

Brno – Sportovní – Klusáčkova trasa VVN 2 x 110 kV

**Inženýrskogeologická rešerše v trase vedení
pro účely realizace protlaků**

Brno, červenec 2019

GEOtest, a.s.
Šmahova 1244/112, 627 00 Brno
IČO: 46344942 DIČ: CZ 46344942

tel.: **548 125 111**
fax: **545 217 979**
e-mail: **geotechnika@geotest.cz**

Geologické a sanační práce pro ochranu životního prostředí, geotechnický a hydrogeologický průzkum

Číslo a název zakázky: **19 0246 Brno – Sportovní – Klusáčkova, trasa VVN 2 x 110 kV**

Objednatel: Union Grid s.r.o., Václavské náměstí 846/1, 110 00 Praha 1

Brno – Sportovní – Klusáčkova
trasa VVN 2 x 110 kV

Inženýrskogeologická rešerše v trase vedení pro účely realizace
protlaků

Odpovědný řešitel: **RNDr. Jaroslav Hanák**

Zpracoval: **Ing. Jan Stach**

Prověřil: **Ing. Marek Polák, oborový manažer**

RNDr. Lubomír Klímek MBA

ředitel společnosti

Brno, červenec 2019

Výtisk č.

ROZDĚLOVNÍK

Výtisk č. 1-4: Union Grid s.r.o.

5: Archiv GEOTest, a.s.

Obsah

1. ÚVOD	1
2. GEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST ÚZEMÍ	2
3. PŘEHLED PŘÍRODNÍCH POMĚRŮ	3
4. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY	5
4.1 TRASA VEDENÍ VVN V LINII A-A'	5
4.2 TRASA VEDENÍ VVN V LINII B-B'	6
4.3 TRASA VEDENÍ VVN V LINII C-C'	7
5. HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY V TRASE VEDENÍ VVN.....	10
5.1 TRASA VEDENÍ VVN V LINII A-A'	10
5.2 TRASA VEDENÍ VVN V LINII B-B'	10
5.3 TRASA VEDENÍ VVN V LINII C-C'	10
6. POSOUZENÍ MOŽNOSTI PROTĚKŮ VEDENÍ VVN	11
6.1 KLASIFIKACE HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ PRO ÚČELY PROTĚKŮ	12
6.2 VYHODNOCENÍ DANÉHO PROSTŘEDÍ PRO ÚČELY PROTĚKŮ	14
7. ZÁVĚR A DOPORUČENÝ ROZSAH NÁSLEDNÝCH PRŮZKUMNÝCH PRACÍ	19
8. POUŽITÁ LITERATURA	20

SEZNAM PŘÍLOH

1. Přehledná situace	1 : 25 : 000
2. Situace dokumentačních bodů	1 : 2.000
3. Geologické profily	
3.1 Řez A-A'	měřítko 1 : 1000/200
3.2 Řez B-B'	měřítko 1 : 1000/200
3.3 Řez C-C'	měřítko 1 : 1000/200
4. Dokumentace archivních sond	

1. Úvod

Union Grid s.r.o., Václavské náměstí 846/1, 110 00 Praha požádala a.s. GEOTest o vypracování inženýrskogeologické rešerše v intravilánu města Brna v oblasti mezi ulicemi Sportovní – Klusáčkova. Informace získané geologickou rešerší budou sloužit pro posouzení možnosti protlaků v místě projektovaného podzemního vedení VVN. Objednávka č. 430190262 na uvedené práce byla zaslána dne 27. 5. 2019. Zakázka je oběma stranami vedena pod názvem „**Brno – Sportovní – Klusáčkova, trasa VVN 2x 110 kV**“.

Účelem inženýrskogeologické rešerše je prověření geologických a hydrogeologických podmínek v trase vedení VVN, zejména v uvažovaných úsecích protlaků, získaných z dostupných podkladů, které jsou v současné době k dispozici z veřejných zdrojů, případně z interní databáze naší společnosti.

Podle informací objednatele se jedná o tři linie (úseky) trasy VVN, které byly v poskytnuté celkové situaci v měřítku 1:5000 definovány znázorněným kladem listů:

- List „a“ (zprava doleva): teplárna (rozvodna ČML) - ulice Sportovní - Reissigova - Domažlická - (Tábor).
 List „b“ (zprava doleva): Tábor – Šelepova - Klusáčkova (Šumavská).
 List „c“ (zleva doprava): (Tábor, Domažlická) - Kartouzská - Antonína Macka, území přestavby Poděbradova-Sportovní - (Porgesova).

Trasa podzemního vedení je rozdělena do úseků s číselným rozlišením, které jsou uvedeny v tabulce č. 1, s rozlišením na výkopy, překopy a protlak:

Tabulka 1: Rozdělení trasy podzemního vedení na úseky

Č.	Charakter zemních prací a jejich situování	Délka
1	Vyústění z rozvodny ČML do výkopu	28 m
2	Protlak Sportovní – obslužná komunikace a pod kanály CZT	38 m
3	Výkop v zeleni ulice Sportovní	19 m
4	Protlak Sportovní – rychlostní komunikace	23 m
5	Výkop před autosalonem Hyundai	16 m
6	Protlak Reissigova	34 m
7	Výkop v zeleni Sportovní – Reissigova a v chodníku Reissigova	115 m
8	Protlak pod horkovodem 2x DN 150 v chodníku Reissigova	10 m
9	Výkop v chodníku Reissigova od horkovodu 2x DN 150 k ul. Poděbradova	98 m
10	Protlak Poděbradova – Reissigova	34 m
11	Výkop v chodníku Reissigova mezi Poděbradovou a Štefánikovou	97 m
12	Protlak Štefánikova	44 m
13	Kabelovod ve vozovce Domažlická	118 m
14	Překop ul. Domažlická	10 m
15	Výkop v chodníku ul. Domažlická podél kasáren (strana lichých čísel)	165 m
16	Protlak Domažlická – Chodská a pod horkovodem DN 500 (jižní strana ulice)	60 m
17	Výkop v parku Tábor	85 m
18	Protlak Tábor	28 m
19	Výkop v parku Tábor – Šelepova	73 m
20	Protlak Šelepova	24 m

21	Výkop v sadech Národního odboje (Šelepova – Klusáčkova)	58 m
22	Protlak Klusáčkova	29 m
23	Výkop na nádvoří rozvodny Klusáčkova	73 m
24	Protlak Domažlická-Chodská a pod horkovodem DN 500 (severní strana)	57 m
25	Výkop v chodníku ul. Domažlická podél areálu VFU (strana sudých čísel)	170 m
26	Výkop Kartouzská – variantní (varianta ve vozovce dl. 236 m)	229 m
27	Protlak Plackého	43 m
28	Kabelovod ve vozovce Antonína Macka	105 m
29	Protlak Poděbradova – Antonína Macka	37 m
30	Území přestavby Poděbradova – Sportovní (variantní)	386 m
Celkem:		2.279 m

Jako podklad pro zpracování rešerše jsme využili poskytnutou výkresovou dokumentaci:

- Celková situace – úseky trasy, měřítko 1 : 5.000 se zakreslením trasy vedení VVN
- Situace území, měřítko 1 : 2.000 se zakreslením trasy vedení VVN
- Dílčí úseky situace v měřítku 1 : 500 s povrchovými body vedení trasy VVN
- Pracovní řezy vedení trasy 110 kV
- Předpokládané hloubky šachet protlaků (max. hloubka dna ocelové trouby protlaku DN 800 mm má být cca 1 m nad uvedenou hloubkou šachty)

Cílem rešeršních prací je excerptce a sumarizace dostupných dat a následně zhodnocení inženýrskogeologických (geotechnických) a hydrogeologických poměrů v trase projektovaného vedení VVN, s důrazem na posouzení možnosti protlaku ve vyčleněných úsecích dle tabulky č. 1. Výsledky rešerše by měly být podkladem pro další projektovou přípravu stavby, případně pro návrh doplňujících průzkumných prací v místech bez zdrojů informací o inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrech.

Inženýrskogeologická rešerše byla zpracována získáním podkladů z archivních vrtů z dostupných veřejných zdrojů, tj. internetového portálu České geologické služby – Geofondy Praha a dále z interní databáze GEOTestu a.s., případně z databáze obdobných rezortních organizací. Získané archivní vrt (jmenovitě uvedené v tabulce č. 2 a 3) byly vyneseny do užšího koridoru trasy vedení VVN. Připomínáme, že většina z nich se nachází mimo jeho vytýčenou trasu (ve vzdálenosti metrů a až prvních desítek metrů) a rovněž v odchylných výškových úrovních. V geologických profilech se tedy jedná o jejich polohové a výškové průměty do trasy vedení VVN, a tudíž mají orientační charakter – pouze pro účely geologické rešerše. Podle zkonstruovaných geologických profilů A-A', B-B' a C-C' (příloha č. 3) v převýšeném měřítku 1:1000/200 bylo pak provedeno inženýrsko-geologické (geotechnické) a hydrogeologické zhodnocení trasy vedení.

2. Geologická prozkoumanost území

V blízkosti trasy VVN byla vyhledána čísla dokumentačních bodů, kterým náleží původní označení archivních sond. Toto jsou uvedeny v tabulce č. 2 a 3, s rozlišením podle jednotlivých úseků vedení VVN. Jejich poloha je vynesena do situace dokumentačních bodů v měřítku 1:2.000 – viz příloha č. 2

Zdroje získaných archivních průzkumných sond jsou obsahem kapitoly č. 8 „Použitá literatura“ na konci této rešerše. Jedná se celkem o 13 závěrečných zpráv ([1] až [13]), které

jsou seřazeny vzestupně podle data jejich vypracování. Příslušnost jednotlivých sond k těmto zprávám lze získat přes údaj „Hlavní signatury“ GF uvedený v tabulce č. 2 a dále za citacemi jednotlivých zpráv v „Použité literatuře“ (uveden závorkách).

Tabulka 2a: Seznam archivních vrtů v trase VVN evidovaných Geofondem [1] až [13]:

ID GDO	Původní název	Hloubka (m)	Souřadnice X	Souřadnice Y	Výška (mm)	Rok	Hlavní signatura	Místo vrtů (ulice)
Úsek: Sportovní - Reissigova – Domažlická – Řez A-A'								
442039	V-21	5	1.158.515,9	598.830	235	1977	GF V076403	Domažlická
442040	V-22	5	1.158.448,9	598.531,3	222,4	1977	GF V076403	Domažlická
442038	V-20	5	1.158.404,4	598.399,4	215	1977	GF V076403	Reissigova
743079	S-1	8,5	1.158.424	598.329	215	2017	GF P154279	U Červ. mlýna
440268	V-36	13,5	1.158.410	598.280	215	1984	GF P046258	U Červ. mlýna
565227	J-1	7	1.158.383,55	598.271,95	213,24	1996	GF P088837	Reissigova
565228	J-2	8	1.158.375,63	598.205,49	214,34	1996	GF P088837	Reissigova
440267	V-35	10	1.158.390	598.202	214,7	1984	GF P046258	U Červ. mlýna
440266	V-34	12	1.158.380	598.152	214,9	1984	GF P046258	Sportovní
440265	V-33	7	1.158.385	598.102	217,9	1984	GF P046258	
556943	CM-1	10	1.158.3369	598.075,6	217,43	1996	GF P088088	Rozvodna ČML
556948	CM-6	10	1.158.382,3	598.050,2	218,4	1996	GF P088088	
Úsek: Tábor – Šelepova - Klusáčkova – Řez B-B'								
441096	S-2	8	1.158.700	598.900	238,2	1981	GF P038090	Park Šelepova
441097	S-3	6	1.158.733	598.888	238	1981	GF P038090	
441172	S-12	8,5	1.158.827,2	598.732,2	228,6	1987	GF P054241	Šumavská
Úsek: Porgesova (území přestavby) – Antonína Macka – Kartouzská – Domažlická – Řez C-C'								
440241	V-5	12	1.157.875	598.250	215,2	1984	GF P046258	Porgesova
714616	HP-4	15	1.157.962,61	598.300,10	214,27	2010	GF P132625	Poděbradova – Sportovní (území přestavby)
440251	V-17	12	1.157.985	598.240	213,5	1984	GF P046258	
440250	V-16	11	1.158.005	598.278	213,5	1984	GF P046258	
440278	S-11	8	1.158.100,7	598.260,5	212,5	1983	GF P045625	
440275	S-8	7,5	1.158.101,1	598.301,9	212,3	1983	GF P045625	
557003	CC-1	5	1.158.098,94	598.322,09	212,34	1993	GF P082407	
617814	J-1	15	1.158.111	598.371	213	1982	GF P093539	Dtto, varianta trasy
617816	J-3	15	1.158.116	598.409	214,3	1982	GF P093539	
440277	S-10	9	1.157.994,9	598.315,9	212,6	1983	GF P045625	Poděbradova
557004	CC-2	8	1.158.046,98	598.317,2	213,74	1993	GF P082407	
677194	Č.p. 260	5,5	1.158.221	598.475	218	2006	GF P115106	Kartouzská
662791	V-11	13	1.158.325	598.592	223,02	2002	GF P109355	Kartouzská
442039	V-21	5	1.158.515,9	598.830	235	1977	GF V076403	Domažlická

Tabulka 2b: Seznam archivních vrtů uvedených v Hydrogeologické studii města Brna [14]

ID GDO	Původ. název	Hloubka (m)	Souřadnice X	Souřadnice Y	Výška (mm)	Rok	Hlavní signatura	Místo vrtů (ulice)
Úsek: Sportovní – Reissigova – Domažlická – Řez A-A'								
1282	S 5	12			212,25			Reissigova
1280	S 2	12			211,45			
1278	S 1	15			213,85			
1279	V 6	12			212,90			Sportovní
1320	V 20	10			215,70			Cimburkova
Úsek: Tábor – Šelepova – Klusáčkova – Řez B - B'								
1284	V 5	15			236,00			Tábor
1291	S 1	8			239,10			Šumavská
Úsek: Porgesova (území přestavby) – Anton. Macka – Kartouzská – Domažlická – Řez C-C'								
843	S 6	8			-			Štefánikova

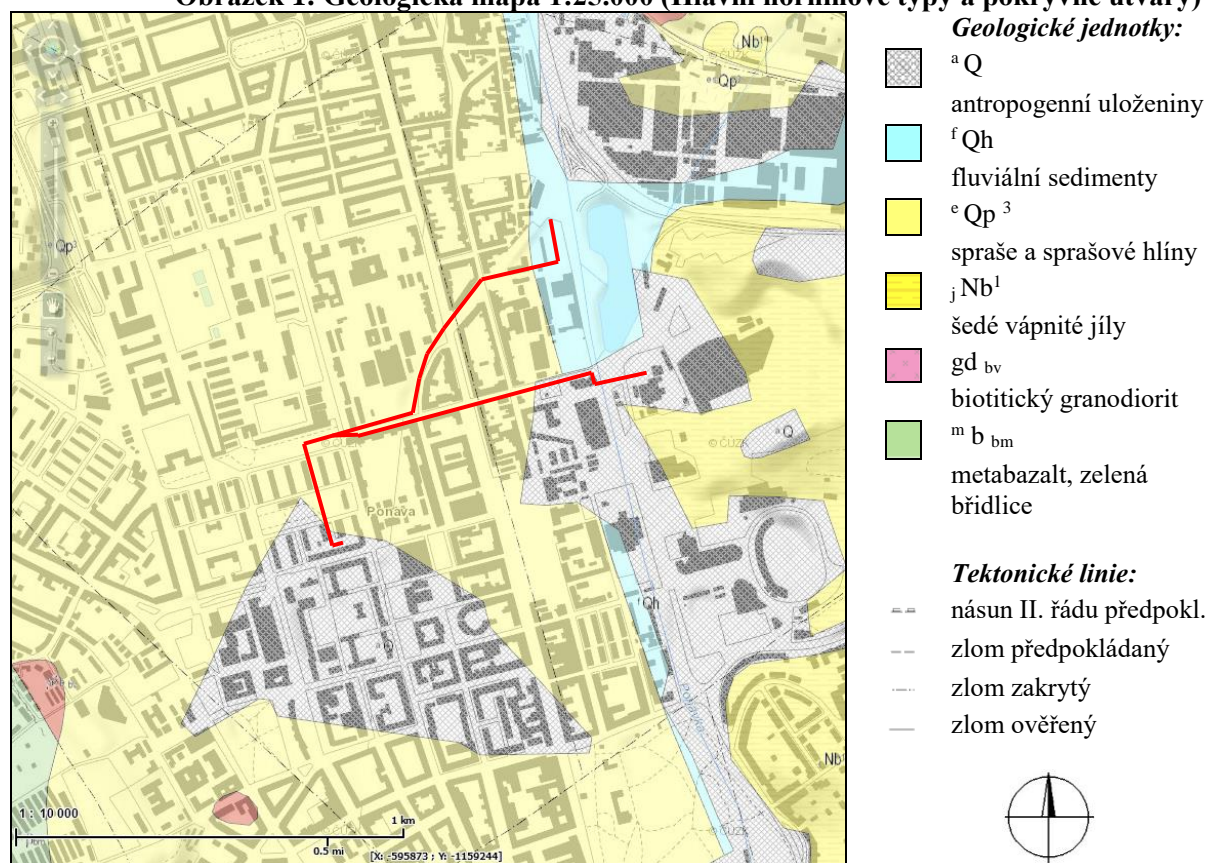
3. Přehled přírodních poměrů

Z hlediska geologického patří podzemní úseky vedení VVN k Čelní hlubině vídeňské pánve, která se zde regionálně-geologicky stýká s Českým masivem. Čelní hlubina je vyplněna **neogenními jíly**, tzv. brněnskými tégly, stratigraficky řazené do spodního badenu. Zastižené neogenní jíly dosedají na skalní podloží a v posuzované oblasti zasahují do desítek metrů

pod povrch. V horizontu zvětrávání jsou plastické, potrhane, hlouběji se střípkovitým rozpadem nekonsolidované. Jsou barvy šedozelené až šedomodré, vápnité s obsahem krystalků sádrovce. Povrch téglů klesá východním směrem k aluviální nivě Ponávky. Zde neogenní jíly vystupují na povrch zhruba až v severojižním pásu na jejím levém břehu (oblast bývalé cihelny „Gustava Klimenta“ – dnes hypermarket Teco, Brno - Ponava).

Komplex **kvarterních uloženin** je zastoupen převážně sprašemi a sprašovými hlínami eolického původu, místy v eolicko-deluviální formě, a místy s pohřbenými humózními horizonty. Pokrývají plošně prakticky celou oblast městské části Ponavy. Největší mocnosti dosahují při ulici Veverí (výše ve svahu nad posuzovaným územím). V jejich podloží se nachází terasové písky se štěrky s obsahem hlíny a štěrky, a to ve svahu v několika úrovních. Mohou být doprovázeny eolicko-deluviálními jílovitými hlínami. Aluviální niva říčky Ponávky je tvořena fluviální a povodňovými sedimenty v proměnlivém vertikálním i horizontálním zastoupení. Hlavními zástupci pokryvných vrstev jsou hlíny jílovité, hlíny písčité, místy náplavové jíly s organickou příměsí („bahno“), dále vrstvy hlinitopísčitých štěrků a jílovitohlinitých písků. **Navážky** se nalézají v celé přípovrchové ploše aluviální nivy. Jedná se o heterogenní antropogenní uloženiny vzniklé v souvislosti se stavební a průmyslovou činností. Přibližnou hranici mezi sprašovými eolickými uloženinami a fluviálními uloženinami Ponávky tvoří ulice Sportovní, resp. Poděbradova.

Obrázek 1: Geologická mapa 1:25.000 (Hlavní horninové typy a pokryvné útvary)



— Projektovaná trasa podzemního vedení VVN 2x110 kV

Geologická stavba území je znázorněna na obrázku č. 1. Žádným z archivních vrtů nebyly zjištěny skalní horniny brněnské vyvřeliny (biotitický granodiorit, metabazalty). Tyto se vyskytují až západně od zájmového území (od ulice Veverí).

Z hydrogeologického hlediska se v zájmovém území jedná o podzemní vodu průlinového charakteru, která se shromažďuje v propustných písčitoštěrkovitých vrstvách a prosakuje po nepropustném podloží brněnských téglů. Jedná se o vcelku malé množství podzemní vody s kolísavou vydatností. Neogenní jíly jsou prakticky bezvodé. Pro hydrogeologické poměry je rozhodujícím faktorem rozložení a množství srážek spolu s dalšími klimatickými vlivy. Pro jednotlivé vrstvy je pak důležitá možnost infiltrace jejich nadloží.

V aluviální nivě se jedná o podzemní vodu volnou, vázanou na zejména povrchové kolektory propustných písčitých a štěrkovitých zemin a rovněž i na akumulace propustných kamenitopísčitých navážek se stavebním odpadem. Její stav bude kolísat v návaznosti na klimatické vlivy, zejména na zvýšené atmosférické srážky či tání sněhové pokrývky.

4. Inženýrskogeologické poměry

Výše popsané zeminy, které se vyskytují v zájmovém území, byly pro lepší přehlednost a pro účely jejich inženýrskogeologické a geotechnické charakteristiky rozčleněny do několika kvazihomogenních celků, tzv. „geotypů“. Seznam těchto geotechnických typů, jejich popis a orientační hodnoty základních geotechnických charakteristik jsou přehledně uvedeny v tabulce 3.

Geologická stavba území v projektované linii vedení VVN je znázorněna v příloze č. 3.2, 3.3 a 3.4 v převýšených řezech v měřítku 1 : 1000/200. Řez zjednodušeně znázorňuje vrstevní sled kvartérního pokryvu a předpokládaný průběh neogenního jílového podloží. K jednotlivým vrstvám jsou přiřazena označení základních geotechnických typů dle přiložené legendy v příloze 3.1.

4.1 Trasa vedení VVN v linii A-A'

V tomto úseku je trasa VVN vedena z rozvodny ČML přes ulici Sportovní a následně ulicemi Reissigova – Domažlická k parku Tábor. Trasu lze z geologického hlediska rozdělit na úsek aluviální nivy Ponávky a svah mezi ulicemi Štefánikova – Chodská (Tábor).

Aluviální niva Ponávky

Povrch aluviální nivy Ponávky tvoří **antropogenní navážky**, které v řezu A-A' mezi rozvodnou ČML a ulicí Poděbradovou dosahují proměnlivé hmotnosti 0,4 m (442038/V-20) při ulici Poděbradova až 5,3 m (556948/CM-6) u rozvodny ČML. Navážky jsou většinou tvořeny soudrznými materiály, jako hlínou písčitou, hlínou jílovito-písčitou, přemístěnou hlínou sprašovou, místy s obsahem kamenité frakce do velikosti 5-6 cm. Místy je zastoupen jíl a jíl písčitý. Konzistence soudrzných navážek je tuhá, měkká až tuhá a pevná. Chaoticky se ve vrstvách navážek vyskytují i „dm“ polohy betonu, škváry a uhlí. V oblasti ulice Sportovní a její obslužné komunikace byly dále zjištěny **polohy lomového kamene** velikosti 20-40 cm, jako obsyp či lože potrubí Ponávky nebo zához kolem teplovodu (viz vrty 440266/V-34 a 440265/V-33). V některých archivních vrtech není charakter navážek rozlišen (i z důvodu zestručněné klasifikace Geofondu). Podle ČSN 73 6133 jsou označovány symbolem „Y“. Jako celek jsou řazeny ke geotechnickému typu **GT1**.

Pod vrstvou navážek se v této části území vyskytují fluviální (povodňové) **hlíny jílovité a písčité**, měkké a tuhé, případně tuhé až pevné, hnědých odstínů. Lze je obecně řadit do tříd F4 CS jako jíly písčité a F6 CI jako středněplastické jíly i organickou příměsí (org). Řazeny

jsou ke geotechnickému typu **GT2B**. Součástí náplavových sedimentů jsou dále **jíly**, případně **jíly písčité**, konzistence měkké a tuhé (místy i kašovité), tmavě hnědých a šedočerných až šedozelených odstínů. Obsahují hojně organickou příměs. Radíme je ke geotechnickému typu **GT3**. Z hlediska klasifikace ČSN 73 6133 je lze obecně přiřadit do tříd F4 CS a F6 CI (org), obdobně jako náplavové hlíny. V geologickém řezu A-A' se jílovité hlíny nacházejí převážně v nadloží náplavových jílů, tyto sedimentární typy se však mohou i vzájemně střídat a prolínat. Celková mocnost těchto fluviálních sedimentů zde dosahuje proměnlivé mocnosti 1,5 až 6,7 m. (V některých případech tyto náplavy nebyly zjištěny (viz sonda 4402654/V-33 při ulici Sportovní).

Nesoudržné fluviální sedimenty, tj. **písky prachovité a štěrkovité**, mocnosti cca 0,6 m (geotechnice typ **GT4B**, třídy S4 SM, S5 SC) se občasně nachází ve vrstvě jílovitých hlín. V oblasti ulice Ressigova a Sportovní byla zjištěna nepravidelná 0,5 až 1 m mocná vrstvy **písčitého štěrku** třídy G4 GM a G5 GC, jako geotechnický typ **GT5B**. Štěrky jsou uloženy v hloubkách 6,5 až 11,0 m na terciérním podloží.

Výše uvedené kvartérní zeminy spočívají na terciérním jílovém podloží v proměnlivých hloubkách 1,8 m (vrt 556948/CM-6 u rozvodny ČML blíže teplárny při ulici Sportovní) až 11 m (pod úrovní ulic Sportovní a Ressigova). **Neogenní jíly** jsou převážně tuhé a pevné konzistence, šedých a šedozelených barev. Povrch jílového podloží je hloubkově proměnlivý v důsledku bývalé eroze toku Ponávky, případně těžební činností bývalé cihelny. Tyto jíly jsou orientačně jako celek řazeny do třídy F7 MH a F8 CH a přiřazeny ke geotechnickému typu **GT6**.

Svah mezi ulicemi Štefánikova – Chodská (Tábor)

Tento úsek lze hodnotit pouze ze dvou vrtů 442040/V-22 u křižovatky ulic Domažlická – Štefánikova a 442039/V-21 u křižovatky ulic Domažlická – Chodská. Sondy byly provedeny jen do hloubek 5 m. Svrchu byly zjištěny antropogenní navážky v podobě hlíny, písku a kamene do velikosti 5 cm, které zasahují do hloubky (v pořadí citovaných sond) 2,4 a 1,5 m pod terén. Radíme je ke geotechnickému typu GT1. Při ulici Štefánikova (Vrt V-22) byly v jejich podloží zjištěny hlíny prachovité tuhé až pevné hlíny geotechnického typu GT2 (původní svrchní hlinitý horizont?), mocnosti 0,6 m.

Od hloubek 3,8 m (vrt V-22) a 1,5 m (V-21) se pak nalézají hlíny prachovité (sprašové hlíny eolického původu), konzistence tuhé, s hojnými výkvěty (CaCO₃). Radíme je ke geotechnickému typu GT 2A a do třídy F6 CI jako jíly se střední plasticitou.

4.2 Trasa vedení VVN v linii B-B'

V tomto úseku je trasa VVN vedena z parku při ulici Tábor, protíná ulice Tábor – Šelepova a Klusáčkova k rozvodně BNS.

Geologické poměry jsou v tomto úseku poměrně jednoduché. Na geologické stavbě se podílí antropogenní **navážky**, které zasahují do hloubek do 0,5 až 1,0 m pod terén (v sondě 441172/S-12 poblíž rozvodny Klusáčkova až do 2,0 m). Navážky jsou tvořeny hlínou kamenitou se stavební sutí. Náleží ke geotechnickému typu **GT1**.

Pod navážkami, případně v povrchové vrstvě se nachází **hlína jílovitá, organogenní**, tmavě hnědá, černohnědá. Jedná se patrně o původní humózní horizont. Radíme ji ke geotechnickému typu **GT2**.

Pod vrstvou navážek či humózními hlínami se pak od hloubek 1,2 až 1,4 m nachází **hlíny sprašové** konzistence tuhé a pevné, okrově hnědé, místy silně vápnité, eolického původu. Řadíme do geotechnického typu GT2A, z hlediska klasifikace ČSN 73 6133 do třídy F6 CI jako jíly se střední plasticitou.

Ve vrtu 441172/S-12 poblíž rozvodny BNS (mimo trasu VVN) se při ulici Šumavská nachází nevýrazné reliktu terasových **písků hlinitých (GT4A, třída S4 SM)**, mocnosti 0,8 m.

Neogenní (terciérní) jíly byly zastiženy pouze v archivních sondách 1284/V-5 na začátku trasy vedení (hl. 7,9 m) a 441172/S-12 za koncem úseku (hl. 2,8 m), kde neogenní podloží vystupuje blíže povrchu. Jedná se o jíly slinité, pevné a pevné až tvrdé konzistence. Náleží ke geotechnickému typu **GT6** a řazeny jsou do třídy F7MH a F8 CH jako hlíny vysokou plasticitou a jíly s vysokou plasticitou.

4.3 Trasa vedení VVN v linii C-C'

V této linii je trasa VVN vedena ve smyslu číslování úseků ulicí Domažlickou – Kartouzskou, dále ul. Antonína Macka, kde se za křižováním s ulicí Poděbradovou lomí do prostoru území přestavby směrem k retenční nádrži na říčce Ponávce. V konečné části je vedena souběžně s ulicí Sportovní k prodloužení ul. Ant. Macka. Trasu lze z geologického hlediska rozdělit na úsek tvořící svah mezi ulicemi Chodská (Tábor) – Štefánikova a na aluviální nivu Ponávky.

Svah mezi ulicemi Chodská (Tábor) - Štefánikova

Tento úsek lze hodnotit pouze z již popisovaného prostředí vrtu 442039/V-21 u křižovatky ulic Domažlická – Chodská (viz řez A-A') a 662791/V-11 ve vnitrobloku při ulici Katrouzské. V této sondě byla zjištěna navážka geotechnického typu GT1, popisovaná jako kamenitá, písčítá s úlomky cihel, která zasahuje do hloubky 0,5 m pod terén.

Až do hloubky 4,2 m se zde vyskytuje hlína sprašová, vápnitá, tuhé konzistence, žlutohnědé barvy, eolického původu. Náleží geotechnickému typu GT2A a řadíme je do třídy F6 CI jako jíly se střední plasticitou. Sprašové hlíny spočívají na 1,6 m mocné vrstvě štěrku písčitého, zvodněného, rezavě hnědého, o velikosti valounů do 8 cm. Jsou uloženy na neogenních jílech v hloubce 5,8 m pod terénem. Lze předpokládat, že jsou ulehle. Jedná se o štěrky některého z terasových stupňů říčky Ponávky. Řadíme je do geotechnického typu GT5A a třídy G3 G-F, jako štěrk písčitý.

Neogenní jíly jsou svrchu slabě písčité, vápnité, pevné konzistence, hnědošedé a zelenošedé. Řadíme je do geotechnického typu **GT6** a do třídy F7MH a F8 CH jako hlíny vysokou plasticitou a jíly s vysokou plasticitou.

Aluviální niva Ponávky

Navážky v linii řezu C-C' (případně alternativy vedení) zasahují do hloubek 0,3 až 2,3 m pod terén. Jsou tvořeny tuhou hlínou, hlínou písčitou a jílovitou, s obsahem ostrohranného štěrku či organickou příměsí, tmavě hnědou a šedohnědou. Místy je na povrchu položen betonový panel. Jako celek náleží geotechnickému typu **GT1**.

Fluviální hlíny tvoří vrstvu nepravidelné mocnosti v rozmezí 0,5 až 5,9 m. Tvoří je převážně hlína jílovitá, měkké až tuhé a tuhé a pevné konzistence – vzájemně se střídající. Místy se jako příměs vyskytuje písčitá frakce, občasné lze očekávat i decimetrové polohy „bahna“. Hlíny jsou hnědých, šedých a černých odstínů. Jako celek je řadíme do geotechnického typu **GT2B**.

Náplavové jíly byly zjištěny ve vrtu 557003/CC-1 a dále na konci úseku mezi vrty 440250/V-16 až 440241/V-5. Jedná se o jíly a jíly písčito-prachovité, konzistence převážně měkké až tuhé. Nepravidelně obsahují polohy přeplaveného slínu, rovněž i rašelinu či organickou příměs. Barvy jsou šedočerné, šedozelené nebo černošedé, ale i žlutohnědé. Jejich celková mocnost dosahuje velikosti až 8,0 m (kde v sondě V-17 vystupují téměř k povrchu terénu). Jako celek je řadíme do geotechnického typu **GT3**.

Fluviální písky tvoří 0,7 až 1,5 m mocnou vrstvu uloženou na neogenních jílech (v sondách 617816/J-3 až 440275/S-8) v rozmezí hloubek 6,7 – 7,0 m, případně jsou obsaženy ve vrstvě náplavových jílu. Jsou hlinité, s polohami měkkého siltu, středního až hrubého zrna. Jako celek je řadíme do geotechnického typu **GT4B**.

Fluviální štěrky byly zjištěny pouze ve vrtu 714616/HP-4 ve vrstvě 2,7 m mocné, spočívající v hloubce 10,4 m na neogenních jílech. Obsahují 70% horniny velikosti valounů kolem 2-3 cm. Jako celek je řadíme do geotechnického typu **GT5B**.

Neogenní jíly se v tomto úseku nachází v hloubkovém rozmezí 6,6 až 9,9 m pod terénem. Jsou konzistence tuhé a pevné, barvy modrošedé, šedozelené a šedé. Povrch neogenních jílu je proměnlivě modelován historickou erozí toku Ponávky. Jako celek je řadíme do geotechnického typu **GT6**.

Poznámka: V geologických profilech je geologická skladba vrstevního sledu zjednodušena. Dále připomínáme, že v místě ulic nebo jejich křižování může být mocnost a složení navážek různá, tj. mohou zasahovat i do větších hloubek. Zde nelze zcela vyloučit například různé obsypy kanalizace či jiných inženýrských sítí, které nemohly být v trase vedení VVN archivními sondami zastiženy.

Tabulka 3: Seznam geotechnických typů a orientační hodnoty základních geotechnických charakteristik (odborný odhad)

Zemina převažující konzistence/ulehlost (stáří, geneze)	Geotech. typ	Zatřídění ČSN 73 6133		Geotechnické charakteristiky					Koefficient filtrace dle křivky zrnatosti
		Klasifikace hlavní zástupci	Těžitel- nost	Objem. tíha γ kN . m ⁻³	Modul def. E _{def} MPa	Smyková pevnost		Poisson. číslo -	
						efektivní			
						φ _{ef} °	c _{ef} kPa		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Navážka hlinitá a hlinitopísčitá se stavebním odpadem (historická doba, antropogenní)	GT1	Y	I-II	(pro značnou různorodost nestanoveno)					n.10 ⁻³ - 10 ⁻⁶
Hlína sprašová, hlína jílovitá, tuhá a tuhá až pevná (eolická a eolicko-deluviální - kvartér)	GT2A	F6 CI	I	19,0-21,0	3 - 6	17 - 21	10 - 20	0,40	n.10 ⁻⁸
Hlína jílovitá, písčitá, měkká-tuhá a tuhá - pevná (fluviální, kvartér – aluviální niva)	GT2B	F4 CS F6 CL	I	18,5 – 21,0	3 - 4	17 - 22	12 - 16	0,35 - 0,40	n.10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁹
Jíl náplavový, měkký – tuhý oganický a s organickou příměsí (fluviální, kvartér – aluviální niva)	GT3	F4 CS F6 CL	(může dosahovat nižších geotechnických kvalit – nutno vyšetřit zkouškami)						
Písek se štěrkem, terasový, ulehlý (fluviální, kvartér)	GT4A	S3 S-F, S4 SM	I	17,5 - 18,0	8 - 17	28 - 33	0 - 10	0,30	n.10 ⁻⁵
Písek hlinitý a jílovitý se štěrkem, středně, ulehlý až ulehlý (fluviální, kvartér – aluviální niva)	GT4B	S4 SM S5 SC	I	18,0 - 18,5	8 - 12	27 - 29	0 - 12	0,30 - 0,35	n.10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶
Štěrk písčité terasový, ulehlý (fluviální, kvartér)	GT5A	G3 G-F, G4 GM	I	19,0	60 - 100	30 - 35	0 - 8	0,25 - 0,30	n.10 ⁻⁴
Štěrk písčité, hlinitý a jílovitý, středně ulehlý až ulehlý (fluviální, kvartér – aluviální niva)	GT5B	G4 GM G5 GC	I	19,0 - 19,5	50 - 80	30 - 32	0 - 10	0,30	n.10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵
Jíl neogenní, tuhy a pevný (terciér - neodén)	GT6	F7 MH, F8 CH	I	19,0-21,0	3 - 4	13- 19	8-15	0,40 - 0,42	n.10 ⁻¹⁰

5. Hydrogeologické poměry v trase vedení VVN

Pro účely stručného rešeršního hodnocení hydrogeologických poměrů v linii vedení VVN byla zpracována tabulka č. 4, která obsahuje hloubky výskytu navrtané a ustálené hladiny podzemní vody v archivních vrtech. Heslovitě je uvedeno i horninové prostředí, na které je výskyt vody vázán. Není hodnocena agresivita podzemní vody na betonové konstrukce pro nedostatek či nedostupnost údajů.

5.1 Trasa vedení VVN v linii A-A'

Podzemní voda je vázána na různě propustné prostředí aluviální nivy Ponávky. V archivních vrtech byla zjištěna v dosti proměnlivém hloubkovém rozmezí, s ustálením v hloubce 1,7 až 7,8 m (zhruba 206 – 2011 m n.m.) podle propustnosti prostředí. Váže se na vrstvy navážek, fluviální hlíny a jíly, dále pak na propustné štěrkové či písčité prostředí. Terciární jíly lze považovat za nepropustné (byť zde byla v některé archivní dokumentaci podzemní voda uváděna). Podzemní voda má vztakový charakter, tj. vzestup rozdíl mezi navrtanou a ustálenou hladinou (jak ukazují sondy 440268/V-36, 440266/V-34, resp. I 1279/V6).

5.2 Trasa vedení VVN v linii B-B'

V tomto úseku tras vedení byly archivní vrty do hloubek 5 - 8 m bez vody. Výjimku tvoří výskyt navrtané hladiny podzemní vody v archivní sondě 1284/V5 v oblasti parku Tábor, a to v hloubce 7,1 m pod terénem, v prostředí sprašových hlín na styku s neogenním jílovým podložím. Údaj o ustálené hladině bohužel chybí. Sprašové hlíny v tomto úseku, klasifikované jako středně plastické jíly tř. F6 CI, představují málo propustné prostředí s koeficientem filtrace cca 10^{-8} m.s^{-1} .

5.3 Trasa vedení VVN v linii C-C'

V oblasti svahu **nad ulicí Štefánikovou** se podzemní voda váže na propustnou vrstvu terasových štěrků, zjištěnou vrtem 662791/V-11, provedeným ve vnitrobloku při ulici Kartouzské. Zvodnělé štěrky mocnosti 1,6 m jsou uloženy v hloubce 5,8 m na nepropustných neogenních jílech. Podzemní voda se zde ustálila v hloubce 4,5 m pod terénem. Lze očekávat, že tato voda bude mít spojitost s výskytem vody ve studni domu č.p. 260 na ulici Poděbradova (objekt 677194/studna), ve které byla hladina zjištěna v hloubce 4,6 m.

V aluviální nivě Ponávky je podzemní voda vázaná na kvartérní náplavy hlín jílovitých a jílu, případně na obsažené písčité polohy. Navrtaná hladina byla zjištěna v hloubkách 2,0 až 5,6 m pod terénem a ustálila se v hloubkovém rozmezí 1,7 až 3,57 m (zhruba 210 – 212 m n.m.). Průběh ustálené hladiny je v tomto úseku údolní nivy více rovinný, bez výrazných hloubkových změn.

Poznámka: Průběh podzemní vody vykreslený v geologických řezech je nutno považovat za ilustrativní, nemusí zcela odpovídat zcela přesně skutečnosti, protože získané údaje o podzemní vodě pocházejí z různých časových období a různého hydrogeologického roku. Hladina podzemní vody dále může v průběhu roku oscilovat jako reakce na vysoké atmosférické srážky.

Tabulka 4: Hladina podzemní vody v archivních vrtech v rozmezí let 1977 až 2017

ID GDO	Původní název	Výška m n.m.	Navrtná hladina			Ustálená hladina			Místo vrtů (ulice)
			(m)	(m n.m.)	prostředí	(m)	(m n.m.)	prostředí	
Úsek: Sportovní – Reissigova – Domažlická – Řez A-A'									
442039	V-21	235	bez vody			bez vody			Domažlická
442040	V-22	222,4	bez vody			bez vody			Domažlická
442038	V-20	215	bez vody			bez vody			Reissigova
743079	S-1	215	neuvedena			neuvedena			U Č. mlýna
440268	V-36	215	9,20	205,8	J	6,20	208,8	J	U Č. mlýna
565227	J-1	213,24	-			2,20	211,04	Nav - Hj	Reissigova
565228	J-2	214,34	-			5,70	208,64	Šp	Reissigova
440267	V-35	214,7	bez vody			bez vody			U Č. mlýna
440266	V-34	214,9	7,0	207,9	Šp	5,90	209,0	J	Sportovní
440265	V-33	217,9	bez vody			bez vody			
556943	CM-1	217,43	-			9,90	207,53	J (neogén)	Rozvodna ČML
556948	CM-6	218,4	bez vody			bez vody			
1282	S 5	212,25	-			1,90	210,35	Hj	Reissigova
1280	S 2	211,45	-			1,70	210,75	Hj	
1278	S 1	213,85	-			7,80	206,05	Hj	
1279	V 6	212,90	3,50	209,4	Hj	3,00	209,9	Hj	
1320	V 20	215,70	bez vody			bez vody			Cimburkova
Úsek: Tábor – Šelepova - Klusáčkova – Řez B-B'									
441096	S-2	238,2	bez vody			bez vody			Park Šelepova
441097	S-3	238	bez vody			bez vody			
441172	S-12	228,6	bez vody			bez vody			Šumavská
1284	V 5	236,00	7,10	228,9	Hj	neuvedena			Tábor
1291	S 1	239,10	bez vody			bez vody			Šumavská
Úsek: Porgesova (území přestavby) – Antonína Macka – Kartouzská – Domažlická – Řez C-C'									
440241	V-5	215,2	5,60	209,6	Pj	3,30	211,9	J	Porgesova
714616	HP-4	214,27	-			3,57	210,7	Hp	Poděbradova – Sportovní (území přestavby)
440251	V-17	213,5	2,90	210,6	J	2,60	210,9	J	
440250	V-16	213,5	5,30	208,3	J	2,40	211,2	P	
440278	S-11	212,5				3,00 ¹⁾	209,5	Hj	
440275	S-8	212,3				2,20 ¹⁾	210,1	Hj	
557003	CC-1	212,34	2,00	210,34	Hj	-			
617814	J-1	213	-			1,70	211,3	J (bahno)	
617816	J-3	214,3	-			2,80	211,5	Hj	
440277	S-10	212,6				2,20 ¹⁾	210,4	Hj	
557004	CC-2	213,74	-			3,04	210,7	J	
677194	Č.p. 260	218	-			4,60	214,4	neuvedeno	Poděbradova
662791	V-11	223,02	-			4,50	218,52	Šp	Kartouzská
442039	V-21	235	bez vody			bez vody			Domažlická
843	S 6	-	5,00	-	H spraš.	4,50	-	H spraš.	Štefánikova

Poznámka:

- Archivní průzkumné vrty byly hloubeny v různém časovém období let 1977 – 2017 a v různých klimatických podmínkách. Z tohoto důvodu nemusí výše uvedené úrovně hladiny podzemní přesně odpovídat současnosti.
- ¹⁾ Hladina podzemní vody nerozlišena (ověřuje se)
- Vysvětlivky k HG prostředí:

Hj	- Hlína jílovitá	P, Pj	- Písek, písek jílovitý
H spraš	- Hlína sprašová	Šp	- Štěrka písčité
J	- Jíl	Nav	- Antropogenní navážka

6. Posouzení možnosti protlaků vedení VVN

Úseky s projektovaným protlakem vedení VVN jsou uvedeny v přehledné tabulce č. 5. Ta uvádí délku protlaku, hloubku šachty (startovací jámy) a hloubku protlaku, dále nejbližší referenční vrt spolu se stručným horninovým prostředím v šachtě i v úrovni protlaku. Uvedena je i hladina podzemní vody zjištěná v době hloubení archivních sond.

Tabulka 5: Úseky protlaků, hloubky šachet a předpokládané horninové prostředí

Číslo úseku	Situování	Délka úseku (m)	Hloubka šachty / protlaku (m)	Referenční vrt	Horninové prostředí	Podzemní voda (m)
2	Protlak Sportovní – obslužná komunikace a pod kanály CZT	38	5,3 / 4,3	440265/ V-33	Šachta: navážka (lomový kámen), slín Protlak: lomový kámen, slín pevný (neogén)	Bez vody
4	Protlak Sportovní – rychlostní komunikace	23	2,8 / 1,8	440266/ V-34	Šachta: navážka (hlína sprašová a lomový kámen) Protlak: dtto	5,9
6	Protlak Ressigova	34	2,8 / 1,8	565228/ J-2 (1278/S1)	Šachta: Navážka hlinitá Protlak: dtto	5,7
8	Protlak pod horkovodem 2x DN 150 v chodníku Ressigova	10	6,0 / 5,0	565227/ J-1 (1280/S2)	Šachta: navážka hlinitá, tuhá, hlína jílovitá a jíl tuhý až měkký Protlak: jíl prachovitý tuhý až měkký	2,2
10	Protlak Poděbradova – Reissigova	34	5,0 / 4,0	442038/ V-20	Šachta: hlína tuhá a písek Protlak: hlína jílovitá měkká až tuhá	Bez vody
12	Protlak Štefánikova	44	6,7 / 5,7	442040/ V-22	Šachta: navážka (hlína, písek, kameny, hlína sprašová) Protlak: hlína sprašová, tuhá (předpoklad – mělká sonda)	Bez vody
16	Protlak Domažlická – Chodská a pod horkovodem DN 500 (jižní strana ulice)	60	8,5 / 7,5	442039/ V-21	Šachta: navážka (hlína, písek, kameny, hlína sprašová tuhá) Protlak: hlína sprašová, tuhá (předpoklad – mělká sonda)	Bez vody
18	Protlak Tábor	28	7,9 / 6,9	Bez sondy	Šachta: navážka a hlína sprašová? Protlak: hlína sprašová? (předpoklad)	?
20	Protlak Šelepova	24	6,8 / 5,8	441096/ S-2	Šachta: navážka hlinitá s kameny, spraš tuhá Protlak: spraš tuhá	Bez vody
22	Protlak Klusáčkova	29	5,5 / 4,5	441097/ S-3	Šachta: navážka hlinitá s kameny, spraš tuhá Protlak: spraš tuhá	Bez vody
24	Protlak Domažlická – Chodská a pod horkovodem DN (severní strana ulice)	57	7,0 / 6,0	442039/ V-21	Šachta: navážka (hlína, kameny), hlína sprašová tuhá Protlak: hlína sprašová, tuhá (předpoklad – mělká sonda)	Bez vody
27	Protlak Palackého	43	6,7 / 5,7	662791/ V-11 (vzdálená sonda)	Šachta: navážka kamenitá, hlína sprašová tuhá, štěrk zvodnělý, jíl tuhý až pevný (neogén) Protlak: štěrk zvodnělý, jíl tuhý až pevný (neogén)	(4,5)
29	Protlak Poděbradova – Antonína Macka	37	7,0 / 6,0	Bez sondy (vzdálená studna)	Šachta: navážka kamenito-hlinitá, hlína jílovitá, případně písek (předpoklad) Protlak: hlína jílovitá, případně písek (předpoklad)	(4,6)

6.1 Klasifikace horninového prostředí pro účely protlaků

Použitá klasifikace horninového prostředí pro účely protlaků, kterou zpracovali v roce 1985 pro Technickou zprávu Vodních staveb o. p. autoři ing. Šedivý a ing. Voldřichová [15], je založena na ohodnocení šesti ukazatelů, ovlivňujících realizovatelnost protlaku, kterými jsou:

1. typ zeminy
2. zvodnění

3. bobtnání
4. deformace na plášti trouby – konvergence
5. mocnost nadloží

6. vliv plynulosti protlačování

Popis jednotlivých ukazatelů i jejich následné tabelární zpracování i souhrnné hodnocení, bylo převzato z výše citované klasifikace.

1. Typ zeminy

Protlak lze realizovat v zeminách soudržných nebo nesoudržných. Typy zemin jsou uvedeny v tabulce č. 6, jako typy **a** až **f** resp. **a'** až **f'** včetně balvanů. Výskyt podílu hrubší frakce (šterkových zrn, kamenů, balvanů) je procentuálně odhadován a u kamenů je prováděno rozdělení podle tvaru zrn (zaoblená, ostrohranná). Hrubá frakce nejenom, že znesnadňuje rozpojování, ale způsobuje též narůstání tření a odírání vnějšího pláště trub a může mít negativní vliv na směrové vedení protlaku.

2. Zvodnění

Zvodnění představuje důležitý fenomén pro realizaci protlaku. Suché klastické zeminy příp. s minimální vlhkostí mají velmi nízkou stabilitu a vysoké tření na plášti a je nebezpečí obsednutí trub a může dojít až k jejich destrukci a vynucené zástavě protlačení kvůli nemožnosti vyvinout dostatečnou sílu. Narůstáním vlhkosti může dojít u zemin soudržných až k rozbrzdění a zeminy v tomto stavu mohou vtékat do trouby.

3. Bobtnání

Bobtnání představuje nabývání objemu u jílu a jílovitých zemin. Horninové prostředí je vyrubáním „otvoru“ odlehčeno a vlivem saturace, která může být vyvolána dvojím způsobem, nastává značný tlak na plášti trub, což vyvolává nutnost zvýšení protlačovací síly a tím může být ohrožena únosnost trub. V prvním případě může dojít k saturaci potrháním zeminy v okolí výrubu a zatékání z nadloží. Tento jev je u mocnějších poloh jílu málo pravděpodobný. V druhém případě však vlivem mazací injektáže bentonitem mohou tlaky dosahovat 200 kPa i více. V prostoru brněnské aglomerace jsou bobtnavé jíly neogenního stáří.

4. Deformace na plášti trouby

Vyrubáním prostoru dochází k narůstání tlaku ostění, zde protlačované roury v čase. K větší konvergenci dochází u zemin s plastickým přetvořením, kde dosahuje i několika centimetrů v závislosti na hlavních napětích v masívu. Je způsoben změnou napjatosti v okolí výrubu v čase a reprezentuje zvýšené zatížení protlačované roury. U běžných případů, které jsou např. při podcházení komunikací apod., se s tímto jevem nesetkáváme, protože při nízkém nadloží dochází k rozvolnění nadloží a zatížení má charakter zemního tlaku v projevech, která jsou analogická zemním tlakům na konstrukce budované na povrchu.

5. Mocnost nadloží

Mocnost nadloží je rozhodující pro zatížení trub. Při nízkém nadloží tj. při výšce – mocnosti vrstev nad troubou menší než trojnásobek vnějšího průměru trub ($h < 3 D$) se neuplatní klenbový účinek v hornině a trouby jsou zatíženy plnou vahou nadloží, což má za následek zvýšení protlačovací síly. U podstatně vyššího nadloží ($h \gg 3 D$), kde lze uvažovat vytvoření klenbového účinku, je zatížení v konkrétním horninovém prostředí konstantní. U nadloží větším než trojnásobek vnějšího průměru trub ($h > 3 D$), kdy lze z počátku uvažovat klenbový účinek, avšak po krátké době přejde zatížení od klenbového účinku na plnou tíhu nadloží. Tento jev je častý při podcházení komunikací, kde působí dynamické účinky projíždějících vozidel.

6. Plynulost protlačování

Plynulost protlačování může i v nepříznivých inženýrskogeologických poměrech zajisti úspěch realizace, neboť se více uplatňuje dynamické tření na plášti trub než statické. V případě přerušení zatlačování, kdy se přestane uplatňovat zatížení od klenbového účinku a dojde k přechodu na plnou tíhu nadloží, může dojít k takovému sevření trub, že kapacita tlačného zařízení nestačí na překonání plášťového tření.

6.2 Vyhodnocení daného prostředí pro účely protlaků

Vyhodnocení daného prostředí pro účely protlaků spočívá v jeho ohodnocení příslušným počtem bodů **a** až **u**. Vyskytují-li se též kameny i balvany navyšuje se příslušně počet klasifikačních bodů. Stanovení počtů klasifikačních bodů uvádí tabulka č. 6. Celková suma klasifikačních bodů představuje tzv. Protlačovací index (dále PI), jehož velikost spadá do pěti kategorií protlačovatelnosti, které charakterizují podmínky pro protlačování, včetně komerčního bezpečnostního rizika. Kategorie protlačovatelnosti, dle PI jsou uvedeny níže v tabulce č. 7.

Tabulka 6: Klasifikace protlaků dle [15]

KLASIFIKACE PROTLAKŮ			
PRINCIPY KLASIFIKACE			
1. TYP ZEMINY		ohodnocení - body	poznámky k rozsahu hodnot
a	jíl	2	
b	jílovitá hlína , spraš, sprašová hlína, písčité jíl	6	
c	jílovitá hlína písčitá, hrubozrnný písek	12 - 18	vyšší hodnota pro neulehlé soudržné zeminy, vyšší ulehlost bodové ohodnocení k dolní hodnotě intervalu
d	hlína písčitá, jemnozrnný písek	20 - 25	
e	písek hlinitý	26	
f	písek se šterkem - šterkopísek (vel. zm do 128 mm)	25- 30	vyšší hodnota pro neulehlé soudržné zeminy, vyšší ulehlost bodové ohodnocení k dolní hodnotě intervalu
Ohodnocení typu zeminy obsahující kameny (Ø 128 - 156 mm)			
a'	obsahuje-li zemina také kameny oválného tvaru do 30 % obsahu připočte se k výše uvedeným typům a až f	2 - 5 **	
b'	obsahuje-li zemina také kameny oválného tvaru od 30 do 50 % obsahu připočte se k výše uvedeným typům a až f	5 - 10**	
c'	obsahuje-li zemina také kameny oválného tvaru nad 50 % obsahu připočte se k výše uvedeným typům a až f	25	
d'	obsahuje-li zemina také kameny ostrohranné do 30 % obsahu připočte se k výše uvedeným typům a až f	10 - 15**	
e'	obsahuje-li zemina také kameny ostrohranné od 30 do 50 % obsahu připočte se k výše uvedeným typům a až f	15 - 20**	
f'	obsahuje-li zemina také kameny ostrohranné nad 50 % obsahu připočte se k výše uvedeným typům a až f	35	
** vyšší hodnoty platí pro obsahy blízké se maximální hodnotě obsahu kamenů, obklopených jemnějším klastickým materiálem			
Obsahuje-li zemina typů a až f ještě i balvany (Ø nad 256 mm) v množství nebo velikosti takovém, že mohou komplikovat postup protlačování, připočte se se k výše uvedeným typům		20 - 30***	
*** platí pro balvany, přesahující protlačovaný profil			
Obsahuje-li zemina typů a až f včetně balvanů i kameny, pak se bodové ohodnocení pro kameny připočte k součtu a až f a přičte se též ohodnocení pro balvany			
2. ZVODNĚNÍ			
g	zemina je suchá	5-15	písek se sype z čelby, pevná až tvrdá konzistence
h	zemina je přirozeně vlhká	2	vlhkost blízká optimální, čelba drží hod ve svislé poloze
i	zemina je saturovaná	20	písek opadáva z čelby, zemina lepivá
j	zemina značně saturovaná	25	pisky vytékají z čelby, soudržné se rozhrdají
k	zemina zvodnělá v celém profilu	30	výrony z čelby, rozplavování, kašovitá konzistence, čelba se sesouvá do roury
3. BOBTNÁNÍ			
l	zemina není bobtnavá	0	
m	zemina je bobtnavá	50-90	hodnota 50 platí pro bobtnací tlak 50 kPa, hodnota 90 pro bobtnací tlak 200 kPa
4. DEFORMACE ZEMINY NA PLÁŠTI TROUBY - KONVERGENCE			
n	při mocnosti nadloží h < 3D	0	
o	při mocnosti nadloží h > 3D - nedochází k výrazné konvergenci	5	
p	lze očekávat značné deformace - konvergenci (h > > 3D)	25	
5. MOCNOST NADLOŽÍ			
q	je menší než 3 násobek průměru trouby	15	
r	je větší než 3 násobek průměru trouby, avšak klenbový účinek se v čase eliminuje a na část protlačovaných trub působí plná tíha nadloží	10	
s	mocnost nadloží je taková že lze uvažovat jen klenbový účinek	0	
-	při protlačování v suchých písčích nebo tekutých písčích, kde se nevytvoří horninová klenba, se uvažuje bez ohledu na mocnost nadloží	30	
6. VLIV PLYNULOSTI PROTLAČOVÁNÍ			
t	protlačování kontinuální (plynulé ve 3 směnech a nutné prostroje jsou krátkodobé	2-10	vyšší hodnota platí pro zeminy, které mohou způsobit obsednutí trub i v nepřetržitém protlačování (např. jemnozrnné pisky s velmi nízkou vlhkostí, tekoucí pisky charakteru kuřavek, neulehlé šterkopisky apod.)
u	protlačování je přerušované (provádí se v jedné nebo dvou směnech	5	
-	ve sprašovitých, jílovitých, šterkopísčích zeminách a tekoucích písčích se hodnota u zvýší o	15	

Tabulka 7: Protlačovací index dle[15]

PROTLAČOVACÍ INDEX (PI)	
$PI = 1. + 2. + 3. + 4. + 5. + 6.$	
KATEGORIE PROTLAČOVATELNOSTI	
I. dobrá	$PI = < 25$ bodů
II. méně dobrá	$PI = 25 - 50$ bodů
III. špatná	$PI = 50 - 75$ bodů
IV. velmi špatná	$PI = 75 - 100$ bodů
V. extrémně špatná	$PI = > 100$ bodů

Stručná charakteristika jednotlivých kategorií protlačovatelnosti I až V, dle vybraných charakteristik prostředí protlaků je uvedena v tabulce č. 8. Tato charakteristika je pouze informativní, neboť počet kombinací je velmi vysoký a jejich prezentaci nelze tudíž provést vyčerpávajícím způsobem.

Tabulka 8: Charakteristika kategorií protlačovatelnosti dle [15]

Charakteristika kategorií Popis		I. dobrá < 25 bodů	II. méně dobrá 25 – 50 bodů	III. špatná 50 – 75 bodů	IV. velmi špatná 75 – 100 bodů	V. extrémně špatná > 100 bodů
vlastní protlačování		nečiní potíže, lze provádět přerušovaně	může lokálně činit problémy	je obtížné	velmi obtížné	velmi obtížné až nevládnutelné
prostředí	zemina	Homogenní nebo obsahuje menší procento větších fragmentů mimo balvanů	Nehomogenní, obsahuje valouny nebo kameny, popř. i sporadicky balvany. Mohou se střídat polohy soudržných a nesoudržných zemin	Může být homogenní, ale velmi lepivá nebo obsahuje značné procento balvanů a kamenů	Může být tvořena bobtnavými jíly nebo neulehlými štěrkopísky nebo suchými jemnozrnnými písky	Může být tvořena bobtnavými jíly nebo tekutými písky
	zvodnění	Optimální	Optimální nebo blízké optimálnímu	Proměnlivé	Velmi proměnlivé, může se vyskytnout i velmi saturovaná zemina	Zemina může být totálně saturována
stabilita čelby		Stabilní	Vcelku stabilní, lokálně mohou opadnout sporadicky se vyskytující větší fragmenty	Nestabilní hlavně u větších profilů	Značně nestabilní, při vyšší saturaci vtékají zeminy do trouby nebo u bobtnavých jílu se zemina vtlačuje do trouby	Totálně nestabilní
překážky v trase		Málo pravděpodobný výskyt	Sporadicky se mohou objevit překážky v trase, např. pohřbené zdivo, které nebylo možně v průzkumu lokalizovat	Velká pravděpodobnost výskytu překážek v trase. Mohou se vyskytnout i balvany přes průměr trouby	Překážky nejružnějšího charakteru, např. balvany přes průměr trub, staré základy aj.	
směrové vedení		Nečiní problémy	Vyžaduje zvýšenou pozornost	Vyžaduje značné úsilí, velmi snadno může dojít k odklonění od projektovaného směru	Lze udržet jen s vypětím síla a odchylky jsou mimo tolerance	Lze velmi obtížně ovlivnit. Ke značným odchylkám dochází již v počátku protlačovaného úseku
zatížení tlačné stanice		V mezích normy	Lokálně vyšší	Jsou na ni kladeny značné nároky	Vysoké, může být kdykoliv vyražena z činnosti	Velmi vysoké, nerovnoměrné. Po krátkém úseku protlačování je zařízení vystaveno velkému zatížení

Hodnocení jednotlivých konkrétních protlaků v jednotlivých trasách dle počtu bodů protlačovacího indexu PI, je uvedeno v následující tabulce č. 9.

Tabulka 9: Klasifikace jednotlivých úseků trasy dle počtu bodů PI

číslo protlaku	Název protlaku	Hloubka šachty[m]	Délka protlaku[m]	Zemina protlaku	Protlačovací Index (PI) 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = PI	Počet bodů PI	Kategorie	Poznámka
2	Protlak Sportovní – obslužná komunikace a pod kanály CZT	5,3	38	Navážka – lomové kameny, slabě zahliněné, na bázi neogenní jíly*	1b, b + 2h + 3m + 4o + 5r + 6o 51 + 10 + 50 + 5 + 10 + 5	131	extrémně špatná	C
4	Protlak Sportovní – rychlostní komunikace	2,8	23	Navážka – sprašová hlína, lomový kámen*	1b, b + 2h + 3m + 4o + 5r + 6o 56 + 5 + 0 + 0 + 15 + 5	81	velmi špatná	C
6	Protlak Reissigova	2,8	34	Navážka hlinitá, bez vody	1b + 2g + 3l + 4o + 5g + 6u 6 + 5 + 0 + 0 + 15 + 5	31	méně dobrá	A
8	Protlak pod horkovodem 2xDN150 v chodníku Reissigova	6,0	10	Jíl prachovitý, tuhý až měkký	1a + 2i + 3l + 4o + 5r + 6u 2 + 20 + 0 + 5 + 10 + 5	42	méně dobrá	A-B b-c
10	Protlak Poděbradova - Reissigova	5,0	34	Hlína jílovitá, měkká až tuhá	1b + 2h + 3l + 4o + 5r + 6u 6 + 2 + 0 + 5 + 10 + 5	28	méně dobrá	A
12	Protlak Štefánikova	6,7	44	Sprašová hlína, tuhá, stavba neověřena do hloubky startovacích jam*	1b + 2h + 3l + 4o + 5r + 6u 6 + 2 + 0 + 5 + 10 + 5	28	méně dobrá	A-B
16	Protlak Domažlická – Chodská a pod horkovodem DN 500 (jižní strana ulice)	8,5	60	Sprašová hlína, tuhá, stavba neověřena do hloubky startovacích jam*	1b + 2i + 3l + 4o + 5r + 6u 6 + 2 + 5 + 5 + 10 + 5	33	méně dobrá	B
18	Protlak Tábor	7,9	28	Sprašová hlína, tuhá, bez vody*	1b + 2h + 3l + 4o + 5s + 6u 6 + 2 + 0 + 5 + 0 + 5	18	dobrá	A a
20	Protlak Šelepova	6,8	24	Sprašová hlína, tuhá, bez vody*	1b + 2h + 3l + 4o + 5s + 6u 6 + 2 + 0 + 5 + 0 + 5	18	dobrá	A a
22	Protlak Klusáčkova	5,5	29	Sprašová hlína, tuhá, bez vody	1b + 2h + 3l + 4o + 5s + 6u 6 + 2 + 0 + 5 + 0 + 5	18	dobrá	A a
24	Protlak Domažlická – Chodská a pod horkovodem DN 500 (severní strana ulice)	7,0	57	Sprašová hlína, tuhá, bez vody*	1b + 2i + 3l + 4o + 5r + 6u 6 + 2 + 0 + 5 + 0 + 5	18	dobrá	A a
27	Protlak Palackého	6,7	43	Štěrk písčité, zvodnělý*	1f + 2j + 3l + 4o + 5r + 6u 30 + 25 + 0 + 5 + 10 + 5	75	špatná až velmi špatná	C c
29	Protlak Poděbradova - Antonína Macka	7,0	37	Hlína jílovitá, případně písek, vrtná díla nejsou, odvozeno z řezu*	1b + 2j + 3l + 4o + 5r + 6u 6 + 20 + 0 + 0 + 10 + 5	41	méně dobrá	B-C

Poznámka: Hloubka protlaku DN 800 bude cca 1m nad uvedenou hloubkou šachty

Geotechnické poměry pro realizaci protlaků ... A ... příznivé; B... mírně zhoršené (nutný geotechnický sled a monitoring hloubení); C ... silně zhoršené (nutný geotech. průzkum v místech st. jam pro ověření předpokládaných rizikových fenoménů)

Hydrogeologické poměry... a ... příznivé (hladina podzemní vody nezasahuje k bázi startovacích jam); b ... méně příznivé (hladina podzemní vody může zasahovat k bázi start. jam a vztláním též ovlivňovat trasu protlaku, nutné jímkování); c ... nepříznivé (hladina podzemní vody nad úrovní startovacích jam, příp. i v úrovni protlaku, nutné kontinuální čerpání)

*nutno ověřit vrty (nebo dokumentaci startovacích jam) v oblastech startovacích jam, v oblastech bez blízkých vrtných děl nebo při jejich nedostatečných hloubkách a též v oblastech s výrazně zhoršenými podmínkami pro protlačování

7. Závěr a doporučený rozsah následných průzkumných prací

Základním cílem rešeršních prací bylo zhodnocení inženýrskogeologických (geotechnických) a hydrogeologických poměrů v trase projektovaného vedení VVN a posouzení možnosti protlaků ve vyčleněných uličních úsecích.

Rešerše podává dostupný seznam archivních průzkumných prací provedených v minulosti ve vyčleněném koridoru, jejich situování a základní informace o inženýrskogeologických (geotechnických) a hydrogeologických poměrech, s orientačním zařazením do geotechnických typů a tříd dle ČSN 73 6133. Je doplněna o ilustrativní geologické řezy s průměry blízkých archivních sond.

Pro finální a souhrnné hodnocení jednotlivých tras protlaků byla zvolena klasifikace zpracovaná Ing. Šedivým a Ing. Voldřichovou [lit. 15]. Závěrem je nutné zdůraznit, že hodnocení v této etapě, opírající se o archivní díla, která místy chybí (v tom případě se v hodnocení opíráme o širší geologické souvislosti), nebo jsou dosti vzdálená od trasy, je do určité míry i spekulativní a vyžádá si další průzkumné činnosti pro přesnější ověření stavby území v místech protlaků. Pro tento účel doporučujeme uvažovat jak s vrty v oblastech startovacích jam, nebo s geotechnickou dokumentací hloubení startovacích jam, případně i s geotechnickým sledem výkopových prací mezi jednotlivými protlaků. Při nasazení veškerých metod podzemního stavitelství (včetně mikrotunelování) je nezbytné použití monitoringu a předstihové pasportizace objektů. To může předejít finančním vícenákladům, vyvolaným poškozením objektů v těsné blízkosti stavby.

Hodnocení vyčleněných protlaků, zpracované na základě rešerše archivních průzkumných děl, je uvedeno v **tabulce č. 9**, s uvedenými kategoriemi, stručným horninovým prostředím a s doporučením dalších (průzkumných) prací.

8. Použitá literatura

Archivní závěrečné zprávy a podklady:

- [1] Brno – Tábor – Stránská skála III. etapa geologicko – průzkumných prací na trase vodovodního přivaděče, Sloup, J., Geotest, Brno, 1977. (GF V076403)
- [2] Zpráva o geotechnickém průzkumu základové půdy pro kulturní dům v Brně, Šelepova ulice, Krejčí, Jan., Státní projektový ústav obchodu, Brno, 1981. (GF P038090)
- [3] Stavebněgeologický průzkum pro PU Zbrojovka Brno, provoz na Šumavské ulici. Přístavba provozních budov, Balun, Dušan., Stavoprojekt, Brno, 1987 (GF P054241)
- [4] Závěrečná zpráva předběžného inženýrskogeologického průzkumu Brno – VÚEZ, Cimburkova, Matoušek, Milan., Geoindustria, závod Brno, 1982 (GF P093539)
- [5] Stavebněgeologický průzkum pro PU Brno – Cimburkova, Výstavba areálu IB-DIZ, Balun, D., Stavoprojekt, Brno, 1983 (GF P045625)
- [6] Inženýrskogeologický průzkum základové půdy pro silniční křižovatku v MO – Svitavská radiála, umístěnou do prostoru retenční nádrže Červený mlýn v Brně Králově Poli, Vrtek, F., Keramoprojekt, Brno, 1984 (GF P046258)
- [7] Brno – PBS, divize energetiky – fáze II, ekologický audit, Vacek, Michal; Vašek, Luboš, UNIGEO a.s., 1993 (GF P082407)
- [8] Brno, autoservis DAEWO, Matoušek, Milan., Ing. Milan Matoušek, Brno, 1996 (GF P088837)
- [9] Paroplynová teplárna Červený mlýn, inženýrskogeologický průzkum, Kvasnicová, Monika; Šimůnek, Pavel., Energoprůzkum Praha, spol. s r.o., 1996 (GF P088088)
- [10] Závěrečná zpráva o provedeném inženýrskogeologickém průzkumu na lokalitě Brno – Kartouzská za účelem výstavby Domu s pečovatelskou službou, Křivinka, Josef., TOPGEO, s.r.o., Brno, 2002 (GF P109355)
- [11] Brno – VMO Dobrovského, pasportizace vodních zdrojů, Mytyzková, Alice; Novotná, Jitka, GEOTest, a.s., 2006 (GF P115106)
- [12] Stavba I/42, Brno, VMO, MÚK Dobrovského – Svitavská radiála. Vybudování hydrogeologického monitorovacího systému a hydromonitoring. Závěrečná zpráva. Machů, Pavel, GEODRILL s.r.o., 2011 (GF P132615)
- [13] Ponava, okr. Brno – město. Hydrogeologické vyjádření k možnosti zasakování srážkových vod. Závěrečná zpráva hydrogeologického průzkumu., HS geo, s.r.o. Brno-Komín, Fojtová, Lucie, 2017 (GF P154279)
- [14] Hydrogeologická studie města Brna, Hydroprojekt Praha, závod Brno, Kouřil, Z., 1977
- [15] Klasifikace horninového prostředí pro účely protlaků, Vodní stavby o. p., Technická správa, 1985, Šedivý, Miroslav, Voldřichová, Eva, 1985, databáze GEOTest, a.s.

Brno, červenec 2019