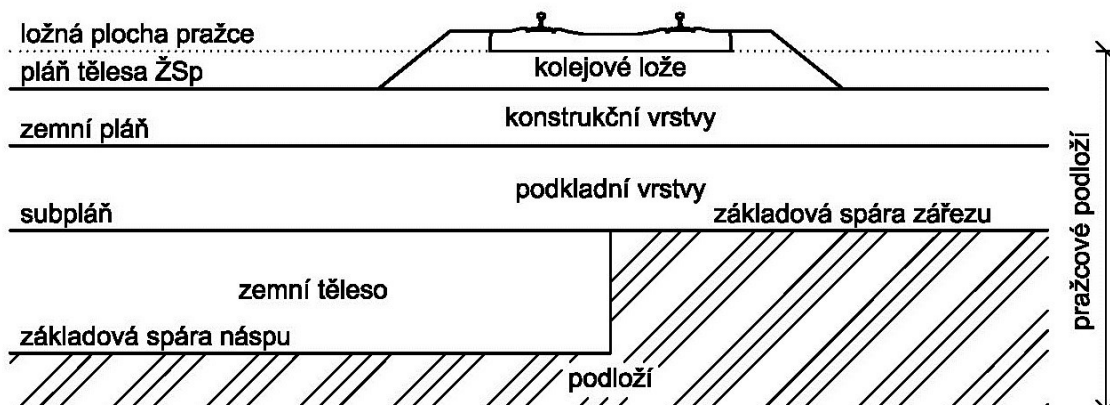


Návrhové parametry pražcového podloží

1. Schematické uspořádání a názvosloví konstrukce pražcového podloží uvádí obrázek 1.



Obrázek 1 – Názvosloví tělesa železničního spodku

A. Navrhování zemní pláně a podkladních vrstev

2. V případě, že únosnost zemní pláně nedosahuje hodnot podle tabulky 1 nebo zeminy v aktivní zóně nesplňují podmínky vhodnosti stanovené přílohou č. 10 a 13 předpisu S4 (stávajícího) a homogennosti, musí se zřídit podkladní vrstvy.

Stanovení únosnosti na zemní pláni a subpláni

3. Hodnota únosnosti na zemní pláni se stanoví z výsledků inženýrskogeologického průzkumu. Výchozí hodnotou únosnosti na zemní pláni je zjištěný modul přetvárnosti $E_{2,GP}$, redukováný opravným součinitelem „z“ na E_r .

Hodnota únosnosti subpláně $E_{e,0}$ slouží k návrhu podkladních vrstev. Odvodí se z charakteristické hodnoty modulu přetvárnosti na zemní pláni E_{ch} stanovené v inženýrskogeologickém průzkumu, přičemž se musí zohlednit typ zemin v podloží, vývoj kvality podloží do hloubky a vzájemná poloha úrovně, kde byla provedena statická zatěžovací zkouška, úrovně projektované zemní pláně a subpláně. Postup stanovení únosnosti subpláně $E_{e,0}$ musí být v návrhu pražcového podloží zdůvodněn a popsán. Pro stanovení únosnosti lze rovněž použít orientační charakteristické hodnoty modulu přetvárnosti pro příslušné typy zemin uvedené v tabulce 8.

Požadavky na zemní plán a aktivní zónu

4. Minimální požadované únosnosti zemní pláně a pláně tělesa železničního spodku se navrhují v ucelených částech traťového úseku pro maximální navrhovanou rychlost v koleji V_{max} , k lokálnímu snížení traťové rychlosti se nepřihlíží (např. nižší projektovaná rychlost způsobená malým poloměrem oblouku).

Tabulka 1 – Minimální požadovaná únosnost na zemní pláni $E_{min,ZP}$ a na pláni tělesa železničního spodku $E_{min,PL}$

Maximální navrhovaná rychlost v koleji V_{max} v $km \cdot h^{-1}$	Provozní zatížení v mil. hrt/rok ¹⁾	Traťová třída zatížení po dobu životnosti ²⁾	Minimální požadovaný modul přetvárnosti v MPa	
			$E_{min,ZP}$	$E_{min,PL}$
≤ 80	< 2	A až D	15	30
	> 2	A až D	20	40
81–120	< 2	A až D	20	40
	2–8	A až D	30	50
	> 8	A až D	30	50
121–160	< 2	A až D	30	50
	2–8	A až D	40	60
	> 8	A až D	40	60 ³⁾
161–200	pro všechna provozní zatížení	A až D	70	90 ³⁾

¹⁾ Předpokládané provozní zatížení vyplývá z přepravní prognózy a výhledové dopravní technologie. Nejsou-li tyto údaje k dispozici, použije se evidované provozní zatížení.

²⁾ Traťová třída zatížení je použita ve smyslu přílohy č. 6 k vyhlášce č. 177/1995 Sb.

³⁾ V případě použití konstrukční vrstvy z asfaltobetonu se hodnota únosnosti na poslední nestmelené vrstvě před pokládkou asfaltobetonové vrstvy musí rovnat minimálně 95% hodnoty $E_{min,PL}$.

Navrhování podkladních vrstev

- 5.** Pro návrh podkladních vrstev musí být stanovena hodnota modulu přetvárnosti subpláně $E_{e,0}$. Tato hodnota se stanoví dle čl. 3.

Princip navrhování podkladních vrstev a vstupní údaje ($E_{mat,i}$ a $E_{e,i}$) pro výpočet ekvivalentních modulů přetvárností na jednotlivých podkladních vrstvách je na obrázku 2.

- 6.** Metodika navrhování podkladních vrstev jako vícevrstvého systému vychází z odvozené hodnoty modulu přetvárnosti subpláně $E_{e,0}$. Navrhují se jednotlivé podkladní vrstvy z takových materiálů a v takových tloušťkách, aby výsledná hodnota vypočteného ekvivalentního modulu přetvárnosti v úrovni zemní pláně $E_{e,ZP}$ byla větší než požadovaná minimální hodnota modulu přetvárnosti $E_{min,ZP}$ podle tabulky 1.

Tloušťka jednotlivých navrhovaných podkladních vrstev se zaokrouhlí nahoru na celých 0,05 m a je platná po zhutnění vrstvy. U zlepšených zemin smí být stanovena tloušťka bez zaokrouhlení.

Mezi subplání a zemní plání může být několik podkladních vrstev, přičemž ve spodních podkladních vrstvách se zpravidla volí materiály s nižším modulem deformace materiálu a ve vyšších podkladních vrstvách se zpravidla volí materiály s vyšším modulem deformace materiálu.

Ekvivalentní modul přetvárnosti na každé z budovaných vrstev $E_{e,i}$ se vypočte dle vzorce:

$$E_{e,i} = \frac{E_{e,(i-1)}}{1 - \frac{2}{n} \cdot (1 - k_{1,i}^{1,4}) \cdot \arctg(k_{2,i} \cdot k_{1,i}^{-0,4}) \text{ rad}},$$

kde:

$$k_{1,i} = \frac{E_{e,(i-1)}}{E_{mat,i}},$$

$$k_{2,i} = \frac{h_i}{0,3},$$

$E_{e,i}$ je ekvivalentní modul přetvárnosti na i-té vrstvě,

$E_{mat,i}$ je modul deformace materiálu i-té vrstvy dle tabulky 2,

$k_{1,i}$ součinitel únosnosti,

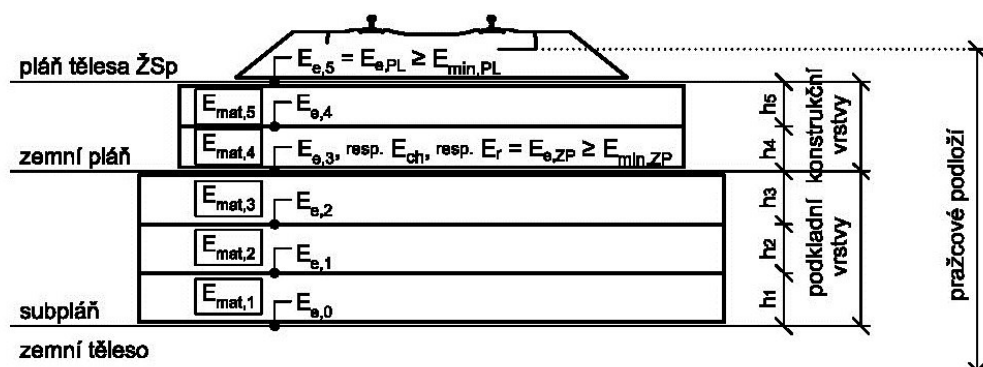
$k_{2,i}$ součinitel tloušťky podkladní vrstvy nebo konstrukční vrstvy,

$E_{e,i-1}$ je ekvivalentní modul přetvárnosti na předchozí vrstvě pod počítanou vrstvou,

$E_{e,0}$ je stanovená hodnota modulu přetvárnosti na subpláni,

h_i tloušťka podkladní vrstvy nebo konstrukční vrstvy,

i pořadové číslo vrstvy nad subplání (celé číslo od 1 do nekonečna).



Obrázek 2 – Příklad vstupních údajů (E_{mat} , E_e , E_{ch} , E_r , h) pro výpočet ekvivalentních modulů přetvárností na jednotlivých podkladních a konstrukčních vrstvách

7. Modul deformace materiálu E_{mat} je používán pouze pro návrh konstrukce pražcového podloží dle metodiky tohoto předpisu založený na výpočtu ekvivalentního modulu přetvárnosti. Orientační hodnoty modulů deformace vhodných materiálů do podkladních vrstev uvádí tabulka 2. Pokud projektant bude uvažovat pro výpočet s vyššími hodnotami, doloží způsob jejich stanovení a výpočet.

Tabulka 2 – Orientační hodnoty modulů deformace materiálů E_{mat} používaných v pražcovém podloží

Materiál	Modul deformace E_{mat} v MPa
Štěrkodrt' frakce 0/32, (ŠD 0/32 kv)	70 ¹⁾
Recyklovaná štěrkodrt'	70 ¹⁾
Štěrkodrt' frakce 0/63, (ŠD 0/63 kv)	100 ¹⁾
Minerální směs frakce 0/32	80 ¹⁾
Drcené kamenivo frakce 0/90, (DK 0/90)	110 ¹⁾
Drcené kamenivo frakce 0/125, (DK 0/125)	110 ¹⁾
Drcené kamenivo frakce 0/250, (DK 0/250)	110
Zeminy zlepšené pojivem – hydraulické silniční pojivo dle ČSN EN 13282-1,2,3	110 ²⁾
Zeminy zlepšené pojivem – vápno	80 ²⁾
Stabilizace	140 ²⁾
Asfaltový beton	200

¹⁾ Při parametru zhuštění $E_2/E_1 \leq 2,2$.

²⁾ Při parametru zhuštění $D = 100\%$ PS.

B. Navrhování konstrukčních vrstev

8. Předpokladem pro navrhování konstrukčních vrstev je splnění požadavku na únosnost zemní pláň. Na zemní pláni se navrhují konstrukční vrstvy ze schválených materiálů, které zajišťují požadovanou únosnost na pláni tělesa železničního spodku, řádné odvodnění a úplnou nebo částečnou ochranu zemní pláň před mrazem.
9. Konstrukční vrstvy se zřizují vždy. V odůvodněných případech a se souhlasem SŽ GŘ O13 lze od návrhu konstrukčních vrstev upustit.

Konstrukční vrstvy se navrhují jako typizované konstrukce v co nejdelších úsecích, optimálně pro celý úsek trati. Dlouhé úseky s jednotnou skladbou konstrukčních vrstev přispívají k rovnoměrnějšímu chování koleje v podélném směru (tuhost koleje) a k efektivnímu nasazení sanačních strojních linek v případě nutnosti oprav.

Skladbu konstrukčních vrstev a jejich minimální tloušťky uvádí tabulka 3. Tloušťka jednotlivých navrhovaných konstrukčních vrstev se zaokrouhlí nahoru na celých 0,05 m a je platná po zhuštění vrstvy. U stmelovaných asfaltových materiálů se tloušťka uvádí bez zaokrouhlení. Výsledná navržená tloušťka konstrukčních vrstev musí být vždy posouzena z hlediska ochrany zemní pláň před nepříznivými účinky mrazu, podle stávajícího předpisu. Vstupní hodnoty pro výpočet jsou uvedeny v tabulkách 4 až 7 tohoto dokumentu.

Tabulka 3 – Návrh skladby konstrukčních vrstev na zemní pláni

Maximální navrhovaná rychlost v koleji v km·h⁻¹	Předpokládané provozní zatížení v mil. hrt/rok ¹⁾	Traťová třída zatížení po dobu životnosti ²⁾	Skladba konstrukčních vrstev (tloušťka v mm/materiál)
≤80	< 2	A až D	min. 200/ŠD 0/32 kv (min. 150 se souhlasem SŽ GŘ O13)
	2–8	A až D	min. 250/ŠD 0/32 kv
	>8	A až D	min. 300/ŠD ³⁾

81–120	< 2	A až D	min. 250/ŠD 0/32 kv
	2–8	A až D	min. 300/ŠD 0/32 kv
	>8	A až D	min. 300/ŠD ³⁾
121–160	< 2	A až D	min. 300/ŠD 0/32 kv
	2–8	A až D	var.I: min. 400/ŠD 0/32 kv var.II: min. 250/ŠD 0/63 kv
	>8	A až D	var.I: min. 400/ŠD 0/32 kv var.II: min. 250/ŠD 0/63 kv
161–200 (včetně)	pro všechna provozní zatížení	A až D	var.I: 400/ŠD 0/63 kv var.II: min. 100/asfaltový beton+250/ŠD 0/63 kv

¹⁾ Předpokládané provozní zatížení vyplývá z přepravní prognózy a výhledové dopravní technologie. Nejsou-li tyto údaje k dispozici, použije se evidované provozní zatížení.

²⁾ Traťová třída zatížení je použita ve smyslu přílohy č. 6 k vyhlášce č. 177/1995 Sb.

³⁾ Lze použít ŠD 0/32 kv nebo ŠD 0/63 kv.

NAVRHOVÁNÍ OCHRANY ZEMNÍ PLÁNĚ PŘED NEPŘÍZNIVÝMI ÚČINKY VODY A MRAZU

10. Pro účely navrhování a posuzování ochrany zemní pláně z hlediska nepříznivých účinků mrazu je určována tzv. návrhová hodnota indexu mrazu I_{mn} ve °C·den, stanovená pro střední dobu návratu 10 let z dlouhodobého pozorování teplot dle tabulky 1.

Orientační návrhová hodnota indexu mrazu I_{mn} pro podmínky železniční sítě je zřejmá z tabulky 4.

V případě, že sledovaný úsek koleje prochází místy, ve kterých nastává vlivem konfigurace terénu chladnější klima, se tato základní hodnota indexu mrazu násobí součinitelem 1,15. To nastává v případech:

- severní svahy (terén v řezu vedeném od trati k jihu má do vzdálenosti 100 m průměrný sklon 1:5, tj. přibližně 11° až 12° nebo strmější a klesá směrem ke koleji),
- horské oblasti v polohách nad 600 m n. m. exponované vůči severním větrům.

Při návrhu hodnoty indexu mrazu I_{mn} použité do výpočtu se pro posuzované místo doporučuje vybrat hodnotu z tabulky 1, případně použít hodnoty z dlouhodobě měřených bodů přímo v daném místě (např. síť měřících stanic ČHMÚ), pokud jsou k dispozici.

Tabulka 4 – Základní hodnota indexu mrazu pro území České republiky pro střední dobu návratu 10 roků

Výškové pásmo [m n.m.]	Index mrazu I_{mn} [°C·den]
do 200	332
200 – 300	375
300 – 400	424
400 – 500	475
500 – 600	523
600 – 700	582
700 – 900	701
900 – 1100	840

1100 – 1300	994
-------------	-----

Tabulka 5 – Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti některých materiálů

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti λ [W.m⁻¹ .K⁻¹]
šterkodrt ŠD, všechny frakce	2,00
recyklovaná ŠD	2,10
drcené kamenivo DK, všechny frakce	2,00
minerální směs	2,10
vysokopecní struska	0,95
popílkový stabilizát	0,70
stabilizovaná zemina (stabilizace)	1,75
zlepšená zemina	1,50
asfaltový beton	1,15
beton	2,55
písčítá hlína, písčitý jíl	2,20
jíl	1,70
pěnový polystyren	0,25
extrudovaný polystyren, polyuretan	0,05

Tabulka 6 – Hodnoty přípustného promrznutí zemin zemní pláně

Vodní režim	Dovolené tloušťky promrznutí zemin zemní pláně $h_{z,dov}$ [m]							
	zeminy vysoce namrzavé zeminy nebezpečně namrzavé				zeminy namrzavé zeminy mírně namrzavé			
	Maximální navrhovaná rychlost v koleji [km.h ⁻¹]							
	161-200	121-160	81-120	≤80	161-200	121-160	81-120	≤80
příznivý	0,00	0,00	0,10	0,30	0,00	0,00	0,20	0,50
nepříznivý	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,10	0,40
velmi nepříznivý	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,30

Tabulka 7 – Hodnoty přípustného promrznutí zlepšených zemin bez prokázání odolnosti proti mrazu a vodě

Vodní režim	Dovolené tloušťky promrznutí vrstvy $h_{z,dov}$ [m]			
	zlepšená zemina			
	Maximální navrhovaná rychlost v koleji [km.h⁻¹]			
	>161	121-160	81-120	≤80
příznivý	0,00	0,00	0,20	0,20

nepříznivý	0,00	0,00	0,10	0,15
velmi nepříznivý	0,00	0,00	0,00	0,00

INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM TĚLESA ŽELEZNIČNÍHO SPODKU

11. Inženýrskogeologický průzkum na novostavbě se provádí ve smyslu ČSN P 73 1005

Tabulka 8 – Orientační stanovení charakteristických hodnot modulu přetvárnosti a obvyklé hodnoty zemín dle jejich klasifikace

Název zeminy dle ČSN 73 6133, resp. předpisu S4 přílohy 10 ¹⁾	Symbol ¹⁾	Obvyklé hodnoty zemín podle jejich klasifikace				Orientační charakteri- stické hodnoty modulu přetvárnosti E _{zp} ^{2) 3)}
		Proctorova zkouška		Poměr únosnosti CBR		
		max. objemová hmotnost (suchá) ρ _{d max,PS}	optimální vlhkost W _{opt,PS}	při optimální vlhkosti	po uložení ve vodě	
		[kg.m ⁻³]	[%]	[%]	[%]	[MPa]
zeminy jemnozrnné (F > 35%)						
hlína štěrkovitá	F1 MG	1550 - 1900	10 - 25	5 - 25	5 - 15	15
jíl štěrkovitý	F2 CG	1550 - 2000	12 - 30	5 - 20	3 - 10	10
hlína písčitá	F3 MS	1600 - 2000	10 - 30	5 - 25	5 - 15	8
jíl písčitý	F4 CS	1550 - 2000	12 - 35	5 - 25	5 - 15	7
hlína s nízkou plasticitou	F5 ML	1600 - 1800	12 - 20	5 - 20	0 - 7	5
hlína se střední plasticitou	F5 MI	1500 - 1750	15 - 25	5 - 20	0 - 7	5
jíl s nízkou plasticitou	F6 CL	1600 - 1950	10 - 30	3 - 15	0 - 7	4
jíl se střední plasticitou	F6 CI	1550 - 1900	15 - 35	3 - 15	0 - 7	4
hlína s vysokou plasticitou	F7 MH	1400 - 1700	15 - 33	5 - 15	0 - 5	3
hlína s velmi vysokou plasticitou	F7 MV	1380 - 1650	20 - 35	5 - 15	0 - 5	3
hlína s extrémně vysokou plasticitou	F7 ME	1350 - 1550	22 - 38	5 - 15	0 - 3	3
jíl s vysokou plasticitou	F8 CH	1380 - 1700	17 - 37	3 - 12	0 - 3	2
jíl s velmi vysokou plasticitou	F8 CV	1360 - 1650	19 - 39	3 - 12	0 - 3	2
jíl s extrémně vysokou plasticitou	F8 CE	1330 - 1500	20 - 40	3 - 10	0 - 3	2
zeminy písčité (F < 35%; S > G)						
písek dobře zrněný	S1 SW	-	-	20 - 40	10 - 30	25
písek špatně zrněný	S2 SP	-	-	20 - 40	10 - 30	20
písek s příměsí jemnozrnné zeminy	S3 S-F	1700 - 2100	8 - 16	8 - 16	5 - 25	15
písek hlinitý	S4 SM	1730 - 2050	8 - 16	8 - 16	5 - 15	10
písek jílovitý	S5 SC	1760 - 2000	8 - 20	8 - 20	5 - 15	8
zeminy štěrkovité (F < 35%; G > S)						
štěrk dobře zrněný	G1 GW	-	-	40 - 80	30 - 60	30
štěrk špatně zrněný	G2 GP	-	-	30 - 60	15 - 40	30
štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy	G3 S-F	1800 - 2150	6 - 16	10 - 60	5 - 30	20
štěrk hlinitý	G4 GM	1750 - 2100	8 - 19	7 - 40	5 - 30	18
štěrk jílovitý	G5 GC	1700 - 2000	10 - 23	5 - 35	3 - 15	15
zeminy kamenité a balvanité (Cb + B > 50% celkové hmotnosti)						
kameny	Cb	-	-	-	-	30
balvany	B	-	-	-	-	30
skalní a poloskalní horniny						
hornina	R6, R5	-	-	-	-	45

hornina	R4 až R1	-	-	-	-	individuálně
---------	----------	---	---	---	---	--------------

Poznámky:

¹⁾ Názvy zemin, symboly a ostatní klasifikační značky převzaty ze stávajícího předpisu S4 přílohy 10, resp. přílohy A normy ČSN P 73 1005.

²⁾ Při použití tabulkových charakteristických hodnoty návrhového modulu přetvárnosti E_{zp} bez terénních zkoušek, jsou uvedené hodnoty maximální přípustné. Vyšší hodnoty je možné navrhnout pouze v odůvodněných případech, kdy bude prokázáno, že v přilehlých úsecích, resp. kolejích jsou pro shodné typy zemin (včetně obdobné prognózy do podloží a vodního režimu) stanoveny vyšší hodnoty redukovaného modulu přetvárnosti E_{0r} . Zároveň musí být popsány podmínky, na základě kterých bylo stanovení hodnot provedeno.

³⁾ Při stanovení charakteristického modulu přetvárnosti na zemní pláni podle této tabulky, nesmí být navržena konstrukce pražcového podloží bez konstrukčních vrstev.