

## ÚSTÍ N. O. – BRANDÝS N. O. - PŮVODNÍ STOPA, BC

Podrobný geotechnický průzkum pražcového podloží

ČÍSLO ZAKÁZKY: 18.0246.112Z95  
duben 2019



**Identifikace zakázky:**

Název zakázky: **Ústí n. O. – Brandýs n. O. - původní stopa, BC, podrobný GTP**

Číslo zakázky: **18.0246.112Z95**

Objednatel: **SUDOP PRAHA a.s.**

Olšanská 2643/1a

130 80 Praha 3

Číslo objednatele: 18-264.250/K02

Stav zpracování: čistopis

Zhotovitel: **SG Geotechnika a.s.**

Geologická 988/4

152 00 Praha 5, Česká republika

T: +420 234 654 111

V Ostravě, dne: 7.3.2019



Zpracoval: Ing. Pavel Gajdoš, odpovědný řešitel

Odborná způsobilost v inženýrské geologii a hydrogeologii č. 1693/2003

Schválil: Doc. RNDr. František Kresta, Ph.D.

**Rozdělovník:**

<b>Výtisk č.:</b>	<b>Držitel:</b>	<b>Formát:</b>
1-7	SUDOP Praha a.s.	listinná verze + digitální verze
8	SG Geotechnika a.s.	listinná verze + digitální verze

**Obsah**

<b>1. Úvod.....</b>	<b>7</b>
1.1 Dosavadní prozkoumanost.....	8
<b>2. Charakteristika stavby .....</b>	<b>10</b>
<b>3. Přírodní poměry .....</b>	<b>11</b>
3.1 Geomorfologické poměry .....	11
3.2 Geologické poměry .....	11
3.3 Hydrogeologické poměry.....	14
3.4 Klimatické a hydrologické poměry .....	14
3.5 Registrované svahové nestability .....	15
3.6 Registr důlních děl a poddolovaných území .....	15
3.7 Chráněná území.....	15
<b>4. Metodika prací.....</b>	<b>17</b>
4.1 Kopané sondy a statické zatěžovací zkoušky.....	17
4.2 Sondy dynamické penetrace .....	19
4.3 Vrtné práce .....	20
4.4 Odběr vzorků zemin, laboratorní rozbory .....	21
4.5 Výkon geologické služby .....	21
<b>5. Výsledky provedených prací.....</b>	<b>22</b>
5.1 Morfologie traťových úseků .....	22
5.2 Kolejové lože.....	22
5.3 Těleso železničního spodku .....	24
5.4 Zemní plán .....	25
5.4.1 Zatřídění zemin zemní pláň .....	25
5.4.2 Únosnost zemní pláň.....	27
5.5 Tělesa náspů .....	29
5.6 Podloží náspů .....	31
5.7 Vodní režim.....	35
5.8 Vhodnost zemin do zemního tělesa a těžitelnost.....	37
5.8.1 Vhodnost zemin do zemního tělesa.....	37
5.8.2 Těžitelnost.....	37
<b>6. Závěr .....</b>	<b>38</b>

## Tabulky v textu

Tabulka 1: Přehled úseků se zaplaveným kolejištěm při povodních v r. 1997 .....	15
Tabulka 2: Přehled provedených kopaných sond .....	18
Tabulka 3: Přehled provedených sond dynamické penetrace .....	19
Tabulka 4: Přehled provedených jádrových vrtů .....	20
Tabulka 5: Tloušťka a znečištění kolejového lože v km 264,845 – 265,480 .....	23
Tabulka 6: Výsledky lab. zatřídění vzorků zemin z kopaných sond .....	26
Tabulka 7: Výsledky statických zatěžovacích zkoušek .....	28
Tabulka 8: Výsledky zatřídění vzorků zemin těles náspů .....	30
Tabulka 9: Výsledky smykových zkoušek zemin těles náspů .....	30
Tabulka 10: Výsledky zkoušek stlačitelnosti zemin těles náspů .....	30
Tabulka 11: Výsledky zatřídění vzorků zemin podloží náspů .....	32
Tabulka 12: Výsledky smykových zkoušek zemin podloží náspů .....	33
Tabulka 13: Výsledky zkoušek stlačitelnosti zemin podloží náspů .....	34
Tabulka 14: Vodní režim, dovolené tl. promrzání zem. pl. pro navrhovaný druh trati (B) .....	36

## Obrázky v textu

Obrázek 1: Výchozy slínovců a vápnitých prachovců u silnice mezi Brandýsem n. O. a Pernou .....	12
Obrázek 2: Výchozy slínovců vlevo 1.TK v km 264,9 – 265,0 .....	12
Obrázek 3: Realizace statické zatěžovací zkoušky v noční výluce .....	27

## Grafická a přílohová část

1. Přehledná situace
2. Situace sond
  - 2.1 Úsek v km 264,845 – 265,480, Situace sond, M 1 : 1 000
  - 2.2 Úsek v km 266,125 – 266,530, Situace sond, M 1 : 1 000
  - 2.3 Úsek v km 266,400 – 267,200, Situace sond, M 1 : 1 000
3. Geotechnické profily hodnocených úseků
  - 3.1 Úsek v km 264,845 – 265,480, Podélný IG řez v ose 1.TK, M 1 : 500 / 50
  - 3.2 Úsek v km 264,845 – 265,480, Podélný IG řez v ose 2.TK, M 1 : 500 / 50
  - 3.3 Úsek v km 266,125 – 266,530, Podélný IG řez v ose 1.SK, M 1 : 500 / 50
  - 3.4 Úsek v km 266,125 – 266,530, Podélný IG řez v ose 2.SK, M 1 : 500 / 50
  - 3.5 Úsek v km 266,400 – 267,200, Podélný IG řez v ose 3.SK, M 1 : 500 / 50
4. Geotechnická dokumentace sond

- 4.1 Geotechnická dokumentace kopaných sond
- 4.2 Geologická dokumentace vrtů
- 4.3 Dokumentace archivních kopaných sond a vrtů
- 5. Protokoly statických zatěžovacích zkoušek
- 6. Protokoly dynamické penetrace
- 7. Laboratorní zpráva
- 8. Fotodokumentace vrtných jader

# 1. Úvod

Na základě smlouvy o dílo č. 18-264.250/K02 (číslo objednatele) provedla SG Geotechnika a.s. pro účely uvažované stavební akce “Ústí nad Orlicí – Brandýs nad Orlicí - původní stopa, BC” podrobný geotechnický průzkum pražcového podloží vybraných úseků trati.

Rozsah podrobného geotechnického průzkumu pražcového podloží byl definován ve Zvláštních technických podmínkách v čl. 5.1.5, včetně rozsahu výlukových prací. Technické průzkumné a laboratorní práce byly proto v souladu s tímto dokumentem provedeny v následujících úsecích:

- 1.TK a 2.TK v km 264,845 – 265,480 (Bezprávi – Brandýs n. O., širá trať)
- 1.SK a 2.SK v žst. Brandýs nad Orlicí v km 266,115 – 266,530
- 3.SK v žst. Brandýs nad Orlicí zhruba v km 266,400 – 267,200

V těchto úsecích se nacházejí „blátivá“ místa a poruchy GPK. Opakované podbíjení stav řeší vždy jen dočasně, nedostatečně a krátkodobě. V žst. Brandýs n. O. jsou dlouhodobé problémy s odvodněním v důsledku vysoké hladiny podzemní vody a blízkostí toku Tiché Orlice, která je na některých místech v přímém kontaktu se svahem zemního tělesa staniční koleje 3.SK.

Součástí zadání bylo zpracování *návrhu pražcového podloží* pro širší úsek „Ústí n. O. (mimo) – Brandýs n. O. (včetně), tj. v km 257,850 – 267,600. Návrh pražcového podloží byl proveden na základě výsledků stávajícího geotechnického průzkumu ve výše uvedených dílčích vybraných úsecích a na základě rešerše archivních geotechnických průzkumů (viz kap. 1.1) a terénní prohlídky trati v rozsahu celé uvažované stavby. Základním zdrojem archivních informací o pražcovém podloží byl podrobný inženýrskogeologický průzkum v km 257,800 – 270,255 z roku 1995 a dále doplňkový geotechnický průzkum pro záměr rozšíření náspů v km 261,150 – 266,300 z roku 1996. V obou případech se jednalo o práce společnosti Pragoprojekt. **Návrh pražcového podloží tvoří náplň samostatné zprávy, na kterou tímto odkazujeme.** V následujícím textu se dále zabýváme pouze úseky, ve kterých byl proveden podrobný geotechnický průzkum dle ZTP.

Situace trati je uvedena na přehledné situaci v příloze 1.

## 1.1 Dosavadní prozkoumanost

V hodnocené trase a v jejím okolí byla v minulosti provedena řada průzkumných akcí pro různé účely. Pro námi řešený úkol jsou nejvýznamnějším zdrojem archivních dat průzkumové práce Pragoprojektu z let 1995 a 1996. Citace těchto prací je níže v přehledu tučně zvýrazněna.

- Benešová J. (1968): Zpráva o IG a HG průzkumu pro generelní řešení průplavu DOL – větev labská – úsek Va – Tichá Orlice. JGHP. Praha. Geofond P 21332
- Šilhan L. (1981): Zpráva o výsledku IG průzkumu akce „DOZ Česká Třebová 2. stavba, drobné pozemní stavby a základy návěstních lávek a krakorců“. SUDOP – středisko 07 Pardubice. Geofond P35848
- Polenka M. et al. (1989): HG průzkum v areálu závodu Karosa a jeho okolí pro zjištění rozsahu a míry kontaminace podzemní vody a horninového prostředí a návrhu sanačních opatření, Geotest Brno. Geofond P59707
- Nejezchleb P. a kol. (1991): Závěrečná zpráva o vybudování systému indikačních vrtů na území seřaďovacího nádraží Česká Třebová a v úseku trati č. 010 (Česká Třebová – Sedlišťsko) a o zjištěné míře kontaminace podzemních vod. Geotest Brno. P75405.
- Tyc P. (1993): Ústí n. O – Choceň, Zpráva o geotechnickém průzkumu úseku km 256,400 – 270,400. KONSULTA V.E.P.
- **Horák L., Osláč J. (1995):** Choceň – Česká Třebová – modernizace trati ČD, 2. úsek – traťový úsek Choceň – Ústí n. O., km 270,255 – 257,800. **Závěrečná zpráva podrobného IGP.** Pragoprojekt Praha.
- **Horák L., Osláč J. (1996):** Choceň – Česká Třebová – optimalizace trati ČD, 2. úsek, km 270,255 – 257,800. **Závěrečná zpráva doplňujícího geotechnického a diagnostického průzkumu pro objekty.** Pragoprojekt Praha. Geofond P088780
- **Horák L. (1996):** Choceň – Česká Třebová – modernizace trati ČD, 2. úsek – traťový úsek Choceň – Ústí n. O., km 257,800 – 270,255. **Závěrečná zpráva doplňkového geotechnického průzkumu v km 264,150 – 266,300.** Pragoprojekt Praha. P88099

- Vitásek P., Hruška J. (2009): Ústí n. O. – Choceň, nová trať, předběžný geotechnický a stavebnětechnický průzkum. SUDOP Praha.

V rámci **podrobného IGP (Horák L., Osláč J., 1995)** bylo v úseku v km 257,800 – 270,255 provedeno v kolejišti celkem 65 kopaných sond přes štěrkové lože a železniční spodek až do úrovně zemní pláně. Na dně sond byly realizovány zatěžovací zkoušky a sondy byly poté ze svého dna o cca 1 – 2 m prohloubeny malojádrovou zaráženou jádrovnicí. Zeminy zemní pláně a podloží byly podrobeny laboratorním zkouškám. Tyto kombinované sondy (kopané + zarážené) byly v archivním průzkumu značeny symbolem KE. Lichá pořadová čísla sond náležela k sondám v 1. koleji a sudá pořadová čísla sond příslušela k sondám ve 2. koleji. Kromě kombinovaných sond bylo provedeno 9 kopaných sond za účelem ověření mocnosti štěrkového lože nad umělými objekty. Značeny byly symbolem KL. Výsledky archivního podrobného průzkumu byly využity při zpracování stávajícího návrhu pražcového podloží (návrh tvoří samostatnou zprávu) a pro vyhodnocení stávající předložené závěrečné zprávy GTP.

Závěrečná zpráva **doplňujícího geotechnického a diagnostického průzkumu pro objekty (Horák L., Osláč J., 1996)** poskytla kromě stavebně technických údajů umělých objektů rovněž data o charakteru podloží objektů. U vybraných objektů byly mimo jiné prováděny průzkumné jádrové vrty do podzákladí mostů a propustků.

Závěrečná zpráva **doplňkového geotechnického průzkumu v km 264,150 – 266,300 (Horák L., 1996)** shrnovala výsledky průzkumných prací pro záměr rozšíření násypového železničního tělesa v km 264,000 – 265,300 a dále výsledky průzkumných prací pro ověření základových poměrů pro objekt podchodu pro pěší v km 266,248 a pro trafostanici. V rámci průzkumu bylo realizováno 19 vrtů o hloubce 4 – 8 m. Vrty byly značeny symbolem BJ a příslušným pořadovým číslem. Většina vrtů procházela tělesem náspu do podloží. V řadě případů nebylo možné dle autorů průzkumu rozeznat přechod zemin náspu do zemin údolní nivy (značná podobnost násypových zemních materiálů se zeminami přirozeného kvartérního pokryvu). Vybrané vrty byly využity při vyhodnocení stávajícího průzkumu.

## 2. Charakteristika stavby

Vybrané úseky, ve kterých byly prováděny průzkumné práce, jsou součástí dvojkolejné železniční trati vedené v jízdních řádech pro cestující pod č. 010 a v tabulkách traťových poměrů pod č. 501. Trať je elektrifikovaná stejnosměrnou trakční proudovou sestavou. Řešené úseky jsou součástí dráhy celostátní, koridorové a náleží do sítě TEN – T. Patří do obvodu OŘ (oblastní ředitelství) Hradec Králové.

Trať byla uvedena do provozu v roce 1845. Původně byla projektována přes Litomyšl, ale po odmítnutí radních, zvolil tehdejší projekční tým v čele s Janem Pernerelem nákladnější variantu přes Ústí nad Orlicí. V úseku Ústí nad Orlicí – Brandýs nad Orlicí se trasa ocitla v náročném terénu v údolí s meandrující Tichou Orlicí. Řeka musela být na řadě míst regulována. Useknutá ramena, nazývaná „stará“ řeka, zůstala zachována ve formě slepých ramen. V 90. letech 20. století bylo přistoupeno k modernizaci tratí vybrané železniční sítě. K modernizaci byly tehdy vyčleněny čtyři tranzitní železniční koridory začleněné do evropského železničního systému. Na většině těchto koridorů modernizace již proběhla, a to převážně ve 2. polovině 90. let. **Jednou z výjimek je úsek Ústí n. O. (mimo) - Brandýs n. O. (včetně),** kde doposud nebyla uskutečněna žádná rekonstrukce, optimalizace ani modernizace. Zde po celou dobu probíhá pouze běžná údržba. Nad její rámec byla v roce 2000 provedena rekonstrukce mostů přes Tichou Orlici, která měla zřejmě návaznost na negativní vliv povodně z roku 1997. Během těchto povodní byly na některých místech zatopeny i koleje. V námi hodnocených úsecích se např. jednalo o 3.SK ve stanici Brandýs n. O. v km 266,900 – 267,100. Vlaky v celém úseku Ústí n. O. – Brandýs n. O. mohou projíždět jen osmdesátikilometrovou rychlostí. Technický stav je neustále zhoršován v důsledku silné vytíženosti trati, velmi malých poloměrů oblouků, kde dochází k nadměrnému ojíždění kolejnic a obtížné údržbě geometrické polohy koleje (GPK). V úsecích určených pro stávající GTP je častý výskyt blátivých míst (i po opakovaném podbíjení) a dochází zde k postupnému rozpadu GPK. Zeminy náspů jsou v těchto úsecích dlouhodobě převlhčené, u přejezdu v km 265,143 dochází k částečnému zaplavování trati při povodňových stavech.

Cílem stavební akce je dle Záměru projektu rekonstrukce úseku Ústí n. O. (mimo) – Brandýs n. O. (včetně), a to zejména s ohledem na nestabilitu žel. spodku a následného nadměrného opotřebení žel. svršku. Rekonstrukce železničního svršku a spodku vyvolá nutné úpravy trakčního vedení ve všech dotčených místech. Hlavním cílem investiční akce je dle ZP *„zvýšení kvality odbavení cestujících v oblasti osobní přepravy a dosažení standardů evropských železnic.“*

Výrazné navýšení rychlosti nelze v rámci navrženého řešení očekávat.

## 3. Přírodní poměry

### 3.1 Geomorfologické poměry

Dle geomorfologické mapy na *Mapy.Nature.cz* (J. Demek et al, 2006) prochází železniční trať mezi Ústím nad Orlicí a Brandýsem nad Orlicí územím, které náleží do geomorfologické soustavy Česká tabule, podsoustavy Východočeská tabule, celku Svitavská pahorkatina, podcelku Českotřebovská vrchovina a okrsku **Kozlovský hřbet**.

Mezi Brandýsem nad Orlicí a Ústím nad Orlicí je železnice vedena údolím Tiché Orlice. V tomto úseku se jedná o tzv. **antecedentní údolí**, tj. údolí, které propojuje dvě níže položené oblasti skrze výše položenou oblast. Řeka se zde v geologické minulosti hloubkovou erozí zařezala do vyklenujícího se úseku potštejnské antiklinály, přičemž erozní rychlost toku byla vyšší než rychlost vyklenování (zdvihu).

### 3.2 Geologické poměry

Z regionálně geologického hlediska je úsek mezi Brandýsem nad Orlicí a Ústím nad Orlicí součástí orlicko – žďárské facie **české svrchnokřídové tabule**. Do oblasti zasahuje **vysokomýtská synklinála** (zhruba v úseku Brandýs n. Orlicí – Perná) a asymetrická **potštejnská antiklinála** (Bezprávi – Kerhartice). Tichá Orlice si v geologické minulosti hloubkovou erozí prorazila cestu skrz elevaci potštejnské antiklinály a na řadě míst obnažila bázi a podklad svrchnokřídové tabule (cenomanské vrstvy) včetně předkřídového podkladu (paleozoikum).

#### Předkvartérní podklad

V údolí mezi Brandýsem n. O. (včetně) až po Pernou se ve svazích údolí Tiché Orlice nachází několik výchozů svrchnokřídových sedimentů. Jedná se především o laminované až deskovité slínovce a vápnité prachovce pravděpodobně středněturonského až svrchnoturonského stáří (jizerské souvrství), které zde tvoří svrchní člen sedimentární výplně vysokomýtské synklinály. **Tyto sedimenty budují předkvartérní podklad v traťových úsecích, které byly v ZTP určeny pro stávající GTP.**



**Obrázek 1: Výchozy slínovců a vápnitých prachovců u silnice mezi Brandýsem n. O. a Pernou**



**Obrázek 2: Výchozy slínovců vlevo 1.TK v km 264,900 – 265,000**

Mezi Pernou a Kerharticemi řeka proráží **obalové série potštějnské antiklinály** a místy se zahlubuje přes bázi křídy (cenomanské vrstvy) až do předkřídového podkladu tvořeného **granodiority**, případně i červenohnědými sedimenty **poorlického permokarbonu** (arkózy, arkózovité pískovce, arkózovité slepence, pískovce, jílovce). Zhruba v oblasti nového hlavního železničního nádraží v Ústí nad Orlicí řeka opouští potštějnskou antiklinálu a přechází do oblasti orlické synklinály. Ve skalní stěně za traťovým okrskem lze pozorovat projevy tektonického ohraničení potštějnské antiklinály semanínským zlomem (drcení hornin, prudké změny sklonu vrstev, apod.).

### **Přirozený kvartérní pokryv**

Železniční trať sleduje údolní nivu Tiché Orlice. Přirozený kvartérní pokryv je proto tvořen především fluvialními říčními sedimenty. Shora se jedná o povodňové „hlíny“ charakteru písčitých jíílů, jílovitých a hlinitých písků a jíílů. Jíily vykazují většinou nízkou nebo střední plasticitu. Vysoce plastické jíily jsou spíše výjimkou. Jednotlivé typy zemin inundačních „hlín“ do sebe chaoticky přechází, a to jak ve vertikálním, tak i laterálním směru. Konzistence zemin je většinou na rozhraní tuhá a měkká, případně měkká nebo i kašovitá. Směrem k bázi říčních náplavů přibývá písčitých a štěrkovitých zemin. Mocnost náplavů se pohybuje odhadem kolem 6 – 10 m.

V místech, kde se trať přibližuje k údolním svahům mohou být zastoupena rovněž deluvia. Vzájemný kontakt deluvií a náplavových říčních sedimentů může být komplikovaný a neostrý. Tam, kde trať probíhá na úbočí svahů lze očekávat eluvia včetně skalního podkladu. Zeminy deluvií a eluvií mohou být vzhledem k matečním horninám, od kterých jsou derivovány (slínovce, vápnité prachovce...), vápnité.

### **Antropogenní uložení**

Jsou reprezentovány především zemními tělesy železničních násypů, jejichž prostřednictvím je trať vedena údolní nivou. Náspy byly budovány z odtěžených deluvialních, deluviofluvialních a eluvialních místních zemin. Z hlediska geotechnického klasifikačního systému uvedeného v ČSN 73 6133 se v zásadě jedná o shodné nebo analogické typy zemin jaké se vyskytují i v podloží a okolí násypů. Rozlišení kontaktů mezi náspy a podložími násypů bylo proto ve vrtných jádrech občas i nejasné.

Ve stanici Brandýs n. O. je složení antropogenních zemin pestřejší. Vzhledem k různým úpravám terénu a stavebním úpravám v minulosti není rozsah násypových těles v ploše celé stanice jednoznačně vizuálně definovatelný. V podloží kolejí se kromě výše uvedených zemin násypů

vyskytuje i vyšší podíl lokomotivního popela a škváry (např. na řadě míst v tělese přísypu pod 3.SK) nebo i stavebních sutí.

### **3.3 Hydrogeologické poměry**

Z hlediska hydrogeologické rajonizace ve smyslu Vyhlášky MŽP a MZe č. 5/2011 Sb. patří zájmová oblast ke dvěma vodohospodářsky významným hydrogeologickým rajónům základní vrstvy, a to k rajónům: 4270 – Vysokomýtská synklinála a 4231 – Ústecká synklinála v povodí Orlice. V obou rajónech se nachází několik významných zvodnělých kolektorů vyvinutých v souvrství svrchní křídy, které jsou vzájemně odděleny polohami izolátorů. Některá z těchto zvodní mají napjatou hladinu.

Na řešení úkol má praktický dopad mělká kvartérní pořiční zvodeň vázaná na propustné zeminy říčních náplavů. Podzemní voda v pořičním kolektoru je dotována jednak přímou infiltrací ze srážek a jednak břehovou infiltrací z vodoteče. Kvartérní kolektor bude ale rovněž dotován skrytými vývěry podzemní vody ze svrchnokřídových struktur. Dokládá to nápadné zvýšení průtoku Tiché Orlice v prostoru jejího průchodu potštejnskou antiklinálou. Hladina mělké podzemní vody v pořičním kolektoru bude sezónně oscilovat v závislosti na stavu vody v Tiché Orlici. Hladina mělké podzemní vody se vesměs pohybuje v úrovni 0,2 - 1,5 m pod povrchem přirozeného terénu. Dno údolní nivy je na většině míst během roku více méně zamokřené.

### **3.4 Klimatické a hydrologické poměry**

Podle Quitta (1971) zasahuje údolí Tiché Orlice mezi Brandýsem n. O. a Ústím n. O. do mírně teplých klimatických oblastí MT7 a MT9 s průměrnou roční teplotou 7 – 8<sup>0</sup> C a s průměrným ročním úhrnem srážek 700 – 800 mm. Řeka významně dotváří mezoklima i mikroklima. Její vliv se projevuje častou tvorbou mlhy, která dosycuje vzduch vodními parami.

Z hydrologického hlediska náleží zájmová oblast do povodí Tiché Orlice s číslem 1 – 02 – 02 – 001 hydrologického pořadí. Jak již bylo řečeno výše, větší část toku byla regulována v souvislosti s výstavbou železniční trati v 19. století. Činné původní meandry se dochovaly jen na malých úsecích u Perné a Bezpráví. Fragmenty původního koryta se zachovaly v podobě mrtvých ramen.

#### **Zátopová území**

Železniční trať je mezi Ústím n. O. a Brandýsem n. O. vedena převážně na nízkých náspech v údolní nivě, v zátopové oblasti Tiché Orlice. Při zátopách se tělesa násypů dostávají do kontaktu s povrchovou vodou. Podle údajů SŽDC byla trať v důsledku povodní v roce 1997 na dvou úsecích

poškozena (viz tab. 1). Kromě výše uvedených úseků trati došlo pochopitelně k poškození řady mostů a propustů.

**Tabulka 1: Přehled úseků se zaplaveným kolejištěm při povodních v r. 1997**

úsek	kolej	popis
km 257,800 – 259,200	1	kolej zaplavena při povodních v r. 1997
km 266,900 – 267,100	3	kolej 3 v žst. Brandýs nad Orlicí zaplavena v r. 1997

### 3.5 Registrované svahové nestability

Na webových stránkách České geologické služby byla na mapové aplikaci

[https://mapy.geology.cz/svahove\\_nestability/](https://mapy.geology.cz/svahove_nestability/)

prověřena přítomnost případných svahových nestabilit v trase železnice.

Provedeným šetřením bylo v úseku Ústí n. O. (mimo) – Brandýs n. O. (včetně) zjištěno několik registrovaných sesuvných ploch ve svazích údolí Tiché Orlice. Ve všech případech se tyto plochy nestabilit nacházely v polohách, které neohrožují stávající stopu železniční trati.

**Upozorňujeme, že současný stav stability, případně erozní úrovně ve skalních zářezech v km 259,600 – 259,900, v km 261,080 – 261,280 a v km 263,140 – 263,500 nám není znám. Výsledky průzkumných prací pro tyto účely a úseky nezajišťovala SG Geotechnika (nebyly součástí objednávky prací).**

### 3.6 Registr důlních děl a poddolovaných území

Na webových stránkách České geologické služby byla na mapové aplikaci

[https://mapy.geology.cz/dulni\\_dela\\_poddolovani/](https://mapy.geology.cz/dulni_dela_poddolovani/)

prověřena přítomnost /nepřítomnost/ poddolovaných ploch v trase a blízkém okolí trati.

Žádná evidovaná důlní díla ani poddolované plochy nebyly zjištěny.

### 3.7 Chráněná území

Údolí Tiché Orlice mezi Brandýsem n. O. a Ústím n. O. je součástí chráněné oblasti přirozené akumulace vod CHOPAV Východočeská křída. Do zájmového území zasahují ochranná pásma využívaných vodních zdrojů.

Zhruba v úseku v km 264,600 – 265,800 železniční trať vede územím deklarovaným jako evropsky významná lokalita systému Natura 2000.

Za stanicí Bezpráví (ve směru růstu staničení) kříží železniční trať menší výběžek regionálního biocentra ÚTP ÚSES (1996) „Zátvor“ (k'd 26). Celé údolí Tiché Orlice je součástí nadregionálního biokoridoru (NRBK\_ID\_40).

V trase nejsou žádná velkoplošná ani maloplošná zvláště chráněná území ve smyslu Zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny v platném znění.

## 4. Metodika prací

Rozsah průzkumných prací byl definován ve Zvláštních technických podmínkách (čl. 5.1.5).

Průzkumné práce zahrnovaly:

- kopané sondy a statické zatěžovací zkoušky deskou
- sondy dynamické penetrace
- vrtné práce
- laboratorní zkoušky vzorků zemin
- práce geologické služby (geologická dokumentace kopaných sond a vrtů, interpretace sond dynamické penetrace)
- zpracování závěrečné zprávy

Hloubené (kopané) sondy jsou v textové části a přílohách označovány symbolem K, dynamické penetrace symbolem DP a statické zatěžovací zkoušky symbolem SZZ. U popisu každé sondy je uvedeno staničení sondy s uvedením orientace (levá/pravá). Pravá a levá strana je vztažena k rostoucímu směru staničení trati (kilometráž roste směrem na Prahu).

**Výškové (hloubkové) údaje u dokumentace kopaných sond a vrtů, penetrací, u prováděných zatěžovacích zkoušek, u odběru vzorků zemin včetně podélných geotechnických řezů jsou vztaženy vždy k úložné (horní) ploše pražců.**

V následujících podkapitolách uvádíme základní komentář k jednotlivým metodám.

### 4.1 Kopané sondy a statické zatěžovací zkoušky

Celkem bylo provedeno 26 kopaných sond v mezipražcovém prostoru. Sondy byly nahrubo vyhloubeny strojně, pomocí drapáku na MUV 69. Dočištění sond a zarovnání dna bylo prováděno ručně. K záhozu sond bylo využito drapáku i ruční práce. Lokalizace míst pro sondy byla provedena odměřením pásmem od pevných bodů (hektometrovníků).

Geotechnické popisy kopaných sond jsou shrnuty v příloze 4 a protokoly zatěžovacích zkoušek pak v příloze 5.

Pro určení statického modulu přetvárnosti zemní pláně, popřípadě pláně tělesa železničního spodku byly v určených kolejích ve vybraných úsecích realizovány statické zatěžovací zkoušky deskou

standardním postupem v souladu s předpisem SŽDC S4, přílohou 5. Celkem bylo provedeno 24 zatěžovacích zkoušek.

K vyvolání tlaku na zatěžovací desku o průměru 0.30 m bylo použito hydraulického lisu ENERPAC opřeného o železniční podvozek (MUV 69, případně MUV 75). Pro určení statického modulu přetvoření podloží v úrovni zemní pláně byla zatěžovací deska vystavena maximálnímu tlaku 0.20 MPa, který se postupně vnášel po 0.05 MPa. Velikost zatlačení desky při postupném zatěžování se odečítala na indikátorových hodinkách měřících zatlačení ve středu desky s přesností 0.01 mm.

Zkoušky prováděla SG Geotechnika a.s., pracoviště polních zkoušek v nočních výlukách v období 16.9. – 26.9. 2018.

**Tabulka 2: Přehled provedených kopaných sond**

úsek	sonda	staničení
1.TK v km 264,845 – 265,480 (Bezprávi – Brandýs n. O., širá trať)	K1A/1	264,895
	K1B/1	264,903
	K2/1	265,000
	K3/1	265,100
	K4/1	265,200
	K5/1	265,350
	K6A/1	265,480
	K6B/1	265,470
2.TK v km 264,845 – 265,480 (Bezprávi – Brandýs n. O., širá trať)	K1/2	264,900
	K2/2	265,000
	K3/2	265,090
	K4/2	265,200
	K5/2	265,300
	K6/2	265,480
1.SK v žst. Brandýs nad Orlicí v km 266,115 – 266,530	K7/1	266,125
	K8/1	266,240
	K9/1	266,360
	K10/1	266,480
2.SK v žst. Brandýs nad Orlicí v km 266,115 – 266,530	K7/2	266,420
	K8/2	266,530
3.SK v žst. Brandýs nad Orlicí zhruba v km 266,400 – 267,200	K1/3	266,450
	K2/3	266,600
	K3/3	266,730
	K4/3	266,870
	K5/3	267,010
	K6/3	267,145

Sondy K1A/1 a K6A/1 nebylo možné vzhledem k odporu k hloubení dokončit do požadované hloubky. Sondy byly proto operativně nahrazeny novými sondami K1B/1 a K6B/1.

## 4.2 Sondy dynamické penetrace

Ve vybraných úsecích byly v souladu s obsahem Zvláštních technických podmínek (čl. 5.1.5) provedeny dynamické penetrační sondy. Hloubka sond se dle aktuálních potřeb pohybovala od 3 do 7 m. Celkem bylo realizováno 12 sond dynamické penetrace o celkové metrži 46 bm. Přehled provedených sond dynamické penetrace je uveden v následující tabulce.

**Tabulka 3: Přehled provedených sond dynamické penetrace**

úsek	sonda	staničení	hloubka (m)
1.TK v km 264,845 – 265,480 (Bezpráví – Brandýs n. O., širá trať)	v ZTP nebyly požadovány - neprovedeny		
2.TK v km 264,845 – 265,480 (Bezpráví – Brandýs n. O., širá trať)	v ZTP nebyly požadovány - neprovedeny		
úsek	sonda	staničení	hloubka (m)
1.SK v žst. Brandýs nad Orlicí v km 266,115 – 266,530	DP1/1	266,180	3,0
	DP2/1	266,300	3,0
	DP3/1	266,420	7,0
	DP4/1	266,530	3,0
2.SK v žst. Brandýs nad Orlicí v km 266,115 – 266,530	DP1/2	266,180	3,0
	DP2/2	266,240	3,0
	DP3/2	266,360	3,0
	DP4/2	266,480	7,0
3.SK v žst. Brandýs nad Orlicí zhruba v km 266,400 – 267,200	DP1/3	266,530	3,0
	DP2/3	266,655	3,0
	DP3/3	266,730	4,0
	DP4/3	266,930	4,0
SUMA	46		

Ke zkouškám byl použit přístroj odpovídající normě DIN 4094 o hmotnosti beranu 50 kg. Zaznamenáván byl počet úderů na vnik 100 mm. Hodnoty měrného dynamického odporu  $q_{dyn}$  (kPa) byly stanoveny z Bondarikova vzorce:

$$q_{dyn} = \frac{Q \cdot h}{(1 + q/Q) \cdot A \cdot s} + \frac{Q + q}{A} - \frac{F}{A}$$

kde  $h$ ...výška pádu beranu,  $Q$ ...tíha beranu,  $q$ ...tíha soutyčí,  $A$ ...plocha příčného průřezu hrotu,  $s$ ...zaražení hrotu jedním úderem (m),  $F$ ...tření mezi soutyčím a zemí (kN),

Penetrační sondy provedli pracovníci SG Geotechnika (Petr Kurka a Aleš Severa). Grafické záznamy penetrace jsou uvedeny v příloze 6.

### 4.3 Vrtné práce

Vrty byly realizovány pomocí rotační jádrové soupravy Fraste usazené na vozíku za drezínou. Vrtáno bylo přes zadní hranu železničního vozíku, mezi pražci v ose kolejí. Použita byla technologie rotačního vrtání s nuceným hydraulickým přitlakem, bez použití výplachu (tj. „na sucho“). K vrtání byly použity jednoduché jádrovky s tvrdokovovými korunkami o průměrech 112,156 a 170 mm, nestabilní části vrtů byly propaženy manipulačními ocelovými pažnicemi. Vrtná jádra byla ukládána do vzorkovnic. Po popisu vrtného jádra a odběrech vzorků byly vrtné stvoly likvidovány zpětným dusaným zásypem vytěženým materiálem.

Vrty byly provedeny ve vybraných úsecích v souladu s obsahem Zvláštních technických podmínek (čl. 5.1.5). Přehled provedených jádrových vrtů je uveden v následující tabulce 4:

**Tabulka 4: Přehled provedených jádrových vrtů**

úsek	sonda	staničení	hloubka (m)
1.TK v km 264,845 – 265,480 (Bezpráví – Brandýs n. O., širá trať)	V1/1	264,946	5,2
	V2/1	265,300	5,2
	V3/1	265,480	5,2
2.TK v km 264,845 – 265,480 (Bezpráví – Brandýs n. O., širá trať)	V1/2	264,909	5,3
	V2/2	265,170	5,2
	V3/2	265,400	5,2
1.SK v žst. Brandýs nad Orlicí v km 266,115 – 266,530	v ZTP nebyly požadovány - neprovedeny		
úsek	sonda	staničení	hloubka (m)
2.SK v žst. Brandýs nad Orlicí v km 266,115 – 266,530	V4/2	266,125	5,3
	V5/2	266,300	5,3
3.SK v žst. Brandýs nad Orlicí zhruba v km 266,400 – 267,200	V1/3	266,500	5,2
	V2/3	266,815	5,3
	V3/3	266,930	5,3
	V4/3	267,070	5,3
SUMA	46		

U vrtů byly zaznamenávány údaje o naražené hladině podzemní vody. Vzhledem k limitované délce výluk nebylo možné ponechat vrty delší dobu otevřené. Ke konci každé výluky musely být vrty zlikvidovány dusaným záhozem. Z tohoto důvodu nebylo možné objektivně definovat ustálené hladiny. U některých vrtů, které byly v průběhu vrtání suché, nelze vyloučit, že by se v nich po delším

časovém úseku hladina podzemní vody vytvořila – toto nebylo možné vzhledem k výše uvedenému sledovat.

Celkem bylo vyvrtáno 12 jádrových průzkumných vrtů o celkové metráži 63 bm. Vrtné práce provedla subdodavatelsky firma DGB Technik s.r.o. z Hradce Králové.

#### **4.4 Odběr vzorků zemin, laboratorní rozborů**

Za účelem upřesnění makroskopických popisů, stanovení základních indexových vlastností zemin a jejich zařazení do geotechnického klasifikačního systému (ČSN 73 6133, S4 SŽDC) bylo z kopaných sond odebráno 22 porušených vzorků zemin zemní pláň, případně aktivní zóny a 2 vzorky z konstrukce železničního spodku.

Z jádrových vrtů bylo odebráno celkem 12 porušených vzorků, jejichž cílem bylo stanovení indexových vlastností a zařazení zemin těles železničních náspů a podloží náspů. Kromě porušených vzorků byly během vrtání z náspů a jejich podloží odebírány i neporušené vzorky zatlačením speciálního odběrného zařízení s vyloučením rotace. Celkem bylo tímto způsobem odebráno 12 neporušených vzorků, které byly rovněž podrobeny indexovým zkouškám a dále i zkouškám stlačitelnosti v edometru a smykovým zkouškám v krabicovém přístroji. V případě zkoušek stlačitelnosti se podařilo provést všech 12 zkoušek. U stanovení smykové pevnosti bylo realizováno 10 zkoušek z původně plánovaných 12 zkoušek. Dva vzorky se při zahájení zkoušky rozpadly a nebylo možné pokračovat v dokončení laboratorního procesu.

Výsledky zařazení zemin z kopaných sond byly využity při stanovení opravných koeficientů deformačních modulů („z“) a při určení míry namrzavosti zemní pláň a aktivní zóny.

Laboratorní zkoušky provedla akreditovaná laboratoř SG Geotechniky a.s. v souladu s platnými normami a schválenou metodikou. V podrobnostech odkazujeme na laboratorní zprávu, která tvoří přílohu 7.

#### **4.5 Výkon geologické služby**

V průběhu realizace terénních průzkumných prací byly na lokalitě přítomni 2 geologové, kteří zajišťovali geologickou a geotechnickou dokumentaci kopaných a vrtaných sond včetně odběru a transportu vzorků do laboratoře. Geologická služba podle potřeb na místě určovala konkrétní místa pro umístění sond ve vybraných úsecích trasy.

## 5. Výsledky provedených prací

Jak již bylo v úvodní kapitole konstatováno, rozsah podrobného geotechnického průzkumu pražcového podloží vychází z požadavků uvedených ve Zvláštních technických podmínkách v čl.

5.1.5. Průzkumné práce se týkají následujících úseků:

- 1.TK a 2.TK v km 264,845 – 265,480 (Bezprávi – Brandýs n. O., širá trať)
- 1.SK a 2.SK v žst. Brandýs nad Orlicí v km 266,115 – 266,530
- 3.SK v žst. Brandýs nad Orlicí zhruba v km 266,400 – 267,200

### 5.1 Morfologie traťových úseků

#### 1.TK a 2.TK v km 264,845 – 265,480 (Bezprávi – Brandýs n. O., širá trať)

Tento úsek je veden inundační nivou Tiché Orlice. Železnice prochází nivou na nízkých náspech o výšce 1 – 4 m. Při povodňových stavech je těleso náspu v kontaktu se zátopovou vodou. U přejezdu v km 265,143 dochází dle poskytnutých údajů při povodňových stavech k zaplavování trati.

#### 1.SK a 2.SK v žst. Brandýs nad Orlicí v km 266,115 – 266,530

Staniční úsek se nachází na plošně rozsáhlém, z větší části pravděpodobně nasýpaném tělese, kterým byl při stavbě železnice vyrovnán původní terén. Mocnost násypového tělesa je variabilní a v ověřeném maximu (vrt V4/2) dosahuje hodnoty 3,8 m.

#### 3.SK v žst. Brandýs nad Orlicí zhruba v km 266,400 – 267,200

Kolej je vedena na přísypu k zemnímu tělesu stanice. Pata přísypu se místy dostává do přímého kontaktu s tokem Tiché Orlice.

### 5.2 Kolejové lože

Kopanými sondami bylo zjištěno silné znečištění kolejového lože. V hodnocených úsecích 1.TK a 2.TK na širé trati a v 1.SK a 2.SK ve stanici Brandýs nad Orlicí je to především znečištění jemnozrnnou a písčitojílovitou frakcí a uhelným mourem. V úseku 3.SK se na znečištění kolejového šterku významně uplatňují popeloviny. Mocnost šterkového lože je variabilní a místy nesplňuje požadavky na minimální tloušťku, která činí 0,55 m (0,35 m pod pražci + cca 0,20 m mezi pražci =

0,55 m). **Nevyhovující tloušťka kolej. lože je především v 1.TK.** Nevyhovující tloušťka šterkového lože je v tabulce 5 vyznačena červeně označeným textem.

**Tabulka 5: Tloušťka a znečištění kolejového lože v km 264,845 – 265,480**

1. TRAŤOVÁ KOLEJ – ÚSEK V KM 264,845 – 265,480			
sonda	staničení	celková tloušťka kolej. lože (m)	znečištění jemn. - písč. frakcí a uhel. mourem (m)
K1B/1	264,903	0,97	0,00 - 0,97
K2/1	265,000	0,35	0,00 - 0,35
K3/1	265,100	0,50	0,00 - 0,50
K4/1	265,200	0,54	0,00 - 0,37
			0,37 - 0,54
K5/1	265,350	0,50	0,00 - 0,50
K6B/1	265,470	0,44	0,00 - 0,35
			0,35 - 0,44
2. TRAŤOVÁ KOLEJ – ÚSEK V KM 264,845 – 265,480			
sonda	staničení	celková tloušťka kolej. lože (m)	znečištění jemn. - písč. frakcí a uhel. mourem (m)
K1/2	264,900	0,65	0,00 - 0,50
			0,50 - 0,65
K2/2	265,000	0,66	0,00 - 0,38
			0,38 - 0,66
K3/2	265,090	0,44	0,00 - 0,44
K4/2	265,200	0,50	0,00 - 0,50
K5/2	265,300	0,61	0,00 - 0,61
K6/2	265,480	0,58	0,00 - 0,35
			0,35 - 0,58
1. STANIČNÍ KOLEJ V KM 266,115 – 266,530 (ŽST. BRANDÝS NAD ORLICÍ)			
sonda	staničení	celková tloušťka kolej. lože (m)	znečištění jemn. - písč. frakcí a uhel. mourem (m)
K7/1	266,125	0,87	0,00 - 0,87
K8/1	266,240	0,66	0,00 - 0,66
K9/1	266,360	0,75	0,00 - 0,75
K10/1	266,480	0,50	0,00 - 0,50
2. STANIČNÍ KOLEJ V KM 266,115 – 266,530 (ŽST. BRANDÝS NAD ORLICÍ)			
sonda	staničení	celková tloušťka kolej. lože (m)	znečištění jemn. - písč. frakcí a uhel. mourem (m)
K7/2	266,420	0,61	0,00 - 0,61
K8/2	266,530	0,67	0,00 - 0,67
3. STANIČNÍ KOLEJ V KM 266,400 – 267,200 (ŽST. BRANDÝS NAD ORLICÍ)			
sonda	staničení	celková tloušťka kolej. lože (m)	znečištění jemn. - písč. frakcí a uhel. mourem (m)
K1/3	266,450	0,72	0,00 - 0,72
K2/3	266,600	0,70	0,00 - 0,70
K3/3	266,730	0,60	0,00 - 0,60
K4/3	266,870	0,55	0,00 - 0,55
K5/3	267,010	0,80	0,00 - 0,80
K6/3	267,145	0,65	0,00 - 0,65
Vysvětlivky:			
	čistý kolejový šterk frakce 32/63 mm, odhadem tř. G2 - G3		
	středně znečištěný kolejový šterk, odhadem tř. G3 - G4		
	silně znečištěný kolejový šterk, odhadem tř. G5		

V tabulce 5 je prezentována míra znečištění kolejového lože u jednotlivých sond. Stupeň znečištění byl posuzován makroskopicky při popisu sond. Rozlišovali jsme následující stupně znečištění:

- téměř čistý kolejový štěrk
- středně znečištěný (do cca 30 % znečišťujících frakcí)
- silně znečištěný (> 30% znečišťujících frakcí)

Čistý kolejový štěrk lze z geotechnického hlediska klasifikovat přibližně jako štěrk tř. G2, středně znečištěný štěrk jako štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy tř. G3 až hlinitý štěrk tř. G4 a silně znečištěný štěrk jako jílovitý štěrk tř. G5. Z hlediska frakce lze u čistého kolejového štěrku hovořit o štěrku frakce 32 – 63 mm, u znečištěného kolejového štěrku pak o štěrcích frakce 0 – 63 mm.

Z tabulky 5 je zřejmé, že tloušťka kolejového lože se v hodnocených úsecích pohybuje mezi 0,44 – 0,97 m. V drtivém množství případů je kolejový štěrk silně znečištěný. Téměř čistý štěrk se vyskytoval v menším podílu a většinou se jednalo pouze o svrchní vrstvu vytvořenou při udržovacích pracích (podbíjení), která zasahovala cca 0,10 až 0,23 m pod spodní plochu pražců.

Z petrografického hlediska je složení štěrkových zrn variabilní. Převažují pevné magmatické horniny. Vyskytují se ale i zrna tvořená křemitými vápenci a vápenci.

Celkově lze konstatovat, že stav kolejového štěrku je ve všech sledovaných úsecích nevyhovující.

### **5.3 Těleso železničního spodku**

V hodnoceném úseku 1.TK v km 264,845 – 265,480 na širé trati byly místy zaregistrovány nesouvislé výskyty starých sanačních vrstev (rovnaniny z desek opuk a slínovců, štěty a vrstvy z velmi dobře zhutněného štěrku z odolných křemenců, křemene a křemitých vápenců). Mocnost těchto vrstev se pohybovala v rozpětí 0,15 – 0,27 m. V sondách K6A/1 a K6B/1 byla kromě rovnaniny zastižena i vrstva šterkopísku tř. G3.

V hodnoceném úseku 2.TK v km 264,845 – 265,480 na širé trati se sanační vrstva (tj. rovnanina, štět nebo štěrk z křemenců a křemitých vápenců) vyskytovala téměř souvisle. Není ale jednotná z hlediska skladby ani mocnosti. Mocnost se pohybovala v rozpětí 0,12 – 0,30 m.

U staniční koleje 1.SK v žst. Brandýs n. O. v km 266,115 – 266,530 byl až na výjimku zastižen pouze kolejový svrškový štěrk, oddělený od zemní pláně geotextilií. Těleso železničního spodku zde chybí. Výjimku tvořila pouze sonda K10/1, kde byla přítomna vrstva starého štětu.

U staniční koleje 2.SK v žst. Brandýs n. O. v km 266,115 – 266,530 byla 2 kopanými sondami ověřena přítomnost kamenné rovnaniny o mocnostech 0,19 m (sonda K7/2) a 0,13 m (sonda K8/2). V sondě K8/2 byla pod rovnaninou zastižena i 0,07 m mocná, zřejmě vyrovnávací a ložná vrstva štěrkopísku. Více kopaných sond zde nebylo vyžadováno. Identifikace tenkých vrstev rovnanin nebo štětu z vrtných jader je problematická. Vrtáním dojde k rozvrtání desek na malé fragmenty a k jejich promísení se štěrkem. Přestože nebyla rovnanina ve vrtech V4/2 a V5/2 popsána, nelze její existenci vzhledem k výše uvedenému vyloučit

U koleje 3.SK v žst. Brandýs n.O. byl zaregistrován nesouvislý výskyt sanačních vrstev (kamenná rovnanina, štět) o mocnostech 0,10 – 0,27 m. V některých sondách ale žel. spodek chybí a kolejové lože je uloženo přímo na zemní pláni. U koleje 3.SK je v pražcovém podloží častá přítomnost škváry a popelovin.

## **5.4 Zemní pláň**

Ve všech hodnocených úsecích je trať vedena na nízkých náspech a nasypaných tělesech o výšce od 1 do 4 m. Zemní pláň tedy není přirozená, ale byla uměle vytvořena při stavbě násypů.

### **5.4.1 Zatřídění zemin zemní pláně**

Za účelem upřesnění makroskopických popisů a ověření základních fyzikálně – mechanických vlastností zemin zemní pláně byla z provedených kopaných sond odebrána série porušených vzorků. Celkem bylo z kopaných sond odebráno 24 vzorků. Z tohoto počtu 22 vzorků reprezentuje zeminy zemní pláně a 2 vzorky reprezentují jeden z materiálů konstrukčních vrstev železničního spodku, který byl tvořen hlinitopísčitým štěrkem. Charakter dalších materiálů železničního spodku (rovnanina, štět) svým charakterem neumožnil realizaci klasifikačních rozborů.

Základní výsledky zkoušek včetně zatřídění zemin do klasifikačního systému uvedeného v ČSN 73 6133 jsou uvedeny v tabulce 6. Podrobné výsledky laboratorních zkoušek jsou uvedeny v laboratorní zprávě, která tvoří přílohu č. 7.

**Tabulka 6: Výsledky lab. zařídění vzorků zemin z kopaných sond**

<b>1. TK v km 264,845 - 265,480 (širá trať)</b>								
lab. č. vz.	sonda	hloubka (m)	staničení (km)	ČSN 73 6133		w <sub>n</sub> %	I <sub>c</sub> -	pozn.
				popis	třída			
60210	K1B/1	0,97 - 1,00	264,903	šterk jíł., s tuhou/měkk. výplní	G4 GM	23,8	0,50	zemní pláň
60211	K2/1	0,35 - 0,60	265,000	šterk s přím. jemn. zeminy	G3 G-F	8,2	-	žel. spod.
60212	K3/1	0,50 - 0,55	265,100	šterk hlinitý	G4 GM	10,1	0,73	zemní pláň
60216	K4/1	0,79 - 0,85	265,200	jíl s nízkou plast., pevný	F6 CL	16,4	1,11	zemní pláň
60217	K5/1	0,50 - 0,65	265,350	šterk s přím. jemn. zeminy	G3 G-F	11,2	-	zemní pláň
60218	K6B/1	0,65 - 0,75	265,470	šterk s přím. jemn. zeminy	G3 G-F	10,8	-	žel. spod.
<b>2. TK v km 264,845 - 265,480 (širá trať)</b>								
lab. č. vz.	sonda	hloubka (m)	staničení (km)	ČSN 73 6133		w <sub>n</sub> %	I <sub>c</sub> -	pozn.
				popis	třída			
60225	K1/2	1,08 - 1,15	264,900	šterk s přím. jemn. zeminy	G3 G-F	12,4	-	zemní pláň
60226	K2/2	0,85 - 0,90	265,000	jíl šterkovitý, tuhý	F2 CG	19,6	0,75	zemní pláň
60227	K3/2	0,80 - 0,85	265,090	jíl se stř. plast., tuhý	F6 CI	20,5	0,86	zemní pláň
60219	K4/2	0,70 - 0,85	265,200	jíl písč., tuhý s přím. šterků	F4 CS	17,2	0,82	zemní pláň
60220	K5/2	0,90 - 1,00	265,300	jíl šterkovitý, tuhý	F2 CG	17,8	0,94	zemní pláň
60221	K6/2	0,98 - 1,00	265,480	písek jílovitý	S5 SC	14,8	0,63	zemní pláň
<b>1. SK v km 266,115 - 266,530 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>								
lab. č. vz.	sonda	hloubka (m)	staničení (km)	ČSN 73 6133		w <sub>n</sub> %	I <sub>c</sub> -	pozn.
				popis	třída			
60228	K7/1	0,97 - 1,00	266,125	jíl se stř. plast., tuhý-pevný	F6 CI	24,8	1,03	zemní pláň
60229	K8/1	0,78 - 0,80	266,240	jíl písčité, tuhý	F4 CS	19,2	0,92	zemní pláň
60230	K9/1	0,90 - 0,95	266,360	šterk jílovitý	G5 GC	15,3	0,79	zemní pláň
60231	K10/1	0,90 - 1,00	266,480	šterk s přím. jemn. zeminy	G3 G-F	20,7	-	zemní pláň
<b>2. SK v km 266,115 - 266,530 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>								
lab. č. vz.	sonda	hloubka (m)	staničení (km)	ČSN 73 6133		w <sub>n</sub> %	I <sub>c</sub> -	pozn.
				popis	třída			
60232	K7/2	0,80 - 0,88	266,420	jíl se stř. plasticitou, tuhý	F6 CI	30,0	0,79	zemní pláň
60233	K8/2	0,90 - 0,95	266,530	jíl se stř. plasticitou, tuhý	F6 CI	27,3	0,80	zemní pláň
<b>3. SK v km 266,400 - 267,200 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>								
lab. č. vz.	sonda	hloubka (m)	staničení (km)	ČSN 73 6133		w <sub>n</sub> %	I <sub>c</sub> -	pozn.
				popis	třída			
60236	K1/3	0,95 - 1,00	266,450	šterk s přím. jemn. zeminy	G3 G-F	18,6	-	z.pl./škvára
60237	K2/3	1,05 - 1,10	266,600	šterk s přím. jemn. zeminy	G3 G-F	19,4	-	z.pl./škvára
60238	K3/3	0,80 - 0,85	266,730	šterk jílovitý	G5 GC	13,5	1,41	zemní pláň
60239	K4/3	0,90 - 0,95	266,870	jíl písčité, tuhý	F4 CS	23,1	0,66	zemní pláň
60240	K5/3	1,10 - 1,15	267,010	písek hlinitý	S4 SM	22,1	-	zemní pláň
60245	K6/3	0,75 - 0,80	267,145	šterk s přím. jemn. zeminy	G3 G-F	13,8	-	zemní pláň

### 5.4.2 Únosnost zemní pláně

Vyhodnocení únosnosti vyjádřené deformačním modulem přetvárnosti je provedeno ve smyslu tab.1 př. 6 předpisu SŽDC S4 pro úroveň trati:

**„celostátní koridorová pro rychlosti menší než 120 km/hod.“**

Změřené hodnoty  $E_o$  (případně  $E_{pl}$ ) jsou uvedeny v tabulce 7. V tabulce jsou rovněž v závislosti na konzistenci zemin stanoveny hodnoty příslušného opravného součinitele „ $z$ “ ve smyslu čl. 8 a tabulky 3 přílohy 6 předpisu SŽDC S4 (Železniční spodek). Tento redukční koeficient zohledňuje možné negativní působení klimatických jevů v průběhu času. Redukovaný přetvárný modul  $E_{or}$  se získá ze vztahu:  $E_{or} = z \cdot E_o$

Minimální redukované deformační moduly pro úroveň trati „celostátní koridorová pro rychlosti menší než 120 km/hod.“ jsou  **$E_{or} = 20 \text{ MPa}$**  a  **$E_{pl} = 50 \text{ MPa}$** . V úsecích, kde se kolejové lože nachází přímo na zemní pláni (bez podkladních vrstev tělesa železničního spodku – typ konstrukce pražcového podloží KPP1), musí být splněno, že  $E_{or} = E_{pl} = 50 \text{ MPa}$  (žlutě vykolorovaná políčka v tabulce 7). Šedě vykolorovaná pole v tab. 7 označují sondy, kde byla zkouška provedena na podkladní konstrukční vrstvě (pláni tělesa železničního spodku, měřeno bylo přímo  $E_{pl}$ ). Nevyhovující hodnoty únosnosti stávající trati jsou vyznačeny červenou barvou.



Obrázek 3: Realizace statické zatěžovací zkoušky v noční výluce

**Tabulka 7: Výsledky statických zatěžovacích zkoušek**

<b>1. TK v km 264,845 - 265,480 (širá trať)</b>							
Sonda	Staničení	hloubka SSZ (m)	zemní pláň/*pláň žel. spodku*/		Eo (MPa)	"z" (opr. koef.)	Eor (MPa)
			makroskopický popis	ČSN 736133			
K1B/1	264,903	0,97	jíl se zatlačenými zrný kolejevého	G4 GM	29,0	1,0	<b>29,0</b>
K2/1	265,000	0,58	*hlinitopísčitý štěr s úlomky opuk*	G3 G-F	*55,5* (Epl)	1,0	*55,5* (Epl)
K3/1	265,100	0,55	štěrk hlinitý	G4 GM	59,2	1,0	59,2
K4/1	265,200	0,79	jíl pevný	F6 CL	26,9	0,4	<b>10,8</b>
K5/1	265,350	0,65	zahliněný štěr	G3 G-F	75,0	1,0	75,0
K6B/1	265,470	0,77	*štěrkopísek, pod ním rovinanina*	G3 G-F	*60,8* (Epl)	1,0	*60,8* (Epl)
<b>2. TK v km 264,845 - 265,480 (širá trať)</b>							
Sonda	Staničení	hloubka SSZ (m)	zemní pláň/*pláň žel. spodku*/		Eo (MPa)	"z" (opr. koef.)	Eor (MPa)
			makroskopický popis	ČSN 736133			
K1/2	264,900	1,08	štěrk slabě zahliněný	G3 G-F	37,8	1,0	37,8
K2/2	265,000	0,85	jíl štěrkovitý, tuhý	F2 CG	28,6	0,9	25,7
K3/2	265,090	0,80	jíl tuhý	F6 CI	27,9	0,6	<b>16,7</b>
K4/2	265,200	0,85	jíl písčitý s příměsí štěrku	F4 CS + g	25,0	0,8	20,0
K5/2	265,300	0,90	jíl tuhý + úlomky opuk	F2 CG	27,3	0,9	24,6
K6/2	265,480	0,98	jílovitý písek	S5 SC	18,1	0,9	<b>16,3</b>
<b>1. SK v km 266,115 - 266,530 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>							
Sonda	Staničení	hloubka SSZ (m)	zemní pláň/*pláň žel. spodku*/		Eo (MPa)	"z" (opr. koef.)	Eor (MPa)
			makroskopický popis	ČSN 736133			
K7/1	266,125	0,97	jíl pevný/tuhý	F6 CI	23,1	0,4	<b>9,2</b>
K8/1	266,240	0,78	jíl písčitý tuhý	F4 CS	23,7	0,8	<b>19,0</b>
K9/1	266,360	0,90	jíl s úlomky slínovců	G5 GC	27,8	1	<b>27,8</b>
K10/1	266,480	0,70	štěrk písčitý	G3 G-F	32,6	1	32,6
<b>2. SK v km 266,115 - 266,530 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>							
Sonda	Staničení	hloubka SSZ (m)	zemní pláň/*pláň žel. spodku*/		Eo (MPa)	"z" (opr. koef.)	Eor (MPa)
			makroskopický popis	ČSN 736133			
K7/2	266,420	0,80	jíl tuhý	F6 CI	21,9	0,6	<b>13,1</b>
K8/2	266,530	0,90	jíl tuhý	F6 CI	38,8	0,6	23,3
<b>3. SK v km 266,400 - 267,200 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>							
Sonda	Staničení	hloubka SSZ (m)	zemní pláň/*pláň žel. spodku*/		Eo (MPa)	"z" (opr. koef.)	Eor (MPa)
			makroskopický popis	ČSN 736133			
K1/3	266,450	0,92	škvára + písčitý štěr	G3 G-F	27,6	1	<b>27,8</b>
K2/3	266,600	1,05	škvára + písčitý štěr	G3 G-F	34,6	1	<b>34,6</b>
K3/3	266,730	0,80	štěrk jílovitý	G5 GC	27,1	1	27,1
K4/3	266,870	0,90	jíl písčitý, měkký/tuhý	F4 CS	14,9	0,8	<b>11,9</b>
K5/3	267,010	1,10	písek hlinitý	S4 SM	26,8	0,9	24,1
K6/3	267,145	0,75	zahliněný štěr	G3 G-F	37,5	1	<b>37,5</b>
<b>Vysvětlivky</b>							
	Požadované min Eor=20 MPa (KPP typ 2, kolej. lože + podkl. vrstva ž. sp.)						
	Požadované min Eor = Epl = 50 MPa (KPP typ 1, kolejové lože přímo na zemní pláni)						
	Požadované min Epl=50 MPa. Zkouška měřena na pláni těl. žel. spodku						

Z výsledků uvedených v tabulce 7 je zřejmé, že únosnosti zemní pláně na řadě míst hodnocených úseků nevyhovují požadavkům na plánovanou návrhovou úroveň trati. Z hlediska únosnosti dopadly nejhůře staniční koleje v žst. Brandýs nad Orlicí, kde např. v 1.SK nevyhověla únosnost ve 3 případech ze 4 měřených.

## 5.5 Tělesa násypů

Hodnocené úseky jsou vedeny na náspech o výšce 1 – 4 m. Na širé trati se jedná o klasické násypy a v žst. Brandýs nad Orlicí jde o o široké násypové těleso, kterým byl při stavbě železnice zarovnán původní terén. Staniční kolej 3.SK je pak vedena na přísypu k tělesu stanice. Pata přísypového tělesa se na některých místech nachází v kontaktu s Tichou Orlicí.

Do těles násypů byly při jejich stavbě zapracovány zeminy z místních zdrojů – především eluviodeluviální zeminy charakteru jílu a písčitých jílu s úlomky opuk a slínovců (někdy i velikosti kamenů), dále zeminy v minulosti odtěžené zřejmě z fluvialních a deluviofluvialních uloženin charakteru písčitých jílu, písčitých jílu s příměsí štěrku, hlinitých a jílovitých štěrku a zahliněných písků. Místy je do násypů zapracován i písčitý štěrk. V koleji 3.SK se v náspu často vyskytují popeloviny, škvára a úlomky cihel. Materiál těles násypů je velmi podobný přirozenému kvartérnímu pokryvu pod náspy, který je tvořen především inundačními „hlínami“, případně deluviofluvialními uloženinami a deluvii. Rozhraní násypů a přirozeného kvartérního pokryvu bylo ve vrtech obtížně rozeznatelné. Podobně ani z penetračních záznamů nebyl většinou kontakt tělesa násypů a povrchu přirozeného kvartérního pokryvu jednoznačný.

Z vrtných jader bylo odebráno celkem 5 porušených a 2 neporušené vzorky násypových zemin. Na základě indexových zkoušek byly zastižené zeminy zařazeny do klasifikačního systému uvedeného v ČSN 736133. Výsledky zařídění jsou prezentovány tabulce 8.

Z výsledků klasifikačních rozborů vyplývá, že z geotechnického hlediska lze testované zeminy klasifikovat jako štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy tř. G3, jílovité štěrky tř. G4, písčité jíly tř. F4 a jíly s nízkou plasticitou tř. F6 CL. Zaznamenána byla i přítomnost jílu s vysokou plasticitou tř. F8 CH (výskyt vysoce plastických jílu považujeme ale v rámci násypů spíše za minoritní). Na základě makroskopických popisů vrtných jader jsou v náspech zabudovány i zahliněné a jílovité písky tř. S4 a S5.

Z tabulky 8 je zřejmé, že řada zemin v náspech vykazovala v době provádění průzkumu měkkou nebo i kašovitou konzistenci. Menší část pak konzistenci tuhou. Upozorňujeme, že průzkum byl přitom prováděn v době dlouhodobého extrémně suchého období. Během vrtání byly místy zaznamenány i slabé přítoky v rozdílných úrovních násypů. Pravděpodobně se v náspech vyskytují prostorově omezené, izolované zvodnělé polohy charakteru zvodnělých „kapes“, „čoček“ nebo „klínů“. Rozhraní násypů a podloží je místy v dosahu oscilace podzemní vody, případně i v dosahu povrchové vody při záplavách. U 3.SK byla ve vrtu V4/3 na bázi násypu zastižena kamenná sypanina – zřejmě sanační kamenný zához nebo kamenná rovinanina.

**Tabulka 8: Výsledky zatřídění vzorků zemin těles násypů**

lab. č. vz.	sonda	hloubka (m)	kolej	staničení (km)	ČSN 73 6133		w <sub>n</sub> %	I <sub>c</sub> -	typ vz.
					název	třída			
60215	V3/1	1,40 - 1,70	1.TK	265,480	štěrk jílovitý	G5 GC	11,4	1,32	PV
60224	V3/2	1,50 - 1,80	2.TK	265,400	štěrk s přím. jemn. zeminy	G3 G-F	14,3	-	PV
60252	V4/2	2,20 - 2,50	2.SK	266,125	jíl s vysok. plasticitou, tuhý	F8 CH	27,8	0,89	NV
60235	V5/2	1,80 - 2,00	2.SK	266,300	jíl písčitý, měkký	F4 CS	25,1	0,46	PV
60241	V1/3	3,20 - 3,50	3.SK	266,500	štěrk jílovitý	G5 GC	19,7	0,02	PV
60255	V2/3	1,70 - 2,00	3.SK	266,815	jíl s nízkou plast., kašovitý	F6 CL	34,9	-0,06	NV
60243	V3/3	1,10 - 1,30	3.SK	266,930	jíl písčitý, tuhý	F4 CS	21,3	0,82	PV
Vysvětlivky: PV...porušený vzorek, NV...neporušený vzorek									

Na 2 neporušených vzorcích byly dále pro úplnost a pro potřebu případných výpočtových řešení provedeny smykové zkoušky v krabicovém smykovém přístroji a zkoušky stlačitelnosti v edometru. V případě smykové pevnosti se jedná o vrcholové efektivní parametry. Výsledky těchto zkoušek jsou shrnuty v tabulkách 9 a 10.

**Tabulka 9: Výsledky smykových zkoušek zemin těles násypů**

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka (m)	staničení	kolej	ČSN 73 6133	w <sub>n</sub>	w <sub>L</sub>	I <sub>c</sub>	φ <sub>ef</sub>	cef (kPa)
60252	V4/2	2,20 - 2,50	266,125	2.SK	F8 CH	27,8	54,9	0,89	32,0	14,0
60255	V2/3	1,70 - 2,00	266,815	3.SK	F6 CL	34,9	33,1	-0,06	32,0	9,2

**Tabulka 10: Výsledky zkoušek stlačitelnosti zemin těles násypů**

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka (m)	staničení	kolej	ČSN736133	obor napětí (kPa)	E <sub>oed</sub> (MPa)
60252	V4/2	2,20 - 2,50	266,125	2.SK	F8 CH	50 - 100	4,81
						100 - 200	4,08
						200 - 300	6,66
60255	V2/3	1,70 - 2,00	266,815	3.SK	F6 CL+g	50 - 100	1,78
						100 - 200	2,65
						200 - 300	5,21

Laboratorně stanovené hodnoty efektivního úhlu vnitřního tření jemnozrnných zemin v násypu jsou velmi vysoké. V geotechnických návrzích doporučujeme volit spíše konzervativnější hodnoty.

Nízké hodnoty edometrického modulu přetvárnosti jemnozrnných zemin v násypu svědčí o nízké únosnosti a doporučujeme proto projekčně řešit sanaci násypového tělesa.

V roce 1996 realizoval Pragoprojekt doplňkový geotechnický průzkum v km 264,150 – 266,300. V rámci tohoto průzkumu se autoři mimo jiné zabývali stabilitními výpočty pro tehdejší záměr rozšíření násypů, a to konkrétně v úsecích v km 264,000 – 264,270, v km 264,380 – 264,500, **v km 264,500 – 264,880, v km 264,880 – 265,200 a v km 265,200 - 265,300**. Tučně zvýrazněné úseky se částečně nebo zcela kryjí se stávajícími úseky GTP pražcového podloží. Společným závěrem archivních stabilitních výpočtů bylo, že realizace přísypů je v zásadě možná za dodržení základních podmínek, jako např. zazubení přísypů, zbudování plošného drénu pod přísypy v kombinaci s pískovými pilotami, použití vhodného materiálu, dodržení doporučených sklonů apod.

Násypy v hodnocených úsecích jsou vizuálně v půdoryse o několik prvních metrů rozšířeny (na obě strany). Podle jejich tvarů a drobných výchozů v erozních oknech se ale **domníváme, že došlo pouze k „divokému“ nehtnutnému rozšíření násypů uložením odpadu po čištění kolejového lože na svahy**. Doporučujeme tento stav prověřit a případně v rámci projekčního řešení zjednat nápravu. Divoké deponie na svazích obecně zhoršují stabilitní poměry a často mají i negativní vliv na odvodňovací poměry zemního tělesa.

## 5.6 Podloží násypů

Bezprostřední podklad násypů tvoří vrstva **vodou nasycených „inundačních „hlín“** zastoupená jílovitými, jílovitopísčitymi, písčitojílovitými a jílovitoštěrkovými zeminami. Jednotlivé litotypy jsou chaoticky vyvinuty a přechází náhodně jeden ve druhý, a to jak ve směru laterálním, tak i vertikálním. Předkvartérní podklad nebyl vrty navrtán. Podle několika výchozů na okrajích nivy bude tvořen především laminovanými až tence deskovitými slínovci svrchnokřídového stáří (viz obr. 1 a 2).

Z vrtných jader bylo odebráno celkem 7 porušených a 10 neporušených vzorků. Na základě indexových zkoušek byly zastižené zeminy zařazeny do klasifikačního systému uvedeného v ČSN 73 6133. Výsledky zatřídění jsou prezentovány v tabulce 11.

Z výsledků klasifikačních rozborů vyplývá, že z geotechnického hlediska lze testované zeminy ve smyslu ČSN 736133 klasifikovat jako štěrkovité jíly tř. F2, písčité jíly tř. F4, jíly s nízkou plasticitou tř. F6 CL, jíly s vysokou plasticitou F8 CH, písky s příměsí jemnozrnné zeminy tř. S3, hlinité písky tř. S4, štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy tř. G3, jílovité štěrky tř. G5 a špatně vytríděné štěrky tř. G2.

Konzistence jemnozrnných zemin je tuhá, tuhá až měkká a měkká.

**Tabulka 11: Výsledky zatřídění vzorků zemin podloží násypů**

<b>1. TK v km 264,845 - 265,480 (širá trať)</b>								
lab. č. vz.	sonda	hloubka (m)	staničení (km)	ČSN 73 6133		$w_n$	$I_c$	typ vzorku
				název	třída	%	-	
60246	V1/1	3,60 - 3,90	264,946	štěrk jílovitý	G5 GC	18,4	0,25	NV
60213	V1/1	4,40 - 4,70	264,946	štěrk s příměsí jemn. zeminy	G3 G-F	16,9	-	PV
60214	V2/1	2,30 - 2,60	265,300	písek hlinitý	S4 SM	10,7	-	PV
60247	V2/1	4,00 - 4,30	265,300	jíl s nízkou plasticitou, tuhý	F6 CL	24,5	0,72	NV
60248	V3/1	2,20 - 2,50	265,480	jíl s vysokou plasticitou, tuhý	F8 CH	38,0	0,59	NV
<b>2. TK v km 264,845 - 265,480 (širá trať)</b>								
lab. č. vz.	sonda	hloubka (m)	staničení (km)	ČSN 73 6133		$w_n$	$I_c$	typ vzorku
				název	třída	%	-	
60222	V1/2	2,30 - 2,60	264,909	jíl štěrkovitý, tuhý	F2 CG	17,1	0,81	PV
60249	V1/2	4,00 - 4,30	264,909	štěrk s příměsí jemn. zeminy	G3 G-F	10,4	-	NV
60250	V2/2	3,70 - 4,00	265,170	písek s přím. jemn. zeminy	S3 S-F	9,7	-	NV
60223	V2/2	4,70 - 5,00	265,170	písek s přím. jemn. zeminy	S3 S-F	11,1	-	PV
60251	V3/2	3,20 - 3,50	265,400	jíl štěrkovitý, měkký	F2 CG	24,8	0,50	NV
<b>2. SK v km 266,115 - 266,530 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>								
lab. č. vz.	sonda	hloubka (m)	staničení (km)	ČSN 73 6133		$w_n$	$I_c$	typ vzorku
				název	třída	%	-	
60234	V4/2	4,70 - 5,00	266,125	jíl písčitý, měkký	F4 CS	24,7	0,25	PV
60253	V5/2	3,70 - 4,00	266,300	jíl písčitý, tuhý	F4 CS	22,6	0,71	NV
<b>3. SK v km 266,400 - 267,200 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>								
lab. č. vz.	sonda	hloubka (m)	staničení (km)	ČSN 73 6133		$w_n$	$I_c$	typ vzorku
				název	třída	%	-	
60254	V1/3	4,50 - 4,70	266,500	jíl se střední plasticitou, tuhý	F6 CI	32,3	0,71	NV
60242	V2/3	4,50 - 4,70	266,815	jíl písčitý, měkký	F4 CS	26,3	0,49	PV
60256	V3/3	2,60 - 2,90	266,930	jíl se střední plasticitou, tuhý	F6 CI	28,0	0,90	NV
60257	V4/3	4,10 - 4,40	267,070	jíl písčitý, tuhý	F4 CS	23,4	0,88	NV
60244	V4/3	4,70 - 5,00	267,070	štěrk špatně vytríděný	G2 GP	11,5	-	PV

Pro úplnost a pro potřeby případných statických výpočtů (např. pro návrh přísypů nebo štěrkových pilířů) byly na 8 neporušených vzorcích provedeny smykové zkoušky v krabicovém smykovém přístroji a zkoušky stlačitelnosti v edometru. Na dvou dalších neporušených vzorcích byly provedeny zkoušky stlačitelnosti. Výsledky těchto zkoušek jsou shrnuty v tabulkách 12 a 13. V případě smykové

pevnosti se jedná o efektivní vrcholové parametry. Laboratorně stanovené hodnoty efektivního úhlu vnitřního tření jemnozrnných zemin v podloží násypových těles jsou velmi vysoké. V geotechnických návrzích doporučujeme volit spíše konzervativnější hodnoty.

Zjistěné nízké edometrické moduly u jemnozrnných zemin (tř. F2, F4, F6 a F8) odpovídají obecným vlastnostem těchto zemin a jejich aktuálnímu konzistenčnímu stavu. V případě písků tř. S3 a jílovitých štěrků tř. G4 byly zjištěny analogické edometrické moduly jako u zemin jemnozrnných. Stlačitelnost obou výše uvedených skupin zemin je vysoká. Relativně vyšší edometrický modul (nižší stlačitelnost) byl ověřen jen u štěrků s příměsí jemnozrnné zeminy tř. G3 G-F.

**Tabulka 12: Výsledky smykových zkoušek zemin podloží násypů**

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka (m)	staničení	kolej	ČSN 73 6133	w <sub>n</sub>	w <sub>L</sub>	I <sub>c</sub>	φ <sub>ef</sub>	c <sub>ef</sub> (kPa)
60246	V1/1	3,60 - 3,90	264,946	1.TK	G5 GC	18,4	27,7	0,25	33,0	24,0
60248	V3/1	2,20 - 2,50	265,480		F8 CH	38,0	59,2	0,70	30,5	12,0
60250	V2/2	3,70 - 4,00	265,170	2.TK	S3 S-F	9,7	-	-	32,0	22,0
60251	V3/2	3,20 - 3,50	265,400		F2 CG	24,8	30,1	0,40	34,0	4,7
60253	V5/2	3,70 - 4,00	266,300	2.SK	F4 CS	22,6	31,3	0,60	32,0	12,0
60254	V1/3	4,50 - 4,70	266,500	3.SK	F6 CI	32,3	43,8	0,60	32,0	5,6
60256	V3/3	2,60 - 2,90	266,930		F6 CI	28,0	40,4	0,90	36,0	7,7
60257	V4/3	4,10 - 4,40	267,070		F4 CS	23,4	32,4	0,70	36,0	8,1

**Tabulka 13: Výsledky zkoušek stlačitelnosti zemin podloží náspů**

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka (m)	staničení	kolej	ČSN736133	obor napětí (kPa)	E <sub>oed</sub> (MPa)
60246	V1/1	3,60 - 3,90	264,946		G5 GC	50 - 100	2,45
						100 - 200	3,71
						200 - 300	6,40
60247	V2/1	4,00 - 4,30	265,300		F6 CL	50 - 100	4,89
						100 - 200	6,69
						200 - 300	10,46
60248	V3/1	2,20 - 2,50	265,480		F8 CH	50 - 100	1,92
						100 - 200	3,05
						200 - 300	4,63
60249	V1/2	4,00 - 4,30	264,909		G3 G-F	100 - 200	11,75
						200 - 300	19,33
						300 - 400	23,78
60250	V2/2	3,40 - 4,00	265,170		S3 S-F	100 - 200	4,92
						200 - 300	8,39
						300 - 400	11,69
60251	V3/2	3,20 - 3,50	265,400		F2 CG	50 - 100	4,11
						100 - 200	4,70
						200 - 300	4,14
60253	V5/2	3,70 - 4,00	266,300		F4 CS	50 - 100	5,17
						100 - 200	6,61
						200 - 300	11,39
60254	V1/3	4,50 - 4,70	266,500		F6 CI	50 - 100	2,18
						100 - 200	3,12
						200 - 300	6,24
60256	V3/3	2,60 - 2,90	266,930 Kč		F6 CI	50 - 100	4,14
						100 - 200	5,79
						200 - 300	8,17
60257	V4/3	4,10 - 4,40	267,070		F4 CS	50 - 100	4,35
						100 - 200	6,58
						200 - 300	9,66

## 5.7 Vodní režim

Dle mapy charakteristických hodnot indexu mrazu uvedené na obrázku 1 v předpisu SŽDC S4 lze v zájmové oblasti uvažovat s hodnotou  $I_{mn} = 400 - 500 \text{ }^{\circ}\text{C.den.}$  Dále v textu uvažujeme s konzervativní hodnotou  $I_{mn} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C.den.}$

Hloubka promrznání pražcového podloží je dána vztahem  $h_{pr} = 0,045 \cdot \sqrt{I_{mn}}$

Po dosazení vychází  $h_{pr} = 1,00 \text{ m}$

Pro potřeby posouzení účinků promrznání případné nové konstrukce pražcového podloží uvádíme v tabulce 14 základní vstupní data. 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. **Převažuje nepříznivý vodní režim.** Náspy jsou nízké a jsou situovány v ploché zátopové údolní nivě Tiché Orlice. Hladina podzemní vody je vázána na říční naplaveniny a sezóně osciluje v závislosti na stavu vody v řece. Kromě přirozené kvartérní zvodně v nivě se v trase vyskytují i antropogenní kolektory. Tělesa náspů nejsou homogenní. Sondáž zastihla místy průsaky vody v různých výškových úrovních uvnitř samotných náspů. Svědčí to o existenci tzv. „zavěšených“ antropogenních zvodních v náspech. Zvodnělá tělesa mohou mít tvar prostorově omezených „čoček“, „klínů“ apod.

Namrzavost byla určena pomocí analýzy zrnitostních křivek. Dovolená tloušťka promrznání byla určena odečtem z tabulky 2 přílohy 7 k předpisu SŽDC S4 pro druh plánované tratě B.

**Tabulka 14: Vodní režim, dovolené tl. promrzání zem. pl. pro navrhovaný druh trati (B)**

<b>1. TK v km 264,845 - 265,480 (širá trať)</b>					
sonda	staničení	zemina zem. pláň	vodní režim	namrzavost zemin*	hz dov (m)
K1B/1	km 264,903	G4 GM	nepříznivý		0,30
K2/1	km 265,000	F6	nepříznivý		0,30
K3/1	km 265,100	G4 GM	nepříznivý		0,30
K4/1	km 265,200	F6 CL	nepříznivý		0,30
K5/1	km 265,350	G3 G-F	příznivý		0,50
K6B/1	km 265,470	G5 GM	nepříznivý		0,30
<b>2. TK v km 264,845 - 265,480 (širá trať)</b>					
sonda	staničení	zemina zem. pláň	vodní režim	namrzavost zemin*	hz dov (m)
K1/2	km 264,900	G3 G-F	nepříznivý		0,50
K2/2	km 265,000	F2 CG	nepříznivý		0,30
K3/2	km 265,090	F6 CI	nepříznivý		0,30
K4/2	km 265,200	F4 CS + g	nepříznivý		0,30
K5/2	km 265,300	F2 CG	nepříznivý		0,30
K6/2	km 265,480	S5 SC	nepříznivý		0,30
<b>1. SK v km 266,115 - 266,530 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>					
sonda	staničení	zemina zem. pláň	vodní režim	namrzavost zemin*	hz dov (m)
K7/1	km 266,125	F6 CI	velmi nepříznivý		0,15
K8/1	km 266,240	F4 CS	nepříznivý		0,30
K9/1	km 266,360	G5 GC	nepříznivý		0,30
K10/1	km 266,480	G3 G-F	velmi nepříznivý		0,40
<b>2. SK v km 266,115 - 266,530 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>					
sonda	staničení	zemina zem. pláň	vodní režim	namrzavost zemin*	hz dov (m)
K7/2	km 266,420	F6 CI	velmi nepříznivý		0,15
K8/2	km 266,530	F6 CI	velmi nepříznivý		0,15
<b>3. SK v km 266,400 - 267,200 (žst. Brandýs nad Orlicí)</b>					
sonda	staničení	zemina zem. pláň	vodní režim	namrzavost zemin*	hz dov (m)
K1/3	km 266,450	G3 G-F	příznivý-nepříznivý		0,5
K2/3	km 266,600	G3 G-F	příznivý-nepříznivý		0,5
K3/3	km 266,730	G5 GC	příznivý-nepříznivý		0,5
K4/3	km 266,870	F4 CS	velmi nepříznivý		0,15
K5/3	km 267,010	S4 SM	nepříznivý		0,5
K6/3	km 267,145	G3 G-F	příznivý-nepříznivý		0,5
Vysvětlivky					
	* skupina zemin mírně namrzavých a namrzavých - tab.2, př 7 S4 SŽDC				
	* skupina zemin nebezpečně namrzavých a vysoce namrzavých - - tab.2, př 7 S4 SŽDC				

## 5.8 Vhodnost zemin do zemního tělesa a těžitelnost

### 5.8.1 Vhodnost zemin do zemního tělesa

Z hlediska vhodnosti místních zemních materiálů do zemního tělesa lze ve smyslu tab. 7 přílohy 10 k předpisu SŽDC S4 považovat zastižené štěrky a písky třídy G3/G-F, G4/GM, G5/GC, S4/SM a S5/SC za vhodný materiál. Jemnozrnné zeminy tř. F2, F4, F6 CL a F8 CH jsou dle této tabulky materiálem do zemních těles málo vhodným. Při použití vyžadují opatření dle čl. 17 přílohy 10. Jejich použití do zemních těles se zcela nevylučuje, avšak za předpokladu odpovídajících opatření stanovených dokumentací, jako je např. úprava vlastností zeminy, použití do jádra násypů, zabudování do vrstevnatého náspu apod.

### 5.8.2 Těžitelnost

Z hlediska těžitelnosti lze ve smyslu kapitoly 3.3.2 TKP staveb státních drah (kapitola Zemní práce) zastižené zeminy a nezpevněné konstrukční vrstvy (kolejový štěrk, škvára, podsypné písčité štěrky) zařadit převážně do **třídy těžitelnosti I**. Tato třída odpovídá třídám 1 až 3, a 4 a), b), c), f) dle staré, dnes již zrušené ČSN 73 3050 (Zemní práce). Do **tř. těžitelnosti II** mohou náležet některé konstrukce z kamenné rovnániny, kamenného štětu a staré sanační vrstvy z dobře uhuťného štěrku z křemenců, křemene a křemitých vápenců, které se místy vyskytují na bázi štěrkového lože.

V závěru doporučujeme zvážit zpevnění násypových těles pomocí **vibrovaných štěrkových pilířů**. Stvol pro štěrkové pilíře je realizován **zatlačováním hloubkového vibrátoru (bez rotace)**. Pro posouzení proveditelnosti zatlačování vibrátoru není k dispozici žádná klasifikace. Odpor zemin k protlačení se posuzuje dle průběhu penetračních odporů. Dle aktuálně provedených sond dynamické penetrace v prostoru žst. Brandýs nad Orlicí by dle našeho názoru mělo být případné zatlačování hloubkového vibrátoru skrz zeminy násypového tělesa do podložních náplavových sedimentů proveditelné. V úseku na širé trati nebyly sondy dynamické penetrace požadovány – nebyly tam tedy ani realizovány. Složení násypů je tam ale analogické složení násypových těles v žst. Brandýs nad Orlicí. Předpokládáme tedy analogické poměry.

Před definitivním rozhodnutím o realizaci vibrovaných štěrkových pilířů doporučujeme proveditelnost vtlačování vibrátoru konzultovat s případnými prováděcími firmami.

## 6. Závěr

Předložená závěrečná zpráva shrnuje výsledky provedeného geotechnického průzkumu pražcového podloží pro níže uvedené úseky železniční trati č. 010:

- 1.TK a 2.TK v km 264,845 – 265,480 (Bezprávi – Brandýs n. O., širá trať)
- 1.SK a 2.SK v žst. Brandýs nad Orlicí v km 266,115 – 266,530
- 3.SK v žst. Brandýs nad Orlicí zhruba v km 266,400 – 267,200

Rozsah úseků byl definován v čl. 5.1.5 ZTP/DSP akce „Ústí n. O. – Brandýs n. O. – původní stopa, BC“. Tyto úseky jsou dlouhodobě problémové. Vyskytují se zde „blátivá“ místa a poruchy GPK.

V kapitole 1 je uveden cíl, rozsah a účel prací, v kapitole 2 je stručně popsána historie trati, stávající stav trati a charakter uvažované stavby, v kapitole 3 jsou rozvedeny přírodní poměry v širším zájmovém území a v kapitole 4 je popsána metodika a rozsah provedeného průzkumu. Výsledky a vyhodnocení provedených sondážních, laboratorních a polních zkoušek jsou detailně prezentovány v jednotlivých podkapitolách kapitoly 5 a v souvisejících přílohách. Geologická, geotechnická a hydrogeologická situace je v hodnocených úsecích pro každou jednotlivou kolej zpracována v geotechnických profilech, které tvoří náplň přílohy č. 3.

Průzkumnými pracemi bylo zjištěno, že v hodnocených úsecích stávající trať v řadě případů nesplňuje požadavky na únosnost. Na některých místech stávající konstrukce nezajišťuje ani ochranu proti promrzání zemní pláně. **Stávající konstrukce pražcového podloží je nejednotná.** V úsecích jsou zastoupeny jak typy pražcového podloží s kolejovým ložem uloženým přímo na zemní pláni, tak i typy s kolejovým ložem odděleným od zemní pláně různě mocnou vrstvou starých sanací (kamenné rovnániny, štět a vrstvy z dobře „utaženého“ štěrku z křemitých vápenců a křemenců). Tyto staré sanační vrstvy jsou nesouvislé, špatně čitelné a mění se jak ve svém složení, tak i tloušťkách. Na řadě míst budou pravděpodobně i porušeny sanačními zásahy z mladší doby nebo i v důsledku objemových změn zemní pláně vlivem dosahu vlivu klimatických jevů. Tyto vrstvy se mohou navíc lokálně nacházet částečně i mimo půdorys kolejiště (pokud v minulosti někde došlo k drobným směrovým úpravám kolejiště). Sklony zemní pláně, které by měly zaručit odvod srážkových vod prosáklých kolejovým ložem, jsou v místech s „blátivými úseky“ degradovány. Odvodnění náspů na širé trati je ztíženo v důsledku nekontrolovaných deponií materiálu z čištění kolejového lože uložených na jejich svazích. Odvodnění násypového tělesa v žst. Brandýs n. O. je problematické vzhledem k nízké hladině podzemní vody a blízkosti toku Tiché Orlice.

Trať je v řešených úsecích vedena na nízkých násypových tělesech v zátopové nivě Tiché Orlice.

Složení násypových těles je heterogenní. Do těles náspů byly při jejich stavbě zapracovány zeminy z místních zdrojů – především zeminy charakteru jílu (F6 CL, F8 CH) a písčitých jílu s úlomky opuk a slínovců (F4, F4+g, F4+Cb), dále hlinité a jílovité štěrky (G4 a G5) a zahliněné písky (S4 a S5). Místy je do náspů zapracován i písčitý štěrk (G3). V koleji 3.SK se v náspu často vyskytují popeloviny, škvára a úlomky cihel. Bezprostřední podloží násypových těles tvoří vrstva vodou nasycených, stlačitelných „inundačních „hlín“, zastoupená jílovitými, jílovitopísčitými, písčitojílovitými a jílovitoštěrkovými zeminami (podobně jako v náspech se jedná o zeminy tř. F2, F4, F6 CL, F8 CH, S4, S5, G2, G3, G5).

Hladina podzemní vody je situována mělce pod terénem pod náspy a osciluje s určitým časovým zpožděním v závislosti na stavu vody v Tiché Orlici. Obecně se tedy nachází mělce pod základovou spárou násypových těles. Místy se hladina podzemní vody může vyskytovat i trvale nebo sezónně v úrovni kontaktu náspů s terénem. Průzkumná sondáž zastihla občasné průsaky vody v různých výškových úrovních v náspech. Svědčí to o existenci tzv. „zavěšených antropogenních zvodní“ uvnitř násypových těles. Tato zvodnělá tělesa mohou mít tvar prostorově omezených „čoček“, „klínů“ apod. Při povodňových stavech dochází ke kontaktu zemních těles s povrchovou vodou z rozlité Tiché Orlice. Patní část zemního tělesa staniční koleje 3.SK v žst. Brandýs nad Orlicí se místy nachází v trvalém přímém kontaktu s povrchovým tokem.

Hlavní příčinou poruch GPK a výskytu „blátivých“ míst v hodnocených úsecích je dle našeho názoru přežitá konstrukce pražcového podloží, trvale porušené spádové poměry zemních plání, nefunkční odvodnění v kombinaci s mělkou hladinou podzemní vody na bázi náspů (vliv vzlínivosti) a existence „zavěšených“ zvodnělých těles uvnitř náspů. Zeminy náspů včetně zemin jejich bezprostředního podloží se konzistenčně pohybují na škále od kašovitě, přes měkkou po tuhou.

V celém rozsahu všech hodnocených úseků (na širé trati i v žst. Brandýs n. O.) navrhujeme vytvořit **novou konstrukci pražcového podloží technologií se snášením železničního spodku**. Staré konstrukce pražcového podloží je nutné kompletně odtěžit, a to včetně starých sanačních vrstev (vrstvy kamenné rovnaniny, kamenné štěty apod.) a provést výměnu zemin v aktivních zónách do hloubky alespoň 0,5 m za vhodný, únosný, nenamrzavý materiál (vzhledem k poloze náspů v zátopové oblasti nedoporučujeme úpravu plání a aktivních zón hydraulickými pojivy a přikládáme se spíše ke konzervativní metodě výměny zemin).

Za účelem zpevnění násypových těles, eliminaci vlivu vysoké hladiny podzemní vody a vlivu případných „zavěšených“ zvodnělých poloh uvnitř náspů doporučujeme u traťových kolejí

v hodnocených úsecích na širé trati zvážit realizaci **vibrovaných štěrkových pilířů** skrz těleso náspů do jejich podloží.

U hodnocených staničních kolejí v žst. Brandýs nad Orlicí je v Záměru projektu navrženo řešení odvodnění spočívající v realizaci podélných a příčných odvodňovacích žeber s jejich vyvedením do několika rozptylových objektů. Toto řešení doporučujeme zachovat a doplnit jej o vibrované štěrkové pilíře.

Detailnější údaje a doporučení jsou rozvedeny v předběžném návrhu konstrukce pražcového podloží, který tvoří samostatnou zprávu, na kterou tímto odkazujeme.

Během sanačních prací je nezbytné zajistit přítomnost geotechnického dozoru.