý
Hloubka promrzání	$h_{pr} = 0,90 \text{ m}$
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD	$h_{sd} = 0,20 \text{ m}$
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 ($W. m^{-1}. K^{-1}$)	$\lambda_{sp} = 2,30$
Součinitel tepelné vodivosti vrstvy ze šterkodrti ($W. m^{-1}. K^{-1}$)	$\lambda_{sd} = 2,00$
Přepočtená tl. konstrukční vrstvy na šterkopísek dle tepelné vodivosti	$h_{sp} = (h_{sd} \times \lambda_{sp}) / \lambda_{sd} = (0,20 \times 2,30) / 2,00 = 0,23 \text{ m}$
Dovolená tloušťka promrznutí vrstvy ŠD s cementem	$h_{zdov} = 0,30 \text{ m}$
Tloušťka kolejového lože od úložné plochy (pro betonové pražce)	$h_k = 0,55 \text{ m}$
Požadavek ochrany zemní pláne před mrazem $h_{pr} \leq h_k + h_{sp} + h_{zdov}$	po dosazení: $0,90 \text{ m} \leq 0,55 \text{ m} + 0,23 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$ $0,90 \text{ m} \leq 1,08 \text{ m}$ vyhovuje
Navržená konstrukce pražcového podloží TYP 6	
Kolejové lože (betonové pražce)	tl. 0,35 m
Konstrukční vrstva ze šterkodrti	tl. 0,20 m
Vrstva ŠD s cementem	tl. 0,30 m
Paraplán (hloubka od LPP)	prachovitý jíl tř. F6 CI (0,85 m)

**Návrh a posouzení ZKPP v km 19,713 – kolej č.1-3 u mostního objektu
v km 19,720 trati Kladno - Kralupy**

Posouzení konstrukce na únosnost	
Typ trati	celostátní, pro rychlost $v < 120 \text{ km.h}^{-1}$
Navržená konstrukční vrstva	šterkodrt' fr. 0-32 mm
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_p = 0,20 \text{ m}$
Modul přetvárnosti šterkodrti	$E_1 = 80 \text{ MPa}$ při relativní hutnosti $I_D \geq 0.95$
Požadovaný modul přetvárnosti pláň železničního spodku	$E_{pl} = 60 \text{ MPa}$
Modul přetvárnosti na vrstvě ŠD s cementem tl. 0,30 m	$E_{pstab} = 60 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Výpočet koeficientu „ k_1 “	$k_1 = E_{pstab} / E_1 = 60 / 80 = 0,75$
Výpočet koeficientu „ k_2 “	$k_2 = h_p / D = 0,20 / 0,30 = 0,67$
Koeficient „ k_3 “ z diagramu na obr. 8 přílohy 6 SŽDC S4	$k_3 = 0,87$
Ekvivalentní modul přetvárnosti dvouvrstvé konstrukce žel. spodku	$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,87 \times 80 = 69,60 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{e1} \geq E_{pl}$	po dosazení: $69,60 \text{ MPa} \geq 60,00 \text{ MPa}$ vyhovuje
Posouzení ochrany zemní pláň před účinky mrazu	
Druh zemní pláň	jíl prachovitý tř. F6 CI pevné konzistence
Namrzavost	nebezpečně namrzavý
Konzistence zeminy	$I_c = 1.11$
Vodní režim	příznivý
Hloubka promrzání	$h_{pr} = 0,90 \text{ m}$
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD	$h_{sd} = 0,20 \text{ m}$
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 ($\text{W. m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	$\lambda_{sp} = 2,30$
Součinitel tepelné vodivosti vrstvy ze šterkodrti ($\text{W. m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	$\lambda_{sd} = 2,00$
Přepočtená tl. konstrukční vrstvy na šterkopísek dle tepelné vodivosti	$h_{sp} = (h_{sd} \times \lambda_{sp}) / \lambda_{sd} = (0,20 \times 2,30) / 2,00 = 0,23 \text{ m}$
Dovolená tloušťka promrznutí vrstvy ŠD s cementem	$h_{zdov} = 0,30 \text{ m}$
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: $0,90 \text{ m} \leq 0,55 \text{ m} + 0,23 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$ $0,90 \text{ m} \leq 1,08 \text{ m}$ vyhovuje
Navržená konstrukce pražcového podloží TYP 6	
Kolejové lože (betonové pražce)	tl. 0,35 m
Konstrukční vrstva ze šterkodrti	tl. 0,20 m
Vrstva ŠD s cementem	tl. 0,30 m
Paraplán (hloubka od LPP)	prachovitý jíl tř. F6 CI (0,85 m)