

Pražcové podloží

1. Úvod do konstrukce železničního spodku
2. Pražcové podloží (funkce a typy)
3. Deformační odolnost pražcového podloží
4. Návrh a posouzení konstrukčních vrstev
5. Posouzení na účinky zatížení klimatickými vlivy

Ing. Tomáš Říha, Ing. Jan Valehrach

riha.t@fce.vutbr.cz, valehrach.j@fce.vutbr.cz

Ústav železničních konstrukcí a staveb

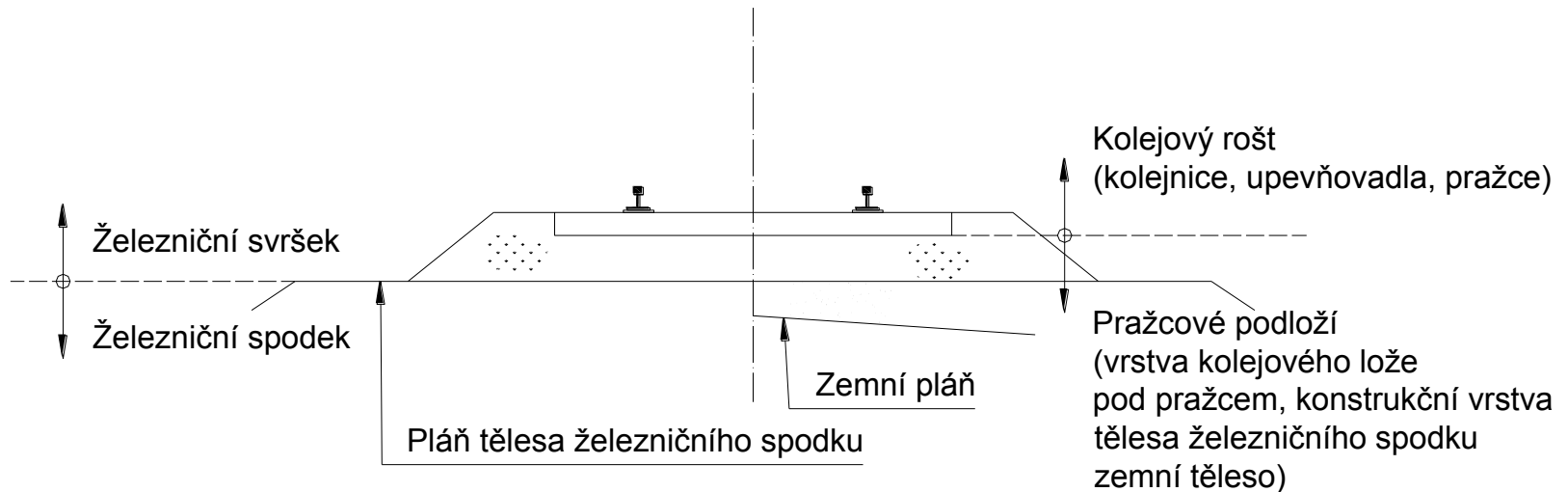
Fakulta stavební

Vysoké učení technické v Brně

1. Úvod do konstrukce železničního spodku

Železniční trať je ze stavebního hlediska rozdělena na

- železniční spodek
 - je konstrukce vybudovaná z největší části stavební úpravou terénu
- železniční svršek
 - tvoří vlastní vodící a nosnou dráhu železničních vozidel.



Čemu se snažíme vyhnout?



Zdroj: Stavební správa Olomouc

Čemu se snažíme vyhnout?



Zdroj: Stavební správa Olomouc

2. Pražcové podloží

A) Funkce a požadavky na pražcové podloží

- Přenos statických a dynamických účinků od kolejových vozidel z kolejového roštu na zemní pláň
 - Rovnoměrnost přenosu sil od dopravního zatížení
 - Dostatečný tepelný odpor
 - Odolnost proti povětrnostním vlivům a klimatickým podmínkám
-

B) Konstrukce pražcového podloží

- Pražcové podloží je **vícevrstvý systém**, který se skládá z konstrukčních vrstev různé únosnosti a tloušťky a z vrstvy kolejového lože pod ložnou plochou pražce.
- Požadavky na těleso železničního spodku:
 - zabezpečení předepsaných geometrických parametrů koleje
 - přenášení statického i dynamického zatížení od železničních vozidel bez trvalé deformace pláně tělesa železničního spodku.
- Pro dosažení požadavků se v tělese železničního spodku zřizují konstrukční vrstvy – vrstvy materiálů mezi plání tělesa železničního spodku a zemní plání:
 - zlepšují vodní a teplotní režim železničního spodku
 - zvyšují únosnost (deformační odolnost) tělesa železničního spodku.

Ukázka vícevrstevnatosti konstrukce pražcového podloží



Zdroj: Stavební správa Olomouc

C) Druhy vrstev v pražcovém podloží

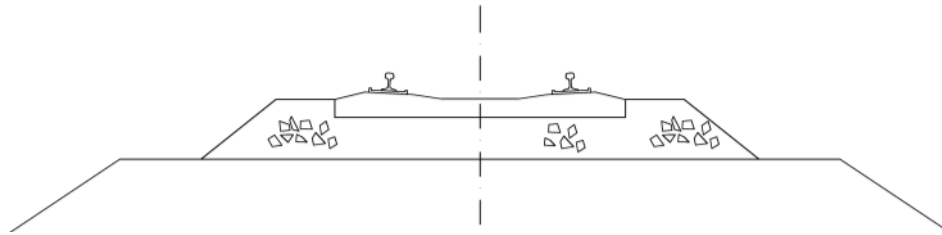
- **Podkladní vrstva (konstrukční vrstva)**
 - konstrukční vrstva tělesa železničního spodku pod kolejovým ložem;
 - hlavní funkcí je **roznášení účinků dopr. zatížení** na zemní pláň;
 - další funkcí je případně ochrana zemní pláně proti účinkům vody a mrazu.
- **Ochranná vrstva zemní pláně**
 - chrání zemní pláň před nepříznivými účinky mrazu;
 - musí být tvořena z **nenamrzavých, nesoudržných a propustných materiálů**, příp. tepelně izolačních vrstev.
- **Vyrovnávací vrstva zemní pláně**
 - tenká vrstva materiálů na vyrovnání nerovností zemní pláně ve skalním zářezu nebo vrstva z nesoudržného materiálu na zemní pláni, na které je uložena další konstrukční vrstva tělesa železničního spodku.

D) Typy konstrukcí pražcového podloží

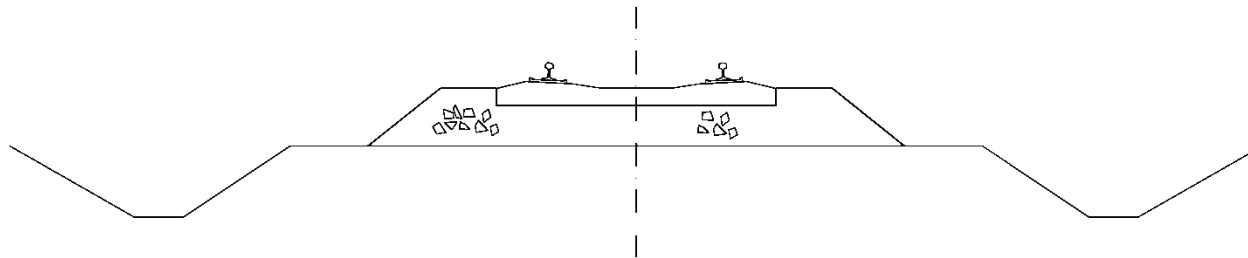
Typ 1

železniční svršek je přímo uložen na pláň tělesa železničního spodku

a) v náspu



b) v zářezu



Zdroj: Předpis SŽDC S4

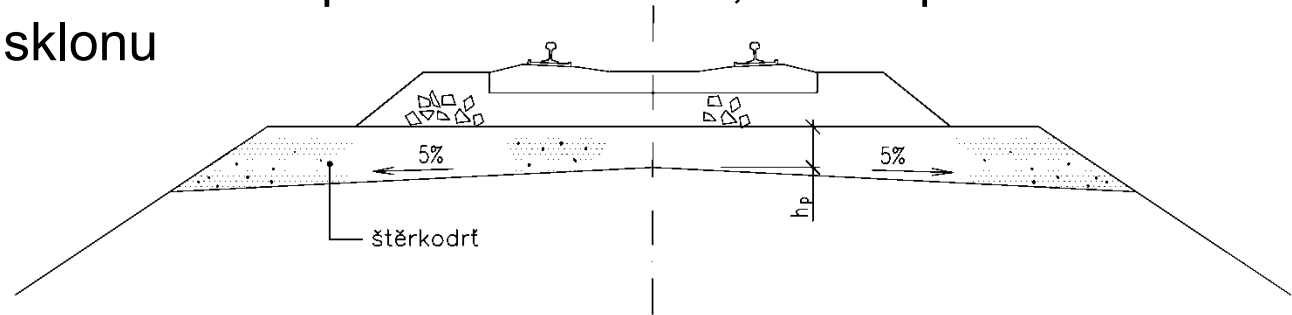
Typ 1

- Kolejové lože
- Zemní pláň – zemina musí být nenamrzavá a propustná, pláň musí být stabilní
- Pláň tělesa železničního spodku se navrhuje vodorovná a je totožná se zemní plání.

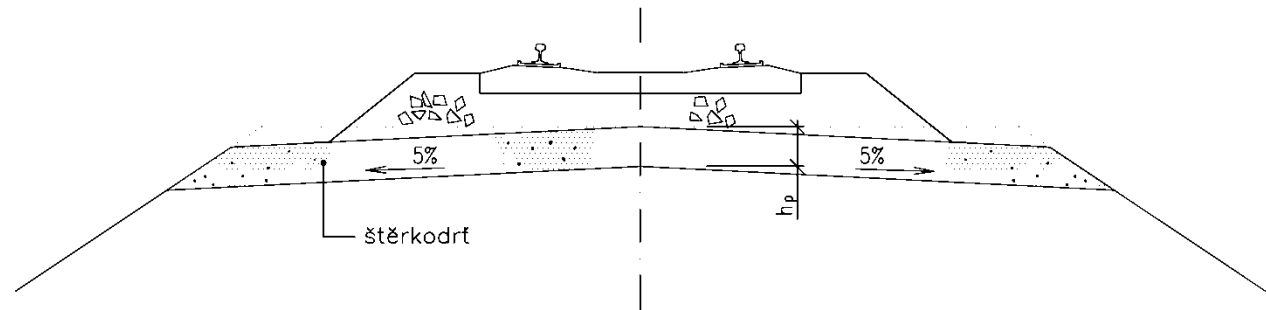
Typ 2

železniční svršek je uložen na konstrukční vrstvě (podkladní vrstvě), která spočívá na zemní pláni.

a) pláň tělesa železničního spodku vodorovná, zemní pláň v oboustranném sklonu



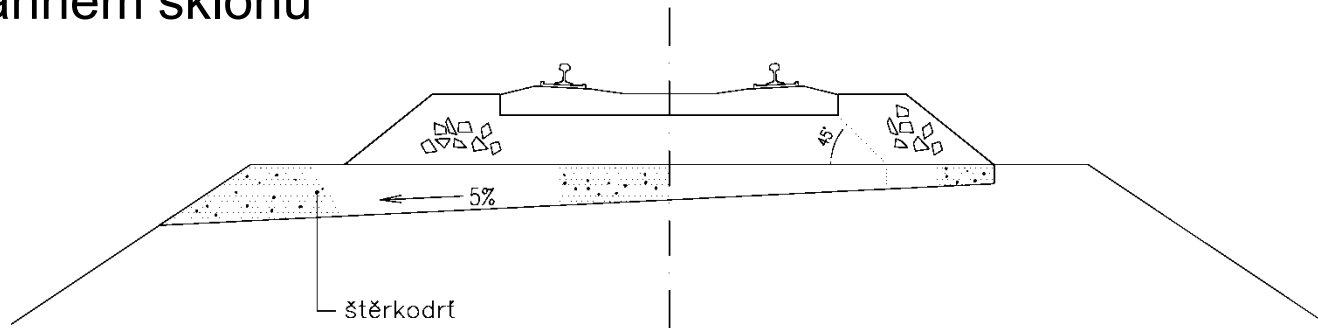
b) pláň tělesa železničního spodku a zemní pláň v oboustranném sklonu



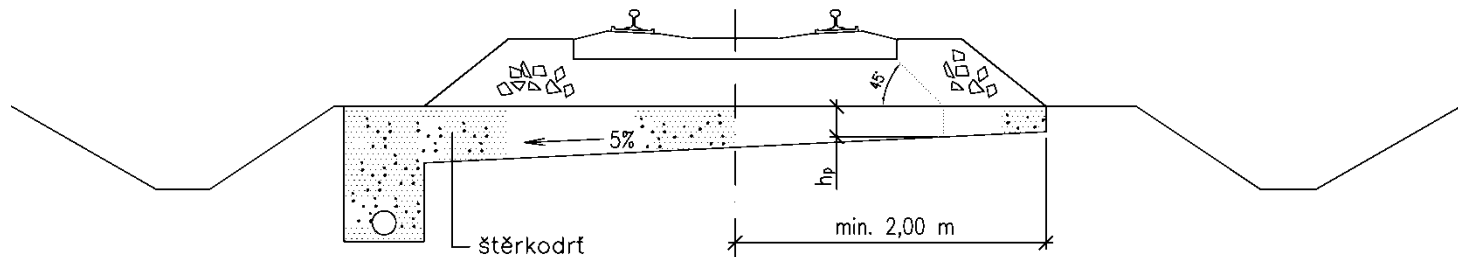
Zdroj: Předpis SŽDC S4

Typ 2

c) pláň tělesa železničního spodku vodorovná, zemní pláň v jednostranném sklonu



d) pláň tělesa železničního spodku vodorovná, zemní pláň v jednostranném sklonu odvodněná podélným trativodem



Zdroj: Předpis SŽDC S4

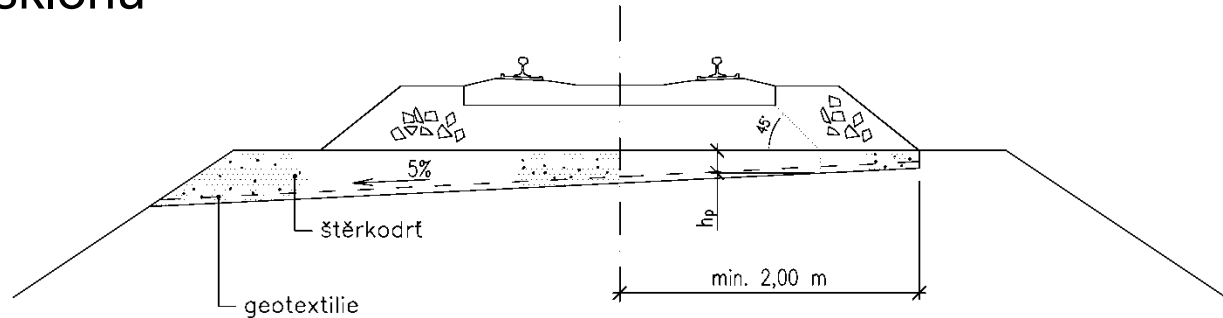
Typ 2

- Kolejové lože
- Podkladní a případně ochranná vrstva
 - jedna nebo více vrstev.
- Zemní pláň – zemina namrzavá až nebezpečně namrzavá, málo propustná až nepropustná
- Pláň tělesa železničního spodku
 - vodorovná, pokud je podkladní vrstva z propustných materiálů;
 - skloněná – je možné použít i z méně propustných materiálů, např. minerální směsi.

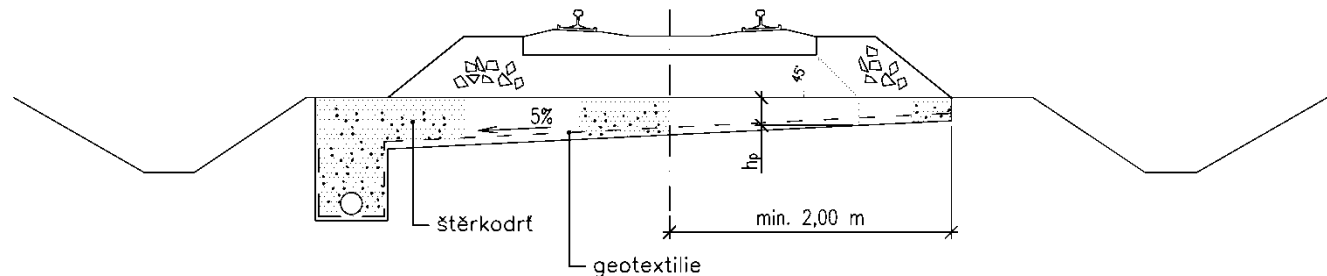
Typ 3

železniční svršek je uložen na konstrukční vrstvě (podkladní vrstvě), která spočívá na geotextilii, geomřížce nebo geomembráně uložené na zemní pláni.

a) pláň tělesa železničního spodku vodorovná, zemní pláň v jednostranném sklonu



b) pláň tělesa železničního spodku vodorovná, zemní pláň v jednostranném sklonu odvodněná podélným trativodem

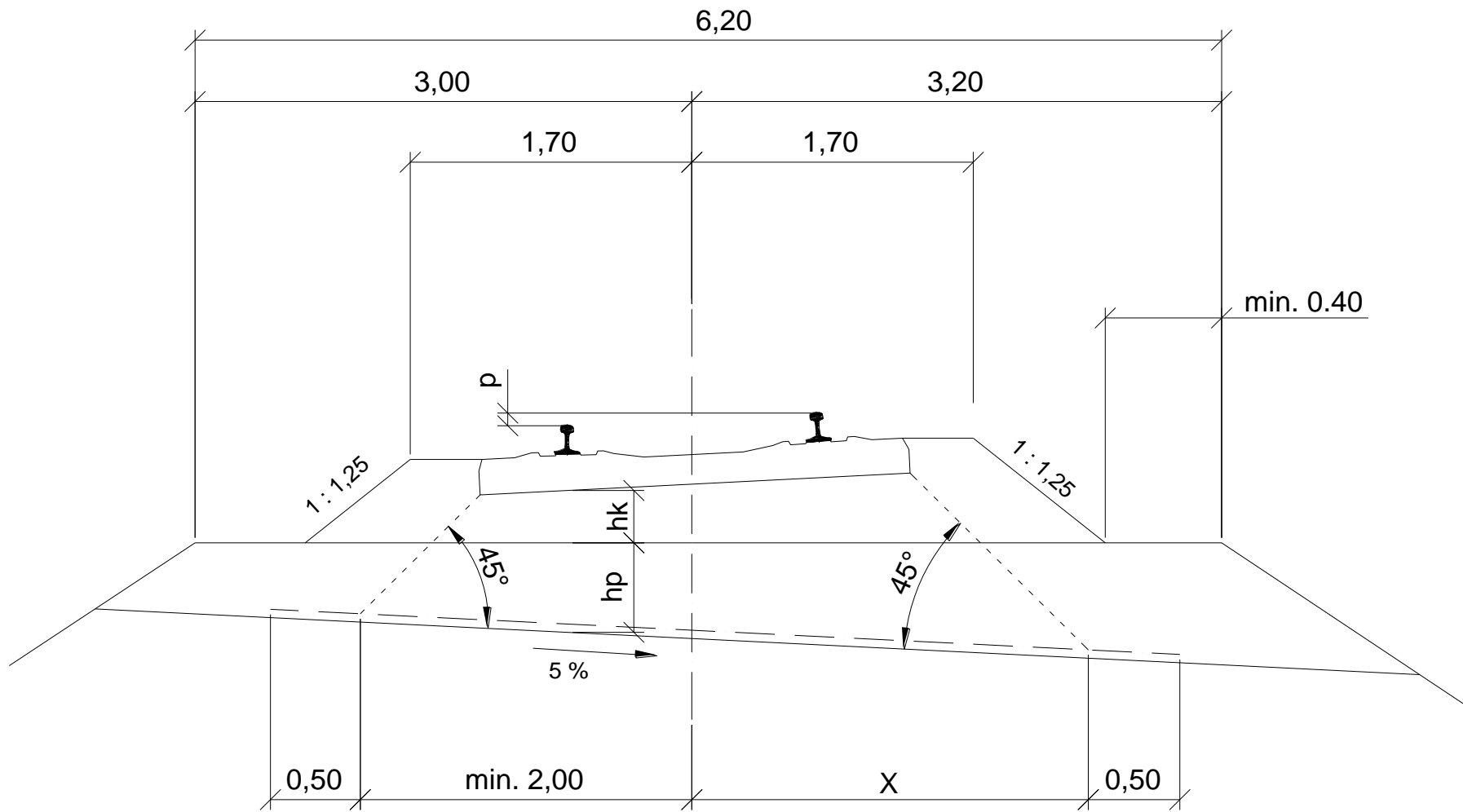


Zdroj: Předpis SŽDC S4

Typ 3

- Kolejové lože
- Podkladní a případně ochranná vrstva (jedna nebo více vrstev).
- Geosyntetický prvek – geotextílie, geomřížka, drenážní nebo těsnící geokompozit, geomebrána apod., antivibrační rohože, tepelně-izolační prvky.
- Zemní pláň – zemina namrzavá až nebezpečně namrzavá, málo propustná až nepropustná
- Pláň tělesa železničního spodku
 - vodorovná, pokud je podkladní vrstva z propustných materiálů;
 - skloněná – je možné použít i z méně propustných materiálů, např. minerální směsi.

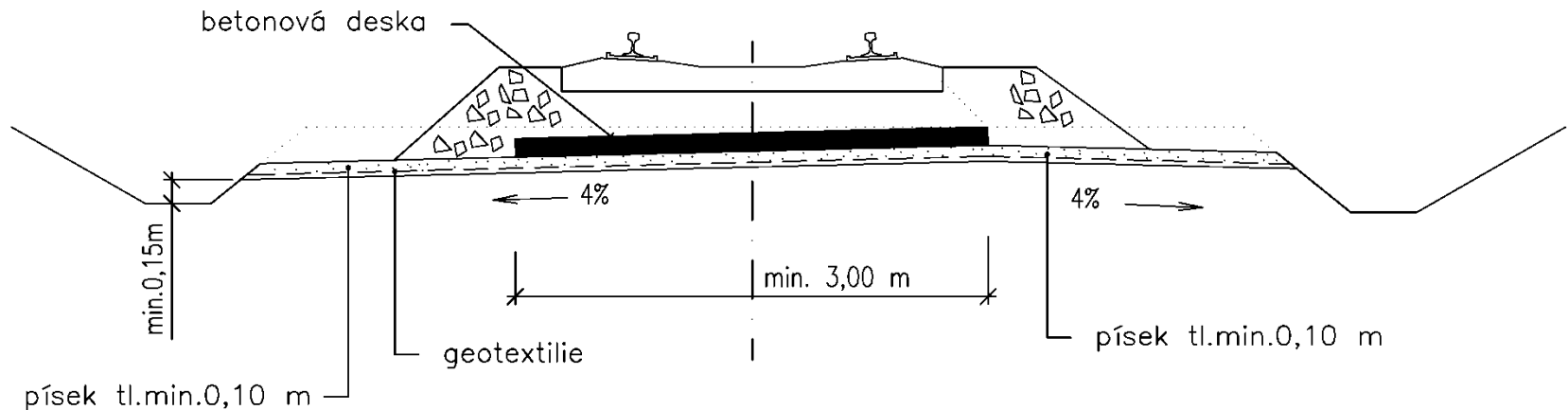
Určení šířky konstrukční vrstvy tělesa žel. spodku



Typ 4

železniční svršek je uložen na betonové prefabrikované desce, která spočívá na vyrovnávací vrstvě z písku nebo štěrkopísku, zřízené na geotextilii nebo geomembráně uložené na zemní pláni.

Trať v zářezu s betonovou deskou a zemní plání v oboustranném sklonu



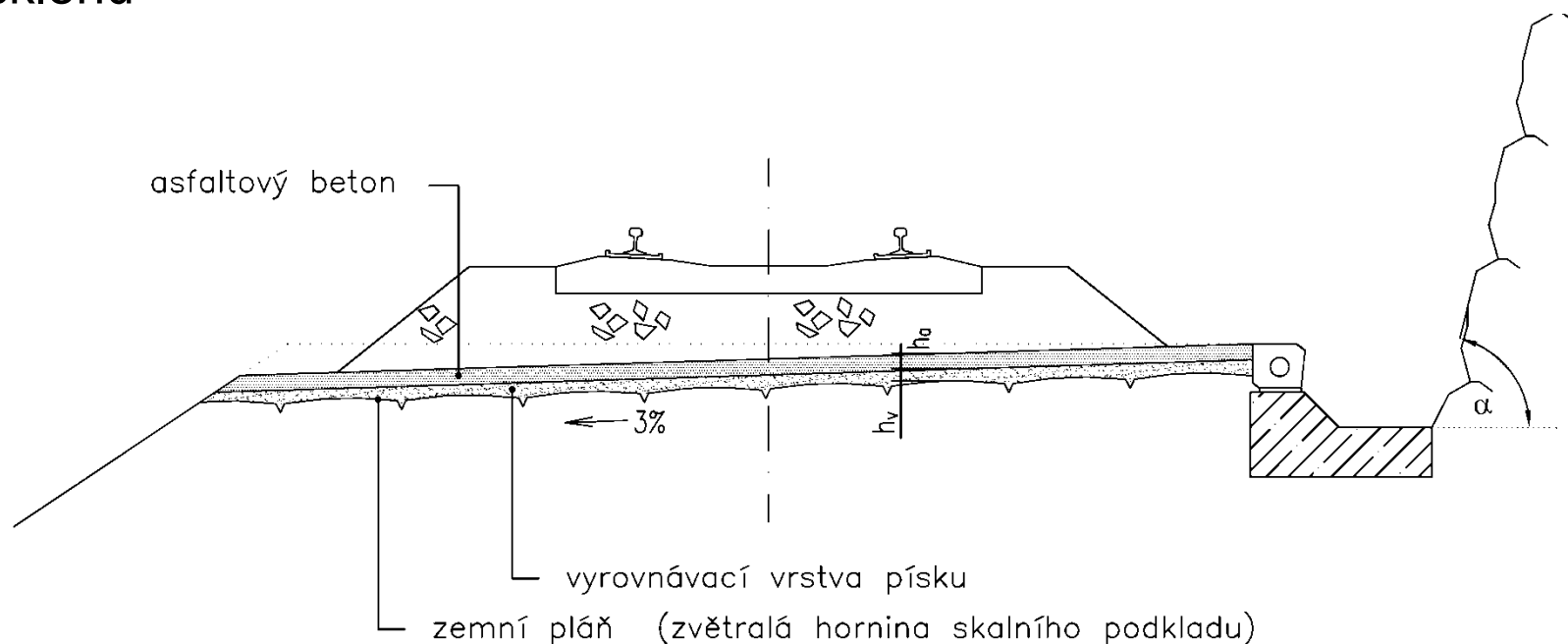
Typ 4

- Kolejové lože
- Prefabrikovaná deska ze železového nebo předpjatého betonu
 - žb sanační desky 3,0 x 2,0 x 0,1 m příp. 3,0 x 1,0 x 0,1 m.
- Vyrovnávací vrstva z písku (příp. štěrkopísku) tloušťky min. 100 mm
- Geosyntetika (geotextílie, geomebrána apod.)
- Zemní pláň – zemina namrzavá až nebezpečně namrzavá, málo propustná až nepropustná
- Nyní se nenavrhuje - na kontaktu kolejového lože s bet. deskou dochází k vysokému namáhání hran zrn, kamenivo degraduje
- Konstrukce se neposuzuje z hlediska deformační odolnosti ani z hlediska ochrany zemní pláně vůči účinkům mrazu.

Typ 5

železniční svršek je uložen na vrstvě asfaltového betonu nebo drceného obalovaného kameniva, která spočívá na vyrovnávací vrstvě z písku nebo štěrkopísku zřízené na zemní pláni ze snadno zvětrávajících hornin.

Jednokolejná trať s asfaltovým betonem provedeným v jednostranném sklonu



Zdroj: Předpis SŽDC S4

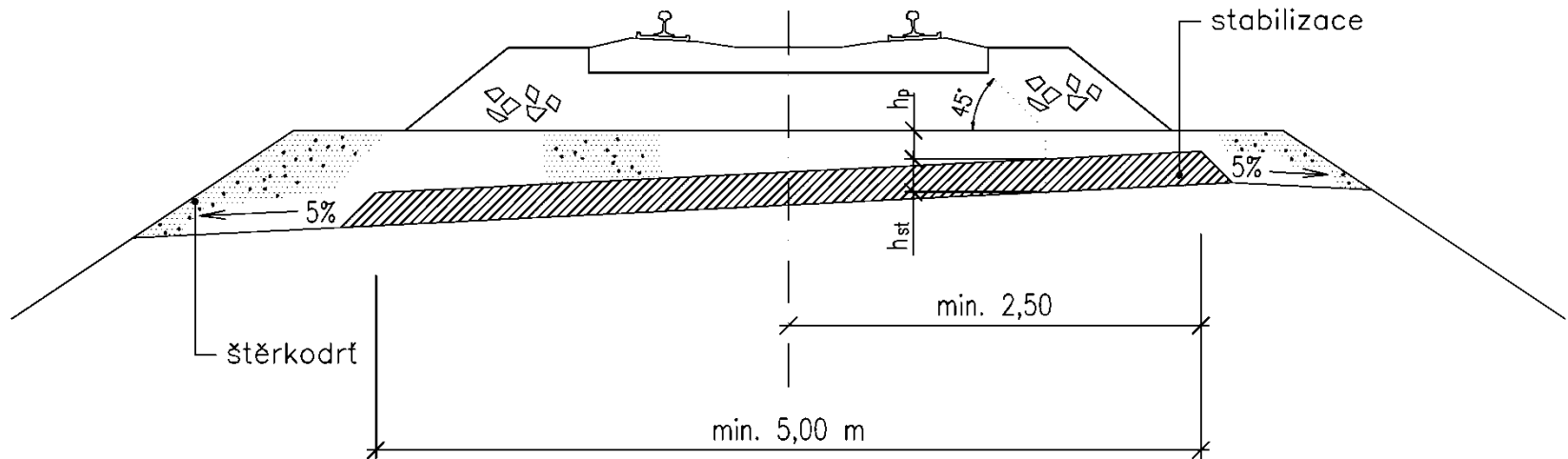
Typ 5

- Kolejové lože
- Hutněná asfaltová vrstva nebo obalované kamenivo
 - tloušťka zpravidla 2 x 40 až 60 mm;
 - doprava autem ze stabilních obaloven, pokládka finišerem;
 - jednostranný nebo oboustranný sklon 3 %.
- Vyrovnávací vrstva z písku (příp. štěrkopísku) tloušťky v závislosti od nerovnosti výlomu 50 až 150 mm
- Zemní pláň – zvětralá hornina (např. opuka, jílovité břidlice apod.)
- Zřizuje se ve skalních zářezích a odřezích, kde je zemní pláň tvořena skalními horninami náchylnými na zvětrávání a ztrátu pevnosti působením vody a mrazu.

Typ 6

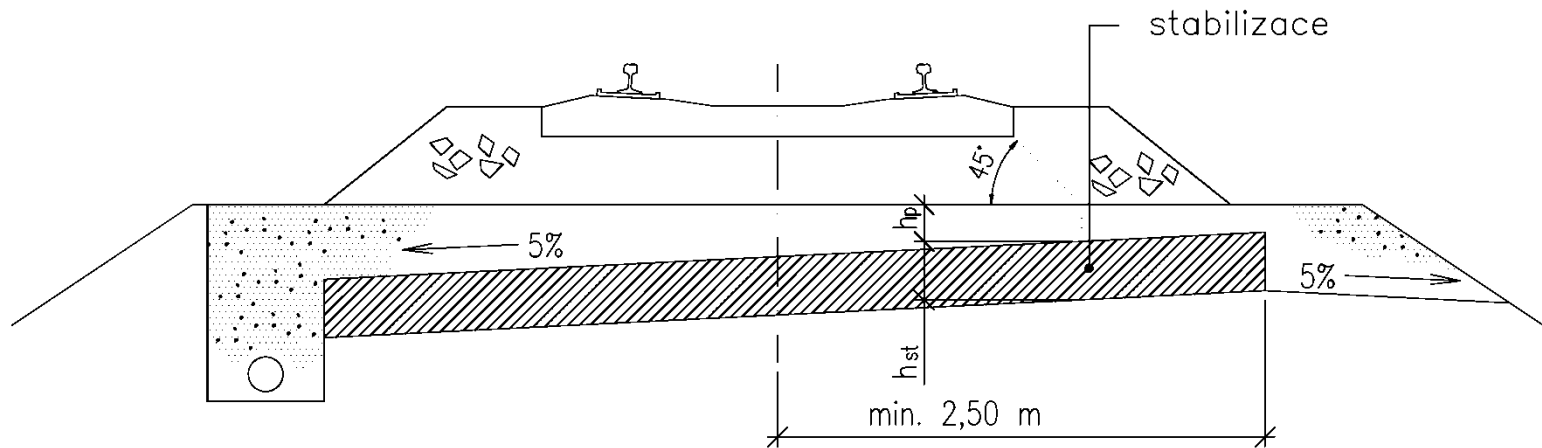
železniční svršek je uložen na konstrukční vrstvě (podkladní vrstvě), která spočívá na zlepšené zemině nebo na vrstvě stabilizované zeminy zřízené na zemní pláni.

a) stabilizace (zlepšení) z dovezeného materiálu



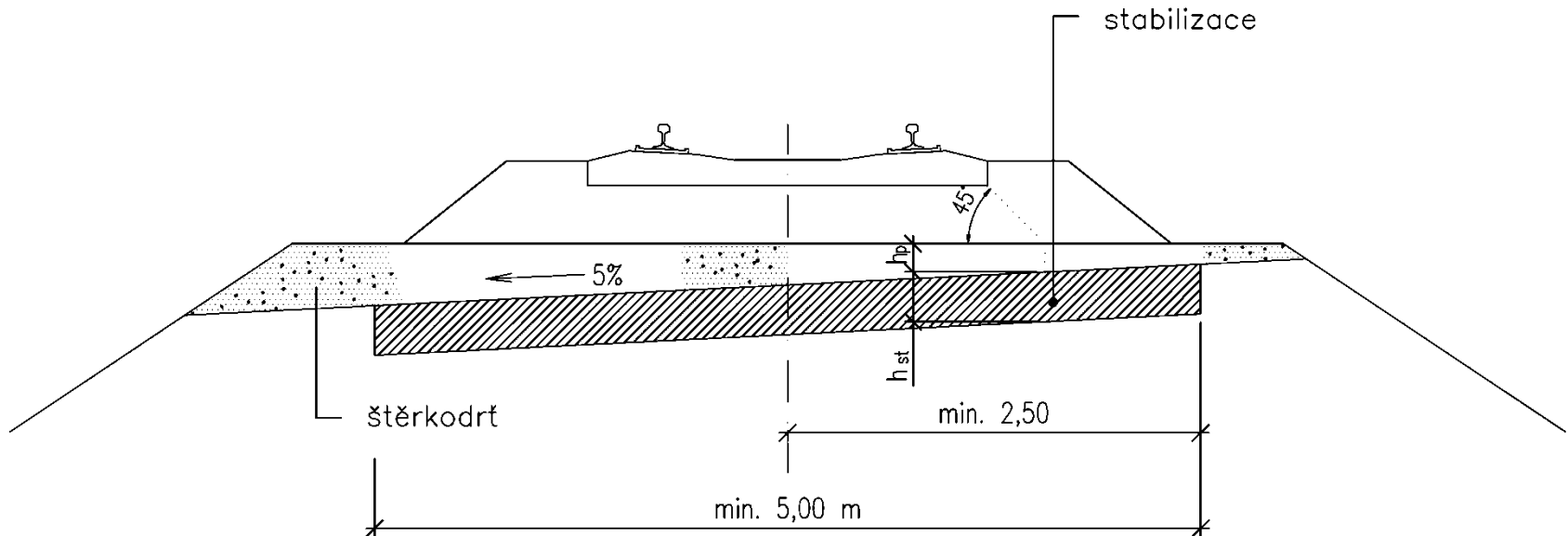
Typ 6

b) stabilizace z dovezeného materiálu odvodnění podélným trativodem



Typ 6

c) jednokolejná trať se zlepšenou zemínou nebo stabilizací provedenou mísením na místě v jednostranném sklonu



Typ 6

- Kolejové lože

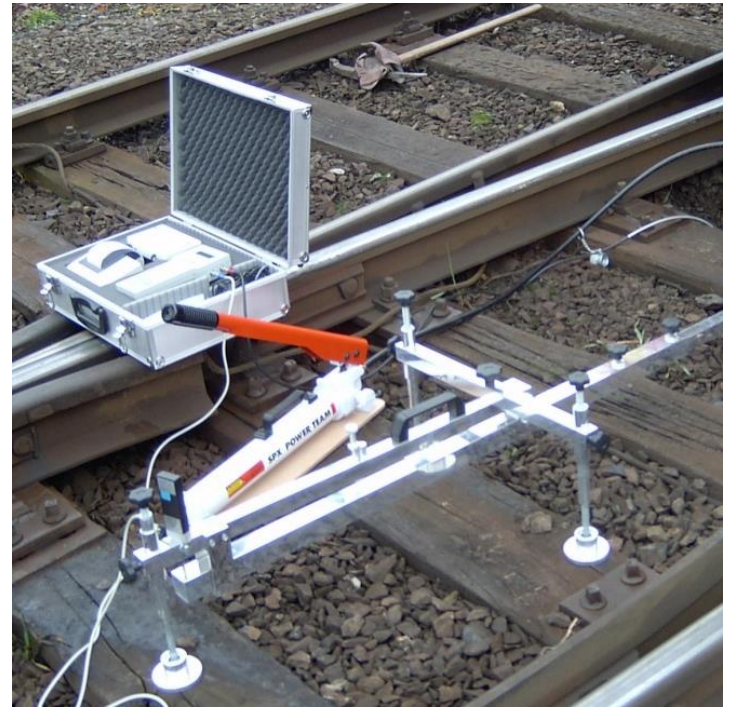
 - Podkladní a případně ochranná vrstva (jedna nebo více vrstev)
 - Vrstva stabilizované zeminy v případě dovozu z mísicího centra
 - Zemní pláň – stabilizovaná nebo zlepšená zemina v případě mísení na místě
 - Stabilizovaná zemina:
 - druh se stanoví na základě druhu zeminy
 - při zřizování na místě se zřizuje v celé šířce zemní pláně, (půdní fréza, dávkovač na pojivo, distributor na kropení vodou, grejdr)
 - při dovozu z mísicího centra může mít zřizovaná vrstva šířku min. 2,5 m od osy koleje.
 - Zlepšení zemin:
 - mechanicky nebo pomocí práškových pojiv
-

3. Deformační odolnost pražcového podloží

- Deformační odolnost je reprezentována modulem přetvárnosti.
- Modul přetvárnosti se zjišťuje pomocí statické zatěžovací zkoušky.
- Při statické zatěžovací zkoušce se vyvozuje na ploše desky předepsaný tlak 0,1 – 0,4 Mpa v závislosti na zemině
- Postup zkoušky:
 - urovnání sledované vrstvy;
 - dosednutí zatěžovací desky tlakem 0,01 MPa po dobu 30 s;
 - samotná zkouška ze dvou nebo tří zatěžovacích cyklů (třetí cyklus je kontrolní.);
 - zatížení v cyklu se nanáší ve čtyřech stupních, po čtyřech krocích se také snižuje tlak až do úplného odlehčení.
 - po každém přírůstku zatížení se sleduje zatlačení desky;
 - největší zatlačení pro dané zatížení se považuje za dosažené, pokud přírůstek hodnoty zatlačení není větší než 0,02 mm za 1 minutu.

A) Statická zatěžovací zkouška

- Statická zatěžovací zkouška je zdlouhavá a nákladná. Trvání zatěžovací zkoušky je podle vlastností sledované vrstvy 25 minut až 1 hodina, v extrémně nepříznivých případech i déle. Další nevýhodou je nutnost opřít hydraulický lis o protizávaží. Při geotechnickém průzkumu na trati je tak nutná výluka provozu ve sledované koleji.

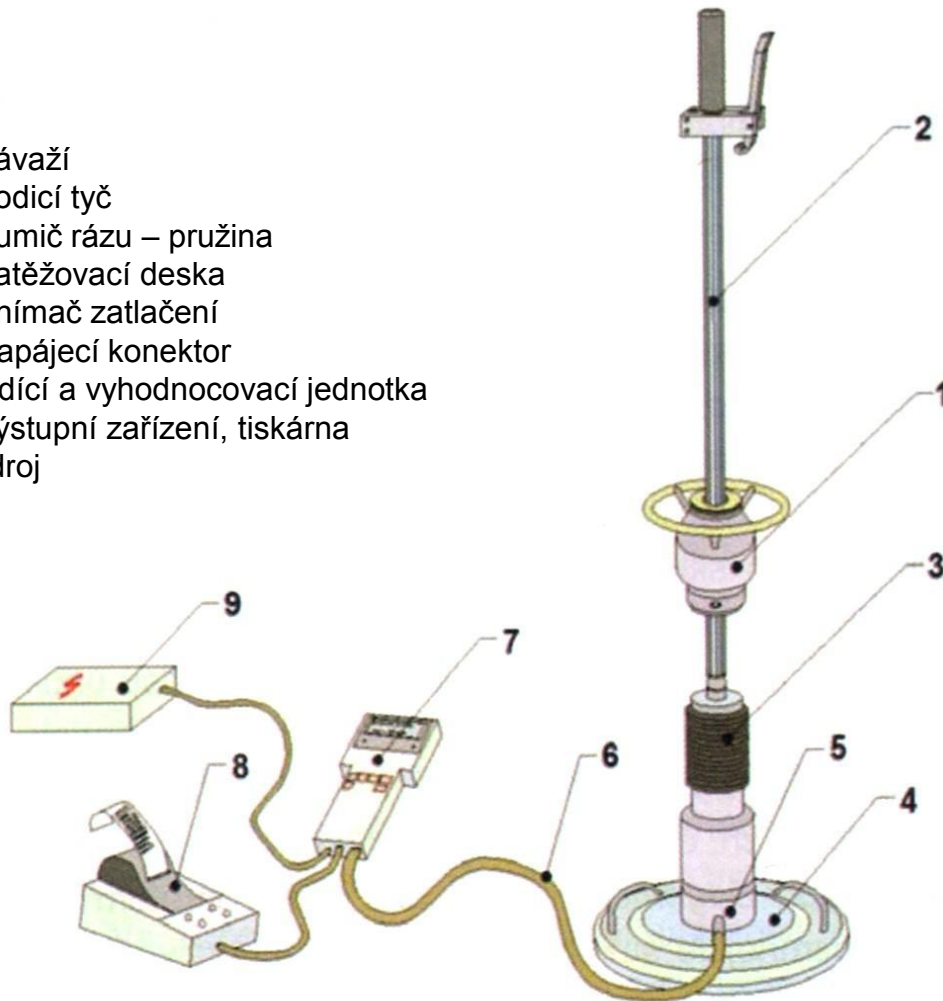


B) Lehká rázová dynamická zkouška

- Při této zkoušce se na pružinu na zatěžovací desce spouští závaží po vodící tyči. Snímačem se měří zrychlení vibrace desky a výpočtem se stanoví zatlačení. Ráz se třikrát opakuje.
- Stanovení hodnoty dynamického modulu je velmi snadné a rychlé (do 3 minut) a bez protizávaží.
- Nevýhodou zkoušky je skutečnost, že není možné přímo přepočítat dynamický modul na statický modul přetvárnosti.
- Dynamický modul je ovlivňován fyzikálními vlastnostmi zeminy jiným způsobem než statický modul přetvárnosti.
- Z tohoto důvodu se orientační rázová zkouška u SŽDC používá vždy v kombinaci se statickou zatěžovací zkouškou. Přepočítací koeficient se použije pouze v omezeném okolí statické zkoušky a pouze pro vrstvy ze stejného materiálu.
- V standardu DB jsou hodnoty dynamického modulu pro charakteristické druhy zemin podloží a požadavky na konstrukční části (zemní pláň, pláň tělesa železničního spodku).

B) Lehká rázová dynamická zkouška

- 1 – závaží
- 2 – vodící tyč
- 3 – tlumič rázu – pružina
- 4 – zatěžovací deska
- 5 – snímač zatlačení
- 6 – napájecí konektor
- 7 – řídicí a vyhodnocovací jednotka
- 8 – výstupní zařízení, tiskárna
- 9 - zdroj



Zdroj [1]

C) Minimální požadované hodnoty modulů přetvárnosti

Druh tratě	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti	
	E_0 [MPa] na zemní pláni	E_{pl} [MPa] na pláni tělesa železničního spodku
Novostavby: - pro rychlost větší než 160 km.h ⁻¹ - pro rychlost do 160 km.h ⁻¹	60 40	100 80
Stávající tratě: a) hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích - celostátních pro rychlost 120 až 160 km.h ⁻¹ - celostátních koridorových pro rychlost menší než 120 km.h ⁻¹ - celostátních ostatních pro rychlost menší než 120 km.h ⁻¹ - regionální b) předjízděné koleje ve stanicích na tratích - celostátních - regionálních c) ostatní koleje ve stanicích na tratích - celostátních - regionálních	30*) 20*) 20*) 15*) 20*) 15*) 15*) 15*)	50 50 40 30 40 30 30 20

*) Je-li zjištěná hodnota modulu přetvárnosti zemní pláně alespoň 60 % minimální požadované únosnosti E_0 , lze ke zvýšení únosnosti konstrukce tělesa železničního spodku navrhnout výztužné geotextilie nebo geomřížky. Na pláni tělesa železničního spodku však musí být dosažena hodnota modulu přetvárnosti E_{pl} dle následující tabulky.

4. Návrh a posouzení konstrukčních vrstev

- Redukovaný modul přetvárnosti zeminy

$$E_{0r} = E_0 \cdot z \quad [\text{MPa}]$$

- Hodnota opravného součinitele „z“ pro zeminy písčité a štěrkovité je:

- S 1, S 2 a G 1 až G 5 1,0
- S 3 až S 5 0,9.

- V případě, že modul přetvárnosti zemní pláně nedosahuje požadovaných hodnot, je možné:

- nahradit neúnosnou zeminu zemní pláně materiálem únosnějším;
- stabilizovat nebo zlepšit horní vrstvu zeminy zemní pláně;
- uložit na zemní pláni výztužné geosyntetikum, (výztužné geosyntetikum je možné použít pouze v případě, že zjištěná hodnota modulu přetvárnosti zemní pláně je alespoň 60 % požadované hodnoty).

Hodnoty opravného součinitele „z“ pro zeminy jemnozrnné

Název zeminy dle ČSN 72 1002	Symbol	Stupeň konzistence zeminy při zjišťování E_0		
		Měkká, kašovitá $I_C < 0,5$	Tuhá $I_C = 0,5$ až $1,0$	Pevná, tvrdá $I_C > 1,0$
		Hodnota opravného součinitele „z“		
Hlína štěrkovitá	F1 MG	1,0	0,9	0,8
Jíl štěrkovitý	F2 CG			
Hlína písčitá	F3 MS	1,0	0,8	0,6
Jíl písčitý	F4 CS			
Hlína s nízkou plasticitou	F5 ML	1,0	0,7	0,5
Hlína se střední plasticitou	F5 MI			
Jíl s nízkou plasticitou	F6 CL	1,0	0,6	0,4
Jíl se střední plasticitou	F6 CI			
Hlína s vysokou plasticitou	F7 MH	1,0	0,5	0,3
Hlína s velmi vysokou plasticitou	F7 MV			
	F7 ME			
Hlína s extra vysokou plasticitou	F8 CH			
	F8 CV			
Jíl s vysokou plasticitou	F8 CE			
Jíl s velmi vysokou plasticitou				
Jíl s extra vysokou plasticitou				

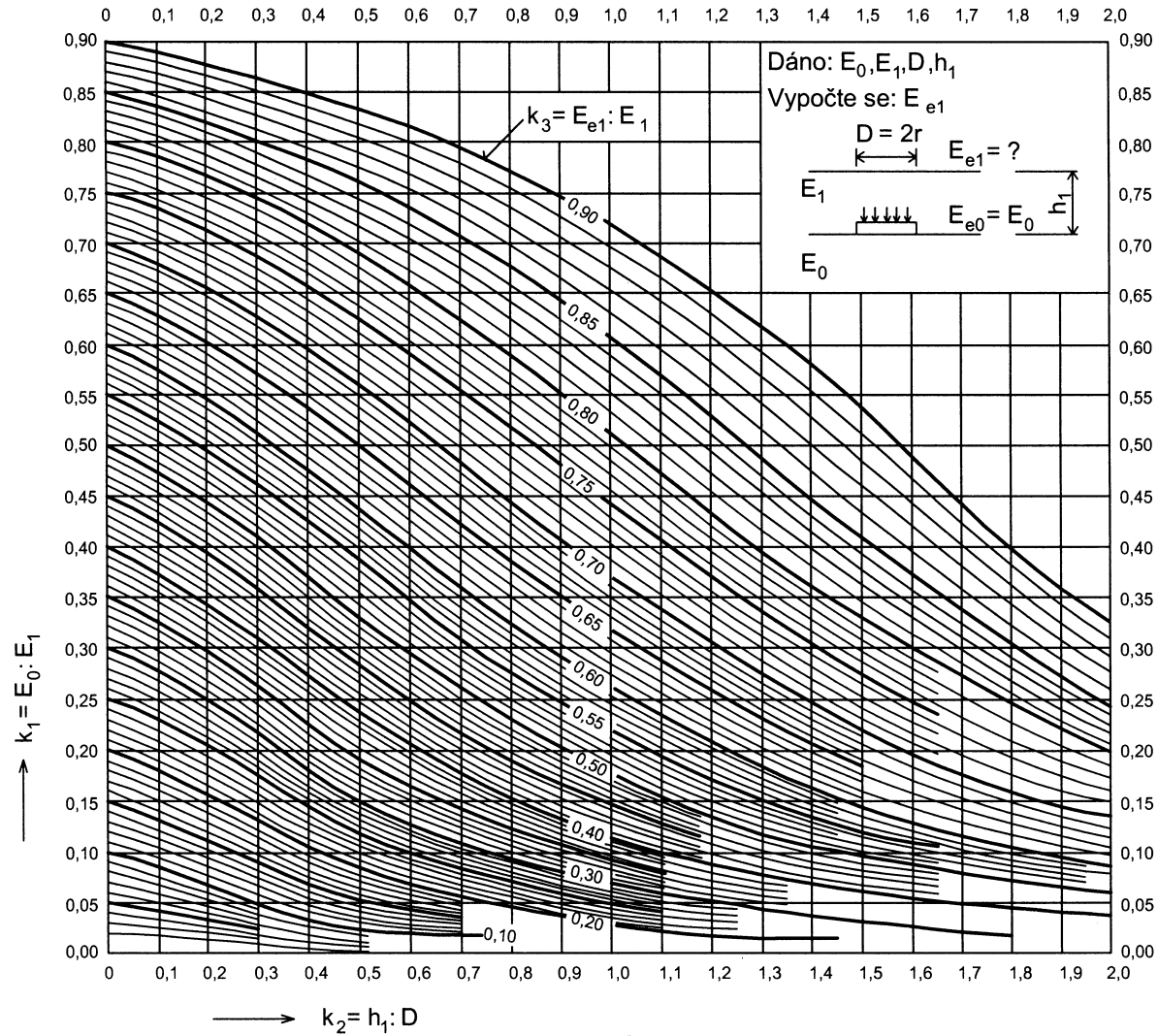
Podmínky dimenzování pražcového podloží

- Vstupní návrhové parametry:
 - tloušťky jednotlivých konstrukčních vrstev h_i ;
 - moduly přetvárnosti E_i materiálů konstrukčních vrstev;
 - redukovaný modul přetvárnosti zemní pláně E_{0r} ;
 - požadovaný modul přetvárnosti konstrukce pražcového podloží v úrovni pláně tělesa železničního spodku;
- Podmínky návrhu:
 - nejmenší tloušťka konstrukční vrstvy je 0,15 m;
 - modul přetvárnosti výše uložené konstrukční vrstvy musí být vždy větší jak níže uložené vrstvy.
- Zlepšení zemin zemní pláně nebo stabilizace zemin:
 - konstrukce se navrhuje na hodnotu modulu přetvárnosti na povrchu zlepšené zeminy nebo stabilizované vrstvy, minimální hodnoty se zvyšují na 40 a 60 MPa

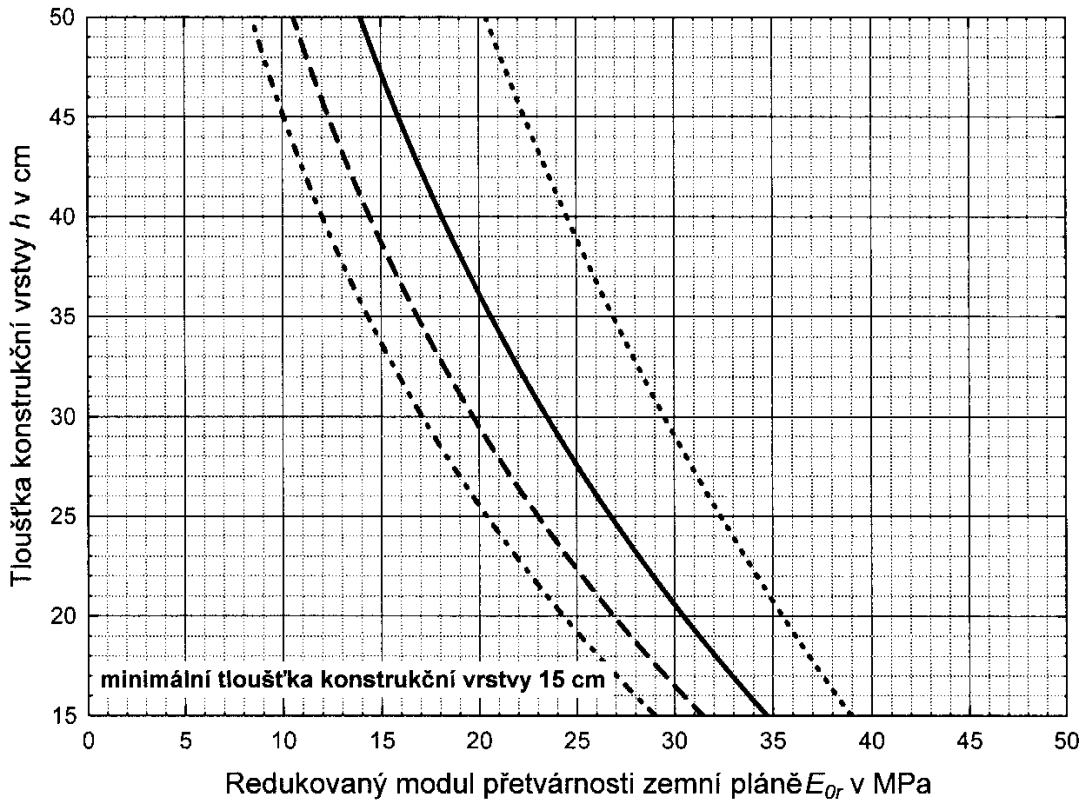
Orientační hodnoty modulu přetvárnosti běžně používaných materiálů

Druh materiálu konstrukční vrstvy	Minimální relativní ulehlost I_D	Modul přetvárnosti E [MPa]
Vysokopepeční struska	0,80	50
	0,90	60
	0,95	70
Štěrkodrt', recyklovaná štěrkodrt'	0,80	60
	0,90	70
	0,95	80
Upravený recyklát	0,80	70
	0,90	80
	0,95	90
Minerální směs	0,90	80
	0,95	90
	1,00	100

Nomogram DORNII

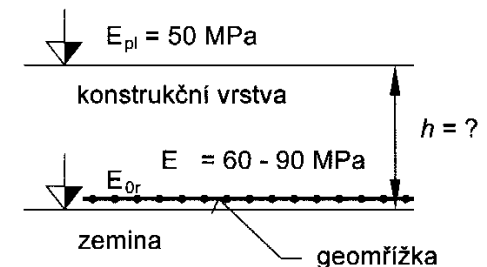


Návrhový graf pro určení tloušťky konstrukční vrstvy s výztužnou geomřížkou v pražcovém podloží Typ 3



Výpočetní schéma:

Dáno: E_{pl} , E_{0r} , E → určí se h



Moduly deformace materiálů konstrukční vrstvy:

- · — · — $E = 90$ MPa
- - - - - $E = 80$ MPa
- $E = 70$ MPa
- $E = 60$ MPa

Zdroj [2]

Požadavky na zlepšené zeminy a stabilizace

- Stabilizace:
 - je způsob úpravy zemin, směsi zemin nebo jiného zrnitého materiálu s použitím pojiva nebo chemického stabilizátoru;
 - stabilizované materiály získají požadovanou pevnost v tlaku a odolnost.
- Zlepšení zemin:
 - je úprava zeminy promísením:
 - s jinou zeminou;
 - pojivem.
 - s cílem:
 - umožnit a usnadnit zpracování málo vhodných zemin;
 - použití do:
 - podloží zemního tělesa;
 - zemního tělesa;
 - aktivní zóny.

5. Posouzení na účinky zatížení klimatickými vlivy

- Povětrnostní faktory a klimatické vlivy:
 - déšť;
 - sníh;
 - mráz;
 - sluneční záření;
 - vítr.

 - Kolej je z konstrukčního hlediska otevřený systém.
-

Posouzení na účinky mrazu

$$h_{pr} \leq h_{kl} + h_{šp} + h_{dov}$$

kde

h_{pr} hloubka promrznání [m]

h_{kl} tloušťka kolejového lože, závisí na typu použitých pražců, zpravidla v rozmezí 0,45 až 0,55 m [m]

$h_{šp}$ ekvivalentní tloušťka vrstvy, odpovídající tloušťce štěrkopískové vrstvy [m]

h_{dov} dovolená tloušťka promrznutí zemní pláně

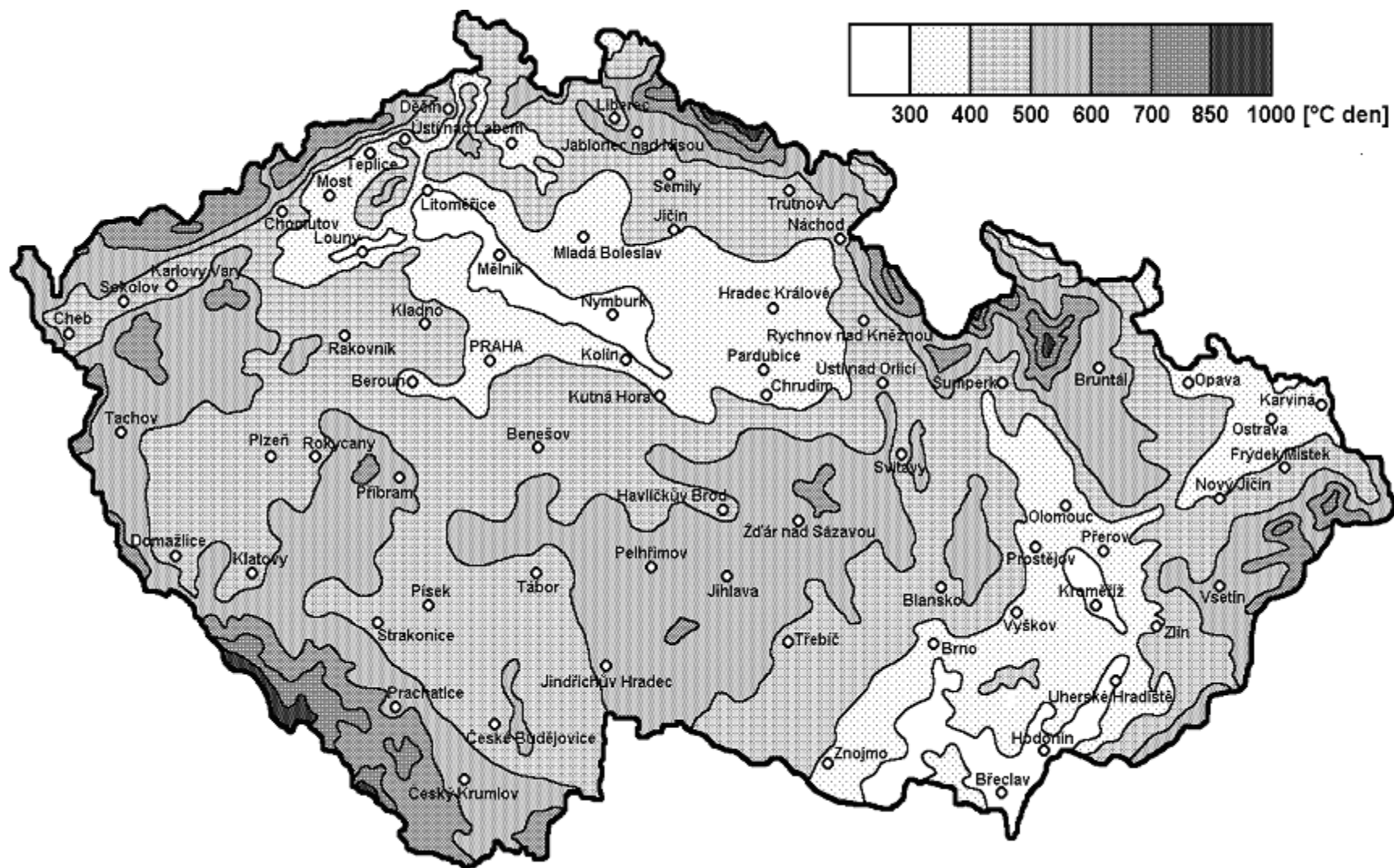
Výpočet hloubky promrzání

- Vztah dle předpisu SŽDC S4:
$$h_{pr} = 0,045 \cdot \sqrt{I_m} \quad [m]$$
- Index mrazu závisí na:
 - intenzitě slunečního záření a jeho zpětném vyzařování povrchem;
 - geografická šířka;
 - nadmořská výška;
 - hustoty mraků;
 - čistoty vzduchu;
 - barva a kvality povrchu.
 - proudění tepla;
 - rychlost větru;
 - rovinatost, drsnost;
 - konstrukce pražcového podloží a jeho tepelně-technické vlastnosti.
 - topografii území;
 - vegetačním pokryvu;
 - sklonu území a jeho orientaci ke světovým stranám.

Index mrazu

- Index mrazu závisí na:
 - intenzitě slunečního záření a jeho zpětném vyzařování povrchem;
 - geografická šířka;
 - nadmořská výška;
 - hustoty mraků;
 - čistoty vzduchu;
 - barva a kvality povrchu.
 - proudění tepla;
 - rychlost větru;
 - rovinatost, drsnost;
 - konstrukce pražcového podloží a jeho tepelně-technické vlastnosti.
 - topografii území;
 - vegetačním pokryvu;
 - sklonu území a jeho orientaci ke světovým stranám.

Index mrazu v ČR



Ekvivalentní tloušťka štěrkopísku

- Zemní pláň se chrání:
 - pomocí tepelně izolačních vrstev, které jsou charakterizovány součinitelem tepelné vodivosti λ .
- Určení potřebné tloušťky štěrkopískové vrstvy:
 - předpokládá se uložení štěrkopískové vrstvy pod vrstvou kolejového lože;
 - pokud se štěrkopísková vrstva nahradí jiným materiálem, ekvivalentní tloušťka tohoto materiálu (odpovídající tloušťce štěrkopískové vrstvy) se stanoví podle vzorce:

$$h_{\check{s}p} = h \frac{\lambda_{\check{s}p}}{\lambda}$$

kde

$h_{\check{s}p}$ ekvivalentní tloušťka vrstvy, která odpovídá tloušťce štěrkopískové vrstvy [m]

h tloušťka sledované vrstvy [m]

$\lambda_{\check{s}p}$ součinitel tepelné vodivosti štěrkopísku [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]

λ součinitel tepelné vodivosti sledované vrstvy [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]

Návrhové hodnoty součinitelů tepelné vodivosti materiálů

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
silně znečištěné kolejové lože	2,00
šterkopísek	2,30
šterkodrť, výsivky, výzisk	2,00
minerální směs	2,10
vysokopeční struska, škvára	0,95
popílkový stabilizát	0,70
stabilizovaná zemina	1,75
zlepšená zemina – pojivy	1,50
zlepšená zemina – mechanicky	2,00
obalované kamenivo	1,15
beton	2,55
píščitá hlína, písčitý jíł	2,20
jíł	1,70
styropor	0,25
polystyren, polyuretan	0,10

Ochrana zemní pláně proti účinkům mrazu

Vodní režim	Dovolené tloušťky promrznutí zemin zemní pláně $h_{z,dov}$ [m]					
	zeminy vysoce namrzavé zeminy nebezpečně namrzavé			zeminy namrzavé zeminy mírně namrzavé		
	Druh tratě					
	A	B	C	A	B	C
příznivý	0,30	0,40	0,50	0,50	0,60	0,70
nepříznivý	0,15	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60
velmi nepříznivý	0,00	0,15	0,30	0,30	0,40	0,50

Vysvětlivky

A – celostátní tratě pro rychlost 120 až 160 km.h⁻¹

B – celostátní tratě pro rychlost menší než 120 km.h⁻¹

C – regionální tratě

Zadání

- Hlavní koridorová trať s rychlostí do $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; zemina F5 (ML) (hlína s nízkou plasticitou); stupeň konzistence $I_c = 0,8$; zemina nebezpečně namrzavá; index mrazu $I_{mn} = 430 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{den}$.

C) Minimální požadované hodnoty modulů přetvárnosti

Druh tratě	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti	
	E_0 [MPa] na zemní pláni	E_{pl} [MPa] na pláni tělesa železničního spodku
Novostavby: - pro rychlost větší než 160 km.h ⁻¹ - pro rychlost do 160 km.h ⁻¹	60 40	100 80
Stávající tratě: a) hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích - celostátních pro rychlost 120 až 160 km.h ⁻¹ - celostátních koridorových pro rychlost menší než 120 km.h ⁻¹ - celostátních ostatních pro rychlost menší než 120 km.h ⁻¹ - regionální b) předjízděné koleje ve stanicích na tratích - celostátních - regionálních c) ostatní koleje ve stanicích na tratích - celostátních - regionálních	30*) 20*) 20*) 15*) 20*) 15*) 15*) 15*)	50 50 40 30 40 30 30 20

*) Je-li zjištěná hodnota modulu přetvárnosti zemní pláně alespoň 60 % minimální požadované únosnosti E_0 , lze ke zvýšení únosnosti konstrukce tělesa železničního spodku navrhnout výztužné geotextilie nebo geomřížky. Na pláni tělesa železničního spodku však musí být dosažena hodnota modulu přetvárnosti E_{pl} dle následující tabulky.

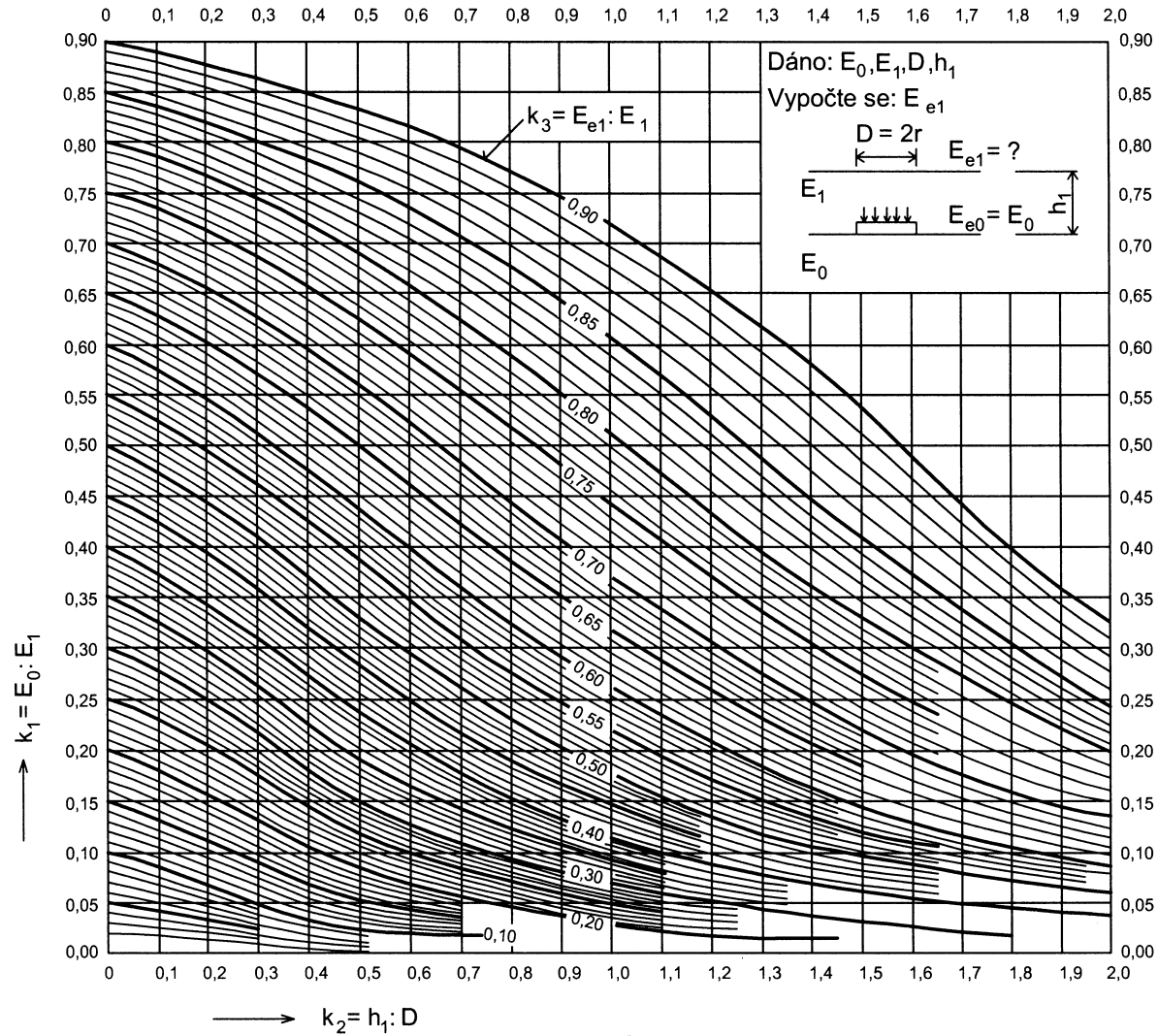
Hodnoty opravného součinitele „z“ pro zeminy jemnozrnné

Název zeminy dle ČSN 72 1002	Symbol	Stupeň konzistence zeminy při zjišťování E_0		
		Měkká, kašovitá $I_C < 0,5$	Tuhá $I_C = 0,5$ až $1,0$	Pevná, tvrdá $I_C > 1,0$
		Hodnota opravného součinitele „z“		
Hlína štěrkovitá	F1 MG	1,0	0,9	0,8
Jíl štěrkovitý	F2 CG			
Hlína písčitá	F3 MS	1,0	0,8	0,6
Jíl písčitý	F4 CS			
Hlína s nízkou plasticitou	F5 ML	1,0	0,7	0,5
Hlína se střední plasticitou	F5 MI			
Jíl s nízkou plasticitou	F6 CL	1,0	0,6	0,4
Jíl se střední plasticitou	F6 CI			
Hlína s vysokou plasticitou	F7 MH	1,0	0,5	0,3
Hlína s velmi vysokou plasticitou	F7 MV			
	F7 ME			
Hlína s extra vysokou plasticitou	F8 CH			
	F8 CV			
Jíl s vysokou plasticitou	F8 CE			
Jíl s velmi vysokou plasticitou				
Jíl s extra vysokou plasticitou				

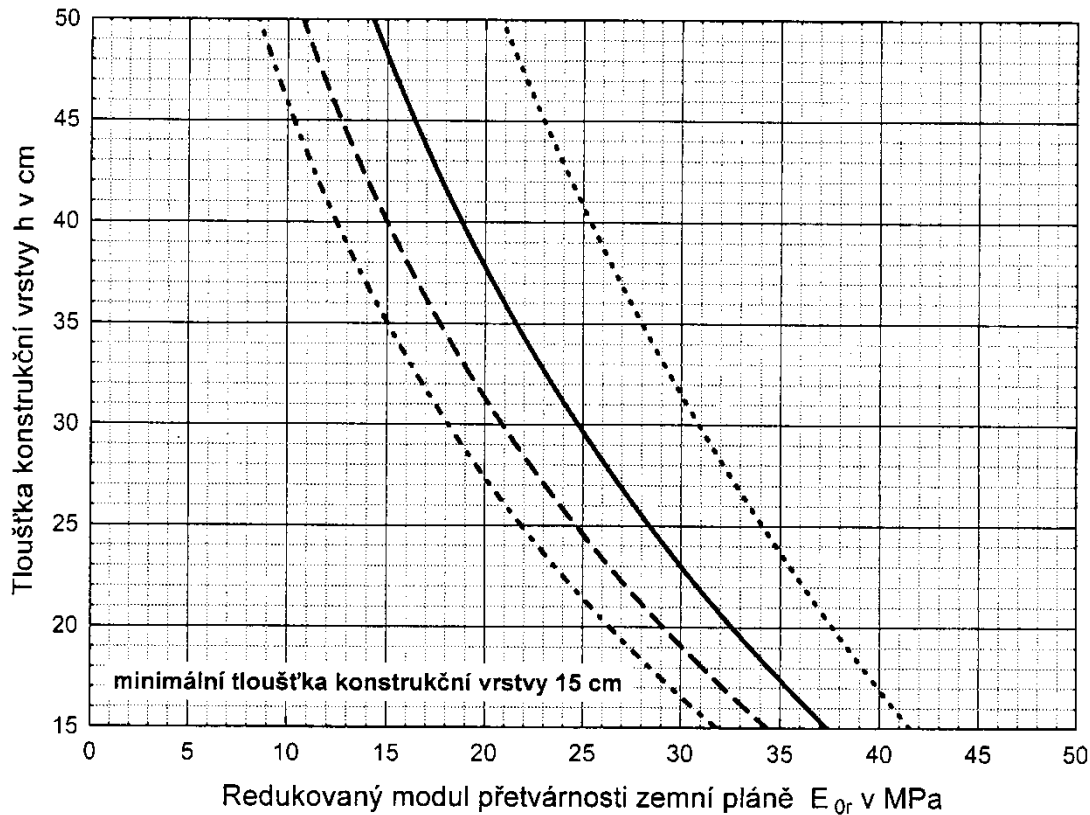
Orientační hodnoty modulu přetvárnosti běžně používaných materiálů

Druh materiálu konstrukční vrstvy	Minimální relativní ulehlost I_D	Modul přetvárnosti E [MPa]
Vysokopepční struska	0,80	50
	0,90	60
	0,95	70
Štěrkoďř, recyklovaná štěrkoďř	0,80	60
	0,90	70
	0,95	80
Upravený recyklát	0,80	70
	0,90	80
	0,95	90
Minerální směs	0,90	80
	0,95	90
	1,00	100

Nomogram DORNII

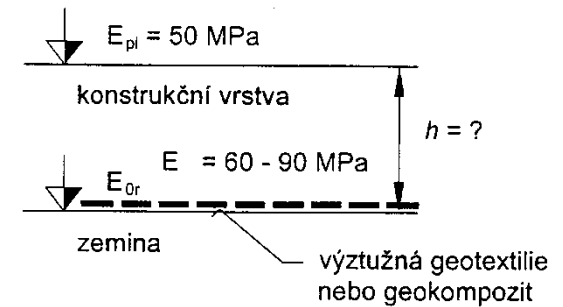


Návrhový graf pro určení tloušťky konstrukční vrstvy s výztužnou geotextilií nebo s výztužným geokompozitem v pražcovém podloží Typ 3



Výpočetní schéma:

Dáno: E_{pl} , E_{or} , E → urči se h

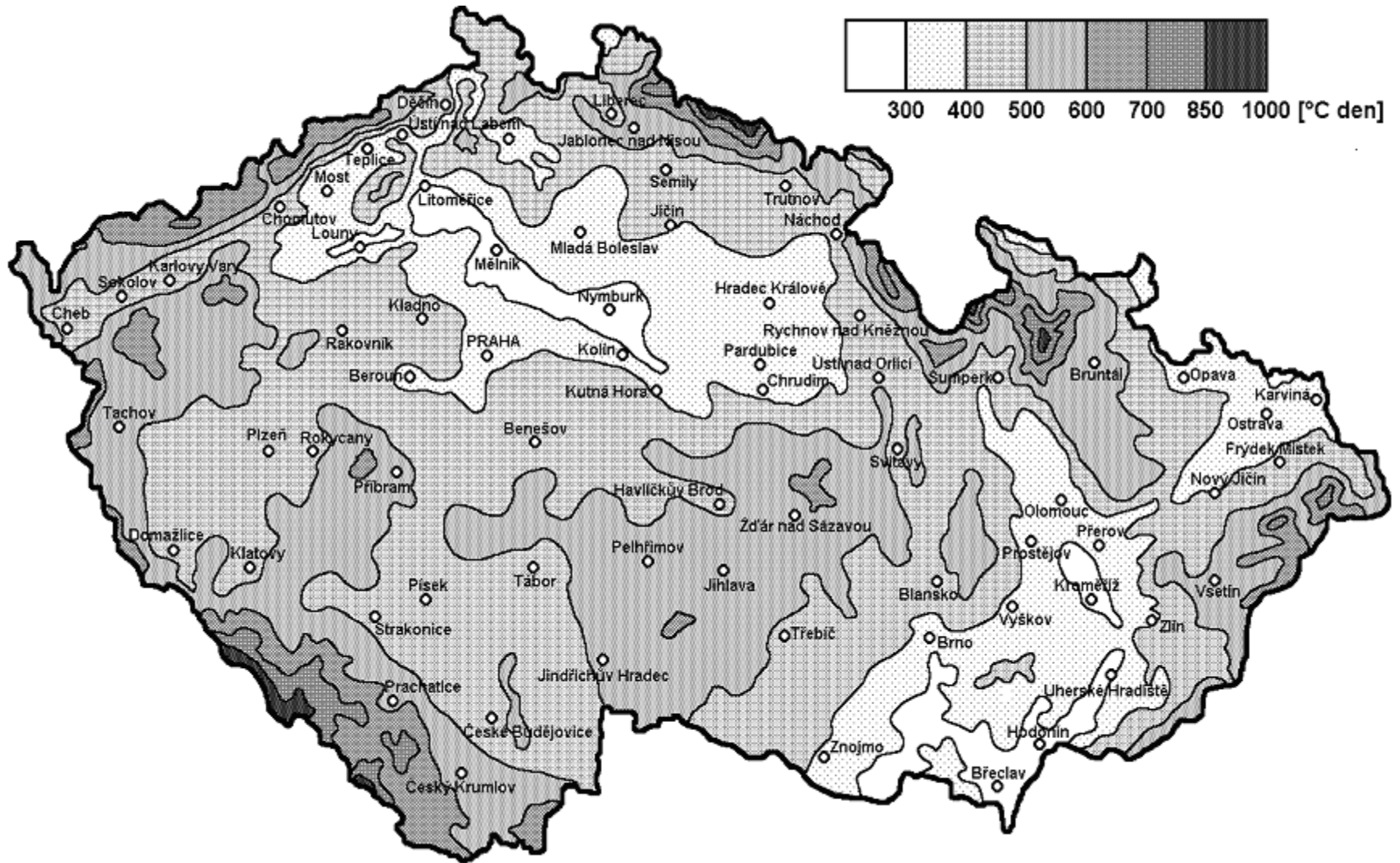


Moduly deformace materiálů konstrukční vrstvy:

- · — · — $E = 90$ MPa
- - - - - $E = 80$ MPa
- $E = 70$ MPa
- $E = 60$ MPa

Zdroj [2]

Index mrazu v ČR



Návrhové hodnoty součinitelů tepelné vodivosti materiálů

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
silně znečištěné kolejové lože	2,00
šterkopísek	2,30
šterkodrť, výsivky, výzisk	2,00
minerální směs	2,10
vysokopeční struska, škvára	0,95
popílkový stabilizát	0,70
stabilizovaná zemina	1,75
zlepšená zemina – pojivy	1,50
zlepšená zemina – mechanicky	2,00
obalované kamenivo	1,15
beton	2,55
píščitá hlína, písčitý jíł	2,20
jíl	1,70
styropor	0,25
polystyren, polyuretan	0,10

Ochrana zemní pláně proti účinkům mrazu

Vodní režim	Dovolené tloušťky promrznutí zemin zemní pláně $h_{z,dov}$ [m]					
	zeminy vysoce namrzavé zeminy nebezpečně namrzavé			zeminy namrzavé zeminy mírně namrzavé		
	Druh tratě					
	A	B	C	A	B	C
příznivý	0,30	0,40	0,50	0,50	0,60	0,70
nepříznivý	0,15	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60
velmi nepříznivý	0,00	0,15	0,30	0,30	0,40	0,50

Vysvětlivky

A – celostátní tratě pro rychlost 120 až 160 km.h⁻¹

B – celostátní tratě pro rychlost menší než 120 km.h⁻¹

C – regionální tratě

Použitá a doporučená literatura

- [1] IŽVOLT, L.: *Železničný spodok*. Žilinská univerzita v Žilině, EDIS vydavateľstvo ŽU, Žilina 2008, 1. vydání, 324 str., ISBN 978-80-8070-802-3
 - [2] SŽDC S4 – *Železniční spodek*, předpis, 1.1.1997
 - [3] PLÁŠEK, O., ZVĚŘINA, P., SVOBODA, R., MOCKOVČIAK, M.: *Železniční stavby. Železniční spodek a svršek*. 1. vyd., Brno: CERM, 2004. 291 str. ISBN 80-214-2621-7
-