Obsah

1. Základné údaje o geologickej úlohe 3

2. Všeobecne 5

3. Stručný prehľad klimatických, geomorfologických a geologických pomerov širšieho okolia 5

3.1 Klimatické pomery 5
3.2 Geomorfologické pomery 6
3.3 Stručná charakteristika geologických pomerov 6
3.4 Stručná charakteristika inžinierskogeologických pomerov 6
3.5 Stručná charakteristika hydrogeologických pomerov 7
3.6 Geodynamické javy 7
3.7 Seizmicita 8
3.8 Geologická preskúmanosť územia 8

4. Rozsah a metodika prieskumných prác 8

4.1 Rozsah prieskumných prác 8
4.2 Metodika prieskumných prác 9
4.2.1 Sondážne a vzorkovacie práce 9
4.2.2 Laboratórne práce 10
4.2.3 Meračské práce 10
4.2.4 Práce geologickej služby 10

5. Inžinierskogeologické pomery v trase cesty 10

5.1 Komplex flyšoidných hornín paleogénu 10
5.2 Komplex kvartérnych pokryvných útvarov 11
5.2.1 Antropogénne sedimenty 11
5.2.2 Fluviálne sedimenty 12
5.2.3 Deluviálne sedimenty 12
5.2.4 Proluviálne sedimenty 12

6. Hydrogeologické pomery v trase cesty 13

7. Geotechnické zhodnotenie 14

7.1 Zatriedenie zemín a hornín pre pozemné komunikácie 14
7.2 Geotechnické zhodnotenie 16
7.3 Kategorizácia ťažiteľnosti a vŕtateľnosti zemín a hornín 18

8. Závery 18

Zoznam príloh

Zoznam grafických príloh:

2. Prehľadná situácia M 1 : 10 000
3 Situácia vrtov M 1 : 2 000

Zoznam textových príloh:

4 Dokumentácia vrtov
5 Dokumentácia laboratórnych prác

1. ZÁKLADNÉ ÚDAJE O GEOLOGICKEJ ÚLOHE

Názov geologickej úlohy:	**Rekonštrukcia cesty II/575 Malá Poľana - Medzilaborce**
Kraj:	**Prešovský**
Okres:	**Medzilaborce, Stropkov**
Katastrálne územie:	**Malá Poľana, Rokytovce, Krásny Brod**
Objednávateľ:	**Prešovský samosprávny kraj** **Námestie mieru 2, 080 01 Prešov**
Zhotoviteľ:	**Geoconsult, s.r.o.** **Miletičova 21, 820 05 Bratislava**
Etapa prieskumu:	**podrobný inžinierskogeologický**
Číslo úlohy:	**2016/0005**
Registračné číslo Geofondu:	**154/2016**
Zodpovedný riešiteľ:	**RNDr. Ivan Jakubis**
Riešitelia úlohy:	**RNDr. Ján Grech – inžinierska geológia**
Dátum záverečnej správy:	**apríl 2016**

Ing. Ľuboš Rojko, PhD.
konateľ spoločnosti

2. VŠEOBECNE

Geologická úloha bola zrealizovaná na základe uzatvorenej ZoD. Projekt geologickej úlohy bol vypracovaný zhotoviteľom v 03/2016 a odsúhlasený objednávateľom v 03/2016. Úloha bola zhotoviteľom zaregistrovaná pod číslom 2016/0005.

Rozsah geologickej úlohy vyplynul z požiadavky objednávateľa v zmysle súťažných podkladov obstarávateľa PSK. Rozsah prieskumných prác bol podľa súťažných podkladov prerokovaný s objednávateľom a následne odsúhlasený v projekte geologickej úlohy.

Účelom prieskumných prác bolo overiť inžinierskogeologické, hydrogeologické a geotechnické pomery v trase cesty so zameraním najmä na porušené úseky. Podkladom pre návrh rozsahu a metodiky prieskumných prác bola obhliadka súčasnej cesty a situácia stavby v mierke 1:10 000.

Geologické práce boli zrealizované v zmysle schváleného projektu bez zásadných zmien.

3. STRUČNÝ PREHĽAD KLIMATICKÝCH, GEOMORFOLOGICKÝCH A GEOLOGICKÝCH POMEROV ŠIRŠIEHO OKOLIA

3.1 Klimatické pomery

Geografická pozícia územia sa odráža v jeho klimatických pomeroch. Podľa atlasu SSR (1980) patrí do mierne teplej, mierne vlhkej, vrchovinovej oblasti a čiastočne aj do mierne teplej, vlhkej vrchovinovej oblasti.

Z klimaticko – geografického začlenenia v celom území ide o typ teplej horskej klímy, ktorá sa vyznačuje malou inverziou teplôt vzduchu a je vlhká až veľmi vlhká. Priemerná teplota vzduchu pre subtyp s teplou klímou je v januári -2 až -5 °C, priemerná teplota v júni je 17,5 až 19,5 °C. Vrchovinová časť územia patrí ku mierne vlhkému subtipu s priemernou teplotou v januári -3,5 až -6 °C, v júni je priemerná teplota 17 až 17,5 °C.

Priemerná ročná teplota kolíše medzi 6,9 až 8,4 °C, v letom polroku (apríl – september) medzi 7,2 až 19,6 °C, v zimnom polroku (október – marec) medzi 9,0 až 4,9 °C.

Priemerný ročný úhrn zrážok zo zrážkomerných staníc Svidník a Ladomírová je od 670 mm/rok do 730 mm/rok. Priemerné ročné úhrny zrážok mierne narastajú v smere od juhu na sever.

Snehová pokrývka býva v nižších polohách často prerušovaná, vyskytuje sa od 3. dekády novembra do 2. dekády marca. S pribúdaním nadmorskej výšky sa jej výskyt predlžuje a stabilizuje.

Hĺbka premŕzania stanovená podľa ON 73 6196 je nasledujúca:

$h_{pr}=\sqrt{2.a_0.T_m}$ = $\sqrt{2.57.140}$ = **126 cm** (a_0=57, T_m=140 - počet mrazových dní)

3.2 Geomorfologické pomery

Podľa geomorfologického členenia Slovenska patrí skúmané územie do subprovincie Vonkajších Východných Karpát a oblasti Nízke Beskydy. Je súčasťou celku Laboreckej vrchoviny. Nadmorská výška cesty je 300-450 m n. m.

3.3 Stručná charakteristika geologických pomerov

Územie cesty v úseku M. Poľana - Medzilaborce je situované v Laboreckej vrchovine. Táto časť územia je budovaná komplexom **paleogénnych hornín** – flyšové pásmo krynickej jednotky magurskej skupiny príkrovov so zastúpením zlínskych a belovežských vrstiev od Malej Poľany po vrcholovú časť cesty, ďalej až po Medzilaborce dukelskou jednotkou zastúpenou cisnianskymi a papínskymi vrstvami.

V zlínskych vrstvách prevláda striedanie vápnitých pieskovcov, ílovcov a siltovcov. Ílovce a siltovce sú vápnité s lastúrnatým lomom, v belovežských vrstvách prevláda striedanie pestrých ílovcov a vápnitých pieskovcov.

Papínsle vrstvy sú tvorené prevažne ílovcami s polohami jemnozrnných pieskovcov. Cisnianske vrstvy prezentujú pieskovcový flyš so zastúpením stredne až hrubolavicovitými drobovými pieskovcami.

Komplex paleogénnych hornín prekrývajú **kvartérne sedimenty** deluviálne, menej fluviálne a proluviálne.

V predmetnom území dominujú deluviálne sedimenty, v hlavných tokoch fluviálne sedimenty a v bočných údoliach proluviálne sedimenty.

Deluviálne sedimenty sú charakteru ílov na území budovanom flyšovým komplexom a sú ojedinele charakteru sutí. V týchto typoch delúvií sú lokálne vyvinuté zosuvné delúvia. Zosuvné delúvia často zasahujú do ich rozloženej a zvetranej zóny.

Fluviálne sedimenty sú zastúpené ako výplň údolia Brusného, Obrúbaného potoka a potoka Rakytovec. Sú reprezentované štrkovitými a pokryvnými jemnozrnnými zeminami. Lokálne sa vyskytujú aj zeminy s prímesou organických látok najmä v depresiách.

Proluviálne sedimenty sú vyvinuté len ojedinele pri vyústení bočných tokov. Sú tvorené heterogénnym materiálom splachov povrchových tokov zastúpené jemnozrnnými až štrkovitými zeminami.

Antropogénne sedimenty sa vyskytujú len ako materiály násypov v trase cesty, resp. ako úpravy terénu.

3.4 Stručná charakteristika inžinierskogeologických pomerov

V zmysle inžinierskogeologickej rajonizácie patrí územie do regiónu karpatského flyša, oblasti flyšových vrchovín – Laborecká vrchovina, rajónu Sf – flyšoidné horniny.

Na stavbe horninového prostredia sa podieľajú:

- **formácia flyšoidných hornín paleogénu (flyšové pásmo)**

Horniny tejto formácie sú zastúpené súvrstvým ílovcov a pieskovcov typického strednorytmického flyšu s prevahou sivých ílovcov nad jemnozrnnými pieskovcami.

- **formácia kvartérnych pokryvných útvarov s nasledovnými litologickými komplexmi:**
    - fluviálny komplex tvorený jemnozrnnými, piesčitými a štrkovitými sedimentmi údolných nív,
    - deluviálny komplex tvorený jemnozrnnými svahovými sedimentmi s lokálnym výskytom zosuvných delúvií,
    - proluviálny komplex zastúpený výplňou bočných údolí v prevahe s jemnozrnnými sedimentmi, menej štrkovitými sedimentmi
    - komplex antropogénnych sedimentov zastúpený prevažne zemnými telesami násypov pozemných komunikácii (cesta)

3.5 Stručná charakteristika hydrogeologických pomerov

Trasa cesty Malá Poľana - Medzilaborce prechádza hydrogeologickým rajónom „PQ 105 Paleogén Ondavy po Kučín“.

Geologickými útvarmi podieľajúcimi sa na stavbe územia v trase cesty sú flyšové horniny paleogénu a sedimenty kvartéru. Podzemné vody v hodnotenom území tak zaraďujeme k nasledovným hydrogeologickým celkom:

- podzemné vody kvartérnych sedimentov,
- podzemné vody flyšového komplexu.

Z hydrogeologického hľadiska majú lokálny význam iba zvodnené sedimenty v údolí potoka Rakytovec s hladinou podzemnej vody v hĺbke 1-3 m pod terénom. V území sa lokálne vyskytujú zamokrené územia a prevažne bariérové pramene. Flyšové súvrstvie predstavuje prakticky nepriepustné prostredie, priepustnejší horninový komplex lokálne predstavujú pieskovcové polohy v tektonicky porušených zónach s puklinovou priepustnosťou.

3.6 Geodynamické javy

Intenzita reliéfu, litológia zastúpených sedimentov, klimatické pomery, erózna a akumulačná činnosť vody podmienili vznik geodynamických procesov, z ktorých sa uplatňovali najmä erózia, svahové pohyby a zvetrávanie.

Najrozšírenejším typom sú erózne procesy, kde málo odolné horniny podliehajú erózii s charakteristickým ostrým tvarom reliéfu, ktorý sa vyznačuje strmo modelovanými svahmi. Na rozhraní pahorkatiny a údolnej nivy tokov je výrazný morfologický skok, kde sa uplatňuje výrazná bočná erózia toku, resp. na jej prítokoch je vyvinutá výmoľová erózia s výskytom hlbokých eróznych rýh. Na týchto svahoch sú často odkryté podložné predkvartérne komplexy.

K významným geodynamickým procesom v území patria aj svahové pohyby. V prevažnej miere je to zosúvanie a zliezanie. Najväčšie rozšírenie svahových pohybov je zaznamenaných na svahoch, kde sú bočnou eróziou obnažené vrstvy flyšoidných hornín prekryté delúviami. Tieto priaznivé podmienky predurčujú vznik zosuvov často zasahujúcich aj predkvartérne horniny. Na základe registrácie zosuvov a zosuvných území sa v predmetnom území nachádza niekoľko úsekov cesty, ktoré prechádzajú zosuvnými územiami prevažne stabilizovaných zosuvov.

Zvetrávanie je veľmi výrazné v masíve flyšoidných hornín s prevahov ílovcov a slieňovcov. Súčasné zvetrávanie je viazané na erodované a umelo odkryté časti svahov. Degradácia hornín je tu ešte zvýraznená aj objemovými zmenami rozložených zón ílovcov a slieňovcov, resp. polôh ílovitých zemín aj deluviálneho charakteru. Objemové zmeny pri zväčšení objemu sú viazané na zvýšenie vlhkosti a na zmrašťovanie v období sucha. Horniny sú náchylné aj namŕzavosťou.

3.7 Seizmicita

Záujmové územie v zmysle STN 73 0036 (09.97) sa nachádza v zdrojovej oblasti seizmického rizika č.2, ktorej sa priraďuje základné seizmické zrýchlenie a_r = 1,0 m.s^{-2}. Geologické podložie budované flyšovou formáciou sa zaraďuje v zmysle STN 73 0036 (09.97) ako geologické podložie kategórie A.

3.8 Geologická preskúmanosť územia

Záujmové územie je spracované v základnej geologickej mape v mierke 1:200 000. Inžinierskogeologické záujmového územia sú zobrazené v súboroch regionálnych máp :

- Hrašna, M., et. al.: Inžinierskogeologická mapa Slovenskej republiky v mierke 1:200 000, list Bardejov, Bratislava 1988

Z podrobnejších prieskumov sa v území realizoval inžinierskogeologický prieskum pre rekonštrukciu predmetnej cesty. Ide o:

- Rekonštrukcia št. cesty č. 575 Stropkov - Medzilaborce, Dopravoprojekt Bratislava 1960
- M. Poľana – zosuv cesty II/575 v km 21,650 a v km 21,150, Ingreal Košice, 1995

4. ROZSAH A METODIKA PRIESKUMNÝCH PRÁC

Rozsah a metodika terénnych, laboratórnych, meračských a geologických prác bol odsúhlasený objednávateľom v projekte geologickej úlohy.

4.1 Rozsah prieskumných prác

Zásadné zmeny v rozsahu prieskumných prác s ohľadom na projektované práce neboli realizované.

Rozsah a metodika terénnych, laboratórnych a geologických prác bol odsúhlasený obstarávateľom v projekte geologickej úlohy a je so skutočne realizovanými prieskumnými prácami uvedený v nasledovných tabuľkách:

Označenie vrtu	Hĺbka	
	projekt	realizácia
VMM-1	4	4
VMM-2	8	8
VMM-3	8	8
VMM-4	8	8
VMM-5	8	5,7
VMM-6	4	4
	40	**37,7**

Odber vzoriek zemín a podzemnej vody projektovaný a skutočný uvádza nasledovná tabuľka:

Označenie vrtu	Porušená		Podzemná voda	
	Projekt	Realizácia	Projekt	Realizácia
VMM-1	2	2		
VMM-2	2	2		
VMM-3	2	2		
VMM-4	2	2	1	1
VMM-5	2	2		
VMM-6	2	2		
	12	**12**	**1**	**1**

Rozsah laboratórnych prác projektovaný a skutočný uvádza nasledovná tabuľka:

Rozbor	Projekt	Realizácia
spracovanie porušených vzoriek komplet	12	12
skrátený chemický rozbor podzemnej vody	1	1

4.2 Metodika prieskumných prác

4.2.1 Sondážne a vzorkovacie práce

Vrtné práce na tejto úlohe boli realizované nasledovnými vrtnými súpravami:

- URB-2,5A (na podvozku Zil) - inžinierskogeologické vrty jadrové

Vrtné práce boli realizované rotačno-jadrovým vŕtaním s priemerom jednoduchej jadrovnice 133 mm a 156 mm.

Dokumentačné vzorky (vrtné jadro) boli ukladané do vzorkovníc a následne vyhodnocované a fotograficky dokumentované geológom. Vrty boli po zdokumentovaní a ovzorkovaní zahádzané

vyvŕtaným materiálom - skartovaným vrtným jadrom a terén okolo vrtov bol upravený do pôvodného stavu.

Odbery porušených vzoriek zemín boli realizované do igelitových vreciek a príslušne označené. Odbery vzoriek podzemnej vody boli realizované odberným zariadením do vzorkovacej súpravy a príslušne označené. Odber vzoriek bol realizovaný v súlade s platnými predpismi.

4.2.2 Laboratórne práce

Vzorky zemín boli spracované v zmysle platnej metodiky nasledovne:

Metodika skúšok a ich vyhodnotenie je uvedené v textových prílohách.

Vzorky podzemných vôd boli spracované v zmysle platnej metodiky nasledovne:

Metodika skúšok a ich vyhodnotenie je uvedené v textových prílohách.

4.2.3 Meračské práce

Vytýčenie a zameranie vrtov sa vykonali GPS metódou RTK. Meranie bolo vykonané v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme B.p.V.

4.2.4 Práce geologickej služby

Práce geologickej služby boli vykonávané v zmysle platných metodík a STN.

5. INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ POMERY V TRASE CESTY

5.1 Komplex flyšoidných hornín paleogénu

Horniny tejto formácie sú zastúpené flyšoidným súvrstvým ílovcov a pieskovcov. Horniny vystupujú v trase cesty v celom úseku. Komplex je tvorený ílovcami s polohami pieskovcov. Ílovce sú pestrej červenohnedej, sivohnedej, zelenkavohnedej až sivej farby, pieskovce sú svetlohnedé jemnozrnné. Komplex sa vyznačuje drobnorytmickým flyšovým charakterom, pričom ílovce sú v prevahe nad pieskovcami.

V najvrchnejšej zóne pod kvartérnymi pokryvnými útvarmi sú ílovce *úplne zvetrané až rozložené*, pričom nadobúdajú charakter jemnozrnných zemín. Zóna rozloženia siaha do hĺbky 5 m. Podľa STN 72 1001 ich možno klasifikovať ako íl so strednou až vysokou plasticitou so symbolom CI, CH, íl piesčitý so symbolom CS a íl štrkovitý so symbolom CG, resp. ako horniny s extrémne nízkou pevnosťou R6.

V hlbších častiach masívu v *zóne silného zvetrania a tektonického porušenia* nadobúdajú ílovce charakter prechodu medzi zeminami a poloskalnými horninami. Podľa dokumentácie vrtov majú charakter sute kamenito-ílovitej až ílovito-kamenitej, resp. poloskalných hornín. Podľa STN 72

1001 možno silne zvetrané a tektonicky porušené horniny klasifikovať ako zeminy - íl štrkovitý so symbolom CG, resp. ako polosklané horniny s veľmi nízkou až extrémne nízkou pevnosťou R5-R6.

Slabo až stredne zvetrané ílovce sa svojimi vlastnosťami približujú k poloskalným horninám. Podľa STN 72 1001 ich možno klasifikovať ako horniny s veľmi nízkou pevnosťou R5.

Najpevnejšie zdokumentované horniny uvedenej formácie predstavujú pieskovce. Tieto tvoria v súvrství pevné a zdravé polohy, sú doskovité až lavicovité. Podľa STN 72 1001 ich možno klasifikovať ako horniny s nízkou až strednou pevnosťou R4-R3.

Odporúčané fyzikálno-mechanické vlastnosti komplexu flyšoidných hornín paleogénu sú uvedené v priloženej tabuľke.

	Ílovce rozložené a silne zvetrané, ílovce zvetrané tektonicky porušené	**Ílovce zvetrané**	**Pieskovce navetrané**
Parameter	**CS, Cl, CH (R6)**	**CG (R5-R6)**	**R4**
objemová tiaž (kNm^{-3})	19	19,5	23,5
uhol vn. trenia efektívny (°)	18	20	35
súdržnosť efektívna (kPa)	10	10	100
Poissonovo číslo ν	0,42	0,35	0,15
β	0,37	0,62	
modul deformácie (MPa)	5	10	500
Zatriedenie podľa STN 72 1001	**F4, F6, F8**	**F2**	**R4**

5.2 Komplex kvartérnych pokryvných útvarov

Komplex kvartérnych pokryvných útvarov je v území zastúpený nasledujúcimi litologickými formáciami a typmi zemín :

- **antropogénny komplex,** ide o navážky, ktoré sú súčasťou zemného telesa existujúcej cesty, resp. navážky pri úprave terénu,
- **fluviálny komplex údolných nív** zastupuje údolné uloženiny povrchových tokov, komplex tvoria piesčité a štrkovité sedimenty prekryté povodňovými jemnozrnnými náplavami,
- **deluviálny komplex** v území tvorí súvislý pokryv, ide o prevažne jemnozrnné svahové sedimenty s rôznym zastúpením klastickej zložky, podstatné zastúpenie majú zosuvné delúviá, ktoré majú obdobný charakter ako deluviálny komplex,
- **komplex proluviálnych sedimentov** sa nachádza lokálne v krátkych bočných údoliach, komplex je zastúpený jemnozrnnými zeminami s premenlivým podielom úlomkov hornín, miestami nadobúdajú charakter štrkovitých zemín.

5.2.1 Antropogénne sedimenty

V území je antropogénny komplex zastúpený násypmi existujúcej cesty. Na základe makroskopického vyhodnotenia realizovaných vrtov sú násypy tvorené jemnozrnnými a štrkovitými zeminami, ktoré podľa STN 72 1001 možno klasifikovať ako íl so strednou plasticitou so symbolom

CIY, íl štrkovitý so symbolom CGY, štrk zle zrnený so symbolom GPY, štrk siltovitý až ílovitý so symbolom GMY, GCY. Lokálne sa v násypoch vyskytujú balvany a stavebný odpad (VMM-6).

5.2.2 Fluviálne sedimenty

Fluviálny komplex je vyvinutý hlavne v údolných nivách povrchových tokov na začiatku a na konci úseku. V komplexe sedimentov údolných nív sa vyskytujú štrkovité, piesčité sedimenty dnovej výplne, ktoré sú prekryté jemnozrnnými povodňovými sedimentmi.

Povodňové náplavy reprezentujú jemnozrnné zeminy, ktoré podľa STN 72 1001 možno ako íl so strednou až vysokou plasticitou so symbolom CI, CH, na prechode so štrkovým podložím sa miestami môžu nachádzať íly štrkovité so symbolom CG. Konzistencia zemín je prevažne tuhá, lokálne mäkká až kašovitá, ojedinele sa môže vyskytovať prímes organických látok.

Fluviálne sedimenty dnovej výplne sú zastúpené štrkovitými a piesčitými zeminami, ktoré podľa STN 72 1001 možno klasifikovať ako štrk až piesok ílovitý so symbolom GC, SC.

5.2.3 Deluviálne sedimenty

Deluviálny komplex bol vrtmi zistený priebežne v prevažnej časti cesty. V delúviách dominujú jemnozrnné zeminy s premenlivým obsahom úlomkov podložných hornín. Súčasťou deluviálneho komplexu je aj hojne zastúpené zosuvné delúvium. Podľa STN 72 1001 sú v komplexe delúvií a zosuvných delúvií zastúpené prevažne íly so strednou až vysokou plasticitou so symbolom CI, CH, lokálne íly piesčité so symbolom CS. Konzistencia zemín je prevažne tuhá až pevná, s obsahom klastickej zložky do 10-20 %. Z úlomkov hornín sú zastúpené ílovce a pieskovce. V delúviách boli dokumentované prehnietené polohy mäkkej konzistencie, ktoré indikujú šmykové zóny zosuvných území.

5.2.4 Proluviálne sedimenty

Proluviálne sedimenty neboli prieskumnými prácami dokumentované. Predpokladáme, že ide o zmiešané splachové sedimenty, ktoré sú zastúpené materiálom delúvií tvorené prevažne jemnozrnnými zeminy, ktoré podľa STN 72 1001 možno klasifikovať ako íl so strednou až vysokou plasticitou so symbolom CI, CH, miestami ako íl štrkovitý so symbolom so symbolom CG.

Odporúčané fyzikálno-mechanické vlastnosti komplexu antropogénnych, fluviálnych, deluviálnych a proluviálnych sedimentov sú uvedené v priložených tabuľkách.

	Násypy		**Fluviálne sedimenty**	
Parameter	**GPY, GMY, GCY**	**CI, CG**	**CI, CH**	**GC**
objemová tiaž (kNm^{-3})	20	19	18,5	19
uhol vn. trenia efektívny (°)	28	18	15	25
súdržnosť efektívna (kPa)	5	10	10	5
Poissonovo číslo ν	0,30	0,40	0,40	0,30
β	0,74	0,47	0,47	0,74
modul deformácie (MPa)	50	4	2	30
Zatriedenie podľa STN 72 1001	**G2, G4, G5**	**F6, F2**	**F6, F8**	**G5**

	Proluviálne sedimenty	Deluviálne sedimenty	Zosuvné delúviá
Parameter	**Cl, CH**	**CS, Cl, CH**	**Cl, CG**
objemová tiaž (kNm^{-3})	18,5	19	19
uhol vn. trenia efektívny (°)	15	18	15*
súdržnosť efektívna (kPa)	10	10	3*
Poissonovo číslo ν	0,42	0,42	0,42
β	0,37	0,37	0,37
modul deformácie (MPa)	2	4	2
Zatriedenie podľa STN 72 1001	**F6, F8**	**F4, F6, F8**	**F6, F2**

Poznámka: * reziduálne parametre

6. HYDROGEOLOGICKÉ POMERY V TRASE CESTY

Geologická stavba, tektonické, morfologické a klimatické pomery podmieňujú charakter hydrogeologických pomerov prieskumného územia, ktoré je budované sedimentami kvartéru a paleogénu.

Kvartér

V sedimentoch kvartéru možno vyčleniť nasledovné litologicko - genetické typy:

- deluviálne a proluviálne sedimenty
- fluviálne sedimenty

Deluviálne a proluviálne sedimenty v trase cesty tvoria prevažne jemnozrnné sedimenty. Predpokladané hodnoty koeficientu filtrácie sú rádovo 10^{-9} $m.s^{-1}$, čo podľa klasifikácie zodpovedá VIII. triede priepustnosti a charakterizuje prostredie ako nepatrne priepustné.

Fluviálne sedimenty reprezentujú náplavy potokov a sú tvorené prevažne dnovými štrkmi ílovitými a povodňovými ílmi piesčitými a ílmi. Zadeľujeme ich do triedy IV. až VII. a charakterizujeme ich ako mierne priepustné (štrky) až dosť slabo priepustné (piesčité íly). Predpokladané hodnoty koeficientu filtrácie piesčitých ílov sú rádovo 10^{-7} $m.s^{-1}$ a štrkov rádovo 10^{-5} $m.s^{-1}$.

Paleogén

Paleogénne súvrstvia sú zastúpené rôznymi typmi sedimentov (pieskovce, siltovce, ílovce), ktoré majú z hydrogeologického hľadiska značne odlišný význam. Zatiaľ čo ílovce a siltovce môžeme vcelku považovať za nepatrne priepustné až nepriepustné horniny, v pieskovcových súvrstviach môže dochádzať k významnejšiemu sústreďovaniu podzemných vôd. Vo flyšových súvrstviach dochádza spravidla k striedaniu pieskovcových a ílovcových polôh s rozdielnym vzájomným zastúpením pieskovcov a ílovcov. Od ich vzájomného pomeru je závislá aj celková priepustnosť jednotlivých súvrství a tým aj ich hydrogeologický význam. V paleogénnych súvrstviach rozlišujeme pórovú a puklinovú priepustnosť. Pórová priepustnosť flyšových hornín je nízka a z hydrogeologického hľadiska často málo významná.

Hlavným typom priepustnosti je puklinová priepustnosť. Táto je viazaná na porušenie hornín exogénnymi procesmi v zóne rozvoľnenia a zvetrania, ktorá dosahuje hĺbku 40-50 m ojedinele aj viac a tiež na tektonické porušenie hornín.

V čase prieskumu boli v realizovaných sondách dokumentované nasledovné úrovne hladiny podzemných vôd:

	Hladina podzemnej vody			
Označenie vrtu	Narazená		Ustálená	
	v m pod terénom	nadm. výška	v m pod terénom	nadm. výška
VMM-1	1,8	354,48	1,8	354,48
VMM-2	5,8	393,99	-	-
VMM-3	-	-	-	-
VMM-4	I. 5,1 II. 5,7	I. 429,12 II. 428,52	5,0	429,22
VMM-5	3,7	451,40	3,5	451,60
VMM-6	1,6	300,73	1,6	300,73

Na základe analyzovaných ukazovateľov agresivity podzemných vôd odobratých z vrtu VMM-4 porovnaných s medznými hodnotami boli podľa kritérií STN EN 206-1 zistené agresívne vlastnosti podzemných vôd na betón – agresívny CO_2 (26 mg/l). Podzemná voda je charakterizovaná ako slabo agresívna (XA1).

7. GEOTECHNICKÉ ZHODNOTENIE

7.1 Zatriedenie zemín a hornín pre pozemné komunikácie

Fluviálne sedimenty údolných nív

Fluviálne sedimenty povodňových náplavov zastúpené jemnozrnnými zeminami možno podľa STN 72 1001 klasifikovať ako íly so strednou až vysokou plasticitou CI, CH. Zeminy majú v prevahe tuhú konzistenciu, vyskytujú sa polohy s mäkkou až kašovitou konzistenciou, prípadne polohy s obsahom organických látok. Ich odporúčané fyzikálno-mechanické parametre sú uvedené v prehľadných tabuľkách.

Fluviálne sedimenty dnovej výplne zastúpené štrkovitými zeminami možno podľa STN 72 1001 klasifikovať ako štrk ílovitý GC. Zeminy sú prevažne stredne uľahnuté a ich odporúčané fyzikálno-mechanické parametre sú uvedené v prehľadných tabuľkách.

Zatriedenie a vhodnosť fluviálnych sedimentov údolných nív pre pozemné komunikácie podľa STN 73 6133 uvádza nasledujúca tabuľka:

Symbol zeminy	Vhodnosť pre podložie vozovky (aktívna zóna)	Vhodnosť do násypu
CI, CH	nevhodná	podmienečne vhodná až nevhodná
GC	podmienečne vhodná	vhodná

Deluviálne sedimenty

Podľa STN 72 1001 možno deluviálne sedimenty klasifikovať prevažne ako jemnozrnné zeminy zastúpené štrkovitými ílmi CG, piesčitými ílmi CS, ílmi so strednou až vysokou plasticitou CI, CH. Zeminy majú v prevahe tuhú až pevnú konzistenciu, v zosuvných delúviách v prehnietených zónach konzistenciu mäkkú. Ich odporúčané fyzikálno-mechanické parametre sú uvedené v prehľadných tabuľkách. Zatriedenie a vhodnosť deluviálnych sedimentov pre pozemné komunikácie podľa STN 73 6133 uvádza nasledujúca tabuľka:

Symbol zeminy	Vhodnosť pre podložie vozovky (aktívna zóna)	Vhodnosť do násypu
CS, CG	podmienečne vhodná	vhodná
CL, CI	nevhodná	podmienečne vhodná
CH	nevhodná	nevhodná

Proluviálne sedimenty

Podľa STN 72 1001 možno proluviálne sedimenty klasifikovať ako jemnozrnné zeminy zastúpené ílmi so strednou až vysokou plasticitou CI, CH. Zeminy majú v prevahe tuhú až pevnú konzistenciu. Ich odporúčané fyzikálno-mechanické parametre sú uvedené v prehľadných tabuľkách. Zatriedenie a vhodnosť proluviálnych sedimentov pre pozemné komunikácie podľa STN 73 6133 uvádza nasledujúca tabuľka:

Symbol zeminy	Vhodnosť pre podložie vozovky (aktívna zóna)	Vhodnosť do násypu
CL, CI	nevhodná	podmienečne vhodná
CH	nevhodná	nevhodná

Komplex flyšoidných hornín paleogénu

Horniny sú zastúpené prevažne flyšoidným súvrstvím ílovcov, siltovcov a pieskovcov. Horniny na základe prieskumných prác sú v rôznom stupni zvetrania a tektonického porušenia, pričom ich možno podľa stupňa zvetrania a porušenia možno rozčleniť na horniny úplne zvetrané až rozložené, silno zvetrané a tektonicky porušené, slabo až stredne zvetrané.

Horniny úplne zvetrané až rozložené nadobúdajú charakter jemnozrnných zemín tuhej až pevnej konzistencie a podľa STN 72 1001 ich možno klasifikovať ako íl piesčitý CS, íl so strednou až vysokou plasticitou CI, CH.

Horniny silne zvetrané nadobúdajú charakter jemnozrnných zemín pevnej konzistencie a podľa STN 72 1001 ich možno klasifikovať ako horniny s veľmi nízkou až extrémne nízkou pevnosťou R5-R6, resp. zeminy ako íl štrkovitý CG. Tektonicky porušené a prehnietené ílovce majú charakter zemín – ílov s vysokou plasticitou CH mäkkej až tuhej konzistencie.

Horniny slabo až stredne zvetrané a navetrané predstavujú poloskalné horniny s veľmi nízkou pevnosťou R5, ojedinele sa nachádzajú polohy pevných pieskovcov, ktoré možno klasifikovať ako skalné horniny s nízkou až strednou pevnosťou R4-R3.

Odporúčané fyzikálno-mechanické parametre hornín flyšového komplexu paleogénu sú uvedené v prehľadných tabuľkách.

Z hľadiska vhodnosti flyšoidných hornín pre pozemné komunikácie vzhľadom na dokumentované horniny klasifikovať iba úplne zvetrané až rozložené, prípadne horniny zvetrané. Zatriedenie a vhodnosť úplne zvetraných až rozložených hornín pre pozemné komunikácie podľa STN 73 6133 uvádza nasledujúca tabuľka:

Symbol horniny	Vhodnosť pre podložie vozovky (aktívna zóna)	Vhodnosť do násypu
R6/ CI, CH	nevhodná	nevhodná
R6-R5/ CS, CG	podmienečne vhodná	vhodná

Antropogénne sedimenty

V území je antropogénny komplex zastúpený násypmi existujúcej cesty. Na základe vyhodnotenia realizovaných vrtov sú násypy tvorené štrkovitými a jemnozrnnými zeminami, ktoré podľa STN 72 1001 možno klasifikovať ako štrk zle zrnený so symbolom GP, štrk siltovitý až ílovitý so symbolom GM, GC, íl so strednou plasticitou so symbolom CI a íl štrkovitý so symbolom CG. Ich odporúčané fyzikálno-mechanické parametre sú uvedené v prehľadných tabuľkách. Zatriedenie a vhodnosť násypových zemín pre pozemné komunikácie podľa STN 73 6133 uvádza nasledujúca tabuľka:

Symbol zeminy	Vhodnosť pre podložie vozovky (aktívna zóna)	Vhodnosť do násypu
GP, GM, GC, CG	vhodná až podmienečne vhodná	vhodná
CI	nevhodná	podmienečne vhodná*

* bez úpravy sa neodporúča podmienečne vhodné zeminy použiť do prostých násypov

7.2 Geotechnické zhodnotenie

Na základe realizovaných prieskumných prác možno konštatovať, že pod konštrukciou vozovky sa nachádzajú násypové materiály zemného telesa cesty, ktoré sú pri vyšších násypoch zastúpené prevažne jemnozrnnými zeminami v tvorené ílmi so stredou plasticitou F6 CI a ílmi štrkovitými F2 CG tuhej až pevnej konzistencie. Miestami boli dokumentované polohy štrkovitých zemín (vrstevnatý násyp) zastúpené štrkovitými zeminami G2 GP, G4 GM, G5 GC.

Podložie zemného telesa vo vrtoch VMM-1 a VMM-6 tvoria fluviálne sedimenty zastúpené ílmi F6 CI, F8 CH tuhej až mäkkej konzistencie, ktoré hlbšie prechádzajú na fluviálne štrky ílovité G5 GC a na rozložené horniny paleogénu zastúpené ílovcami R6/ F4CS a R6-R5.

V ostatných vrtoch podložie násypov tvoria deluviálne sedimenty premenlivej mocnosti, ktoré sú zastúpené jemnozrnnými zeminami reprezentované v ílmi štrkovitými až piesčitými F2 CG a F4 CS, ílmi so strednou až vysokou plasticitou F6 CI a F8 CH tuhej až pevnej konzistencie. Miestami boli dokumentované polohy ílov mäkkej konzistencie.

Vo vrte VMM-3 boli zaznamenané indície na zosuvné delúvia (prehnietené polohy mäkkých ílov).

Podložie delúvií tvoria ílovce paleogénu, ktoré sú v horných polohách rozložené na jemnozrnnú zeminu charakteru ílu piesčitého F4 CS (R6) a ílu so strednou až vysokou plasticitou F6 CI a F8 CH (R6), hlbšie charakteru hornín s extrémne nízkou až veľmi nízkou pevnosťou R6-R5 (F2 CG). V ílovcoch boli dokumentované porušené zóny (prehnietené, tektonicky porušené, šmykové plochy?) vo vrtoch VMM-3, VMM-4. Miestami sa v súvrství nachádzajú polohy pieskovcov charakteru hornín s nízkou až strednou pevnosťou R4-R3.

Narazená hladina podzemnej vody bola dokumentovaná vo vrtoch VMM-1, VMM-4 (2 horizonty), VMM-5 a VMM-6 v hĺbke 1,6-5,7 m pod terénom, pričom v ostatných vrtoch sa vyskytovali prevlhčené zóny, prípadne slzenie (VMM-2). Ustálená hladina podzemnej vody bola dokumentovaná v hĺbke 1,6-5,0 m pod terénom. Podľa analýzy podzemnej vody z vrtu VMM-4 táto vykazuje slabú agresivitu na betón (XA1).

V zmysle výsledkov prieskumných prác je zrejmé, že porušené úseky cesty, kde boli realizované vrty, sú dôsledkom nepriaznivých geotechnických pomerov. Ide najmä o prítomnosť málo únosných a silne stlačiteľných ílovitých zemín v zemnom telese cesty, resp. v jeho podloží, s nízkymi pevnostnými a deformačnými vlastnosťami. Zeminy cestnom telese sú miestami podľa STN 73 6133 podmienečne vhodné pre použitie do násypov a bez úpravy sa neodporúčajú použiť do násypov. Ílovité zeminy sú veľmi citlivé na vodu, pričom na kontakte s ňou sú rozbriedavé a strácajú až 40% pôvodnej pevnosti. Zemné teleso cesty tvorené ílmi je aj vysoko namŕzavé, čiže pri zistenej nedostatočnej hrúbke aktívnej zóny z nenamŕzavých zemín dochádza aj k poruchám konštrukcie vozovky vplyvom premŕzania. Nemalú úlohu v porušených úsekoch cesty zohrávajú aj nevhodné sklony násypového telesa, nedostatočná funkcia odvodňovacích zariadení cesty (priekopy, priepusty) a v úsekoch súbežných s dotknutými potokmi erózia päty zemného telesa.

Z toho dôvodu vplyvom klimatických podmienok a zvyšujúcou sa intenzitou najmä ťažkej nákladnej dopravy dochádza k deformáciám, ktoré podľa výsledkov prieskumných prác a obhliadky trasy cesty možno rozčleniť na niekoľko typov:

- nestabilita zemného telesa cesty pri nepriaznivých sklonoch násypov,
- sadanie a nestabilita násypového telesa na mäkkom neúnosnom a stlačiteľnom podloží,
- porušenie konštrukčných vrstiev vozovky vplyvom podmáčania a premŕzania podložia (aktívnej zóny).

Z hľadiska celkovej stability cesty na základe obhliadky územia možno konštatovať, že registrované a identifikované zosuvné územia sú tvorené v súčasnosti stabilizovanými zosuvmi a identifikované poruchy cesty nie sú dôsledkom nestability zosuvných území. Na zabezpečenie stability cesty vzhľadom na dotknuté zosuvné územia, cez ktoré prechádza predmetná cesta, by bolo potrebné realizovať cielený prieskum zameraný na komplexné preskúmanie zosuvov vrátane monitoringu, čo nebolo predmetom realizovaného prieskumu.

7.3 Kategorizácia ťažiteľnosti a vŕtateľnosti zemín a hornín

Kategorizáciu ťažitelnosti a vŕtatelnosti zemín v trase cesty a návrh sklonov svahov dočasných výkopov podľa STN 733050 uvádza nasledovná tabuľka:

Zemina/ hornina	Symbol	Komplex	Trieda ťažitelnosti	Trieda vŕtatelnosti	Sklon svahov
Štrk zle zrnený	GP	násyp	3-4	1-2	1:1
Štrk siltovitý a ílovitý, íl štrkovitý	GM, GC, CG	násyp	3-4	1-2	2:1
Íl so strednou plasticitou	CI	násyp	2-3	1	2:1
Íl so strednou až vysokou pl., íl piesčitý, íl štrkovitý	CG, CS, CI, CH	deluviálne sed.	2-3	1	2:1
Íl so strednou až vysokou plasticitou	CI, CH	fluviálne sed.	2-3	1	2:1
Štrk ílovitý	GC	fluviálne sed.	3-4	1-2	1:1
Rozložené ílovce	R6/CH, CI, CS	Paleogén	2-3	1	2:1
Zvetralé ílovce	R6-R5/CG	Paleogén	3-4	2	2:1
Navetralé ílovce	R5-R4	Paleogén	4	2	3:1
Navteralé pieskovce	R4-R3	Paleogén	4-5	2-3	5:1

8. ZÁVERY

Na základe realizovaného inžinierskogeologického prieskumu možno konštatovať, že príčinou identifikovaných porúch cesty sú nepriaznivé geotechnické podmienky a to výskyt ílovitých zemín v zemnom telese cesty a v jej podloží, ktoré sú v zmysle STN 73 6133 podmienečne vhodné pre použitie do násypov pozemných komunikácií, zeminy násypu a podložia sú pri styku s vodou nestabilné a rozbriedavé, majú nízku únosnosť a vysokú stlačiteľnosť. Pri návrhu sanácie porušených úsekov je potrebné zrealizovať opatrenia najmä pre zamedzenie priesakom vody do zemného telesa (násypu) cesty (hĺbková drenáž, drenážne svahové rebrá), v kritických úsekoch s aktívnou nestabilitou násypov zrealizovať podchytenie zemného telesa oporným múrmi. Pri realizácii sanácií odporúčame prítomnosť geologického dozoru pre prípadnú verifikáciu navrhovaných opatrení.