



Správa železniční dopravní cesty, státní organizace  
Dlážděná 1003/7, Praha 1, PSČ 110 00

# GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM TĚLESA ŽELEZNIČNÍHO SPODKU

Pardubice 23.-25.3.2010

Ing. Radek Bernatík  
Odbor traťového hospodářství  
Oddělení železničního spodku a budov

(9727) 41 272 ☎  
725 050 148 📞  
bernatik@szdc.cz ✉

## Geotechnický průzkum

Základní požadavky na geotechnický průzkum jsou uvedeny v předpise SŽDC S4, kapitole 9.

Geotechnický průzkum je soubor činností vedoucích ke zjištění a posouzení informací o zeminách a horninách ve zkoumaném území a jeho okolí. Cílem každého geotechnického průzkumu by mělo být vypracování co nejvěrnějšího prostorového modelu, který dostatečně výstižně popisuje geologické, hydrogeologické a geotechnické poměry staveniště.



## Geotechnický průzkum

Výsledky geotechnického průzkumu slouží k hospodárnému a bezpečnému návrhu tělesa železničního spodku.

Výsledky GP musí obsahovat:

- dokumentaci provedených prací (kopaných sond, jádrových vrtů, georadaru, statických zatěžovacích zkoušek atd.),
- dokumentaci odebraných vzorků a výsledky laboratorních testů,
- závěry o vhodnosti zemin a hornin v podloží, vrstvách náspů a konstrukčních vrstvách, s případným návrhem jejich úprav nebo dalšího využití,
- geotechnické výpočty (stabilita svahu, sedání, atd.).

V případě poruch (rozpad GPK, sesuv) musí geotechnický průzkum také stanovit příčiny těchto poruch.

## Etapy geotechnického průzkumu

Geotechnický průzkum se provádí ve třech etapách, v časové posloupnosti a s rozlišením věcné náplně, a to jako geotechnický průzkum:

- předběžný,
- podrobný (zpravidla pro přípravnou dokumentaci),
- doplňující (zpravidla pro projektovou dokumentaci).

Pro havárie a jednoduché stavby se zpravidla geotechnický průzkum provádí v jediné etapě.



## Předběžný geotechnický průzkum

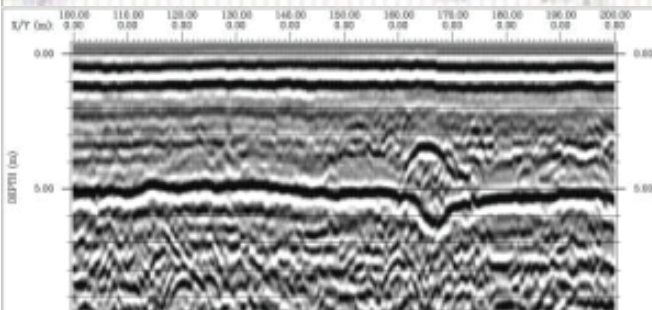
Předběžný geotechnický průzkum poskytuje informace o současném stavu tělesa železničního spodku v příslušném TUDU a provádí ho zhotovitel geotechnického průzkumu. Základní metodou předběžného průzkumu je prohlídka úseku trati, uskutečněná zhotovitelem geotechnického průzkumu v součinnosti se správcem trati, zaměřená zejména na místa vyžadující časté zásahy v rámci údržby a na místa poruch, s prvotním stanovením jejich pravděpodobných příčin.



## Předběžný geotechnický průzkum

Součástí předběžného geotechnického průzkumu je průzkum místním šetřením a kontinuální měření vhodnou nedestruktivní metodou (např. radarovou). Průzkum místním šetřením znamená:

- zaměřit se na opakované poklesy koleje, poklesy a deformace zemního tělesa, zamokřená místa a vývěry vody,
- určit složení a tloušťku konstrukčních vrstev, druh a stav zemin zemní pláně pomocí kopaných sond a terénního zhodnocení zeminy.



## Podrobný geotechnický průzkum

Podrobný geotechnický průzkum má za úkol podat co nejúplnější údaje o geotechnických poměrech a vlastnostech zemin a hornin (i v konstrukčních vrstvách).

Provádí se na základě projektu průzkumu vycházejícího z předběžného průzkumu a obsahuje:

- návrh metod průzkumných prací,
- rozsah, časový rozvrh a cenu prací.

Projekt průzkumu musí dále stanovit:

- polohu sond a vrtů tak, aby byly prověřeny místa zemního tělesa, která vykazují poruchy,
- přechodové oblasti na umělé stavby.



## Podrobný geotechnický průzkum

V podrobném geotechnickém průzkumu jsou využívány metody:

- destruktivní (kopané a vrtané sondy s odběrem vzorků pro laboratorní účely, v kopaných sondách se vždy provede SZZ, sondy mohou být doplněny o zkoušky penetrační, presiometrické, atd.),
- nedestruktivní (georadar, elektrické, seismické metody aj.).

Výsledky podrobného průzkumu musí poskytnout podklady pro spolehlivý návrh tělesa železničního spodku, včetně posouzení stability svahu, stanovení míst a příčin jejich případné nestability a návrh účinného sanačního opatření.





## Doplňující geotechnický průzkum

Doplňující geotechnický průzkum zpřesňuje a doplňuje poznatky a výsledky předběžného a podrobného průzkumu podle požadavků investora a projektanta v součinnosti s geotechnikem. Provádí se destruktivními i nedestruktivními metodami, např. v místech, kde je zemní těleso významně porušeno a dále pro zpřesnění hranic úseků s jednotnou konstrukcí pražcového podloží nebo pro záměr využití technologie vyžadující zkoušky nad rámec běžných požadavků.





## Zkoumané charakteristiky zemin v rámci GP

### Stávající tratě

Geotechnický průzkum stávajících tratí je založen na vhodně umístěných kopaných a vrtaných sondách, které slouží ke zjištění modulu přetvárnosti na pláni tělesa železničního spodku a zemní pláni, dále pak k odběru vzorků ke zjištění mechanických a fyzikálních vlastností zemin zemního tělesa, zjištění hladiny podzemní vody atd.



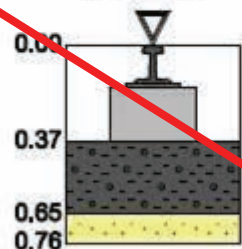
## Nejčastější chyby v provádění geotechnického průzkumu

- neprovedení práce v daném rozsahu (vynechání sond, neprovedení zkoušek v sondách danou metodikou nebo vynechání zkoušek atd.),
- chybějící statické zatěžovací zkoušky nebo jejich nahrazení „kvalifikovaným“ odhadem,
- špatné umístění kopaných a vrtaných sond (sondy navržené po cca 200 m bez vztahu na předběžný průzkum a členění stavby, ignorují se mosty, závady na zemním tělese apod.).

Nadm. vyska TK : 0.000 m n. m.

Odebrané vzorky :

KS 074



Poznámka : Zatěžovací zkouška nebyla z důvodu vysokého obsahu hrubé frakce provedena

Geotechnické charakteristiky zemní plně :

Kvalita do hloubky : konstantní

Vodní režim : přiznivý

Namrzavost : mírně namrzavé až namrzavé

Modul přetvárnosti  $E_0 = 34.0$  MPa (kvalifikovaný odhad)

Opravný koeficient  $\alpha = 0.9$

Redukovaný modul přetv.  $E_{0r} = 30.6$  MPa

Hloubka (m) Dokumentace : (0,00 = temeno nepřevýšené kolejnice)

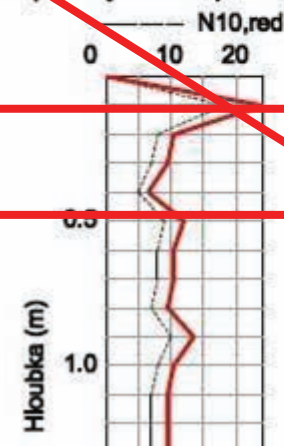
0.00 - 0.37 - Pražec betonový

0.37 - 0.65 - Štěrkové lože silně znečištěné

0.65 - 0.76 - Písek s příměsí jemnozrnné zeminy , ulehlý, hnědý, s úlomky hornin do velikosti 2 cm, v množství cca 15 %

Statická zatěžovací zkouška nebyla provedena.

Grafické vyhodnocení polní dynamické penetrační zkoušky :

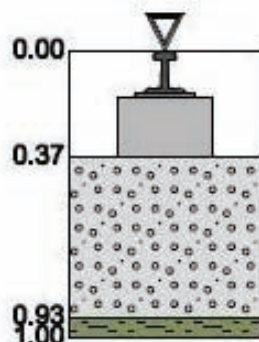


Název zakázky : [redacted]

Traťový úsek : [redacted]  
 Nové staničení sondy : 45.248 km  
 Staré staničení sondy : 46.621 km  
 Číslo koleje : 2 (1)  
 Umístění sondy : vpravo  
 Vzdálenost od osy : 0.80 m  
 Rozměry dna sondy : 0.40 x 0.40 m  
 Typ pražce : betonový  
 Nadm. výška TK : 0.000 m n. m.

Dokumentoval : [redacted]  
 Datum provedení sondy : [redacted]  
 Morfologie trati : terén  
 Zatřídění na zemní pláni : F7AMH  
 Zatěžovací zkouška od TK : nebyla provedena  
 Počátek dynam. penetrace : nebyla provedena  
 Hloubka podzemní vody : nebyla zjištěna  
 Odebrané vzorky :  
 Poznámka : Zatěžovací zkouška nebyla z časových důvodů provedena

KS 028



Geotechnické charakteristiky zemní pláně :

Kvalita do hloubky : konstantní  
 Vodní režim : nepříznivý  
 Namrzavost : nebezpečně namrzavé  
 Modul přetvárnosti  $E_0 = 13.0$  MPa (kvalifikovaný odhad)  
 Opravný koeficient  $\alpha = 0.5$   
 Redukovaný modul přetv.  $E_{or} = 6.5$  MPa

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

0.00 - 0.37 - Pražec betonový

0.37 - 0.93 - Šterkové lože čisté

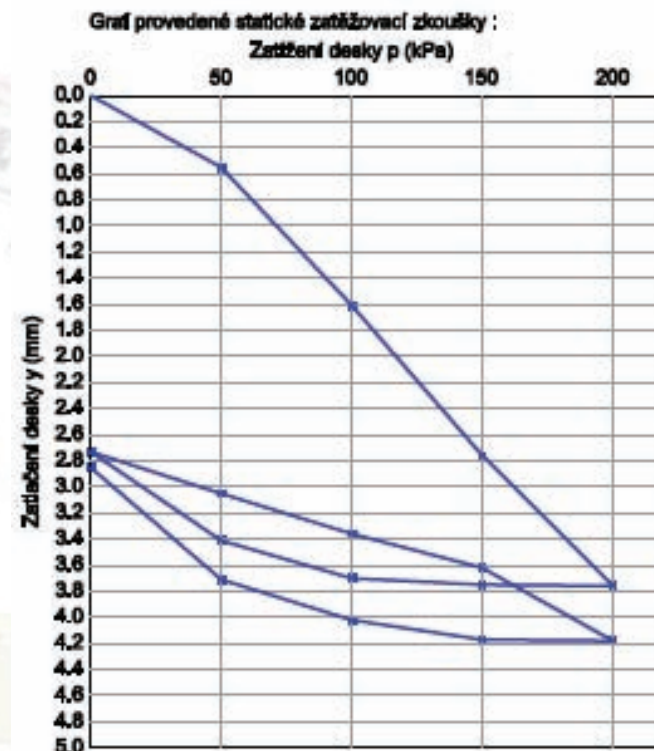
0.93 - 1.00 - Hlína s vysokou plasticitou , tuhá, hnědá, vápnná, s Ca vysráženinami, svrchu s škvárou

Moduly přetvárnosti zemní pláně  $E_0$  stanovené interpretací dynamických penetračních sond (P1 a P2) jsou od 3,4 MPa do 8,8 MPa. U sondy P3 byl stanoven modul přetvárnosti zemní pláně  $E_0$  interpretací dynamických penetračních na konstrukčních vrstvách a jeho hodnota je 27,6 MPa. Začátek zóny minimálního penetračního odporu (tj. zóny *minimálních přetvárných charakteristik*) se pohybuje v hloubkách od 1,1 m do 1,8 m a její báze dosahuje hloubek od 4,3 m do 8,0 m. Průměrná mocnost zóny minimálního penetračního odporu je 4,8 m, maximální 6,9 m a minimální je 3,1 m viz. obr. č. 2. Tato poměrně mocná zóna minimálního penetračního odporu indikuje málo únosnou oblast zemní pláně, tj. s moduly přetvárnosti zemní pláně  $E_0$  nižšími, než 15 MPa. (15 MPa je nejnižší požadovaná hodnota modulu zemní pláně  $E_0$  stanovená předpisem S4 – příloha č. 6, str. 10). *Pozn: podrobně je průběh minimálních modulů přetvárnosti zemní pláně graficky zpracován v přílohách č. 5 (dynamická penetrace), č. 3 (geologický řez – izolinie modulů přetvárnosti).*

Všemi realizovanými jádrovými vrtů bylo ověřeno, že zeminy zemní pláně jsou nebezpečně namrzavé a vodní režim je převážně velmi nepříznivý. Tato zjištění v souladu s předpisem S4 vyžaduje „úplnou ochranu zemní pláně“. Úplná ochrana zemní pláně vyžaduje, aby konstrukční vrstvy měly takový dosah, že hloubka promrzání nebude zasahovat do zemní pláně.

## Určení modulu přetvárnosti $E_0$ a $E_{p1}$

Stanovení modulu přetvárnosti se přípouští pouze pomocí statické zatěžovací zkoušky provedené podle předpisu SŽDC S4, přílohy 5. Ostatní zkoušky mají charakter informativní a nelze je porovnávat s minimálními požadovanými hodnotami modulu přetvárnosti.



KS 013  
 ste S3/S-F  
 .5 N MW-N

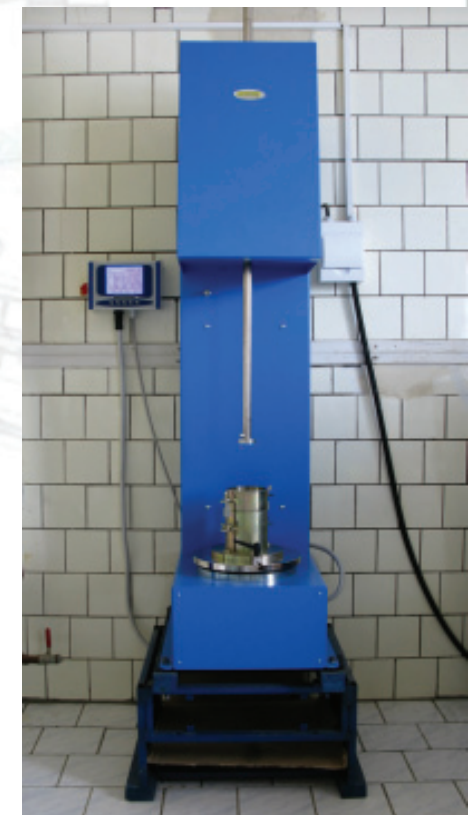
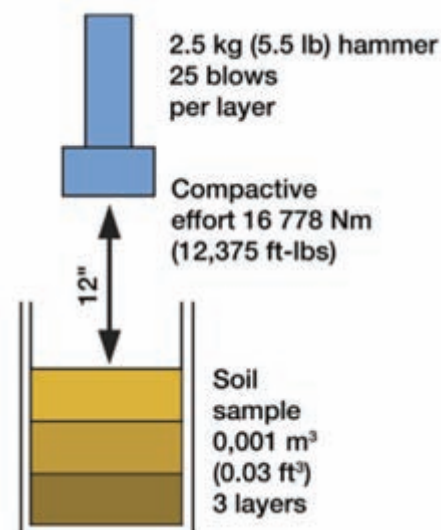


## Určení míry zhutnění zemních těles

Míra zhutnění se určí:

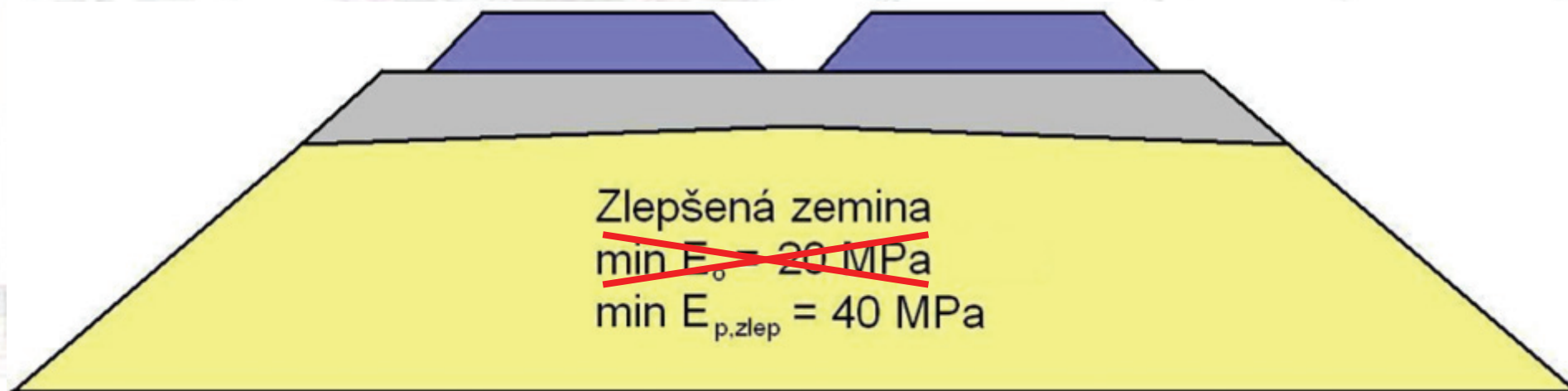
- pomocí relativní ulehlosti ( $I_D$ ) stanovené podle ČSN 72 1018 (vibrační válec) pro písčité a šterkovité zeminy,
- na základě Proctorovy zkoušky (% PS) provedené dle ČSN EN 13286-2 pro jemnozrné zeminy.

Ostatní zkoušky mají charakter informativní a nelze je porovnávat s minimálními požadovanými hodnotami míry zhutnění.



## Nejčastější chyby v dokumentaci geotechnického průzkumu

- při použití zlepšených zemin v tělese železničního spodku je min. požadovaný modul přetvárnosti na vrstvě ze zlepšené zeminy 40 MPa. V projektech se do výpočtu návrhu konstrukčních vrstev často používá nižší hodnota, která vede k nevhodnému návrhu skladby konstrukčních vrstev



Stávající celostátní koridorová trať pro rychlost do 120 km/h

=>  $E_0 = 20$  MPa

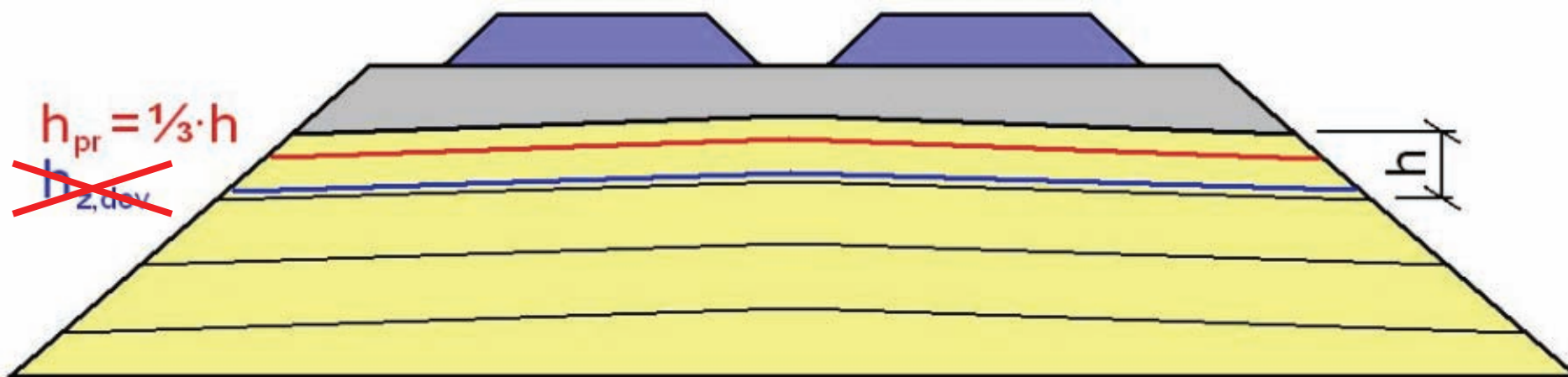
## Nejčastější chyby v dokumentaci geotechnického průzkumu

- mezi vrstvou ze zlepšené nebo stabilizované zeminy a nestmelené konstrukční vrstvy se vkládá geosyntetikum (geotextilie, geomřížka)



## Nejčastější chyby v dokumentaci geotechnického průzkumu

- při posuzování na promrznání se bere tzv. „dovolená tloušťka promrznutí zemin zemní pláně  $h_{z,dov}$ “, která v případech s použitím zlepšených nebo stabilizovaných zemin v tělese železničního spodku nesmí být větší než maximální dovolené promrznutí zlepšené nebo stabilizované zeminy



$h_{z,dov}$  – dovolené promrznutí zemní pláně

$h_{pr}$  – dovolené promrznutí zlepšené zeminy

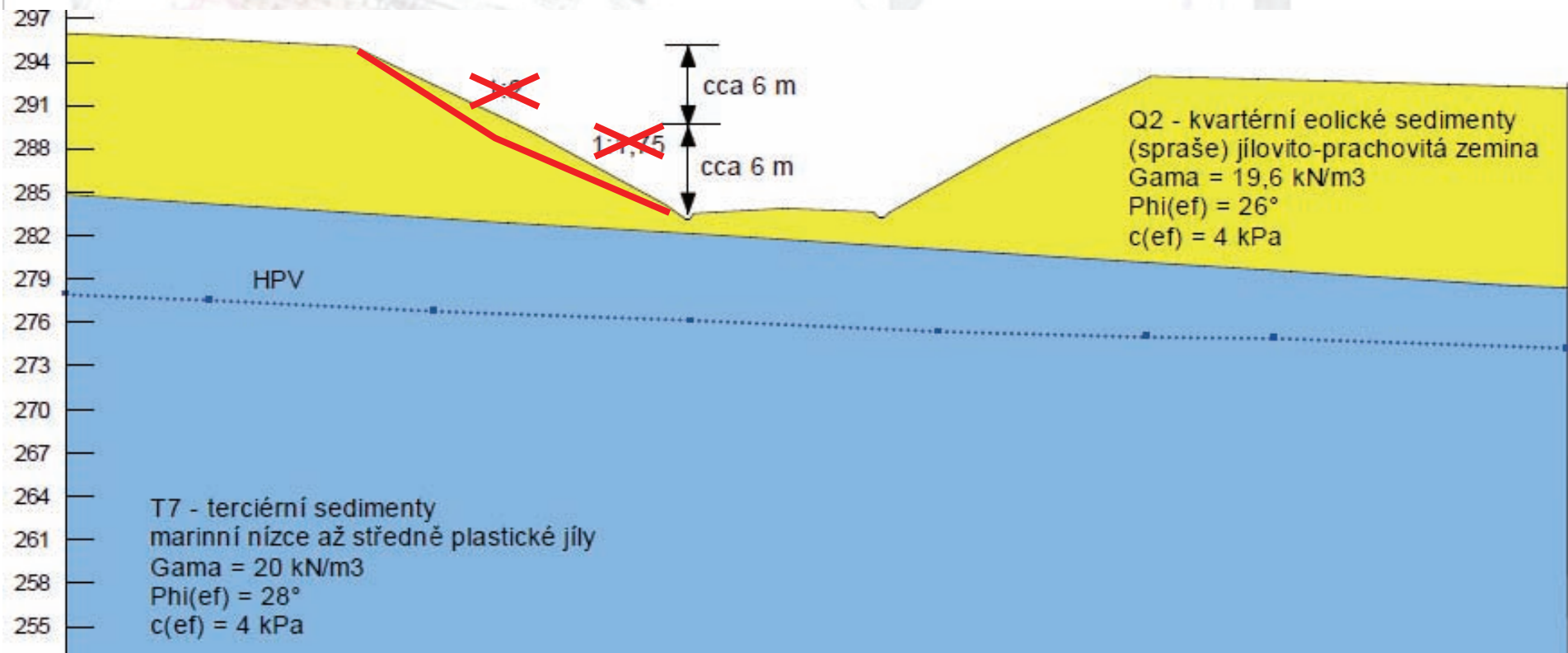
## Nejčastější chyby v dokumentaci geotechnického průzkumu

### Stupeň stability

Výpočet zhotovitele: 1,234

Můj přepoččet - stejné zadání: 1,159

Můj přepoččet - přehození sklonů svahu: 1,184



## Nejčastější chyby v dokumentaci geotechnického průzkumu

➤ v posudcích chybí postupy výpočtů (vstupní data, použité vzorce)

- ~~Stávající celostátní trať pro  $V < 120$  km/h~~
- ~~Štěrkoдрť  $h_1 = 30$  cm,  $E_1 = 60$  MPa~~
- ~~Požadovaný  $E_{o,min} = 20$  MPa~~
- ~~Požadovaný  $E_{pl,min} = 40$  MPa~~
- ~~$E_{or} = 23,5$  MPa~~
- ~~$E_{e1} = 40,8$  MPa~~

## Nejčastější chyby v dokumentaci geotechnického průzkumu

- v posudcích chybí postupy výpočtů (vstupní data, použité vzorce)
- Stávající celostátní trať pro  $V < 120$  km/h
- Konstrukční vrstva ze šterkodrti frakce 0/32:  $h_1 = 30$  cm,  $E_1 = 60$  MPa (viz SŽDC S4, příloha 6, tab. 2)
- Požadovaný  $E_o$  (dle SŽDC S4, přílohy 6, tab. 1)  $E_{o,\min} = 20$  MPa
- Požadovaný  $E_{pl}$  (dle SŽDC S4, přílohy 6, tab. 1)  $E_{pl,\min} = 40$  MPa
- Modul přetvárnosti zemní pláň zjištěný měřením  $E_o = 29,3$  MPa
- Zemní pláň tvořená písčným jílem, stupeň konzistence  $I_c = 0,82$
- Opravný součinitel  $z = 0,8$  (viz SŽDC S4, příloha 6)

## Nejčastější chyby v dokumentaci geotechnického průzkumu

- v posudcích chybí postupy výpočtů (vstupní data, použité vzorce)
  - Redukovaný modul přetvárnosti zemní pláně  $E_{or} = E_o \cdot z = 29,3 \cdot 0,8 = 23,5 \text{ MPa}$
  - $E_{or} = 23,5 \text{ MPa} \geq E_{o,min} = 20 \text{ MPa}$   
=> vyhovuje
  - $k_1 = E_{or}/E_1 = 12,3/80 = 0,15$
  - $k_2 = h_1/D = 0,3/0,3 = 1,00$
  - $k_3 = 0,51$  (SŽDC S4, příloha 6, obr. 8)
  - Ekvivalentní modul přetvárnosti  $E_{e1} = E_1 \cdot k_3 = 80 \cdot 0,51 = 40,8 \text{ MPa}$   
 $E_{e1} = 40,8 \text{ MPa} \geq E_{pl,min} = 40 \text{ MPa}$   
=> vyhovuje



## Nejčastější chyby v dokumentaci geotechnického průzkumu

- v posudcích na únosnost a promrznání není nic posouzeno (chybí porovnání vypočtené hodnoty s min. požadovanou hodnotou)

...

$$E_{e1} = k_3 \cdot E_1 = 0,51 \cdot 80 = 40,8 \text{ MPa}$$

$$E_{e1} = 40,8 \text{ MPa} \geq E_{pl,min} = 40 \text{ MPa}$$

Vyhovuje







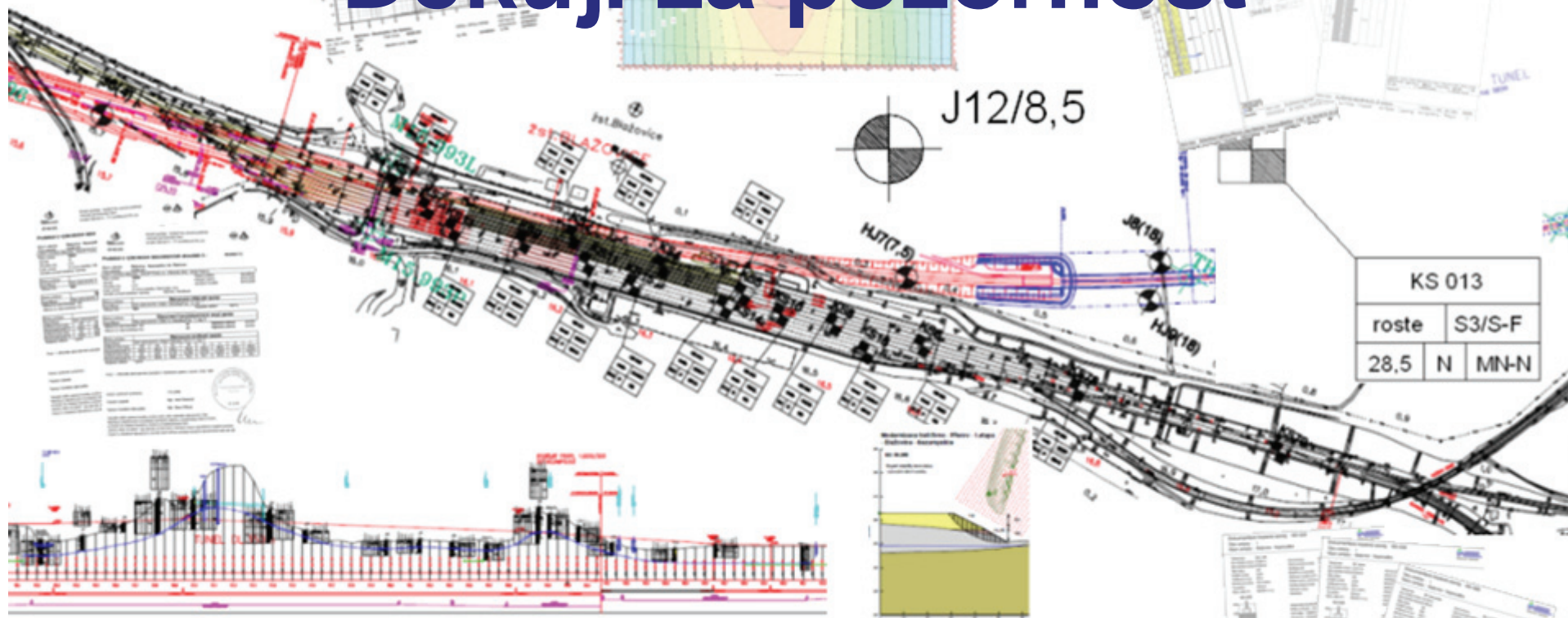




# GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM TĚLESA ŽELEZNIČNÍHO SPODKU

Pardubice 23.-25.3.2010

## Děkuji za pozornost



Ing. Radek Bernatík  
Odbor traťového hospodářství  
Oddělení železničního spodku a budov

(9727) 41 272   
725 050 148   
bernatik@szdc.cz