

Výškový systém Bpv


Souřadnicový systém S-JTSK

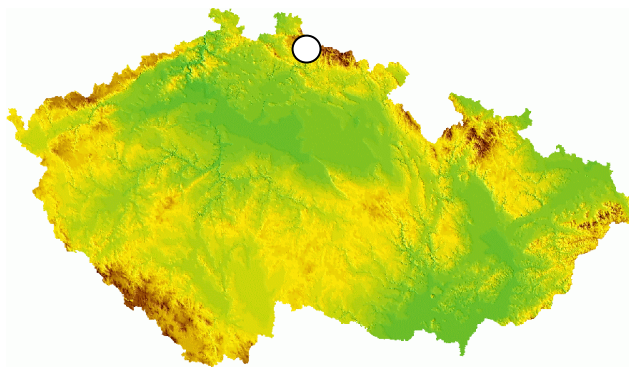
Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	Zpracování připomínek	10/2021
02	-	-
03	-	-

Generální projektant: TÝM/SAGASTA - Tanvald - Kořenov



Zpracovatel dílčí části dokumentace:

Vypracoval: Ing. Alexandr Kačora		Zodp. projektant: Ing. Martin Jech	Kontroloval: Ing. Martin Jech	 <b>TÝM DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ s.r.o.</b> <i>Renaissance of Quality</i>	
Kraj: Liberecký		Traťový úsek/Obec: 1671 Liberec – Harrachov st.hr.			
Investor: Správa železnic, státní organizace; Dlážděná 1003/7; 110 00 Praha 1					
Akce:  <div>Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov</div>					
Obsah dokumentace: <b>INŽENÝRSKO GEOLOGICKÝ PRŮZKUM</b>				Formát: A4	
				Datum: 11/2021	
				Účel: DSP+PDPS	
				Č. zakázky: 64020136	
				Změna:  Měřítko: –	Č. kopie:
				Část dokumentace: –	



## trať Liberec – Harrachov

- Geotechnické posouzení skalních zářezů v úseku trati Tanvald – Kořenov (Desná)
- Doplnkový průzkum pražcového podloží žel. přejezdů P5545 v km 27.642, P5546 v km 27.985, P5547 v km 28.651 a 5551 v km 34.067

*Inženýrskogeologický průzkum*

zpracoval: Ing. Alexandr Kačora

Martin Jech



Praha, září 2021

## OBSAH

1. Úvod	.....	str. 1
2. Metodika průzkumných prací	.....	str. 1
3. Geotechnické posouzení skalních svahů v úseku trati Tanvald – Kořenov ...		str. 1
4. Geotechnické posouzení pražcového podloží staniční koleje v žst. Desná ...		str. 22
5. Geotechnické posouzení pražcového podloží žel. přejezdů	.....	str. 26
6. Závěr	.....	str. 34

Příloha č. 1	Laboratorní analýzy
Příloha č. 2	Výsledky statických zatěžovacích zkoušek
Příloha č. 3	Posouzení stability úseku č. 4, 8 a 9 matematickým modelováním

## 1. Úvod

V předkládané závěrečné zprávě jsou zpracovány výsledky geotechnického posouzení problematických skalních svahů v úseku trati Tanvald – Kořenov spolu s doporučeným rámcovým řešením technických opatření pro zajištění stability problematických partií. Součástí předkládaných výsledků jsou závěry doplňkového průzkumu v podobě posouzení kvality pražcového podloží staniční koleje v žst. Desná a dále železničních přejezdů P5545 v km 27.642, P5546 v km 27.985, P5547 v km 28.651 a 5551 v km 34.067. Informace získané terénním průzkumem budou využity v rámci předprojektové přípravy záměru projektu „Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov.“

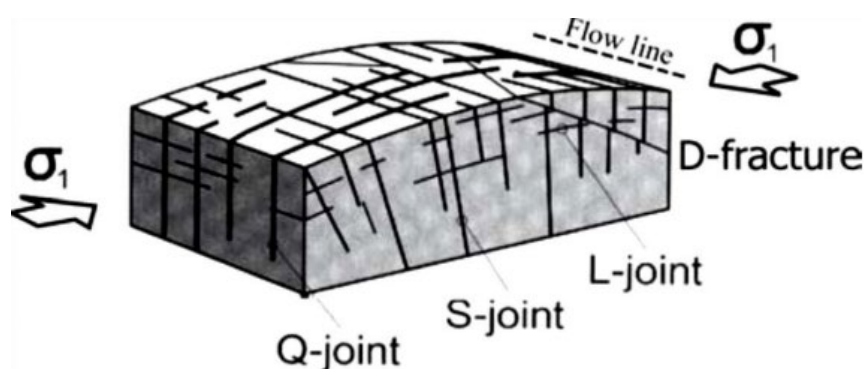
## 2. Metodika průzkumných prací

V případě posuzování geotechnických rizik skalních masivů bylo využito terénních prohlídek s využitím lezecké techniky a dále metod dálkového průzkumu Země včetně posouzení prostorové orientace ploch nespojitosti geologickým kompasem. Posouzení rizikových partií proběhlo pomocí matematického modelování softwarem GEO 5 od spol. FINE, s.r.o., a to na rizikových příčných řezech změřených pomocí laserového dálkoměru Leica DISTO D510.

V rámci posouzení geotechnické kvality žel. přejezdů byla u posuzovaných konstrukcí provedena ručně kopaná sonda do úrovně budoucí subpláně. Následně byla ve dně sondy provedena statická zatěžovací zkouška ve smyslu Přílohy č. 5 předpisu S4 SŽ, s.o. spolu s odebráním porušeného vzorku pro laboratorní stanovení indexových parametrů zemin.

## 3. Geotechnické posouzení skalních svahů v úseku trati Tanvald – Kořenov

V rámci regionálního členění ČR spadá zájmové území do soustavy Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, lužické (západosudetské) oblasti, regionu magmatity lužické oblasti a regionální jednotky krkonošsko-jizerský masiv. Skalní podklad v podobě velkého regionálního hlubinného tělesa krkonošsko-jizerského plutonu je budován střednězrnným granitem s porfyrickou strukturou. Jako všechna hlubinná granitová tělesa je i jizerský pluton postižen třemi základními plochami nespojitosti uváděnými jako systém S Q L puklin. Jsou to tři na sebe navzájem kolmé systémy, které určují převážně výrazně blokovitý rozpad horninového materiálu hranolovitého, kvádrovitého a méně deskovitého habitu. Pukliny S Q L bývají lokálně, v místě tektonického namáhání, doplněny tzc D puklinami s kosým průběhem a jedná se především o smykové jevy tj. pukliny střížné.



Skalní svahy, budované v těchto horninách, byly lámány vždy s využitím dělitelnosti masivu podél jednoho ze systému Q nebo S. Pukliny L mají standardně subhorizontální průběh. Takto definované skalní svahy jsou vesměs stabilní. Jako riziková místa lze označit převážně horní hranu skalních svahů, kde dochází k propagaci puklin a jejich otevírání především v důsledku účinku exogenních činitelů (voda, mráz, vítr, tepelné objemové změny) a v důsledku klínového efektu kořenových systémů náletových dřevin. V menší míře se tyto jevy projevují v ploše svahů.

Druhým výrazným negativním jevem je projev mechanického zvětrávání v chemicky alterovaných partiích příp. v zónách tektonického postižení. Hornina zde má výraznou tendenci výrazně blokovitě vyvětrávat. Produktem zvětrávání je tzv. perk tj. zemina charakteru střednězrnného štěrku.

Na základě výše popsaného se pro zajištění skalních svahů vedených daným typem prostředí využívá především odstranění (demolice) skalních bloků. Toto řešení představuje trvalé odstranění hrozby. V případě, že blok nelze z technických či bezpečnostních rizik odstranit, je pro zajištění stabilní pozice skalních bloků využito lokálního kotvení prostřednictvím ocelových tyčových svorníků. Jako nejvyšší stupeň ochrany je pro zajištění stability svahu navržena instalace kotvené ocelové sítě. Tento prvek je využíván v případech větší fragmentace skalních bloků ve skalní stěně (v důsledku větší četnosti puklin příp. v zónách tektonického postižení).

Níže v textu jsou popsány jednotlivé úseky s rizikovými prvky a obecným technickým návrhem jejich zajištění pro bezpečný provoz dopravní cesty.

#### **Úsek č. 1 – představuje zářez severního portálu Žďárského tunelu v úseku staničení 27,844 – 27,872**

Oboustranný zářez u severního portálu Žďárského tunelu s průběhem ve směru JZ – SV. Svah nad portálem je tvořen 3 – 8 m vysokým skalním svahem se stupňovitou morfologií líce ve sklonu cca 70°. Levý svah zářezu tvoří železobetonová zárubní zeď bez římsy výšky až 10 m, v lici s patrnou korozí betonu. Za koncem zárubní zdi cca v km 27,868 je situován 6 m vysoký skalní výchoz. Pravá strana zářezu je tvořena skalním svahem výšky 3 – 9 m v délce cca 15 m s přechodem do poloskalního svahu výšky cca 3 m a sklonu 35°. Ve svahu jsou patrné dvě tektonické poruchy nižšího řádu.

Návrh opatření: kompletní odstranění náletové zeleně (mechy, traviny, křoviny do  $\phi$  10 cm, kácení stromů  $\phi$  do 30 cm (3 kusy), očista líce skalních svahů, odstranění nestabilních bloků, a to v prostoru stěny nad portálem, pravého svahu (u portálu) a ve skalním výchozu za koncem zárubní zdi v levém svahu zářezu. Dále bude nutné odstranění skalního bloku v levém svahu nad zárubní zdí. Opatření budou doplněna kamennou podezdívkou a lokálním kotvením skalních bloků v prostoru skalního výchozu v levém svahu zářezu (za koncem zárubní zdi) v počtu 2 ks dl. 4,0 m a dále lokálním kotvením skalních bloků ve stěně nad portálem (4 ks dl. 2,5 m). Návrh opatření neuvažuje se sanací ŽB zárubní zdi.



*Stav zárubní zdi (levý svah za portálem tunelu)*



*Skalní výchoz za koncem zárubní zdi (levý svah)*





*Část skalního výchozu (odstranění nestabilní partie, podezdívka, lokální kotvení)*



*Skalní blok určený k demolici (levý svah nad zárubní zdí)*





*Stupňovitý charakter líce skalního svahu nad portálem tunelu*





## Úsek č. 2 – představuje blokovitý skalní výchoz ve staničení km 28,025 – 28,045

Skalní výchoz je situován vlevo směru staničení. Jedná se o výchoz vystupující z JV úbočí kóty 571 (Hrouda), která sestává ze skupiny bloků granitu o objemu od 4 do 20 m<sup>3</sup>. Spodní riziková partie výchozu dosahuje výšky 3 – 5 m. V rámci návrhu technických opatření proběhne odstranění náletové zeleně (nižší rostliny a křoviny). Dále proběhne kácení stromu  $\phi$  do 50 cm (1 kus). Následně dojde k plošnému očištění skalního líce a lokálnímu kotvení skalního bloku pomocí 2 ks svorníků dl. 4,0 m.

*Skalní výchoz s nestabilním skalním blokem*



*Strom určený ke kácení (jasan,  $\phi$  do 50 cm)*





### Úsek č. 3 – představuje skalní svah ve staničení km 28,080 – 28,155

Jedná se o stupňovitý odřez výšky 2 - 11 m na JV úbočí kóty 571 (Hrouda). Líc svahu má stupňovitou morfologii s výškou stupňů 2 – 4 m ve sklonu 90°. Struktura masivu je značně blokovitá (bloky a horninové partie v objemech prvních desítek m<sup>3</sup>). Líc odřezu je konformní s hladkým a průběžným puklinovým systémem P1. Bloky mají hranolovitý habitus podmíněný souběhem puklinového systému P1, druhého puklinového systému P2, který probíhá kolmo na systém P1 a subhorizontálním průběhem vrstev, které v rámci svahu vytváří police a odskoky jednotlivých skalních stěn. Především v první části odřezu je patrné kolovité vyvětrávání granitu s projevy tzv. exfoliace (deskvamace) v podobě odprýskávání vrchních vrstev horniny v tl. až do 10 cm. Příčinou jsou výrazné teplotní rozdíly v povrchové zóně horniny.

Jako technická opatření bude provedeno odstranění náletové zeleně z povrchu líce svahu a ze skalních polic. Následně dojde k celkové očiště líce skalního svahu a polic, včetně kácení 3 ks stromů o  $\phi$  do 30 cm a 2 ks stromů o  $\phi$  do 50 cm. Součástí opatření bude i odstranění nestabilních partií skalního masivu, a to převážně v prostoru horní hrany stěny. V přední části úseku se nachází výrazný skalní blok odtržený od skalního masivu, který se v důsledku gravitace, klínového efektu kořenů stromů a zvětšování objemu ledu v puklinách postupně vysouvá směrem k provozované trati. Otevřené pukliny budou vyčištěny, následně přespárovány a vyzděny kamenným zdívem při zachování odtoku puklinové vody pomocí netkané geotextilie a plastové flexibilní roury. Převíslá část skalního bloku bude trvale odstraněna formou dardování tj. za využití vrtů a hydraulického klínu Darda. Ve zbylé části stěny bude dále realizováno lokální kotvení v počtu 10 ks svorníků dl. 4,0 m.

*Nestabilní skalní blok vysouvající se do prostoru směrem k trati*





*Stupňovitý charakter líce svahu odřezu (líc je konformní s puklinovým systémem, který má paralelní průběh s tratí – směr SSV/JJZ)*



#### **Úsek č. 4 – představuje oboustranný skalní zářez ve staničení km 29,745 – 29,840**

Úsek č. 4 reprezentuje oboustranný skalní zářez před zast. Desná – Riedlova vila. Na jeho konci se nachází odbočka na vlečkovou kolej do areálu podniku Preciosa. Pravý svah zářezu se vyznačuje SV expozicí, s výškou svahu od 1 do 9 m a sklonem 70-85°. S ohledem na vhodnou expozici (nepodléhá výrazným teplotním výkyvům v podobě oslunění) a pozitivní prostorovou orientaci ploch nespojitosti nelze tento svah považovat za rizikový. V rámci technických opatření zde dojde pouze k odstranění náletové zeleně a očištění líce skalního svahu. Opačným případem je levý svah zářezu. Stěna s JV expozicí, výškou od 2 do 19 m a sklonem 75 – 90° se vyznačuje vysokou mírou rizika. Levý svah zářezu je veden skalním podkladem budovaným hrubozrnným granitem s blokovitou strukturou. V důsledku toho, že zářez je veden vrcholovou partií jižního úbočí kóty 592 (Černý kopec) je hornina v podobě žuly výrazně do hloubky postižena mechanickým zvětráváním. Hornina je silně zvětralá s velkou mírou kaolinizace živců a výrazným postižením exfoliací. Dochází k zonálnímu mechanickému zvětrávání tj. zvětrávání postupuje od oslabených zón a puklin směrem k jádru jednotlivých bloků. Dochází tak k výrazné propagaci sítě puklin, kdy se obnažují pevnější jádra bloků za současného vyvětrávání puklin. Zvětralý materiál se postupně hromadí na patě svahu při maximální odhadované mocnosti 1,3 m. Současně dochází k pomalému uvolňování menších fragmentů horniny, lokálně však hrozí uvolnění většího objemu horninových hmot, v maximálním odhadu do 5 m<sup>3</sup>. Jedná se především o horní hranu stěny a lokální převisy. K uvolňování bloků ze stěny může dojít pouze sporadicky při vyvětrání celého skalního bloku. Díky pozitivní prostorové orientaci dvou na sebe kolmých systémů puklin a subhorizontálně vedeným plochám vrstevnatosti nehrozí celková ztráta stability stěny příp. vyjždění bloků o velkých objemech.

Pro zajištění tohoto svahu je nutné odstranění stávající náletové zeleně (křovin, travin, mechů) včetně kácení stromů o  $\phi$  do 50 cm (8 ks), s následným očištěním líce svahu a hloubkovým vyčištěním

puklin, které bude nutné provádět s maximální obezřetností. V ploše svahu bude nutné dále provést odstranění nestabilních a rizikových míst, a to převážně v podobě vyvětralých bloků, bloků v horní hraně stěny a převisů. V případě hlubších zón bude přistoupeno ke spárování puklin příp. jejich vyzdívání kamenným zdivem. Pro realizaci těchto vyzdívek nebude možné použít materiál z čištění svahu, ale bude nutný nákup nového materiálu. V případě spárování a vyzdívek bude nutné zachovat odtok puklinové vody instalací netkané geotextilie a plastové flexibilní roury. Po provedení výše uvedených realizačních činností bude přistoupeno k zajištění svahu celoplošně kotvenou ocelovou sítí v kombinaci se 3D protierozní UV stabilní georohoží. Předpokládáme použití ocelové sítě s vyšší tahovou pevností (min. 100kN a s délkou svorníku 2,0 m).

*Pravý svah zářezu*





*Pohled na stěnu levého svahu zářezu s výrazným vyvětráváním pevnějších zón a bloků*



*Příklady vyvětrávání oslabených zón podél puklin*





*Příklad velké míry kaolinizace žilců obsažených v místní hornině – granitu (žula)*



*Příklad skalních bloků v převisu určených k odstranění*







#### **Úsek č. 5 – představuje oboustranný skalní zářez ve staničení km 30,200 – 30,376**

Skalní zářez je rozdělen na dvě části. Dělicím prvkem je kamenný viadukt, po kterém vede cesta k Riedlově hrobce. Levý svah zářezu nepředstavuje riziko pro provozování drážní cesty. Pravý svah zářezu ve spodní části s expozicí k SZ a sklonem svahu 70 – 85° dosahuje výšky až 13 m. Skalní stěna je tvořena blokovitě rozpadavým granitem, ve svrchní partii nabývá charakteru zeminy – eluvia (ve smyslu ČSN 73 6133 lze klasifikovat tř. R6). Pravý svah zářezu spodní části dosahuje délky cca 55 m. Přibližně v jeho polovině byla dokumentována menší tektonická porucha (svislý průběh) v jejíž blízkosti se nachází skupina nestabilních skalních bloků (odhadovaný objem 1+1,5+3,5 m<sup>3</sup>).

V horní části pravého svahu (nad kamenným mostem) dosahuje skalní stěna výšky až 15 m při délce cca 45 m. I v této části svahu byla zaznamenána přítomnost tektonické poruchy nižšího řádu, podle níž došlo v minulosti k projevu svahové deformace v podobě skalního řícení. V současnosti tato partie nepředstavuje riziko pro bezpečnost provozu tratě.

Navržená technická opatření spočívají v odstranění náletové zeleně, včetně odstranění 2 ks pařezů seříznutím s rovinou líce svahu. Dále proběhne kácení stromů. Odhadovaný počet kácených stromů činí 15 ks o  $\phi$  do 30 cm a 5 ks o  $\phi$  do 50 cm. Dále proběhne očištění líce svahu horolezeckou technikou včetně odstranění nestabilních bloků v oslabených zónách a v oblasti horní hrany stěny. Součástí opatření bude i odtěžení akumulace zvětralín tzv. perku při patě svahu.



*Spodní část pravého svahu zářezu (pod kamenným mostem)*



*Skupina nestabilních skalních bloků s navrženým odstraněním*





*Charakter vrchní části pravého svahu zářezu (nad mostem)*



**Úsek č. 6 – představuje oboustranný skalní zářez ve staničení km 30,793 – 30,875**

Jedná se o oboustranný skalní zářez ve stoupání za stanicí Dolní Polubný. Levý svah zářezu s jižní expozicí a sklonem líce 70 – 85° dosahuje výšky 3 m. Pravý svah zářezu s expozicí k S, dosahuje při sklonu 80 – 85° výšky až 4 m. Levý svah nepředstavuje výrazné riziko pro zajištění bezpečnosti provozu. Pravý svah je tvořen poměrně masivním granitem bez záznamu většího počtu přítomnosti puklinových systémů. Pouze lokálně je hornina v připovrchové partii hlouběji zvětralá (max. 1 m). V koncové části se nachází skalní blok o objemu 2,5 – 3 m<sup>3</sup> zcela oddělený od podkladu.

V rámci technických opatření dojde v celém zářezu k odstranění náletových dřevin a nižších rostlin. Současně proběhne očištění líce obou svahů zářezu. V koncové části pravého svahu bude odstraněn nestabilní blok, který po vyčištění vzniklé dutiny bude nahrazen kamennou vyzdívkou o objemu cca 3,5 – 4 m<sup>3</sup>. Součástí opatření bude odtěžení akumulace perku na patě svahů.



*Charakter pravého svahu zářezu výšky cca 4 m*



*Charakter levého svahu zářezu výšky 2 – 3 m*





*Nestabilní blok v koncové části pravého svahu zářezu určený k odstranění a nahrazení vyzdívkou*



#### **Úsek č. 7 – představuje pravostranný odřez ve staničení km 30,960 – 31,000**

Zájmové území představuje pravostranný odřez ve svahu nad provozovanou tratí. Výška skalní stěny se SZ expozicí činí cca 2 – 3 m. Sklon svahu je proměnlivý v intervalu 45 – 80°. Stěna je tvořena střednězrnitou žulou s blokovitou strukturou a hranolovitým rozpadem. V líci svahu nebylo zaznamenáno riziko vzniku svahové deformace, na několika místech byl při patě svahu dokumentován uvolněný horninový blok max. objemu 0,2 m<sup>3</sup>.

V rámci technických opatření proběhne odstranění náletové zeleně (křoviny, traviny) s následným očištěním líce skalní stěny a odstraněním horninových fragmentů odtržených od podkladu (převážně v oblasti horní hrany skalní stěny). Následně dojde k odtěžení akumulací zvětralin a horninových fragmentů u paty svahu.



**Úsek č. 8 – představuje oboustranný skalní zářez ve staničení km 31,730 – 31,820**

Levý svah zářezu s jižní expozicí dosahuje výšky do 5 m při sklonu 45 – 55°. Je tvořen masivním granitem. S ohledem na masivní strukturu, pozitivně orientovaný průběh ploch nespojitosti a větší vzdálenost od osy koleje lze tento svah považovat za bezrizikový. Pravý svah zářezu se severní expozicí dosahuje výšky až 11 m. Svah je také budován masivní žulou s výrazně blokovitým rozpadem a sklonem líce 70 – 90°. V líci svahu byly zaznamenány silné bodové průsaky puklinové vody.

Pro zajištění bezpečnosti je navrženo odstranění náletové vegetace včetně kácení vzrostlých stromů v počtech 12 ks stromů o  $\phi$  do 30 cm a 7 ks stromů o  $\phi$  do 50 cm. Následně bude provedeno očištění líce svahu horolezeckou technikou za pomoci ručního nářadí spolu s odstraněním nestabilních fragmentů a bloků horniny. Líc skalního svahu bude následně zajištěn celoplošně kotvenou ocelovou sítí s vyššími požadavky na tahovou pevnost (předpoklad 80 – 100kN/m). Odhadovaná délka svorníků je 2,0 m v doporučeném rastru 1,75 x 1,75 m.



*Charakter pravého svahu skalního zářezu s bodovými průsaky puklinové vody*



### Úsek č. 9 – představuje oboustranný skalní zářez ve staničení km 32,410 – 32,550

Pravý svah zářezu je tvořen cca 1 m vysokým svahem vedeným svahovými sedimenty. Jako rizikový lze označit levostranný svah s výskytem skalních stěn s jižní expozicí v rozsahu výšek 2 – 14 m a sklonu 40 – 70°. Svahy jsou budovány střednězrnným granitem s blokovitou strukturou. Svah je na dvou místech porušen výraznější tektonickou poruchou. Současně je svah na několika místech tzv. podříznutý. V důsledku tohoto jevu a negativního průběhu ploch diskontinuity dochází k vyjždění skalních bloků o objemu vel. do 1 m<sup>3</sup>.

Pro zajištění svahu je nutné provést odstranění náletové zeleně (traviny, nižší rostliny, křoviny do  $\phi$  10 cm). Opatření budou doplněna o kácení stromů v počtu 6 ks do  $\phi$  30 cm. Následně bude provedeno očištění líce skalního svahu za použití horolezecké techniky a ručního nářadí spolu s odstraněním nestabilních partií a bloků (situovaných na hranách v místech souběhu puklinových systémů, v místě horní hrany skalních stěn a v okolí tektonické poruchy). Stabilita svahu bude zajištěna celoplošně kotvenou ocelovou sítí s vyšší hodnotou tahové pevnosti (předpoklad 100 kN/m), s délkou svorníků 1,5 – 2,0 m v rastru 1,75 x 1,75 m. Součástí opatření je odtěžení zvětralin z prostoru paty svahu.

*Charakter skalní stěny v počátku levého svahu zářezu (délka cca 60m, výška až 12 m)*





*Postupné vyjíždění skalních bloků v důsledku podříznutí svahu a negativní orientace ploch diskontinuity*



*Střední část levého svahu zářezu (výška skalní stěny klesá na hodnoty 2-3)*





*Koncová část levého svahu zářezu s výškou svahu 10-12 m a sklonem cca 70 – 75° (začátek km 32,493)*



*Oblast postižení masivu tektonickými poruchami s následkem vzniku terénní deprese (mělké strže)*





#### 4. Geotechnické posouzení pražcového podloží staniční koleje v žst. Desná

V rámci doplňkového průzkumu byla v km 28.700 provedena ručně kopaná sonda K1 do úrovně stávající subpláně, a to konkrétně za hlavami ocelových korýtkových pražců stávající třetí staniční koleje (budoucí 1. koleje). Následně byla ve dně sondy provedena statická zatěžovací zkouška spolu s oběrem porušeného zeminového vzorku. Výsledky sondáže byly použity pro návrh konstrukce pražcového podloží.

*popis sondy K1 (od úložné plochy pražce)*

- |             |  |
|-------------|--|
| 0,00 - 0,31 | šterkové lože znečištěné   |
| 0,31 - 0,54 | šedohnědá silně písčítá hlína tuhé konzistence s vysokým podílem ostrohranných úlomků šterku a kamenů matečné horniny (20 %) ( <i>deluvium</i> ) |



*Místo realizace kopané sondy K1*

## provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 1

modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2} = E_0 = 21,84 \text{ MPa}$

opravný součinitel  $z = 0,8$  (ve smyslu Tabulky 1., Přílohy 9 k předpisu SŽ S4)

redukovaný modul přetvárnosti zeminy subpláně  $E_r = E_0 \cdot z = 21,84 \times 0,8 = 17,47 \text{ MPa}$

hladina podzemní vody nebyla zastižena

**vodní režim: příznivý**

## Návrh KPP budoucí 1. staniční koleje žst. Desná

Trať Liberec - Tanvald - Harrachov, v jízdním řádu pro cestující označená číslem 036 náleží do kategorie tratí **regionálních**.

### Vstupní údaje

$V_{\text{max}}$	60 km/hod <sup>1</sup>
provozní zatížení	< 2 mil. hrt/rok
traťová třída zatížení	A1
přejezd je umístěn v úrovni terénu	zemina tř. F3/MS
redukovaný modul přetvárnosti $E_r$	17,47 MPa
namrzavost	namrzavá – nebezpečně namrzavá
vodní režim	příznivý
index mrazu $I_{\text{mn}}$	600°C.den
tl. kolejového lože	$h_t = 0,40 \text{ m}$

### Návrhové parametry (ve smyslu Tab. 1, Přílohy 6 k předpisu SŽ S4)

požadovaná únosnost subpláně $E_{\text{min,ZP}}$	15 MPa
požadovaná únosnost PTŽS $E_{\text{min,PL}}$	30 MPa
konstrukční vrstva $h_2$	200 mm/ŠD <sub>kv</sub> 0/32
podkladní vrstva (zesilující) $h_1$	200 mm/ DK 0/90
$E_{\text{mat,konstr}}$	70 MPa
$E_{\text{mat,podkl}}$	110 MPa (DK 0/90)

### Návrh konstrukce pražcového podloží

Únosnost zemní pláně je dostačující, avšak při použití tl. štěrkového lože 40 cm a tl. konstrukční vrstvy 20 cm se započtením dovolené hodnoty promrznutí zemin subpláně tj. 30 cm, je nutné skladbu KPP doplnit výměnou namrzavých zemin subpláně. Hloubka promrzání se v dané oblasti pohybuje na hodnotě 1,10 m a potřebná tl. výměny dosahuje min. hodnoty 20 cm. Z toho důvodu doporučujeme realizovat pokládku podkladní vrstvy



z materiálu DK 0/90 v tl.  $h_1=0,2$  m položené na subpláni a geosyntetiku se separační funkcí. Na upravené a zhutněné podkladní vrstvě bude zřízena konstrukční vrstva ze štěrkodrti ŠD<sub>kv</sub> 0/32 v tl.  $h_2=0,2$  m.

podkladní vrstva (zesilující) $h_1$	200 mm/DK 0/90
$E_{mat,podkl}$	110 MPa

ekvivalentní modul přetvárnosti na povrchu podkladní vrstvy (zemní pláni)

$$k_1 = \frac{E_r}{E_{mat,podkl}} = \frac{17,47}{110} = 0,16$$

$$k_2 = \frac{h_1}{D} = \frac{0,20}{0,30} = 0,67$$

$$E_{e,ZP} = \frac{E_r}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot (1 - k_1^{1,4}) \cdot \arctg(k_2 \cdot k_1^{-0,4})}$$

$$E_{e,ZP} = 39,5 \text{ MPa}$$

konstrukční vrstva	200 mm/ŠD <sub>kv</sub> 0/32
$E_{mat,konstr}$	70 MPa

ekvivalentní modul přetvárnosti PTŽS

$$k_1 = \frac{E_{e,ZP}}{E_{mat,konstr}} = \frac{39,5}{70} = 0,56$$

$$k_2 = \frac{h_2}{D} = \frac{0,20}{0,30} = 0,67$$

$$E_{e,PL} = \frac{E_{e,ZP}}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot (1 - k_1^{1,4}) \cdot \arctg(k_2 \cdot k_1^{-0,4})}$$

$$E_{e,PL} = 52,3 \text{ MPa}$$

**Posouzení únosnosti PTŽS**

$$E_{min,PL} = 30 \text{ MPa} \leq E_{e,PL} = 52,3 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

## Posouzení ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu

Posouzení je založeno na porovnání předpokládané hloubky promrznutí  $h_{pr}$  a tepelně izolační schopnosti navržené konstrukce ZKPP  $h_{pr,zkpp}$ :

$$h_{pr} \leq h_{pr,zkpp}$$

Index mrazu (dle předpisu SŽ S4 – Železniční spodek, Tabulka 1 a Obrázek 2 Přílohy 7 k předpisu SŽ S4  $I_{mn} = 600^\circ\text{C}\cdot\text{den}$ ). Hloubka promrzání  $h_{pr} = 0,045 \cdot \sqrt{I_{mn}} = 0,045 \cdot \sqrt{600} = 1,10 \text{ m}$ . Uvažovaná tl. pražcového podloží činí:

**pod konstrukcí žel. přejezdu: ŠD<sub>kv</sub> 0/32 tl. 0,20 m + DK 0/90 tl. 0,20 m**

Přepoččet na ekvivalentní vrstvu štěrkodrti:

$$h_{pr} \leq h_{kl} + \sum h_{n,i} + \sum h_{n,p} + h_{z,dov}$$

$$h_{n,i} = \frac{h_n}{\lambda_n} \times \lambda_{SD} = \frac{0,2}{2,0} \times 2,0 = 0,20 \dots \text{ŠD}_{kv} 0/32$$

$$h_{n,p} = \frac{h_p}{\lambda_p} \times \lambda_{SD} = \frac{0,2}{2,0} \times 2,0 = 0,20 \dots \text{DK } 0/90$$

$h_{pr}$  hloubka promrzání (1,10 m)

$h_{kl}$  tloušťka kolejového lože = 0,40 m

$h_{n,i}$  ekvivalent tloušťky konstrukční vrstvy = 0,20 m

$h_{n,p}$  ekvivalent tloušťky podkladní vrstvy = 0,20 m

$h_{z,dov}$  dovolené tloušťky promrznutí zemin v m (Tabulka 3, Přílohy 7 k předpisu SŽ S4) = 0,30 m

$$1,10 \leq 0,40 + 0,20 + 0,20 + 0,30 \leq 1,10 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Z výše uvedeného vyplývá, že navržená konstrukce ZKPP **vyhovuje** z hlediska nutné ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu.



## 5. Geotechnické posouzení pražcového podloží žel. přejezdů

Postup provádění doplňkového průzkumu pro posouzení geotechnické kvality pražcového podloží je popsán v kap. 2. Metodika průzkumných prací. Ve všech případech byl v úrovni budoucí subpláně zastížen obdobný typ zeminy podobného zrnitostního charakteru. Zeminu zastíženou v úrovni subpláně přejezdů lze ve smyslu ČSN 73 61300 klasifikovat tř. F3, symbol MS (hlína písčitá tuhé konzistence). Jako reprezentativní vzorek zeminy pro laboratorní posouzení indexových parametrů byl vybrán vzorek ze sondy K2 (P5545).

**železniční přejezd P5545 v km 27.642** - jedná se o úrovnňový žel. přejezd přes ulici Česká na severním okraji Tanvaldu (levý břeh řeky Desná). Vnitřní i vnější přejezdovou část tvoří živičný povrch s kombinací ochranných kolejnic. V rámci žel. svršku byly použity dřevěné pražce. Sonda K2 byla provedena za jejich hlavami.

*popis sondy K1 (od úložné plochy pražce)*

- |             |  |
|-------------|--|
| 0,00 - 0,15 | šterkové lože - čisté  |
| 0,15 - 0,49 | drážní šterk (zahliněný)   |
| 0,49 - 1,05 | světle hnědá silně písčitá hlína tuhé konzistence, písčitá frakce středně až hrubě zrnitá, šterkovitá fr. je tvořena subangulárními úlomky vel. do 6 cm, zemina obsahuje kamenitou příměs vel. do 14 cm (15 %) ( <i>deluvium</i> ) |



*Místo realizace kopané sondy K2*

## provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 2

modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2} = E_0 = 32,6 \text{ MPa}$

opravný součinitel  $z = 0,8$  (ve smyslu Tabulky 1., Přílohy 9 k předpisu SŽ S4)

redukovaný modul přetvárnosti zeminy subpláně  $E_r = E_0 \cdot z = 32,6 \times 0,8 = 26,1 \text{ MPa}$

hladina podzemní vody nebyla zastižena

**vodní režim: příznivý**

**železniční přejezd P5546 v km 27.985** - jedná se o úrovňový žel. přejezd přes nezpevněnou obslužnou komunikaci u bývalé vechtrovny (č.p. 309) v úseku mezi Tanvaldem a Desnou (pravý břeh řeky Desná). Vnitřní přejezdovou část tvoří dřevěné výhybkové pražce, vnější část je tvořena nezpevněným povrchem komunikace. Sonda K3 byla provedena za hlavami pražců.

*popis sondy K3 (od úložné plochy pražce)*

0,00 - 0,28 štěrkové lože – znečištěné s travním drnem

0,28 - 0,41 šedá štěrkovitá hlína s obsahem angulárních úlomků krystalických hornin

0,41 - 1,05 hnědá silně písčitá hlína tuhé konzistence s vyšším obsahem štěrkovité frakce v podobě částečně opracovaných fragmentů žuly vel. do 6 cm a menších valounů silicitů, zemina obsahuje kamenitou příměs vel. do 10 cm (5-10 %) (*deluvium*)



*Místo realizace kopané sondy K3*



### provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 3

modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2} = E_0 = 33,1 \text{ MPa}$

opravný součinitel  $z = 0,8$  (ve smyslu Tabulky 1., Přílohy 9 k předpisu SŽ S4)

redukovaný modul přetvárnosti zeminy subpláně  $E_r = E_0 \cdot z = 33,1 \times 0,8 = 26,5 \text{ MPa}$

hladina podzemní vody nebyla zastižena

**vodní režim: příznivý**

**železniční přejezd P5547 v km 28.651** - jedná se o úroňový žel. přejezd přes silnici III/29046 (úsek Tanvald-Žďárek), před vjezdem, do žst. Desná (výhybka č. 1). Vnitřní přejezdovou část tvoří pryžové přejezdové panely STRAIL, vnější část je tvořena živичným povrchem komunikace. Sonda K4 byla provedena za hlavami pražců.

*popis sondy K4 (od úložné plochy pražce)*

- 0,00 - 0,11 štěrkové lože - čisté
- 0,11 - 0,42 drážní štěrk – znečištěný – mezerní hmota šedá písčitá hlína
- 0,42 - 1,05 světle hnědá písčitá hlína tuhé konzistence, písčitá frakce středně až hrubě zrnitá, štěrk je tvořen částečně opracovanými úlomky granitu vel. do 4 cm (10 %)



*Místo realizace kopané sondy K4*

#### provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 4

modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2} = E_0 = 34,1 \text{ MPa}$

opravný součinitel  $z = 0,8$  (ve smyslu Tabulky 1., Přílohy 9 k předpisu SŽ S4)

redukovaný modul přetvárnosti zeminy subpláně  $E_r = E_0 \cdot z = 34,1 \times 0,8 = 27,3 \text{ MPa}$

hladina podzemní vody nebyla zastižena

**vodní režim: příznivý**

**železniční přejezd P5551 v km 34.067** - jedná se o úroňový žel. přejezd přes silnici III/29018 v blízkosti výtopny žst. Kořenov. Vnitřní přejezdovou část tvoří pryžové přejezdové panely STRAIL, vnější část je tvořena živičným povrchem komunikace. Sonda K5 byla provedena za hlavami pražců.

*popis sondy K5 (od úložné plochy pražce)*

- 0,00 - 0,39 štěrkové lože – silně znečištěné s travním drnem
- 0,39 - 1,05 hnědá písčitá hlína tuhé konzistence, písčitá frakce středně až hrubě zrnitá, s výraznou příměsí štěrkovité a kamenité frakce v rozmezí intervalu 0,5-11 cm (20 %)



*Místo realizace kopané sondy K5*



## **provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 5**

modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2} = E_0 = 32,1 \text{ MPa}$

opravný součinitel  $z = 0,8$  (ve smyslu Tabulky 1., Přílohy 9 k předpisu SŽ S4)

redukovaný modul přetvárnosti zeminy subpláně  $E_r = E_0 \cdot z = 32,1 \times 0,8 = 25,7 \text{ MPa}$

hladina podzemní vody nebyla zastižena

### **vodní režim: příznivý**

Hodnoty modulů přetvárnosti měřené v kopaných sondách na přejezdech P5545, P5546, P5547 a P5551 se pohybují v intervalu hodnot  $E_{\text{def},2} = 32,1 - 34,1 \text{ MPa}$ . Z důvodu velmi malých rozdílů hodnot a zastižení geotypů obdobného složení a geotechnických parametrů v úrovni budoucích subplání navrhujeme použít stejnou skladbu konstrukčních vrstev na všech přejezdech. Do výpočtu bude z důvodu bezpečnosti použita nejnižší hodnota modulu přetvárnosti tj. modul přetvárnosti  $E_0 = 32,1 \text{ MPa}$  (opravný součinitel  $z = 0,8$ ), redukovaný modul přetvárnosti zeminy subpláně  $E_r = E_0 \cdot z = 32,1 \times 0,8 = 25,7 \text{ MPa}$ .

### **Vstupní údaje**

$v_{\text{max}}$	60 km/hod <sup>-1</sup>
provozní zatížení	< 2 mil. hrt/rok
traťová třída zatížení	A1
přejezd je umístěn v úrovni terénu	zemina tř. F3/MS
redukovaný modul přetvárnosti $E_r$	25,7 MPa
namrzavost	namrzavá – nebezpečně namrzavá
vodní režim	příznivý
index mrazu $I_{\text{mn}}$	600°C.den
tl. kolejového lože	$h_t = 0,40 \text{ m}$

### **Návrhové parametry (ve smyslu Tab. 1, Přílohy 6 k předpisu SŽ S4)**

požadovaná únosnost PTŽS $E_{\text{min},\text{PL}}$	70 MPa*
konstrukční vrstva $h_3$	200 mm/ŠD <sub>kv</sub> 0/32
podkladní vrstva (zesilující) $h_1$	400 mm DK 0/90
$E_{\text{mat},\text{konstr}}$	70 MPa
$E_{\text{mat},\text{podkl}}$	110 MPa (DK 0/90)

\* při  $E_{\text{pl}} = 50 \text{ MPa}$  a méně navazující tratě (v daném případě je  $E_{\text{pl}} = 50 \text{ MPa}$ )

## Návrh konstrukce pražcového podloží - 1

Únosnost zemní pláně bude zvýšena výměnou materiálu pomocí jedné podkladní vrstvy v podobě pokládky drceného kameniva DK 0/90 tl.  $h_1=0,4$  m položeného na subpláni a separovaného geosyntetikem se separační funkcí. Na upravené a zhutněné podkladní vrstvě bude zřízena konstrukční vrstva ze štěrkodrti ŠD<sub>kv</sub> 0/32 v tl.  $h_2=0,2$  m.

podkladní vrstva (zesilující) $h_1$	400 mm/DK 0/90
$E_{mat,podkl}$	110 MPa

ekvivalentní modul přetvárnosti na povrchu 1. podkladní vrstvy

$$k_1 = \frac{E_r}{E_{mat,podkl}} = \frac{25,7}{110} = 0,23$$

$$k_2 = \frac{h_1}{D} = \frac{0,40}{0,30} = 1,33$$

$$E_{e,h1} = \frac{E_r}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot (1 - k_1^{1,4}) \cdot \arctg(k_2 \cdot k_1^{-0,4})}$$

$$E_{e,h1} = 74,0 \text{ MPa}$$

---

konstrukční vrstva	200 mm/ŠD <sub>kv</sub> 0/32
$E_{mat,konstr}$	70 MPa

ekvivalentní modul přetvárnosti PTŽS

$$k_1 = \frac{E_{e,ZP}}{E_{mat,konstr}} = \frac{74,0}{70} = 1,06$$

$$k_2 = \frac{h_2}{D} = \frac{0,20}{0,30} = 0,67$$

$$E_{e,PL} = \frac{E_{e,ZP}}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot (1 - k_1^{1,4}) \cdot \arctg(k_2 \cdot k_1^{-0,4})}$$

$$E_{e,PL} = 71,8 \text{ MPa}$$

## Posouzení únosnosti PTŽS

$$E_{min,PL} = 70 \text{ MPa} \leq E_{e,PL} = 71,8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$



Variantně lze do podkladní vrstvy použít materiál šterkodrtě stabilizované cementem (SC 0/22, C<sub>8/10</sub>) v tl. 0,30 m.

## Návrh konstrukce pražcového podloží - 2

Únosnost zemní pláně bude zvýšena výměnou materiálu pomocí jedné podkladní vrstvy v podobě pokládky SC 0/22, C<sub>8/10</sub> tl. h<sub>1</sub>=0,3 m položené na subpláni. Na upravené a zhutněné podkladní vrstvě bude zřízena konstrukční vrstva ze šterkodrti ŠD<sub>kv</sub> 0/32 v tl. h<sub>2</sub>=0,2 m.

podkladní vrstva (zesilující) h <sub>1</sub>	300 mm/ SC 0/22, C <sub>8/10</sub>
E <sub>mat,podkl</sub>	140 MPa

ekvivalentní modul přetvárnosti na povrchu 1. podkladní vrstvy

$$k_1 = \frac{E_r}{E_{mat,podkl}} = \frac{25,7}{140} = 0,18$$

$$k_2 = \frac{h_1}{D} = \frac{0,30}{0,30} = 1,0$$

$$E_{e,h1} = \frac{E_r}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot (1 - k_1^{1,4}) \cdot \arctg(k_2 \cdot k_1^{-0,4})}$$

$$E_{e,h1} = 70,6 \text{ MPa}$$

konstrukční vrstva	200 mm/ŠD <sub>kv</sub> 0/32
E <sub>mat,konstr</sub>	70 MPa

ekvivalentní modul přetvárnosti PTŽS

$$k_1 = \frac{E_{e,ZP}}{E_{mat,konstr}} = \frac{70,6}{70} = 1,01$$

$$k_2 = \frac{h_2}{D} = \frac{0,20}{0,30} = 0,67$$

$$E_{e,PL} = \frac{E_{e,ZP}}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot (1 - k_1^{1,4}) \cdot \arctg(k_2 \cdot k_1^{-0,4})}$$

$$E_{e,PL} = 70,3 \text{ MPa}$$

## Posouzení únosnosti PTŽS

$$E_{min,PL} = 70 \text{ MPa} \leq E_{e,PL} = 70,3 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení ochrany zemní pláň před nepříznivými účinky mrazu

Posouzení je založeno na porovnání předpokládané hloubky promrznutí  $h_{pr}$  a tepelně izolační schopnosti navržené konstrukce ZKPP  $h_{pr,zkpp}$ :  $h_{pr} \leq h_{pr,zkpp}$

Index mrazu (dle předpisu SŽ S4 – Železniční spodek, Tabulka 1 a Obrázek 2 Přílohy 7 k předpisu SŽ S4  $I_{mn} = 600^\circ\text{C}\cdot\text{den}$ ). Hloubka promrzání  $h_{pr} = 0,045 \cdot \sqrt{I_{mn}} = 0,045 \cdot \sqrt{600} = 1,10 \text{ m}$ . Uvažovaná tl. podkladních vrstev činí:

**varianta 1:** pod konstrukcí žel. přejezdu: ŠD<sub>kv</sub> 0/32 tl. 0,20 m + DK 0/90 tl. 0,40 m

Přepoččet na ekvivalentní vrstvu štěrkodrti:

$$h_{pr} \leq h_{kl} + \sum h_{n,i} + \sum h_{n,p} + h_{z,dov}$$

$$h_{n,i} = \frac{h_n}{\lambda_n} \times \lambda_{SD} = \frac{0,2}{2,0} \times 2,0 = 0,20 \quad \dots \text{ŠD}_{kv} 0/32$$

$$h_{n,p} = \frac{h_p}{\lambda_p} \times \lambda_{SD} = \frac{0,4}{2,0} \times 2,0 = 0,40 \quad \dots \text{DK } 0/90$$

$h_{pr}$  hloubka promrzání (1,10 m)

$h_{kl}$  tloušťka kolejového lože = 0,40 m

$h_{n,i}$  ekvivalent tloušťky konstrukční vrstvy = 0,20 m

$h_{n,p}$  ekvivalent tloušťky podkladní vrstvy = 0,30 m

$h_{z,dov}$  dovolená tloušťka promrznutí zemin v m (Tabulka 3, Přílohy 7 k předpisu SŽ S4) = 0,30 m

$$1,10 \leq 0,40 + 0,20 + 0,40 + 0,30 \leq 1,30 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Z výše uvedeného vyplývá, že navržená konstrukce ZKPP vyhovuje z hlediska nutné ochrany zemní pláň před nepříznivými účinky mrazu.

**varianta 2:** pod konstrukcí žel. přejezdu: ŠD<sub>kv</sub> 0/32 tl. 0,20 m + SC 0/22, C<sub>8/10</sub> tl. 0,30 m

Přepoččet na ekvivalentní vrstvu štěrkodrti:

$$h_{pr} \leq h_{kl} + \sum h_{n,i} + \sum h_{n,p} + h_{z,dov}$$

$$h_{n,i} = \frac{h_n}{\lambda_n} \times \lambda_{SD} = \frac{0,2}{2,0} \times 2,0 = 0,20 \quad \dots \text{ŠD}_{kv} 0/32$$

$$h_{n,p} = \frac{h_p}{\lambda_p} \times \lambda_{SD} = \frac{0,3}{1,75} \times 2,0 = 0,34 \quad \dots \text{SC } 0/22, \text{C}_{8/10}$$

$h_{pr}$  hloubka promrzání (1,10 m)

$h_{kl}$  tloušťka kolejového lože = 0,40 m

$h_{n,i}$  ekvivalent tloušťky konstrukční vrstvy = 0,20 m



$h_{n,p}$  ekvivalent tloušťky podkladní vrstvy = 0,34 m

$h_{z,dov}$  dovolená tloušťka promrznutí zemin v m (Tabulka 3, Přílohy 7 k předpisu SŽ S4) = 0,30 m

$$1,10 \leq 0,40 + 0,20 + 0,34 + 0,30 \leq 1,24 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Z výše uvedeného vyplývá, že navržená konstrukce ZKPP vyhovuje z hlediska nutné ochrany zemní páně před nepříznivými účinky mrazu.

## 6. Závěr

V rámci předprojektové přípravy proběhlo geotechnické posouzení skalních svahů (zářezů, odřezů) v úseku trati Tanvald – Harrachov (Tanvald – Kořenov). Součástí předkládané zprávy je doplňkový průzkum pražcového podloží, a to v místě železničních přejezdů P5545, P5546, P5547 a P5551 a dále v místě budoucí 1. staniční koleje žst. Desná. Výsledky, včetně doporučených konstrukčních skladeb pražcového podloží a zesílených konstrukcí pražcového podloží přejezdů, jsou přehledně zpracovány v textu výše. Všechny uvažované práce jsou technicky i ekonomicky proveditelné.

V Praze, dne 14.10.2021

zpracoval: Ing. Alexandr Kačora

schválil: Martin Jech

