

Global - Geo, s.r.o.

Ak. Heyrovského 1178, 500 03 Hradec Králové

zapsán v obchodním rejstříku u Krajského soudu v Hradci Králové, oddíl C, vložka 21046

Inženýrskogeologický průzkum Zhodnocení stávajícího násypového tělesa silnice II/295 v úseku km 9,714 - 9,764 v k. ú. Vrchlabí

1. Úvod

Na základě požadavku projektanta akce Ing. Pavla Vokřála, je zpracován inženýrskogeologický průzkum zaměřený na geotechnické zhodnocení stávajícího násypového tělesa silnice II/295 v úseku km 9,714 - 9,764. V tomto úseku dochází k posunu svahu a ke vzniku trhliny mezi vozovkou a svahem násypu v blízkosti krajnice a svodidel.

Lokalita se nachází v katastrálním území Vrchlabí v Královéhradeckém kraji a její umístění je patrné z přehledné situace měřítka 1 : 10 000, která tvoří přílohu č. 1 této zprávy.

2. Rozsah a metodika průzkumných prací

Pro posouzení materiálů násypového tělesa komunikace byl na zájmové lokalitě proveden jeden jádrový vrt JV-1. Umístění sondy je patrné z výřezu katastrální mapy v měřítku 1 : 1 000, viz Podrobná situace v příloze č. 2. Geologická dokumentace a fotodokumentace sondy tvoří přílohu č. 3 předkládané zprávy. Sonda byla ihned po ukončení prací zlikvidována zpětným hutněním záhozem.

Průzkumnou sondu v celkové metráži 9,00 m zhotovila dne 01.12. 2021 firma DGB Technik s.r.o., technologií rotačně jádrového vrtání bez výplachu. Vrt byl vyhlouben mobilní vrtnou soupravou Fraste MultiDrill ML, pomocí jednoduché jádrovky ø 196 a 176 mm opatřené TK korunkou. Vrtné údaje jsou součástí geologické dokumentace vrtu v příloze č. 3.

V rámci terénních prací odebral zpracovatel pro charakteristiku prostředí 1 vzorek zeminy kategorie 3B (dříve tzv. poloporušené vzorky). Jeho laboratorní analýza je doložena v příloze č. 4.

3. Charakteristika území a přírodní poměry

Předmětná silnice II/295 je vedena na západním okraji Vrchlabí a zájmový úsek silničního tělesa je situován v severní části města. Nadmořská výška terénu se zde pohybuje v rozmezí cca 533 - 537 m n. m. a východním směrem od silnice teréne prudce klesá.

Geomorfologicky náleží zájmový prostor do oblasti Krkonošské, k podcelku Vrchlabská vrchovina (kód IVA - 7C), s kopcovitým reliéfem a výrazně zaříznutým údolím s tokem Labe.

Posuzované území přísluší z regionálně - geologického hlediska do regionu krkonoško-jizerského krystalinika, k litofaciální oblasti lužické, budované slabě metamorfovanými horninami, které představují plášť krkonoško-jizerského plutonu.

Předkvartérní podloží je v okolí tvořeno horninami ve vývoji ponikelské série (stáří devon střední). Litologicky se jedná o chlorit-sericitické a grafit-sericitické fylity, tvořící pruhy přibližně západo-východní orientace. Fylity jsou svrchu silně až zcela zvětralé, při rozhraní s kvartérním pokryvem mohou být lokálně přeměněné na eluvium charakteru jílovitého písku až jílovitého

šterku. Hlouběji se rozpadají na deskovité či hranolovité bloky. Pukliny mají zcela sepnuté či zajílované.

V průzkumném vrtu JV-1 byly popsány pouze ve formě navážky tzn. úlomků vel. 5 - 12 cm v zeminách tvořících těleso násypu komunikace, tj. do hloubky cca 4 - 5 m.

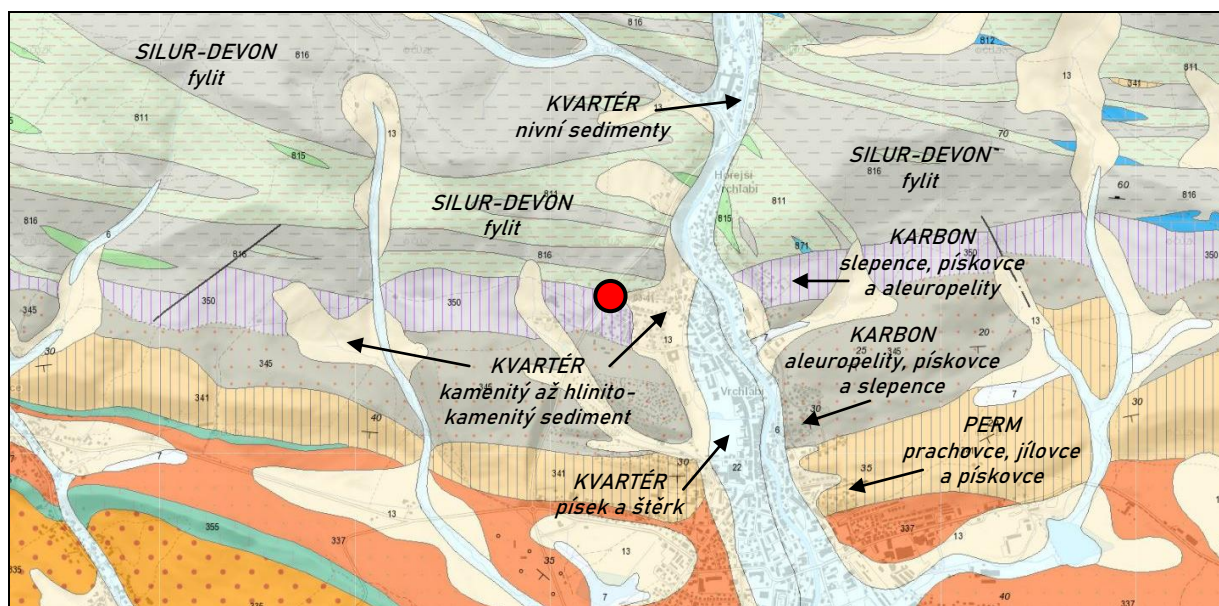
Dále se v okolí vyskytují horniny semilského souvrství, stáří karbon svrchní. Litologicky se jedná o polymiktní místy oligomiktní slepence, brekciovité slepence, pískovce, hnědé až červenohnědé aleuopelity, místy s polohami šedých a pestrobarevných aleuopelitů s tufity a silicity. Také tvořící pruhy přibližně západovýchodní orientace.

Strop těchto hornin byl průzkumným vrtem JV-1 zastižen v hl. 5 m ve formě zcela zvětralého pískovce charakteru slídnatého jílu pevné konzistence. S přibývajícím hloubkou se pevnost pískovce zvyšuje a od 6,6 m byl klasifikován jako poloskalní hornina tř. R5.

Kvartérní pokryv: krystalické horniny překrývá vrstva deluviálních sedimentů, která se bude s lokálními výchyly postupně zvětšovat směrem do údolí. Na složení deluvií se podílejí redeponovaná a resedimentovaná eluvia, v dominantním vývoji soudržných jílovitých zemin, charakteru prachovitých a šterkovitých jílu, s polozaoblenými šterky a úlomky horninového skeletu (fylit, křemen, svor).

Podél vodotečí se vyskytují nejmladší holocenní nivní sedimenty, zde konkrétně vázané na řeku Labe, která městem protéká ze severu jižním směrem. V její blízkosti se mohou také lokálně vyskytovat pleistocenní šterky a písky s kameny a balvany fluviální geneze.

Vzhledem k charakteru zastižených zemin průzkumným vrtem JV-1 a k odhadované výšce násypového tělesa komunikace, nelze s jistotou určit, zda byly průzkumem zastiženy přirozené kvartérní zeminy. Popsané zeminy, charakteru převážně písčitého jílu a hlinitého šterku s úlomky fylitů, sem byly pravděpodobně dovezeny v rámci terénních úprav při stavbě komunikace.



Výřez geologické mapy M 1 : 50 000 (zdroj: ČGS 2021, upraveno)

Hydrogeologické poměry

Podle mapy hydrogeologického členění ČR se zájmová lokalita nachází na rozhraní dvou rajónů v základní vrstvě, č. 5151 Podkrkonošský permokarbon a č. 6414 Krystalinikum Jizerských hor v povodí Jizery a Krkonoš.

Rajón č. 5151 je budován permokarbonskými sedimenty, které mají pestrý litologický charakter. Zastoupeny jsou pískovce, slepence, šedé či černé jílovce se slojkami uhlí, melafyry a ryolity a jejich tufy a tufity. Při této velké litologické pestrosti se vytváří řada izolovaných zvodní. Vznik dílčích hydrogeologických struktur s převážně napjatou hladinou je podmíněn častým střídáním psamitů a pelitů. Výtlačné úrovně bývají rozdílné řádově až v desítkách metrů. Celkově převládá puklinová propustnost nad průlinovou. Propustnost hornin je zvýšená do hloubky 30 - 150 m pod terén. Oběh podzemní vody je vázán na nehluboké pásmo přípovrchového rozpojení hornin (puklinová propustnost rozpukáných a rozvětralých permokarbonských sedimentů a vyvřelin) a mimo to na proměnlivě mocný zvětralinový plášť (průlinová propustnost hlinitopísčitých a jílovitopísčitých svahových uloženin). Hydrologicky a hydraulicky se tak vytváří prakticky jediný využitelný kolektor podzemní vody. K infiltraci dochází prakticky v celé ploše rozšíření permokarbonských hornin, k drenáži v úrovni místních erozních bází.

Rajón č. 6414 je budován metamorfovanými a magmatickými horninami, s jedním nevymezeným kolektorem s volnou hladinou, puklinovou propustností a nízkou transmisivitou. Místní metamorfované horniny jsou jako celek velmi málo propustné. Relativně lepší propustnost mají některé tektonicky porušené zóny a zlomy. Propustnost prostředí se odvíjí od charakteru zvětralin, hustoty, rozevření a výplně puklin. K proudění podzemní vody dochází v pásmu lokálního přípovrchového rozpojení hornin (zvětrání v kombinaci s rozpukáním). Odvodnění se děje v úrovních místních erozních bází pozvolnými výrony do povrchových toků, prostřednictvím deluviálních a fluviálních sedimentů.

Podzemní voda nebyla průzkumným vrtem JV-1 zjištěna. V nedalekém archivním vrtu J-40 byla popsána ustálená hladina podzemní vody v hloubce 5,50 m pod terénem viz příloha č. 5.

Hydrologicky patří zájmový prostor do povodí **Labe** s číslem dílčího hydrologického pořadí 1-01-01-0053.

Zájmová lokalita se z hlediska regionální ochrany zdrojů podzemních vod nenachází v chráněné oblasti přirozené akumulace vod CHOPAV (dle §28 z. č. 254/2001 Sb.), nespadá do pásma hygienické ochrany - PHO (dle §30 z. č. 254/2001) či jiného ochranného pásma a ani se nenachází v záplavových oblastech.

4. Geotechnické zhodnocení násypového tělesa komunikace

Celkový charakter prostředí dokládá profil sondy v příloze č. 3. Zeminy a podložní horniny jsou v dokumentacích zaříděny v souladu s klasifikačním systémem ČSN P 73 1005 „Inženýrskogeologický průzkum“, resp. dle přílohy A ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“, která vychází ze stejné klasifikace. Současně je v sondách uvedeno i zařazení ve znění ČSN EN ISO 14688-2 „Geotechnický průzkum a zkoušení“. Obě základní klasifikace v následujícím textu odděluje lomítko.

Geotechnické charakteristiky a očekávanou výpočtovou únosnost R_{dt} , převzaté ze zrušené a Eurokódem 7 nahrazené ČSN 73 1001, obsahuje tabulka č. 1 na str. 6.

Geotechnické vlastnosti zastižených konstrukčních vrstev, půd a hornin

- Živičný kryt
- Jíl písčitý - navážka a těleso násypu
- Štěrk hlinitý - navážka
- Jíl písčitý - těleso násypu

- Jíl s nízkou plasticitou
- Pískovec zcela zvětralý / jíl s nízkou plasticitou
- Pískovec zcela až silně zvětralý
- Pískovec silně až mírně zvětralý

Živičný kryt (tř. - / -)

Je popsán, ve vícevrstevném uspořádání, v intervalu 0,00 – 0,20 m pod terénem.

Jíl písčitý - navázka a těleso násypu (tř. F4 CS Y / clsasiMg)

Byl zastižen pod živičným krytem v hloubkovém intervalu 0,20 – 0,45 m pod terénem sesníženou tuhou konzistencí.

Opětovně pak v limitu 1,70 – 4,25 m pod terénem jako násypové těleso komunikace z místních přemístěných zemin. Pro hloubkový interval 1,80 – 2,00 m byl laboratorně určen koeficient filtrace $k_f = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ a index konzistence $I_c = 1,48$.

Písčité jíly náleží k zeminám málo propustným až nepropustným ($k_f = 10^{-7} - 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$), nebezpečně namrzavým, s vyšší kapilární vztlínavostí ($h_s = 1,5 - 2 \text{ m}$) a pomalu konsolidujícím ($c_v < 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$). Při styku s vodou snadno degradují, rozbírají a rychle se zhoršují jejich geomechanické vlastnosti. Pro násyp/zpětný zásyp i pro aktivní zónu komunikací a zpevněných ploch jsou v přirozeném stavu podmíněčně vhodné.

Štěrka hlinitá - navázka (tř. G4 GM Y + Cb / grsiMg + Co)

Je popsán v hloubkovém intervalu 0,45 – 1,70 m pod terénem. Jedná se o úlomky fylitů vel. převážně do 5 cm, ojediněle až 12 cm, s jemnozrnnou slídnatou výplní. Náleží k zeminám namrzavým a málo propustným až propustným ($k_f = 10^{-5} - 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$). Pro násyp/zpětný zásyp i pro aktivní zónu komunikací a zpevněných ploch je podmíněčně vhodný.

Jíl s nízkou plasticitou (tř. F6 CL / siCl)

Je popsán v hloubkovém intervalu 4,25 – 5,00 m pod terénem. Náleží k zeminám nebezpečně namrzavým, nepropustným ($k_f = 10^{-8} - 10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$), s vysokou kapilární vztlínavostí ($h_s > 3 \text{ m}$), pomalu konsolidujícím ($c_v < 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$) a v přirozeném uložení má pevnou konzistenci. Při styku s vodou snadno degraduje, rozbíjí a rychle se zhoršují jeho geomechanické vlastnosti. Pro násyp/zpětný zásyp je v přirozeném stavu podmíněčně vhodný a pro aktivní zónu komunikací a zpevněných ploch je v přirozeném stavu nevhodný.

Pískovec zcela zvětralý / jíl s nízkou plasticitou (tř. R6/F6 CL / siCl)

Je popsán v hloubce 5,00 – 6,10 m pod terénem. Platí pro něj stejné parametry jako pro jíl s nízkou plasticitou, viz výše.

Pískovec zcela až silně zvětralý (tř. R6+R5 / -)

Je popsán od 6,10 do 6,60 m pod terénem. Pískovec je jemně zrnitý, úlomky vel. do 6 cm lze lámat v ruce. Tab. A.2 ČSN P 73 1005 řadí tyto horniny předmětné třídy k horninám s velmi nízkou až extrémně nízkou pevností v prostém tlaku v celém normovém intervalu $\sigma_c = 0,5 - 5 \text{ MPa}$.

Pískovec silně až mírně zvětralý (tř. R5-R4 / -)

Je popsán v limitu 6,60 – 9,00 m pod terénem. Průzkumný vrt JV-1 byl v tomto prostředí ukončen. Pískovec je jemně zrnitý, úlomky vel. až 12 cm lze rozbít geologickým kladívkem. Tab. A.2 ČSN P 73 1005 řadí tyto horniny předmětné třídy k horninám s nízkou až velmi nízkou pevností v prostém tlaku v celém normovém intervalu $\sigma_c = 5 - 15$ MPa.

Těžitelnost a rozpojitelnost zemin

Podle již neplatné, avšak nadále používané ČSN 73 3050 „Zemné práce“ a aktuální ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“ se místní zeminy, horniny a konstrukční vrstvy z hlediska těžitelnosti a rozpojitelnosti řadí do následujících tříd:

Vrstva	Těžitelnost	ČSN 73 3050	ČSN 73 6133
- živičný kryt		tř. 5	II
- jíl písčitý - navážka		tř. 2	I
- štěrk hlinitý - navážka		tř. 3	I
- jíl písčitý - těleso násypu		tř. 3	I
- jíl s nízkou plasticitou		tř. 3	I
- pískovec zcela zvětralý / jíl s nízkou plasticitou		tř. 3	I
- pískovec zcela až silně zvětralý		tř. 4	I
- pískovec silně až mírně zvětralý		tř. 4-5	I-II

Tabulka č. 1 - Geotechnické hodnoty a očekávaná výpočtová únosnost

<div> <div>DRUH</div> <div>PARAMETR</div> </div>	Jíl písčitý F4 CS Y / clsasiMg		Štěrk hlinitý G4 GM Y + Cb / grsiMg + Co	Jíl s nízkou plasticitou F6 CL / siCl	Pískovec / jíl s nízkou plasticitou R6/F6 CL / -	Pískovec R6+R5 / -	Pískovec R5 - R4 / -
	<i>tuhý</i>	<i>pevný</i>	<i>středně ulehlý</i>	<i>pevný</i>	<i>zcela zvětralý / pevný</i>	<i>zcela až silně zvětralý</i>	<i>silně až mírně zvětralý</i>
Poissonovo číslo ν (1)	0,35	0,35	0,30	0,40	0,40	0,25 - 0,35	0,25
Převodní součinitel β (1)	0,62	0,62	0,74	0,47	0,47	-	-
Objemová tíha γ (kN.m ⁻³)	18,5	18,5	19,0	21,0	21,0	-	-
Modul přetvárnosti E_{def} (MPa)	5	7	70	7	7	15 - 30	30 - 80
Úhel vnitřního tření zeminy							
efektivní ϕ_{ef} (°)	23	24	32	19	19	-	-
totální ϕ_u (°)	0	5	-	0	0	-	-
Soudržnost zeminy							
efektivní c_{ef} (kPa)	16	18	4	16	16	-	-
totální c_u (kPa)	50	70	-	80	80	-	-
Oček. výpočtová únosnost R_{dt} (kPa)	150*	250*	220**	200*	200*	220	300

* Platí pro šířku základu $b \leq 3 \text{ m}$, hloubku založení $h = 0,8 - 1,5 \text{ m}$

** Platí pro šířku základu $b = 1 \text{ m}$, hloubku založení $h = 1,0 \text{ m}$

Upozornění: Hodnoty R_{dt} nejsou upraveny na vliv podzemní vody.

5. Zhodnocení příčin poruchy tělesa násypu

Z popisu poruch, které byly popsány vyplývá, že se zatrhává zejména okraj vozovky, který je v těsné blízkosti konce asfaltového krytu a trhliny pokračují ke svodidlům viz. obr. Uvedené poruchy byly prozatím sanovány přisypáním štěrku na sesuvné straně za účelem přitížení svahu a jeho paty.



Porucha při kraji konstrukce tělesa násypu

Z provedeného průzkumu se jako nejzjevnější příčina poruch jeví příliš velký sklon svahu v porovnání s rozložením pasivních a aktivních sil, které na svah působí. Výrazný podíl na porušení rovnováhy sil má zatékání srážkové vody podél komunikace do nezpevněné krajnice. Při krajnici se navíc v zimním období drží vyhrnutý sníh, který průběžně taje a následně nejdéle odtává za stálého sycení zemního prostředí vodou.

Nezanedbatelnou roli hraje i složení násypového tělesa, kdy se pod živичným krytem a podkladní vrstvou, nachází v horizontu 0,45 - 1,70 m štěrk hlinitý, který je až o dva řády propustnější než níže uložené písčité jíly či jíly s nízkou plasticitou.

Voda, která trhlinami zatéká do propustnějších partií násypu má negativní vliv na porušení rovnováhy smykového odporu a smykového napětí tzn. k narušení stability svahu. Voda obsažená v pórech propustnějších vrstev vytváří vztlakovou sílu, která zmenšuje velikost smykového odporu a dochází tak k pohybu zemin zejména v propustnější horní části násypu.

V podstatě každý svah je pouze podmíněčně stabilní a jeho stabilita je závislá na změně normálového napětí v různých podmínkách. Především zvyšování obsahu vody, včetně jejího zamrzání a tání v pórech zemin, vede k porušení rovnováhy sil a nelze tak během zimního období a zejména těsně po něm vyloučit další pohyby.

6. Závěr

Jako rychlé a dlouhodobé řešení lze provést vetknutí štětovic do podložních zvětralých až silně zvětralých hornin, které budou sloužit jako opěrná stěna. Výhodou je rychlé řešení bez nutnosti

dlouhodobé či celkové uzávěry komunikace. Tato varianta není navíc náročná na zábor níže položených pozemků či kácení dřevin jako je níže uvedená úprava sklonu svahu.

Úprava sklonu spočívá v přitížení paty svahu např. formou přítěžovací lavice ze ŠD fr. 0 - 125 mm do výšky cca 3 m od paty stávajícího svahu s jeho následným vysvahováním. Mocnost ŠD se směrem od paty svahu bude postupně snižovat. Tím dojde ke zmenšení celkového sklonu svahu, zvýší se úhel vnitřního tření reziduální pevnosti na smykové ploše, čímž se zvýší i celková stabilita svahu. Na povrch ŠD lze rozprostřít vrstvu hlinitopísčitého štěrku až jílovité hlíny, která zabrání průsakům srážkové vody na bázi přítěžovací lavice.

Další metody jsou již poměrně náročné buď finančně (převrtávaná pilotová stěna) nebo časově a prostorově (rekonstrukce násypu s použitím geosyntetik). Jiné technické řešení není vyloučeno. Prozatímní alternativou je i zabezpečení odvodnění kraje vozovky tak, aby voda nezatékala do tělesa násypu.

Hradec Králové, 29. 12. 2021

Ing. Pavel Žaba
odpovědný řešitel

Přílohy:

1. Přehledná situace M 1: 10 000
2. Podrobná situace M 1 : 1 000
3. Geologická dokumentace průzkumného vrtu JV-1
4. Protokoly laboratorních rozborů zeminy
5. Dokumentace archivního vrtu J-40