CAD-ECO a.s., Svätoplukova 28, 821 08 Bratislava
projekčná činnosť I inžinierska činnosť I stavebný dozor I životné prostredie
inžinierska geológia I hydrogeológia I geotechnika I geofyzika I ložisková geológia

Geologické oprávnenie na vykonávanie geologických prác
vydané MŽP SR pod poradovým číslom 2069, dňa 07.09.2015,
číslo spisu: 6321/2015-7.3

PREDBEŽNÁ ZÁVEREČNÁ SPRÁVA

Názov geologickej úlohy: **Diaľnica D1 Hubová – Ivachnová, nová trasa**
Podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum - časť A

Číslo geologickej úlohy: 166/2016/ZA

Reg. číslo GEOFOND: 18/2016

Etapa prieskumu: podrobný

Okres: Ružomberok (508)

Objednávateľ: **ZDRUŽENIE ČEBRAŤ**
Furmanská 6
841 03 Bratislava
zastúpené spoločnosťou OHL ŽS, a.s.
Burešova 938/17
602 00 Brno
Česká republika

Zhotoviteľ: **CAD-ECO a.s.**
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Zodpovedný riešiteľ: Mgr. Martin Borovský

Spoluriešitelia úlohy: Ing. Július Bohyník
Ing. Martin Sinak
Ing. Ladislav Stolárik
Mgr. Marian Coplák
RNDr. Štefan Holeša
RNDr. Marian Kuvik
Martin Šimek
Štefan Konkolovský

Dátum vyhotovenia: 31.5.2017

Exemplár číslo: **0**

Za objednávateľa schválil: Ing. Rozália Gergelyová
predseda predstavenstva

OBSAH

1 Všeobecná časť 1
1.1 Hospodársko – administratívne údaje 1
1.2 Identifikačné údaje 1
1.3 Stručná charakteristika prírodných pomerov 2
1.3.1 Geomorfologické pomery 2
1.3.2 Seizmicita územia 3
1.3.3 Klimatické pomery 3
1.3.4 Geologické pomery 4
1.3.5 Inžinierskogeologické pomery 7
1.3.6 Geodynamické javy 8
1.4 Hydrogeologická charakteristika 9
1.5 Geologická preskúmanosť územia 10
1.6 Ložiská nerastných surovín 11
1.7 Legislatívna ochrana územia 12
1.8 Metodika prác 12
1.8.1 Jadrové vrty 13
1.8.2 Poľné skúšky 16
1.8.3 Laboratórne a vzorkovacie práce mechaniky zemín 20
1.8.4 Laboratórne a vzorkovacie práce mechaniky hornín 20
1.8.5 Geofyzikálne povrchové merania 21
1.8.6 Karotážne merania 22
1.8.7 Práce geologickej služby 23
2 PODROBNÁ ČASŤ 26
2.1 Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika zemín a hornín 26
2.1.1 Kvartér 26
2.1.2 Mezozoikum 30
2.2 Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika územia 37
2.2.1 Úsek 1,000 – 1,550 37
2.2.2 Úsek 1,550 – 1,750 most 203 39
2.2.3 Úsek 1,750 – 1,850 zárez 41
2.2.4 Úsek 1,850 – 2,000 most 204 42
2.2.5 Portálový zárez v km 2,000 –2,067 43
2.2.6 Razený tunel Čebrať v km 2,067–5,663 47
2.3 Hydrogeologické pomery územia 71
2.3.1 Úsek diaľnice v km 0,000 – 2,400 71

2.3.2 Oblasť západného portálu tunela Čebrať 73
2.3.3 Úsek diaľnice novej trasy tunela Čebrať 73
2.3.4 Posúdenie potenciálneho vplyvu tunela na vodné zdroje 80
2.4 Kategorizácia a využiteľnosť zemín a hornín 88
2.4.1 Kategorizácia zemín a hornín 88
2.4.2 Možnosti využitia kvartérnych zemín a mezozoických hornín 88
2.5 Zoznam súradníc prieskumných diel 90
3 Záver 93
Sumarizácia výsledkov a odporúčaní 93
3.1 Trasa variantu V1 vedená na povrchu 93
3.2 Portálový zárez a úvodný úsek razeného tunela variantu V1 94
3.3 Trasa variantu V1 vedená tunelom Čebrať 96
3.3.1 Vplyv horninového prostredia na razenie tunela Čebrať 98
3.3.2 Vplyv razenie tunela Čebrať na horninové prostredie 99
3.4 Návrh prác ďalšej etapy prieskumu 101
Zoznam použitej literatúry 102
Zoznam použitých noriem 104

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 Výrez z geologickej mapy 1 : 50 000 (zdroj: Mapový portál ŠGÚDŠ Bratislava).....5
Obrázok 2 Realizácia šikmého štruktúrneho vrtu NT-17 v zimných podmienkach 16
Obrázok 3 Prehľadná situácia realizovaných geofyzikálnych povrchových meraní.....22
Obrázok 4 Tektonicky porušené ílovce s plávajúcimi úlomkami pevnejších hornín – tektonická brekcia 31
Obrázok 5 Rozpukané navetrané ílovce s lamínami siltovca, rozpadavé pozdĺž plôch vrstevnatosti.....32
Obrázok 6 Kompaktné zdravé málo porušené ílovce s lamínami siltovca.....33
Obrázok 7 Tektonicky porušené, zbridličnatené a detailne zvrásnené slienité vápence s preplástkami zbridličnatených vápnitých ílovcov.....36
Obrázok 8 Kompaktné zdravé slienité vápence s prechodmi do vápnitých ílovcov.....36
Obrázok 9 Pohľad na úvalinu, ktorú bude diaľnica D1 prekonávať mostom 203.....40
Obrázok 10 Pohľad na portálovú oblasť a oblasť mosta 204 zo západu.....42
Obrázok 11 Pohľad na oblasť portálu z juhu. V pozadí masív Kečiek (1138,9 m n.m.) a výrazne zarezané údolie Kamenného potoka 44
Obrázok 12 Pohľad na čelbu tunela v prostredí slienitých vápencov s preplástkami ílovcov 66
Obrázok 13 Oblasť tunela Čebrať širšia bilančne hodnotená oblasť.....74
Obrázok 14 Priestorový pohľad na hlavné charakteristické tektonické poruchy (pohľad zo severu).....76
Obrázok 15 Namodelované hydroizohypsy piezometrickej výšky hladiny podzemnej vody 76
Obrázok 16 Schématický geologický rez severnou tunelovou rúrou s grafickým vyjadrním prognózy prítokov do tunelových rúr,.....78
Obrázok 17 Situovanie vodárenských zdrojov, ich ochrané pásma a spôsob využita podľa územnoplánovacej dokumentácie mesta Ružomberok (VÝKRES RIEŠENIA VEREJNÉHO TECHNICKÉHO VYBAVENIA - VODNÉ HOSPODÁRSTVO).....81
Obrázok 18 Ročná sumárna výdatnosť prameňov 1 až 10 vodárenského zdroja Staré lazy.....84
Obrázok 19 Graf nasýtenia vody vodárenských a miestnych vodných zdrojov 84

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Geomorfologické členenie (celá trasa D1 Hubová - Ivachnová).....2
Tabuľka 2 Klimatické charakteristiky podľa Quitta 3
Tabuľka 3 Priemerné mesačné zrážkové úhrny a priemerné teploty (1951 – 1980) 4
Tabuľka 4 Ložiská nevyhradených nerastov.....12
Tabuľka 5 Ložiská vyhradených nerastov s chráneným ložiskovým územím.....12
Tabuľka 6 Ložiská s určeným dobývacím priestorom 12
Tabuľka 7 Prehľad realizovaných vrtných prác – vrty vŕtané nasucho 13
Tabuľka 8 Prehľad realizovaných vrtných prác – vrty WL s dvojitou jadrovkou.....15
Tabuľka 9 Prehľad presiometrických skúšok vo vrtoch.....17
Tabuľka 10 Prehľad dilatometrických skúšok vo vrtoch 18
Tabuľka 11 Prehľad realizovaných sond dynamickej penetrácie 18
Tabuľka 12 Prehľad realizovaných vodnotlakových skúšok.....19
Tabuľka 13 Prehľad realizovaných vsakovacích skúšok.....20
Tabuľka 14 Prehľad odberu vzoriek hornín a realizácie laboratórnych prác mechaniky hornín.20
Tabuľka 15 Prehľad geotechnických parametrov kvartérnych zemín.....29
Tabuľka 16 Prehľad geotechnických parametrov mezozoických hornín – horniny krížňanského

príkrovu (mráznické súvrstvie, porubské súvrstvie, osnické súvrstvie a pod.).....35
Tabuľka 17 Prehľad charakteristík inžinierskogeologických typov pre úsek A 58
Tabuľka 18 Prehľad charakteristík inžinierskogeologických typov pre úsek B 67
Tabuľka 19 Prehľad vyčlenených úsekov tunela Čebrať.....68
Tabuľka 20 Prehľad terénnych meraní hladín a parametrov podz. vody v km diaľnice 1,000 – 2,000.....71
Tabuľka 21 Prehľad laboratórne stanovených ukazovateľov agresívnych vlastností zemín na betónové konštrukcie podľa STN EN 206-1:2015 a oceľ uloženú v pôde (v horninách) podľa STN 03 8372 (tab. 2 hodnotiacej normy) 73
Tabuľka 22 Prognóza trvalých prítokov do tunelových rúr podľa vyčlenených charakteristických úsekov tunela.....78
Tabuľka 23 Prehľad terénnych meraní hladín a parametrov podz. vody v km diaľnice 1,000 – 2,000.....79
Tabuľka 24 Prehľad terénnych meraní hladín a parametrov podz. vody v km diaľnice 1,000 – 2,000.....79
Tabuľka 25 Ročné výdatnosti prameňov 1-10 vodného zdroja Staré Lazy za roky 2007 – 2016 84
Tabuľka 26 Kategorizácia zemín z hľadiska využiteľnosti.....89
Tabuľka 27 Zoznam súradníc prieskumných diel.....90
Tabuľka 28 Prehľad hodnotenia kvality horninového prostredia pre účely výstavby tunela.....95

Zoznam príloh

PRÍLOHA 1 PREHĽADNÁ SITUÁCIA ÚZEMIA M 1 : 100 000

PRÍLOHA 2 MAPY DOKUMENTÁCIE M 1 : 4000
Príloha 2.1 Situácia prieskumných diel
Príloha 2.2 Mapa dokumentácie

PRÍLOHA 3 GEOLOGICKÁ DOKUMENTÁCIA
Príloha 3.1 Geologická dokumentácia prieskumných diel
Príloha 3.2 Fotodokumentácia vrtov
Príloha 3.3 Zoznam dokumentačných bodov
Príloha 3.4 Dokumentácia prameňov a vodných zdrojov

PRÍLOHA 4 INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ REZY
Príloha 4.1 Schematický inžinierskogeologický rez 1 – 1` v km 1,137
Príloha 4.2 Schematický inžinierskogeologický rez 2 – 2` v km 1,407
Príloha 4.3 Schematický inžinierskogeologický rez 3 – 3` v km 1,600
Príloha 4.4 Schematický inžinierskogeologický rez 4 – 4` v km 1,780
Príloha 4.5 Schematický inžinierskogeologický rez 5 – 5` v km 2,068
Príloha 4.6 Schematický inžinierskogeologický rez 6 – 6` v km 2,154
Príloha 4.7 Schematický inžinierskogeologický rez 7 – 7` v km 0,673
Príloha 4.8 Schematický pozdĺžny inžinierskogeologický rez PS – PS` osou severnej vetvy diaľnice D1 v km 0,000 – 1,150 STR
Príloha 4.9 Schematický pozdĺžny inžinierskogeologický rez PJ – PJ` osou južnej vetvy diaľnice D1 v km 0,000 – 1,150 JTR
Príloha 4.10 Schematický inžinierskogeologický rez STR – STR` trasou severnej tunelovej rúry v km 2,000 – 6,700

PRÍLOHA 5 LABORATÓRNE ROZBORY
Príloha 5.1 Výsledky laboratórnych rozborov mechaniky zemín (INGEO–ENVILAB, s.r.o., Žilina, Katedra geotechnicky, Žilinská univerzita, Žilina)
Príloha 5.2 Výsledky laboratórnych rozborov mechaniky hornín (INGEO–ENVILAB, s.r.o., Žilina, CAD–ECO a.s., Bratislava, Ústav geotechniky SAV, Košice)
Príloha 5.3 Výsledky RTG analýz hornín, petrografické a stratigrafické vyhodnotenie hornín (Geologický ústav SAV, Banská Bystrica)
Príloha 5.4 Výsledky laboratórnych rozborov chémie vôd a zemín (INGEO–ENVILAB, s.r.o., Žilina)
Príloha 5.5 Výsledky izotopových analýz podzemných vôd (ŠGÚDŠ, Bratislava)

PRÍLOHA 6 POĽNÉ SKÚŠKY
Príloha 6.1 Výsledky presiometrických skúšok vo vrtoch
Príloha 6.2 Výsledky dilatometrických skúšok vo vrtoch
Príloha 6.3 Výsledky skúšok dynamickej penetrácie
Príloha 6.4 Výsledky hydrodynamických skúšok vo vrtoch
Príloha 6.5 Výsledky hydrometrovacích meraní povrchových tokov

PRÍLOHA 7 VÝSLEDKY KAROTÁŽNYCH MERANÍ VO VRTOCH (CAD-ECO a.s., stredisko

Žilina)

PRÍLOHA 8 VÝSLEDKY GEOFYZIKÁLNYCH POVRCHOVÝCH MERANÍ
Príloha 6.1 Výsledky geoelektrických meraní SOP a VES
Príloha 6.2 Výsledky meraní inžinierskej seizmiky
Príloha 6.3 Výsledky meraní georadarom

PRÍLOHA 9 VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA PRÚDENIA PODZEMNÝCH VÔD (CAD-ECO a.s., stredisko Žilina)

PRÍLOHA 10 HYDROCHEMICKÉ ZHODNOTENIE (CAD-ECO a.s., stredisko Žilina)

PRÍLOHA 11 VÝSLEDKY REŽIMOVÝCH POZOROVANÍ, BILANCIA PODZEMNÝCH VÔD (CAD-ECO a.s., stredisko Žilina)

PRÍLOHA 12 TECHNICKÁ SPRÁVA
Príloha 12.1 Technická správa o zabudovaní inklinometrických vrtov (GEOEXPERTS s.r.o., Žilina)
Príloha 12.2 Technická správa o zabudovaní piezometrických a hydrogeologických vrtov (CAD-ECO a.s., stredisko Žilina)

PRÍLOHA 13 MERAČSKÁ SPRÁVA (GEOSMART s.r.o., Žilina)

1 VŠEOBECNÁ ČASŤ

1.1 Hospodársko – administratívne údaje

Predkladaná záverečná správa geologickej úlohy

Diaľnica D1 Hubová – Ivachnová, nová trasa
podrobný inžinierskogeologický prieskum - časť A

je vypracovaná na základe Zmluvy č. W221113/36787957/00/DOD00103911, pričom práce boli zahájené na základe listu č. 12164/AA.01/16-7247/2016 – Pokyn objednávateľa spoločnosti OHL ŽS a.s Bratislava ako zástupcu Združenia Čebrať zo dňa 11.11.2016. Geologická úloha bola u zhotoviteľa prác, spoločnosti CAD–ECO a.s. Bratislava, zaregistrovaná pod číslom 166/2016/ZA. Na odbore informatiky GEOFONDu bola úloha zaregistrovaná pod číslom 18/2016. Vzhľadom na požiadavku Objednávateľa realizovať v budúcnosti aj ďalší prieskum formou banského prieskumného diela ako podrobný inžinierskogeologický prieskum, označujeme aktuálnu etapu podrobného prieskumu ako časť A.

Úloha bola riešená v etape podrobného prieskumu, pričom priamo nadväzovala na predchádzajúci orientačný inžinierskogeologický prieskum, ktorý bol zameraný len na portálovú oblasť tunela Čebrať (na základe požiadavky NDS a.s., kedy bol komplexný prieskum pre novú trasu diaľnice pomerne nevhodne rozdelený na dve časti). V tejto predkladanej záverečnej správe do hodnotenia zahŕňame i práce, ktoré boli realizované v orientačnej etape prieskumu. Hodnotenie geologických, inžiniersko-geologických, hydrogeologických a geotechnických pomerov bude teda komplexné pre celú trasu diaľnice v hodnotenom úseku 1,0 – 6,9 km.

1.2 Identifikačné údaje

Stavba

Názov stavby:	Diaľnica D1 Hubová – Ivachnová, nová trasa
Kraj:	Žilinský
Okres a kód okresu:	Ružomberok (508)
Katastrálne územia:	Hrboltová, Likavka
Druh stavby:	Novostavba

Objednávateľ

Názov:	**ZDRUŽENIE ČEBRAŤ**
Adresa:	Furmanská 6 841 03 Bratislava
IČO:	35 881 879
IČ DPH:	SK2021815191
Bankové spojenie:	VÚB Banka, č.ú.: 3223112556/0200

Zhotoviteľ

Názov:	**CAD-ECO a.s.**
Adresa:	Svätoplukova 28 821 08 Bratislava
IČO:	36 006 980
IČ DPH:	SK2020451257
Bankové spojenie:	ČSOB, a.s. Žilina, č.ú.: 184268633/7500

1.3 Stručná charakteristika prírodných pomerov

Záujmové územie predstavuje okolie novej trasy diaľnice D1 v úseku Hubová – Likavka (približne km 1,0 – 6,9). Územie sa nachádza v Žilinskom samosprávnom kraji, v okrese Ružomberok (508) v katastrálnom území obcí Hrboltová (IČZÚJ 510998, IČÚTJ 819221) a Likavka (IČZÚJ 510599, IČÚTJ 832171).

Nová trasa začína v km 1,0 rozostavanej diaľnice D1 Hubová - Ivachnová (pôvodná trasa)medzi obcami Hubová a Hrboltová, pričom následne sa odkláňa od pôvodného koridoru diaľnice smerom na sever. Približne v km 2,1 novej trasy vstupuje diaľnica do tunela Čebrať. Tunelom prechádza popod južné svahu kóty Radičiná (1127,2 m n.m.) a severné svahy vrchu Čebrať (1054,2 m n.m.) a od jeho východného portálu vstupuje do údolia Likavky severne od obce Likavka. Poloha východného portálu tunela Čebrať sa nemení. Trasa ďalej pokračuje v pôvodnom koridore diaľnice D1 Hubová - Ivachnová až po koniec úseku.

1.3.1 Geomorfologické pomery

Z geomorfologického hľadiska širšie okolie trasy diaľnice D1 leží v subprovincii Vnútorných Západných Karpát, oblasti fatransko-tatranskej a patrí do celkov Veľká Fatra (podcelok Šípska Fatra) a Podtatranská kotlina (podcelok Liptovská kotlina, časti Chočské podhorie, Liptovské nivy a Galovianske háje).

Hornatinový reliéf v úseku Hubová – Likavka odráža geologickú stavbu a vývoj územia. Charakteristické sú hlboko zarezané antecedentné doliny so strmými (sklon viac ako 15°, v bralnatých častiach i nad 30°), mierne členitými svahmi. Typickým prvkom je rozbrázdenie svahov vysokých vrchov početnými rázsochami a dolinami. Najvýraznejšími vrcholmi v tejto časti trasy sú Borček (713,6 m n.m.), Radičiná (1127,2 m n. m.) a Čebrať (1054,2 m n.m.). Miernejšie sklony svahov sú charakteristické len pre širšie časti údolia Váhu v oblasti Hubovej a Hrboltovej.

Tabuľka 1 Geomorfologické členenie (celá trasa D1 Hubová - Ivachnová)

	1	2	3	4	5
Sústava	Alpsko–himalájska				
Podsústava	Karpaty				
Provincia	Západné Karpaty				
Subprovincia	Vnútorné Západné Karpaty				
Oblasť	Fatransko–tatranská oblasť				
Celok	Veľká Fatra	Podtatranská kotlina			Chočské vrchy
Podcelok	Šípska Fatra	Liptovská kotlina			Choč
Časť	-	Chočské podhorie	Liptovské nivy	Ľubeľská pahorkatina	-

Hlavným činiteľom, ktorý ovplyvňoval vývoj územia v nedávnej geologickej minulosti, bol tok rieky Váh v súčinnosti s tektonickými procesmi - výzdvihom okolitých pohorí a poklesávaním výplne kotliny, resp. so spätnými násunmi horninových krýh. Smer toku Váhu je najvýznamnejšie ovplyvnený tektonickým porušením a geologickou stavbou okolitých horstiev, kde rieka sledovala najoslabenejšie časti masívu. Riečna činnosť - najmä bočná a hĺbková erózia a akumulácia - spôsobovala vznik epigenetických meandrov (najmä v neogéne a kvartéri). Výsledkom tejto činnosti je údolie s hlboko zarezaným vodným tokom s pomerne strmými svahmi. Podrezávaním svahov eróznou činnosťou rieky a následným prerozdelením napätosti masívov dochádza k vzniku svahových pohybov vo forme plošných zosunov i blokových deformácií. Pri vyústeniach bočných prítokov Váhu do hlavnej doliny vznikli proluviálne kužele rozličného rozsahu.

1.3.2 Seizmicita územia

Z hľadiska **seizmicity** v zmysle STN EN 1998-1-1 (Seizmické zaťaženia stavebných konštrukcií) záujmové územie leží v oblasti seizmickej intenzity 6° MSK-64 a nachádza sa v zdrojovej oblasti seizmického rizika č.4 so základným seizmickým zrýchlením a_r= 0,3 m.s^{-2}, pričom hodnota referenčného špičkového zrýchlenia a_{gR} = 0,63 m.s^{-2}. Geologické podložie je možné zaradiť prevažne do kategórie A.

1.3.3 Klimatické pomery

Klimatické pomery územia sú podmienené pomerne vysokou nadmorskou výškou okolitých pohorí v úseku diaľnice Hubová – Likavka a uzatvoreným charakterom údolia Váhu a priľahlých dolín. V zmysle starších klasifikácií podľa Quitta (1971) je skúmaná oblasť zatriedená do klimatických oblastí **MT1** a priľahlé svahy do oblasti **CH5**. Klimatická oblasť **CH5** je charakterizovaná veľmi krátkym až krátkym letom, mierne chladným a vlhkým, dlhým prechodným obdobím s chladnou jarou a mierne chladnou jeseňou. Zima je veľmi dlhá a chladná, mierne vlhká, s dlhým obdobím trvania snehovej pokrývky. Klimatická oblasť **MT1** je charakterizovaná krátkym letom, mierne chladným a vlhkým. Prechodné obdobie je veľmi dlhé, s mierne chladnou jarou a miernou jeseňou. Zima je dlhá, chladná, suchá až mierne suchá, s dlhým obdobím trvania snehovej pokrývky. Prehľad klimatických charakteristík je spracovaný v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Klimatické charakteristiky podľa Quitta

Klimatické charakteristiky / Klimatická oblasť	MT1	CH5
Počet letných dní (T_{max} ≥ 25°C)	20 - 30	10 - 30
Počet dní s priemernou teplotou 10°C a viac	120 - 140	100 - 120
Počet mrazových dní (T_{max} ≤ 0,1°C)	160 - 180	140 - 160
Počet ľadových dní (T_{min} ≤ 0,1°C)	40 - 50	60 - 70
Priemerná teplota v januári [°C]	-5 - -6	-5 - -6
Priemerná teplota v júli [°C]	15 - 16	14 - 15
Priemerná teplota v apríli [°C]	5 - 6	2 - 4
Priemerná teplota v októbri [°C]	6 - 7	5 - 6
Priemerný počet dní so zrážkami ≥ 1mm	120 - 130	120 - 140
Zrážkový úhrn vo vegetačnom období	500 - 600	500 - 600
Zrážkový úhrn v zimnom období [mm]	300 - 350	350 - 400
Počet dní so snehovou pokrývkou	100 - 120	120 - 140
Počet zamračených dní	120 - 150	140 - 150
Počet jasných dní	40 - 50	30 - 40

V súlade s ON 73 6196 „Ochrana cestných komunikácií pred účinkami premŕzania podložia“ je možné z týchto klimatických parametrov približne stanoviť hĺbku premŕzania podkladu pomocou vzťahu: $h_{pr} = \sqrt{2.\alpha_0.T_m}$, kde mrazový súčiniteľ α_0= 57 a počet mrazových dní v roku T_{min}= 140 - 180. Z uvedeného je hĺbka premŕzania podkladu pre jednotlivé klimatické oblasti stanovená nasledovne:

- pre oblasť MT1, T_m = 180, α_0 = 57 **h_{pr}**= $\sqrt{2.\alpha_0.T_m}$ = 143 cm
- pre oblasť CH5, T_m = 160, α_0 = 57 **h_{pr}**= $\sqrt{2.\alpha_0.T_m}$ = 135 cm

Priemerné mesačné zrážkové úhrny za obdobie rokov 1951 až 1980 merané v Ľubochni a Ružomberku aj s priemernými teplotami vzduchu sú uvedené v tabuľke 3.

Tabuľka 3 Priemerné mesačné zrážkové úhrny a priemerné teploty (1951 – 1980)

Priemerný úhrn zrážok (mm)	**I.**	**II.**	**III.**	**IV.**	**V.**	**VI.**	**VII.**	**VIII.**	**IX.**	**X.**	**XI.**	**XII.**	**Rok**	**IV.-IX.**	**X.-III.**
Ľubochňa	56	52	50	60	75	113	115	98	70	66	69	67	891	531	360
Ružomberok	39	38	35	46	61	99	94	76	59	52	51	46	696	434	262
Priem. mes. tepl. vzduchu (°C)	**I.**	**II.**	**III.**	**IV.**	**V.**	**VI.**	**VII.**	**VIII.**	**IX.**	**X.**	**XI.**	**XII.**	**Rok**	**IV.-IX.**	**X.-III.**
Ružomberok	-3,9	-2,1	1,9	7,3	12,1	15,5	16,8	16,1	12,4	7,9	3,1	-1,5	7,1	13,4	0,9

1.3.4 Geologické pomery

Geologická stavba územia v trase diaľnice D1 Hubová – Ivachnová a v novej trase tunela Čebrať je komplikovaná a dosiaľ nie celkom spoľahlivo objasnená. Z geologického hľadiska budujú územie v širšom okolí novej trasy diaľnice horniny mezozoika, paleogénu a kvartéru. V úseku Hubová – Likavka patria podložné horniny do mezozoického komplexu krížňanského a chočského príkrovu jadrového pohoria Veľká Fatra (Šípska Fatra), len ojedinele sa vyskytujú zvyšky paleogénnych hornín. Výrez s geologickej mapy je na obrázku 1, pričom upozorňujeme, že mapa je generalizovaná a v detailoch nepresná a neaktuálna.

Najmä v údolných častiach územia sú vyvinuté kvartérne sedimenty rôznej genézy, charakteru a hrúbky. Povrch územia je pokrytý temer súvislou vrstvou kvartérnych zemín, pričom dominujú zeminy deluviálnej, fluviálnej a proluviálnej genézy, lokálne sa vyskytujú aj antropogénne sedimenty a sedimenty organogénne. Veľká časť územia je postihnutá svahovými deformáciami. V zmysle **regionálneho členenia** (Maheľ et al., 1967) je širšie územie budované horninami geotektonickej jednotky Centrálne západné Karpaty. Trasa diaľnice zasahuje rozličnou mierou do nižšie opísaných geologických celkov, budujúcich územie.

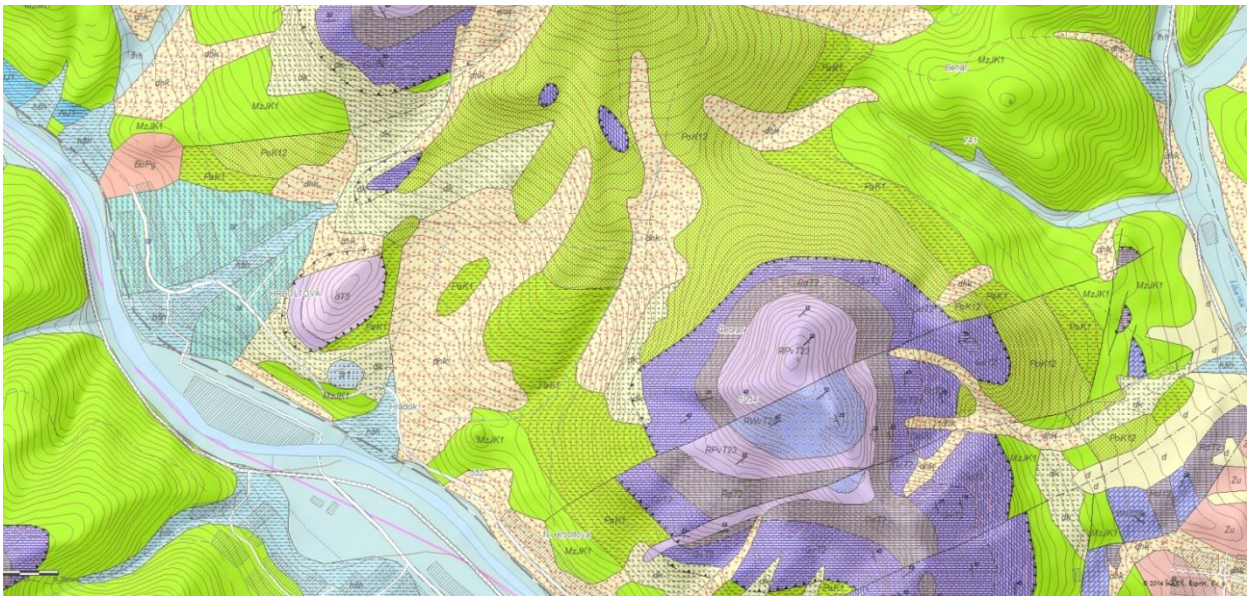
1.3.4.1 Veľká Fatra

Veľká Fatra je výrazný horský masív severo-južného smeru s charakteristickou hrásťovou štruktúrou. Jeho najsevernejšia časť je oddelená antecedentným údolím Váhu. Horský masív je z východu ohraničený revúckymi zlomami, zo západu zlomami na okraji Turčianskej kotliny. Veľkú Fatru v jej severnej časti budujú prevažne mezozoické horniny tatrika, veporika a hronika. Napriek tomu, že skúmaná trasa diaľnice sa nachádza severne od toku Váhu, túto oblasť priraďujeme tiež k Veľkej Fatre.

Veporikum – krížňanský príkrov

Mezozoické horniny krížňanského príkrovu majú v západnej časti územia najväčšie rozšírenie. Z nich sú zastúpené hlavne horniny jury a kriedy.

Jura je zastúpená algäuským súvrstvím, ktoré vystupuje na pravej strane doliny Váh medzi Hubovou a Hrboltovou. Algäuské súvrstvie je tvorené sivými škvrnitými slienitými vápencami, slieňovcami a vložkami bridlíc, s výraznou lavicovitou až doskovitou vrstevnatosťou. Úložné pomery hornín algäuského súvrstvia sú orientované v smere SZ-JV so sklonom 30° k SV. Tento komplex sa podľa dosiaľ známych informácií trasy dotýka len okrajovo na začiatku riešeného úseku.



Obrázok 1 Výrez z geologickej mapy 1 : 50 000 (zdroj: Mapový portál ŠGÚDŠ Bratislava)

Horniny kriedy majú prevládajúce zastúpenie. Vystupujú v úseku od Hubovej až po Likavku. Úložné pomery vrstiev krížňanského príkrovu sú takmer v celom priestore podobné. Smer vrstiev je hlavne V-Z, menej SZ-JV so sklonmi 10 - 30° k severu resp. SV. Medzi súvrstvia krížňanského príkrovu, ktoré sa vyskytujú v skúmanom území, patria:

- **porubské súvrstvie** (alb - cenoman) – ide o flyšové súvrstvie ílovitých bridlíc, piesčitých vápencov a jemnozrnných pieskovcov.
- **vlkolínske brekcie** (barém - alb) – chaoticky zvrstvené vápencovo-slieňovcové brekcie.
- **slienité bridlice** (barém - alb) – súvrstvie tmavosivých slienitých bridlíc a piesčitých a organodetritických vápencov.
- **mráznické súvrstvie** (valangin - spodný barém) – ide o súvrstvie sivých slienitých vápencov, slieňovcov a slienitých bridlíc, miestami s polohami organodetritických vápencov. Vápence sú prevažne lavicovité, tektonizované až zbridličnatené, s nerovnými plochami vrstevnatosti. Bridlice tvoria polohy do hrúbky 2 m. Časté sú železité povlaky na plochách.
- **osnické súvrstvie** (titón – spodný valangin) – sivé slienité vápence s lastúrnatým lomom, doskovité až lavicovité, s vložkami slienitých bridlíc do 5 cm. V teréne sú ťažko vyčleniteľné.
- **jaseninské súvrstvie** (kimeridž – titón) je vyvinuté v oblastiach s výskytom rádiolaritov. Súvrstvie je budované sivými, zelenými, červenými a fialovými slabo slienitými tenkolavicovitými až doskovitými vápencami. Súvrstvie je silno zbridličnatené. Obsahuje vložky slienitých bridlíc. V spodnej časti sa vyskytujú polohy červených hľuznatých vápencov.
- **rádiolóriové vápence** (vrchný kelovej – oxford) predstavujú jedno z najvýraznejších súvrství križňanského príkrovu. Je budované pestrými (fialové, zelené, červené, sivé) rádiolóriovými vápencami s hľuzami a polohami rádiolaritov. Sú lavicovité až doskovité so zvlnenými plochami vrstevnatosti a preplástkami ílovitých bridlíc.
- **kremitý fleckenmergel** (álen) – ide o tenké šošovky celistvých kremitých škvrnitých vápencov, ktoré sú výrazne lavicovité. Obsahujú hľuzy čiernych rohovcov, lokálne vrstvy organodetritických krinoidových vápencov;
- **allgäuské vrstvy** (lotaring) predstavujú komplex tmavosivých slienitých škvrnitých vápencov a slienitých bridlíc. Vápence sú doskovité až lavicovité, charakteristické

výskytom orientovaných čiernych škvŕn a pyritových globuliek. Hrúbka komplexu dosahuje 100 m.

Súvrstvia krížňanského príkrovu môžu byť pretínané mladšími ultrabázickými vulkanitmi vo forme maloplošných komínov.

Hronikum – chočský príkrov

Mezozoické horniny (stredný, vrchný trias) chočského príkrovu (hronika) tvoria v západnej časti územia výrazné morfologické elevácie, s charakteristickým bralným reliéfom, uložených na horninách krížňanského príkrovu. Typickým príkladom je masív Čebrate. Menšie denudačné tektonické trosky a bloky hornín tohto príkrovu sú v priestore Hrboltovej a Likavky. Horniny hronika sú zastúpené prevažne gutensteinskými vápencami, ramsauskými dolomitmi, reiflinskými a raminskými vápencami. Vzhľadom na pomerne zakrytý terén v skúmanej oblasti nie je možné podľa doterajších informácií jednoznačne určiť priebeh bázy chočského príkrovu. Úložné pomery hornín chočského príkrovu sú v smere SV-JZ so sklonmi 20 - 50° k JZ, pričom pod Čebraťou báza príkrovu má mierne antiklinálny priebeh. Medzi horninové komplexu chočského príkrovu v širšej oblasti patria:

- **hlavné dolomity** (karn – norik) – sú najvrchnejším členom chočského príkrovu v tejto oblasti. Sú prevažne svetlosivé, lavicovité s hrúbkou lavíc 20 – 200 cm. Sú zväčša celistvé, menej sa vyskytujú kryštalické a pórovité variety. V komplexe sa nachádzajú polohy dachsteinských vápencov. Celková hrúbka súvrstvia dosahuje maximálne 200 m;
- **wettersteinské vápence a dolomity** (fasan) – predstavujú svetlosivé celistvé a organodetritické dolomity, prevažne hrubolavicovité, so stromatolitovými polohami. Hrúbka súvrstvia dosahuje 300 m. V miestach, kde sú vyvinuté stromatolitové polohy sú pravidelne lavicovité, s hrúbkou vrstiev 10 – 20 cm. Väčšinou sú celistvé, silno pórovité s dutinkami po riasach;
- **raminské vápence** (ilýr – kordevol) **–** predstavujú prechodný typ medzi wettersteinskými a reiflinskými vápencami.
- **gaderské vápence** (pelsón – ilýr) sú tmavosivé, celistvé alebo svetlosivé krinoidové vápence. Sú lavicovité až hrubolavicovité alebo masívne, s charakteristickým hnedým odtieňom, v spodnej časti súvrstvia prevládajú slienitejšie typy. Hrúbka komplexu je cca 100 m;
- **reiflinské vápence** (pelsón – kordevol) – predstavujú tmavosivé až sivé vrstevnaté, niekedy organodetritické vápence s hojnými hľuzami a vrstvami rohovcov. Sporadicky sa vyskytujú vložky sivých a olivovozelených i béžových tufitov hrúbky do 20 – 30 cm, niekedy i viac. Vrchnú časť súvrstvia tvoria niekedy niekoľko metrov hrubé vrstvy tmavosivých vápnitých a ílovitých bridlíc s lavicami tmavých, ílovitých vápencov s vrstvičkami silicitov. Vápence a dolomity sú veľmi pevné, zvyčajne zdravé až navetrané, v okolí výrazných puklín a tektonických porúch zvetrané. Sú systematicky rozpukané, s otvorenými puklinami. Hydrogeologicky predstavujú kolektor podzemnej vody s výraznou puklinovou a krasovou priepustnosťou;
- **ramsauské dolomity** (vrchný anis) – sú tmavosivej farby so žltkastou patinou, vrstevnaté, s hrúbkou vrstiev 10 – 15 cm. Sú často brekciovité. Sú celistvé, so zrnitým dolomitickým rozpadom. Vyskytujú sa v nich vložky tmavosivých bridlíc. Obsahujú zrná pyritu. Hydrogeologicky predstavujú kolektor podzemnej vody s výraznou puklinovou a krasovou priepustnosťou. Hrúbka súvrstvia dosahuje 200 – 300 m;
- **gutensteinské vápence** (anis) – predstavujú tmavosivé až čierne hrubolavicovité vápence, často červíkovité, miestami laminované, s vložkami dolomitov, s bielymi kalcitovými žilami. Ojedinele sa vyskytujú organodetritické vápence. Hrúbka súvrstvia

dosahuje 150 m. Hojne sa vyskytujú polohy brekcií;

- **gutensteinské dolomity** (spodný anis) – predstavujú tmavosivé až tmavohnedé a čierne, silne bituminózne dolomity, často vystupujúce vo forme šošoviek, miestami laminované, s vložkami dolomitov, s bielymi kalcitovými žilami. Sú tenko doskovité až tenkolavicovité. Hrúbka súvrstvia dosahuje 20 m. Hojne sa vyskytujú polohy brekcií;

1.3.4.2 Pokryv územia

Kvartérne sedimenty na území oboch vyššie uvedených celkov – Liptovskej kotliny i Veľkej Fatry – zahrňujú rad genetických typov, vyznačujúcich sa variabilným litologickým zložením, pestrou faciálnou skladbou i rôznym vekom od najstaršieho pleistocénu až do holocénu. V sledovanom území sú vyvinuté sedimenty:

- **Fluviálne a terasové sedimenty** - sedimenty dnovej akumulácie nív sú súvisle vyvinuté v dolinách Váhu a Likavky. Majú charakter štrkov s prímesou jemnozrnnej zeminy, štrkov hlinitých, príp. štrkov ílovitých. Medzi Hubovou a Hrboltovou boli zistené sedimenty strednej a vrchnej terasy, ktoré sú tvorené väčšinou piesčitými a ílovitými štrkmi.
- **Proluviálne sedimenty**, do tejto skupiny zaraďujeme hlavne sedimenty náplavových kužeľov, ktoré sú situované pri vyústení svahových dolín do doliny Váh, kde často prekrývajú terasové sedimenty. Niektoré z nich sú pomerne rozľahlé (Hrboltová, Lisková). Sú tvorené hlinito-ílovitými až štrkovitými sedimentami s rôznym podielom úlomkov hornín.
- **Deluviálne a polygenetické sedimenty**, do skupiny deluviálnych sedimentov začleňujeme pestrú paletu prevažne svahových, soliflukčných a gravitačných sedimentov s rozličným stupňom premiestnenia. Deluviálne sedimenty majú charakter hlinitých, ílovitých až kamenito-ílovitých sutí, ktoré sú najmä na úpätí svahov, skalných zrázov a na vyrovnanejších štruktúrnych plošinách tvorených najmä paleogénnymi horninami. Na strmšie sklonených svahoch v západnej časti územia prevládajú na horninách krížňanského príkrovu ílovito-kamenité sute. Na vápencoch a dolomitoch chočského príkrovu sa svahy zostrmujú a často prechádzajú do bralného reliéfu. Odrazom toho je výskyt kamenitých a balvanitých sutí na svahoch Čebrate, Kečiek a Radičinej. Zároveň možno pozorovať laterálne aj vertikálne prechody do iných genetických typov zemín, najmä proluviálnych a fluviálnych komplexov, pričom takéto prechody možno klasifikovať ako polygenetické sedimenty.
- **Antropogénny komplex** – skládky odpadov a navážky telies jestvujúcich ciest a železnice, hrádzí vodných tokov a nádrží.

1.3.5 Inžinierskogeologické pomery

V zmysle regionálnej inžinierskogeologickej klasifikácie (Matula, 1965) je územie zatriedené do inžinierskogeologického regiónu **Jadrových pohorí** – oblasti vysokých jadrových pohorí (3 - Veľká Fatra a 5 - Chočské pohorie) a regiónu **Neogénnych tektonických vkleslín** - oblasť vnútrohorských kotlín (56 - Liptovská kotlina).

V území možno vyčleniť nasledovné litologické formácie:

- **formácia vápencovo-dolomitická** je na skúmanom území dominantná. Charakteristickými horninami sú vápence a dolomity, rádiolarity, slieňovce, bridlice, menej klastické horniny. Vytvárajú rajóny vápencových hornín (Sv), rajón dolomitických hornín (Sd);
- **pestrá pieskovcovo-slieňovcovo-vápencová formácia** je na skúmanom území dominantná. Charakteristickými horninami sú vápence a dolomity, rádiolarity, slieňovce, bridlice, menej klastické horniny. Vytvárajú rajóny vápencových hornín (Sv), rajón

dolomitických hornín (Sd) a rajón ílovcovo-vápencových hornín (Ss);

- **flyšová formácia** je zastúpená v oblasti Liptovskej kotliny. Najčastejšie sa vyskytujúcimi horninami tejto formácie v tejto oblasti sú ílovce, vápnité ílovce, siltovce a pieskovce (prípadne lokálne až mikrozlepence). Horniny tejto formácie vytvárajú rajón flyšoidných hornín (Sf) arajón ílovcovo-prachovcových hornín (Si);
- **formácia kvartérnych pokryvných útvarov** je reprezentovaná v širšom okolí niekoľkými komplexami:
  - **rajón údolných riečnych náplavov - Fn** predstavujú hlinité a štrkovité zeminy výplne údolnej nivy Váhu resp. nivy riečky Revúca a iných prítokov Váhu. Ide prevažne o štrkové akumulácie korytových fácií, ktoré sú prekryté sedimentami holocénnych náplavov - íl ov, piesčitých íl ov alebo piesku. Najvýznamnejšie akumulácie sú v údolnej nive Váhu a jeho významných prítokov. Hrúbka štrkového komplexu dosahuje 5 - 10 m, miestami až do 12 m, pričom zeminy sú prevažne stredne uľahnuté;
  - **rajón riečnych terás - Ft** tvoria fluviálne sedimenty zachovaných terasových stupňov rieky Váh. Ide prevažne o štrkovité a ílovité zeminy terasových stupňov, zvyčajne uľahnuté, silne zvetrané. Hrúbka komplexu dosahuje 3 - 12 m;
  - **rajón náplavov horských tokov - Fh** predstavuje výplň dna horských údolí. Výplne horských prítokov sú menej vytriedené, hruboštrkovité až balvanité s premenlivou hrúbkou.
  - **rajón mŕtvych ramien - Fs** - ide prevažne o hlinité a piesčité bahnité sedimenty s vysokými obsahom organických látok, slabo uľahnuté, môže sa vyskytnúť v oblasti Turčianskej kotliny na okraji aluviálnej nivy;
  - **rajón deluviálnych sedimentov - D** - svahové jemnozrnné zeminy, kamenito-hlinité sutiny hlinito-kamenité sutiny, balvanité a kamenité sute Deluviálne sedimenty prekrývajú predkvartérne komplexy hornín na miernejších svahoch, v oblasti depresií, mimo oblastí s rozvinutými zosuvnými delúviami. V oblasti strmších svahov sú prevažne charakteru ílovitých sutí a ílovito kamenitých sutí, menej íl ov. Ich hrúbka dosahuje 1 - 5 m, iba miestami sú akumulácie delúvií viac ako 10 m;
  - **rajón zosuvných delúvií - Dz** - prevažne aktívne a stabilizované prúdové a plošné zosuvy. Sú podobe ako deluviálne sedimenty vyvinuté na svahoch, kde však pôsobením viacerých faktorov došlo k rozvoju svahových pohybov. Ako zosuvné delúviá sú vyvinuté aj bloky podložných skalných a poloskalných hornín s charakterom plazenia a zosúvania sa po podložných horninách flyšoidného charakteru,
  - **rajón proluviálnych sedimentov - P** ide o málo vytriedené hlinité a štrkovité zeminy, často s obsahom organických látok, ktoré reprezentujú akumulácie deluviálnych, fluviálnych sedimentov horských tokov v úzkych údoliach a pri vyústení horských údolí. Ich hrúbka môže lokálne presahovať aj 10 m (Hrboltová, Lisková, Hubová);
  - **rajón antropogénnych navážok - An** - stavebné navážky, násypy ciest a železnice, hrádze. Ide prevažne o štrkovité zeminy s rozličným zastúpením jemnozrnnej frakcie;
  - **rajón navážok odpadov - Ao** - prevažne divoké skládky a pod.

1.3.6 Geodynamické javy

Najcharakteristickejšími geodynamickými javmi, ktoré sa vyskytujú v širšom okolí projektovanej trasy diaľnice, sú:

Zvetrávanie možno rozdeliť na plošné a hĺbkové. Plošnému zvetrávaniu je vystavené prakticky celé územie trasy. Jeho dosah je obmedzený, kvartérny pokryvný komplex čiastočne

chráni hlbšie uložené podložné horninové masívy. Plošnému zvetrávaniu menej odolávajú hlavne plastické členy súvrství, teda ílovce, slieňovce a siltovce. Hĺbkové zvetrávanie je viazané najmä na tektonicky porušené horninové masívy s vysokým stupňom rozvoľnenia a na oblasti s výraznejšou cirkuláciou podzemnej vody. V súčasnoti sa zvetrávanie prejavuje najmä na obnažených východzoch hornín klrížňanského príkrovu s dominantným zastúpením bridlíc a ílovcov resp. siltovcov.

Krasovatenie je v skúmanom území široko rozvinuté najmä pre významný podiel karbonátových hornín, podieľajúcich sa na geologickej stavbe územia. Na území je známych niekoľko jaskýň v rozličnom stupni vývoja a s rozličnou sintrovou výzdobou. Prevažný podiel prejavov krasovatenia je však viazaný najmä na horninové komplexy hronika, tj. na trosky chočského príkrovu. V karbonatických horninách veporika (križňanského príkrovu) v skúmanej oblasti nebolo krasovatenie vo významnejšej miere zaznamenané.

Erózia je viazaná najmä na okolie vodných tokov a oblasť svahov. Brehy vodných tokov sú vystavené bočnej i hĺbkovej erózii. Hĺbková (výmoľová) erózia sa výrazne prejavuje najmä na strmších svahoch a v kombinácii so svahovými pohybmi, veľmi častý je výskyt výmoľovej erózie na nespevnených lesných resp. poľných cestách a na plochách, ktoré boli postihnuté holorubnou ťažbou dreva. Veterná erózia (korázia) je v súčasnosti prítomná najmä na odhumusovaných plochách na stavenisku diaľnice D1 a na prístupových cestách k stavenisku.

Svahové pohyby sú v hodnotenom území široko rozvinuté. Vzhľadom na flyšový charakter niektorých súvrství križňanského príkrovu vznikajú tu podmienky pre vznik plošných a prúdových zosuvov i blokových deformácií. Naopak, väčšina strmých skalných svahov budovaných horninami chočského príkrovu je postihnutá blokovými deformáciami, skalnými zrúteniami, opadávaním úlomkov a podobne. V dolnej časti svahov v oblasti Hrboltovej boli svahovými pohybmi aktivizované i sedimenty proluviálnej či fluviálnej genézy (eróznou činnosťou potokov), pričom v súčasnosti ich už možno radiť do zosuvného delúvia. V blokovom poli v oblasti Čebrate sa v zúžených erozívnych úvalinách medzi mohutnými vápencovými blokmi až kryhami vyskytujú tiež relikty kamenitých a suťových prúdov - múr.

Akumulácia sedimentov je viazaná na pomalé vodné toky a úpätia svahov. V danej oblasti je to najmä akumulácia štrkovitých a bahnitých sedimentov na dne vodných tokov a pri vyústeniach bočných doliniek do hlavného údolia vodného toku Na úpätiach skalných stien a hrebienkov dochádza k akumulácii suťového materiálu a vzniku dejekčných kužeľov a suťovísk.

Zemetrasenia v poslednej dobe neboli zaznamenané, vzhľadom na tektonickú predispozíciu širokej oblasti na rozhraní vnútorných a vonkajších Karpát však predpokladáme určitú možnosť ich vzniku.

Neotektonické pohyby predstavujú doznievanie poslednej fázy alpínskeho vrásnenia. Ide hlavne o vertikálnu diferenciáciu kotlína priľahlých pohorí. Pohoria majú tendenciu relatívne rásť voči priľahlým kotlinám. Pohyby sa dejú najmä po už jestvujúcich zlomových štruktúrach a majú prevažne vertikálnych charakter. Zlomy sa výrazne podieľajú na rozvoľnení v odlučných oblastiach prízlomových gravitačných blokov, v ktorých došlo k oslabeniu väzieb v horninách. Sčasti tu došlo aj k vytvoreniu nespojitých deformácii a uplatnila sa na nich erózia a vývoj svahových pohybov, takže sú v reliéfe veľmi výrazné.

1.4 Hydrogeologická charakteristika

Hydrogeologické pomery v trase diaľnice D1 v úseku Hubová - Likavka sú odrazom prevládajúcej puklinovej a puklinovo-krasovej priepustnosti podložných, hlavne mezozoických hornín. Z hydrogeologického hľadiska je územie v trase projektovanej diaľnice možné rozdeliť

do troch oblastí:

- územie budované horninami mezozoika
- územie budované sedimentami kvartéru

V území budovanom **karbonatickými horninami** býva hladina podzemnej vody vďaka veľkej priepustnosti zaklesnutá hlboko pod terén a hlavnými kolektormi sa stávajú horizonty viazané na kvartérne sedimenty. Dôležitými cestami prúdenia podzemných vôd v tejto oblasti sú tektonické zlomové línie, pozdĺž ktorých môže podzemná voda vystupovať na povrch. Charakteristickým znakom pre tento typ prúdenia podzemnej vody je vznik travertínových a penovcových kôp v miestach výverov.

Z **kvartérnych sedimentov** sú vyššou medzizrnovou priepustnosťou charakterizované fluviálne a terasové štrky a proluviálne štrkovité sedimenty. Ich hydrogeologická funkcia je závislá najmä od hrúbky, ako aj stupňa zahlinenia a situovania kolektoru v teréne. Dominantné zastúpenie majú v úseku Lisková – Ivachnová, kde trasa prechádza aluviálnou nivou.

Trasa diaľnice sa nachádza v nasledujúcich hydrogeologických rajónoch:

M-019 Mezozoikum západnej časti Chočských vrchov;
M-020 Mezozoikum severnej časti Veľkej Fatry.

1.5 Geologická preskúmanosť územia

Medzi najstaršie geologické práce z tohto územia patria tie, ktoré boli vykonané v rámci základného geologického mapovania a výskumu geologickej stavby Československa. Tu možno spomenúť geologickú štúdiu okolia Ružomberka A. Matějku (1925), ktorý v nej zhodnotil aj príkrovovú tektonickú stavbu a v r. 1927 vypracoval prvú geologickú mapu okolia Ružomberka v M = 1:40 000. V roku 1964 Maheľ a kol. spracoval Základnú geologickú mapu v M=1:200 000, list Banská Bystrica. Časť územia v oblasti Tunela Čebrať a Likavky je znázornené v Geologickej mape južnej a východnej Oravy v mierke 1:50 000 (Gross et al., 1994). Oblasť Liptovskej kotliny mapoval Gross a kol. (1980). Časť územia v okolí Hubovej je spracovaná aj v Geologickej mape Veľkej Fatry v M=1: 50 000 (Polák et al., 1997).

Z hľadiska inžinierskej geológie bolo širšie územie trasy skúmané najmä z dôvodu hojného výskytu svahových deformácií. Početný výskyt zosuvov bol zaznamenaný najmä počas registrácie zosuvných území v Liptovskej kotline a spracovaný bol v Mape svahových porúch západného ukončenia Liptovskej kotliny M=1:10 000 (Malgot et al., 1985). Územie trasy diaľnice D1 je aj súčasťou Inžinierskogeologickej mapy Ružomberok v mierke 1:10 000 (Páleník et al., 1988). Množstvo prieskumných diel bolo realizovaných v okolí toku Váhu pre účely jeho energetického využitia a regulácie. Z týchto prieskumov spomenieme úlohu Horný Váh III. - Úsek Bešeňová - Krpeľany, orientačný inžinierskogeologický prieskum (Matejček et al., 1988 a 1992). Celé skúmané územie bolo spracované v Atlase inžinierskogeologických máp v mierke 1:200 000 (Matula et al., 1985). Okrem uvedených prác sa v širšom okolí projektovanej trasy diaľnice v analogických pomeroch realizovalo niekoľko prieskumov najmä pre účely investičnej výstavby (vodovod, kanalizácia, občianska vybavenosť) a pre sanáciu zosuvov.

Pre prípravu **výstavby diaľnice D1** v trase Martin – Liptovský Mikuláš bolo zrealizovaných niekoľko etáp prieskumných prác a publikovaných niekoľko štúdií a posudkov. Z najdôležitejších je potrebné spomenúť:

- Čajka, O.: Diaľnica D-1 Ivachnová - Liptovský Mikuláš, objekt: štúdia preložky štátnej cesty I/18, inžinierskogeologický prieskum. Dopravoprojekt n.p., Bratislava, 1970. GEOFOND 24241;

- Lehocký, M. – Kraus, A.: Inžiniersko-geologické pomery v trase Diaľnica D-1 Trenčín - Poprad. B/ Podrobná časť - úsek II. Žilina - Ružomberok, geologická štúdia. IGHP n.p., Žilina, 1969. GEOFOND 22445/B;
- Máťuš, J.: Ľubochňa - Ivachnová - diaľnica D1, orientačný inžinierskogeologický a predbežný hydrogeologický prieskum. URANPRES s.r.o., Spišská nová ves, 1996. GEOFOND 80482;
- Máťuš, J.: Ľubochňa - Ivachnová - diaľnica D1, doplnenie orientačného inžinierskogeologického prieskumu. URANPRES s.r.o., Spišská nová ves, 2001. GEOFOND 80482;
- Fussgänger, E., et. al.: D1 Hubová - Ivachnová, podrobný inžinierskogeologický prieskum Stavební geologie – Geotechnika, a.s., Bratislava, 2006;
- Fussgänger, E., et. al.: D1 Hubová - Ivachnová, doplnkový inžinierskogeologický prieskum Stavební geologie – Geotechnika, a.s., Bratislava, 2007;
- Šamaj, M. – Coplák, M. – Copláková, J. – Gažúr, J.: Hubová - Ivachnová - diaľnica D1, doplnkový inžinierskogeologický prieskum. GEOFOS s.r.o., Žilina, 2010. GEOFOND 90661
- Šamaj, M. – Coplák, M. – Copláková, J. – Gažúr, J.: Hubová - Ivachnová - diaľnica D1 (úsek 3), doplnkový inžinierskogeologický prieskum - II. etapa. GEOFOS s.r.o., Žilina, 2010. GEOFOND 90666
- Šamaj, M.: Highway D1 Hubová - Ivachnová, geotechnical monitoring. (Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, geotechnický monitoring.). GEOFOS s.r.o., Žilina, 2012. GEOFOND 91900
- Rentka, R.: Geologické pomery v trasách diaľničných tunelov v SR. Inžinierskogeologická štúdia. INGEO a.s., Žilina, 1995;
- Vrábeľ P, et.al.: Diaľnica D1 Poluvsie – Ivachnová, inžinierskogeologická štúdia, IGHP n.p., Žilina, 1984.

Predkladaná záverečná správa nadväzuje na prieskumné práce, ktoré boli realizované v rámci dobudovania monitorovacej siete geotechnického monitoringu diaľnice a najmä na orientačný inžinierskogeologický prieskum pre oblasť západného portálu tunela Čebrať v novej pozícii (Borovský, 2016). S prihladnutím k dohodám s **Objednávateľom a Investorom, predkladaná záverečná správa zahŕňa v sebe kompletné výsledky z orientačnej etapy prieskumu, a to vrátane sumarizácie merných jednotiek pre účely fakturácie. Pre účely projekcie odporúčame využívať predkladanú záverečnú správu**.

Je potrebné pripomenúť, že predkladaná záverečná správa v plnej miere zohľadňuje všetky uvedené predchádzajúce prieskumné práce a zásadným spôsobom ich dopĺňa.

1.6 Ložiská nerastných surovín

V širšom území sa nachádzajú žiadne ložiská nerastných surovín, ktoré je možné využiť (okrem zdrojov priamo z výstavby diaľnice) ako zdroj potrebných surovín na výstavbu diaľnice. Trasa diaľnice priamo nezasahuje žiadne ložisko. Význačné ložiská v širokom okolí koridoru diaľnice D1 sú prehľadne uvedené v nasledujúcich tabuľkách. V tabuľke 4 sú ložiská nevyhradených nerastov, v tabuľke 5 ložiská vyhradených nerastov s ložiskovým územím a v tabuľke 6 ložiská vyhradených nerastov s určeným dobývacím priestorom.

Tabuľka 4 Ložiská nevyhradených nerastov

Identifik. číslo	Názov ložiska	Organizácia	Surovina	kataster	kraj
4272	Kraľovany I	-	stavebný kameň	Kraľovany	Žilinský
4035	Kraľovany III	ŠGÚDŠ Bratislava	stavebný kameň	Kraľovany	Žilinský
4658	Ružomberok III	PK Doprastav a.s. Žilina	stavebný kameň	Ružomberok	Žilinský
4195	Biela Púť - Ludrová	Poľnohospodárske družstvo Ludrová	stavebný kameň	Ludrová	Žilinský

Tabuľka 5 Ložiská vyhradených nerastov s chráneným ložiskovým územím

Identifik. číslo	Názov ložiska	Organizácia	Surovina	kataster	kraj
275	Kraľovany	neuvažuje sa o ťažbe	vápenec ostatný	Kraľovany	Žilinský
565	Ružomberok	Wienerberger slovenské tehelne s.r.o., Zlaté Moravce	tehliarske suroviny	Ružomberok	Žilinský

Tabuľka 6 Ložiská s určeným dobývacím priestorom

Ident. číslo	Názov ložiska	Organizácia	Surovina	kataster	kraj
376	Kraľovany II	Sopúch Vladimír C a V, Oravská Poruba	dolomit	Kraľovany	Žilinský
481	Kraľovany II	Sopúch Vladimír C a V, Oravská Poruba	dolomit	Kraľovany	Žilinský
479	Bystrička	SKELET s.r.o., Dolný Kubín	granodiorit	Kraľovany	Žilinský
485	Ružomberok III	PK Doprastav a.s., Žilina	stavebný kameň	Ružomberok	Žilinský
565	Ružomberok	Wienerberger slovenské tehelne s.r.o., Zlaté Moravce	tehliarske suroviny	Ružomberok	Žilinský
102	Ludrová	TRAVERTIN, s.r.o., Ludrová	dekoračný kameň	Ružomberok	Žilinský
484	Ružomberok	AGRODRUŽSTVO BELAN, Ružomberok	stavebný kameň	Ružomberok	Žilinský
187	Ružomberok II - Lom pod Skalami	BAŇA Ružomberok, s.r.o., Ružomberok	stavebný kameň	Ružomberok	Žilinský

1.7 Legislatívna ochrana územia

V oblasti koridoru diaľnice a v jeho širšom okolí sú vyhlásené nasledovné legislatívne chránené územia:

- **Národný park Veľká Fatra**, vyhlásený v roku 2002. Rozloha územia v III. stupni ochrany prírody je 40 371 ha, rozloha územia v II. stupni ochrany prírody (ochranné pásmo) je 26 133 ha;
- **Národná prírodná rezervácia Choč** (Úprava Ministerstva kultúry SSR č. 6499/1982-32 z 30.9.1982);

Z ostatných veľkoplošných území s legislatívnou ochranou sa koridoru diaľnice dotýkajú :

- Krajinný priestor Choč,
- Krajinný priestor Likavka – hradný vrch,
- oblasť patrí zároveň do vodohospodárskej chránenej oblasti Veľká Fatra.

1.8 Metodika prác

Po poskytnutí základných podkladov od generálneho projektanta stavby, po fyzickej rekognoskácii predmetného úseku diaľnice, po prehodnotení prístupnosti terénu pre techniku

bola navrhnutá metodika prieskumných prác. Navrhovanú metodiku prieskumných prác možno stručne zosumarizovať nasledovane:

- využitie všetkých dostupných archívnych materiálov o geologickej stavbe širšieho okolia trasy;
- realizácia povrchových geofyzikálnych meraní;
- realizácia vrtných technických prác;
- počas technických prác realizovať odbery vzoriek zemín, hornín a podzemnej vody;
- laboratórne práce mechaniky zemín a hornín;
- laboratórne práce hydrogeochémie vôd;
- terénne geotechnické skúšky;
- zabudovanie monitorovacích zariadení na sledovanie hladiny resp. tlaku podzemnej vody a na sledovanie stability svahov;
- práce geologickej služby s využitím výsledkov archívnych geologických prieskumov v záujmovom území.

1.8.1 Jadrové vrty

Vrtné práce pre oblasť novej trasy diaľnice D1 Hubová - Ivachnová pozostávali z realizácie štruktúrnych jadrových vrtov vŕtaných dvojitou jadrovkou za pomoci vodného výplachu a z vrtov vŕtaných nasucho jednoduchou jadrovkou. Realizované technické prieskumné práce zahŕňali celkom 39 ks jadrových vrtov.

Z celkového počtu bolo 20 ks vrtov realizovaných technológiou nasucho (TK – tvrdokovová korunka), pričom 2 ks vrtov (40 m) boli zabudované ako inklinometrické pozorovacie vrty a 5 ks (78 m) boli zabudované ako hydrogeologické pozorovacie vrty. Jeden kus HG vrtu (10 m) označený SH bol realizovaný pre mestskú časť Hrboltová ako kompenzácia škôd v mieste futbalového ihriska. Ostatné vrty boli realizované ako inžinierskogeologické s využitím pre presiometrické skúšky (220 m). Spolu bolo realizovaných 348 m vrtov TK na sucho. Prehľad TK vrtov vŕtaných nasucho je spracovaný v tabuľke 7. Jadrové vrty nasucho boli zrealizované v období 13.4.2016 – 10.5.2017 pod vedením vrtmajstrov p. Petrenku, p. Burdeja a p. Kopasa súpravou UGB–50M na podvozku Praga 66 (Ing. Jozef Hajčík, Geologicko–prieskumné práce, Brvnište). Dva vrty označené ako NT-28 a NT-29 dĺžky 15 m boli dobudované pre účely overenia možnosti vsakovania horninovej vody z tunela Čebrať ako doplnková požiadavka projektanta tunelovej časti stavby.

Tabuľka 7 Prehľad realizovaných vrtných prác – vrty vŕtané nasucho

Názov vrtu	Hĺbka (m)		Staničenie (km)	Typ vrtu, poznámka
	plánovaná	skutočná		
NT-18	25,0	25,0		HG
NT-19	25,0	25,0		inklinometrický
NT-28	0,0	15,0		HG - doplnený
NT-29	0,0	11,0		HG - doplnený
M-203-01	20,0	18,0		presiometrický
M-203-02	20,0	17,0		presiometrický
M-203-03	20,0	0,0		zmena technológie vŕtania
M-203-04	20,0	21,0		presiometrický
M-203-05	20,0	19,0		presiometrický
M-203-06	20,0	20,0		presiometrický
M-204-01	20,0	0,0		nerealizovaný
M-204-02	20,0	0,0		nerealizovaný

Názov vrtu	Hĺbka (m)		Staničenie (km)	Typ vrtu, poznámka
	plánovaná	skutočná		
M-204-03	20,0	17,0		presiometrický
M-204-04	20,0	14,0		presiometrický
M-204-05	20,0	20,0		presiometrický
M-204-06	20,0	22,0		presiometrický
M-204-07	20,0	20,0		presiometrický
M-204-08	20,0	17,0		presiometrický
230-01	20,0	0,0		Zmena technológie vŕtania
230-02	15,0	12,0		HG
231-01	15,0	15,0		presiometrický
231-02	15,0	15,0		HG
231-03	15,0	15,0		inklinometrický
SH	0,0	10,0		Realizovaný ako požiadavka mestskej časti
Spolu	**410,0**	**348,0**		
	HG	**88,0**		
	INKLINO	**40,0**		
	PRESIO	**220,0**		

Ďalších 19 ks vrtov z celkového počtu všetkých vrtov bolo realizovaných technológiou s dvojitou jadrovkou za pomoci vodného výplachu v skalných a poloskalných horninách, vo zvetranom podloží a v kvartérnom komplexe vŕtaním nasucho. Jeden vrt NT-30 bol doplnený v zmysle záverov Kontrolného dňa (19.4.2017).Z tohoto počtu 6 ks vrtov (715 m) bolo zabudovaných ako hydrogeologické pozorovacie objekty (HG), 6 ks vrtov (231,4 m) bolo zabudovaných ako inklinometrické monitorovacie vrty a v 7 ks vrtov (1010,5 m) boli inštalované uzatvorené piezometre na meranie tlaku podzemnej vody. Dva vrty boli realizované ako šikmé (585 m). Prehľad navrhovaných a realizovaných vrtov s dvojitou jadrovkou uvádza nasledovná tabuľka **Chyba! Neznámý argument přepínače.**. Okrem vrtov uvedených v tabuľkách boli v Projekte geologickej úlohy navrhované i dva horizontálne štruktúrne vrty v sumárnej dĺžke 200 m. Vzhľadom na veľkú hrúbku delúvia a porušenosť podložných hornín v mieste západného portálu tunela Čebrať sme upustili od realizácie týchto vrtov.Vrty boli realizované v dňoch 9.4.2016 – 10.03.2017 technológiou WireLine, s vodným výplachom a dvojitou resp. trojitou jadrovkou. Vrtné práce realizovali pracovníci firmy GEOVRTY–DRILLROCK s.r.o. Hodruša–Hámre pod vedením vrtmajstrov p. Gregora, p. Striešku, p. Štefanku a p. Kučáka a pracovníci spoločnosti GEOBOM s.r.o. Košice pod vedením vrtmajstra p. Šumského. Použité boli vrtné súpravy HanJin D&B 100, Fraste MITO 40a Hanjin P7000SD na pásových podvozkoch.

Pred zahájením vrtných prác boli vyriešené legislatívne strety, najmä so zástupcami ŠOP TANAP, Lesného spoločenstva Likavka, Štátnymi lesmi SR a Urbárskym spoločenstvom Hrboltová. Zároveň boli prostredníctvom miestnej poslankyne za mestskú časť Hrboltová komunikované požiadavky mesta Ružomberok.

Všetky prieskumné diela boli v teréne situované na základe požiadaviek projektanta po zohľadnení prístupnosti terénu pre vrtnú techniku, požiadaviek majiteľov a správcov pozemkov a polohy inžinierskych sietí. Do úvahy pri situovaní bola braná i predpokladaná geologická stavba tak, aby prieskumnými dielami boli zachytené všetky očakávané litologické, inžinierskogeologické, geotechnické resp. hydrogeologické komplexy, ktoré sa na riešenom území môžu vyskytovať.

Štruktúrne vrty boli vŕtané dvojitou (trojitou) jadrovnicou systémom WireLine s vodným výplachom. Metóda WireLine (resp. dvojitá jadrovka) bola zvolená pre dosiahnutie maximálneho výnosu kvalitného jadra a minimalizáciu vplyvu vŕtania na stenu vrtu. Vrtné jadro

bolo následne využité pre laboratórne skúšky resp. bude uložené na archiváciu. Táto metóda vŕtania umožňovala i čiastočné overenie štruktúry horninového masívu, výplne a orientácie diskontinuít, odber vzoriek puklinovej výplne a podobne. Požadovaný minimálny priemer vŕtania bol NQ (47,75 mm / 75,44 mm). Kvalitná stena vrtov bola využitá i na presiometrické a najmä dilatometrické skúšky vo vybraných štruktúrnych vrtoch. Vo vrtoch bola realizovaná karotáž podľa požiadaviek objednávateľa prieskumných prác.

Jadrové vrty boli komplexne dokumentované vrátane fotodokumentácie, boli odobraté vzorky zemín, hornín a podzemnej vody. Realizovaná bola karotáž a vo vybraných vrtoch boli realizované geotechnické a hydrodynamické skúšky. Po geologickej dokumentácii a fotodokumentácii vrtného jadra zrealizovaných vrtov, odobratí vzoriek zemín a hornín, bolo vrtné jadro vyskartované. Vybrané úseky vrtného jadra boli uložené na archiváciu hmotnej geologickej dokumentácie. Hmotná geologická dokumentácia (vrtné jadro v bedničkách) z vybraných úsekov prieskumných vrtov bolo dočasne uložené na archiváciu v priestoroch východného portálu tunela Čebrať a neskôr protokolárne odovzdané do skladu NDS a.s. v priestoroch SSÚD Liptovský Mikuláš(prevzal ing. Tomčík, 31.7.2014).

Tabuľka 8 Prehľad realizovaných vrtných prác – vrty WL s dvojitou jadrovkou

Názov vrtu	Hĺbka (m)		Staničenie (km)	Typ vrtu, poznámka
	plánovaná	skutočná		
NT-01	40,0	40,0		Inklinometrický
NT-02	40,0	40,0		HG
NT-03	35,0	35,0		HG
NT-04	40,0	40,4		inklinometrický
NT-05	20,0	0,0		nerealizovaný
NT-06	40,0	40,0		inklinometrický
NT-07	45,0	45,0		Inklino + piezometrický
NT-08	45,0	45,5		piezometrický
NT-09	45,0	45,0		Inklino + piezometrický
NT-10	45,0	45,0		
NT-11	65,0	65,0		HG
NT-12	125,0	125,0		piezometrický
NT-13	140,0	145,0		HG
NT-14	180,0	165,0		piezometrický
NT-15	220,0	220,0		HG
NT-16	260,0	260,0		Šikmý vrt - piezometrický
NT-17	345,0	325,0		Šikmý vrt - piezometrický
M-203-03	0,0	25,0		Presiometrický - zmena technológie vŕtania
230-01	0,0	21,0		Inklinometrický - zmena technológie vŕtania
NT-30	0,0	210,0		HG – doplnený vrt
Spolu	**1730,0**	**1936,9**		
	HG	**715,0**		
	INKLINO	**231,4**		
	PIEZO	**1010,5**		

Nezabudované vrty boli spätne zahádzané vyvŕtaným materiálom (zatampónované). Ostatné vrty boli vystrojené ako pozorovacie objekty pre sledovanie voľnej hladiny podzemnej vody (HG vrty), prípadne sledovanie tlaku podzemnej vody (piezometrické vrty) alebo na sledovanie svahových pohybov (inklinometrické vrty). Terén bol čiastočne upravený do pôvodného stavu. K vrtom v trase tunela a vrtom v miestach mostných objektov bolo potrebné vybudovať nové prístupové cesty.

Cieľom realizácie vrtných prác bolo detailné overenie geologických a hydrogeologických

pomerov a odber vzoriek zemín, hornín a podzemnej vody. Vo vrtoch boli realizované presiometrické a dilatometrické skúšky pre overenie pevnostno–deformačných parametrov hornín a zemín.

Je potrebné poznamenať, že podmienky pre realizáciu najmä štruktúrnych vrtov boli sťažené klimatickými podmienkami, kde postup prác sťažovalo mrazové obdobie na prelome rokov 2016 a 2017. Od 23.12.2016 do 6.2.2017 boli vrtné práce prerušené z dôvodu nemožnosti zabezpečiť prísun technologickej vody pre vŕtanie.

Obrázok 2Realizácia šikmého štruktúrneho vrtu NT-17 v zimných podmienkach

1.8.2 Poľné skúšky

Vzhľadom na požiadavku získať komplexný prehľad o geotechnických parametroch zemín a hornín, ktoré sa vyskytujú v oblasti tunelového portálu, bolo navrhnuté realizovať poľné skúšky. Z použitých metód boli navrhnuté sondy dynamickej penetrácie, presiometrické skúšky vo vrtoch a dilatometrické skúšky vo vrtoch. Vzhľadom na rozdelenie prieskumných prác investorom NDS a.s. a objednaním len časti prác, nebudú penetračné skúšky detailne vyhodnotené a publikované v tejto etape prieskumu, aj keď ich výsledky budú zohľadnené. Okrem geotechnických skúšok boli vo vybraných vrtoch realizované i vodnotlakové skúšky pre overenie priepustnosti horninového masívu resp. vsakovacie skúšky.

1.8.2.1 Presiometrické skúšky

Presiometrické skúšky boli navrhnuté pre overenie deformačno–pevnostných parametrov hornín a kvartérnych zemín v mieste plánovaného portálového objektu a úvodných metrov tunelov ako aj v miestach navrhovaných pilierov mostov 203 a 204. V zmysle projektu geologickej úlohy bolo navrhnuté realizovať 105 ks presiometrických skúšok. V skutočnosti bolo realizovaných 95 skúšok. Prehľad počtu realizovaných skúšok je spracovaný v tabuľke 9 a detailné vyhodnotenie je spracované v samostatnej prílohe 6.1.

Tabuľka 9 Prehľad presiometrických skúšok vo vrtoch

Vrt	hĺbka vrtu (m)	Počet skúšok		Dátum realizácie	Poznámky
		navrhovaný	realizovaný		
NT-02	40,0	5	5	21.4.2016	
NT-04	40,4	8	10	29.4. - 5.5.2016	
NT-06	40,0	8	7	13.6.2016	
NT-07	45,0	8	8	6.6.2016	
NT-09	45,0	8	6	10.5.2016	
NT-10	45,0	8	2	26.5.2016	
M-231-01	15,0	0	4	12.4.2016	
M-203-01	18,0	5	5	13.4.2016	
M-203-02	17,0	5	5	14.4.2016	
M-203-03	20,0	5	0	-	skúšky sa nerealizovali
M-203-04	21,0	5	4	13.4.2016	
M-203-05	19,0	5	5	13.4.2016	
M-203-06	20,0	5	5	21.4.2016	
M-204-03	17,0	5	5	14.4.2016	
M-204-04	14,0	5	4	14.4.2016	
M-204-05	20,0	5	5	15.4.2016	
M-204-06	22,0	5	6	15.4.2016	
M-204-07	20,0	5	4	22.4.2016	
M-204-08	17,0	5	5	22.4.2016	
Spolu		**105**	**95**		

Presiometrické vrty boli realizované vŕtaním nasucho v zóne kvartérnych zemín a zvetraného podložia, v kompaktnom skalnom podloží bola použitá technológia vŕtania dvojitou jadrovnicou (WireLine) s vodným výplachom. Pre realizáciu skúšok boli vytvorené návrty dĺžky 1,0 – 20,0 m v rôznych hĺbkach jednotlivých vrtov. Presiometrické skúšky vykonala terénna skupina spoločnosti CAD–ECO a.s. pod vedením Martina Šimeka. Výsledky skúšok sú v plnej miere zohľadnené v sumárnom hodnotení geotechnických parametrov zemín a hornín.

1.8.2.2 Dilatometrické skúšky

Dilatometrické skúšky boli navrhnuté pre overenie deformačných parametrov hornín v okolí tunelovej rúry plánovaného nového tunela Čebrať resp. v jeho novej portálovej oblasti. Realizácia dilatometrických skúšok je jedným z najvhodnejších a najpreukaznejších spôsobov na zistenie deformačných parametrov horninového masívu in-situ v prípade, že v masíve sa neplánuje v rámci prieskumných prác realizovať prieskumná štôlňa. Ide v podstate o modifikovanú presiometrickú skúšku (v zmysle STN EN ISO 22476-5).

V zmysle projektu geologickej úlohy bolo navrhnuté realizovať spolu 100 ks dilatometrických skúšok (40 ks vo vrtoch do 100 m a 60 ks vo vrtoch nad 100 m). V skutočnosti bolo realizovaných 47 skúšok v 6 ks vrtov do 100 m (NT-04 až NT-10) a 63 skúšok v6 ks vrtov hlbších ako 100 m (NT-12 až NT-16). Vyšší počet realizovaných skúšok bol vynútený vysokou heterogenitou horninového prostredia, čo si vyžadovalo väčší štatistický súbor výsledkov pre správne charakterizovanie geotechnických parametrov hornín. Prehľad počtov realizovaných skúšok a rozsah hĺbok je spracovaný v tabuľke 10. Prehľad výsledkov skúšok a detailné vyhodnotenie je spracované v samostatnej prílohe 6.2.

Vrty, v ktorých boli navrhnuté dilatometrické skúšky, boli realizované vŕtaním technológiou WireLine s vodným výplachom. Dĺžka návrtu priemeru NQ (76 mm) bola v rozsahu 15 – 60 m. Skúšky boli prednostne realizované v oblasti budúcej tunelovej rúry (pod niveletou počvy tunela, v úrovni tunelovej rúry a v oblasti nad kalotou tunela). Iba v prípade, že

sa nepodarilo zachovať priechodnosť vrtu po vytiahnutí vrtného náradia boli skúšky realizované v úseku, ktorý bol pre dilatometrickú sondu priechodný.Dilatometrické skúšky vykonala terénna skupina spoločnosti CAD–ECO a.s. pod vedením Mgr. Martina Borovského. Skúšky boli realizované pomocou dilatometrického prístroja PROBEX 2 od firmy ROCTEST–TELEMAC.

Výsledky dilatometrických skúšok predstavujú základné vstupné geotechnické parametre horninového masívu pre projektovanie nového tunela Čebrať. Sú zahrnuté do celkovej geotechnickej charakteristiky jednotlivých horninových typov v kapitole 2.1.

Tabuľka 10 Prehľad dilatometrických skúšok vo vrtoch

Vrt	Skúšaný úsek (m)	Počet skúšok		Dátum realizácie skúšok	Poznámky
		navrhovaný	realizovaný		
NT-04	21,7 – 39,7	5	10	5.5.2016	
NT-06	17,4 – 34,9	5	7	15.62016	
NT-07	26,5 – 38,5	5	5	6.6.2016	
NT-08	19,5 – 38,5	5	7	1.6.2016	
NT-09	19,0 – 38,5	10	10	10.5.2016	
NT-10	23,5 – 43,1	10	8	23.5.2016	
NT-11	-	10	0		Skúšky sa nerealizovali
NT-12	98,0 – 123,0	10	13	8. – 9.2.2017	
NT-13	124,5 – 144,5	10	6	13. – 14.12.2016	
NT-14	148,0 – 164,5	10	8	2. – 3.12.2016	
NT-15	195,0 – 218,5	10	11	19. – 20.2.2017	
NT-16	228,0 – 259,0	10	15	9. – 10.3.2017	
NT-17	-	10	0		Skúšky sa nerealizovali
NT-30	178,5 – 209,5	0	10	16. – 17.5.2017	Doplnený vrt
Spolu		**100**	**110**		

1.8.2.3 Dynamické penetračné skúšky

Sondy dynamickej penetrácie boli realizované s prihliadnutím na požiadavky projektanta a špecifiká skúmanej oblasti. Boli využité ako náhrada prieskumných vrtov v málo prístupných miestach, resp. na zahustenie informácie o geologickej stavbe medzi priamymi prieskumnými dielami (vrtmi). Zároveň sondy umožnili aj overenie uľahnutosti štrkovitých zemín v miestach plánovaných násypov a mostných objektov v trase diaľnice mimo tunela a tiež v západnej portálovej oblasti tunela Čebrať.

Tabuľka 11 Prehľad realizovaných sond dynamickej penetrácie

Označenie	Dosiahnutá hĺbka (m)	Dátum realizácie	Poznámka
DPS-JTR -01	8,0	26.5.2016	
DPS-JTR-02	7,6	26.5.2016	
DPS-STR-01	8,0	30.5.2016	
DPS-STR-02	7,4	26.5.2016	
DPS-STRN-01	9,0	31.5.2016	
DPS-STRN-02	6,0	31.5.2016	
DPS-STRN-03	7,0	31.5.2016	
DPS-STRN-04	7,0	30.5.2016	
DPS-203-01	6,0	9.6.2016	
DPS-203-02	6,5	9.6.2016	
DPS-203-03	7,0	9.6.2016	
DPS-204-01	2,6	9.6.2016	
DPS-204-02	8,0	9.6.2016	
DPS-204-03	4,9	30.5.2016	
DPS-230-01	6,5	1.2.2017	Doplnená

Označenie	Dosiahnutá hĺbka (m)	Dátum realizácie	Poznámka
DPS-230-02	10,0	1.2.2017	Doplnená
DPS-230-03	8,3	1.2.2017	Doplnená
DPS-231-01	15,0	1.2.2017	Doplnená
DPS-231-02	2,8	2.2.2017	Doplnená
DPS-231-02A	4,5	2.2.2017	Opakovaná
spolu	**143,1**		

Navrhnutých bolo realizovať 15 ks penetračných sond celkovej dĺžky 130 m. V skutočnosti bolo realizovaných 20 ks sond dynamickej penetrácie celkovej dĺžky 143,1 m. Dynamické penetračné skúšky realizovala terénna skupina spoločnosti CAD–ECO a.s., Bratislava pod vedením Mgr. Martina Borovského a Ing. Ladislava Stolárika. Práce boli vykonané v dňoch 26.5.2016 až 2.2.2017. Prehľad realizovaných skúšok je spracovaný v tabuľke 11. Prehľad nameraných priebehov dynamických penetračných skúšok a ich vyhodnotenie sú spracované v samostatnejprílohe 6.3. Výsledky dynamických penetračných skúšok sú v plnej miere zohľadnené pri hodnotení geotechnických parametrov zemín a hornín a pri návrhu zakladania jednotlivých stavebných konštrukcií.

1.8.2.4 Vodné tlakové skúšky a vsakovacie skúšky (hydrodynamické skúšky)

V zmysle schváleného Projektu geologickej úlohy (orientačný a podrobný prieskum) bolo navrhnuté vo vybratých prieskumných vrtoch realizovať hydrodynamické vodné tlakové skúšky. Účelom skúšok malo byť orientačné overenie hydraulických parametrov horninového prostredia najmä s ohľadom na určenie drenážneho účinku tunela na horninový masív. Spolu bolo navrhnutých realizovať 8 ks vodných tlakových skúšok. Realizácia a vyhodnotenie skúšok mala byť v zmysle platnej STN EN ISO 22282-1 až 22282-6, ktoré nadobudli účinnosť od júna 2013 a podľa ktorých je odporúčané na testovanie priepustnosti použiť v nasýtenej i nenasýtenej zóne v skalnom horninovom masíve použiť vodné tlakové skúšky.

Na realizáciu vodných tlakových skúšok bola použitá zostava obturátorov WirelineSystemPacker spoločnosti BIMBAR priemeru HQ (96 mm) a NQ (76 mm). Vo vrtoch bol použitý jednoduchý aj dvojitý obturátor. Dvojitý obturátor bol použitý pre testovanie skúšobného úseku s dĺžkou 2 m, jednoduchý obturátor bol použitý v skúšobnej etáži po dno vrtu. Prehľad realizovaných vodnotlakových skúšok je uvedený v tabuľke 12.

Vodné tlakové skúšky boli realizované v troch vzostupných a troch zostupných tlakových stupňoch. V hlbokých vrtoch v nenasýtenej zóne bol tlak odvodený z hydrostatického tlaku vyvolaného nálevom vody do vrtu. V tomto prípade boli realizované iba vzostupné stupne skúšky. Meranie tlaku a prietoku bolo vykonané regulačnou a meracou zostavou GEOPRO s.a. (Belgicko), pozostávajúcou z :

- prietokomeru s maximálnym prietokom 110 l/min, s digitálnym čítaním a nulovaním,
- manometrom priemeru 63 mm, s glycerínovou výplňou triedy 1.6, rozsahu 0 – 25 bar,
- dvoch regulačných ventilov a jedného uzatváracieho ventilu.

Tabuľka 12 Prehľad realizovaných vodnotlakových skúšok

Vrt	Dátum realizácie skúšky	Skúšobný úsek	Zloženie obturátora
NT-04	03.06.2016	21,0 – 26,0 m	jednoduchý obturátor
NT-04	05.06.2016	35,5 - 40,5 m	jednoduchý obturátor
NT-06	10.06.2016	33,0 – 40,0 m	jednoduchý obturátor
NT-07	06.06.2016	39,0 – 45,0 m	jednoduchý obturátor
NT-09	09.05.2016	39,0 – 45,0 m	jednoduchý obturátor
NT-10	20.05.2016	12,5 -18,0 m	jednoduchý obturátor

NT-10	23.05.2016	39,0 – 45,0 m	jednoduchý obturátor
NT-12	06.02.2017	72,1 – 77,3 m	jednoduchý obturátor
NT-13	14.12.2016	139,5 – 145,0 m	jednoduchý obturátor
NT-15	14.02. 2017	165,0 – 170,0 m	jednoduchý obturátor
NT-30			

O výsledkoch vodnotlakových skúšok a ich vyhodnotení bola vyhotovená pre každú skúšobnú etáž skúšobná správa.

Pre overenie možnosti vsakovania horninovej vody z tunela Čebraťboli v dvoch doplnkových hydrogeologických vrtoch NT-27 a NT-28 realizované vsakovacie skúšky. Prehľad realizovaných skúšok je uvedený v tabuľke 13. Detailné spracovanie priebehu a výsledkov hydrodynamických skúšok je v prílohe 6.4.

Tabuľka 13 Prehľad realizovaných vsakovacích skúšok

Vrt	Hĺbka vrtu [m]	Dátum skúšky	Hĺbka osadenia čerpadla [m]
NT-27	15,0	02.04.2014 – 03.04.2014	34,30
NT-28	15,0	04.04.2014 – 05.04.2014	16,10

1.8.3 Laboratórne a vzorkovacie práce mechaniky zemín

Počas realizácie vrtných prác boli odoberané charakteristické vzorky zemín pre laboratórne stanovenie ich fyzikálno–opisných parametrov. V zmysle Projektov geologickej úlohy (pre orientačný aj podrobný prieskum) bolo navrhnuté odobrať spolu 30 ks neporušených vzoriek a 65 ks porušených vzoriek a z toho 15 ks vzoriek technologických. V skutočnosti bolo odobraných 9 ks neporušených vzoriek a 12 ks porušených vzoriek zemín (z toho 1 ks technologických a 11 ks porušených). Vzorky zemín boli dopravené a spracované v akreditovanom laboratóriu mechaniky zemín INGEO–ENVILAB s.r.o. Žilina. Získané parametre slúžia pre geotechnickú klasifikáciu zemín, posúdenie ich vhodnosti, namŕzavosti a vodného režimu. Výsledky laboratórnych skúšok mechaniky zemín sú uvedené v prílohe 5.1.

1.8.4 Laboratórne a vzorkovacie práce mechaniky hornín

Počas realizácie vrtných prác boli odoberané charakteristické vzorky hornín pre laboratórne stanovenie ich fyzikálno–opisných a pevnostno–deformačných parametrov. Navrhnutých bolo odobrať 20 ks vzoriek na Point Load Test (PLT), 10 ks vzoriek na stanovenie pevnosti v prostom tlaku, 10 ks vzoriek na stanovenie fyzikálnych vlastností hornín a 10 ks na stanovenie deformačných parametrov. Prehľad odberov vzoriek hornín je uvedený v nasledujúcej tabuľke 14.Skúšky bodovej pevnosti (Point Load Test) boli vykonávané na prístroji EL77–0115 a prístroji PIL-7 spoločnosti CAD–ECO a.s., stredisko Žilina. Odobratých bolo spolu 24 ks vzoriek. Vykonaných bolo 42 skúšok bodovej pevnosti, pričom niektoré vzorky boli testované v axiálnom i radiálnom smere vrtného jadra). Stanovenie fyzikálnych a pevnostno–deformačných vlastností hornín bolo vykonané v laboratóriu INGEO–ENVILAB s.r.o. Žilina. Výsledky všetkých realizovaných laboratórnych skúšok mechaniky hornín sú uvedené v samostatnej prílohe 5.2.

Tabuľka 14 Prehľad odberu vzoriek hornín a realizácie laboratórnych prác mechaniky hornín

Typ vzorky	Počet vzoriek		Počet realizovaných skúšok
	návrh	skutočnosť	
Point Load Test	20	24	42

Pevnosť v prostom tlaku	10	9	9
Fyzikálne vlastnosti hornín	10	9	9
Deformačné parametre hornín	10	8	8
Stanovenie mrazuvzdornosti	0	0	0
Stanovenie abrazivity	0	0	0
Mineralogická analýza RTG (celohorninová + separovaná)	10	0	0
Petrografická a stratigrafická analýza (výbrus + výplav)	10	0	0
Spolu		**50**	

1.8.5 Geofyzikálne povrchové merania

V zmysle Projektu geologickej úlohy bolo naplánované realizovať 9000 m povrchových geoelektrických meraní (multikábel, SOP+VES) a 440 m povrchových meraní inžinierskej seizmiky (IS). V prevej etape prieskumu (orientačný prieskum pre oblasť západného portálu) boli realizované merania na 5 ks priečnych profiloch GF-1 až GF-5 a jednom pozdĺžnom profile GF-JTR. Spolu bolo realizovaných 5008 m geoelektrických meraní. V druhej etape (podrobný IGHP pre trasu tunela) boli realizované merania na profiloch GF-6 (doplnkový profil podľa požiadaviek projektanta trasy diaľnice), GF-STR a GF-STRN. Profil GF-STRN bol vedený osou posunutej severnej tunelovej rúry (variant V2), profil GF-STR bol vedený osou severnej tunelovej rúry v pôvodnej trase (variant V1) až po ich vzájomný stret.

Cieľom geofyzikálnych meraní bolo) spresnenie informácií o inžinierskogeologických, hydrogeologických a geotechnických pomeroch skúmaného územia ako aj overenie tektonickej stavby v oblasti portálu tunela Čebrať.

Geofyzikálne terénne merania boli, vo forme subdodávky spoločnosti GEOPAS s.r.o. Žilina, realizované v období mesiacov apríl až jún 2016. Prvotná geologická dokumentácia je archivovaná spoločnosťou GEOPAS s.r.o. Žilina.

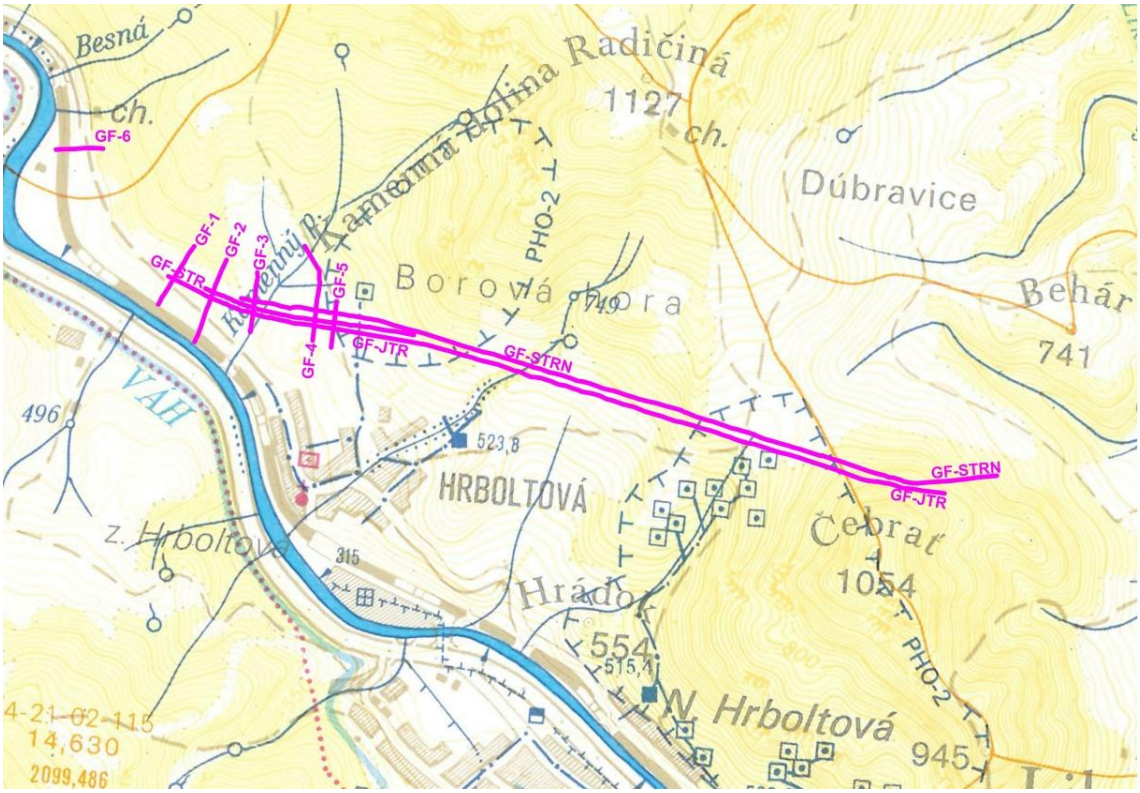
Na vyriešenie základných úloh boli použité metódy ME a VES. Podstata multielektródových geoelektrických meraní (tzv. ME) spočíva v poloautomatickom meraní zdanlivých merných elektrických odporov (ρ_z) pomocou veľkého množstva stabilne uzemnených elektród. V literatúre sa tento spôsob niekedy označuje ako elektrická odporová tomografia, resp. ERT (Electrical Resistivity Tomography). Je potrebné uviesť, že metóda ME navyše prináša benefit v podobe zvýšenej hustoty meracích bodov, ktorá umožňuje detailnejšiu lokalizáciu geoelektrických vrstiev, resp. odporových anomálií. Tieto geoelektrické merania umožnili rozčleniť geologické prostredie z hľadiska priebehu zdanlivých merných elektrických odporov (ρ_z) vo vertikálnom a horizontálnom smere, vyčleniť rovnorodé úseky, odporovo kontrastné prostredia a indikovať zmeny hrúbky a charakteru geoelektrických vrstiev. Z hľadiska geológie bolo teda úlohou tohto geofyzikálneho merania určenie príslušnej hrúbky a charakteru kvartérnych materiálov, priebeh predkvartérneho podložia, jeho litologickú charakterizáciu a tiež určenie miest vertikálnych poruchových zón (tektonických línií).

V závislosti na požadovanom hĺbkovom dosahu meraní ME bola zvolená pravidelná vzdialenosť elektród systému ME a to 3 alebo 5 m. Maximálna vzdialenosť sýtnych elektród AB sa pre systém 48 – 96 elektród pohybovala v rozsahu 9 – 170 m. Pri meraniach ME bola použitá aparatúra ARES českej spoločnosti GF Instruments, s.r.o., Brno, ktorá využívala káblový systém MCC5.

Merania inžinierskej seizmiky (IS) predstavujú plytký variant seizmického merania metódou lomených, resp. čelných elastických vĺn. Tieto merania umožnili vo vybraných rezoch rozčleniť geologické prostredie z hľadiska rýchlostí šírenia čelných seizmických vĺn a takto detekovať zóny znížených rýchlostí (ktoré indikujú prítomnosť materiálov kvartérneho pokryvu,

resp. degradovaných predkvartérnych hornín), prípadne aj úroveň hladiny podzemnej vody (samozrejme, iba pokiaľ táto hladina predstavuje dostatočne kontrastné refrakčné rozhranie).

Merania IS boli vykonané s použitím 24 kanálovej aparatúry Terraloc Mark 6 spoločnosti Abem. Počas merania boli použité 115 m dlhé seizmické profily s 24 geofónmi, medzi ktorými bola pravidelná vzdialenosť 5 m. Energia pre seizmické meranie bola generovaná údermi kladiva na pevnú podložku, pričom body budenia ležali na okrajoch rozloženia geofónov, v strede ich rozloženia, ako aj vo vzdialenosti rovnej ½ dĺžky rozloženia od okrajov rozloženia geofónov (tzv. „prístrely“).



Obrázok 3 Prehľadná situácia realizovaných geofyzikálnych povrchových meraní.

Interpretované výsledky geofyzikálnych meraní boli použité predovšetkým za účelom rozčlenenia horninového masívu v portálovej oblasti modifikovaného tunela Čebrať na kvázihomogénne bloky z hľadiska inžinierskej geológie a geotechniky a na identifikáciu tektonicky porušených zón a vyčlenenie priebehu predkvartérneho podložia vo vybraných oblastiach.

Podrobnosti o použitých geofyzikálnych meraniach, ich realizácii a postupe interpretácie, zakončené výsledkami meraní geoelektrických metód a inžinierskej seizmiky sú podrobne spracované v samostatnej prílohe 8 „Výsledky geofyzikálnych povrchových meraní“, ktoré spracovali zodpovední riešitelia tejto časti geologickej úlohy – RNDr. Štefan Huljak a RNDr. Jozef Flimmel (GEOPAS s.r.o., Žilina).

1.8.6 Karotážne merania

V zmysle Projektu geologickej úlohy boli karotážne merania navrhnuté v štruktúrnych vrtoch v trase modifikovaného tunelačebrať. Navrhovanými karotážnymi metódami boli kavernometria, meranie prirodzeného γ-žiarenia, odporová karotáž, inklinometria, termometria a merania konduktivity a spontánneho potenciálu. Sumárne bolo navrhnutých karotovať 360 m

vrtov.Pri meraniach bola použitá karotážna súprava firmy ALT, so súpravou karotážnych sond QL40 (QuickLine 40 mm) CAL, DEV, ElogIP, GRA, OBI, FTC, elektrickým vrátkom 4MXC a digitálnym prevodníkom / záznamníkom BBox Mini.

Počas karotážnych meraní boli spravidla najskôr zisťované geometrické parametre vrtu, jeho stav, priechodnosť a prípadné zmeny geometrie. Zistenie týchto parametrov bolo nevyhnutné pre správne nasadenie ďalších karotážnych metód, resp. pre overenie možnosti realizácie dilatometrickej či presiometrickej a vodnotlakovej skúšky. Na základe týchto prvotných zistení bol operatívne stanovený rozsah a spôsob použitia ostatných prieskumných metód vo vrtoch, tak aby ich nasadenie bolo bezpečné a účelné.

Výsledky karotážnych meraní sú prehľadne spracované v samostatnej prílohe 7. Získané výsledky boli plne zohľadnené v hodnotení geologických pomerov v predmetnom území.

1.8.7 Práce geologickej služby

Súčasťou geologických prác bolo vypracovanie Projektu geologickej úlohy, riadenie terénnych prác, zabezpečenie vstupov na dotknuté pozemky, vytýčenie podzemných káblových a potrubných vedení, geologická dokumentácia jadrových vrtov vrátane fotodokumentácie, stanovenie základných charakteristík zemín, stanovenie základných parametrov podzemných vôd, výber a odber vzoriek zemín a podzemnej vody a vypracovanie záverečnej správy. Ďalej to bolo vykonávanie a vyhodnotenie všetkých terénnych geotechnických skúšok, vyhodnotenie výsledkov laboratórnych rozborov, terénne pochôdzky a mapovanie. Súčasťou prác geologickej služby bolo spracovanie textových a grafických príloh záverečnej správy, ako aj samotnej záverečnej správy.V rámci mapovacích prác bolo realizované podrobné geologické mapovanie s cieľom spresniť doterajšie poznatky o geologickej stavbe dotknutej oblasti.Údaje získané počas dokumentácie sú prehľadne spracované v prílohách 3.1 a 3.2. Po vyhodnotení všetkých údajov, získaných z technických prieskumných prác, poľných a laboratórnych skúšok, bolo možné zostrojiť pozdĺžne a priečne schematické inžinierskogeologické rezy v trase tunelových rúr aj portálovej steny. Záverečná správa obsahuje nasledujúce prílohy:

PRÍLOHA 1 PREHĽADNÁ SITUÁCIA ÚZEMIA M 1 : 100 000

PRÍLOHA 2 MAPY DOKUMENTÁCIE M 1 : 4000
Príloha 2.1 Situácia prieskumných diel
Príloha 2.2 Mapa dokumentácie

PRÍLOHA 3 GEOLOGICKÁ DOKUMENTÁCIA
Príloha 3.1 Geologická dokumentácia prieskumných diel
Príloha 3.2 Fotodokumentácia vrtov
Príloha 3.3 Zoznam dokumentačných bodov
Príloha 3.4 Dokumentácia prameňov a vodných zdrojov

PRÍLOHA 4 INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ REZY
Príloha 4.1 Schematický inžinierskogeologický rez 1 – 1` v km 1,137
Príloha 4.2 Schematický inžinierskogeologický rez 2 – 2` v km 1,407
Príloha 4.3 Schematický inžinierskogeologický rez 3 – 3` v km 1,600
Príloha 4.4 Schematický inžinierskogeologický rez 4 – 4` v km 1,780
Príloha 4.5 Schematický inžinierskogeologický rez 5 – 5` v km 2,068

Príloha 4.6 Schematický inžinierskogeologický rez 6 – 6` v km 2,154
Príloha 4.7 Schematický inžinierskogeologický rez 7 – 7` v km 0,673
Príloha 4.8 Schematický pozdĺžny inžinierskogeologický rez PS – PS` osou severnej vetvy diaľnice D1 v km 0,000 – 1,150 STR
Príloha 4.9 Schematický pozdĺžny inžinierskogeologický rez PJ – PJ` osou južnej vetvy diaľnice D1 v km 0,000 – 1,150 JTR
Príloha 4.10 Schematický inžinierskogeologický rez STR – STR` trasou severnej tunelovej rúry v km 2,000 – 6,700

PRÍLOHA 5 LABORATÓRNE ROZBORY
Príloha 5.1 Výsledky laboratórnych rozborov mechaniky zemín (INGEO–ENVILAB, s.r.o., Žilina, Katedra geotechnicky, Žilinská univerzita, Žilina)
Príloha 5.2 Výsledky laboratórnych rozborov mechaniky hornín (INGEO–ENVILAB, s.r.o., Žilina, CAD–ECO a.s., Bratislava, Ústav geotechniky SAV, Košice)
Príloha 5.3 Výsledky RTG analýz hornín, petrografické a stratigrafické vyhodnotenie hornín (Geologický ústav SAV, Banská Bystrica)
Príloha 5.4 Výsledky laboratórnych rozborov chémie vôd a zemín (INGEO–ENVILAB, s.r.o., Žilina)
Príloha 5.5 Výsledky izotopových analýz podzemných vôd (ŠGÚDŠ, Bratislava)

PRÍLOHA 6 POĽNÉ SKÚŠKY
Príloha 6.1 Výsledky presiometrických skúšok vo vrtoch
Príloha 6.2 Výsledky dilatometrických skúšok vo vrtoch
Príloha 6.3 Výsledky skúšok dynamickej penetrácie
Príloha 6.4 Výsledky hydrodynamických skúšok vo vrtoch
Príloha 6.5 Výsledky hydrometrovacích meraní povrchových tokov

PRÍLOHA 7 VÝSLEDKY KAROTÁŽNYCH MERANÍ VO VRTOCH (CAD-ECO a.s., stredisko Žilina)

PRÍLOHA 8 VÝSLEDKY GEOFYZIKÁLNYCH POVRCHOVÝCH MERANÍ
Príloha 6.1 Výsledky geoelektrických meraní SOP a VES
Príloha 6.2 Výsledky meraní inžinierskej seizmiky
Príloha 6.3 Výsledky meraní georadarom

PRÍLOHA 9 VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA PRÚDENIA PODZEMNÝCH VÔD (CAD-ECO a.s., stredisko Žilina)

PRÍLOHA 10 HYDROCHEMICKÉ ZHODNOTENIE (CAD-ECO a.s., stredisko Žilina)

PRÍLOHA 11 VÝSLEDKY REŽIMOVÝCH POZOROVANÍ, BILANCIA PODZEMNÝCH VÔD (CAD-ECO a.s., stredisko Žilina)

PRÍLOHA 12 TECHNICKÁ SPRÁVA
Príloha 12.1 Technická správa o zabudovaní inklinometrických vrtov (GEOEXPERTS s.r.o., Žilina)
Príloha 12.2 Technická správa o zabudovaní piezometrických a hydrogeologických vrtov (CAD-ECO a.s., stredisko Žilina)

PRÍLOHA 13 MERAČSKÁ SPRÁVA (GEOSMART s.r.o., Žilina)

2 PODROBNÁ ČASŤ

2.1 Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika zemín a hornín

V nasledujúcich podkapitolách podrobne charakterizujeme inžinierskogeologické a geotechnické parametre hornín a zemín, ktoré sa vyskytujú v skúmanom území.

2.1.1 Kvartér

Kvartérne zeminy sú v hodnotenom území zastúpené niekoľkými významnými genetickými typmi. Najrozšírenejšími sú deluviálne sedimenty, fluviálne a terasové sedimenty, proluviálne a antropogénne sedimenty. Vzhľadom na fakt, že najmä proluviálne a deluviálne zeminy v skúmanom území majú veľmi podobné geotechnické vlastnosti, budeme ich hodnotiť spoločne ako jeden celok. Deluviálne sedimenty pokrývajú prakticky celé územie v plánovanej trase diaľnice D1 s výnimkou lokálnych východzov podložných hornín. S ohľadom na realizované merania inklinometrie v oblasti portálu tunela Čebrať v rámci GTM diaľnice a tiež vzhľadom k staršímgeologickým prácam, v ktorých je delúvium v tejto časti územia klasifikované ako zosuvné, budeme sa tohto členenia pridŕžať i pri hodnotení v tejto správe.

Na celom skúmanom území je podložie tvorené prevažne karbonatickými a flyšovými mezozoickými horninami, kde sa vytvára prevažne pozvoľný (len lokálne ostrý) prechod z delúvia do elúvia a zvetraného podložia, pričom elúvium je prevažne charakteru ílovito-kamenitej sute. V zosuvných oblastiach je do zosuvného delúvia zahrnutá i časť podložia – najmä elúvium a silne zvetraná časť masívu, resp. aj časť nezvetraných podložných hornín vo forme blokov. Pohyb blokov momentálne vzhľadom na krátky časový úsek nie je možné hodnotiť.

A) Deluviálne a deluviálno-proluviálne sute kamenito–ílovité a íly, zosuvné delúviumtvoria prevažne íly štrkovité (F2/CG), íly a silty piesčité (F4/CS a F3/MS) resp. ako aj íly a silty so strednou až vysokou plasticitou (F6/CI, F8/CH, resp. F5/MI, F7/MH), premenlivej konzistencie prevažne pevnej, avšak aj s polohami veľmi pevnej až tvrdej konzistencie (I_c = 1,01 – 1,48), strednej až veľmi vysokej plasticity (w_L = 30 – 80 %, I_P = 12 – 44 %), s obsahom ílovitej frakcie (c = 3,3 – 52,1 %), prachovitej frakcie (m = 27,8 – 50,7 %), obsahom piesčitej frakcie (s = 8,7 – 43,9 %) a štrkovej frakcie (g = 0,1 – 36,4 %). V zmysle STN 72 1001 ich možno celkovo charakterizovať triedou F2 a F4 so symbolom označenia CG a CS s nasledovnými hodnotami základných geotechnických parametrov:

	Rozsah	Odporúčaná hodnota
– objemová tiaž:	γ = 18,5 – 22,5 kN.m^{-3}	21,3 kN.m^{-3}
– parametre efekt. šmyk. pevnosti:	φ_{ef} = 18,3 – 29,9°	23,7°
	c_{ef} = 0 – 14 kPa	6 kPa
	φ_{rez} = 13,4 – 26,1°	19,2°
	c_{rez} = 0 - 5 kPa	2 kPa
– modul pretvárnosti z PS*:	E_{def} = 7,2 – 31,50 MPa	17,46 MPa
– únosnosť (d = 0,8 – 1,5 m a b ≤ 3 m):	R_{dt} = (160 – 275) kPa	250 kPa

Podľa upraveného Scheibleho kritéria v zmysle STN 73 6133 – Stavba ciest, teleso pozemných komunikácií uvedené zeminy sú **namŕzavé až nebezpečne namŕzavé** v závislosti

od obsahu ílovitej a prachovitej frakcie, pričom jej vplyvom sa ich pevnosť podstatne znižuje. Podľa kritérií vhodnosti pre **podložiekomunikácií** tieto zeminy (F2/CG a F4/CS resp. F3/MS) sú **podmienečne vhodné** a pre **budovanie násypu** v zmysle uvedenej normy tieto zeminy možno hodnotiť ako **vhodné až nevhodné**. Podstatne odlišne sú hodnotené íly s veľmi vysokou plasticitou (F8/CH), ktoré sú tak pre podložie komunikácií, ako aj pre budovanie násypu **nevhodné.**

Pevnostné a deformačné charakteristiky sú závislé od konzistencie a granulometrického zloženia, pričom obsah štrkovej frakcie podstatne vplýva aj na ich únosnosť a priepustnosť. Koeficient filtrácie vypočítaný z kriviek zrnitosti k_f = 2,03.10^{-9} – 4,00.10^{-6} m.s^{-1}, v priemere k_f = 4,49.10^{-7} m.s^{-1} predstavuje pre tieto jemnozrnné zeminy triedu priepustnosti **VI** – podľa Jetela, čo znamená, že horninové prostredie je **slabo priepustné.**

Prehľad rozsahu hodnôt a odporúčané hodnoty základných geotechnických parametrov sú spracované v tabuľke 15.

B) Deluviálne sute kamenité, balvanité a ílovito–kamenité, zosuvné delúviumtvoria štrkovité zeminy s rozličným podielom ílovitej resp. siltovitej prímesi (G5/GC,G4/GM až G3/G–F, s lokálnym zastúpením G2/GP). V kvartérnom komplexe tvoria viac alebo menej súvislé šošovky a polohy, pričom tvoria privilegované cesty pre prúdenie podzemnej vody. Úlomky tvoria prevažne pevné karbonatické horniny (vápence a dolomity, ojedinele zlepence a pieskovce), zvlečené z vyšších partií svahov.Výplňový íl je nízkej až strednej plasticity (w_L = 23 – 37 %, I_P = 9 – 20). Zemina je s malým obsahom ílovitej frakcie (c = 3,2 – 7,6 %), prachovitej frakcie (m = 14,2 – 30,5 %), obsahom piesčitej frakcie (s = 18,8 – 31,3 %) a štrkovej frakcie (g = 36,7 – 61,1 %) s variabilným zastúpením úlomkov karbonátov (vápence a dolomity) s veľkosťou do 8 cm. V zmysle STN 72 1001 možno tieto prevládajúce štrkovité zeminy charakterizovať triedou ako G5 so symbolom označenia GC s nasledovnými hodnotami základných geotechnických parametrov:

	Rozsah	Odporúčaná hodnota
– objemová tiaž:	γ = 20,5 – 22,8 kN.m^{-3}	21,8 kN.m^{-3}
– parametre efekt. šmyk. Pevnosti:	φ_{ef} = 25,5 – 32°	30°
	c_{ef} = 0 – 10 kPa*	5 kPa*
– modul pretvárnosti z PS*:	E_{def} = 48,32 – 585,63 MPa	221,18 MPa
– únosnosť (b = d = 1,0 m):	R_{dt} = (200 – 400) kPa	(300) kPa

Podľa upraveného Scheibleho kritéria v zmysle STN 73 6133 – Stavba ciest, teleso pozemných komunikácií, uvedené nesúdržné zeminy (G5/GC) **sú namŕzavé**. Podľa kritérií vhodnosti **pre podložiekomunikácií** v zmysle uvedenej normy sú tieto zeminy **podmienečne vhodné**. Pevnostné a deformačné charakteristiky sú závislé od konzistencie a granulometrického zloženia. Koeficient filtrácie vypočítaný z kriviek zrnitosti k_f = 4,00.10^{-04} – 6,92.10^{-6} m.s^{-1} v priemere k_f = 4,48.10^{-5} m.s^{-1} predstavuje pre tieto ílovito-kamenité sute triedu priepustnosti **V** – podľa Jetela, čo znamená že horninové prostredie je **dosť slabo priepustné.**

Prehľad rozsahu hodnôt a odporúčané hodnoty základných geotechnických parametrov sú spracované v tabuľke 15.

C) Fluviálne terasové štrkytvoria štrkovité zeminy s rozličným podielom ílovitej resp. siltovitej prímesi (G5/GC,G4/GM až G3/G–F, s lokálnym zastúpením G2/GP). V kvartérnom komplexe tvoria viac alebo menej súvislé šošovky a polohy, pričom tvoria privilegované cesty pre prúdenie podzemnej vody. Úlomky tvoria prevažne pevné karbonatické horniny (vápence a

dolomity, ojedinele zlepence a pieskovce), zvlečené z vyšších partií svahov.Výplňový íl je nízkej až strednej plasticity (w_L = 23 – 37 %, I_P = 9 – 20). Zemina je s malým obsahom ílovitej frakcie (c = 3,2 – 7,6 %), prachovitej frakcie (m = 14,2 – 30,5 %), obsahom piesčitej frakcie (s = 18,8 – 31,3 %) a štrkovej frakcie (g = 36,7 – 61,1 %) s variabilným zastúpením úlomkov karbonátov (vápence a dolomity) s veľkosťou do 8 cm. V zmysle STN 72 1001 možno tieto prevládajúce štrkovité zeminy charakterizovať triedou ako G5 so symbolom označenia GC s nasledovnými hodnotami základných geotechnických parametrov:

	Rozsah	Odporúčaná hodnota
– objemová tiaž:	γ = 20,5 – 22,8 kN.m^{-3}	21,8 kN.m^{-3}
– parametre efekt. šmyk. Pevnosti:	φ_{ef} = 25,5 – 32°	30°
	c_{ef} = 0 – 10 kPa*	5 kPa*
– modul pretvárnosti z PS*:	E_{def} = 48,32 – 585,63 MPa	221,18 MPa
– únosnosť (b = d = 1,0 m):	R_{dt} = (200 – 400) kPa	(300) kPa

Podľa upraveného Scheibleho kritéria v zmysle STN 73 6133 – Stavba ciest, teleso pozemných komunikácií, uvedené nesúdržné zeminy (G5/GC) **sú namŕzavé**. Podľa kritérií vhodnosti **pre podložiekomunikácií** v zmysle uvedenej normy sú tieto zeminy **podmienečne vhodné**. Pevnostné a deformačné charakteristiky sú závislé od konzistencie a granulometrického zloženia. Koeficient filtrácie vypočítaný z kriviek zrnitosti k_f = 4,00.10^{-04} – 6,92.10^{-6} m.s^{-1} v priemere k_f = 4,48.10^{-5} m.s^{-1} predstavuje pre tieto ílovito-kamenité sute triedu priepustnosti **V** – podľa Jetela, čo znamená že horninové prostredie je **dosť slabo priepustné.**

Prehľad rozsahu hodnôt a odporúčané hodnoty základných geotechnických parametrov sú spracované v tabuľke 15.

D) Fluviálne až polygenetické íly a piesky terasového pokryvutvoria štrkovité zeminy s rozličným podielom ílovitej resp. siltovitej prímesi (G5/GC,G4/GM až G3/G–F, s lokálnym zastúpením G2/GP). V kvartérnom komplexe tvoria viac alebo menej súvislé šošovky a polohy, pričom tvoria privilegované cesty pre prúdenie podzemnej vody. Úlomky tvoria prevažne pevné karbonatické horniny (vápence a dolomity, ojedinele zlepence a pieskovce), zvlečené z vyšších partií svahov.Výplňový íl je nízkej až strednej plasticity (w_L = 23 – 37 %, I_P = 9 – 20). Zemina je s malým obsahom ílovitej frakcie (c = 3,2 – 7,6 %), prachovitej frakcie (m = 14,2 – 30,5 %), obsahom piesčitej frakcie (s = 18,8 – 31,3 %) a štrkovej frakcie (g = 36,7 – 61,1 %) s variabilným zastúpením úlomkov karbonátov (vápence a dolomity) s veľkosťou do 8 cm. V zmysle STN 72 1001 možno tieto prevládajúce štrkovité zeminy charakterizovať triedou ako G5 so symbolom označenia GC s nasledovnými hodnotami základných geotechnických parametrov:

	Rozsah	Odporúčaná hodnota
– objemová tiaž:	γ = 20,5 – 22,8 kN.m^{-3}	21,8 kN.m^{-3}
– parametre efekt. šmyk. Pevnosti:	φ_{ef} = 25,5 – 32°	30°
	c_{ef} = 0 – 10 kPa*	5 kPa*
– modul pretvárnosti z PS*:	E_{def} = 48,32 – 585,63 MPa	221,18 MPa
– únosnosť (b = d = 1,0 m):	R_{dt} = (200 – 400) kPa	(300) kPa

Podľa upraveného Scheibleho kritéria v zmysle STN 73 6133 – Stavba ciest, teleso pozemných komunikácií, uvedené nesúdržné zeminy (G5/GC) **sú namŕzavé**. Podľa kritérií

vhodnosti **pre podložiekomunikácií** v zmysle uvedenej normy sú tieto zeminy **podmienečne vhodné**. Pevnostné a deformačné charakteristiky sú závislé od konzistencie a granulometrického zloženia. Koeficient filtrácie vypočítaný z kriviek zrnitosti k_f = 4,00.10^{-04} – 6,92.10^{-6} m.s^{-1} v priemere k_f = 4,48.10^{-5} m.s^{-1} predstavuje pre tieto ílovito-kamenité sute triedu priepustnosti **V** – podľa Jetela, čo znamená že horninové prostredie je **dosť slabo priepustné.**

Prehľad rozsahu hodnôt a odporúčané hodnoty základných geotechnických parametrov sú spracované v tabuľke 15.

Tabuľka 15 Prehľad geotechnických parametrov kvartérnych zemín

CHARAKTERISTIKA		Symbol [Rozmer]	DELUVIÁLNO-PROLUVIÁLNE SEDIMENTY (Zosuvné delúvium)			
			Deluviálne a polygenetické sute a íly		Deluviálne sute balvanité, kamenité a ílovito–kamenité	
			Najčastejší rozsah	Odpor. hodnota	Rozsah	Odpor. hodnota
Prirodzená vlhkosť		w_n [%]	8,00 – 30,60	14,70	6,50 – 14,50	10,60
Prirodzená objemová hmotnosť		ρ_n [g.cm^{-3}]	1,85 – 2,25	2,13	2,05 – 2,28	2,18
Suchá objemová hmotnosť		ρ_d [g.cm^{-3}]	1,45 – 2,02	1,86	1,91 – 2,00	1,95
Hustota		ρ_s [g.cm^{-3}]	2,64 – 2,75	2,71	2,74 – 2,75	2,75
Pórovitosť		n [%]	24,80 – 46,40	31,80	29,70 – 30,40	30,1
Stupeň nasýtenia		S_r [%]	59,40 – 95,70	85,20	42,10 – 91,10	66,60
Obsah organických látok		I_{om} [%]	3,0	3,0	-	-
Medza tekutosti		w_L [%]	30 - 80	41	23 - 37	29
Číslo plasticity		I_p[%]	12 - 44	21	9 - 20	14
Číslo konzistencie LMZ		I_c	1,01 – 1,48	1,29	-	-
Obsah zŕn	ϕ<0,002mm	c [%]	3,3 – 52,1	17,3	3,2 – 7,6	5,0
	0,002<ϕ<0,06mm	m [%]	27,8 – 50,7	37,6	44,2 – 30,5	20,2
	0,06<ϕ<2mm	s [%]	8,7 – 43,9	18,4	18,8 – 31,3	26,6
	ϕ>2mm	g [%]	0,1 – 36,4	26,7	36,7 – 61,1	48,2
Pevnosť v prostom tlaku		σ [kPa]	153 – 186	170	–	–
Parametre efektívnej šmykovej pevnosti z LMZ		φ_{ef} [°]	18,3 – 29,9	23,7	25,5 – 32,0	30
		c_{ef} [kPa]	0 – 14	6	0 – 10	5
Parametre reziduálnej šmykovej pevnosti		φ_r [°]	13,4 – 26,1	19,2	–	–
		c_r [kPa]	0 - 5	2	–	–
Parametre zhutnenia Proctor Standard		$w_{opt.}$ [%]	11,70 – 14,10	12,90	9,9	9,9
		$\rho_{d\,max.}$ [g.cm^{-3}]	1,85 – 1,95	1,91	2,03	2,03
Pomerná únosnosť		CBR [%]	2,0 – 5,0	3,6	3,0	3,0
Modul pretvárnosti z PS		E_{def} [MPa]	7,20 – 31,50	17,46	48,32 – 585,63	221,18
Modul pretvárnosti z LMZ		E_{def} [MPa]	-	-	-	-
Poissonovo číslo		ν	(0,35 – 0,42)	(0,35)	(0,30 – 0,35)	(0,30)
Koeficient filtrácie		k_f [m.s^{-1}]	4,00.10^{-6} až2,03.10^{-9}	4,49.10^{-7}	6,92.10^{-6}až 4,00.10^{-4}	4,48.10^{-5}
Únosnosť		R_{dt} [kPa]	(160 – 275)	(250)	(200 – 400)	(300)
Zatriedenie podľa STN		STN 72 1001	CG,CS,CH,CV	CG,CS	CG,GC,GM	GC
			F2,F4,F8	F2,F4	F2,G5,G4	G5
		STN 73 6133	2–6–14–15	2–6	2-26–25	26
		STN 73 3050	3–4	3–4	4–5	4–5

Poznámky : hodnoty uvádzané v zátvorkách sú hodnoty odvodené z STN a z odbornej literatúry; únosnosť je uvádzaná orientačne ako tabuľková výpočtová únosnosť Rdt podľa STN 73 1001 (platná do roku 2010) pre súdržné zeminy pri b ≤ 3 m, d = 0,8–1,5 m a

pre nesúdržné zeminy pri b = d = 1 m; * PS – presiometrické skúšky podľa STN 72 1004

2.1.2 Mezozoikum

V podloží kvartérnych sedimentov sa v skúmanom území vyskytujú mezozoické súvrstvia. Podľa stratigrafickej analýzy a na základe mapovacích prác možno mezozoické súvrstvia v okolí trasy diaľnice D1 zadeliť do dvoch tektonických jednotiek: veporika – zastúpeného horninami krížňanského príkrovu, a hronika – zastúpeného horninami chočského príkrovu. Je potrebné uviesť, že do zmenej trasy diaľnice D1 Hubová – Ivachnová horniny chočského rpíkrovu priamo nezasahujú, v značnej miere však ovplyvňujú hydrogeologické pomery a stabilitné pomery širšieho územia okolo plánovanej trasy.

V krížňanskom príkrove boli zachytené vrtnými a mapovacími prácami horniny niekoľkých súvrství. Porubské súvrstvie tvoria dominantné ílovce s preplástkami pieskovcov a siltovcov. V skúmanom území sme podľa stratigrafickej analýzy identifikovali dve významne zastúpené súvrstvia – mráznické a porubské. Mráznické súvrstvie je charakterizované zastúpením tmavosivých ílovcov a slienitých bridlíc s polohami slienitých škvrnitých svetlosivých vápencov. V jeho nadloží sa nachádza porubské súvrstvie, ktoré je charakteristické dominantným zastúpením ílovcov s preplástkami siltovcov a pieskovcov, má flyšový charakter. Presné rozhranie medzi oboma súvrstviami vzhľadom na etapu prieskumu nebolo možné v teréne ani v profiloch vyčleniť.

Charakter podložných mezozoických hornín bol overený vrtnými i mapovacími prácami, presiometrickými a dilatometrickými skúškami vo vrtoch a samozrejme i laboratórnymi rozbormi.

Polohy ílovcov sú väčšinou hrubolavicovité až masívne, prípadne doskovité, najmä v porubskom súvrství obsahujú rytmickú lamináciu siltovcov alebo až lamíny a dosky pieskovcov. Ílovce majú nízku až strednú pevnosť. Polohy siltovcové až pieskovcové majú strednú až vysokú pevnosť. Siltovce a ílovce je v teréne ťažko od seba makroskopicky odlíšiť. Horniny sú extrémne citlivé na zmeny obsahu vlhkosti, majú tendenciu rýchlo sa rozsúšať a rozpukávať pozdĺž plôch laminácie a vrstevnatosti. Vytvárajú doskovité bloky.

Vzhľadom na pomerne malú pevnosť hornín krížňanského príkrovu a dominantné zastúpenie pomerne plastických ílovcov je tento komplex silne tektonicky porušený. V zlomových zónach a v čiastkových násunových plochách sú horniny degradované na tektonické brekcie, často význačných hrúbok. Brekcie majú charakter súdržných ílovitých zemín, šupinkovitých ílov s obsahom zbridličnatených a budinovaných pevnejších restov hornín (pieskovcov a vápencov ale aj ílovcov samotných). Sú extrémne náchylné na rozbredanie pri styku s vodou. Charakteristickým javom v komplexe hornín krížňanského príkrovu je medzivrstevná tektonika a využitie primárnych plôch nespojitosti (laminácia a vrstevnatosť) ako klzné plochy pri presunoch nadložných príkrovov ako aj pri neskoršej tektonickej aktivite v tejto oblasti (spätné násuny a prešmyky, zlomová tektonika). Pozorované bolo i detailné prevrásnenie.

Hĺbka intenzívnejšie zvetraných hornín (zvetrané až silno zvetrané) zasahuje do 4,0 - 18,0 m, slabo zvetrané až navetrané ílovce sa vyskytujú od hĺbky 4,0 m a viac. V zmysle STN 73 1001 dosahujú tieto horniny pevnosť R3 – R4, v prípade vyššieho podielu siltovcov a pieskovcov až R2, v poruchových a silne zvetraných zónach len R5 – R6. V tektonicky porušených zónach nadobúdajú horniny až charakter úlomkovitej zeminy. Prehľad parametrov hornín križňanského príkrovu je spracovaný v tabuľke 16.

Vápencové členy súvrství krížňanského príkrovu sú prevažne doskovité až lavicovité, s pozvoľnými vzájomnými prechodmi do slieňovcov až vápnitých ílovcov. Predstavujú najpevnejšie členy celého súvrstiva, ktoré budú zastihnuté v novej trase diaľnice. Častokrát

polohy ílovcov sú v prostredí vápencov "vyvalcované" do tenkých zbridličnatených vrstvičiek s lesklými zvlnenými plochami odlučnosti. V oblasti tektonických zlomových porúch sú vápencové horniny detailne zvrásnené, úlomkovité a nadobúdajú miestami charakter štrkovitej zeminy. Na rozdiel od vápencovo-dolomitového komplexu hornín chočského príkrovu, vápence krížňanského príkrovu v trase tunela Čebrať nie sú zvetrané ani skrasovatené, ich celková priepustnosť je značne obmedzené vďaka preplástkom ílovcov.

A) Silno tektonicky porušené až rozložené ílovce až siltovce majúcharakter súdržných zemín - sutí a íl ov s úlomkami budinovaných hornín, resp. súdržných málo spevnených brekcií. Ílovce sú prevažne zošupinatené, miestami detailne zvrásnené a majú charakter lístočkovitých íl ov s vyhladenými lesklými plochami. Sú extrémne citlivé na rozbredanie. Vzhľadom na svoju porušenosť a citlivosť na vodu tieto horniny podmieňujú vznik zosuvov a blokových deformácií na južných svahoch v oblasti východných až južných svahov kóty Radičiná (1127,2 m n.m.), tj. v oblasti pôvodnej trasy diaľnice D1 Hubová - Ivachnová.

Obrázok 4 Tektonicky porušené ílovce s plávajúcimi úlomkami pevnejších hornín – tektonická brekcia

Deformačné parametre zvetraných a rozpukaných ílovcov boli overené dilatometrickými skúškami vo vrtoch NT-04 (DS-003 až DS-007), NT-06 (DS-041), NT-07 (DS-036 a DS-037), NT-08 (DS-029, DS-031, DS-034 a DS-035), NT-09 (DS-011, DS-018, DS-20) a NT-10 (DS-021, DS-023 až DS-026 a DS-028),kde hodnoty modulu pretvárnosti dosahovali rozsahE_{def} = 3,95 – 369,79 MPa, v priemere E_{def} = 129,00 MPa. Presiometrickými skúškami boli tieto parametre overené vo vrte NT-04 (PS-70 a PS-71), NT-09 (PS-88 a PS-90) a NT-10 (PS-94), pričom rozsah modulu pretvárnosti bol E_{def} = 20,18 – 356,26 MPa, v priemere E_{def} = 222,31 MPa.Vyššie hodnoty modulov zistené presiometrickými skúškami možno pripísať faktu, že nebolo možné otestovať tie najporušenejšie úseky horninového masívu nakoľko sa vyskytovali v hlbších polohách ako je dosah presiometrickej aparatúry.

V zmysle STN 73 1001 možno zaradiť tieto horniny do triedy R6 – R5 alebo ich možno považovať už za zeminy tried F2/CG, F4/CS a G5/GC a celkovo charakterizovať nasledovnými hodnotami základných geotechnických parametrov:

	Rozsah	Odporúčaná hodnota
– objemová tiaž:	γ = 21,4 – 24,4 kN.m^{-3}	22,7 kN.m^{-3}
– parametre efekt. šmyk. pevnosti:	φ_{ef} = 23 – 32°	28°
	$c_{ef} = \tau_0$ = 0 – 100 kPa	40 kPa
– pevnosť v prostom tlaku PLT:	σ_c = 2,40 – 11,03 MPa	8,62 MPa
– pevnosť v prostom tlaku LMH a LMZ:	σ_c = 0,094 – 9,86 MPa	4,59 MPa
– modul pretvárnosti z PS*:	E_{def} = 20,18 – 356,26 MPa	222,30 MPa
– modul pretvárnosti z DS**:	E_{def} = 3,95 – 369,79 MPa	129,00 MPa
– únosnosť (d = 0,8 – 1,5 m a b ≤ 3 m):	R_{dt} = (150 – 400 kPa)	(250 kPa)

B) Zvetrané alebočiastočne porušené ílovce ažsiltovce majú charakter poloskalných hornín s pomerne hustým rozpukaním pozdĺž primárnych plôch nespojitosti (laminácie a vrstevnatosti), pričom často sú postihnuté medzivrstevnou tektonikou, kde primárna vrstevnatosť je využitá na šmykové tektonické pohyby. V takom prípade sú vrstevné plochy lesklé, vyhladené, zvlnené. Zóny tektonizovaných ílovcov sa zvyčajne nachádzajú v bezprostrednom okolí výrazných tektonických porúch brekciovitého charakteru. Zvyčajne majú mierne zmenenú farbu s výraznejším odtieňom hnedej (v zóne zvetrávania). Miestami je výrazná rytmická laminácia siltovcov. Sú citlivé na zmeny vlhkosti a rýchlo sa rozsúšajú.

Deformačné parametre zvetraných a rozpukaných ílovcov boli overené dilatometrickými skúškami vo vrtoch NT-04 (DS-001, DS-002, DS-008, DS-009 a DS-010), NT-06 (DS-045 a DS-046), NT-07 (DS-039), NT-08 (DS-030), NT-09 (DS-012, DS-013, DS-017 a DS-019) a NT-10 (DS-027), kde hodnoty modulu pretvárnosti dosahovali rozsah E_{def} = 335,49 – 1851,11 MPa, v priemere E_{def} = 707,28 MPa. Presiometrickými skúškami boli tieto parametre overené vo vrte NT-04 (PS-63, PS-66 až PS-69 a PS-72), NT-06 (PS-73 až PS-79), NT-07 (PS-81 až PS-83 a PS-85 až PS-87), NT-09 (PS-89 až PS-83) a NT-10 (PS-95), pričom rozsah modulu pretvárnosti bol E_{def} = 442,30 – 1091,44 MPa, v priemere E_{def} = 783,77 MPa. Horniny možno v zmysle STN 73 1001 zaradiť do triedy pevnosti R4 – R2 a celkovo charakterizovať nasledovnými hodnotami základných geotechnických parametrov:

Obrázok 5 Rozpukané navetrané ílovce s lamínami siltovca, rozpadavé pozdĺž plôch vrstevnatosti

	Rozsah	Odporúčaná hodnota
– objemová tiaž:	γ = 27,0 – 27,4 kN.m^{-3}	27,2 kN.m^{-3}
– parametre efekt. šmyk. pevnosti:	φ_{ef} = 34 – 44°	40°
	$c_{ef} = \tau_0$ = 250 - 500 kPa	400 kPa
– pevnosť v prostom tlaku PLT:	σ_c = 3,41 – 34,62 MPa	14,71 MPa
– pevnosť v prostom tlaku LMH:	σ_c = 10,54 – 30,57 MPa	16,04 MPa
– modul pretvárnosti z PS*:	E_{def} = 442,30 – 1091,44MPa	783,77MPa
– modul pretvárnosti z DS**:	E_{def} = 335,49 – 1851,11 MPa	707,28 MPa
– únosnosť (d = 0,8 – 1,5 m a b ≤ 3 m):	R_{dt} = 500 – 2000 kPa	1250 kPa

C) Navetrané a zdravé ílovce až siltovce sú zvyčajne masívne, tmavosivej farby. Ílovce v porubskom súvrství sú dominantným litologickým typom. Polohy siltovcov a pieskovcov majú gradačné a konvolútne zvrstvenie a zreteľnú rytmické sedimentáciu, charakteristickú pre flyšové súvrstvia.

Deformačné parametre navetraných a zdravých ílovcov boli overené dilatometrickými

skúškami vo vrtoch NT-06 (DS-042), NT-09 (DS-014 a DS-015) a NT-10 (DS-022). Hodnoty modulov pretvárnosti pre zdravé ílovce až siltovce boli v rozsahu E_{def} = 2200,91 – 2581,23 MPa, v priemere E_{def} = 2335,09 MPa.Presiometrickými skúškami boli tieto parametre overené vo vrte NT-04 (PS-63, PS-66 až PS-69 a PS-72), NT-06 (PS-73 až PS-79), NT-09 (PS-89 a PS-91 až PS-93) a NT-10 (PS-95) pričom rozsah modulu pretvárnosti bol E_{def} = 442,30 – 1091,44 MPa, v priemere E_{def} = 783,77 MPa.

Obrázok 6 Kompaktné zdravé málo porušené ílovce s lamínami siltovca

Horniny sú citlivé na zmeny vlhkosti a napätosti a po odvŕtaní sa veľmi rýchlo rozpadávajú pozdĺž plôch primárnej nespojitosti – laminácie a vrstevnatosti. Majú charakter poloskalných až skalných hornín a v zmysle STN 73 1001 ich možno zaradiť do triedy pevnosti R3 – R2.

Celkovo možno komplex s dominanciou **zdravých ílovcov** charakterizovať nasledovnými hodnotami základných geotechnických parametrov:

	Rozsah	Odporúčaná hodnota
– objemová tiaž:	γ = 26,6 – 26,9 kN.m^{-3}	26,8 kN.m^{-3}
– parametre efekt. šmyk. pevnosti:	φ_{ef} = 42 – 46°	44°
	τ_0 = 500 - 1000 kPa	700 kPa
– pevnosť v prostom tlaku PLT:	σ_c = 13,22 – 69,97 MPa	32,56 MPa
– pevnosť v prostom tlaku LMH:	σ_c = 31,09 – 89,09 MPa	63,49 MPa
– modul pretvárnosti z PS*:	E_{def} = 442,30 – 1091,44 MPa	783,77 MPa
– modul pretvárnosti z DS****:	E_{def} = 2200,91 – 2581,23 MPa	2335,10 MPa
– únosnosť (d = 0,8 – 1,5 m a b ≤ 3 m):	R_{dt} = (800 – 4000 kPa)	(2000 kPa)

D) Kompaktné zdravé siltovce až pieskovce sú hrubolavicovité až doskovité a vyskytujú sa v horninovom prostredí lokálne.Pre úplnosť dopĺňame geotechnické parametre pre tento typ hornín. Hodnoty modulov pretvárnostiz dilatometrických skúšok realizovaných vo vrtoch NT-06 (DS-043, DS-044 a DS-047), NT-07 (DS-38, DS-40), NT-08 (DS-32 a DS-33) a NT-09 (DS-16) boli stanovenépre zdravé siltovce až pieskovce v rozsahu E_{def} = 2107,04 – 12836,42 MPa, v priemere E_{def} = 4941,86 MPa. Presiometrickými skúškami boli tieto parametre overené vo vrtoch NT-04 (PS-64 a PS-65) a NT-07 (PS-80 a PS-84), pričom rozsah modulu pretvárnosti bol E_{def} = 1543,28 – 2019,40 MPa, v priemere E_{def} = 1832,12 MPa.

– objemová tiaž:	γ = 25,2 – 27,6 kN.m^{-3}	27,4 kN.m^{-3}
– parametre efekt. šmyk. pevnosti:	φ_{ef} = 44 - 50°	47°
	τ_0 = 500 - 800 kPa	600 kPa
– pevnosť v prostom tlaku PLT:	σ_c = 69,97 – 108,57MPa	91,18 MPa
– pevnosť v prostom tlaku LMH:	σ_c = 88,30 – 130,16MPa	109,90 MPa
– modul pretvárnosti z PS*:	E_{def} = 1543,28 – 2019,40 MPa	1832,12 MPa
– modul pretvárnosti z DS****:	E_{def} = 2107,04 – 12836,42 MPa	4941,86MPa
– únosnosť (d = 0,8 – 1,5 m a b ≤ 3 m):	R_{dt} = (800 – 4000 kPa)	(2200 kPa)

Prehľad rozsahu hodnôt a odporúčané hodnoty základných geotechnických parametrov sú spracované v tabuľke 15.

Tabuľka 16 Prehľad geotechnických parametrov mezozoických hornín – horniny krížňanského príkrovu (mráznické súvrstvie, porubské súvrstvie, osnické súvrstvie a pod.)

CHARAKTERISTIKA		Symbol [Rozmer]	MEZOZOIKUM – krížňanský príkrov											
			Tektonicky silno porušené až rozložené ílovce a siltovce, tektonické brekcie (A)		Porušené rozpukané, stredne zvetrané až zdravé ílovce a siltovce (B)		Kompaktné zdravé ílovce až siltovce (C)		Kompaktné zdravé siltovce až pieskovce (D)		Tektonicky porušené slieňovce a vápence (E)		Kompaktné zdravé slieňovce a vápence (F)	
			Rozsah	Odpor. hod.	Rozsah	Odpor. hod.	Rozsah	Odpor. hod.	Rozsah	Odpor. hod.	Rozsah	Odpor. hod.	Rozsah	Odpor. hod.
Prirodzená vlhkosť		w_n [%]	4,8 – 15,80	10,80	0,59 – 1,54	1,06	0,18 – 0,32	0,25	(0,32 – 2,40)	1,09				
Prirodzená objemová hmotnosť		ρ_n [g.cm^{-3}]	2,14 – 2,44	2,27	2,70 – 2,74	2,72	2,73	2,73	(2,52 – 2,76)	2,74				
Suchá objemová hmotnosť		ρ_d [g.cm^{-3}]	1,85 – 2,33	2,05	2,56 – 2,66	2,61	2,68 – 2,69	2,69	(2,48 – 2,74)	2,69				
Hustota		ρ_s [g.cm^{-3}]	2,67 – 2,76	2,71	-	-	-	-	(2,72 – 2,79)	2,75				
Pórovitosť		n [%]	12,80 – 32,30	23,40	2,81 – 5,40	4,02	1,28 – 1,72	1,50	(1,07 – 7,35)	4,69				
Stupeň nasýtenia		S_r [%]	75,6 – 94,90	87,10	54,34 – 81,39	66,94	37,70 – 49,76	43,73	-	-				
Nasiakavosť		N[%]	-	-	0,81 – 2,56	1,87	0,26 – 0,73	0,50	(0,23 – 4,55)	1,52				
Medza tekutosti		w_L [%]	26 - 38	33										
Číslo plasticity		I_p[%]	12 - 17	15										
Číslo konzistencie		I_c	1,31 – 1,94	1,62										
Relatívna hutnosť (uľahnutosť)		I_D	(0,70)	(0,70)										
Obsah zŕn	**ϕ<0,002mm**	c [%]	4,0 – 24,1	9,5										
	0,002<ϕ<0,06mm	m [%]	15,7 – 54,7	32,1										
	0,06<ϕ<2mm	s [%]	12,8 – 33,8	23,6										
	ϕ>2mm	g [%]	8,5 – 56,6	35,4										
Pevnosť v prostom tlaku z PLT		σ [MPa]	2,40 – 11,03	8,62	3,41 – 34,62	14,71	13,22 – 69,97	32,56	69,97 – 108,57	91,18				
Pevnosť v prost. tlaku z LMH a LMZ		σ [MPa]	0,094 – 9,89	4,59	10,54 – 30,57	16,04	31,09 – 89,09	63,49	88,30 – 130,16	109,90				
Parametre totálnej šmykovej pevnosti		φ_u [°]	11,2	11,2			-	-						
		c_u [kPa]	84	84	-	-	-	-						
Parametre efektívnej šmykovej pevnosti		φ_{ef} [°]	23 – 32	28	(34 – 44)	(40)	(42 – 46)	(44)	(44 – 50)	(47)				
		$c_{ef} = \tau_0$ [kPa]	0 – 100	40	(250 – 500)	(400)	(500 – 1 000)	(700)	(500 – 800)	(600)				
Modul pretvárnosti z LMH		E_{def} [MPa]	-	-	-	-	4260	4260	-	-				
Modul pretvárnosti z PS* in situ		E_{def} [MPa]	20,18 – 356,26	222,30	442,30 – 10,91,44	783,77	442,30 – 1091,44	783,77	1543,28 – 2019,40	1832,12				
Modul pretvárnosti zo DS in situ**		E_{def} [MPa]	3,95 – 369,79	129,00	335,49 – 1851,11	707,28	2200,91 – 2581,23	2335,10	2107,04 – 12836,42	4941,89				
Poissonovo číslo		ν	(0,30 – 0,35)	(0,30)	(0,20 – 0,30)	(0,25)	(0,20 – 0,25)	(0,23)	(0,18 – 0,23)	(0,20)				
Koeficient filtrácie		k_f [m.s^{-1}]	$8{,}54.10^{-9}$ až $3{,}35.10^{-6}$	$1{,}01.10^{-6}$	puklinová priepustnosť		puklinová priepustnosť		puklinová priepustnosť					
Únosnosť		R_{dt} [kPa]	(150 – 400)	(250)	(500 – 2 000)	(1 250)	(800 – 4 000)	(2 000)	(800 – 4200)	(2200)				
Zatriedenie podľa STN	STN 73 1001													
	STN 72 1002													
	STN 73 3050													

Poznámky: Hodnoty uvádzané v zátvorkách sú hodnoty odvodené z STN, z odbornej literatúry a z výsledkov predchádzajúcich prieskumných prác, únosnosť je uvádzaná orientačne ako tabuľková výpočtová únosnosť R_{dt} podľa STN 73 1001 pre súdržné zeminy pri b ≤ 3 m, d = 0,8–1,5 m a pre nesúdržné zeminy pri b = d = 1 m, u hornín podľa hustoty diskontinuít; PS* – presiometrické skúšky in situ (horninový masív) podľa STN 72 1004,DS** - dilatometrická skúška in-situ (horninový masív), LMZ – laboratórne skúšky mechaniky zemín, LMH – laboratórne skúšky mechaniky hornín.

E) Tektonicky porušené slienité vápence sú hrubolavicovité až doskovité, pričom vytvárajú pozvoľné prechody do slienitých ílovcov alebo obsahujú tenké "vyvalcované" preplástky zbridličnatených ílovcov. Vyskytujú sa najmä v strednej a východnej časti tunela. V zónach porušenia nadobúdajú charakter úlomkovitej horniny resp. lokálne až kamenitej sute s určitým ale nie výrazným obsahom ílovej zložky. Geotechnické para-metre hornín boli testované terénnymi i laboratórnymi skúš-kami. Hodnoty modulov pretvár-nostiz dilatometrických skúšok realizovaných vo vrte NT-15 (DS-075, DS-077 až DS-085) boli stanovenépre porušené súvrstvie vápencov a ílovcov v rozsahu E_{def} = 2107,04 – 12836,42 MPa, v priemere E_{def} = 4941,86 MPa. Na základe laboratórnych aj terénnych skúšok odporúčame používať nasledovné geotechnické parametre:

Obrázok 7 Tektonicky porušené, zbridličnatené a detailne zvrásnené slienité vápence s preplástkami zbridličnatených vápnitých ílovcov

– objemová tiaž:	γ = 25,2 – 27,6 kN.m^{-3}	27,4 kN.m^{-3}
– parametre efekt. šmyk. pevnosti:	φ_{ef} = 44 - 50°	47°
	τ_0 = 500 - 800 kPa	600 kPa
– pevnosť v prostom tlaku PLT:	σ_c = 69,97 – 108,57MPa	91,18 MPa
– pevnosť v prostom tlaku LMH:	σ_c = 88,30 – 130,16MPa	109,90 MPa
– modul pretvárnosti z PS*:	E_{def} = 1543,28 – 2019,40 MPa	1832,12 MPa
– modul pretvárnosti z DS****:	E_{def} = 2107,04 – 12836,42 MPa	4941,86MPa
– únosnosť (d = 0,8 – 1,5 m a b ≤ 3 m):	R_{dt} = (800 – 4000 kPa)	(2200 kPa)

Prehľad rozsahu hodnôt a odporúčané hodnoty základných geotechnických parametrov sú prehľadne spracované v tabuľke 15.

F) Kompaktné zdravé slienité vápence sú hrubolavicovité až doskovité, vytvárajú pozvoľné vzájomné prechody do vápnitých ílovcov až slieňovcov, iba lokálne sú tektonizované prevažne medzivrstevnou tektonikou. Tak-tiež na vrstevných plochách sa často vyskytujú tenké vyvalcované vrstvičky ílovca. Vápence patria do dvoch súvrství – mráznického a osnického. Geotechnické para-metre boli stanovené na základe laboratórnych i terénnych skúšok.Hodnoty modulov pretvárnostiz dilatometrických skúšok, ktoré boli eealizované vo vrtoch NT-16 (DS-86, DS-100), NT-15 (DS-76), boli stanovenév rozsahu E_{def} = 2107,04 – 12836,42 MPa, v priemere E_{def} = 4941,86 MPa. Presiometrickými skúškami boli **tieto parametre overené**

Obrázok 8 Kompaktné zdravé slienité vápence s prechodmi do vápnitých ílovcov

vo vrtoch NT-04 (PS-64 a PS-65) a NT-07 (PS-80 a PS-84), pričom rozsah modulu pretvárnosti bol E_{def} = 1543,28 – 2019,40 MPa, v priemere E_{def} = 1832,12 MPa.

– objemová tiaž:	γ = 25,2 – 27,6 kN.m^{-3}	27,4 kN.m^{-3}
– parametre efekt. šmyk. pevnosti:	φ_{ef} = 44 - 50°	47°
	τ_0 = 500 - 800 kPa	600 kPa
– pevnosť v prostom tlaku PLT:	σ_c = 69,97 – 108,57MPa	91,18 MPa
– pevnosť v prostom tlaku LMH:	σ_c = 88,30 – 130,16MPa	109,90 MPa
– modul pretvárnosti z PS*:	E_{def} = 1543,28 – 2019,40 MPa	1832,12 MPa
– modul pretvárnosti z DS****:	E_{def} = 2107,04 – 12836,42 MPa	4941,86MPa
– únosnosť (d = 0,8 – 1,5 m a b ≤ 3 m):	R_{dt} = (800 – 4000 kPa)	(2200 kPa)

Prehľad rozsahu hodnôt a odporúčané hodnoty základných geotechnických parametrov sú spracované v tabuľke 15.

2.2 Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika územia

V nasledujúcich podkapitolách charakterizujeme jednotlivé úseky diaľnice D1 podľa charakteristických stavebných objektov.

2.2.1 Úsek 1,000 – 1,550

Diaľnica je vedená na úrovni terénu alebo na miernom násype po zvyšku vážskeho terasového stupňa na južných až juhozápadných svahoch kóty Borček (713,6 m n.m.). Oblasť bola preskúmaná v minulosti množstvom prieskumných diel – J-22 až J-50 (Fussgänger, 2006), S3/114/2, S3/230/2, S3/231/1, S3/231/2, S3/231/3 (Šamaj, 2010), S-6 a V-8 (Mihál' - Máťuš, 2001). Počas aktuálnej etapy prieskumu sme realizovali prieskumné vrty 230-01, 230-02, 231-01 až 231-03 a sondy dynamickej penetrácie DPS-230-01 až DPS-230-03 a DPS-231-01 až DOPS-231-02A. Prieskumné vrty okrem vrtu 231-01 boli zabudované ako monitorovacie objekty na sledovanie stability svahov resp. úrovne hladiny podzemnej vody.

Územie je pokryté nerovnomerne hrubou vrstvou deluviálnych sedimentov, prevažne charakteru ílov až ílovitých sutí (F6/CI, F8/CH, F2/CG), ktoré sa striedajú s polohami s vyšším podielom kamenitej a štrkovej frakcie, tj. sutí ílovito-kamenitých až kamenitých resp. balvanitých (G5/GC, G4/GM, G21/GP). Hrúbka deluviálnych sedimentov varíruje od 4 m až po maximálne 35 m (tesne pred mostom 203), pričom v hlbších úrovniach delúvium prechádza až do polygenetického proluviálno-deluviálneho sedimentu rovnakého charakteru ako delúvium resp. sa strieda s fluviálnymi sedimentami zvyšku vážskej terasy. Terasové sedimenty predstavuje jednak pokryv pôvodnej terasy charakteru ílov piesčitých až strednoplastických (F4/CS, F6/CI) až pieskov ílovitých (/S5/SC), miestami i s organickou prímesou, pod ktorým sa nepravidelne nachádzajú vrstvy terasových štrkov (G3/G-F, G5/GC, S3/S-F). Hrúbka zachovaného ílovitého pokryvu terasy dosahuje max. 5 m, hrúbka štrkovej akumulácie v najhrubšom mieste dosahuje až 11 m. Samozrejme, vzhľadom na geologický vývoj územia sa jednotlivé vrstvy deluviálnych a fluviálnych terasových sedimentov vzájomne vertikálne aj laterálne striedajú a tvoria vzájomné prechody,pričom často nie je možné odlíšiť jednotlivé genetické typy zemín. V celom kvartérnom komplexe sa sporadicky objavujú i osamelé balvany až bloky zosunuté z vyšších partií svahu, pričom väčšinou ide o zdravé vápence a dolomity (R1 – R2), lokálne pieskovce až zlepence bazálneho paleogénu.

Deluviálny pokryv sa smerom do svahu (na sever) stenčuje, miestami až úplne vykliňuje a na povrch územia sa dostávajú podložné mezozoické horniny. Podobne smerom na juh od

trasy diaľnice, kde sa nachádza morfologicky výrazný okraj terasového stupňa, sa spod kvartérnych sedimentov vynárajú vo svahu terasového stupňa aj podložné horniny. Podložie v celom úseku je tvorené najmä karbonátmi krížňanského príkrovu, tj. najmä škvrnitými slienitými vápencami (R1 - R3), ktoré sa striedajú s vápnitými ílovcami, bridlicami až siltovcami (R2 – R4). Ich presné litologické hranice nebolo možné vrtným prieskumom presne stanoviť. Miestami sú horniny tektonicky porušené a nadobúdajú charakter kamenitej sute s rozličným obsahom ílu (G2/GP, G5/GC). Najvýraznejší je skalný peň v km cca 1,050 – 1,200, ktorý sa na povrchu terénu prejavuje vznikom lokálneho hrebienka. Trasa diaľnice bude tento hrebienok prekonávať odrezom(viď priečny geologický rez 1 – 1` príloha 4.1). Od tohoto kilometra podložie smerom na východ stupňovito zaklesáva.

Hladina podzemnej vody v hodnotenom úseku je prevažne viazaná na priepustnejšie vrstvy v rámci kvartérneho pokryvu a to predovšetkým v čase zrážok. Počas zrážok vsiaknutá voda steká v smere svahu a sýti jednotlivé vrstvy kvartérnych sedimentov, najmä a kontakte kvartéru s podložím a v komplexe zachovaných terasových štrkov a kamenitých sutí. Počas bezzrážkového obdobia hladina zaklesáva až do predkvartérnych mezozoických komplexov, kde predpokladáme otvorenie puklín a teda vysokú priepustnosť.

Celkovo územie nevykazuje známky nestability, vzhľadom na drenážny účinok terasových štrkov i predkvartérneho podložia nedochádza k dlhodobému nasýteniu zemín podzemnou vodou a k vzniku zosuvov. Na strmších svahoch sa prejavuje len zliezanie sutí, súvisiace s klimatickými cyklami, ktoré má však len plytký dosah.

Doplniť geotechnické charakteristiky

Na základe vyhodnotenia archívnych i aktuálnych sond dynamickej penetrácie sú deluviálne sute prevažne kypré až uľahnuté (I_D = 0,28 - 0,86), v priemere sa javia ako stredne uľahnuté (I_D = 0,46). Pre detailnejšie rozčlenenie viď príloha 7.1 Odvodený modul deformácie v komplexe štrkov dosahuje E_{def} = 32,20 - 377,70 MPa (rozsah zodpovedá triedam G1- G5), v priemere E_{def} = 119,70 MPa (G2 - G3). Výplňový jemnozrnný materiál resp. preplástky jemnozrnných zemín v komplexe štrkov majú číslo konzistencie v rozsahu (I_C = 0,44 - 1,21), v priemere I_C = 0,89.

Presiometrickými a dilatometrickými skúškami vo vrtoch NT-03, NT-04, NT-06 a NT-09 boli overené deformačné parametre podložných hornín v rozličnom stupni porušenia. Zatiaľ čo presiometrické skúšky v tektonicky porušených brekciovitých ílovcoch preukázali rozsah modulu pretvárnosti E_{def} = 20,18 – 356,26 MPa, v priemere 222,31 MPa, kompaktné málo porušené ílovce dosahovali modul pretvárnostiv rozsahu E_{def} = 442,30 – 1 091,44 MPa, v priemere E_{def} = 783,77 MPa. Horniny s vyšším zastúpením siltovca majú modul pretvárnostiv rozsahu E_{def} = 1 543,28 – 2 019,40 MPa, v priemere E_{def} = 1 832,12 MPa. Podobné rozsahy dosahovali horniny i pri dilatometrických skúškach.

Z uvedených výsledkov prieskumných prác v tomto úseku vyplývajú nasledujúce odporúčania:

- trasa diaľnice bude budovaná na miernom násype resp. v odrezoch. Pri budovaní zemného telesa je potrebné zemnú pláň zbaviť povrchovej vrstvy, vytvoriť systém zazubenia a plochu jednotlivých stupňov zhutniť. Po týchto opatreniach je možné vrstviť teleso násypu. Stabilitu podložia v kritickom úseku v km 1,400 (na okraji terasového stupňa) je potrebné sledovať zabudovaným inklinometrickým vrtom 231-02.
- V odrezoch je potrebné sledovať stabilitu svahu vopred zabudovaným inklinometrickým vrtom (230-01) a úroveň hladiny podzemnej vody v zabudovanom vrte 231-03. Svahy

odrezov je potrebné realizovať v takom sklone, aby nedošlo k aktivizácii svahových pohybov. Ak je to potrebné, realizovať stabilizáciu svahov rebrami.

- Je potrebné vykonať protierózne opatrenia na odkrytých svahoch (georohož a hydroosev).
- Teleso diaľnice nesmie predstavovať bariéru pre prúdenie povrchovej a podzemnej vody, je preto potrebné na strane privrátenej k svahu vybudovať odvodňovací rigol, prípadne opatrený aj pozdĺžnym podpovrchovým drénom, ktorý bude na vhodnom mieste vyústený do recipientu alebo do vsaku.
- Prípadné stabilizačné a drenážne rebrá odporúčame na lícovej strane opatriť kamenným dláždením, aby sa zabránilo ich zanášaniu organickým materiálom.
- V styku s vodou a pri mechanickom namáhaní sú deluviálne sute citlivé na rozbredanie. Pri potrebe častých pojazdov stavebných mechanizmov je potrebné tieto zeminy chrániť vhodnou ochrannou vrstvou;

2.2.2 Úsek 1,550 – 1,750 most 203

Oblasť mosta 203 predstavuje terénnu úvalinu bez trvalého vodného toku. Občasný vodný tok sa objavuje len pri dlhodobejších a intenzívnych zrážkach alebo pri jarnom topení snehu. Voda steká terénnym žľabom z juhovýchodných svahov kóty Borček (713,6 m n.m.). Oblasť mosta bola v minulosti preskúmaná vrtmi J-51 až J-56 (Fussgänger, 2006), ďalej vrtmi S3/203/3L, S3/203/5L (Šamaj, 2010) a S-7 (Mihál' - Máťuš, 2001). Počas aktuálnej etapy prieskumu sme realizovali prieskumné vrty M-203-01 až M-203-06 a sondy dynamickej penetrácie DPS-203-01 až DPS-203-03A. Okrem toho boli využité i povrchové geofyzikálne merania na profiloch GF-JTR a GF-STR, v blízkosti miesta západnej opory mosta bol realizovaný priečny profil GF-2.

Územie je pokryté kvartérnymisedimentmi hrúbky 13 až 35 m. Pravý svah úvaliny buduje zachovaný mohutný sutinový kužeľ, ktorý úplne prekrýva v hlbších partiách zachované fluviálne terasové sedimenty. Delúvium predstavuje striedanie kamenito-ílovitých (F2/CG) až ílovito-kamenitých až balvanitých sutí (G5/GC, G2/GP). V podloží delúvia sa nachádzajú terasové štrky ílovité a štrky s prímesou jemnozrnnej zeminy (G5/GC, G3/G-F), ktoré sú prevrstvené vložkami deluviálnych sutí. Terasový sediment siaha od pravej strany údolia (od km cca 1,500) až pod ľavostrannú oporu mosta 203 (približne km 1,720).

Podložie kvartéru je budované čiastočne skrasovatenými a rozvoľnenými slienitými vápencami (R1 – R2) s vložkami ílovitých bridlíc (R2 – R4). Kým na pravej strane údolia je skalné podložie v hĺbke až 35 m, na ľavej strane postupne vystupuje a vynára sa spod deluviálnych sutí až na povrch a vytvára výrazný skalný hrebienok medzi mostami 203 a 204. V mieste opory mosta na ľavom svahu úvaliny sa však podložie ešte stále nachádza v hĺbke asi 24 m.

Obrázok 9 Pohľad na úvalinu, ktorú bude diaľnica D1 prekonávať mostom 203.

Geotechnické parametre boli overené jednak laboratórnymi testami, ale aj skúškami in-situ. Predovšetkým boli realizované presiometrické skúšky PS-5 až PS-28 vo vrtoch M-203-01 až M-203-06, pričom overené boli najmä deluviálne sute rozličného zloženia. Deformačné parametre pre ílovité sute (F2/CG) dosahovali hodnoty v rozmedzí E_{def} = 48,3 – 137,9 MPa, v priemere 64,4 MPa, deformačné parametre pre prevažujúce ílovito-kamenité a balvanité sute (G5/GC, G2/GP) dosahovali hodnoty E_{def} = 86,3 – 1111,2 MPa, v priemere 344,7 MPa. Pre terasové štrky charakteru G3/G-F boli tromi presiometrickými skúškami zistené moduly deformácie v rozsahu 391,1 – 662,0 MPa, v priemere 481,4 MPa.

Doplniť labáky

Okrem toho boli v oblasti realizované tri sondy dynamickej penetrácie DPS-203-01 až DPS-203-03, ktoré stanovili strednú až veľkú uľahnutosť kamenitých sutí, resp. prevažne pevnú až lokálne tvrdú konzistenciu ílovitých sutí.

Hladina podzemnej vody v čase prieskumu bola ustálená v hĺbkach 11,30 – 15,30 m pod terénom, tj. na nivelete 490,92 – 494,66 m n.m. Podzemná voda je prevažne viazaná na polohu zvýšku terasového štrkového komplexu, resp. na priepustnejšie polohy kamenitých sutí. Vzhľadom na drenážny účinok štrkovej polohy i rozvoľneného a silno priepustného predkvartérneho karbonatického podložia sa v úvaline nenachádza trvalý vodný tok a zrážková voda rýchlo presakuje do podzemia. Len v čase topenia snehu alebo počas intenzívnych zrážok sa obnovuje vodný tok na dne úvaliny.

Počas prieskumu sa nepodarilo odobrať vzorky podzemnej vody na chemické analýzy (malý vodný stĺpec). Nepredpokladáme však agresívne účinky podzemnej vody.

Opory mosta 203 je možné založiť hĺbkovo na veľkopriemerových pilótach votknutých do vrstvy stredne uľahnutých ílovito-kamenitých až kamenito-ílovitých deluviálnych sutí. Vhodné by bolo využiť plášťové trenie pilót, nakoľko pätu pilóty nebude možné z dôvodu veľkej hrúbky kvartérnych sedimentov oprieť o skalné podložie. Obdobne zakladanie pilierov mosta predpokladáme hĺbkové na veľkopriemerových pilótach, ktoré je možné oprieť o vrstvu štrkov terasového komplexu (predpokladáme ich strednú až dobrú uľahnutosť) charakteru G3/G-F, G5/GC až G2/GP s hrúbkou cca 5 m, resp. pri ich predĺžení až o skalné podložie.

Priľahlé násypy mosta je potrebné vrstviť na zazubenej zemnej pláni po odstránení povrchovej humusovitej vrstvy, ktorá po vytvorení zazubenia bude zhutnená.

Po ukončení prác bude potrebné terén upraviť tak, aby v ňom nezostali bezodtokové

depresie, ktoré by mohli akumulovať zrážkovú vodu a následne sýtiť teleso násypov a jeho podložie.

2.2.3 Úsek 1,750 – 1,850 zárez

Zárez medzi mostami 203 a 204 prekonáva terénnu vyvýšeninu – lokálny hrebienok severojužného smeru, ktorý vybieha z vrcholu kóty Borček (713,6 m n.m.). Územie bolo preskúmané geofyzikálnymi povrchovými meraniami na pozdĺžnych profiloch GF-JTR, GF-STR a GF-SRTN, ktoré doplnil priečny profil GF-3, prieskumnými vrtmi NT-01 a NT-02 a geologickým mapovaním. Okrem toho v minulosti boli v okolí realizované archívne prieskumné vrty J-56 až J-58 (Fussgänger, 2006), ďalej vrtmi S3/204/2P, S3/203/5L (Šamaj, 2010) a V-9 (Miháľ - Máťuš, 2001).

Hrebienok je tvorený súvrstvím kalových slienitých vápencov sivej farby, ktoré sú čiastočne prevrstvené zbridličnatenými ílovcami tmavosivej farby. Miestami je súvrstvie detailne prevrásnené, plochy vrstiev sú prevažne zvlnené. Vzhľadom na expozíciu hrebienka na okraji aluviálnej nivy Váhu je horninový masív odľahčený a rozvoľnený. Generálny smer sklonu vrstiev je cca 30 – 50° na východ až severovýchod. Pevnosť horniny je závislá na stupni porušenia a zvetrania, v mieste hrebienka vápence dosahujú vysokú až strednú pevnosť (R2 - R3), preplástky bridlíc a tektonizované polohy majú pevnosť strednú až veľmi nízku R3 – R5.

Geotechnické parametre boli overené jednak laboratórnymi testami, ale aj skúškami in-situ. Predovšetkým boli realizované presiometrické skúšky PS-29 až PS-33 vo vrte NT-02, pričom overené boli najmä vápence v rozličnom stupni porušenia. Deformačné parametre zistené presiometrickou skúškou pre pevný ale rozpukaný vápenec dosahovali E_{def} = 956,8 – 1766,3 MPa, v priemere 1455,8 MPa, deformačné parametre pre porušené husto rozpukané vápence dosiahli hodnoty E_{def} = 43,8 – 322,5 MPa, v priemere 183,15 MPa, čo zodpovedá kamenitej suti charakteru G5/Gc až G2/GP.

Labáky doplniť

Pokryv územia tvoria deluviálne sute premenlivej hrúbky, prevažne však charakteru sutí ílovito-kamenitých až kamenitých (G5/GC, G2/GP), menej sa vyskytujú sute ílovito-kamenité resp. deluviálne íly (F2/CG). Hrúbka pokryvu je výrazná najmä na západných svahoch hrebienka smerom do úvaliny (k mostu 203), kde dosahuje až 17 m. Smerom k vrcholu sa hrúbka znižuje až lokálne delúvium úplne vykliňuje a na povrch územia vystupujú priamo podložné horniny. Východný svah je strmý, pokrytý len pomerne tenkou vrstvou kamenitej suti, pričom výraznejšia akumulácia je len v päte svahu na brehu Kamenného potoka.

Hladina podzemnej vody nebola počas prieskumných prác vôbec zistená. Predpokladáme, že masív je natoľko otvorený, že zrážkové vody dokážu veľmi rýchlo infiltrovať do hlbších častí masívu.

Vzhľadom na charakter hornín, v ktorých sa bude zárez diaľnice realizovať, nepredpokladáme výraznejšie stabilitné problémy počas budovania zárezu. Vzhľadom na rozvoľnenosť, hustotu a orientáciu puklín však treba počítať s lokálnym vypadávaním blokov a úlomkov hornín. Svah navrhujeme zabezpečiť klincovaním s aplikáciou ochrannej siete proti padaniu úlomkov, eventuálne v prípade prejavov nestability je možné previazať skalnú stenu kotveným železobetónovým prahom. Ako ochranu proti zvetrávaniu a opadávaniu úlomkov je možné aplikovať i gabiónový múr. V miestach, kde bude zachytené delúvium, je potrebné zeminy vysvahovať do stabilného sklonu. Na vrchnej hrane zárezu odporúčame vybudovať drenážny rigol na zachytenie prívalových zrážkových vôd.

2.2.4 Úsek 1,850 – 2,000 most 204

Plánovaný most 204 preklenuje výrazné údolie Kamenného potoka, pričom priamo nadväzuje na predchádzajúci skalný zárez na pravom brehu potoka a končí v oblasti portálového zárezu tunela Čebrať na ľavobrežných svahoch údolia.

Oblasť mosta v jeho pôvodnej polohe (pred zmenou trasy diaľnice) bola v minulosti preskúmaná vrtmi J-61 až J-85 (Fussgänger, 2006), vrtom JD-2(Fussgänger, 2007), vrtmi 12/PZ-1 a 12/INK-1 (Šamaj, 2010) a vrtmi V-9 a V-10 (Mihál' - Máťuš, 2001). Okrem toho boli realizované v minulosti i sondy statickej penetrácie 12/CPT-1 až 12/CPT-4.

Počas aktuálnej etapy prieskumu sme realizovali prieskumné vrty M-204-03 až M-204-08 a sondy dynamickej penetrácie DPS-204-01 až DPS-204-03. Okrem toho boli využité i povrchové geofyzikálne merania na profiloch GF-JTR a GF-STR.

Obrázok 10 Pohľad na portálovú oblasť a oblasť mosta 204 zo západu.
V popredí mostík cez Kamenný potok.

Územie v trase mosta je na ľavom brehu Kamenného potoka pokryté mohutným proluviálno-deluviálnym komplexom, ktorý dosahuje hrúbku 15 – 25 m. Ide pravdepodobne o starý proluviálno-deluviálny kužeľ, ktorý bol následne eróziou Kamenného potoka čiastočne zredukovaný. Zahĺbením koryta potoka došlo i k destabilizácii svahu a k rozvoju svahových pohybov. V súčasnosti komplex pre jednoduchosť hodnotíme ako zosuvné delúvium, i keď sedimenty vykazujú často znaky prolúvia (opracované úlomky, vytriedenie a pod.). Ide prevažne o sute ílovito-kamenité až kamenité (G5/GC, G2/GP), striedajúce sa so suťami kamenito-ílovitými až ílmi (F2/CG, F6/CI, F8/CH). Úlomky v sedimentoch sú prevažne chaoticky usporiadané, čo svedčí o rýchlom vzniku jednotlivých vrstiev. Lokálne sa nachádzajú v komplexe splachy drobnozrnného dolomitového materiálu charakteru pieskov.

Pravobrežný svah údolia predstavuje skalný hrebeň, opisovaný v predchádzajúcej podkapitole. V mieste zaviazania mosta 204 do tohot svahu nebolo z technických dôvodov

možné realizovať vrtné práce, je však možné povedať, že pokryv územia je zanedbateľný a pod ním sa nachádza komplex vápencov s polohami bridlíc. Vápencové podložie je rozvoľnené, rozblokované a čiastočne zvetrané (najmä tektonicke porušené partie masívu a bridličnaté polohy). Pevnosť hornín dosahuje triedu prevažne R2 – R3.

Podložie kvartéru vápencového charakteru sa od línie Kamenného potoka smerom na východ postupne ponára pod súvrstvie tvorené prevažne ílovcami s preplástkami pieskovca až siltovca (porubské súvrstvie). Tieto horniny poloskalného charakteru tvoria podložie najmä pod južnou vetvou diaľnice, presné rozhranie medzi vápencovým a ílovcovým súvrstvím však nie je možné stanoviť. Je veľmi pravdepodobné, že ich vzájomný kontakt je tektonický. Ílovce sú prevažne strednej až nízkej pevnosti (R3 – R4), v tektonicky porušených zónach sú degradované až na zeminy charakteru štrku ílovitého (G5/GC). Polohy siltovca dosahujú stednú až vysokú pevnosť (R2 – R3).

Geotechnické parametre boli overené laboratórnymi testami, ale aj skúškami in-situ. Predovšetkým boli realizované presiometrické skúšky PS-34 až PS-62 vo vrtoch M-204-03 až M-204-08, pričom overené boli najmä deluviálno-proluviálne sute rozličného zloženia ale čiastočne aj predkvartérne podložie.Deformačné parametre pre ílovité sute (F6/CI, F2/CG) dosahovali hodnoty v rozmedzí E_{def} = 7,2 – 31,6 MPa, v priemere 15,2 MPa, deformačné parametre pre ílovito-kamenité a balvanité sute (G5/GC, G2/GP) dosahovali hodnoty E_{def} = 62,9 – 585,6 MPa, v priemere 208,4 MPa.

Doplniť labáky

Hydrogeologické pomery v trase mosta sú komplikované a vyplývajú z vrstevnatého charakteru geologickej štruktúry, tj. proluviálno-deluviálneho kužeľa. Striedanie viac priepustných (kamenitých sutí) a menej priepustných vrstiev (ílovitých sutí a ílov) vytvára niekoľko kolektorov podzemných vôd s napätou hladinou podzemnej vody, ktoré sú rozličnou mierou dotovane vodou z vyšších partií svahu (najmä z kamenitých sutí na kontakte hornín chočského a križňanského príkrovu). Vztlakové účinky podzemnej vody prispeli aj k vzniku a rozvoju svahových pohybov v tejto lokalite. Podložné ílovcové súvrstvie považujeme v danej lokalite za nepriepustné, s výminkou úsekov, kde sa vyskytujú vápence. Hladina podzemnej vody v čase prieskumu bola ustálená v hĺbkach 7,40 – 18,40 m p.t., teda na nivelete 498,81 – 512,08 m n.m. Hladina klesá od východu smerom k miestnej eróznej báze, teda ku Kamennému potoku.

Z hľadiska chemického pôsobenia podzemných vôd v oblasti mosta 204 možno povedať, že podzemné vody sú bez nebezpečenstva vplyvu na betón aj na oceľ. Z výsledkov meraní vodivosti však vyplýva vysoká agresivita na oceľ, čo môže mať vplyv na šírenie bludných prúdov. Tieto skutočnosti však treba overiť koróznym geoelektrickým prieskumom.

Z výsledkov stanovení hodnotiacich ukazovateľov agresívnych vlastností vyplýva, že výluhy zeminy sú v danej oblasti bez nebezpečenstva chemického pôsobenia na základový betón. Na základe laboratórnych obsahov percentuálneho zastúpenia chloridov a celkovej síry boli zeminy z vrtov v trase mosta 204 charakterizované ako veľmi nízko až stredne agresívne na oceľ.

2.2.5 Portálový zárez v km 2,000 –2,067

Portálový zárez tunela Čebrať je situovaný na ľavom brehu Kamenného potoka na západných svahoch lokálnej terénnej depresie. Z juhu je depresia ohraničená skalným hrebienkom (kóta Skálie 555,3 m n.m.), budovaným rozblokovanými paleogénnymi zlepencami a brekciami borovského súvrstvia (erózny zvyšok). Z východnej strany pokračuje svah, ktorý postupne zvyšuje sklon. Územie je morfologicky jednotvárne, tvorí misovitú depresiu, svah je

rozčlenený len systémom medzí na úzke terasy. V súčasnosti je oblasť využívaná len ako pasienok a postupne zarastá náletovými drevinami. Na západnej a severnej strane oblasť portálu ohraničujú dva vodné toky (Kamenný potok a jeho ľavostranný prítok). Okrem toho v teréne vymoká niekoľko rozptýlených prameňov, pri ktorých sa vytvárajú zamokrené plochy.

Obrázok 11 Pohľad na oblasť portálu z juhu. V pozadí masív Kečiek (1138,9 m n.m.) a výrazne zarezané údolie Kamenného potoka

Úsek bol čiastočné preskúmaný počas predchádzajúcich etáp inžinierskogeologického prieskumu pre trasu diaľnice D1 Hubová – Ivachnová. Pre hodnotenie boli využité vrty V-10 (Mihál - Máťuš, 2001), 12/PZ-41 a 12/INK-1 (Šamaj, 2010), J-60 až J-85 (Fussgänger, 2006). Vrty sa nachádzajú napospol na južnej strane skúmanej oblasti v pôvodnej trase diaľnice. Pre účely predkladaného podrobného prieskumu sme na tomto mieste realizovali predovšetkým nové prieskumné štruktúrne vrtyNT-03 až NT-11, ďalej NT-18 a NT-19, ktoré boli doplnené geofyzikálnymi meraniami a sondami dynamickej penetrácie DPS-JTR-01, DPS-STR-01, DPS-204-02 a DPS-204-03.

Pokryv územia tvoria deluviálno-proluviálne sedimenty, ktoré sa v rámci kvartérneho komplexu striedajú a nie je možné ich presne od seba odlíšiť. Celý kvartérny komplex radíme v oblasti portálového zárezu do zosuvného delúvia. Hrúbka delúvia je premenlivá. Generálne možno povedať, že hrúbka sa zväčšuje smerom ku dnu údolia Kamenného potoka, pričom v mieste portálovej steny razeného portálu dosahuje cca 8 - 11 m a na konci plánovaného zárezu je to cca 18 - 20 m.Hrúbka sa mení tiež v priečnom smere, nakoľko portálová oblasť je modelovaná do prírodného amfiteátra. Zo severu svah pokračuje k hlavnému hrebeňu, kde delúvium prechádza do balvanitých sutí neznámej hrúbky. Smerom na juh svah mierne stúpa k lokálnemu skalnému hrebienku, kde delúvium postupne vykliňuje. Počas prieskumných prác nebola identifikovaná žiadna výrazná a jednoznačná šmyková plocha. Predpokladáme však, že v rámci striedania jednotlivých vrstiev tvoria ílovitejšie vrstvy potenciálne šmykové zóny, najmä ak v ich podloží je priepustnejšia poloha nasýtená vodou.

Zosuvné delúvium (proluviálno-deluviálne) má prevažne charakter kamenito-ílovitých až ílovito-kamenitých sutí (F2/CG, G5/GC). V tomto komplexe sa vyskytujú aj čistejšie polohy ílov (F6/CI, F8/CH) resp. balvanité a kamenité preplástky (G2/GP).

Podložie pod kvartérnymi sedimentami je tvorené v oblasti portálového zárezu horninami krížňanského príkrovu, konkrétne ílovcami porubského súvrstvia. Ílovce sú prevažne strednej až nízkej pevnosti (R3 - R4). V komplexe sa vyskytujú i siltovcové a pieskovcové polohy, tieto sú však podradného zastúpenia, pričom ich pevnosť je vyššia ako čistých ílovcov, dosahuje stupeň R2 ojedinele pri masívnejších pieskovcoch až R1. Vzhľadom na exponovanú pozíciu na križovaní niekoľkých tektonicky výrazných línií a s ohľadom na morfologické pomery v komplikovanej doline Váhu je podložie tektonicky značne porušené najmä medzivrstevnou tektonikou, ako aj gravitačnou tektonikou. V tektonicky porušených polohách, ktoré majú hrúbku i niekoľko metrov, sú horniny prevažne charakteru úlomkov s obsahom ílu (G5/GC), resp. pri zošupinovatených ílovcoch až charakteru strednoplastického ílu (F6/CI), alebo pevnosti nízkej až extrémne nízkej (R4 - R6). Na základe dokumentácie vrtov a karotážnych meraní očakávame, že vrstvy generálne upadajú so sklonom 15 - 35° smerom na sever až východ. Lokálne sú vrstvy vďaka blokovým pohybom orientované iným smerom.

Presiometrickými a dilatometrickými skúškami vo vrtoch NT-03, NT-04, NT-06 a NT-09 boli overené deformačné parametre podložných hornín v rozličnom stupni porušenia. Zatiaľ čo presiometrické skúšky v tektonicky porušených brekciovitých ílovcoch preukázali rozsah modulu pretvárnosti E_{def} = 20,18 – 356,26 MPa, v priemere 222,31 MPa, kompaktné málo porušené ílovce dosahovali modul pretvárnostiv rozsahu E_{def} = 442,30 – 1 091,44 MPa, v priemere E_{def} = 783,77 MPa. Horniny s vyšším zastúpením siltovca majú modul pretvárnostiv rozsahu E_{def} = 1 543,28 – 2 019,40 MPa, v priemere E_{def} = 1 832,12 MPa. Podobné rozsahy dosahovali horniny i pri dilatometrických skúškach.

Celý kvartérny komplex je nasýtený podzemnou vodou, ktorá využíva na svoje prúdenie kamenitejšie polohy kvartérneho komplexu a rozvoľnený podložný masív. V oblasti portálu vďaka striedaniu priepustnejších a nepriepustných vrstiev zemín vytvára napäté horizonty a v miestach, kde vyviera na povrch vznikajú zamokrené oblasti. Vzhľadom na použitú technológiu vŕtania nebolo možné presne určiť miesta narazených a ustálených hladín.

Z hľadiska výstavby portálového zárezu a stability stavebnej jamy i steny razeného portálu je potrebné upozorniť na potenciálne riziko zosunutia svahových sutí alebo rozvoľneného silne zvetraného podložia, ktoré hrozí v prípade nevhodného technického zásahu do svahu (podkopanie), prípadne v čase intenzívnych zrážok, kedy je masív nasýtený podzemnou vodou. Je potrebné brať na zreteľ šmykové parametre deluviálnych zemín ako aj fakt, že oblasť je sýtená podzemnou vodou z vyššie položených partií svahu.

V prílohách 4.1 až 4.4 sú spracované schematické inžinierskogeologické rezy oblasťou portálu tunela Čebrať. Pre vykreslenie profilov boli využité jednak vrtné práce a jednak povrchové geofyzikálne merania.

Z uvedených výsledkov prieskumných prác v portálovej oblasti vyplývajú nasledujúce odporúčania:

- Je potrebné realizovať podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum pre širšiu oblasť portálu prípadne pre jeho alternatívne umiestnenie severnejšie;
- Pred výstavbou samotnej stavebnej jamy portálu je potrebné doplniť sieť monitorovacích hydrogeologických vrtov na sledovanie hladiny podzemnej vody a okamžite začať kontinuálne monitorovanie;
- Svah stavebnej jamy portálu dosiahne výšku cca 20 m, čo predstavuje potenciálne riziko destabilizácie svahu, ktorý už sám o sebe je považovaný za zosuvný. Stavebnú jamu

z toho dôvodu odporúčame zabezpečiť kotvenou klincovanou alebo pilótovou stenou, pričom pilóty budú previazané v potrebných úrovniach kotvenými železobetónovými prahmi. V prípade, že nebude možné realizovať pilótovú stenu až do požadovanej hĺbky, je možné zvážiť zabezpečovanie svahu po úrovniach pomocou klincovania, kari sietí a torkrétového nástreku a kotevných prahov. Prípadné svahované časti stavebnej jamy je potrebné zabezpečiť stabilizačno-drenážnymi rebrami;

- alternatívne pre minimalizáciu zásahov do svahu je možné realizovať razenie úvodných metrov pod ochrannou klenbou tzv. korytnačky;
- Je potrebné doplniť monitorovaciu sieť pre sledovanie podpovrchových deformácií a vykonávať inklinometrické merania. Taktiež je potrebné sledovať hladinu podzemnej vody ešte počas prípravnej etapy, pred začiatkom samotnej výstavby a zistené výsledky operatívne vyhodnocovať a zohľadňovať počas realizácie, samozrejmosťou je priebežný monitoring stability svahu a hladiny podzemnej vody počas hĺbenia stavebnej jamy;
- Nad hornou hranou portálového zárezu je potrebné vytvoriť odvodňovací obvodový rigol na odvádzanie prívalových zrážkových vôd v kombinácií s podpovrchovou drenážou, prípadne tento rigol vytvoriť i na lavičke na okraji zvislej časti stavebnej jamy. Pre zabezpečenie hĺbkovej drenáže sa vybudujú horizontálne odvodňovacie vrty. Účinnosť drenážnych prvkov je potrebné priebežne overovať hydrogeologickým monitoringom v pozorovacích vrtoch. Odvod vody by mal byť riešený nezamŕzavým systémom, aby nemohlo dôjsť k vzdutiu podzemnej vody za zárubným múrom počas zimy. Drenážny systém by mal byť opatrený revíznymi šachtami pre možnosť kontroly účinnosti systému;
- Po definitívnej úprave nesmú v teréne nad portálom zostať bezodtokové depresie. Vzhľadom na pomerne veľký výskyt zamokrenín aj sústredených výverov vôd v širšom okolí je potrebné upraviť odtokové pomery v bezprostrednom okolí portálovej jamy. Táto činnosť by mala byť koordinovaná s pracovníkmi ochrany prírody, nakoľko na vývery vôd sú naviazané cenné mokraďové biotopy. Je potrebné zvážiť i možnosť vytvorenia náhradného biotopu v bezprostrednom okolí portálu;
- Orientáciu horninových kotiev je potrebné spresniť počas postupného odkopávania portálovej steny po prehodnotení geologických pomerov geológom;
- Počas vŕtania pilót (mikropilót) aj kotiev je potrebné sledovať režim vŕtania, aby koreň kotvy resp. báza mikropilóty nebola osadená v tektonicky porušenej zóne charakteru zeminy;
- Zárezy v kvartérnych zeminách bude potrebné v definitívnej úprave opatriť vegetačnou vrstvou pre zamedzenie rozvoja erózie;
- Drenážne rebrá odporúčame na lícovej strane opatriť kamenným dláždením, aby sa zabránilo ich zanášaniu organickým materiálom.
- Tubus tunela odporúčame v portálovej oblasti presypať a v okolí vysadiť hlbokokoreniace stromy pre zlepšenie stabilitných pomerov deluviálnych sutí;
- Minimalizovať plochy, na ktorých bude obnažený pôdny pokryv a minimalizovať odlesnenie;
- Úvodný úsek razeného tunela bude potrebné raziť pod ochranou mikropilótového dáždnika;
- Pre zakladanie objektov portálu je vzhľadom na hrúbku zosuvného delúvia potrebné využiť zeminy kvartérneho komplexu. Pre vybudovanie presypanej časti tunelového tubusu (hĺbený tunel) je potrebné realizovať plošný základový prah alebo prah na mikropilótach votknutých do predkvartérneho podložia alebo realizovaných ako plávajúce pilóty. Je potrebné dodržať minimálny časový odstup od vyhĺbenia základovej jamy po betonáž prahov, aby sa zamedzilo rýchlej degradácii geotechnických parametrov zemín;

- V prípade dlhodobého obnaženia najmä tektonicky porušených bridličnatých mezozoických hornín hrozí rýchla degradácia ich geotechnických parametrov vplyvom zvetrávania, rozvoj plošnej a výmoľovej erózie;
- V styku s vodou a pri mechanickom namáhaní sú deluviálne sute citlivé na rozbredanie. Pri potrebe častých pojazdov stavebných mechanizmov je potrebné tieto zeminy chrániť vhodnou ochrannou vrstvou;
- pozemné objekty pri portáli je možné zakladať plošne na deluviálno-proluviálnych zeminách zosuvného delúvia. V prípade, že sa v základovej škáre vyskytne významnejšia vrstva organických zemín, je potrebné uvažovať i s čiastočnou výmenou nevhodného málo únosného materiálu za lepší štrkopiesčitý (základový vankúš alebo geosyntetická doska).

2.2.6 Razený tunel Čebrať v km 2,067–5,663

Vzhľadom na fakt, že trasou tunela nebola realizovaná prieskumná štôlňa a s ohľadom na etapu prieskumu, pri inžinierskogeologickej charakteristike novej trasy tunela Čebrať sme vychádzali z výsledkov mapovacích prác, geofyzikálnych povrchových meraní, vrtných prác, ako aj z výsledkov geotechnických, hydrodynamických a karotážnych skúšok, realizovaných v prieskumných vrtoch. Trasu tunela sme členili do kvázihomogénnych úsekov len na základe výsledkov geofyzikálnych meraní po ich kalibrácii podľa výsledkov vrtného prieskumu. Najvýraznejší je deficit poznania štruktúrnych prvkov horninového masívu, a to hlavne orientácie hlavných regionálnych zlomových porúch, ktoré je možné detailne overiť len banským spôsobom.

Pri hodnotení sme čiastočne využili i výsledky prieskumných prác pre pôvodnú trasu tunela Čebrať, ktoré sú však pre tunelové dielo absolútne nedostatočné z hľadiska hustoty i výpovednej hodnoty. Detailné hodnotenie jednotlivých kvázihomogénnych celkov však v prípade pôvodnej trasy tunela nebolo ničím podložené a považujeme ho za nepoužiteľné.

Počas prieskumu boli v trase razenej časti tunela realizované prieskumné štruktúrne vrty NT-07 až NT-17. Využité boli i archívne vrty JV-1 až JV-4 (Fussgänger, 2006). Geofyzikálne merania SOP a VES resp. multikábel (ERT) sa realizovali na pozdĺžnych profiloch GF-JTR, GF-STR a GF-STRN, priečnych profiloch GF-4 a GF-5. V portálovej oblasti boli realizované merania georadarom, doplnené meraniami inžinierskej seizmiky.

Oblasť, ktorou prechádza nová trasa tunela Čebrať, predstavuje severný výbežok liptovského hrebeňa Veľkej Fatry medzi obcami Likavka a Hubová, severne od obce Hrboltová, ktorý v zmysle geomorfologických klasifikácii radíme do tzv. Šípskej Fatry. Územie je z južnej strany ohraničené antecedentným údolím rieky Váh, z východnej strany údolím potoka Likavka. Trasa tunela vchádza do masívu v miestenového západného portálu, ktorý sa nachádza v lokálnej terénnej depresii na ľavobrežných svahoch údolia Kamenného potoka, severne od obce Hrboltová, miestnej časti Záskalie,resp. severne od kóty Skálie (555,3 m n.m.). Potok tvorí pravobrežný prítok rieky Váh. Trasa tunela následne prechádza popod južné svahy kóty Radičiná (1127,2 m n.m.), popod široké výrazné sedlo medzi Radičinou a Čebraťou (766,0 m n.m.) a následne popod severné svahy kóty Čebrať (1054,2 m n.m.). Východný portál sa nachádza v údolí pravostranného bezmenného prítoku potoka Likavka na sever od rovnomennej obce. Celková dĺžka razenej časti tunela je v severnej tunelovej rúre (STR) 3596 m a južnej tunelovej rúre (JTR) 3602 m.

Údolie Váhu a Likavky ako aj údolia ich bočných pravobrežných prítokov z masívu Veľkej Fatry sú zväčša založené na tektonických zlomových líniách resp. na litologických rozhraniach jednotlivých súvrství. Trasa tunela prechádza horninovými komplexami

krížňanského príkrovu, pričom odseparované trosky chočského príkrovu (tvoriace výrazné terénne útvary) nezasahujú do nivelety tunela. Horninový masív je budovaný najmä karbonatickými horninami s dominantným siltovcov, ílovcov a vápencov, slienitých bridlíc a pieskovcov. Skrasovatené horniny chočského príkrovu, s výrazným zastúpením dolomitov a vápencov, sa nachádzajú nad trasou tunela. Orientácia vrstevnatosti celého komplexu je veľmi variabilná, generálne však súvrstvia upadajú smerom na severovýchod až juhovýchod so sklonom cca 15 – 40°. Len v miestach výrazne postihnutých gravitačnými pohybmi horninových blokov a v okolí významných zlomových porúch alebo násunových zón príkrovov môže byť generálna orientácia vrstevnatosti odlišná a to najmä v dolných častiach svahov v na okraji aluviálnej nivy rieky Váh (južná strana pohoria). V oblastiach portálov sa nachádzajú i kvartérne pokryvné útvary, prevažne reprezentované delúviami resp. zosuvnými delúviami, a polygenetickými proluviálno-deluviálnymi zeminami. Svahy na okraji pohoria sú postihnuté blokovými svahovými deformáciami a zosuvmi.

Relatívny výškový rozdiel medzi úrovňou aluviálnej nivy Váhu a vrcholovou časťou Veľkej Fatry v tejto oblasti (kóta Radičiná 1127,2 m n.m.) je cca 620 – 670 m. Niveleta tunela sa pohybuje v nadmorskej výške 524 – 573 m n.m. to značí cca 50 – 64 m nad úrovňou miestnej eróznej bázy, ktorú tvorí rieka Váh resp. potok Likavka.

Tektonické pomery územia i celého okolia sú zložité, pretože sú podmienené príkrovou stavbou s výrazným nasunutím chočskej tektonickej jednotky z JJV na SSZ vo viacerých fázach na krížňanskú jednotku. Nerovnaká úroveň presunovej línie poukazuje aj na uplatnenie mladšej zlomovej i gravitačnej tektoniky poklesového a prešmykového charakteru, ktorá rozčlenila predovšetkým rigídne teleso chočského príkrovu na oddelené viaceré časti. Zlomy sú vyvinuté zväčša v strmých sklonoch 50-80° vo dvoch hlavných smerových systémoch, a to SSZ-JJV až ZSZ – VJV ako pozdĺžne zlomy a SV - JZ ako priečne zlomy. Okrem zlomovej tektoniky sa v skúmanej oblasti prejavuje vo veľkej miere najmä medzivrstevná tektonika, a to hlavne v plastickejších častiach súvrstvií (v ílovcoch až slieňovcoch). K ďalšiemu rozčleneniu chočskej jednotky v SZ časti nad trasou tunela prispelo rozvoľňovanie horninového masívu ťahovými puklinami po antecedentnom zarezaní toku Váhu v pliocéne až pleistocéne, ako ajnásledný rozvoj krasových javov a trhlín prevažne v obnažených wettersteinských vápencoch, ktoré napamáhajú prenikaniu zrážkových vôd k báze trosiek chočského príkrovu a rozvoju gravitačných blokových pohybov.Blokové poruchy po svahu priamo alebo postupne prechádzajú do zosuvných porúch rôzneho tvaru, prevažne potenciálneho charakteru, zasahujúcich pokryvné deluviálne útvary a čiastočne aj zvetranú zónu podložných hornín krížňanského príkrovu (veporika). Gravitačný rozpad skalných svahov z triasových vápencov a dolomitov chočského príkrovu bol identifikovaný v západnej časti masívu cca v úrovni 870 m n.m., ktorý od úrovne cca 725 m n.m. prechádza do blokových porúch a následne do starších skalných zosuvov. Podobne sú postihnuté blokovým rozpadoms gravitačnou tektonikou i južné svahy Radičinej a Kečiek.

Na základe výsledkov prieskumných prác možno konštatovať, **že geologicko-tektonické pomery v hodnotenej trase tunela sú zložité**. Horninový masív je tvorený horninami niekoľkých súvrství krížňanského príkrovu. Sklon vrstevnatosti je všeobecne relatívne mierny, v rozmedzí 10 - 35°, pričom však orientácia sklonu vrstiev značne varíruje vo vertikálnom i horizontálnom smere.

Trasu tunela možno rozčleniť na 2 základné celky A a B podľa prevládajúceho typu hornín: úsek A s dominantným zastúpením ílovcov a siltovcov s ojedinelými polohami pieskovca resp. vápenca a úsek B s prevahou kalových vápencov a slieňovcov nad ílovcami až siltovcami.

2.2.6.1 Úsek A v km 2,072 až 3,643

Tunel bude prechádzať horninami porubského a lučivnianskeho súvrstvia, v ktorom možno vyčleniť senkovské vrstvy, slieňovce Homôľky, párnické vrstvy a mráznické súvrstvie. Z hľadiska litológie ide prevažne o ílovce a siltovce s rôznymi vzájomnými prechodmi. V flyšovom porubskom súvrství sa ojedinele nachádzajú lamíny až dosky pieskovcov. V ostatných častiach s pribúdaním vápnitej zložky sú viac zastúpené aj slieňovce až vápence. Presné hranice jednotlivých súvrství len na základe vrtných prác nebolo možné na stanoviť vzhľadom na pomerne riedko rozmiestnené prieskumné vrty a absenciu banského prieskumného diela s podrobnou geologickou dokumentáciou.

Orientáciu vrstevnatosti bola overená mapovaním na nemnohých odkryvoch tohoto súvrstvia v teréne, najmä jeho vápencových členoch. Čiastočne sa podarilo overiť vrstevnatosť v prieskumných vrtoch pomocou karotážneho zariadenia – vrtného skenera s možnosťou interpretácie orientácie geologických štruktúr voči magnetickému severu.

Rozčlenenie tohoto úseku tunela na kvázihomogénne dielčie bloky bolo možné vzhľadom na hustotu prieskumných vrtov realizovať len na základe geofyzikálnych meraní a morfologickej analýzy.

V úseku od km 2,072 po 2,238 (Blok 1) bude tunel razený v prostredí porubského súvrstvia s prevládajúcim zastúpením ílovcov a siltovcov, s vysokým podielom tektonicky porušených hornín najmä v úvodných cca 100 m. Nadložie tunela bude dosahovať 7 – 35 m. Tento priportálový úsek bol overeným vrtmi NT-04 až NT-10. Generálny sklon vrstevnatosti v tomto úseku je cca 0 – 30°smerom na východ až severovýchod, lokálne až na sever. Len miestami v rámci zlomových porúch a ich bezprostrednom okolí môže byť vrstevnatosť až vztýčená (zrotované bloky hornín resp. vyvlečené vrstvy). Horniny sú v oblasti razeného portálu a úvodných častí tunela prevažne tektonicky porušené, v tektonických poruchách detailne prevrásnené a charakteru brekcie – šupinkovitého ílu (vyhladené lístočkovité lesklé úlomky ílovca) s plávajúcimi pevnejšími úlomkami. Pevnosť je prevažne nízka až extrémne nízka (R4 - R5, resp. až G5/GC). V okolí týchto zón je hornina tiež porušená najmä medzivrstevnou tektonikou, ktorá sa prejavuje lesklými vyhladenými šmykovými plochami v smere plôch vrstevnatosti. Mimo tektonických porúch (zlomov) a tektonizovaných zón je hornina navetraná až zvetraná, v hlbších partiách masívu až zdravá, pomerne kompaktná, prevažne strednej pevnosti (R3). Ku koncu úseku prechod cez homogénnejšie prostredie pravdepodobne s vyšším podielom siltovca alebo až pieskovca. Horninový masív v tomto úseku je reprezentovaný nasledovnými inžinierskogeologickými typmi:

In – ílovec zdravý až navetraný;
Iz – ílovec zvetraný;
Itp – ílovec tektonicky porušený;
Sn – siltovec zdravý až navetraný;
Sz – siltovec zvetraný;
Stp – siltovec tektonicky porušený;
Pz – pieskovec zvetraný;
Pn – pieskovec tektonicky porušený.

Dominantným horninovým typom sú ílovce a siltovce, ktoré tvoria vzájomné pozvoľné prechody (kolíše obsah siltovitej frakcie). Je potrebné upozorniť, že najmä ílovcové členy súvrstvia sú extrémne citlivé na styk s vodou. Ílovce sú prevažne doskovité až lavicovité, miestami masívne, v tektonizovaných zónach tenkodoskovité až laminované. Rozpadajú sa na tabulárne bloky veľkosti 10 – 40 cm. Masívnejšie lavice tvoria najmä siltovce.

Horninový masív je porušený niekoľkými systémami diskontinuít. V úrovni tunelovej rúry budú najvýraznejšie sysytémy smeru SZ – JV so sklonom k SV aj JZ (protismerný systém), a tiež systém S – J. Za systém porušenia tiež možno považovať smer vrstevnatosti, nakoľko najmä ílovcové polohy súvrstvia predstavujú predisponované šmykové plochy, po ktorých dochádzalo k medzivrstevným tektonickým pohybom počas vrásnenia a presunu príkrovov. smerom k V. Hlavné tektonické zlomové línie a puklinové systémy majú orientáciu, ktorá korešponduje so smerom údolia Váhu resp. so smerom bočných údolí v okolí portálu. Pukliny a vrstevné plochy sú v ílovcovom komplexe všeobecne pomerne zopnuté(okrem zóny pripovrchového rozvoľnenia), rovné až mierne zvlnené a hladké prípadne v blízkosti zlomových porúch vyhladené (lesklé), v priporchovej časti s ílovitými povlakmi až výplňou ílu. V pripovrchových častiach je ílovec silne zvetraný a jeho zvyšky sú vplavované do otvorených puklín a dutín. Smerom do hĺbky však dochádza k uzatváraniu a utesňovaniu puklín. Hustota puklín dosahuje v zóne zvetrania a v tektonicky porušených zónach 10 – 200 mm, v pevnejších zdravých zónach je hustota 100 – 600 mm.

Možno povedať, že pevnosť i deformačné parametre ílovcov a siltovcov sú výrazne znížené hustým rozpukaním a tektonickým porušením, prípadne aj stupňom zvetrania. Deformačné parametre horninového masívu boli overené dilatometrickými skúškami vo vrtochNT–04, NT-06 až NT-10, presiometrickými skúškami v tých istých vrtoch a tiež laboratórnymi skúškami.

Hlavným rizikom v uvedenom úseku je nestabilita klenby, stien a čelby tunela v úseku s s malým nadložím a v úsekoch s tektonickým porušením. Naviac ílovce sú vysoko citlivé na styk s vodou a charakteristické vysokou nerovnorodosťou horninového materiálu. Z hľadiska geotechnických parametrov najviac zastúpené tektonicky porušené ílovce až siltovce mali moduly pretvárnosti v rozsahu**E_{def} = 3,95 – 369,79MPa**, v priemere **E_{def} = 129,00 MPa.** Za účelom stanovenie modulov pretvárností bol použitý priemerný obor zaťaženia 1,1 – 2,4 MPa. Rozpukané ílovce v zónach v okolí zlomových porúch mali deformačné parametre v rozsahu **E_{def} = 335,49 – 1851,11MPa**, v priemere **E_{def} = 707,28 MPa**a to pripriemernom obore zaťaženia 2,5 – 7,4 MPa. Kompaktné a zdravé ílovce až siltovce dosahovali hodnoty modulov pretvárnosti v rozsahu **E_{def} = 2200,91 – 2581,23MPa**, v priemere **E_{def} = 2335,10 MPa**pri priemernom obore zaťaženia 5,1 – 12,38 MPa. Pevnosť horniny testovaná pomocou skúšok Point Load test preukázala anizotropiu podľa smeru zaťaženia. V smere kolmom na vrstevnatosť je pevnosť zdravých ílovcov aj siltovcov stredná (R3), v smere paralelnom s plochami vrstevnatosti má hornina nízku pevnosť (R4).

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek komplikované prostredie, kde tunelová rúra čiastočne prechádza zeminami kvartéru resp. v ich tesnej blízkosti a z veľkej časti v zóne pripovrchového rozvoľnenia a zvetrania hornín. Napriek relatívnej tesnosti ílovcového prostredia ako celku, možno očakávať prítoky podzemnej vody z úlomkovitých partií masívu (tektonických zón a rozhrania kvartér / mezozoikum) a z kvartéru.Vzhľadom na gravitačnú tektoniku na okraji údolia Váhu možno tiež očakávať výsky otvorených ťahových puklín, ktoré môžu predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody.

Podzemná voda z vrtu TK-01 podľa svojho chemického zloženia nemala agresívne účinky na betón - symbol X0 a tvorí prostredie s veľmi nízkou agresivitou pre kovové materiály so stupňom I.

V úseku od km 2,238 po cca 2,463 (Blok 2) bude tunel razený v prostredí porubského súvrstvia, s prevládajúcim zastúpením ílovcov a siltovcov. Prostredie bude pravdepodobne menej tektonicky porušené ako predchádzajúci úsek. Nadložie tunela bude dosahovať 35 – 85 m. Vyčlenený úsek tunela bol overeným prieskumným vrtom NT-11 a geofyzikálnymi

prácami.Generálny sklon vrstevnatosti v tomto úseku je cca 0 – 30° smerom na severovýchod až sever. Len miestami v rámci zlomových porúch a ich bezprostrednom okolí môže byť vrstevnatosť až vztýčená (zrotované bloky hornín resp. vyvlečené vrstvy). Na základe interpretácie geofyzikálnych meraní a vrtných prác očakávame, že v úrovni tunelovej rúry budú zastihnuté najmä ílovce porubského súvrstvia, pričom od km cca 2,360 budú dominantné skôr siltovce. Horniny sú prevažne doskovité až lavicovité, prípadne hrubolavicovité, strednej pevnosti (R3), v oslabených častiach nízkej pevnosti (R4). Horniny sú prevažne zdravé, v okolí tektonizovaných zón s čiastočne otvorenými puklinami až navetrané. V miestach zlomových porúch sú zbridličnatené, detailne prevrásnené a charakteru brekcie – šupinkovitého ílu (vyhladené lístočkovité lesklé úlomky ílovca) s plávajúcimi pevnejšími úlomkami. Pevnosť je prevažne nízka až extrémne nízka (R4 -R5, resp. až G5/GC). V okolí týchto zón je hornina tiež porušená najmä medzivrstevnou tektonikou, ktorá sa prejavuje lesklými vyhladenými šmykovými plochami v smere plôch vrstevnatosti. Vyčlenený úsek končí výraznejšou zlomovou poruchou. Horninový masív v tomto úseku je reprezentovaný nasledovnými inžinierskogeologickými typmi:

In – ílovec zdravý až navetraný;
Iz – ílovec zvetraný;
Itp – ílovec tektonicky porušený;
Sn – siltovec zdravý až navetraný;
Sz – siltovec zvetraný;
Stp – siltovec tektonicky porušený;
Pz – pieskovec zvetraný;
Pn – pieskovec tektonicky porušený.

Vzhľadom na tektonický vývoj masívu, výsledky geofyzikálnych meraní a vrtných prác a samotný vrstevnatý a polosklaný charakter hornín očakávame, že horniny v celom úseku budú pomerne často tektonicky porušené charakteristickou medzivrstevnou tektonikou s miernym sklonom (viď vrty VPK-01 a VPK-02, TK-10). Výplň takýchto zón je charakteru tektonických brekcií s plávajúcimi úlomkami karbonátov. Tieto porušené horniny možno považovať za tvrdé ílové zeminy, obsahujúce lístočkovité vyhladené šupinky ílovca až tvrdého ílu. Zeminy sú extrémne citlivé na styk s vodou. Okrem medzivrstevnej tektoniky budú charakteristické zlomové poruchy so strmým sklonom prevažne smeru SZ-JV, menej často S-J až SV-JZ. Na tieto smery tektonického porušenia sú viazané i charakteristické puklinové systémy. Pukliny a vrstevné plochy sú v ílovcovom komplexe všeobecne pomerne zopnuté (okrem zón tektonického porušenia), rovné až mierne zvlnené a hladké prípadne v blízkosti zlomových porúch vyhladené (lesklé). V tektonických poruchách budú plochy porušenia prevažne vyhladené a lesklé, zvlnené až rovné, často s ílovou výplňou pevného lístočkovitého ílu. Hustota puklín dosahuje v tektonicky porušených zónach 10 – 200 mm, v pevnejších zdravých zónach je hustota 100 – 600 mm prípadne viac.

Možno povedať, že pevnosť i deformačné parametre ílovcov a siltovcov sú výrazne znížené hustým rozpukaním a tektonickým porušením. Deformačné parametre horninového masívu neboli priamo overené dilatometrickými skúškami. Vo vrte NT–11 bola zastihnutá v úrovni tunelovej rúry výrazná tektonicky porušená zóna úlomkovitého charakteru s častými bridličnatými úsekmi. Geotechnické paramterte boli odvodené na základe analógie s predchádzajúcim úsekom.

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek komplikované prostredie, kde tunelová rúra prechádza niekoľkými výraznými tektonickými zlomovými líniami generálne severojužného smeru (SZ-JV až SV-JZ), ktoré budú predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej

vody. Napriek relatívnej tesnosti ílovcového prostredia ako celku, možno očakávať prítoky podzemnej vody z úlomkovitých partií masívu (tektonických zón). Vzhľadom na gravitačnú tektoniku na okraji údolia Váhu možno tiež očakávať výskyt otvorených ťahových puklín, ktoré môžu tiež predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody.

Podzemná voda z vrtu TK-01 podľa svojho chemického zloženia nemala agresívne účinky na betón - symbol X0 a tvorí prostredie s veľmi nízkou agresivitou pre kovové materiály so stupňom I.

V úseku od km 2,463 po cca 2,718 (Blok 3) bude tunel razený v prostredí porubského súvrstvia, so zastúpením ílovcov a siltovcov, pričom predpokladáme na základe vyhodnotenia geofyzikálnych meraní vyšší podiel siltovcov. Prostredie bude pravdepodobne menej tektonicky porušené ako predchádzajúci úsek. Nadložie tunela bude dosahovať 85 – 120 m. Vyčlenený úsek tunela bol overeným prieskumným vrtom NT-12 a geofyzikálnymi prácami. Generálny sklon vrstevnatosti v tomto úseku v úrovni tunelovej rúry je cca 10 – 40° smerom na severozápad až severovýchod. Len miestami v rámci zlomových porúch a ich bezprostrednom okolí môže byť vrstevnatosť až vztýčená a zrotovaná (zrotované bloky hornín resp. vyvlečené vrstvy). Na základe interpretácie geofyzikálnych meraní a vrtných prác očakávame, že v úrovni tunelovej rúry budú zastihnuté najmä ílovce porubského súvrstvia resp. k záveru hodnoteného úseku siltovce a slieňovce až vápence lučivnianskeho súvrstvia. Horniny sú prevažne doskovité až lavicovité, prípadne hrubolavicovité, prevažne strednej pevnosti (R3), slieňovcové a vápencové členy súvrstvia však už môžu dosiahnuť vysokú až veľmi vysokú pevnosť (R1 - R2). Naopak,v oslabených častiach masívu sú ílovce nízkej pevnosti (R4). Horniny sú prevažne zdravé, v okolí tektonizovaných zón s čiastočne otvorenými puklinami až navetrané. V miestach zlomových porúch sú horniny zbridličnatené, detailne prevrásnené a charakteru brekcie – šupinkovitého ílu (vyhladené lístočkovité lesklé úlomky ílovca) s plávajúcimi pevnejšími úlomkami. Pevnosť v týchto zónach je prevažne nízka až extrémne nízka (R4 - R5, resp. až G5/GC). V okolí tektonických zón je hornina tiež porušená najmä medzivrstevnou tektonikou, ktorá sa prejavuje lesklými vyhladenými šmykovými plochami v smere plôch vrstevnatosti. Horninový masív v tomto úseku je reprezentovaný nasledovnými inžinierskogeologickými typmi:

In – ílovec zdravý až navetraný;
Itp – ílovec tektonicky porušený;
Sn – siltovec zdravý až navetraný;
Stp – siltovec tektonicky porušený;
Vsn – slienitý vápenec až slieňovec zdravý až navetraný;
Vstp – slienitý vápenec až slieňovec tektonicky porušený;
Pn – pieskovec tektonicky porušený.

Hodnotený úsek tunela vedie horninovým masívom, ktorý predstavuje rigidný blok hornín v južnom výbežku hrebeňa kóty 955 m n.m., v oblasti Borová hora. Hrebeň tvorý hlavný morfologický predel medzi údolím bezmenného potoka na východe a údolím Kamenného potoka na západe. Horninový blok je ohraničený výraznými tektonickými líniami smeru SZ-JV a SV-JZ, vytvára tak klin vybiehajúci do údolia Váhu. Samotný masív je pomerne kompaktný a homogénny, porušený len lokálne zlomovými tektonickými poruchami a čiastočne medzivrstevnou tektonikou. Výplň takýchto zón je charakteru tektonických brekcií s plávajúcimi úlomkami karbonátov. Tieto porušené horniny možno považovať za tvrdé ílové zeminy, obsahujúce lístočkovité vyhladené šupinky ílovca až tvrdého ílu. Zeminy sú extrémne citlivé na styk s vodou. Okrem medzivrstevnej tektoniky budú charakteristické zlomové poruchy so strmým sklonom prevažne smeru SZ-JV, menej často S-J až SV-JZ. Na tieto smery

tektonického porušenia sú viazané i charakteristické puklinové systémy. Pukliny a vrstevné plochy sú v ílovcovom komplexe všeobecne pomerne zopnuté (okrem zón tektonického porušenia), rovné až mierne zvlnené a hladké prípadne v blízkosti zlomových porúch vyhladené (lesklé). Vo vápencových členoch súvrstvia sa vďaka gravitačnému rozvoľňovaniu masívu môžu objavovať otvorené pukliny bez výplne, ktoré sú rovné až stupňovité, drsné. V tektonických poruchách budú plochy porušenia prevažne vyhladené a lesklé, zvlnené až rovné, často s ílovou výplňou pevného lístočkovitého ílu. Hustota puklín dosahuje v tektonicky porušených zónach 10 – 200 mm, v pevnejších zdravých zónach je hustota 200 – 1000 mm prípadne viac.

Geotechnické parametre boli odvodené na základe analógie s predchádzajúcim úsekom resp. otestované dialtometrickými skúškami in-situ vo vrte NT-12 a samozrejme laboratórnymi prácami.Z hľadiska geotechnických parametrov najviac zastúpené tektonicky porušené ílovce až siltovce mali moduly pretvárnosti v rozsahu**E_{def} = 8,23 – 395,51MPa**, v priemere **E_{def} = 150 MPa.** Kompaktné a zdravé ílovce dosahovali hodnoty modulov pretvárnosti v rozsahu **E_{def} = 2878,52 – 3096,06MPa**, v priemere **E_{def} = 2987 MPa**pri priemernom obore zaťaženia 2,5 – 13,5 MPa. Kompaktné a zdravé slienité vápence lučivnianskeho súvrstvia dosahovali hodnoty modulov pretvárnosti v rozsahu **E_{def} = 5512 – 17813MPa**, v priemere **E_{def} = 9408 MPa**pri priemernom obore zaťaženia 5 – 15 MPa. Pevnosť horniny testovaná pomocou skúšok Point Load test preukázala anizotropiu podľa smeru zaťaženia. V smere kolmom na vrstevnatosť je pevnosť zdravých ílovcov aj siltovcov stredná (R3), v smere paralelnom s plochami vrstevnatosti má hornina nízku pevnosť (R4). Pevnosť vápencov dosahuje vysokú až veľmi vysokú hodnotu (R1 – R2).

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek komplikované prostredie, kde tunelová rúra prechádza niekoľkými výraznými tektonickými zlomovými líniami generálne severojužného smeru (SZ-JV až SV-JZ), ktoré budú predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody. Napriek relatívnej tesnosti ílovcového prostredia ako celku, možno očakávať prítoky podzemnej vody z úlomkovitých partií masívu (tektonických zón). Vzhľadom na gravitačnú tektoniku na okraji údolia Váhu možno tiež očakávať výskyt otvorených ťahových puklín, ktoré môžu tiež predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody.

V úseku od km 2,718 po cca 3,013 (Blok 4) bude tunel razený v prostredí porubského a lučivnianskeho súvrstvia, so dominantným zastúpením ílovcov a siltovcov s polohami vápencov, pričom predpokladáme na základe vyhodnotenia geofyzikálnych meraní vyšší podiel siltovcov až slienitých vápencov. Prostredie bude pravdepodobne menej tektonicky porušené. Nadložie tunela bude dosahovať 120 – 125 m. Vyčlenený úsek tunela bol overeným prieskumným vrtom NT-13 a geofyzikálnymi prácami. Generálny sklon vrstevnatosti v tomto úseku v úrovni tunelovej rúry je cca 25 – 55° smerom na východ až severovýchod prípadne juhozápad (zrotované bloky hornín). Vúsekoch zlomových porúch a ich bezprostrednom okolí môže byť vrstevnatosť až vztýčená. Na základe interpretácie geofyzikálnych meraní a vrtných prác očakávame, že v úrovni tunelovej rúry budú zastihnuté najmä siltovce, slieňovce až vápence lučivnianského súvrstvia. Horniny majú prevažne doskovitú až lavicovitú vrstevnatosť, prípadne až hrubolavicovitú až masívnu vrstevnatosť, sú prevažne strednej pevnosti (R3), slieňovcové a vápencové členy súvrstvia však už môžu dosiahnuť vysokú až veľmi vysokú pevnosť (R1 - R2). Naopak, v oslabených častiach masívu sú ílovce nízkej pevnosti (R4). Horniny sú prevažne zdravé, v okolí tektonizovaných zón s čiastočne otvorenými puklinami až navetrané. V miestach zlomových porúch sú horniny zbridličnatené, detailne prevrásnené a charakteru brekcie – šupinkovitého ílu (vyhladené lístočkovité lesklé úlomky ílovca) s

plávajúcimi pevnejšími úlomkami. Pevnosť v týchto zónach je prevažne nízka až extrémne nízka (R4 - R5, resp. až G5/GC). V okolí tektonických zón je hornina tiež porušená najmä medzivrstevnou tektonikou, ktorá sa prejavuje lesklými vyhladenými šmykovými plochami v smere plôch vrstevnatosti. Vyčlenený úsek končí výraznejšou zlomovou poruchou - pásmom, na ktorej je založené údolie bezmenného potoka. Horninový masív v tomto úseku je reprezentovaný nasledovnými inžinierskogeologickými typmi:

In – ílovec zdravý až navetraný;
Itp – ílovec tektonicky porušený;
Sn – siltovec zdravý až navetraný;
Stp – siltovec tektonicky porušený;
Vsn – slienitý vápenec až slieňovec zdravý až navetraný;
Vstp – slienitý vápenec až slieňovec tektonicky porušený;
Pn – pieskovec zdravý až navetraný.

Hodnotený úsek tunela vedie horninovým masívom, ktorý predstavuje rigidný blok hornín v južnom výbežku hrebeňa kóty 955 m n.m., v oblasti Borová hora, podobne ako predchádzajúci úsek. Hrebeň tvorý hlavný morfologický predel medzi údolím bezmenného potoka na východe a údolím Kamenného potoka na západe. Horninový blok je ohraničený výraznými tektonickými líniami smeru SZ-JV a SV-JZ, vytvára tak súčasť klinu, ktorý vybiehasmerom do údolia Váhu. Samotný masív je pomerne kompaktný a homogénny, porušený len lokálne zlomovými tektonickými poruchami a čiastočne medzivrstevnou tektonikou. Výplň takýchto zón je charakteru tektonických brekcií s plávajúcimi úlomkami karbonátov, pričom ich možno považovať za tvrdé ílové zeminy, obsahujúce lístočkovité vyhladené šupinky ílovca až tvrdého ílu. Zeminy sú extrémne citlivé na styk s vodou. Okrem medzivrstevnej tektoniky budú charakteristické zlomové poruchy so strmým sklonom prevažne smeru SZ-JV, menej často S-J až SV-JZ. Na tieto smery tektonického porušenia sú viazané i charakteristické puklinové systémy. Pukliny a vrstevné plochy sú v ílovcovom komplexe všeobecne pomerne zopnuté (okrem zón tektonického porušenia), rovné až mierne zvlnené a hladké prípadne v blízkosti zlomových porúch vyhladené (lesklé). Vo vápencových a čiastočne i siltovcových členoch súvrstvia sa vďaka gravitačnému rozvoľňovaniu masívu môžu objavovať otvorené pukliny bez výplne, ktoré sú rovné až stupňovité, drsné. V tektonických poruchách budú plochy porušenia prevažne vyhladené a lesklé, zvlnené až rovné, často s ílovou výplňou pevného lístočkovitého ílu. Hustota puklín dosahuje v tektonicky porušených zónach 10 – 200 mm, v pevnejších zdravých zónach je hustota 200 – 1000 mm prípadne viac.

Geotechnické parametre boli odvodené na základe analógie s predchádzajúcimi úsekmi tunela resp. otestované dialtometrickými skúškami in-situ vo vrte NT-13 a tiež laboratórnymi prácami. Z hľadiska geotechnických parametrov najviac zastúpené zdravé kompaktné siltovce až ílovce dosahovali moduly pretvárnosti v rozsahu**E_{def} = 4124 – 12 726MPa**, v priemere **E_{def} = 8917 MPa**pri priemernom obore zaťaženia 7 – 22 MPa. Pevnosť horniny testovaná pomocou skúšok Point Load Test preukázala anizotropiu podľa smeru zaťaženia. V smere kolmom na vrstevnatosť je pevnosť zdravých ílovcov aj siltovcov prevažne stredná (R3), v smere paralelnom s plochami vrstevnatosti má hornina nízku pevnosť (R4). Pevnosť vápencov dosahuje vysokú až veľmi vysokú hodnotu (R1 – R2).

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek komplikované prostredie, kde tunelová rúra prechádza niekoľkými výraznými tektonickými zlomovými líniami generálne severojužného smeru (SZ-JV až SV-JZ), ktoré budú predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody. Napriek relatívnej tesnosti ílovcového prostredia ako celku, možno očakávať prítoky

podzemnej vody z úlomkovitých partií masívu (tektonických zón). Vzhľadom na gravitačnú tektoniku na okraji údolia Váhu možno tiež očakávať výskyt otvorených ťahových puklín, ktoré môžu tiež predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody.

V úseku od km 3,103 po cca 3,123 (Blok 5) bude tunel razený v prostredí porubského a lučivnianskeho súvrstvia, so dominantným zastúpením ílovcov a siltovcov s polohami vápencov, pričom predpokladáme na základe vyhodnotenia geofyzikálnych meraní vyšší podiel tektonicky porušených hornín. Trasa tunela podchádza výrazné údolie bezmenného potoka, ktoré je pravdepodobne založené na zlomovom systéme smeru SV-JZ. Nadložie tunela bude dosahovať 115 – 145 m. Oblasť bola preskúmaná najmä mapovacími prácami a geofyzikálnymi meraniami, pričom geotechnické parametre a geologickú stavbu možno odvodiť od neďalekého vrtu NT-13.Generálny sklon vrstevnatosti v tomto úseku v úrovni tunelovej rúry nebolo možné určiť, predpokladáme vzhľadom na blízkosť významných zlomových línií, že smer vrstevnatosti bude značne varírovať, pričom môže byť až vztýčená. Na základe interpretácie geofyzikálnych meraní a vrtných prác očakávame, že v úrovni tunelovej rúry budú zastihnuté najmä siltovce, slieňovce až vápence lučivnianského súvrstvia, tektonicky viac porušené ako v predchádzajúcom úseku. V miestach zlomových porúch budúílovcové horniny zbridličnatené, detailne prevrásnené a charakteru brekcie – šupinkovitého ílu (vyhladené lístočkovité lesklé úlomky ílovca) s plávajúcimi pevnejšími úlomkami, prípadne v pevnejších karbonátoch budú horniny rozbité na pevné úlomky. Pevnosť v týchto zónach je prevažne nízka až veľmi nízka (R4 - R5, resp. až G5/GC), pričom degradované horniny sú citlivé na vodu. V okolí tektonických zón je hornina tiež porušená najmä medzivrstevnou tektonikou, ktorá sa prejavuje lesklými vyhladenými šmykovými plochami v smere plôch vrstevnatosti. Vyčlenený úsek začína a končí výraznejší,i zlomovými líniami, medzi ktorými predpokladáme zachovaný pevnejší menej prušený blok hornín. Na zlomovú tektoniku sú viazané prítoky podzemnej vody a vznik terénnej morfologickej hrany. Horninový masív v tomto úseku je reprezentovaný nasledovnými inžinierskogeologickými typmi:

In – ílovec zdravý až navetraný;
Itp – ílovec tektonicky porušený;
Sn – siltovec zdravý až navetraný;
Stp – siltovec tektonicky porušený;
Vsn – slienitý vápenec až slieňovec zdravý až navetraný;
Vstp – slienitý vápenec až slieňovec tektonicky porušený;

Hodnotený úsek tunela vedie horninovým masívom, ktorý je porušený zlomovým systémom na viacerých miestach. Na základe morfologickej analýzy ide pravdepodobne o poklesovú zlomovú tektoniku, ktorá súvisí s gravitačným rozpadom horského masívu po zarezaní údolia Váhu a redistribúcii hlavných napätí (odľahčenie). V teréne sa pokles prejavuje vznikom výraznej hrany, so zachovaným zvyškom hornín chočského príkrovu, najmä dolomitov a vápencov, ktorý je na západnej strane uťatý, pričom vzniká depresia so strmými svahmi.

Okrem medzivrstevnej tektoniky budú charakteristické zlomové poruchy so strmým sklonom prevažne smeru SV-JZ, resp. až S-J. Na tieto smery tektonického porušenia sú viazané i charakteristické puklinové systémy. Pukliny a vrstevné plochy sú v ílovcovom komplexe všeobecne pomerne zopnuté (okrem zón tektonického porušenia), rovné až mierne zvlnené a hladké prípadne v blízkosti zlomových porúch vyhladené (lesklé). Vo vápencových a čiastočne i siltovcových členoch súvrstvia sa vďaka gravitačnému rozvoľňovaniu masívu môžu objavovať otvorené pukliny bez výplne, ktoré sú rovné až stupňovité, drsné. V tektonických poruchách budú plochy porušenia prevažne vyhladené a lesklé, zvlnené až rovné, často s

ílovou výplňou pevného lístočkovitého ílu. Hustota puklín dosahuje v tektonicky porušených zónach 10 – 200 mm, mimo zlomovej poruchy je hustota puklín 200 – 600 mm.

Geotechnické parametre boli odvodené na základe analógie s predchádzajúcimi úsekmi tunela resp. otestované dialtometrickými skúškami in-situ vo vrte NT-13 a tiež laboratórnymi prácami. Z hľadiska geotechnických parametrov najviac zastúpené zdravé kompaktné siltovce až ílovce dosahovali moduly pretvárnosti v rozsahu**E_{def} = 4124 – 12 726MPa**, v priemere **E_{def} = 8917 MPa** pri priemernom obore zaťaženia 7 – 22 MPa. Pevnosť horniny testovaná pomocou skúšok Point Load Test preukázala anizotropiu podľa smeru zaťaženia. V smere kolmom na vrstevnatosť je pevnosť zdravých ílovcov aj siltovcov prevažne stredná (R3), v smere paralelnom s plochami vrstevnatosti má hornina nízku pevnosť (R4). Pevnosť vápencov dosahuje vysokú až veľmi vysokú hodnotu (R1 – R2).

V úseku od km 3,123 po cca 3,643 (Blok 6) bude tunel razený v prostredí porubského a lučivnianskeho resp. mráznického súvrstvia, so dominantným zastúpením siltovcov a ílovcov s polohami slienitých vápencov, pričom predpokladáme na základe vyhodnotenia geofyzikálnych meraní pomerne homogénne a málo porušené prostredie (s výminkou zlomových porúch). Nadložie tunela bude dosahovať 140 – 170 m. Vyčlenený úsek tunela bol overeným prieskumným vrtom NT-14 a geofyzikálnymi prácami. Generálny sklon vrstevnatosti v tomto úseku v úrovni tunelovej rúry je cca 25 – 45° smerom na severovýchod prípadne východ. V úsekoch zlomových porúch a ich bezprostrednom okolí môže byť vrstevnatosť až vztýčená. Na základe interpretácie geofyzikálnych meraní a vrtných prác očakávame, že v úrovni tunelovej rúry budú zastihnuté najmä siltovce a ílovceporubského súvrstvia, prípadne slieňovce lučivnianskeho súvrstvia. Horniny majú prevažne doskovitú až lavicovitú vrstevnatosť, prípadne hrubolavicovitú až masívnu vrstevnatosť (homogénne masívne ílovce), sú prevažne strednej pevnosti (R3), slieňovcové a vápencové členy súvrstvia však už môžu dosiahnuť vysokú až veľmi vysokú pevnosť (R1 - R2). Naopak, v oslabených častiach masívu sú ílovce nízkej pevnosti (R4). Horniny sú prevažne zdravé, v okolí tektonizovaných zón s čiastočne otvorenými puklinami až navetrané. V miestach zlomových porúch sú horniny zbridličnatené, detailne prevrásnené a charakteru brekcie – šupinkovitého ílu (vyhladené lístočkovité lesklé úlomky ílovca) s plávajúcimi pevnejšími úlomkami. Pevnosť v týchto zónach je prevažne nízka až extrémne nízka (R4 - R5, resp. až G5/GC). V okolí tektonických zón je hornina tiež porušená najmä medzivrstevnou tektonikou, ktorá sa prejavuje lesklými vyhladenými šmykovými plochami v smere plôch vrstevnatosti. Vyčlenený úsek končí výraznejšou zlomovou poruchou - pásmom, na ktorej je založené údolie bezmenného potoka. Horninový masív v tomto úseku je reprezentovaný nasledovnými inžinierskogeologickými typmi:

In – ílovec zdravý až navetraný;
Itp – ílovec tektonicky porušený;
Sn – siltovec zdravý až navetraný;
Stp – siltovec tektonicky porušený;
Vsn – slienitý vápenec až slieňovec zdravý až navetraný;
Vstp – slienitý vápenec až slieňovec tektonicky porušený;
Pn – pieskovec zdravý až navetraný.

Hodnotený úsek tunela vedie horninovým masívom, ktorý predstavuje tektonickými zlomovými líniami ohraničený kvázihomogénny blok hornín v južných svahoch kóty 828 m n.m. Horninový blok je ohraničený výraznými tektonickými líniami smeru SV-JZ, pričom podružný je systém S-J. Samotný masív je pomerne kompaktný a homogénny, porušený len lokálne

zlomovými tektonickými poruchami a čiastočne medzivrstevnou tektonikou. Výplň takýchto zón je charakteru tektonických brekcií s plávajúcimi úlomkami karbonátov, pričom ich možno považovať za tvrdé ílové zeminy, obsahujúce lístočkovité vyhladené šupinky ílovca až tvrdého ílu. Zeminy sú extrémne citlivé na styk s vodou. Okrem medzivrstevnej tektoniky budú charakteristické zlomové poruchy so strmým sklonom prevažne smeru SZ-JV, menej často S-J až SV-JZ. Na tieto smery tektonického porušenia sú viazané i charakteristické puklinové systémy. Pukliny a vrstevné plochy sú v ílovcovom komplexe všeobecne pomerne zopnuté (okrem zón tektonického porušenia), rovné až mierne zvlnené a hladké prípadne v blízkosti zlomových porúch vyhladené (lesklé). Vsiltovcových a slieňovcových členoch súvrstvia sa vďaka gravitačnému rozvoľňovaniu masívu môžu objavovať otvorené pukliny bez výplne, ktoré sú rovné až stupňovité, drsné. V tektonických poruchách budú plochy porušenia prevažne vyhladené a lesklé, zvlnené až rovné, často s ílovou výplňou pevného lístočkovitého ílu. Hustota puklín dosahuje v tektonicky porušených zónach 10 – 200 mm, v pevnejších zdravých zónach je hustota 200 – 1000 mm prípadne viac.

Geotechnické parametre boli odvodené na základe analógie s predchádzajúcimi úsekmi tunela resp. otestované dialtometrickými skúškami in-situ vo vrte NT-14 a tiež laboratórnymi prácami. Z hľadiska geotechnických parametrov najviac zastúpené zdravé kompaktné siltovce až ílovce dosahovali moduly pretvárnosti v rozsahu**E_{def} = 2717 – 22 385MPa**, v priemere **E_{def} = 11 868 MPa** pri priemernom obore zaťaženia 8 – 20 MPa. Pevnosť horniny testovaná pomocou skúšok Point Load Test preukázala anizotropiu podľa smeru zaťaženia. V smere kolmom na vrstevnatosť je pevnosť zdravých ílovcov aj siltovcov prevažne stredná (R3), v smere paralelnom s plochami vrstevnatosti má hornina nízku pevnosť (R4).

Hlavným **geologickým rizikom v celom vyčlenenom úseku A** je nestabilita klenby, stien a čelby tunela v úseku s malým nadložím a v úsekoch s výraznejším tektonickým porušením, heterogenita vlastností litologických typov hornín (vápence, pieskovce a siltovce versus ílovce) a vysoká citlivosť tektonicky porušených ílovcových hornín na styk s vodou.

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek relatívne tesné prostredie s minimálnymi očakávanými prítokmi do tunelovej rúry. Vzhľadom na gravitačnú poklesovú tektoniku v oblasti tunela však možno predpokladať, že počas razenia budú zastihnuté priepustnejšie zóny (najmä tektonicky predisponované), ktoré budú predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody, podobne aj tektonizované polohy s vyšším podielom rigidných úlomkov hornín (polohy pieskovcov resp. vápencov). Očakávaný sumárny prítok podzemnej vody do tunelovej rúry z celého úseku A počas razenia je Q = 0,50 – 2,00 $l.s^{-1}$, pričom objem závisí najmä od intenzity zrážok v danej oblasti a na narazení na prípadný otvorený puklinový systém.

Celkovo možno rizikové faktory z hľadiska budovania tunela v úseku A v prostredí s prevahou ílovcových hornín krížňanského príkrovu (porubské súvrstvie a mráznické súvrstvie) charakterizovať nasledovne:

- degradácia geotechnických parametrov horniny až na úroveň zemín v dôsledku intenzívneho tektonického porušenia a v priportálovom úseku aj zvetrania najmä v strmo uložených zlomových zónach a v zónach medzivrstevnej tektoniky;
- nestabilita klenby, čelby a stien v dôsledku rozvoľnenia masívu a tektonického porušenia horniny ako aj s ohľadom na možnosť vyklzávania klinov horniny po plochách diskontinuít, možnosť odlupovania platní horniny po vrstevných plochách vzhľadom na relatívne mierny úklon vrstiev;
- nízka hodnota šmykových parametrov na vrstevných plochách s častými povlakmi ílov;

- veľká citlivosť ílovcových hornín na zmeny vlhkosti a mrazové cykly, podmieňujúca rýchle zvetrávanie a degradáciu geotechnických parametrov hornín;
- náchylnosť najmä tektonicky porušených ílovcov na rozbredanie;
- riziko nestability portálovej steny ale aj klenby v oblasti západného portálu, vzhladom na predpokladaný výskyt kvartérnych zemín a silno zvetraných hornín v úrovni klenby tunela;
- rozličná blokovitosť horniny;
- heterogenita vlastností horninového materiálu – striedanie kvalitnejšej a nekvalitnej horniny;
- možnosť prítokov podzemnej vody po predisponovaných privilegovaných cestách..

Pre realizáciu tunela v úseku A, budovanom prevažne ílovcami a siltovcami porubského a mráznického súvrstvia, odporúčame aplikovať nasledovné opatrenia:

- zabezpečenie stability klenby tunela vhodnými technickými a technologickými opatreniami (mikropilótový dáždnik), najmä v priportálovom úseku a v zónach s výrazným tektonickým porušením;
- zabezpečenie stability portálovej steny a svahov zárezu stavebnej jamy;
- zredukovanie prítokov podzemnej vody do tunelovej rúry pomocou vhodných technických opatrení – vytvorenie vhodnej hydroizolácie. V prípade požiadaviek na minimalizáciu drenážnych účinkov tunela na horninový masív je potrebné aplikovať v miestach sústredených prítokov podzemnej vody tesniace opatrenia vo forme chemickej injektáže;
- V priportálovom úseku realizovať úpravu povrchových vodných tokov do dláždených korýt resp. selektívne zachytenie vystupujúcich prameňov a ich zvedenie do recipientu mimo portálovú oblasť;
- zabezpečiť drenáž portálovej steny pomocou vejáru odvodňovacích vrtov, vo vrchnej časti aj formou drenážno-stabilizačných rebier;
- vzhľadom na očakávané časté tektonické porušenie odporúčame stabilizovať aj čelbu tunela pomocou horninového piliera alebo kotiev, prípadne je možné čelbu členiť.

Tabuľka 17 Prehľad charakteristík inžinierskogeologických typov pre úsek A

Prevádajúci inžinierskogeologický typ	RQD (%)	vzdialenosť puklín (mm)	otvorenosť (mm)	výplň	UCS (MPa)	prevládajúci tvar blokov	veľkosť blokov (mm)
In > Itp + Vtp	30 – 60	100 – 400	0 – 1	povlaky	5 – 50	Ta, Eq, Po	100 – 400
Itp > In + Vn	0 – 30	10 – 60	1 – 5	tekt. íl	0,5 – 10	Ta, Po	10 – 100
Vn > In	60 – 1000	200 – 600	0 – 2	povlaky	50 – 100	Ta, Po	200 – 600

V zmysle RMR možno v kvázihomogénnych celkoch v úseku A hodnotiť horninový masív na cca 60% svojej dĺžky prevažne triedou IV, ako zlý, charakterizovaný ÖNORM B2203 prevažne triedou B2 (sčasti B1 v kvalitnejších menej porušených úsekoch), s vystrojovacou triedou NRTM 3.

Pretváranie výrubu v predmetnom – silno tlačivom horninovom prostredí je nutné očakávať po celom obvode vrátane oblasti pod niveletou tunela. Priebeh deformácií v silne porušených až rozložených ílovcoch a brekciách za prítomnosti vody môžu mať rýchly nástup a následne dlhodobejšie plastické vyznievanie.

Porušené zóny budú predstavovať cca 40% z celkovej dĺžky úsekov typu A. Možno ich hodnotiť ako úseky so zníženou kvalitou horninového prostredia, sprevádzanou degradáciou geotechnických parametrov pri kontakte s vodou, resp. sufóziou rozložených ílovcov a brekcií charakteru ílovitých zemín. V zmysle RMR je toto zníženie kvality hodnotené triedou V ako

veľmi zlé, charakterizované ÖNORM B2203 triedou B3 – C3, s vystrojovacou triedou NRTM 4 až 5a, pričom podľa SIA 198 hodnotenie vystrojenia predstavuje triedu V - VI. Na zabezpečenie veľkých deformácií v takomto horninovom masíve bude potrebné použiť vhodnú poddajnú výstroj s aplikáciou uzavretého prierezu.

2.2.6.2 Úsek B v km 3,643 až 5,518

Tunel bude prechádzať horninami mráznického, lučivnianskeho a osnického súvrstvia. Z hľadiska litológie ide prevažne o slienité vápence až slieňovce, resp. ílovce s rôznymi vzájomnými prechodmi. V flyšovom mráznickom súvrství sa v dominantnom komplexe ílovcov a siltovcov nachádzajú lamíny až dosky pieskovcov, na báze tohto súvrstvia i polohy vápencov. V osnickom súvrství s pribúdaním vápnitej zložky sú viac zastúpené slieňovce a vápence. Presné hranice jednotlivých súvrství len na základe vrtných prác nebolo možné na stanoviť vzhľadom na pomerne riedko rozmiestnené prieskumné vrty a absenciu banského prieskumného diela s podrobnou geologickou dokumentáciou. Do tohto úseku však možno priradiť i už vyrazenú časť tunela Čebrať od východného portálu.

Orientáciu vrstevnatosti bola overená mapovaním na odkryvoch v teréne, najmä jeho vápencových členoch. Čiastočne sa podarilo overiť vrstevnatosť v prieskumných vrtoch pomocou karotážneho zariadenia – vrtného skenera s možnosťou interpretácie orientácie geologických štruktúr voči magnetickému severu.

Rozčlenenie tohoto úseku tunela na kvázihomogénne dielčie bloky bolo možné vzhľadom na hustotu prieskumných vrtov realizovať len na základe geofyzikálnych meraní a morfologickej analýzy.

V úseku od km 3,643 po 3,925 (Blok 7) bude tunel razený v prostredí porubského a mráznického súvrstvia s prevládajúcim zastúpením ílovcov a siltovcov, pričom postupne bude pribúdať vápencových polôh mráznického resp. možno už osnického súvrstvia. Kvázihomogénny blok je ohraničený výraznými zlomovými pásmami. Nadložie tunela bude dosahovať 170 – 215 m. Tento úsek bol overeným najbližšími vrtmi NT-14 a NT-15, mapovacími prácami a geofyzikálnymi meraniami.

Generálny sklon vrstevnatosti v tomto úseku je cca 15 – 35° smerom na severovýchod, po prechode cez zlomové pásmo sa orientácia vrstevnatosti zmení na západ až severozápad. V rámci zlomových porúch a ich bezprostrednom okolí môže byť vrstevnatosť až vztýčená (zrotované bloky hornín resp. vyvlečené vrstvy).

Hodnotený úsek tunela vedie horninovým masívom, ktorý predstavuje tektonickými zlomovými líniami ohraničený kvázihomogénny blok hornín. V teréne je tento blok vyčlenený výrazným lokálnym hrebienkom SZ-JV smeru, ktorý vybieha z južných svahov kóty Veterný vrch (862,6 m n.m.). Horninový blok je ohraničený výraznými tektonickými líniami smeru SSZ-JJV a systémom SSV-JJZ. Samotný masív mimo zlomových zón je pomerne kompaktný a homogénny, tvorený prevažne slieňovcami a vápencami. V zlomoch má hornina charakter tektonických brekcií s plávajúcimi úlomkami karbonátov, pričom ich možno považovať za tvrdé ílové zeminy, obsahujúce lístočkovité vyhladené šupinky ílovca až tvrdého ílu. Tektonizované zeminy sú extrémne citlivé na styk s vodou. Okrem medzivrstevnej tektoniky budú charakteristické zlomové poruchy doplnené i charakteristickými puklinovými systémami. Pukliny a vrstevné plochy sú v ílovcovom komplexe všeobecne pomerne zopnuté (okrem zón tektonického porušenia), rovné až mierne zvlnené a hladké prípadne v blízkosti zlomových porúch vyhladené (lesklé). V slieňovcových a vápencových členoch súvrstvia sú plochy diskontinuít prevažne zvlnené a hladké (potiahnuté vyvalcovaným ílovcom vo forme lesklých šupiniek tvrdého ílu). Vďaka gravitačnému rozvoľňovaniu masívu sa môžu objavovať otvorené

pukliny bez výplne, ktoré sú rovné až stupňovité, drsné. V tektonických poruchách budú plochy porušenia prevažne vyhladené a lesklé, zvlnené až rovné, často s ílovou výplňou pevného lístočkovitého ílu. Hustota puklín dosahuje v tektonicky porušených zónach 10 – 200 mm, v pevnejších zdravých zónach je hustota 200 – 1000 mm prípadne viac.

Horniny sú v tektonických poruchách detailne prevrásnené a charakteru brekcie – šupinkovitého ílu (vyhladené lístočkovité lesklé úlomky ílovca) s plávajúcimi pevnejšími úlomkami. Pevnosť je prevažne nízka až veľmi nízka (R4 -R5, resp. až charakter zemiíny triedy G5/GC). V okolí týchto zón je hornina tiež porušená najmä medzivrstevnou tektonikou, ktorá sa prejavuje lesklými vyhladenými šmykovými plochami v smere plôch vrstevnatosti. Mimo tektonických porúch (zlomov) a tektonizovaných zón je hornina zdravá, prevažne málo porušená, pomerne kompaktná, pričom ílovce sú zväčša strednej pevnosti (R3), vápence vysokej až veľmi vysokej pevnosti (R2 – R1). Horninový masív v tomto úseku je reprezentovaný nasledovnými inžinierskogeologickými typmi:

In – ílovec zdravý až navetraný;
Itp – ílovec tektonicky porušený;
Sn – siltovec zdravý až navetraný;
Stp – siltovec tektonicky porušený;
Vn – vápenec slienitýzdravý až navetraný;
Vn – vápenec slienitý tektonicky porušený.

Dominantným horninovým typom v tomto úseku budú už pravdepodobne slienité vápence a slieňovce v prevahe nad ílovcamia siltovcami. Je potrebné upozorniť, že najmä ílovcové členy súvrstvia sú extrémne citlivé na styk s vodou. Ílovce sú prevažne doskovité až lavicovité, miestami masívne, v tektonizovaných zónach tenkodoskovité až laminované. Vápence a slieňovce sú prevažde lavicovité až hrubolavicovité, prípadne doskovité. Rozpadajú sa na tabulárne bloky veľkosti 10 – 60 cm, v homogénnejších menej rozpukqaných partiách na bloky nad 1 m. Naopak, v tektonických poruchách sú drobnolístočkovitého charakteru až drobnoúlomkovitého charakteru.

Geotechnické parametre boli odvodené na základe analógie s predchádzajúcimi úsekmi tunela resp. otestované dialtometrickými skúškami in-situ vo vrte NT-15 a tiež laboratórnymi prácami.Vo vrte NT-15 boli v oblasti tunelovej rúry zastihnuté najmä tektonicky porušené úlomkovité horniny až horniny charakteru brekcie (zeminy). Z hľadiska geotechnických parametrov najviac zastúpené tektonicky porušené a úlomkovité siltovce až ílovce, ktoré počas skúšok dosahovali moduly pretvárnosti v rozsahu**E_{def} = 25 – 698MPa**, v priemere **E_{def} = 271 MPa** pri priemernom obore zaťaženia 8 – 20 MPa. Pevnejšie menej porušené horniny s vyšším podielom vápencov dosahovali **E_{def} = 1278 – 8529MPa**.Pevnosť horniny testovaná pomocou skúšok Point Load Test preukázala anizotropiu podľa smeru zaťaženia. V smere kolmom na vrstevnatosť je pevnosť zdravých ílovcov aj siltovcov prevažne stredná (R3), v smere paralelnom s plochami vrstevnatosti má hornina nízku pevnosť (R4). Vápencové a slieňovcové člrny dosahovali vysokú až veľmi vysokú pevnosť. (R2 - R1).

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek komplikované prostredie, kde tunelová rúra prechádza niekoľkými výraznými tektonickými zlomovými líniami generálne severojužného smeru (SZ-JV až SV-JZ), ktoré budú predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody. Napriek relatívnej tesnosti ílovcového prostredia ako celku, možno očakávať prítoky podzemnej vody z úlomkovitých partií masívu (tektonických zón). Vzhľadom na gravitačnú tektoniku na okraji údolia Váhu možno tiež očakávať výskyt otvorených ťahových puklín, ktoré môžu tiež predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody.

Podzemná voda z vrtu TK-01 podľa svojho chemického zloženia nemala agresívne účinky na betón - symbol X0 a tvorí prostredie s veľmi nízkou agresivitou pre kovové materiály so stupňom I.

Podľa obsahu CO_2 agresívneho na $CaCO_3$ vo vzorke podzemnej vody z vrtu TK-02 (CO_2 = 16,85 mg.l^{-1}), tvorí podzemná voda kvapalné prostredie so zvýšenou agresivitou na betón uložený v pôde a vode so symbolom XA1 a pre prítomnosť agresívnej formy oxidu uhličitého na železo (CO_2 = 31,71 mg.l^{-1}) predstavujú kvapalné prostredie s veľmi vysokou agresivitou na oceľ uloženú v pôde a vode so stupňom IV. Pre ochranu železných materiálov je odporúčaná zosilnená izolácia na zachovanie ich pasivity. Treba podotknúť, **že zvýšené obsahy agresívneho CO_2 vo vode z vrtu TK-02 mohli byť spôsobené výplachom, keďže vzorky vôd boli odobraté tesne po dovŕtaní vrtov**, preto odporúčame **zopakovať odber podzemných** vôd z predmetných vrtov v prípadnej ďalšej etape prieskumu.

V úseku od km 3,925 po 5,145 (Blok 8) bude tunel razený v prostredí osnického súvrstvia s prevládajúcim zastúpením slienitých vápencov a slieňovcov nad ílovcami. Kvázihomogénny blok je ohraničený výraznými zlomovými pásmami na začiatku a na konci úseku, pričom niekoľko výraznejších zlomových línií bude zastihnutých i v rámci tohto kvázihomnogénneho celku. Nadložie tunela bude dosahovať 180 – 310 m. Tento úsek bol overeným prieskumnýmivrtmi NT-15 až NT-17 a NT-30, mapovacími prácami a geofyzikálnymi meraniami.

Generálny sklon vrstevnatosti v tomto úseku je ťažko jednoznačne hodnotiť. Azimut sklonu varíruje vo vertikálnom i horizontálnom smere, pričom sklon je mierny cca 15 – 30°, mietami dokonca horizontálny. V vrtoch NT-15 a NT-30 bola identifikovaná v úrovni tunelovej rúry orientácia na S až SZ, vo vrte NT-16 a NT-17 nebolo možné štruktúry overiť až v úrovni tunelovej rúry. Vo vertikálnom smere však dochádza k rotovaniu azimutu vrstevnatosti na SV i JZ. V rámci zlomových porúch a ich bezprostrednom okolí môže byť vrstevnatosť až vztýčená (zrotované bloky hornín resp. vyvlečené vrstvy).

Hodnotený úsek tunela vedie v prvej polovici horninovým masívom popod široké terénne sedlo medzi výraznými kótami Čebraťˇ (1054,2 m n.m.) a Radičiná (1127,2 m n.m.). Predpokladáme, že sedlo vzniklo erózno-denudačnými procesmi vďaka primárnemu oslabeniu pôvodných hornín zlomovou tektonikou, ktorá bude zastihnutá i v úrovni tunelových rúr. Druhá polovica trasy hodnoteného úseku vedie popod severné svahu kóty Čebraťˇ.Kvázihomogénny blok je ohraničený výraznými tektonickými líniami smeru SZ-JV a smeru SV-JZ. V rámci celého úseku sa tieto dva systémy zlomov niekoľkokrát opakujú, hrúbka porušených zón je veľmi variabilná – od niekoľko dm po niekoľko m. Samotný masív mimo zlomových zón je pomerne kompaktný a homogénny, tvorený prevažne slieňovcami a vápencami mráznického a sonického súvrstvia.V zlomoch má hornina charakter tektonických brekcií s úlomkami karbonátov, ktoré plávajú v tektonickom íle, pričom ich možno považovať za tvrdé ílové zeminy, obsahujúce lístočkovité vyhladené šupinky ílovca až tvrdého ílu. Tektonickébrekcie sú extrémne citlivé na styk s vodou. Okrem medzivrstevnej tektoniky budú charakteristické zlomové poruchy doplnené i charakteristickými puklinovými systémami. Pukliny a vrstevné plochy sú v ílovcovom komplexe všeobecne pomerne zopnuté (okrem zón tektonického porušenia), rovné až mierne zvlnené a hladké prípadne v blízkosti zlomových porúch vyhladené (lesklé).V slieňovcových a vápencových členoch súvrstvia sú plochy diskontinuít prevažne zvlnené a hladké (potiahnuté vyvalcovaným ílovcom vo forme lesklých šupiniek tvrdého ílu). Vďaka gravitačnému rozvoľňovaniu masívu sa môžu objavovať otvorené pukliny bez výplne alebo s výplňou kalcitu, ktoré sú rovné až stupňovité, drsné. V tektonických poruchách budú plochy porušenia prevažne vyhladené a lesklé, zvlnené až rovné, často s ílovou výplňou

pevného lístočkovitého ílu. Hustota puklín dosahuje v tektonicky porušených zónach 10 – 200 mm, v pevnejších zdravých zónach je hustota 200 – 1000 mm prípadne viac.Horninový masív v tomto úseku je reprezentovaný nasledovnými inžinierskogeologickými typmi:

In – ílovec zdravý až navetraný;
Itp – ílovec tektonicky porušený;
Sn – siltovec zdravý až navetraný;
Stp – siltovec tektonicky porušený;
Vn – vápenec slienitý zdravý až navetraný;
Vn – vápenec slienitý tektonicky porušený.

Dominantným horninovým typom v tomto úseku budú už pravdepodobne slienité vápence a slieňovce v prevahe nad ílovcamia a siltovcami. Je potrebné upozorniť, že najmä ílovcové členy súvrstvia sú citlivé na styk s vodou. Ílovce sú prevažne doskovité až lavicovité, miestami masívne, v tektonizovaných zónach tenkodoskovité až laminované. Vápence a slieňovce sú prevažde lavicovité až hrubolavicovité, prípadne doskovité. Rozpadajú sa na tabulárne bloky veľkosti 10 – 60 cm, v homogénnejších menej rozpukqaných partiách na bloky nad 1 m. Naopak, v tektonických poruchách sú drobnolístočkovitého charakteru až drobnoúlomkovitého charakteru.

Geotechnické parametre boli odvodené na základe analógie s predchádzajúcimi úsekmi tunela resp. otestované dialtometrickými skúškami in-situ vo vrtoch NT-15, NT-16 a NT-30 a tiež laboratórnymi prácami.Vo vrte NT-15 boli v oblasti tunelovej rúry zastihnuté najmä tektonicky porušené úlomkovité horniny až horniny charakteru brekcie (zeminy), naopak, vo vrtoch NT-16, NT-17 a NT-30 sa v úrovni tunelových rúr nachádzali kompaktné málo porušené horniny.

Z hľadiska geotechnických parametrov najviac zastúpené zdravé resp. navetrané slienité kalové vápence, ktoré dosahujú vysokú až veľmi vysokú pevnosť (R2 – R1). Menej zastúpené ílovce majú pevnosť strednú až nízku (R3 – R4). Na základe vyhodnotenia dilatometrických skúšok tieto kompaktné a pevné horniny doahujú moduly pretvárnosti v rozsahu**E_{def} = 25 – 698MPa**, v priemere **E_{def} = 271 MPa** pri priemernom obore zaťaženia 8 – 20 MPa. V tektonicky porušených zlomových zónach budú horniny detailne prevrásnené a charakteru brekcie – šupinkovitého ílu (vyhladené lístočkovité lesklé úlomky ílovca) s plávajúcimi pevnejšími úlomkami. Pevnosť je prevažne nízka až veľmi nízka (R4 - R5, resp. až charakter zemiíny triedy G5/GC). V okolí týchto zón je hornina tiež porušená najmä medzivrstevnou tektonikou, ktorá sa prejavuje lesklými vyhladenými šmykovými plochami v smere plôch vrstevnatosti.Na základe dilatometrických skúšok realizovaných vo vrte NT-15 v prostredí porušených hornín možno povedať, že rozsah modulov deformácie bude **E_{def} = 1278 – 8529MPa**, v priemere priemere **E_{def} = 271 MPa**, pri priemernom obore zaťaženia v rozsahu XXX.

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek komplikované prostredie, kde tunelová rúra prechádza niekoľkými výraznými tektonickými zlomovými líniami generálne severojužného smeru (SZ-JV až SV-JZ), ktoré budú predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody. Napriek relatívnej tesnosti ílovcového prostredia ako celku, možno očakávať prítoky podzemnej vody z úlomkovitých partií masívu (tektonických zón). Vzhľadom na gravitačnú tektoniku na okraji údolia Váhu možno tiež očakávať výskyt otvorených ťahových puklín, ktoré môžu tiež predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody.

Podzemná voda z vrtu TK-01 podľa svojho chemického zloženia nemala agresívne účinky na betón - symbol X0 a tvorí prostredie s veľmi nízkou agresivitou pre kovové materiály so stupňom I.

Podľa obsahu CO_2 agresívneho na $CaCO_3$ vo vzorke podzemnej vody z vrtu TK-02 (CO_2 = 16,85 mg.l^{-1}), tvorí podzemná voda kvapalné prostredie so zvýšenou agresivitou na betón uložený v pôde a vode so symbolom XA1 a pre prítomnosť agresívnej formy oxidu uhličitého na železo (CO_2 = 31,71 mg.l^{-1}) predstavujú kvapalné prostredie s veľmi vysokou agresivitou na oceľ uloženú v pôde a vode so stupňom IV. Pre ochranu železných materiálov je odporúčaná zosilnená izolácia na zachovanie ich pasivity. Treba podotknúť, **že zvýšené obsahy agresívneho CO_2 vo vode z vrtu TK-02 mohli byť spôsobené výplachom, keďže vzorky vôd boli odobraté tesne po dovŕtaní vrtov**, preto odporúčame **zopakovať odber podzemných** vôd z predmetných vrtov v prípadnej ďalšej etape prieskumu.

V úseku od km 5,145 po cca 5,195 (Blok 9) bude tunel razený v prostredí silno tektonicky porušených hornín pravdepodobne osnického súvrstvia s prevládajúcim zastúpením slienitých kalových vápencov a slieňovcov nad ílovcami. Kvázihomogénny blok je ohraničený výraznými zlomovými pásmami na začiatku aj na konci úseku, pričom predpokladáme, že vzhľadom na blízkosť jednotlivých zlomových línií budú horniny aj medzi týmito poruchami značne tektonicky porušené. Nadložie tunela bude dosahovať 140 – 175 m. Tento úsek bol overeným len mapovacími prácami a geofyzikálnymi meraniami, bez priameho prieskumného diela. Túto skutočnosť je potrebné brať do úvahy pri návrhu postupu prác počas razenia tunela.

Generálny sklon vrstevnatosti v tomto úseku je ťažko jednoznačne hodnotiť, vzhľadom na absenciu priameho prieskumného diela alebo odkryvu. Na základe analógie s prostredím v už vyrazenej časti tunela čebrať však predpokladáme prevažne mierny sklon k severu, prípadne hákovanie (vyvlečenie) a vztýčenie vrstev priamo v zlomovej zóne.

Tektonické porušenie horninového masívu zlomovými poruchami sa prejauje v teréne odseparovaním rozľahlého bloku hornín chočského príkrovu na východných svahoch kóty Čebrať (1054,2 m n.m.) za vzniku terénnej depresie medzi týmto blokom a samotným masívom Čebrate.Očakávame, že depresia bude vyplnená silno porušeným a rozvoľneným horninovým materiálom, ktorý umožňuje rýchlu infiltráciu zrážok do podzemia, pričom je predpoklad, že zlomová štruktúra v bloku hornín choča priamo pokračuje aj v podložných horninách krížňanského príkrovu a umožňuje tak prienik podzemnej vody do hlbších partií masívu. Zlomové poruchy identifikované nepriamo z geofyzikálnych meraní budú mať pravdepodobne smer SZ-JV resp. smer S-J, pričom pôjde o systém niekoľkých paralelných plôch s rozličnou hrúbkou. V zlomoch má hornina charakter tektonických brekcií s úlomkami karbonátov, ktoré plávajú v tektonickom íle, pričom ich možno považovať za tvrdé ílové zeminy, obsahujúce lístočkovité vyhladené šupinky ílovca až tvrdého ílu. Tektonické brekcie sú extrémne citlivé na styk s vodou. Pokiaľ bude zlomová porucha v prostredí vápencov, bude mať charakter pevných zaklinených alebo rozvoľnených úlomkov s piesčitou výplňou alebo bez výplne. Zlomové poruchy sprevádzajú aj charakteristické puklinové systémy. Pukliny a vrstevné plochy predpokladáme v tomto úseku hladké až vyhladené, zvlnené až rovné, v miestach s dominanciou ílovca aj s ílovými povlakmi. Vďaka gravitačnému rozvoľňovaniu masívu sa môžu objavovať otvorené pukliny bez výplne alebo s výplňou kalcitu, ktoré sú rovné až stupňovité, drsné. Hustota puklín dosahuje v tektonicky porušených zónach 10 – 100 mm, v pevnejších zdravých zónach je hustota 200 – 500 mm prípadne viac. Horninový masív v tomto úseku je reprezentovaný nasledovnými inžinierskogeologickými typmi:

In – ílovec zdravý až navetraný;
Itp – ílovec tektonicky porušený;
Sn – siltovec zdravý až navetraný;
Stp – siltovec tektonicky porušený;
Vn – vápenec slienitý zdravý až navetraný;

Vn – vápenec slienitý tektonicky porušený.

Dominantným horninovým typom v tomto úseku budú už pravdepodobne tektonicky porušené a rozpukané slienité vápence a slieňovce v prevahe nad ílovcami a siltovcami. Je potrebné upozorniť, že najmä ílovcové členy súvrstvia sú citlivé na styk s vodou. Tektonicky porušené ílovce sú prevažne tenkodoskovité až laminované, brekciovitého charakteru. Tektonicky porušené vápence a slieňovce sú prevažne tenkodoskovité až doskovité. Rozpadajú sa na tabulárne bloky veľkosti 10 – 40 cm, v homogénnejších menej rozpukaných partiách na bloky nad 1 m.

Geotechnické parametre boli odvodené na základe analógie s predchádzajúcimi úsekmi tunela resp. otestované dialtometrickými skúškami in-situ vo vrtoch v širšom okolí a tiež laboratórnymi prácami.

Z hľadiska geotechnických parametrov najviac zastúpené zdravé resp. navetrané slienité kalové vápence, ktoré dosahujú vysokú až veľmi vysokú pevnosť (R2 – R1). Menej zastúpené ílovce majú pevnosť strednú až nízku (R3 – R4). Na základe vyhodnotenia dilatometrických skúšok tieto kompaktné a pevné horniny doahujú moduly pretvárnosti v rozsahu**E_{def} = 25 – 698MPa**, v priemere **E_{def} = 271 MPa** pri priemernom obore zaťaženia 8 – 20 MPa. V tektonicky porušených zlomových zónach budú horniny detailne prevrásnené a charakteru brekcie – šupinkovitého ílu (vyhladené lístočkovité lesklé úlomky ílovca) s plávajúcimi pevnejšími úlomkami. Pevnosť je prevažne nízka až veľmi nízka (R4 - R5, resp. až charakter zemiíny triedy G5/GC). V okolí týchto zón je hornina tiež porušená najmä medzivrstevnou tektonikou, ktorá sa prejavuje lesklými vyhladenými šmykovými plochami v smere plôch vrstevnatosti. Na základe dilatometrických skúšok realizovaných vo vrte NT-15 v prostredí porušených hornín možno povedať, že rozsah modulov deformácie bude **E_{def} = 1278 – 8529MPa**, v priemere priemere **E_{def} = 271 MPa**, pri priemernom obore zaťaženia v rozsahu XXX.

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek komplikované prostredie, kde tunelová rúra prechádza niekoľkými výraznými tektonickými zlomovými líniami generálne severojužného smeru (SZ-JV až SV-JZ), ktoré budú predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody. Napriek relatívnej tesnosti ílovcového prostredia ako celku, možno očakávať prítoky podzemnej vody z úlomkovitých partií masívu (tektonických zón). Vzhľadom na gravitačnú tektoniku na okraji údolia Váhu možno tiež očakávať výskyt otvorených ťahových puklín, ktoré môžu tiež predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody.

Podzemná voda z vrtu TK-01 podľa svojho chemického zloženia nemala agresívne účinky na betón - symbol X0 a tvorí prostredie s veľmi nízkou agresivitou pre kovové materiály so stupňom I.

Podľa obsahu CO_2 agresívneho na $CaCO_3$ vo vzorke podzemnej vody z vrtu TK-02 (CO_2 = 16,85 mg.l^{-1}), tvorí podzemná voda kvapalné prostredie so zvýšenou agresivitou na betón uložený v pôde a vode so symbolom XA1 a pre prítomnosť agresívnej formy oxidu uhličitého na železo (CO_2 = 31,71 mg.l^{-1}) predstavujú kvapalné prostredie s veľmi vysokou agresivitou na oceľ uloženú v pôde a vode so stupňom IV. Pre ochranu železných materiálov je odporúčaná zosilnená izolácia na zachovanie ich pasivity. Treba podotknúť, **že zvýšené obsahy agresívneho CO_2 vo vode z vrtu TK-02 mohli byť spôsobené výplachom, keďže vzorky vôd boli odobraté tesne po dovŕtaní vrtov**, preto odporúčame **zopakovať odber podzemných** vôd z predmetných vrtov v prípadnej ďalšej etape prieskumu.

V úseku od km 5,195 po 5,518 (Blok 10) bude tunel razený v prostredí osnického a čiastočne mráznického súvrstvia s prevládajúcim zastúpením slienitých kalových vápencov a

slieňovcov nad ílovcami. Kvázihomogénny blok je ohraničený výraznými zlomovým pásmom na západnej strane a čelbou už vyrazenej časti tunela čebrať na východnej strane. V rámci úseku predpokladáme križovanie niekoľkých zlomových porúch nižšieho rádu. Nadložie tunela bude dosahovať 65 – 145 m. Tento úsek bol overeným archívnymi prieskumnými vrtmi JV-1 a JV-2, mapovacími prácami a archívnymi geofyzikálnymi meraniami geofyzikálnymi meraniami.

Generálny sklon vrstevnatosti v tomto úseku je ťažko jednoznačne hodnotiť, pretože v archívnych vrtoch neboli realizované merania orientácie štruktúr. Predpokladáme však, že podobne ako na čelbe v už vyrazenom úseku tunela Čebrať bude súvrstvie generálne sklonené k severu. Sklon vrstiev je mierny 15 – 30°. V rámci zlomových porúch a ich bezprostrednom okolí môže byť vrstevnatosť až vztýčená (zrotované bloky hornín resp. vyvlečené vrstvy).

Hodnotený úsek tunela vedie popod východné svahy kóty Čebrať (1054,2 m n.m.), ktoré sú poznačené gravitačnou poklesovou tektonikou a rozvoľňovaním horninového masívu smerom do výrazného údolia Likavky. Predpokladáme, že hlavné zlomové línie budú paralelné so smerom tohto údolia, tj. hlavný smer cca SZ-JV, ktoré budú doplňané prečnym smerom približne Z-V resp. JZ-SV. V rámci celého úseku sa tieto dva systémy zlomov niekoľkokrát opakujú,pričom hrúbka porušených zón je veľmi variabilná – od niekoľko dm po niekoľko m. Samotný masív mimo zlomových zón je pomerne kompaktný a homogénny, tvorený prevažne slieňovcami a vápencami mráznického a osnického súvrstvia. V zlomoch má hornina charakter tektonických brekcií s úlomkami karbonátov, ktoré plávajú v tektonickom íle, pričom ich možno považovať za tvrdé ílové zeminy, obsahujúce lístočkovité vyhladené šupinky ílovca až tvrdého ílu. Tektonické brekcie sú extrémne citlivé na styk s vodou. Okrem medzivrstevnej tektoniky budú charakteristické zlomové poruchy doplnené i charakteristickými puklinovými systémami. Pukliny a vrstevné plochy sú v ílovcovom komplexe všeobecne pomerne zopnuté (okrem zón tektonického porušenia), rovné až mierne zvlnené a hladké prípadne v blízkosti zlomových porúch vyhladené (lesklé). V slieňovcových a vápencových členoch súvrstvia sú plochy diskontinuít prevažne zvlnené a hladké (potiahnuté vyvalcovaným ílovcom vo forme lesklých šupiniek tvrdého ílu). Vďaka gravitačnému rozvoľňovaniu masívu sa môžu objavovať otvorené pukliny bez výplne alebo s výplňou kalcitu, ktoré sú rovné až stupňovité, drsné. V tektonických poruchách budú plochy porušenia prevažne vyhladené a lesklé, zvlnené až rovné, často s ílovou výplňou pevného lístočkovitého ílu. Hustota puklín dosahuje v tektonicky porušených zónach 10 – 200 mm, v pevnejších zdravých zónach je hustota 200 – 1000 mm prípadne viac. Horninový masív v tomto úseku je reprezentovaný nasledovnými inžinierskogeologickými typmi:

In – ílovec zdravý až navetraný;
Itp – ílovec tektonicky porušený;
Sn – siltovec zdravý až navetraný;
Stp – siltovec tektonicky porušený;
Vn – vápenec slienitý zdravý až navetraný;
Vn – vápenec slienitý tektonicky porušený.

Dominantným horninovým typom v tomto úseku budú pravdepodobne slienité vápence a slieňovce v prevahe nad ílovcamia a siltovcami. Je potrebné upozorniť, že najmä ílovcové členy súvrstvia sú citlivé na styk s vodou. Ílovce sú prevažne doskovité až lavicovité, miestami masívne, v tektonizovaných zónach tenkodoskovité až laminované. Vápence a slieňovce sú prevažde lavicovité až hrubolavicovité, prípadne doskovité. Rozpadajú sa na tabulárne bloky veľkosti 10 – 60 cm, v homogénnejších menej rozpukaných partiách na bloky nad 1 m. Naopak, v tektonických poruchách sú drobnolístočkovitého charakteru až drobnoúlomkovitého charakteru.

Geotechnické parametre možno odvodiť len na základe analógie s predchádzajúcimi

úsekmi tunela resp. na základe archívnych laboratórnych a geotechnických skúšok. Z hľadiska geotechnických parametrov najviac zastúpené zdravé resp. navetrané slienité kalové vápence, ktoré dosahujú vysokú až veľmi vysokú pevnosť (R2 – R1). Menej zastúpené ílovce majú pevnosť strednú až nízku (R3 – R4). Na základe vyhodnotenia archívych dilatometrických skúšok v horizontálnom vrte VST-02, ktorý bol realizovaný z čelby severnej tunelovej rúry, tieto kompaktné a pevné horniny dosahujú moduly pretvárnosti v rozsahu**E_{def} = 3476 – 6287MPa**, v priemere **E_{def} = 4376 MPa** pri priemernom obore zaťaženia 2 – 20 MPa. Presiometrické skúšky, ktoré sa realizovali v tom istom vrte, otestovali hodnotu modulov deformácie v rosahu**E_{def} = 1698 – 2665MPa**, v priemere priemere **E_{def} = 2047 MPa**, pri priemernom obore zaťaženia v rozsahu 1 – 4 MPa.

Obrázok 12 Pohľad na čelbu tunela v prostredí slienitých vápencov s preplástkami ílovcov

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek komplikované prostredie, kde tunelová rúra prechádza niekoľkými výraznými tektonickými zlomovými líniami generálne severojužného smeru (SZ-JV až SV-JZ), ktoré budú predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody. Napriek relatívnej tesnosti ílovcového prostredia ako celku, možno očakávať prítoky podzemnej vody z úlomkovitých partií masívu (tektonických zón). Vzhľadom na gravitačnú tektoniku na okraji údolia Váhu možno tiež očakávať výskyt otvorených ťahových puklín, ktoré môžu tiež predstavovať privilegované cesty prúdenia podzemnej vody.

Podzemná voda z vrtu TK-01 podľa svojho chemického zloženia nemala agresívne účinky na betón - symbol X0 a tvorí prostredie s veľmi nízkou agresivitou pre kovové materiály so stupňom I.

Podľa obsahu CO_2 agresívneho na $CaCO_3$ vo vzorke podzemnej vody z vrtu TK-02 (CO_2 = 16,85 mg.l^{-1}), tvorí podzemná voda kvapalné prostredie so zvýšenou agresivitou na betón uložený v pôde a vode so symbolom XA1 a pre prítomnosť agresívnej formy oxidu uhličitého na železo (CO_2 = 31,71 mg.l^{-1}) predstavujú kvapalné prostredie s veľmi vysokou agresivitou na oceľ uloženú v pôde a vode so stupňom IV. Pre ochranu železných materiálov je odporúčaná zosilnená izolácia na zachovanie ich pasivity. Treba podotknúť, **že zvýšené obsahy agresívneho CO_2 vo vode z vrtu TK-02 mohli byť spôsobené výplachom, keďže**

vzorky vôd boli odobraté tesne po dovŕtaní vrtov, preto odporúčame **zopakovať odber podzemných** vôd z predmetných vrtov v prípadnej ďalšej etape prieskumu.

Hlavným **geologickým rizikom v celom vyčlenenom úseku B** je nestabilita klenby, stien a čelby tunela v úsekoch s výraznejším tektonickým porušením resp. rozpukaním, heterogenita vlastností litologických typov hornín (vápence, pieskovce a siltovce versus ílovce) a vysoká citlivosť tektonicky porušených ílovocvých hornín na styk s vodou.

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek komplikované prostredie, kde možno očakávať aj plošné priesaky podzemnej vody z vápencových polôh (pokiaľ budú rozpukané), opričom priepustnosť bude redukované výskytom nepriepustných vrstiev ílovca a slieňovca medzi polohami vápencov. Výraznejšie prítoky možno očakávať z tektonicky porušených úlomkovitých zón. Vzhľadom na čiastočnú otvorenosť prostredia je piezometrická výška hladiny podzemnej vody v tomto úseku relatívne nízko.Očakávaný sumárny prítok podzemnej vody do tunelovej rúry z celého úseku Bpočas razenia je Q = 0,50 – 2,00 $l.s^{-1}$, pričom objem závisí najmä od intenzity zrážok v danej oblasti a na narazení na prípadný otvorený puklinový systém.

Celkovo možno rizikové faktory z hľadiska budovania tunela v úseku B v prostredí s prevahou vápencových a slieňovcových hornín krížňanského príkrovu (osnické a mráznické súvrstvie) charakterizovať nasledovne:

- degradácia geotechnických parametrov horniny až na úroveň zemín v dôsledku tektonického porušenianajmä v strmo uložených zlomových zónach a v zónach medzivrstevnej tektoniky;
- nestabilita klenby, čelby a stien v dôsledku rozvoľnenia masívu a tektonického porušenia horniny ako aj s ohľadom na možnosť vyklzávania klinov horniny po plochách diskontinuít, možnosť odlupovania platní horniny po vrstevných plochách vzhľadom na relatívne mierny úklon vrstiev;
- možnosť vypadávania veľkých blokov hornín z klenby;
- nízka hodnota šmykových parametrov na vrstevných plochách s častými povlakmi ílov;
- rozličná blokovitosť horniny;
- heterogenita vlastností horninového materiálu – striedanie kvalitnejšej a menej kvalitnej horniny;
- možnosť prítokov podzemnej vody po predisponovaných privilegovaných cestách a plošné prítoky.

Pre realizáciu tunela v úseku B, budovanom prevažne vápencami a slieňovcamiosnického a mráznického súvrstvia, odporúčame aplikovať nasledovné opatrenia:

- zabezpečenie stability klenby tunela v tektonicky porušených úsekoch vhodnými technickými a technologickými opatreniami (ihlovanie, kotvenie);
- zredukovanie prítokov podzemnej vody do tunelovej rúry pomocou vhodných technických opatrení – vytvorenie vhodnej hydroizolácie. V prípade požiadaviek na minimalizáciu drenážnych účinkov tunela na horninový masív je potrebné aplikovať v miestach sústredených prítokov podzemnej vody tesniace opatrenia vo forme chemickej injektáže.

Tabuľka 18 Prehľad charakteristík inžinierskogeologických typov pre úsek B

Prevádajúci inžinierskogeologický typ	RQD (%)	vzdialenosť puklín (mm)	otvorenosť (mm)	výplň	UCS (MPa)	prevládajúci tvar blokov	veľkosť blokov (mm)
Vn > In + Itp + Vtp	60 – 100	200 – 600	0 – 1	povlaky	50 – 120	Ta, Eq, Po	200 – 600
Vtp + Itp> In + Vn	20 – 40	20 – 100	0 – 2	Tekt. íl	5 – 25	Ta, Po	20 – 200

V zmysle RMR možno v kvázihomogénnych celkoch v úseku A hodnotiť horninový masív na cca 60% svojej dĺžky prevažne triedou IV, ako zlý, charakterizovaný ÖNORM B2203 prevažne triedou B2 (sčasti B1 v kvalitnejších menej porušených úsekoch), s vystrojovacou triedou NRTM 3.

Pretváranie výrubu v predmetnom – silno tlačivom horninovom prostredí je nutné očakávať po celom obvode vrátane oblasti pod niveletou tunela. Priebeh deformácií v silne porušených až rozložených ílovcoch a brekciách za prítomnosti vody môžu mať rýchly nástup a následne dlhodobejšie plastické vyznievanie.

Porušené zóny budú predstavovať cca 40% z celkovej dĺžky úsekov typu A. Možno ich hodnotiť ako úseky so zníženou kvalitou horninového prostredia, sprevádzanou degradáciou geotechnických parametrov pri kontakte s vodou, resp. sufóziou rozložených ílovcov a brekcií charakteru ílovitých zemín. V zmysle RMR je toto zníženie kvality hodnotené triedou V ako veľmi zlé, charakterizované ÖNORM B2203 triedou B3 – C3, s vystrojovacou triedou NRTM 4 až 5a, pričom podľa SIA 198 hodnotenie vystrojenia predstavuje triedu V - VI. Na zabezpečenie veľkých deformácií v takomto horninovom masíve bude potrebné použiť vhodnú poddajnú výstroj s aplikáciou uzavretého prierezu.

2.2.6.3 Účelové geotechnické zhodnotenie trasy tunela Čebrať

Podrobnejšie rozčlenenie horninového masívu, s uvedením jeho základných geotechnických charakteristík a hodnotenie podľa účelových geotechnických klasifikácií je spracované v pozdĺžnom inžinierskogeologickom reze pre tunel Čebrať (príloha 5.1). Pre účely hodnotenia bol vypracovaný profil severnou tunelovou rúrou, pričom predpokladáme, že geologicko-geotechnické a hydrogeologické podmienky sa v trase južnej tunelovej rúry dramaticky nemenia (dochádza k posunom jednotlivých porušených pásiem a vyčlenených kvázihomogénnych celkov v rámci staničenia). Upozorňujeme, že vstupné parametre účelových geotechnických klasifikácií boli zisťované iba z vrtných prác, dokumentácie skalných odkryvov a hodnotenia už vyrazených úsekov tunela Čebrať, resp. boli kvalifikovane odhadnuté pomocou výsledkov z prieskumov v analogickom horninovom prostredí.

Pre podrobnejšie a presnejšie hodnotenie horninového prostredia z hľadiska tunelárskych klasifikácií by bolo potrebné v trase tunela realizovať prieskumnú štôlňu. Z viacerých použitých účelových klasifikácií horninového prostredia sme upriamili pozornosť na klasifikáciu podľa Z.T.Bienawského (1973, 1979), ktorá je – pri využití výsledkov iba z prieskumných vrtov lepšie aplikovateľná a univerzálnejšia. Triedy hornín RMC boli zostavené podľa ratingového bodového ohodnotenia RMR, zohľadňujúceho: pevnosť v prostom tlaku σ_c, index kvality RQD, vzdialenosť a charakter diskontinuít, vplyv podzemnej vody a smer i úklon diskontinuít – hlavne vrstevnatosti k osi tunela a smeru razenia (upravený podľa T.E.Francisa, 1991). Okrem klasifikácie RMR hodnotíme masív i systémom QTS (Tesař, 1977) a systémom Q NGI (Barton et al., 1974). Zároveň pre úplnosť dopĺňame i klasifikáciu pre cyklické razenie ÖNORM B2203, t.j. normu, ktorá už nie je platná.

Na základe očakávaných geotechnických vlastností bola trasa tunela Čebrať rozčlenená na 2hlavné geotechnické kvázihomogénne úseky, ktoré sa ďalej členia na 10 kvázihomogénnych blokov. Prehľad charakteristických geotechnických vlastností oboch uvádzame v prehľadnej tabuľke 19.

Tabuľka 19 Prehľad vyčlenených úsekov tunela Čebrať

Kvázihomogénny úsek			A Bloky 1 - 6	B Bloky 7 - 10	Spolu
Tunel Kolombiarok	**Celková dĺžka**	[m]	1856	1593	3449
	Zastúpenie	[%]	53,8	46,2	100
	Objemová hmotnosť	ρ_n [g.cm^{-3}]	2,67–2,81/2,72 (2,67)	2,65–2,81/2,76 (2,65)	
	Pevnosť v prostom tlaku	σ [MPa]	23,1–53,0/37,0 (23,0)	49,0–106,0/76,0 (49,0)	
	Modul deformácie	E_{def} [MPa]	430–1090/673 (430)	488–2637/1342 (488)	
	Poissonovo číslo	ν [–]	0,17–0,25/0,20 (0,25)	0,14–0,20/0,18 (0,20)	
	Uhol vnútorného trenia	φ_{ef} [°]	34,0–46,0/40,0 (34,0)	42,0–52,0/47,0 (42,0)	
	Šmyk. pevn. pri nulovom norm. zaťaž.	$c_{ef} = \tau_0$ [kPa]	250–500/400 (250)	500–1000/750 (500)	
	RQD	–	20–80/55 (20)	30–100/80 (30)	
	QTS	–	67(53)	76,5(65)	
	RMR	–	49(33)	77(55)	
	Q NGI	–			
	NRTM	–	3(3)	2(3)	
	ÖNORM B 2203	–	A2–B1(B2)	A2(A2–B1)	

V nasledujúcich odsekoch uvádzame podrobnú charakteristiku jednotlivých úsekov.

Kvázihomogénny blok	začiatok staničenia (km)	koniec staničenia (km)	Dĺžka bloku (m)
Blok 1	213,404	213,599	195,00

Blok v priportálovej oblasti, kde možno očakávať v úvode razenia dosah zvetrávania ílovcov a siltovcov porubského súvrstvia. Charakteristický je tým, že pevnostné a deformačné parametre horninového masívu sú znížené hustejším rozpukaním a tektonickým porušením, ako aj zvetraním.

Predpokladané hustejšie rozpukanie a tektonické porušenie môže byť zdrojom prítokov podzemnej vody, pričom je predpoklad, že drenážnym účinkom v dlhodobejšom období bude masív vďaka svojej nízkej priepustnosti suchý.

Hlavným rizikom je nestabilita klenby, čelby a stien výrubu tunela hlavne v tektonicky porušených častiach masívu. Pri strednej priemernej hodnote RQD (55 %) je v zmysle RMR masív hodnotený ako uspokojivý, charakterizovaný podľa ÖNORM B2203 triedou A2 – B1, s vystrojovacou triedou NRTM 3.

Za predpokladu výrazných zrážok v miestach poruchovej zóny s väčšou hustotou diskontinuít a veľmi nízkou hodnotou RQD (20 %), s nepredvídateľnými krasovými prejavmi možno očakávať zníženie kvality horninového prostredia čo v zmysle RMR hodnotíme ako zlé, charakterizované podľa ÖNORM B2203 triedou B2, s vystrojovacou triedou NRTM 3.

Úvodnú časť bloku s predpokladom výskytu poruchovej zóny odporúčame raziť pod ochranou mikropilótového dáždnika, čo bude aj súčasťou statického zabezpečenia portálovej steny.

Kvázihomogénny blok	začiatok staničenia (km)	koniec staničenia (km)	Dĺžka bloku (m)
TK–2	213,599	214,014	415,00

2.3 Hydrogeologické pomery územia

Pri charakterizovaní hydrogeologických pomerov v okolí novej trasy diaľnice D1 Hubová - Ivachnová vychádzame z výsledkov predchádzajúcich prieskumov, výskumov a štúdií, ale najmä z aktuálne realizovaných prieskumných diel, realizovaných hydrodynamických skúšok, ako aj z výsledkov laboratórnych analýz podzemných a povrchových vôd, hydrogeologického mapovania, hydrometrovacích prác a monitoringu. Hydrogeologické pomery trasy diaľnice sú zhodnotené podľa charakteristických úsekov.

2.3.1 Úsek diaľnice v km 0,000 – 2,400

Nová trasa diaľnice D1 Hubová – Ivachnová v tomto úseku vedie prakticky v identickom koridore ako pôvodná trasa diaľnice, pričom k postupnému odklonu dochádza až ku koncu hodnoteného úseku. Diaľnica vedie po relatívne plochom území výrazného terasového stupňa na pravom brehu rieky Váh, pričom mostnými objektami 203 a 204 prekonáva bezmennú úvalinu a výrazne zarezané údolie Kamenného potoka. Lokálny skalný hrebienok medzi oboma mostami prekonáva trasa diaľnice zárezom. V území sú tak zastúpené fluviálne a deluviálne sedimenty kvartéru, antropogénne navážky a podložné horniny mezozoika.

Dominantnými kolektorskými horninami podzemných vôd v území sú fluviálne štrky aluviálnej nivy Váhu, ktoré však nezasahujú priamo do trasy diaľnice. V podloží samotného telesa diaľnice sú dominantne zastúpené deluviálne sute rozličného zloženia, menej sa vyskytujú terasové štrkovité a polygenetické ílovito-piesčité sedimenty.

Priepustnosť komplexu terasových štrkov zastúpených štrkmi s prímesou jemnozrnnej zeminy v hodnotenom území je medzizrnová. Koeficient filtrácie fluviálnych štrkov podľa archívnych prieskumov (Zakovič, 1990) sa pohybuje v rozsahu k_f = 1,1.10^{-4} až 1.10^{-3} m.s^{-1}. Podľa hodnôt koeficienta filtrácie v zmysle klasifikácie priepustnosti hornín (Jetel, 1982) tvoria fluviálne aluviálne štrky dosť silno priepustné až silno priepustné prostredie s triedou priepustnosti III.–II.

Tabuľka 20 Prehľad terénnych meraní hladín a parametrov podz. vody v km diaľnice 1,000 – 2,000

Vrt nadm. výška (m n.m.)	**Hĺbka Vrtu** (m)	**Výška pažnice** (m)	**Dátum merania**	**Hladina podzemnej vody** narazená m p.t. (m n.m.)	**Hladina podzemnej vody** ustálená m p.t. (m n.m.)	**Profil vrtu litologický komplex, horninový typ**
230-01 518,21	21,0		8.4.2016	-	-	0,0 – 2,0 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 2,0 – 21,0 m Škvrnité vápence doskovité, miestami tektonicky porušené, prestúpené puklinami
230-02 491,72	12,0		11.4.2016	-	-	0,0 – 1,9 m Deluviálny íl s úlomkami 1,9 – 8,5 m Polygenetická suť (fluviálno-proluviálna?) kamenito-ílovitá až siltovito-kamenitá 8,5 – 12,0 m Súvrstvie tvorené navetraným slienitým vápencom
231-01 513,76	15,0		12.4.2016	-	-	0,0 – 7,1 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 7,1 – 15,0 m Polygenetická suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá, miestami balvanitá
231-02 497,03	15,0		12.4.2016	6,80 490,23	-	0,0 – 0,8 m Deluviálny íl piesčitý s úlomkami 0,8 – 1,3 m Polygenetický íl stredne plastický s úlomkami 1,3 – 2,1 m Fluviálny štrk ílovitý 2,1 – 15,0 m Súvrstvie ílovcov a slieňovcov s polohami vápencov
231-03 496,42	15,0		11.4.2016	4,80 slzenie 491,62	6,34 490,08	0,0 – 0,5 m Deluviálny silt piesčitý s úlomkami 0,5 – 4,5 m Polygenetická suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 4,5 – 15,0 m Škvrnité slienité vápence, do 7,0 m zvetrané, hlbšie navetrané až zdravé
M-203-01 511,99	18,0		13.4.2016	11,5 slzenie 500,49	-	0,0 – 13,3 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 13,3 – 16,6 m Fluviálny štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy 16,6 – 18,0 m Vápenec žilnatý, vysokej pevnosti
M-203-02 512,29	17,0		14.4.2016	13,0 499,29	-	0,0 – 13,6 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 13,6 – 17,0 m Fluviálny piesok siltovitý, od 14,0 m štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy

Vrt nadm. výška (m n.m.)	**Hĺbka Vrtu** (m)	**Výška pažnice** (m)	**Dátum merania**	**Hladina podzemnej vody** narazená m p.t. (m n.m.)	**Hladina podzemnej vody** ustálená m p.t. (m n.m.)	**Profil vrtu litologický komplex, horninový typ**
M-203-03 508,44	25,0		23.4.2016	-	13,75 494,69	0,0 – 13,2 m Deluviálna suť ílovito-kamenitá hlbšie ílovitá 13,2 – 19,4 m Fluviálny štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy 19,4 – 25,0 m Vápence tmavosivej farby, do 23,3 m husto rozpukané, hlbšie masívne
M-203-04 511,29	21,0		13.4.2016	-	-	0,0 – 16,4 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 16,4 – 21,0 m Fluviálny štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy
M-203-05 517,69	19,0		13.4.2016	-	-	0,0 – 16,0 m Deluviálna suť ílovito-kamenitá 16,0 – 19,0 m Vápence svetlosivej farby, zdravé
M-203-06 515,82	20,0		19.4.2016	18,80 slzenie 497,02	-	0,0 – 18,7 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 18,7 – 20,0 m Fluviálny piesok s prímesou jemnozrnnej zeminy
M-204-03 506,36	17,0		14.4.2016	5,50 500,86 Slzenie 13,8 492,56	7,40 498,96	0,0 – 11,2 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 11,2 – 17,0 m Vápence silne tektonicky porušené
M-204-04 504,11	14,0		14.4.2016	6,50 497,61 7,5 496,61	8,50 495,61	0,0 – 12,0 m Deluviálna prevažne ílovito-kamenitá 12,0 – 14,0 m Vápence slienité, silne tektonicky porušené
M-204-05 512,70	20,0		15.4.2016	14,75 497,95	14,75 497,95	0,0 – 3,0 m Zosuvné delúvium charakteru ílu piesčitého 3,0 – 20,0 m Zosuvné delúvium, suť ílovito-kamenitá až kamenito-ílovitá
M-204-06 513,41	22,0		15.4.2016	14,60 498,81	-	0,0 – 19,0 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 19,0 – 22,0 m Striedanie slienitých ílovcov s vápencami
M-204-07 520,40	20,0		15.4.2016	8,60 511,8 16,90 503,50	18,40 502.00	0,0 – 19,6 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 19,6 – 20,0 m Proluviálny íl piesčitý
M-204-08 518,33	17,0		22.4.2016	-	-	0,0 – 15,5 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 15,5 – 17,0 m Vápence slienité, silne tektonicky porušené

Vysvetlivky : mp.t – metrov pod terénom, m n.m. – metrov nad morom (Balt po vyrovnaní)

Chemické zloženie podzemných vôd a ich vlastnosti boli hodnotené na základe chemickej analýzy vzorky vody z vrtov M-204-04, M-204-06 a M-204-07. Podzemné vody sú podľa chemickej klasifikácie (Gazda, 1971) základného výrazného A_2 chemického typu. Podľa celkovej mineralizácie sú stredne mineralizované (471 – 517 mg.l^{-1}), podľa reakcie vody patria k slabo alkalickým (pH = 7,6 – 7,7) a celkovou tvrdosťou patria k vodám dosť tvrdým v rozsahu celkovej tvrdosti od 4,44 – 5,52 mmo.l^{-1}.z. Analyzované vzorky podzemnej vody sú podľa svojho chemického zloženia **bez chemického účinku na betón**. Vzorky vôd z vrtov M-204-04, M-204-06, M-204-07 predstavujú podľa najnepriaznivejšieho ukazovateľa – merná elektrická vodivosť nad 430 µS.cm^{-1} - **vysoko agresívne prostredie so stupňom IV.**, kedy je potrebné chrániť kovové materiály zosilnenou izoláciou.

Vzorka **zeminy** odobratá z vrtu M-204-06 v hĺbke 14,6 m pod terénom vykazuje nízku agresivitu prostredia na kovové konštrukcie so stupňom agresivity I. Vzorky zemín odobraté z vrtov M-204-04 a M-204-07 vykazujú pre percentuálny obsah celkovej síry v zeminách 0,12 a 0,14 % strednú agresivitu prostredia na kovové konštrukcie so stupňom agresivity II. Analyzované obsahy hodnotiacich ukazovateľov agresivity zemín sú spracované v tabuľke 21. Výsledky chemických analýz podzemných vôd a zemín sú v prílohe 5.4.

Tabuľka 21 Prehľad laboratórne stanovených ukazovateľov agresívnych vlastností zemín na betónové konštrukcie podľa STN EN 206-1:2015 a oceľ uloženú v pôde (v horninách) podľa STN 03 8372 (tab. 2 hodnotiacej normy)

Zdroj	hĺbka odberu	obsah celkovej síry	chloridy	sírany	kyslosť zemín	odporúčaný stupeň agresivity na základový betón podľa **STN EN 206-1:2015** agresivita pôdy (hornín) na oceľ podľa **STN 03 8372**
	(m)	%	%	$mg.kg^{-1}$	$ml.kg^{-1}$	
M-204-06	-	**0,12**	<0,01	12,5	<2	bez nebezpečenstva chemického účinku na betón stredná agresivita na oceľ, stupeň II.
M-204-06	14,6	0,09	<0,01	8,2	11,4	bez nebezpečenstva chemického účinku na betón veľmi nízka na oceľ, stupeň I.
M-204-07	17,0	**0,14**	<0,01	22,2	<2	bez nebezpečenstva chemického účinku na betón stredná agresivita na oceľ, stupeň II.

2.3.2 Oblasť západného portálu tunela Čebrať

Trasa diaľnice v tomto úseku vedie v rozsiahlej akumulácii deluviálno-proluviálnych sedimentov, ktoré na základe monitoringu svahových pohybov zaraďujeme do zosuvného delúvia. Hrúbka dosahuje podľa polohy na svahu od 7 m do viac ako 20 m. V komplexe sa striedajú polohy ílov a ílovitých sutí so suťami kamenitými až balvanitými. Prostredie je sýtené podzemnou vodou pritekajúcou z vyšších partií svahov a vďaka striedaniu priepustnejších a málo priepustných vrstiev vzniká niekoľko kolektorov s napätými hladinami.

V podloží kvartérnych zemín sa nachádzajú tektonicky porušené alebo kompaktné polohy mezozoických ílovcov s polohami pieskovcov (porubské súvrstvie). Vďaka gravitačnej tektonike a blokovým pohybom je prostredie čiastočne otvorené pre prúdenie podzemnej vody. Z hľadiska hydrogeologického predstavujú horniny relatívne tesné prostredie s minimálnymi očakávanými prítokmi. Lokálne sa v komplexe ílovcov vyskytujú predisponované cesty prúdenia vôd, najmä v miestach tektonického porušenia a v miestach s vyšším podielov rozpukaných pieskovcov.

2.3.3 Úsek diaľnice novej trasy tunela Čebrať

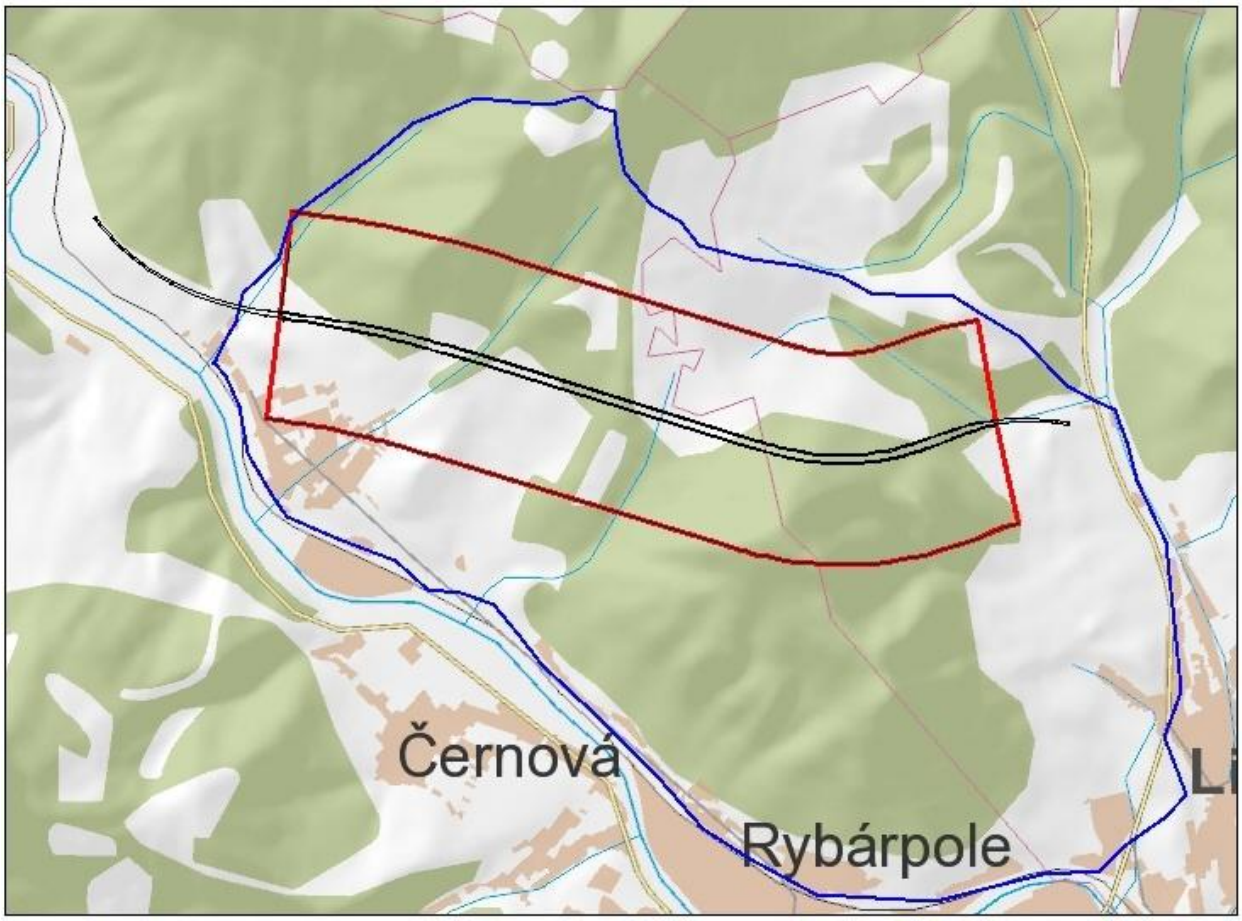
Nová trasa tunela Čebrať prechádza južným okrajom masívu Radičiná a sevenou časťou územia hydrogeologickej štruktúry elevácie Čebrate. Hydrogeologické pomery hodnotenej oblasti sú z hľadiska geologickej stavby len mierne komplikované.

V masíve Radičiná a hydrogeologickej štruktúre Čebrate sa uplatňuje jednoduchý spôsob obehu podzemnej vody. Zrážkové vody infiltrujú v priepustnom prostredí dolomitov a vápencov hronika, ktoré tvoria odkrytú vrcholovú časťúzemia. Vody, ktoré sa infiltrujú do triasových karbonátov postupujú podľa sklonu nepriepustného podložia slienitých vápencov mráznického, porubského súvrstvia a osnického súvrstvia veporika a vyvierajú ako vrstvové pramene na odkrytom kontakte týchto hornín alebo pokračujú v hĺbke zvetralinového plášťa a vystupujú na povrch aj v oveľa nižších polohách pod kontaktom. Dôležitú úlohu pre cirkuláciu vôd zohráva tektonika a hustá sieť puklín viazaná na zóny tektonického porušenia.Odkrytá plocha strednotriasových dolomitov a vápencov hronika, ktoré sa nachádzajú na vrcholovej pozícii nad málo priepustným podložím tvorenom zväčša slienitými vápencami mráznického a porubského súvrstvia veporika, predstavuje menšiu časť plochy hodnotenej oblasti.

Horninové prostredie je odvodňované množstvom zostupných prameňov na uvedenom litologickom rozhraní, ktoré nie je v teréne vždy rozoznateľné, pretože je prekryté sutinami a zosunutými blokmi rigídnych dolomitov. Podzemné vody prestupujú z karbonátov priamo do rozsiahlych suťovísk s mnohopočetnými prameňmi so sutinovo-vrstvovým charakterom. Prirodzené vývery a pramene v hodnotenej hydrogeologickej štruktúre sú zdokumentované v samostanej prílohe 4.5 a zobrazené sú v mape dokumentácie (príloha 3.1).

Miera ovplyvnenia podzemných vôd razením a výstavbou tunela Čebrať v novej trase bola posudzovaná priestorovým modelovaním drenážneho účinku tunela a vodnou bilanciou v širšom území.

Vodná bilancia oblasti predstavuje základný údaj o klimaticky podmienenom potenciáli hodnotenej oblasti z hľadiska tvorby a formovania sa podzemných vôd. Vymedzenie hodnoteného územia bolo určené konvenčne na obe strany do vzdialenosti 500 m od osi tunelových rúr s celkovou plochou 3,788 km^2. Vzhľadom na predpokladaný veľký podiel cezhraničných prestupov podzemnej vody bolo potrebné toto územie rozšíriť a pribrať širšiu oblasť siahajúcu od vrcholových častí až po eróznu bázu s celkovou plochou 11,457 km2 (obrázok 13).



Obrázok 13 Oblasť tunela Čebrať širšia bilančne hodnotená oblasť

Výsledky hydrologickej bilancie širšej oblasti (plocha 11,457 km^2) pre obdobie hydrologických rokov 2007 až 2016 sú dokumentované v prílohe 12. Zo sumarizovaných výsledkov pre 2007 – 2016 vyplýva, že 29 % až 82 % neodparených množstiev vody pravdepodobne odteká cezhranične mimo pozorované územie, v priemere je to 64 %. Pri danej ploche širšej bilancovanej oblasti (11,457 km^2) sa môže jednať o množstvá o veľkosti od 10 l·s^{-1} do 147 l·s^{-1} (priemerne 65 l·s^{-1}). Časť tohto množstva môže tvoriť odtok prostredníctvom režimovo nesledovaných malých povrchových tokov odvodňujúcich územie. Vzhľadom na geologickú stavbu širšej bilancovanej oblasti (triasové karbonáty hronika sa nachádzajú vo vrcholových častiach a zaberajú len 25 % z jej celkovej plochy 11,457 km^2) tu má pravdepodobne významný podiel povrchová zložka odtoku. Táto je typická intenzívnymi prietokmi s krátkodobým trvaním, ktoré sú ťažko kvantifikovateľné bez zavedenia

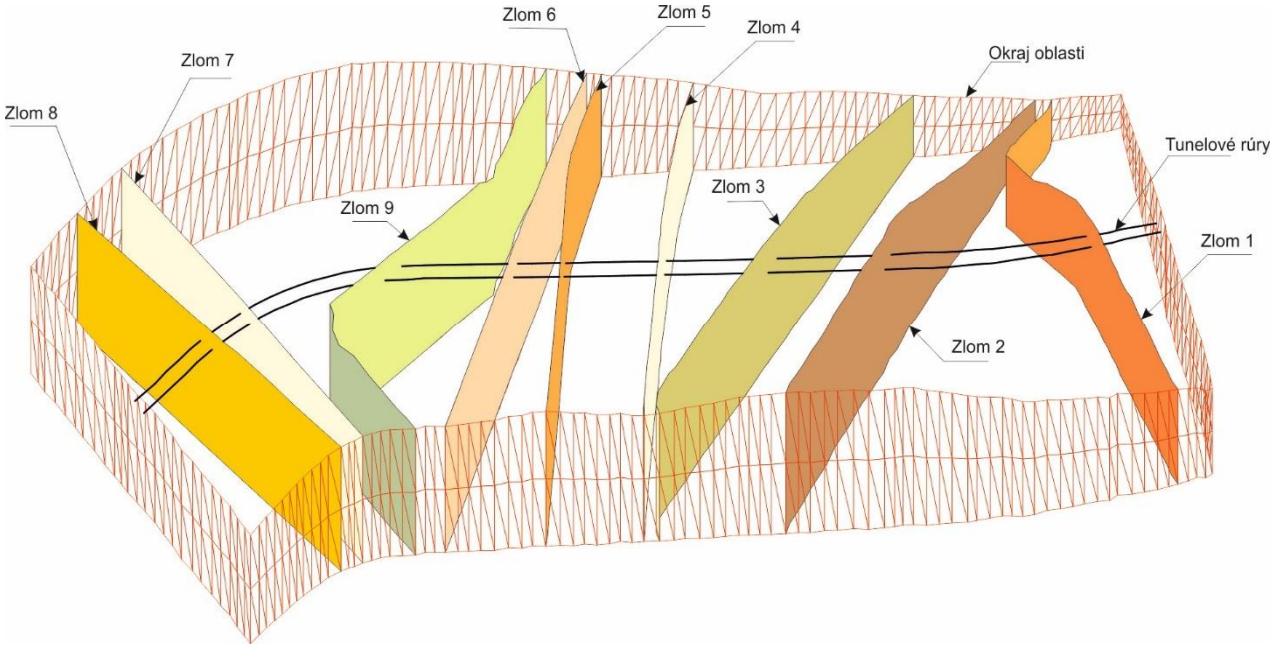
systematického monitoringu prietokov s minimálne dennou frekvenciou zberu údajov. Menšia časť podzemných vôd môže tiež cezhranične prestupovať v strednotriasových karbonátoch hronika smerom na sever v rámci karbonátovej kryhy Radičinej (kóta 1127 m). Musíme teda konštatovať, že napriek zväčšeniu rozsahu bilancovanej oblasti na 11,457 km^2 (Obr. 2) sa nepodarilo konštatovať bilančne vyrovnaný stav. Predpokladáme, že priemerné chýbajúce množstvo (~65 l·s^{-1}) čiastočne odteká povrchovým odtokom počas vysokých stavov v malých režimovo nesledovaných povrchových tokoch, čiastočne prestupuje na sever v rámci karbonátovej kryhy Radičinej a čiastočne nebolo zachytené pri jednomesačnej frekvencii sledovania výdatností vodárensky využívaných prameňov.

Výsledky stanovenia efektívnych zrážok užšej oblasti tunela Čebrať (plocha 3,788 km^2, pre obdobie hydrologických rokov 2001 až 2016 sú dokumentované v prílohe 12. Z výsledkov bilančných výpočtov pre plochu 3,788 km^2 užšej oblasti tunela Čebrať vyplýva, že celkové množstvo odtečených vôd za jeden hydrologický rok sa môže pohybovať medzi 471 851 m^3 a 2 083 489 m^3 pričom jeho priemerná veľkosť je 1 138 661 m^3. V jednotkách vyjadrujúcich celkový **priemerný odtok z uvedenej oblasti sa toto množstvo môže pohybovať medzi hodnotami 15,0 l·s^{-1} pri minimálnych stavoch a 66,1 l·s^{-1} pri maximálnych stavoch, s priemernou hodnotou 36,1 l·s^{-1}**. Toto množstvo je o 8,2 l·s^{-1} vyššie než bolo pre túto oblasť vypočítané z dlhodobých priemerov SHMÚ pre zrážkové úhrny a teploty vzduchu za roky 1951–1980 extrapolovaných podľa morfológie reliéfu (Švasta a Malík, 2006) ktorý určil hodnotu priemerného odtoku okolo 27,9 l·s^{-1}.

Celkove teda môžeme konštatovať, že z uvedenej užšej oblasti tunela Čebrať s plochou 3,788 km^2 možno očakávať celkový priemerný odtok vôd 1 138 661 m^3 ročne, resp. 36,1 l·s^{-1}. Toto množstvo však v závislosti od hydrologickej situácie môže byť menej ako polovičné, resp. dvojnásobné. Aká **časť z tohto množstva môže byť drénovaná tunelovou rúrou je funkciou technických parametrov tunela a hydraulických parametrov hornín, cez ktoré bude tento prechádzať**.

Simulácia drenážneho vplyvu razenia tunela a odhadnutie resp. prognóza prítokov podzemných vôd do tunelových rúr bola riešená priestorovým numerickým modelovaním.

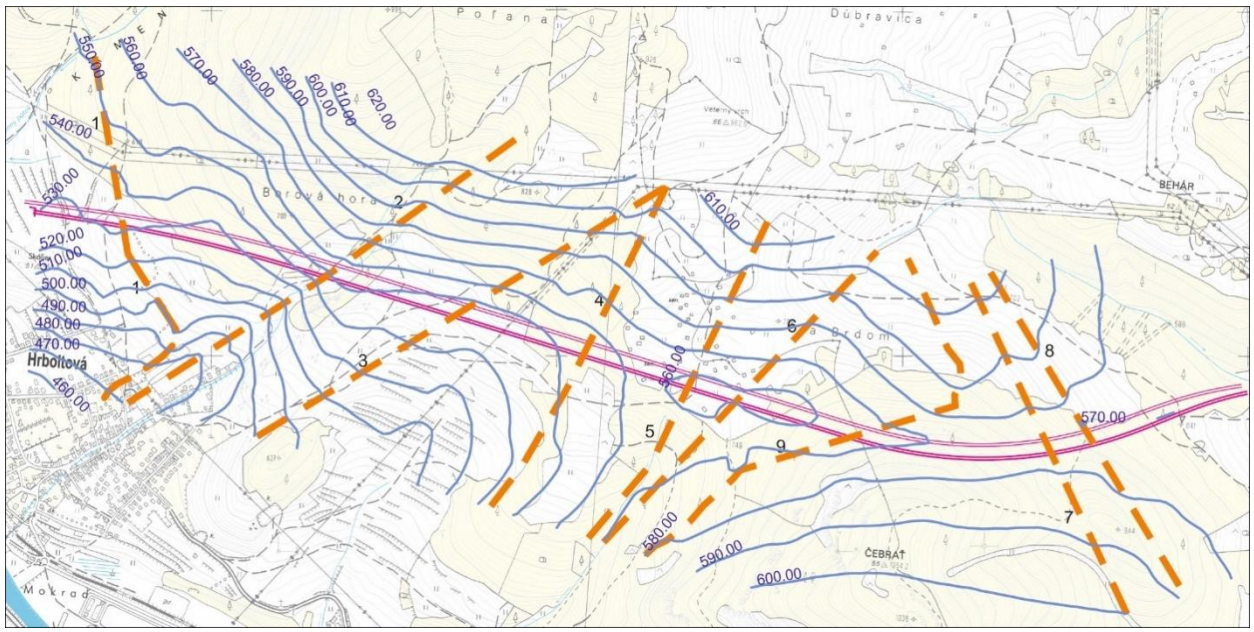
Modelovanie prúdenia podzemných vôd bolo aplikované na vymedzené územie určeného konvenčným ohraničením na obe strany do vzdialenosti 500 m od osi tunelových rúr s celkovou plochou 3,788 km^2. Numerický model využíval na riešenie metódu hraničných prvkov hybridnou metódou modelovania v puklinovom geologickom prostrední, kde priestorový numerický model bol skombinovaný s deviatimi 2D modelmi na zlomoch (obrázok 14).



Obrázok 14 Priestorový pohľad na hlavné charakteristické tektonické poruchy (pohľad zo severu)

Schematicky znázornené línie charakteristických vertikálnych zlomov porúch sú zobrazené na obrázku 14. Hrúbka všetkých zlomov sa uvažuje 5 m. Ich priepustnosť je charakterizovaná podľa výsledkov vodnotlakových hydrodynamických skúšok koeficientom filtrácie ky = kz = 8,1.10^{-6} m.s^{-1}. Koeficient filtrácie kriedového masívu alebo medzizlomových blokov kriedového masívu je kx = ky = kz = 2,07.10^{-7} m.s^{-1}.

Po obvode modelovanej filtračnej oblasti (MFO) a tiež v jednom mieste južnej tunelovej rúry boli zadané kóty hladiny podzemnej vody a kóty zohľadňujúce priebeh kriedového súvrstvia pod terénom. Tieto zadané bodové údaje o hladine podzemnej vody boli podkladom pre zostrojenie hydroizohýps (Obrázok 3), ktoré boli porovnávacou úrovňou pre hladiny ovplyvnené tunelmi.



Obrázok 15 Namodelované hydroizohypsy piezometrickej výšky hladiny podzemnej vody

Riešenie modelu bolo vykonávané v dvoch alternatívach s rôznym zadaním okrajových podmienok. Alternatíva 1 vyjadruje stav minimálnych prítokov, kde okrajovou podmienkou bolo zadanie do stropu medzizlomových blokov zvodnenej vrstvy konštantný plošný prítok podzemnej vody z nadložia kriedovej zvodnenej vrstvy, ktorý je sumárne len 6,56 l.s-1 (simuluje zrážky, tento prietok bol vypočítaný z predpísaných hladín podzemnej vody bez tunelov pri zadanej priepustnosti masívu a zároveň príslušný plošný prítok (prítok zo zrážok) bol zadávaný aj do stropu zlomov.

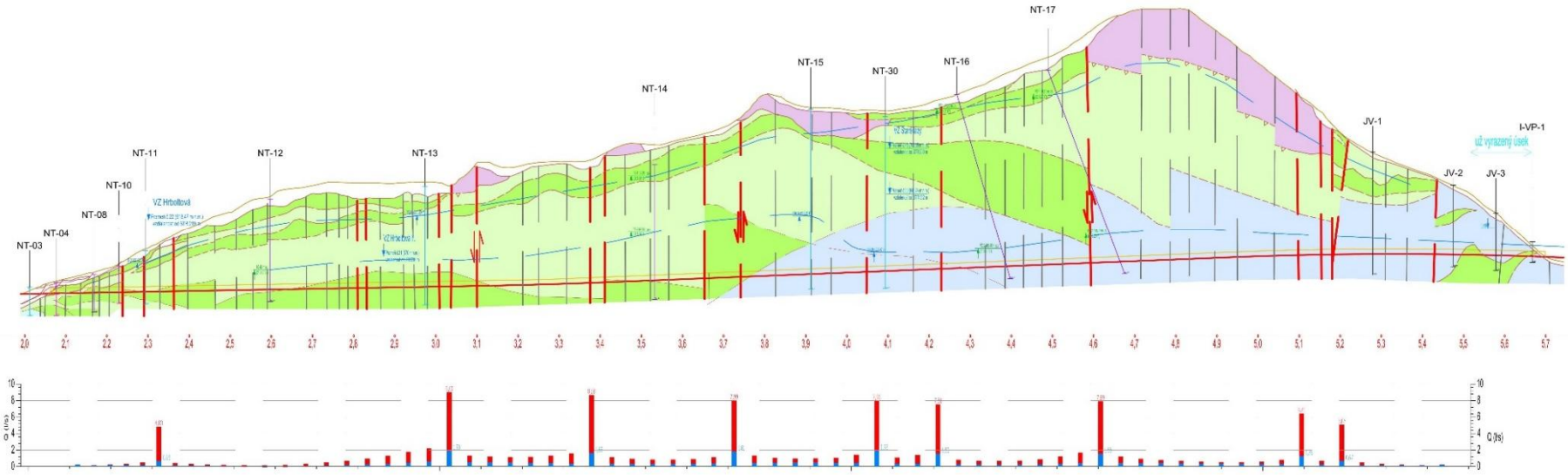
Alternatíva 2 vyjadruje stav maximálnych prítokov do tunelových rúr. Pre alternatívu 2 (tzv. veľké prítoky do tunelov) je do stropu medzizlomových blokov zvodnenej vrstvy zadávaný konštantný plošný prítok podzemnej vody z nadložia kriedovej zvodnenej vrstvy a zároveň do stropu zlomov bola zadávaná okrajová podmienka 1. druhu H = konštanta (t.j. na strope zlomov sa vždy udrží počiatočná kóta HPV a v prípade drénovania podzemnej vody tunelmi sa bude udržiavať jej rovnaká úroveň zväčšovaním prítoku podzemnej vody z nadložia.

Z výsledkov modelovania riešenia trvalých prítokov v alternatíve 1 pritečie do obidvoch tunelov spolu 29,18 l.s^{-1} podzemných vôd. Z tohto množstva zo zlomov pritečie 10,28 l.s^{-1} a z masívu 18,90 l.s^{-1}. Do severnej tunelovej rúry (STR) pritečie spolu 15,87 l.s-1 a do južnej tunelovej rúry (JTR) spolu 13,31 l.s^{-1}.

V Alt.2 pritečie do obidvoch tunelov spolu 113,957 l/s. Z tohto množstva zo zlomov pritečie 54,33 l/s a z masívu 59,62 l/s. V tejto alternatíve zlomy viac "kŕmia" masív.

Zvýsledkov modelovania riešenia okamžitých prítokov v alternatíve 2 pritečie do severnej tunelovej rúry (STR) spolu 58,61 l/s a do južnej tunelovej rúry (JTR) spolu 55,35 l/s. Teoreticky celkom pritečie do oboch tunelových rúr 113,96 l/s. Prítok 58,61 l/s do STR pochádza z masívu 32,18 l/s a zo zlomov 26,43 l/s.Prítok 55,35 l.s^{-1} do JTR pochádza z masívu 27,44 l/s a zo zlomov 27,91 l/s.

Pravdepodobné prítoky do tunelov sa budú nachádzať medzi alternatívami Alt.1 a Alt.2. Väčšie prítoky do tunelov budú na začiatku razenia. **V modeli sa neuvažovalo s hydraulickým odporom na ostení tunela, alebo celoplášťovou hydroizoláciou na zlomoch.** Výpočty zodpovedajú **ideálnemu drenu**, ktorý ale reálne nevznikne. Hydrostatické tlaky na tunelové rúry možno približne určiť z rozdielov kót tunela a kót namodelovanej hladiny podzemnej vody (Príloha 12). Prítoky do tunelov sú graficky znázornené na obrázku 16.



Obrázok 16 Schématický geologický rez severnou tunelovou rúrou s grafickým vyjadrním prognózy prítokov do tunelových rúr,

Tabuľka 22 Prognóza trvalých prítokov do tunelových rúr podľa vyčlenených charakteristických úsekov tunela

Charakteristický úsek - blok	Úsek tunela od v km	Úsek tunela Do v km	Suma okamžitých prítokov [l.s^{-1}]	Maximálny okamžity pritok [l.s^{-1}]	Suma trvalých pritokov [l.s^{-1}]	Maximálny trvalý prítok [l.s^{-1}]	Litostratigrafické členenie
Blok 1	2072	2238	0,972	0,325	0,60	0,09	Porubské súvrstvie
Blok 2	2238	2463	6,260	4,831	1,05	0,05	Porubské súvrstvie
Blok 3	2463	2718	0,965	0,322	0,15	0,09	Porubské súvrstvie
Blok 4	2718	3013	7,326	2,176	1,77	0,08	Porubské a lučivnianske súvrstvie
Blok 5	3013	3123	11,498	9,003	2,91	0,50	Porubské a lučivnianske súvrstvie
Blok 6	3123	3643	18,443	8,679	4,78	0,29	Mráznické súvrstvie
Blok 7	3643	3925	13,413	7,989	3,97	0,36	Mráznické a osnické súvrstvie
Blok 8	3925	5145	47,947	7,959	12,67	0,20	Osnické súvrstvie
Blok 9	5145	5195	5,749	5,070	0,91	0,24	Osnické súvrstvie
Blok 10	5195	5518	1,385	0,482	0,66	0,10	Osnické súvrstvie

Tabuľka 23 Prehľad terénnych meraní hladín a parametrov podz. vody v km diaľnice 1,000 – 2,000

Vrt nadm. výška (m n.m.)	Hĺbka Vrtu (m)	Výška pažnice (m)	Dátum merania	Hladina podzemnej vody narazená m p.t. (m n.m.)	Hladina podzemnej vody ustálená m p.t. (m n.m.)	Profil vrtu litologický komplex, horninový typ
NT-01 536,70	40,0	0,80	11.4.2016	-	21,0 515,7	0,0 – 0,3 m Deluviálna suť kamenito-siltovitá 0,3 – 3,8 m Tektonicky porušená zóna,rozvoľnená, tvorená slienitými vápencami 3,8 – 23,0 m Súvrstvie slienitých vápencov, nepravidelne rozblokovaných na celistvejšie a úlomkovité úseky 23,0 – 40,0 m Slienité vápence s kalcitovými žilkami, od 28,5 m neporušené, kompaktné
NT-02 537,30	40,0	0,85	20.4.2016	-	18,4 518,19	0,0 – 0,4 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá, pevnej konzistencie 0,3 – 3,5 m Tektonicky porušená poloha slienitých vápencov 3,5 – 19,2 m Súvrstvie slienitých vápencov, zvetrané, rozvoľnené 19,2 – 25,8 m Slienité vápence s kalcitovými žilkami, pevné 25,8 – 40,0 m Vápence slienité tenkodoskovité, tektonicky porušené, prestúpené hustou sieťou puklín
NT-03 532,53	35,0	0,94	25.4.2016	1,50 531,03	8,78 523,75	0,0 – 15,5 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 15,5 – 35,0 m Ílovce s preplástkami pieskovcov a vápencov tektonicky porušené
NT-04 538,30	40,0	0,93	5.5.2016	-	4,90 533,40	0,0 – 8,5 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 8,5 – 40,0 m Ílovce s preplástkami pieskovcov, miestami výrazne tektonicky porušené
NT-06 535,55	40,0	0,85	10.6.2016	-	-	0,0 – 6,7 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 6,7 – 40,0 m Ílovce s preplástkami pieskovcov a vápencov tektonicky porušené
NT-07 540,92	45,0	0,87	6.6.2016	-	8,38 532,54 až 9,08 531,84	0,0 – 4,4 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 4,4 – 45,0 m Ílovce s preplástkami pieskovcov, lokálne tektonicky porušené
NT-08 547,72	45,0	0,92	26.5.2016	4,70 543,02	8,95 538,77 až 9,72 538,00	0,0 – 3,4 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 3,4 – 45,0 m Ílovce s preplástkami pieskovcov, lokálne tektonicky porušené
NT-09 544,14	45,0	1,05	9.5.2016	-	8,01 536,13 až 9,23 534,91	0,0 – 10,8 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 10,8 – 45,0 m Ílovce s preplástkami pieskovcov, lokálne tektonicky porušené

Vysvetlivky : mp.t – metrov pod terénom, m n.m. – metrov nad morom (Balt po vyrovnaní)

Tabuľka 24 Prehľad terénnych meraní hladín a parametrov podz. vody v km diaľnice 1,000 – 2,000

Vrt nadm. výška (m n.m.)	Hĺbka Vrtu (m)	Výška pažnice (m)	Dátum merania	Hladina podzemnej vody narazená m p.t. (m n.m.)	Hladina podzemnej vody ustálená m p.t. (m n.m.)	Profil vrtu litologický komplex, horninový typ
NT-10 557,62	45,0	-	20.5.2016	4,5 553,12	-	0,0 – 2,0 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 2,0 – 45,0 m Ílovce s preplástkami pieskovcov, lokálne silne tektonicky porušené
NT-11 576,77	65,0	0,92	21.6.2016	-	10,07 566,70	0,0 – 9,5 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 9,5 – 65,0 m Ílovce s preplástkami siltovcov a pieskovcov, lokálne tektonicky porušené
NT-12 639,84	125,0		8.2.2017	-	-	0,0 – 7,0 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 7,0 – 125,0 m Ílovce s preplástkami siltovcov a pieskovcov, tektonicky porušené, od 106,5 do 120,0m polohy piesčitého vápenca, hlbšie ílovce málo porušené.
NT-13 655,87	145,0		14.12.2016	-	35,00 620,87	0,0 – 14,2 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 14,2 – 145,0 m Ílovce s preplástkami siltovcov a vápencov, tektonicky porušené, od 121,9 m polohy masívneho siltovca
NT-14 682,34	165,0		2.12.2016	-	-	0,0 – 6,0 m Deluviálna suť ílovito-kamenitá 6,0 –165,0 m Ílovce s laminami siltovcov, výrazne tektonicky porušené polohy sa striedajú s kompaktnými ílovcami
NT-15 749,88	220,0		20.2.2017	-	130,14 619,74	0,0 – 6,8 m Deluviálny íl s úlomkami 6,8 – 24,0 m relikt chočského príkrovu tvorený dolomitmi 24,0 – 31,0 m násunová tektonická zóna, úlomky vápencov 31,0 – 220,0 m Vápence s laminami ílovcov a siltovcov, výrazne tektonicky porušené polohy sa striedajú s pevnými vápencami
NT-16 767,91	260,0		9.3.2017	-	-	0,0 – 9,7 m Deluviálny íl s úlomkami 9,7 – 87,4 m Ílovce s laminami siltovcov, tektonicky porušené 87,4 – 260,0 m Vápence s laminami ílovcov až siltovcov, výrazne tektonicky porušené úseky sa striedajú s pevnými vápencami
NT-17 796,93	325,0		6.12.2016	-	-	0,0 – 2,5 m Deluviálny íl s úlomkami až kamenito-ílovitá suť 2,5 – 24,0 m Ílovce výrazne tektonicky porušené, prevrásnené 24,0 – 325,0 m Vápence s laminami ílovcov až siltovcov, výrazne tektonicky porušené úseky sa striedajú s pevnejšími polohami

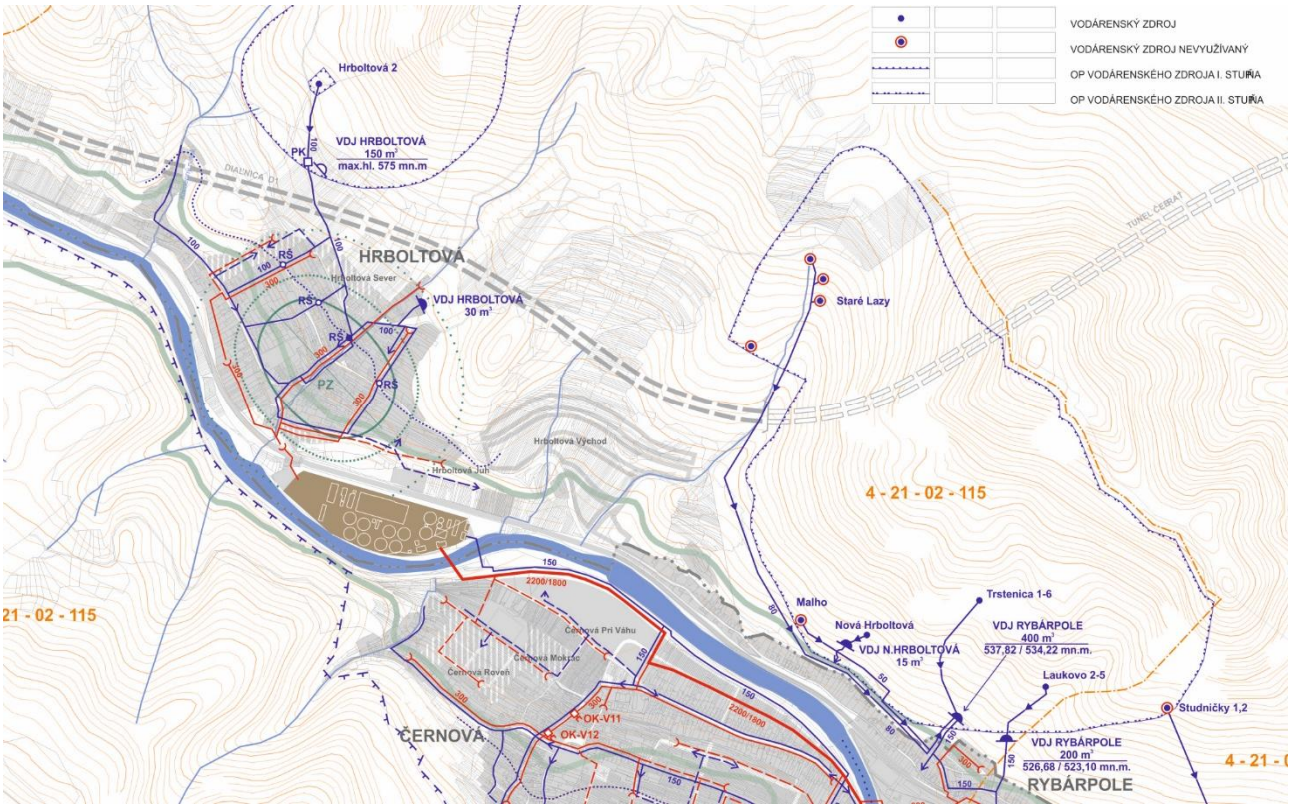
Vrt nadm. výška (m n.m.)	**Hĺbka Vrtu** (m)	**Výška pažnice** (m)	**Dátum merania**	**Hladina podzemnej vody** narazená m p.t. (m n.m.)	**Hladina podzemnej vody** ustálená m p.t. (m n.m.)	**Profil vrtu litologický komplex, horninový typ**
NT-18 523,83	25,0		19.4.2016	8,00 515,83	13,50 510,33	0,0 – 12,2 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 12,2 – 25,0 m Vápence slienité, tektonicky porušené úseky sa striedajú so zdravými vápencami
NT-19 523,84	25,0		20.4.2016	7,00 516,84	11,00 512,84	0,0 – 12,0 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 12,0 – 25,0 m Vápence kalové jemnozrnné, miestami tektonicky porušené
NT-28	15,0		9.5.2017	7,80	8,57	0,0 – 10,5 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá 10,5 – 15,0 m Ílovce s laminami tmavosivého vápenca
NT-29	11,0		10.5.2017	3,00	2,45	0,0 – 1,8 m Deluviálny íl s úlomkami 1,8 – 3,0 m Fluviálny íl piesčitý 3,0 – 5,8 m Fluviálny štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy 5,8 – 11,0 m Vápence zdravé až navetrané
NT-30 740,82	210,0		15.5.2017	-	165,94 574,88	0,0 – 1,8 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá 1,8 – 25,6 m Dolomit silno zvetraný, tektonicky podrvený 25,6 – 210,0 m Slienité vápence až ílovce, výrazne tektonicky porušené, striedajúce sa s kompaktnými vápencami s kalcitom

Vysvetlivky : mp.t – metrov pod terénom, m n.m. – metrov nad morom (Balt po vyrovnaní)

2.3.4 Posúdenie potenciálneho vplyvu tunela na vodné zdroje

Posúdenie potenciálneho vplyvu novej trasy tunela Čebrať na vodné zdroje vychádza z výsledkov interpretácie geofyzikálnych profilov, pozorovania piezometrických výšok hladín vo vrtoch, hydrologickej bilancie a simulácie prítokov podzemnej vody do tunelových rúr numerickým modelovaním.

Nová trasa tunela prechádza v km cca 2,000 až 2,825 južným okrajom ochranného pásma PHO 2 stupňa využívaného vodárenského zdroja Stará Hrboltová (zdroj 22), v km cca 3,895 - 4,075 vedie severnou hranicou spoločného ochraného pásma PHO 2. stupňa vodných zdrojov Staré Lazy (46- 50), Malho (57), Nová Hrboltová (59), Laukovo (61), Trsteniaca (62) a Studničky. Prehľadná situácia ochranných pásiem (z územného plánu mesta Ružomberok) je na obrázku 17.



Obrázok 17Situovanie vodárenských zdrojov, ich ochrané pásma a spôsob využita podľa územnoplánovacej dokumentácie mesta Ružomberok
(VÝKRES RIEŠENIA VEREJNÉHO TECHNICKÉHO VYBAVENIA - VODNÉ HOSPODÁRSTVO)

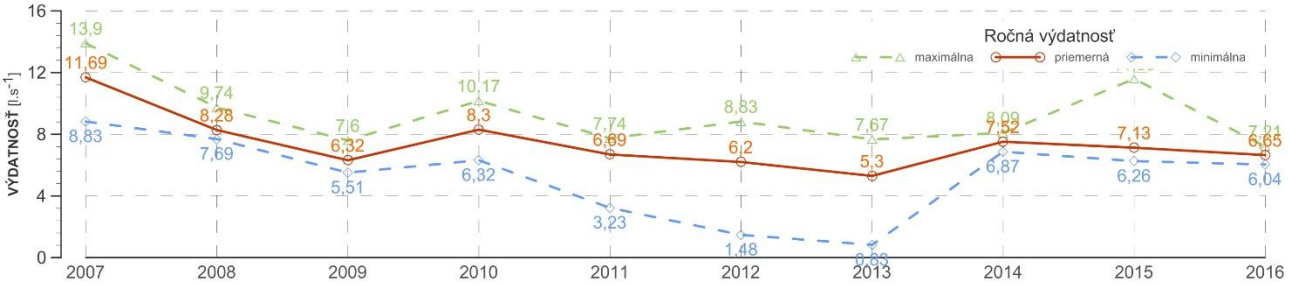
Okrem vodárenskych zdrojov na hromadné zásobovanie vodou určenou na ľudskú spotrebu sú v trase tunela aj zachytené pramene ako miestne vodné zdroje. Miestny vodný zdroj zásobujúci najmen dva rodinne domy nad obcou Hrboltová v mape označnom pod číslom 31 a miestny vodný zdroj č. 67 situovaný nad južnou tunelovou rúrov v oblasti východného portálu tunela.

Podľa územno plánovacej dokumentácie mesta Ružomberok sú využívanými vodárenskými zdrojmi Stará Hrboltová (v územnoplánovacej dokumentácii označiný ako Hrboltová 2), zo skupiny vodných zdrojov Čebrate je využívaný vodárenský zdroj Nová Hrboltová, Trstenica s prameňmi 1 až 6, Laukovo s prameňmi 2 až 5. **Nevyužívanými vodárenskými zdrojmi sú Staré lazy** s prameňmi 1 až 10, vodárenský zdroj **Malho** a **Studničky** s prameňmi 1 a 2.

A) Vodárenský zdroj Stará Hrboltová s prameňmi č. 1 a 2

Vodárenský zdroj Stará Hrboltová tvorí záchyt dvoch prameňov vo svahu na kontakte karbonátov Hronika a málo priepustného súvrstvia ílovcov a slieňovcov porubského súvrstvia veporika. Vodný zdroj Stará Hrboltová je situovaný len 219 m od severnej tunelovej rúry v nadmorská výške 618,47 m n. Ide o vodárensky využívaný vodný zdroj, ktorým je obec Hrboltová zásobovaná pitnou vodou na ľudskú spotrebu.

Podľa údajov Vodárenskej spoločnosti Ružomberok VSR a.s. sa sumárna ročná výdatnosť prameňov vodného zdroja Stará Hrboltová pohybovala v rokoch 2007 - 2016 v rozmedzí Q = 0,83 až 13,9 $l.s^{-1}$, v priemere 7,41 $l.s^{-1}$ (obrázok 18 a tabuľka 25).



Obrázok 18 Ročná sumárna výdatnosť prameňa 1 a 2 vodárenského zdroja Hrboltová (Stará Hrboltová)

Tabuľka 25 Ročné výdatnosti prameňov 1 a 2 vodného zdroja Stará Hrboltová za roky 2007 – 2016

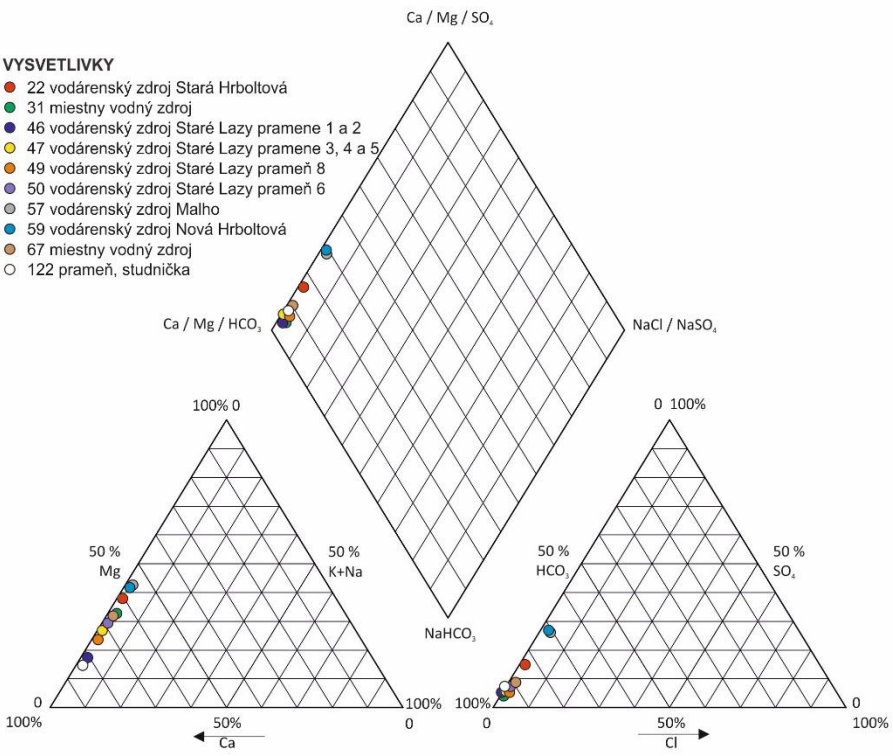
ROK	2007 [l.s^{-1}]	2008 [l.s^{-1}]	2009 [l.s^{-1}]	2010 [l.s^{-1}]	2011 [l.s^{-1}]	2012 [l.s^{-1}]	2013 [l.s^{-1}]	2014 [l.s^{-1}]	2015 [l.s^{-1}]	2016 [l.s^{-1}]
Min	8,83	7,69	5,51	6,32	3,23	1,48	0,83	6,87	6,26	6,04
Max	13,90	9,74	7,60	10,17	7,74	8,83	7,67	8,09	11,59	7,21
Priem	11,69	8,28	6,32	8,30	6,69	6,20	5,30	7,52	7,13	6,65

Podzemná voda patrí podľa reakcie vodypH = 8,13 k vodám slabo alkalickým, podľa klasifikácie Alekina (1970) podľa obsahu všetkých rozpustených látok 305 mg.l^{-1} je stredne mineralizovaná a podľa celkovej tvrdosti 1,92 mmo.l^{-1} je mäkká. Podľa chemického typu ide o podzemnú vodu základného výrazného Ca-Mg-HCO_3 typu (Gazda, 1972), v katiónovej oblasti prevládajú ióny Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, menej SO_4^{2-}, (obrázok 19) medzi Palmerovými indexami má dominantné zastúpenie A_2 zložka 79,97 c.z.%, charakterizačný koeficient rMg/rCa bol 0,63. Stav nasýtenia podzemnej vody bol posudzovaný z indexov nerovnovážnosti pre hlavné karbonáty Kc, Kd a pre sadrovec Ks. Z empiricky vypočítanej hodnoty pre kalcit Kc vyplýva, **že podzemná voda je presýtená voči kalcitu a je nasýtená dolomitom** (obrázok 21). Z uvedeného vyplýva, že **podľa genetickej príslušnosti ide o podzemnú vodu petrogénnu s karbonátogénnou mineralizáciou** (Gazda, 1974), **kde obeh podzemnej vody je v prostredí karbonátov, prevažne dolomitov chočského príkrovu**. Izotopovou analýzou síry $\sigma^{34}SSO_4$ vo vode prítomných síranov s analyzovanou nízkou koncentráciou 28,7 mg.l^{-1} bolo zistené, že obsahuje izotopicky ľahkú .

Podľa výsledkov numerického modelovania z oblasti,kde je situovaný Vodárensky zdroj Stará Hrboltová v**súčasných prírodných pomeroch (bez tunelov) zo stropu tohto zlomu infiltruje sumárne 0,5848 l.s^{-1}**podzemnej vody. Pri razení tunelovýchrúr môže cez tento zlom infiltrovať maximálne 4,8328 l.s^{-1}. **Tunelové rúry bez opatrení a uvažovania odporu ostenia tunela spôsobia zväčšenie infiltrácie cez zlom č. 1 o maximálne** 4,2480 **l.s^{-1}**.

Sumárna priemerná ročná výdatnosť vodárenského zdroja je Q_R = 7,41 l.s^{-1}, vypočítané prírastok drenážnym účinkom tunela na zlome č. 1 o 4,2480 l.s^{-1} čo **môže teoreticky spôsobiť úbytok výdatnosti vodárenského zdroja o 57 %.** Upozorňujem, že ide o teoretický úbytok výdatnosti vodného zdroja, nakoľko modelové riešenie nezapočítavalo opatrenia na ochranu podzemnych vôd (hydroizolácia) ani hydraulický odpor na ostení tunela.

Ovplyvnenie výdatnosti vodného zdroja predpokladáme najmä v prípade, ak podzemná voda odvodňujúca dolomity chočského príkrovu je hydraujicky spojená na zónu tektonického porušenia (modelovaný zlom č. 1.). Pre overenie tohto predpokladu odporúčame overiť smer prítoku vôd do zdroja, ktorých pozícia je v blízkosti poruchovej zóny vhodnou metódou geofyzikálneho prieskumu napr. metódou spontánej polarizácie alebo metódou nabytého telesa, kde nositeľom elektrického náboja je prúdiaca voda.



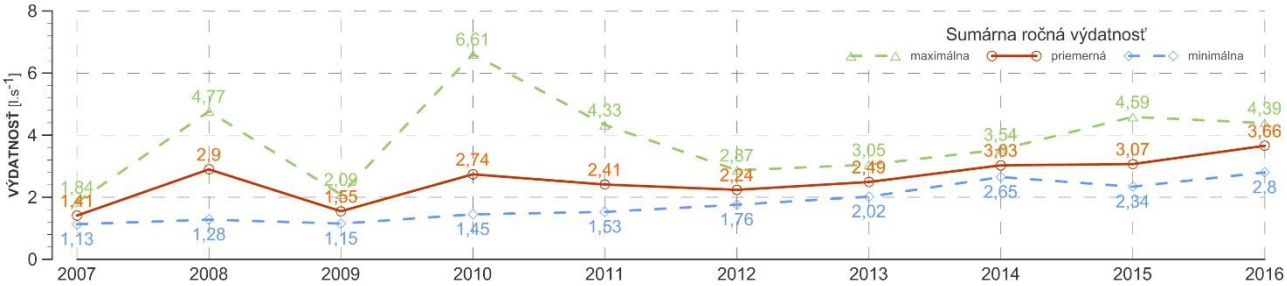
Obrázok 19 Systematizačný graf chemizmu podzemných vôd vodných zdrojov

Zároveň vzhľadom na najviac potenciálne ohrozený vodný zdroj, odporúčame pre ochranu tohto vodného zdroja aplikovať počas razenia zmierňujúce opatrenia, najmä cielené **utesňovanie sústredených prítokov podzemnej vody pomocou chemickej injektáže**. Účinnosť injektáže je potrebné overovať terénnymi meraniami vo vrtoch (monitoring hladín / tlakov podzemnej vody), meraniami výdatnosti vodného zdroja a pritokov na povrchových tokoch. Okrem toho navrhujeme v rizikovej oblasti zlomov realizovať horizontálne predvrty zo steny severnej tunelovej rúry do strany, ktorý by bola vrtom zachytená zlomová porucha a vrt umožňoval merať tlak podzemnej vody v zlomovej štruktúre (vybaviť ústie vrtu zhlavím s tlakovým meračom). Významnejšie zachytené prítoky podzemnej vody je potrebné sledovať aj z hľadiska chemizmu pre identifikovanie ich genézy.

B) Vodárenský zdroj Staré Lazy pramene 1 až 10

Vodárenský zdroj Staré Lazy predstavuje záchyty 10. Pramene sú situované v nadmorskej výške 646,74 (50) až 702,08 m n.m. (46) na ľavostrannom svahu údolia bezmenného povrchového toku. Výnimkou je záchyt prameňa č. 8, ktorého záchyt je na päte protiľahlého svahu. Vodárenské objekty zachytených prameňov č.1 a 2 na mape zobrazujeme pod č. 46, prameňov 3, 4, a 5 (47a), prameňa 6 (48) a prameňa 8 (49), ležia vo vývervej oblasti oblasti bezmenného povrchového toku pretekajúceho hlbokým údolím zarezaným. Pramene 7, 9 a 10 sme v rámci mapovacích prác v teréne neidentifikovali ani za účasti pracovníka Vodárenskej spoločnosti Ružomberoak, a.s.

Podľa údajov Vodárenskej spoločnosti Ružomberok VSR a.s. sa sumárna ročná výdatnosť prameňov 1 až 10 vodného zdroja Staré Lazy pohybovala v rokoch 2007 - 2016 v rozmedzí Q = 1,13 až 6,61 $l.s^{-1}$, v priemere 2,55 $l.s^{-1}$ (obrázok 20 a tabuľka 26).

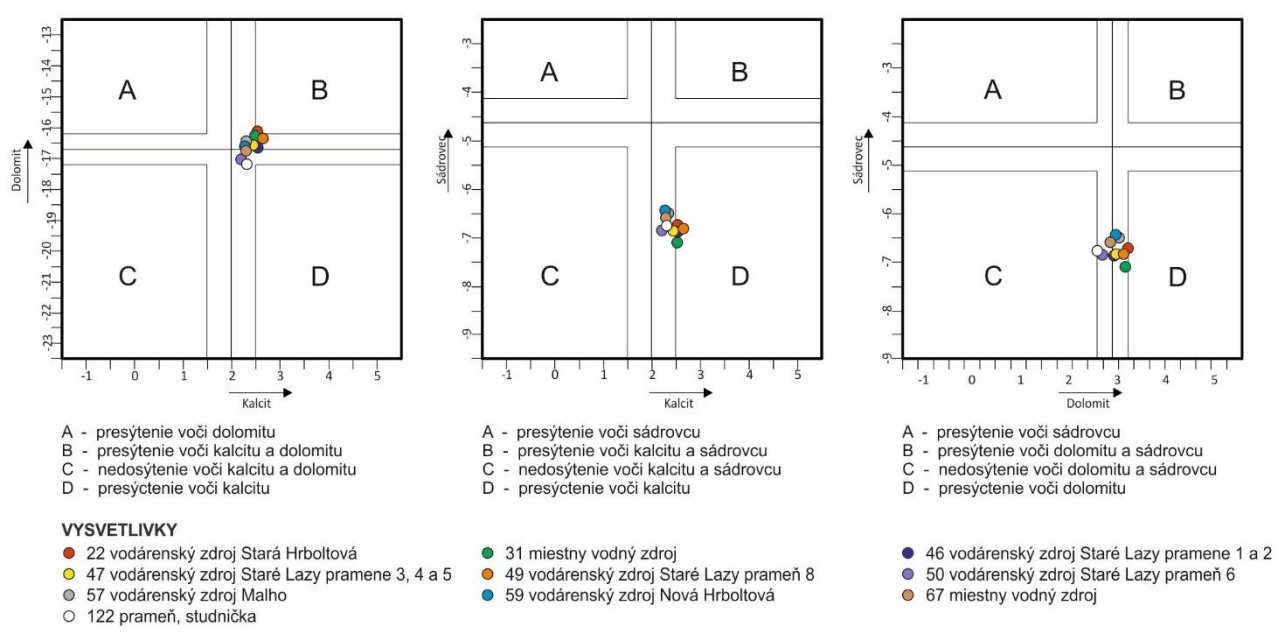


Obrázok 20Ročná sumárna výdatnosť prameňov 1 až 10 vodárenského zdroja Staré lazy

Tabuľka 26 Ročné výdatnosti prameňov 1-10 vodného zdroja Staré Lazy za roky 2007 – 2016

	46 pr. 1 a 2 [l.s^{-1}]	**47 pr.3 4,a 5** [l.s^{-1}]	**48 pameň 6** [l.s^{-1}]	**49. pameň 8** [l.s^{-1}]	**prameň, 7, 9 a 10** [l.s^{-1}]	**Σ Staré Lazy** [l.s^{-1}]
Min	0,20	0,24	0,00	0,20	0,38	1,13
Max	3,00	1,83	0,10	0,91	1,45	6,61
Priem	0,63	0,69	0,07	0,41	0,76	2,55

Podzemná voda prameňov č.46, č.47, č.48 a č.49 patrí podľa reakcie vodypH = 7,60-7,84 k vodám slabo alkalickým, podľa klasifikácie Alekina (1970) podľa obsahu všetkých rozpustených látok od 420 -454 mg.l^{-1}je stredne mineralizovaná a podľa celkovej tvrdosti 2,50-2,78 mmo.l^{-1} je mäkká. Podľa chemického typu ide o podzemnú vodu základného výrazného Ca-HCO_3 typu (Gazda, 1972), v katiónovej oblasti prevládajú ióny Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, menej SO_4^{2-}, medzi Palmerovými indexami má dominantné zastúpenie zložka A_2= 90,05-94,62 c.z%, charakterizačný koeficient rMg/rCa bol 0,22-0,37. Stav nasýtenia podzemnej vody bol posudzovaný z indexov nerovnovážnosti pre hlavné karbonáty Kc, Kd. Z empiricky vypočítanej hodnoty pre kalcit Kc vyplýva, že podzemná voda zo zdrojov č. 46, č.47, č.48 je nasýtená kalcitom a v rovnováhe až mierne nasýtená dolomitom (Obrázok 21).



Obrázok 21Graf nasýtenia vody vodárenských a miestnych vodných zdrojov

Podzemná voda zo zdroja č. 49 je presýtená voči kalcitu a je mierne nasýtená dolomitom (obrázok 21). Izotopovou analýzou síry $\sigma^{34}SSO_4$ vo vode prítomných síranov v podzemných vodách záchytov prameňov v zdrojoch č. 46 a č. 49 bolo zistené, že na základe analyzovaných nízkych koncentrácií síranov 12,7 a 15,1 mg.l^{-1} a záporných hodnôt

$\sigma^{34}SSO_4$ sa podzemná voda formovala aj prechodom infiltrujúcej zrážkovej vody cez pôdny pokryv. Z uvedeného vyplýva, že **podľa genetickej príslušnosti ide o podzemnú vodu petrogénnu s karbonátogénnou mineralizáciou** (Gazda, 1974), **kde obeh podzemnej vody je v prostredí karbonátov chočského príkrovu hronika**.

Podľa výsledkov numerického modelovania od výverovej oblasti, kde sú situované Vodárenske zdroje Staré Lazy, v **súčasných prírodných pomerov (bez tunelov) zo stropu tohto zlomu infiltruje sumárne 0,3759 l.s^{-1}**. Pri razení tunelových rúr môže cez tento zlom infiltrovať maximálne 6,7800 l.s^{-1}. **Tunelové rúry bez opatrení a bez uvažovania hydraulického odporu ostenia spôsobia zväčšenie infiltrácie cez zlom č. 5 o maximálne 6,4040 l.s^{-1}**. Predpokladáme, že primárne bude zlom „sýteny“ vodou z bezmenného potoka, v ktorého údolí sa vodné zdroje nachádzajú.

K ovplyvneniu prameňov Vodného zdroja Staré Lazy nedôjde v prípade, ak pramene vystupuju na kontakte karbonátov hronika a súvrstvi málo priepustných mezozoických ílovcov a slieňovcov (mraznické súvrstvie) veporika, preto odporúčame overiť geofyzikálnymi meraniami rozhranie hronika a veporika, keďže rozhranie je zakryté suťovým materiálom. Ovplyvnenie vodného zdroja je možné iba v prípade, ak podzemná voda odvodňujúca karbonáty chočského príkrovu v prameňoch vodárenského zdroja je hydraulicky spojená na zónu tektonického porušenia (modelovaný zlom č. 15). Podľa pozície záchytov výverov prameňov 1 a 2 (na mape dokumentácie 46) a prameňa 8 (ma mape dokumentácie 49) v blízkosti tektonickej zóny zlomu č. 5 môžu byť tieto teoreticky čiatočne ovplyvnené. Ostatné pramene sú 30 až 50 m výškových metrov nad údolím v ľavobrežnom svahu údolia bezmenného potoka. Tieto pramene nebudú viazané na zónu tektonického porušenia preto nepredpokladáme ovplyvnenie ich kvantity. **Odporúčame overiť smer prítoku vôd do zdrojov**, ktorých pozícia je v blízkosti poruchovej zóny vhodnou metódou geofyzikálneho prieskumu napr. metódou spontánej polarizácie alebo metódou nabytého telesa, kde nositeľom elektrického náboja je prúdiaca voda.

Hladina podzemnej vody overená vrtom NT-30 je zaklesnutá hlboko v masíve v hĺbke až 165,94 m t.j. na kóte 574,88 m n.m. Hlboko zaklesnutú hladinu podzemnej vody potvrdzujú výsledky meraní pórového tlaku druhej úrovne vo vrte NT-16 v hĺbke prepočítanej k zvislici vrtu 188,45 m t.j. na piezometrickej úrovni 579,46 m n.m. Relatívne vyššie je dokumentovaná hladina podzemnej vody vrtom NT-15 na kóte 619,74 m n.m., napriek tomu je pozícia prameňov v nadmorskej výške od 646,78 po 720 m n.m podstatne vyššie, ako sú dokumentované ustálené hladiny (piezometrické výšky) v najbližších pozorovacích vrtoch.

V porovnaní chemického zloženia podzemných vôd z prameňov vodárenského zdroja Staré Lazy s podzemnými vodami odobratými z vrtu NT-15.

Podľa klasifikácie Alekina (1970) patrí **podzemná vody** odobratá **z vrtu NT-13** podľa obsahu všetkých rozpustených látok 356 mg.l^{-1} k vodám stredne mineralizovaným a **podzemná voda** odobratá **z vrtu NT-15** patrí podľa obsahu všetkých rozpustených látok 669 mg.l^{-1} k vodám so zvýšenou mineralizáciou. V podzemných vodách bola zistená vysoko alkalická reakcia vody - pH 9,69 a 12,01, v dôsledku čoho vo vodách nie sú prítomné HCO_3^- ióny, ale sú prítomné CO_3^- ióny a nesie znaky vplyvu redukčných procesov prítomného iónu NH_4^+. Obeh podzemnej vody vo vrte NT-13 a NT-15 je podľa geologickej dokumentácie v prostredí tektonicky porušených mezozoických ílovcov, siltovcov, pieskovcov, vápencov križnanského príkrovu veporika. Podľa chemickej klasifikácie Gazdu (1972) je podzemná voda z NT-13 základného nevýrazného Na-Mg-SO_4 typu a podzemná voda z NT-15 je prechodného Na-Mg-HCO_3-SO_4 typu. V iónovom zložení vôd dominujú najmä ióny Na^+, K^+ a SO_4^{2-}. Z Palmerových indexov má zastúpenie najmä S1(SO_4) a A1 zložka, menej A2 zložka. **Podľa genetickej klasifikácie** (Gazda, 1974) **patria k vodám prechodného silikátovo-sulfidogénnemu podtypu**. Z mineralizačných procesov sa tak vo vodách s rôznou intenzitou uplatnili najmä

proces hydrolytického rozkladu silikátových minerálov a iónovýmenné procesy, ktoré sú typické pre nehomogénne prostredie zastúpené karbonátickými aj silikátovými minerálmi. Na vzorke vody z vrtu NT-13 s analyzovaným obsahom síranov 111 mg.l^{-1}a Izotopovou analýzou síry $\sigma^{34}S_{SO4}$ vo vode overených síranov bolo zistené, že obe vzorky vôd nesú znaky formovania sa ich chemického zloženia v styku so sadrovcami(anhydritom), a preto obsahujú aj izotopicky ťažkú síru. **Jej pôvod je pravdepodobnejší prítomnosťou izolovaných prostredí s redukčnými podmienkami**, kde z prítomnej morskej vody s hodnotami okolo 20% vznikol v dôsledku redukcie v uzavretom priestore ťažký zostatkový síran a pyrit s ľahkou sírou. mineralizácii podiel rSO_4/M = 0,24, podobne vo vzorke NT-15 bol analyzovaný obsah síranov 106 mg.l^{-1} a tvorí na celkovej mineralizácii podiel rSO4/M = 0,09, podzemná voda oboch zdrojov je voči sadrovcu nedosýtená.

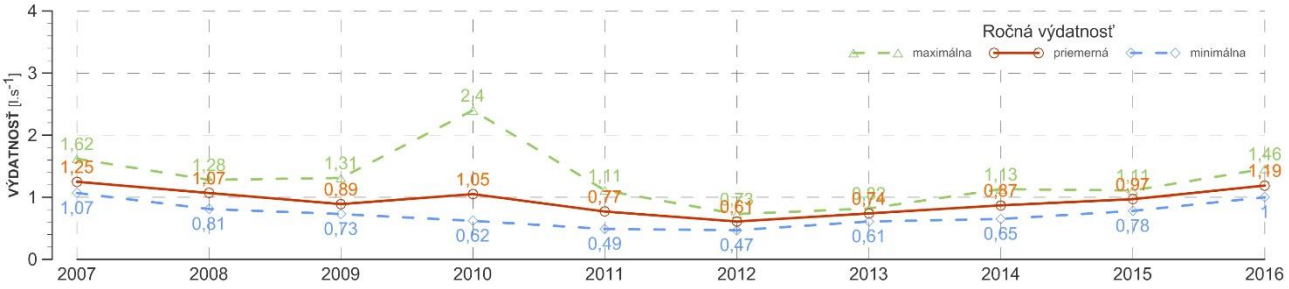
Vzhľadom na reálne namerané úrovne hladín podzemných vôd vo vrtoch v trase tunela a z pozície výverov vodných zdrojov, ako aj z rozdielnych podmienok tvorby chemického zloženia podzemných vôd, predpokladáme odelené podmienky obehu podzemných vôd v prípade vodných zdrojov a v prípade okolia tunelovej rúry. Významné ovplyvnenie vodných zdrojov Staré Lazy preto v súvislosti s razením prieskumného nepredpokladáme resp. očakávame len minimálne ovplyvnenie.

Napriek vyššie uvedenému konštatovaniu pre zvýšenie bezpečnosti odporúčame aj v tomto úseku tunela realizovať **cielene utesňovanie významnejších sústredených prítokov** podzemnej vody pomocou chemickej injektáže.

C) Skupina vodárenských zdrojov Malho, Laukovo, Trstenica, Nová Hrboltová, Studničky

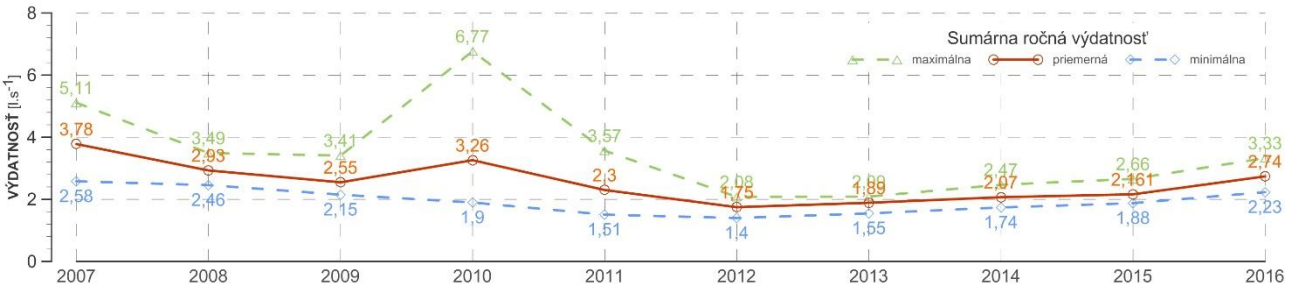
Skupina Vodárenských zdrojov**Malho, Laukovo, Trstenica, Nová Hrboltová, Studničky**je situované juhu hydrogeologickej štruktúry Čebrať v nadmorskej výške 552 (59) až 670 m n. m. (62). Záchyty prameňov sú vo svahu na kontakte karbonátov Hronika a málo priepustného súvrstvia ílovcov a slieňovcov mraznického súvrstvia veporika. Podľa územnoplánovacej dokumentácie mesta Ružomberok využívanésú vodárenské zdroje Nová Hrboltová, Trstenica s prameňmi 1 až 6, Laukovo s prameňmi 2 až 5. **Nevyužívanými vodárenskými zdrojmi sú Staré lazy** s prameňmi 1 až 10, vodárenský zdroj **Malho** a **Studničky** s prameňmi 1 a 2.

Podľa údajov Vodárenskej spoločnosti Ružomberok VSR a.s. sa priemerná výdatnosť prameňa vodného zdroja Malho č. 57 sa pohybovala v rokoch 2007 - 2016 v rozmedzí Q = 0,47 až 2,40 l.s^{-1}, v priemere 0,94 l.s^{-1} (obrázok 22).



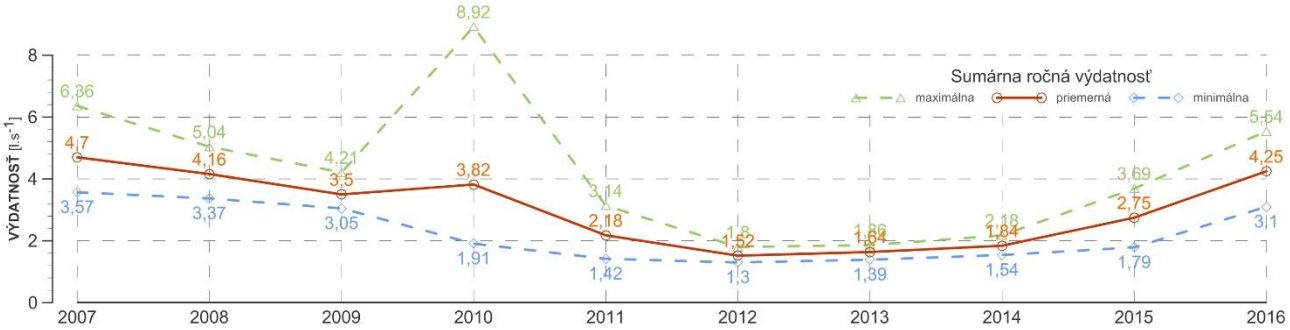
Obrázok 22Ročná výdatnosť vodárenského zdroja Malho

Sumárna priemerná výdatnosť prameňov Laukovo 2 až 5 sa pohybovala v rokoch 2007-2016 v rozmedzí Q = 1,40 až 6,77 l.s^{-1}, v priemere 2,54 l.s^{-1} (obrázok 23).



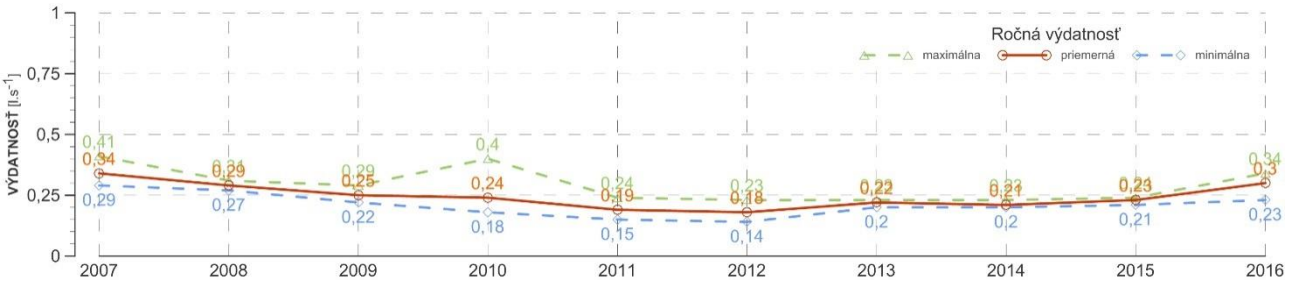
Obrázok 23Ročná sumárna výdatnosť prameňov 2 až 5 vodárenského zdroja Laukovo

Sumárna priemerná výdatnosť prameňov Trstenica, pramene 1 až 6, sa pohybovala v rokoch 2007 - 2016 v rozmedzí Q = 1,30 až 8,92 $l.s^{-1}$, v priemere 3,04 $l.s^{-1}$ (obrázok 24).



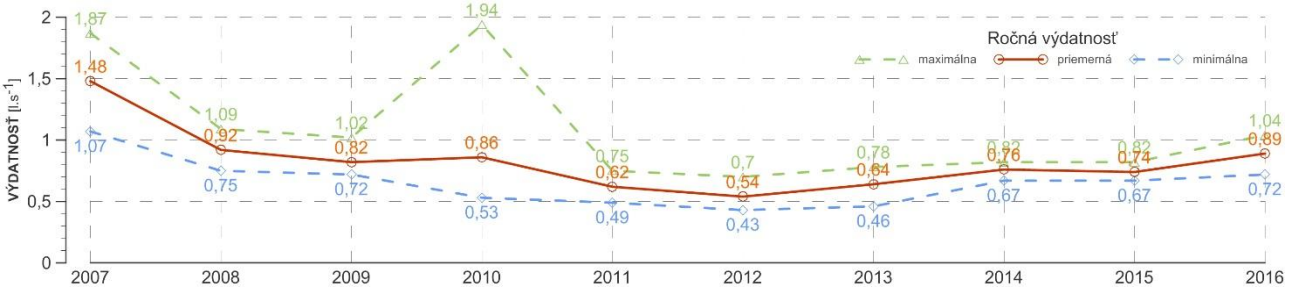
Obrázok 24Ročná sumárna výdatnosť prameňov 1 až 6 vodárenského zdroja Trstenica

Priemerná výdatnosť prameňa č. 2 vodného zdroja Studničky sa pohybovala v rokoch 2007 - 2016 v rozmedzí Q = 0,14 až 0,41 $l.s^{-1}$, v priemere 0,25 $l.s^{-1}$ (obrázok 25).



Obrázok 25Ročná výdatnosť prameňa 2 vodárenského zdroja Studničky

Priemerná výdatnosť prameňa vodného zdroja Nová Hrboltová sa pohybovala v rokoch 2007 - 2016 v rozmedzí Q = 0,43 až 1,94 $l.s^{-1}$, v priemere 0,83 $l.s^{-1}$ (obrázok 26).



Obrázok 26Ročná výdatnosť vodárenského zdroja Nová Hrboltová

Tabuľka 27 Výdatnosti vodárenských zdrojov za obdobie 11/2012 – 04/2014 podľa údajov vodárenských

spoločností (tabuľková časť Príloha 12).

	VZ Malho	VZ Laukovo	VZ Trstenica	VZ Studničky	VZ Nová Hrboltová
Min	0,47	1,40	1,30	0,14	0,43
Max	2,40	6,77	8,92	0,41	1,94
Priem	0,94	2,54	3,04	0,25	0,83

Podzemná voda v zodárenského zdroja Malho patrí podľa reakcie vody pH = 8,02 k vodám slabo alkalickým, podľa klasifikácie Alekina (1970) podľa obsahu všetkých rozpustených látok 312 $mg.l^{-1}$ je stredne mineralizovaná a podľa celkovej tvrdosti 2,02 $mmo.l^{-1}$ je mäkká. Podľa chemického typu ide o podzemnú vodu základného výrazného Ca-Mg-HCO_3 typu (Gazda, 1972), v katiónovej oblasti prevládajú ióny Ca_2^+, Mg_2^+, HCO_3^- a SO_4^{2-}, medzi Palmerovými indexami má dominantné zastúpenie A_2 zložka 67,40 c.z%, charakterizačný koeficient rMg/rCa bol 0,77. Stav nasýtenia podzemnej vody bol posudzovaný z indexov nerovnovážnosti pre hlavné karbonáty Kc, Kd. Z empiricky vypočítanej hodnoty pre kalcit Kc vyplýva, že podzemná voda je nasýtená voči kalcitu a mierne nasýtená dolomitom (obrázok 21). Z uvedeného vyplýva, že **podľa genetickej príslušnosti ide o podzemnú vodu petrogénnu s karbonátogénnou mineralizáciou** (Gazda, 1974), **kde obeh podzemnej vody je v prostredí karbonátov chočského príkrovu hronika najmä dolomitov**.

V zhľadom na vzdialenosť vodárenských zdrojov vodných zdrojov od osi južnej tunelovej rúry je 1200 až 1320 m a obeh podzemnej vody viazaný na karbonáty chočského príkrovu **ovplyvnenie kvantity hodnotenej skupiny vodných zdrojov nepredpokladáme**.

2.4 Kategorizácia a využiteľnosť zemín a hornín

2.4.1 Kategorizácia zemín a hornín

Jednotlivé vyčlenené typy pokryvných kvartérnych zemín a podložných mezozoických hornín s rôznym stupňom zvetrania a porušenia, vyskytujúcich sa v novej trase diaľnice D1 Hubová - Ivachnová, radíme podľa STN 73 3050 do nasledovných tried ťažiteľnosti:

– antropogénne navážky (koľajové kamenivo, násypy hrádzí a ciest) ..... tr.2 – 4
– náplavové silty a íly piesčité, terasové polygenetické íly a silty piesčité ..... tr.3 – 4
– náplavové a terasové polygenetické íly, silty a piesky ..... tr.2 – 3
– deluviálne a proluviálne sute kamenité a ílovito–kamenité tr.4
– deluviálne a proluviálne sute balvanité tr.5
– deluviálne a proluviálne sute ílovité ..... tr.3 – 4
– štrky korytovej fácie, terasové štrky tr.5
– mezozoické siltovce a vápence zvetrané a tektonicky porušené ..... tr.4 – 5
– mezozoické siltovce a vápence zdravé a navetrané ..... tr.5 – 7
– mezozoické ílovce s preplástkami slienitých vápencov zvetrané a tektonicky porušené tr.5
– mezozoické ílovce s preplástkami slienitých vápencov zdravé a navetrané ..... tr.5 – 6

2.4.2 Možnosti využitia kvartérnych zemín a mezozoických hornín

V náväznosti na tabuľky 15 a 16, ktoré uvádzajú prehľad geotechnických parametrov kvartérnych zemín a mezozoických hornín, vyskytujúcich sa v trase navrhovaného variantu V1diaľnice D1 Hubová - Ivachnová, uvádzame v nasledujúcej tabuľke 28 prehľad vlastností kvartérnych zemín z hľadiska ich využiteľnosti pre budovanie násypov a úpravy podložia. Materiály boli zhodnotené podľa najpoužívanejších klasifikácií a technických noriem, pričom tabuľka má len odporúčací charakter.

Pri orientačnom výpočte objemu rúbaniny, ktorá vznikne pri realizácii tunela

Čebraťpomocou NRTM, sme uplatnili vstupné údaje profilu výrubu dvojrúrového diaľničného tunela s plochou výrubu F = 83,5 m^2 bez spodnej klenby a F = 101 m^2 so spodnou klenbou. Celková dĺžka razenej časti tunela je 3449 m. Pri predpokladanej aplikácii tunela so spodnou klenbou na úseku cca 20% z celkovej dĺžky tunela (cca 690 m) bude celkový vyťažený objem hornín z týchto úsekov 139 380 m^3. Z dvojrúrového tunela bez spodnej klenby predpokladáme vyťažiť 460 753 m^3 horniny. Spolu celkový vyťažený objem rúbaniny z tunela razeného NRTM bude 600133 m^3. V tejto sume nie sú zahrnuté objemy hornín vyťažených z tunelových prepojok a z núdzových a otáčacích zálivov – tieto informácie neboli v čase spracovania záverečnej správy k dispozícii.

Za predpokladu, že hodnota súčiniteľa nakyprenia bude k = 1,3, bude celkový vyťažený objem hornín z diaľničného tunela Čebrať v prípade razenia pomocou NRTM predstavovať 780 173 m^3. Dominantným horninovým typom vyťaženým z tunela Čebrať budú budú ílovce a siltovce v jeho západnej časti (55%) a vápence až slieňovce vo východnej časti (45%). Ílovce sú horniny citlivé na zmeny vlhkosti a napätosti, pričom horniny s prevahou ílovcov možno charakterizovať ako kamennú sypaninu z mäkkých skalných hornín (σ_c = 20 – 50 MPa). Tektonicky podrvené a zbridličnatené mezozoické ílovce možno považovať za rúbaniny charakteru zeminy s extrémne nízkou pevnosťou (R5 – R6) a charakteru štrku až ílu (G5/GC, F2/CG, F6/CI). Tieto materiály sú podmienečne vhodné na zabudovanie do násypových telies, vhodnejšie však vo forme sendvičovej štruktúry alebo do jadier násypov tak, aby boli ochránené od klimatických vplyvov.

Druhým najrozšírenejším horninovým typom budú slienité kalové vápence, ktoré po vyťažení z tunela budú predstavovať kamennú sypaninu z tvrdých skalných hornín (σ_c > 50 MPa). Nakoľko ide o vysokopevné horniny, pri použití razenia pomocou NRTM bude vyťažený materiál mať rozličnú blokovitosť, pričom z takejto rúbaniny možno vyseparovať aj materiál, ktorý možno použiť ako kvalitný stavebný kameň (bloky hornín). Sypanina z vápencových hornín predstavuje materiál veľmi vhodný na zabudovanie do násypových telies, ale aj ako výplň stabilizačných a drenážnych rebier či do gabiónov, prípadne na výmenu nevhodného podložia.

Celkove možno konštatovať, že v zmysle STN 73 6133 rúbanina (hlavne vápence), po úprave drvením do požadovanej granulometrie, bude prevažne vhodným materiálom pre použitie do násypov, zdravé ílovce a siltovce len do jadra násypov. Po nevyhnutnom vykonaní kontrolných skúšok materiál rúbaniny nájde uplatnenie aj pri návrhu konštrukčných vrstiev vozoviek.

Tabuľka 28 Kategorizácia zemín z hľadiska využiteľnosti

CHARAKTERISTIKA			DELUVIÁLNE, POLYGENETICKÉ A FLUVIÁLNE SEDIMENTY A ELÚVIUM PALEOGÉNNYCH HORNÍN					
			ÍLY A SILTY			PIESKY	ŠTRKY	
Zatriedenie STN 72 1001		symbol	CG, MG	CS, MS	CL, CI, CH, MI, MH	SC, SM, SP, S–F	G–F	GW, GP, GM, GC
		trieda	F2, F1	F4, F3	F6, F8, F5	S5, S4, S3, S2	G3	G1, G2, G4, G5
STN 73 6133	Zatriedenie	porad. číslo	2 – 1	3 – 5	9 – 11	18 – 21	24	22, 23, 25, 26
	Vhodnosť do násypov		podmienečne vhodné	vhodné	podmienečne vhodné až nevhodné	vhodné	vhodné	vhodné
	Vhodnosť do podložia		podmienečne vhodné	podmienečne vhodné až nevhodné	nevhodné	podmienečne vhodné až vhodné	vhodné	vhodné až podmieneč ne vhodné

Namŕzavosť			namŕzavé	nebezpečne namŕzavé	nebezpečne namŕzavé až vysoko namŕzavé	namŕzavé	mierne namŕzavé až nenamŕzavé	nenamŕzavé až mierne namŕzavé
Zhutnenie		ρ_{dmax} (g.cm^{-3})	(1,55 – 2,00)	(1,55-2,00)	(1,38 – 1,95)	(1,70 – 2,10)	2,09-2,22	1,99-2,15
Proctor standart		W opt (%)	(10 – 35)	(12 – 35)	(10 – 35)	(8 – 20)	6,7-9,8	8,7-11,5
CBR pri w_{opt}		CBR (%)	(5 – 18)	(2 – 30)	(2 – 20)	(4 – 70)	2,0-12,0	3,0-6,0
CBR pri S_r = 95%		CBR_{95} (%)	(3 – 10)	(0 – 20)	(0 – 8)	(2 – 25)	(6 – 60)	(3 – 40)
Skupina zhutniteľnosti			2	2 – 3	3	2 – 3	2	2 – 3
Požadovaná miera zhutnenia telies násypov pozemných komunikácií		I_D	–	–	–	0,70 0,80	0,70 0,80	0,70 0,80
		D (% PS)	92 95	92 95	92 95	–	–	–
		$E_{def\ 2}$ (MPa)	≥20 ≥30	≥20 ≥30	≥20 ≥30	≥45 ≥100	≥45 ≥100	≥45 ≥100
Požadovaná miera zhutnenia v zemnom telese železničného spodku		I_D	–	–	–	0,80 – 0,90	0,75 – 0,85	0,70 – 0,80
		D (% PS)	100	100	102	–	–	–

Poznámka: hodnoty uvedené v zátvorke sú prevzaté z prílohy C normy STN 73 6133

Menej hodnotná rúbanina, predovšetkým silne zvetrané a tektonicky porušené ílovce a siltovce charakteru zemín, bude využiteľná pre rôzne terénne úpravy technickej rekultivácie vyťažených zemníkov, lomov a zaplnenie rôznych terénnych nerovností a depresií, resp. ako inertný materiál skládok. Je potrebné upozorniť, že mezozoické ílovce sú absolútne nevhodné na použitie do gabiónových konštrukcií ani ako materiál na budovanie lícovej strany násypov.

2.5 Zoznam súradníc prieskumných diel

Prieskumné diela boli v teréne vytýčené pomocou GPS prístroja TRIMBLE s dostačujúcou presnosťou. V nasledujúcej tabuľke uvádzame prehľad zameraných súradníc. Zameranie prieskumných diel vykonal Ing. Ondrej Baránek zo spoločnosti GEOSMART s.r.o. Meračská správa je súčasťou Záverečnej správy ako samostatná príloha 13. V nasledujúcej tabuľke 29 uvádzame iba zoznam súradníc prieskumných diel.

Tabuľka 29 Zoznam súradníc prieskumných diel

Označenie	X	Y	Z (terén)	Poznámka
NT-01	-407802,23	-1187481,58	536,70	pažnica 0,80
NT-02	-407791,57	-1187484,60	537,30	pažnica 0,85
NT-03	-407577,51	-1187511,97	532,53	pažnica 0,94
NT-04	-407518,43	-1187562,65	538,30	pažnica 0,74
NT-06	-407528,64	-1187595,58	535,55	pažnica 0,74
NT-07	-407490,36	-1187601,19	540,92	pažnica 0,74
NT-08	-407440,22	-1187579,16	547,72	pažnica 0,74
NT-09	-407509,10	-1187524,00	544,14	pažnica 0,74
NT-10	-407369,82	-1187595,90	557,62	
NT-11	-407306,42	-1187599,40	576,77	pažnica 0,74
NT-12	-407007,42	-1187650,85	639,84	

NT-13	-406646,52	-1187752,02	655,87	pažnica 0,74
NT-14	-406125,22	-1187957,67	682,34	
NT-15	-405746,54	-1188030,50	749,88	pažnica 0,74
NT-16	-405417,84	-1188130,97	767,32	
NT-17	-405168,49	-1188100,29	796,93	
NT-18	-407612,85	-1187575,79	523,83	pažnica 0,67
NT-19	-407615,76	-1187578,50	523,84	pažnica 0,74
NT-28				pažnica 0,74
NT-29				pažnica 0,74
NT-30				pažnica 0,74
M-203-01	407966,00	1187457,51	511,99	
M-203-02	407956,06	1187452,26	512,29	
M-203-03	407935,83	1187456,50	508,44	
M-203-04	407898,78	1187471,60	511,29	
M-203-05	407881,31	1187476,39	517,69	
M-203-06	407886,69	1187493,31	515,82	
M-204-03	407711,94	1187526,64	506,36	
M-204-04	407719,88	1187541,20	504,11	
M-204-05	407677,26	1187551,94	512,70	
M-204-06	407673,83	1187531,86	513,41	
M-204-07	407636,84	1187534,80	520,40	
M-204-08	407644,45	1187561,16	518,53	
230-01	408330,86	1187163,16	518,21	pažnica 0,87
230-02	408401,59	1187218,39	491,72	pažnica 0,79
231-01	408118,50	1187315,20	513,76	
231-02	408182,90	1187390,94	497,03	pažnica 0,71
231-03	408165,18	1187398,90	496,42	pažnica 0,64
DPS-203-01	-407983,11	-1187489,45	501,94	
DPS-203-02	-407941,99	-1187475,67	502,61	
DPS-203-03	-407912,16	-1187485,77	508,00	
DPS-204-01	-407724,33	-1187506,86	525,49	
DPS-204-02	-407594,59	-1187538,21	525,49	
DPS-204-03	-407599,52	-1187565,91	525,08	
DPS-JTR-01	-407510,94	-1187583,49	538,34	
DPS-STR-01	-407527,27	-1187547,04	539,46	
DPS-JTR-02	-407470,65	-1187580,59	543,62	
DPS-STR-02	-407470,56	-1187550,82	546,95	
DPS-STRN-01	-407632,58	-1187493,86	524,04	
DPS-STRN-02	-407571,52	-1187461,15	535,32	
DPS-STRN-03	-407530,90	-1187507,03	541,22	
DPS-STRN-04	-407454,70	-1187521,52	551,94	
DPS-230-03	-408306,18	-1187278,36	499,89	
DPS-231-01	-408110,29	-1187305,82	515,79	
DPS-231-02A	-408170,58	-1187402,60	493,83	
DPS-231-02	-408172,52	-1187405,81	493,71	

DPS-230-02	-408436,15	-1187254,33	485,68	
DPS-230-01	-408372,26	-1187193,96	498,96	

3 ZÁVER

Sumarizácia výsledkov a odporúčaní

Predkladaná záverečná správa z podrobníého inžinierskogeologického prieskumu sumarizuje výsledky prieskumných terénnych i laboratórnych prác v trase nového variantu diaľnice D1 v úseku Hubová - Ivachnová a to konkrétne v jeho alternatíve V1. Cieľom prieskumných prác bolo podrobné overenie inžinierskogeologických, hydrogeologických a geotechnických pomerov v trase predĺženého tunelaa priľahlej zmenenej trasy a poskytnúť relevantné podklady pre EIA a pre optimalizáciu umiestnenia portálu tunela.

Metodika prác a všeobecné údaje o prírodných podmienkach sú prehľadne spracované v úvodných kapitolách predkladanej záverečnej správy (všeobecná časť). Vlastné spracovanie výsledkov prieskumu je náplňou podrobnej časti predkladanej záverečnej správy, kde v kapitole 2.1 sú uvedené hlavné charakteristické typy zemín a hornín spolu s ich laboratórne a terénne zistenými fyzikálno–opisnými i pevnostno–deformačnými vlastnosťami. Pri inžinierskogeologickej, geotechnickej a hydrogeologickej charakteristike jednotlivých kvartérnych zemín a podložných hornín boli v plnej miere zohľadnené a prevzaté výsledky z predchádzajúcich prieskumov v danej oblasti, prípadne lokalít s obdobnou geologickou stavbou. V kapitole 2.2 sú prehľadne charakterizované geotechnické pomery v novej trase diaľnice a to v jej povrchovej časti, portálovej oblasti i v trase razeného tunela.V kapitole 2.3 uvádzame prehľad hydrogeologických pomerov na skúmanom území.

3.1 Trasa variantu V1 vedená na povrchu

V **povrchovom úseku diaľnice** je geologická stavba zložitá. Trasa vedie po ploche terasového stupňa, budovaného najmä zeminami fluviálne (terasové štrky a ich polygenetický pokryv) a deluviálnej (svahové sute) genézy. V ich podloží sa nachádzajú čiastočne skrasovatené vápence a ílovce. Územie možno považovať za stabilné, bez vplyvov podzemnej vody. Prieskumné práce boli zamerané najmä na zistenie stability svahov a možnosti zakladania mostných objektov.

Medzi hlavné rizikové fenomény, ktoré sa vyskytujú v trase diaľnice mimo tunela a aportálovej oblasti, patria zosuvy a erózia. Svahy priľahlé k povrchovej časti diaľnice v skúmanom úseku hodnotíme ako stabilné, bez náznakov aktivity. Erózia je viazaná najmä na miesta vodných tokov a miesta s odstráneným pôdnym krytom (lesné cesty). Medzi ďalšie rizikové fenomény patria degradácia geotechnických parametrov hornín pri styku s vodou (rozbredanie a zvetrávanie hlavne ílovcov) a heterogenita geotechnických vlastností zemín a hornín, ktoré sa prejavujú najmä v prípade ílovcových hornín a tektonicky porušených vápencových hornín a pri niektorých typoch kvartérnych zemín (proluviálny komplex, antropogénny komplex).

Mostné objekty je možné **zväčša zakladať hĺbkovo** na veľkopriemerových pilótach votknutých do predkvartérneho podložia alebo (vzhľadom na veľké hrúbky kvartéru) ako plávajúcich pilótach, v kvartérnom komplexe. Upozorňujeme, že v deluviálnych sutiach, ktoré prekryli terasové sedimenty Váhu sa vyskytujú balvany až bloky karbonatických hornín, ktoré boli zvlečené z vyšších partií svahov, ktoré budú sťažovať realizáciu veľkopriemerových pilót prípadne baranenie štetovníc.

3.2 Portálový zárez a úvodný úsek razeného tunela variantu V1

V **portálovom záreze** i v priľahlom úvodnom úseku tunela sú geologická stavba i geotechnické pomery komplikované. Na geologickej stavbe sa podieľajú prevažne zeminy deluviálnej a proluviálnej genézy, ktoré sú v súčasnosti zahrnuté do zosuvného delúvia. Zosuvné delúvium považujeme v súčasnosti za stabilizované. V podloží kvartéru sa nachádzajú mezozoické horninové komplexy, značne tektonicky porušené a zvetrané. Prieskumné práce v týchto úsekoch boli zamerané najmä na predbežné zhodnotenie možnosti zakladania portálových objektov, budovanie zárezov a samotného razeného tunela Čebrať.

Medzi hlavné rizikové fenomény, ktoré sa vyskytujú v skúmanej oblasti patria zosuvy a blokové deformácie, rozvoj erózie, tektonické pohyby a zemetrasenia, ako aj zvetrávanie. Svahy horstiev, ktoré lemujú aluviálnu nivu rieky Váh, sú v dolnej časti (tj. v miestach, kde bude situovaný nový západný portál tunela Čebrať) budované prevažne ílovcovými horninami. Vďaka špecifickej geologickej stavbe, morfologickému vývoju územia ako aj vplyvom klimatických pomerov je územie extrémne náchylné na vznik svahových pohybov, najmä v prípade nevhodného technického zásahu do svahu. Počas prieskumných prác v priestore západného portálu tunela boli identifikované **potenciálne a stabilizované zosuvy**.

Medzi ďalšie rizikové fenomény z hľadiska výstavby portálu a razenia tunela v úvodnom úseku patria degradácia geotechnických parametrov hornín pri styku s vodou (rozbredanie a zvetrávanie) a heterogenita geotechnických vlastností zemín a hornín, ktoré sa prejavujú najmä v prípade ílovcových hornín a pri niektorých typoch kvartérnych zemín (deluviálno-proluviálny komplex). Okrem toho negatívne vplýva i nízke nadložie tunela.

Vzhľadom na absenciu predchádzajúcich prieskumných prác v trase tunela, opierali sme sa pri hodnotení horninového prostredia najmä o údaje získané priamo v teréne, jednak z vrtných prác a najmä z realizovaných geotechnických skúšok. Pre overenie geotechnických parametrov horninového masívu sme využili presiometrické a dilatometrické skúšky, ktoré umožňujú overiť deformačné parametre horninového prostredia priamo v nivelete plánovanej tunelovej rúry. Tieto geotechnické skúšky boli kombinované s karotážnymi meraniami, laboratórnymi skúškami na odobratých vzorkách a hydrodynamickými skúškami.

Z výsledkov podrobného inžinierskogeologického prieskumu vyplýva, že **podmienky pre vybudovanie nového portálu tunela Čebrať a jeho razenie (v hodnotenom úseku) nie sú úplne ideálne**. Dôvodom je najmä pomerne veľká hrúbka deluviálnych zemín, ktoré hodnotíme ako zosuvné stabilizované delúvium, a hlavne značná tektonická porušenosť horninového prostredia. Okrem týchto fenoménov za negatívny vplyv možno považovať aj nasýtenie horninového prostredia podzemnou vodou so vztlakovými účinkami a napätými horizontami.

Napriek pomerne nepriaznivým geologickým a geotechnickým pomerom v skúmanej oblasti možno povedať, že za dodržania navrhovaných opatrení a dôslednej technologickej disciplíny je portál tunela aj úvodnémetre razeného tunela možné realizovať bez závažnejších problémov. V prípade potreby, je možné portál posunúť severnejším smerom, kde by sa pravdepodobne pri zachovaní súčasnej nivelety mierne zlepšili geologicko-geotechnické podmienky v kalote v úvodných metroch tunela. Túto skutočnosť však je potrebné overiť priamym prieskumným dielom v nasledujúcej etape prieskumu.

Dominujúcim litologickým a inžinierskogeologickým typom v hodnotenej oblasti sú ílovce s občasnými prechodmi do siltovca až pieskovca. Mimo tektonicky porušených zón predstavujú **uspokojivo kvalitné horninové prostredie** poloskalných hornín s minimálnym očakávaným prítokom podzemnej vody. Rizikovým faktorom je ich **citlivosť na styk s vodou**. V tektonicky porušených zónach v tomto prostredí nadobúda hornina charakter súdržnej ílovitej zeminy

s úlomkami a **podmienky na razenie sú zlé** Prítoky podzemnej vody v tomto komplexe očakávame len v zónach s vyšším zastúpením pieskovcov resp. vápencov po otvorených puklinách. V zmysle (už neplatnej, ale stále aplikovanej) normy ÖNORM B 2203 prevažná časť trasy tunela bude razená v horninách triedy B2 - B3, v kompaktnejších úsekoch v triede B1 až A2. V poruchových zónach predpokladáme razenie na cca 30% trasy tunela, kde trieda hornín je prevažne B3, v najviac porušených úsekoch až C3.

Opatrenia na zlepšenie podmienok razenia by mali mať nasledujúci charakter:

- realizovať podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum
- dôsledné dodržiavanie technologickej disciplíny;
- v úsekoch tvorených tektonitmi charakteru zeminy a v úsekoch tvorenými poloskalnými horninami je potrebné dôsledne zachytávať všetky prítoky podzemnej vody a sústredene ich odvádzať drenážnym potrubím tak, aby voda nemohla degradovať geotechnické parametre hornín najmä v počve tunela a zamedzilo sa tak rozbredaniu hornín pri pojazdoch mechanizmov;
- z rovnakého dôvodu je potrebné zamedziť únikom technologickej vody;
- je potrebné prijať opatrenia na zamedzenie vysýpania úlomkovitých hornín, najmä bridličnatých ílovcov v tektonicky porušených zónach – je možné uplatniť aplikáciu horninového piliera, chemickú injektáž klenby tunela a podobne;
- pre zamedzenie rizika zavlečenia znečistenia do okolitých vodných zdrojov je potrebné počas výstavby dôsledne dodržiavať používanie ekologicky odbúrateľných mazív;
- chemicky nebezpečné látky sa nesmú skladovať v medziskladoch v tuneli;

Nadložie tunela bude dosahovať v tomto úseku 5 – 45 m. Razený portál je situovaný do bloku hornín porubského súvrstvia, ktoré je v mieste portálu intenzívne tektonicky porušené. V prvých cca 20 m tunela predpokladáme, že v kalote budú zastihnuté ešte zeminy kvartéru, charakterizované ako zosuvné delúvium. Geneticky ide o proluviálno-deluviálne sute rozličného zloženia. Podložné súvrstvie v prvých cca 50 - 60 m tunela možno priradiť do potenciálnych blokových deformácií svahu, ktorých aktivita v tejto oblasti však zatiaľ nie je dokumentovaná žiadnymi meraniami.

Z hľadiska účelových tunelárskych klasifikácií kvality horninového prostredia sme v danej oblasti vyčlenili dve charakteristické horninové prostredia: prostredie silno tektonicky porušených hornín charakteru brekcií s budinovanými restami pevnejších blokov hornín a prostredie relatívne kompaktných masívnych ílovcov až siltovcov. Tieto dve prostredia sav danej oblasti striedajú, pričom predpokladáme, že porušených hornín bude cca 30% z celkového objemu. Prehľad kvality horninového prostredia, hodnoteného podľa viacerých klasifikačných systémov poskytuje nasledovná tabuľka30:

Tabuľka 30 Prehľad hodnotenia kvality horninového prostredia pre účely výstavby tunela

Typ prostredia	RQD	RMR kvalita / trieda	QTS trieda	ÖNORM B 2203
Tektonické brekcie a porušené ílovce	0 - 25%	21 zlá / IV.	37 4.	B3 - C3
Kompaktné ílovce až siltovce, masívne, málo rozpukané	25 - 50%	58 uspokojivá / III.	64 3.	B2 - B1

Poznámka: RQD - Rock Quality Designation (Deere, 1964); RMR - Rock Mass Rating (Bieniawski, 1973); QTS - Regionální klasifikace Praha (Tesař, 1977);

Upozorňujeme, že vstupné parametre účelových geotechnických klasifikácií boli

zisťované iba z vrtných prác, resp. boli kvalifikovane odhadnuté. Pre presnejšie klasifikovanie prostredia by bolo potrebné realizovať banské prieskumné dielo(lokálnu prieskumnú štôlňu alebo šachticu). Z viacerých použitých účelových klasifikácií horninového prostredia sme využili klasifikáciu podľa Z. T. Bieniawského (1973, 1979), ktorá je – pri využití výsledkov iba z prieskumných vrtov a čiastočne z odkryvov – lepšie aplikovateľná a univerzálnejšia. Triedy hornín RMC boli zostavené podľa ratingového bodového ohodnotenia RMR, zohľadňujúceho pevnosť v prostom tlaku σ_c, index kvality RQD, vzdialenosť a charakter diskontinuít, vplyv podzemnej vody a smer i úklon diskontinuít – hlavne vrstevnatosti k osi tunela a smeru razenia (upravený podľa T. E. Francisa, 1991). Okrem RMR uvádzame i pražskú geotechnickú klasifikáciu podľa Tesařa (1977), ktorá je vhodná pre geologické podmienky prostredie Západných Karpát. Zároveň, vzhľadom na predpokladaný spôsob razenia tunela uvádzame i klasifikáciu pre cyklické razenie ÖNORM B2203, ktorá je už neplatná.

Z uvedených výsledkov prieskumných prác v portálovej oblasti vyplývajú nasledujúce odporúčania:

- Keďže hlavným geotechnickým rizikom v uvedenom úseku je nestabilita klenby, stien a čelby tunela v úseku s malým nadložím a v úsekoch s tektonickým porušením, je potrebné realizovať zabezpečenie klenby tunela mikropilótovým dáždnikom a zároveň zabezpečovať uzatváranie profilu tunela protiklenbou;
- je potrebné zabezpečiť odvádzanie priesakových vôd sústredeným odtokom tak, aby nedochádzalo k rozmokaniu počvy tunela pri pojazdoch mechanizmov;
- vzhľadom na fakt, že v časti trasy tunela bude do kaloty zasahovať kvartérny deluviálny pokryv, navrhujeme v tomto úseku zlepšenie vlastností zemín v klenbe z povrchu alebo realizovať v tomto mieste razenie pod ochrannou klenbou (korytnačka), prípadne prehodnotiť pozíciu razeného portálu (zasunutie viac do masívu).

Z hľadiska hydrogeologického predstavuje úsek relatívne komplikované prostredie s veľmi variabilným charakterom prítokov podzemnej vody. Vzhľadom na otvorenosť masívu (gravitačný rozpad na okraji pohoria) pozdĺž predisponovaných tektonizovaných zón možno očakávať prítok na úrovni 0,5 - 2 $l.s^{-1}$. Mimo porušených zón očakávame masív relatívne tesný, bez prítokov alebo len s malými prítokmi po rozpukaných pieskovcových polohách.

Podzemná voda z okolitých vrtov v mieste portálového zárezu podľa svojho chemického zloženia nemala agresívne účinky na betón - symbol X0 a tvorí prostredie s veľmi nízkou agresivitou pre kovové materiály so stupňom I.Pre podrobnejšie charakterizovanie agresivity prostredia je potrebné realizovať odbery podzemných vôd zo zabudovaných vrtov s dlhším časovým odstupom od ich realizácie.

3.3 Trasa variantu V1 vedená tunelom Čebrať

V úseku diaľnice D1 Hubová - Ivachnová, vedenom tunelom Čebrať vo variante V1, možno **inžinierskogeologické, geotechnické a hydrogeologické pomery hodnotiť ako zložité**. Vzhľadom na komplikovanosť problematiky je potrebné globálne hodnotenie rozčleniť na **A) vplyv horninového prostredia na razenie tunelov**(banskotechnické resp. geotechnické podmienky pre razenie) a v druhej časti na **B) vplyv výstavby tunelov na horninové prostredie.**

Územie ktorým je vedený tunel Čebrať vo svojej variante V1 sa nachádza na okraji pohoria Šípskej Fatry. Z pohľadu geologickej stavby ide o zložitú štruktúru, ktorá bola primárne tvorená endogénnymi tektonickými procesmi – nasúvaním príkrovov resp. duplexov v rámci

príkrovov a primárne rozblokovanie zlomovou tektonikou. Sekundárnym činiteľom sú exogénne procesy, najmä zarezanie údolia Váhu a jeho prítokov, ktoré zmenili napätostné pomery územia. Následne dochádza k vzniku gravitačných pohybov horninových blokov (najmä chočského príkrovu) pozdĺž už predtým vytvorených tektonických rozhraníza vzniku zložitej blokovej štruktúry, sprevádzanej vznikom rozsiahlych suťovísk pod skalnými stenami, vzniku zosuvov rozličného typu a rozsahu. Komplikovaná geologická stavba podmieňuje vznik zložitých geotechnickýh, inžinierskogeologických, ale najmä hydrogeologických pomerov. Prieskumné práce podrobného prieskumu boli z toho dôvodu zamerané najmä na detailné zhodnotenie jednak možnosti samotného razenia tunela, jednak zhodnotiť riziko vplyvu tunela na okolité vodné zdroje resp. celé územie, tj. predbežne stanoviť hydrogeologické pomery územia.

Podmienky razenia jednotlivých úsekov tunela a výstavby priľahlých objektov sú podrobne charakterizované v kapitole 2.2 a jej podkapitolách. Považujeme za dôležité upozorniť, že tento takmer 4 km dlhý diaľničný tunel bolo potrebné charakterizovať z hľadiska inžinierskogeologických, geotechnických a hydrogeologických pomerov **bez realizácie pilotnej prieskumnej štôlne**, pričom ani v trase pôvodného variantu tunela Čebrať nebola takáto štôlňa realizovaná. Zároveň je potrebné upozorniť, **že prieskum bol realizovaný počas veľmi krátkeho a klimaticky nevhodného zimného obdobia**, čím je kvalita a najmä podrobnosť hodnotenia trasy tunela tiež oplyvnená.

Pri charakteristike geologických pomerov sme vychádzali z výsledkov geofyzikálnych povrchových meraní, podrobných mapovacích prác, z obmedzeného rozsahu vrtných prác (predovšetkým štruktúrnych vrtov), ako aj výsledkov geotechnických a hydrodynamických skúšok realizovaných vo vrtoch a v laboratóriách. Je tiež potrebné upozorniť, že niektoré dôležité štruktúrne prvky horninového masívu (orientácia vrstiev, puklín, priebeh zlomových porúch a pod., ich výplň, charakter a hustotu), ktoré môžu mať zásadný vplyv jednak na podmienky razenia tunela a na objektívne hodnotenie kvality horninového prostredia (ako základné vstupné hodnoty do všetkých hodnotiacich systémov), ale najmä na hydrogeologické pomery, nebolo možné stanoviť s dostatočnou hustotou. Z toho bude vyplývať neistota v hodnotení podmienok realizácie tunela.

Vzhľadom na absenciu predchádzajúcich prieskumných prác v trase tunela, opierame sa pri hodnotení horninového prostredia najmä o údaje získané priamo v teréne, jednak z mapovacích prác ale najmä z in-situ realizovaných skúšok. Zároveň boli využité nadobudnuté skúsenosti z už realizovanej časti tunela čebrať od východného portálu. Pre overenie geotechnických parametrov horninového masívu sme využili dilatometrické a presiometrické skúšky, ktoré umožňujú overiť deformačné parametre horninového prostredia priamo v nivelete plánovanej tunelovej rúry. Tieto geotechnické skúšky v kombinácii s karotážnymi meraniami, laboratórnymi skúškami na odobratých vzorkách a hydrodynamickými skúškami umožňujú veľmi detailné a hodnoverné hodnotenie kvality horninového prostredia.

Trasu tunela sme rozčlenili primárne na dva kvázihomogénne celky A a B, podľa dominantného zastúpenia litologických typov hornín. Tieto dva celky sme následne detailnejšie rozčlenili na 10 kvázihomogénnych blokov. Hodnotenie kvality horninového masívu v rozčlenenej trase tunela sme vykonali využitím viacerých tunelárskych klasifikácií pre každý z desiatich blokov. V trase tunela Čebraťtvoria kvázihomogénny úsek A horniny porubského a lučivnianskeho súvrstvia s dominanciou ílovcov a siltovcov, kvázihomogénny úsek B tvoria horniny mráznického a osnického súvrstvia s prevahou slienitých vápencov nad ílovcami a slieňovcami. Je potrebné mať na zreteli deficit relevantných vstupných údajov pre detailné a zodpovedné hodnotenie prostredia, najmä z dôvodu absencie prieskumnej štôlne. Klasifikácia charakteristických úsekov masívu tak má skôr orientačný charakter.

Z viacerých použitých účelových klasifikácií horninového prostredia sme upriamili pozornosť na klasifikáciu RMR(Bienawski, 1973, 1979), ktorá je – pri využití výsledkov iba z prieskumných vrtov– lepšie aplikovateľná a univerzálnejšia. Okrem tejto metódy sme uplatnili klasifikáciu QTS (Tesař, 1977), klasifikáciu Q Nórskeho geotechnického inštitútu (Barton, 1974). Pre úplnosť sme doplnili klasifikáciu pre cyklické razenie ÖNORM B2203, t.j. normu, ktorá už nie je platná.

3.3.1 Vplyv horninového prostredia na razenie tunela Čebrať

Z výsledkov realizovaných prieskumných prác vyplýva, že **podmienky pre razenie tunela Čebrať na celej trase sú za dodržania technologickej disciplíny a aplikácie vhodných opatrení priaznivé**.

V zmysle (už neplatnej, ale stále aplikovanej) normy ÖNORM B 2203 prevažná časť trasy tunela bude razená v horninách triedy B2, v kompaktnejších úsekoch až triedy A2. V poruchových zónach predpokladáme razenie na cca 30% trasy tunela, kde trieda hornín je prevažne B2 – B3, v najviac porušených úsekoch až C3.

Dominujúcim litologickým a inžinierskogeologickým typom (A) na viac ako 50% trasy tunela budú ílovce a siltovce flyšových súvrství krížňanského príkrovu, najmä porubského, párnického a mráznického. Mimo tektonicky porušených zón predstavujú tieto horniny **uspokojivo kvalitné horninové prostredie** poloskalných hornín s minimálnym očakávaným prítokom podzemnej vody. Rizikovým faktorom je ich **citlivosť na styk s vodou**. V tektonicky porušených zónach v tomto prostredí nadobúda hornina charakter súdržnej ílovitej zeminy s úlomkami a **podmienky na razenie sú zlé**. Intenzívne tektonicky porušené zóny charakteru zemín budú predstavovať cca 30% z celkovej dĺžky úseku tunela, razeného v prostredí ílovcov a siltovcov. Prítoky podzemnej vody v tomto komplexe očakávame len v zónach tektonického porušenia (zlomové pásma) prípadne z polôh s vyšším zastúpením siltovcov až pieskovcov (po otvorených puklinách).

Druhý charakteristický horniný typ (B) predstavujú slienité vápence až slieňovce mráznického a osnického súvrstvia. Ide prevažne o doskovité až hrubolavicovité kalové vápence s polohami slieňovcov až ílovcov. Mimo tektonicky porušených zón toto súvrstvie s dominanciou vápencov predstavuje **dobré prostredie z hľadiska razenia tunela**. Hlavným rizikovým faktorom budú **intenzívnejšie prítoky podzemnej vody** cez rozpukané tektonizované zóny. Nepredpokladáme však výskyt kaverien ani iných krasových fenoménov. Okrem toho v rozvoľnenejších častiach môže dochádzať **k vypadávaniu blokov z klenby tunela**. Vysokotlakové sufózne účinky podzemnej vody v komplexe vápencov neočakávame.

Z hľadiska tunelovania predstavuje riziko zatiaľ **nie celkom detailne objasnená zlomovo-príkrovová tektonická a geologická stavba** masívu Šípskej Fatry v trase tunela Čebrať a z nej vyplývajúca nepresnosť v situovaní zlomových porúch a nemožnosť kvantitatívne presne zhodnotiť zastúpenie jednotlivých litologických a najmä inžinierskogeologických typov hornín. Z toho dôvodu je potrebné počas razenia využívať služby geologického dozoru a možnosti doplnkového geologického prieskumu.

Opatrenia na zlepšenie podmienok razenia musia zahŕňať:

- dôsledné dodržiavanie technologickej disciplíny;
- v úsekoch tvorených tektonitmi charakteru zeminy a v úsekoch tvorenými poloskalnými horninami je potrebné dôsledne zachytávať všetky prítoky podzemnej vody a sústredene ich odvádzať drenážnym potrubím tak, aby voda nemohla degradovať geotechnické parametre hornín najmä v počve tunela a zamedzilo sa tak rozbredaniu hornín pri pojazdoch mechanizmov;

- z rovnakého dôvodu je potrebné zamedziť únikom technologickej vody;
- v prípade výskytu sústredených prítokov z konkrétneho miesta (klenba, steny, počva tunela) je potrebné aplikovať chamickú injektáž s cieľom čo najviac utesniť horninové prostredie a významne zredukovať prítoku do tunelovej rúry;
- je potrebné prijať opatrenia na zamedzenie vysýpania úlomkovitých hornín, najmä tektonicky porušených vápencov resp. slieňovcov a siltovcov – je možné uplatniť aplikáciu horninového piliera, chemickú injektáž klenby tunela a podobne;
- pre zamedzenie rizika zavlečenia znečistenia do okolitého horninového prostredia je potrebné počas výstavby dôsledne dodržiavať používanie ekologicky odbúrateľných mazív;
- chemicky nebezpečné látky sa nesmú skladovať v medziskladoch v tuneli.

3.3.2 Vplyv razenie tunela Čebrať na horninové prostredie

Najzásadnejším vplyvom navrhovaného tunela Čebrať je jeho drenážny účinok na okolitý horninový masív. Hydrogeologické pomery v širšom okolí trasy tunela sú extrémne zložité. Vyplýva to najmä z rozličnej priepustnosti hornín, ktoré sa podieľajú na stavbe masívu, a tiež zo štruktúrno-tektonických pomerov. Na základe meraní hladiny podzemnej vody resp. meraní tlakov podzemnej vody po zabudovaní uzatvorených piezometrov vo vrtoch počas prieskumných prác možno povedať, že v prevažnej časti trasy tunela je možné zreteľne odlíšiť **dva hydrogeologické kolektory**, a to najmä vo vertikálnom smere.

Do **vyššieho kolektora** možno zahrnúť okrem kvartérneho pokryvu deluviálnych sutí i celý vápencovo-dolomitový komplex trosiek chočského príkrovu a blokov hornín, ktoré sú roztrúsené po svahoch pohoria takmer až k rieke Váh. Zároveň do tohto kolektora možno pripočítať zónu pripovrchového rozvoľnenia horninového masívu resp. zónu zvetrania. V tomto prostredí s rýchlym obehom prúdi prevažná časť vôd, ktoré infiltrujú do masívu počas zrážok. Prakticky všetky vodné zdroje a pramene v hodnotenej oblasti sú viazané na uvedený kolektor.

Do **nižšieho kolektora** možno zahrnúť hlbšie partie horninového masívu, kde je prúdenie podzemných vôd veľmi obmedzené nízkou priepustnosťou hornín a komunikácia s vyšším kolektorom sa obmedzuje najmä na zóny tektonického porušenia s rozličnou priepustnosťou.

Na základe hydrologickej bilancie, ktorá bola zhotovená na základe dostupných (aj keď nie dostatočných) údajov možno povedať, že horninové prostredie v bezprostrednom okolí tunela Čebrať môže produkovaťminimálne 15,0l.s^{-1} maximálne 66,1 l.s^{-1} podzemných vôd v priemere 361,1 l.s^{-1}.Táto voda je distribuovaná najmä sieťou puklín a tektonických porúch prípadne suťami k vývermom (prameňom), ktoré lemujú okraje blokov hornín chočských príkrovu alebo sledujú významné tektonické línie. Celkovo29 % až 82 % množstiev vody pravdepodobne odteká cezhranične mimo hodnotené územie, v priemere je to 64 %. Zvyšná časť horninového prostredia je odvodňovaná v prameňoch a povrchových tokoch.

Z hľadiska vplyvu tunela Čebrať na okolité vodné zdroje Stará Hrboltová, Staré Lazy, Malho, Nová Hrboltová, Hubert a iné možno konštatovať nasledovné:

A) Vodný zdroj Staré Lazy – ročná výdatnosť prameňov 1 až 10 vodného zdroja Staré Lazy sa pohybovala v rokoch 2007 - 2016 v rozmedzí Q = 1,13 až 6,61 l.s^{-1}, v priemere 2,55 l.s^{-1} (podľa údajov Vodárenskej spoločnosti Ružomberok a.s.). Vzhľadom na reálne namerané úrovne hladín podzemných vôd vo vrtoch v trase tunela a z pozície výverov vodných zdrojov (výškový rozdiel), ako aj z rozdielnych podmienok tvorby chemického zloženia podzemných vôd

(petrogénne resp. silikátogénne vody), predpokladáme odelené podmienky obehu podzemných vôd v prípade vodných zdrojov a v prípade horninového masívu v okolí tunelovej rúry. **Významé ovplyvnenie vodných zdrojov Staré Lazy preto v súvislosti s razením prieskumného nepredpokladáme resp. očakávame len minimálne ovplyvnenie**.

Napriek tomu pre zvýšenie bezpečnosti vodného zdroja odporúčame aj v tomto úseku tunela realizovať **cielene utesňovanie významnejších sústredených prítokov** podzemnej vody pomocou chemickej injektáže.

B) Vodný zdroj Stará Hrboltová – Podľa údajov Vodárenskej spoločnosti Ružomberok VSR a.s. sa sumárna ročná výdatnosť prameňov vodného zdroja Stará Hrboltová pohybovala v rokoch 2007 - 2016 v rozmedzí Q = 0,83 až 13,9 $l.s^{-1}$, v priemere 7,41 $l.s^{-1}$.

Podľa výsledkov numerického modelovania z oblasti,kde je situovaný Vodárensky zdroj Stará Hrboltová v**súčasných prírodných pomeroch (bez tunelov) zo stropu tohto zlomu infiltruje sumárne 0,5848 $l.s^{-1}$** podzemnej vody. Pri razení tunelovýchrúr môže cez tento zlom infiltrovať maximálne 4,8328 $l.s^{-1}$. **Tunelové rúry bez opatrení a uvažovania odporu ostenia tunela spôsobia zväčšenie infiltrácie cez zlom č. 1 o maximálne** 4,2480 **$l.s^{-1}$**.

Sumárna priemerná ročná výdatnosť vodárenského zdroja je Q_R = 7,41 $l.s^{-1}$, vypočítané prírastok drenážnym účinkom tunela na zlome č. 1 o 4,2480 $l.s^{-1}$ čo **môže teoreticky spôsobiť úbytok výdatnosti vodárenského zdroja o 57 %.** Upozorňujem, že ide o teoretický úbytok výdatnosti vodného zdroja, nakoľko modelové riešenie nezapočítavalo opatrenia na ochranu podzemnych vôd (hydroizolácia) ani hydraulický odpor na ostení tunela.

Ovplyvnenie výdatnosti vodného zdroja predpokladáme najmä v prípade, ak podzemná voda odvodňujúca dolomity chočského príkrovu je hydraulicky spojená na zónu tektonického porušenia (modelovaný zlom č. 1.). Pre overenie tohto predpokladu odporúčame realizovať doplnkové geofyzikálne merania.

Zároveň vzhľadom na **najviac potenciálne ohrozený vodný zdroj**, odporúčame pre ochranu tohto vodného zdroja aplikovať počas razenia zmierňujúce opatrenia, najmä cielené **utesňovanie sústredených prítokov podzemnej vody pomocou chemickej injektáže**. Účinnosť injektáže je potrebné overovať terénnymi meraniami vo vrtoch (monitoring hladín / tlakov podzemnej vody), meraniami výdatnosti vodného zdroja a pritokov na povrchových tokoch. Okrem toho navrhujeme v rizikovej oblasti zlomov realizovať **horizontálne predvrty** zo steny severnej tunelovej rúry do strany, ktorý by bola vrtom zachytená zlomová porucha a vrt umožňoval merať tlak podzemnej vody v zlomovej štruktúre (vybaviť ústie vrtu zhlavím s tlakovým meračom). Významnejšie zachytené prítoky podzemnej vody je potrebné sledovať aj z hľadiska chemizmu pre identifikovanie ich genézy.

Pri dôslednom aplikovaní ochranných opatrení je možné zachovať vodný zdroj Stará Hrboltová bez vplyvu tunela alebo len s miernym vplyvom.

C) Skupina vodárenských zdrojov Malho, Laukovo, Trstenica, Nová Hrboltová, Studničky - vzhľadom na vzdialenosť vodárenských zdrojov vodných zdrojov od osi južnej tunelovej rúry je 1200 až 1320 m a obeh podzemnej vody viazaný na karbonáty chočského príkrovu **ovplyvnenie kvantity hodnotenej skupiny vodných zdrojov nepredpokladáme**.

Hlavnými rizikami, ktoré ovplyvňujú možnosť realizácie tunela Čebrať v jeho novej trase sú najmä **výskyt tektonicky porušených zón** v trase tunela cez ktoré bude hornonový masív drénovaný, z čoho vyplýva riziko **ovplyvnenia okolitých vodných zdrojov**. Je potrebné uviesť, že riziko drenáže by mohlo byť účinne znížené vhodnými technologickými opatreniami

počas razenia tunela, a to najmä utesňovaním najvýraznejších prítokov podzemnej vody chemickou injektážou.

3.4 Návrh prác ďalšej etapy prieskumu

V prípade, že výstavba diaľnice D1Hubová - Ivachnová bude realizovaná v predĺženom tunelovom variante, navrhujeme realizovať doplnkový inžinierskogeologický prieskum formou banského prieskumného diela od východného portálu. Tento postup by mal niekoľko výhod:

- overila by sa presnejšie geologická stavba masívu v miestach, kde je topovrchovým a vrtným prieskumom znemožnené konfiguráciou terénu;
- overil by sa prípadný vplyv razenia na menší vodný zdroj Hubert v blízkosti východného portálu a možnosti a úspešnosť chemickej injektáže. Na základe výsledkov takéhoto pokusu by bolo možné spresniť technologické opatrenia na elimináciu vplyvov razenia na vodné zdroje ďalej v trase;
- doplniť geofyzikálne povrchové merania na dvoch lokalitách v oblasti VZ Stará Hrboltová a Staré Lazy pre upresnenie zlomových štruktúr;
- využiť možnosť realizácie prieskumných predvrtov počas razenia v miestach, kde sa začne prejavovať blízkosť tektonicky porušenej zóny s rizikom vyšších prítokov vody;
- systematicky dokumentovať prítoky podzemnej vody na čelbe prieskumného diela so stanovovaní základných fyzikálnochemických ukazovateľov, v prípade intenzívneho prítoku odobrať vzorku vody na laboratórne stanovenie chemizmu a genézy podzemnej vody;
- zaradiť všetky novovybudované pozorovacie vrty do siete geotechnického monitoringu;
- opakované odbery vzoriek podzemných vôd na stanovenie agresivity podzemnej vody z vrtov v trase tunela, nakoľko v súčasnosti realizované chemické analýzy mohli byť ovplyvnené technológiou vŕtania s vodným výplachom s použitím aditív na stabilizáciu stien vrtu;
- inštalovať dočasnú automatickú zrážkomernú resp. meteorologickú stanicu na vhodné miesto na lokalite, na spresnenie vstupných údajov do hydrologickej bilancie;
- v súčinnosti s prevádzkovateľmi vodných zdrojov osadiť vo vodných zdrojoch automatické merače prietoku s diaľkovým prenosom dát. Dáta sledovať na hodinovej báze a denne ich zasielať na spracovanie do kancelárie GTM. **Toto opatrenie by samalo realizovať ihneď**, ešte pre začiatkom pokračovania banských prác;
- Na základe monitoringu počas prieskumných prác kalibrovanie hydraulického modelu tunela s cieľom optimalizovať raziace práce a vystrojenie tunela, optimalizovať prípadné ochranné opatrenia na zníženie rizika ovplyvnenia vodných zdrojov.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Andrusov, D.: Geológia Československých Karpát, SAV 1959
- Barton, N. - Lien, R. - Lunde, J.: Engineering Classification of Rock Masses for the design of Tunnel Support. In: Rock Mechanics No 6.1974;
- Bieniawski, Z., T.: The geomechanic classification in rock engineerinh application. 4th ISRM, Montreaux, 1979;
- Borovský, M.: Diaľnica D1 hubová – Ivachnová, nová trasa, orientačný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum. CAD-ECO a.s., Bratislava, 2016;
- Čajka, O.: Diaľnica D-1 Ivachnová - Liptovský Mikuláš, objekt: štúdia preložky štátnej cesty I/18, inžinierskogeologický prieskum. Dopravoprojekt n.p., Bratislava, 1970. GEOFOND 24241;
- Francis, T. E.: Determination of the influence of joint orientation on rock mass classification for tunneling using a stereographic overlay. Qarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, v.24:267-273. QJEG, 1991;
- Fussgänger, E., et. al.: D1 Hubová - Ivachnová, podrobný inžinierskogeologický prieskum Stavební geologie – Geotechnika, a.s., Bratislava, 2006;
- Fussgänger, E., et. al.: D1 Hubová - Ivachnová, doplnkový inžinierskogeologický prieskum Stavební geologie – Geotechnika, a.s., Bratislava, 2007;
- Gazda, S.: Chemizmus podzemných vôd Západných Karpát a jeho genetická klasifikácia. Materiály z III. celoslovenskej konferencie, II. časť. GÚDŠ, Bratislava, 1974;
- Gazda, S.: Modifikácia Palmerovho klasifikačného systému. Hydrogeologická ročenka 1970/1971. SHMÚ, Bratislava, 1971;
- Jetel, J.: Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech, Ústřední ústav geologický, Praha, 1982;
- Lehocký, M. – Kraus, A.: Inžiniersko-geologické pomery v trase Diaľnica D-1 Trenčín - Poprad. B/ Podrobná časť - úsek II. Žilina - Ružomberok, geologická štúdia. IGHP n.p., Žilina, 1969. GEOFOND 22445/B;
- Lukniš, M. – Konček, M.,: Atlas SSR – Ovzdušie a vodstvo, vydalo Vydavateľstvo VEDA Bratislava, 1982;
- Malík, P. - Kordík, J. - Bottlik, F. - Kováčová, E.: Základná hydrogeologická mapa západnej časti Veľkej Fatry v mierke 1 : 50 000. Čiastková záverečná správa. Manuskript – Archív odboru Geofondu ŠGÚDŠ, Bratislava, arch.č. 92456/2;
- Maheľ, M. et al.: Regionální geologie ČSSR, II. Západní Karpaty, sv.1. Ústřední geologické vydavatelství, Praha, 1967;
- Matejček, A, et.al.: Horný Váh III, orientačný prieskum, IGHP n.p., Žilina, 1988. GEOFOND 67190;
- Matejček, A.: D1 Lubochňa-Ivachnová, orientačný prieskum - štúdia, GEOFOS s.r.o. Žilina, 1998;
- Matula, M. et al.: Atlas inžinierskogeologických máp v mierke 1:200000, KIG PriFUK, Bratislava, 1989;
- Matula, M., Pašek, J.: Regionálna inžinierska geológia ČSSR, Alfa Bratislava, SNTL Praha 1986;
- Máťuš, J.: Ľubochňa - Ivachnová - diaľnica D1, orientačný inžinierskogeologický a predbežný hydrogeologický prieskum. URANPRES s.r.o., Spišská nová ves, 1996. GEOFOND 80482;
- Máťuš, J.: Ľubochňa - Ivachnová - diaľnica D1, doplnenie orientačného

inžinierskogeologického prieskumu. URANPRES s.r.o., Spišská nová ves, 2001. GEOFOND 80482;

- Mazúr, E. – Lukniš, M.: Regionálne geomorfologické členenie SSR, mapa 1 : 500 000, Geografický ústav SAV Bratislava, 1980;
- Máťuš, J.: Ľubochňa - Ivachnová - diaľnica D1, orientačný inžinierskogeologický a předběžný hydrogeologický prieskum. Uranpres a.s., Spišská Nová Ves, 1996. GEOFOND 80482;
- Minář,
- Nemčok, A.: Inžinierskogeologické pomery na Hornom Váhu III, poriečna varianta Bešeňová - Krpeľany, SVŠT Bratislava, 1985;
- Ondrášik, R.: Inžinierskogeologické zhodnotenie tektonickej nerovnorodosti údolia Váhu medzi Ružomberkom a Krpeľanmi, KIG PriFUK Bratislava, 1987;
- Ondrášik, R., et.al.: Inžinierskogeologická mapa mierky 1:200 000, list Žilina, KIG PriFUK, 1989;
- Ondrášik, R.: Diaľnica D1 Martin – Ľubochňa, inžinierskogeologická štúdia, KIG PriFUK Bratislava, 1996;
- Páleník, M., et.al.: inžinierskogeologická mapa Ružomberok, mierka 1: 10 000, IGHP n.p., Žilina, 1988;
- Polák, M. – Bujanovský, A. – Kohút, M.: Geologická mapa Veľkej Fatry 1 : 50 000. Geologická služba Slovenskej Republiky, Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava, 1997;
- Polák, M., et al.: Vysvetlivky ku geologickej mape Veľkej Fatry, M = 1 : 50 000, ŠGÚDŠ, Bratislava, 1997;
- Quitt, E., et al.: Klimatické oblasti ČSSR, Academia Brno, 1971;
- Rentka R. – Dolejší, F.: Horný Váh III - Bešeňová - Krpeľany, inžinierskogeologická štúdia. IGHP n.p., Žilina, 1971. GEOFOND 26615;
- Rentka, R.: Geologické pomery v trasách diaľničných tunelov v SR. Inžinierskogeologická štúdia. INGEO a.s., Žilina, 1995;
- SAV et SÚGaK : Atlas Slovenskej socialistickej republiky, Bratislava 1980;
- Sýkorová, M.: Horný Váh III, úsek Bešeňová-Kraľovany - geologický prieskum, Hydroconsult Bratislava, 1977. GEOFOND 39077;
- Sýkorová, M.: Horný Váh III. - úsek Bešeňová - Kraľovany - poriečna varianta, inžinierskogeologický prieskum. Hydroconsult n.p., Bratislava, 1978. GEOFOND 41464;
- Šamaj, M. – Coplák, M. – Copláková, J. – Gažúr, J.: Hubová - Ivachnová - diaľnica D1, doplnkový inžinierskogeologický prieskum. GEOFOS s.r.o., Žilina, 2010. GEOFOND 90661;
- Šamaj, M. – Coplák, M. – Copláková, J. – Gažúr, J.: Hubová - Ivachnová - diaľnica D1 (úsek 3), doplnkový inžinierskogeologický prieskum - II. etapa. GEOFOS s.r.o., Žilina, 2010. GEOFOND 90666;
- Šamaj, M.: Highway D1 Hubová - Ivachnová, geotechnical monitoring. (Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, geotechnický monitoring.). GEOFOS s.r.o., Žilina, 2012. GEOFOND 91900;
- Tesař, O.: The design of Rock Classification for Underground Structures in Prague (in Czech). In: Zpravodaj Metro č.1, Praha, 1977;
- Tesař, O.: Klasifikace skalních a poloskalních hornin pro podzemní stavby. Autoreferát doktorskej dizertačnej práce, PF KU, Praha, 1989;
- Tesař, O.: Přehled klasifikací hornin pro podzemní stavby a jejich vztah ke klasifikaci

QTS. Inženýrske stavby No 6. p. 261-265, 1989;
- Vrábeľ, P., et.al.: Diaľnica D1 Poluvsie – Ivachnová, inžinierskogeologická štúdia, IGHP n.p., Žilina, 1984;
- Zakovič, M., et al.: Základná hydrogeologická mapa 1: 200 000 list Žilina, 1987;
- Zakovič, M., et al.: Výsvetlivky k základnej hydrogeologickej mape ČSSR 1: 200 000, list 26 Žilina, Geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 1990;
- Žembery, M., et.al.: Základná inžinierskogeologická mapa Martin – Vrútky, mierky 1:10 000, IGHP n.p., Bratislava, 1986.

ZOZNAM POUŽITÝCH NORIEM

STN EN ISO 22282-1:2013 Geotechnický prieskum a skúšky. Hydrodynamické skúšky. Časť 1: Všeobecné pravidlá (ISO 22282-1:2012) (72 1040);
STN EN ISO 22282-2:2013 Geotechnický prieskum a skúšky. Hydrodynamické skúšky. Časť 2: Skúšky priepustnosti vo vrte s otvoreným systémom (ISO 22282-2:2012) (72 1040);
STN EN ISO 22282-3:2013 Geotechnický prieskum a skúšky. Hydrodynamické skúšky. Časť 3: Vodné tlakové skúšky v skalných horninách (ISO 22282-3:2012) (72 1040);
STN EN ISO 22282-4:2013 Geotechnický prieskum a skúšky. Hydrodynamické skúšky. Časť 4: Čerpacie skúšky (ISO 22282-4:2012) (72 1040);
STN EN ISO 22282-5:2013 Geotechnický prieskum a skúšky. Hydrodynamické skúšky. Časť 5: Nalievacie skúšky (ISO 22282-5:2012) (72 1040);
STN EN ISO 22282-6:2013 Geotechnický prieskum a skúšky. Hydrodynamické skúšky. Časť 6: Skúšky priepustnosti vo vrte s uzatvoreným systémom (ISO 22282-6:2012) (72 1040);
STN EN ISO 22475-1:2007 Geotechnický prieskum a skúšky. Metódy odbeu vzoriek a meranie hladín podzemnej vody. Časť 1: Technické zásady vykonávania (ISO 22475-1:2006) (72 1005);
STN 73 3050: Zemné práce;
ÖNORM B2203: Untertagebauarbeiten - Werkvertragsnorm - Teil 1: Zyklischer Vortrieb;
STN 73 6133: Stavba ciest, teleso pozemných komunikácií;
STN EN 1998–1/NA: Eurokód 8: Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť;
STN 73 0036/1997: Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií;
STN 72 1001/2010: Klasifikácia zemín a skalných hornín;
STN 03 8372 Zásady ochrany proti korózii nelíniových zariadení uložených v zemi alebo vo vode zo dňa 2. 2. 1977;
Národná príloha STN EN 206-1/NA: 2009 Betón, časť 1, Špecifikácia, vlastnosti, výroba, zhoda. Národná príloha STN EN z júna 2004;
Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 282/2010 z 9. júna 2010, ktorým sa ustanovujú prahové hodnoty a zoznam útvarov podzemných vôd;
Nariadenie vlády Slovenskej republiky z 8. decembra 2010, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu;
ON 73 6196: Ochrana cestných komunikácií pred účinkami premŕzania

M-203-01 13.4.2016

Kvartér

0,0 – 2,8 m Deluviálna suť ílovito-kamenitá až kamenitá G5/GC, tvorená ostrohrannými úlomkami vápencov. Veľkosť úlomkov 0,5 - 15 cm, miestami aj nad priemer vrtu (1 m podľa dokumentácie odkopov). Výplň tvorí íl piesčitý, svetlohnedej farby, pevnej až tvrdej konzistencie.

2,8 – 8,5 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá F2/CG až ílovito-kamenitá G5/GC, svetlohnedej farby, tuhej až pevnej konzistencie. Úlomky sú ostrohranné, veľkosti 0,5 - 15 cm.

8,5 – 10,5 m Bahnitá poloha resp. suť ílovito-kamenitá, charakteru štrku ílovitého G5/GC. V hĺbke 9,4 - 9,6 m je preplástok s vyšším obsahom ílu.

10,5 – 13,3 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá G5/GC, detto ako vyššie. Balvan v hĺbke 12,7 - 12,8 m. Úlomky ostrohranné, veľkosti 1 - 15 cm, max. do priemeru vrtu.

13,3 – 13,5 m Fluviálny íl piesčitý F4/CS, pevnej až tvrdej konzistencie až piesok stmelený.

13,5 – 16,6 m Fluviálny štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy G3/G-F, pestrého petrografického zloženia.

Mezozoikum

16,6 – 18,0 m Svetlý hnedosivý žilnatý vápenec, vysokej až veľmi vysokej pevnosti R2-R1, ťažko vŕtateľný (možno iba veľký spadnutý blok, ale skôr už podložie).

Hladina podzemnej vody: narazená: 11,5 m p.t. - slzenie

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-203-01	4,0	4,5	PV	444
M-203-01	11,5	12,0	PV	445
M-203-01	15,0	15,5	PV	446

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 12,5 m 176 mm

12,5 – 17,8 m 156 mm

M-203-02 14.4.2016

Kvartér

0,0 – 0,2 m Deluviálny silt štrkovitý F1/MG prekorenelý, s obsahom úlomkov karbonátov do 30 %, výplňou je silt piesčitý F3/MS, tmavohnedej farby, tuhej konzistencie.

0,2 – 7,1 m Deluviálna suť ílovito-kamenitá G5/GC až kamenito-ílovitá F2/CG, tvorená úlomkami karbonátov veľkosti 0,5 - 5 cm, max. do priemeru vrtu. Obsah úlomkov je 20 - 70 %. Výplňou je íl piesčitý F4/CS až piesok ílovitý S5/SC, íl je pevnej až tuhej konzistencie, nízkej až strednej plasticity, hnedej až hnedosivej farby. Poloha je suchá. V hĺbke 5,0 - 5,4 m je balvanitá poloha (blok vápenca). Ílovitejšie polohy charakteru ílu štrkovitého F2/CG sú v hĺbke 1,7 - 2,0 m a 6,5 - 6,8 m.

7,1 – 7,5 m Deluviálny íl s vysokou plasticitou F8/CH, pevnej konzistencie, tmavo hnedej farby, s obsahom úlomkov do 10 %.

7,5 – 13,6 m Deluviálna suť ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená úlomkami karbonátov veľkosti 1 - 5 cm, max. 8 cm. Výplň tvorí íl piesčitý F4/CS, tuhej až pevnej konzistencie. V hĺbke 8,5 - 8,7 m je poloha ílu štrkovitého F2/CG.

13,6 – 14,0 m Piesok siltovitý S4/SM, hnedosivej farby, s ojedinelým obsahom valúnov do 5 %, veľkosti do 2 cm. Poloha je vlhká. Piesok je jemne stmelený ílovitou prímesou.

14,0 – 17,0 m Štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy G3/G-F, valúny sú pestrého petrografického zloženia, veľkosti priemerne 0,5 - 4,0 cm max. do 8 cm.

Hladina podzemnej vody: narazená: 13,0 m a 13,8 m p.t. - slzenie

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-203-02	6,0	6,5	PV	447
M-203-02	7,1	7,5	NV	448
M-203-02	13,6	14,0	PV	449

Priemer vrtného náradia:
0,0 – 12,5 m 176 mm
12,5 – 17,8 m 156 mm

M-203-03 **21. 4. – 23.4 2016**

Kvartér

0,0 – 8,5 m Deluviálna suť prevažne ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená úlomkami karbonátov veľkosti 0,5 - 10 cm až do priemeru vrtu. V hĺbke 1,0 - 2,3 m je suť kamenito-ílovitá F2/CG. Výplň tvorí íl piesčitý, pevnej až tvrdej konzistencie.

8,5 – 12,2 m Blok paleogénnych hornín, silne zvetraných, tvoria ho silne zvetrané pieskovce tmavohnedej farby, ktoré sa striedajú s ílovcami, na báze polohy sú aj brekcie a zlepence.

12,2 – 13,2 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, jemnozrnná frakcia je vyplavená.

13,2 – 19,4 m Terasový fluviálny štrk pestrého petrografického zloženia (granity, vápence, pieskovce), valúny sú dokonale opracované, jemnozrnná frakcia je vyplavená.

19,4 – 25,0 m Vápence tmavosivej farby, do 23,3 m husto rozpukané, hlbšie sú masívne, vysokej pevnosti R2, sklon vrstiev 60°.

Hladina podzemnej vody: narazená:
ustálená: 13,75 m p.t.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-203-03	9,2	-	PETRO	P-09
M-203-03	10,8	11,2	PETRO	P-10
M-203-03	24,1	-	PETRO	P-11
M-203-03	20,0	25,0	PLT	068/2016

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 10,0 m 137 mm; 10,0 - 15,0 m HQ; 15,0 - 25,0 NQ

M-203-04 **13.4.2016**

Kvartér

0,0 – 13,0 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená úlomkami karbonátov, veľkosti 0,5 - 20 cm, lokálne aj viac. Výplň tvorí íl piesčitý, pevný až tvrdý, miestami tuhopevný.

13,0 – 13,5 m Íl piesčitý, fluviálny, stmelený, svetlohnedej farby.

13,5 – 16,4 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá, svetlohnedá, úlomky 0,5 - 10 cm. Na báze viac úlomkovitá.

16,4 – 18,2 m Fluviálny štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy G3/G-F, drobnozrnný, vlhký, sivej farby pestrého petrografického zloženia, valúny opracované, veľkosti 0,5 - 3 cm.

18,2 – 20,2 m Piesok siltovitý S4/SM, jemnozrnný s prímesou drobného štrčíku, obsahu do 15 % max. 20 %, hnedosivý.

20,2 – 21,0 m Fluviálny íl štrkovitý až štrk siltovitý G4/GM, mokrý, sivej farby, pestrého petrografického zloženia, dominujú kremence.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-203-04	4,5	6,5	PV	429
M-203-04	16,4	18,0	PV	430
M-203-04	20,3	21,0	PV	450

M-203-05 **13.4.2016**

Kvartér

0,0 – 0,3 m Silt jemne piesčitý F3/MS, hnedej farby, pevnej konzistencie, s drobnými úlomkami vápencov do veľkosti 3 cm, obsahu do 20 %.

0,3 – 16,0 m Deluviálna suť ílovito-kamenitá G5/GC (lokálne kamenito-ílovitá?), pevnej až tvrdej konzistencie. Výplň tvorí íl piesčitý, svetlohnedej farby. Balvanité polohy (vápenec vysokej pevnosti R2, tmavosivej farby, zdravý): 1,6 - 1,8 m; 2,8 - 3,0 m; 3,4 - 3,5 m; 7,0 - 7,5 m; 9,8 - 10,0 m; 14,5 - 14,7 m. Obsah úlomkov je 50 - 70 %, veľkosti 0,5 - 3 cm, menej 3 - 8 cm.

Mezozoikum

16,0 – 19,0 m Podložie tvorené svetlosivými jemne kryštalickými (organodetritickými?) vápencami. Vápenec je zdravý, vysokej pevnosti R2 (veľmi vysokej pevnosti R1). Poloha je vŕtaním porušená na úlomky do 5 - 7 cm s vrtnou drvinou.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-203-05	9,0	10,0	PV	431
M-203-05	16,0	18,0	PLT	069/2016

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 4,0 m 175 mm

4,0 – 17,0 m 137 mm (mimo návrtov)

17,0 – 19,0 m 76 mm (presio)

Výnos jadra: 80 – 100 %

M-203-06 **19.4.2016**

Kvartér

0,00 – 0,50 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, zosuvné delúvium, hnedej farby, tvorená ílom so strednou plasticitou, pevnej konzistencie, s obsahom 30% úlomkov vápencov, veľkosti 2 - 8 cm.

0,50 – 3,50 m Suť ílovito-kamenitá G5/GC tvorená vápencami obsahu 50 - 60 %, veľkosti 5 - 10 cm, ojedinele 15 - 20 cm, úlomky sú ostrohranné, výplň tvorí silt s nízkou plasticitou, tvrdej konzistencie.

3,50 – 7,20 m Suť ílovito-kamenitá G5/GC, sivohnedej farby, tvorená ostrohrannými úlomkami vápencov veľkosti 2 - 6 cm, ojedinele 10 cm, obalené ílom tvrdej konzistencie.

7,20 – 10,00 Suť ílovito-kamenitá G5/GC až kamenitá, tvorená vápencami prevažne tenkodoskovitými, tmavosivej farby, úlomky veľkosti 6 - 10 cm sú plávajúce v jemnozrnnej ílovitej zemine, tvrdej konzistencie, miestami nad priemer vrtu, úlomky sú strednej pevnosti R3.

10,00 – 15,10 Suť ílovito-kamenitá G5/GC, svetlosivohnedej farby, tvorená ostrohrannými úlomkami vápencov, veľkosti 1 - 5 cm, ojedinele 10 cm, obalené ílom tvrdej konzistencie.

15,10 – 18,70 m Suť ílovito-kamenitá G5/GC, sivohnedej farby, tvorená ostrohrannými úlomkami vápencov, veľkosti prevažne 0,5 - 5 cm, ojedinele 10 - 15 cm, výplň tvorí íl až silt piesčitý, tvrdej konzistencie. V hĺbke 18,5 - 18,7 m uľahnutá prehnietená poloha (ostrohranné úlomky sú nepravidelne rozložené v íle).

18,70 – 20,00 m Piesok s prímesou jemnozrnnej zeminy S3/S-F, svetlohnedej farby, valúny sú opracované, veľkosti 1 - 5 cm, tvorené sú kremencami, pieskovcami a vápencami, obsahu 60 %, výplň tvorí íl piesčitý.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-203-06	2,2	2,5	PV	541
M-203-06	7,6	8,0	PV	542
M-203-06	18,0	18,7	PV	543
M-203-06	19,0	20,0	PV	544
M-203-06	12,0	14,0	PLT	070/2016

Hladina podzemnej vody: slzenie 18,80 m p.t.

M-204-03 **14.4.2016**

Kvartér

0,0 – 1,2 m Deluviálna suť ílovito-kamenitá charakteru G5/GC. Ostrohranné úlomky veľkosti 1 - 3 cm, max. do 5 cm sú tvorené vápencami a dolomitmi. Výplň tvorí íl piesčitý F4/CS až piesok ílovitý S5/SC, hnedosivej farby, tuhej až pevnej konzistencie.

1,2 – 1,5 m Balvanitá suť, blok vápenca.

1,5 – 1,8 m	Suť ílovito-kamenitá charakteru G5/GC tvorená úlomkami veľkosti 1 - 3 cm. Výplňou je íl piesčitý F4/CS, tuhej konzistencie, nízkej plasticity, hnedosivej farby.
1,8 – 2,0 m	Balvanitá suť, blok vápenca.
2,0 – 5,5 m	Suť ílovito-kamenitá tvorená karbonátmi (vápenec, dolomit), úlomky 1 - 5 cm (2,5 - 2,8 m balvanitá suť nad priemer vrtu). Výplňou je F4/CS hnedosivej farby, tuhej až pevnej konzistencie, nízkej až strednej plasticity. Poloha je vlhká a prehnietená.
5,5 – 6,0 m	Suť ílovito-kamenitá G5/GC tvorená úlomkami karbonátov, veľkosti prevažne 1 - 3 cm. Výplň tvorí íl piesčitý, mäkkej až kašovitej konzistencie, svetlosivej farby. Poloha je vlhká.
6,0 – 6,5 m	Suť kamenito-ílovitá charakteru F2/CG. Výplňou je F4/CS, tuhej konzistencie, nízkej plasticity, svetlohnedej farby.
6,5 – 7,0 m	Suť ílovito-kamenitá G5/GC, ostrohranné úlomky karbonátov. Výplňou je íl piesčitý, kašovitej konzistencie, poloha je vlhká.
7,0 – 7,5 m	Suť kamenito-ílovitá F2/CG, tvorená ílom s nízkou plasticitou, tuhej až pevnej konzistencie, svetlohnedej farby, s obsahom úlomkov do 20 - 30 %.
7,5 – 8,2 m	Suť ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená ostrohrannými úlomkami karbonátov. Výplňou je íl piesčitý. Detto poloha 6,5 - 7,0 m.
8,2 – 11,2 m	Suť ílovito-kamenitá charakteru G5/GC tvorená úlomkami karbonátov veľkosti 2 - 5 cm, max. 8 cm, lokálne až íl štrkovitý.

Mezozoikum

11,2 – 17,0 m	Silno tektonicky porušené podložie? charakteru štrku ílovitého G5/GC až ílu štrkovitého F2/CG. Poloha je prehnietená, svetlosivej farby. Výplň poruchy je ílovitá s piesčitou prímesou, tuhej až pevnej konzistencie. V polohe sa vyskytujú celistvé kusy slienitého vápenca, veľkosti 2 - 10 cm, strednej pevnosti R3.

Hladina podzemnej vody: narazená: 5,50 m; 13,80 m p.t. – slzenie
ustálená: 7,40 m

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-204-03	9,0	10,0	PV	451
M-204-03	12,0	13,0	PV	452

M-204-04 **14.4.2016**

Kvartér

0,0 – 0,4 m	Navážka cesty tvorená makadamom.
0,4 – 0,6 m	Silt piesčitý F3/MS s úlomkami sute veľkosti do 2 cm. Silt je tvrdej až pevnej konzistencie, sivohnedý. Poloha je prekorenelá.
0,6 – 2,2 m	Suť ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená karbonátmi: tak vápencami ako aj dolomitmi. Úlomky sú ostrohranné, veľkosti priemerne 2 - 10 cm. Výplňou je íl piesčitý F4/CS až piesok ílovitý S5/SC, sivohnedej farby, suchý, tuhej konzistencie.
2,2 – 2,6 m	Balvan vápenca, vŕtaním porušený.
2,6 – 12,0 m	Suť prevažne ílovito-kamenitá G5/GC tvorená úlomkami 0,5 - 5 cm max. do priemeru vrtu. Úlomky tvoria karbonatické horniny, v prevažnej miere

vápence lokálne aj dolomity. Výplňou je prevažne íl piesčitý F4/CS až piesok ílovitý S5/SC, svetlohnedej až svetlosivej farby, tuhej konzistencie, lokálne konzistencia mäkká až kašovitá, a to v polohách 7,3 - 7,6 m a 9,5 - 10,0 m. Balvanitá suť bola zistená v hĺbkach 5,5 - 5,9 m a 8,5 - 8,8 m.

Mezozoikum

12,0 – 12,5 m Silno zvetrané podložie? (možno suť ílovito-kamenitá), tektonicky porušená zóna slienitých vápencov, po puklinách ílové a hrdzavé záteky, miestami vyhojené kalcitovými žilkami.

12,5 – 14,0 m Podložie tvorené slienitými vápencami, od hĺbky 13,1 m masívne slienité vápence hnedosivej farby, s badateľnými tlakovými švami a kalcitom vyhojenými puklinami. Pukliny sú vyplnené ílom. Vápence sú zvetrané, vysokej až veľmi vysokej pevnosti R2 (R1).

Hladina podzemnej vody: narazená: I. horizont: 6,50 m p.t.
II. horizont: 7,50 m p.t.
ustálená: 8,50 m p.t.

Terénne merania vody:

teplota (t)	pH	vodivosť Ec.	Kyslík
10,04℃	7,97	673 µS.cm^{-1}	8,0 mg.l^{-1} – 75,6 %

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-204-04	3,0	5,5	PV	453
M-204-04	13,0	14,0	PLT	071/2016
M-204-04	6,5	6,6	výluh	3169

M-204-05 **15.4.2016**

Kvartér

0,0 – 0,3 m Deluviálny silt slabo piesčitý, hnedej farby, s ojedinelými úlomkami, nakyprený, tuhej konzistencie, nízkej až strednej plasticity.

0,3 – 0,8 m Deluviálny íl (možno silt) s prímesou jemného piesku a prachu, okrovohnedej farby, s ojedinelými drobnými úlomkami karbonátov, obsahu do 10 %, max. 15 %, veľkosti do 2 - 3 cm. Íl je tuhej konzistencie, strednej plasticity.

0,8 – 3,0 m Zosuvné delúvium, silt (íl?) s piesčitou prímesou a s malými úlomkami karbonátov (do 5 cm, max. 7 cm), rôzneho stupňa zvetrania a opracovanosti po hranách. Poloha je svetlej okrovohnedej až hnedej farby (do 2 m okrovej, od 2 m hnedej farby), je tuhopevnej, skôr však pevnej konzistencie, strednej plasticity. Ojedinele sa v polohe objavujú viac piesčité preplástky z rozloženého dolomitu.

3,0 – 3,4 m Zosuvné delúvium, suť ílovito-kamenitá, pevnej konzistencie, nízkej až strednej plasticity, úlomky karbonátov už väčších rozmerov – do 15 - 20 cm, v priemere 3 - 10 cm. Ílovitá výplň má tmavohnedú až sivú farbu.

3,4 – 4,6 m Zosuvné delúvium, sivý íl s obsahom úlomkov karbonátov - do 30 %, od hĺbky 4 m až 40 %. Íl je tuhej konzistencie, strednej plasticity, je s prímesou jemnozrnného piesku a prachovitej frakcie. Úlomky sú veľkosti do 3 cm, navzájom sa zväčša nedotýkajú, sú tak s ostrými hranami ako aj poloopracované po hranách.

4,6 – 6,0 m Zosuvné delúvium, pevný až tvrdý íl s úlomkami, charakteru sute kamenito-ílovitej, poloha má okrovohnedú farbu so sivými preplástkami. Úlomky zo slienitých vápencov, dolomitov a iných druhov vápenca sú zväčša slabo opracované, hlavne väčšie úlomky, menšie do 1 cm sú zväčša polozaoblené.

6,0 – 9,0 m Zosuvné delúvium, suť ílovito-kamenitá až kamenito-ílovitá, s balvanmi karbonátov, poloha je kyprá, vlhká až mokrá, obsahuje viac piesčitej prímesi, je svetlej okrovohnedej farby. Úlomky karbonátov sú 1:1 – čo sa týka opracovanosti, prevažne však väčšie úlomky sú po hranách viac zaoblené oproti drobnejším úlomkom. Íl má nízku plasticitu.

9,0 – 20,0 m Zosuvné delúvium – nepravidelné striedanie sutí kamenito-ílovitých a ílovito-kamenitých, s miernou prevahou ílovito-kamenitej sute; íl má pevnú až tvrdú konzistenciu, strednú plasticitu. Íl má znaky prevrstvenia (môže to byť však aj spôsobom vŕtania), je hnedej farby. V polohe sa objavujú pomerne často veľké bloky a balvany jemno kryštalického (reiflinského?) vápenca hnedosivej farby. Úlomky sú tak ako aj vo vrchnejších partiách tak s ostrými hranami, ako aj s dobre opracovanými hranami. Od 15,0 m je suť podmáčaná vodou, lokálne až kašovitá, prevažne však výplň je tuhej až tuhopevnej konzistencie. Silno podmáčané sú polohy, keď sa začína vŕtať a natečie voda na dno vrtu. V suti sú často prítomné balvany vápenca.

Hladina podzemnej vody: narazená: 14,75 m p.t.
ustálená: 14,75 m p.t.

Terénne merania vody:

teplota (t)	pH	vodivosť Ec.	Kyslík
12,3℃	7,47	554 µS.cm^{-1}	6,56 mg.l^{-1} – 64,7 %

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-204-05	3,2	3,8	PV	508
M-204-05	6,0	7,8	TV	509
M-204-05	10,5	10,8	PPV	510
M-204-05	18,3	18,6	PV	511

M-204-06 **15.4.2016**

Kvartér

0,0 – 0,3 m Silt deluviálny, piesčitý, s úlomkami veľkosti 2 - 3 cm, obsahu do 10 %, tmavohnedej farby, tuhej až pevnej konzistencie.

0,3 – 0,5 m Deluviálny silt piesčitý, s úlomkami veľkosti 1 - 3 cm, obsahu 10 - 20 %, tmavohnedý, tuhý až pevný, s nízkou plasticitou.

0,5 – 1,0 m Balvanitá suť tvorená vápencom veľkosti 5 cm až priemeru vrtu, obsahu 50 - 70 %. Výplňou je íl piesčitý, tuhý až pevný, strednej plasticity, svetlohnedej farby.

1,0 – 14,0 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá, tuhej až pevnej konzistencie, s nízkou až strednou plasticitou. Výplň tvorí íl piesčitý. Úlomky vápenca prevažne 1 - 5 cm, ojedinele väčšie balvany až nad priemer vrtu. Vápenec – W2, R2 - R3. Balvanité polohy: 4,9 - 5,0 m; 12,8 - 13,0 m (úlomky ostrohranné).

14,0 – 14,9 m Poloha detto ako 1,0 - 14,0 m – len kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá, úlomky sú viac opracované a poloha je mäkká až kašovitá (narazená voda).

14,9 – 19,0 m Kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá suť, len výplňový íl prechádza z mäkkej do tuho-mäkkej až tuhej konzistencie, plasticita je nízka až stredná. V polohe 16,2 - 16,5 m je výplňový íl tvrdej až veľmi tvrdej konzistencie.

19,0 – 22,0 m Potenciálne už podložie, ktoré je silno rozvoľnené, pukliny pozatekané siltom a ílom s úlomkami, podložie tvorené striedavo slienitými ílovcami, ktoré sú silno zvetrané, hnedej farby, sú laminované, nízkej pevnosti – R5, a slienitými vápencami hnedosivej až tmavosivej farby (vápence k ílovcom v pomere 3:1).

Hladina podzemnej vody: narazená: 14,60 m p.t.
ustálená:

Terénne merania vody:

teplota (t)	pH	vodivosť Ec.	Kyslík
11,9℃	7,39	628 µS.cm^{-1}	7,02 mg.l^{-1} – 63,8 %

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-204-06	2,0	4,0	TV	512
M-204-06	14,0	14,5	PV	513
M-204-06	21,8	22,0	PV	514
M-204-06	14,6	14,6	výluh	3170

Výnos jadra: 80 – 100 %

M-204-07 **22.4.2016**

Kvartér

0,00 – 0,70 m Deluviálny silt s nízkou plasticitou F5/ML, pevnej konzistencie, tmavohnedej farby s lokálnym výskytom úlomkov do 5%.

0,70 – 4,20 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG s ostrohrannými úlomkami karbonatických hornín, obsahu 20 - 40%, veľkosti priemeru 2 - 5 cm, maximálne do 8 cm. Výplň tvorí íl piesčitý, hnedej farby, tuhej až tvrdej konzistencie. V hĺbke 3,7 - 3,9 m je suť kamenitá až balvanitá.

4,20 – 7,90 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, deluviálna, detto ako 0,7 - 4,2 m len výplň tvorí íl so strednou až vysokou plasticitou, tuhej miestami až tvrdej konzistencie, tmavosivej farby.

7,90 – 12,00 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, detto 0,7 - 4,2 m, obsah úlomkov do 20%, priemernej veľkosti 2 - 5 cm, maximálne do 10 cm, na báze je vyšší obsah úlomkov.

12,00 – 16,70 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, lokálne s prechodom do ílovito-kamenitej G5/GC, sivej až tmavosivej farby, prevažne pevnej, menej tuhopevnej konzistencie, výplň tvorí íl s vysokou plasticitou. V polohe sa často objavujú úlomky siltovcov a slieňovcov, občas aj ílovcov, najčastejšie sú však zastúpené sivé až tmavosivé vápence (guttenstein?). Prevažne sa objavujú drobné úlomky veľkosti 2 - 5 cm, ale nájdu sa občas aj väčšie úlomky priemeru do 8 - 15 cm. (Poznámka: možno je celá poloha

tektonicky porušená a potom následne transportovaná, úlomky sú slabo až dobre opracované).

16,70 – 19,60 m Suť kamenitá až balvanitá s piesčito-ílovitou výplňou. Poloha má svetlo okrovohnedú farbu, striedajú sa suché a značne podmáčané polohy, ktoré sú až kašovitej konzistencie. Suché polohy sú pevnej až tvrdej konzistencie. Vlhké polohy sú:17,0 - 17,3 m a 19,0 - 19,5 m (v tejto polohe sa striedajú balvany sivého vápenca s kašovitým ílom so strednou až vysokou plasticitou).

19,60 – 20,00 m Íl jemne piesčitý, proluviálny (pochovaný pod suťami?), s obsahom úlomkov, ktoré sú prevažne veľmi dobre opracované po hranách až ojedinele dokonale oválne. Sú tvorené z karbonátov. Poloha má svetlú okrovohnedú farbu. Íl je tuhý až tuhomäkkej konzistencie, bez známok plasticity.

Hladina podzemnej vody: narazená: 8,60 m p.t. ;16,9 m; 19,0 m
ustálená: 18,40 m p.t.

Terénne merania vody:

teplota (t)	pH	vodivosť Ec.	Kyslík
12,3℃	7,39	605 µS.cm^{-1}	4,06 mg.l^{-1} – 46,2 %

Priemer vrtného náradia:

Výnos jadra: 90 – 100 %

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-204-07	1,5	3,0	TV	617
M-204-07	13,5	14,0	NV	618
M-204-07	19,5	20,0	PV	619
M-204-07	17,0	17,0	výluh	3474
M-204-07	19,0		voda	3473

M-204-08 **22.4.2016**

Kvartér

0,00 – 0,30 m Silt jemne piesčitý F3/MS s úlomkami karbonátov, deluviálny, prekorenelý, tmavohnedej farby.

0,30 – 1,50 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, miestami ílovito-kamenitá G5/GC, deluviálna, svetlej okrovohnedej farby, výplň tvorí íl s vysokou plasticitou, tuhopevnej až pevnej konzistencie. Úlomky sú tvorené vápencami, ojedinele dolomitmi, sú prevažne ostrohranné, veľkosti 2 - 8 cm, často aj prevŕtané balvany.

1,50 – 1,80 m Íl so strednou až vysokou plasticitou F6/CI, F8/CH, tuhej konzistencie, okrovohnedej farby, poloha je vlhká, íl obsahuje úlomky do 10 - 15%. priemernej veľkosti 2 - 3 cm.

1,80 – 15,50 m Suť ílovito-kamenitá G5/GC, deluviálna, lokálne siltovito-kamenitá. Výplň tvorí íl s vysokou plasticitou, pevnej konzistencie, občas tuhej až tuhopevnej konzistencie. Úlomky sú tvorené karbonátmi, prevažne vápencami, sú premiešané aj s dolomitmi. Dominujú úlomky do 10 - 15 cm, ale našli sa ja balvany. Úlomky sú po hranách slabo opracované, sú rôzneho stupňa zvetrania, často to záleží od veľkosti. V celej vrstve sa

nepravidelne striedajú polohy svetlej okrovohnedej farby so sivou farbou, sú rôznej hrúbky.

Mezozoikum

15,50 – 17,00 m Podložie či väčší zosunutý blok (?) – vápence slienité, sivej farby, zdravé, vysokej pevnosti R2 - R1, po puklinách zvetrané, vrstva je ťažko vŕtateľná, poloha je suchá, lokálne laminy ílovca. Po puklinách, ktoré sú otvorené do 0,5 cm, je silt piesčitý, hnedej farby. Lokálne v hĺbke 16,6 m je prehnietená poloha, šírky 5 cm.

Hladina podzemnej vody:

Výnos jadra: 90 – 100 %

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
M-204-08	2,5	4,0	TV	620
M-204-08	7,5	7,8	NV	621
M-204-08	8,2	10,0	PV	622
M-204-08	16,0	17,0	PLT	072/2016

230–01 (inklinometrický) 6.4.2016 – 11.4.2016

Kvartér

0,0 – 0,7 m Deluviálny íl s vysokou plasticitou F8/CH s úlomkami karbonátov, ktoré sú tak ostrohranné ako aj dobre opracované po hranách, veľkosti 0,5 - 3 cm, ojedinele 5 - 12 cm (v odreze). Íl je s prímesou jemnej piesčitej frakcie, pevnej až tuhopevnej konzistencie. Poloha má hnedú až jemne bordovohnedú farbu.

0,7 – 2,0 m Deluviálna suť ílovito-kamenitá G5/GC, výplň tvorená ílom až siltom svetlohnedej farby, pevnej konzistencie, bez známok plasticity, suť tvoria úlomky až malé bloky karbonátov (škvrnitý vápenec), ktoré sú po hranách slabo až stredne opracované. Menšie úlomky sú v prevahe do hĺbky 1,3 m, hlbšie sú už aj malé bloky. Úlomky sú na povrchu silno zvetrané, tvorí sa patina, v jadre sú zdravé, sivej farby s hnedými škvrnami.

Mezozoikum

2,0 – 5,3 m Suť či rozvoľnené podložie (?). Nástup vŕtania s výplachom, chýba siltovitá výplň, v hĺbke 2,5 m úplná strata výplachu. Do 3,6 m by som drvinu zaradil do kvartérnych sutí, nakoľko na úlomkoch nebadať žiadny vplavený íl. Od 3,6 m je silno rozvoľnené podložie s otvorenými puklinami. Výraznejšie polohy drveného materiálu (úlomky 0,2 - 0,5 cm), stmelené ílom, sú v úrovni 4,1 - 4,2 m (šmyková plocha potenciálna), ďalej v úrovni 4,5 - 4,55 m, 4,7 - 4,8 m, charakteru ílu štrkovitého F2/CG. Občas sa vyskytujú aj menšie ílovité preplástky do 1 - 2 cm. Úlomky až malé bloky sú výhradne tvorené škvrnitým vápencom sivej farby s hnedými škvrnami. Úlomky sú vysokej pevnosti R2.

5,3 – 21,0 m Súvrstvie tvorené škvrnitým vápencom, značne rozpukaným a rozvoľneným, stále s častými vplavenými ílovými zátekmi od 1 mm do 1 cm, ale aj 5 - 10 cm polohy ílu s drobnými úlomkami charakteru ílu štrkovitého F2/CG (šmykové plochy potenciálne) v úrovni 6,5 - 6,6 m; 7,7 - 7,8 m; 9,8 - 9,85 m; 9,9 - 10,0 m; 10,8 - 10,9 m a 12,2 - 12,3 m. Všetky sú svetlej sivohnedej farby, mäkkej až kašovitej konzistencie. Úlomky v íle sú ostré po hranách, veľkosti prevažne do 0,5 cm. Ostatná ílovitá výplň je okrovo-hnedej farby, kvázi vyplavený íl. Vápenec je veľmi

jemnozrnný až kalový, vysokej pevnosti – R2, možno spodná hranica veľmi vysokej pevnosti R1. Vápenec je hrubodoskovitý až lavicovitý, po puklinách je slabo zvetraný s častými oxidmi Fe, v jadre je zdravý. Dominujú pukliny s plytkým sklonom do 30°, často po puklinách je aj pevná kalcitová výplň - žilky od 1 do 3 mm, zriedkavo do 5 mm. Strmé pukliny sú do 60 - 70°, ob čas až do 85°, sú zvlnené, drsné, s pevnými povlakmi ale aj s ílom. Strmé pukliny sú v polohách: 6,7 - 7,0 m (70°); 8,4 - 8,7 m (60 - 90° zvlnená); 10,0 - 10,3 m (80°); 11 ,2 - 13,0 m (90° - miestami je vyhojená a stráca sa), v hĺbke 14,5 m je zrejmá vrstevnatosť so sklonom do 20°. Ďalšia ílová poloha je v úrovni 13,8 - 13,9 m, tvorená ílom s vysokou plasticitou, ako aj v predošlých miestach od 6,5 m. Lokálne je íl naviazaný na preplástky zvetraného ílovca, laminovanej odlučnosti, hnedej farby, v úrovniach: 14,5 - 14,65 m a 15,5 - 15,55 m. Ďalšie výraznejšie strmé pukliny sú takmer po celej dĺžke návrtu, sú však vyhojené pevnou výplňou $CaCO_3$. Pukliny tvoria nesúvislé čiary, často tvaru pavučiny hrúbky od mikrotrhlín po hrúbku 5 mm. Oxidy Fe badať po celej dĺžke vrtu. Ďalšie ílové polohy s drobnými úlomkami (medzivrstevné íly s drvou) sú v hĺbke: 13,75 – 13,85 m; 16,60 – 16,62 m; 18,20 – 18,25 m; 15,45 – 15,50 m; 16,83 – 16,85 m; 18,75 – 18,95 m; 15,80 – 15,83 m; 16,90 – 16,91 m; 19,50 – 19,60 m; 16,10 – 16,11 m; 17,15 – 17,20 m ; 20,40 – 20,45 m.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
230-01 INK	0,1	0,5	PV	432
230-01 INK	0,5	1,5	PV	433
230-01 INK	3,5	6,5	PV	434
230-01 INK	6,5	13,8	PV	435
230-01 INK	13,2	20,0	MH	428
230-01 INK	14,5	15,6 ílovec	PLT	061/2016
230-01 INK	5,0	20,0 vápenec	PLT	060/2016

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 2,0 m » 133 mm

2,0 – 20,0 m » HQ

Výnos jadra: viď RQD

230–02 (hydrogeologický) 11.4.2016 - 12.4.2016

Kvartér

0,0 – 1,3 m Redeponovaný miestny materiál, strhnutá skrývka pri hrubých terénnych prácach na D1, má charakter sute kamenito-siltovitej, hnedej až okrovo-hnedej farby, s úlomkami výlučne karbonátov (vápence a slieňovce), ktoré sú prevažne silno zvetrané (W3), sú ostrohranné, veľkosti do 2 cm. Úlomky sú často v zhlukoch. Silt je slabo piesčitý až prachovitý, pevnej konzistencie, nízkej až strednej plasticity.

1,3 – 1,9 m Deluviálny íl s úlomkami, hrdzavohnedej farby, íl je tuhej, lokálne až tuhomäkkej konzistencie, s prímesou prachovitej až piesčitej frakcie, má nízku plasticitu. Úlomky sú prevažne silno zvetranými (W3) slienitými škvrnitými vápencami, ale aj slieňovcami, ktoré sú po hranách zaoblené (čiastočne transportované). Úlomky veľkosti do 2 cm, lokálne viac, obsahu do 30 %.

1,9 – 4,9 m — Polygenetická suť (deluviálno-proluviálna?) ílovito-kamenitá (bahnitá), pričom obsah úlomkov a ílu je variabilná, vo vrchnej časti (do 3,5 m) prevládajú úlomky (balvany), hlbšie už badať viac ílovitého materiálu charakteru ílu štrkovitého F2/CG, ktorý je svetlej žltkastohnedej farby, prevažne pevnej až tvrdej konzistencie, od 4,0 m tuhej konzistencie. Plasticita je nízka. Úlomky veľkosti do 4 - 5 cm sú po hranách slabo až stredne opracované, polozaoblené, tvorené výlučne karbonátmi (škvrnité vápence a slieňovce), rôzneho stupňa zvetrania, prevažne W3. Väčšie úlomky a balvany tvoria škvrnité vápence, zdravé, po puklinách navetrané, vysokej pevnosti R2, sivej farby.

4,9 – 7,7 m — Polygenetická suť (fluviálno-proluviálna?) kamenito-ílovitá F2/CG, svetlohnedej až hrdzavo-bordovohnedej farby, íl je strednej plasticity. Úlomky sú prevažne drobné, do 2 - 3 cm, zriedkavo viac, v prevažnej miere tvorené čriepkovitým slienitým ílovcom až slieňovcom so škvrnami, pričom väčšie úlomky tvoria zhluky, menšie (do 0,5 cm) sú zväčša rozptýlené, a tie sú aj opracované po hranách, kdežto väčšie úlomky sú skôr ostrohranné – práve sa rozrušili a rozsypali. Veľmi zriedkavo (3x) sa v polohe našli relikty po vysokej terase?, dokonale opracované obliaky (1x kremenec – 5,6 m, veľkosti 8 cm; 2x metamorfit – 7,2 a 7,4 m, veľkosti 2 cm). Nachádzajú sa dobre opracované obliačiky vo väčšom množstve ako 3x, ale nedajú sa pomenovať, pretože sú silno zvetrané a malé, nie sú však dokonale ováľané.

7,7 – 8,5 m — Polygenetická suť kamenito-siltovitá až siltovito-kamenitá, svetlohnedej farby. Silt je s jemnou piesčitou prímesou, je tuhopevnej konzistencie, nízkej plasticity. Úlomky sú výhradne tvorené karbonátmi, väčšie úlomky sú prevažne ostrohranné až slabo opracované po hranách, menšie úlomky sú na hranách polozaoblené.

Mezozoikum

8,5 – 12,0 m — Súvrstvie tvorené navetraným slienitým vápencom škvrnitým, sivej farby s hnedými (slienitými) škvrnami. Vápenec je pomerne často prestúpený žilkami $CaCO_3$. Úlomky sú vysokej pevnosti – R2 až spodná hranica R1. Výraznejšie zvetranie badať prvý meter, úlomky sú farebne viac do hnedej farby. Lokálne je súvrstvie otvorené a vyplnené pukliny sú s ílom, či siltom. Taká výraznejšie puklinová výplň (možno potenciálna šmyková plocha) je v úrovni 9,4 - 9,5 m; výplň je tvorená prachovitým prehnieteným ílom s drobnými úlomkami, ktoré sú subangulárne. Íl je strednej, možno vysokej plasticity, tuhej konzistencie. Má okrovohnedú farbu. Iné výplne sú prachovitej či siltovitej frakcie, pričom silt je skôr pevnej konzistencie (9,1 - 9,2 m; 9,7 - 9,8 m; 10,5 - 10,6 m a 11,5 - 11,6 m). Posledné dve úrovne sú viac prachovité, možno iba vŕtaním rozomletá hornina na prach.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
230-02 HG	3,5	4,0	PV	436
230-02 HG	5,3	5,6	NV	437
230-02 HG	6,7	7,3	PV	438
230-02 HG	9,0	12,0	PLT	062/2016

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 4,0 m » 156 mm

4,0 – 12,0 m » 137 mm

Výnos jadra: 80 – 90 %

231–01 **12.4.2016**

Kvartér

0,0 – 0,5 m	Deluviálny silt s jemnou piesčitou prímesou F3/MS, čistý, bez úlomkov, svetlohnedej farby, pevnej konzistencie, nízkej plasticity (v minulosti obrábané pole – terasovité, dnes zarastené nízkym porastom).
0,5 – 2,7 m	Deluviálny íl s vysokou plasticitou F8/CH, s jemnou piesčitou až prachovitou prímesou, len veľmi ojedinelými drobnými zrnami karbonátov do 3 mm, ktoré sú rozptýlené a aj to len prvých 20 cm a posledných 30 cm. Vo zvyšku polohy sú úlomky ílovcového charakteru, sú však silno zvetrané až rozložené, v prstoch sa ihneď rozpadajú. Poloha má tmavú hrdzavohnedú farbu. Íl je tuhej, možno až tuhopevnej konzistencie, strednej, možno až vysokej plasticity.
2,7 – 7,1 m	Deluviálna suť ílovito-kamenitá G5/GC s občasným prechodom do sute kamenito-ílovitej F2/CG. Íl je strednej až vysokej plasticity, prevažne tuhej konzistencie, mimo úrovne 3,7 - 4,1 m, ktorá má tuhopevnú konzistenciu (je prevápnená). Úlomky sú výlučne z karbonátov, prevládajú jemno kryštalické (organodetritické, reiflinské?) vápence, sivohnedej farby. Úlomky sú prevažne ostrohranné, len po hranách slabo opracované, spôsobené pravdepodobne skôr zvetraním. Poloha má svetlú okrovohnedú farbu, lokálne s bordovým podtónom.
7,1 – 8,2 m	Polygenetický íl so strednou plasticitou F6/CI, bez úlomkov, okrovohnedej farby, tuhej až tuhopevnej konzistencie. Len veľmi zriedkavo sa objavujú drobné rozptýlené úlomky karbonátov.
8,2 – 8,8 m	Polygenetická suť ílovito-kamenitá G5/GC, úlomky sú slabo opracované ale po hranách aj dobre opracované, kvázi rýchle splachy, detto poloha 2,7 - 7,1 m.
8,8 – 11,3 m	Suť kamenito-ílovitá F2/CG, okrovohnedej farby, tvorená ílom s vysokou plasticitou F8/CH, tuhopevnej konzistencie, lokálne ílom so strednou plasticitou, úlomky sú výlučne z karbonátov, ktoré sú po hranách slabo ale aj dobre opracované (opäť rýchle splachy).
11,3 – 12,0 m	Suť ílovito-kamenitá G5/GC, bordovohnedej farby, pevnej – možno lokálne tuhopevnej konzistencie, strednej plasticity, úlomky karbonátov sú slabo piesčité, po hranách sú slabo až dobre ováľané.
12,0 – 13,5 m	Suť kamenito-ílovitá F2/CG s pozvoľným prechodom do sute ílovito-kamenitej G5/GC, poloha je svetlej hnedej až okrovohnedej farby. Íl je miestami tuhomäkký, prevažne však tuhý, strednej plasticity.
13,5 – 14,0 m	Balvanitá suť s ílovitou výplňou, svetlej sivohnedej farby, ináč detto predošlé polohy.
14,0 – 15,0 m	Íl s vysokou plasticitou F8/CH, jemne piesčitý s úlomkami karbonátov, pevnej konzistencie, okrovosivohnedej farby.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
231-01 presio	1,3	1,6	NV	439
231-01 presio	9,4	9,7	NV	440
231-01 presio	12,0	13,0	PV	441

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 4,0 m » 175 mm
4,0 – 15,0 m » 137 mm

231–02 (inklinometrický) 12.4.2016

Kvartér

0,0 – 0,15 m	Silt piesčitý F3/MS, svetlohnedý, s ojedinelými úlomkami, prekorenelý trávnatým porastom, tuhopevný, nízkej plasticity.
0,15 – 0,8 m	Deluviálny íl piesčitý s úlomkami až balvanmi karbonátov. Íl je pevnej až tuhopevnej konzistencie, nízkej plasticity, s prímesou jemnej piesčitej frakcie, má svetlohnedú farbu. Karbonáty sú tvorené svetlými hnedosivými a tmavosivými (guttenstein?) žilnatými vápencami, ktoré sú na povrchu silno zvetrané s patinou.
0,8 – 1,3 m	Polygenetický íl so strednou plasticitou F6/CI, do 1 m s úlomkami neopracovaných, menej často aj slabo opracovaných karbonátov, od 1 m hlbšie je íl bez úlomkov, resp. sú len ojedinelé. Íl je hrdzavohnedej až žltookrovohnedej farby, tuhopevnej konzistencie, s prímesou prachovitej frakcie.
1,3 – 1,5 m	Balvan žilnatého vápenca, svetlo hnedosivej farby.
1,5 – 2,1 m	Zvyšok vysokej terasy Váhu, štrk ílovitý G5/GC, pestrého petrografického zloženia, dominujú kremence a granity, sú tu však aj metamorfity. Obliaky sú veľkosti 0,3 - 3 cm a 5 - 12 cm, zriedkavo aj veľký kus nad priemer vrtu. Výplň je okrovohnedej farby, je vlhká, nie však mokrá. Jemnozrnná výplň je spevnená, úderom sa však ľahko rozpadá.

Mezozoikum

2,1 – 2,8 m	Elúvium – rozložené slienité ílovce charakteru ílu pevnej konzistencie s ojedinelými pevnejšími úlomkami. Poloha má svetlohnedú farbu.
2,8 – 4,0 m	Silno až slabo zvetrané súvrstvie slienitých ílovcov až slieňovcov (W4) s polohami slienitých škvrnitých vápencov (W3). Slienité ílovce sú čriepkovitého, drobnoúlomkovitého rozpadu, veľmi nízkej až nízkej pevnosti R5 - R4, slienité vápence vysokej až strednej pevnosti R2 - R3, úderom kladiva sa rozpadávajú po subhorizontálne uložených vrstevných plochách s miernym sklonom do 10 - 15°. V polohe sú ílovce v prevahe nad vápencami. Vápence sú v hĺbke: 2,8 - 2,9 m a 3,3 - 3,4 m.
4,0 – 11,0 m	Selektívne viac či menej zvetrané súvrstvie slienitých vápencov so škvrnami, vápence sú doskovitej až hrubodoskovitej odlučnosti, do 6 m sivohnedej farby, hlbšie sivej farby. Hornina je pomerne kvalitná, vysokej pevnosti R2. Občas sú medzivrstevné pukliny vyplnené ílom okrovo hnedej farby v úrovni 7,5 - 7,6 m, viac však hnedosivej farby do hrúbky 1 cm. V úrovni 10,3 - 11,0 m je strmá puklina s povlakmi Fe a limonitu a s ílovitou výplňou hrúbky 1 - 2 cm.
11,0 – 14,8 m	Silno tektonicky porušené a prehnietené prostredie slienitých ílovcov, bridličnatých, charakteru ílu piesčitého, od 11,5 do 12,0 m čiernej farby (kvázi zuhoľnatené). Od 12 m hlbšie je farba sivá až tmavosivá, nachádzajú sa tu preplástky pevnejších hornín vápenca hrúbky 2 - 15 cm.
14,8 – 15,0 m	Pevný zdravý blok svetlosivého slienitého vápenca, vysokej až veľmi vysokej pevnosti R2 - R1, na kontakte s tektonicky porušenou polohou má vrstevnú plochu hladkú, vyšmýkanú, zbridličnatenú.

Hladina podzemnej vody: narazená: 6,80 m p.t.
ustálená:

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
231-02 INKL	1,6	2,1	PV	442
231-02 INKL	11,4	11,8	PV	443
231-02 INKL	4,0	6,0	PLT	064/2016 064/2016
231-02 INKL	6,0	11,0	PLT	065/2016

Výnos jadra: 90 %

231–03 (hydrogeologický) 11.4.2016

Kvartér

0,0 – 0,5 m Silt jemne piesčitý F3/MS, tuhej konzistencie, hnedej farby, do 0,2 m prekorenelý, humózny, s obsahom cca 10 % drobných úlomkov vápenca veľkosti do 2 cm. Hlbšie len ojedinelé úlomky do 1 cm.

0,5 – 2,4 m Polygenetická suť ílovito-kamenitá až kamenito-ílovitá. Výplň tvorí íl jemne piesčitý, so strednou až vysokou plasticitou, tuhý. Úlomky vápencov sú veľkosti do 5 cm, dokonale opracované až ostrohranné, zvetrané až navetrané, obsahu 30 - 70 %. Poloha má svetlohnedú až okrovohnedú farbu.

2,4 – 4,5 m Polygenetická suť ílovito-kamenitá. Výplň tvoria rozložené slieňovce a íl jemne piesčitý, pevný až tvrdý, so strednou plasticitou. Kamenité polohy (rozvŕtané väčšie balvany vápencov – R3, W3 - W2).

Mezozoikum

4,5 – 7,0 m Rozložené až silno zvetrané podložie slienitých vápencov svetlohnedej farby. Vŕtaním je poloha rozrušená na drobné úlomky 1 - 3 cm, menej 3 cm až priemeru vrtu. Má charakter sute ílovito-kamenitej. Úlomky silno zvetrané až zvetrané, pevnosti R4 - R5, laminované. Po puklinách Mn a Fe povlaky. Vrstevnatosť? (subhorizontálna).

7,0 – 15,0 m Zvetrané až navetrané podložie škvrnitých slienitých vápencov, sivohnedej až sivej farby. Zdravšie polohy R3 - R2. Tektonicky porušené polohy sú prehnietené, drobnoúlomkovité, charakteru sute kamenito-ílovitej. Tektonicky porušené polohy: 10,8 - 11,0 m; 11,7 - 12,3 m; 12,8 - 13,7 m; 14,6 - 14,8 m. Úlomky v tektonicky porušených polohách sú zvetrané až rozložené, veľkosti do 2 cm, pevnosti R5 - R6.

Hladina podzemnej vody: narazená: 4,80 m p.t. slzenie
ustálená: 6,34 m p.t.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
231-03 HG	4,5	7,0	PLT	066/2016
231-03 HG	7,0	15,0	PLT	067/2016

Priemer vrtného náradia:
0,0 – 3,0 m » 175 mm
3,0 – 15,0 m » 137 mm

Výnos jadra: 90 – 100 %

NT-01 (inklinometrický) 9.4. - 11.4.2016

Kvartér

0,0 – 0,1 m Deluviálny silt slabo piesčitý, hnedej farby, s ojedinelými drobnými úlomkami karbonátov.

0,1 – 0,3 m Deluviálna suť kamenito-siltovitá, svetlohnedej farby, pevnej až tvrdej konzistencie, bez známok plasticity. Úlomky karbonátov do 2 cm.

Mezozoikum

0,3 – 1,1 m Silno rozvoľnené podložie vápenca, charakteru kamenitej sute s ojedinelými ílovitými preplástkami, úlomky svetlosivej farby, veľkosti do 3 - 4 cm, zriedkavo viac. Íl je okrovohnedej farby, tuhopevnej konzistencie, objavuje sa viac na báze polohy.

1,1 – 3,0 m Vŕtané na sucho do 3 m, detto vyššia poloha, väčšie kusy úlomkov karbonátov (vápencov) svetlej hnedosivej farby, silno prestúpené kalcitovými žilkami.

3,0 – 3,8 m Tektonicky porušená, možno ešte silno rozvoľnená zóna, tvorená slienitým vápencom svetlej hnedosivej až sivohnedej farby na čerstvom lome, silno rozpukaným na malé úlomky s častými kalcitovými žilkami a s veľmi nepravidelnými roztrasenými puklinami s tmavosivou výplňou (riasy?). Výraznejšie pukliny sú otvorené do niekoľkých mm až do 1 - 2 cm, s ílovými povlakmi či výplňou, dominuje však pevná výplň (kalcit). Úlomky pevnosti R2, avšak hustou sieťou puklín sa rozvoľňuje skôr, už pri pevnosti R3. Na báze výrazná priebežná puklina rovinná, sklonu 70°, je hladká s výplňou ílu.

3,8 – 23,0 m Súvrstvie slienitých svetlosivých žilnatých vápencov, nepravidelne rozblokovaných na celistvejšie úseky a úseky, ktoré sú viac či menej rozbité na úlomky. Puklinatosť je všesmerná, najvýraznejšie sa prejavujú pukliny a poruchy sklonu 45 - 50°, tieto pukliny sú priebežne rovinaté, vyhladené, s povlakmi ílu. Celistvejšie úseky sú: 3,8 - 6,6 m; 9,1 - 9,6 m; 10,4 - 12,0 m; 13,1 - 17,1 m; 18,1 - 20,0 m a 20,9 - 22,7 m. Ostatné časti sú teda drobnoúlomkovité, po puklinách často s drobnými drúzami kryštálov kalcitu, okrovohnedej až medovej farby. Po puklinách v rozbitých úsekoch aj ílovité a piesčité výplne hrúbky do 0,5 cm, zriedkavo do 1 cm. Sú to vplaveniny a zvetraliny. Úsek 6,7 - 9,1 m je kvázi brekcia s hrdzavou zvetralinovou výplňou, ktorá pôsobí ako tmel. V hĺbke 12,8-12,9 m väčšia puklina, resp. kavernička, ktorá je tiež vyplnená okrovosivým ílom a úlomkami, íl je tuhomäkký, strednoplastický. Všade na úlomkoch sú výrazné tlakové prejavy vo forme nepravidelných kvázi roztrasených mikrotrhlín.

23,0 – 28,5 m Kvalitatívne lepšie prostredie, tvorené slienitými svetlosivými vápencami s kalcitovými žilkami. Úsek od 26,0 do 28,5 m je viac tektonicky porušený (úlomky 2-5 cm) s ílovou výplňou. Lokálne je na puklinách badať tektonické zrkadlo (24,15 m; 27,1 m). Úbytok tlakových prejavov. Po puklinách hrdzavé povlaky. Badať náznaky vrstevnatosti – cca 20 - 30°.

28,5 – 40,0 m Kompaktné slienité vápence, neporušené, úplne najlepšie prostredie. Lokálne po puklinách hrdzavé záteky. Generálny sklon puklín cca 40°. Znížené zastúpenie kalcitu v puklinách. Poloha 29,0 - 40,0 m výraznejšie porušená, s ílovitou výplňou.

Hladina podzemnej vody: narazená: .....
ustálená: 21,0 m

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-01 INKL	4,0	23,0	MH	lab.č.454
NT-01 INKL	31,0	40,0	MH	lab.č.455
NT-01 INKL	3,0	9,0	PLT	009/2016
NT-01 INKL	9,0	23,0	PLT	010/2016
NT-01 INKL	23,0	28,0	PLT	011/2016
NT-01 INKL	29,0	40,0	PLT	012/2016

Priemer vrtného náradia:
0,0 – 3,0 m » 133 mm
3,0 – 40,0 m » HQ

Výnos jadra: viď RQD

NT-02 (hydrogeologický) 13.4. - 20.4.2016

Kvartér

0,0 – 0,1 m Deluviálny silt slabo piesčitý F3/MS, hnedej farby, s ojedinelými drobnými úlomkami karbonátov, obsahu do 20 %.

0,1 – 0,4 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá F2/CG, svetlohnedej farby, pevnej až tvrdej konzistencie. Úlomky karbonátov do 2 cm, obsahu 30 - 40%.

Mezozoikum

0,4 – 1,1 m Silno zvetrané podložie (?) charakteru ílovito-kamenitej sute s ílovitou výplňou, úlomky vápencov sú svetlosivej farby, veľkosti do 1 - 4 cm, ojedinele 5 - 10 cm. Íl je svetlosivohnedej farby, pevnej konzistencie, na báze vrstvy pribúda viac úlomkov až kamenitá suť.

1,1 – 3,0 m Vŕtané na sucho do 3 m, detto vyššia poloha, väčšie kusy úlomkov karbonátov (vápencov) svetlej hnedosivej farby, silno prestúpené kalcitovými žilkami.

3,0 – 3,5 m Tektonicky porušená poloha slienitých vápencov, svetlej hnedosivej farby, vápence sú rozvoľnené na malé úlomky s kalcitovými žilkami. Pukliny sú vyplnené kalcitom. Úlomky sú strednej pevnosti R3.

3,5 – 12,1 m Vápence slienité, svetlosivej farby, silne zvetrané, pukliny vyhojené kalcitom, po puklinách sú vápence rozvoľnené na úlomky, hrúbky 2 - 10 cm, navetrané, strednej až vysokej pevnosti R3, úlomky sú s hrdzavohnedými povlakmi. Pukliny sú priebežné pod uhlom sklonu prevažne 45 - 50°, sú rovinaté, vyhladené, lesklé, povrch puklín je často s povlakmi ílu. Tektonické poruchy sú v úseku: 6,0 - 6,4 m; 7,2 - 7,3 m; 8,0 - 8,7 m; 9,1 - 9,7 m; 11,1 - 11,2 m.

12,1 – 19,2 m Vápence slienité, kalové, sivej farby, tenkodoskovité až doskovité, prestúpené hustou sieťou puklín, ktoré sú prevažne vyplnené kalcitom. Vápence sa rozvoľnené puklinami najčastejšie pod 45°uhlom. Povrch puklín je drsný, zakrivený, otvorené pukliny sú s ílovými povlakmi. Tektonické poruchy sú v úseku: 12,1 - 12,2 m; 13,1 - 13,4 m; 14,1 - 14,2 m; 15,6 - 15,8 m; 19,1 - 19,2 m.

19,2 – 25,8 m Vápence s kalcitovými žilkami, sivé, slienité, doskovité až lavicovité, vysokej pevnosti R2. Tektonicky porušené vápence sú v hĺbke 20,1 - 20,3 m.

25,8 – 40,0 m Vápence slienité tenkodoskovité, tektonicky porušené, prestúpené hustou sieťou puklín rôznych smerov, rozvoľnené na úlomky nízkej pevnosti R4,

veľkosť úlomkov je 1 - 8 cm, povrch úlomkov je zvlnený drsný, miestami sú pukliny vyplnené kalcitom. Polohy doskovitých vápencov s vysokou pevnosťou R2 sú v hĺbke: 29,8 - 29,9 m; 30,1 - 30,3 m; 32,6 - 32,8 m; 36,2 - 36,4 m; 38,2 - 38,8 m.

Hladina podzemnej vody: narazená: /ustálená: 18,4 m

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-02	6,0	19,0	PLT	013/2016
NT-02	19,0	25,0	PLT	014/2016
NT-02	25,0	40,0	PLT	015/2016

Priemer vrtného náradia:
0,0 – 3,0 m 133 mm; 3,0 – 24,50 m HQ; 24,50 – 40,00 m NQ

Výnos jadra: viď RQD

NT-03 (hydrogeologický) 22.4. - 25. 4.2016

Kvartér

0,0 – 3,0 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, deluviálna, tmavohnedej farby, tvorená úlomkami vápencov, výplň tvorí íl so strednou plasticitou, pevnej konzistencie.

3,0 – 15,5 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG lokálne ílovito-kamenitá G5/GC, deluviálno-proluviálna, tmavosivej farby miestami hnedej farby. Suť je tvorená úlomkami karbonátov rozličnej veľkosti i zloženia. Výplň tvorí íl so strednou až vysokou plasticitou, tuhej až pevnej konzistencie.

Mezozoikum

15,5 – 28,2 m Tektonicky porušené ílovce, navetrané, zbridličnatené a prehnietené, výplň puklín tvorí íl sivej farby. Sklon odlučnosti cca 20 - 30°. Vrstva má charakter ílovitej suti.

28,2 – 33,0 m Tektonicky porušené ílovce s laminami slienitých vápencov, sklon plôch diskontinuít je cca 20 - 30°.

33,0 – 35,0 m Súvrstvie s prevahou ílovcov výrazne tektonicky porušené, jemná frakcia je vyplavená.

Hladina podzemnej vody: narazená: /ustálená:

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-03	11,40	11,60	NV	698
NT-03	19,00	23,00	NV	697
NT-03	29,0	32,0	PLT	016/2016
NT-03	32,4	32,5	Petro	P-01

Priemer vrtného náradia:
0,0 – 12,0 m 137 mm; 12,0 – 35,0 m NQ

NT-04 (inklinometrický) 27.4. – 5.5.2016

Kvartér

0,0 – 3,8 m Deluviálno-proluviálna suť kamenito-ílovitá, hnedej farby s obsahom ostrohranných aj poloopracovaných úlomkov dolomitov a vápencov, veľkosti 0,5 – 8 cm, obsahu do 30%. Výplň tvorí hnedý íl tuhej konzistencie, miestami mäkkej, lokálne piesčitý prevažne so strednou plasticitou.

3,8 – 8,5 m Deluviálno-proluviálna suť kamenito-ílovitá, tmavosivej farby s obsahom ostrohranných aj poloopracovaných úlomkov karbonátov, veľkosti 0,5 – 8 cm, obsahu do 30%. Výplň tvorí íl tuhej až pevnej konzistencie, lokálne piesčitý prevažne so strednou plasticitou.

Mezozoikum

8,5 – 10,5 m Rozložené podložné ílovce, vŕtaním prehnietené, pravdepodobne aj tektonicky porušené. Lokálne zachovaná bridličnatá štruktúra.

10,5 – 18,0 m Ílovce navetrané až zdravé, tmavosivé, lokálne preplástky vápenca (11,4 – 11,7 m; 13,6 – 13,7 m; 15,0 – 15,1 m). Vápenec so strmou puklinou s kalcitovou výplňou so sklonom 70°. Sklon vrstiev cca 15 – 30°. Porušenejšie podrvené úseky sú v hĺbkach 11,0 – 11,3 m; 11,6 – 12,0 m; 12,8 – 13,4 m; 15,7 – 16,3 m; 14,5m; 14,7 m. Polohy sú charakteru úlomkov s povlakmi ílu, resp. v 11,0 – 11,3 m ílu mäkkej konzistencie.

18,0 – 27,0 m Asi od 18,0 m sa v súvrství ílovcov objavujú laminy a preplástky pieskovca s puklinami s kalcitovou výplňou. Dominujú ílovce, ktoré sa rýchlo rozsúšajú a rozpadávajú po vrstevných plochách so sklonom do 30°. Ob čas sa vyskytujú na medzivrstevných plochách preplástky ílu od 2 do 7 cm (17,40 – 17,45 m; 18,10 – 18,12 m; 21,05 – 21,37 m), Ílovce sú pevnosti R3, sú slabo piesčité.

27,0 – 39,0 m Silno tektonicky porušené prostredie tvorené prevažne brekciami (íl so závalkami úlomkov). Brekcie dominujú do hĺbky 33,5 m, hlbšie ílovce s polohami ílu resp. rozdrvené a prešmýkané ílovce charakteru ílu s drobnými úlomkami (šupinkami). Občasný výskyt úlomkov pieskovca s častou kalcitovou výplňou. Úlomky ílovca sú pevnosti R3, pieskovca R2 v pomere cca Ic : Pc = 9:1. Pieskovce sú hrúbky 2 – 5, max. 15 cm, častý výskyt lamín Pc.

39,0 – 40,4 m Kvalitnejšie prostredie ílovcov s občasnými silno tektonicky porušenými polohami, resp. polohami ílu (39,45 – 39,6 m; 39,85 – 39,9 m)

Hladina podzemnej vody: narazená: /ustálená: 4,9 m

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-04	0,5	1,0	NV	702
NT-04	2,0	4,0	TV	703
NT-04	8,0	8,5	NV	704
NT-04	27,5	33,5	PV	856
NT-04	33,5	38,0	PV	857
NT-04	12,0	16,0	PLT	018/2016
NT-04	15,5	15,7	Petro	P-02
NT-04	18,5	25,0	MH	lab.č.705
NT-04	18,5	25,0	PLT	020/2016
NT-04	30,0	40,0	PLT	021/2016

NT-04	37,5	37,6	Petro	P-03
NT-04	40,1	40,4	Petro	P-04

Priemer vrtného náradia:
0,0 – 10,0 m 137 mm; 10,0 – 18,5 m HQ; 18,5 – 40,0 m NQ

NT-06 (inklinometrický) 9.6. – 10.6.2016

Kvartér

0,00 – 0,40 m Deluviálny silt slabo piesčitý až íl slabo piesčitý, tmavohnedej farby, s úlomkami karbonátov, veľkosti do 5 cm, poloha je silno prekorenelá, tuhej až tuhopevnej konzistencie, nízkej až strednej plasticity.

0,40 – 3,50 m Deluviálna suť kamenito-siltovitá, svetlej okrovohnedej farby, prevažne pevnej, lokálne s prechodom do tuhopevnej konzistencie (aj to iba do hĺbky 1,5 cm), strednej až nízkej plasticity. Úlomky tvoria karbonáty s ostrými hranami, resp. len slabo opracovanými hranami – krátky transport, veľkosť úlomkov je 2 - 10 cm, občas aj balvany nad priemer vrtu.

3,50 – 6,70 m Deluviálno-proluviálna suť kamenito-ílovitá, svetlosivej, od 6,0 m hlbšie okrovosivej farby. Íl má tuhú konzistenciu, strednú až vysokú plasticitu. Úlomky tvoria hlavne karbonáty rôzneho stupňa zvetrania, veľkosti od 0,5 cm do 5 cm, ale nájdu sa aj doskovité úlomky nad priemer vrtu (pieskovcové preplástky). Úlomky sú prevažne rozptýlené, no objavujú sa aj v zhlukoch, sú však drobné, do veľkosti 2 cm.

Mezozoikum

6,70 – 8,00 m Silno zvetrané podložie ílovcov až siltovcov charakteru ílu štrkovitého až štrku ílovitého, sivej farby, íl je tuhej až tuhomäkkej konzistencie, vysokej až extrémne vysokej plasticity.

8,00 – 22,90 m Pomerne kvalitné prostredie slieňovcov až siltovcov, doskovitej až hrubodoskovitej odlučnosti, mimo prvých 2 m (do 10 cm), ktoré sú značne rozlámané na úlomky. Hornina je zdravá, po puklinách slabo navetraná, nebadať žiadne oxidy Fe, pukliny sú do 1 mm otvorené, sú bez výplne, občas s pevnými povlakmi až žilkami kalcitu, pevnosť dosahuje možno až spodnú hranicu R2. Hornina je málo porušená, výraznejšia tektonická porucha je v úrovni 13,4 - 13,5 m - drvená zóna, a trochu viac porušená zóna s medzivrstevnou tektonikou v úrovni 21,7 - 22,4 m. Sklon vrstiev cca uhol 15 - 25 °.

22,90 – 25,00 m Tektonicky porušené prostredie slieňovcov až vápnitých ílovcov s laminami pieskovcov, pričom ílovce sú zbridličnatené, často aj prehnietené, občas až charakteru brekcie, resp. tuhomäkkého ílu s úlomkami (22,90 - 23,10 m a 23,4 - 23,6 m). Po vrstevných plochách veľmi často takmer všade povlaky ílu až íl do 0,5 – 1,0 cm. Od hĺbky 24,6 m drvená prehnietená zóna (íl s úlomkami).

25,00 – 34,40 m Pomerne kvalitné horninové prostredie tvorené tenkodoskovitými až hrubodoskovitými vápnitými ílovcami až siltovcami, s občasnými preplástkami či laminami pieskovcov. Taktiež občas sa objavujú viac porušené úseky od 2 cm do 30 cm, sú to viac menej zbridličnatené ílovce, tieto úseky sú viazané na vrstevné plochy. Výraznejšia (30 cm) poloha je v úrovni 27,5 – 27,8 m. Vrstevné plochy sú s miernym sklonom, uhol 10 - 15°. Pevnosť horniny je stredná až vysoká R3 - R2. Hornina je zdravá, po puklinách navetraná, je svetlosivej až sivej farby.

34,40 – 40,0 m Silno tektonicky postihnuté prostredie charakteru ílu s úlomkami až brekcie, s menším zastúpením zachovalejších úlomkov horniny. Prevažne

je hornina zbridličnatená a prehnietená. V hĺbke 38,5 – 39,0 m je poloha rozomletá kašovitej konzistencie bez úlomkov - boli značné problémy aj s prevŕtaním tejto zóny (tlakovanie vody). Poloha má charakter poloskalnej horniny, v rukách sa veľmi ľahko rozpojuje. Je tmavosivej farby. Aj dlhšie návrty jadrá sa na slnku po obschnutí rýchlo rozpadávajú na 2 - 3 až 5 cm úlomky – tenké dosky (viď foto).

Odber vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-06	1,0	1,3	PV	lab.č.1016
NT-06	5,0	5,5	PV	lab.č.1017
NT-06	6,7	7,0	NV	lab.č.1018
NT-06	9,0	15,5	PLT	023/2016
NT-06	16,0	20,0	Monolit	lab.č.1020
NT-06	25,0	32,0	Monolit	lab.č.1021
NT-06	25,0	34,0	PLT	026/2016
NT-06	38,0	40,0	PV	lab.č.1019
NT-06	35,0	40,0	PLT	028/2016

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 8,0 m 156 mm; 8,0 – 15,0 m HQ; 15,0 – 40,0 m NQ

NT-07 (inklinometrický, piezometrický) 6.6.2016

Kvartér

0,00 – 0,70 m Deluviálny íl až silt s ojedinelými úlomkami karbonátov. Íl má pevnú až tuhopevnú konzistenciu, strednú plasticitu. Poloha má hnedú až tmavohnedú farbu.

0,70 – 4,40 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá (F2/CG > G5/GC), poloha má do 2,3 m okrovohnedú farbu, hlbšie sivohnedú farbu. Úlomky sú tvorené karbonátmi, ktoré sú v prevahe nad občasne sa vyskytujúcimi pieskovcovými úlomkami. Úlomky sú po hranách slabo opracované. Íl je pevnej, lokálne tvrdej (vysušené jadro?), konzistencie, strednej plasticity, smerom do hĺbky sa pozvoľna plasticita mení na vysokú.

Mezozoikum

4,40 – 6,00 m Elúvium, rozložené až silno zvetrané ílovce s ojedinelými rozptýlenými úlomkami pieskovcov. Poloha má charakter pevného ílu vysokej plasticity, na kontakte s vodou sa rozbredí na kašu. Poloha má svetlú okrovohnedú farbu. Výraznejšia poloha siltovca až pieskovca v úrovni 4,85 - 5,00 m.

6,00 – 20,00 m Silno tektonicky postihnuté prostredie degradovaných ílovcov na íl s úlomkami (charakteru brekcie) s občasnými neporušenými polohami siltovcov, ktoré sú masívnejšie, pevnosti R3 - R2. Nachádzajú sa v úrovni : 12,1 - 13,6 m, 14,0 - 14,6 m a 16,3 - 17,0 m. Všetko ostatné je zbridličnatené, prehnietené, alebo degradované na íl s úlomkami. Poloha má sivú farbu.

20,00 – 26,00 m Pomerne dobré prostredie, už nie tak silno tektonicky postihnuté, ílovcov až siltovcov s laminami či preplástkami pieskovcov. Poloha je skôr úlomkovitá, s menšími zónami, ktoré sú buď ílovité, alebo tekt.porušené a zbridličnatené, hlavne úroveň 24,0 - 25,5 m. Úlomky sú pevnosti R3. Odlučné plochy, ktoré sú prevažne aj vrstevnými plochami, so sklonom 20 - 30°. Ob čas sa objavujú aj kalcitové žilnaté výplne, ktoré sú tiež prevažne viazané na vrstevné plochy.

26,00 – 42,70 m Veľmi kvalitné prostredie siltovcov s laminami pieskovcov, pričom dominuje doskovitá až hrubodoskovitá odlučnosť, ojedinele sa však tiež vyskytujú úlomkovité zóny, resp. tekt.porušené zóny so zbridličnatením, až s prechodom do brekcie. Sú to polohy hrúbky od 5 cm do 30 cm, pričom sa nachádzajú v týchto úrovniach : 30,0 - 31,4 m, 33,6 m (5 cm), 35,15 m (5 cm), 35,6 - 36,0 m a 41,2 - 41,6 m. Zhruba od 39,5 m hlbšie začína úlomkovitá poloha, pravdepodobne dosah porušenia zo spodnejšej tp zóny. Úlomky siltovcov pevnosti R3 až spodná hranica R2, v blízkosti porúch R3 - R4. Hornina má sivú farbu.

42,70 – 45,50 m Opäť silno tektonicky porušené prostredie, veľmi podobné úrovni 6,0 - 20,0 m. Hornina je viac zbridličnatená, veľmi nízkej pevnosti R4 - R5.

Odber vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-07	3,0	3,3	PV	lab.č.1011
NT-07	7,0	10,0	PV	lab.č.1012
NT-07	26,0	39,0	Monolit	lab.č.1013
NT-07	20,0	26,0	PLT	031/2016
NT-07	26,0	39,0	PLT	034/2016
NT-07	39,0	43,0	PLT	036/2016

Priemer vrtného náradia:
0,0 – 7,0 m 137 mm; 7,0 – 18,0 m HQ; 18,0 – 45,0 m NQ

NT-08 (piezometrický) 26.5.2016

Kvartér

0,00 – 0,90 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až siltovitá, tuhej konzistencie, strednej plasticity, hnedej farby, úlomky karbonátov sú veľkosti do 8 cm, rôzneho stupňa zvetrania.

0,90 – 1,00 m Deluviálny íl nízkej až strednej plasticity s úlomkami karbonátov aj dolomitov, podmáčaná poloha, tuhomäkkej konzistencie, hnedej farby.

1,00 – 3,40 m Deluviálna suť kamenito-ílovitá až siltovitá, pevnej až tuhopevnej konzistencie, strednej až vysokej plasticity, úlomky tvorené karbonátmi (vápencami aj dolomitmi) sú veľkosti do 5 cm, prevažne ostrohranné, občas aj poloopracované po hranách.

Mezozoikum

3,40 – 4,90 m Elúvium, silno zvetrané až rozložené ílovce s úlomkami pieskovcov charakteru tuhopevného ílu s roztrúsenými ojedinelými pevnejšími úlomkami. Poloha má okrovohnedú farbu so sivým podtónom (prehnietená zóna, možno ešte zosuvné delúvium).

4,90 – 15,00 m Súvrstvie slienitých ílovcov s laminami až preplástkami pieskovcov. Ílovce sú sivej farby, strednej pevnosti R3, pieskovce sú vysokej pevnosti R2. Zhruba do hĺbky 10 m sa pomerne často objavujú 5 až 15 cm preplástky ílu resp. zbridličnateného ílovca. Vrstevné plochy so sklonom do 15°, celá poloha je do veľkej miery silno tektonicky porušená, najporušenejšie časti sú brekciovitého charakteru, zriedkavo sa objavujú žilky a žily vyplnené kalcitu.

15,00 – 18,50 m Kvalitnejšie prostredie vápnitých ílovcov s laminami pieskovca, poloha má vcelku slušnú kusovitosť.

18,50 – 25,40 m Tektonicky porušené prostredie často charakteru brekcie (íl s úlomkami), nepravidelne sa striedajú zachovalejšie – neporušené časti s ílovitými brekciami. Najvýraznejšie brekciovité polohy sú: 20,0 - 20,9 m; 21,4 - 23,1 m; 24,0 - 24,3 m; 24,6 - 25,4 m.

25,40 – 30,90 m Asi najkvalitnejšie prostredie tvorené siltovcami, veľmi dobrej kusovitosti, i keď po vysušení na vzduchu sa rozpadá na menšie bloky. Siltovce sú sivej až svetlosivej farby, vysokej až strednej pevnosti R2 - R3, občas kalcifikovaný siltovec.

30,90 – 45,50 m Stredne porušené prostredie ílovcov a siltovcov s občasným výskytom aj ílov s úlomkami a brekciami. Objavujú sa aj úlomkovité polohy, pričom výrazná je jedna strmá tektonická porucha v úrovni 35,2 - 35,6 m. Úlomky ílovca sú strednej až vysokej pevnosti R3 - R2, siltovce sú vysokej až strednej pevnosti R2 - R3. Úlomkovité polohy s ílom sú v hĺbke: 31,1 - 31,2 m; 31,8 - 31,85 m; 34,5 - 35,0 m; 35,6 - 35,8 m (len úlomky); 37,5 - 38,1 m; 38,6 - 38,9 m (len úlomky); 39,3 - 39,4 m; 39,5 - 39,6 m; 40,1 - 40,2 m (len íl); 40,7 - 40,9 m; 41,4 - 41,5 m (len úlomky); 42,9 - 43,0 m; 43,4 - 43,45 m; 43,8 - 44,0 m; 44,15 - 44,2 m; 44,6 - 45,0 m (výrazná porucha); 45,4 - 45,55 m. Zbridličnatené polohy:32,5 - 32,6 m; 43,5 - 43,65 m; 44,0 - 44,15 m a 44,5 - 44,6 m. Sú prevažne sprievodné pri častejších úlomkovitých polohách s ílom. Ojedinele sa po puklinách objavuje aj slabé zvodnenie – pyritizácia.

Hladina podzemnej vody: narazená: 0,9 m p.t. a 4,7 m p.t.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-08	1,0	1,5	PV	992
NT-08	4,0	4,5	NV	993
NT-08	9,0	18,0	PLT	038/2016
NT-08	25,5	29,0	PLT	040/2016
NT-08	31,0	38,0	PLT	042/2016
NT-08	42,25	42,35	Petro	P-08
NT-08	38,0	45,0	PLT	044/2016

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 4,8 m 137 mm; 4,8 – 18,0 m HQ; 18,0 – 45,50 m NQ

NT-09 (inklinometrický, piezometrický) 7.5. – 9.5.2016

Kvartér

0,0 – 0,2 m Silt piesčitý, prekorenelý, humózny.

0,2 – 3,3 m Suť deluviálna, kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá, tvorená úlomkami prevažne karbonátov (dolomity, vápence), hnedej farby. Výplň tvorí íl so strednou až vysokou plasticitou pevnej až tuhej konzistencie. V úseku 2,9 – 3,1 m mäkký – prítok vody? Úlomky sú veľkosti 0,5 – 5 cm, max do 15 cm.

3,3 – 10,8 m Deluviálno-proluviálna suť ílovito-kamenitá až kamenito-ílovitá tvorená karbonatickými úlomkami veľkosti 0,5 – 8 cm, max. do 30 cm resp. nad priemer vrtu. Farba je sivohnedá. Výplň tvorí íl pevnej konzistencie, sivej farby so strednou plasticitou. Úlomky sú chaoticky usporiadané, prevažne sa nedotýkajú. Bez náznaku usmernenia. Kamenitejšie polohy: 5,5 – 5,6 m; 6,0 – 6,5 m; 6,6 – 6,7 m; 8,6 – 9,3 m.

Mezozoikum

10,8 – 12,2 m	Silno zvetrané a čiastočne tektonicky porušené ílovce hnedej farby, porušené vŕtaním. Plochy diskontinuít sú rovné, hladké so sklonom 20 – 45°, s dvomi zrete ľnými systémami.
12,2 – 13,7 m	Rozpukaný tmavosivý navetraný ílovec. Ojedinelé žilky kalcitu.
13,7 – 16,1 m	Tektonicky porušená zóna drvených ílovcov, charakteru lístočkovitého ílu s úlomkami, resp. drobnoúlomkovitého ílovca s povlakmi ílu. Pevnejšie kusy: 14,4 – 14,5 m; 14,8 – 15,2 m. Sklon bridličnatosti je nejasný (cca 40 – 60°)
16,1 – 16,9 m	Tektonizovaný ílovec, sklon diskontinuít je 15 - 30°, resp. do 40°. Odlučné plochy sú rovné až zvlnené.
16,9 – 20,9 m	Tektonicky porušená zóna, detto predošlá poloha 13,7 - 16,1 m.
20,9 – 23,5 m	Pomerne kvalitný aj keď rozpukaný ílovec s miernymi sklonmi diskontinuít, Viac porušená poloha v úrovni 22,6 - 22,8 m.
23,5 – 23,8 m	Tektonicky drvená poloha charakteru úlomkov s ílom.
23,8 – 24,2 m	Pieskovec zdravý, jemnozrnný.
24,2 – 32,4 m	Kvalitný kompaktný ílovec, tmavosivý, s ojedinelými tektonizovanými preplástkami: 28,5 – 28,6 m; 29,3 – 29,5 m; 31,0 – 31,5 m. Poloha pieskovca 24,9 – 25,4 m. Sklon vrstiev je 15 – 25°, miestami strmší, hlavne v dolnej časti polohy. Plochy diskontinuít sú hladké, rovné, dva systémy. Ojedinelé žilky kalcitu.
32,4 – 41,6 m	Tektonicky porušená zóna ílovcov, prevažne charakteru úlomkov s ílom, miestami viac ílovité: 34,7 – 35,2 m; 35,7 – 35,8 m; 38,1 – 38,7 m; 40,1 – 40,3 m; 40,8 – 41,1 m. Pieskovec: 27,6 – 27,7 m; 28,5 – 28,6 m; 30,0 – 30,2 m; 33,6 – 33,7 m; 39,6 – 40,1 m.
41,6 – 45,0 m	Kompaktný zdravý ílovec, v úseku 42,5 – 42,6 m tektonicky drvený na kontakte s pieskovcom (42,6 – 42,7 m). Sklon puklín/vrstiev je cca 20 – 40°. Plochy sú rovné a hladké.

Hladina podzemnej vody: narazená: /ustálená: 9,0 m

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-09	2,1	2,2	PV	859
NT-09	6,7	7,4	NV	858
NT-09	41,5	45,0	PLT	047/2016
NT-09	26,0	29,6	PLT	046/2016
NT-09	11,0	12,5	PLT	045/2016
NT-09	25,0	29,0	MH	lab.č.860

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 10,0 m » 137 mm; 10,0 – 18,5 m » HQ; 18,5 – 45,0 m » NQ

NT-10 **20.5.2016**

Kvartér

0,00 – 0,30 m	Deluviálny silt piesčitý s úlomkami karbonátov a ílovcov, hnedej farby, poloha je nakyprená, prekorenelá.
0,30 – 2,00 m	Deluviálny íl strednej až vysokej plasticity, tuhej až tuhopevnej konzistencie, svetlohnedej farby, s úlomkami karbonátov do 3 cm, od 1,2

	m hlbšie so zuhoľnatelou sečkou. Úlomky sú rozptýlené, obsahu do 15 %, maximálne 20 %, sú nerovnomerne zastúpené. Úlomky sú zvetrané, po hranách slabo opracované.
2,00 – 4,10 m	Silno zvetrané podložie tvorené prevažne laminovaným až tenkodoskovitým ílovcom s občasnými úlomkami pieskovca. Poloha má svetlohnedú farbu. Úlomky ílovcov sú v prstoch lámateľné, veľmi nízkej pevnosti R5, úlomky pieskovcov sú strednej až vysokej pevnosti R3 - R2. Posledných 30 - 40 cm je uľahlých a hornina je degradovaná na zeminu – íl pevnej konzistencie.
4,10 – 4,70 m	Značne podmáčaná poloha charakteru ílu štrkovitého. V polohe sa nepravidelne striedajú úlomky siltovca vysokej pevnosti R2 a ílu vysokej plasticity, mäkkej konzistencie. Poloha má sivú farbu s hnedým podtónom. Na úlomkoch sú povlaky oxidu železa Fe. Odlučné plochy sú s uhlom do 30° - vrstevnatosť.
4,70 – 6,30 m	Zdravý až navetraný, hrubodoskovitý siltovec, kvalitný, sivej až svetlosivej farby, vysokej až strednej pevnosti R2 - R3. Odlučné plochy takmer výlučné len vrstevnaté so sklonom 15 - 20°. Na báze sa začínajú objavovať tenké žilky kalcitu. Pukliny otvorené, bez výplne.
6,30 – 7,70 m	Rozpukaný vápenec, husto pretkaný sieťou kalciových žiliek, hrúbky od vlásočníc do 1 cm. Hornina je rozpukaná na malé až stredné bloky, odlučné plochy sú drsné a zvlnené, bez výplne , resp. oxidy Fe, pukliny sú otvorené do 2 mm. Vápenec je zdravý, po puklinách navetraný, vysokej pevnosti R2.
7,70 – 11,0 m	Stále kvalitné prostredie – siltovec s ojedinelými laminami pieskovca. Zhruba do 9,0 m je siltovec viac rozpukaný na dosky až hrubé dosky (po vysušení tenké dosky), hlbšie je lavicovitej resp. hrubodoskovitej odlučnosti. Dominujú odlučné plochy so sklonom 15 - 20°, zriedkavejšie 40 - 45°až 50°. V hĺbke 8,1 m je 5 cm poruchová zóna rozložená na íl (potenciálna šmyková plocha) s úlomkami a o niečo hlbšie (8,45 m) je vyšmýkaná plocha s ryhovaním pod uhlom 45°. Plochy nespojitosti sú tak hladké ako aj drsné, rovinné až zvlnené, bez výplne, otvorené do 1 mm, možno aj viac mm. Pevnosť siltovca je vysoká – R2.
11,00 – 13,90 m	Mierne zhoršené prostredie s prevahou rozpukaného siltovca s laminami až preplástkami pieskovca. Viac porušené, tektonikou postihnuté prostredie je do 12,2 m, hlbšie aj keď rozpukané, ale nie na úlomky s ílom. V hĺbke 11,0 - 12,2 m pretína horninu strmá tektonika. Po puklinách sa častejšie objavuje íl (tektonického charakteru). Hornina je vysokej až strednej pevnosti R3 - R3. Po puklinách nebadať oxidy Fe.
13,90 – 18,00 m	Silno tektonicky postihnuté prostredie charakteru brekcie, zriedkavo zachovalejšie polohy hlavne pieskovca, zriedkavo aj ílovca – siltovca. Prevažne však zbridličnatené, podrvené polohy, často až na íl s úlomkami tuhomäkkej konzistencie: 14,0 - 14,2 m; 15,0 - 15,05 m; 16,2 - 16,25 m; 16,8 - 17,15; 17,85 - 17,95 m. Tlakom postihnuté ílovce, zbridličnaté, strednej pevnosti R3 až nízkej pevnosti R4, zachovalejšie úlomky vysokej až strednej pevnosti R2 - R3.
18,00 – 45,00 m	Silno tektonicky porušené prostredie, charakteru tektonickej brekcie, charakteru šupinkatého ílu s úlomkami, častý pyrit. Pevnejšie polohy ílovcov resp. pieskovcov sú v hĺbke 18,0 - 20,4 m; 25,0 - 25,1 m; 31,6 - 32,3 m; 33,0 - 33,3 m; 38,0 - 38,7 m; 41,5 - 42,7 m.

Hladina podzemnej vody: narazená: 4,5 m p.t. / ustálená: m p.t.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-10	1,0	1,8	NV	976
NT-10	9,0	11,0	PV	977
NT-10	5,0	13,0	PLT (ílovce)	048/2016
NT-10	5,0	13,0	PLT(pieskovce)	049/2016
NT-10	9,0	11,0	Monolit	lab.č.975
NT-10	17,0	20,0	PLT	050/2016
NT-10	22,0	32,0	MH	
NT-10	41,0	45,0	PLT	051/2016

Priemer vrtného náradia:
0,0 – 5,0 m 137 mm; 5,0 – 18,0 m HQ; 18,0 – 45,0 m NQ

NT-11 (hydrogeologický) 21.6.2016

Kvartér

0,00 – 0,30 m Lesný humózny silt, tmavohnedý.

0,30 – 4,50 m Zosuvné delúvium, tvorené ílom hnedej farby, strednej plasticity, s obsahom úlomkov zvetraných hornín veľkosti 0,5 - 5cm, obsahu 10 - 30%. Striedajú sa ílovitejšie a kamenitejšie polohy. Kamene sú prevažne karbonáty resp. ílovce.

4,50 – 5,50 m Deluviálna suť kamenitá až balvanitá tvorená vápencami pravdepodobne chočského príkrovu.

5,50 – 9,50 m Zosuvné delúvium, suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá, vŕtaním vypláchnutá. Úlomky vápencov a pieskovcov sú v ílovitej výplni tuhej konzistencie, strednej až vysokej plasticity.

Mezozoikum

9,50 – 14,30 m Tektonicky porušené zbridličnatené súvrstvie ílovcov a laminami siltovca a pieskovca, charakteru šupinatého ílu, detailne prehnieteného, v ktorom plávajú pevnejšie úlomky pieskovca a aj vápenca ? **(možno ešte celé zosuv !!!)**

14,30 – 20,60 m Zdravý až navetraný ílovec až siltovec tmavosivej farby. Po puklinách ojedinele hrdzavé záteky. Hornina je rozpukaná, ale tvorí súvisle jadrá. Ojedinele laminy a preplástky pieskovca svetlosivej farby. Polohy tektonicky porušených hornín charakteru úlomkov s ílom v úrovniach: 14,5 m, 14,9 m, 15,9 - 16,2 m, 17,2 - 17,5 m, 17,9 - 18,1 m, 18,4 - 18,9 m, 19,1 m, 19,5 m a 20,3 - 20,5 m. Sklon vrstiev je 30 - 40°. Plochy puklín sú rovné až zvlnené, hladké, zreteľných viac systémov puklín.

20,60 – 22,90 m Tektonicky porušená zóna zbridličnatených ílovcov, charakteru úlomkov rozvlečených, budinovaných, s ílovitou výplňou. Sklon šmyku je asi pod uhlom 70 - 80° v úseku 22,0 - 22,5 m.

22,90 – 28,60 m Kompaktnejšia poloha zdravého ílovca s preplástkami a laminami pieskovca svetlosivej farby. Sklon vrstiev je 40 - 70°, pri čom sa javí, že vrstvy sú v normálnom aj prevrátenom slede – prevrásnenie. Strmá puklina takmer zvislá je v úrovni 23,2 - 23,8m, prevrátenie zreteľné 25,6 - 26,2 m (vztýčená vrstva). Plochy vrstiev sú zvlnené až rovné, hladké. Tektonizované polohy charakteru úlomkov so šupinatým ílom sú v hĺbkach: 23,7 - 23,8 m, 24,6 - 24,9 m, 27,1 m a 27,8 m. Tektonicky podrvené pieskovce s hojným zastúpením kalcitu sú na báze polohy. Prevrátený sled v úrovni : 22,9 - 25,0 m, 26,0 - 26,5 m.

28,60 – 29,40 m Tektonicky drvená zóna, charakteru ílu s úlomkami.

29,40 – 31,40 m Kompaktný až rozpukaný, ale zdravý ílovec, lokálne viac porušený : 29,7 - 29,8 m, 30,0 - 30,2 m a 30,4 - 30,5 m. Strmé pukliny so sklonom 60 - 80°, v hĺbke 30,9 - 31,0 m tektonické zrkadlo s rýhovaním cca 30° kalcitom.

31,40 – 31,90 m Tektonit, drvená zóna, charakteru ílu s úlomkami.

31,90 – 33,90 m Viac rozpukaný ílovec s polohami siltovca a pieskovca, tmavosivej farby, so sklonom vrstiev 20 - 30°.

33,90 – 36,30 m Tektonicky porušená zóna charakteru silno zbridličnatených ílovcov s budinami pevnejších hornín, miestami až ako šupinkovatých ílovcov tvrdej konzistencie. Úlomky sú detailne prešmýkané, hladké plochy zvlnené a nepravidelné.

36,30 – 38,20 m Kompaktnejší tmavosivý ílovec, zdravý, len lokálne rozpukaný, tektonicky podrvený v úseku 37,2 – 37,4 m (prevrásnený ílovec).

38,20 – 41,50 m Tektonická brekcia, detailne podrvené ílovce tvoriace súvislé jadrá.

41,50 – 48,50 m Kompaktný zdravý ílovec s laminami siltovcov a pieskovcov, v úseku 43,0 – 43,7 m podrvená pieskovcová lavica. Zbridličnatená poloha v úseku 42,8 – 42,9 m. Sklon vrstiev pod uhlom 10 - 30°, zdá sa normálny vrstevný sled. V hĺbke 46,5 - 46,6 m je otvorená puklina vyhojená kryštálmi kalcitu.

48,50 – 62,00 m Široká tektonicky porušená zóna, prevrásnená, strmo uložené šmykové plochy so sklonom 80°. Poloha má charakter brekcie, v ktorej plávajú budinované pevnejšie kusy horniny. Pevné jadro v úrovni : 49,6 - 49,7 m, 53,3 - 54,1 m, 57,8 - 58,3 m, 59,0 - 59,9 m. Pieskovcové polohy sú : 49,5 - 49,6 m, 54,7 - 55,1 m.

62,00 – 65,00 m Kompaktné jadro, aj keď hustejšie rozpukané, tvorené tmavosivým ílovcom s laminami pieskovca. Sklon vrstiev je do 20°.

Hladina podzemnej vody: narazená: x,x m p.t. / ustálená: x,x m p.t.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-11	14,0	20,0	PLT	053/2016
NT-11	25,0	45,0	MONOLIT	lab.č.1061
NT-11	31,0	41,0	NV (tektonika)	lab.č.1061
NT-11	41,0	45,0	PLT	055/2016
NT-11	62,0	65,0	PLT	056/2016
NT-11	64,4	64,5	Petro	P-05
NT-11	55,0	55,1	Petro	P-06
NT-11	32,5	32,6	Petro	P-07

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 5,0 m » 137 mm; 5,0 – 15,3 m » HQ; 15,3 – 65,0 m » NQ

NT-18 **19.4.2016**

Kvartér

0,00 – 2,80 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, hnedosivej farby, tvorená ílom so strednou plasticitou, pevnej až tvrdej konzistencie, úlomky vápencov sú veľkosti 2 - 8 cm, obsahu 30 - 40 %, úlomky sú prevažne bridličnaté.

2,80 – 6,80 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, tmavosivohnedej farby, tvorená ílom piesčitým, pevnej konzistencie, s úlomkami slienitých vápencov obsahu 15 - 20%, veľkosť úlomkov 1 - 5 cm.

6,80 – 12,20 m Suť ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená silne zvetranými slienitými vápencami, sivohnedej farby, obsah úlomkov 50 - 70 %, veľkosti 6 - 10 cm, veľmi nízkej až nízkej pevnosti R5 - R4. V hĺbke 11,0 - 12,2 m je tektonická porucha, prehnietená, tmavosivej farby, bridličnaté úlomky plávajúce v ílovitej zemine charakteru ílu piesčitého (? šmyková plocha).

Mezozoikum

12,20 – 14,80 m Vápence slienité, tmavosivej farby, tenkodoskovité, vysokej pevnosti R2, striedajúce sa bridličnatými slieňovcami v hĺbke 12,2 - 12,3 m, 12,8 - 12,9 m, 13,2 - 13,3 m, tektonicky porušenými, zvetranými.

14,80 – 18,00 m Vápence kalové, sivé, tenkodoskovité až doskovité, vysokej pevnosti R2, rozpadavé po puklinách, povrch puklín vyhladený, miestami až tektonické zrkadlá.

18,00 – 25,00 m Slienité vápence, svetlosivej farby, prevažne doskovité, vŕtaním rozvoľnené na úlomky 10 - 15 cm vysokej pevnosti R2, striedajúce sa s polohami tenkodoskovitých vápencov, v hĺbke 24,0 - 24,5 m tektonická porucha vyplnená ílom s drobnými bridličnatými úlomkami.

Hladina podzemnej vody: narazená: 8,0 m p.t. / ustálená: 13,50 m p.t.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab.číslo
	od	do		
NT-18	3,4	3,8	NV	545
NT-18	9,0	9,4	NV	546
NT-18	13,0	25,0	PLT	058/2016 058/2016

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 6,0 m 176 mm; 6,0 – 25,0 m 150 mm

NT-19 **20.4.2016**

Kvartér

0,00 – 1,80 m Suť ílovito-kamenitá G5/GC, hnedej farby, tvorená úlomkami vápencov, veľkosti 2 - 6 cm, ojedinele 10 - 15 cm. Výplň tvorí íl so strednou plasticitou, tvrdej konzistencie.

1,80 – 4,10 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, tvorená ílom piesčitým, pevnej konzistencie a úlomkami vápencov až bridlíc, sivohnedej farby, ostrohranné úlomky sú prevažnej veľkosti 2 - 8 cm, ojedinele 10 - 15 cm, v hĺbke 2,9 - 3,0 m prevŕtaný doskovitý vápenec.

4,10 – 8,80 m Suť kamenito-ílovitá F2/CG, sivej až sivohnedej farby, tvorená ilom so strednou plasticitou, pevnej konzistencie s premenlivým obsahom úlomkov bridličnatých slieňovcov do 20 - 40%, veľkosti 1-2-6 cm. V hĺbke 8,3 a 8,7 m sú vrstvičky (hrúbky 5 cm) ílu s vysokou plasticitou, tmavosivej farby, pevnej konzistencie (? šmyková plocha).

8,80 – 12,00 m Suť ílovito-kamenitá G5/GC, úlomky tvoria slienité vápence, bridličnaté, silne zvetrané, úlomky veľkosti do 5 cm, v hĺbke od 10,3 m pribúdajú viac doskovité vápence, rozvoľnené na úlomky veľkosti 6 - 10 cm, nízkej až strednej pevnosti R4 - R3.

Mezozoikum

12,00 – 20,00 m Vápence kalové svetlosivej farby, tenkodoskovité až doskovité, slabo zvetrané, úlomky strednej až vysokej pevnosti R3 - R2.

20,00 – 23,80 m Vápence tektonicky porušené, zbridličnatené, prevrásnené, tmavosivej farby, rozpadavé na bridličnaté úlomky do 2 cm, obsahu 30 - 40%, obalené ílom.

23,80 – 25,00 m Slienité vápence, svetlosivej farby, prevažne doskovité, vŕtaním rozvoľnené na úlomky vysokej pevnosti R2, striedajúce sa s polohami tenkodoskovitých vápencov, v hĺbke 24,0 - 24,5 m tektonicky porušená poloha drobnoúlomkovitá, tmavosivej farby.

Hladina podzemnej vody: narazená: 7,0 m p.t. / ustálená: 11,00 m p.t.

Odbery vzoriek:

Vrt	úsek (m)		typ vzorky	lab. číslo
	od	do		
NT-19	2,0	4,0	TV	547
NT-19	4,6	5,0	NV	548
NT-19	12,0	20,0	PLT	059/2016

Priemer vrtného náradia:

0,0 – 6,0 m 176 mm; 6,0 – 25,0 m 150 mm

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407966,00 (S-JTSK)
Y : 1187457,51
Z : 511,99 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 18,0 m

Vrtmajster : Kopas
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/13/2016
Dátum ukončenia prác : 4/13/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-203-01

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
2,8	2,8	Kvartér			Deluviálna suť ílovito-kamenitá až kamenitá G5/GC, tvorená ostrohrannými úlomkami vápencov. Veľkosť úlomkov 0,5 - 15 cm, miestami aj nad priemer vrtu (1 m podľa dokumentácie odkopov). Výplň tvorí íl piesčitý, svetlohnedej farby, pevnej až tvrdej konzistencie.	G5/GC	4				
8,5	5,7				Deluviálna suť kamenito-ílovitá F2/CG až ílovito-kamenitá G5/GC, svetlohnedej farby, tuhej až pevnej konzistencie. Úlomky sú ostrohranné, veľkosti 0,5 - 15 cm.	F2/CG G5/GC	3 - 4	lab.č.444 PV		PS-5 21,12 PS-6 22,59	
10,5	2				Bahnitá poloha resp. suť ílovito-kamenitá, charakteru štrku ílovitého G5/GC. V hĺbke 9,4 - 9,6 m je preplástok s vyšším obsahom ílu.	G5/GC	3 - 4				
13,3	2,8			11,50	Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá G5/GC, detto ako vyššie. Balvan v hĺbke 12,7 - 12,8 m. Úlomky ostrohranné, veľkosti 1 - 15 cm, max. do priemeru vrtu.	G5/GC	4	lab.č.445 PV			
13,5	0,2				Fluviálny íl piesčitý F4/CS, pevnej až tvrdej konzistencie až piesok stmelený.	F4/CS	3			PS-7 391,11	
16,6	3,1				Fluviálny štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy G3/G-F, pestrého petrografického zloženia.	G3/G-F	4	lab.č.446 PV		PS-8 391,11	
18	1,4	Mezozoikum			Svetlý hnedosivý žilnatý vápenec, vysokej až veľmi vysokej pevnosti R2-R1, ťažko vŕtateľný (možno iba veľký spadnutý blok, ale skôr už podložie).	R2	6 - 7			PS-9 860,84	

CAD ECO

Dokumentoval : Kuvik, Borovský, Šimek
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.22**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407956,06 (S-JTSK)
Y : 1187452,26
Z : 512,29 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 17,0 m

Vrtmajster : Kopas
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/14/2016
Dátum ukončenia prác : 4/14/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-203-02

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,2	0,2	Kvartér			Deluviálny silt štrkovitý F1/MG prekorenelý, s obsahom úlomkov karbonátov do 30 %, výplňou je silt piesčitý F3/MS, tmavohnedej farby, tuhej konzistencie.	F1/MG	2				
7,1	6,9				Deluviálna suť ílovito-kamenitá G5/GC až kamenito-ílovitá F2/CG, tvorená úlomkami karbonátov veľkosti 0,5 - 5 cm, max. do priemeru vrtu. Obsah úlomkov je 20 - 70 %. Výplňou je íl piesčitý F4/CS až piesok ílovitý S5/SC, íl je pevnej až tuhej konzistencie, nízkej až strednej plasticity, hnedej až hnedosivej farby. Poloha je suchá. V hĺbke 5,0 - 5,4 m je balvanitá poloha (blok vápenca). Ílovitejšie polohy charakteru ílu štrkovitého F2/CG sú v hĺbke 1,7 - 2,0 m a 6,5 - 6,8 m.	G5/GC F2/CG F4/CS	3 - 4	lab.č.447 PV		PS-10 77,70 PS-11 48,32	
7,5	0,4				Deluviálny íl s vysokou plasticitou F8/CH, pevnej konzistencie, tmavo hnedej farby, s obsahom úlomkov do 10 %.	F8/CH	3	lab.č.448 NV			
13,6	6,1			13,00	Deluviálna suť ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená úlomkami karbonátov veľkosti 1 - 5 cm, max. 8 cm. Výplň tvorí íl piesčitý F4/CS, tuhej až pevnej konzistencie. V hĺbke 8,5 - 8,7 m je poloha ílu štrkovitého F2/CG.	G5/GC F4/CS	4			PS-12 256,60 PS-13 219,98	
14	0,4				Piesok siltovitý S4/SM, hnedosivej farby, s ojedinelým obsahom valúnov do 5 %, veľkosti do 2 cm. Poloha je vlhká. Piesok je jemne stmelený ílovitou prímesou.	S4/SM	2 - 3	lab.č.449 PV			
17	3				Štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy G3/G-F, valúny sú pestrého petrografického zloženia, veľkosti priemerne 0,5 - 4,0 cm max. do 8 cm.	G3/G-F	3 - 4			PS-14 662,01	

CAD ECO

Dokumentoval : Kuvik, Borovský, Šimek
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.23**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407935,83 (S-JTSK)
Y : 1187456,50
Z : 508,44 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 25,0 m

Vrtmajster : Šumský
Súprava : Fraste Mito 40
Dátum zahájenia prác : 4/21/2016
Dátum ukončenia prác : 4/23/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-203-03

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
8,5	8,5	Kvartér			Deluviálna suť prevažne ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená úlomkami karbonátov veľkosti 0,5 - 10 cm až do priemeru vrtu. V hĺbke 1,0 - 2,3 m je suť kamenito-ílovitá F2/CG. Výplň tvorí íl piesčitý, pevnej až tvrdej konzistencie.	G5/GC F2/CG	3 - 4	P-09 PETRO P-10 PETRO			
12,2	3,7				Blok paleogénnych hornín, silne zvetraných, tvoria ho silne zvetrané pieskovce tmavohnedej farby, ktoré sa striedajú s ílovcami, na báze polohy sú aj brekcie a zlepence.	G2/GP	5				
13,2	1				Suť kamenito-ílovitá F2/CG, jemnozrnná frakcia je vyplavená.	F2/CG	3 - 4				
19,4	6,2			13,75	Terasový fluviálny štrk pestrého petrografického zloženia (granity, vápence, pieskovce), valúny sú dokonale opracované, jemnozrnná frakcia je vyplavená.	G3/G-F	4 - 5				
25	5,6	Mezozoikum			Vápence tmavosivej farby, do 23,3 m husto rozpukané, hlbšie sú masívne, vysokej pevnosti R2, sklon vrstiev 60°.	R2	6 - 7	P-11 PETRO	PLT 068/2016		

CAD ECO

Dokumentoval : Kuvik, Borovský, Šimek
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.24**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407898,78 (S-JTSK)
Y : 1187471,60
Z : 511,29 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 21,0 m

Vrtmajster : Petrenka
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/13/2016
Dátum ukončenia prác : 4/13/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-203-04

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
13	13	Kvartér			Deluviálna suť kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená úlomkami karbonátov, veľkosti 0,5 - 20 cm, lokálne aj viac. Výplň tvorí íl piesčitý, pevný až tvrdý, miestami tuhopevný.	G5/GC	3 - 4	lab.č.429 PV		PS-16 PS-15 137,86 79,02	
13,5	0,5				Íl piesčitý, fluviálny, stmelený, svetlohnedej farby.	F4/CS	3				
16,4	2,9				Deluviálna suť kamenito-ílovitá, svetlohnedá, úlomky 0,5 - 10 cm. Na báze viac úlomkovitá.	F2/CG	3			PS-18 PS-17 156,50 225,30	
18,2	1,8				Fluviálny štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy G3/G-F, drobnozrnný, vlhký, sivej farby pestrého petrografického zloženia, valúny opracované, veľkosti 0,5 - 3 cm.	G3/G-F	4	lab.č.430 PV			
20,2	2				Piesok siltovitý S4/SM, jemnozrnný s prímesou drobného štrčíku, obsahu do 15 % max. 20 %, hnedosivý.	S4/SM	2				
21	0,8				Fluviálny íl štrkovitý až štrk siltovitý G4/GM, mokrý, sivej farby, pestrého petrografického zloženia, dominujú kremence.	G4/GM	4	lab.č.450 PV			

CAD ECO

Dokumentoval : Kuvik, Borovský, Šimek
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.25**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407881,31 (S-JTSK)
Y : 1187476,39
Z : 517,69 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 19,0 m

Vrtmajster : Burdej
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/13/2016
Dátum ukončenia prác : 4/13/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-203-05

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,3	0,3				Silt jemne piesčitý F3/MS, hnedej farby, pevnej konzistencie, s drobnými úlomkami vápencov do veľkosti 3 cm, obsahu do 20 %.	F3/MS	3				
16	15,7	Kvartér			Deluviálna suť ílovito-kamenitá G5/GC (lokálne kamenito-ílovitá?), pevnej až tvrdej konzistencie. Výplň tvorí íl piesčitý, svetlohnedej farby. Balvanité polohy (vápenec vysokej pevnosti R2, tmavosivej farby, zdravý): 1,6 - 1,8 m; 2,8 - 3,0 m; 3,4 - 3,5 m; 7,0 - 7,5 m; 9,8 - 10,0 m; 14,5 - 14,7 m. Obsah úlomkov je 50 - 70 %, veľkosti 0,5 - 3 cm, menej 3 - 8 cm.	G5/GC G2/GP	4 - 5	lab.č.431 PV		PS-19 86,29 PS-20 98,01 PS-21 182,31 PS-22 188,90	
19	3	Mezozoikum			Podložie tvorené svetlosivými jemne kryštalickými (organodetritickými?) vápencami. Vápenec je zdravý, vysokej pevnosti R2 (veľmi vysokej pevnosti R1). Poloha je vŕtaním porušená na úlomky do 5 - 7 cm s vrtnou drvinou.	R2	6 - 7		PLT 069/2016	PS-23 766,74	

CAD ECO

Dokumentoval : Kuvik, Borovský, Šimek
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.26**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407886,69 (S-JTSK)
Y : 1187493,31
Z : 515,82 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 20,0 m

Vrtmajster : Kopas
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/21/2016
Dátum ukončenia prác : 4/21/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-203-06

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,5	0,5	Kvartér			Suť kamenito-ílovitá F2/CG, zosuvné delúvium, hnedej farby, tvorená ílom so strednou plasticitou, pevnej konzistencie, s obsahom 30% úlomkov vápencov, veľkosti 2 - 8 cm.	F2/CG	3				
3,5	3				Suť ílovito-kamenitá G5/GC tvorená vápencami obsahu 50 - 60 %, veľkosti 5 - 10 cm, ojedinele 15 - 20 cm, úlomky sú ostrohranné, výplň tvorí silt s nízkou plasticitou, tvrdej konzistencie.	G5/GC	3 - 4	lab.č.541 PV			
7,2	3,7				Suť ílovito-kamenitá G5/GC, sivohnedej farby, tvorená ostrohrannými úlomkami vápencov veľkosti 2 - 6 cm, ojedinele 10 cm, obalené ílom tvrdej konzistencie.	G5/GC	4			PS-25 PS-24 523,49266,04	
10	2,8				Suť ílovito-kamenitá G5/GC až kamenitá, tvorená vápencami prevažne tenkodoskovitými, tmavosivej farby, úlomky veľkosti 6 - 10 cm sú plávajúce v jemnozrnnej ílovitej zemine, tvrdej konzistencie, miestami nad priemer vrtu, úlomky sú strednej pevnosti R3.	G5/GC G2/GP	4 - 5	lab.č.542 PV			
15,1	5,1				Suť ílovito-kamenitá G5/GC, svetlosivohnedej farby, tvorená ostrohrannými úlomkami vápencov, veľkosti 1 - 5 cm, ojedinele 10 cm, obalené ílom tvrdej konzistencie.	G5/GC	4			PS-27 PS-26 1111,23534,01 PS-28 508,13	
18,7	3,6				Suť ílovito-kamenitá G5/GC, sivohnedej farby, tvorená ostrohrannými úlomkami vápencov, veľkosti prevažne 0,5 - 5 cm, ojedinele 10 - 15 cm, výplň tvorí íl až silt piesčitý, tvrdej konzistencie. V hĺbke 18,5 - 18,7 m uľahnutá prehnietená poloha (ostrohranné úlomky sú nepravidelne rozložené v íle).	G5/GC	4				
20	1,3			18,80	Piesok s prímesou jemnozrnnej zeminy S3/S-F, svetlohnedej farby, valúny sú opracované, veľkosti 1 - 5 cm, tvorené sú kremencami, pieskovcami a vápencami, obsahu 60 %, výplň tvorí íl piesčitý.	S3/S-F	3	lab.č.543 PV lab.č.544 PV			

CAD ECO

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.27**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407711,94 (S-JTSK)
Y : 1187526,64
Z : 506,35 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 17,0 m

Vrtmajster : Petrenka
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/14/2016
Dátum ukončenia prác : 4/14/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-204-03

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
1,2	1,2	Kvartér			Deluviálna suť ílovito-kamenitá charakteru G5/GC. Ostrohranné úlomky veľkosti 1 - 3 cm, max. do 5 cm sú tvorené vápencami a dolomitmi. Výplň tvorí íl piesčitý F4/CS až piesok ílovitý S5/SC, hnedosivej farby, tuhej až pevnej konzistencie.	G5/GC F4/CS	3 - 4				
1,5	0,3				Balvanitá suť, blok vápenca.	G2/GP	4 - 5				
1,8	0,3				Suť ílovito-kamenitá charakteru G5/GC tvorená úlomkami veľkosti 1 - 3 cm. Výplňou je íl piesčitý F4/CS, tuhej konzistencie, nízkej plasticity, hnedosivej farby.	G5/GC	4				
2	0,2				Balvanitá suť, blok vápenca.	G2/GP	4 - 5				
5,5	3,5				Suť ílovito-kamenitá tvorená karbonátmi (vápenec, dolomit), úlomky 1 - 5 cm (2,5 - 2,8 m balvanitá suť nad priemer vrtu). Výplňou je F4/CS hnedosivej farby, tuhej až pevnej konzistencie, nízkej až strednej plasticity. Poloha je vlhká a prehnietená.	G5/GC	4			PS-34 105,64 PS-35 94,45	
6	0,5			5,50	Suť ílovito-kamenitá G5/GC tvorená úlomkami karbonátov, veľkosti prevažne 1 - 3 cm. Výplň tvorí íl piesčitý, mäkkej až kašovitej konzistencie, svetlosivej farby. Poloha je vlhká.	G5/GC	4				
6,5	0,5				Suť kamenito-ílovitá charakteru F2/CG. Výplňou je F4/CS, tuhej konzistencie, nízkej plasticity, svetlohnedej farby.	F2/CG	3 - 4				
7	0,5				Suť ílovito-kamenitá G5/GC, ostrohranné úlomky karbonátov. Výplňou je íl piesčitý, kašovitej konzistencie, poloha je vlhká.	G5/GC	4				
7,5	0,5			7,40	Suť kamenito-ílovitá F2/CG, tvorená ílom s nízkou plasticitou, tuhej až pevnej konzistencie, svetlohnedej farby, s obsahom úlomkov do 20 - 30 %.	F2/CG	3 - 4				
8,2	0,7				Suť ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená ostrohrannými úlomkami karbonátov. Výplňou je íl piesčitý. Detto poloha 6,5 - 7,0 m.	G5/GC	4				
11,2	3				Suť ílovito-kamenitá charakteru G5/GC tvorená úlomkami karbonátov veľkosti 2 - 5 cm, max. 8 cm, lokálne až íl štrkovitý.	G5/GC	4	lab.č.451 PV		PS-36 7,20 PS-37 247,54	
17	5,8	Mezozoikum			Silno tektonicky porušené podložie? charakteru štrku ílovitého G5/GC až ílu štrkovitého F2/CG. Poloha je prehnietená, svetlosivej farby. Výplň poruchy je ílovitá s piesčitou prímesou, tuhej až pevnej konzistencie. V polohe sa vyskytujú celistvé kusy slienitého vápenca, veľkosti 2 - 10 cm, strednej pevnosti R3.	G5/GC F2/CG	4 - 5	lab.č.452 PV		PS-38 227,01	

CAD ECO

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.28**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407719,88 (S-JTSK)
Y : 1187541,20
Z : 504,10 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 14,0 m

Vrtmajster : Burdej
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/14/2016
Dátum ukončenia prác : 4/14/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-204-04

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,4	0,4	Kvartér			Navážka cesty tvorená makadamom.	G2/GPY	3				
0,6	0,2				Silt piesčitý F3/MS s úlomkami sute veľkosti do 2 cm. Silt je tvrdej až pevnej konzistencie, sivohnedý. Poloha je prekorenelá.	F3/MS	2 - 3				
2,2	1,6				Suť ílovito-kamenitá G5/GC, tvorená karbonátmi: tak vápencami ako aj dolomitmi. Úlomky sú ostrohranné, veľkosti priemerne 2 - 10 cm. Výplňou je íl piesčitý F4/CS až piesok ílovitý S5/SC, sivohnedej farby, suchý, tuhej konzistencie.	G5/GC	3 - 4				
2,6	0,4				Balvan vápenca, vŕtaním porušený.	G2/GP	4 - 5				
12	9,4			6,50 8,50	Suť prevažne ílovito-kamenitá G5/GC tvorená úlomkami 0,5 - 5 cm max. do priemeru vrtu. Úlomky tvoria karbonatické horniny, v prevažnej miere vápence lokálne aj dolomity. Výplňou je prevažne íl piesčitý F4/CS až piesok ílovitý S5/SC, svetlohnedej až svetlosivej farby, tuhej konzistencie, lokálne konzistencia mäkká až kašovitá, a to v polohách 7,3 - 7,6 m a 9,5 - 10,0 m. Balvanitá suť bola zistená v hĺbkach 5,5 - 5,9 m a 8,5 - 8,8 m.	G5/GC F2/CG F4CS	4 - 5	lab.č.453 PV lab.č.3169 lab.č.3169 VVVýluh	PLT 071/2016	PS-39 62,90 PS-40 187,71 PS-41 453,17 PS-42 585,63	
12,5	0,5	Mezozoikum			Silno zvetrané podložie? (možno suť ílovito-kamenitá), tektonicky porušená zóna slienitých vápencov, po puklinách ílové a hrdzavé záteky, miestami vyhojené kalcitovými žilkami.	G5/GC	4 - 5				
14	1,5				Podložie tvorené slienitými vápencami, od hĺbky 13,1 m masívne slienité vápence hnedosivej farby, s badateľnými tlakovými švami a kalcitom vyhojenými puklinami. Pukliny sú vyplnené ílom. Vápence sú zvetrané, strednej až vysokej pevnosti R3 (R2).	R3 - R2	5 - 6				

CAD ECO

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.29**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407677,26 (S-JTSK)
Y : 1187551,94
Z : 512,70 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 20,0 m

Vrtmajster : Kopas
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/15/2016
Dátum ukončenia prác : 4/15/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-204-05

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,3	0,3	Kvartér			Deluviálny silt slabo piesčitý, hnedej farby, s ojedinelými úlomkami, nakyprený, tuhej konzistencie, nízkej až strednej plasticity.	F3/MS	2 - 3				
0,8	0,5				Deluviálny íl (možno silt) s prímesou jemného piesku a prachu, okrovohnedej farby, s ojedinelými drobnými úlomkami karbonátov, obsahu do 10 %, max. 15 %, veľkosti do 2 - 3 cm. Íl je tuhej konzistencie, strednej plasticity.	F2/CG	3				
3	2,2				Zosuvné delúvium, silt s piesčitou prímesou a s malými úlomkami karbonátov (do 5 cm, max. 7 cm), rôzneho stupňa zvetrania a opracovanosti po hranách. Poloha je svetlej okrovohnedej až hnedej farby (do 2 m okrovej, od 2 m hnedej), tuhopevnej až pevnej konzistencie, strednej plasticity. Ojedinele piesčité preplástky z rozloženého dolomitu.	F2/CG	3 - 4				
3,4	0,4					G5/GC	4 - 5	lab.č.508 PV			
4,6	1,2				Zosuvné delúvium, suť ílovito-kamenitá, pevnej konzistencie, nízkej až strednej plasticity, úlomky karbonátov rozmerov do 15 - 20 cm, v priemere 3 - 10 cm. Výplň má tmavohnedú až sivú farbu.	F2/CG	4			PS-43 9,52	
6	1,4				Zosuvné delúvium, sivý íl s obsahom úlomkov karbonátov - do 30 %, od hĺbky 4 m až 40 %. Íl je tuhej konzistencie, strednej plasticity, je s prímesou jemnozrnného piesku a prachovitej frakcie. Úlomky sú veľkosti do 3 cm, navzájom sa zväčša nedotýkajú, sú tak s ostrými hranami ako aj polooopracované po hranách.	F2/CG	4 - 5			PS-44 10,49	
9	3				Zosuvné delúvium, pevný až tvrdý íl s úlomkami, charakteru sute kamenito-ílovitej, poloha má okrovohnedú farbu so sivými preplástkami. Úlomky zo slienitých vápencov, dolomitov a iných druhov vápenca sú zväčša slabo opracované, hlavne väčšie úlomky, menšie do 1 cm sú zväčša polozaoblené.	G5/GC F2/CG	5	lab.č.509 TV			
					Zosuvné delúvium, suť ílovito-kamenitá až kamenito-ílovitá, s balvanmi karbonátov, poloha je kyprá, vlhká až mokrá, obsahuje viac piesčitej prímesi, je svetlej okrovohnedej farby. Úlomky karbonátov sú 1:1 – čo sa týka opracovanosti, prevažne však väčšie úlomky sú po hranách viac zaoblené oproti drobnejším úlomkom. Íl má nízku plasticitu.					PS-45 10,21	
								lab.č.510 NV		PS-46 71,31	
				14,75	Zosuvné delúvium – nepravidelné striedanie sutí kamenito-ílovitých a ílovito-kamenitých, s miernou prevahou ílovito-kamenitej sute; íl má pevnú až tvrdú konzistenciu, strednú plasticitu. Íl má znaky prevrstvenia (môže to byť však aj spôsobom vŕtania), je hnedej farby. V polohe sa objavujú pomerne často veľké bloky a balvany jemno kryštalického (reiflinského?) vápenca hnedosivej farby. Úlomky sú tak ako aj vo vrchnejších partiách tak s ostrými hranami, ako aj s dobre opracovanými hranami. Od 15,0 m je suť podmáčaná vodou, lokálne až kašovitá, prevažne však výplň je tuhej až tuhopevnej konzistencie. Silno podmáčané sú polohy, keď sa začína vŕtať a natečie voda na dno vrtu. V suti sú často prítomné balvany vápenca.	G5/GC F2/CG	5			PS-47 130,23	
20	11							lab.č.511 PV			

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.30**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407673,83 (S-JTSK)
Y : 1187531,86
Z : 513,41 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 22,0 m

Vrtmajster : Burdej
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/15/2016
Dátum ukončenia prác : 4/15/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-204-06

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,3	0,3	Kvartér			Silt deluviálny, piesčitý, s úlomkami veľkosti 2 - 3 cm, obsahu do 10 %, tmavohnedej farby, tuhej až pevnej konzistencie.	F3/MS	3				
0,5	0,2					F3/MS	3				
1	0,5					G2/GP	4 - 5				
					Deluviálny silt piesčitý, s úlomkami veľkosti 1 - 3 cm, obsahu 10 - 20 %, tmavohnedý, tuhý až pevný, s nízkou plasticitou.						
					Balvanitá suť tvorená vápencom veľkosti 5 cm až priemeru vrtu, obsahu 50 - 70 %. Výplňou je íl piesčitý, tuhý až pevný, strednej plasticity, svetlohnedej farby.			lab.č.512 TV			
					Deluviálna suť kamenito-ílovitá, tuhej až pevnej konzistencie, s nízkou až strednou plasticitou. Výplň tvorí íl piesčitý. Úlomky vápenca prevažne 1 - 5 cm, ojedinele väčšie balvany až nad priemer vrtu. Vápenec – W2, R2 - R3. Balvanité polohy: 4,9 - 5,0 m; 12,8 - 13,0 m (úlomky ostrohranné).	F2/CG	4			PS-48 11,95 PS-49 20,77 PS-50 22,06 PS-51 28,81	
14	13										
14,9	0,9			14,60	Poloha detto ako 1,0 - 14,0 m – len kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá, úlomky sú viac opracované a poloha je mäkká až kašovitá (narazená voda).	F2/CG G5/GC	4 - 5	lab.č.513 PV			
					Kamenito-ílovitá až ílovito-kamenitá suť, len výplňový íl prechádza z mäkkej do tuho-mäkkej až tuhej konzistencie, plasticita je nízka až stredná. V polohe 16,2 - 16,5 m je výplňový íl tvrdej až veľmi tvrdej konzistencie.	F2/CG G5/GC	4 - 5	lab.č.3168 VV Výluh			
19	4,1									PS-52 19,19	
		Mezozoikum			Potenciálne už podložie, ktoré je silno rozvoľnené, pukliny pozatekané siltom a ílom s úlomkami, podložie tvorené striedavo slienitými ílovcami, ktoré sú silno zvetrané, hnedej farby, sú laminované, nízkej pevnosti – R5, a slienitými vápencami hnedosivej až tmavosivej farby (vápence k ílovcom v pomere 3:1).	R5 G5/GC	5	lab.č.514 PV			
22	3										

CAD ECO

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.31**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 407636,84 (S-JTSK)
Y : 1187534,79
Z : 520,40 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 20,0 m

Vrtmajster : Kopas
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/22/2016
Dátum ukončenia prác : 4/22/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

M-204-07

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,7	0,7	Kvartér			Deluviálny sílt s nízkou plasticitou F5/ML, pevnej konzistencie, tmavohnedej farby s lokálnym výskytom úlomkov do 5%.	F5/ML	3				
4,2	3,5				Suť kamenito-ílovitá F2/CG s ostrohrannými úlomkami karbonatických hornín, obsahu 20 - 40%, veľkosti priemeru 2 - 5 cm, maximálne do 8 cm. Výplň tvorí íl piesčitý, hnedej farby, tuhej až tvrdej konzistencie. V hĺbke 3,7 - 3,9 m je suť kamenitá až balvanitá.	F2/CG G2/GP	3 - 4	lab.č.617 TV			
7,9	3,7				Suť kamenito-ílovitá F2/CG, deluviálna, detto ako 0,7 - 4,2 m len výplň tvorí íl so strednou až vysokou plasticitou, tuhej miestami až tvrdej konzistencie, tmavosivej farby.	F2/CG	3 - 4			PS-54 7,74 PS-55 9,71	
12	4,1			8,60	Suť kamenito-ílovitá F2/CG, detto 0,7 - 4,2 m, obsah úlomkov do 20%, priemernej veľkosti 2 - 5 cm, maximálne do 10 cm, na báze je vyšší obsah úlomkov.	F2/CG	4			PS-56 31,58 PS-57 21,40	
16,7	4,7				Suť kamenito-ílovitá F2/CG, lokálne s prechodom do ílovito-kamenitej G5/GC, sivej až tmavosivej farby, prevažne pevnej, menej tuhopevnej konzistencie, výplň tvorí íl s vysokou plasticitou. V polohe sa často objavujú úlomky siltovcov a slieňovcov, občas aj ílovcov, najčastejšie sú však zastúpené sivé až tmavosivé vápence (guttenstein?). Prevažne sa objavujú drobné úlomky veľkosti 2 - 5 cm, ale nájdu sa občas aj väčšie úlomky priemeru do 8 - 15 cm. (Poznámka: možno je celá poloha tektonicky porušená a potom následne transportovaná, úlomky sú slabo až dobre opracované).	F2/CG G5/GC	4 - 5	lab.č.618 NV			
19,6	2,9			18,40	Suť kamenitá až balvanitá s piesčito-ílovitou výplňou. Poloha má svetlo okrovohnedú farbu, striedajú sa suché a značne podmáčané polohy, ktoré sú až kašovitej konzistencie. Suché polohy sú pevnej až tvrdej konzistencie. Vlhké polohy sú:17,0 - 17,3 m a 19,0 - 19,5 m (v tejto polohe sa striedajú balvany sivého vápenca s kašovitým ílom so strednou až vysokou plasticitou).	G2/GP G5/GC	5	lab.č.3474 Výluh			
20	0,4				Íl jemne piesčitý, proluviálny (pochovaný pod suťami?), s obsahom úlomkov, ktoré sú prevažne veľmi dobre opracované po hranách až ojedinele dokonale oválne. Sú tvorené z karbonátov. Poloha má svetlú okrovohnedú farbu. Íl je tuhý až tuhomäkkej konzistencie, bez známok plasticity.	F4/CS F2/CG	4	lab.č.3473 PV			

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.32**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 408330,86 (S-JTSK)
Y : 1187163,16
Z : 518,21 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 21,0 m

Vrtmajster : Šumský
Súprava : Fraste Mito 40
Dátum zahájenia prác : 4/6/2013
Dátum ukončenia prác : 4/8/2013

Geologická dokumentácia vrtu :

230-01

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,7	0,7	Kvartér			Deluviálny íl s vysokou plasticitou F8/CH s úlomkami karbonátov, ktoré sú tak ostrohranné ako aj dobre opracované po hranách, veľkosti 0,5 - 3 cm, ojedinele 5 - 12 cm (v odreze). Íl je s prímesou jemnej piesčitej frakcie, pevnej až tuhopevnej konzistencie. Poloha má hnedú až jemne bordovohnedú farbu.	F8/CH	3 - 4	lab.č.433 PV lab.č.434 PV			
2	1,3				Deluviálna suť ílovito-kamenitá G5/GC, výplň tvorená ílom až siltom svetlohnedej farby, pevnej konzistencie, bez známok plasticity, suť tvoria úlomky až malé bloky karbonátov (škvrnitý vápenec), ktoré sú po hranách slabo až stredne opracované. Menšie úlomky sú v prevahe do hĺbky 1,3 m, hlbšie sú už aj malé bloky. Úlomky sú na povrchu silno zvetrané, tvorí sa patina, v jadre sú zdravé, sivej farby s hnedými škvrnami.	G5/GC F2/CG	4 - 5				
5,3	3,3				Suť či rozvoľnené podložie (?). Nástup vŕtania s výplachom, chýba siltovitá výplň, v hĺbke 2,5 m úplná strata výplachu. Do 3,6 m by som drvinu zaradil do kvartérnych sutí, nakoľko na úlomkoch nebadať žiadny vplavený íl. Od 3,6 m je silno rozvoľnené podložie s otvorenými puklinami. Výraznejšie polohy drveného materiálu (úlomky 0,2 - 0,5 cm), stmelené ílom, sú v úrovni 4,1 - 4,2 m (šmyková plocha potenciálna), ďalej v úrovni 4,5 - 4,55 m, 4,7 - 4,8 m, charakteru ílu štrkovitého F2/CG. Občas sa vyskytujú aj menšie ílovité preplástky do 1 - 2 cm. Úlomky až malé bloky sú výhradne tvorené škvrnitým vápencom sivej farby s hnedými škvrnami. Úlomky sú vysokej pevnosti R2.	G5/GC F2/CG R3 - R4	4 - 5	lab.č.434 PV			
		Mezozoikum			Súvrstvie tvorené škvrnitým vápencom, značne rozpukaným a rozvoľneným, stále s častými vplavenými ílovými zátekmi od 1 mm do 1 cm, ale aj 5 - 10 cm polohy ílu s drobnými úlomkami charakteru ílu štrkovitého F2/CG (šmykové plochy potenciálne) v úrovni 6,5 - 6,6 m; 7,7 - 7,8 m; 9,8 - 9,85 m; 9,9 - 10,0 m; 10,8 - 10,9 m a 12,2 - 12,3 m. Všetky sú svetlej sivohnedej farby, mäkkej až kašovitej konzistencie. Úlomky v íle sú ostré po hranách, veľkosti prevažne do 0,5 cm. Ostatná ílovitá výplň je okrovo-hnedej farby, kvázi vyplavený íl. Vápenec je veľmi jemnozrnný až kalový, vysokej pevnosti – R2, možno spodná hranica veľmi vysokej pevnosti R1. Vápenec je hrubodoskovitý až lavicovitý, po puklinách je slabo zvetraný s častými oxidmi Fe, v jadre je zdravý. Dominujú pukliny s plytkým sklonom do 30°, často po puklinách je aj pevná kalcitová výplň - žilky od 1 do 3 mm, zriedkavo do 5 mm. Strmé pukliny sú do 60 - 70°, občas až do 85°, sú zvlnené, drsné, s pevnými povlakmi ale aj s ílom. Strmé pukliny sú v polohách: 6,7 - 7,0 m (70°); 8,4 - 8,7 m (60 - 90° zvlnená); 10,0 - 10,3 m (80°); 11,2 - 13,0 m (90° - miestami je vyhojená a stráca sa), v hĺbke 14,5 m je zrejmá vrstevnatosť so sklonom do 20°. Ďalšia ílová poloha je v úrovni 13,8 - 13,9 m, tvorená ílom s vysokou plasticitou, ako aj v predošlých miestach od 6,5 m. Lokálne je íl naviazaný na preplástky zvetraného ílovca, laminovanej odlučnosti, hnedej farby, v úrovniach: 14,5 - 14,65 m a 15,5 - 15,55 m. Ďalšie výraznejšie strmé pukliny sú takmer po celej dĺžke návrtu, sú však vyhojené pevnou výplňou CaCO3. Pukliny tvoria nesúvislé čiary, často tvaru pavučiny hrúbky od mikrotrhlín po hrúbku 5 mm. Oxidy Fe badať po celej dĺžke vrtu. Ďalšie ílové polohy s drobnými úlomkami (medzivrstevné íly s drvou) sú v hĺbke: 13,75 – 13,85 m; 16,60 – 16,62 m; 18,20 – 18,25 m; 15,45 – 15,50 m; 16,83 – 16,85 m; 18,75 – 18,95 m; 15,80 – 15,83 m; 16,90 – 16,91 m; 19,50 – 19,60 m; 16,10 – 16,11 m; 17,15 – 17,20 m; 20,40 – 20,45 m.	R2 - R3	5 - 6	lab.č.435 PV	PLT 060/2016 PLT 061/2016		
21	15,7										

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.33**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 408401,59 (S-JTSK)
Y : 1187218,39
Z : 491,72 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 12,0 m

Vrtmajster : Petrenka
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/11/2016
Dátum ukončenia prác : 4/11/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

230-02

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
1,3	1,3	Kvartér			Redeponovaný miestny materiál, strhnutá skrývka pri hrubých terénnych prácach na D1, má charakter sute kamenito-siltovitej, hnedej až okrovo-hnedej farby, s úlomkami výlučne karbonátov (vápence a slieňovce), ktoré sú prevažne silno zvetrané (W3), sú ostrohranné, veľkosti do 2 cm. Úlomky sú často v zhlukoch. Silt je slabo piesčitý až prachovitý, pevnej konzistencie, nízkej až strednej plasticity.	F1/MG	3				
1,9	0,6				Deluviálny íl s úlomkami, hrdzavohnedej farby, íl je tuhej, lokálne až tuhomäkkej konzistencie, s prímesou prachovitej až piesčitej frakcie, má nízku plasticitu. Úlomky sú prevažne silno zvetranými (W3) slienitými škvrnitými vápencami, ale aj slieňovcami, ktoré sú po hranách zaoblené (čiastočne transportované). Úlomky veľkosti do 2 cm, lokálne viac, obsahu do 30 %.	F4/CS	3				
4,9	3				Polygenetická suť (deluviálno-proluviálna?) ílovito-kamenitá (bahnitá), pričom obsah úlomkov a ílu je variabilná, vo vrchnej časti (do 3,5 m) prevládajú úlomky (balvany), hlbšie už badať viac ílovitého materiálu charakteru ílu štrkovitého F2/CG, ktorý je svetlej žltkastohnedej farby, prevažne pevnej až tvrdej konzistencie, od 4,0 m tuhej konzistencie. Plasticita je nízka. Úlomky veľkosti do 4 - 5 cm sú po hranách slabo až stredne opracované, polozaoblené, tvorené výlučne karbonátmi (škvrnité vápence a slieňovce), rôzneho stupňa zvetrania, prevažne W3. Väčšie úlomky a balvany tvoria škvrnité vápence, zdravé, po puklinách navetrané, vysokej pevnosti R2, sivej farby.	G5/GC F2/CG	3 - 4	lab.č.436 PV			
7,7	2,8			7,50	Polygenetická suť (fluviálno-proluviálna?) kamenito-ílovitá F2/CG, svetlohnedej až hrdzavo-bordovohnedej farby, íl je strednej plasticity. Úlomky sú prevažne drobné, do 2 - 3 cm, zriedkavo viac, v prevažnej miere tvorené čriepkovitým slienitým ílovcom až slieňovcom so škvrnami, pričom väčšie úlomky tvoria zhluky, menšie (do 0,5 cm) sú zväčša rozptýlené, a tie sú aj opracované po hranách, kdežto väčšie úlomky sú skôr ostrohranné – práve sa rozrušili a rozsypali. Veľmi zriedkavo (3x) sa v polohe našli relikty po vysokej terase?, dokonale opracované obliaky (1x kremenec – 5,6 m, veľkosti 8 cm; 2x metamorfit – 7,2 a 7,4 m, veľkosti 2 cm). Nachádzajú sa dobre opracované obliačiky vo väčšom množstve ako 3x, ale nedajú sa pomenovať, pretože sú silno zvetrané a malé, nie sú však dokonale oválané.	F2/CG	4	lab.č.437 NV lab.č.438 PV			
8,5	0,8				Polygenetická suť kamenito-siltovitá až siltovito-kamenitá, svetlohnedej farby. Silt je s jemnou piesčitou prímesou, je tuhopevnej konzistencie, nízkej plasticity. Úlomky sú výhradne tvorené karbonátmi, väčšie úlomky sú prevažne ostrohranné až slabo opracované po hranách, menšie úlomky sú na hranách polozaoblené.	F1/MG G4/GM	4 - 5				
12	3,5	Mezozoikum			Súvrstvie tvorené navetraným slienitým vápencom škvrnitým, sivej farby s hnedými (slienitými) škvrnami. Vápenec je pomerne často prestúpený žilkami CaCO3. Úlomky sú vysokej pevnosti – R2 až spodná hranica R1. Výraznejšie zvetranie badať prvý meter, úlomky sú farebne viac do hnedej farby. Lokálne je súvrstvie otvorené a vyplnené pukliny sú s ílom, či siltom. Taká výraznejšie puklinová výplň (možno potenciálna šmyková plocha) je v úrovni 9,4 - 9,5 m; výplň je tvorená prachovitým prehnieteným ílom s drobnými úlomkami, ktoré sú subangulárne. Íl je strednej, možno vysokej plasticity, tuhej konzistencie. Má okrovohnedú farbu. Iné výplne sú prachovitej či siltovitej frakcie, pričom silt je skôr pevnej konzistencie (9,1 - 9,2 m; 9,7 - 9,8 m; 10,5 - 10,6 m a 11,5 - 11,6 m). Posledné dve úrovne sú viac prachovité, možno iba vŕtaním rozomletá hornina na prach.	R2 - R3	5 - 6		PLT 062/2016		

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.34**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 408118,50 (S-JTSK)
Y : 1187315,20
Z : 513,76 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 15,0 m

Vrtmajster : Burdej
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/12/2016
Dátum ukončenia prác : 4/12/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

231-01

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,5	0,5	Kvartér			Deluviálny silt s jemnou piesčitou prímesou F3/MS, čistý, bez úlomkov, svetlohnedej farby, pevnej konzistencie, nízkej plasticity (v minulosti obrábané pole – terasovité, dnes zarastené nízkym porastom).	F3/MS	3				
2,7	2,2				Deluviálny íl s vysokou plasticitou F8/CH, s jemnou piesčitou až prachovitou prímesou, len veľmi ojedinelými drobnými zrnami karbonátov do 3 mm, ktoré sú rozptýlené a aj to len prvých 20 cm a posledných 30 cm. Vo zvyšku polohy sú úlomky ílovcového charakteru, sú však silno zvetrané až rozložené, v prstoch sa ihneď rozpadajú. Poloha má tmavú hrdzavohnedú farbu. Íl je tuhej, možno až tuhopevnej konzistencie, strednej, možno až vysokej plasticity.	F8/CH	3	lab.č.439 NV			
7,1	4,4				Deluviálna suť ílovito-kamenitá G5/GC s občasným prechodom do sute kamenito-ílovitej F2/CG. Íl je strednej až vysokej plasticity, prevažne tuhej konzistencie, mimo úrovne 3,7 - 4,1 m, ktorá má tuhopevnú konzistenciu (je prevápnená). Úlomky sú výlučne z karbonátov, prevládajú jemno kryštalické (organodetritické, reiflinské?) vápence, sivohnedej farby. Úlomky sú prevažne ostrohranné, len po hranách slabo opracované, spôsobené pravdepodobne skôr zvetraním. Poloha má svetlú okrovohnedú farbu, lokálne s bordovým podtónom.	G5/GC F2/CG	4 - 5			PS-1 22,04	
8,2	1,1				Polygenetický íl so strednou plasticitou F6/Cl, bez úlomkov, okrovohnedej farby, tuhej až tuhopevnej konzistencie. Len veľmi zriedkavo sa objavujú drobné rozptýlené úlomky karbonátov.	F6/Cl	4			PS-2 26,27	
8,8	0,6				Polygenetická suť ílovito-kamenitá G5/GC, úlomky sú slabo opracované ale po hranách aj dobre opracované, kvázi rýchle splachy, detto poloha 2,7 - 7,1 m.	G5/GC	4 - 5				
11,3	2,5				Suť kamenito-ílovitá F2/CG, okrovohnedej farby, tvorená ílom s vysokou plasticitou F8/CH, tuhopevnej konzistencie, lokálne ílom so strednou plasticitou, úlomky sú výlučne z karbonátov, ktoré sú po hranách slabo ale aj dobre opracované (opäť rýchle splachy).	F2/CG F8/CH	4	lab.č.440 NV		PS-3 26,00	
12	0,7				Suť ílovito-kamenitá G5/GC, bordovohnedej farby, pevnej – možno lokálne tuhopevnej konzistencie, strednej plasticity, úlomky karbonátov sú slabo piesčité, po hranách sú slabo až dobre ováľané.	G5/GC	4 - 5				
13,5	1,5				Suť kamenito-ílovitá F2/CG s pozvoľným prechodom do sute ílovito-kamenitej G5/GC, poloha je svetlej hnedej až okrovohnedej farby. Íl je miestami tuhomäkký, prevažne však tuhý, strednej plasticity.	F2/CG G5/GC	4 - 5	lab.č.441 PV			
14	0,5				Balvanitá suť s ílovitou výplňou, svetlej sivohnedej farby, ináč detto predošlé polohy.	G2/GP G5/GC	5				
15	1				Íl s vysokou plasticitou F8/CH, jemne piesčitý s úlomkami karbonátov, pevnej konzistencie, okrovosivohnedej farby.	F8/CH	4			PS-4 25,23	

CAD ECO

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.35**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 408182,90 (S-JTSK)
Y : 1187390,94
Z : 497,03 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 15,0 m

Vrtmajster : Burdej
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/12/2016
Dátum ukončenia prác : 4/12/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

231-02

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,15	0,15	Kvartér			Silt piesčitý, svetlohnedý, s ojedinelými úlomkami, prekorenelý, tuhopevný, nízkej plasticity.	F3/MS	3	lab.č.442 PV			
0,8	0,65				Deluviálny íl piesčitý s úlomkami až balvanmi karbonátov, pevnej až tuhej konzistencie, nízkej plasticity, s prímesou jemnej piesčitej frakcie, svetlohnedej farby. Úlomky tvorené svetlými žilnatými vápencami.	F4/CS F2/CG	3 - 4				
1,3	0,5				Polygenetický íl so strednou plasticitou, s úlomkami neoprac. aj slabo opracovaných karbonátov, od 1 m je íl bez úlomkov. Farba je hrdzavohnedá až žltookrovohnedá, tuhopevnej konzistencie, s prímesou prachovitej frakcie.	F6/Cl	3				
1,5	0,2				Balvan žilnatého vápenca, svetlo hnedosivej farby.	G2/GP	5				
2,1	0,6				Terasový štrk ílovitý pestrého petrograf. zloženia, dominujú kremence a granity, menej metamorfity, valúny veľkosti 0,3 - 3 cm až do 12 cm, ojedinele nad priemer vrtu. Výplň je okrovohnedej farby, vlhká, čiastočne spevnená.	G5/GC	4				
2,8	0,7				Elúvium – rozložené slienité ílovce charakteru ílu pevnej konzistencie s ojedinelými pevnejšími úlomkami. Poloha má svetlohnedú farbu.	F2/CG	4 - 5				
4	1,2	Mezozoikum			Silno až slabo zvetrané súvrstvie slienitých ílovcov až slieňovcov (W4) s polohami slienitých škvrnitých vápencov (W3). Slienité ílovce sú čriepkovitého, drobnoúlomkovitého rozpadu, veľmi nízkej až nízkej pevnosti R5 - R4, slienité vápence vysokej až strednej pevnosti R2 - R3, úderom kladiva sa rozpadávajú po subhorizontálne uložených vrstevných plochách s miernym sklonom do 10 - 15°. V polohe sú ílovce v prevahe nad vápencami. Vápence sú v hĺbke: 2,8 - 2,9 m a 3,3 - 3,4 m.	R3 - R5	5 - 6		PLT 063/2016 , 064/2016		
				6,80	Selektívne viac či menej zvetrané súvrstvie slienitých vápencov so škvrnami, vápence sú doskovitej až hrubodoskovitej odlučnosti, do 6 m sivohnedej farby, hlbšie sivej farby. Hornina je pomerne kvalitná, vysokej pevnosti R2. Občas sú medzivrstevné pukliny vyplnené ílom okrovo hnedej farby v úrovni 7,5 - 7,6 m, viac však hnedosivej farby do hrúbky 1 cm. V úrovni 10,3 - 11,0 m je strmá puklina s povlakmi Fe a limonitu a s ílovitou výplňou hrúbky 1 - 2 cm.	R2 - R4	5 - 7		PLT 065/2016		
11	7				Silno tektonicky porušené a prehnietené prostredie slienitých ílovcov, bridličnatých, charakteru ílu piesčitého, od 11,5 do 12,0 m čiernej farby (kvázi zuhoľnatené). Od 12 m hlbšie je farba sivá až tmavosivá, nachádzajú sa tu preplástky pevnejších hornín vápenca hrúbky 2 - 15 cm.	R3 - R5	5 - 6	lab.č.443 PV			
14,8	3,8				Pevný zdravý blok svetlosivého slienitého vápenca, vysokej až veľmi vysokej pevnosti R2 - R1, na kontakte s tektonicky porušenou polohou má vrstevnú plochu hladkú, vyšmýkanú, zbridličnatenú.	R2	5 - 7				
15	0,2										

CAD ECO

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.36**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** 408165,18 (S-JTSK)
Y : 1187398,90
Z : 496,42 m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 15,0 m

Vrtmajster : Burdej
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/11/2016
Dátum ukončenia prác : 4/11/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

231-03

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
0,5	0,5	Kvartér			Silt jemne piesčitý F3/MS, tuhej konzistencie, hnedej farby, do 0,2 m prekorenelý, humózny, s obsahom cca 10 % drobných úlomkov vápenca veľkosti do 2 cm. Hlbšie len ojedinelé úlomky do 1 cm.	F3/MS	3				
2,4	1,9				Polygenetická suť ílovito-kamenitá až kamenito-ílovitá. Výplň tvorí íl jemne piesčitý, so strednou až vysokou plasticitou, tuhý. Úlomky vápencov sú veľkosti do 5 cm, dokonale opracované až ostrohranné, zvetrané až navetrané, obsahu 30 - 70 %. Poloha má svetlohnedú až okrovohnedú farbu.	G5/GC F2/CG	3 - 4				
4,5	2,1				Polygenetická suť ílovito-kamenitá. Výplň tvoria rozložené slieňovce a íl jemne piesčitý, pevný až tvrdý, so strednou plasticitou. Kamenité polohy (rozvŕtané väčšie balvany vápencov – R3, W3 - W2).	G5/GC	4				
7	2,5	Mezozoikum		4,80 6,34	Rozložené až silno zvetrané podložie slienitých vápencov svetlohnedej farby. Vŕtaním je poloha rozrušená na drobné úlomky 1 - 3 cm, menej 3 cm až priemeru vrtu. Má charakter sute ílovito-kamenitej. Úlomky silno zvetrané až zvetrané, pevnosti R4 - R5, laminované. Po puklinách Mn a Fe povlaky. Vrstevnatosť? (subhorizontálna).	R4 - R5	4 - 6		PLT 066/2016		
15	8				Zvetrané až navetrané podložie škvrnitých slienitých vápencov, sivohnedej až sivej farby. Zdravšie polohy R3 - R2. Tektonicky porušené polohy sú prehnietené, drobnoúlomkovité, charakteru sute kamenito-ílovitej. Tektonicky porušené polohy: 10,8 - 11,0 m; 11,7 - 12,3 m; 12,8 - 13,7 m; 14,6 - 14,8 m. Úlomky v tektonicky porušených polohách sú zvetrané až rozložené, veľkosti do 2 cm, pevnosti R5 - R6.	R3 - R2	5 - 6		PLT 067/2016		

CAD ECO

Dokumentoval : Stolárik, Šimek, Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.37**

Názov geologickej úlohy :

Diaľnica D1 Hubová - Ivachnová, nová trasa
Podrobný inžinierskogeologický prieskum

Zhotoviteľ :

CAD-ECO a.s.
Svätoplukova 28
821 08 Bratislava

Súradnice : **X :** (S-JTSK)
Y :
Z : m n.m. (Bpv)
Hĺbka : **H :** 10,0 m

Vrtmajster : Kopas
Súprava : UGB 50
Dátum zahájenia prác : 4/18/2016
Dátum ukončenia prác : 4/18/2016

Geologická dokumentácia vrtu :

SH

Hĺbka (m)	Hrúbka (m)	Stratigrafia	Geológia	HPV (m)	Geologický opis	STN 73 1001	STN 73 3050	Vzorkovanie MZ	Vzorkovanie PLT	Presiometria (MPa)	Poznámky
1	1	Kvartér			Deluviálna suť alebo redeponovaný materiál (navážka) charakteru ílu štrkovitého s oparacovanými aj ostrohrannými úlomkami veľkosti 0,5 – 2 cm, obsahu cca 10 – 20%. Výplň tvorí íl sivej až sivohnedej farby, tuhej konzistencie, nízkej až strednej plasticity.	F2/CGY	3				
2,8	1,8			2,00	Fluviálny sediment, charakteru piesku ílovitého tmavohnedej až čiernej farby s vysokým zastúpením organických látok (močiarny sediment), lokálne až charakteru rašeliny.	S5/SC (O)	3				
3,7	0,9				Fluviálny piesok s prímesou jemnozrnnej zeminy, svetlosivej farby. V polohe sa nachádzajú kúsky stmelených pieskov.	S3/S-F	3				
4,3	0,6				Fluviálny piesok ílovitý s obsahom ostrohranných úlomkov vápenca veľkosti 1 – 5 cm, maximálne do 8 cm, piesok je mäkký až kašovitý, sivej farby.	S5/SC	3				
8	3,7				Suť hlinito-kamenitá, lokálne kamenito-ílovitá, balvanitá, s výplňou ílu piesčitého.	G5/GC	4 - 5				
10	2	Mezozoikum			Podložné silno zvetrané súvrstvie ílovcov a vápencov so zachovaným charakterom vrstevnatosti.	R3 - R4	5 -6				

CAD ECO

Dokumentoval : Borovský
Spracoval : Kuvik

Číslo prílohy : **3.1.38**

DB-01/16

X = -408631.0715 Y = -1186971.9128

Zátrh od hornej hrany svahu ŽSR žkm 287,8, rozmer šírka 3 m x dĺžka 5 m. Odkryv tvorí suť hlinito-kamenitá, hnedej farby, úlomky - slienité vápence, veľkosti prevažne 2 – 7 – 20 cm, sivé, fialkasté, hrúbky 2,5 - 5 cm aj viac. Na hranách úlomkov priemeru 15 - 20 cm badať zaoblenie.

DB-02/16

X = -408621.8785 Y = -1187046.1779

Zátrh na svahu zárezu po strane rigolu nad železnicou ŽSR.

DB-03/16

X = -408602.0430 Y = -1187214.8845

Zárez ŽSR vpravo smer LM, v päte svahu odkryvrozmerov dĺžka 9 m x výška 1,0 - 1,5 m. Horninové prostredie tvoria slienité bridlice, slieňovce laminované, doskovité až hrubodoskovité (hrúbka dosiek 10 - 12 cm), zvetrané, masív je úlomkovitý, rozvoľnený na bloky veľkosti max. 10 x 20 x 15 cm. Časté je striedanie zbridličnatených a hrubodoskovitých úsekov. Charakteristické diskontinuity:

122/40	130/28	292/20	234/70	92/45
130/20	96/35	134/48	242/73	
125/10	106/25	124/50	200/45	
	198/10	118/51	116/70	

DB-04/16

X = -408583.8529 Y = -1187246.3236

Pokračovanie odkryvu v pravom zárezе ŽSR (smer LM), rozmerov dĺžka 25 m x výška 2 - 3 m. Horninové prostredie tvorí súvrstvie sivých bridlíc s polohami slieňovcov až slienitých vápencov, súvrstvieje rozvoľnené v bridličnatých úsekoch.
Charakteristické diskontinuity:

102/30	85/40	340/90	0/80
115/35	90/35	190/70	260/85
105/40	194/80		10/80

DB-05/16

X = -408563.0792 Y = -1187292.4472

Pokračovanie zárezu ŽSR v úseku žkm 287,5 - 287,4 (smer LM). Horninové prostredie tvoria slienité bridlice, slieňovce a slienité vápence, päta zárezu je zasutená, masív je rozpukaný, povrch puklín je zvlnený, nerovný, hrboľatý. Úlomky vápencov sú vysokej až veľmi vysokej pevnosti R2 - R1.

Úložné pomery:

90/45	100/50
100/60	84/85
35/70	

DB-06/16

X = -408533.8898 Y = -1187333.6127

Masív v odkryve výšky 5 - 12 m, je tvorený súvrstvím bridlíc a vápencov, ktoré sa pravidelne striedajú. Smerom doprava (smer na Žilinu) je masív celistvejší, pomer vápencov a bridlíc 1:1, na povrchu vápencov biela patina, vápence sú vysokej až veľmi vysokej pevnosti R2 - R1. Úložné pomery v pevnejšom masíve:

186/45	188/50	230/45	98/45
184/40	204/50	356/55	
188/15	248/55	8/75	
195/40	256/40	270/40	

Úsek naľavo je viac úlomkovitý, horniny majú prevažne drobno úlomkovitý rozpad. Úložné pomery:

225/45	20/55	116/70
208/20	90/55	

DB-07/16

X = -408485.0880 Y = -1187359.0959

V zárezе ŽSR odkryv dĺžky cca 80 m, výška 5 - 7 m, masív tvorí súvrstvie bridlíc a vápencov, detto 06/16. Vápence sú laminované až doskovité, so svetlou patinou. Masív je rozvoľnený, po puklinách na úlomky 5 – 10 – 40 cm. Úložné pomery:

56/40	34/25	100/65	208/80
54/25			

DB-08/16

X = -408419.9172 Y = -1187376.5323

Blok sivého vápenca škvrnitého, slienitého, s kalcitovými žilkami, vo svahu sú úlomky priemeru 2 - 30 cm, hornina je pevná, vo svahu sú výchozy 0,5 x 1,5 m.

DB-09/16
X = -408379.5476 Y = -1187375.0308

Prirodzený odkryv – skalný chrbát, šírka 4 m x výška 2 - 2,5 m. Masív tvoria tmavosivé vápence s kalcitovými žilkami, veľmi vysokej pevnosti R1 - R0, ktoré sú uložené strmo a kolmo na vrstevnatosť.
Charakteristické diskontinuity:

128/72	123/70	52/34	75/25
122/60	344/75	72/38	88/32
158/72	310/65	54/40	40/35
248/75	208/85	214/85	
255/75	170/80	154/89	

DB-10/16
X = -408295.8213 Y = -1187391.2009

Odkryv na pravom svahu údolia pod hornou hranou výchozu lavicovitých až doskovitých sivých vápencov, veľmi vysokej pevnosti R1 - R0, hrúbky do 20 - 40 cm. Masív je porušený priebežnými puklinami v 3 smeroch.
Charakteristické diskontinuity:

100/35	82/86	202/75	288/75

DB-11/16
X = -408224.6315 Y = -1187398.6464

Odkryv pod hornou hranou svahu rozmerov 3 x 1,5 m tvorený vápencami sivými, škvrnitými, bloky 10 – 20 – 30 cm x 3 - 4 cm veľmi vysokej pevnosti R1 - R2, na povrchu sú valúny z terasy.Úložné pomery:
86/28
228/70

DB-12/16
X = -408186.5334 Y = -1187418.1622

Výchoz kamenitých sutí, štrkov nad hornou hranou svahu, veľmi slabý prítok vody.

DB-13/16
X = -407938.0665 Y = -1187333.7758

Odkryv cca 15 - 20 m nad VN, v profile GF-2, sivých tenkodoskovitých až doskovitých vápencov s kalcitovými žilkami, zdravé, pevné, na povrchu biela patina, plochy odlučnosti otvorené. Charakteristické diskontinuity:

42/15	318/77	258/80	206/80
40/20	336/80	36/15	214/85
42/15	156/70		

DB-14/16
X = -407895.3400 Y = -1187610.0791

Svah zasutený, suť tvoria úlomky až balvany tmavosivých vápencov (pravdepodobne guttenstein), prestúpené puklinami hrúbky do 2 mm,ktoré sú vyhojené kalcitom.

DB-15/16

X = -407811.3147 Y = -1187577.2034

Odkryv rozmerov 8 x 1 m vo svahu v zárezе poľnej cesty (v trase geofyzikálneho profilu GF-3). Horninový masív tvoria tenkodoskovité až doskovité vápence s kalcitovými žilkami. Sú prevrstvené laminami slieňovcov, tmavohnedosivej farby, zvrchu sú zvetrané, hnedej farby. Charakteristické diskontinuity:

30/44	175/85
170/67	323/80

DB-16/16

X = -407784.9685 Y = -1187522.2663

Odkryv v zárezе na obslužnej ceste vytvorenej pri budovaní diaľnice D1, pod stožiarom VVN, na dĺžke 30 m, výška 1 - 3 m. Horninový masív tvoria tmavosivé vápence s kalcitovými žilkami, striedajúce sa s laminovanými bridličnatými slieňovcami, pukliny sú miestami otvorené do 0,1 - 0,5 cm, prevažne sú však vyhojené kalcitom.

Charakteristické diskontinuity:

Vrstevnatosť:	**50/36**	**35/32**	**80/34**	
	34/38	**86/45**	**74/40**	
Pukliny:	145/83	226/60	141/77	332/81
300/88	322/72	182/57	165/70	331/77
166/68	203/84	320/84	315/72	15/83

DB-17/16

X = -407653.5972 Y = -1187197.3777

Plošný výver podzemnej vody neďaleko od stožiara VNN, podmáčané územie je rozmerov 3 x 5 m.

DB-18/16
X = -407677.4783 Y = -1187273.6807

Svah na pravom brehu bezmenného potoka – na úpätí svahu sa v suti vyskytujú úlomky až ojedinele balvanytvorené škvrnitými vápencami,veľkosti 10 - 40 cm.

DB-19/16
X = -407519.7840 Y = -1187579.5744

Plošný výver podzemnej vody v portálovej oblasti nového tunela Čebrať, podmáčané územie je rozmerov 10 x 5 m. Charakteristický poras ostrice.

DB-20/16
X = -407425.9455 Y = -1187627.6904

Plošný výver podzemnej vody, zamokrenina poniže poľnej cesty, rozmerov 10 - 15 m. Charakteristický porast ostrice.

.

DB-21/16
X = -407378.0458 Y = -1187593.2822

Rozptýlený výver podzemnej vody, menší prameň v lesnej ceste na jej okraji. Okolie je podmáčané s porastom machu a ostrice.

DB-22/16
X = -407315.8956 Y = -1187474.0605

Prameň podzemnej vody nachádzajúci sa v poľnej ceste vedenej v miernom zárezе (do 1 m). Dno ryhy je podmáčané.Výdatnosť cca 0,5 dl/s.

DB-23/16
X = -407292.5965 Y = -1187475.7634

Malý skalný odkryv alebo spadnutý blok hornín, tvorený kryštalickým vápencom tmavosivej farby, s bielymi kalcitovými žilami. Rozmery odkryvu sú cca 7 x 4 m. Charakteristické diskontinuity:
66/50 70/56 200/58 130/88

DB-24/16

X = -407283.7741 Y = -1187445.1884

Plošný výver podzemnej vody, podmáčané územie je rozmerov cca 2 x 2 m. Výdatnosť prameňa je cca 0,6 dl/min.

DB-25/16

X = -407233.3629 Y = -1187366.3628

Vodomerná šachta, vodojem alebo záchyt, ohradený pletivom. Druhá šachta je vyššie v svahu (DB-25A/16). Od prepadu vodojemu vedie malý potôčik.

DB-26/16

X = -407233.1940 Y = -1187313.9705

Prirodzený skalný odkryv rozmerov cca 7 x 4 m. V odkryve sa nachádzajú vápence tmavosivej farby, doskovité až lavicovité, rozpukané s otvorenými puklinami (až 5 - 10 mm). Povrch plôch je drsný a zvlnený. Celý odkryv je rozblokovaný a zasutený. Pravdepodobne ide o spadnutý odseparovaný blok hornín z vyšších partií svahu. Celá oblasť je pokrytá rozlične veľkými blokmi hornín, rozvlečenými po svahu.

Zmerané charakteristické diskontinuity:

165/38	18/60	15/47	252/80
160/43	233/80	250/83	267/74
154/45	20/83	355/42	

DB-27/16

X = -407278.3244 Y = -1187240.4276

Prirodzený skalný odkryv - bralo, tvorené doskovitými až lavicovitými vápencami, tmavosivej farby s bielymi žilami kalcitu. Masív má prevažne kockovitý rozpad. Veľkosť odkryvu je cca 7 x 7 m. Charakteristické diskontinuity:

51/43	**52/45**	200/67	170/86	170/85
59/42	242/63	190/72	192/64	
61/36	305/83	240/68	188/75	

DB-28/16

X = -407413.7202 Y = -1187090.0408

Rozptýlený výver podzemnej vody zo suťoviska, zamokrenina má cca 1 x 1 m. Výdatnosť odhadom 0,5 dl/min.

DB-29/16

X = -406215.5019 Y = -1187390.4760

Sústredený prameň pri lesnej ceste, voda sa rozteká po ceste. Odhadovaná výdatnosť cca 2dl/s. Smerom do svahu prechádza terén do úvaliny bez trvalého vodného toku. Podzemná voda tečie pravdepodobne v deluviálnej kamenitej suti od kontaktu krrížňanského a chočského príkrovu.

DB-30/16

X = -406298.5007 Y = -1187464.7040

Skalný odkryv - na hrane lokálneho chrbáta rozmerov 10 x 5 m vystupujú jemnokryštalické tmavosivé vápence s bielymi žilami kalcitu. Povrch je pokrytý svetlosivohnedou patinou. Vápence sú lavicovité, pukliny otvorené do 10 cm - rozblokovaný odkryv. Zmerané charakteristické diskontinuity:

330/25	325/63	35/82	230/75	280/72
333/36	75/75	190/77	190/87	355/81

DB-31/16

X = -406327.7053 Y = -1187463.6898

Odkryv v odreze lesnej cesty, rozmery cca 25 x 3 m. v odreze vystupujú silno zvetrané dolomity s doštičkovitým a hranolkovitým rozpadom. Hornina je sivej farby, tenkodoskovitá, úlomky sú veľkosti 1 - 5 cm, maximálne do 10 cm. Charakteristické zamerané diskontinuity: 220/68, 310/60, 33/43.

DB-32/16

X = -406364.5148 Y = -1187446.5110

Prameň po pravej strane lesnej cesty v smere toku. Sústredený výver cca 0,5 - 1 dl/s.

DB-33/16

X = -406450.3482 Y = -1187489.3108

Prirodzený sklaný odkryv - stena, tvorená tmavosivými lavicovitými vápencami s bielymi žilami kalcitu. Masív je rozblokovaný gravitačným rozpadom na bloky oddelené otvorenými trhlinami (10 - 15 cm). Trochu ďalej bralo prechádza do masívnych brekciovitých dolomitov a hnedastých reiflinských vápencov. Namerané orientácie diskontinuít:

10/22	155/63	84/85	110/68	170/66
320/30	140/50	202/58	137/56	
315/38	195/75	140/55	190/77	
230/63	90/77	255/63	161/72	

DB-33A/16 – pokračovanie skalnej steny – hnedasté reiflinské vápence. Namerané orientácie diskontinuít:

330/40	180/90	103/80	353/88	130/70
328/44	285/18	180/85	67/67	
180/82	250/20			

DB-34/16

X = -406639.4908 Y = -1187453.2131

Prirodzený odkryv – bralo pod vedením VVN. Svah medzi bralami je zasutený kameňmi až balvanmi,veľkosti do 1 - 3 m - kamenné more. Masív tvoria reiflinské vápence, sivohnedé, kryštalické, miestami vyhojené kalcitovými žilami, patriace do chočského príkrovu.

Zmerané orientácie diskontinuít :

225/08	15/77	185/77	80/86	0/64
270/10	97/58	70/60	175/67	78/78
200/15	215/83	120/60	185/77	70/74

DB-35/16

X = -406662.7078 Y = -1187420.2993

Prirodzený odkryv – bralo nad vedením VVN.Masív tvoria svetlejšie vápence, doskovité až lavicovité, majú hranolovitý ostrohranný rozpad, pukliny sú otvorené do 1 cm, povrch puklín je nerovný, zvlnený. Charakteristické diskontinuity:

258/13	23/81
305/23	202/68
275/13	193/64
120/77	**111/70**
112/72	**100/75**
174/60	**110/70**
170/69	**109/80**

DB-36/16

X = -406859.1313 Y = -1187433.8371

Sústava skalných odkryvov, stien a veží na juhozápadnom hrebienku kóty 995 m n.m. Odkryvy začínajú pod vedením VVN, pričom priamo pod vedením je strmá odlučná stena. Bloky hornín sú gravitačne rozvoľnené a poposúvané. Odkryv tvoria masívne tmavosivé kryštalické vápence, so svetlosivou patinou na povrchu. Sú prestúpené kalcitovými žilkami hrúbky 1 - 5 mm. Rozpad masívu je prevažne kockovitý. Charakteristické diskontinuity:

190/13	10/73	0/63	150/55	215/52
170/20	170/83	100/85	180/90	
220/8	180/54	40/90	200/90	
181/17	100/88	180/88	300/72	

DB-36A/16 - spodná časť brala pod vedením VVN. Odkryv tvoria prevažne vápence, čomu zodpovedajú aj zaoblenejšie tvary. Vápence sú prevažne lavicovité až masívne, jemnozrnné, tmavosivej farby, rozpukané hlavne v smere vrstevnatosti. Plochy sú zvlnené, drsné. V skalnej stene je rozsadlina smeru cca 148/85, otvorená v hornej časti cca 1 m, v dolnej časti 20 cm, blok je už skoro úplne odseparovaný. Pod skalnou stenou sa nachádza dejekčný kužeľ - kamenné more.Charakteristické diskontinuity:

270/25	230/88	142/77	220/88
183/15	285/82	150/77	145/85
215/15	20/63	235/80	

DB-36B/16 - pokračovanie skalného brala za vedením VVN. Vystupujú rovnaké vápence ako v predchádzajúcom DB. Charakteristické diskontinuity:

250/15	155/77	150/60	275/10	160/70
130/24	147/82	237/75	247/70	200/15

DB-36C/16 - pokračovanie skalného brala smerom na sever. Odkryv tvorený lavicovitými vápencami tmavosivej farby. Niekoľko rozsadlín spôsobených gravitačným rozpadom. Charakteristické diskontinuity:

280/20	175/40	180/75	10/18
266/18	284/24	45/77	275/85
280/26	180/30	230/76	140/77

DB-36D/16 - skalná stena v pokračovaní sústavy odkryvov, rozmery cca 15 x 30 m. Odkryv tvoria vápence tmavosivej farby s bielym žilkovaním kalcitom. Vápence sú tenkodoskovité až doskovité. O kúsok ďalej je skalné zrútenie podkovovitého tvaru a za ním prechádza vápenec do dolomitov.Pukliny sú otovrené, zvlenené, drsné. Charakteristické diskontinuity:

200/10	**163/10**	270/80	255/85
140/10	180/72	280/88	**305/15**
160/10	145/72	135/83	**320/15**

DB-36E/16 - pokračovanie skalného odkryvu, ale hornina prechádza do dolomitov s charakteristickým hranolovitým rozpadom

DB-37/16

X = -406956.4357 Y = -1187232.7239

Veľké skalné bralo tvorené masívnym dolomitom, s puklinami vyhojenými kalcitom. Farba tmavosivá, ostrohranný rozpad. Hlavné plochy diskontinuít sú:

300/88	130/88	150/54	**252/33**
310/88	205/34	**230/33**	170/75.

Systém 170/75 je pomerne hustý, vzdialenosť diskontinuít je 2 - 8 cm.

DB-38/16

X = -406934.9126 Y = -1187178.5461

Koniec výraznej skalnej steny s niekoľkými veľkými otvormi pravdepodobne kraso-vého pôvodu – v súčasnosti asi medvedí brloh. Spodná časť odkryvu sa javí ako dolomit, vo výške 1,5 m je vápenec. V suti pod skalnou stenou dominujú vápence s čiastočne zaoblenými hranami, menej sa vyskytujú ostrohranné úlomky dolomitu. Vrstevnatosť má orientáciu cca **170/05** až **190/15**, výrazné plochy puklín sú 210/80 a 295/82.

DB-39/16

X = -407758.8495 Y = -1187658.6382

Umelý skalný odkryv sa nachádza v obci Hrboltová za domom číslo 266/3 za Kamenným potokom. Dĺžka odkryvu je cca 30 m, výška asi 2 - 3 m. V odkryve vystupujú doskovité slienité vápence, hrúbka vrstiev je cca 2 - 10 cm. Vrchnú časť odkryvu tvorí kamenitá suť.

Charakteristické diskontinuity:

30/22	**10/15**	**80/28**	10/81
20/18	**30/30**	220/55	80/77133/90

DB-40/16

X = -407478.0441 Y = -1187025.7966

Rozvoľnený odkryv v odreze lesnej cesty, rozmerov cca 2 x 1 m. V odkryve vystupuje tmavosivý kalový vápenec, tvoriaci kosouhlé až kockovité bloky veľkosti 500 - 1000 mm. Plochy sú prevažne zvetrané a skrasovatené, zvlnené a drsné. Orientácia vrstevnatosti je nejasná, možno **32/30**, **71/45** a **60/20**. Významné plochy puklín sú 207/58, 18/50, 275/47 a 200/60.

DB-41/16

X = -407555.2158 Y = -1186979.1209

Rozvoľnený odkryv v odreze lesnej cesty povyše predchádzajúceho DB. V odkryve rozmerov cca 3 x 2 m vystupujú tmavosivé kalové lavicovité vápence s bielymi kalcitovými žilami. Hornina je rozpadnutá na bloky veľkosti 50 - 500 mm, prevažne kosouhlého a kockovitého tvaru. Plochy sú rovné až zvlnené, hladké až drsné. Smer vrstevnatosti je cca 55/28, významná plocha je 135/43, 235/60, 149/85, 240/62 (systém 300 - 600 mm), 321/89 a 127/48.

DB-42/16

X = -407831.5694 Y = -1186014.9379

Sústava rozsiahlych skalných odkryvov na hrebeni juhozápadne od vrcholu Kečky (1139 m n.m.). Odkryvy sú v danom mieste tvorené sivými skrasovatenými vápencami, rozpadajúcimi sa na bloky veľkosti 200 - 2000 mm, prevažne kockovitého a tabulárneho, resp. polyedrického tvaru. Vrstevnatosť má orientáciu cca 20/50, významné puklinové plochy sú 188/50, 95/80,75/82, 168/70, 5/16. Schodovitá morfológia hrebeňa.

DB-43/16

X = -407798.3957 Y = -1185843.6008

Skalná stena pod vrcholom kóty Kečky (1139 m n.m.), tvorí výrazný morfologický prvok ako súčasť sústavy skalných odkryvov na hrebeňovej časti kopca. Stena je budovaná masívnym až hrubolavicovitým dolomitom, s obtiažne určiteľnou orientáciou vrstevnatosti.

DB-44/16

X = -407699.1486 Y = -1185902.4250

Sústava skalných stien na svahoch kóty Kečka – rozhranie dolomitov a vápencov na úseku cca 100 m, vyššie sú dominantné len vápence, lavicovité.

Charakteristické diskontinuity:

245/80	294/87	**98/26**	130/70
123/28	217/80	270/68	217/74

DB-45/16

X = -407523.3723 Y = -1187729.8681

Výrazný lokálny skalný hrebienok nad časťou Záskalie, južne od portálu tunela. Odkryv tvoria odseparované a vypreparované bloky dolomitických brekcií až zlepencov, sivej farby.Pravdepodobne ide asi o bazálne súvrstvie centrálno-karpatrského paleogénu. Celý výrazný útvar je porušený blokovým rozpadom,bez výrazných štruktúrnych prvkov. Odkryvy ostro končia na okolitej rovinke.

DB-46/16

X = -407572.2682 Y = -1185786.3906

Skalný hrebeň na vrchole kóty Kečky – lavicovitý až doskovitý dolomit skrasovatený, rozpadnutý na väčšie ostrohranné, kosouhlé, polyedrické bloky. Na vrchole kečky rozsadlina dĺžky 20 m, šírky 3 m, smeru 320°.

Charakteristické diskontinuity:

320/12	6/65	125/80	**138/23**
60/68	**173/23**	358/66	

DB-47/16

X = -407227.7930 Y = -1185954.2922

Odkryv, rozmeru 80 x 10 m, v odlučnej hrane zosuvu, poniže sedla pod Kečkou, tvoria doskovité vápence s výraznou vrstevnatosťou, rozvoľnené na kockovité až kosouhlé bloky veľkosti 300-600 mm.

Charakteristické diskontinuity:

270/48	94/65	**272/50**
38/84	43/80	350/74

DB-48/16

X = -407418.7918 Y = -1186269.8521

Skalný hrebeň pod Kečkou tvorený sústavou roztrúsených odkryvov lavicovitých až masívnych vápencov, hnedosivej farby, rozpadavý na kockovité, doskovité až kosouhlé bloky. Plochy puklín sú drsné. Charakteristické diskontinuity:

158/17	347/53
347/12	308/40
100/80	104/82
160/28	108/81
352/89	

DB-49/16

X = -407488.5981 Y = -1186282.6819

Skalná veža tvorená vo vrchnej časti dolomitmi, v spodnej časti vápencami, s vrstevnatosťou cca 290/15, nižšie 62/18. Miestami sú rozsadliny s nepravidelným priebehom, rozmeru 40 x 10 m. Charakteristické diskontinuity:

235/68 327/86 4/8134/32

DB-50/16

X = -406464.6999 Y = -1187555.5046

Na pravej strane lesnej cesty prameň povrchový (suťový), sústredený výtok, prameň je čiastočne upravený, výdatnosť cca 1,5 dcl/sek.

DB-51/16

X = -406340.0073 Y = -1187372.5721

Na pravej strane lesnej cesty prameň povrchový (suťový), výdatnosť 0,5 dcl/sek, voda z prameňa sa stráca v suti. Pravdepodobne kontakt chočskej a krížňanskej tektonickej jednotky (podľa farby bahna asi zvetrané ílovce).

DB-52/16

X = -406281.8020 Y = -1187266.7858

Skalný odkryv rozmerov 10 x 5 m. V odkryve vystupujú rozpukané vápence s otvorenými puklinami až do 10 cm. Charakteristické diskontinuity:

308/28	265/89	216/85
310/20	188/84	164/57

DB-53/16

X = -406275.3879 Y = -1187237.0375

Skalný výchoz rozmerov 1,5 x 1,5 m, pokračujúci skalný hrebienok nad DB-52/16, tvorený svetlohnedými vápencami, ktoré sú rozpukané, brekciovité, stmelené.

DB-54/16

X = -406349.1974 Y = -1187227.4190

Dva skalné odkryvy bralá, rozmerov 5 x 4 m, vzdialené od seba 15 m,, sú tvorené vápencami (guttenstein?), tmavosivej farby, miestami sú kalcifikované, na povrchu silne zvetrané, rozpukané. Pukliny sú otvorené, prevažne 2 – 3 cm, menej 5 – 7 cm.

Charakteristické diskontinuity:

253/20	30/73	65/55	293/60
255/22	26/72	99/8230/52	76/75

DB-55/16

X = -406503.8308 Y = -1187414.7199

Skalný výchoz (rozmerov 30 x 5 m) na hrebeni v úrovni VVN (oproti vrchu Čebrať). Masív je tvorený lavicovitými vápencami, ktoré sú rozpukané na tabulárne až kockovité bloky s otvorenými puklinami.

Charakteristické diskontinuity:

237/16	94/80
284/12	147/76
275/13	155/52
330/13	143/62
74/89	170/65

DB-56/16

X = -406547.8552 Y = -1187362.0031

Skalný výchoz, rozmerov 2 x 3 m, tvorený brekciovitými vápencami. Masív je rozpukaný, pukliny sú otvorené aj uzavreté. Charakteristické diskontinuity:

28/20	205/64	292/70	124/78
217/70	40/55	121/80	

DB-57/16

X = -406575.7074 Y = -1187312.3613

Skalné bralo (rozmerov 30 x 8 m) tvorené tmavosivými vápencami. Masív je v spodnej hrane výrazne zvetraný, rozpukaný na úlomky 5 - 10 cm, vyššie je lavicovitý až masívny (lavice 30 - 50 cm). Charakteristické diskontinuity:

325/6	162/78	176/78	160/80
307/6	160/80	188/71	219/89
300/12	64/86	237/85	

DB-58/16

X = -406557.9518 Y = -1187243.5562

Skalné bralo tvorené vápencami, svetlosivej farby, brekciovité. Bralo je rozpukané na úlomky až brekcie, ktoré sú stmelené. Charakteristické diskontinuity:

230/5	**253/16**	38/78	85/79	45/82
222/24	**228/16**	143/72	20/83	29/58
236/35	43/75	123/76	223/83	324/89

DB-59/16

X = -406571.3109 Y = -1187202.2268

Prirodzený skalný výchoz vápencov, rozmerov 1 x 1 m, vápence sú tmavosivé jemnozrnné až kalové.

DB-60/16

X = -406576.7639 Y = -1187159.3082

Skalný výchoz rozmerov 5 x 1 m, tvorený jemnokryštalickými, svetlo-hnedosivými, kalovými vápencami. Horninový masív je zvetraný, rozvoľnený otvorenými puklinami. Charakteristické diskontinuity:

30/14	194/62	194/70	111/70	244/80
10/22	208/70	120/75	164/73	195/69

DB-61/16

X = -406555.1482 Y = -1187128.8852

Prirodzený výchoz – bralo, tvorené vápencami, ktoré sú jemnokryštalické až kalové, svetlej sivohnedej farby, doskovitej až lavicovitej vrstevnatosti. Horninový masív je zvrchu zvetraný, rozvoľnený na vrstvy hrúbky 3 - 30 cm, pukliny sú otvorené šírky 5 - 6 cm, ojedinele väčšie.

Charakteristické diskontinuity:

5/9	**354/3**	165/87	75/85	115/80
21/13	130/88	75/85	12/71	137/82
12/20	140/88	164/83	14/70	64/82

DB-62/16

X = -406520.3581 Y = -1187093.5526

Skalný výchoz na hrebenibezmenného kopca (oproti Čebrati) tvorenýsvetlosivými kryštalickými vápencami, prevažne brekciovité, ktoré sú rozvoľnené, pukliny sú otvorené do 1 - 5 cm, miestami sú rozsadliny. Charakteristické diskontinuity:

8/50	85/74	185/77	258/42
3/42	288/80	185/65	

DB-63/16

X = -406511.3109 Y = -1187080.7939

Skalný výchoz tvorený brekciovitými kryštalickými vápencami. Charakteristické diskontinuity:

345/25	**327/22**	110/76	217/56

DB-64/16

X = -406491.0626 Y = -1187028.9747

Skalný výchoz tvorený svetlosivými jemnokryštalickými vápencami, doskovitej vrstevnatosti, pukliny sú otvorené do 1 - 3 cm.

Charakteristické diskontinuity:

290/21	45/81
320/84	345/65

DB-65/16

X = -406467.8149 Y = -1187266.1551

Skalný výchoz rozmerov 15x8 m, tvorený kryštalickými vápencami, doskovitej až lavicovitej vrstevnatosti, rozvoľnené puklinami, ktoré sú otvorené veľkosti 0,5 – 2 cm, maximálne 10 cm.

Charakteristické diskontinuity:

196/26	354/72	40/63	297/80
207/22	317/78	317/80	55/70
235/25	35/90	107/77	

DB-66/16

X = -406489.4791 Y = -1187294.2335

Skalný výchoz rozmerov 15 x 6 m - silne porušený blok, kryštalických vápencov porušený viacerými otvorenými puklinami.

Charakteristické diskontinuity:

230/5	72/88	142/88	18/50
250/5	169/78	90/82	

DB-67/16

X = -406465.9379 Y = -1187349.5289

Skalný výchoz - sústava brál rôznych rozmerov, tvorená sivými jemnokryštalickými vápencami, vyhojené kalcitovými žilkami, ojedinele sú pukliny otvorené. Rozpad na tabulárne až kockovité resp. polyedrické bloky veľkosti 500 – 1500 mm.

Charakteristické diskontinuity:

242/18	29/77
228/20	125/83
87/76	123/71
323/89	45/76
045/65	102/64

DB-68/16
X = -406445.1853 Y = -1187377.4066

Skalné bralo veľkých rozmerov (50 x 15 m) – tvorené masívnymi vápencami, slabo badateľnej vrstevnatosti. Charakteristické diskontinuity:

192/27	191/70	38/76	162/82
104/88	284/74	150/86	30/87

DB-69/16
X = -406428.5631 Y = -1187383.3038

Skalný výchoz – odkryv rozmerov 10 x 2 m, pod DB-68, tvorený hnedosivými vápencami, úložné pomery nemerateľné.

DB-70/16
X = -406420.8696 Y = -1187389.2168

Skalný výchoz – bralo rozmerov 8 x 4 m, tvorené svetlosivohnedýmikalovými vápencami, úložné pomery nemerateľné, pukliny sú otvorené

DB-71/16
X = -405935.5470 Y = -1187546.6255

Občasný suťový prameň na úpätí svahu, výdatnosť odhadom cca 0,2 dcl/sec, okolie prameňa je zamokrené a rozbahnené. Pravdepodobne kontakt medzi chočskou a krížňanskou tektonickou jednotkou.

DB-72/16
X = -405963.1923 Y = -1187607.6082

Odkryv v zárezе lesnej cesty, rozmerov 5 x 1 m. V odkryve vystupujú laminované, bridličnaté slieňovce, sivej farby, striedajúce sa s doskovitými vápencami, ktoré sú jemnozrnné, tmavosivej farby, pukliny sú vyhojené kalcitom. Charakteristické diskontinuity:

166/32	288/80
175/25	240/1675/63

DB-73/16

X = -405963.7076 Y = -1187630.7623

Dva pramene - vývery vody vo svahu na okraji lesnej cesty, odhadnutá výdatnosť 0,5 dcl/sec, na druhej strane lesnej cesty nižšie vo svahu je prameň výdatnosti cca 0,2 dcl/sec.

DB-74/16

X = -406148.8466 Y = -1187901.1406

V blízkosti stožiara vedenia VVN je prirodzený odkryv rozmerov 2 x 3 x 1 m. V odkryve vystupujú dolomity s polohami brekcií, masívne, bez náznakov vrstevnatosti, svetlosivej farby, pukliny sú často vyhojené kalcitom, niektoré pukliny sú otvorenédo 1 - 10 mm. Ešte ďalšie 3 bloky podobného charakteru sa nachádzajú vo svahu cca 20 - 30 m od vedenia. Buď ide o zosunuté bloky alebo vytŕčajúce bralká zo svahu. Možno ide aj o zvyšok zlepencov a brekcií bazálneho paleogénu. Charakteristické diskontinuity:

193/40 232/68 355/82 235/33

DB-75/16

X = -406143.2789 Y = -1187914.2648

Skalný odkryv v blízkosti stožiara vedenia, v odkryve vystupujú svelosivé dolomity s brekciovitými polohami, tektonicky porušené, zvrchu sú rozvoľnené otvorenými puklinami rozmerov 1 - 2 cm, povrch puklín je drsný, zvlnený. Možno ešte erózny zvyšok zlepencov a brekcií bazálneho paleogénu. Charakteristické diskontinuity:

125/70 10/66
105/40 48/88
322/82 33/57

DB-76/16

X = -406207.4771 Y = -1187980.9051

Skalný odkryv vo svahu pod VVN, rozmerov 2 x 1 m, v odkryve vystupujú masívne vápence až dolomity, sivej farby, tektonicky porušené, úložné pomery sú nemerateľné, pukliny sú nepriebežné, miestami uzavreté.

DB-77/16

X = -405926.6902 Y = -1188079.3379

V pomerne strmom svahu sú ojedinele výchozy blokov, rozmerov prevažne 2 x 2 x 1 m. Odkryv tvoria svetlosivé brekciovité dolomity, ostrohranného rozpadu. Vo svahu je viac podobných ojedinelých blokov. Úložné pomery sú nemerateľné.

DB-78/16

X = -405824.8472 Y = -1188051.9663

Morfologicky výrazná odtrhová hrana rozsiahleho skalného zrútenia (pravdepodobne zlomová tektonická porucha ?), výška skalnej steny cca 10 - 15 m, vo svahu pod odtrhovou stenou je kamenné more. V odkryve vystupujú brekciovité dolomity chočskej jednotky, svetlosivej farby, lavicovité až masívne, polyedrického rozpadu.

Charakteristické diskontinuity:

188/28	345/64	70/82	215/88
330/63	35/54	192/85	

DB-79/16

X = -405850.6280 Y = -1187845.0452

Ojedinelé skalné odkryvy po výraznom hrebienku tvorené vápencami, svetlosivej farby, prevažne masívne. Charakteristické diskontinuity:

65/28	290/72	318/28	190/54	200/72

DB-80/16

X = -405821.7077 Y = -1187703.2075

Odkryvna hrebienku tvorený brekciovitými vápencami, sivej farby.

Charakteristické diskontinuity:

60/70	264/68	**0/27**
60/72	166/82	180/47

DB-81/16

X = -405839.8282 Y = -1187591.1709

V umelom odkryve, rozmerov 2 x 2 m, pod stožiarom VN vystupujú dolomity až brekcie, ostrohranného rozpadu, sivej farby, menšie pukliny sú vyhojené kalcitovými žilkami. Úložné pomery nemerateľné, odkryv je čiastočne zasutený.

DB-82/16

X = -406359.9993 Y = -1187556.3920

Skalný hrebienok tvorený tmavosivohnedými vápencami na povrchu so svetlou patinou, ktoré sú prevažne hrubo lavicovité až masívne, ojedinele tenkodoskovité, husto pretkané kalcitovými žilkami. Nepravidelný blokový rozpad. Charakteristické diskontinuity:

155/30	170/85
0/50	282/82
185/34	200/72
180/83	220/85
155/88	290/70

DB-83/16

X = -406114.7953 Y = -1187766.0701

Suťový prameň vyvierajúci na okraji zosuvného bloku, odhad výdatnosti 0,5 - 0,8 dcl/sec, okolie pod prameňom je zamokrené na šírku cca 2 - 3 m.

DB-84/16

X = -406581.1913 Y = -1187788.0108

Na ľavobrežnom svahu bezmenného potoka je prirodzený skalný odkryv vápencov - bralo, rozmerov 8 - 10 x 3 x 7 m. V odkryve vystupujú sivé vápence, so žilkami kalcitu, tenkodoskovité až doskovité, zvrchu viac rozvoľnené. Charakteristické diskontinuity:

250/47	105/40
280/58	120/70
162/88	220/84
345/80	333/85

DB-85/16

X = -406659.0461 Y = -1187824.7006

Na ľavom svahu bezmenného potoka rozsiahlý hrebeň bralnatého charakteru, v odkryve vystupujú tmavosivé lavicovité vápence so sivou patinou.

Charakteristické diskontinuity:

150/27	338/27	230/82	291/64	176/68
141/24	165/35	142/70	153/85	236/70
148/25	48/73	340/48	277/72	245/63

DB-86/16

X = -406809.4272 Y = -1188249.6692

Prirodzený skalný odkryv – rozmerné bralo tvoria svetlosivé vápnité dolomity, doskovité až lavicovité v dolnej časti, vo vrchnej masívne. Miestami otvorené rozsadliny. Charakteristické diskontinuity:

140/37	205/72	315/88	315/63
300/83	100/75	205/65	135/88

DB-87/16

X = -407064.4181 Y = -1187514.7573

Prirodzený skalný odkryv rozmerov 5 x 10 m tvoria tmavosivé vápence, lavicovité až masívne. Úložné pomery sú ťažko merateľné:

40/65	160/72	280/54
165/80	200/70	265/88

DB-88/16

X = -405709.8001 Y = -1188124.6282

Začiatok výraznej eróznej ryhy poniže lesnej cesty do sedla pod Čebraťom. Strmý svah indikuje nestabilitu v oblasti odtrhu. Pravdepodobne je založená na tektonickej línii.

DB-89/16

X = -406602.3181 Y = -1188041.2722

Odkryv v záreze hlboko vyerodovanej lesnej cesty. V odkryve vystupujú silne zvetrané a rozblokované siltovce a ílovce, bridličnaté, rozpadavé na doštičkovité úlomky veľkosti 5 – 15 cm. Odkryv sa nacádza na východnej strane výrazného lokálneho hrebienka, na ktorého západnom konci sa nachádza erózny zvyšok hornín chočského príkrovu.

DB-90/16

X = -406738.8456 Y = -1188031.2344

Odkryv hornín erózneho zvyšku chočského príkrovu v čele výrazného horninového bloku. Blok je tvorený prevažne karbonatickými horninami – brekciovitými dolomitmi a vápencami, miestami majú horninové bloky charakter zlepencov (možno zvyšok paleogénu). Smerom dolu prechádzajú bloky do deluviálnej sute, rozvlečenej po svahu.

DB-91/16

X = -406536.3712 Y = -1188105.7284

Koniec zárezu prístupovej cesty na stavenisko, cca 160 m na SZ od križovatky. V tomto mieste sa zárez znižuje až na úroveň pôvodného terénu. V odreze vystupuje deluviálna kamenitá suť, miestami až piesčitého charakteru, medzi úlomkami dominujú siltovce až pieskovce a slienité vápence, menej dolomity. Úlomky sú veľké 5 – 50 cm, výplň tvorí svetlohnedý piesčitý íl. V priekope v tomto mieste sa nachádza výver podzemnej vody (začiatok toku).

DB-92/16

X = -406456.4975 Y = -1188168.7680

Zárez prístupovej cesty medzi križovatkou ciest a predchádzajúcim DB. V záreze je odkrytá deluviálna kamenitá suť, tvorená prevažne zmesou karbonatických hornín (dolomity a vápence) s prímesou siltovcov a pieskovcov. Výplň tvorí piesčitý íl až piesok. Veľkosť úlomkov je 1 – 10 cm, len ojedinele v suti pláva väčší blok hornín do 1 m. V okolí dokumentačného bodu v záreze vymoká podzemná voda, tvorí niekoľko sústredených výverov až zamokrenín. Svah vykazuje filtračnú nestabilitu, kedy sa počas zrážok aktivizujú aj menšie plošné zosuvy. Miestami sú evidentné dôkazy tečenia sutí, jajmä v drobnoúlomkovitejšom materiály. Hrúbka sklzov je do 1 m. Podobné úkazy možno sledovať i v odreze lesnej cesty od križovatky smerom k pôvodnému západnému portálu tunela.

DB-93/16

X = -406331.2305 Y = -1188325.8585

Bloky zosunutých hornín chočského príkrovu, zvlečené z vyšších partií svahu. V okolitej deluviálnej suti sa nachádzajú prevažne karbonáty zmiešané so siltovcami až

pieskovcami, pričom bloky majú prevažne doštičkovitý, tabulárny až nepravidelný tvar. Výplň tvorí íl piesčitý svetlohnedej farby. V zárezе od križovatky prístupových ciest po priepust vymoká voda a sú znaky zosúvania. Na opačnej strane cesty smerom po svahu vzniká skládka stavebného odpadu.

DB-94/16
X = -406296.1446 Y = -1188374.1054

Okraj veľkého bloku hornín chočského príkrovu, tvoreného masívnymi až hrubolavicovitými dolomitmi a vápencami, pravdepodobne erózny zvyšok. Z tohoto bloku sa uvoľňujú menšie balvany, ktoré sa potom nachádzajú smerom dolu po svahu v deluviálnej suti.

DB-95/16
X = -406627.6426 Y = -1188453.2050

Zárez prístupovej cesty na stavenisko od križovatky s hlavnou cestou. V zárezе vystupuje kamenitá deluviálna suť, tovrená prevažne úlomkami až blokmi karbonatických hornín. Výplň tvorí íl piesčitý až piesok (dolomitová drvina). Vo svahu je zreteľných niekoľko plošných výverov podzemnej vody a na ne naviazané drobné plošné zosuv. Lokálne výrazné znaky tečenia sute (po nasýtení).

DB-96/16
X = -406815.4397 Y = -1187866.8540

Rozsiahle suťovisko podmáčané vodou s mokraďovým rastlinným spoločenstvom. Suťovisko je tvorené najmä úlomkami karbonátov, prevažne dolomitov a pokryté tenkou vrstvou organických zemín. Oblasť je sýtená z väčšej časti vodou z potoka, pritekajúceho z vyššej časti údolia, čiastočne je oblasť dotovaná lokálnymi vývermi najmä zo severovýchodnej strany spod výrazného horninového bloku.

DB-97/16
X = -406857.9159 Y = -1187857.0673

Drobný výver podzemnej vody s usadzovaním penovca, vyteká na pravobrežnom svahu údolia.

DB-98/16
X = -406907.9130 Y = -1187955.4431

Lokálny výver podzemnej vody s náznakom usadzovania penovca na pravom brehu potoka v podmáčanej oblasti.

DB-99/16

X = -408571.3413 Y = -1186633.5853

Upravený výver minerálnej vody na vrchole travertínovej kopy. Výrazný zápach sulfánu, výrazné výrony oxidu uhličitého do prameňa. Od prameňa voda steká niekoľkými stružkami a penovec sa usadzuje na svahoch kopy.

DB-100/16

X = -407525.5850 Y = -1186273.8199

Okraj gravitačnej zlomovej poruchy na päte svahu Kečky, asi zároveň kontakt s chočskej a križňanskej tektonickej jednotky. Smer a sklon 231/72, línia tvorí výrazný morfologický zlom v sklonitosti terénu, dokonca akúsi prepadlinu – pravdepodobne ťahová zóna.

DB-101/16

X = -408195.1688 Y = -1186618.8069

Skalný odkryv v strmom svahu, tvorený lavicovitými až doskovitými vápencami až slieňovcami, rozpadnuté na doskovité a kosouhlé bloky veľkosti 5 - 50 cm, svah je silne zasutený. Charakteristické diskontinuity:

83/28	246/80
302/80	90/20
326/86	312/88
335/72	
241/76	

Pokračovaním vo svahu cca 30 m východnejšie a nižšie:

125/21	321/80	28/78	65/40
327/81	272/65	269/57	

DB-102/16

X = -407096.6069 Y = -1188667.6346

Umelý skalný odkryv v zárezе v Hrboltovej. Zárez má dĺžku cca 70 m, výšky asi 6 m. V zárezе sú odkryté silne zvetrané vápnité ílovce, laminované až tenkodoskovité, svetlohnedé, lámateľné v prstoch, tvoriace polohy hrúbky 5 - 50 cm, v hornej časti odkryvu až súvislé polohy niekoľko metrov hrubé. Vložky vápencov sú doskovité až lavicovité, rozlámané na kockovité až polyedrické bloky veľkosti 30 - 60 cm. Pukliny sú zatečené ílom a sú hrdzavé, skrasovatené, povrch puklín je rovný až zvlnený. Charakteristické diskontinuity:

32/22	195/80	108/76	255/80
332/86	243/75	**34/12**	265/80
217/80	210/45	182/50	342/48
230/89	198/76	264/62	

DB-103/16

X = -407019.0146 Y = -1188508.0502

Odkryv s starom lokálnom lome v Hrboltovej, rozmery 20 x 10 m. V odkryve vystupujú doskovité až lavicovité vápence, zvetrané. Rozpad na kockovité bloky 50 - 500 mm. V hornej časti odkryvu sú prítomné bloky väčších rozmerov (možno suť?). Medzi jednotlivými doskami je náznak zvetraných ílovcov vo forme preplástkov.

Charakteristické diskontinuity:

42/21	184/64	152/74	223/70	145/66
36/38	142/76	219/58	136/78	
24/22	151/79	**324/23**	264/80	
231/66	269/61	**352/9**	208/69	

DB-104/16

X = -406835.3888 Y = -1188455.3372

Opustený kameňolom nad Hrboltovou, silne tektonicky porušené dolomity, rozpad na ostrohranné úlomky veľkosti 0,5 - 10 cm, polyedrického tvaru. Celkovo má hornina charakter brizolitu. Väčšia časť odkryvu zasutená, vo vrchnej časti balvany a lavice dolomitov, ale bez náznakov vrstevnatosti, pravdepodobne ide len o delúvium rozpadnutých blokov dolomitu.

DB-105/16

X = -405988.0826 Y = -1188628.5034

Odkryv v prístupovej ceste k portálu tunela. Masívne až hrubolavicovité dolomity, sivej farby, polyedrický rozpad na bloky až do 1 m.

Charakteristické diskontinuity:

305/10	230/50	**358/30**	**34/12**
183/60	335/26	001/64	227/48
76/70	147/76	115/70	184/76

Približne o 100 m na západ sú diskontinuity

363/32	134/38	178/75	48/86
86/68	119/36	195/67	81/53

DB-106/16

X = -406251.1720 Y = -1188515.5653

Sústava skalných východzov v závere prístupovej cesty k portálu. V záreze vystupujú masívne dolomity rozvoľnené na kosouhlé, kockovité až polyedrické bloky veľkosti 200 - 2000 mm. Charakteristické diskontinuity:

009/44	321/38
230/52	115/60
307/69	112/63
237/52	

319/50	103/64	237/75	332/64

DB-107/16

X = -406271.4853 Y = -1188444.4951

Kontakt dolomity – ílovce v záreze prístupovej cesty k pôvodnému portálu tunela.

DB-108/16

X = -406582.2032 Y = -1188095.7212

Odkryv v záreze prístupovej cesty v trase diaľnice, rozmery 10 x 4 m. V odkryve vystupujú zvetrané ílovce tmavosivej farby, na povrchu sú zvetrané do hneda. Plochy sú navetrané, zvlnené s častými medzivrstevnými dolomitmi. Rozpad na ostrohranné úlomky 1-20 cm, lokálne 60 cm, prevažne doskovité až kosouhlé.

Charakteristické diskontinuity:

35/23	323/84	87/82	330/88	328/70
155/84	140/70	258/35	136/48	329/74

DB-108/16

X = -406582.2032 Y = -1188095.7212

Odkryv v záreze prístupovej cesty v trase diaľnice, rozmery 10 x 4 m. V odkryve vystupujú zvetrané ílovce tmavosivej farby, na povrchu sú zvetrané do hneda. Plochy sú navetrané, zvlnené s častými medzivrstevnými dolomitmi. Rozpad na ostrohranné úlomky 1-20 cm, lokálne 60 cm, prevažne doskovité až kosouhlé.

Charakteristické diskontinuity:

35/23	323/84	87/82	330/88	328/70
155/84	140/70	258/35	136/48	329/74

DB-109/16

X = -405019.8625 Y = -1188413.0053

Skalné bralo karbonatických hornín – vápence reiflinské, hlbšie kalcifikované, vrstevnatosť dominantná, prevažne doskovitá až lavicovitá. Puklliny a vrstevné plochy majú drsný povrch.

Charakteristické diskontinuity:

138/35	**130/25**	12/80	**120/20**	115/89
125/30	180/90	**124/25**	310/85	220/75

DB-110/16

X = -405024.1662 Y = -1188633.4551

Skalné bralo v stene rokliny vo vrcholovej časti masívu Čebrať (1054,2 m n.m.), tvorené vápencami. Bralo vymedzuje skalný zosuv, celý masív je rozvoľnený s otvorenými puklinami. V protisvahu je masív viac rozvoľnený, pod skalnými bralami sú kamenné moria. Vápence sú pevné, zdravé, s bielou patinou na povrchu. Charakteristické diskontinuity:

255/74	120/74	280/86
354/81	335/58	137/75

DB-111/16

X = -405092.6932 Y = -1188377.6091

Skalné bralo tvorené tmavosivými vápencami s bielou patinou na povrchu, rozvoľnené puklinami, ktoré sú otvorené do 2 - 3 cm. Charakteristické diskontinuity:

135/73	210/75	55/45	146/78
200/80	68/60	145/85	144/75

DB-112/16

X = -405262.0452 Y = -1188360.8398

Skalné bralo dĺžky cca 50 m, výšky 3 - 5 m, ktoré ohraničuje eróznu ryhu. Bralo sa nachádza aj v protisvahu, v úseku cca 50 - 100 m nižšie po svahu. Masív tvoria vápence. Charakteristické diskontinuity:

150/47	214/79	216/18	270/72
194/80	130/85	295/72	328/40
310/85	45/52	232/58	

DB-113/16
X = -405306.0558 Y = -1188382.1693

Skalné bralo – skalná stena tvorená dolomitmi, vysokej pevnosti R2 - R1, ostrohranného rozpadu, tmavosivej farby, na povrchu so svetlou patinou s machom. Masív je rozvoľnený puklinami, ktoré sú otvorené, miestami uzavreté, čelné plochy sú strmé.

Charakteristické diskontinuity:
238/74 130/70 250/70

DB-114/16
X = -405308.7952 Y = -1188429.9137

Skalné bralo tvorené gutensteinskými vápencami, dĺžky cca 50 m, výšky 6 m,smerom výššie do svahu pokračuje skalné bralo výšky 15 - 20 m, s výraznou vrstevnatosťou, puklilnami a trhlinami, otvorenosť diskontinuít od 2 do 30 cm. Vrstevnatosť je doskovitá až lavicovitá, povrch puklín je drsný. Horninový masív je výrazne rozvoľnený. Povrch puklín je skrasovatený, pokrytý bledou patinou.

Charakteristické diskontinuity:

130/45	**130/55**	266/55	30/72	40/80
148/27	**130/45**	210/81	265/66	38/72

DB-115/16
X = -405315.5740 Y = -1188503.0086

Skalná stená tvorená masívnymi vápencami svetlosivej farby (gutensteinské, wettersteinské), v spodnej časti skalného brala sú vápence doskovitej vrstevnatosti, brekciovitého rozpadu, hnedosivej farby. Charakteristické diskontinuity:

166/80	**170/85**	170/58	110/75	345/70

DB-116/16
X = -405243.7778 Y = -1188603.0004

Skalné bralo tvorené karbonatickými brekciovitými horninami – dolomitmi, svetlosivej farby, povrch zarastený machom. Masív je rozvoľnený, jednotlivé balvany sú odseparované po svahu.

DB-117/16
X = -405193.0451 Y = -1188599.9983

Skalné bralo tvorené pestrou škálou karbonatických hornín – gutensteinské vápence, reiflinské vápence, brekciovité dolomity. Masív je rozvoľnený puklinami otvorenými 5 - 20 cm, povrch puklín je drsný, priebeh diskontinuít je zakrivený. Farba vápencov je svetlosivá s bielou patinou na povrchu. Charakteristické diskontinuity:

136/29	**150/15**	**170/35**	**180/40**	272/82

65/80	74/80	**156/55**	2/75
272/58	80/90	**168/32**	120/89
160/65	330/90	**164/35**	**180/27**

DB-118/16

X = -405282.7375 Y = -1187417.1872

Vo svahu pod hrebeňom v zárezе je úlomkovitá suť tvorená gutensteinskými vápencami, veľkosť úlomkov 15 - 20 cm až bloky do 30 - 40 cm. Dokumentačné body 118/A, 118/B, 118/C, 118/D, 118/E sú rozptýlené pramene, malej výdatnosti. Pri DB 118/D v zárezе prameniska výšky 0,5 až 0,7 m sú bridličnaté úlomky ílovcov. Pramene vytekajú pravdepodobne na kontakte krížňanskej a chočskej jednotky resp. na rozhraní vápencovej sute.

DB-119/16

X = -404959.0071 Y = -1187625.8026

V zárezе potoka výšky cca 2 m je odkryv tvorený tmavosivými vápencami, prevažne tenkodoskovité, hrúbky 0,5 – 2 – 4 cm. Pravdepodobne už horniny krížňanskeho príkrovu.

DB-120/16

X = -404870.9498 Y = -1187481.6797

Prirodzený odkryv vo svahu nad cestou tvorený silno zvetranými slienitými bridlicami s piesčitou prímesou, laminovanej vrtevnatosti. Odkryv je rozvoľnený, hornina sa rozpadá na doštičkovité úlomky veľkosti 5 – 15 cm. Charakteristické diskontinuity:

160/22	100/73
176/25	282/65
282/65	88/65
10/60	

DB-121/16

X = -404783.9718 Y = -1187775.6575

Vo svahu pod cestou pod DB 120/16 je zamokrenina menších rozmerov, povrch je zarastený vodomilným rastlinstvom.

DB-122/16

X = -405122.3194 Y = -1188331.9725

Skalné bralo tvorené karbonatickými horninami – gutensteinské vápence s bielou patinou na povrchu. Masív je rozvoľnený trhlinami do hĺbky 10 - 15 m, ktoré sú otvorené od 10 do 40 cm, v spodnej časti skalnej steny doskovitej odlučnosti, s náznakom brekciovitej štruktúry. Pravdepodobne na okraji tektonických porúch (veľké súvislé steny). Vo vrchnej časti vežičkovitý charakter. Charakteristické diskontinuity:

260/50	**155/26**	330/85	840/82	295/83
107/12	**105/25**	345/83	105/85	5/88

DB-123/16

X = -404965.8281 Y = -1188364.5278

Skalné bralo tvorené vápencami - rohovcové vápence, s výraznou doskovitou vrstevnatosťou, hrúbky 10 - 20 cm. Masív je rozblokovaný na tabulárne až kockovité bloky 50 – 150 cm. Charakteristické diskontinuity:

125/10	10/77
125/18	345/85
110/10	290/63
273/76	120/82

DB-124/16

X = -405040.5468 Y = -1188234.2232

Skalné bralo vzdialené od bodu 123/16 cca 100 m, vo výške 870 m n.m., tvorené dolomitmi, svetlohnedosivej farby, doskovitej až lavicovitej odlučnosti. Povrch je slabo zvetraný, pukliny sú zatvorené aj otvorené, blok upadá po svahu.

Charakteristické diskontinuity:

30/90	250/50	210/50	252/25318/6	8

DB-125/16

X = -404970.8753 Y = -1188262.6995

Skalné bralo rozmerov 15 x 6 m, tvorené dolomitmi, ktoré sú masívne, bralo je rozvoľnené, porušené trhlinami otvorenými do 5 - 7 cm, v okrajových častiach sú pukliny zatvorené, povrch puklín je zvlnený, drsný. Charakteristické diskontinuity:

200/72	188/90	320/90	270/65	105/32
110/30	232/35	228/90	190/75	

DB-126/16

X = -404895.8939 Y = -1188449.8851

Horný koniec lesnej cesty – odkryv v zárezе tvorený vápencami, hnedej až hnedosivej farby na povrchu s bielou patinou, sú kalcifikované, doskovitej až lavicovitej odlučnosti, masív je rozvoľnený na úlomky až bloky, veľkosti 5 – 20 – 30 až 100 cm.

DB-127/16

X = -404857.0562 Y = -1188449.3610

Pokračovanie odkryvu v zárezе lesnej cesty tvorený vápencami doskovitej vrstevnatosti, miestami sú vápence masívne, hnedosivej farby, kalcifikované. Dominantná vrstevnatosť 228/30 a čelná porucha 280/60.

DB-128/16

X = -404868.4759 Y = -1188415.0828

Pokračovanie lesnej cesty – odkryv vápencov svetlohnedých, doskovitej vrstevnatosti, rozvoľnené na úlomky 10 – 15 – 30 cm, vápence sú kalcifikované, pozorovať tmavosivé hľúzy.Dominantná vrstevnatosť 229/20 a čelná porucha 170/682, pukliny 336/85 a 276/70.

DB-129/16

X = -404883.8587 Y = -1188384.9765

Zárez lesnej cesty – odkryv je tvorený tenkodoskovitými karbonátmi, prevažne vápencami, menej dolomitmi, rozvoľnené na úlomky veľkosti 1 – 2 až 5 – 20 cm aj viac, sivohnedej farby, možný prechod do tektonickej poruchy.

DB-130/16

X = -404907.4997 Y = -1188337.5460

DB-130/16A - Odkryv výšky 2 m v odreze lesnej ceste tvorený dolomitickou brekciou, rozvoľnená hornina je rozpadavá až na brizolit, farba je prevažne hnedá, v jadre siva až tmavosivá. Pukliny sú zatvorené, zvlnené, po poklepe je hornina rozpadavá. Pravbdepodobne ide o zónu zlomovej poruchy. Charakteristické diskontinuity:

286/80	250/63
281/65	275/72
270/40	174/85
290/74	

DB-130/16B - Pokračovanie odrezu cesty cca 130 m, odkryv tvorený drobnoúlomkovitými karbonátmi – dolomitmi, vrstevnatosť 192/60, 64/40, 256/70, 316/52.

DB-131/16
X = -404793.0830 Y = -1188364.8101

Skalné bralo nad lesnou cestou, rozmer 30 x 10 - 15 m, tvorené vápencami svetlosivej farby. Ide o reiflinské vápence, prevažne masívne, striedajú sa pevnejšie polohy s drobnoúlomkovitými. Pukliny sú otvorené do 5 - 15 cm, povrch puklín je drsný. Hornina je rozpadavá po puklinách. Charakteristické diskontinuity:

165/30	130/36	165/30	285/60	270/65
220/90	290/74	200/80	152/85	

Charakteristické diskontinuity v pokračovaní brala vo svahu v ceste:

179/65	**176/60**	72/75	345/45
174/65	**192/75**	08/60	276/75

DB-132/16
X = -404749.0079 Y = -1188302.2279

Skalné bralo, rozmer 30 x 15 m, tvorené sivými kalcifikovanými gutensteinskými vápencami, masívnymi, ktoré sú porušené diskontinuitami priebežnými v celej výške brala. Charakteristické diskontinuity:

222/45	220/36	314/35	275/80
130/70	280/27	7/80	

DB-133/16
X = -404851.2341 Y = -1188187.7681

Skalné bralo rozmerov 30 - 50m x 10 - 15m, tvorené vápencami, v jadre tmavohnedej farby, na povrchu s bielou patinou. Masív je rozvoľnený puklinami priebežnými, otvorenými 10 - 20 cm, povrch puklín zvlnený, drsný. Charakteristické diskontinuity:

235/54	172/90	250/80	155/40	**155/36**
335/48	53/60	220/55	350/73	**180/40**

DB-134/16
X = -404969.1296 Y = -1188147.9852

Prameniště suťových výverov v spodnej časti pod odlučnou plochou – 815 m n.m., malej výdatnosti. Namerané parametre: teplota: 4,9°C, pH: 7,46, vodivosť: 64,0 mS/m.

DB-135/16
X = -405119.1551 Y = -1188066.8409

Jazierko – zamokrená zníženina so stojatou vodou, s vlhkomilným rastlinstvom.

DB-136/16
X = -405630.2314 Y = -1188148.9747

Prameniště pod lesnou cestou, občasný výver, v ryhe sú bloky karbonátov veľkosti 50 – 80 cm.

DB-137/16
X = -405629.3273 Y = -1188227.0885

Balvan karbonátov rozmeru 1,5 x 1,5 m, brekciovitej textúry, tenkodoskovitej odlučnosti: 16/25 - možno padnutý blok.

DB-138/16

X = -405697.3827 Y = -1188166.3871

Odkryv poniže lesnej cesty - skalný blok tvorený porušenou zvetranou karbonatickou brekciou, hornina je porušená otvorenými puklinami smeru 270/40. Okraj strmého zrázu smerom do úvaliny Staré lazy, nad vodnými zdrojmi.

DB-139/16

X = -405651.8314 Y = -1188164.1274

Skalné bralo vápencov prestúpené otvorenými puklinami veľkosti 0,5 - 2 cm, svetlohnedej farby.

DB-140/16

X = -405702.3892 Y = -1188225.1163

V ryhe potoka je odkrytý svah tvorený vápencami vysokej pevnosti, doskovitej až lavicovitej odlučnosti, vrstevnatosť:128/20, smer puklin: 60/90.

DB-141/16

X = -405707.4042 Y = -1188233.6711

Nad lesnou cestou prameň s parametrami: teplota: 7,5°C, pH: 7,44, vodivosť: 45,7 mS/m. Výdatnosť prameňa je 0,07l/sec. Neďaleko sa nachádza najvyšší zachytený prameň vodného zdroja Staré lazy.

DB-142/16

X = -405729.2419 Y = -1188282.2554

Prameň v pravom svahu údolia.

DB-143/16

X = -405737.0017 Y = -1188328.5194

Bloková deformácia, balvany dolomitov, veľkosti 1 - 2 m, hnedosivoružovkastej farby, popadané pod odtrhovou hranou zosuvu.

DB-144/16

X = -405866.3504 Y = -1188526.4882

Balvany pevných karbonátov - dolomitov popadané do údolia, porušené sú puklinami,

povrch puklín je drsný.

DB-145/16

X = -405952.5770 Y = -1188728.9358

Umelý odkryv v oblasti pôvodného západného portálu tunela Čebrať. V odkryve vystupujú silno zvetrané ílovce až siltovce, laminovanej až tenkodoskovitej vrstevnatosti, smeru 106/30, puklina - 356/70. Ílovce sa rozpadávajú na doštičkovité úlomky veľkosti 1 - 2 cm. Smerom nižšie po svahu vrstevnatosť 170/10.

DB-146/16

X = -406165.7886 Y = -1188797.9178

Blok pevných karbonátov – vápencov, sú vysokej pevnosti R1 až R2, kryštalické, sivej farby.

DB-147/16

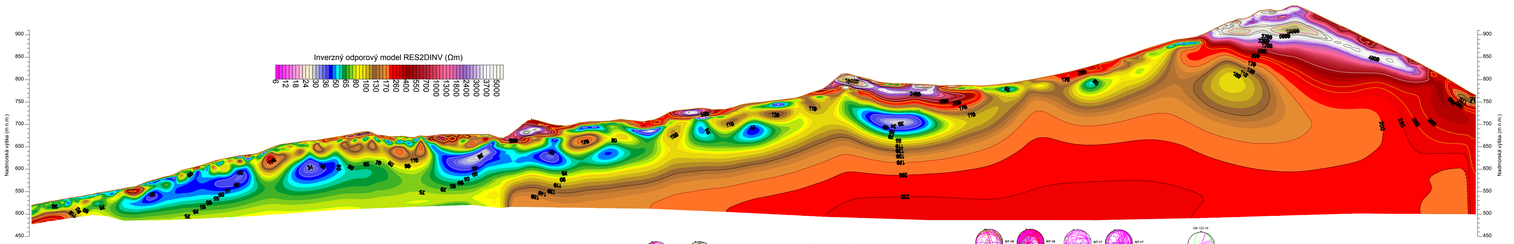
X = -406319.2039 Y = -1188883.7413

Odkryv vo svahu tvorený tmavosivými vápencami, miestami sú brekciovité, vysokej pevnosti R1.

DB-148/16

X = -406413.2408 Y = -1188747.5489

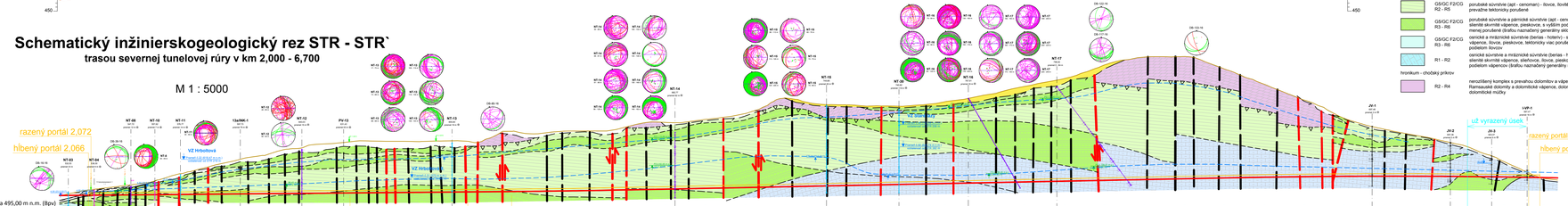
Úlomky dolomitov naružovelej farby, hrany polozaoblené, pravdepodobne ide o sutinu alebo zvlečené bloky horniny z vyšších partií svahu.



Schematický inžinierskogeologický rez STR - STR`

trasou severnej tunelovej rúry v km 2,000 - 6,700

M 1 : 5000



LEGENDA

GEOLÓGIA

Kvartér

- G3/G,F G2/GP, G5/GC G1/GW — Fluviálny komplex - štrky korytovej fácie, prevažne s primesou jemnozrnnej zeminy až ílovitá, na báze balvanitá
- F1/MG F3/MS SA/SM, F2/CG F4/CS SS/SC — Fluviálny komplex - hrubozrnné nánosy, piskrovy akuviálnej mvy, prevažne hliny piesčité a ílovitosť, piesky ílovité a hlinité a ty piesčité, ojedinele organické zeminy
- G3/G,F G5/GC, G4/GM F2/CG — Fluviálny komplex - terasové sedimenty, hrubozrnné prevažne piesčitými štrkmi, štrkmi ílovitými a hlinitými, balvanitými, až íimi štrkovitými
- G5/GC F2/CG F4/CS, F8/CH — Proluviálne až polygenetické sedimenty (prolu/viálno-deluviálne) sedimenty - prevažne polygenetické sute kamenito-ílovité až ílovito-kamenité, lokálne ily piesčité a štrkovité
- F4/CS F8/CH, F8/CIO SS/SC — Proluviálne až polygenetické (prolu/viálno-deluviálne) sedimenty - prevažne piesčité až ílovité zeminy, často s organickou primesou, pokryv rašeliny, ily stredno a vysokoplastické
- F4/CS F3/MS, F2/CG F8/CI — Deluviálny komplex - deluviálne hliny, ily a sute kamenito-ílovité, polygenetický pokryv terasových stupňov a proluviálnych kužeľov
- G5/GC G2/GP, F2/CG — Deluviálny komplex - deluviálne sute ílovito a hlinito kamenité, kamenité až balvanité, osypové kužele pod skalnými stenami
- G5/GC S3/S-F, F2/CG G2/GP — Deluviálny komplex - zosuvné delúvium charakteru kamenito-ílovitých sutí a ílov, blokové polia v pohybe
- G5/GCY, F2/COY — Antropogénny komplex - nerozlíšiteľné navážky ciest, hrádzí, železníc, zásypy ťažobných jám, prevažne štrkovité zeminy

Mezozoikum

veporikum - krížňanský príkrov

- G5/GC F2/CG, R2 - R5 — porubské súvrstvie (apt - cenoman) - ílovce, ílovité brídlice, prevažne tektonicky porušené
- G5/GC F2/CG, R3 - R6 — porubské súvrstvie a pánické súvrstvie (apt - cenoman) - ílovce, silicité skvrnité vápence, pieskovce, s vyšším podielom silíkovcov, menej porušené (hrubšou naznačený generálny sklon vrstiev)
- G5/GC F2/CG, R3 - R6 — oravické a mráznické súvrstvie (tenkés - hrubšou) - silicitě skvrnité vápence, ílovce, pieskovce, tektonicky viac porušené, s vyšším podielom ílovcov
- R1 - R2 — oravické súvrstvie a mráznické súvrstvie (tenkés - hrubšou) - silicitě skvrnité vápence, sliefovce, ílovce, pieskovce, s vyšším podielom vápencov (štrafou naznačený generálny sklon vrstiev)

hronikum - chočský príkrov

- R2 - R4 — nerozlíšiteľný komplex s prevahou dolomitov a vápencov- Ramsaukité dolomity a dolomitické vápence, dolomitické breccie, dolomitické múčky

HYDROGEOLÓGIA

- Narazená hladina podzemnej vody
- Ustálená hladina podzemnej vody
- Interpretovaná hladina podzemnej vody podľa meraní piezometru (puklinového) tlaku
- Stupeň agresivity pod. vody: - na betón - na oceľ
- Typ chemizmu podz. vody
- prameň s označením

OSTATNÉ

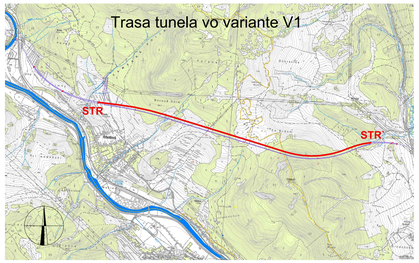
- vrt pred profilom
- vrt za profilom
- Priesakomery vrt: hydrogeologický vrt (hĺbkový) / inžinierskogeologický vrt (plytký) / archívny
- Tektogram
- Geologické rozhrania
- Hranica litologických (inžinierskogeologických) typov
- Hranica predvartérneho podložia
- Predpokladaná šmyková plocha
- Predpokladané hlavné zlomové línie
- Predpokladané sekundárne zlomové línie
- Predpokladaná plocha predrezu
- Predpokladaná násunová plocha chočského príkrovu
- vrstvovatosť
- pukliny a tektonické poruchy

Účelové geotechnické klasifikácie horninového prostredia

RQD	QTS	RMR	NRTM	ONORM B2203	Q NGI
veľmi dobré 90 - 100 %	> 87	> 81 veľmi dobré	trieda I	A	> 30 veľmi dobré
dobré 75 - 90 %	37 - 51	61 - 80 dobré	4	B	10 - 30 dobré
stredné 50 - 75 %	51 - 66	41 - 60 uspokojivé	3	C	4 - 10 uspokojivé
zlé 25 - 50 %	66 - 81	21 - 40 zlé	2	A	1 - 4 zlé
veľmi zlé 0 - 25 %	81 - 100	0 - 20 veľmi zlé	1	A	0,1 - 1 veľmi zlé

Geologický komplex / vek	Kvartér	Mezozoikum - veporikum - krížňanský príkrov					Mezozoikum - veporikum - krížňanský príkrov						Mezozoikum - veporikum - krížňanský príkrov								Už vyrazený úsek	Hĺbený portál	Geologický komplex / vek
Litostratigrafické členenie	zosuvné delúvium	porubské súvrstvie	porubské súvrstvie	porubské súvrstvie	porubské a ľubovnianske súvrstvie		porubské, pánické a ľubovnianske súvrstvie		ľubovnianske a mráznické súvrstvie		mráznické a oravické súvrstvie		oravické súvrstvie			osnické súvrstvie							Litostratigrafické členenie
Charakteristický úsek číslo	Hĺbený tunel	Blok 1	Blok 2	Blok 3	Blok 4	Blok 5	Blok 6		Blok 7		Blok 8			Blok 8		Blok 9	Blok 10						Charakteristický úsek
Dĺžka úseku / nadložie tunela (m)	16	169 / 7 - 35	225 / 30 - 85	255 / 85 - 120	295 / 110 - 125	110 / 110 - 145	520 / 130 - 175		282 / 170 - 215		650 / 180 - 270		25	545 / 270 - 310		50 / 150 - 175	323 / 65 - 150						Dĺžka úseku/členenie úseku
Inžinierskogeologický typ	Iz-Itp-Pz-Ptp-Q	In-Itp-Iz-Sn-Sz-Stp	In-Iz-Itp-Sn-Stp	In-Itp-Sn-Stp-Van-Vstp	In-Itp-Sn-Stp-Van-Vstp	In-Itp-Sn-Stp	In-Itp-Sn-Stp-Van-Vstp		Itp-Stp-In-Sn	Vsn-Vstp-In-Itp	Vsn-Vstp-In-Itp			Vsn-Vstp-In-Itp		Vstp-Itp-Vsz-Vsn	Vsn-Vsz-Vstp-In-Itp						Inžinierskogeologický typ
Najnepriaznivejší inžinierskogeologický typ	Itp-Iz-Stp-Q	Itp-Iz-Stp	Itp-Iz-Stp	Itp-Stp	Itp-Stp	Itp-Stp	Itp-Stp		Itp-Stp	Itp	Itp-In			Itp-In		Itp	Itp-Vstp						Najnepriaznivejší inžinierskogeologický typ
Stupeň zvetrania	W3-W5	W2-W4	W1-W3	W1-W2	W1- W2	W1 - W3	W1 - W2		W1 - W3	W1 - W2	W1 - W2			W1 - W2		W1-W3	W1 - W3						Stupeň zvetrania horniny
Blokovitosť masívu (veľkosť v cm / tvar)	2-20/Pr,Ks	10-50/Ta-Ks-Pr-(2-20/Ta-Ks)	20-60/Ta-Ks-Pr-(2-20/Ta-Ks)	20-100/Ta-Ks-Po-Eq (2-20/Ta-Ks)	20 - 100 / Ta - Ks - Po - Eq (2 - 20 / Eq - Po)	2-60/Ks,Pr,2-20/Ks,Pr	20 - 100 / Pr - Eq - Ks (2 - 20 / Eq - Ks)		20 - 60 / Ta - Ks - Po (2 - 20 / Po - Ks)		20 - 200 / Ta - Eq - Ks - Po (2 - 60 / Po - Ta - Ks)			20 - 200 / Ta - Eq - Ks - Po (2 - 60 / Po - Ta - Ks)		2-40/Po-Ks	20 - 100 / Ks - Eq - Po (2 - 20 / Po - Ks)						Blokovitosť masívu (veľkosť v cm / tvar)
Azimut tunela	98°	98°	98 - 100°	98 - 100°	100 - 107°		107°		107°		107°			107 - 78°		107 - 78°	78 - 74°						Azimut tunela
Predpokladaný sklon vrstiev	45 - 90°	15 - 30°	10 - 35° (10 - 70°)	10 - 45° (75°)	25 - 55°		10 - 30° (50 - 90°)		10 - 40° (50 - 90°)		0 - 35° (10 - 70°)			10 - 20° (50 - 90°)		10 - 20° (50 - 90°)	10 - 40° (50 - 90°)						Predpokladaný sklon vrstiev
Orientácia hlavných diskontinuít: - pukliny - vrstvovitosť																							Orientácia hlavných diskontinuít: - pukliny - vrstvovitosť
Typ prieputnosti	medzizrnová, puklinová	puklinová	puklinová	puklinová	puklinová		puklinová		puklinová		puklinová			puklinová		puklinová							Typ prieputnosti
Chemizmus podzemnej vody agresivita podz.vody na betón podľa STN EN 206-1 agresivita podz.vody na železo podľa STN 03 8372		základný výrazný Ca-Mg-HCO_3 a Ca-HCO_3 chemický typ bez chemického pôsobenia na betón veľmi vysoká agresivita na železo - stupeň IV.			základný nevýrazný Na-Mg-SO_4 chemický typ bez chemického pôsobenia na betón veľmi vysoká agresivita na železo - stupeň IV.		predpokladaný základný nevýrazný Na-Mg-SO_4 až Na-HCO_3 chemický typ predpokladané bez chemického pôsobenia na betón predpokladaná veľmi vysoká agresivita na železo - stupeň IV.		z. n. Na-HCO_3 chemický typ bez chemického pôsobenia na betón veľmi vysoká agresivita na železo - stupeň IV.		bez overenia chemického typu vzorkou podzemnej vody predpokladané bez chemického pôsobenia na betón predpokladaná veľmi vysoká agresivita na železo - stupeň IV.					z. v. Ca-Mg-HCO_3 a Na-HCO_3 chemický typ bez chemického pôsobenia na betón veľmi vysoká agresivita na železo - stupeň IV.					Chemizmus podzemnej vody agresivita podz.vody na betón podľa STN EN 206-1 agresivita podz.vody na železo podľa STN 03 8372
Predpokladané prítoky podz. vody (okamž. prítok)																							Predpokladané prítoky podz. vody (okamž. prítok)
Predpokladané prítoky podz. vody (po ustálení)																							Predpokladané prítoky podz. vody (po ustálení)
Riziko nestability čelby		stredná	stredná	stredná	nízke	stredné	nízke až stredné		stredné	nízke až stredné	nízke			nízke		stredné	nízke až stredné						Riziko nestability čelby
Riziko nestability klenby		vysoké	vysoké	vysoké	stredné	vysoké	stredné		stredné	stredné	stredné			stredné		stredné	stredné						Riziko nestability klenby
Riziko nestability stien		stredné	stredné	stredné	nízke	stredné	nízke až stredné		nízke	nízke	nízke			nízke		nízke	nízke						Riziko nestability stien
Citlivosť na zmeny vlhkosti		vysoká	vysoká	stredná	nízka	stredná	nízka až stredná		stredná	nízka	nízka			nízka		nízka	nízka						Citlivosť na zmeny vlhkosti
Nerovnorodosť materiálu		stredná až vysoká	stredná až vysoká	stredná až vysoká	stredná	vysoké	nízka až stredná		stredná	nízka až stredná	stredná až vysoká			nízka		nízka až stredná							Nerovnorodosť materiálu
Objemová hmotnosť (g/cm³)	1,85 - 2,28 / 2,15	2,48 - 2,66 / 2,54 (2,33)	2,48 - 2,59 / 2,57 (2,33)	2,48 - 2,68 / 2,60 (2,33)	2,48 - 2,68 / 2,65 (2,40)	2,48 - 2,59 / 2,57 (2,33)	2,50 - 2,68 / 2,61 (2,48)		2,48 - 2,59 / 2,57 (2,33)	2,56 - 2,70 / 2,67 (2,52)	2,56 - 2,71 / 2,69 (2,54)		2,54	2,56 - 2,71 / 2,69 (2,54)		2,48-2,68/2,62(2,33)	2,56 - 2,70 / 2,67 (2,52)						Objemová hmotnosť (g/cm³)
Pevnosť v prostom tlaku (MPa)	0,15 - 0,19 / 0,17	2,40 - 69,97/ 20,10 (15)	8,14 - 108,57 / 31,80 (15)	3,96 - 130,87 / 42,10 (20)	16,94 - 65,46 / 48,30 (30)	8,14 - 108,57 / 31,80 (15)	2,19 - 108,57 / 47,80 (20)		8,14 - 108,57 / 31,80 (15)	29,82 - 81,04 / 65,30 (30)	23,50 - 122,47 / 75,50 (30)		30	23,50 - 122,47 / 75,50 (30)		3,96 - 130,87 / 45,95 (20)	29,82 - 81,04 / 65,30 (30)						Pevnosť v prostom tlaku (MPa)
Modul deformácie (MPa)	6,3 - 43,0 / 17,0	3,95 - 2581 / 478 (250)	7 - 3092 / 1110 (600)	8 - 17814 / 6634 (800)	4124 - 12727 / 9041 (1000)	7 - 3092 / 1110 (600)	7 - 22385 / 6655 (800)		7 - 3092 / 1110 (600)	25 - 77412 / 16566 (1600)	5009 - 77412 / 20047 (2000)		2000	5009 - 77412 / 20047 (2000)		8 - 17813 / 4299 (800)	25 - 43393 / 12254 (1200)						Modul deformácie (MPa)
Poissonovo číslo (-)	0,30 - 0,40 / 0,35	0,25 - 0,35 / 0,28 (0,35)	0,20 - 0,35 / 0,27 (0,35)	0,17 - 0,35 / 0,22 (0,35)	0,18 - 0,23 / 0,20 (0,35)	0,20 - 0,35 / 0,27 (0,35)	0,15 - 0,35 / 0,22 (0,35)		0,20 - 0,35 / 0,27 (0,35)	0,10 - 0,35 / 0,19 (0,30)	0,10 - 0,23 / 0,17 (0,30)		0,30	0,10 - 0,23 / 0,17 (0,30)		0,17 - 0,35 / 0,23 (0,30)	0,10 - 0,35 / 0,19 (0,30)						Poissonovo číslo (-)
Uhol vnútorného trenia (°)	15,25 - 22,47 / 19,90	28 - 34 / 30 (24)	30 - 38 / 32 (28)	32 - 40 / 34 (30)	34 - 42 / 36 (32)	30 - 38 / 32 (28)	32 - 40 / 34 (30)		30 - 38 / 32 (28)	36 - 48 / 44 (34)	38 - 58 / 48 (36)		36	38 - 58 / 48 (36)		32 - 40 / 34 (30)	36 - 48 / 44 (34)						Uhol vnútorného trenia (°)
Súdržnosť = šmyková pevnosť c = τ꜀ (kPa)	0 - 8 / 4	80 - 150 / 100 (50)	150 - 350 / 200 (80)	200 - 500 / 350 (100)	300 - 600 / 450 (150)	150 - 350 / 200 (80)	200 - 500 / 350 (100)		150 - 350 / 200 (80)	400 - 800 / 600 (200)	500 - 1000 / 700 (250)		250	500 - 1000 / 700 (250)		200-500/350(100)	400 - 800 / 600 (200)						Súdržnosť = šmyková pevnosť c = τ꜀ (kPa)
RQD (Rock Quality Design)		20 - 60 / 30 (<15)	30 - 80 / 45 (<25)	50 - 100 / 65 (<25)	60 - 100 / 80 (<25)	30 - 80 / 50 (<25)	50 - 100 / 65 (<25)		<25	80 - 100 / 90	<25		(25)	80 - 100 / 90 (<25)		(25)	80 - 100 / 90 (<25)						RQD (Rock Quality Design)
GSI (Geological Strength Index)		15 - 25 (5 - 10)	15 - 30 (10 - 15)	15 - 30 (10 - 15)	20 - 40 (10 - 15)	25 (10)	20 - 35 / 27 (10 - 15)		(40 - 50)	55 - 75 / 60	(40 - 50)		(40 - 50)	55 - 75 / 60 (40 - 50)		(40 - 50)	55 - 75 / 60 (40 - 50)						GSI (Geological Strength Index)
JRC (Joint Roughness Coefficient)		2 - 4 (0 - 2)	2 - 4 (0 - 2)	2 - 4 (0 - 2)	2 - 6 (0 - 2)	2 - 4 (0 - 2)	2 - 6 (0 - 2)		(0 - 6)	6 - 16	(0 - 6)		(4 - 8)	6 - 16 (4 - 8)		(4 - 8)	6 - 16 (4 - 8)						JRC (Joint Roughness Coefficient)
RMR (Rock Mass Rating / Class number)		21 - 34 / 23 IV (16 V)	28 - 44 / 32 IV (19 V)	45 - 64 / 50 III (28 IV)	52 - 72 / 58 III (33 IV)	25 - 35 / 28 IV (20 V)	45 - 64 / 50 III (28 / IV)		(37 / IV)	50 - 74 / 65 II	(37 / IV)		(40 / IV)	62 - 82 / 73 II (40 / IV)		(37 - 40 / IV)	54 - 74 / 65 II (37 / IV)						RMR (Rock Mass Rating / Class number)
Q NGI (Norwegian Geological Institute)		0,30 - 0,50 (0,03 - 0,10)	0,75 - 4,45 / 2,60 (0,35)	5,00 - 8,30 / 6,65 (0,50)	6,25 - 12,50 / 9,40 (0,30 - 1,50)	0,75 - 4,45 / 2,60 (0,35)	5,00 - 8,30 / 6,63 (0,50)		(2,20)	10 - 20 / 15	(2,20)		(5,50)	16,0 - 30,0 / 23,0 (5,50)		(2,20 - 5,50)	10,0 - 20,0 / 15,0 (2,20)						Q NGI (Norwegian Geological Institute)
QTS (Tesaf)		32 - 38 / 33 (30)	35 - 49 / 39 (33)	38 - 61 / 48,5 (37)	41 - 65 / 52 (39)	33 - 50 / 41,5 (33)	38,5 - 61 / 48,5 (37)		(50)	62 - 78 / 71,5	(50)		(50)	65 - 82 / 73 (54)		(50)	62 - 78 / 71,5 (50)						QTS (Tesaf)
NATN (New Austrian Tunnelling Method)		5a	4 (5a)	3 - 4 (4)	3 (4)	4 (5a)	3 - 4 (4)		(4)	2 - 3	(3)		3	2 (3)		3	2 (3)						NATN (New Austrian Tunnelling Method)
ONORM B 2203		B2 - C3	B3 (B3 - C3)	B2 (B3)	B2 (B2 - B3)	C3 B3 C3	B2 (B3)		(B3 - C3)	A2 - B2	B3		A2 - B1	A2 - B1		B2	A2 - B2 (B3)						ONORM B 2203
Globálne hodnotenie a iné geologické riziká		V tomto úseku očakávame intenzívnejšie tektonické porušenie horniín v obidvoch ich nižšej celkovej pevnosti, dosahu zvetrania a blízkosti významných regionálnych zlomov paralelných s údolím. Váhu aj pokleskových gravitačných zlomov. Horniny v tektonicky porušených zónach budú mať charakter súdržných pevných až tvrdých zemín, tvorených úlomkami hornín v tektonickom ile. Mimo zón tektonického porušenia má masív charakter poloskalnej horniny. Prítoky podzemnej vody možno očakávať len v zónach intenzívnejšieho tektonického porušenia vo forme kvapkania až sústredených prítokov, mimo týchto zón bude masív suchý až zavlhnutý.				Intenzívnejšie tektonické porušenie hornín a prítoky podzemnej vody	V tomto úseku možno očakávať tektonické porušenie hornín v miestach zlomov, pričom v týchto zónach budú sústredené prítoky podzemnej vody. Horniny v tektonicky porušených zónach budú mať charakter súdržných pevných až tvrdých zemín.		Úsek s intenzívnejšie tektonicky porušenými horninami s možnosťou prítokov podzemnej vody, možnosť vypadávania blokov horniny z klenby, heterogenita materiálu.		V tomto úseku očakávame intenzívnejšie tektonické porušenie hornín lokálne v miestach zlomov, kde bude mať horniná úlomkovitý poriadny charakter s možnosťou intenzívnejších prítokov podzemnej vody. V dôsledku systematického rozpukania horniny možno očakávať vypadávanie blokov z klenby tunela. Mimo zón tektonického porušenia má masív charakter kvalitnej skalnej horniny.		V tomto úseku očakávame intenzívnejšie tektonické porušenie hornín (križovanie niekoľkých zlomov), zvetranie a oslabenú pevnosť horniny, riziko vysypania a prívalových prítokov podzemnej vody.		V tomto úseku očakávame lokálne tektonické porušenie hornín a rozvoľnenosť masívu			Globálne hodnotenie a ostatné významné riziká

Poznámka: Uvádzame rozsah a odporúčanú hodnotu (v hrane rozsah / odporučená hodnota).
Hodnoty v zátvorke platia pre tektonické poruchové zóny v danom úseku.



CAD - ECO a.s.
Svätoplukova 28, 821 08 Bratislava
www.cadeco.sk
tel.:+421-2-55533780,Fax:+421-2-55533280

Názov geologickej úlohy: **Diaľnica D1 Hubová - vrachovná, nová trasa** podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum - časť A	*Číslo geologickej úlohy:* **166/2016/ZA**
	Etapa prieskumu: **podrobný IGHP**
Vypracoval: **Borovský, Kuvik, Coplák**	*Dátum:* **30.6.2017**
Zhotovil: **Kuvik**	*Formát:* **20 x A4**
Názov prílohy: **Schematický pozdĺžny inžinierskogeologický rez STR - STR` trasou severnej tunelovej rúry v km 2,000 - 6,700**	*Číslo prílohy:* **4.10**
	Mierka: **1 : 5000**

HYDROCHEMICKÉ ZHODNOTENIE

Príloha 10

1. ÚVOD

V rámci úlohy „**Diaľnica D1 Hubová – Ivachnová, nová trasa,** podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum – časť A“ bolo potrebné zhodnotiť chemické vlastnosti podzemných vôd, zemín a overiť ich genézu, korózne účinky na betón a oceľ uloženú v pôde a vode.

1.1. Metodika a rozsah hydrogeochemických prác

Pre posúdenie chemického zloženia podzemných vôd, agresívnych vlastností vôd a genézy boli z vytipovaných zmapovaných prameňov, z výveru minerálnej vody v Hrboltovej a z novovybudovaných geologických prieskumných vrtov jednorázovo odobraté vzorky podzemných vôd. Sumárne bolo odobratých 28 ks vzoriek podzemných vôd z prameňov a 9 ks vzoriek podzemných vôd z geologických diel v trase tunela. Pre posúdenie ich genézy bolo účelovo odobratých aj 6 ks vzoriek vôd z prameňov a 4 vzorky z tunelových vrtov na stanovenia environmentálnych izotopov vodíka a kyslíka vodnej molekuly (σ^2H_{H2O} a $\sigma^{18}O_{H2O}$), celkového organického uhlíka $\sigma^{13}C_{DIC}$ a izotopového zloženia síry $\sigma^{34}S_{SO4}$ a kyslíka $\sigma^{18}O_{SO4}$ vo vode prítomného síranu. Vzorky podzemných vôd na stanovenia izotopov boli analyzované v Laboratóriu izotopovej geológie ŠGÚDŠ Bratislava. Zoznam odobratých vzoriek vôd z prameňov, vrtov a rozsah analytických stanovení sme spracovali do nasledujúcich Tabuliek 1 a 2.

Tabuľka 1 Zoznam odobratých vzoriek vôd v rozsahu základného fyzikálno-chemického rozboru

Č. zdroja v mape	Typ zdroja	Rozsah laboratórnych stanovení	Dátum odberu	Číslo protokolu
10	minerálna voda	základný FCH rozbor	10.5.2017	4322/2017
19	prameň	základný FCH rozbor	4.4.2017	3233/2017
22	prameň VZ Hrboltová	základný FCH rozbor	4.4.2017	3234/2017
30	prameň	základný FCH rozbor	9.5.2017	4189/2017
31	prameň-vodný zdroj	základný FCH rozbor	9.5.2017	4185/2017
34	prameň	základný FCH rozbor	9.5.2017	4181/2017
38	prameň	základný FCH rozbor	9.5.2017	4183/2017
41	prameň	základný FCH rozbor	9.5.2017	4192/2017
42	prameň	základný FCH rozbor	9.5.2017	4191/2017
45	prameň	základný FCH rozbor	4.4.2017	3232/2017
46	prameň VZ Staré lazy	základný FCH rozbor	4.4.2017	3235/2017
47	prameň VZ Staré lazy	základný FCH rozbor	26.4.2017	3869/2017
48	prameň VZ Staré lazy	základný FCH rozbor	26.4.2017	3872/2017
49	prameň VZ Staré lazy	základný FCH rozbor	26.4.2017	3870/2017
50	prameň VZ Staré lazy	základný FCH rozbor	26.4.2017	3871/2017
57	prameň VZ Malho	základný FCH rozbor	10.5.2017	4320/2017
59	prameň VZ Nová Hrboltová	základný FCH rozbor	10.5.2017	4321/2017
63	prameň	základný FCH rozbor	9.5.2017	4186/2017
67	prameň-vodný zdroj	základný FCH rozbor	26.4.2017	3873/2017
122	prameň-vodný zdroj	základný FCH rozbor	9.5.2017	4190/2017
123	prameň	základný FCH rozbor	9.5.2017	4182/2017
124	prameň	základný FCH rozbor	9.5.2017	4184/2017
125	prameň	základný FCH rozbor	9.5.2017	4188/2017
126	prameň	základný FCH rozbor	25.4.2017	3734/2017
129.1	prameň	základný FCH rozbor	25.4.2017	3735/2017
130	prameň	základný FCH rozbor	25.4.2017	3736/2017
133	prameň	základný FCH rozbor	25.4.2017	3737/2017
135	prameň	základný FCH rozbor	9.5.2017	4187/2017
12/PZ-1*	geologický prieskumný vrt	základný FCH rozbor	3.4.2017	3052/2017
13a/PZ-1*	geologický prieskumný vrt	základný FCH rozbor	3.4.2017	3057/2017
13a/PZ-2*	geologický prieskumný vrt	základný FCH rozbor	3.4.2017	3056/2017

Č. zdroja v mape	Typ zdroja	Rozsah laboratórnych stanovení	Dátum odberu	Číslo protokolu
NT-8	geologický prieskumný vrt	základný FCH rozbor	3.4.2017	3051/2017
NT-10	geologický prieskumný vrt	základný FCH rozbor	3.4.2017	3054/2017
NT-11	geologický prieskumný vrt	základný FCH rozbor	3.4.2017	3053/2017
NT-13	geologický prieskumný vrt	základný FCH rozbor	3.4.2017	3058/2017
NT-15	geologický prieskumný vrt	základný FCH rozbor	3.4.2017	3055/2017
PV-6*	geologický prieskumný vrt	základný FCH rozbor	3.4.2017	3059/2017

Poznámka:*archívne geologické dielo

Tabuľka 2 Zoznam odobratých vzoriek vôd na stanovenie stabilných izotopov

Č. zdroja v mape	Typ zdroja	Rozsah laboratórnych stanovení	Dátum odberu
22	prameň VZ Hrboltová	stabilné izotopy	26.4.2017
31	prameň-vodný zdroj	stabilné izotopy	26.4.2017
46	prameň VZ Staré lazy	stabilné izotopy	26.4.2017
49	prameň VZ Staré lazy	stabilné izotopy	26.4.2017
67	prameň-vodný zdroj	stabilné izotopy	26.4.2017
122	prameň-vodný zdroj	stabilné izotopy	26.4.2017
NT-08	geologický prieskumný vrt	stabilné izotopy	25.4.2017
NT-11	geologický prieskumný vrt	stabilné izotopy	25.4.2017
NT-13	geologický prieskumný vrt	stabilné izotopy	25.4.2017
NT-15	geologický prieskumný vrt	stabilné izotopy	25.4.2017

Poznámka:*archívne geologické dielo

Vzorky podzemnej vody boli odobraté podľa odporúčaní normy STN ISO 5567-11 Kvalita vody, odber vzoriek, časť 11: Pokyny na odber vzoriek podzemných vôd. Terénne merania boli vykonávané prenosným multiparametrovým prístrojom Hach Lange HQ40. Pred odberom vzorky vody boli zisťované základne parametre vody:

- elektrická vodivosť;
- reakcia vody pH;
- teplota vody.

Odobraté vzorky boli v prenosných boxoch s ochladením na 4°C transportované do akreditovaného laboratória INGEO-ENVILAB, s. r. o, Divízie chémie a mikrobiológie v Žiline.

Odobraté vzorky podzemných vôd boli analyzované v rozsahu základného fyzikálno-chemického rozboru, rozšíreného o stanovenia agresívnych vlastností vôd na ich styku so základovými betónmi a železnými materiálmi.

Odbery vzoriek zeminy na vodný výluh z realizovaných prieskumných vrtov boli zamerané na zistenie vlastností zemín z hľadiska možných agresívnych účinkov zeminy na betón.

Vzorky vôd a zemín boli spracované v akreditovanom chemickom laboratóriu spoločnosti INGEO–ENVILAB, s.r.o., Žilina, Divízia chémie. Výsledné laboratórne stanovenia sú uvedené v protokoloch o skúške vôd a protokoloch o skúške vodných výluhov zemín.

Agresívne vlastnosti podzemnej vody a agresívne vlastnosti zemín na betón boli posudzované podľa hodnotiacej normy:

- **STN EN 206-1:2015** – Betón, Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.Chemická charakteristika hodnotených vzoriek vôd pre posúdenie ich agresívnych chemických vlastností na betón je hodnotená podľa limitných hodnôt normy:
  - obsahu iónov SO_4^{2-};
  - reakcie vody pH;
  - obsahu agresívneho CO_2 na vápno výpočtom podľa Tillmansa alebo Heyerovou skúškou;
  - obsahu iónov NH_4^+ ;
  - obsahu iónov Mg^{2+}.

Chemická charakteristika hodnotených vzoriek zemín pre posúdenie ich agresívnych chemických vlastností na betón je hodnotená podľa limitných hodnôt normy:

- obsahu iónov SO_4^{2-} (mg/kg);
- kyslosť (ml/kg).

Korozívne vlastnosti kvapalného prostredia na kovové potrubia, oceľ uloženú v pôde a vode boli posudzované podľa tab. 2 hodnotiacej normy:

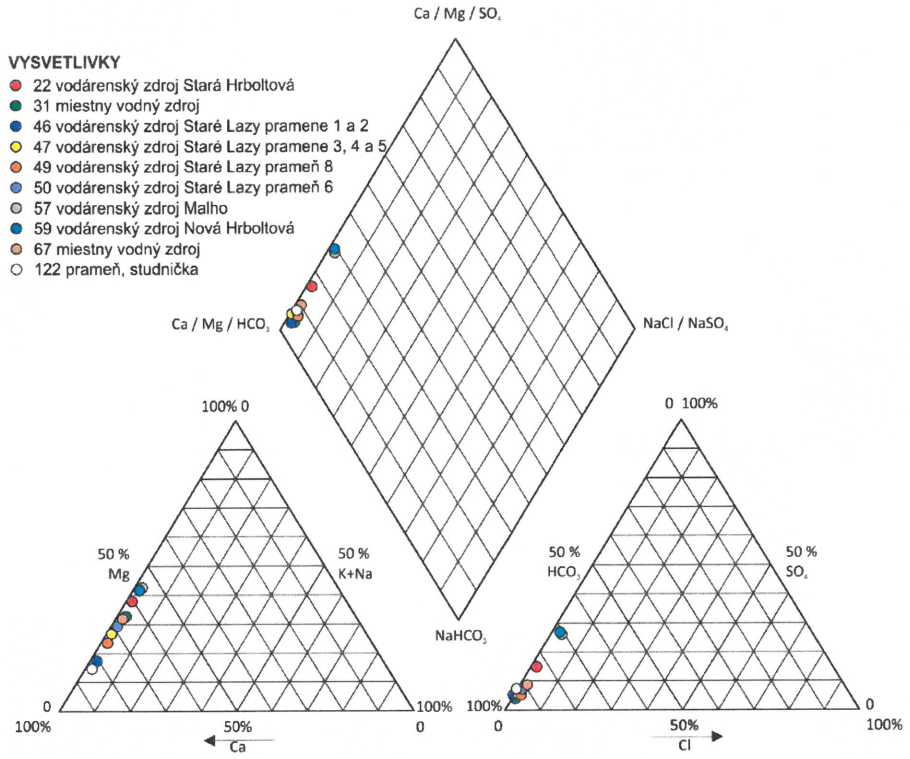
- **STN 03 8372** – Zásady ochrany proti korózii nelíniových zariadení uložených v zemi alebo vo vode zo dňa 2. 2. 1977. Chemická charakteristika hodnotených vzoriek vôd pre posúdenie agresívnych vlastností vôd na kovové potrubia je hodnotená podľa limitných hodnôt normy:
  - reakcia vody pH;
  - súčet obsahu iónov Cl^- a SO_4^{2-};
  - obsah agresívneho CO_2 na železo.

Chemická charakteristika hodnotených vzoriek vôd pre posúdenie agresívnych vlastností vôd na kovové potrubia je hodnotená podľa limitných hodnôt normy:

- obsahu celkovej síry (%);
- obsah Cl (%).

2. Hydrochemické zhodnotenie podzemných vôd prameňov

V zmysle klasifikácie Alekina (1970) patria podzemné vody odobraté **z prameňov** podľa obsahu všetkých rozpustených látok od M = 304,8 - 493,0 $mg.l^{-1}$ k vodám stredne mineralizovaným, podľa reakcie vody pH = 7,44 - 8,46 patria k vodám slabo alkalickým. Variabilita koncentrácií základných iónov Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, SO_4^{2-} a celkovej mineralizácie závisí od parciálneho tlaku CO_2, teploty, druhu karbonátu, obsahu prímesí, času a interakcie vody s horninovým prostredím. Pre posúdenie tvorby chemického zloženia podzemných vôd v zmiešanom prostredí vápencovo-dolomitických komplexov bol použitý charakterizačný koeficient rMg/rCa (Rapant, Vrana, 1996, Gazda a kol., 1964). Súčasne boli odobraté vzorky vôd z prameňov na stanovenie izotopov. Dôraz pre určenie genetickej príslušnosti vôd bol kladený na individuálne zachytené a využívané pramene, ale najmä na vodárensky využívané pramene pitnej vody v Hrboltovej. Základným procesom tvorby chemického zloženia podzemných vôd prameňov vzhľadom na mineralogicko-petrografické zloženie horninového prostredia je rozpúšťanie karbonátov. Zdrojom dopĺňania podzemných vôd sú zrážkové vody infiltrované do karbonátov chočského príkrovu hronika a tiež zrážkové vody infiltrované do svahových sedimentov. Podľa Gazdovej klasifikácie (Gazda, 1972) patria podzemné vody odobraté z prameňov k základnému výraznému Ca-HCO_3 chemickému typu resp. k základnému výraznému Ca-Mg-HCO_3 chemickému typu, kde Palmerov index A_2 sa pohyboval v rozsahu od 79,4-95,4 c.z%. Pre zobrazenie chemických typov podzemných vôd bol použitý Pipperov diagram. Pre posúdenie rovnováhy v systéme kalcit-dolomit, kalcit-sadrovec, dolomit-sadrovec vypočítaním rovnovážnych konštánt pre hlavné karbonáty K_c, K_d a sadrovec K_s, vypočítaním charakterizačných koeficientov rMg/rCa a účelovým vzorkovaním prameňov na izotopové zloženie boli zmapované pramene a vodárensky využívané zdroje zatriedené do genetických typov, ktorý poukazujú na horninové prostredie tvorby ich základného fyzikálno-chemického zloženia (Gazda, 1974). Vybrané hydrogeochemické charakteristiky podzemných vôd prameňov, vrátane vzorky minerálnej vody v Hrboltovej sú spracované v tabuľke 3 a v Piperovom systematizačnom grafe (Obrázok 1). Graf nasýtenia vôd hlavnými karbonátovými minerálmi podzemnej vody prameňov je zobrazený na Obrázku 2.

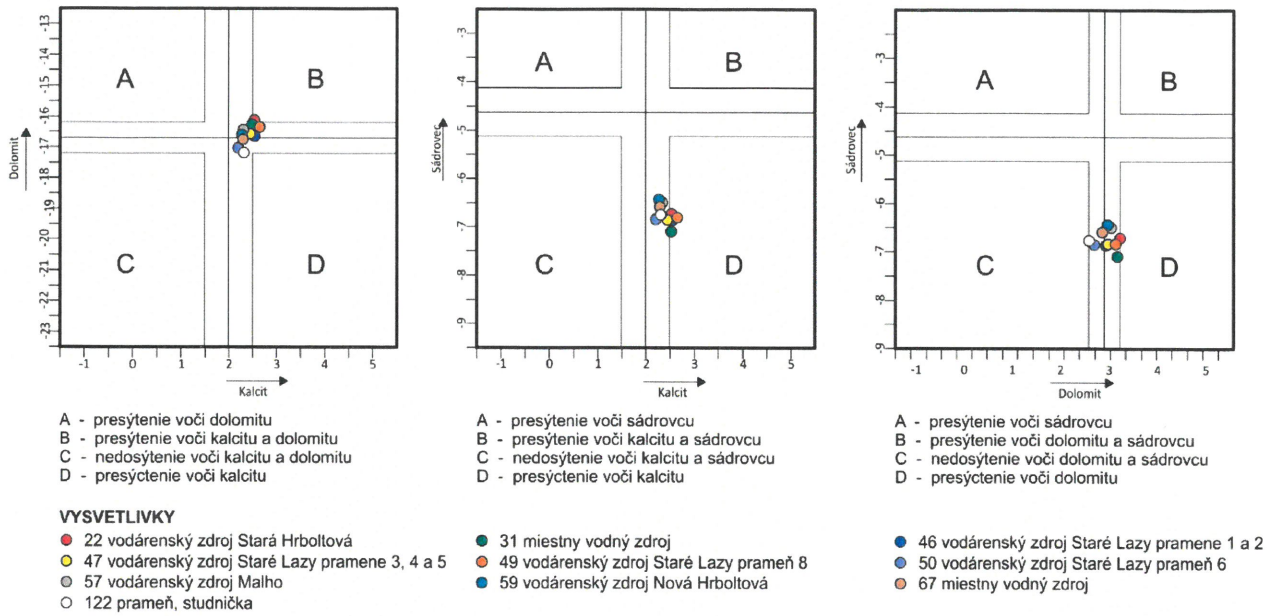


Obrázok 1 Piperov systematizačný graf chemizmu podzemných vôd vodných zdrojov(prameňov)

Tabuľka 3 Základná hydrogeochemická charakteristika podzemných vôd prameňov

číslo zdroja v mape	pH	mineralizácia	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO^{3-}	SO_4^{2-}	A2	S1	S2	Mg/Ca	K_c	K_d	Ks	Gazdov chem. typ (1972)
		mg.l^{-1}					c.z%							
10*	6,3	3326	513	248	1288	1180	45,6	4,3	49,9	0,80	2,3	-16,5	-4,58	prech. $CaMgSO_4HCO_3$
19	8,4	320	52,1	18,0	197,0	29,3	80,8	1,8	17,3	0,57	2,8	-15,6	-6,69	z.v.$CaMgHCO_3$
22 VZ Hrboltová	8,1	305	47,3	18,0	193,0	28,7	79,9	1,6	18,4	0,63	2,5	-16,1	-6,73	z.v.$CaMgHCO_3$
30	8,4	359,2	58,5	20,9	229,4	18,2	88,5	2,4	7,9	0,59	3,0	-15,2	-6,86	z.v.$CaMgHCO_3$
31 vod.zdroj	7,8	382,4	61,7	19,0	276,9	10,0	94,1	2,7	3,1	0,51	2,5	-16,2	-7,09	z.v.$CaMgHCO_3$
34	7,9	413,1	67,3	21,4	295,9	13,2	92,2	1,8	5,2	0,52	2,6	-16,0	-6,95	z.v.$CaMgHCO_3$
38	7,4	478,2	84,3	20,2	344,7	13,6	93,4	1,8	4,6	0,40	2,3	-16,7	-6,86	z.v.$CaHCO_3$
41	8,2	460,5	73,7	23,8	316,6	26,0	88,2	3,0	8,6	0,53	3,0	-15,1	-6,63	z.v.$CaMgHCO_3$
42	7,5	488,1	82,6	22,9	340,4	23,8	90,2	2,5	7,2	0,46	2,4	-16,5	-6,63	z.v.$CaHCO_3$
45	7,8	424	80,6	9,73	296,0	15,0	92,6	6,3	0,0	0,20	2,6	-16,3	-6,81	z.v.$CaHCO_3$
46 VZ St.Lazy záchyt 1,2)	7,6	428	85,8	11,2	306,6	12,7	94,6	2,0	3,3	0,22	2,5	-16,6	-6,86	z.v.$CaHCO_3$
47 VZ St.Lazy záchyt 3,4,5	7,6	454	80,2	18,0	324,5	14,0	93,0	1,5	5,4	0,37	2,4	-16,5	-6,85	z.v.$CaHCO_3$
48 VZ St.Lazy záchyt 6	7,6	449	81,4	18,2	308,7	20,1	90,0	2,0	7,9	0,37	2,4	-16,6	-6,69	z.v.$CaHCO_3$
49 VZ St.Lazy záchyt 8	7,8	420	78,6	15,1	297,1	15,1	92,4	1,9	5,6	0,32	2,6	-16,3	-6,82	z.v.$CaHCO_3$
50	7,4	427	77,0	19,9	300,1	15,1	92,1	1,8	6,0	0,43	2,2	-17,0	-6,84	z.v.$CaHCO_3$
57 VZ Malho	8,0	312	45,7	21,4	170,2	52,1	67,4	2,1	30,4	0,77	2,3	-16,4	-6,50	z.v.$CaMgHCO_3$
59 vod.zdroj	7,9	328	48,9	21,9	178,7	55,7	67,4	1,8	30,6	0,74	2,2	-16,6	-6,44	z.v.$CaMgHCO_3$
63	8,3	389	60,1	24,3	231,8	29,6	79,4	1,4	12,2	0,67	2,9	-15,4	-6,64	z.v.$CaMgHCO_3$
67 vod.zdroj	7,4	493	81,8	23,8	335,5	26,2	87,2	2,0	10,6	0,48	2,3	-16,7	-6,59	z.v.$CaHCO_3$
122 vod.zdroj	7,5	400,5	83,4	8,76	280,6	16,5	92,8	2,0	5,1	0,17	2,3	-17,1	-6,75	z.v.$CaHCO_3$
123	7,6	416,4	89,4	6,3	296,5	11,8	95,1	2,3	2,4	0,12	2,5	-16,9	-6,87	z.v.$CaHCO_3$
124	7,6	447,1	95,4	7,7	317,8	11,3	95,4	2,5	1,9	0,13	2,5	-16,9	-6,87	z.v.$CaHCO_3$
125	8,2	442,7	76,2	19,5	318,4	13,2	94,5	2,1	3,3	0,50	3,1	-15,2	-6,90	z.v.$CaMgHCO_3$
126	8,3	343,0	56,1	21,4	288,8	12,5	91,2	1,1	7,5	0,63	2,9	-15,4	-7,04	z.v.$CaMgHCO_3$
129.1	7,7	380,0	59,3	22,9	266,0	16,2	89,7	2,1	8,1	0,64	2,4	-16,4	-6,90	z.v.$CaMgHCO_3$
130	7,6	363,0	66,5	15,1	250,1	16,6	88,9	1,3	9,6	0,37	2,3	-16,9	-6,84	z.v.$CaHCO_3$
133	8,4	320,0	49,7	20,9	189,7	27,0	83,1	1,8	15,1	0,69	2,8	-15,5	-6,75	z.v.$CaMgHCO_3$
135	7,9	372,4	68,9	13,6	230,0	34,2	79,5	3,4	15,0	0,53	2,6	-16,3	-6,51	z.v.$CaMgHCO_3$

Poznámka: *minerálna voda



Obrázok 2 Graf nasýtenia vody vodárenských a miestnych vodných zdrojov (prameňov)

Vodárenský zdroj Stará Hrboltová zdroj 22

Podzemná voda patrí podľa reakcie vody pH 8,13 k vodám slabo alkalickým, podľa klasifikácie Alekina (1970) podľa obsahu všetkých rozpustených látok 305 mg.l^{-1} je stredne mineralizovaná a podľa celkovej tvrdosti 1,92 mmo.l^{-1} je mäkká . Podľa chemického typu ide o podzemnú vodu základného výrazného Ca-Mg-HCO_3 typu (Gazda, 1972), v katiónovej oblasti prevládajú ióny Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, menej SO_4^{2-}, medzi Palmerovými indexami má dominantné zastúpenie A2 zložka 79,97 c.z%, charakterizačný koeficient rMg/rCa bol 0,63. Stav nasýtenia podzemnej vody bol posudzovaný z indexov nerovnovážnosti pre hlavné karbonáty K_c, K_d a pre sadrovec K_s. Podľa empiricky vypočítanej hodnoty pre kalcit K_c je podzemná voda presýtená voči kalcitu a je nasýtená dolomitom. Z uvedeného vyplýva, že podľa genetickej príslušnosti ide o podzemnú vodu petrogénnu s karbonátogénnou mineralizáciou (Gazda, 1974), kde obeh podzemnej vody je v prostredí karbonátov, prevažne dolomitov chočského príkrovu.

Miestny vodný zdroj 31

Podzemná voda patrí podľa reakcie vody pH 7,86 k vodám slabo alkalickým, podľa klasifikácie Alekina (1970) podľa obsahu všetkých rozpustených látok 383 mg.l^{-1} je stredne mineralizovaná a podľa celkovej tvrdosti 2,32 mmo.l^{-1} je mäkká. Podľa chemického typu ide o podzemnú vodu základného výrazného Ca-Mg-HCO_3 typu (Gazda, 1972), v katiónovej oblasti prevládajú ióny Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, menej SO_4^{2-}, medzi Palmerovými indexami má dominantné zastúpenie A2 zložka 94,14 c.z%, charakterizačný koeficient rMg/rCa bol 0,51. Stav nasýtenia podzemnej vody bol posudzovaný z indexov nerovnovážnosti pre hlavné karbonáty K_c, K_d a pre sadrovec K_s. Podľa empiricky vypočítanej hodnoty pre kalcit K_c je podzemná voda presýtená voči kalcitu a je nasýtená dolomitom. Z uvedeného vyplýva, že podľa genetickej príslušnosti ide o podzemnú vodu petrogénnu

s karbonátogénnou mineralizáciou (Gazda, 1974), kde obeh podzemnej vody je v zmiešanom prostredí vápencov a dolomitov chočského príkrovu hronika.

Vodárenský zdroj Staré Lazy zdroje 46, 47a, 48 a 49

Vodárenský zdroj Staré Lazy predstavuje záchyty 10 prameňov. V zdroji 46 sú zachytené pramene 1 a 2, v zdroji 47a sú zachytené pramene 3, 4 a 5, objekt 47b je prepojovacia šachta, zdrojom 48 je zachytený prameň 6 a zdrojom 49 je zachytený prameň 8, objekt 50 je prepojovacia šachta. Podzemná voda drojov 46, 47, 48 a 49 patrí podľa reakcie vody pH 7,60 - 7,84 k vodám slabo alkalickým, podľa klasifikácie Alekina (1970) podľa obsahu všetkých rozpustených látok od 420 - 454 mg.l^{-1} je stredne mineralizovaná a podľa celkovej tvrdosti 2,50-2,78 mmo.l^{-1} je mäkká. Podľa chemického typu ide o podzemnú vodu základného výrazného Ca - HCO_3 typu (Gazda, 1972), v katiónovej oblasti prevládajú ióny Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, menej SO_4^{2-}, medzi Palmerovými indexami má dominantné zastúpenie A2 zložka 90,05 - 94,62 c.z%, charakterizačný koeficient rMg/rCa bol 0,22 - 0,37. Stav nasýtenia podzemnej vody bol posudzovaný z indexov nerovnovážnosti pre hlavné karbonáty K_c, K_d. Podľa empiricky vypočítanej hodnoty pre kalcit K_c je podzemná voda zo zdrojov 46, 47, 48 je nasýtená kalcitom a v rovnováhe až mierne nasýtená dolomitom. Podzemná voda zo zdroja 49 je presýtená voči kalcitu a je mierne nasýtená dolomitom. Z uvedeného vyplýva, že podľa genetickej príslušnosti ide o podzemnú vodu petrogénnu s karbonátogénnou mineralizáciou (Gazda, 1974), kde obeh podzemnej vody je v prostredí karbonátov najmä dolomitov chočského príkrovu hronika.

Vodárenský zdroj Malho zdroj 57

Podzemná voda patrí podľa reakcie vody - pH 8,02 k vodám slabo alkalickým, podľa klasifikácie Alekina (1970) podľa obsahu všetkých rozpustených látok 312 mg.l^{-1} je stredne mineralizovaná a podľa celkovej tvrdosti 2,02 mmo.l^{-1} je mäkká. Podľa chemického typu ide o podzemnú vodu základného výrazného Ca-Mg-HCO_3 typu (Gazda, 1972), v katiónovej oblasti prevládajú ióny Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^- a SO_4^{2-}, medzi Palmerovými indexami má dominantné zastúpenie A2 zložka 67,40 c.z%, charakterizačný koeficient rMg/rCa bol 0,77. Stav nasýtenia podzemnej vody bol posudzovaný z indexov nerovnovážnosti pre hlavné karbonáty K_c, K_d. Podľa empiricky vypočítanej hodnoty pre kalcit K_c je podzemná voda je nasýtená voči kalcitu a mierne nasýtená dolomitom. Z uvedeného vyplýva, že podľa genetickej príslušnosti ide o podzemnú vodu petrogénnu s karbonátogénnou mineralizáciou (Gazda, 1974), kde obeh podzemnej vody je v prostredí karbonátov chočského príkrovu hronika najmä dolomitov.

Miestny vodný zdroj 67

Podzemná voda patrí podľa reakcie vody pH 7,46 k vodám slabo alkalickým, podľa klasifikácie Alekina (1970) podľa obsahu všetkých rozpustených látok 493 mg.l^{-1} je stredne mineralizovaná a podľa celkovej tvrdosti 3,01 mmo.l^{-1} je stredne tvrdá. Podľa chemického typu ide o podzemnú vodu základného výrazného Ca-HCO_3 typu (Gazda, 1972), v katiónovej oblasti prevládajú ióny Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^- a SO_4^{2-}, medzi Palmerovými indexami má dominantné zastúpenie A2 zložka 87,28 c.z%, charakterizačný koeficient rMg/rCa bol 0,48. Stav nasýtenia podzemnej vody bol posudzovaný z indexov nerovnovážnosti pre hlavné karbonáty K_c, K_d. Podľa empiricky vypočítanej hodnoty pre kalcit K_c je podzemná voda nasýtená voči kalcitu a v rovnováhe až slabo nasýtená dolomitom. Z uvedeného vyplýva, že podľa genetickej príslušnosti ide o podzemnú vodu petrogénnu

s karbonátogénnou mineralizáciou (Gazda, 1974), kde obeh podzemnej vody je v zmiešanom prostredí vápencov a dolomitov chočského príkrovu hronika.

Prameň 122

Podzemná voda patrí podľa reakcie vody pH 7,53 k vodám slabo alkalickým, podľa klasifikácie Alekina (1970) podľa obsahu všetkých rozpustených látok 401 $mg.l^{-1}$ je stredne mineralizovaná a podľa celkovej tvrdosti 2,44 $mmo.l^{-1}$ je mäkka . Podľa chemického typu ide o podzemnú vodu základného výrazného Ca-HCO_3 typu (Gazda, 1972), v katiónovej oblasti prevládajú ióny Ca^{2+}, v aniónovej prevládajú HCO_3^- ióny, medzi Palmerovými indexami má dominantné zastúpenie A2 zložka 92,81 c.z%, charakterizačný koeficient rMg/rCa bol 0,17. Stav nasýtenia podzemnej vody bol posudzovaný z indexov nerovnovážnosti pre hlavné karbonáty K_c, K_d. Podľa empiricky vypočítanej hodnoty pre kalcit K_c je podzemná voda je nasýtená voči kalcitu a nedosýtená dolomitom. Z uvedeného vyplýva, že podľa genetickej príslušnosti ide o podzemnú vodu petrogénnu s karbonátogénnou mineralizáciou (Gazda, 1974), kde obeh podzemnej vody je v prostredí karbonátov chočského príkrovu hronika.

3. Hydrochemické zhodnotenie podzemných vôd vrtov

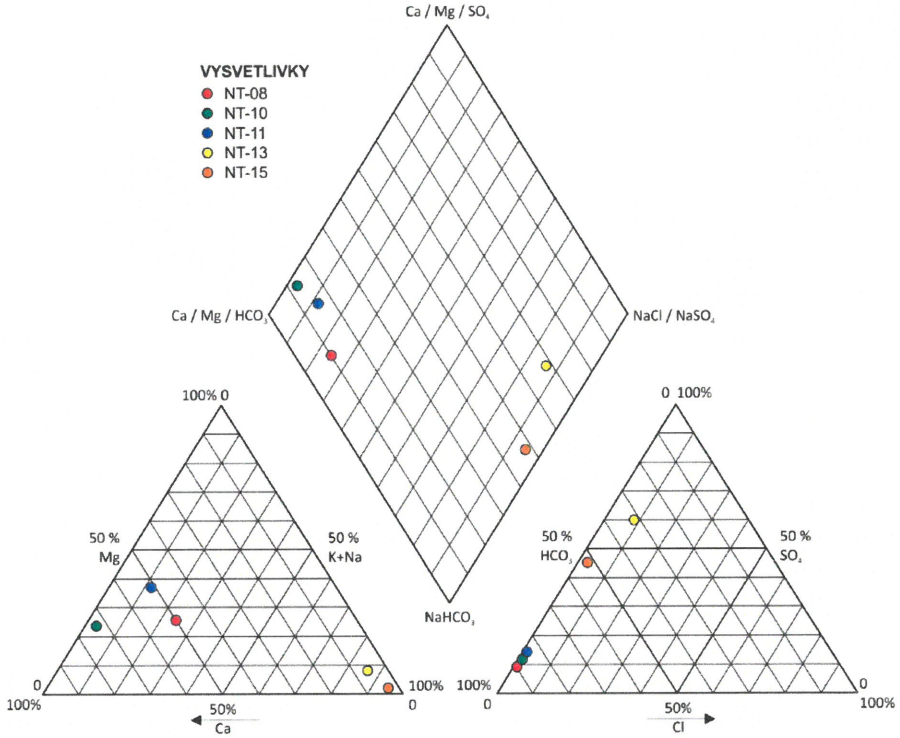
Podľa klasifikácie Alekina (1970) patria podzemné vody odobraté z archívnych geologických diel (vrtov) v trase tunela 12/PZ-1, 13a/PZ-1, 13a/PZ-2 a z novovybudovaných geologických diel NT-08, NT-10 podľa obsahu všetkých rozpustených látok od 562 - 704 $mg.l^{-1}$ k vodám so zvýšenou mineralizáciou, podzemná voda z NT-11 patrí podľa obsahu všetkých rozpustených látok 463 $mg.l^{-1}$ k vodám stredne mineralizovaným, podľa reakcie vody pH od 7,25 - 7,75 patria k vodám slabo alkalickým. Podľa chemickej klasifikácie Gazdu (1972) patria vzorky vôd z archívnych vrtov 13a/PZ1 a 13a/PZ-2 k vodám základného výrazného Ca-HCO_3 typu. Vzorky vôd z vrtov NT-08 a NT-11 patria k vodám základného výrazného Ca-Mg-HCO_3 typu. Podľa genetickej klasifikácie (Gazda, 1974) patria k vodám petrogénnym s karbonátogénnou mineralizáciou, ktoré sa formovali aj v prostredí dolomitov aj vápencov. Z mineralizačných procesov sa s vyšším kvantitatívnym účinkom uplatnili najmä rozpúšťanie karbonátov. Vybrané hydrogeochemické charakteristiky podzemných vôd z novovybudovaných geologických diel sú spracované v fabuľke 4 a v Piperovom systematizačnom grafe (obrázok 3). Graf nasýtenia hlavnými karbonátovými minerálmi podzemnej vody odobratých z vrtov je na obrázku 4. V tabuľke sú zapracované aj vzorky vôd z z vrtov M-204-04, M-204-06 a M-204-07 vzorky vôd odobraté z archívnych vrtov 12/PZ-1, 13a/PZ-1, 13a/PZ-2, **archívne vzorky vôd** z roku 2005 (Fussgänger, et al. 2006) odobratých z vrtov JV-1, JV-2, JV-4 v oblasti východného portálu tunela a z archívnych vrtov odobratých v pôvodnej trase tunela v etape podrobného prieskumu J-086, J-088, J-097, J-098, J-112 a J-125.

Tabuľka 4 Základná hydrogeochemická charakteristika podzemných vôd z vrtov

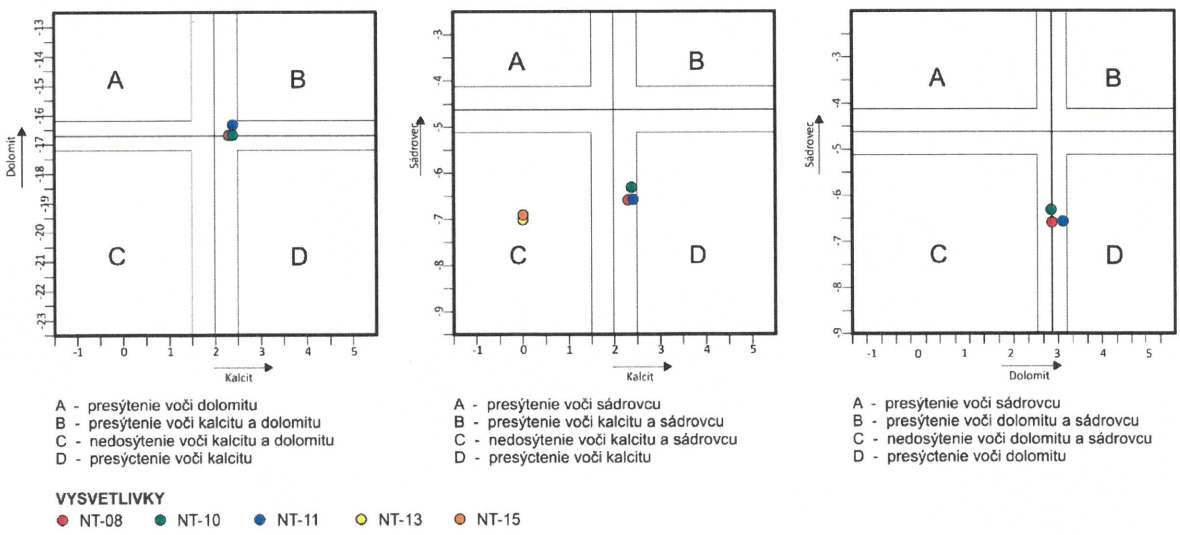
Zdroj	pH	min	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4	HCO_3^-	SO_4^{2-}	A1	A2	S1	S2	Mg/Ca	(Na+K)/(Ca+Mg)	K_c	K_d	K_s	Gazdov chemický typ (1972)
		mg.l^{-1}								c.z%									
12/PZ-1	7,5	562	30,5	4,8	60,9	28,2	0,3	383	26,7	12,0	78,4	9,4	0	0,76	0,27	2,2	-16,4	-6,7	z.v.CaMgHCO$_3$
13a/PZ-1	7,2	704	6,1	19	113	31,4	2,29	445	65,6	0	83,9	9,6	6,2	0,46	0,09	2,3	-16,6	-6,1	z.v.CaHCO$_3$
13a/PZ-2	7,4	568	4,9	0,9	111	14,8	0,06	393	31,2	0	90,8	3,4	5,7	0,22	0,03	2,4	-16,7	-6,4	z.v.CaHCO$_3$
NT-08	7,5	586	36,5	4,1	69,3	21,6	0,07	393	32,3	13,8	75,5	10,6	0	0,51	0,32	2,3	-16,6	-6,5	z.v.CaMgHCO$_3$
NT-10	7,4	569	4,4	1,2	105	20,7	0,02	382	41,1	0	86,9	3,1	9,8	0,33	0,03	2,3	-16,6	-6,3	z.v.CaHCO$_3$
NT-11	7,7	463	12,8	5,6	58,5	25,8	0,16	296	39,8	0	84,0	12,3	3,5	0,73	0,13	2,4	-16,2	-6,5	z.v.CaMgHCO$_3$
NT-13	**9,69**	356	93	40,5	6,81	4,62	0,7	0	111	18,5	12,2	68,3	0	1,12	7,06	0	0	-7,0	z.n.NaMgSO$_4$
NT-15	**12,0**	669	375	60	11,6	<2,0	3,93	0	106	48,9	3,1	47,9	0	0,28	24,0	0	0	-6,9	z.n.NaHCO$_3$
PV-6*	7,4	**1197**	127	54	100	51,1	0,09	511	**333**	0	54,2	42,9	2,7	0,84	0,75	2,4	-16,2	-5,5	z.n.CaMgHCO$_3$
JV-1**	7,94	460,8	3,1	-	70,5	21,9	0,16	275	39,1	0	84,7	5,3	9,9	0,51	0,02	2,63	-15,9	-6,4	z.v.CaMgHCO$_3$
JV-2**	7,54	507,8	2,6	-	81,4	27,2	0,03	316	47,4	0	84,0	5,8	10,1	0,55	0,01	2,34	-16,5	-6,3	z.v.CaMgHCO$_3$
JV-4**	7,49	393,2	9,4	-	68,1	16,1	0,35	223	58	0	75,1	14,6	10,1	0,38	0,08	2,08	-17,2	-6,3	z.v.CaHCO$_3$
J-086**	7,38	579,8	4,3	-	104	9,73	0,88	346	22,1	0	92,5	5,3	2,16	0,15	0,03	2,33	-17,0	-6,5	z.v.CaHCO$_3$
J-088**	8,01	567,2	52	-	72,9	10,9	0,43	378	33	24	65,8	0	0	0,24	0,49	2,85	-15,9	-6,5	z.n.CaHCO$_3$
J-097**	7,53	493,5	11,3	-	86,2	20,7	0,09	326	41,5	0	86,0	12,6	1,2	0,39	0,08	2,37	-16,6	-6,3	z.v.CaHCO$_3$

Zdroj	pH	min	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4	HCO_3^-	SO_4^{2-}	A1	A2	S1	S2	Mg/Ca	(Na+K)/(Ca+Mg)	K_c	K_d	K_s	Gazdov chemický typ (1972)
		mg.l^{-1}								c.z%									
J-098**	7,72	630,9	69	-	41,3	23,6	1,01	415	32,3	37,5	53,5	8,9	0	0,94	0,75	2,35	-16,2	-6,8	z.n.CaMgHCO$_3$
J-112**	7,43	550,7	17,5	-	68,9	26,3	0,32	379	27,5	9,06	82,5	8,4	0	0,62	0,13	2,24	-16,6	-6,6	z.v.CaMgHCO$_3$
J-125**	7,28	489,3	4,7	-	73,7	26,5	1,36	354	28,5	0	90,7	8,4	0,7	0,59	0,03	2,09	-16,9	-6,6	z.v.CaMgHCO$_3$
M-204-04**	7,7	488	5,2	1,5	84,2	19	0,1	329	26,9	0	90,6	4,5	0	0,37	0,03	2,54	-16,3	-6,5	z.v.CaHCO$_3$
M-204-06**	7,6	471	3,9	0,9	79,4	19,9	0,08	323	25,6	0	90,8	3,9	0	0,41	0,03	2,41	-16,5	-6,6	z.v.CaHCO$_3$
M-204-07**	7,7	517	7,9	8,1	78,6	22,6	0,18	342	30,7	0	81,7	8,8	0	0,47	0,09	2,52	-16,2	-6,5	z.v.CaHCO$_3$
IV-69**	7,78	454	2,3	1,1	81,0	16,8	0,03	323	12,4	0	95,3	2,3	2,3	0,34	0,02	2,60	-16,2	-6,9	z.v.CaHCO$_3$
IV-75**	7,73	659	12,6	4,1	120	24,8	0,36	368	106	0	71,7	7,7	20,4	0,34	0,08	2,74	-16,2	-5,8	z.v.CaHCO$_3$
IV-76**	7,22	787	12,1	1,0	144	32,1	0,04	434	143	0	68,9	5,3	25,6	0,37	0,05	2,35	-16,6	-5,7	z.v.CaHCO$_3$
IV-78**	7,91	652	85	2,3	57,7	22,9	0,77	328	147	7,33	55,5	36,9	0	0,65	0,78	2,56	-16,0	-6,0	z.n.CaMgHCO$_3$

Poznámka: *minerálna voda, **archívne vzorky vôd (Fussgänger, et al. 2006)



Obrázok 3 Piperov systematizačný graf chemizmu podzemných vôd z vrtov



Obrázok 4 Graf nasýtenia podzemnej vody z prieskumných diel (vrtov)

Posúdením rovnováhy v systéme kalcit - dolomit vypočítaním rovnovážnych konštánt K_c, K_d je zrejmé, že podzemná voda z vrtov 13a/PZ1, 13a/PZ-2, NT-08 a NT-10 je nasýtená kalcitom a je v rovnováhe s dolomitom, a podzemná voda z vrtu 12/PZ-1 a NT-11 je nasýtená kalcitom a aj nasýtená dolomitom.

Podľa klasifikácie Alekina (1970) patrí **podzemná vody** odobratá **z vrtu NT-13** podľa obsahu všetkých rozpustených látok 356 mg.l^{-1} k vodám stredne mineralizovaným a **podzemná voda** odobratá **z vrtu NT-15** patrí podľa obsahu všetkých rozpustených látok 669 mg.l^{-1} k vodám so zvýšenou mineralizáciou. V podzemných vodách bola zistená vysoko alkalická reakcia vody pH 9,69 a 12,01, v dôsledku čoho vo vodách nie sú prítomné HCO_3^- ióny, ale sú prítomné CO_3^- ióny a nesie znaky vplyvu redukčných procesov prítomného iónu NH_4^+. Obeh podzemnej vody vo vrte NT-13 a NT-15 je podľa geologickej dokumentácie v prostredí tektonicky porušených mezozoických ílovcov, siltovcov, pieskovcov, vápencov križnanského príkrovu veporika. Podľa chemickej klasifikácie Gazdu (1972) je podzemná voda z NT-13 základného nevýrazného Na-Mg-SO_4 typu a podzemná voda z NT-15 je prechodného Na-Mg-HCO_3-SO_4 typu. V iónovom zložení vôd dominujú najmä ióny Na^+, K^+ a SO_4^{2-}. Z Palmerových indexov má zastúpenie najmä S1(SO_4) a A1 zložka, menej A2 zložka. Podľa genetickej klasifikácie (Gazda, 1974) patria k vodám prechodného silikátovo-sulfidogénnemu podtypu. Z mineralizačných procesov sa tak vo vodách s rôznou intenzitou uplatnili najmä proces hydrolytického rozkladu silikátových minerálov a iónovýmenné procesy, ktoré sú typické pre nehomogénne prostredie zastúpené karbonátickými aj silikátovými minerálmi. Vo vzorke vody z vrtu NT-13 bol analyzovaný obsah síranov 111 mg.l^{-1}, kde tvorí na celkovej mineralizácii podiel rSO_4/M=0,24. Podobne vo vzorke z NT-15 bol analyzovaný obsah síranov 106 mg.l^{-1}, kde tvorí na celkovej mineralizácii podiel rSO4/M=0,09. Podzemná voda z oboch vrtov je voči sadrovcu nedosýtená.

Podzemná voda odobratá z archívneho vrtu **PV-6 patrí k vodám minerálnym**. Podľa klasifikácie Alekina (1970) podľa obsahu všetkých rozpustených látok 1197 mg.l^{-1} patrí k vodám s vysokou mineralizáciou, podľa reakcie vody pH 7,4 patrí k vodám slabo alkalickým. V jej chemickom zložení dominujú ióny Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-} a HCO_3^-. Podľa chemickej klasifikácie Gazdu (1972) patrí k vodám nevýrazného Ca-Mg-HCO_3 typu. Z mineralizačných procesov sa uplatnili rozpúšťanie karbonátov, hydrolytický rozklad silikátov a iónovýmenné procesy. Z vypočítaných rovnovážnych konštánt nasýtenia vôd kalcitom a dolomitom vyplynulo, že podzemná voda z PV-6 je nasýtená kalcitom aj dolomitom. Aj keď vo vzorke vody bol analyzovaný obsah síranov 333 mg.l^{-1} a tvorí na celkovej mineralizácii podiel rSO_4/M=0,22, podzemná voda je voči sadrovcu nedosýtená.

4. Zhodnotenie chemického účinku podzemných vôd na betónové konštrukcie a kovové materiály

Chemické účinky podzemnej vody na betón v portálových úsekoch a v okolí tunelových rúr sme posudzovali podľa normy STN EN 206 (2015) podľa limitných hodnôt pre SO_4^{2-}, pH, agresívny CO_2, NH_4^+ a Mg^{2+} za predpokladu veľmi miernej rýchlosti podzemnej vody. Pre agresivitu kvapalného prostredia na kovové materiály je v praxi používaná STN 03 8372. Porovnaním medzných hodnôt normy sú v tabuľke 5 uvedené stupeň chemického účinku podzemných vôd pôsobiacich na základové betóny a korozívneho pôsobenia na kovové materiály.

Tabuľka 5 Základná hydrogeochemická charakteristika podzemných vôd z vrtov

Vrt	merná elektrická vodivosť	pH	Mg	NH_4	SO_4^{2-}	SO_4^{2-} +Cl^-	agresívny CO_2 na železo / betón	agresivita prostredia na železo - stupeň agresivity STN 03 8372 (tabuľka 1 a 2)	agresivita prostredia na betón - stupeň agresivity STN EN 206-1
	$\mu S.cm^{-1}$		$mg.l^{-1}$			$mg.dm^{-3}$ / $mg.l^{-1}$			
12/PZ-1	597	7,51	28,2	0,16	26,7	29,54	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
13a/PZ-1	741	7,25	31,4	0,2	65,6	67,6	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
13a/PZ-2	616	7,41	14,8	0	31,2	33,2	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
NT-08	617	7,48	21,6	0,03	32,3	34,78	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
NT-10	619	7,40	20,7	0	41,1	44,04	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
NT-11	509	7,75	25,8	0,01	39,8	42,99	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
NT-13	547	9,69	4,62	0,02	111	122,3	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
NT-15	3460	12,0	<2	3,93	106	110,6	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
PV-6	1260	7,4	51,1	0,06	333	**337,2**	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	**slabo agresívne prostredie – XA1**
JV-1*	522	7,94	21,9	0,16	39,1	55,8	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
JV-2*	584	7,54	27,2	0,03	47,4	54,84	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
JV-4*	491	7,49	16,1	0,35	58,0	62,61	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
J-086*	687	7,38	9,73	0,88	22,1	60,6	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
J-088*	612	8,01	10,9	0,43	33,0	35,66	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
J-097*	582	7,53	20,7	0,09	41,5	45,75	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
J-098*	658	7,72	23,6	1,12	37,5	36,91	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
J-112*	579	7,43	26,3	0,32	27,5	31,05	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
J-125*	588	7,28	26,5	1,36	28,5	35,06	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
M-204-04	517	7,7	19	0,1	26,9	33,28	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
M-204-06	505	7,6	19,9	0,08	25,6	28,79	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
M-204-07	554	7,7	22,6	0,18	30,7	40,27	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia
IV-69	472	7,78	16,8	0,03	12,4	15,59	0 / 0	veľmi vysoká IV. stupeň	bez chemického pôsobenia

Poznámka:*archívna analýza vzorky vody.

Z tabuľky 5 vyplýva, že odobraté vzorky vôd z geologických prieskumných vrtov NT-08, NT-10, NT-11, NT-13, NT-15 realizovaných v úseku tunela Čebrať, vrtov M-204-04, M-204-06, M-204-07, IV-69 realizovaných v trase D1, starších prieskumných vrtov 12/PZ-1, 13a/PZ-1, 13a/PZ-2, a podľa archívnych analýz v pôvodnej trase tunela JV-1, JV-2 a JV-4, J-086, J-088, J-097, J-098, J-112 a J-125 **sú podzemné vody bez chemického účinku na betón**. Vzorka podzemnej vody odobratá z vrtu PV-6 je minerálna voda, ktorá predstavuje pre analyzovaný obsah síranov SO_4^{2-} = 333 $mg.l^{-1}$ slabo agresívne chemické prostredie na betónové konštrukcie so stupňom XA1.

Posúdením vzoriek podzemných vôd na kovové materiály bolo zistené, že odobraté vzorky vôd z geologických prieskumných vrtov NT-08, NT-10, NT-11, NT-13, NT-15 realizovaných v úseku tunela Čebrať, vrtov M-204-04, M-204-06, M-204-07, IV-69 realizovaných v trase D1, starších prieskumných vrtov 12/PZ-1, 13a/PZ-1, 13a/PZ-2, a podľa archívnych analýz v pôvodnej trase tunela JV-1, JV-2 a JV-4, J-086, J-088, J-097, J-098, J-112 a J-125 predstavujú podľa najnepriaznivejšieho ukazovateľa – merná elektrická vodivosť vôd nad 430 $\mu S.cm^{-1}$ **vysoko agresívne prostredie so stupňom IV.**, kedy je potrebné chrániť kovové materiály zosilnenou izoláciou. Vzorka podzemnej vody odobratá z archívneho vrtu PV-6 je minerálna voda ktorá

predstavuje pre zmeranú vodivosť 1260 $\mu S.cm^{-1}$ a súčet obsahu $SO_4^{2-}+Cl^-$ 337,2 $mg.l^{-1}$ vysoko agresívne chemické prostredie so stupňom IV., kedy je potrebné chrániť kovové materiály zosilnenou izoláciou.

5. Zhodnotenie chemického účinku zemín na betónové konštrukcie a kovové materiály

Chemické účinky zemín na betón sme posudzovali podľa STN EN 206, a to porovnaním analyzovaných obsahov síranov a kyslosti zemín s limitnými obsahmi normy. Chemické účinky zemín na kovové materiály sme posudzovali podľa STN 03 8372 a to porovnaním analyzovaných obsahov chloridov a celkovej síry s limitnými obsahmi normy. V tabuľke 6 sú uvedené analyzované obsahy chemických ukazovateľov a stupeň chemického účinku zemín pôsobiacich na základové betóny a korozívneho pôsobenia na kovové materiály.

Tabuľka 6 Zhodnotenie pôsobenia zemín na betónové konštrukcie a kovové materiály

Názov vrtu	Číslo protokolu	hĺbka odberu	Cl^-	celk. síra	sírany	kyslosť zemín	chem. účinok na betónové konštrukcie STN EN 206	koroz. pôsobenie na kov. materiály STN 03 8372
		m	%		mg/kg	ml/kg		
M-204-04	3169/2016	-	<0,01	**0,12**	12,5	<2	bez chemického pôsobenia	II. stupeň stredná agresivita prostredia
M-204-06	3170/2016	14,6	<0,01	0,09	8,2	11,4	bez chemického pôsobenia	I. stupeň nízka agresivita prostredia
M-204-07	3474/2016	17,0	<0,01	**0,14**	22,2	<2	bez chemického pôsobenia	II. stupeň stredná agresivita prostredia

Podľa tabuľky 6 boli odobraté vzorky zemín z vrtov M-204-04, M-204-06 a M-204-07 bez chemického účinku na betónové konštrukcie. Vzorka zeminy odobratá z archívneho vrtu M-204-06 vykazuje pre obsah celkovej síry nízku agresivitu prostredia na kovové konštrukcie so stupňom agresivity I. Vzorky zemín odobraté z archívnych vrtov M-204-04 a M-204-07 vykazujú pre percentuálny obsah celkovej síry v zeminách 0,12 a 0,14 % strednú agresivitu prostredia na kovové konštrukcie so stupňom agresivity II.

6. Vyhodnotenie izotopových analýz

V rámci projektu boli získané výsledky o izotopovom zložení vodíka a kyslíka vodnej molekuly (δ^2H_{H2O} a $\delta^{18}O_{H2O}$), izotopovom zložení celkového anorganického uhlíka $\delta^{13}C_{DIC}$ a izotopovom zložení síry ($\delta^{34}S_{SO4}$) a kyslíka ($\delta^{18}O_{SO4}$) vo vode prítomného síranu. Na izotopy bolo ovzorkovaných 10 zdrojov podzemnej vody. Ide o vodárenské zdroje – zdroj Stará Hrboltová, s označením zdroja 22 zdroja Staré Lazy označenie zdroja 46 a 49. Ďalej boli do vzorkovania zaradené pramene, z ktorých dva sú zachytené a miestne zdroje pre individuálne zásobovanie. Ide o zdroj v Hrboltovej s označním 31 a zdroj v Likavke zdroj 67. Analyzovaná bola aj vzorka vody z prirodzeného prameňa 122. Z realizovaných vrtov boli vzorky vody odobraté v priestore trasy tunela z vrtov NT-08, NT-11, NT-13 a NT-15.

U väčšiny zdrojov sa predpokladá realizácia obehu v horninovom prostredí dolomitov niekedy v zmiešanom prostredí dolomitov a vápencov hronika. V niektorých prípadoch možno predpokladať podiel horninového prostredia podložného veporika, ktoré predstavuje relatívny izolátor a v skúmanej lokalite je tvorené porubskými vrstvami, kde sa striedajú vápnité ílovce, prachovce s jemnozrnnými vápnitými pieskovcami (flyšový charakter) a vápence. Vzhľadom na prípadnú tektoniku, možno prípadne uvažovať s podielom podzemných vôd z hlbšieho podložia.

Zámerom je na základe izotopov O a H vody posúdiť vzájomný vzťah jednotlivých zdrojov, a to najmä infiltračných oblastí a režimu. Využitie je založené najmä na predpoklade, že so stúpajúcou nadmorskou výškou klesá zastúpenie ťažkých izotopov O a H vo vode, podobne aj zrážky chladnejších období sú na ťažké izotopy chudobnejšie.

Zastúpenie stabilných izotopov uhlíka v infiltrujúcej vode sa formuje v atmosfére, definitívne však po prechode pôdnou vrstvou. V takejto vode je pomerne vysoké zastúpenie ľahkých izotopov uhlíka sa predpokladá $\delta^{13}C$ okolo -25 ‰ alebo -26 ‰ (Pearson et al. 1991), v našich podmienkach boli overené hodnoty okolo -23 ‰. Izotopové zloženie anorganického uhlíka vody sa neskôr formuje v dôsledku interakcie s horninovým prostredím (prírastok ťažkých izotopov v dôsledku výmeny s hornina, zvlášť karbonátmi) a podieľa sa na ňom i vo vode prítomné CO_2, ktorého izotopové zloženie závisí od pôvodu. Izotopové zloženie infiltrujúcej síry síranu infiltrujúcej vody sa primárne formuje v zrážkach, neskôr je modifikované interakciou voda – hornina, prípadne procesmi prebiehajúcimi počas obehu – miešanie, oxidačno-redukčné deje, rozpúšťanie. Na zloženie síry v zrážkach môže mať vplyv priemysel – obvykle obohatí sulfát zrážok o ľahkú síru. Rolu zohrávajú i pôdne baktérie.

U podzemnej vody vo všetkých sledovaných zdrojoch sa predpokladá zrážkový pôvod. V skúmanej oblasti možno (Holko et al. 2012) predpokladať izotopové zloženie s charakteristickými hodnotami $\delta^{18}O$ od približne -10,04 ‰ (lokalita Ondrašová, 570 m n. m.) po cca -10,9 ‰ (lokalita Červenec 1500 m n. m.)., vzhľadom na malé rozdiely v nadmorských výškach predpokladaných infiltračných oblastí prípadné rozdiely v izotopovom zložení H a O vody zrejme súvisia skôr s rôznymi fázami režimu, prípadne rozdielnou dobou zdržania.

Izotopové zloženie síry v zrážkach na Slovensku (23 vzoriek snehových profilov za celú zimu 1996 - 1997) pohybuje od $\delta^{34}S$ = 4,0 ‰ do $\delta^{34}S$ = 6,4 ‰ (Malík et al. 1997, 2000). Lokálne môže vzrásť zastúpenie ľahkých izotopov síry ako dôsledok emisií, v Ružomberku mal snehový profil $\delta^{34}S$ = 2,8 ‰ (Malík et al. 1997). Za ďalšie zdroje síry v podzemnej vode možno pokladať prípadne prítomné sulfidy (pyrit*) v sedimentárnom prostredí, ktorého prítomnosť je obvykle viazaná na redukčné podmienky. Je charakteristický vysokým zastúpením ľahkých izotopov síry. Záporné hodnoty $\delta^{34}S$ niekedy nadobúda síran v podzemnej vode i v dôsledku redukčných podmienok počas infiltrácie, hlavne v lesnom prostredí. Koncentrácie síranu v takýchto prípadoch nebývajú vyššie. Izotopicky ťažká síra ($\delta^{34}S$ aj vyše 25 ‰) je charakteristická pre evapority viazané na morské sedimenty, v mezozoiku sa $\delta^{34}S$ pohybuje od cca 12 ‰ až 14 ‰ v najspodnejšom triase, cez aj viac ako 25 ‰ v ekvivalentoch rötu (verfén) po 14‰ až 16‰ až 18‰ v keuperi. V miocénnych sedimentoch môže dosahovať hodnoty od cca 20,5 ‰ po 23,5 ‰ (Balderer in Pearson et al. 1991, Michalko 2004).

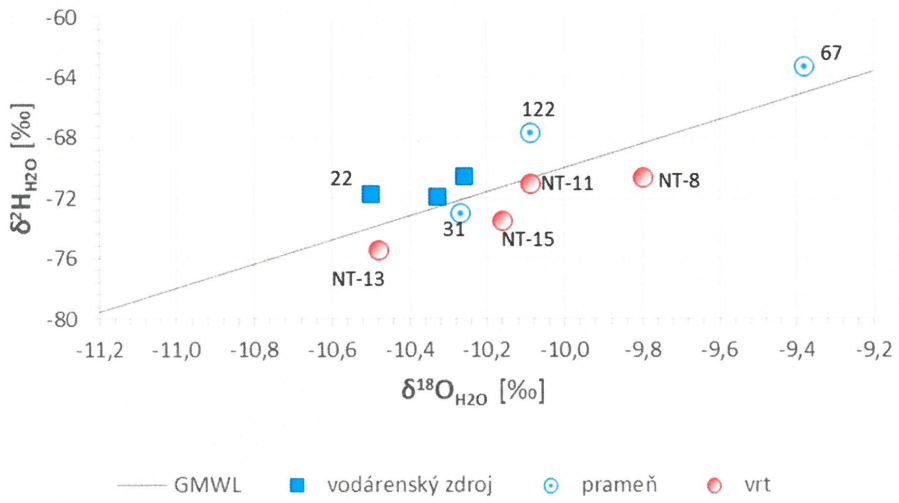
U síry sa vzhľadom na horninové prostredie zdroje s nízkymi koncentráciami síranu) predpokladá zrážkový pôvod , prípadne modifikovaný redukčným prostredím.

Pri interpretácii izotopových údajov (H a O) vodnej molekuly je potrebné uvedomiť si, že ide o jednorazovú snímku, ktorá zachytáva momentálny stav – vzhľadom na charakter zdrojov a prostredia v ktorom sa realizuje obeh podzemnej vody, je možné predpokladať, že zdroje boli zachytené v rôznych fázach režimu. Najvyššie nadmorské výšky v študovanej oblasti dosahuje kóta Radičiná – 1127 m n. m., hydrologickú bázu predstavuje koryto Váhu v nadmorskej výške cca 470 – 500 m n.m. Vývery sledovaných prameňov sa nachádzajú vo výškach od 650 m n.m. (Staré Lazy 49) po 760 m n.m. (prameň č. 122).

Izotopové zloženie kyslíka a vodíka vody sa pohybuje v pomerne úzkom rozsahu $\delta^{18}O$ = -9,38 ‰ až po -10,5 ‰ (resp. $\delta^{2}H$ = -63,2 ‰ až -75,4 ‰), podľa predpokladov (tabuľka 7, obrázok 5). Izotopicky ťažšia je len voda zo zdroja 67. Rozdiely zrejme treba pripísať zachyteniu rozdielnych

fáz režimu (zimné – ľahšie verzus letné - ťažšie obdobie). Ak by sa jednalo o rozdiely v dôsledku rozdielnych nadmorských výšok infiltračných oblastí, tak na základe poznatkov o vplyve nadmorskej výšky infiltračnej oblasti vodu krasových prameňov (Malík et al. 1993, Mansell et al. 1996) sa $\delta^{18}O$ mení o 0,1 ‰ na 100 m nadmorskej výšky. To značí, že (v prípade že rozdiel je len dôsledkom výšok infiltračných oblastí) priemerná výška infiltračnej oblasti prameňa 22 ($\delta^{18}O_{H2O}$ = -10,50 ‰) je položená o 1100 m oproti infiltračnej oblasti zdroja 67 ($\delta^{18}O_{H2O}$ = -9,38 ‰), čo zjavne nie je možné. Pre zmeny $\delta^{18}O$ zrážok (Holko et al. 2012) uvádzajú asi dvojnásobné hodnoty, rozdiely v nadmorských výškach infiltračných oblastí by boli cca polovičné. Takto je pri interpretácii rozumné uvažovať najmä s vplyvom režimu.

Všetky vody majú jednoznačne zrážkový pôvod, ležia prakticky na svetovej priamke zrážkových vôd (GMWL, Global Meteoric Water Line), čo potvrdzuje, že všetky sledované vody majú zrážkový pôvod. Voda z oboch výverov vodárenského zdroja Staré Lazy má takmer identické zloženie, podobne takmer identická je i voda zo zdroja 31. Svedčí to ich vzájomnom vzťahu a pôvode. Z hľadiska izotopového zloženia vo vode prítomného síranu (neboli detekované ani stopy prítomnosti sulfánu) možno hodnotené zdroje rozdeliť do troch skupín – zdroje s nízkymi koncentráciami síranu a izotopicky ľahkou sírou, hodnoty $\delta^{34}S$ ~ 5 ‰. Ide o zdroje NT-08, 22 a 31. Ďalšiu skupinu predstavujú zdroje s nízkym obsahom síranu a veľmi nízkymi a zápornými hodnotami $\delta^{34}S$, ide o zdroje NT-11, 122, 67 a oba zdroje zo Starých Lazov, vzorky 46 a 49. Záchyt 8 (vzorka 49) možno považovať za prechodný medzi skupinami 1 a 2. Pre všetky tieto zdroje je charakteristická voda, ktorá sa formovala v styku s dolomitmi (a občas vápencami) hronika, bez znakov prítomnosti kontaktu so sadrovcami. Do tretej skupiny sa zaraďujú zdroje ktorých voda sa formoval v styku so sadrovcami (anhydritmi) a vyznačujú sa vysokými koncentráciami síranu (~ 100 $mg \cdot l^{-1}$) s izotopicky ťažkou sírou ($\delta^{34}S$ ~ 25 ‰); do tejto skupiny sa radia vrty NT-13 a NT-15. V izotopovom zložení kyslíka síranu sú minimálne rozdiely. Pre vyhodnotenie bolo potrebné previesť $\delta^{18}O_{SO4}$ hodnoty zo škály CDT do SMOW škály. Výsledky zhŕňa tabuľka 7 a obrázok 6.



Obrázok 5 Izotopové zloženie O a H podzemnej vody zo skúmaných zdrojov

Tabuľka 7 Výsledky izotopových analýz a vybrané údaje o chemickom zložení podzemnej vody prameňov a vrtov

vzorka	lokalita	typ zdroja	predpokladané prostredie obehu	dátum odberu	T v °C	merná el. vodiv.	Min.	HCO_3^-	CO_3^-	voľný CO_2	Cl^-	SO_4^{2-}	$\delta^{18}O_{H2O}$	$\delta^{2}H_{H2O}$	$\delta^{13}C_{DIC}$	$\delta^{34}S_{SO4}$	$\delta^{18}O_{SO4}$
						$mS.m^{-1}$	$mg.l^{-1}$						VSMOW (‰)		PDB (‰)	CDT (‰)	VSMOW (‰)
22	Hrboltová	vodárenský zdroj	dolomity choč.príkrovu	4.4.2017	7,9	35,7	305,0	195,0	0,0	2,2	2,1	28,3	-10,50	-71,70	-10,23	4,80	28,38
46	Staré Lazy, záchyt 1, 2		dolomity choč.príkrovu	4.4.2017	8,8	46,8	428,0	306,0	0,0	3,5	1,0	12,7	-10,26	-70,55	-13,86	-2,54	28,22
49	Staré Lazy, záchyt 8		dolomity choč.príkrovu	26.4.2017	5,5	46,1	420,0	297,0	0,0	4,4	2,1	15,1	-10,33	-71,87	-13,74	0,43	28,60
31	Hrboltová	lokálny vodný zdroj	dolomity choč.príkrovu	4.4.2017	8,5	42,8	383,0	277,0	0,0	6,6	2,1	10,0	-10,27	-72,97	-13,82	6,71	28,25
67	-		vápence a dolomity choč.príkrovu	26.4.2017	7,3	54,7	493,0	336,0	0,0	6,6	4,3	26,2	-9,38	-63,24	-13,96	-1,22	28,34
122	Hrboltová		dolomity choč.príkrovu	9.5.2017	7,2	45,0	401,0	281,0	0,0	19,8	1,0	16,5	-10,09	-67,64	-14,72	-5,67	29,14
NT-8	trasa tunela	vrt	veporikum	3.4.2017	8,7	61,7	586,0	393,0	0,0	5,3	2,5	32,3	-9,80	-70,61	-13,10	5,13	30,19
NT-11	trasa tunela		veporikum	3.4.2017	11,2	50,9	463,0	296,0	0,0	2,2	3,2	39,8	-10,09	-70,99	-12,29	-3,66	29,31
NT-13	trasa tunela		veporikum	3.4.2017	11,6	54,7	356,0	0,0	36,6	0,0	11,3	111,0	-10,48	-75,39	-17,20	23,64	28,38
NT-15	trasa tunela		veporikum	3.4.2017	13,4	346	669,0	0,0	76,2	0,0	4,6	106,0	-10,16	-73,49	-17,24	26,35	27,22

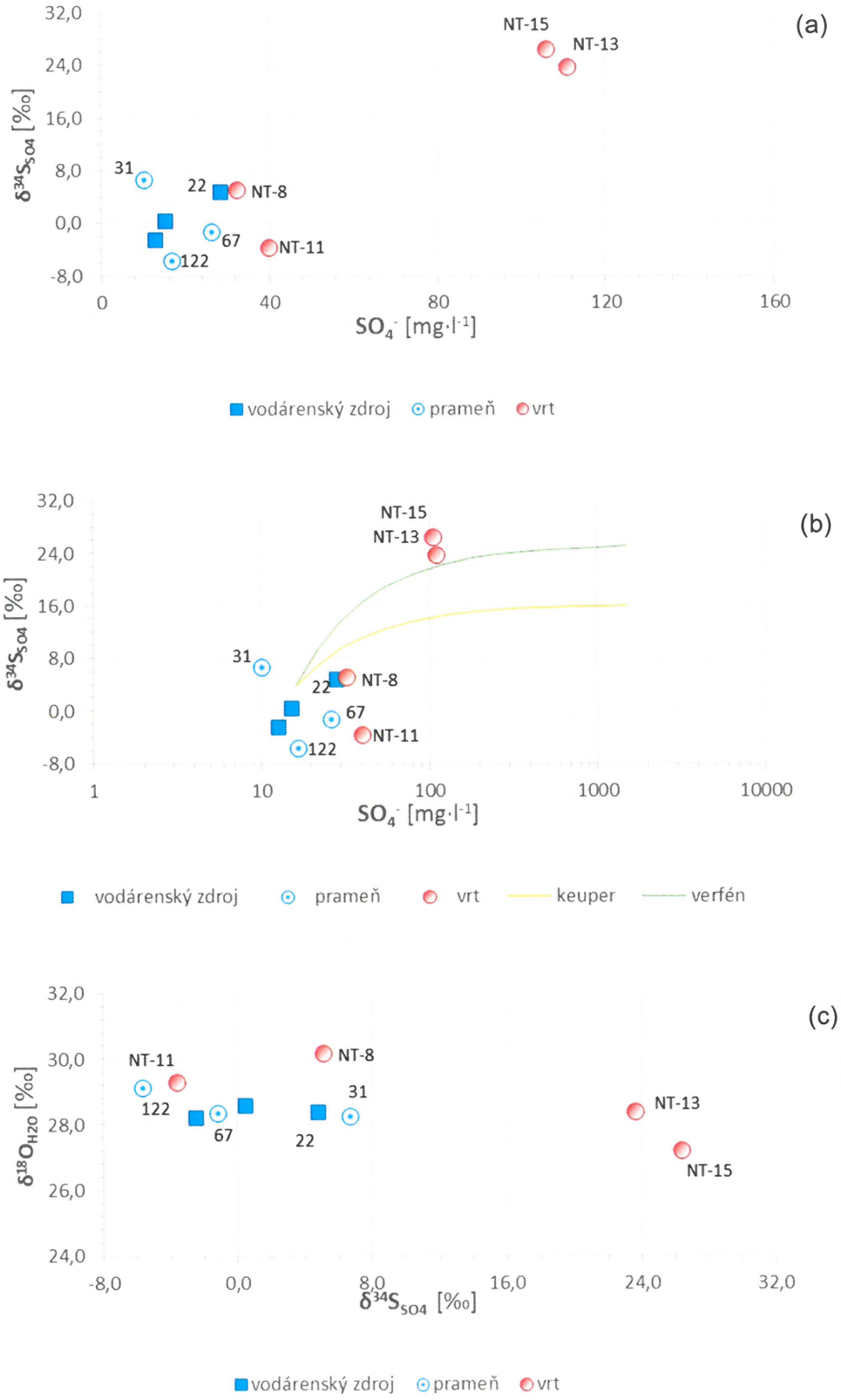
Síran vo vode zdrojov prvej skupiny pochádza zo zrážok a ide o charakteristický „síran pozadia" tak ako ho definovali Malík et al. 1996 v prostredí krasových prameňov revúckeho zlomového pásma (Malík a Michalko 2002). Takéto zloženie veľmi dobre odpovedá i izotopovému zloženiu síranu prítomného v snehovej pokrývke

Analogický pôvod treba predpokladať pre síran druhej skupiny, ktorý sa vyznačuje nízkou koncentráciou síranu so zápornými hodnotami $\delta^{34}S$. Tieto pravdepodobne vznikajú pri prechode infiltrujúcej vody cez pôdnu vrstvu a bývajú obvyklé zvlášť v lesnatých oblastiach. Ďalšou možnosťou je rozpúšťanie v sedimentárnych horninách prítomného sulfidu (najčastejšie pyrit), ktorý môže byť buď synsedimentárneho pôvodu, alebo ide o mobilizát, resp. okamžitý pyrit vyzrážaný počas redukcie sulfátu, v ktorom sa zase hromadia prednostne uvoľnené ľahké izotopy síry. Prikláňame sa k prvej možnosti.

Izotopicky ťažká síra síranu prítomného vo vode vrtov NT-13 a NT-15 pochádza vzhľadom na chemický charakter vody z rozpúšťania sádrovca (anhydritu) a v danom geologickom prostredí jej prítomnosť predstavuje problém. Takéto izotopové zloženie síry pre sulfidy na území Slovenska nie je dokumentované. Sádrovce s podobným izotopickým zložením síry sú prítomné (ako evapority morského pôvodu) v ekvivalentoch rötu (sp. str. trias, v alpsko-karpatskej sústave obvykle verfén) v triase fatrika a tatrika. Hľadať ich prítomnosť v hroniku je problematické. V prípade, že sadrovcový síran bude odvodzovaný priamo od nezmenených evaporitov morského pôvodu, treba predpokladať interakciu podzemnej vody s horninami takéhoto typu, ktorý sa môže realizovať cez tektoniku. Potom ale je koncentrácia (~ 100 mg/l) relatívne nízka (voda nie je nasýtená voči sadrovcu), a mohla by byť dosiahnutá zmiešavaním s vodou s malými koncentráciami síranu pozadia, zmiešavací model Malík a Michalko 2002 (obrázok 6 (b), a najmä koncentrácia síranu by potom bola vo vrtoch rozdielna - zníženie $\delta^{34}S$ sa dosiahne primiešaním väčšieho množstva vody s ľahkým síranom. Hodnoty $\delta^{34}S$ blízke 23,5 ‰ ($\delta^{34}S$ vody vrtu vrt NT-13 = 23,64 ‰) predstavujú hraničné hodnoty známe pre morské evapority miocénneho veku. Z hľadiska geologickej stavby je však ťažko predpokladať ich prítomnosť v horninovom prostredí na lokalite, jednak nevysvetľujú prítomnosť ťažkej síry ($\delta^{34}S$ = 26,35 ‰) vo vode vrtu NT-15. Síran s podobným (aj oveľa vyšším $\delta^{34}S$) je z okolia známy z minerálnych vôd (čiastočne) viazaných na sladkovodný neogén Turčianskej kotliny (Kordík et al. 2010). Tu vzniká zrejme na malom izolovanom priestore v pomerne obmedzených množstvách (Bodiš et al. 2013); tak je možná prítomnosť pomerne vysokých koncentrácií síranu s rôzne ťažkou sírou (a podobným izotopovým zložením kyslíka) v podzemnej vode navzájom neveľmi vzdialených zdrojov, ktoré sú schopné dotovať podzemnú vodu menej výdatných zdrojov – napríklad ako minerálna voda Fatra (Bodiš et al. 2013, 2016). Zároveň sa ľahké izotopy síry uvoľňujú do prostredia a zrážajú ako pyrit.

Popísali sme tri možné scenáre prítomnosti izotopicky ťažkej síry v podzemnej vode vrtov v kriede hronika, prikláňame sa k scenáru 1 (kontakt vôd s morskými evaporitmi spodného stredného triasu) a najmä 3 – prítomnosť izolovaných prostredí s redukčnými podmienkami, kde z prítomnej morskej vody s hodnotami $\delta^{34}S$ okolo 20 ‰ v dôsledku redukcie v uzavretom priestore vznikol jednak ťažký zostatkový síran, jednak pyrit s ľahkou sírou.

Izotopové zloženie celkového anorganického uhlíka (DIC dissolved inorganic carbon) sa nevymyká podmienkam za ktorých vznikol. Pre vody obiehajúce v karbonátoch hronika je $\delta^{13}C_{DIC}$ prakticky uniformné, drobné rozdiely sú dôsledkom „prerozdelenia medzi uhličitany a oxid uhličitý. Mierne sa líšia vzorky vody z vrtov odvodňujúcich podložné kriedové sedimenty veporika, pričom navzájom sú takmer identické.



Obrázok 6 Izotopové zloženie síry a kyslíka síranu (c) vo vode vo vzťahu k jeho koncentrácii (a, b)

Vodárenský zdroj Hrboltová, zdroj 22

Izotopové zloženie kyslíka a vodíka vody $\delta^{18}O_{H2O}$ = -10,50 ‰, $\delta^{2}H_{H2O}$ = -71,70 ‰) svedčí o jednoznačne zrážkovom pôvode podzemnej vody. Voda prítomná v tomto zdroji patrí medzi izotopicky najľahšie vody. Vysoká prítomnosť ľahkých izotopov vodíka a kyslíka svedčí buď o väčšej nadmorskej výške infiltračnej oblasti zdroja, alebo o zvýšenom podiele zimných zrážok v tejto fáze režimu. Zrejme sa jedná hlavne o vplyv režimu, pretože rozdiel napr. medzi priemernou výškou infiltračnej oblasti prameňa č. 22 ($\delta^{18}O_{H2O}$ = -10,50 ‰) a prameňa č. 122 by bol cca 400 m.

Izotopové zloženie celkového anorganického uhlíka ($\delta^{13}C_{DIC}$, alebo $\delta^{13}C_{TIC}$ = -10,23 ‰) tohto prameňa je odlišné od ostatných prameňov ($\delta^{13}C_{DIC}$ od 12,29 ‰ do 14,72 ‰) a svedčí o rozdielnom stupni / charaktere interakcie s horninami prostredia. Voda má najnižší obsah HCO_3^- i voľného CO_2 i celkovú mineralizáciu.

Izotopové zloženie síry síranu ($\delta^{34}S$ = 4,80 ‰) odpovedá priemernému izotopovému zloženiu síry síranu snehových zrážok na Slovensku, (Malík et al. 1997, 2000) uvádzajú pre 23 vzoriek snehu z celého územia Slovenska hodnoty od $\delta^{34}S$ = 4,0 ‰ do $\delta^{34}S$ = 6,4 ‰. Prakticky identický síran len v menšej koncentrácii je prítomný vo vode zdroja 31 (obrázok 6 (c), blízky je síran prítomný vo vode vrtu NT-8, ktorý má obohatený kyslík, izotopové zloženie síry a koncentrácia síranu je takmer identická (obrázok 6 (a), (b).

Zdroj 22 má izotopicky najľahšiu vodu, v dôsledku vyššie položenej infiltračnej oblasti a zrejme i podielu zimných zrážok. Izotopové zloženie uhlíka je odlišné od ostatných zdrojov, má najvyššie zastúpenie ľahkých izotopov uhlíka, spolu s najnižším obsahom hydrogénuhličitanov i voľného oxidu uhličitého, čo svedčí o rozdielnej interakcii s horninovým prostredím. Síran pochádza zo zrážok.

Vodárenský zdroj Staré Lazy zdroj 46

Voda má jednoznačne zrážkový pôvod, a pochádza z miestnych zrážok o čom svedčí i izotopové zložene kyslíka ($\delta^{18}O_{H2O}$ = -10,26 ‰) a vodíka ($\delta^{2}H_{H2O}$ = -70,55 ‰). Izotopové zloženie je prakticky identické s týmto zdroja č.49, ktorý je vlastne výver 8 toho istého zdroja situovaný o cca 50 výškových metrov nižšie. Prakticky identické majú aj hodnoty celkovej mineralizácie (tabuľka 7), veľmi blízke je i zloženie zdroja č. 31. Zarážajúci je rozdiel teploty vody pre zdroj č. 46 t_{vody} = 8,8 °C, pre č. zdroj 49 je to len 5,5 °C, ak nejde o artefakt.

Prakticky identické je i izotopové zloženie celkového anorganického uhlíka ($\delta^{13}C$ = 13,86 ‰ resp. 13,74 ‰) pri prakticky identických obsahoch hydrogén uhličitanu a voľného oxidu uhličitého. Prakticky identické z tohto hľadiska sú i zdroje č. 31, č. 67, č. 122 a NT-08 a NT-11. Líšia sa prakticky len koncentráciou iónu HCO_3^-, čo svedčí o rovnakom charaktere a intenzite interakcie voda – hornina počas obehu podzemnej vody v týchto zdrojoch.

Oba zdroje patria medzi zdroje s nízkou koncentráciou rozpusteného síranu (12,7 a 15,1 mg/l) a nízkym zastúpením ťažkých izotopov síry ($\delta^{34}S$ = -2,54 a 0,43 ‰). Ide zrejme o síran pochádzajúci zo zrážok, ktorého izotopové zloženie bolo zmenené (úbytok izotopu ^{34}S) v dôsledku reakcie / í. Pre tento scenár obvykle nastanú vhodné, podmienky pri prechode cez pôdnu vrstvu, prípadne reakciu s CO_2. Proti prítomnosti ľahkej síry pochádzajúcej z prípadnej oxidácie pyritu prítomného v horninovom prostredí svedčí nízka koncentrácia síranu a zloženie kyslíka síranu ($\delta^{18}O$ = 28,22 a 28,60 ‰). Z hľadiska izotopového zloženia síranu sú zdrojom 46 a 49 najbližšie zdroje č.67 a č. 122 a síran vo vode vrtu NT-11.

Vodárenský zdroj Staré Lazy zdroj 49

Izotopové zloženie bolo podrobne popísané spoločne so zdrojom 46. Ide o vodu zrážkového (meteorického pôvodu), s izotopovým zložením vodíka $\delta^{2}H_{H2O}$ = -71,87 ‰ a kyslíka $\delta^{18}O_{H2O}$ = -10,33

‰ vody, ktoré je identické s so zložením vody dvoch vyššie položených výverov (zdroj 46). Na rozdiel od izotopov H a O vodnej molekuly, ktoré zachytávajú históriu vody samotnej, ostatné použité izotopy charakterizujú viac menej interakciu voda – hornina a procesy ktoré prebiehajú počas obehu. Izotopové zloženie celkového anorganického uhlíka $\delta^{13}C$ = 13,74 ‰ je prakticky identické so zdrojom 46, mierne sa líši izotopové zloženie síry síranu – v nižšie položenom zdroji je menej alterovaný pôvodný síran zrážok ($\delta^{34}S$ = 0,43 ‰).

Výrazný je rozdiel v teplote vody, voda zdroja 49 (t_{vody} = 5,5 °C) je o 3,3 °C chladnejšia ako voda o cca 50 m vyššie položeného zdroja 46.

Prameň Hrboltová č. 31

Na základe údajov o izotopovom zložení vody, kde $\delta^{18}O_{H2O}$ = -10,27 ‰ a $\delta^{2}H_{H2O}$ = -72,97 ‰ možno jednoznačne potvrdiť že pôvod podzemnej vody vystupujúcej v tomto zdroji treba odvodzovať od miestnych zrážok. Navyše, izotopové zloženie vody samotnej je veľmi blízke vode z oboch sledovaných zdrojov Starých Lazov (46 a 49). Príbuznosť sa zvýrazní pri zobrazení závislosti $\delta^{18}O$ na celkovej mineralizácii, prípadne obsahu chloridov (neznázornené). Prakticky identické s predchádzajúcimi dvoma zdrojmi je i izotopové zloženie anorganického uhlíka , kde $\delta^{13}C_{DIC}$ = -13,82 ‰ – to vedie k predpokladu o analogickom formovaní, interakcii voda-hornina. Z hľadiska izotopového zloženia (a koncentrácie síranového aniónu) treba síran prítomný vo vode zdroja 31 považovať za typický síran zrážkového pôvodu.

Vodný zdroj 67

Z hľadiska izotopov kyslíka a vodíka ide jednoznačne o vodu meteorického pôvodu. Voda tohto zdroja má najvyššie zastúpenie ťažkých izotopov O a H zo všetkých sledovaných zdrojov (obrázok 5); $\delta^{18}O_{H2O}$ = -9,38 ‰ resp. $\delta^{2}H_{H2O}$ = -63,24 ‰. Ak by rozdiely boli spôsobené len rozdielmi v nadmorských výškach infiltračných oblastí (Malík et al. 1993), voda tohto zdroja by infiltrovala v oblasti položenej o cca 1000 m nižšie než voda zdroja 22, čo zjavne nie je možné. Podobne nesedí i vzťah závislosti medzi teplotou podzemnej vody a nadmorskou výškou infiltračnej oblasti (Malík et al. 1993). Vysoký é zastúpenie ťažkých izotopov je zrejme dôsledkom zachytenia určitej fázy režimu pri jednorazovom vzorkovaní. Voda tohto zdroja má však najvyšší obsah minerálnych látok i chloridov zo všetkých sledovaných prirodzených výverov. To predpokladá buď primiešanie podzemnej vody s vyššími koncentráciami, buď kontakt a reakciu s „vhodnými" horninami. Nebadať však rozdiely v izotopovom zložení anorganického uhlíka ($\delta^{13}C_{DIC}$ = -13,98 ‰) a z hľadiska izotopového zloženia síry sa zaraďuje k prameňom s nízkym obsahom síranov (26,2 mg/l) s ľahkou sírou, zrejme zrážkového pôvodu s vyšším zastúpením ľahkých izotopov síry ($\delta^{34}S_{SO4}$ = -1,22 ‰). Táto skutočnosť môže byť spôsobená reakciami (najmä počas infiltrácie), alebo aj primárne izotopové zloženie síry v zrážkach môže byť (teraz, či v minulosti) ovplyvnené priemyselnými exhalátmi, hlavne z celulózky v Ružomberku.

Prameň 122

Izotopové zloženie vody svedčí o jednoznačne zrážkovom pôvode vody dokumentovanej v tomto zdroji, kde $\delta^{18}O_{H2O}$ = -10,09 ‰ a $\delta^{2}H_{H2O}$ = -67,64 ‰. Vzhľadom na polohu zdroja možnom predpokladať infiltráciu aj z najvyššie položených častí oboch štruktúr, ktoré dosahujú výšku až 1127 m n.m. (kóta Radičiná). Na základe analýzy vzťahov izotopového zloženia a celkového množstva rozpustených látok, prípadne chloridov sa voda tohto zdroja radí k vode zdrojov ktorých obeh sa realizuje v horninovom prostredí vápencov a dolomitov hronika. Do tejto skupiny sa zaraďuje i na základe poznatkov o izotopovom zložení celkového rozpusteného anorganického uhlíka ($\delta^{13}C_{DIC}$ =

-14,72 ‰), hoci tvorí jej hranicu s najvyšším zastúpením ľahkých izotopov – pravdepodobne v dôsledku najvyššej koncentrácie CO_2 (19,8 mg/l). Zdroj patrí medzi zdroje s nízkymi koncentráciami síranu, v tomto prípade ide o síran s najvyšším zastúpením ľahkých izotopov síry, $\delta^{34}S_{SO4}$ = -5,67 ‰. Nízka koncentrácia sírnu svedčí o jeho pôvode v zrážkach, ktoré mohli byť ovplyvnené antropogénnou činnosťou – Malík et al. 1997, 2000 uvádzajú pre profil snehu v Ružomberku hodnotu $\delta^{34}S_{SO4}$ = 2,8 ‰, v Košiciach až -2,9 ‰, izotopové zloženie tiež mohlo byť zmenené procesmi počas infiltrácie či obehu, ale aj kombináciou oboch či viacerých príčin. Pre oxidáciu sulfidov svedčí nízka koncentrácia síranu.

Vrt NT-08

Na základe poznatkov o izotopovom zložení vody ($\delta^{18}O_{H2O}$ = -9,80 ‰, $\delta^{2}H_{H2O}$ = -70,61‰) možno potvrdiť predpokladaný meteorický (zrážkový) pôvod podzemnej vody prítomnej v tomto vrte. Hodnoty sú posunuté mierne v prospech ťažkých izotopov O a H, posun voči svetovej priamke zrážkovej vod by mohol odpovedať miernemu odpareniu, východisková voda by odpovedala vode vrtu NT-11 (obrázok 6). Izotopové zloženie celkového anorganického uhlíka ($\delta^{13}C_{DIC}$ = -13,10 ‰) je veľmi podobné zloženiu vody v skupine zdrojov s vodou, ktorá sa formovala v prostredí dolomitov a vápencov hronika, čo by mohlo svedčiť o podobných podmienkach jeho formovania sa. Odlišuje sa prakticky len najvyšším obsahom hydrogénuhličitanov. Izotopové zloženie síranu s $\delta^{34}S_{SO4}$ = 5,13 ‰ odpovedá izotopovému zloženiu síranu zrážok, mierne zvýšená koncentrácia (32,3 mg/l) nie je pre takýto typ neobvyklá.

Vrt NT-11

O pôvode vody v miestnych zrážkach možno na základe izotopového zloženia O a H vody hovoriť jednoznačne. Priemetný bod vzorky sa nachádza na globálnej priamke zrážkovej vody, voda by ohla slúžiť ako východisková voda pre vodu z vrtu NT-08, ak bola odparená. Podobne ako u vrtu NT-8 hodnota $\delta^{13}C_{DIC}$ = -12,29 ‰ tento vrt – napriek tomu že voda bla zachytená v zóne rozvoľnenia ílovcov porubského súvrstvia, radí k skupine podzemných vôd, ktoré sa formovali v prostredí vápencov a dolomitov hronika (tabuľka 7). Síran vo vode tohto vrtu ($\delta^{34}S_{SO4}$ = -3,66 ‰, $\delta^{18}O_{SO4}$ = 29,31 ‰) je takmer identický so síranom vody zdroja 122 obrázok 6 (c), len jeho koncentrácie je viac ako dva razy vyššia (39,8 mg/l voči 16,5 mg/l).Rozdiely v izotopovom zložení síranu vo vode vrtov NT-08 a NT-11 svedčí proti vysvetleniu zmien v izotopovom zložení O a H vrtu NT-08 odparením z vody vrtu NT-11.

Vrt NT-13

Vychádzajúc z izotopového zloženia vodíka a kyslíka vodu možno jednoznačne zaradiť k vodám zrážkového pôvodu. Zistené hodnoty $\delta^{18}O_{H2O}$ = -10,48 ‰ a $\delta^{2}H_{H2O}$ = -75,39 ‰ svedčia o miestnych zrážkach, voda zapadá do rámca izotopového zloženia súčasných zrážok, tak ako ho nachádzame vo vode ostatných študovaných zdrojov, hoci patrí k izotopicky najviac ochudobneným (najľahším). Po tejto stránke je odlišná od vody prítomnej vo vrte NT-15. Prípadnú zvýšenú dobu zdržania podzemnej vody by bolo možné jednoducho odlíšiť na základe poznatkov o aktivite trícia. Izotopové zloženie celkového anorganického uhlíka ($\delta^{13}C_{DIC}$ = -17,20 ‰) je systematicky odlišné od ($\delta^{13}C_{DIC}$ ~ 13,5 ‰) vôd hronika na sledovanom území. Odráža zložité hydrogeochemické (acidobázické, oxidačno-redukčné) deje prebiehajúce počas interakcie voda - hornina. Je prakticky identické s izotopovým zložením uhlíka z vrtu NT-15. Veľmi podobné, nie však rovnaké, je aj izotopové zloženie síranu prítomného vo vode v oboch vrtoch (obrok 6 (c). V oboch vrtoch je pomerne vysoká koncentrácia síranu (111 mg/l resp. 106 mg/l) s vysokým zastúpením ťažkého

izotopu síry, voda však z tohto hľadiska nie je nasýtená síranom. Síran má zloženie $\delta^{34}S_{SO4}$ = 23,65 ‰ $\delta^{18}O_{SO4}$ = 28,38 ‰ resp. $\delta^{34}S_{SO4}$ = 26,35 ‰ $\delta^{18}O_{SO4}$ = 27,22 ‰. Takéto izotopové zloženie síry pre sulfidy na území Slovenska nie je dokumentované. Je potrebné si uvedomiť, že nepoznáme zdrojové horniny / minerály pre síran / síru, len síran prítomný vo vode. Hodnoty s takýmto vysokým zastúpením ťažkého izotopu síry sú charakteristické pre morské evapority spodno-stredno triasového veku, ekvivalenty rötu (Balderer in Pearson et al. 1991). Hodnoty $\delta^{34}S_{SO4}$ až do 23,5 ‰ sú známe z morských sedimentov miocénnych morí. Absencia poznatkov o pomere Br a I vo vode neumožňuje posúdiť prípadnú „morskosť" zdroja síry v podzemnej vode. Ak má síran prítomný vo vode oceánsky pôvod, je potrebné uvažovať o tektonike, ktorá umožní styk podzemnej vody zo spodno-stredno triasovými evaporitmi, najskôr verfén fatrika, alebo o prítomnosti podobných sedimentov v hroniku (čo je nepravdepodobné). V takýchto prípadoch by bolo pravdepodobná prítomnosť primiešavania podzemnej vody s nízkymi koncentráciami izotopicky ľahkého sulfátu - takúto situáciu analyzuje graf b) na obrázok 6 (b). Obe vzorky sa nachádzajú priamo nad sebou a ťažký koncový člen zmiešavacieho modelu by mal mať vyššiu hodnotu ako charakteristickú verfénsku $\delta^{34}S$ = 25 ‰. Proti sa zdá i nedosýtenosť vody voči sadrovcu pri nasýtenosti voči kalcitu. V zložitých sedimentačných podmienkach kriedového mora (prípadne neskôr) je možný vznik menších, navzájom oddelených káps, v ktorých mohli lokálne vzniknúť redukčné podmienky. Zo síranu v morskej vody sa pri redukcii oddelila ľahká síra, vo forme sulfánu, ťažké izotopy síry sa obohatili vo zvyškovom sírane, z ktorého vznikol evaporit. Obohatenie v rôznych „kapsách" zrejme prebehlo podobne, ale nie rovnako. A tak na relatívne malom priestore môže byť v sedimente prítomná síra (evaporit s rôznym izotopovým zložením. Podobný proces poznáme z limnického prostredia neogénneho veku z Turčianskej kotliny – na príklade izotopového zloženia sulfatickej síry rôznych zdrojov minerálne vody Fatra to doložili Bodiš et al. 2013 a 2016.

Veľmi blízke až totožné izotopové zloženie zložiek prítomných vo vode vrtov NT-13 a NT-15 svedčí o analogických podmienkach formovania vody v styku s horninovým prostredím. Odlišné zloženie O a H vody svedčí o rôznych časových a priestorových podmienkach realizácie režimu a obehu podzemnej vody v oboch vrtoch..

Vrt NT-15

Izotopové zloženie O a H vody svedčí o zrážkovom pôvode podzemnej vody, prakticky zapadá do rozsahu ktorý sme zistili u ostatných sledovaných zdrojov (obrázok 5). Hodnoty $\delta^{18}O_{H2O}$ = -10,16 ‰ a $\delta^{2}H_{H2O}$ = -73,49 sú odlišné od týchto vo vode vrtu NT-13, voda vrtu NT-15 obsahuje prakticky dvojnásobné množstvo rozpustených látok, podobne uhličitanov. Izotopové zloženie celkového anorganického uhlíka $\delta^{13}C_{DIC}$ = -17,24 ‰ je prakticky totožné so zložením vo vrte NT-13 (17,20 ‰). Veľmi blízke je i zloženie síranu. Toto je charakteristické vysokým zastúpením ťažkých izotopov síry ($\delta^{34}S_{SO4}$ = 26,35 ‰ $\delta^{18}O_{SO4}$ = 27,22 ‰). Síran pravdepodobne treba odvodzovať od sadrovca, ktorý vznikol v dôsledku redukčného prostredia v malých oddelených priehlbinách v zložitých sedimentačných podmienkach vrchnej kriedy.

Veľmi blízke až totožné izotopové zloženie zložiek prítomných vo vode vrtov NT-13 a NT-15 svedčí o analogických podmienkach formovania vody v styku s horninovým prostredím. Odlišné zloženie O a H vody svedčí o rôznych časových a priestorových podmienkach realizácie režimu a obehu podzemnej vody v oboch vrtoch.

Vypracoval : Mgr. Marián Coplák

ZOZNAM LITERATÚRY:

Alekin O. A., 1970: Základy hydrogeochémie, Gidrometeor.Izd.,Petrohrad

Bodiš D. a kol.: 2013: Fatra - jedinečná minerálna vod v Západných Karpatoch (Fatra – Unique Mineral Water in the Western Carpathians). Podzemná voda 19 (1), Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava, s. 123 - 42, ISSN 1335-1052

Gazda S., 1972: Modifikácia Palmerovho klasifikačného systému. In: Hydrogeologická ročenka 1970-1971. Bratislava

Gazda S., 1974: Chemizmus podzemných vôd Západných Karpát a ich genetická klasifikácia. Materiály z III. Celoslovenskej hydrogeologickej konferencie, sekcia hydrogeológia, SGÚ, Bratislava

Gazda S., Kullman E.,1974: Hydrogeochémia podzemných vôd vápencovo-dolomitických komplexov mezozoika Západných Karpát. Geologické práce, správy 32, GÚDŠ Bratislava

Holko, L., Dóša, M., Michalko, J., Kostka, Z., Šanda, M. 2012: Isotopes of Oxygen-18 and Deuterium in Precipitation in Slovakia. J. Hydrol. Hydromech. ISSN 0042-790X, 2012, vol. 60, no. 4, p. 265-276, doi: 10,2478/v10098-012-0023-2.

Kordík, J., Michalko, J., Bottlik, F., Vandrová, G. 2010: Genetické aspekty formovania sa podzemných vôd v Turčianskej kotline. In: Bottlik, F., Michalko, J. (Eds.), Zborník. 15. Slovenská hydrogeologická konferencia, Podzemná voda 4-D: Faktor času v hydrogeológii, Banská Štiavnica. SAH, ŠGÚDŠ Bratislava, Katedra hydrogeológie PrifUK Bratislava, s. 64-70. ISBN 978-80-969342-6-3

Kullman E. a kol., 2005: Vymedzenie útvarov podzemných vôd na Slovensku v zmysle rámcovej smernice o vodách 2000/60/ES, časopis Podzemná voda, XI./2005 č.5

Malík, P., Michalko, J. 2002: Pôvod sulfátu rozpusteného vo vode vybraných krasovo-puklinových prameňoch revúckeho zlomového pásma. (The origin of the sulphate dissolved in the groundwater of the selected karst-fissure springs in the Revúca fault zone). Podzemná voda č. 2 / 2002, Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava, 67 - 78, ISSN 1325-1052

Malík, P., Michalko, J., Mansell, S. J., Fendeková, M. 1996: Stable isotopes in karstic groundwater of the Veľká Fatra Mts. Isotopes In Water Resources Management, Vol 2 Book Series: Proceeding Series of the International Atomic Energy Agency, 191-193p. ISSN: 0074-1884 ISBN: 92-0-100796-5 published 1996

Malík P., Michalko J., Rapant S., Scherer S. 1997: Sulphur isotopes in atmospheric precipitation on the territory of Slovak Republic. Final report of IAEA Agency Research contract No. 8673/RB. IAEA Vienna, Manuskript – Archív odboru Geofondu ŠGÚDŠ Bratislava, 25 s.

Malík, P., Michalko, J., Rapant, S., Scherer, S. 2000: Izotopy síry v zimných zrážkach na území Slovenska. Podzemná voda, VI 2000/2, Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava (Sulphur Isotopes in Atmospheric Precipitstion on theTerritory of Slovak Republic), s. 174-184, ISSN 1335-1052

Fussgänger, E., et. al.: D1 Hubová - Ivachnová, podrobný inžinierskogeologický prieskum Stavební geologie – Geotechnika, a.s., Bratislava, 2006

Michalko, J., 1998: Izotopová charakteristika podzemných vôd Slovenska. Kandidátska dizertačná práca, SAV, Bratislava, 94s.

Michalko, J. 2004: Používanie údajov o izotopovom zložení síry pri interpretácii genézy podzemnej vody. Podzemná voda X, 2004/1, Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava (Using of Sulphur Isotopee Composition Data in Groundwater Genesis Interpretation), s. 115-125, ISSN 1335-1052

Pearson,F.J.Jr. a kol.:1991: Applied Isotope Hydrogeology A Case Study in Northern Switzerland, Elsevier, p.439

Rapant S, Vrana, 1996: Geochemický atlas SR-časť podzemné vody, GÚDŠ, Bratislava

Národná príloha STN EN 206-1: 2015 Betón, časť 1, Špecifikácia, vlastnosti, výroba, zhoda.

STN ISO 5667-6: 2007 Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 6: Pokyny na odber vzoriek z riek a potokov

STN ISO 5567-11 Kvalita vody, odber vzoriek, časť 11: Pokyny na odber vzoriek podzemných vôd.

STN 03 8372 Zásady ochrany proti korózii nelíniových zariadení uložených v zemi alebo vo vode zo dňa 2. 2. 1977