

***II/152 HAJANY – ŽELEŠICE,
SESUV***

GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM

BRNO září 2006

Zak. č. : G03106
Výtisk č. :

GEOSTAR, spol. s r.o.

Černovická 13, 617 00 Brno

<http://www.geostar.cz>

Tel.: 545 221 218

Fax: 545 221 883

IČO: 13690337

DIČ: CZ13690337

Název zakázky:

II/152 Hajany – Želešice, sesuv

Objednatel:

SÚS JmK p.o. kraje, oblast Brno

Pořadové číslo zakázky:

416/06

Identifikační číslo zakázky:

G03106

Datum ukončení zakázky:

27.9.2006

Zodpovědní řešitelé:

Mgr. Petr Mazáč – inženýrskogeologický průzkum

Mgr. David Relich, PhD. – návrh sanačních opatření, výpočty

Rozdělovník:

Výtisk č.1 – 6
č.7

SÚS JmK p.o. kraje, oblast Brno
GEOSTAR, spol. s r.o.

OBSAH

1. ÚVOD	4
2. METODIKA TERÉNNÍCH A LABORATORNÍCH PRACÍ	5
3. PŘEHLED GEOLOGICKÝCH A HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ ŠIRŠÍHO OKOLÍ	5
4. PODROBNÉ ÚDAJE O INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝCH A HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRECH ZKOUMANÉHO ÚZEMÍ ..	6
5. ZÁVĚR	14

PŘÍLOHY:

1. Situace
2. IG řezy
 - 2a) Příčný řez: Pr1
 - 2b) Příčný řez: Pr2
 - 2c) Podélný řez: Pd1
3. Geologická dokumentace vrtů
4. Profily těžké dynamické penetrace
5. Laboratorní zkoušky zemin
6. Laboratorní rozbor y vod
7. Technická zpráva o geodetickém zaměření
8. Fotodokumentace
9. Návrh sanačních opatření

1. ÚVOD

Na základě objednávky č. 14851/2006 SÚS Jmk p.o. kraje, oblast Brno ze dne 23.8.2006 provedla firma GEOSTAR, spol. s r.o. geotechnický průzkum pro akci "II/152 Hajany – Želešice, sesuv". Místa umístění a hloubky průzkumných vrtů a dynamické penetrace byly určeny na místě s ohledem na poruchy v silnici a rovněž drobné úpravy byly provedeny v průběhu vlastních prací. Geodetické zaměření provedla firma Tropen, s.r.o. Brno.

Podnětem pro provedení prací bylo rozhodnutí stavebního úřadu MěÚ Šlapanice, který vlastníkově stavby „Silnice II/152 v úseku cca 124,100 až 124,200 staničení silnice ukládá předložit projektovou dokumentaci na provedení úprav v rozsahu dokumentace pro stavební povolení. Při místním šetření dne 15.8.2006 bylo zjištěno, že v úseku od konce obloku ve směru od Hajan v délce cca 100 m je podélná prasklina ve vzdálenosti cca 1 m od hrany vozovky. V úseku cca 8 m je porušení značné. Šířka praskliny cca 5 cm a výškový rozdíl v místě zlomu až 10 cm. Vzhledem k charakteru terénu u silnice (hned za krajnicí je svah o sklonu větším než 1:1 a v hloubce cca 4 m protéká vodoteč) není možné provést úpravy bez projektové dokumentace. Porucha vozovky omezuje provoz na frekventované silnici II/152 a negativně působí na bezpečnost na tomto úseku silnice.

Umístění lokality

Obr. č.1



2. METODIKA TERÉNNÍCH A LABORATORNÍCH PRACÍ

Při vyhodnocování inženýrskogeologického průzkumu byly použity následující normy:

ČSN 72 0511 – Geologické a petrografické značky sedimentárních hornin

ČSN 72 1002 – Klasifikace zemin pro dopravní stavby

ČSN 73 1001 – Základová půda pod plošnými základy

ČSN 73 3050 – Zemné práce

V rámci průzkumu bylo realizováno pět inženýrskogeologických jádrových vrtů S1 až S5 o celkové hloubce 41,3 běžných metrů (souprava HVS, vrtmistr Friák, vrtání jádrové nasucho průměrem 156 mm). Dále bylo provedeno pět sond těžké dynamické penetrace P1 až P5 o celkové hloubce 35,4 běžných metrů (tíha beranu 500 N, výška pádu 500 mm, penetrační hrot má průměr 43,7 mm). Sonda byla realizována penetrační soupravou typu SDP20/1. Každých 10 cm vniku byl měřen počet úderů. Z těchto vstupních údajů byl stanoven měrný dynamický odpor q_{dyn} (Bondarik, Wojcechowski), který je pak východiskem pro interpretaci dle ČSN 73 1001 (1988). Vyhodnocení bylo provedeno programem DavePen 2.1, vyvinutým v naší firmě. Účelem bylo získání informací o geotechnických poměrech pro zabezpečení krajnice silnice II/152 mezi obcemi Želešice a Hajany. Z vrtů bylo odebráno 22 poloporušených vzorků ke stanovení indexových charakteristik zastižených zemin a také devět neporušených vzorků. Z neporušených vzorků byly provedeny dvě zkoušky stlačitelnosti zemin ke stanovení edometrických modulů a 7 smykových krabicových zkoušek pro stanovení smykové pevnosti zemin. Dále byly odebrány 2 vzorky na stanovení zhutnitelnosti zeminy (PS) a stanovení CBR.

Oproti původnímu projektu terénních prací byly vzhledem k menší potřebné hloubce vrtů (zastiženy zvětraliny dioritu) doplněny tři dynamické penetrace o další dvě sondy a vrt S5 byl přemístěn z jednoho konce úseku silnice (blíže k obci Hajany) na druhý, kde je sesuvný pohyb větší.

Laboratorní zkoušky zemin provedla laboratoř firmy GEOSTAR, spol. s r.o. Laboratorní rozboru podzemních vod provedla firma Hutní projekt a.s.

Grafická dokumentace vrtů byla vytvořena programem gdBase firmy GD Software.

Po ukončení vrtných prací byly vrty zlikvidovány zpětným záhozem a povrch zapraven studenou živičnou směsí.

3. PŘEHLED GEOLOGICKÝCH A HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ ŠIRŠÍHO OKOLÍ

Z regionálně geologického hlediska je širší okolí zájmové oblasti součástí Českého masivu, který je zde zastoupen dílčí jednotkou – **brněnským masivem**.

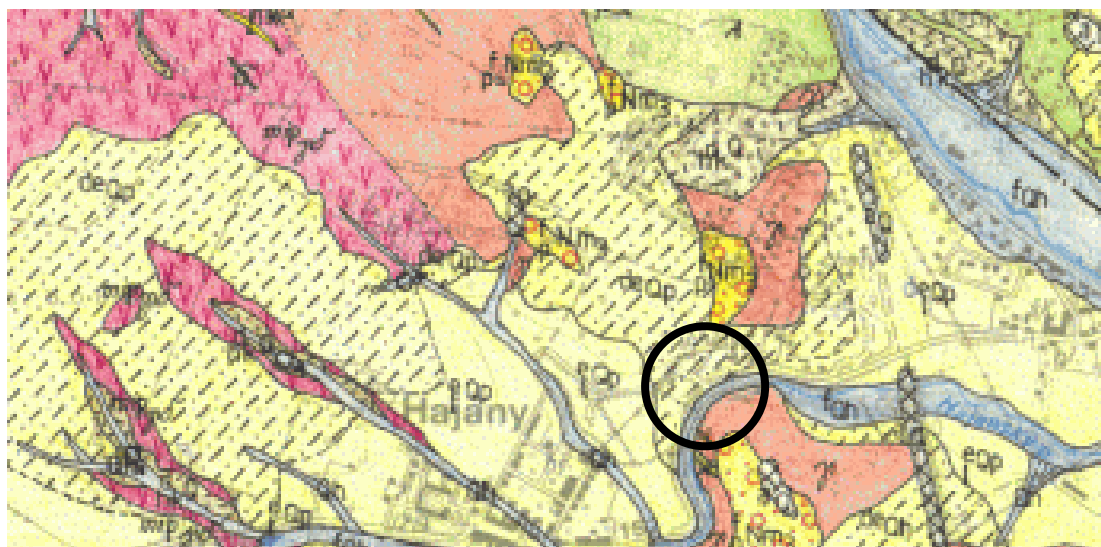
Petrograficky lze horniny brněnského masivu rozdělit na 2 základní skupiny: magmatity a krystalinický plášť. Magmatity mají povahu intruziv a jsou tvořeny širokou paletou hornin a horninových typů (granity, granodiorit, diority, aplity, porfyroidy, pegmatity aj.). Terciární sedimenty jsou zastoupeny především v oblasti karpatské předhlubně, občasné ale také i na horninách brněnského masivu. Jedná se hlavně o sedimenty stáří badenu až pont, kdy moře hluboce transgredovalo do depresních prostor Českého masivu. Z petrologického hlediska se

jedná především o štěrky písčité, písky a jíly. V kvartéru byla největším geologickým činitelem především eolická činnost. V depresích terénu modelovaného terciárními sedimenty a horninami brněnského masivu byly naváty mnohdy **mocné pokryvy deluvioeolických sedimentů – spraší a sprašových hlín**. V kvartéru se pak vytvořily sedimenty vodních toků.

Přímo v místě průzkumu je podloží tvořeno dioritem, granodioritem až granitem, který je směrem do nadloží překrýván mladšími sedimenty – jíly, štěrky písčitémi - kvartérní deluviofluviálními sedimenty. Vodní režim Hajanského potoka je vázán na sezóní výkyvy spojené s táním sněhu v jarních měsících a na přítok povrchové a mělce podpovrchové vody ze srážkové činnosti. Vzhledem k malé propustnosti na povrchu se vyskytujících zemin se infiltrované dešťové vody dostávají snáze do propustnějšího prostředí podložních zvětralin brněnského masivu na území s málo mocným kvartérním pokryvem. Tyto vody pak odtékají ke své drenážní bázi a dotují potok s velkým časovým zpožděním za srážkovou činností. Lokální vodní režim je vázán především na propustnější polohy nebo laminy v eolických sedimentech s trvalým nebo většinou občasným výskytem podzemní vody. **Podzemní voda zastižená na lokalitě je vázána na deluviofluviální sedimenty a eluviální zvětraliny brněnského masivu.**

Geologická mapa

Obr č.2



4. PODROBNÉ ÚDAJE O INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝCH A HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRECH ZKOUMANÉHO ÚZEMÍ

Lokalita je umístěna na svahu při jeho patě nad průběhem Hajanského potoka, který zde tvoří pravotočivou zákrutu. Na levé straně potoka se zvedá prudký uměle vytvořený svah silničního tělesa budovaného na původním svažitém terénu. Za silnicí svah pokračuje v jeho přirozeném sklonu, který byl místy upraven (pod plotem zahrádek) do příkřejšího sklonu. V těchto místech chybí silniční příkop. V ostatních částech je silniční příkop mělký tak, že buďto částečně zadržuje přitékající vodu ze svahu k silnici a následně se tyto vody částečně zasakují pod silniční těleso a z větší části přetékají napříč silnicí a posléze po svahu přísypu silničního tělesa do potoka. Na svahu silničního tělesa upadajícího k potoku jsou patrné výrazné ronové rýhy vytvořených dešťovými vodami. Levostranný svah je budován především mocnými

eolickými sedimenty v jejichž podloží se nacházejí jíly a zvětraliny brněnského masivu. V údolíčku a částečně pod silnicí se nachází deluviofluviální písčité štěrky, štěrkopísky místy jílovité. Na pravém břehu se vyskytují málo mocné eolické sedimenty opět jíly, deluviofluviální sedimenty ve větších mocnostech než na levém břehu a poměrně mělce pod povrchem se nacházející skalní horniny. Nejnižší místo tvořené skalní horninou resp. Jeho osa tedy neodpovídá současnému průběhu koryta Hajanaského potoka.

4.1. Geotechnické typy zemin

Úkolem tohoto průzkumu bylo získání informací o geotechnických poměrech pro rekonstrukci cca 100 m úseku silnice II/152 mezi obcemi Hajany a Želešice. Za tímto účelem bylo realizováno 5 průzkumných vrtů S1 až S5 a 5 sond těžké dynamické penetrace P1 až P5. Těmito průzkumnými díly byly zastiženy následující geotechnické typy:

GT 0 - konstrukční vrstvy vozovky – Y

GT 1 – navážky; F2, G3,

GT 2 – eolické sedimenty – spraše a sprašové hlíny; F6

GT 3 – jíly; F6

GT 4 – štěrky písčité, štěrkopísky; S3, G3

GT 5 – štěrky jílovité, jíly štěrkovité; F2, G5

GT 6 – zvětraliny brněnského masivu; G5, F4 – R4

Typ 0 – konstrukční vrstvy vozovky - Y

Typický profil konstrukčních vrstev vozovky na lokalitě Hajany zahajoval asfaltový povrch vozovky (0,15-0,40 m), pod kterým se nacházel makadam frakce 8-32, místy 8-63mm, místy slabě hlinitý až zahliněný. Vrstva makadamu dosahovaly maximálně hloubky 0,80 m, při mocnostech cca 0,30 až 0,65 m. Ve vrtu S3 nebyl patrný rozdíl mezi podloží nesoudržnou navážkou a slabě hlinitým makadamem o mocnosti 1,20 m.

Typ 1 – různorodé navážky – F2 CG a G3 GF

Tento geotechnický typ byl zjištěn ve všech provedených sondách pod konstrukční vrstvou vozovky, pravděpodobně jako sanační vrstva vybudovaná na přísypu. Jedná se o štěrky hlinité s úlomky granodioritu, dioritu až jíly štěrkovité hnědé barvy F2 CG – vrt S1, popřípadě hlína s příměsí štěrku, hnědá tuhá až pevná. Dále byly zjištěny štěrky písčité, slabě hlinité, červenohnědé barvy s úlomky granodioritu (vrt S2, S4 a S5). Konzistence těchto zemin byla pevná. Báze této vrstvy byla ověřena vrty do hloubky 1,2 – 1,8 m pod povrchem silnice. Mocnost je 0,5 až 1,0 m. Navážky se vyskytují i na svazích silničního tělesa, kde jde jednak o zbytky silničního posypu, sesutý nesoudržný materiál při budování přísypu, ale i antropogenní příměsí – hadice aj. Podle ČSN 721002 spadají navážky do skupiny zemin nebezpečně namrzavých.

tab1. Orientační geotechnické vlastnosti navážek

typ	1
ČSN 721002	F2 CG, G3 GF
Objemová tíha (kNm ⁻³)	19,5

vhodnost do násypu	málo hodná až velmi vhodná
vhodnost do podloží	I-III / V - VII
těžitelnost dle ČSN 733050	3
ef. úhel vn. tření (o)	27
ef. koheze (kPa)	10
modul přetvárn. (MPa)	16
tabulková únosnost (kPa)	250
Poissonovo číslo	0,30 – 0,35

Typ 2 – eolické sedimenty – spraše a sprašové hlíny – F6 CI

Tyto sedimenty jsou patrné jednak na výchozech na levém břehu Hajanského potoka a jednak tvořily podloží při budování přísypu silničního tělesa. Konzistence těchto zemin je většinou tuhá, místy při povrchu tuhá až pevná, na výchozech nad silnicí pak pevná. Zemin y byly vrty S2 – S4 zastiženy do hloubky 2,6 – 3,2 m v mocnostech 1,1 -2,0 m a vrty S1 a S5 do hloubek až 4,0 – 4,7 m v mocnostech 2,5 – 2,9 m. Rozdíl v mocnostech je patrný i v provedených penetračních sondách (viz příloha č.4). Dle ČSN 721002 spadají eolické sedimenty zastižené v podloží vozovky do skupiny zemin vysoce namrzavých.

Tab2. Geotechnické vlastnosti eolických zemin

typ	2
ČSN 721002	F6 CI, CL
Objemová tíha (kNm⁻³)	21,0
vlhkost (%)	19,2 – 23,4
mez tekutosti (%)	35,3 – 40,9
mez plasticity (%)	18,4 – 20,6
index plasticity	15,2 – 20,6
stupeň konzistence	0,82 – 1,05
vhodnost do násypu	nevhodná až málo vhodná
vhodnost do podloží	VIII - X
těžitelnost dle ČSN 733050	2 - 3
ef. úhel vn. tření (o)	17
ef. koheze (kPa)	5
modul přetvárn. (MPa)	3,8
tabulková únosnost (kPa)	80
Poissonovo číslo	0,40

Typ 3 – jíly – F6 CI, CL

Tyto jíly tvoří přechodovou vrstvu mezi eolickými sedimenty a eluviem, případně místy mezi deluviofluviálními nesoudržnými sedimenty. Svým vzhledem a genetickým vývojem představují tři typy zemin:

a) jíly rezavě šmouhavané laminovaně slabě písčité žlutohnědé až hnědé, které se vyskytují ve svrchních částech profilu do 4,0 – 4,7 m p.t. a v mocnostech 0,8 – 1,5 m (S2, S3, S4) s konzistencí tuhou a ve vrtech S1 a S5 do 6,0 až 7,2 m v mocnostech 2,0 – 2,5 m s konzistencí tuhou až měkkou.

b) jíly hnědé až šedohnědé, tuhé konzistence (vrt S2) v hloubce 4,7 – 5,8 m

c) jíly béžově šedé, místy černě laminované nebo černošedé místy slabě písčité a nachází se mezi vrstvami štěrkopísků a místy jsou i slabě písčité přičemž konzistenci mají většinou tuhou. Byly zastiženy pouze ve vrtu S2.

Dle ČSN 721002 spadají jíly zastižené v podloží vozovky do skupiny zemin vysoce namrzavých.

Tab3. Geotechnické vlastnosti jílu

typ	3
ČSN 721002	F6 CI, CL
Objemová tíha (kNm ⁻³)	21,0
vlhkost (%)	19,9 – 27,3
mez tekutosti (%)	33,0 – 40,5
mez plasticity (%)	17,9 – 22,5
index plasticity	14,4 – 17,4
stupeň konzistence	0,65 – 1,03
vhodnost do násypu	nevhodná až málo vhodná
vhodnost do podloží	VIII-X
těžitelnost dle ČSN 733050	2 - 3
ef. úhel vn. tření (o)	18
ef. koheze (kPa)	11
modul přetvárn. (MPa)	4,5
tabulková únosnost (kPa)	100
Poissonovo číslo	0,40

Typ 4 – štěrky písčité, štěrkopísky – S3 SF, G3 GF

Jedná se o patrně deluviofluviální sedimenty bez patrného transportu na delší vzdálenosti neboť jejich zrna jsou ostrohranná až poloostrohranná. Zrnitostně se jedná o štěrkopísky až štěrky písčité, místy s příměsí jemnozrnné frakce. Většinou se jedná o mocnosti 0,1 – 0,5, ojediněle až 0,8 m a byly zastiženy ve vrtech S1 a S2, v penetracích P1 a P2. Vzhledem k jejich uložení ve vrstvách, můžeme je pak zastihnout v hloubkách 5,8 – 8,7 m

Tab4. Geotechnické vlastnosti štěrkopísků

typ	4
ČSN 721002	S3 SF, G3 GF
Objemová tíha (kNm ⁻³)	18,0 – 18,5
vlhkost (%)	5,65 – 17,0
ulehlost	středně ulehlý / ulehlý
těžitelnost dle ČSN 733050	1 / 2-3
ef. úhel vn. tření (o)	30
ef. koheze (kPa)	0
modul přetvárn. (MPa)	20
tabulková únosnost (kPa)	400
Poissonovo číslo	0,30

Typ 5 – štěrky jílovité, jíly štěrkovité – G5 GC, F2 CG

Jedná se rovněž patrně o deluviofluviální sedimenty, ale s převahou štěrků zajiilovaných, zelenošedých až jílu štěrkovitých tuhé až pevné konzistence (konzistence výplně). Zrnitostně byly zaříděny do třídy G5 GC až F2 CG. Ve svrchních polohách se jedná o cca 20 cm vrstvičky (S1, S2, S3, S5) nebo pak jsou uloženy na bázi kvartérních vrstev (S2, S3, S5, P1, P2) v mocnosti 0,6 – 1,5 m.

Tab5. Geotechnické vlastnosti štěrků jílovitých

typ	5
ČSN 721002	G5 GC, F2 CG
Objemová tíha (kNm ⁻³)	19,5
vlhkost (%)	9,6 – 14,1
mez tekutosti (%)	28,6 – 29,2
mez plasticity (%)	16 – 18,6
index plasticity	10 - 13
stupeň konzistence	1,45- 1,48
těžitelnost dle ČSN 733050	1 / 2-3
ef. úhel vn. tření (o)	28
ef. koheze (kPa)	10
modul přetvárn. (MPa)	15
tabulková únosnost (kPa)	220
Poissonovo číslo	0,32

Typ 6 – zvětraliny brněnského masivu – G5, F4 – R4

Tento geotechnický typ rozdělujeme na svrchní zónu eluvia (GT 6.1.) charakteru jílu šterkovitého až šterku jílovitého (G5 GC) zelenošedého, tuhé až pevné konzistence výplně (vrt S1, S2, S5) nebo eluvium jílu silně písčitého s příměsí úlomků hornin (vrt S4) či šterku slabě jílovitého (G3-G5/R6-R5) zastiženého ve vrtu S3. Mocnost eluvií je rozdílná a pohybuje od 0,3 m do 1,7 m. Povrch této vrstvy hornin byl zastižen ve vrtech v hloubkách 4,0 až 8,7 m.

Pod eluviem se nachází diorit rozpukaný, zvětralý až silně zvětralý, dle ČSN 731001 zařazený do třídy R4 – R5 (GT 6.2).

Tab6. Orientační geotechnické vlastnosti eluvia dioritu a zvětralého dioritu

typ	6.1	6.2
ČSN 731001	G5 GC, F4 CS1	R4 – (R5)
Objemová tíha (kNm ⁻³)	20,0	24,0
vlhkost (%)	8,8	-
index plasticity	12,89	-
stupeň konzistence	1,55	-
těžitelnost dle ČSN 733050	3 – 4	5
ef. úhel vn. tření (o)	27	27
ef. koheze (kPa)	22	180
modul přetvárn. (MPa)	40	150 – 600
střední hustota diskontinuit (mm)	extrémně až velmi velká	velká
pevnost v prostém tlaku (MPa)	0,5 - 2	2 – 10
klasifikace pevnosti	extrémně až velmi nízká	velmi nízká – nízká
tabulková únosnost (kPa)	275	250 – 350
Poissonovo číslo	0,30	0,25 – 0,2

Neporušené vzorky pro edometrickou zkoušku byly odebrány z vrtů S1 (geotechnický typ GT3, hloubka odběru 7,0 m) a S5 (geotech. typ GT2, hloubka odběru 2,1-2,2 m). Výsledky těchto zkoušek a moduly přetvárnosti jednotlivých geotechnických typů jsou zaznamenány v tabulce č.7:

Tab7. Edometrický modul (MPa) a modul přetvárnosti (MPa)

Geotechnický typ	Obor napětí (kPa)			Modul přetvárnosti E _{def} *(MPa)
	10 - 50	50 - 100	100 - 200	
1	-	-	-	16
2	2,50	3,38	5,56	-
3	1,56	2,29	5,05	-
4	-	-	-	20
5	-	-	-	15
6.1	-	-	-	40

* - převzato z ČSN 73 1001 – směrné normové charakteristiky zemin

4.2. Hydrogeologické poměry

Hladina podzemní vody je vázána na polohy štěrkopísčitých zemin, případně na povrch rozvětralého skalního masívu a průzkumnými vrty byla naražena v hloubce 5,8 – 8,2 m pod terénem. Hladina je napjatá a ustálila se v hloubce 4,6 až 5,1 m. Ve vrtu S4 hladina podzemní vody nebyla naražena a pravděpodobně se vyskytuje již v puklinovém systému brněnského masívu, tj. v rozpukaném dioritu. V rámci průzkumných prací byly odebrány vzorky podzemních vod k laboratornímu stanovení její agresivity na betonové konstrukce dle ČSN EN 206-1. Odběr byl proveden z vrtů S1, S2 a S5. Dle výše uvedené normy je voda bez agresivních vlastností, což bylo prokázáno zkouškou dle Heyera. Ani další složky sledované normou (síranové anionty, amonné a hořečnaté kationty) nevykazovaly agresivitu vůči betonu.

Jedná se o podzemní vodu s velkou mineralizací se slabě alkalickou reakcí. Látky organického původu byly zjištěny v nezávadném množství – ukazatel CHSK – Mn.

4.3. Objemové hmotnosti a zhutnitelnosti zemin, hodnoty Proctor standard a CBR

Z neporušených vzorků zemin byly v laboratoři zjištěny objemové hmotnosti zemin. V tabulce č.8 uvádíme jejich výsledné hodnoty.

Tab8. Objemové hmotnosti zemin

Označení vrtu	Hloubka odběru vzorku (m)	Geotechnický typ zeminy	Třída dle ČSN 73 1002	Přírozená vlhkost (%)	Objemová hmotnost (kgm ⁻³)		St. nasycení (%)
					Suchá	Přírozená	
S1	3,6	2	F6 CI	21,1	1694	2051	95,2
	7,0	3	F6 CI	24,4	1610	2016	99,0
S2	2,0	2	F6 CI	26,1	1569	1979	97,7
	5,8	3	F6 CI	23,4	1654	2041	99,4
S3	2,7	2	F6 CI	23,4	1625	2004	94,0
	4,3	3	F6 CI	21,6	1731	2105	99,5
S4	3,6	3	F6 CI	19,7	1735	2076	93,9
S5	2,1	2	F6 CI	23,5	1633	2018	97,2
	3,9	2	F6 CL	23,4	1700	1993	79,0

Z výsledků zkoušek vyplývá, že u zeminy GT2 se suchá objemová hmotnost pohybuje mezi 1569 – 1700 kg.m⁻³ a přirozená vlhkost byla zjištěna mezi 21,1 – 26,1 %. U zeminy GT3 byla zjištěna suchá objemová hmotnost v rozmezí 1610 až 1735 kg.m⁻³ a přirozená vlhkost byla zjištěna mezi 19,7 – 24,4 %.

Vzorky pro zkoušky Proctor standard a CBR byly odebrány z eolických zemin z vrtů S1 a S4. Odebrané zeminy se vyskytují v hloubkách od 1,2 až 1,8 m pod povrchem silnice, tj. pod konstrukční a sanační vrstvou.

V tabulce č.9 uvádíme výsledné hodnoty zkoušek Proctor standard a CBR ze vzorků zemin, které byly za tímto účelem na lokalitě odebrány.

Z výsledků zkoušek vyplývá, že, maximální objemová hmotnost se u zemin pohybuje mezi 1797 – 1828 kg.m⁻³ a optimální vlhkost zeminy pro dosažení max. objem. hmotnosti byla zjištěna při 15,6 – 16,2 %. Přirozené vlhkosti byly o cca 6,5 % vyšší než optimální vlhkost. Přirozené vlhkosti budou z části záviset na ročním období a množství spadlých srážek.

Tab9. Výsledné hodnoty PS a CBR

Označení vrtu	Hloubka odběru vzorku (m)	Geotechnický typ zeminy	Třída dle ČSN 73 1002	Přirozená vlhkost (%)	Proctor standard		CBR (%)
					Optimální vlhkost (%)	Max. objemová hmotnost (kgm ⁻³)	
S1	2,0	2	F6 CI	22,1	15,6	1828	27
S4	1,5 – 2,0	2	F6 CI	22,9	16,2	1797	32

Pokud z výše uvedených tabulek vyhodnotíme objemové hmotnosti dosažených u vrtů S1 a S4 u GT2 a max. objemovou hmotnost dosaženou při PS, pak je zřejmé, že eolická zemina u vrtu S1 vykazuje hodnoty 92,7 % PS a u vrtu S4 96,5% PS. Zemina v inkriminovaném místě, kde jsou zátrhy v silnici největší, vykazuje zhutnitelnost nejnižší hodnoty a dle ČSN 73 6133 odstavec 7.1.3.7 nesplňuje požadavek soudržné zeminy v tělese násypu (mimo aktivní zónu) kdy D= 95% PS.

Dále je zřejmé, že při eventuální úpravě přísypu silničního tělesa by zeminy GT2 bylo nutné zlepšit pojivy, což dokládají rozdíly přirozených a optimálních vlhkostí (>5). Jinak jsou eolické zeminy zhutnitelné a použitelné do násypu, což dokládají zjištěné hodnoty CBR.

Na průběhu penetračních zkoušek P1 a P2, je patrné, že zhutnitelnost eolických sedimentů je rozdílná v hloubce do 3 m. Zatímco u sondy P1 se úderu na 20 cm vniku pohybují mezi 3 – 6 úderu u sondy P2 (umístěné v krajnici) jsou mezi 1 – 2 úderu. Konzistence uvedené u penetračních zkoušek v místech, kdy se jedná o přísyp, neodpovídají reálným konzistencím, ale spíše se jedná o nedostatečné zhutnění v součinnosti s porušením struktury zeminy vlivem svahových deformací („porušené zóny“).

Z penetračních zkoušek uvádíme v tabulce č.10 málo zhutněné zóny či zeminy s nízkou konzistencí.

Tab10. Výsledky penetračních zkoušek

Označení vrtu	„Porušené zóny“ (m)	Povrch podloží nesoudržných zemin / eluvia hornin (m)
P1	3,0 – 5,0*	6,4 / 8,4
P2	0,4 – 5,0*	6,0 / 7,8
P3	1,2 – 2,8	- / 4,2
P4	0,4 – 1,0 a 1,4 – 2,2	- / 4,4
P5	0,4 – 1,2	6,4 / 6,8

* k bázi je možné ovlivnění kapilární vztlínavostí podzemní vody

5. ZÁVĚR

Cílem našeho průzkumu bylo získání detailních informací o geotechnických poměrech lokality sesuvu krajnice komunikace II/152 v místech jejich poruch mezi obcemi Hajany a Želešice a to včetně geotechnického posouzení a návrhu sanačního opatření. Podrobný popis je součástí kapitoly 4 včetně geotechnických vlastností zastižených zemin, geologické řezy jsou součástí přílohy č.2 a návrh sanačních opatření je součástí přílohy č.9.

Jak vyplynulo z výsledků geotechnického průzkumu, můžeme dle zjištěné geologie rozdělit zkoumaný úsek na dvě části. První část mezi vrty S5 a S3 a druhou část mezi vrtem S3 a penetrací P4. První část úseku silnice je budována na „poklesové kotlině“ s výskytem šterkopísčitých a šterkovitých vrstev nad skalním podložím tvořeným převážně dioritem, kde při povrchu jsou zvláště mezi vrty S2 a S5 mocnější polohy eolických sedimentů – spraší a sprašových hlín (cca 4 - 5m). Pod sprašemi se nacházejí jíly světle šedé a rezavošedé. Druhá část úseku silnice je reprezentována zvedajícím se skalním podložím, které bylo zastiženo v hloubce 4,0 – 4,4 m pod terénem, na kterém se nacházejí jíly a k povrchu pak eolické sedimenty.

Příčiny současného stavu silnice jsou dány jednak predispozicí v geologické stavbě (viz výše – větší mocnost kvartérních prachovitých zemin) a především pak ve stavbě přísypu silničního tělesa, kdy jednak penetračními zkouškami byly zjištěny „porušené zóny“, které se vymykají průběhu zkoušky v zeminách tohoto typu v jejich přirozeném uložení (rozdíl ve svrchních partiích P1 a P2) a jednak zkouškami na neporušených vzorcích (zjištění objemových hmotností zemin) v porovnání se zkouškami PS (zjištění maximální objemové hmotnosti zeminy), kdy byla na eolických sedimentech v podloží vozovky zjištěna zemina s mírou zhutnitelnosti 87 – 93 % PS. Porušené zóny odpovídají zeminám v nepřirozeném

uložení, tj. odpovídají nedostatečně zhutněným zeminám a dále mohou náležet zeminám postiženým sesuvnými procesy – nakypření zeminy popř. potrhání struktury zeminy.

Rekognoskační úseku bylo zjištěno, že dešťové vody přitékající ze svahu k silnici buď nejsou vůbec (prudký svah přimykající se ke krajnici silnice) nebo jsou částečně zadrženy mělkým (téměř nezatelným) příkopem bez odvodnění, tj. s následným přelivem přes živinový povrch silnice na stranu svahu přísypu tělesa komunikace, kde potom dešťová voda vytváří ronové rýhy, a následně do potoka. Tento stav nahrává k infiltraci částečně zadržovaných vod do podloží pod silniční těleso, kde snižuje konzistenci zemin a podporuje možnost vzniku porušených zón.

Agresivita podzemní vody nedosahuje podle ČSN EN 206-1 ani nejnižšího stupně agresivity XA1, ochrana betonu pilot před účinky agresivního prostředí tedy není nutná. Pro piloty byl uvažován beton C25/30, krytí výztuže 100 mm.

Sesuvné pohyby jsou v současnosti stále aktivní – hrozí tedy riziko, že se jejich rychlost v důsledku přítoku srážkové vody do trhlin, zvláště v úseku nejvíce porušeném, tj. mezi sondami S1 a P1, urychlí natolik, že bude nutné přerušit provoz na komunikaci. Situaci je tedy nutné urychleně řešit.

Geotechnické výpočty pro provedení sanačního opatření – **vybudování pilotové stěny** (viz příloha č.9) s uvažováním vlivu dopravy byly provedeny pro nejhorší profil v místě, kde je komunikace v havarijním stavu (sondy S1 a P2). Navržená sanační opatření lze tedy provést v celé délce sanovaného úseku. Tímto opatřením se zabrání deformacím svahů, které jsou v současné době budovány ve sklonu cca 1:1, což je v rozporu se sklony uvedenými v ČSN 73 3050 (1:2,5 až 1:2).

Je nutné si ovšem uvědomit, že ještě i po provedení následujících opatření mohou vzniknout deformace svislé, které budou mít svoji podstatu ve změnách objemových vlastností zeminy. Porušená zemina v podloží komunikace si může časem dosednout. Proti tomuto opatření je možné doporučit sanaci podloží komunikace vytěžením porušených zón zjištěných průzkumem a zpětné nahutnění (po snížení nadměrné vlhkosti např. pojivem – nehašeným vápnem) případně by bylo vhodné v nejvíce postižených místech uvažovat i o využití geomříží přesazených do nenarušené „zdravé“ zeminy nacházející se na druhé polovině vozovky.

Dále doporučujeme provést následující opatření :

- na břehu řeky zřídit ochranný přísyp z hrubého kameniva, který bude působit jako ochrana před erozním působením řeky
- zřídit funkční odvodnění srážkových vod z vozovky a přilehlých svahů (o špatně fungujícím odvodnění svědčí mimo jiné ronové rýhy ve stávajícím násypu směrem k řece)
- před položením nové vozovky v sanovaném úseku vyměnit zeminu v aktivní zóně podloží vozovky za zeminu vhodnou, aktivní zónu doporučujeme oddělit od podloží filtračně – separační geotextilií.

Vzhledem ke složitým inženýrskogeologickým poměrům zájmového území a pouze odhadovaným inženýrskogeologickým poměrům v místě injektovaných kořenů kotev je při provádění sanačních opatření nutná průběžná přítomnost geotechnického dozoru.