® INGEO a.s. ŽILINA, Bytčická 16, 010 01 Žilina

ZÁVEREČNÁ SPRÁVA

Názov geologickej úlohy:	**Diaľnica D2 – Križovatka Rohožník** **Orientačný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum**
Číslo geologickej úlohy:	219032
Registračné číslo Geofondu:	542/2021
Etapa prieskumu:	Orientačná
Objednávateľ:	**Alfa 04 a. s.** Jašíkova 6 821 03 Bratislava
Zhotoviteľ:	**INGEO a. s. ŽILINA** Bytčická 16 010 01 Žilina
Zodpovedný riešiteľ:	doc. RNDr. Martin Bednarik, PhD.
Spoluriešitelia úlohy:	Ing. Mária Lenková, INGEO a.s. RNDr. René Putiška, PhD. Mgr. Roman Solčiansky Mgr. Rudolf Tornyai, PhD. RNDr. Bibiana Brixová, PhD. Mgr. Stanislav Jurčák, PhD. Ing. Jaroslav Urbaník Ing. Jakub Opočenský Ing. Daniel Surový
Dátum vyhotovenia:	09.2021

O B S A H

1. GEOLOGICKÁ ÚLOHA A JEJ VYMEDZENIE....2
1.1 Úvod....2
1.2 Údaje o geologickej úlohe....2
1.3 Cieľ geologickej úlohy....3
1.4 Preskúmanosť územia a poskytnuté podklady....3
2. CHARAKTERISTIKA PRÍRODNÝCH POMEROV....4
2.1 Geomorfologické pomery....4
2.2 Klimatické pomery....4
2.3 Geologická stavba....5
2.4 Hydrologické pomery....9
2.5 Hydrogeologické pomery....10
2.6 Inžinierskogeologické pomery....11
2.7 Seizmicita územia....13
2.8 HÍbka premŕzania....14
3. METODIKA A ROZSAH GEOLOGICKÝCH PRÁC....14
3.1 Vrtné práce....15
3.2 Odbery vzoriek zemín, podzemných vôd a laboratórne práce....17
3.3 Presiometrické skúšky....19
3.4 Dynamické penetračné skúšky....20
3.5 Geofyzikálne merania....21
3.6 Práce geologickej služby....24
4. PODROBNÁ ČASŤ....25
4.1 Spracovanie a analýza geofyzikálnych meraní....25
Výsledky merania ERT....26
Výsledky merania GPR....27
Výsledky merania SRT....27
4.2 Inžinierskogeologické a geotechnické pomery....33
4.3 Hydrogeologické pomery....40
4.4 Inžinierskogeologické posúdenie okružnej križovatky a jej vetiev....43
ZÁVER....48
Zoznam použitej literatúry....53
Zoznam použitých noriem....53

ZOZNAM PRÍLOH

Grafické prílohy

1. Prehľadná situácia M 1: 10 000
2. Situácia realizovaných prieskumných diel, M 1: 1 000
3. Účelová inžinierskogeologická mapa, M 1: 5 000
4. Pozdĺžne a priečne inžinierskogeologické profily M 1: 250/100

Textové prílohy

5. Geologická dokumentácia prieskumných diel a fotodokumentácia
6. Výsledky laboratórnych skúšok mechaniky zemín
7. Výsledky chémie vôd
8. Vyhodnotenie dynamických penetračných skúšok
9. Vyhodnotenie presiometrických skúšok
10. Vyhodnotenie nalievacej skúšky
11. Hydrogeologický posudok
12. Meračská správa
13. Dokladová časť

1. GEOLOGICKÁ ÚLOHA A JEJ VYMEDZENIE

1.1 Úvod

Predkladaná záverečná správa geologickej úlohy „**Diaľnica D2 – Križovatka Rohožník“** je vypracovaná na základe zmluvy o dielo č. 2012-00 uzatvorenej medzi objednávateľom Alfa 04 a.s., Bratislava a zhotoviteľom INGEO a.s. ŽILINA.

Pred začatím prác orientačného prieskumu bol v zmysle zákona NR SR č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v platnom znení a vyhlášky MŽP SR č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva geologický zákon, vypracovaný projekt geologickej úlohy, ktorý objednávateľ schválil v máji 2021. Geologické práce na úlohe začali po schválení projektu.

Pri vypracovaní záverečnej správy boli dodržané podmienky zákona č. 569/2007 Z.z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov, vyhlášky MŽP SR č. 51/2008, ktorou sa vykonáva geologický zákon. Záverečná správa je vypracovaná v zmysle Technických podmienok TP 7/2008 a v súlade so súťažnými podkladmi.

V zmysle zákona NR SR č. 569/2007 Z.z. o geologických prácach (geologický zákon) a vyhlášky MŽP SR č.51/2008 Z.z, ktorou sa vykonáva geologický zákon, zabezpečí objednávateľ odovzdanie jedného exemplára záverečnej správy do archívu ŠGÚDŠ – GEOFOND.

Geologická úloha je u zhotoviteľa evidovaná pod číslom 219032.

1.2 Údaje o geologickej úlohe

V nasledujúcej tabuľke uvádzame základné údaje o geologickej úlohe v zmysle Zákona č. 569/2007 Z.z. (tab. 1):

Tab. 1: Údaje o geologickej úlohe

Názov geologickej úlohy:	„Diaľnica D2 – Križovatka Rohožník“
Číslo geologickej úlohy:	219032
Registračné číslo Geofondu:	542/2021
Projekt geologickej úlohy - odsúhlasený :	Máj 2021
Dátum realizácie:	Máj - September 2021
Dátum vyhotovenia záverečnej správy geologických prác:	09.2021
Druh geologických prác:	Inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum
Etapa prieskumu:	Orientačná
Obstarávateľ :	Národná diaľničná spoločnosť a.s. Dúbravská cesta 14; 841 04 Bratislava
Objednávateľ:	Alfa 04 a. s. Jašíkova 6; 821 03 Bratislava
Zhotoviteľ geologických prác:	INGEO a. s. ŽILINA Bytčická 16; 010 01 Žilina
Zodpovedný riešiteľ:	Doc. RNDr. Martin Bednarik, PhD.

Projektovaná križovatka je situovaná v Bratislavskom kraji (1), v okrese Malacky (106), obci Malacky (508 063), katastrálnom území - Malacky (835196) – Riadok (23523) (obr. 1). Prehľadná situácia je uvedená v prílohe 1.



Obr. 1: Prehľadná situácia (z projektovej dokumentácie ALFA 04 a.s.)

1.3 Cieľ geologickej úlohy

Cieľom geologickej úlohy bolo komplexné získanie údajov o inžinierskogeologických a hydrogeologických pomeroch záujmového územia a následné zhodnotenie geotechnických vlastností zemín a hornín s nadväzujúcimi odporúčaniami pre projektantov.

Postup riešenia geologickej úlohy bol vedený v súlade s požiadavkami na orientačný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum daných investorom stavby NDS a.s. Bratislava a špecifických požiadaviek projektanta stavby.

Výsledky orientačného inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu budú podkladom na spracovanie dokumentácie pre územné rozhodnutie (DÚR).

1.4 Preskúmanosť územia a poskytnuté podklady

V širšom okolí posudzovaného územia boli v minulosti realizované nasledujúce geologické úlohy:

Hrašna M. et al., 1971: Základná inžinierskogeologická mapa 1:25 000 list M-33-131-C a Malacky

Jezný, M., 2007: Záverečná správa Priemyselný park Malacky – technická infraštruktúra. Orientačný inžinierskogeologický prieskum. Progeo spol. s r.o., Žilina

Danko J., 2015: Záverečná správa. Diaľnica D2 – križovatka Rohožník. Inžinierskogeologická štúdia. TERRATEST s.r.o.

Objednávateľom úlohy boli k vypracovaniu projektu geologickej úlohy poskytnuté súťažné podklady v elektronickej forme, situácia stavby, aktuálna ortofotomapa a pozdĺžne profily jednotlivých vetiev a križovatky.

2. CHARAKTERISTIKA PRÍRODNÝCH POMEROV

2.1 Geomorfologické pomery

V zmysle geomorfologického členenia SR (Atlas krajiny SR (2002)) záujmové územie patrí do Alpsko - himalájskej sústavy, podsústavy Panónska panva, provincie Západopanónska panva, subprovincie Viedenská kotlina, oblasti Záhorská nížina, celku Borská nížina, podcelku Záhorské Pláňavy.

V území vystupuje ako základný typ erózno-denudačného reliéfu reliéf rovín a nív, základná morfoštruktúra mladé poklesávajúce morfoštruktúry s agradáciou - negatívne morfoštruktúry Panónskej panvy.

Morfologicko – morfometrický typ reliéfu územia je rovina, ktorá je horizontálne a vertikálne rozčlenená.

2.2 Klimatické pomery

Podľa Atlasu krajiny (2002) patrí hodnotené územie do teplej oblasti, mierne suchej, s miernou zimou. Podľa mapy klimaticko-geografických typov, ide o typ nížinnej klímy s miernou inverziou teplôt, suchá až mierne suchá, subtyp teplá. Charakteristika subtypu je prehľadne znázornená v tab. 2.

Tab. 2: Charakteristika subtypu prevažne teplej nížinnej klímy (Atlas krajiny, 2002)

Typ	nížinná klíma
Subtyp	teplá
Suma teplôt 10 °C a viac	3000 - 3200
Teplota v januári (°C)	> -2
Teplota v júli (°C)	20 až 19
Ročná amplitúda priemerných mesačných teplôt vzduchu (°C)	22 až 24
Ročné zrážky (mm)	550 – 600

Podrobnejšie údaje o priebehu teplôt vzduchu zo stanice Malacky uvádzame v tab. 3.

Tab. 3: Priemerné mesačné maximálne a minimálne teploty vzduchu (°C) Malacky 1990 – 2020 (meteoblue.com)

Stanica		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Malacky	min	-2	-2	1	5	9	12	14	14	11	6	2	-1
	max	3	5	10	16	21	24	27	27	22	17	9	**4**

Nadmerné zrážky sa vyskytujú prevažne v letných mesiacoch jún, júl, august a tiež v mesiaci november. Minimum zrážok pripadá na október, január až apríl. Rozdelenie zrážok v priebehu roka je teda nepriaznivé pre tvorbu zásob podzemných vôd, keďže väčšia časť zrážok v priebehu roka spadne vo vegetačnom období, kedy je maximálny výpar a veľká spotreba vody rastlinami. (pozri tab. 4).

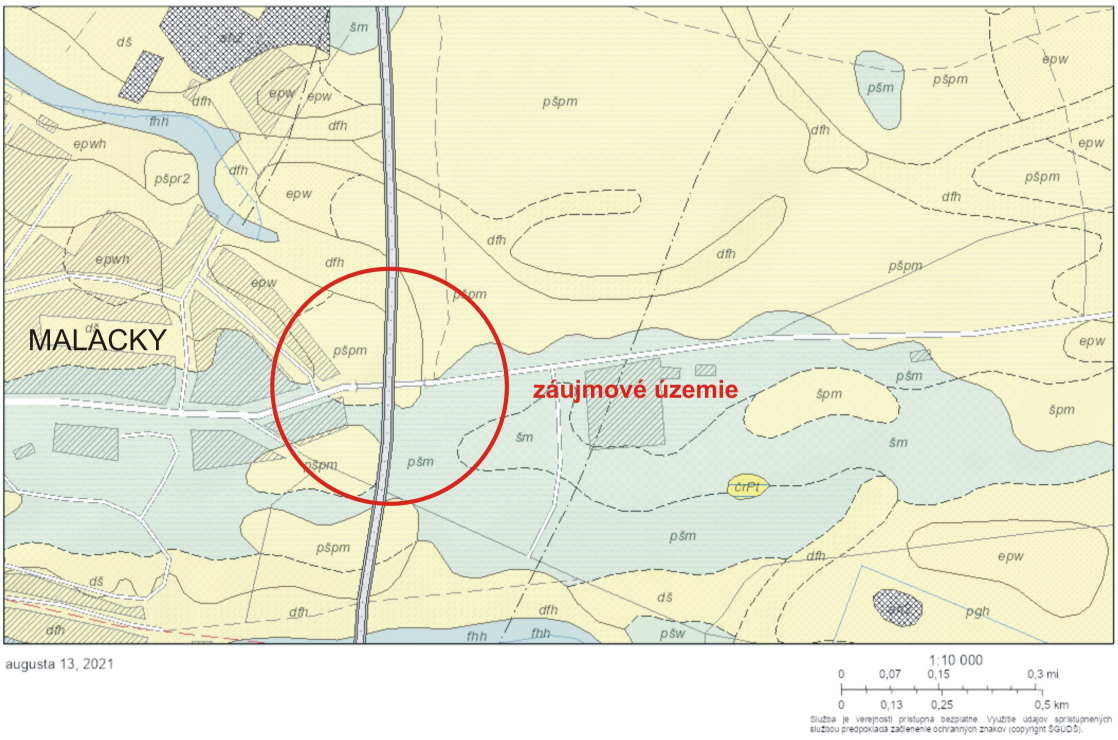
Tab. 4: Priemerné mesačné úhrny zrážok zo stanice Malacky (1990 – 2020) (meteoblue.com)

mesiac	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Zrážky [mm]	33	33	36	36	48	51	50	42	45	29	38	36	**477**

2.3 Geologická stavba

Územie Malacko – Koválovskej depresie budujú sedimenty neogénu a kvartérne náplavy alúvia rieky Moravy a eolické sedimenty (obr. 2).

Zlomová tektonika podmienila rozdelenie predkvartérneho podložia panvy, pozdĺž zlomových systémov JV a JZ smeru, na elevácie a depresie. Malacko – Koválovská depresia sa sformovala do konca miocénu. V panóne bol elevačný pruh spoločný s Lábsko – lakšárskou elevációu. Neogénna sedimentácia končí panónskym súvrstvím.



KVARTÉR

Holocén vcelku

fhh; fluviálne sedimenty: litofaciálne nečlenené nivné hliny, alebo piesčité až štrkovité hliny dolinných nív a nív horských potokov

hh; fluviálno-organické sedimenty: jemnopiesčité, ílovité až hnilokalové humózne hliny mŕtvych ramien a močiarov

Stredný pleistocén (staršia časť)

šm; fluviálne sedimenty: štrky, piesčité štrky a reziduálne štrky nerozlíšených akumulácií mladších terás

Mladší pleistocén - holocén

dfh; deluviálno-fluviálne sedimenty: prevažne ronové hliny, piesčité hliny s úlomkami, jemnozrnné piesky a splachy zo spraší

Pleistocén / holocén

pgh; deluviálno-polygenetické sedimenty: hlinito-ílovité a piesčité svahové hliny

Mladší pleistocén

epw; eolické sedimenty: jemnozrnné naviate piesky (nevápnité, vápnité)

Stredný pleistocén (mladšia časť)

hpr2; fluviálne sedimenty: prachovité a piesčité hliny, strednozrnné až hrubozrnné piesky vo mladších polohách nižších stredných terás

Pleistocén / holocén

dš; deluviálne sedimenty: gravitačne resedimentované piesčité a piesčito-hlinité štrky svahovín

Mladší pleistocén - holocén

epwh; eolické sedimenty: jemnozrnné nevápnité piesky

Mladší pleistocén

pšpw; fluviálne sedimenty: prevažne piesky až štrkovité piesky dnových akumulácií v nivách a nízkych terasách s pokryvom eolických pieskov

Stredný pleistocén (mladšia časť)

pšpr2; fluviálne sedimenty: piesky (sporadicky drobné štrky) nižších stredných terás s pokryvom eolických pieskov

Stredný pleistocén (staršia časť)

pšm; fluviálne sedimenty: piesky (sporadicky drobné štrky) nerozlíšených akumulácií vrchných terás

pšpm; fluviálne sedimenty: piesky (sporadicky drobné štrky) nerozlíšených akumulácií vrchných terás s pokryvom eolických pieskov

špm; fluviálne sedimenty: štrky, piesčité štrky a reziduálne štrky akumulácií vrchných terás s pokryvom eolických pieskov

NEOGÉN

MIOCÉN

Pont

črPt; čárske súvrstvie: striedanie ílov a pieskov s medzivrstvami lignitov

Obr. 2: Geologická stavba skúmaného územia (zdroj: portál Geology.sk)

Z geologického hľadiska patrí záujmové územie do Záhorskej nížiny, ktorá je súčasťou Viedenskej panvy – oblasť vnútrokarpatských nížin. Územie má zložitú tektonickú stavbu. Systémom zlomov je rozlámaná na viacero krýh. V dôsledku diferenciálnych pohybov, ktoré sa aktivizovali pozdĺž zlomov v panóne a kvartéri, sa vytvoril systém elevácií a prepadlín s veľmi rozdielnou mocnosťou neogénnych a kvartérnych sedimentov. Vývoj geologickej stavby bol úzko spätý s tektonikou. Neogénne sedimenty sú porušené sústavou zlomov s prevažujúcim smerom SV – SSV, tvoriacich sústavou hrástí a prepadlín so zriedkavými priečnymi zlomami. Predkvartérne podložie je teda v širšom okolí záujmového územia budované neogénnymi nespevnenými až málo spevnenými sedimentmi. Najvrchnejší komplex je tvorený sedimentmi pontu, reprezentovanými pestrými ílmi, až piesčitými ílmi so šošovkovitými polohami piesku. Súdržné sedimenty sú vysoko až extrémne plastické, miestami s vápnitými konkréciami. Prechody do piesčitých ílov bývajú pozvoľné, piesčité šošovky však spravidla bývajú ostro ohraničené. Majú konzistenciu tuhú až pevnú, na rozdiel od sedimentov bádenu a karpatu s pevnou až tvrdou konzistenciou. Nesúdržné sedimenty sú stredne uľahnuté až uľahnuté. Sklony vrstiev pliocénnych sedimentov sú podmienené nepravidelnou sedimentáciou, subsidenciou a synsedimentárne pôsobiacimi poklesovými zlomami.

V kvartéri boli zistené dva druhy pohybov: synsedimentárne s dielčími depresiami a vyrovnávacie, podmieňujúce erózny charakter nížiny a morfologický vzhľad jednotlivých tektonických jednotiek.

Neogénne sedimenty tvoriace výplň Viedenskej panvy rozdeľujeme z genetického hľadiska na morské a sladkovodné sedimenty. Sú miocénneho až pliocénneho veku. Najmladšie sedimenty sú usadeniny panónskeho veku. Reprezentované sú čárskym súvrstvím. V regióne vystupujú na povrch iba ojedinele. Sú prekryté pliocénnymi a kvartérnymi sedimentmi. Sú vo všeobecnosti reprezentované svetlosivozelenými vápnitými a piesčitými ílmi, v ktorých sa nachádzajú vrstvy hnedosivých až čiernosivých ílov a lignitových slojov. Súvrstvie dosahuje hrúbku okolo 150 m.

V území vystupujú prevažne neogénne sedimenty pontu. Tieto majú premenlivý vývoj. Zastúpené sú prevažne ílovito – prachovitými, menej piesčitými sedimentmi. Ojedinele sa v nich vyskytujú uhoľné íly so slojkami lignitu. Piesčité sedimenty sú vo forme medzivrstvičiek, vložiek i hrubších vrstiev častejšie najmä v sedimentoch pontského veku (Hrašna, Vlčko, 1985). V panónskom vývoji – prevládajú zeleno a hnedo sivé pestré íly s polohami pieskov až drobných štrkov. Okrajový vývoj na kontakte s Malými Karpatami – vrchný báden – tvorí fácia zlepencov a štrkov, v menšej miere fácia pieskov až pieskovcov, menej ílov. Zlepence okrajového vývoja bazálnych klastík – tvoria valúny hrubých štrkov a úlomkov s tmelom – striedané jemnejšími štrkmi a polohami pieskov. Materiál štrkov a zlepencov tvoria žuly, kremence, bridlice, fylity, vápence. Všeobecne je vytriedenosť a opracovanosť materiálu slabá, iba ďalej od okraja pohoria lepšia.

Kvartérne sedimenty vystupujú na neogénom podklade. Zastúpené sú prevládajúcimi eolickými sedimentmi a fluviálnymi sedimentmi rieky Moravy a jej prítokov. Zároveň sú v území zastúpené deluviálno – fluviálne a organogénne sedimenty.

Fluviálne sedimenty sa nachádzajú pozdĺž tokov riek, kde vystupujú vo forme štrkopieskových terás, resp. ich reliktov. Tvoria ich povodňové hliny a íly prachovité, hlinité piesky jemno až strednozrnné s prímesou drobných štrčíkov až aluviálne piesky stredno až hrubozrnné sivohnedé s obsahom drobných silne piesčitých štrčíkov veľkosti do 2 – 5 cm. Stratigrafický rozsah fluviálnych uložení regiónu siaha od spodného pleistocénu po holocén. Na pozitívnych morfotektonických štruktúrach Borskej nížiny tvoria fluviálne sedimenty litologickú náplň systému riečnych terás (spodný až vrchný pleistocén) a dnových akumulácií (vrchný pleistocén) vrátane ich celého nivného pokryvu (holocén).

Fluviálne sedimenty riečnych terás sa zachovali najmä pozdĺž ľavého brehu toku Moravy. Tvoria ich piesčité, dobre opracované štrky, ale najmä štrkovité piesky až piesky. Terasy sú na povrchu často pokryté eolickými pieskami. Akumulácie dosahujú hrúbku do 5 - 15 m. Dnové akumulácie piesčitých štrkov a pieskov tvoria najmladší cyklus pleistocénnej akumulácie a vyskytujú sa v podobe terás. Hrúbka dnovej akumulácie rieky Morava sa v nive pohybuje v rozpätí 3 - 6 m.

Podstatná časť riečnych nív je tvorená hlinitými a piesčito-hlinitými povodňovými sedimentmi. Sú uložené na piesčitých štrkoch dnovej akumulácie vrchného pleistocénu a na štrkoch a pieskoch korytovej a prikorytovej fácie. Ich hrúbka je rôzna, často rastie smerom od okraja nivy k hlavným tokom, a to od 0,5 do 3 m.

Deluviálno – fluviálne sedimenty sa vyskytujú v medzidunových zníženinách a úvalinách v Bore a miestach s výskytom eolických pieskov. Tvoria ich prevažne deluviálno-fluviálne piesky.

Eolické sedimenty v záujmovom území majú z hľadiska hrúbky, plošného rozsahu a špecifickosti vývoja dominantné postavenie. Tvoria mohutné akumulácie eolických pieskov. Pre Borskú nížinu sú dominantným kvartérnym reliéfotvorným prvkom. Viate piesky sa vyskytujú vo viacerých ucelených pásmach Záhorských pláňav, a najmä Boru. Tvoria plošne rozsiahle dunové komplexy spojené do dunových sérií tvoriacich pozdĺžne paralelné pásma až sústavy mohutných pieskových valov, ale vyskytujú sa aj ako plošne aj výškou malé lokálne presypy až beztvaré ploché akumulácie. Všetky povrchové akumulácie eolických pieskov majú vrchnopleistocénny až holocénny vek. Staršie strednopleistocénne akumulácie eolických pieskov sú doložené z výplní lokálnych neotektonických depresií. Akumulácie sú tvorené strednozrnnými a jemnozrnnými žltými, svetlosivými až svetlohnedými, výrazne kremitými pieskami s obsahom úlomkov biotitu. V západných častiach Borskej nížiny na hranici nivy Moravy a jej terasového systému sú v pieskoch prítomné aj zrná do veľkosti 3 mm. Zrniečka piesku sú všeobecne dobre opracované a ich vytriedenie sa s dĺžkou transportu zvyšuje.

Organogénne sedimenty sa vyskytujú v aluviálnych nivách a v medzidunových močaristých zníženinách Boru a Záhorských pláňav, ako aj v distálnych zónach malokarpatských kužeľov na ich styku s pieskami Boru. Aluviálne nivy sú charakteristické sieťou mŕtvych ramien a iných znížení reliéfu. Dominujú v nich rozličné subtypy fluviálno-organických kalových a hnilokalových humóznych piesčitých hlín a organogénnych humóznych rašelinových hlín a slatín.

2.4 Hydrologické pomery

Hydrograficky patrí predmetné územie do čiastkového povodia Moravy (číslo hydrologického poradia 4-17-02). Odvodňované je sériou menších potôčikov a kanálov do toku Maliny (ID toku: 4-17-02-60). Podľa zoznamu útvarov povrchových vôd patrí posudzované územie do útvaru Malina SKM0014, ktorý je v tomto riečnom km výrazne zmeneným vodným útvarom.

Malina patrí tiež medzi toky silne ohrozené znečistením, pretože je recipientom veľkého množstva komunálnych odpadových vôd z priemyselnej zóny mesta Malacky a z tejto aglomerácie. Najväčším bodovým zdrojom znečistenia podieľajúcim sa na nevyhovujúcej kvalite vody vôd povrchových tokov je mestská ČOV v Malackách. Na toku boli dve monitorované miesta pre sledovanie kvality vody, pod Malackami a v Zohore. V oboch sa kvalita vody oproti minulému roku výrazne zlepšila aj v dôsledku stabilizácie čistiaceho efektu na mestskej ČOV Malacky. V monitorovaných miestach požiadavkám NV č. 269/2010 Z.z. [5] nevyhovuje len dusitanový dusík (MŽP SR, 2011)

Morava, je prvým prítokom Dunaja na Slovensku v mestskej časti Bratislava - Devín. Priemerný prietok rieky je 120,0 $m^3.s^{-1}$, minimálny prietok 7,7 $m^3.s^{-1}$ a maximálny prietok 1 500 m^3 $.s^{-1}$. Rieka je čiastočne regulovaná, ale jej záplavové územie má zachovaný prírode blízky charakter. Kratšími ľavostrannými prítokmi na dolnom toku odvodňuje západný výbežok Slovenska, na záujmovom území Záhorskú nížinu aj severozápadné úbočie Malých Karpát. Od dotknutého územia preteká cca 12 km západne.

Najvýznamnejším tokom na území Malaciek je rieka Malina, ktorá má celkovú dĺžku 47 km, pramení v Malých Karpatoch pod vrchom Tri kopce a do Moravy ústi v oblasti Devínskeho jazera. Pôvodne pretekala rieka cez Malacky, začiatkom 70-tych rokov sa začalo realizovať jej odvodnenie do kanála pod mestom (Macejka, 2008). Na rieke sú vybudované dva regulačné objekty (Hrdina et al., 2013), kombinovaná hať na odber vody pre kúpalisko a blízke priemyselné prevádzky na rkm 28,67 a pohyblivá hať na odber vody pre zásobovanie Jakubovských rybníkov na rkm 24,621. Rieka preteká južne od posudzovaného územia.

Rieky Morava aj Malina boli v roku 2002 zaradené medzi vodohospodársky významné vodné toky.

Na spomínaných vodných tokoch sa vodomerné stanice nachádzajú na rieke Morave (stanica č. 5087 Vysoká pri Morave) a na rieke Maline (stanica č. 5095 v Jakubove na 21,95 rkm a č. 5090 v Kuchyni na 42,05 rkm). V roku 2010 boli namerané priemerné ročné prietoky na Morave 194,6 $m^3.s^{-1}$, na Maline v Jakubove 1,669 $m^3.s^{-1}$ a v Kuchyni 0,144 $m^3.s^{-1}$ (SHMÚ, 2011). V nasledujúcej tabuľke uvádzame prehľad priemerných mesačných prietokov nameraných v danom roku na všetkých staniciach. Maximálne priemerné mesačné prietoky boli zaznamenané od februára do apríla, minimálne priemerné mesačné prietoky sa vyskytli v júli, auguste a decembri.

Tab. 5: Priemerné mesačné prietoky [$m^3.s^{-1}$] na najbližších vodných tokoch (SHMÚ, 2011)

Stanica SHMÚ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII
5087 Vysoká pri Morave	120,1	144,2	255,2	200,3	370,6	379,9	102,0	146,9	149,0	155,9	112,9	195,5

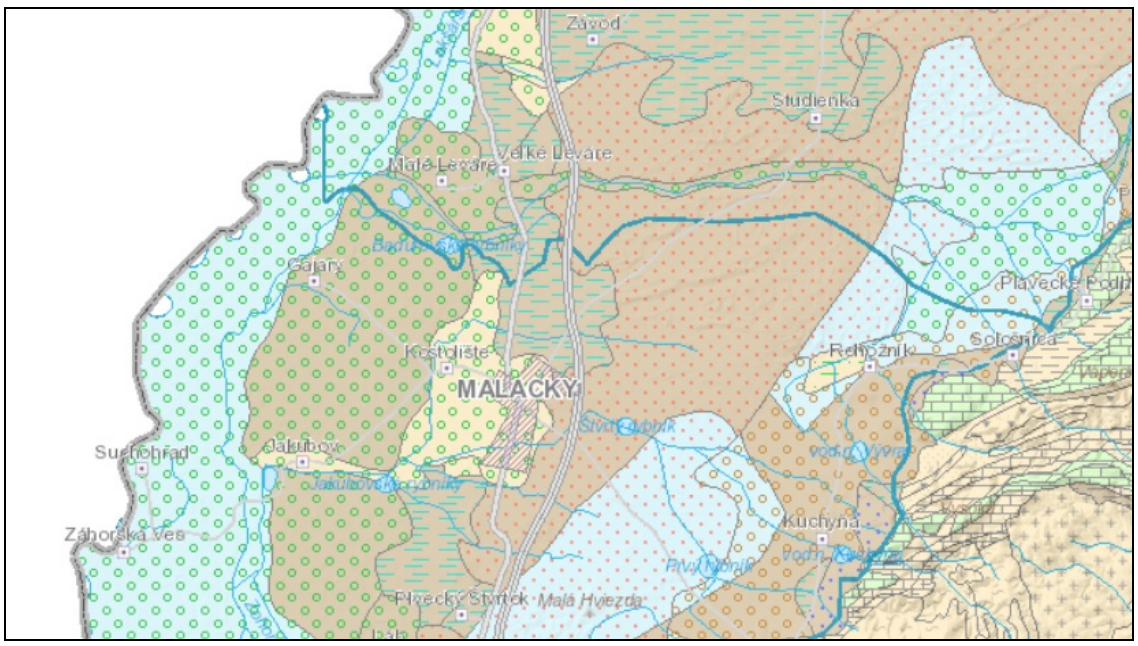
5095 Jakubov	1,266	1,474	1,515	2,135	3,835	2,857	0,474	0,822	1,586	1,248	0,893	1,928
5090 Kuchyňa	0,127	0,057	0,088	0,322	0,156	0,174	0,079	0,082	0,208	0,091	0,072	0,271

2.5 Hydrogeologické pomery

Dotknuté územie (obr. 3) leží v hydrogeologickom rajóne NQ005 Neogén centrálnej časti Borskej nížiny, pre ktoré je charakteristické využiteľné množstvo podzemných vôd 300,00 $l.s^{-1}$. Určujúcim typom priepustnosti je medzizrnová (SHMÚ, 2005).

V roku 2019 sa kvalita podzemných vôd sledovala v 74 kvartérnych a predkvartérnych útvaroch podzemných vôd, v zmysle Nariadenia vlády Slovenskej republiky 452/2019 Z.z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č.282/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú prahové hodnoty a zoznam útvarov podzemných vôd. Posudzované územie spadá do predkvartérneho útvaru SK2000200P - Medzizrnové podzemné vody západnej časti Viedenskej panvy. Výsledné vyhodnotenie chemického a kvantitatívneho stavu predkvartérnych útvarov podzemných vôd s informáciami z vyhodnotenia podľa jednotlivých testov a v prípade hodnotenia chemického stavu i znečisťujúcich látok spôsobujúcich zlý chemický stav a spoľahlivosti vyhodnotenia stavu zaraďujeme tento útvar z hľadiska chemického stavu do stavu **zlého** a z hľadiska hodnotenia kvantitatívneho stavu podzemných vôd do stavu **dobrého** (MŽP SR).

Záhorskú nížinu budujú neogénne sedimenty, ktoré sú prikryté kvartérnymi sedimentmi. Najvýznamnejšie kolektory podzemných vôd sú viazané na fluviálne sedimenty rieky Moravy a Maliny.



Obr. 3: Hydrogeologická mapa skúmaného územia 1:200 000 (zdroj: portál Geology.sk)

Oblasti alúvií riek Moravy a Maliny sú zložené z piesčitých štrkov s vyššou priepustnosťou. Dosahujú hrúbku približne do 10 m. Aluviálne náplavy vykazujú vysoký

stupeň priepustnosti, ale z kvalitatívneho hľadiska sú často antropogénne ťažko postihnuté. Významnejšie využívané zdroje podzemnej vody sú v katastrálnych územiach obcí Veľké Leváre, Plavecký Štvrtok a Suchohrad. Doplňanie podzemných vôd kvartérnych sedimentov sa predpokladá z pramenných prestupov na línii Bezedné, Rybníček, Tančibok a atmosférických zrážok.

Terasové akumulácie rieky Moravy ako celok možno charakterizovať strednou hodnotou T = 2,29 . 10^{-3} m^2. s^{-1} (Marcin et al., 1996). Terasy sú tvorené fluviálnymi uloženinám s hrúbkou štrkov a pieskov 2 až 5 m. Štrky a piesky sú veľmi dobre priepustné a niekedy bývajú pokryté eolickými pieskami s vyššou priepustnosťou. V nich výrazne prevládajú piesčité frakcie (70 - 90 %). ílovité frakcia nepresahuje 10 %, prachovité frakcia je zastúpená podielom 10 - 12 %. Marcin et al. (1996) stanovili v južnej časti Záhoria strednú hodnotu prietočnosti viatych pieskov na elevaciách 5,01 10^{-4} m^2. s^{-1}. Primárnym zdrojom podzemnej vody je nevyparená zrážková voda. Miestom odvodňovania podzemnej vody je severný okraj komplexu eolických pieskov. Uskutočňuje sa vo forme pramenných výverov a priamym prestupom podzemnej vody do Rudavy.

Kvartérne štrky a piesky holocénnych poriečnych nív s pokryvom piesčitých hlín riečnych alúvií charakterizuje medzizrnová priepustnosť. Stredná hodnota prietočnosti hydrogeologického celku holocénnych štrkovito-piesčitých sedimentov riečnych alúvií v oblasti údolnej nivy Moravy je 2,75 . 10^{-3} m^2. s^{-1} (Marcin et al.,1996).

K menej priepustným neogénnym sedimentom v pelitickom vývoji sa zaraďujú najmä pestré íly bádenských súvrství studienčanského a jakubovského súvrstvia.

Neogénne sedimenty Záhorskej nížiny z hydrogeologického hľadiska charakterizuje rôzna medzizrnová priepustnosť, nízke hodnoty hydraulických gradientov a striedanie priepustnejších a menej priepustných polôh. To spôsobuje častú prítomnosť artézskych horizontov s rôzne veľkou piezometrickou hladinou. Vzhľadom na nízku priepustnosť a nízky hydraulický gradient je tu pohyb podzemnej vody veľmi pomalý, s vysokou prirodzenou ochrannou funkciou menej priepustných horizontov. Priepustnosť neogénnych sedimentov je však horizontálne aj laterálne veľmi premenlivá.

Spomedzi neogénnych sedimentov, ktoré sa nachádzajú v Záhorskej nížine, sa odhad strednej hodnoty prietočnosti T zvyčajne pohybuje v rozmedzí od 1,0 . 10^{-5} m^2. s^{-1} do 3,0 10^{-3} m^2. s^{-1}.

Pramene a pramenné oblasti, termálne a minerálne pramene ani zdroje liečivých vôd sa v dotknutom území nenachádzajú. V širšom okolí dotknutého územia sa pramene nachádzajú v oblasti pohoria Malé Karpaty. Z 28 geotermálnych oblastí a štruktúr na Slovensku zasahuje do dotknutého okresu Lábsko - Malacká elevácia. V Lábsko - Malackej elevácii sa nachádza 6 vrtov, ktoré sa z dôvodu nízkej výdatnosti, alebo vysokej mineralizácie nevyužívajú.

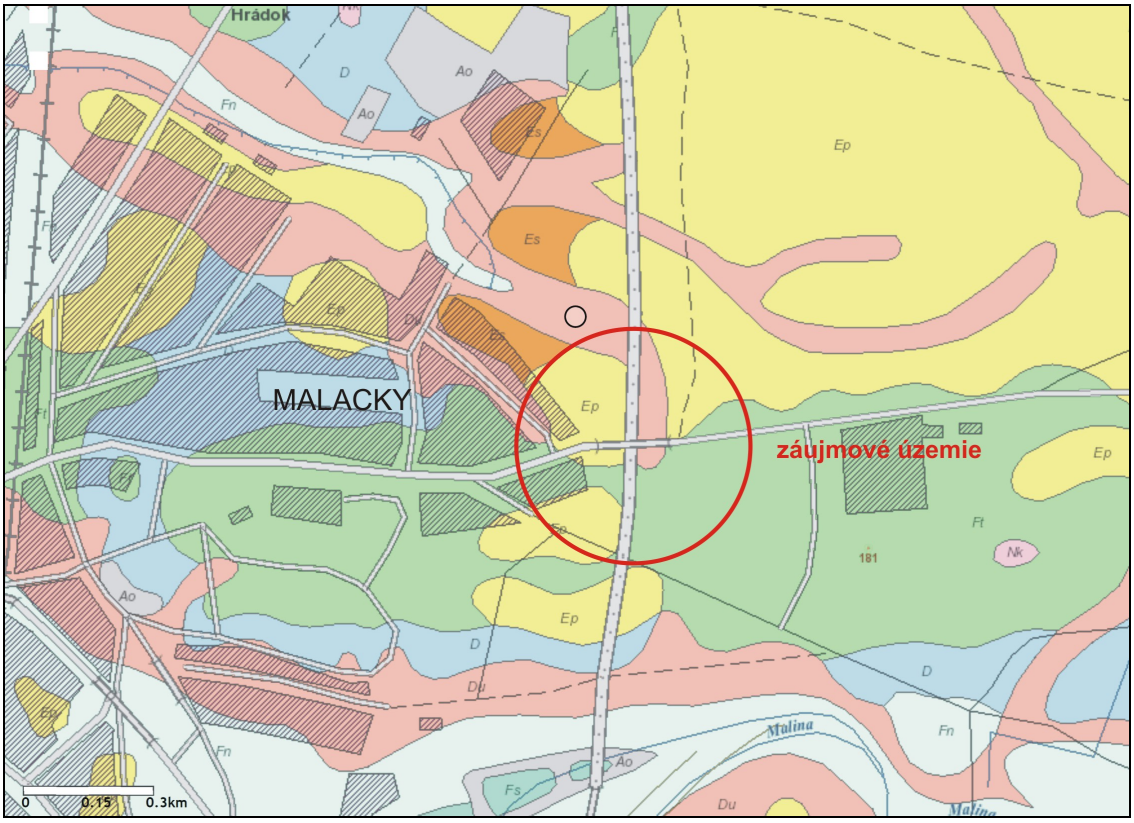
2.6 Inžinierskogeologické pomery

Podľa mapy inžinierskogeologickej rajonizácie patrí záujmové územie do regiónu neogénych tektonických vkleslín, oblasti vnútrokarpatských nížin – Záhorská nížina.

Z inžinierskogeologického hľadiska v skúmanom území vyčleňujeme rajón údolných riečnych náplavov – F a rajón deluviálnych sedimentov – D a rajón eolických pieskov - E (obr. 4):

Rajón údolných riečnych náplavov – F – vytvárajú náplavy súčasných nížinných a horských tokov. Pre náplavy nížinných tokov je charakteristické zastúpenie dvoch faciálnych komplexov: hrubozrnných sedimentov riečneho koryta a jemnozrnných sedimentov údolnej nivy. Sedimenty riečneho koryta vytvárajú spodný, spravidla niekoľko metrov hrubý komplex štrkovitých a piesčitých sedimentov. Faciálny komplex údolnej nivy tvorí povrchovú časť náplavov, zloženú z hlinitých, ílovitých až piesčitých sedimentov, dosahujúcich spravidla hrúbku 3 – 5 m. V tektonicky poklesávajúcich častiach nížin a kotlín majú fluviálne náplavy hrúbku aj niekoľko desiatok metrov, pričom v závislosti od režimu tektonických pohybov a klimatických pomerov sa oba faciálne komplexy spravidla niekoľkokrát opakujú.

Sedimenty náplavov nížinných aj horských tokov sú trvale zvodnené s hladinou podzemnej vody spravidla v hĺbke do 2 až 4 m. Pri vyšších vodných stavoch sa vyskytujú zamokrené miesta, ktoré majú v tektonicky poklesávajúcich územiach aj trvalejší charakter. Priepustnosť štrkovitých sedimentov možno charakterizovať koeficientom filtrácie v rozmedzí 10^{-4} až 10^{-3} m.s^{-1}, pričom vyššou priepustnosťou sa vyznačujú hrubé až balvanité štrky horských tokov.



Obr. 4: Inžinierskogeologická mapa skúmaného územia (zdroj: portál Geology.sk)

Rajón deluviálnych sedimentov – D – je zastúpený najmä v miestach kde eluviálno – deluviálne sedimenty ležia na kryštalickom podklade tvorenom hlavne skalnými

a poloskalnými horninami a nespevnenými piesčito-štrkovitými sedimentmi. Dosahujú hrúbku do 3 – 5 m.

Podľa charakteru hornín tu vystupuje hlinité delúvium, ktoré je rozšírené na svahoch budovaných neogénnymi ílovito-prachovitými, resp. ílovito-piesčitými sedimentmi.

V zrnitostnom zložení hlín, najmä v prípade ak vystupujú na neogénnom podloží, má výrazné zastúpenie prachovitá frakcia, ktorá dosahuje často 40 až 90% zastúpenia. Zastúpenie ílovitej frakcie nepresahuje 60%, najčastejšie sa pohybuje do 40%. Veľmi často hliny obsahujú úlomky navetraných až zvetraných hornín podkladu v množstve do 10 – 20%, ojedinele i viac.

Konzistencia týchto zemín je prevažne pevná až tvrdá, v oblasti Záhorskej nížiny prevažne tuhá až pevná. Ojedinele sa vyskytujú aj zeminy mäkkej konzistencie. V klasifikácii podľa STN 72 1002 ich možno označiť najmä ako hlinu, ílovitú hlinu, piesčitú hlinu a ílovitú hlinu piesčitú. Ide prevažne o namŕzavé až nebezpečne namŕzavé zeminy s kapilárnou vzlínavosťou.

Rajón eolických pieskov (viatych pieskov) – E – v skúmanom území vytvára ploché, morfologicky málo členené pokryvy. Dosahujú spravidla malých hrúbok, do 5 m, ojedinele do 10 m. Piesky vytvárajúce ploché málo členité pokryvy, sú spravidla preplavené alebo premodelované činnosťou vody a obsahujú niekedy prímes drobných štrkových zŕn alebo prachovito – ílovitých častíc. Ojedinele sa v komplexe eolických pieskov vyskytujú aj pochované pôdy alebo rašeliniská.

Podobne ako spraše aj eolické piesky sú uložené buď na predkvartérnom (neogénom) podklade alebo na fluviálnych, proluviálnych, prípadne aj sprašových sedimentoch.

Eolické piesky sú spravidla jemnozrnné alebo strednozrnné, dobre opracované a dobre vytriedené (rovnozrnné). Tvoria ich prevažne kremenné zrná (nad 90%), niekedy je zastúpený živec (do 5 až 10%) a ťažké minerály. Najmladšie eolické piesky, akumulované obvykle pozdĺž nížinných tokov, sú menej vytriedené a opracované, často obsahujú aj sľudu.

Do hĺbky 2 až 3 m sú piesky obvykle stredne uľahnuté, hlbšie sú uľahnuté. Kypré piesky sa vyskytujú iba miestami, a to iba v povrchových polohách do hĺbky 0,3 až 0,6 m. Podľa STN 73 1001 ako základové pôdy ich možno zaradiť do tried S2 a S1, ojedinele do S3. Podľa STN 73 3050 ide predbežne o rypné horniny, zaradené do 2. triedy ťažiteľnosti.

Priepustnosť väčšiny eolických pieskov možno charakterizovať koeficientom filtrácie v rozmedzí 10^{-5} až 10^{-4} $m.s^{-1}$. Trvale zvodnené sú v tektonických depresiách, alebo ak pokrývajú v značnej hrúbke rozsiahlejšie územia. V územiach, kde vytvárajú pokryvy menšieho rozsahu a hrúbky, býva podzemná voda akumulovaná iba v priepustných podložných sedimentoch.

2.7 Seizmicita územia

V zmysle STN 73 0036 príloha A2 „Seizmotektonická mapa Slovenska“ sa záujmové územie nachádza v oblasti, kde sa v historicky známom období vyskytla intenzita zemetrasenia 6° - 7° makroseizmickej aktivity MSK-64.

Podľa STN 73 0036 obrázok 1 „Zdrojové oblasti seizmického rizika“ strana 15, sa záujmové územie nachádza v zdrojovej oblasti 4. Tejto oblasti je v článku 4.1.2.3.1. vyššie uvedenej normy priradená hodnota základného seizmického zrýchlenia a_r=0,3 m.s^{-2}. Podložie zodpovedá kategórii B - vrstvy stredne uľahnutých pieskov, štrkov alebo stredne tuhých ílov.

Základné seizmické zrýchlenie zodpovedá zemetraseniu s periódou výskytu 450 rokov a vzťahuje sa na objekty so súčiniteľom významnosti γ_I=1,0 s priemernou životnosťou 50-100 rokov. Ak sú pre konštrukciu stanovené prísnejšie kritériá, seizmické riziko sa osobitne zhodnotí s uvážením variácie hĺbky hypocentra a vplyvu geológie.

Podľa STN EN 1998-1/NA/Z2-Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť sa predmetné územie nachádza v oblasti seizmického ohrozenia s hodnotou referenčného špičkového seizmického zrýchlenia na skalnom podloží a_{gR} = 1,00 – 1,29 m.s^{-2}.

2.8 Hĺbka premŕzania

V súlade s ON 73 6196 je stanovená hĺbka premŕzania (vzdialenosť medzi povrchom a úrovňou zamŕzania vody) v závislosti od počtu mrazových dní T_m, pri použití mrazového súčiniteľa s hodnotou α_0=52 podľa vzťahu $h_{pr}=\sqrt{2}.\ \alpha_0.\ T_m$, pre oblasť T2 v rozmedzí 95 – 110 cm.

3. METODIKA A ROZSAH GEOLOGICKÝCH PRÁC

Metodika riešenia geologickej úlohy bola určená špecifikáciou prác stanovených objednávateľom prieskumu v súťažných podkladoch. Pri riešení geologickej úlohy boli použité štandardné postupy zaužívané pre líniové stavby a ich objekty, v súlade s platnými predpismi a smernicami.

Pri riešení prác boli zohľadnené nasledovné metodické postupy doporučené MŽP SR a MP SR:

1. Zákon č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach
2. Vyhláška MŽP SR č. 51/2008 z 21.1.2008, ktorou sa vykonáva geologický zákon
3. Zákon č. 364/2004 Z.z. o vodách v znení neskorších predpisov
4. Technickými podmienkami na vykonávanie inžinierskogeologického prieskumu pre cestné stavby TP 7/2008

V zmysle požiadaviek objednávateľa geologické práce pozostávali:

- z excerpcie archívnych geologických prác realizovaných v záujmovom území;
- z prípravy projektu geologickej úlohy;
- z riešenia stretov záujmov;
- z terénnych prác;
- z laboratórnych skúšok;
- z výkonov geologickej služby.

Terénne práce obsahovali:

- meračské vytýčenie a zameranie geologických diel;
- povrchové geofyzikálne merania;
- realizáciu geologických diel;
- ich dokumentáciu v zmysle STN 72 1001 a fotodokumentáciu;
- odber vzoriek zemín, hornín a vody;
- realizáciu presiometrických skúšok;
- realizáciu penetračných sond;
- realizáciu nalievacej skúšky.

Geologické práce na geologickej úlohe boli realizované v etape orientačného inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu. Rozmiestnenie prieskumných diel a realizovaných skúšok je graficky znázornené v prílohe 2 - Situácia realizovaných prieskumných diel.

3.1 Vrtné práce

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 bolo uvažované i s predpokladanou geologickou stavbou, tak aby prieskumnými dielami boli zachytené všetky očakávané litologické, inžinierskogeologické, geotechnické resp. hydrogeologické komplexy, ktoré sa na riešenom území môžu vyskytovať (príloha 3). Vrty boli projektované aj podľa pozdĺžnych profilov pre okružnú križovatku a jej jednotlivé vetvy A, B, C a D, teda v miestach najvyšších násypov, najhlbších odrezov a v miestach založenia okružnej križovatky (príloha 2).

Prípravné práce pred zahájením vŕtania zahŕňali prepravu súpravy a materiálu, zriadenie staveniska a inštaláciu vrtnej súpravy a súvisiacich zariadení. Vrtné práce sa začali po oboznámení členov vrtnej osádky s projektovou dokumentáciou, technologickým postupom a po kolaudácii vrtnej súpravy a pracoviska vrtmajstrom. Vrtná osádka pracovala pod vedením vrtmajstra Ľuba Jantošíka.

Technické diela boli geodeticky vytýčené pomocou GNSS Trimble R7 podľa naprojektovaných súradníc v súradnicovom systéme S-JTSK a označené osadením kolíkov s označením vrtu. Vytýčené prieskumné diela boli odovzdané vrtmajstrovi.

Realizácia inžinierskogeologických vrtov sa uskutočňovala pojazdnými vrtnými súpravami, bez použitia výplachového média, pomocou vrtného agregátu UGB-50M-545, na podvozku IFA-649. Vrtné agregáty boli vybavené jednoduchými jadrovnicami ø 150, 133, 108 mm pre vŕtanie rotačno-jadrovou technológiou. Na rozrušovanie zemín boli použité tvrdokovové korunky príslušných priemerov (156, 137, 112 mm) a na prepažovanie navŕtaných intervalov boli použité pažnicové kolóny ø 152 mm.

Hydrogeologické piezometrické vrty boli zabudované perforovanou pažnicou ∅ 110 mm s rezervou dvoch profilov pre účinný obsyp - 20 mm. Po odvŕtaní boli vrty vystrojené perforovanou pažnicou (10% perforácia) z PVC obsypanou štrčíkom ∅ 4-8 mm. Vo vrte HG-1 ja pažnica perforovaná od 3,20 – 12,00 m p. t. a vo vrte HG-2 je použitá perforácia od 2,60 – 12,00 m p. t. V oboch piezometrických vrtoch je v hĺbke od

12,00 – 15,00 m p. t. vybudovaný kalník. Pažnica vyvedená nad terén je opatrená uzamykateľnou oceľovou chráničkou votknutou cca 1 m pod úroveň terénu. Stabilitu chráničky zabezpečuje betónová pätka na úrovni terénu. Piezometrické vrty budú slúžiť ako súčasť pozorovacej siete NDS a.s.

V dočasne vystrojenom vrte HDS-1 bola realizovaná nalievacia skúška. Cieľom projektovanej skúšky bolo získanie podkladov pre hodnotenie hydrogeologických pomerov a hydraulických vlastností prostredia. Výsledky nalievacej skúšky sú uvedené v prílohe 10.

Inžinierskogeologické a hydrogeologické vrty boli priebežne geologicky dokumentované, bola vykonaná fotodokumentácia vrtného jadra a odber vzoriek zemín a podzemných vôd pre laboratórne spracovanie. Počas vŕtania bola vo vrtoch vysledovaná narazená a ustálená hladina podzemnej vody. Po geologickom zdokumentovaní vrtného jadra a po ovzorkovaní boli vrtné jadrá vyskartované a miesto vrtov upravené do pôvodného stavu.

V rámci riešenia geologickej úlohy bolo realizovaných 11 jadrových inžinierskogeologických vrtov s celkovou metrážou 180 m; 2 piezometrické vrty so zabudovaním s celkovou metrážou 30 m a 1 vrt pre nalievaciu skúšku s celkovou metrážou 10 m. Naprojektovaný inžinierskogeologický vrt s označením V-7 nebol realizovaný z dôvodu nedostupnosti pre vrtnú súpravu. V tab. 6 sú uvedené ich základné charakteristiky.

Tab. 6 Prehľad realizovaných vrtných prác

Charakteristika vrtov	**Počet**	**Kumulovaná hĺbka (m)**
Inžinierskogeologické jadrové vrty	11	180
Piezometrické jadrové vrty so zabudovaním	2	30
Presiometrické vrty	4	70
Dočasne vystrojené vrty pre hydrodynamické skúšky	1	10

V tab. 7 uvádzame základné charakteristiky realizovaných inžinierskogeologických a hydrogeologických vrtov. Tabuľka obsahuje porealizačne zamerané súradnice vrtov a informáciu o realizovanej hĺbke každého vrtu.

Geologické prieskumné vrty sú zakreslené v prílohe 2 a geologická dokumentácia prieskumných diel a ich fotodokumentácia tvorí obsah prílohy 5.

Tab. 7: Realizované inžinierskogeologické, piezometrické a presiometrické vrty

označenie vrtu	hĺbka (m)	výška pažnice (m)	X	Y	Z
V-1	15 m		-575142,428	-1247512,671	175,615
V-2	10 m		-575132,216	-1247406,273	174,848
V-3	25 m		-575134,526	-1247373,256	174,655
V-4	20 m		-575137,947	-1247308,412	174,004
V-5	10 m		-575126,041	-1247289,951	173,551
V-6	15 m		-575133,804	-1247151,784	171,093
V-7	-		-	-	-
V-8	10 m		-575186,326	-1247308,552	173,911
V-9	25 m		-575200,187	-1247324,969	174,35
V-10	20 m		-575194,64	-1247377,217	174,775
V-11	15 m		-575200,174	-1247401,267	174,829
V-12	15 m		-575207,835	-1247586,602	176,27
HG-1	15 m	0,80	-575226,36	-1247318,56	174,741
HG-2	15 m	0,70	-575111,068	-1247360,668	174,727
HDS-1	10 m		-575197,582	-1247398,025	174,833
PS-1	15 m		-575183,447	-1247307,499	173,911
PS-2	15 m		-575136,463	-1247310,01	174,400
PS-3	20 m		-575136,049	-1247360,596	174,292
PS-4	20 m		-575187,279	-1247364,578	175,010

3.2 Odbery vzoriek zemín, podzemných vôd a laboratórne práce

Odber vzoriek zemín a podzemných vôd bol vykonávaný v zmysle platných noriem, predovšetkým normy STN EN ISO22475-1(Geotechnický prieskum a skúšky), STN EN 25667-1: 1999: Kvalita vody. Odber vzoriek, časť 1: Pokyny na návrhy programov odberu vzoriek, STN EN 206-1 (73 2403).

V priebehu vrtných prác boli z vrtov odoberané vzorky zemín v zmysle STN 730090 (Geologický prieskum pre stavebné účely). Hĺbky odberu a počet vzoriek zemín boli stanovené geológom vzhľadom na špecifikáciu geologickej úlohy.

Z vrtného jadra bolo odobratých 73 vzoriek. Podľa STN EN ISO22475-1 z celkového počtu vzoriek bolo triedy kvality 2 odobratých 36 vzoriek s použitím metódy odberu vzoriek kategórie A - neporušené vzorky. Ide o vzorky so zachovanou štruktúrou, vlhkosťou a pórovitosťou zodpovedajúcou hodnotám in situ. Odber neporušených vzoriek bol realizovaný pomocou oceľového odberného valca. Ihneď po odbere boli neporušené vzorky konzervované nepriepustnou zátkou, v deň odberu uskladnené v miestnosti so stálou teplotou a vlhkosťou.

Z vrtného jadra bolo odobratých 34 porušených vzoriek triedy kvality 3, odobraté použitím metódy odberu kategórie B. Vzorky obsahujú všetky zložky zeminy in situ v ich pôvodnom stave a je zachovaná prirodzená vlhkosť zeminy. Vzorky majú porušenú štruktúru, ale je možné rozoznať celkové uloženie vrstiev zeminy a ich zložiek. Vzorky so

zachovanou prirodzenou vlhkosťou sa uchovávali v polyetylénových obaloch o hmotnosti 3 - 5 kg.

Na lokalite bolo odobratých 6 vzoriek podzemnej vody z inžinierskogeologických a hydrogeologických vrtov, na základný chemický rozbor a stanovenie agresivity. Odber vzorky bol realizovaný za statických podmienok pomocou odberného vzorkovacieho valca. Analýzy boli realizované v hydrochemickom laboratóriu INGEO-ENVILAB, s.r.o. Žilina, výsledky sa nachádzajú v prílohe 7.

Z vrtného jadra boli odobrané 3 technologické vzorky.

Fyzikálno-mechanické vlastnosti zemín boli zisťované v akreditovanom laboratóriu INGEO-ENVILAB, s.r.o. Žilina. Zo všetkých odobratých vzoriek zemín bol vykonaný základný laboratórny rozbor – zrnitosť a vlhkosť, Atterbergove medze neboli určované v sypkých zeminách s minimálnym obsahom jemnozrnnej zložky (dobre a zle zrnené štrky a piesky), objemová hmotnosť a hustota boli stanovené pri neporušených a poloporušených vzorkách. Na základe požiadaviek objednávateľa boli všetky vzorky spracované a boli vykonané nasledujúce skúšky na zistenie fyzikálnych a mechanických vlastností zemín:

- granulometrický rozbor,
- konzistenčné medze,
- vlhkosť,
- objemová hmotnosť,
- zdanlivá hustota,
- obsah organických látok,
- zhutniteľnost zeminy - skúška Proctor štandard,
- kalifornský pomer únosnosti - skúška CBR,
- stlačiteľnosť zeminy,
- konsolidovaná odvodnená šmyková pevnosť,
- šmyková pevnosť zeminy skúškou v prostom tlaku,
- nekonsolidovaná neodvodnená šmyková pevnosť/triaxiál,
- Stanovenie priepustnosti zeminy.

Výsledky laboratórnych skúšok, príslušné normy, podľa ktorých boli skúšky vykonané a počty jednotlivých skúšok sú uvedené v prílohe 6 a vo výsledkovej časti tejto správy.

Prehľadne spracovaný sumár odberu vzoriek zemín, technologických vzoriek a vody je uvedený v tab. 8.

Tab. 8 Sumarizácia odberu vzoriek zemín a vôd

hĺbka/vrt	V-1 (15 m)	V-2 (10 m)	V-3 (25 m)	V-4 (20 m)	V-5 (10 m)	V-6 (15 m)	V-8 (10 m)	V-9 (25 m)	V-10 (20 m)	V-11 (15 m)	V-12 (15 m)	PS-1 (15 m)	PS-2 (15 m)	PS-3 (20 m)	PS-4 (20 m)
0-1						0,3-0,6									0,6-1,0
1-2						1,2-1,4		1,0-2,0		1,0-2,0					1,0-1,6
2-3	2,2-2,4	2,8-3,0		2,4-2,6	2,8-3,0	2,8-3,0			2,3-2,6		2,3-2,5				
3-4			V		3,5-3,7		3,8-3,9							3,5-3,8	
4-5	V		4,2-4,5	V	4,2-4,4	4,5-4,7		V			4,7-4,9				V
5-6	5,7-5,9	5,5-5,8	5,6-5,7	5,3-5,5/5,6-5,8		5,1-5,2			5,5-5,6	5,0-5,3					
6-7				6,5-6,7			6,4-6,7						6,4-6,6	6,5-6,8	6,4-6,6 **(x2)**/6,7-7,0
7-8	7,1-7,2	7,4-7,6			7,2-7,4	7,0-7,2 **(x2)**			7,3-7,5	7,2-7,3	7,4-7,7				
8-9		8,2-8,4					8,4-8,6				8,3-8,4				
9-10	9,4-9,5	9,0-9,1	9,2-9,3	9,5-9,8		9,2-9,4 **(x2)**		9,0-9,2						9,0-9,3	9,1-9,4
10-11						10,8-11,0									
11-12								11,0-11,2 **(x2)**			11,2-11,3		11,2-11,4	11,0-11,2	
12-13						12,0-12,2									
13-14	13,4-13,6		13,3-13,6			13,0-13,2							13,3-13,5	13,3-13,5	
14-15						14,1-14,3								14,4-14,6	
15-16															
16-17			16,3-16,4	16,3-16,6											
17-18															
18-19				18,3-18,5				18,7-18,8	18,0-18,2						
19-20														19,0-19,3	
20-21			20,4-20,5								Legenda:				
21-22											PV				
22-23											NV				
23-24			23,2-23,3					23,4-23,5			TV				
24-25											V				

3.3 Presiometrické skúšky

V presiometrických vrtoch boli realizované presiometrické skúšky in situ za účelom merania deformácie zemín vo vrtoch, pre stanovenie ich deformačných parametrov pre návrh založenia mostných objektov. Samotná realizácia skúšok bola vykonávaná v zmysle

STN EN ISO 22476-4 „Presiometrická skúška“. Skúšky boli robené bezprostredne po vyhĺbení návrtu priemeru 78,5 mm.

Presiometrické skúšky boli vykonané v 4 vrtoch (tab. 9) s celkovým počtom skúšok 15 pozitívnych a 1 negatívna – skúška bola realizovaná v hĺbke 7,30 m v presiometrickom vrte PS-2, ale z dôvodu neúplnosti merania nebolo možné skúšku relevantne vyhodnotiť. Vyhodnotenie presiometrických skúšok je uvedené v prílohe 9.

Tab. 9 Presiometrické vrty a ich základná charakteristika

označenie vrtu	hĺbka (m)	X	Y	Z
PS-1	15 m	-575183,447	-1247307,499	173,911
PS-2	15 m	-575136,463	-1247310,01	174,400
PS-3	20 m	-575136,049	-1247360,596	174,292
PS-4	20 m	-575187,279	-1247364,578	175,010

3.4 Dynamické penetračné skúšky

V blízkosti inžinierskogeologických vrtov bolo realizovaných 11 dynamických penetračných sond ťažkou penetračnou súpravou Nordmeyer Geotool, označených ako DPS-1 až DPS-12 s celkovou realizovanou metrážou 147 m.

Dynamické penetračné skúšky boli vykonané v súlade s metodikou v zmysle STN EN ISO 22 476-2 pri kontinuálnom zarážaní skúšobného hrotu a zaznamenával sa počet úderov barana potrebných k zarazeniu hrotu o každých 10 cm (N_{10}). Z počtu úderov potrebných na zarazenie sondy o 10 cm (N_{10}) a z parametrov prístroja bol vypočítaný merný dynamický penetračný odpor (q_{dyn}) podľa tzv. holandského vzorca :

$$q_{dyn} = \frac{Q^2 . H . N}{A . e . (Q + P)} \quad [MPa] \qquad (1)$$

kde: Q = tiaž barana [kN]
H = výška pádu barana [m]
P = tiaž penetračnej sondy [kN] (hrot + sútyčie + kovadlina + kôš)
A = prierezová plocha hrotu
N = počet úderov pre vnik hrotu o 10 cm
e = vnik hrotu o 10 cm

V rovnici (1) sú pre určitý typ skúšky veličiny H, e, A konštantné, pričom P rastie skokom v pravidelných intervaloch (1 m) pri pridávaní novej tyče.
Rovnicu (1) možno potom zjednodušiť na tvar:

$$q_{dyn} = a \cdot N \quad \text{pričom} \quad a = \frac{Q^2 . H}{A . e . (Q + P)} \qquad (2)$$

Trenie na sútyčí je merané momentovým kľúčom, pričom z hodnôt nameraného krútiaceho momentu Mv je možné určiť počet úderov barana potrebný na prekonávanie

plášťového trenia tzv. hodnotu N plášťové. Pre dynamický penetrometer je možné podľa švédskych experimentov redukovať počet úderov o vplyv trenia podľa vzťahu :

$$N_{10} = x \,.\, M_V \quad (3)$$

kde : Mv = krútiaci moment [Nm]
x = parameter podľa DIN 4094, x = 0,025

Pre výpočet a vykreslenie grafických výsledkov penetračných skúšok bol použitý software DynPen firmy GeoSoft verzia 3.01. Vstupné hodnoty, počet úderov potrebných na zarazenie skúšobného hrotu o 10 cm, ktoré slúžia pre stanovenie merného dynamického odporu, sú prezentované v tabuľkových a grafických prílohách.

Na základe q_{dyn} boli stanovené ďalšie geotechnické parametre stupeň uľahnutosti ID, stupeň konzistencie I_c, modul pretvárnosti E_{def}, uhol vnútorného trenia zeminy φ_{ef}.

Výsledky dynamických penetračných skúšok pozostávajú z počtu úderov potrebných na zarazenie hrotu o 10 cm a z priemerných hodnôt dynamického penetračného odporu, ktorý je graficky znázornený v prílohe 8.

Označenie, súradnice a realizované hĺbky sú uvedené v tab. 10. Grafické znázornenie dynamických penetračných sond ako i výsledky a interpretácia sú priložené vo forme penetračných diagramov v prílohe 8.

Tab. 10 Realizované dynamické penetračné sondy

označenie sondy	hĺbka (m)	X	Y	Z
DPS-1	15 m	-575142,428	-1247512,671	175,615
DPS-2	10 m	-575132,216	-1247406,273	174,848
DPS-3	15,2 m	-575134,526	-1247373,256	174,655
DPS-4	13,5 m	-575137,947	-1247308,412	174,004
DPS-5	11 m	-575126,041	-1247289,951	173,551
DPS-6	12 m	-575133,804	-1247151,784	171,093
DPS-8	12 m	-575186,326	-1247308,552	173,911
DPS-9	16 m	-575200,187	-1247324,969	174,35
DPS-10	13,2 m	-575194,64	-1247377,217	174,775
DPS-11	14 m	-575197,582	-1247398,025	174,833
DPS-12	15 m	-575207,835	-1247586,602	176,27

3.5 Geofyzikálne merania

Geofyzikálne merania realizovala firma AEGEO, s.r.o., Bratislava. V oblasti plánovanej križovatky diaľnice D2 - križovatka Rohožník boli geofyzikálne práce realizované vo forme profilových meraní metódou georadaru, elektrickej odporovej tomografie (ERT) a seizmickej refrakčnej tomografie (SRT), v celkovej dĺžke 1126 m.

Merania boli zamerané na overenie geologickej stavby a určenie litologických rozhraní na jednotlivých geofyzikálnych profiloch. Výsledky geofyzikálnych prác

predstavujú len dielčiu časť z celkových výsledkov a budú použité ako podkladový materiál pri realizácii cieľov geologickej úlohy „Diaľnica D2 – Križovatka Rohožník“.

Geofyzikálnymi meraniami môže byť sledované prostredie charakterizované na základe jeho konkrétnych fyzikálnych vlastností. ktoré dostatočne odrážajú prirodzenú geologickú stavbu prostredia. Na záujmovom území plánovanej križovatky diaľnice D2 - križovatka Rohožník. boli realizované geofyzikálne profilové merania georadarom ERT a SRT.

Georadar

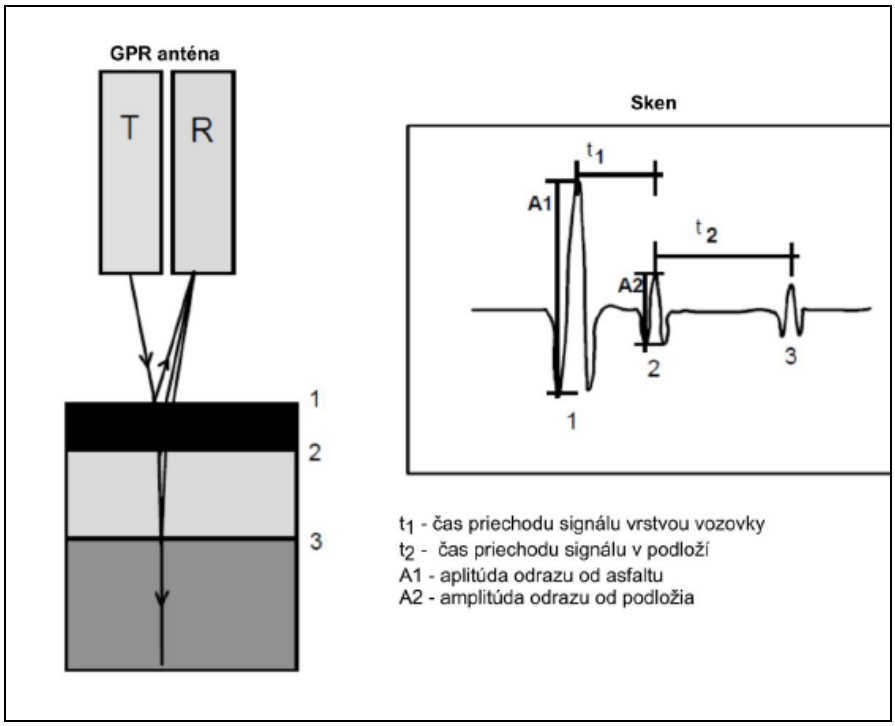
Georadar alebo GPR (z ang. Ground Penetrating Radar) je geofyzikálna metóda využívajúca radarové impulzy na zmapovanie štruktúr a objektov pod povrchom. Vysielané vlny prechádzajú prostredím, pričom obalová krivka elektromagnetických vĺn má tvar kužeľa rozširujúceho sa smerom do hĺbky. Keď vlna narazí na rozhranie vrstiev, ktoré majú rozdielne dielektrické parametre, časť energie sa odrazí späť a zvyšok pokračuje v šírení v danom prostredí. Odrazená energia sa zaznamenáva a zobrazuje vo forme časového priebehu. kde možno vidieť amplitúdy a čas prechodu cez jednotlivé vrstvy. Na základe parametrov zaznamenávaných odrazených vĺn (veľkosť a frekvencia. časový posun medzi ich vyslaním a prijatím) sa získavajú informácie o stave diagnostikovaného prostredia. Prechodom cez jednotlivé vrstvy sa mení rýchlosť vĺn a znižuje sa ich intenzita z dôvodu odrazu časti energie na rozhraní rozdielnych materiálov (útlm signálu smerom do hĺbky).

Základný princíp merania georadarom je uvedený na obr. 5. Čas priechodu elektromagnetického signálu jednotlivými vrstvami vozovky sa prepočítava na hĺbku anomálnej odozvy podľa vzťahov:

(1) $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}$

(2) $h = v\frac{t}{2}$

h – hĺbka odrazu od rozhrania, rozhranie dvoch prostredí
v – rýchlosť šírenia elektromagnetického signálu prostredím (m/ns)
t – čas priechodu signálu vrstvou vozovky (tam a späť)
c – rýchlosť svetla vo vákuu ($2.997*10^8$ m/s)
ε – relatívna permitivita prostredia



Obr. 5 Schéma a princíp merania georadarom - T reprezentuje vysielač a R prijímač

Meranie bolo realizované georadrom MALA GroundExplorer (GX) a HDR (High Dynamic Range) anténnou s frekvenciou GX 160 MHz, na siedmich georadarových profiloch s celkovou dĺžkou 800 m – profil GPR2 o dĺžke 200 m, profily GPR3 a GPR5 o dĺžke 150 m, profil GPR6 o dĺžke 70 m, profil GPR7 o dĺžke 100 m, profil GPR8 o dĺžke 83 m a profil GPR9 o dĺžke 55 m. Profily GPR2, GPR3 a GPR 5 sú vedené paralelne s diaľnicou D2, pričom GPR3 a GPR5 boli merané po okraji odstavného pruhu diaľnice. Ostatné profily boli vedené priečne k diaľnici D2.

Elektrická odporová tomografia (ERT)

Metóda 2D elektrickej odporovej tomografia (ERT) je systém komplexného odporového merania s väčším počtom elektród. Vzájomná vzdialenosť elektród sa určuje v závislosti na detailnosti a požadovanom hĺbkovom dosahu.

Metóda ERT je veľmi často využívaná v inžinierskej geológii. hydrogeológii a v environmentálnej problematike za účelom zistiť rozloženie merného elektrického odporu v horninovom prostredí pomocou meraní vykonávaných obvykle na povrchu. Použitím veľkého množstva nameraných dát je možné relatívne presne rekonštruovať horninové prostredie pomocou zobrazenia v odporovom reze. 2D elektrická tomografia sa obvykle vykonáva pomocou klasického štvorelektródového usporiadania (dve prúdové elektródy a dve potenciálové elektródy), rozdiel je v tom, že pri tomografii používame kombináciu vzájomne prepojených desiatok až stoviek elektród na zaznamenanie stoviek až tisícov bodov merania.

Meranie bolo realizované aparatúrou ARES II (GF Instrument). Pre interpretáciu nameraných zdanlivých odporov bol použitý program RES2DINV (2-D inverzia). Ide o typickú 2D úlohu, pri ktorej sa predpokladá, že merné odpory sa menia iba v smere profilu (os X) a s hĺbkou (os Z) a v smere osi Y sú konštantné. Inverzia nám umožňuje namerané

dáta transformovať na súbor skutočných hodnôt merného elektrického odporu a na základe nich získať obraz o reálnej štruktúre vyšetrovaného horninového prostredia.

Meranie metódou ERT bolo realizované na 213 m dlhom profile, s elektródovým usporiadaním Schlumberger a Wenner alfa, s elektródovou vzdialenosťou 3 m.

Seizmická refrakčná tomografia (SRT)

Seizmické metódy sú geofyzikálne metódy. ktoré na skúmanie horninového prostredia využívajú umelo vybudené elastické vlnenie. Refrakčná seizmika využíva priamu vlnu a čelné vlny, ktoré vznikajú pri prechode prostredím na jednotlivých seizmických rozhraniach. Výsledkom refrakčných meraní je rýchlostný model prostredia. na ktorom sú interpretované výrazné rýchlostné rozhrania. Hĺbkovýdosah tejto metódy súvisí s dĺžkou meraného profilu (1/5 až 1/4 dĺžky profilu). Vertikálne rozlíšenie je ovplyvnené vzdialenosťou geofónov a vlnovou dĺžkou vlnenia v danom horninovom prostredí. Táto seizmická metóda je schopná zachytiť len rozhrania. na ktorých dochádza k zvyšovaniu sa rýchlosti šírenia seizmických vĺn s hĺbkou, čo je podmienka vzniku čelnej vlny. Alternatívou ku konvenčným interpretačným metódam refrakčnej seizmiky je seizmická refrakčná tomografia (SRT). Poskytuje vyššie rozlíšenie a zachytáva aj zmenu rýchlosti v horizontálnom smere.

Seizmické meranie bolo realizované 36 kanálovou aparatúrou M.A.E. so 14 Hz vertikálnymi geofónmi a ako zdroj slúžilo 8 kg kladivo. Profil dlhý 105 m bol situovaný v mieste vedenia GPR profilu GPR-7. Rozostup geofónov bol 3 m a budenie seizmického signálu sa realizovalo každých 12 m. Prvé umiestnenie zdroja bolo vo vzdialenosti 6 m pred prvým geofónom a posledné budenie bolo 6 m za posledným geofónom. Pre zlepšenie signálu sa záznam na každej pozícii zdroja sumoval z 4 až 10 impulzov. Namerané dáta boli spracované v programe Reflexw Version 8.0 (by K.J. Sandmeier) a to procesingovými metódami pre refrakčnú seizmiku a refrakčnú seizmickú tomografiu.

3.6 Práce geologickej služby

Práce geologickej služby spočívali vo vypracovaní projektu geologickej úlohy, pokračovali v sledovaní a riadení terénnych prác, v realizácii geologickej dokumentácie a fotodokumentácie geologických diel, vzorkovaní a v priebežnom spracovávaní údajov a výsledkov i vo finálnom spracovaní záverečnej správy.

Zistené inžinierskogeologické a hydrogeologické charakteristiky horninového prostredia v mieste trasy diaľnice sú znázornené v Účelovej inžinierskogeologickej mape 1:5 000 (Príloha 3) a doplnené do pozdĺžnych a priečnych inžinierskogeologických profilov v M 1:2500/250 (Príloha 4). Geotechnické symboly a triedy zistených litologických typov zemín sú uvedené vo vysvetlivkách k inžinierskogeologickému profilu, pri vrtoch v pozdĺžnom IG profile i vo vyhodnotení geologických diel.

Situovanie geologických diel je znázornené v prílohe 2.

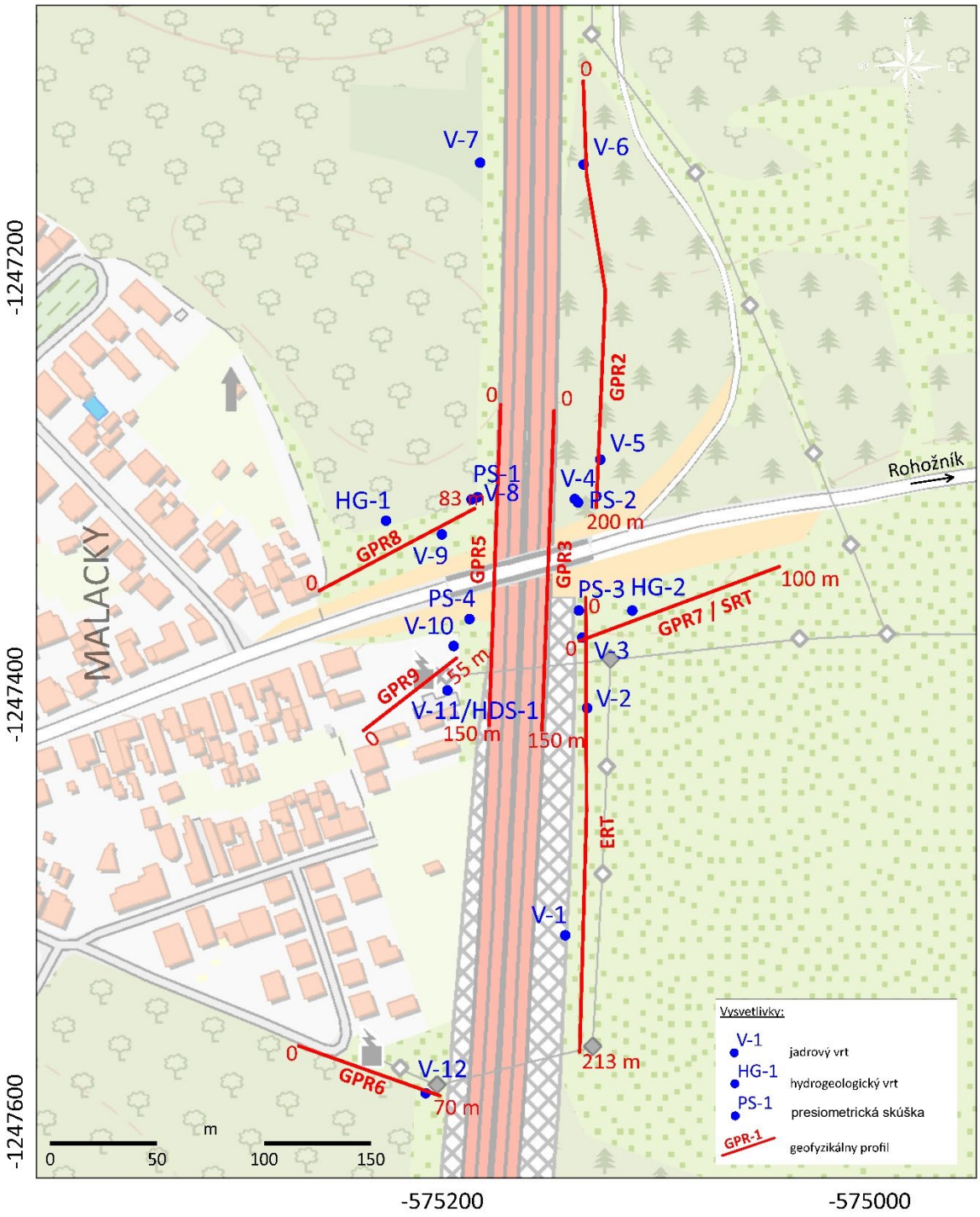
Kompletné výsledky inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu sú spracované v tejto záverečnej správe a v príslušných grafických a textových prílohách záverečnej správy.

4. PODROBNÁ ČASŤ

4.1 Spracovanie a analýza geofyzikálnych meraní

Začiatok a koniec jednotlivých geofyzikálnych profilov boli zamerané diferenciálnym GPS prijímačom Trimble s pripojením na sieť referenčných staníc SKPOS. V tab. 11 sú uvedené súradnice jednotlivých profilov v systéme S-JTSK.

Prehľadná situácia realizovaných geofyzikálnych profilov je na obr. 6.



Obr. 6: Prehľadná situácia realizovaných geofyzikálnych profilov

Tab. 11: Lokalizácia GPR profilov v systéme S-JTSK

profil	začiatok koniec (metráž)	Y (S-JTSK)	X (S-JTSK)	Z (Bpv)	dĺžka profilu
GPR2	0 m	-575133,534	-1247112,858	170,451	200
	100 m	-575122,990	-1247210,796	174,845	
	200 m	-575179,544	-1247414,606	172,195	
GPR3c	0 m	-575147,249	-1247266,769	172,57	150
	150 m	-575152,53	-1247416,265	172,852	
GPR5c	0 m	-575172,585	-1247264,365	172,559	150
	150 m	-575178,042	-1247414,525	172,715	
GPR6	0 m	-575267,081	-1247564,428	176,152	70
	70 m	-575201,146	-1247587,893	176,205	
GPR7	0 m	-575135,806	-1247375,053	174,74	100
	100 m	-575042,228	-1247340,014	174,727	
GPR8	0 m	-575257,673	-1247351,256	174,167	83
	83 m	-575184,629	-1247312,73	173,951	
GPR9	0 m	-575236,468	-1247416,752	175,112	55
	55 m	-575193,34	-1247382,899	174,708	
ERT1	0 m	-575133,141	-1247354,374	174,185	213
	213 m	-575135,733	-1247567,132	175,736	
SRT	0 m	-575134,161	-1247371,498	174,576	105
	105 m	-575033,884	-1247340,498	174,678	

Výsledky meraní na jednotlivých profiloch boli korelované s údajmi získanými z vrtných prác a rozhrania boli interpretované na základe týchto údajov. Litologické celky s podobnými fyzikálnymi vlastnosťami boli generalizované.

Výsledky merania ERT

Namerané dáta boli spracované v programe RES2DINV. V prvej etape spracovania sa vstupné dáta pripravili pre výpočet inverzie. Lokálne súradnice boli nahradené geodetickými súradnicami (poloha, výška), čo umožnilo pri výpočtoch zohľadniť vplyv reliéfu a plošného posunu na celkový výsledok modelovania. V druhej etape sa nastavili parametre inverzie vstupujúce do samostatného výpočtu, pri ktorom bola použitá norma L1 a metóda konečných prvkov. V tretej etape sa realizoval samotný výpočet a vizualizáciu meraných profilov. Výsledkom modelovania je 2D inverzný odporový model prostredia (obr. 7).

V prednej časti ERT profilu, v úseku metráže 0 – 110 m, sa na inverznom odporovom reze, vo vrchnej časti do hĺbky cca 3 - 5,5 m, prejavila oblasť s vysokým merným odporom, nad 65 ohm.m, tvorená hlavne piesčitými kvartérnymi sedimentami. V úseku 110 m - 150 m klesá až do hĺbky cca 7 m a pri povrchu je prekrytá 1 - 4 m hrubou nízkoodporovou zónou predstavujúcu sedimenty s vyššou prímesou ílovitých častí, pravdepodobne siltovité piesky zachytené vo vrte V1. Vysokoodporové oblasti kvartérnych pieskov (nad 65 ohm.m), s hrúbkou cca 2 m, sú pri povrchu aj v metráži 143 - 152 m a 185 - 210 m.

Pod vysokoodporovou oblasťou, v hĺbke od 2 do 6,5 m, sa prostredie prejavuje nízkymi hodnotami odporu čo zodpovedá ílovitým sedimentom. Hlavne v úseku metráže 60 - 135 m sa prostredie prejavuje homogénne, s hodnotami odporu pod 40 ohm.m, Zóny so zvýšeným, odporom 40 - 100 Ohm.m, môžu pravdepodobne predstavovať zvýšený podiel piesčitej zložky v podložných íloch a prítomnosť siltov (vid. vrt V-2 a V-1).

Výsledky merania GPR

Výsledkom merania georadarom sú radargramy znázornené na obr. 8 až obr. 14.

Na všetkých GPR profiloch bolo zachytené výrazné rozhranie vznikajúce na prvom kontakte eolických alebo fluviálnych kvartérnych pieskov (prípadne piesčitých siltov) a ílov (prípadne prevlhčených ílovitých pieskov). Vzhľadom na charakter prostredia pod interpretovaným rozhraním, nebolo možné geofyzikálnymi meraniami zachytiť prítomnosť vrstiev so zvýšeným obsahom piesčitej zložky v prostredí pod interpertovaným rozhraním (v rámci vrstvy interpretovanej na profiloch GPR-2, GPR-6, GPR-7, GPR-8 a GPR-9 ako - íl, íl piesčitý, piesok ílovitý prevlhčený).

Na profile GPR-8 (obr. 13) je zachytené aj rozhranie, ktoré zodpovedá kontaktu kvartérnych a neogénnych sedimentov určený na vrtných jadrách z vrtu V-9 (vid. obr. 13, prerušovaná čiara).

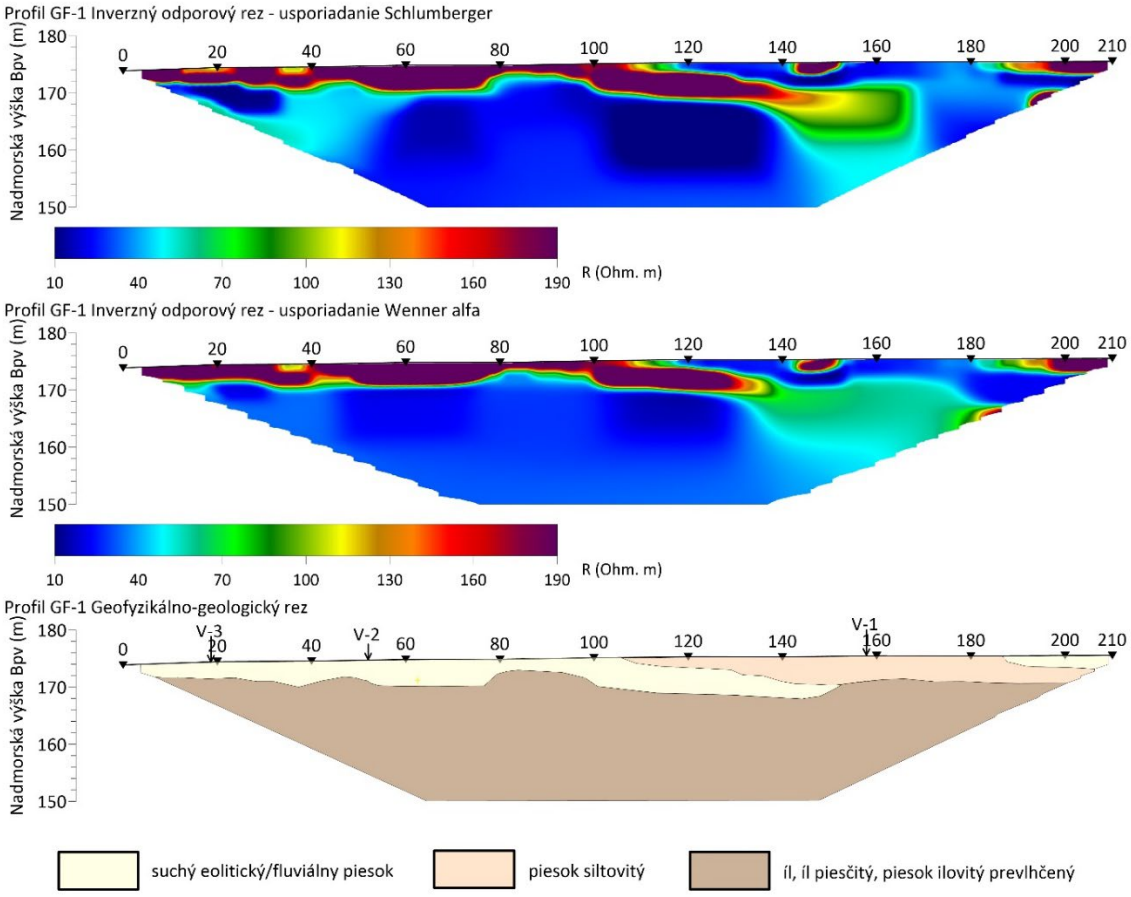
V prípade profilov GPR-3 (obr. 9) a GPR-5 (obr. 10), ktoré boli merané na krajnici diaľnice zanorenej 1 - 2 m pod úroveň povrchu terénu (na ktorom boli robené vrtné práce a merané ostatné geofyzikálne profily), interpretované rozhranie zodpovedá kontaktu kvartérnych a neogénnych sedimentov. Výrazná hyperbola na radargrame v úseku metráže 60-80 m na GPR-3 a 70-86 m na GPR-5, ktorá bola príčinou vynechávky v interpretácií, zodpovedá refragovanej vlne šíriacej sa rýchlosťou 0,33 m/ns a je prejavom prítomnosti blízkeho telesa mostného objektu.

Výsledky merania na profile GPR-7 neboli jednoznačne interpretovateľné, preto bolo doplnené meranie SRT (Obr. 12). Interpretované rozhranie z týchto meraní predstavuje kontakt kvartérnych pieskov a neogénneho podložia.

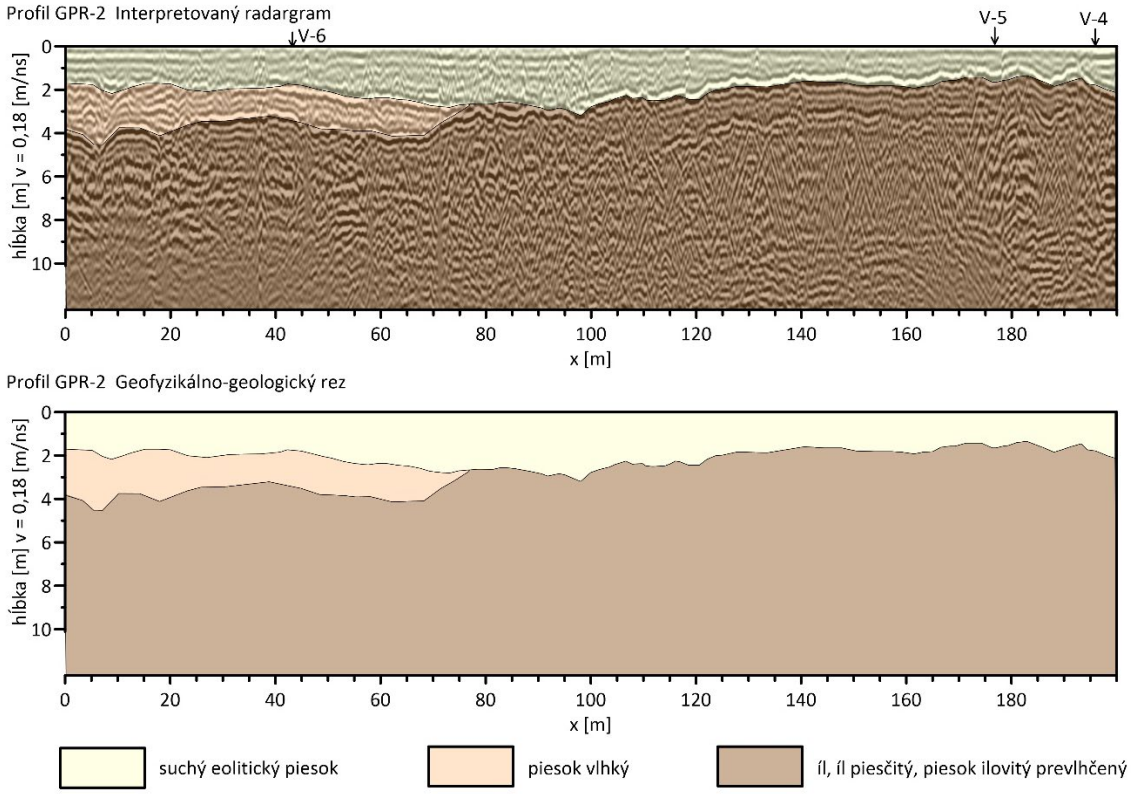
Výsledky merania SRT

Výsledkom merania seizmickej refrakčnej tomografie (SRT) je rýchlostný profil (obr. 12, hore).

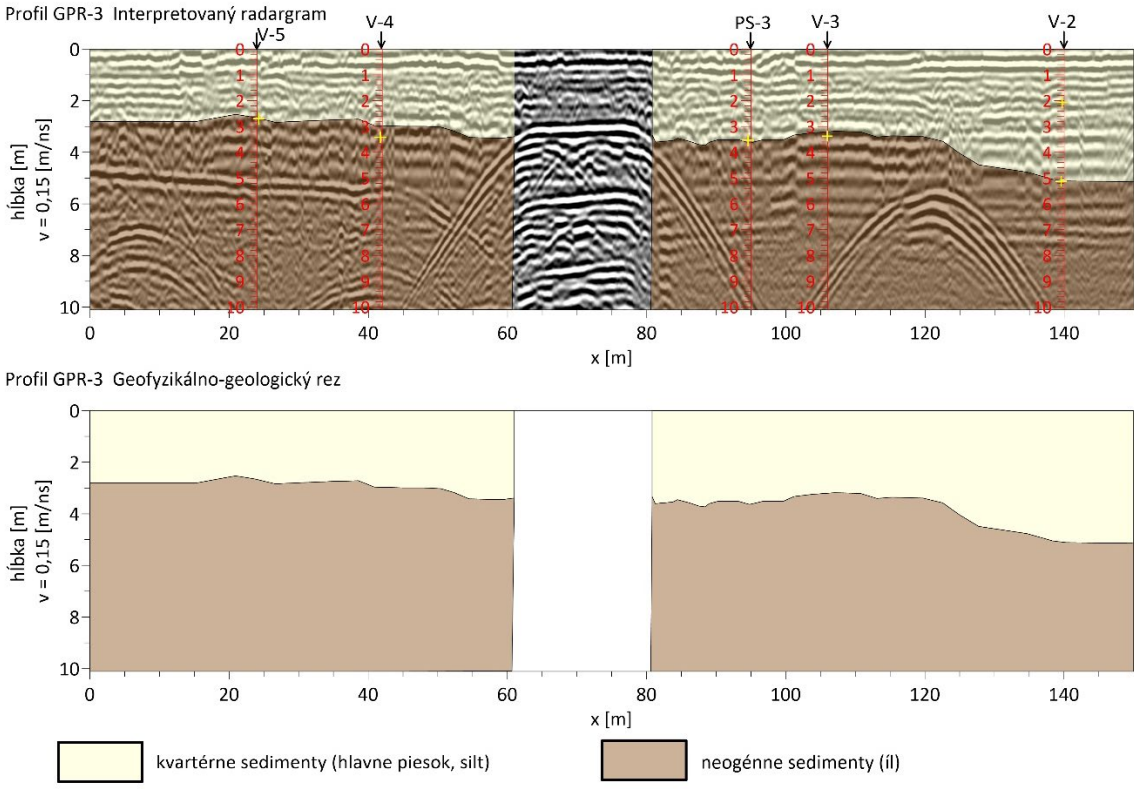
Na profile SRT bolo v hĺbke cca 3,5 - 6 m pod povrchom zistené výrazné rýchlostné rozhranie. Rýchlosti šírenia sa seizmických vĺn zaznamenané pod týmto rozhraním (v_p > 1500 m/s) zodpovedajú hodnotám pre ílovité podložie. Nad rozhraním bola v celej dĺžke profilu zaznamenaná nízko rýchlostná vrstva. Rýchlosti seizmických vĺn zaznamenané v tejto vrstve (v_p < 500 m/s) zodpovedajú rýchlostiam charakteristickým pre pôdu a suchý piesok.



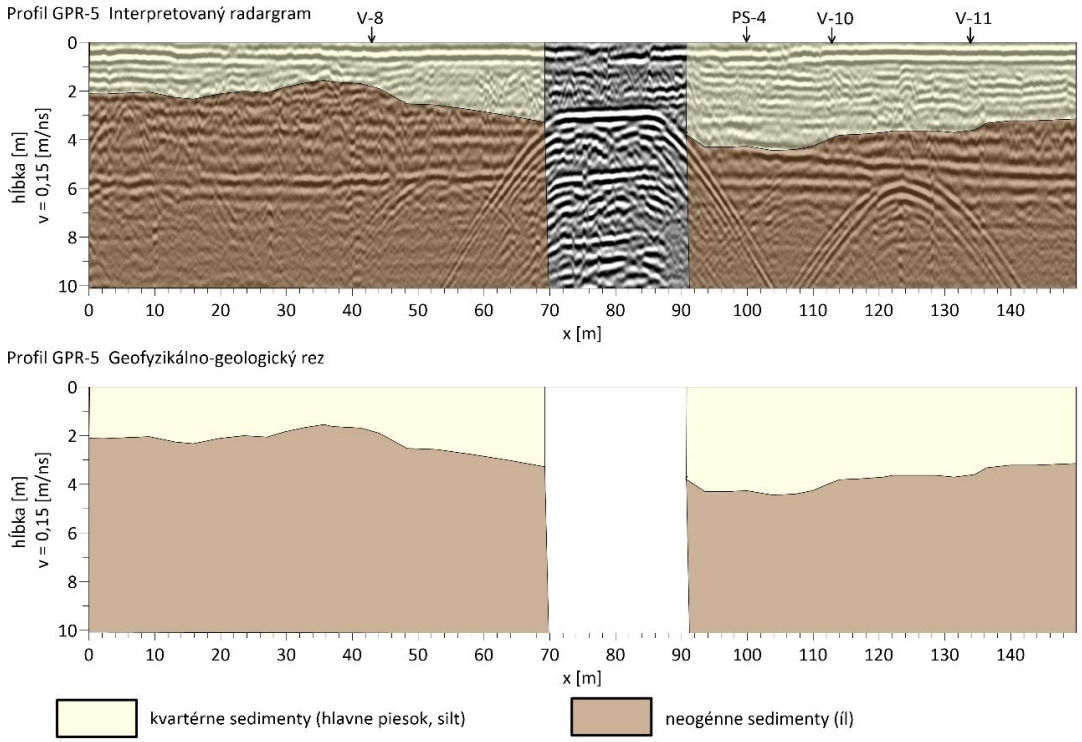
Obr. 7: ERT - Inverzný odporový rez s označením pozície vrtov



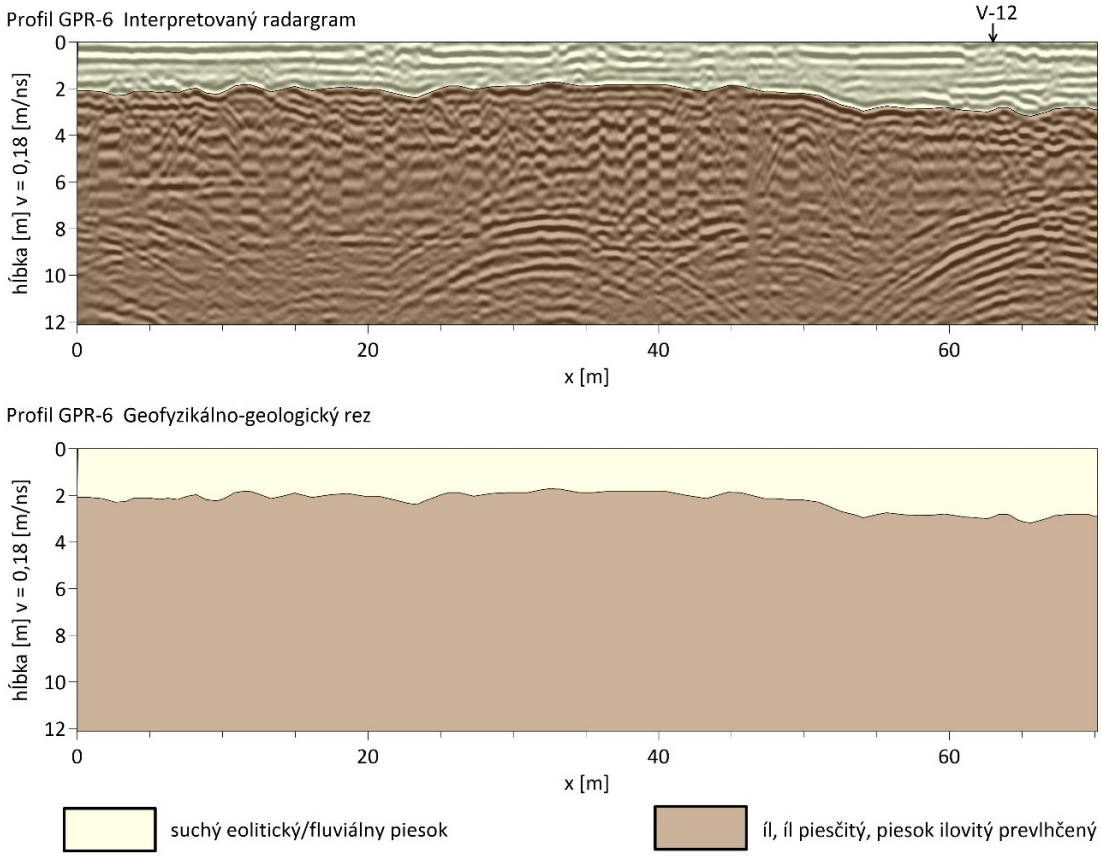
Obr. 8: GPR-2 - spracovaný radargram s označením pozície vrtov



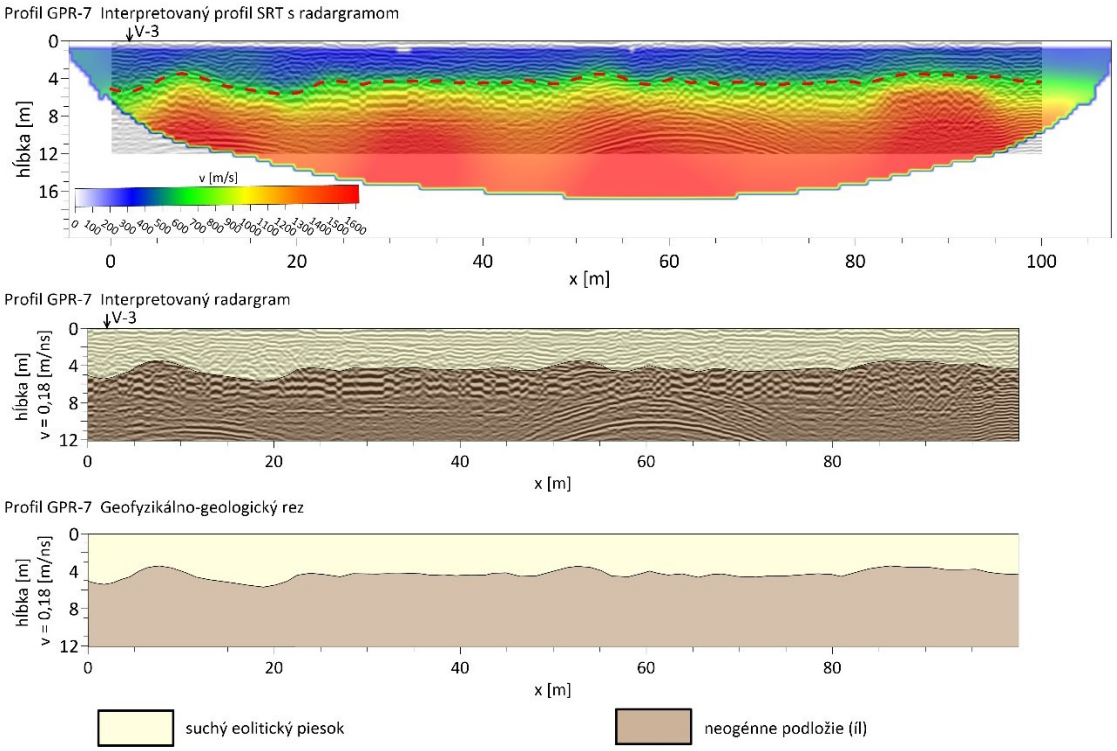
Obr. 9: GPR-3 - spracovaný radargram s označením pozície vrtov



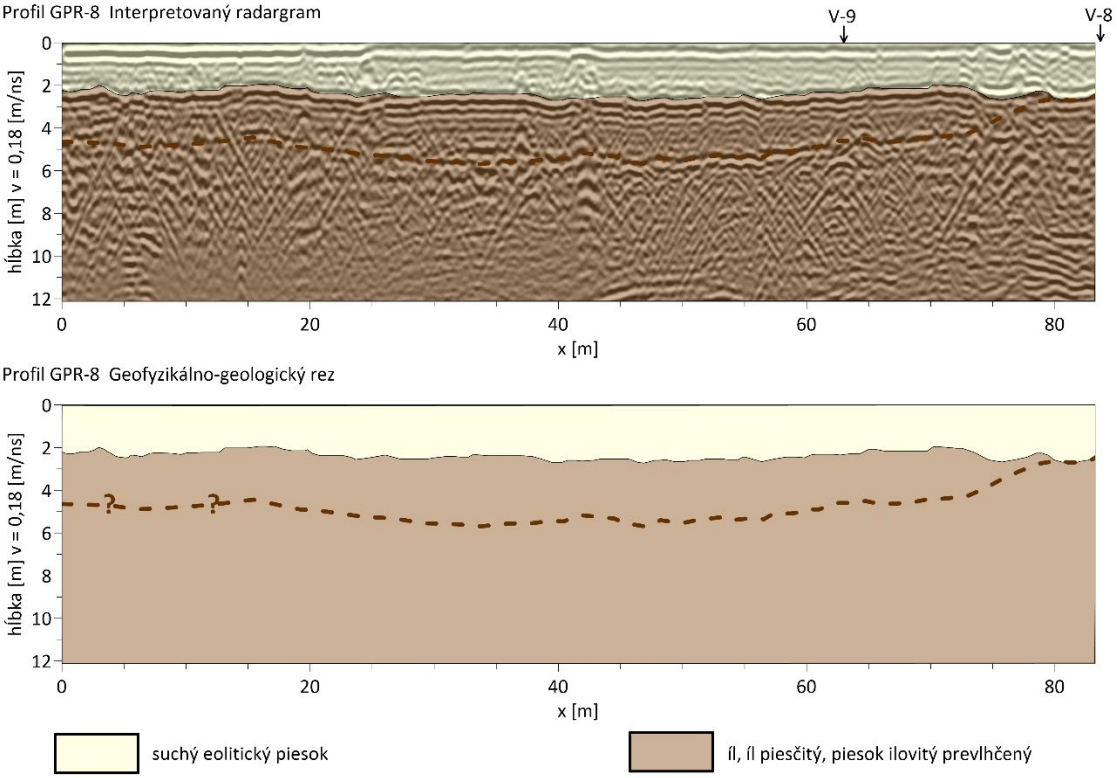
Obr. 10: GPR-5 - spracovaný radargram s označením pozície vrtov.



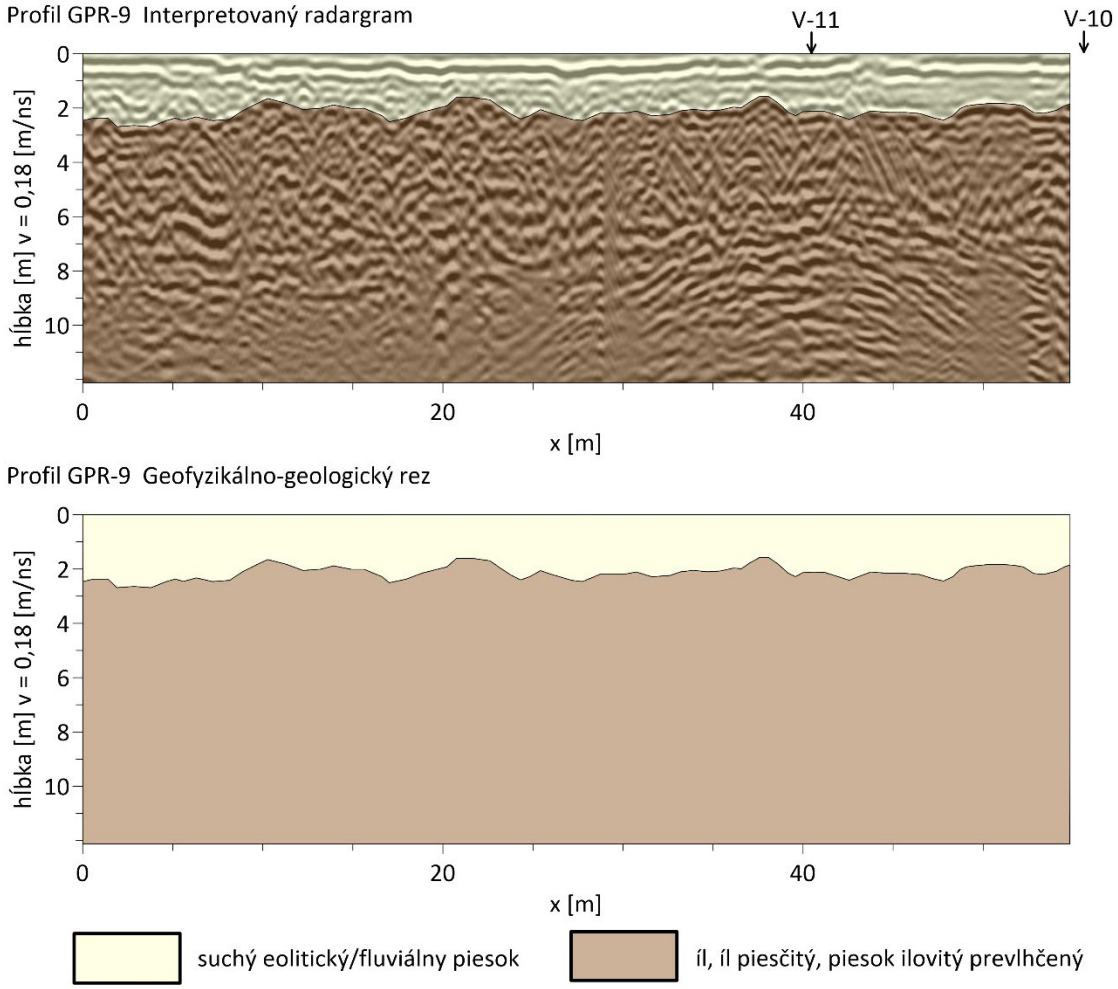
Obr. 11: GPR-6 - spracovaný radargram s označením pozície vrtov.



Obr. 12: GPR-7 - rýchlostný profil seizmickej refrakčnej tomografie (hore) a spracovaný radargram s označením pozície vrtov



Obr. 13: GPR-8 - spracovaný radargram s označením pozície vrtov. Prerušovaná čiara označuje priebeh rozhrania kvartérnych a neogénnych sedimentov



Obr. 14: GPR-9 - spracovaný radargram s označením pozície vrtov

4.2 Inžinierskogeologické a geotechnické pomery

Táto kapitola predstavuje analytickú časť získanú z archívnych, terénnych a laboratórnych prác. Skúmané územie je budované kvartérnymi sedimentami, predkvartérne podložie tvoria neogénne sedimenty panónu (Čárske súvrstvie). V záujmovom území križovatky Rohožník boli orientačným inžinierskogeologickým prieskumom overené nasledujúce litologické typy kvartérnych a predkvartérnych sedimentov, ktoré sú charakterizované v geologickej dokumentácii (Príloha 5) a v inžinierskogeologických profiloch (Príloha 4).

Formáciu kvartérnych sedimentov tvoria nasledujúce litologicko-genetické typy:

- antropogénne sedimenty;
- eolické sedimenty;
- fluviálne sedimenty.

Formáciu neogénnych sedimentov tvoria nasledujúce litologicko-genetické typy:

- ílovité sedimenty;
- siltovité sedimenty;
- piesčité sedimenty.

Antropogénne sedimenty

Posudzované územie plánovanej križovatky Rohožník bude súčasťou diaľnice D2 v rámci ktorej boli v 70-tych rokoch minulého storočia realizované rozsiahle zemné práce pozostávajúce z budovania zárezov a násypov.

Vo vrte V-4 situovanom pri existujúcom premostení diaľnice D2 na začiatku vetvy B bola overená navážka charakteru siltu piesčitého s kúskami betónu. Hrúbka navážky v priestore vrtu V-4 je 1,70 m. V priestore vrtu V-10 situovanom na začiatku vetvy D pri plánovanom kruhovom objazde bola overená navážka do hĺbky 0,50 m p.t. charakteru siltu piesčitého s kúskami tehál a betónu. Na konci vetvy D vo vrte V-12 bola overená navážka s hrúbkou 0,70 m – betón, asfalt, s výplňou charakteru siltu piesčitého. Navážky je možné zaradiť do 3 až 4 triedy ťažiteľnosti.

Eolické sedimenty

Eolické sedimenty boli overené v severnej časti posudzovaného územia na vetvách B a C. Eolické sedimenty sú v nadloží pleistocénnych fluviálnych sedimentov. Tieto sedimenty sú reprezentované svetlo žltohnedými strednozrnnými pieskami, dobre opracovanými, zle zrnenými triedy S2 SP. Viate piesky sú stredne uľahnuté, pri väčších hrúbkach na báze uľahnuté.

V posudzovanom území boli viate piesky overené vo vrtoch V-5 a V-6 na vetve B do hĺbky 1,80 m, resp. 3,30 m p.t. Na vetve C vo vrtoch V-8 do hĺbky 1,50 m a 2,30 m vo vrte V-9. V ostatných realizovaných inžinierskogeologických vrtoch neboli eolické sedimenty overené. Okrem vrtu V-6 sú viate piesky suché, v spomínanom vrte sú od 1,70

prevlhčené. Eolické sedimenty predstavujú zeminy vhodné do podložia ako aj do násypov. Piesky zle zrnené je možné zaradiť do 1 až 2 triedy ťažiteľnosti.

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené geotechnické vlastnosti zistené pri terénnych a laboratórnych prácach (tab. 12).

Tab. 12: Fyzikálno - mechanické vlastnosti eolických zemín

Charakteristika	Symbol (rozmer)	**Eolické zeminy piesky triedy S2**	
		rozsah	priemer
vlhkosť zeminy	w_n (%)	1,3 – 4,8	3,05
objemová hmotnosť suchej zeminy	ρ_d (g.cm^{-3})	1,91 – 1,93	1,92
Poissonovo číslo	ν	**0,28**	**0,28**
súčiniteľ	β	**0,78**	**0,78**
objemová tiaž	γ (kNm^{-3})	18,07 – 18,89	18,48
parametre efektívnej šmykovej pevnosti	φ_{ef} (°) c_{ef} (kPa)	26 – 28,07 **0**	27,03 **0**
modul pretvárnosti	E_{def} (MPa)	14,93 – 17,83	16,38
tab. výpočtová únosnosť	R_{dt} (kPa)	**325**	**325**
CBR	%	11	11
zhutniteľnosť Proctor Standard	W_{opt} (%)	7,5	7,5
	$\rho_{d,max}$ (g.cm^{-3})	1,84	1,84
STN 72 1001			
	trieda	**S2**	**S2**
	symbol	**SP**	**SP**
STN 73 6133			
vhodnosť pre podložie		**vhodné**	
vhodnosť do násypu		**vhodné**	
STN 73 3050			
ťažiteľnosť zeminy	**trieda**	**1**	
vŕtateľnosť podľa TP 7/2008	**trieda**	**I**	

laboratórne zistené hodnoty; **zatriedenie a odporúčané hodnoty v zmysle STN (tučné písmo)**
únosnosť R_{dt} pre hĺbku zakladania 1 m a pre šírku základu **6 m** pre piesčité zeminy

Fluviálne sedimenty

Fluviálne sedimenty reprezentujú nánosy pleistocénnych riečnych terás. Z pohľadu genézy a litologického zloženia sú pomerne pestré. Fluviálne sedimenty sa nachádzajú v podloží eolických pieskov pri vetvách B a C a na povrchu pri vetvách A a D.

Hrubozrnné zeminy sú reprezentované piesčitým vývojom pieskami s prímesou jemnozrnnej zeminy triedy S3 S-F, pieskom ílovitým triedy S5 SC a ojedinele aj pieskom sitlovitým triedy S4 SM. Piesčité sedimenty je možné zaradiť do 2 a 3 triedy ťažiteľnosti.

Jemnozrnný vývoj je zastúpený ílovitými a hlinitými sedimentami. Ílovité sedimenty reprezentujú íly piesčité triedy F45 CS, íly so strednou plasticitou triedy F6 CI a íly s vysokou plasticitou triedy F8 CH. Silty reprezentujú silt piesčitý triedy F3 MS, silt so strednou plasticitou triedy F5 MI a silt s vysokou plasticitou triedy F7 MH. Jemnozrnné sedimenty je možné zaradiť do 2 a 3 triedy ťažiteľnosti.

Fluviálne sedimenty tvoria nadložie neogénnych sedimentov. Ich hrúbka sa pohybuje na vetve A od 5,4 do 7,1 m, na vetve B od 4,0 m do 4,9 m, na vetve C od 2,6 m do 4,5 m a na vetve D od 5,5 m do 8,2 m.

Laboratórne zistené fyzikálno-mechanické vlastnosti a geotechnické charakteristiky v území overených fluviálnych sedimentov sú uvedené v tab. 13 pre jemnozrnné zeminy a v tab. 14 pre hrubozrnné zeminy.

Tab. 13: Fyzikálno - mechanické vlastnosti fluviálnych jemnozrnných zemín

Charakteristika	Symbol (rozmer)	**Fluviálne zeminy triedy F3-F5**		**Fluviálne zeminy triedy F6-F8**	
		rozsah	priemer	rozsah	priemer
vlhkosť zeminy	w_n (%)	27,2 – 34,6	30,9	24,1-30,2	27,15
obj. hmotnosť prirodzená	ρ_n (gcm^{-3})	1,87-1,91	1,89	1,93	1,93
obj. hmot. suchej zeminy	ρ_d (gcm^{-3})	1,39-1,50	1,45	1,54	1,54
zdanlivá hustota	ρ_s (gcm^{-3})	2,71-2,75	2,73	2,67	2,67
pórovitosť	n (%)	44,6-49,5	47,05	42,3	42,3
stupeň nasýtenia	S_r (%)	91,6-99,9	95,75	92,1	92,1
medza tekutosti	w_L (%)	31-48	39,5	42-70	56
medza plasticity	w_P (%)	24-35	29,5	24-33	28,5
index plasticity	I_P (%)	6-16	11	18-37	27,5
index konzistencie	I_C	0,39-1,22	0,86	0,36-1,21	0,785
obsah organických látok	O_m(%)			0,9 (1 vzorka)	
pevnosť v prostom tlaku	σ_c (MPa)	0,027	0,027		
filtračný koeficient	k_f ($m.s^{-1}$)	$2{,}002.10^{-10}$	$2{,}002.10^{-10}$		
parametre efektívnej šmykovej pevnosti	φ_{ef} (°) c_{ef} (MPa)	**22-25** **10-16**	**22-25** **10-16**		
parametre totálnej šmykovej pevnosti	φ_u (°) c_u (MPa)	**0-5** **50-70**	**0-5** **50-70**		
súč.vertik. konsolidácie	c_v (m^2s^{-1})	$1{,}53.10^{-8}$	(1 vzorka)		
pevnosť v prostom tlaku	σ_c (MPa)	0,027	0,027	0,276	0,276
objemová tiaž	γ (kNm^{-3})	19,70-20,53	20,11	19,69-20,09	19,89
modul pretvárnosti	E_{def} (MPa)	0,61-9,29	4,95	0,70-5,19	2,945
geotechnické charakteristiky získané na základe porovnateľnej skúsenosti v zmysle STN EN 1997-1:					
Poissonovo číslo	ν	**0,35-0,40**	**0,35**	**0,40-0,42**	**0,40**
súčiniteľ	β	**0,47-0,62**	**0,62**	**0,37-0,47**	**0,47**
objemová tiaž	γ (kNm^{-3})	**18,0-20,0**	**19,0**	**20,5-21,0**	**20,75**
parametre efektívnej šmykovej pevnosti	φ_{ef} (°) c_{ef} (kPa)	**19-29** **8-22**	**24** **15**	**13-21** **6-20**	**17** **13**
parametre totálnej šmykovej pevnosti	φ_u (°) c_u (kPa)	**0-10** **50-70**	**5** **60**	**0-5** **40-80**	**5** **40**
modul pretvárnosti	E_{def} (MPa)	**1,5-12,0**	**6,75**	**1,0-8,0**	**4,5**
tab. výpočtová únosnosť	R_{dt} (kPa)	**150-250**	**200**	**50-200**	**125**
STN 72 1001					
	trieda	**F3, F4, F5**	**F4**	**F6, F7, F8**	**F6**
	symbol	**MS, CS, ML, MI**	**CS**	**CI, MH, CH**	**CI**
STN 73 6133					
vhodnosť pre podložie		**podmienečne vhodné-**		**podmienečne vhodné**	

		nevhodné*			
vhodnosť do násypu		**vhodné, resp. nevhodné***		**nevhodné**	
STN 73 3050					
ťažiteľnosť zeminy	trieda	**3-4**		**2-4**	
vŕtateľnosť podľa TP 7/2008	trieda	**I**		**I**	

laboratórne zistené hodnoty; **zatriedenie a odporúčané hodnoty v zmysle STN (tučné písmo)**
únosnosť R_{dt} pre hĺbku zakladania 0,8-1,5 m, pre šírku základov ≤ 3,0 m
*vhodné, resp. podmienečne vhodné ak $w_L \leq 60$ a obsah jemných častíc je 35-50%

Tab. 14: Fyzikálno - mechanické vlastnosti fluviálnych pieskov

Charakteristika	Symbol (rozmer)	**Fluviálne zeminy piesky triedy S2, S3**		**Fluviálne zeminy piesky triedy S4-S5**	
		rozsah	priemer	rozsah	priemer
vlhkosť zeminy	w_n (%)	3,4-14,8	9,1	16,4-18,3	17,35
medza tekutosti	w_L (%)			23-31	27
medza plasticity	w_P (%)			18-20	19
index plasticity	I_P (%)			3-13	8
geotechnické charakteristiky získané na základe porovnateľnej skúsenosti v zmysle STN EN 1997-1:					
Poissonovo číslo	ν	**0,28-0,30**	**0,30**	**0,30-0,35**	**0,30**
súčiniteľ	β	**0,74-0,78**	**0,78**	**0,62-0,74**	**0,74**
objemová tiaž	γ (kNm^{-3})	18,36-18,83	18,60	18,25-19,06	18,65
parametre efektívnej šmykovej pevnosti	φ_{ef} (°) c_{ef} (kPa)	23,31-27,36 **0**	25,33 **0**	21,97-28,92 **4-10**	25,45 **6**
modul pretvárnosti	E_{def} (MPa)	7,28-16,50	11,89	5,11-20,71	12,91
tab. výpočtová únosnosť	R_{dt} (kPa)	**210-325**	**267,5**	**110-160**	**135**
CBR	%	8	8		
Zhutniteľnosť Proctor Standard	W_{opt} (%)	6,6-7,8	7,2		
	$\rho_{d,max}$ ($g.cm^{-3}$)	1,93-1,97	1,95		
STN 72 1001					
	trieda	**S3**	**S3**	**S4, S5**	**S4**
	symbol	**S-F**	**S-F**	**SM, SC**	**SM**
STN 73 6133					
vhodnosť pre podložie		vhodné, podmienečne vhodné		podmienečne vhodné	
vhodnosť do násypu		vhodné		vhodné	
STN 73 3050					
ťažiteľnosť zeminy	trieda	1		1	
vŕtateľnosť podľa TP 7/2008	trieda	I		I	

laboratórne zistené hodnoty; **zatriedenie a odporúčané hodnoty v zmysle STN (tučné písmo)**
únosnosť R_{dt} pre hĺbku zakladania 1 m a pre šírku základu **6 m** pre piesčité zeminy
podmienečne vhodný piesok s prímesou jemnozrnnej zeminy s vyšším obsahom jemných častíc

Neogénne sedimenty

Neogénny vývoj je v priestore plánovanej križovatky charakteristický častým striedaním ílovitých, siltovitých a ojedinele aj piesčitých zemín. Ílovitý vývoj je reprezentovaný ílom so strednou plasticitou triedy F6 CI, ílom piesčitým triedy F4 CS

a ílom s vysokou plasticitou triedy F8 CH. Siltovitý vývoj zastupujú silty so strednou plasticitou triedy F5 MI a silty s vysokou plasticitou triedy F7 MH. Piesčitý vývoj je tvorený siltovitým pieskom triedy S4 SM.

Neogénny vývoj má prevažne tuhú až pevnú konzistenciu, miestami až tvrdú konzistenciu, ale v prípade priepustnejších zemín boli overené aj mäkké konzistencie.

V rámci neogénnych sedimentov sme overili aj vrstvu s vysokým obsahom organických látok, takmer vo všetkých inžinierskogeologických vrtoch. Majú charakter ílov s vysokou a veľmi vysokou plasticitou prípadne siltu s vysokou plasticitou.

Priebeh neogénneho podložia je znázornený vo výsledkovej aj v prílohovej časti.

Laboratórne zistené fyzikálno-mechanické vlastnosti a geotechnické charakteristiky v území overených fluviálnych sedimentov sú uvedené v tab. 15 a 16 pre jemnozrnné zeminy a v tab. 17 pre hrubozrnné zeminy.

Tab. 15: Fyzikálno - mechanické vlastnosti neogénnych jemnozrnných zemín pre triedy F3 až F6

Charakteristika	Symbol (rozmer)	**Neogénne zeminy triedy F3-F4**		**Neogénne zeminy triedy F5-F6**	
		rozsah	priemer	rozsah	priemer
vlhkosť zeminy	w_n (%)	21,4-29,5	25,45	17,1-39,0	28,05
obj.hmotnosť prirodzená	ρ_n (gcm^{-3})	1,99-2,02	2,05	1,76-2,14	1,95
obj.hmot.suchej zeminy	ρ_d (gcm^{-3})	1,58-1,66	1,62	1,27-1,83	1,55
zdanlivá hustota	ρ_s (gcm^{-3})	2,67-2,72	2,695	2,67-2,78	2,725
pórovitosť	n (%)	38,8-40,7	39,75	32,8-53,4	43,1
stupeň nasýtenia	S_r (%)	91,7-99,8	95,75	92,4-99,8	96,1
medza tekutosti	w_L (%)	30-54	42	32-50	41
medza plasticity	w_P (%)	25-27	26	20-31	25,5
index plasticity	I_P (%)	3-28	15,5	8-26	17
index konzistencie	I_C	0,17-1,40	0,785	0,43-1,23	0,83
obsah organických látok	O_m(%)				
pevnosť v prostom tlaku	σ_c (MPa)				
filtračný koeficient	k_f (ms^{-1})	$2{,}653.10^{-10}$	$2{,}653.10^{-10}$	$2{,}382.10^{-9}$-$9{,}063.10^{-10}$	
parametre efektívnej šmykovej pevnosti	φ_{ef} (°) c_{ef} (MPa)			21,2-26,1 0,010-0,018	23,65 0,014
parametre totálnej šmykovej pevnosti	φ_u (°) c_u (MPa)			12,7-21,2 0,027-0,052	16,95 0,039
parametre reziduálnej šmykovej pevnosti	φ_r (°) c_r (MPa)			16,3-18,6 0,002-0,014	17,45 0,008
súč.vertik. konsolidácie	c_v (m^2s^{-1})			$1{,}16.10^{-7}$-$4{,}68.10^{-9}$	
objemová tiaž	γ (kNm^{-3})	20,55-20,63	20,59	19,78-22,16	20,97
modul pretvárnosti	E_{def} (MPa)	9,50-13,70	11,10	1,73-39,6	9
geotechnické charakteristiky získané na základe porovnateľnej skúsenosti v zmysle STN EN 1997-1:					
Poissonovo číslo	ν	**0,35**	**0,35**	0,40	**0,40**
súčiniteľ	β	**0,62**	**0,62**	0,47	**0,47**
objemová tiaž	γ (kNm^{-3})	**18,0-18,5**	**18,5**	**20,0-21,0**	**21,0**
parametre efektívnej šmykovej pevnosti	φ_{ef} (°) c_{ef} (kPa)	**24-27** **10-16**	**25** **14**	**19-21** **12-20**	**20** **16**
parametre totálnej	φ_u (°)	**0-10**	**5**	**0-5**	**0**

šmykovej pevnosti	c_u (kPa)	**50-70**	**60**	**30-60**	**50**
modul pretvárnosti	E_{def} (MPa)	**2,5-12,0**	**7**	**3-8**	**5**
tab. výpočtová únosnosť	R_{dt} (kPa)	**150-275**	**200**	**100-250**	**150**
STN 72 1001					
	trieda	**F3,F4**	**F4**	**F5, F6**	**F5**
	symbol	**MS,CS**	**CS**	**MI, ML, CI**	**MI**
STN 73 6133					
vhodnosť pre podložie		**podmienečne vhodné-nevhodné***		**nevhodné**	
vhodnosť do násypu		**vhodné, resp. nevhodné***		**podmienečne vhodné**	
STN 73 3050					
ťažiteľnosť zeminy	trieda	**2-4**		**2-4**	
vŕtateľnosť podľa TP 7/2008	trieda	**I**		**I**	

laboratórne zistené hodnoty; **zatriedenie a odporúčané hodnoty v zmysle STN (tučné písmo)**

únosnosť R_{dt} pre hĺbku zakladania 0,8-1,5m, pre šírku základov ≤ 3,0 m

**vhodné, resp. podmienečne vhodné ak $w_L \leq 60$ a obsah jemných častíc je 35-50%

Tab. 16: Fyzikálno - mechanické vlastnosti neogénnych jemnozrnných zemín pre triedy F7 a F8

Charakteristika	Symbol (rozmer)	**Neogénne zeminy triedy F7-F8**	
		rozsah	priemer
vlhkosť zeminy	w_n (%)	16,4-42,7	29,55
obj.hmotnosť prirodzená	ρ_n (gcm^{-3})	1,85-2,01	1,93
obj.hmot.suchej zeminy	ρ_d (gcm^{-3})	1,37-1,62	1,49
zdanlivá hustota	ρ_s (gcm^{-3})	2,67-2,76	2,71
pórovitosť	n (%)	36,3-50,2	43,25
stupeň nasýtenia	S_r (%)	85,3-99,8	95,55
medza tekutosti	w_L (%)	24-73	48,5
medza plasticity	w_P (%)	18-35	26,5
index plasticity	I_P (%)	2-29	15,5
index konzistencie	I_C	0,78-1,34	1,06
obsah organických látok	O_m(%)	15,4-21,9	18,65
parametre efektívnej šmykovej pevnosti	φ_{ef} (°) c_{ef} (MPa)	24,4 0,010	24,4 0,010
parametre totálnej šmykovej pevnosti	φ_u (°) c_u (MPa)	6,2-20,3 0,023-0,049	13,25 0,036
parametre reziduálnej šmykovej pevnosti	φ_r (°) c_r (MPa)	17,4 0,005	17,4 0,005
objemová tiaž	γ (kNm^{-3})	19,71-20,49	20,10
modul pretvárnosti	E_{def} (MPa)	1,56-9,10	5,33
súč.vertik. konsolidácie	c_v (m^2s^{-1})	$1,23.10^{-7}$	
geotech. charakteristiky získané na základe porovnateľnej skúsenosti v zmysle STN EN 1997-1:			
Poissonovo číslo	ν	**0,40-0,42**	**0,42**
súčiniteľ	β	**0,37-0,47**	**0,37**
objemová tiaž	γ (kNm^{-3})	**20,5-21,0**	**20,5**
parametre efektívnej šmykovej pevnosti	φ_{ef} (°) c_{ef} (kPa)	**14-16** **6-10**	**15** **8**

parametre totálnej šmykovej pevnosti	φ_u (°) c_u (kPa)	**0** **80**	**0** **80**
modul pretvárnosti	E_{def} (MPa)	**4-6**	**5**
tab. výpočtová únosnosť	R_{dt} (kPa)	**80-200**	**120**
STN 72 1001	trieda	**F7, F8**	**F8**
	symbol	**MH, CH**	**CH**
STN 73 6133			
vhodnosť pre podložie		**nevhodné**	
vhodnosť do násypu		**nevhodné**	
STN 73 3050			
ťažiteľnosť zeminy	trieda	**3-4**	
vŕtateľnosť podľa TP 7/2008	trieda	**I**	

laboratórne zistené hodnoty; **zatriedenie a odporúčané hodnoty v zmysle STN (tučné písmo)**
únosnosť R_{dt} pre hĺbku zakladania 0,8-1,5m, pre šírku základov ≤ 3,0 m

Tab. 17: Fyzikálno - mechanické vlastnosti neogénnych pieskov

Charakteristika	Symbol (rozmer)	**Neogénne zeminy piesky triedy S4-S5**	
		rozsah	priemer
vlhkosť zeminy	w_n (%)	16,4-26,0	21,2
medza tekutosti	w_L (%)	24-31	27,5
medza plasticity	w_P (%)	18-21	19,5
index plasticity	I_P (%)	2-13	7,5
parametre efektívnej šmykovej pevnosti	φ_{ef} (°) c_{ef} (MPa)	25,48-30,68 **0-12**	28,08 **6**
objemová tiaž	γ (kNm^{-3})	18,43-19,45	18,94
modul pretvárnosti	E_{def} (MPa)	11,06-27,56	19,31
geotechnické charakteristiky získané na základe porovnateľnej skúsenosti v zmysle STN EN 1997-1:			
Poissonovo číslo	ν	**0,30-0,35**	**0,35**
súčiniteľ	β	**0,62-0,74**	**0,62**
objemová tiaž	γ (kNm^{-3})	**18,0-18,5**	**18,5**
parametre efektívnej šmykovej pevnosti	φ_{ef} (°) c_{ef} (kPa)	**26-30** **0-12**	**28** **6**
modul pretvárnosti	E_{def} (MPa)	**4-15**	**9,5**
tab. výpočtová únosnosť	R_{dt} (kPa)	175-250	**200**
STN 72 1001	trieda	S4, S5	**S5**
	symbol	SM, SC	**SC**
STN 73 6133			
vhodnosť pre podložie		**podmienečne vhodné**	
vhodnosť do násypu		**vhodné**	
STN 73 3050			
ťažiteľnosť zeminy	trieda	**1-2**	
vŕtateľnosť podľa TP 7/2008	trieda	**I**	

laboratórne zistené hodnoty; **zatriedenie a odporúčané hodnoty v zmysle STN (tučné písmo)**
únosnosť R_{dt} pre hĺbku zakladania 1 m a pre šírku základu **6 m** pre piesčité zeminy
*podmienečne vhodný piesok s prímesou jemnozrnnej zeminy, ak obsahuje vyšší podiel jemných častíc

4.3 Hydrogeologické pomery

Hladina podzemnej vody bola overená vo všetkých realizovaných inžinierskogeologických vrtoch. Rovnako tak ako v kvartérnych tak aj v neogénnych sedimentoch v piesčitých alebo hlinitých polohách.

Na vetve A bola úroveň hladiny podzemnej vody overená od 3,9 m p.t. v priestore vrtu V-2 až 5,7 m p. t. v okolí vrtu V-1. V neogénnych sedimentoch v hĺbke 8,0 m p. t. a 11,7 m p.t. Ustálená hladina zmeraná po 24 hod. bola na úrovni 3,5 resp. 4,5 m p. t. Voda v neogénnych sedimentoch je napätá.

Na vetve B bola úroveň hladiny podzemnej vody overená od 2,6 m p.t. v priestore vrtu V-6 až 7,0 m p. t. v okolí vrtu V-4. V neogénnych sedimentoch v hĺbke 5,0 m p. t. Ustálená hladina zmeraná po 24 hod. bola na úrovni 2,5 resp. 4,3 m p. t. Voda v neogénnych sedimentoch je napätá.

Na vetve C bola úroveň hladiny podzemnej vody overená od 5,5 m p.t. V neogénnych sedimentoch v hĺbke 6,5 a 16,5 m p. t. Ustálená hladina zmeraná po 24 hod. bola na úrovni 3,5 resp. 3,9 m p. t. Voda v neogénnych sedimentoch je napätá.

Na vetve D bola úroveň hladiny podzemnej vody overená od 4,5 m p.t. v priestore vrtu V-10 až 7,0 m p. t. v okolí vrtu V-12. Ustálená hladina zmeraná po 24 hod. bola na úrovni 4,1 resp. 6,3 m p. t.

V rámci orientačného inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu boli zabudované dva piezometrické monitorovacie vrty HG-1 a HG-2 (obr. 15). Dňa 15. októbra 2021 sme realizovali meranie hladiny podzemnej vody vo vrtoch HG-1 a HG-2. Hladina podzemnej vody vo vrte HG-1 bola 4,30 m p. t. a vo vrte HG-2 3,80 m p. t.



Obr. 15: Piezometrické monitorovacie vrty HG-1 (vľavo – na vetve C) a HG-2 (vpravo – na vetve A)

Pre zistenie chemického zloženia a vlastností podzemných vôd v rámci úlohy „Diaľnica D2 – Križovatka Rohožník“, z hľadiska agresivity na betónové konštrukcie a nelíniové zariadenia uložené v zemi alebo vo vode, bolo odobraných 6 vzoriek podzemnej vody z príslušných vrtov. Analýzy vody vykonali pracovníci akreditovaného

laboratória INGEO-ENVILAB, s.r.o. Žilina (Osvedčenie o akreditácii č.S-008 je archivované v laboratóriu) pod číslom protokolu 13024/2019. Výsledky analýzy sú súčasťou prílohy 7.

Agresívne vlastnosti vôd vyhodnotíme podľa:

- STN EN 206 + A1 (73 2403) - Betón, Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda,
- STN 03 8372 – Zásady ochrany proti korózii nelíniových zariadení uložených v zemi alebo vo vode.

Fyzikálno – chemické parametre podzemnej vody pre posúdenie agresivity na betón a železo sú uvedené v tab. 18.

Tab. 18: Vybrané parametre podzemnej vody

ukazovateľ	jedn.	V-1	V-4	PS-4	HG-1	HG-2	V-9
pH		7,39	7,67	7,53	7,13	7,44	7,71
SO_4^{2-}	[mg.l^{-1}]	122	26,6	52,6	26,4	42,3	32,2
CO_2 agr.	[mg.l^{-1}]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NH_4^+	[mg.l^{-1}]	0,04	0,11	<0,02	<0,02	0,09	<0,02
Mg^{2+}	[mg.l^{-1}]	55,4	15,1	37,2	46,7	23,1	17,3
Cl^-	[mg.l^{-1}]	266	4,96	76,2	205	28,7	17
$SO_4^{2-} + Cl^-$	[mg.l^{-1}]	388	31,56	128,8	231,4	71	49,2
Mineralizácia	[mg.l^{-1}]	1086	361	669	1000	442	333

Z fyzikálno-chemických analýz vody vyplýva, že celková mineralizácia sa pohybuje v hodnotách 333 mg.l^{-1} (vrt V-9) až 1086 mg.l^{-1} (V-1). Podľa tejto hodnoty je podzemná voda považovaná za vodu so zvýšenou až vysokou mineralizáciou (Fľaková at al., 2010). Na zvýšenej mineralizácii sa podieľa najmä vyšší obsah chloridov (Cl^-). Chloridy patria k základným aniónom vo vode, sú najbežnejšou formou výskytu chlóru vo vodách. Vzhľadom na geologické hydrogeologické pomery na lokalite nepredpokladáme prírodný pôvod chloridov vo vode, vzhľadom na situovanie vrtov v blízkosti komunikácií a sídelných aglomerácií sú indikátorom antropogénneho vplyvu. Výskyt podzemnej vody so zvýšenou mineralizáciou (vrty V-1 a HG-1) bol oznámený Ministerstvu zdravotníctva Slovenskej republiky.

Hodnoty pH namerané v laboratóriu sa pohybovali v rozmedzí 7,13 – 7,71, podľa klasifikácie ide o vody slabo alkalické až alkalické.

Na základe Gazdovej klasifikácie charakterizujeme podzemnú vodu z vrtov ako základný výrazný kalcium – bikarbonátový chemický typ (vrty V-4, V-9, PS-4, HG-2), základná nevýrazná kalcium – bikarbonátová (HG-1) a prechodná natrium kalcium - chloridová bikarbonátová (V-1).

Vyhodnotenie vôd podľa STN EN 206 (73 2403) – Betón, Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda

- tabuľka 1 - Stupne vplyvu prostredia,
- tabuľka 2 - Medzné hodnoty pre stupne chemického pôsobenia zeminy a podzemnej vody.

Podľa STN EN 206 (73 2403) sú pre agresívne pôsobenie podzemných vôd na betón hodnotené ukazovatele:

- obsah síranových iónov
- pH
- obsah agresívneho oxidu uhličitého Heyerovou skúškou a výpočtom
- obsah amoniakálnych iónov
- obsah horečnatých iónov

V požadovaných ukazovateľoch podzemná voda zo všetkých vrtov vyhovuje limitným hodnotám citovanej legislatívy, **nie je agresívna na betónové konštrukcie** – symbol označenia je **X0**.

Vyhodnotenie podľa STN 03 8372 – Zásady ochrany proti korózii nelíniových zariadení uložených v zemi alebo vo vode

Podľa STN 03 8372 sú pre agresívne pôsobenie podzemných vôd na nelíniové zariadenia (kovové potrubie) uložené v zemi alebo vo vode hodnotené ukazovatele:

- hodnota pH
- sumárny obsah chloridových a síranových iónov
- obsah agresívneho oxidu uhličitého na železo

Namerané hodnoty dokumentujú **veľmi nízku** agresivitu vody (vrty V-4, HG-2, V-9)**.** V tomto prostredí je normou odporučené kovové nelíniové zariadenia pred účinkami vôd chrániť normálnou izoláciou.

Vo vrte PS-4 obsah síranových a chloridových iónov je 128,8 $mg.l^{-1}$, čo predstavuje II. stupeň agresivity (**stredná**). Vo vrte HG-1 je tento obsah 231,4 $mg.l^{-1}$, čo vodu charakterizuje III. stupeň agresivity prostredia (**zvýšená**). Vo vrte V-1 bol zistený vysoký obsah síranov (122 $mg.l^{-1}$), ale najmä chloridov (266 $mg.l^{-1}$), čo v súčte predstavuje 388 $mg.l^{-1}$ zaraďuje túto vodu do IV. stupňa agresivity prostredia (**veľmi vysoká**).

Vyhodnotenie nalievacej skúšky

Za účelom overenia možnosti vsakovať vodu cez nenasýtenú zónu horninového prostredia bola navrhovaná realizácia nalievacej skúšky podľa STN EN ISO 22282-5:2012. Nalievacia skúška s premenlivou hladinou bola uskutočnená v realizovanom jadrovom vrte HDS-1 s priemerom vŕtania 175 mm, ktorý bol dočasne vystrojený perforovanou pažnicou s uzavretým dnom. Ustálená hladina podzemnej vody pred začatím skúšky bola 3,80 m p. t.

Koeficient vsaku bol počítaný na základe normy ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod. Hodnota koeficienta vsaku pre celú nesaturovanú zónu, t.j. po hladinu 3,8 m p. t. je $\mathbf{k_v=7,60.10^{-7}m.s^{-1}}$. Vsakovacím vrtom s priemerom 175 mm vsiaklo počas 16 hodín 0,09135 m^3 vody cez plochu vsaku A_{zk} = 2,0881 m^2, čo predstavuje vsakované množstvo vody 0,04375 m^3 na plochu 1 m^2 za 24 hod.

Ak by sme uvažovali so vsakovaním v prostredí prevažne tvorenom pieskom s prímesou jemnozrnnej zeminy, do času spomínaných 15 min, hodnota koeficienta vsaku by vzrástla na $\mathbf{k_v=4,86.10^{-5}\ m.s^{-1}}$.

Z uvedených skutočností vyplýva, že horninové prostredie v nenasýtenej zóne je nevhodné na realizáciu priamych vsakov, ale je možné realizovať vsakovacie objekty v prostredí piesku s prímesou jemnozrnnej zeminy.

Podzemné vsakovacie zariadenia majú v zmysle ČSN 75 9010 spĺňať nasledovné kritériá:

- úroveň základovej škáry vsakovacieho zariadenia má byť najmenej 1,0 m nad maximálnou hladinou podzemnej vody,
- doba prázdnenia vsakovacieho zariadenia nemá prekročiť 72 hodín,
- na odbúranie alebo zadržanie znečistenia obsiahnutého vo vodách z povrchového odtoku vôd bude použitý systém čistenia podľa očakávaných kontaminantov.

4.4 Inžinierskogeologické posúdenie okružnej križovatky a jej vetiev

Križovatka Rohožník je umiestnená na diaľnici D2 v diaľničnom kilometri 27,746 00 (stred OK). V km 27,751 00 D2 križuje diaľnica jestvujúcu cestu II/143. Poloha križovatky je daná koridorom jestvujúcej diaľnice D2 a cesty II/143. Mimoúrovňová križovatka je navrhnutá ako prstencovitá križovatka s priamym napojením vetiev pomocou prídavných pruhov na diaľnicu D2. Pripojenie na cestu II/143 je navrhnuté prostredníctvom okružnej križovatky a jej dvoch vetiev.

Inžinierskogeologické posúdenie okružnej križovatky a jej vetiev A, B, C a D je vypracované na základe zhodnotenia dokumentácie geologických diel, penetračných skúšok, presiometrických skúšok, laboratórnych prác a výsledkov geofyzikálnych meraní. Pozdĺžne inžinierskogeologické profily 1 (pre vetvu A, OK a B) a 2 (pre vetvu C, OK a D) sumarizujú výsledky terénnych a laboratórnych prác (príloha 4).

Vetva A

Vetva A má projektovanú dĺžku 527 m. Od staničenia km 0,000 do 0,270 je niveleta vedená po teréne, od staničenia km 0,270 do 0,310 metrovým prísypom a prechádza do zárezu. Najväčšia hĺbka zárezu je 2,5 m oproti súčasnému profilu v staničení km 0,375. Od staničenia km 0,430 je niveleta vetvy A vedená v násype až po okružnú križovatku v staničení km 0,527. Výška násypu stúpa pri 5,6 % sklone a v najvyššom bode má približne 5 m.

V priestore vetvy A boli realizované tri inžinierskogeologické vrty V-1, V-2 a V-3; presiometrický vrt PS-3 a monitorovací piezometrický vrt HG-2, rovnako tak aj jeden profil ERT a GPR/SRT.

Vetva A je projektovaná v prostredí fluviálnych sedimentov. Aktívna zóna pre nulový variant po odstránení humózneho horizontu je reprezentovaná siltom piesčitým triedy F3 MS s tuhou konzistenciou. V hĺbke od 1,00 m bola overená poloha stredne uľahnutého piesku s prímesou jemnozrnnej zeminy triedy S3 S-F, od 1,30 prechádza do ílu s vysokou plasticitou triedy F8 CH s pevnou konzistenciou. Po overené neogénne podložie v hĺbke 5,70 m sa strieda piesok siltovitý triedy S4 SM a piesok ílovitý triedy S5 SC od 4,70 m. Poloha piesku siltovitého je stredne uľahnutá, no piesok ílovitý je kyprý, resp. má mäkkú konzistenciu. Tu bola narazená aj ustálená hladina podzemnej vody. Podložie (aktívna zóna) pre nulový variant je tvorené podmienečne vhodnými zeminami.

Zárez vetvy A bude situovaný prevažne v siltovitých pieskoch stredne uľahnutých triedy S4 SM, ustálená hladina podzemnej vody bola overená 2 m pod dnom projektovaného zárezu. Podložie zárezu je teda tvorené podmienečne vhodnými zeminami. Čo sa týka vhodnosti využitia tohto materiálu do násypu siltovité piesky sú vhodné zeminy pre budovanie násypových telies, jemnozrnné zeminy v ich nadloží nepredstavujú vhodné zeminy do násypov.

Násyp na vetve A bude budovaný do maximálnej výšky 5 m na hrubozrnnom podloží. Hrubozrnné zeminy tu reprezentujú stredne uľahnuté piesky s prímesou jemnozrnnej zeminy triedy S3 S-F a fluviálne piesky zle zrnené triedy S2 SP suché, kypré na báze s neogénnymi sedimentami sú prevlhčené. Narazená hladina podzemnej vody bola v hĺbke 4 metrov a ustálila sa na úrovni 3,70 resp. 3,50 m pod terénom. Neogénne podložie bolo overené v priestore vrtu V-2 v hĺbke 7,10 m pod terénom a v priestore vrtu V-3 v hĺbke 5,40 m pod terénom. Deformačná zóna sadania násypu bude zrejme zasahovať v najvyššej časti násypu až do neogénneho podložia.

Materiál zo zárezových úsekov odporúčame pre budovanie násypových telies upraviť stabilizáciou a pri využití daného materiálu do násypových telies bude potrebné rešpektovať vplyv poveternostných podmienok na zeminy hlavne vo vlhkom zimnom období (od konca jesene do začiatku jari), ktoré môže negatívne pôsobiť na vlhkosť a konzistenciu zemín. Bázu násypu by mala tvoriť kamenitá frakcia, odporúčame ako zdroj použiť kamenivo z lomu Sološnica. V aktívnej zóne násypu odporúčame použiť kamenivo frakcie 0-63 mm z kameňolomu Sološnica. Svahy násypu by mali byť opatrené protieróznou ochranou a hydroosevom.

Vetva B

Vetva B má projektovanú dĺžku 685 m. Od staničenia km 0,000 do 0,250 je niveleta vedená od okružnej križovatky v násype. Od staničenia km 0,500 do 0,685 je niveleta vetvy B vedená po teréne. Výška násypu klesá pri 5,7 % sklone a v najvyššom bode má približne 5 m.

V priestore vetvy B boli realizované tri inžinierskogeologické vrty V-4, V-5 a V-6; presiometrický vrt PS-2 a jeden profil GPR.

Vetva B je projektovaná v prostredí eolických sedimentov v nadloží fluviálnych sedimentov. Násyp na vetve B bude budovaný do maximálnej výšky 5 m na eolických strednozrnných zle zrnených pieskoch triedy S2 SP. Eolické piesky sú stredne uľahnuté a suché. Podložie (aktívna zóna) pre násyp je tvorené vhodnými zeminami. Eolické sedimenty tu tvoria nadložie fluviálnym sedimentom v ílovito-siltovitom vývoji, triedy F6 CI, S5 SC a F7 MH. Narazená hladina podzemnej vody bola v čase realizácie inžinierskogeologického prieskumu 4,30 a 5,00 m pod terénom. Neogénne sedimenty sú tu overené od 4,00 m p.t. Deformačná zóna sadania násypu bude zrejme zasahovať v najvyššej časti násypu až do neogénneho podložia. Mäkká poloha ílu so strednou plasticitou triedy F6 CI bola overená v 7,20 až 7,40 m pod terénom. Aj aktívna zóna pre nulový variant po odstránení humózneho horizontu bude prebiehať v prostredí eolických pieskov.

Vetva C

Vetva C má projektovanú dĺžku 502 m. Od staničenia km 0,000 do 0,250 je niveleta vedená po teréne. Od staničenia km 0,250 do 0,502 je niveleta vetvy C vedená v násype až po okružnú križovatku. Výška násypu stúpa pri 5,7 % sklone a v najvyššom bode má približne 4,5 m.

V priestore vetvy C boli realizované dva inžinierskogeologické vrty V-8 a V-9; presiometrický vrt PS-1 a monitorovací piezometrický vrt HG-1, rovnako tak bol realizovaný aj geofyzikálny profil GPR.

Vetva C je projektovaná v prostredí eolických sedimentov v nadloží fluviálnych sedimentov. Násyp na vetve C bude budovaný do maximálnej výšky 4,5 m na eolických strednozrnných zle zrnených pieskoch triedy S2 SP. Eolické piesky sú stredne uľahnuté a suché. Podložie (aktívna zóna) pre násyp je tvorené vhodnými zeminami. Eolické sedimenty tu tvoria nadložie fluviálnym sedimentom v siltovitom vývoji, triedy F6 CI. Narazená hladina podzemnej vody bola v čase realizácie inžinierskogeologického prieskumu 5,50 m pod terénom. Neogénne sedimenty sú tu overené už od 2,60 m p.t. Deformačná zóna sadania násypu bude zasahovať v najvyššej časti násypu do neogénneho podložia. V priestore vrtu V-8 bola zistená 0,3 m hrubá poloha siltu so strednou plasticitou so zvýšeným obsahom organických látok v hĺbke od 2,80 do 3,10 m p.t. Aj aktívna zóna pre nulový variant po odstránení humózneho horizontu bude prebiehať v prostredí eolických pieskov.

Vetva D

Vetva D má projektovanú dĺžku 669 m. Od staničenia km 0,000 do 0,085 je niveleta vedená v násype, od staničenia km 0,085 do 0,210 prechádza do zárezu, ďalej do staničenia km 0,240 je vedená metrovým prísypom a do konečnej dĺžky je vedená v nulovom variante, po teréne. Násyp stúpa pri 5,8 % sklone a v najvyššom bode má približne 4 m. Najväčšia hĺbka zárezu je 2,3 m oproti súčasnému profilu v staničení km 0,150.

V priestore vetvy D boli realizované tri inžinierskogeologické vrty V-10, V-11 a V-12; presiometrický vrt PS-4. Vo vrte HDS-1 bola realizovaná nalievacia skúška. Z geofyzikálnych meraní tu boli realizované dva GPR profily.

Vetva D je projektovaná v prostredí fluviálnych sedimentov. Násyp na vetve D bude budovaný do maximálnej výšky 4 m na hrubozrnnom podloží. Hrubozrnné zeminy tu reprezentujú stredne uľahnuté piesky s prímesou jemnozrnnej zeminy triedy S3 S-F a fluviálne piesky ílovité triedy S5 SC suché. V ich podloží boli overené strednoplastické íly triedy F6 CI s tuhou konzistenciou. Od 1,80 do 2,30 je konzistencia mäkká. Narazená hladina podzemnej vody bola v hĺbke 5 metrov a ustálila sa na úrovni 4,8 resp. 4,1 m pod terénom v okolí vrtu V-10. Neogénne podložie bolo overené hĺbke 5,50 m (okolie vrtu V-11) pod terénom a v priestore vrtu V-10 v hĺbke 5,80 m pod terénom.

Zárez vetvy D bude situovaný v íloch so strednou plasticitou triedy F6 CI s tuhou konzistenciou. Ustálená hladina podzemnej vody sa nachádza 2,5 m pod dnom projektovaného zárezu. Podložie zárezu je teda tvorené podmienečne vhodnými zeminami. V ich nadloží sú piesky s prímesou jemnozrnnej zeminy, fluviálne, stredne uľahnuté triedy S3 S-F, ktoré predstavujú vhodný materiál do budovania násypu.

Aktívna zóna pre nulový variant po odstránení humózneho horizontu je reprezentovaná siltom piesčitým triedy F3 MS s tuhou konzistenciou. Podložie (aktívna zóna) pre nulový variant je tvorené podmienečne vhodnými zeminami. Silt piesčitý F3 MS bol overený v priestore vrtu V-12 do hĺbky 1,2 m pod terénom a pod ním bola overená poloha fluviálnych pieskov s prímesou jemnozrnnej zeminy triedy S3 S-F až do 2,90 m p.t. Kvartérne fluviálne sedimenty tu majú hrúbku 8,2 m (okolie vrtu V-12). Narazená úroveň hladiny podzemnej vody bola v 7,00 m p.t. a ustálená v hĺbke 6,30 m p.t..

Okružná križovatka

Pre okružnú križovatku boli projektované a realizované 4 inžinierskogeologické vrty V-2, V-4, V-9 a V-10. Pri nich boli realizované presiometrické vrty s označením PS-1 až PS-4, rovnako aj dynamické penetračné sondy DPS-2, DPS-4, DPS-9 a DPS-10. Realizované boli aj dva geofyzikálne GPR profily, každý s dĺžkou 150 m.

Kvartérny vývoj dosahuje v priestore okružnej križovatky hrúbky od 4,5 m (v okolí vrtu V-9) až do 5,8 m (vrt V-10). Charakteristika kvartérnych sedimentov je uvedená pri jednotlivých vetvách križovatky. Rozhranie kvartérnych a neogénnych sedimentov je uvedené aj v interpretovaných geofyzikálnych profiloch GPR3 a GPR5 (obr. 9 a 10) a v prílohe 4 Pozdĺžne a priečne inžinierskogeologické profily, ktoré sú spracované v mierke 1:250/100.

Okružná križovatka bude založená hĺbkovo na pilótach v neogénnom horninovom prostredí. Neogénny vývoj je v priestore projektovanej križovatky charakteristický striedaním siltovitých, ílovitých a piesčitých polôh. Jednotlivé polohy sedimentovali vo veľmi premenlivých hrúbkach, od decimetrov po metre. Nie je to teda charakteristicky kvázi homogénne subhorizontálne horninové prostredie. Striedajú sa vrstvy ílu so strednou plasticitou triedy F6 CI, ílu piesčitého triedy F4 CS a ílu s vysokou plasticitou triedy F8

CH. Siltovitý vývoj zastupujú silty so strednou plasticitou triedy F5 MI a silty s vysokou plasticitou triedy F7 MH. Piesčitý vývoj je tvorený siltovitým pieskom triedy S4 SM.

Neogénny vývoj má prevažne tuhú až pevnú konzistenciu, miestami až tvrdú konzistenciu, ale v prípade priepustnejších zemín boli overené aj mäkké konzistencie. Piesčitý vývoj je z priebehu dynamických penetračných skúšok stredne uľahnutý. Mäkké polohy boli zaznamenané v priestore okružnej križovatky generálne od 10,20 do 11,00 m pod terénom a sú viazané na siltovitý vývoj triedy F5 MI.

V neogénnom vývoji sme overili aj vrstvu s vysokým obsahom organických látok, takmer vo všetkých inžinierskogeologických vrtoch. Majú charakter ílov s vysokou a veľmi vysokou plasticitou triedy F8 CH a CV prípadne siltu s vysokou plasticitou triedy F7 MH. Laboratórne bol stanovený obsah organických látok v dvoch vzorkách na 15,4 a 21,9 %. Ich hrúbka je od 0,2 m do 0,4 m. Overené boli v dvoch hĺbkových úrovniach, plytšia od 7,10 – 7,50 resp. 8,30 – 8,60 m a hlbšia od 12,80 – 13,00.

Z výsledkov fyzikálno-chemických analýz podzemnej vody vyplýva, že podzemná voda nie je agresívna na betónové konštrukcie, ale v prípade kovových konštrukcií ich odporúčame chrániť normálnou izoláciou pre veľmi nízku a strednú agresivita (I. a II. stupeň) a zosilnenou izoláciou pre zvýšenú a veľmi vysokú agresivitu prostredia (III. a IV. stupeň).

Pri statickom výpočte a návrhu hĺbky pilót, priemeru pilót a ich počtu, rovnako tak aj pri posudzovaní prvého a druhého medzného stavu pilót je potrebné brať ohľad na vrstevnatý vývoj neogénnych sedimentov. Fyzikálne, mechanické a deformačné charakteristiky zistené týmto prieskumom, či už laboratórne alebo in situ skúškami sú prehľadne zapracované aj do pozdĺžnych a priečnych inžinierskogeologických profilov.

ZÁVER

Cieľom geologickej úlohy „Diaľnica D2 – križovatka Rohožník“ bolo komplexné získanie informácií o inžinierskogeologických a hydrogeologických pomeroch územia a následné zhodnotenie geotechnických vlastností zemín s nadväzujúcimi odporúčaniami pre projektantov. V predkladanej záverečnej správe sú zhrnuté výsledky vrtných, geofyzikálnych, mapovacích, laboratórnych prác a terénnych skúšok. Postup riešenia geologickej úlohy bol vedený v súlade s požiadavkami na orientačný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum daných investorom stavby NDS a.s. Bratislava a špecifických požiadaviek projektanta stavby. Výsledky orientačného inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu budú podkladom na spracovanie dokumentácie pre územné rozhodnutie (DÚR).

Informácie o prírodných pomeroch širšieho okolia posudzovaného územia sú prehľadne spracované v kapitole 2 predkladanej záverečnej správy. V kapitole 3 je uvedená metodika a rozsah geologických prieskumných prác. Nosnou časťou záverečnej správy je kapitola 4 Podrobná časť.

Podkapitola 4.1 uvádza spracovanie a analýzu realizovaných geofyzikálnych profilov. Súčasťou sú aj interpretované geologické rezy, zobrazujúce líniovú informáciu o horninovom prostredí.

V podkapitole 4.2 sú uvedené inžinierskogeologické a geotechnické charakteristiky jednotlivých tried zemín spracované v prehľadnej tabuľkovej forme zemín. Táto kapitola predstavuje analytickú časť získanú z terénnych a laboratórnych prác.

V podkapitole 4.3 sú podrobne charakterizované hydrogeologické pomery zistené v rámci riešenia geologickej úlohy - informácie o zistených úrovniach a charaktere podzemnej vody a výsledky nalievacej skúšky. Súčasťou tejto podkapitoly je aj posúdenie chemického zloženia podzemných vôd získaných z realizovaných prieskumných vrtov pre stavebné účely. Ide o zistenie agresívnych vlastností podzemných vôd na betónové konštrukcie i nelíniové zariadenia uložené v zemi alebo vo vode (železné materiály).

Inžinierskogeologické posúdenie okružnej križovatky a jej vetiev tvorí obsah pokapitoly 4.4. V tejto kapitole poukazujeme na geotechnické, resp. inžinierskogeologické riziká v priestore križovatky Rohožník.

Hladina podzemnej vody bola overená vo všetkých realizovaných inžinierskogeologických vrtoch. Rovnako tak ako v kvartérnych tak aj v neogénnych sedimentoch v piesčitých alebo hlinitých polohách.

Na vetve A bola úroveň hladiny podzemnej vody overená od 3,9 m p.t. v priestore vrtu V-2 až 5,7 m p. t. v okolí vrtu V-1. V neogénnych sedimentoch v hĺbke 8,0 m p. t. a 11,7 m p.t. Ustálená hladina zmeraná po 24 hod. bola na úrovni 3,5 resp. 4,5 m p. t. Voda v neogénnych sedimentoch je napätá.

Na vetve B bola úroveň hladiny podzemnej vody overená od 2,6 m p.t. v priestore vrtu V-6 až 7,0 m p. t. v okolí vrtu V-4. V neogénnych sedimentoch v hĺbke 5,0 m p. t.

Ustálená hladina zmeraná po 24 hod. bola na úrovni 2,5 resp. 4,3 m p. t. Voda v neogénnych sedimentoch je napätá.

Na vetve C bola úroveň hladiny podzemnej vody overená od 5,5 m p.t. V neogénnych sedimentoch v hĺbke 6,5 a 16,5 m p. t. Ustálená hladina zmeraná po 24 hod. bola na úrovni 3,5 resp. 3,9 m p. t. Voda v neogénnych sedimentoch je napätá.

Na vetve D bola úroveň hladiny podzemnej vody overená od 4,5 m p.t. v priestore vrtu V-10 až 7,0 m p. t. v okolí vrtu V-12. Ustálená hladina zmeraná po 24 hod. bola na úrovni 4,1 resp. 6,3 m p. t.

V rámci orientačného inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu boli zabudované dva piezometrické monitorovacie vrty HG-1 a HG-2.

Pre zistenie chemického zloženia a vlastností podzemných vôd v rámci úlohy „Diaľnica D2 – Križovatka Rohožník“, z hľadiska agresivity na betónové konštrukcie a nelíniové zariadenia uložené v zemi alebo vo vode, bolo odobraných 6 vzoriek podzemnej vody z príslušných vrtov. Z chemických analýz vyplýva, že podzemná voda zo všetkých vrtov vyhovuje limitným hodnotám platnej legislatívy a **nie je agresívna na betónové konštrukcie** – symbol označenia je **X0**.

Z pohľadu agresivity podzemnej vody na nelíniové zariadenia (kovové potrubie) uložené v zemi alebo vo vode dosiahnuté výsledky ukázali, že namerané hodnoty dokumentujú **veľmi nízku** agresivitu vody (vrty V-4, HG-2, V-9)**.** V tomto prostredí je normou odporučené kovové nelíniové zariadenia pred účinkami vôd chrániť normálnou izoláciou. Vo vrte PS-4 obsah síranových a chloridových iónov je 128,8 $mg.l^{-1}$, čo predstavuje II. stupeň agresivity (**stredná**). Vo vrte HG-1 je tento obsah 231,4 $mg.l^{-1}$, čo vodu charakterizuje III. stupeň agresivity prostredia (**zvýšená**). Vo vrte V-1 bol zistený vysoký obsah síranov (122 $mg.l^{-1}$), ale najmä chloridov (266 $mg.l^{-1}$), čo v súčte predstavuje 388 $mg.l^{-1}$ zaraďuje túto vodu do IV. stupňa agresivity prostredia (**veľmi vysoká**).

Za účelom overenia možnosti vsakovať vodu cez nenasýtenú zónu horninového prostredia bola navrhovaná realizácia nalievacej skúšky podľa STN EN ISO 22282-5:2012. Nalievacia skúška s premenlivou hladinou bola uskutočnená v realizovanom jadrovom vrte HDS-1 s priemerom vŕtania 175 mm.

Hodnota koeficienta vsaku pre celú nesaturovanú zónu, t.j. po hladinu 3,8 m p.t. je $\mathbf{k_v=7,60.10^{-7}m.s^{-1}}$. Vsakovacím vrtom s priemerom 175 mm vsiaklo počas 16 hodín 0,09135 m^3 vody cez plochu vsaku A_{zk} = 2,0881 m^2, čo predstavuje vsakované množstvo vody 0,04375 m^3 na plochu 1 m^2 za 24 hod.

Ak by sme uvažovali so vsakovaním v prostredí prevažne tvorenom pieskom s prímesou jemnozrnnej zeminy, do času spomínaných 15 min, hodnota koeficientu vsaku by vzrástla na $\mathbf{k_v=4,86.10^{-5}\ m.s^{-1}}$. **Z uvedených skutočností vyplýva, že horninové prostredie v nenasýtenej zóne je nevhodné na realizáciu priamych vsakov, ale je možné realizovať vsakovacie objekty v prostredí piesku s prímesou jemnozrnnej zeminy.**

Križovatka Rohožník je umiestnená na diaľnici D2 v diaľničnom kilometri 27,746 00 (stred OK). V km 27,751 00 D2 križuje diaľnica jestvujúcu cestu II/143. Poloha križovatky je daná koridorom jestvujúcej diaľnice D2 a cesty II/143. Mimoúrovňová

križovatka je navrhnutá ako prstencovitá križovatka s priamym napojením vetiev pomocou prídavných pruhov na diaľnicu D2. Pripojenie na cestu II/143 je navrhnuté prostredníctvom okružnej križovatky a jej dvoch vetiev.

Inžinierskogeologické posúdenie okružnej križovatky a jej vetiev A, B, C a D je vypracované na základe zhodnotenia dokumentácie geologických diel, penetračných skúšok, presiometrických skúšok, laboratórnych prác a výsledkov geofyzikálnych meraní. Pozdĺžne inžinierskogeologické profily 1 (pre vetvu A, OK a B) a 2 (pre vetvu C, OK a D) sumarizujú výsledky terénnych a laboratórnych prác.

Vetva A má projektovanú dĺžku 527 m. Od staničenia km 0,000 do 0,270 je niveleta vedená po teréne, od staničenia km 0,270 do 0.310 metrovým prísypom a prechádza do zárezu. Najväčšia hĺbka zárezu je 2,5 m oproti súčasnému profilu v staničení km 0,375. Od staničenia km 0,430 je niveleta vetvy A vedená v násype až po okružnú križovatku v staničení km 0,527. Výška násypu stúpa pri 5,6 % sklone a v najvyššom bode má približne 5 m. Vetva A je projektovaná v prostredí fluviálnych sedimentov. Aktívna zóna pre nulový variant po odstránení humózneho horizontu je reprezentovaná siltom piesčitým triedy F3 MS s tuhou konzistenciou. Zárez vetvy A bude situovaný prevažne v siltovitých pieskoch stredne uľahnutých triedy S4 SM, ustálená hladina podzemnej vody bola overená 2 m pod dnom projektovaného zárezu. Podložie zárezu je teda tvorené podmienečne vhodnými zeminami. Čo sa týka vhodnosti využitia tohto materiálu do násypu siltovité piesky sú vhodné zeminy pre budovanie násypových telies, jemnozrnné zeminy v ich nadloží nepredstavujú vhodné zeminy do násypov. Materiál zo zárezových úsekov odporúčame pre budovanie násypových telies upraviť stabilizáciou a pri využití daného materiálu do násypových telies bude potrebné rešpektovať vplyv poveternostných podmienok na zeminy hlavne vo vlhkom zimnom období (od konca jesene do začiatku jari), ktoré môže negatívne pôsobiť na vlhkosť a konzistenciu zemín. Bázu násypu by mala tvoriť kamenitá frakcia, odporúčame ako zdroj použiť kamenivo z lomu Sološnica. V aktívnej zóne násypu odporúčame pouzliť kamenivo frakcie 0-63 mm z kameňolomu Sološnica. Svahy násypu by mali byť opatrené protieróznou ochranou a hydroosevom.

Vetva B má projektovanú dĺžku 685 m. Od staničenia km 0,000 do 0,250 je niveleta vedená od okružnej križovatky v násype. Od staničenia km 0,500 do 0,685 je niveleta vetvy B vedená po teréne. Výška násypu klesá pri 5,7 % sklone a v najvyššom bode má približne 5 m. Vetva B je projektovaná v prostredí eolických sedimentov v nadloží fluviálnych sedimentov. Násyp na vetve B bude budovaný do maximálnej výšky 5 m na eolických strednozrnných zle zrnených pieskoch triedy S2 SP. Eolické piesky sú stredne uľahnuté a suché. Podložie (aktívna zóna) pre násyp je tvorené vhodnými zeminami. Neogénne sedimenty sú tu overené od 4,00 m p.t. Deformačná zóna sadania násypu bude zrejme zasahovať v najvyššej časti násypu až do neogénneho podložia. Mäkká poloha ílu so strednou plasticitou triedy F6 CI bola overená v 7,20 až 7,40 m pod terénom. Aj aktívna zóna pre nulový variant po odstránení humózneho horizontu bude prebiehať v prostredí eolických pieskov.

Vetva C má projektovanú dĺžku 502 m. Od staničenia km 0,000 do 0,250 je niveleta vedená po teréne. Od staničenia km 0,250 do 0,502 je niveleta vetvy C vedená

v násype až po okružnú križovatku. Výška násypu stúpa pri 5,7 % sklone a v najvyššom bode má približne 4,5 m. Vetva C je projektovaná v prostredí eolických sedimentov v nadloží fluviálnych sedimentov. Násyp na vetve C bude budovaný do maximálnej výšky 4,5 m na eolických strednozrnných zle zrnených pieskoch triedy S2 SP. Eolické piesky sú stredne uľahnuté a suché. Podložie (aktívna zóna) pre násyp je tvorené vhodnými zeminami. Neogénne sedimenty sú tu overené už od 2,60 m p.t. Deformačná zóna sadania násypu bude zasahovať v najvyššej časti násypu do neogénneho podložia. V priestore vrtu V-8 bola zistená 0,3 m hrubá poloha siltu so strednou plasticitou so zvýšeným obsahom organických látok v hĺbke od 2,80 do 3,10 m p.t. Aj aktívna zóna pre nulový variant po odstránení humózneho horizontu bude prebiehať v prostredí eolických pieskov.

Vetva D má projektovanú dĺžku 669 m. Od staničenia km 0,000 do 0,085 je niveleta vedená v násype, od staničenia km 0,085 do 0,210 prechádza do zárezu, ďalej do staničenia km 0,240 je vedená metrovým prísypom a do konečnej dĺžky je vedená v nulovom variante, po teréne. Násyp stúpa pri 5,8 % sklone a v najvyššom bode má približne 4 m. Najväčšia hĺbka zárezu je 2,3 m oproti súčasnému profilu v staničení km 0,150. Vetva D je projektovaná v prostredí fluviálnych sedimentov. Násyp na vetve D bude budovaný do maximálnej výšky 4 m na hrubozrnnom podloží. Hrubozrnné zeminy tu reprezentujú stredne uľahnuté piesky s prímesou jemnozrnnej zeminy triedy S3 S-F a fluviálne piesky ílovité triedy S5 SC suché. V ich podloží boli overené strednoplastické íly triedy F6 CI s tuhou konzistenciou. Od 1,80 do 2,30 je konzistencia mäkká. Zárez vetvy D bude situovaný v íloch so strednou plasticitou triedy F6 CI s tuhou konzistenciou. Ustálená hladina podzemnej vody sa nachádza 2,5 m pod dnom projektovaného zárezu. Podložie zárezu je teda tvorené podmienečne vhodnými zeminami. V ich nadloží sú piesky s prímesou jemnozrnnej zeminy, fluviálne, stredne uľahnuté triedy S3 S-F, ktoré predstavujú vhodný materiál do budovania násypu. Aktívna zóna pre nulový variant po odstránení humózneho horizontu je reprezentovaná siltom piesčitým triedy F3 MS s tuhou konzistenciou. Podložie (aktívna zóna) pre nulový variant je tvorené podmienečne vhodnými zeminami.

Okružná križovatka bude založená hĺbkovo na pilótach v neogénnom horninovom prostredí. Neogénny vývoj je v priestore projektovanej križovatky charakteristický striedaním siltovitých, ílovitých a piesčitých polôh. Jednotlivé polohy sedimentovali vo veľmi premenlivých hrúbkach, od decimetrov po metre. Nie je to teda charakteristicky kvázi homogénne subhorizontálne horninové prostredie. Neogénny vývoj má prevažne tuhú až pevnú konzistenciu, miestami až tvrdú konzistenciu, ale v prípade priepustnejších zemín boli overené aj mäkké konzistencie. Piesčitý vývoj je z priebehu dynamických penetračných skúšok stredne uľahnutý. Mäkké polohy boli zaznamenané v priestore okružnej križovatky generálne od 10,20 do 11,00 m pod terénom a sú viazané na siltovitý vývoj triedy F5 MI. Pri statickom výpočte a návrhu hĺbky pilót, priemeru pilót a ich počtu, rovnako tak aj pri posudzovaní prvého a druhého medzného stavu pilót je potrebné brať ohľad na vrstevnatý vývoj neogénnych sedimentov. Fyzikálne, mechanické a deformačné charakteristiky zistené týmto prieskumom, či už laboratórne alebo in situ skúškami sú prehľadne zapracované aj do pozdĺžnych a priečnych inžinierskogeologických profilov.

Úlohou prílohovej časti je prehľadným spôsobom sumarizovať výsledky laboratórnych a terénnych prác. V rámci prílohy 4 sú spracované dva pozdĺžne a dva priečne inžinierskogeologické profily v mierke 1:250/100, zvlášť pre vetvy A, B a okružnú križovatku a pre vetvy C, D a okružnú križovatku. Obsahujú fyzikálne, mechanické a deformačné charakteristiky zistené týmto prieskumom, či už laboratórne alebo in situ skúškami a predstavujú tak dobrý podklad pre projektanta a statika.

Vzhľadom na rozsah realizovaných prieskumných a laboratórnych prác, v rámci tejto etapy inžinierskogeologického prieskumu je územie dostatočne preskúmané a nie je potrebné realizovať podrobnú etapu inžinierskogeologického prieskumu.

Zoznam použitej literatúry

- Atlas krajiny SR, Kolektív autorov, MŽP SR, 2002;
- Danko J., 2015: Diaľnica D2 – križovatka Rohožník. Inžinierskogeologická štúdia. TERRATEST s.r.o., Bratislava;
- Fendeková, M., Krčmář, D., Malík, F., Makišová, Z., Roháčiková, A., 2006: Metodika hodnotenia agresívnych vlastností podzemnej vody v zmysle STN EN 206-1 a jej aplikácia v pohorí Vtáčnik. Časopis Podzemná voda č.2/2006, ročník XII. Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava
- Fľaková, R., Ženišová, Z., Seman, M., 2010: Chemická analýza vody v hydrogeológii. Slovenská asociácia hydrogeológov.
- Hrašna, M., Vlčko, J., 1985: Vysvetlivky ku inžinierskogeologickej mape Záhorskej nížiny 1:50 000;
- Matula a kol.: Atlas inžinierskogeologických máp, M 1:200 000, 1989.
- MŽP SR, 2020: Hodnotenie stavu útvarov podzemných vôd (dostupné online: https://www.minzp.sk/files/sekcia-vod/3vps-hodnotenie-stavu-utvarov-podzemnych-vod.pdf)
- MŽP SR, 2011: Hodnotenie kvality povrchovej vody Slovenska za rok 2010, Bratislava,2011 (http://www.vuvh.sk/rsv2/download/02_Dokumenty/19_Hodnotenie_kvality_vody_2010/Sprava_final_2010_8_2011_last.pdf)
- SHMÚ, 2020: Kvalita podzemných vôd na Slovensku 2019, Bratislava 2020
- VÚVH, 2020: Hodnotenie ekologického stavu, ekologického potenciálu a chemického stavu vodných útvarov povrchových vôd pre aktualizáciu Vodného plánu Slovenska 2021, Bratislava

Zoznam použitých noriem

ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod

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 22282-5:2012 Geotechnický prieskum a skúšky. Hydrodynamické skúšky. Časť 5: Nalievacie skúšky (ISO 22282-5:2012) (72 1040);

STN EN ISO 22475-1:2007 Geotechnický prieskum a skúšky. Metódy odber
u vzoriek a meranie hladín podzemnej vody. Časť 1: Technické zásady vykonávania (ISO 22475-1:2006) (72 1005);

STN 73 3050: Zemné práce;

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.

Zoznam použitých symbolov

w_n	vlhkosť zeminy
ρ_n	objemová hmotnosť prirodzená
ρ_d	objemová hmotnosť suchej zeminy
ρ_s	zdanlivá hustota
n	pórovitosť
S_r	stupeň nasýtenia
w_L	medza tekutosti
w_P	medza plasticity
I_P	index plasticity
I_C	index konzistencie
O_m	obsah organických látok
σ_c	pevnosť v prostom tlaku
ν	Poissonovo číslo
β	súčiniteľ pre prevod medzi modulom pretvárnosti a oedometrickým modulom
γ	objemová tiaž
φ_{ef}	efektívny uhol vnútorného trenia
c_{ef}	efektívna súdržnosť
φ_u	totálny uhol vnútorného trenia
c_u	totálna súdržnosť
E_{oed}	oedometrický modul pretvárnosti
E_{def}	modul pretvárnosti
c_v	súčiniteľ konsolidácie
R_{dt}	tabuľková výpočtová únosnosť
$\rho_{d,maxPS}$	maximálna objemová hmotnosť suchej zeminy Proctor Standard
w_{opt}	optimálna vlhkosť zeminy podľa STN 72 1015
CBR	kalifornský pomer únosnosti