

**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

# **NÁVRH A POSOUZENÍ PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ**

**Žst. Hodkovice nad Mohelkou  
Km 137,063 - 137,285 kolej č. 1 a 2**

## **OBSAH**

### Textová část:

- 1. Úvod** - str. 2
- 2. Geologické a hydrogeologické poměry území** - str. 3
- 3. Návrhy pražcového podloží** - str. 3
  - 3.1 Pražcové podloží 1. kolej - str. 4
  - 3.2 Pražcové podloží 2. kolej - str. 4
  - 3.3 Pražcové podloží výhybka č. 1 - str. 4
- 4. Závěr** - str. 5

### Přílohy:

- 1. Dokumentace kopané sondy KS8
- 2. Návrh a posouzení PP na únosnost a před účinky mrazu
  - 2.1 Návrh a posouzení PP kolej č. 1
  - 2.2 Návrh a posouzení PP kolej č. 2
  - 2.3 Návrh a posouzení PP výhybka č. 1 (varianta se ŠD)
  - 2.4 Návrh a posouzení PP výhybka č. 1 (varianta s SC)

## 1. ÚVOD

Předmětem zprávy je návrh nové konstrukce železničního spodku (pražcového podloží) ve staniční km 137,063 - 137,285 1. a 2. koleje v žst. Hodkovice nad Mohelkou na trati Turnov - Liberec.

Jedná se o trať s následujícími parametry:

	1. kolej	2. kolej	Výhybka č. 1
Maximální navrhovaná rychlost (km.h <sup>-1</sup> )	85	60	85
Provozní zatížení v mil. hrt/rok	< 2	< 2	2,3
Minimální požadovaný modul přetvárnosti na zemní pláni $E_{min,ZP}$ (MPa)	20	15	30
Minimální požadovaný modul přetvárnosti na pláni tělesa železničního spodku $E_{min,PL}$ (MPa)	40	30	50

Získané výsledky slouží jako podklad k vypracování projektové dokumentace na jeho opravu.

Objednatel: PRODIN a. s., K Vápence 2745, 530 02 Pardubice

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

Kraj: Liberecký

Katastrální území: Hodkovice nad Mohelkou - kód 640344

K vyhodnocení zakázky zadavatel poskytl v elektronické podobě, ve formátu pdf:

- archivní geotechnický průzkum z března r. 2014, zhotovený SUDOPem Praha, a.s., stř. 207 Geotechniky, v rámci akce "Odstranění propadů traťové rychlosti v úseku Turnov - Liberec",
- příčný řez P3 1. a 2. kolejí.

Návrh nové konstrukce PP a její posouzení na únosnost a před účinky mrazu vychází z přílohy 8 předpisu SŽ S4 - Železniční spodek (účinnost od 1. 1. 2021) a z kopané sondy KS8 převzaté z archivního GTP, doložené v příloze č. 1 předkládané zprávy.

Jako vstupní údaje do výpočtů byly ze sondy použity následující geotechnické charakteristiky zemního prostředí:

- zemina tř. F6 CI, s tuhou až pevnou konzistencí, jejíž kvalita s hloubkou klesá, nepropustná, nebezpečně namrzavá,
- vodní režim nepříznivý,
- redukovaný modul přetvárnosti zemní pláně  $E_{0r} = 6,0$  MPa.

Dále byla stanovena hloubka promrzání pro nadmořskou výšku 370 - 375 m n. m. a hodnotu indexu  $Imn = 424^{\circ}\text{C}.\text{den}$  (tab. 1 příl. 7 SŽ S4), která dle vztahu  $h_{pr} = 0,045 \times \sqrt{424}$  činí 0,93 m.

## **2. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY ÚZEMÍ**

Geomorfologicky náleží Hodkovice nad Mohelkou do oblasti Severočeská tabule, podcelku Turnovská pahorkatina a okrsku Hodkovická kotlina (kód VIA-2A-d), s výrazně rozčleněným erozně-denudačním reliéfem, ovlivněným geologickou stavbou a jejím tektonickým porušením zlomy směrů SZ - JV a SSZ - JJV.

Předkvartérní podloží budují diageneticky zpevněné sedimentární horniny - aleuropelity a psamity, náležející k severovýchodnímu okraji české křídové pánve. Reprezentují je cenomanské pískovce a vápnité jílovce - slínovce jizersko-bělohorského souvrství, které vytvářejí pruhy přibližně směru SZ - JV. Na povrch většinou nevystupují, jsou slabě zpevněné, resp. silně a hluboko zvětralé, svrchu rozložené na zeminová eluvia. Jejich strop je možné očekávat v hloubce 3 - 6 m p. t.

Křídové horniny v prostoru žst. Hodkovice nad Mohelkou zastírají pokryvné sedimenty, dominantně deluviální geneze. Jejich mocnost se obvykle zvětšuje k patě svahu a jihozápadním směrem. Mají většinou jemnozrnný vývoj a snížené konzistence. Na složení se podílejí hlavně přepravené a resedimentované sprašové hlíny a jílovitá eluvia - charakteru žlutošedých a zelenošedých prachovitých a vysoce plastických jílů, s lokální příměsí písku, případně štěrku.

Nejsvrchnější část vrstevního profilu představují uloženiny antropogenního původu/ navážky, tvořené konstrukčními vrstvami pražcového podloží (drážní štěrk, jílovitý písek či jílovitý štěrk) o sumární mocnosti do 1 m. Dále sem patří též tělesa násypů, vybudovaná vesměs z místních zemin získaných těžbou.

Z hlediska hydrogeologického členění ČR patří zájmové místo do rajónu základní vrstvy 4410 Jizerská křída pravobřežní, s jediným kolektorem vázaným na průlinově propustné pískovce jizerského souvrství. S ohledem na morfologii území a jemnozrnný kvartérní pokryv podzemní voda v pravém smyslu slova nebude zastižena. Možné jsou lokální průsaky z propustnějších partií deluviálních sedimentů, nebo lokálně zvodněné partie štěrkového lože díky nedokonalému nebo nefunkčnímu odvodnění (viz sonda KS8).

Žst. Hodkovice nad Mohelkou spadá do povodí 4. řádu Bezděčinského potoka, číslo hydrologického pořadí 1-05-02-0350-0-00, protékajícího cca 400 m jižně od železniční stanice.

Úsek železniční trati s žst., s podložím budovaným křídovými horninami, náleží do CHOPAV č. 215 Severočeská křída. Není tu vymezené žádné OP podzemních vodních zdrojů.

## **3. NÁVRHY PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ**

Prakticky v celé žst. zemní pláň / subpláň budují soudržné jemnozrnné zeminy - deluviální jíly se střední plasticitou, třídy F6 CI, tuhé až pevné konzistence, cca s  $I_c = 0.80 - 1.00$ . Jedná se o zeminy velmi nepříznivých geotechnických vlastností, s velmi nízkou únosností  $E_f = 6,0$  MPa, zcela nevyhovující pro zemní pláň.

### **3.1 PRAŽCOVÉ PODLOŽÍ - 1. kolej**

Pro splnění požadavků únosnosti, stanovených předpisem SŽ S4,  $E_{\min,ZP} = 20$  MPa a  $E_{\min,PL} = 40$  MPa je navržena následující konstrukce PP v celkové mocnosti 0,95 m:

- kolejové lože pod betonovým pražcem ... tl. 0,35 m
- konstrukční vrstva ze ŠD 0/32 kv ..... tl. 0,20 m
- podkladní vrstva z recyklované ŠD ..... tl. 0,40 m
- geotextilie separační ..... GTX S
- subpláš jíl tř. F6 CI

Výpočet únosnosti a ochrany před účinky mrazu je doložený v příloze č. 2.1.

### **3.2 PRAŽCOVÉ PODLOŽÍ - 2. kolej**

Ke splnění požadované únosnosti, stanovené předpisem SŽ S4,  $E_{\min,ZP} = 15$  MPa a  $E_{\min,PL} = 30$  MPa je navržena následující konstrukce PP v celkové mocnosti 0,80 m:

- kolejové lože pod betonovým pražcem ... tl. 0,35 m
- konstrukční vrstva ze ŠD 0/32 kv .....tl. 0,20 m
- podkladní vrstva z recyklované ŠD ..... tl. 0,25 m
- geotextilie separační ..... GTX S
- subpláš jíl tř. F6 CI

Výpočet únosnosti a ochrany před účinky mrazu je doložený v příloze č. 2.2.

### **3.3 PRAŽCOVÉ PODLOŽÍ - výhybka č. 1**

Pro splnění požadavků únosnosti, stanovených předpisem SŽ S4,  $E_{\min,ZP} = 30$  MPa a  $E_{\min,PL} = 50$  MPa je navržena konstrukce PP ve dvou řešeních, a to za použití jen nesoudržných sypanin a dále kombinace cementové stabilizace a ŠD:

Varianta se ŠD v sumární mocnosti 1,10 m:

- kolejové lože pod betonovým pražcem ... tl. 0,35 m
- konstrukční vrstva ze ŠD 0/32 kv ..... tl. 0,25 m
- podkladní vrstva z recyklované ŠD ..... tl. 0,50 m
- geotextilie separační ..... GTX S
- subpláš jíl tř. F6 CI

Výpočet únosnosti a ochrany před účinky mrazu je součástí přílohy č. 2.3.

Varianta s SC a ŠD v sumární mocnosti 0,85 m:

- kolejové lože pod betonovým pražcem ..... tl. 0,35 m
- konstrukční vrstva ze ŠD 0/32 kv ..... tl. 0,20 m
- podkladní vrstva ze stabilizace SC 0/32, C5/6 . tl. 0,30 m
- subpláš jíl tř. F6 CI

Výpočet únosnosti a ochrany před účinky mrazu tvoří přílohu č. 2.4.

#### **4. ZÁVĚR**

Prakticky v celé žst. Hodkovice nad Mohelkou zemní pláň / subpláň budují soudržné jemnozrnné zeminy - deluviální jíly se střední plasticitou, třídy F6 CI, tuhé až pevné konzistence, cca s  $I_c = 0.80 - 1.00$ . Jedná se o zeminy velmi nepříznivých geotechnických vlastností, s velmi nízkou únosností  $E_r = 6,0$  MPa, zcela nevyhovující pro zemní pláň. ŠL má proměnlivé mocnosti a většinou je silně znečištěné jemnozrnnými zeminami.

Obě staniční koleje č. 1 a 2 i výhybka č. 1 mají s ohledem na odlišné rychlosti a velikosti provozního zatížení rozdílné hodnoty únosnosti, a to jak na zemní pláni, tak i na pláni železničního spodku. Splnění únosností v úrovni obou plání, požadovaných předpisem SŽ S4, je řešeno pomocí výměny zemní pláně za recyklovanou ŠD a s konstrukční vrstvou ze ŠD 0/32 kv, ve vrstvách taktéž rozdílné mocnosti.

U výhybky č. 1 je výměna zemní pláně variantně navržena ještě s podkladní vrstvou z cementové stabilizace dovezené z míchacího centra, typu SC 0/32 s tř. pevnosti C 5/6 v tl. 0,30 m, překrytou konstrukční vrstvou ze ŠD 0/32 kv v tl. 0,20 m,

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

Hradec Králové, 3. 9. 2021

Ing. Pavel Žaba  
ředitel společnosti

# Dokumentace kopané sondy : KS8

Číslo zakázky : 14-027

Název zakázky : Odstranění propadů rychlosti v úseku Turnov - Liberec

Traťový úsek : žst. Hodkovice nad Mohelkou

Nové staničení sondy : 137.250 km

Staré staničení sondy : 137.250 km

Číslo koleje : 1 (1)

Umístění sondy : vlevo

Vzdálenost od osy : 0.80 m

Rozměry dna sondy : 0.40 x 0.40 m

Typ pražce : dřevěný

Nadm. výška TK : 0.000 m n. m.

Dokumentoval : O. Pour

Datum provedení sondy : 13.2.2014

Morfologie trati : násep

Zatřídění na zemní pláni : F6/C1

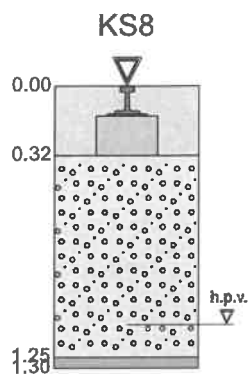
Zatěžovací zkouška od TK : nebyla provedena

Počátek dynam. penetrace : 1.30 m

Hloubka podzemní vody : 1.10 m

Odebrané vzorky :

Poznámka : Zatěžovací zkouška nebyla z důvodu neposkytnutí výluky realizována



Geotechnické charakteristiky zemní pláně :

Kvalita do hloubky : klesá

Vodní režim : nepříznivý

Namrzavost : nebezpečně namrzavé

Modul přetvárnosti  $E_o = 10.0$  MPa (kvalifikovaný odhad)

Opravný koeficient  $z = 0.6$

Redukovaný modul přetv.  $E_{or} = 6.0$  MPa

Hloubka (m) Dokumentace : (0.00 = temeno nepřevýšené kolejnice)

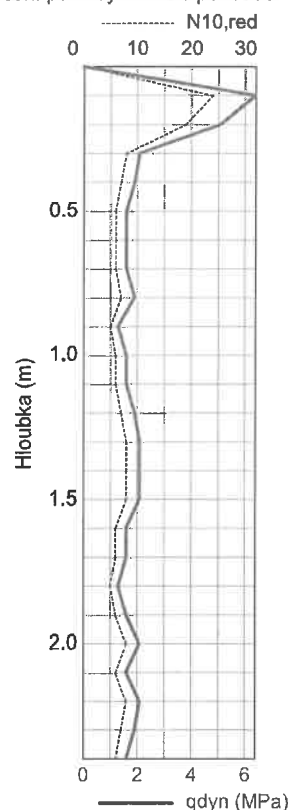
0.00 - 0.32 - Pražec dřevěný

0.32 - 1.25 - Štěrkové lože čisté , při bázi jemnozrnnější frakce

1.25 - 1.30 - Jíl se střední plasticitou , tuhý až pevný, světle hnědý, slabě slídnatý, s občasnými valouny do 3 cm

Statická zatěžovací zkouška nebyla provedena.

Grafické vyhodnocení polní dynamické penetrační zkoušky :



## Data k polním zkouškám kopané sondy : KS8

Polní dynamická penetrační zkouška :

Typ soupravy : LDP 10

Hmotnost beranu : 10 kg

Výška pádu beranu : 0.5 m

Počáteční počet tyčí : 2

Počátek DP pod TK : 1.30 m

Hloubka penetrace : 2.40 m

hl.(m)	N10	N10red	pdyn(MPa)
0.10	24	24.0	6.4
0.2	19	19.0	5.1
0.3	8	8.0	2.1
0.4	7	7.0	1.9
0.5	6	6.0	1.6
0.6	6	6.0	1.6
0.7	6	6.0	1.6
0.8	7	7.0	1.9
0.9	5	5.0	1.3
1.0	6	6.0	1.6
1.1	6	6.0	1.6
1.2	7	7.0	1.9
1.3	8	8.0	2.1
1.4	8	8.0	2.1
1.5	8	8.0	2.1
1.6	6	6.0	1.6
1.7	6	6.0	1.6
1.8	5	5.0	1.3
1.9	6	6.0	1.6
2.0	8	8.0	2.1
2.1	6	6.0	1.6
2.2	8	8.0	2.1
2.3	7	7.0	1.9
2.4	6	6.0	1.6

hl.(m)	moment(N.m)
1.0	0
2.0	0
3.0	0

Statická zatěžovací zkouška nebyla provedena.



**Návrh a posouzení PP v žst. Hodkovice nad Mohelkou,  
km 137,063 - 137,285 kolej č. 1**

<b>Posouzení únosnosti (výměna zemní pláň)</b>	
Typ trati	$V_{\max} = 85 \text{ km.h}^{-1}$ ; provozní zatížení $< 2 \text{ mil. hrt/rok}$
Navržená podkladní vrstva	recyklovaná ŠD
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_1 = 0,40 \text{ m}$
Modul deformace recyklované ŠD	$E_{\text{mat}} = 70 \text{ MPa}$
Požadovaný modul přetvárnosti zemní pláň	$E_{\text{min,ZP}} = 20 \text{ MPa}$
Charakteristický modul deformace subpláň	$E_{\text{ch}} = 6,0 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Součinitel únosnosti „ $k_1$ “	$k_1 = E_{\text{ch}} / E_{\text{mat}} = 6 / 70 = 0,09$
Součinitel tloušťky podkladní vrstvy „ $k_2$ “	$k_2 = h_1 / D = 0,40 / 0,30 = 1,33$
Ekvivalentní modul přetvárnosti na zemní pláni $E_{\text{e,ZP}}$	$E_{\text{e,ZP}} = E_{\text{ch}} / (1 - 2/\pi \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,ZP}} = 6 / (1 - 2/\pi \times (1 - 0,09^{1,4}) \times \arctg(1,33 \times 0,09^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,ZP}} = 29,90 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{\text{e,ZP}} \geq E_{\text{min,ZP}}$	po dosazení: <b>29,90 MPa <math>\geq</math> 20,00 MPa vyhovuje</b>
<b>Posouzení celé konstrukce na únosnost</b>	
Navržená konstrukční vrstva	šterkodrt' ŠD 0/32 kv
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_2 = 0,20 \text{ m}$
Modul deformace ŠD 0/32 kv	$E_{\text{mat}} = 70 \text{ MPa}$
Požadovaný modul přetvárnosti pláň železničního spodku PP	$E_{\text{min,PL}} = 40 \text{ MPa}$
Modul přetvárnosti zemní pláň z recyklované ŠD	$E_{\text{ch}} = 29 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Součinitel únosnosti „ $k_1$ “	$k_1 = E_{\text{ch}} / E_{\text{mat}} = 29 / 70 = 0,41$
Součinitel tloušťky konstrukční vrstvy „ $k_2$ “	$k_2 = h_2 / D = 0,20 / 0,30 = 0,67$
Ekvivalentní modul přetvárnosti na pláni železničního spodku $E_{\text{e,PL}}$	$E_{\text{e,PL}} = E_{\text{ch}} / (1 - 2/\pi \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,PL}} = 29 / (1 - 2/\pi \times (1 - 0,41^{1,4}) \times \arctg(0,67 \times 0,41^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,PL}} = 44,10 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{\text{e,PL}} \geq E_{\text{min,PL}}$	po dosazení: <b>44,10 MPa <math>\geq</math> 40,00 MPa vyhovuje</b>
<b>Posouzení ochrany konstrukce PP před účinky mrazu</b>	
Druh zemní pláň	výměna za recyklovanou ŠD
Hloubka promrzání (pro $I_{\text{mn}} = 424^\circ\text{C.den}$ ) $h_{\text{pr}} = 0,045 \times \sqrt{424}$	$h_{\text{pr}} = 0,93 \text{ m}$
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD 0/32	$h_2 = 0,20 \text{ m}$
Navržená podkladní vrstva z recykl. ŠD	$h_1 = 0,40 \text{ m}$
Tloušťka kolejového lože od úložné plochy (pro betonové pražce)	$h_{\text{kl}} = 0,55 \text{ m}$
Požadavek ochrany konstrukce PP před mrazem $h_{\text{pr}} \leq h_{\text{pr}, \text{kpp}}$ $h_{\text{pr}} \leq h_{\text{kl}} + h_2 + h_1$	po dosazení: $0,93 \text{ m} \leq 0,55 \text{ m} + 0,20 \text{ m} + 0,40 \text{ m}$ $0,93 \text{ m} \leq 1,15 \text{ m}$ <b>vyhovuje</b>

<b>Výsledná navržená konstrukce pražcového podloží</b>	
Kolejové lože pod betonovým pražcem	<b>tl. 0,35 m</b>
Konstrukční vrstva ze štěrkodrti	<b>tl. 0,20 m ŠD 0/32 kv</b>
Podkladní vrstva z recyklované ŠD	<b>tl. 0,40 m</b>
Geotextilie separační	<b>GTX S</b>
Subpláš (hloubka od LPP)	<b>jíl tuhý až pevný tř. F6 CI (0,95 m)</b>

**Návrh a posouzení PP v žst. Hodkovice nad Mohelkou,  
km 137,063 - 137,285 kolej č. 2**

<b>Posouzení únosnosti (výměna zemní pláň)</b>	
Typ trati	$V_{\max} = 60 \text{ km.h}^{-1}$ ; provozní zatížení < 2 mil. hrt/rok
Navržená podkladní vrstva	recyklovaná ŠD
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_1 = 0,25 \text{ m}$
Modul deformace recyklované ŠD	$E_{\text{mat}} = 70 \text{ MPa}$
Požadovaný modul přetvárnosti zemní pláň	$E_{\text{min,ZP}} = 15 \text{ MPa}$
Charakteristický modul deformace subpláň	$E_{\text{ch}} = 6,0 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Součinitel únosnosti „ $k_1$ “	$k_1 = E_{\text{ch}} / E_{\text{mat}} = 6 / 70 = 0,09$
Součinitel tloušťky podkladní vrstvy „ $k_2$ “	$k_2 = h_1 / D = 0,25 / 0,30 = 0,83$
Ekvivalentní modul přetvárnosti na zemní pláni $E_{\text{e,ZP}}$	$E_{\text{e,ZP}} = E_{\text{ch}} / (1 - 2/\pi \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,ZP}} = 6 / (1 - 2/\pi \times (1 - 0,09^{1,4}) \times \arctg(0,83 \times 0,09^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,ZP}} = 20,50 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{\text{e,ZP}} \geq E_{\text{min,ZP}}$	po dosazení: <b>20,50 MPa <math>\geq</math> 15,00 MPa vyhovuje</b>
<b>Posouzení celé konstrukce na únosnost</b>	
Navržená konstrukční vrstva	šterkodrt' ŠD 0/32 kv
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_2 = 0,20 \text{ m}$
Modul deformace ŠD 0/32 kv	$E_{\text{mat}} = 70 \text{ MPa}$
Požadovaný modul přetvárnosti pláň železničního spodku PP	$E_{\text{min,PL}} = 30 \text{ MPa}$
Modul přetvárnosti zemní pláň z recyklované ŠD	$E_{\text{ch}} = 20 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Součinitel únosnosti „ $k_1$ “	$k_1 = E_{\text{ch}} / E_{\text{mat}} = 20 / 70 = 0,29$
Součinitel tloušťky konstrukční vrstvy „ $k_2$ “	$k_2 = h_2 / D = 0,20 / 0,30 = 0,67$
Ekvivalentní modul přetvárnosti na pláni železničního spodku $E_{\text{e,PL}}$	$E_{\text{e,PL}} = E_{\text{ch}} / (1 - 2/\pi \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,PL}} = 29 / (1 - 2/\pi \times (1 - 0,29^{1,4}) \times \arctg(0,67 \times 0,29^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,PL}} = 35,60 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{\text{e,PL}} \geq E_{\text{min,PL}}$	po dosazení: <b>35,60 MPa <math>\geq</math> 30,00 MPa vyhovuje</b>
<b>Posouzení ochrany konstrukce PP před účinky mrazu</b>	
Druh zemní pláň	výměna za recyklovanou ŠD
Hloubka promrzání (pro $I_{\text{mn}} = 424^\circ\text{C.den}$ ) $h_{\text{pr}} = 0,045 \times \sqrt{424}$	$h_{\text{pr}} = 0,93 \text{ m}$
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD 0/32	$h_2 = 0,20 \text{ m}$
Navržená podkladní vrstva z recykl. ŠD	$h_1 = 0,25 \text{ m}$
Tloušťka kolejového lože od úložné plochy (pro betonové pražce)	$h_{\text{kl}} = 0,55 \text{ m}$
Požadavek ochrany konstrukce PP před mrazem $h_{\text{pr}} \leq h_{\text{pr}} + h_{\text{pp}}$ $h_{\text{pr}} \leq h_{\text{kl}} + h_2 + h_1$	po dosazení: $0,93 \text{ m} \leq 0,55 \text{ m} + 0,20 \text{ m} + 0,25 \text{ m}$ $0,93 \text{ m} \leq 1,00 \text{ m}$ <b>vyhovuje</b>

Výsledná navržená konstrukce pražcového podloží	
Kolejové lože pod betonovým pražcem	<b>tl. 0,35 m</b>
Konstrukční vrstva ze štěrkodrti	<b>tl. 0,20 m ŠD 0/32 kv</b>
Podkladní vrstva z recyklované ŠD	<b>tl. 0,25 m</b>
Geotextilie separační	<b>GTX S</b>
Subpláň (hloubka od LPP)	<b>jíl tuhý až pevný tř. F6 CI (0,80 m)</b>

**Návrh a posouzení PP v žst. Hodkovice nad Mohelkou,  
km 137,063 - 137,285 výhybka č. 1 (varianta se ŠD)**

<b>Posouzení únosnosti (výměna zemní pláně)</b>	
Typ trati	$V_{\max} = 85 \text{ km.h}^{-1}$ ; provozní zatížení 2,3 mil. hrt/rok
Navržená podkladní vrstva	recyklovaná ŠD
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_1 = 0,50 \text{ m}$
Modul deformace recyklované ŠD	$E_{\text{mat}} = 70 \text{ MPa}$
Požadovaný modul přetvárnosti zemní pláně	$E_{\text{min,ZP}} = 30 \text{ MPa}$
Charakteristický modul deformace subpláně	$E_{\text{ch}} = 6,0 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Součinitel únosnosti „ $k_1$ “	$k_1 = E_{\text{ch}} / E_{\text{mat}} = 6 / 70 = 0,09$
Součinitel tloušťky podkladní vrstvy „ $k_2$ “	$k_2 = h_1 / D = 0,50 / 0,30 = 1,67$
Ekvivalentní modul přetvárnosti na zemní pláni $E_{\text{e,ZP}}$	$E_{\text{e,ZP}} = E_{\text{ch}} / (1 - 2/\pi \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,ZP}} = 6 / (1 - 2/\pi \times (1 - 0,09^{1,4}) \times \arctg(1,67 \times 0,09^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,ZP}} = 35,70 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{\text{e,ZP}} \geq E_{\text{min,ZP}}$	po dosazení: <b>35,70 MPa <math>\geq</math> 30,00 MPa vyhovuje</b>
<b>Posouzení celé konstrukce na únosnost</b>	
Navržená konstrukční vrstva	šterkodrt' ŠD 0/32 kv
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_2 = 0,25 \text{ m}$
Modul deformace ŠD 0/32 kv	$E_{\text{mat}} = 70 \text{ MPa}$
Požadovaný modul přetvárnosti pláně železničního spodku PP	$E_{\text{min,PL}} = 50 \text{ MPa}$
Modul přetvárnosti zemní pláně z recyklované ŠD	$E_{\text{ch}} = 35 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Součinitel únosnosti „ $k_1$ “	$k_1 = E_{\text{ch}} / E_{\text{mat}} = 35 / 70 = 0,50$
Součinitel tloušťky konstrukční vrstvy „ $k_2$ “	$k_2 = h_2 / D = 0,25 / 0,30 = 0,83$
Ekvivalentní modul přetvárnosti na pláni železničního spodku $E_{\text{e,PL}}$	$E_{\text{e,PL}} = E_{\text{ch}} / (1 - 2/\pi \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,PL}} = 35 / (1 - 2/\pi \times (1 - 0,50^{1,4}) \times \arctg(0,83 \times 0,50^{-0,4})) \text{ rad}$
	$E_{\text{e,PL}} = 52,20 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{\text{e,PL}} \geq E_{\text{min,PL}}$	po dosazení: <b>52,20 MPa <math>\geq</math> 50,00 MPa vyhovuje</b>
<b>Posouzení ochrany konstrukce PP před účinky mrazu</b>	
Druh zemní pláně	výměna za recyklovanou ŠD
Hloubka promrzání (pro $I_{\text{mn}} = 424^\circ\text{C.den}$ ) $h_{\text{pr}} = 0,045 \times \sqrt{424}$	$h_{\text{pr}} = 0,93 \text{ m}$
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD 0/32	$h_2 = 0,25 \text{ m}$
Navržená podkladní vrstva z recykl. ŠD	$h_1 = 0,50 \text{ m}$
Tloušťka kolejového lože od úložné plochy (pro betonové pražce)	$h_{\text{kl}} = 0,55 \text{ m}$
Požadavek ochrany konstrukce PP před mrazem $h_{\text{pr}} \leq h_{\text{pr, kpp}}$ $h_{\text{pr}} \leq h_{\text{kl}} + h_2 + h_1$	po dosazení: $0,93 \text{ m} \leq 0,55 \text{ m} + 0,25 \text{ m} + 0,50 \text{ m}$ $0,93 \text{ m} \leq 1,30 \text{ m}$ <b>vyhovuje</b>

<b>Výsledná navržená konstrukce pražcového podloží</b>	
Kolejové lože pod betonovým pražcem	<b>tl. 0,35 m</b>
Konstrukční vrstva ze štěrkodrti	<b>tl. 0,25 m ŠD 0/32 kv</b>
Podkladní vrstva z recyklované ŠD	<b>tl. 0,50 m</b>
Geotextilie separační	<b>GTX S</b>
Subpláš (hloubka od LPP)	<b>jíl tuhý až pevný tř. F6 CI (1,10 m)</b>

**Návrh a posouzení PP v žst. Hodkovice nad Mohelkou,  
km 137,063 - 137,285 výhybka č. 1 (varianta s SC)**

<b>Posouzení únosnosti (výměna zemní pláně)</b>	
Typ trati	$V_{\max} = 85 \text{ km.h}^{-1}$ ; provozní zatížení 2,3 mil. hrt/rok
Navržená podkladní vrstva	stabilizace SC 0/32, $C_{5/6}$
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_1 = 0,30 \text{ m}$
Návrhový modul přetvárnosti na vrstvě stabilizace	$E_2 = 60 \text{ MPa}$
Požadovaný modul přetvárnosti zemní pláně	$E_{\min,ZP} = 30 \text{ MPa}$
Charakteristický modul deformace subpláně	$E_{ch} = 6,0 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{e,ZP} \geq E_{\min,ZP}$	po dosazení: <b>60,00 MPa <math>\geq</math> 30,00 MPa vyhovuje</b>
<b>Posouzení celé konstrukce na únosnost</b>	
Navržená konstrukční vrstva	šterkodrt' ŠD 0/32 kv
Tloušťka vrstvy po zhutnění	$h_2 = 0,20 \text{ m}$
Modul deformace ŠD 0/32 kv	$E_{mat} = 70 \text{ MPa}$
Požadovaný modul přetvárnosti pláně železničního spodku ZKPP	$E_{\min,PL} = 50 \text{ MPa}$
Modul přetvárnosti zemní pláně ze stabilizace SC 0/32, $C_{5/6}$	$E_{ch} = 60,0 \text{ MPa}$
Průměr zatěžovací desky	$D = 0,30 \text{ m}$
Součinitel únosnosti „ $k_1$ “	$k_1 = E_{ch} / E_{mat} = 60 / 70 = 0,86$
Součinitel tloušťky konstrukční vrstvy „ $k_2$ “	$k_2 = h_2 / D = 0,20 / 0,30 = 0,67$
Ekvivalentní modul přetvárnosti na pláni železničního spodku $E_{e,PL}$	$E_{e,PL} = E_{ch} / 1 - 2/\pi \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4}) \text{ rad}$
	$E_{e,PL} = 60 / 1 - 2/\pi \times (1 - 0,86^{1,4}) \times \arctg(0,67 \times 0,86^{-0,4}) \text{ rad}$
	$E_{e,PL} = 65,00 \text{ MPa}$
Požadavek $E_{e,PL} \geq E_{\min,PL}$	po dosazení: <b>65,00 MPa <math>\geq</math> 50,00 MPa vyhovuje</b>
<b>Posouzení ochrany konstrukce PP před účinky mrazu</b>	
Druh zemní pláně	výměna za stabilizaci SC 0/32
Hloubka promrzání (pro $I_{mn} = 424^\circ\text{C.den}$ ) $h_{pr} = 0,045 \times \sqrt{424}$	$h_{pr} = 0,93 \text{ m}$
Navržená konstrukční vrstva ze ŠD 0/32kv	$h_2 = 0,20 \text{ m}$
Navržená podkladní vrstva z SC 0/32, $C_{5/6}$	$h_1 = 0,30 \text{ m}$
Tloušťka kolejového lože od úložné plochy (pro betonové pražce)	$h_{kl} = 0,55 \text{ m}$
Požadavek ochrany konstrukce PP před mrazem $h_{pr} \leq h_{pr, kpp}$ $h_{pr} \leq h_{kl} + h_2 + h_1$	po dosazení: $0,87 \text{ m} \leq 0,55 \text{ m} + 0,20 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$ $0,87 \text{ m} \leq 1,05 \text{ m}$ <b>vyhovuje</b>
<b>Výsledná navržená konstrukce pražcového podloží</b>	
Kolejové lože pod betonovým pražcem	<b>tl. 0,35 m</b>
Konstrukční vrstva ze šterkodrti	<b>tl. 0,20 m ŠD 0/32 kv</b>
Podkladní vrstva z SC 0/32, $C_{5/6}$	<b>tl. 0,30 m</b>
Subplán (hloubka od LPP)	<b>jíl tuhý až pevný tř. F6 CI (0,85 m)</b>