

## 1. PRAŽCOVÉ PODLOŽÍ

Návrh a posouzení konstrukčních vrstev pražcového podloží je tabelárně zpracován v příloze TZ č. 1.

Návrh pražcového podloží z hlediska únosnosti vychází z následujících vstupních parametrů dle předpisu SŽ S4, příloha 6, tab. 1:

Maximální navrhovaná rychlost v koleji $V_{\max}$ v km/h	Kolej č.	Provozní zatížení v mil. hrt/rok <sup>1)</sup>	Traťová třída zatížení po dobu životnosti <sup>2)</sup>	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti v MPa	
				$E_{\min, ZP}$	$E_{\min, PL}$
<b>≤80</b>	<b>1</b>	<b>&lt; 2</b>	<b>A až D</b>	<b>15</b>	<b>30</b>

1) Předpokládané provozní zatížení vyplývá z přepravní prognózy a výhledové dopravní technologie. V případě, že nebyly tyto údaje k dispozici, je počítáno s evidovaným provozním zatížením.

2) Traťová třída zatížení dle přílohy č. 6 vyhlášky č. 177/1995 Sb.

Způsob ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu je stanoven předpisem SŽ S4, příloha 7. Vstupní charakteristiky klimatických podmínek jsou dle mapy charakteristických hodnot indexu mrazu:

- index mrazu  $I_{mn} = 500 - 600 \text{ }^{\circ}\text{C.den}$

Pro posouzení ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu se ve výpočtech uvažuje s konzervativní hodnotou:

- index mrazu  $I_{mn} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C.den}$
- hloubka promrzání  $h_{pr} = 1,01 \text{ m}$

Pro posouzení ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu se uvažuje s následující tloušťkou kolejového lože. Tloušťka kolejového lože podle předpisu SŽ S3, díl X, kapitola IV:

*traťové a staniční hlavní a předjízdné (kolej č. 1)*

- tloušťka kolejového lože, betonové pražce: **0,35 m**
- celková tloušťka kolejového lože: **0,55 m**

**Na základě IGP, který je přílohou této TZ, tak je redukováný modul 8,8 MPa, který následně slouží k výpočtu KPP a ZKPP.**

## 2. KONSTRUKČNÍ VRSTVY

Materiály použité do podkladních vrstev musí být nesoudržné, propustné a nenamrzavé. Základní požadavky jsou určeny (1), (2), (3), (6), (7). Další požadavky jsou specifikovány v souvisejících normách a předpisech.

Míra zhutnění, přesnost provádění, kontrola a zkoušky je předepsána pro materiály charakteru nesoudržných zemin (1), (2), (7).

### Štěrkodrt'

Přírodní drcené kamenivo získané těžebním a drcením hornin je navrženo jako základní materiál do podkladních vrstev.

Zrnitost - široká frakce, základní řada 0-32 mm, číslo nestejnozrnnosti  $C_{u,min} = 15$ , míra zhutnění  $I_{D,min} = 0,80$  (2), vlhkost materiálu při hutnění  $w = 4-8 \%$ , modul deformace materiálu v závislosti na míře zhutnění (viz tabulka materiálů) je pro konkrétní úsek stanoven v příloze č. 1, součinitel tepelné vodivosti  $2,00 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Další parametry viz (2), příl. 14, (6).

Nejmenší tloušťka konstrukční vrstvy ze štěrkodrti je stanovena na **0,20 m**.

### Recyklovaná štěrkodrt'

Drcené kamenivo z vyzískaného kolejového lože upraveného recyklací na štěrkodrt' je uvažováno jako variantní materiál do podkladních vrstev z důvodu ekonomické výhodnosti při splnění dále předepsaných podmínek.

Zrnitost - široká frakce, základní řada 0-32 mm, číslo nestejnozrnnosti  $C_{u,min} = 15$ , míra zhutnění  $I_{D,min} = 0,80$  (2), vlhkost materiálu při hutnění  $w = 4-10 \%$ , modul deformace materiálu v závislosti na míře zhutnění (viz tabulka materiálů) je pro konkrétní úsek stanoven v příloze č. 1, součinitel tepelné vodivosti  $2,00 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Další parametry viz (2), příl. 17, (6).

Nejmenší tloušťka konstrukční vrstvy z recyklované štěrkodrti je stanovena **0,20 m**.

**Nepřípustné je použití recyklované štěrkodrti obsahující dolomitický vápenec nebo dolomit v jakémkoliv množství.**

### Geotextílie filtrační a separační

Na základě nevyhovujícího filtračního kritéria mezi podkladní vrstvou a zeminou zemní pláně dle (4) se užije geotextílie s funkcí filtrační a separační.

Obecné požadavky na geotextílie, které zajišťují filtrační a separační funkci zemní pláně a materiálu podkladní vrstvy jsou stanoveny (8), charakteristiky v (2), příl. 12.

**Splnění filtračních kritérií dle (4) bude před realizací dílčích úseků vždy ověřeno a od použití filtrační a separační geotextílie případně upuštěno.**

### Štěrkodrt' stabilizovaná cementem

Zlepšení štěrkodrti cementem bude prováděno v mísícím centru, orientační obsah cementu 8-10 % z celkového objemu stavební směsi, předepsaná objemová hmotnost PS min. 100 %, CBR min. 10 %, míra zhutnění  $I_{D,min} = 0,90$ , modul deformace zeminy stabilizované cementem ŠD-SC = 220 MPa, min. únosnost na povrchu stabilizované vrstvy  $E_{p,stab} = 60 \text{ MPa}$ . Odolnost v prostém tlaku min.  $C_{3/4}$ .

Přesné složení směsi ve smyslu (1), (14) je nutno navrhnout na základě laboratorních zkoušek. Přesné složení směsi ve smyslu (1), (2), (5) je nutno navrhnout na základě laboratorních zkoušek z odebraných vzorků v rámci stavební přípravy dodavatele.

Kamenivo stabilizované příměsí cementu je kamenivo upravené promísením s pojivem anebo s kombinací pojiv, kterou dosáhne lepších fyzikálně-mechanických vlastností stabilizované zeminy. Zvýšení únosnosti zemní pláně ze zemin G, S a F podle zásad uvedených v (2) kap. 6 je řešeno konstrukčními typy 6.

Nejmenší tloušťka cementové stabilizace po zhutnění je stanovena na **0,30 m**.

Vrstva stabilizace je provedena na celou šířku zemní pláně k hraně příkopu, resp. svahu, minimálně však 2,5 m od osy koleje. Na styku s trativodem vždy po hranu trativodní rýhy.

Materiál	Značka	Minimální zhutnění $I_D$	Modul deformace E (MPa)	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ (W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )
Štěrkodrt', fr.0/32 nebo	ŠD, ŠDr	0,80	60	2,00
		0,90	70	2,00
Štěrkodrt' stabilizovaná cementem, dovoz z míchacího centra	ŠD – SC I	0,90	220	1,75

Konstrukční vrstvy pražcového podloží budou zřizovány technologií se snášením železničního svršku. Rozsah železničního spodku je od km 17,244 066 do km 17,445 420 a od km 17,466 475 do km 17,549 551, kde bude navržena KPP. V km 17,454 v okolí přejezdu P1243 bude navržena zesílená konstrukce pražcového podloží a to od km 17.455 420 do km 17,466 475 dle předpisu SŽ S4.

Návrh KPP a ZKPP vychází z provedeného geologicko-inženýrského průzkumu. Zemní pláň je v zájmovém území tvořena především zeminami třídy F4 CS. V rámci geotechnického průzkumu nebyla u provedených sond zastižena geotextilie, ale byla nalezena hladina podzemní vody 0,40 m – slabý průsak ze štěrku kolejového lože.

Přehled popisu zastižených materiálů včetně úrovně v zemní pláni a výsledků statických zatěžovacích zkoušek je shrnut v geologicko-inženýrském průzkumu pražcového podloží, který je přílohou samotné technické zprávy.

### Navržená konstrukce KPP:

Typy konstrukce pražcového podloží pro hlavní koleje, $E_{pl} \geq 30 \text{ Mpa}$		Tloušťka vrstvy v mm
Zemní pláš s únosností $E_{o \text{ red}} \geq 5 \text{ MPa}$ , nesplněno filtrační kritérium		
<b>KPP typ 3.1</b>	zemní pláš	
	Štěrkodrt' s geotextilií, $E = 70 \text{ MPa}$	200
	štěrkodrt' 0/32, $E = 70 \text{ MPa}$	250
	kolejové lože	350

Únosnost na nové úrovni zemní pláni je nově zajištěna štěrkodrtí fr. 0-32mm, která slouží, jako podkladní vrstva pod konstrukční vrstvu.

zkratka	popis	h [m]	E [Mpa]	vliv vyztužení	výpočet	Ee [Mpa]	$\lambda$ [W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	přepočet na tl. šp.	h [m]
	zemní pláš				$E_{or} [\text{Mpa}] =$	8,80			
ŠDg	štěrkodrt' s geotextilií	0,20	70	0%	$k1 = 8,80/70,00 = 0,13$ $k2 = 0,20/((1 - 0,00) \cdot 0,30) = 0,67$ $k3 = 0,31$ $Ee = 0,31 \cdot 70,00 =$	21,70	2,00		0,20
ŠD	štěrkodrt'	0,25	70	-	$k1 = 21,70/70,00 = 0,31$ $k2 = 0,25/0,30 = 0,83$ $k3 = 0,59$ $Ee = 0,59 \cdot 70,00 =$	41,30	2,00		0,25
-									
	kolejové lože							hk =	0,55
					celkový ekvivalentní modul přetvárnosti $Ee [\text{Mpa}] =$	41,30		celková tloušťka $h + hk [\text{m}] =$	1,00

### 3. PŘECHOD ZEMNÍHO TĚLESA NA STAVBY ŽELEZNIČNÍHO SPODKU (ZKPP)

U přejezdové konstrukce P1243 v ev. km 17,454 se navrhuje zesílená konstrukce pražcového podloží podle konstrukčních požadavků předpisu SŽ S4, příloha 24 a vzorových listů železničního spodku Ž4.

Návrh zesílené konstrukce pražcového podloží vychází z následujících vstupních parametrů dle předpisu SŽ S4, příloha 24, článek 10.

Maximální navrhovaná rychlost v koleji $V_{\text{max}}$ v km/h	Kolej č.	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti v MPa	
		$E_{\text{min, PL}}$ u KPP	$E_{\text{min, PL}}$ u ZKPP při $E_{\text{min, PL}}$ u KPP
≤80	1	30	70

Délka zesílených konstrukcí pražcového podloží u přejezdové konstrukce je navržena minimálně na délku konstrukce + 5 m výběh ve stejné skladbě na obě strany. Výběh zesílené konstrukce pražcového podloží je ukončen přechodovým klínem ve sklonu 1:1

Návrh vychází z provedeného geologicko-inženýrského průzkumu.

### Typy zesílených konstrukcí pražcového podloží

Konstrukční uspořádání je provedeno dle předpisu SŽ S4 a vzorových listů železničního spodku Ž4. Dle výsledků geotechnických průzkumů je navržen pouze jeden typ konstrukce, který vychází z konstrukčního požadavku na minimální tloušťku vrstvy 0,5 m dle předpisu SŽ S4, příloha 24. Tato konstrukce vyhovuje na základě zjištěných únosností na zemní pláni pro celý úsek. Poskytuje i dostatečnou rezervu vzhledem k faktu, že v rámci geotechnického průzkumu byly zjišťovány únosnosti v menší hloubce, než je projektovaná úroveň zemní pláne v oblasti zesílené konstrukce pražcového podloží.

#### Navržená konstrukce ZKPP:

Typy zesílené konstrukce pražcového podloží pro hlavní koleje, $E_{pl} \geq 70 \text{ MPa}$		Tloušťka vrstvy v mm
Zemní pláň s únosností $E_{o \text{ red}} \geq 5 \text{ MPa}$ , nesplněno filtrační kritérium		
<b>ZKPP typ 4</b>	zemní pláň	
	štěrkodrt' stabilizovaná cementem, $E = 220 \text{ MPa}$	550
	štěrkodrt' 0/32, $E = 70 \text{ MPa}$	250
	kolejové lože	350

zkratka	popis	h [m]	E [MPa]	vliv vyztužení	výpočet	$E_e$ [MPa]	$\lambda$ [W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	přepočet na tl. šp.	h [m]
	zemní pláň				$E_{or} [\text{MPa}] =$	8,80			
ŠD-S	štěrkodrt' stabilizovaná cementem	0,55	220	0%	$k_1 = 8,80/220,00 = 0,04$ $k_2 = 0,55/((1 - 0,00) \cdot 0,30) = 1,83$ $k_3 = 0,38$ $E_e = 0,38 \cdot 220,00 =$	83,60	-		0,55
ŠD	štěrkodrt'	0,25	70	-	$k_1 = 83,60/70,00 = 1,19$ $k_2 = 0,25/0,30 = 0,83$ $k_3 = 1,07$ $E_e = 1,07 \cdot 70,00 =$	74,90	2,00		0,25
-		0,00							
	kolejové lože							hk =	0,55
					celkový ekvivalentní modul přetvárnosti $E_e [\text{MPa}] =$	74,90		celková tloušťka $h + hk [\text{m}] =$	1,35

## 4. SPLNĚNÍ FILTRAČNÍHO KRITÉRIA

Pro rozhodnutí o návrhu filtrační geotextilie mezi materiálem zemní pláne a podkladní vrstvou ze štěrkodrti je potřeba zhodnotit splnění filtračního kritéria mezi těmito materiály. Filtrační kritérium je definováno v TNŽ 73 6949 příloha 1. Niže je uvedeno zhodnocení filtračních kritérií

podle TNŽ 73 6949, při uvažování obecné šterkodrti 0/32 s křivkou v mezích definovaných v SŽ S4:

Filtrační kritérium					<25	<5	>5
vzorek	třída	d50zp	d85zp	d15zp	d50šd/d50zp	d15šd/d85zp	d15šd/d15zp
KS 1	F4 CS	0.02	0.38	0.0018	210.00	0.64	133.33
KS 2	F4 CS	0.02	0.36	0.0017	233.33	0.67	141.18

Filtrační kritérium nebylo splněno ani u jedné sondy. Vzhledem k tomu, že nad novou úrovní zemní pláně bude užito výzisku z kolejevého lože, je z tohoto důvodu navržena filtrační a separační geotextilie.

## 5. OCHRANA ZEMNÍ PLÁNĚ PŘED NEPŘÍZNIVÝMI ÚČINKY MRAZU

Při návrhu ochrany před nepříznivými účinky mrazu se uvažuje s charakteristikami zastižených materiálů zemní pláně, které byly stanoveny v rámci geotechnického průzkumu.

Vodní režim byl stanovován s přihlédnutím k zrnitostním křivkám zemin, odtokovým a morfologickým poměrům v oblasti a s ohledem na výskyt průsaků vody do sond a kapilárním schopnostem zemin. Namrzavost byla určena pomocí analýzy zrnitostních křivek. Dovolená tloušťka promrznání byla určena odečtem z tabulky 3 přílohy 7 k předpisu SŽ S4 pro maximální navrhovanou rychlost  $\leq 80$  km/h. Souhrnná data z realizovaných kopaných sond jsou zobrazena v následující tabulce.

Sonda	Staničení	Vodní režim	Skupina zemin z. pláně dle namrzav. (tab. 3, př 7 SŽ S4)	hz dov (m) tab. 3, př 7 SŽ S4
KS 1	17,488 LS	nepříznivý		0,20
KS 2	17,465 LS	nepříznivý		0,20
Vysvětlivky:				
			Skupina zemin nebezpečně namrzavých	

Na základě stanovených dovolených tloušťek promrznutí zeminy zemní pláně byly definovány minimální tloušťky podkladních vrstev ze šterkodrti zajišťujících požadovanou ochranu zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu.

### Stanovené hodnoty tloušťky šterkodrti:

hz dov	h <sub>pr</sub>	h <sub>k</sub>	h <sub>šd,min</sub>	h <sub>šd</sub>
0,20	1,01	0,55	0,25	0,45

$$1,01 \leq 0,55 + 0,2 + 0,25 + 0,2 = 1,2$$

Jako technologické minimum podkladní vrstvy šterkodrti je stanovena tloušťka **0,25 m**.

## **SEZNAM ODKAZŮ**

- (1) Technické a kvalitativní podmínky staveb státních drah
- (2) SŽ S4 Železniční spodek
- (3) Vzorový list železničního spodku Ž4 - Pražcové podloží
- (4) TNŽ 73 6949 - Odvodnění železničních tratí a stanic
- (5) ČSN EN 14227 Soubor norem pro směsi stmelené hydraulickými pojivy
- (6) OTP SŽDC č. j. 25 640/06-OP Štěrkopísek, štěrkodrt' a recyklovaná štěrkodrt' pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku
- (7) ČSN 72 1006 – Kontrola zhutnění zemin a sypanin
- (8) OTP SŽDC č. j. 54 316/2014-O13 Geosyntetické výrobky v tělese železničního spodku
- (9) SŽDC S3 Železniční svršek

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- |              |   |
|--------------|---|
| Příloha č. 1 | Inženýrskogeologický průzkum s názvem – Výstavba PZS (P1243)<br>v km 17,454 trati Rokycany - Nezvěstice |
| Příloha č. 2 | Návrh KPP + ZKPP  |