

Brno – FN Bohunice, GPK

**Inženýrskogeologický průzkum
pro objekty GPK SO.01 a SO.05**



Brno, říjen 2024

GEOtest, a.s.
Šmahova 1244/112, 627 00 Brno
IČ: 46344942 DIČ: CZ46344942

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

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

Číslo a název zakázky: 24 0345 Brno – FN Bohunice, GPK, IGP
Objednatel: JIKA CZ, s.r.o., Dlouhá103/17, 500 03 Hradec Králové
IČO objednatele: 25917234
DIČ objednatele: CZ25917234
Zástupce objednatele: Ing. Jiří Slánský, +420 5777 550 375, jiri.slansky@jika.cz
Evidenční číslo ČGS: 3339/2024

Brno – FN Bohunice, GPK, IGP

Inženýrskogeologický průzkum pro objekty GPK SO.01 a kyslíková stanice SO.05

Odpovědný řešitel:

Ing. Martina Bulgurovská

Zpracoval:

Bc. Richard Košík

Prověřil:

Ing. Marek Polák, oborový manažer




RNDr. Lubomír Klímek, MBA
ředitel společnosti a předseda představenstva

GEOtest, a.s.

Šmahova 1244/112, 627 00 Brno
DIČ CZ46344942 (15)

Brno, říjen 2024

Výtisk č.

ROZDĚLOVNÍK

Výtisk č. 1: JIKA-CZ, s.r.o.
2: Archiv GEOTest, a.s.

OBSAH

1. Úvod.....	2
2. Provedené práce.....	2
2.1 Dosavadní prozkoumanost lokality	2
2.2 Terénní práce	3
2.3 Laboratorní práce.....	5
2.4 Interpretační práce	5
3. Přírodní poměry	6
3.1 Geologické poměry	6
3.2 Hydrogeologické poměry	8
4. Inženýrskogeologické poměry	8
4.1 Objekt SO 01:.....	8
4.1.1 Podzemní voda SO 01	9
4.2 Objekt SO05:.....	10
4.2.1 Podzemní voda SO 05	10
5. Doporučené hodnoty geotechnických vlastností	11
6. Základové poměry	12
6.1 SO 01	12
6.2 SO 05	13
7. Závěr	14
8. Použité podklady.....	16
8.1 Použité podklady	16

Seznam příloh:

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. Přehledná situace | měřítko 1 : 25 000 |
| 2. Situace průzkumných sond | měřítko 1 : 1 000 |
| 3. Dokumentace sond | |
| 4. Podélný inženýrskogeologické profily 02 | měřítko 1 : 1 000/200 |
| 5. Výsledky laboratorních zkoušek mechaniky zemin | |
| 6. Protokoly laboratorních analýz porušených, neporušených a technologických vzorků | |
| 7. Výsledky laboratorních zkoušek vzorků podzemní vody – agresivita | |
| 8. Technické zprávy vrtných prací UNIGEO s r.o. | |
| 9. Geodetická zpráva | |
| 10. Fotodokumentace vrtů | |

1. Úvod

Na základě výzvy Ing. Slánského, společnost JIKA-CZ, s r.o., se sídlem Dlouhá 103/17, 500 03 Hradec Králové, byla dne 18.7.2024 vypracována nabídka na zpracování inženýrskogeologického průzkumu za účelem ověření geologického podloží v prostoru budoucí gynekologicko-porodnické kliniky (objekt SO 01) a objektu kyslíkové stanice SO 05.

Objednatel nabídku akceptoval. Podmínky provádění díla, termíny plnění, cena a platební podmínky jsou zakotveny v objednávce prací ze dne 6.8.2024.

Cílem inženýrskogeologického průzkumu byla realizace těchto průzkumných vrtů:

- Pro objekt SO 01 : průzkumné sondy J1, J2 a J3, hloubky 38 m,
- Pro objekt SO 05 : průzkumná sonda J4 hluboká 9 m.

Důležitým bodem objednávky byla spolupráce s projektanty, především za účelem vyhodnocení geologické stavby podloží u provedených sond SO01 J1 a SO01 J3 a následného provedení průzkumné sondy SO01 J2. V případě homogenity geologického podloží se sonda J2 nebude provádět.

Objekt kliniky (SO 01) tvoří devět nadzemních podlaží a dvě podzemní podlaží, navazující na podzemní parkoviště, které je součástí vedlejšího nově navrhovaného objektu Centra kardiovaskulární a transplantační chirurgie. Jedná se o obdélník o rozměrech 110,1 x 32,9 m. Konstruktivní systém objektu je železobetonový, monolitický, bezprůvlakový skelet. Vykonzolidované části objektu budou vyneseny pomocí předpjatých nosníků.

Objekt bude založen hlubinně, na vrtaných železobetonových pilotách.

Objekt SO 05 je kyslíková stanice, předpoklad založení plošné.

Jedná se o ověření geologickým podmínkami na parcelách č. 1681/14, 2917 a 2876 a v místě objektu SO 05 na parcelním čísle 3156/1, k.ú. Starý Lískovec v Brně, ve vlastnictví Fakultní nemocnice Brno, Jihlavská 340/20, Bohunice, 62500 Brno.

Jako podklad zhotovitel obdržel technické zprávy, situace a podélné i příčné řezy (v otevřených formátech doc, dwg) obou objektů, archivní zprávy o inženýrskogeologických průzkumech konaných v areálu FN Bohunice.

2. Provedené práce

2.1 Dosavadní prozkoumanost lokality

V databázi Geofondu (<http://www.geology.cz>) a v archivních zprávách (viz příloha Použité podklady) byly pro rešeršní účely vyhledány nejbližší průzkumné archivní vrty. Výpis geologické dokumentace těchto vrtů je obsažen v Příloze 3.

Přímo v zájmové lokalitě FN Bohunice bylo provedeno celé množství lokálních průzkumů zaměřených na ověření geologických poměrů pro zakládání jednotlivých stavebních objektů, vesměs se však jednalo o mělké sondy. Nejbližší situovaným hlubokým archivním vrtem (ve vzdálenosti od nejbližší plánované průzkumné sondy cca 55 m na východ), který ověřil hlubší geologické poměry je vrt S152 (GDO 449490), který byl realizován v roce 1980. Vrt byl hluboký 44,50 m a byly jím do hloubky 2,40 m zastiženy sedimenty kvartéru a od 2,40 m do

44,50 m sedimenty neogénu především ve formě jílu s relativně málo mocnými vložkami písků a prachů. Horniny brněnského masívu zastiženy nebyly.

V souvislosti s výše uvedenou stavbou zde bylo v letech 2016-2024 provedeno několik etap průzkumných prací s množstvím inženýrskogeologických a hydrogeologických vrtů a navazujících laboratorních prací s cílem ověření vlastností zemin a hornin a ověření charakteru podzemní vody. Součástí prací bylo i vybudování hydrogeologického a stabilitního monitorovacího systému.

Obr. 2.1.1 Geologická prozkoumanost zájmového území



2.2 Terénní práce

Pro daný záměr byla na lokalitě projektanty navržena pro objekt SO01 GPK realizace 3 inženýrskogeologických jádrových vrtů do hloubky 38,0 metru pod terénem. Hloubka byla určena na základě projektované hloubky pilot. Vrtů byly označeny J1 – J3. Situování veškerých průzkumných sond bylo navrženo v souladu s požadavky zpracovatelů projektové dokumentace a s ohledem na přístupnost v terénu.

Pozice sond byly vytýčeny v terénu a následně dne 2.9.2024 byla místa sond předána zástupcem objednatele včetně povolení ke vstupu na pozemky a vyjádřením o neexistenci inženýrských sítí dotčené průzkumnými pracemi. Tyto skutečnosti byly stvrzeny na Protokolu o převzetí lokality, kde zároveň objednatel potvrdil, že v místech sond a jejich bezprostředním okolí se nenachází žádné podzemní inženýrské sítě.

Terénní práce byly na lokalitě realizovány dne 2. – 4.9.2024. O průběhu prací byla zhotovitelem vrtných prací vyhotovena Technická zpráva, která tvoří Přílohu č. 7 této zprávy. Firma Unigeo, a.s. jako subdodavatel vrtných prací nasadila vrtnou soupravu typu HVS 482 pod vedením vrtníka p. Š. Lučana. Hloubení svislých vrtů bylo zahájeno technologií jádrového rotačního vrtníku na sucho. Jako vrtný nástroj byl použit jednoduchý jádrovák s TK korunkou o průměru 195/156 mm. Ke stabilizaci stvolu vrtu bylo použito MPK o průměru 192 mm.

Obr. 2.2.1 Vrtná souprava HVS 482 a vrtné práce na sondě SO01 J1 a SO05 J4



Vrtné jádro bylo ukládáno do normalizovaných dřevěných vzorkovnic, kde bylo geologicky popsáno – jeho popis je zařazen v Příloze 3 a fotograficky zdokumentováno (příloha 9). Při dokumentaci vrtů v případě zastížení soudržných zemin bylo prováděno měření kapesním penetrometrem pro dopřesnění konzistence zastížených soudržných vrstev.

Fotodokumentace je obsahem přílohy č. 9. Z vrtů byly v průběhu vrtání odebráno osm

Neporušených, zdvojených vzorků zeminy třídy 2 a ze vzorkovnic z vytěženého jádra sedm vzorků porušených (třídy 3) a jeden vzorek technologický 50 kg (třída 4). Vrty byly na závěr zlikvidovány dusaným záhozem z vytěženého jádra. Terén v místě vrtů byl zarovnan a uveden do původního stavu.

Tab. 2.2.1 Základní údaje o vrtných pracích

Označení průzkumné sondy	Souřadnice JTSK		Kóta ústí (m. n.m.)	Termín provádění	Hloubk a sondy (m)	Hloubka odběru vzorků zemin (m)		
	X	Y				Třída 2 (zdvojený N)	Třída 3 (P)	Třída 4 (T)
SO01 J1	1162692,5 6	601039,8 0	277,45	03.09.202 4	38	8,1; 18,4; 27,2	3,5; 10,8; 13,5	-
SO01 J3	1162787,1 0	601036,1 8	280,54	04.09.202 4	38	7,9; 24,9; 31,9	14,3; 17,5	-
SO05 J4	1162651,5 5	600791,3 5	276,90	02.09.202 4	9	2,7; 5,9	7,2; 8,8	2

U každé sondy byla v případě zastížení hladiny podzemní vody zaznamenána hloubka naražené hladiny podzemní vody (HPV), ustálená HPV byla zaměřena v drtivé části 24 hod po jejich odvrtání těsně před jejich likvidací hutněným záhozem. U sondy J3 došlo po jejím odpažení ke zhroucení nesoudržných (štěrkových, písčitých) poloh a zasypání stvolu vrtu. U těchto vrtů nebylo tak možno změřit ustálenou HPV.

Geodetické zaměření realizovaných sond provedli pracovníci střediska geodézie a.s. GEOTest v souřadném systému JTSK a výškovém systému Balt po vyrovnání. Souřadnice jednotlivých sond jsou prezentovány v měřické zprávě, která tvoří přílohu č. 8.

2.3 Laboratorní práce

Pro odebrané vzorky zemin byl zpracován zkušební plán, podle něž byl v akreditovaných laboratořích mechaniky zemin společnosti GEOTest a GEOdrill spol s r.o. provedeny následující zkoušky:

- klasifikační zkoušky (vlhkost, zrnitost, konzistenční meze, zdánlivá hustota pevných částic) u všech vzorků
- objemová hmotnost, pórovitost a stupeň nasycení na neporušených vzorcích třídy 2
- propustnost v membránovém propustoměru na jednom neporušeném vzorku třídy 2
- zhutnitelnost dle Proctora Standard a stanovení kalifornského poměru únosnosti (CBR), okamžitého indexu únosti (IBI) a lineárního bobtnání ČSN EN 13286-47 na technologickém vzorku třídy 4, zkoušky byly provedeny i po přidání aditiv 2%SM70, 3%SM70 a 2%CaO.
- stlačitelnost s časovým průběhem v edometru na čtyřech neporušených vzorcích, v rámci této zkoušky byla rovněž měřena prosedavost, resp. bobtnavost obou vzorků.
- nekonsolidovaná neodvodněná triaxiální zkouška na 3 vzorcích třídy 2
- krabicová smyková zkouška na 4 vzorcích třídy 2

Výsledky a metodika všech provedených zkoušek jsou uvedeny v protokolech o zkoušce, který tvoří přílohu 5 této zprávy. Laboratorní zkoušky porušených a neporušených provedly laboratoře mechaniky zemin Geotest a.s., zkoušky vzorků technologického pak laboratoř firmy Geodrill s r.o.

Rozbor podzemní vody pro stanovení její agresivity na kovové a betonové podzemní konstrukce byl proveden pouze na vzorku SO01 J1 (sonda SO01 J3 se po odpažení sevřela, a sonda SO05 J4 byla suchá), výsledky zkoušky jsou uvedeny v příloze 6. Práce provedla analytická laboratoř firmy Geotest a.s.

2.4 Interpretační práce

Zájmové území je přehledně uvedeno v příloze 1 Přehledná situace v měřítku 1:25000, poloha všech průzkumných děl - jak těch, které byly realizovány v rámci tohoto průzkumu, tak i archivních - je zakreslena na situaci v příloze 2. Geologická dokumentace vrtů tvoří přílohu 3, v řazení současné, poté archivní sondy. Geologická stavba a inženýrskogeologické poměry zájmového území SO 01 jsou vykresleny a prezentovány v inženýrskogeologickém řezu 02-02 ' v měřítku 1 : 1000/200 v příloze 4. Řez 02-02 ' je veden v podélné ose 02, sondy jsou kolmo promítnuté na tento řez. Délka řezu je mezi sondami V-101 a V-2 zkrácena. Pro objekt SO 05 je popis sondy SO05 J4 uveden v příloze 3.

Na základě poznatků o stratigrafii, genezi a litologii byly z průzkumu [6] převzaty a následně doplněny geotechnické typy zemin. Přiřazení konkrétní geologických vrstev zájmového území do souvrství jednotlivých geotechnických typů je uvedeno v geologické dokumentaci jádrových sond a v inženýrskogeologickém řezu.

Vedle zařazení do jednotlivých geotechnických typů jsou zastižené zeminy klasifikovány na základě makroskopického popisu a výsledků analýz laboratoří mechaniky zemin dle ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací a ČSN P 73 1005 a ČSN EN 14688. V geologické dokumentaci vrtů je též uvedeno zařazení do tříd těžitelnosti dle

ČSN 73 6133 (příloha D) a ČSN P 73 1005 Příloha B a vrtatelnosti dle přílohy C v ČSN P 73 1005.

Základní popis jednotlivých vyčleněných geotechnických typů zemin, spolu se stanovenými hodnotami základních geotechnických vlastností je uveden v kapitole 4 a5.

Doporučené hodnoty geotechnických vlastností byly stanoveny dle statistického zhodnocení výsledků laboratorních zkoušek aktuálního průzkumu, spolu s přihlédnutím k hodnotám uvedeným v archivních průzkumech. V případě chybějících výsledků laboratorních zkoušek, resp. při jejich malém počtu byly doplněny eventuálně odborně odhadnuty. Doporučené hodnoty geotechnických parametrů pro jednotlivé Gtypy pak obsahuje tabulka 5.1.

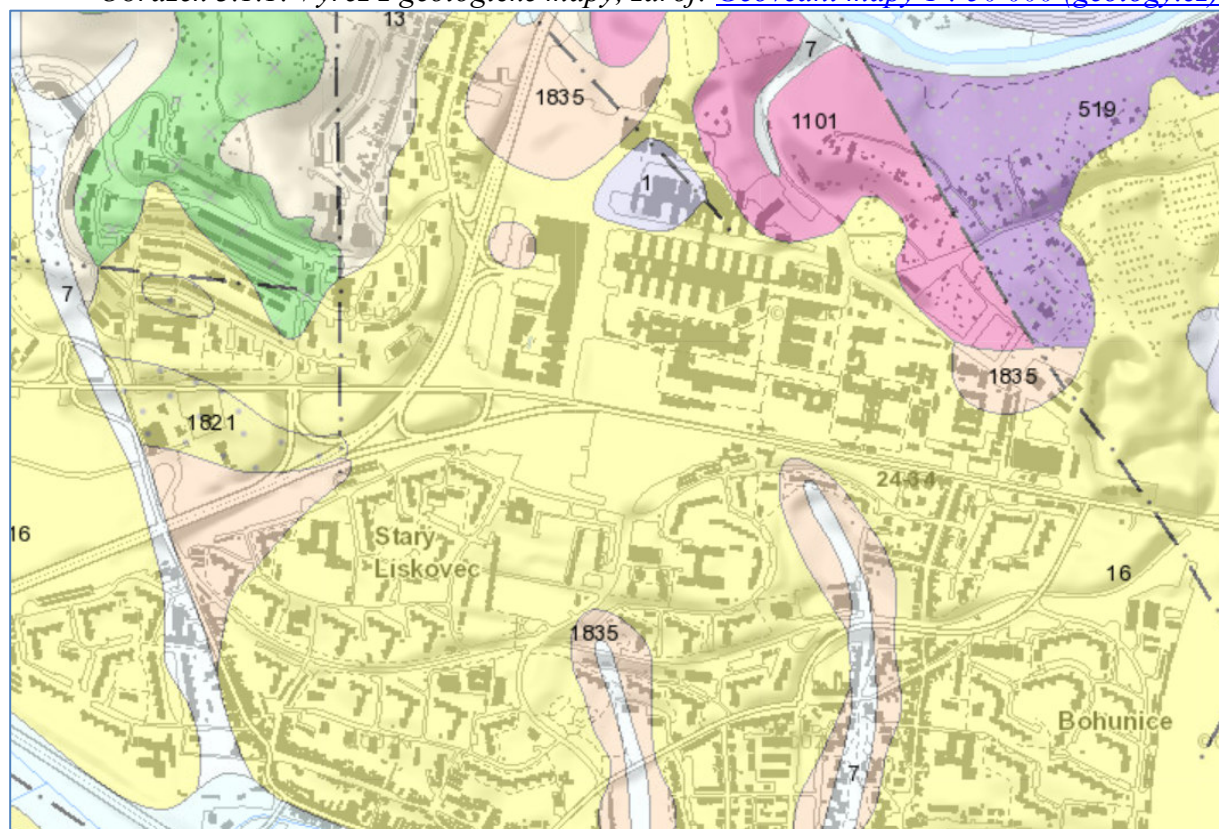
Digitální zpracování popisů vrtů bylo zhotoveno pomocí softwaru GdBase s následným převodem do prostředí Microstationu. Po zpětném geodetickém zaměření míst průzkumných sond a získání výsledků laboratorních zkoušek mechaniky zemin byly konstruovány požadované inženýrskogeologické profily. Výkresová dokumentace byla vyhotovena CAD aplikací Microstation. Výsledky závěrečné zprávy byly digitalizovány.

3. Přírodní poměry

3.1 Geologické poměry

Z regionálního geomorfologického členění je širší okolí zájmového území situováno na styku dvou základních geomorfologických a geologických jednotek - České vysočiny a Západních Karpat. V rámci České vysočiny náleží zájmový prostor města Brna k podsoustavě Brněnské vrchoviny. Vlastní lokalita náleží do okrsku Kohoutovická vrchovina, který je součástí celku Bobravská vrchovina.

Z regionálně geologického hlediska náleží zájmové území do soustavy Českého masivu, jednotky brněnského masivu, která je tvořena biotitickými granodiority až tonality. V jejich nadloží se především na jižním a západním svahu Červeného kopce vyskytují miocenní sedimenty neogenního stáří tvořící na území města Brna výplň karpatské předhlubně. Na rozdíl od východní a severovýchodní části Červeného kopce, kde je předkvartérní podklad tvořen arkózami a slepenci devonského stáří. Názorně je toto rozhraní zřetelné na výřezu z geologické mapy na Obrázku 3. Kvartérní pokryv tvoří spraše a sprašové hlíny eolické geneze. Jejich mocnost především na závětrých (západ, jihozápad) stranách kopců činí i několik desítek metrů (např v prostoru bývalé Kohnovy cihelny na západním svahu Červeného kopce).

Obrázek 3.1.1: Výřez z geologické mapy, zdroj: [Geovědní mapy 1 : 50 000 \(geology.cz\)](http://geology.cz)

Tabulka 3.1.1: Legenda k výřezu z geologické mapy

kvartér		moravskoslezská oblast	
KENOZOIKUM		moravskoslezské paleozoikum	
KVARTÉR		PALEOZOIKUM	
1	navážka, halda, výsypka, odval	DEVON	
6	nivní sediment	519	arkózy, slepenec
7	smíšený sediment	brunovistulikum	
13	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment	PROTEROZOIKUM	
16	spraš a sprašová hlína	NEOPROTEROZOIKUM	
24	písek, štěrk	1101	biotitický granodiorit až tonalit
kvartér - terciér		1111	biotit-amiobilický diorit, křemenný diorit
KENOZOIKUM		karpatská předhlubeň	
NEOGÉN-KVARTÉR		KENOZOIKUM	
49	písek, štěrk	NEOGÉN	
		1821	vápnitý jíl (tégel), místy s polohami písků
		1835	jíly, prachovité jíly, podřadně píský, vzácně štěrky

3.2 Hydrogeologické poměry

Zájmová oblast, která náleží podle geologické rajonizace do karpatské předhlubně, je tvořena komplexem neogenních sedimentů (písky, jíly), které jsou překryty kvartérními (deluviofluviálními a eolickými) uloženinami.

Z hlediska hydrogeologické rajonizace (Olmer a kol. 2006) náleží lokalita do hydrogeologického rajónu základní vrstvy 6570 Krystalinikum brněnské jednotky, jižně je pak definován rajón 6570 Dyjsko-svratecký úval.

Neogenní (badenské) sedimenty jsou v zájmovém území uloženy jako relikty mořské sedimentace. Jsou tvořeny nepravidelně se střídajícími polohami vápnatých jílu a vrstvami písků. Neogenní sedimenty v podobě neogenních písků, které byly zastiženy v průběhu průzkumných prací pro TT Osová – Kampus byly jen velmi málo mocné, od 0,2 m do 0,7 m.

V nadloží badenských sedimentů se vyskytují kvartérní sedimenty ve formě prachovitých hlín, sprašových hlín a spraší budující svrchní souvrství. Ty spolu s antropogenními sedimenty v zájmové lokalitě tvoří krycí vrstvu. Prachovité hlíny, sprašové hlíny a spraše mají funkci hydrogeologického izolátoru, navážky mohou být propustné nebo nepropustné, v závislosti na jejich složení.

Hladina podzemní vody se pohybuje v různých hloubkách pod terénem a je vázána na výskyt propustnějších písčitých poloh v neogenních jílech či na rozhraní jednotlivých litologických typů.

Generelní směr proudění podzemní vody je v zájmovém území ve směru k jihu. V severní části zájmového území, v hydrogeologickém rajónu krystalinika 6570, je generelní směr proudění podzemní vody k severu.

4. Inženýrskogeologické poměry

Inženýrskogeologické poměry v zájmovém prostoru SO 01 jsou přehledně vykresleny v řezu 02-02', který je obsahem Přílohy 3. Při konstrukci řezů bylo využito poznatků ze sond provedených v rámci tohoto průzkumu a sond z archivních zpráv. Zařazení do geotechnického typu = do kvaziisotropního souvrství navazuje na archivní zprávy provedené firmou BALUN geo s r.o.

4.1 Objekt SO 01:

Pro objekt byly provedeny sondy SO 01 J1 (38 m) a SO 01 J3 (38 m), avyžity archivní sondy V-101 (10 m), V-2 (15 m) a V-102 (11 m).

Zastižené geologické podloží:

Antropogen: Polohy navážek (označené jako geotechnický typ 1, dále GT1) v objektu SO 01 byly zastiženy do hloubky 0,40 m (277,3 – 280,1 m n. m.), je charakteru uhlého štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy rezavé barvy. Úlomky hornin a cihel se velikostně pohybovali do cca 4 cm, písčité frakce obsáhla ve vrstvě byla frakce jemnozrnná až hrubozrnná (G3 G-FY). Jejich kvalita, zrnitostní složení a homogenita je proměnlivá.

Kvartér: Pod nimi byly zastiženy eolické sedimenty – spraše, sprašové hlíny mocné 1,8 – 3,9 m, a úroveň jejich báze se pohybuje v hloubce 2,2 – 4,0 m. Jsou klasifikovány jako jíl s vysokou plasticitou, jíl se střední plasticitou, zařazený dle ČSN P 73 1005 do třídy F8 CH, F6 CI. Jsou

tmavě hnědé, okrově hnědé, světle hnědé, převážně pevné, v sondě V-101 tuhé, vápnité, prokvetlé CaCO_3 . Jsou zařazeny do geotechnického typu 1, dále GT1.

Neogén: Před kvartérní podloží je na lokalitě tvořeno neogenními jíly a písky. Toto souvrství bylo zastiženo všemi sondami v zájmovém prostoru. Souvrství je tvořeno dvěma výrazně odlišnými druhy zemin - soudržnými jíly a prachovitými jíly (GT2a) a nesoudržnými jílovitými, hlinitými písky a písky s příměsí jemnozrnné zeminy (GT2c), případně prachovitými sedimenty, které zrnitostně již náleží do hlín, ale svým charakterem (především nesoudržností) náleží k pískům (GT2b). Úroveň povrchu neogenního souvrství se pohybuje v hloubce 2,2 – 4,0 m pod úrovní terénu, tj. 276,2 – 278,3 m n. m.

Dle klasifikace ČSN P 73 1005 odpovídají jíly převážně třídě F8 CH, F8 CV i F6 CI, jako jíly s velmi vysokou, vysokou i střední plasticitou (GT2a). Konzistence je pevná, stupeň konzistence Ic se pohybuje v rozmezí 1,0 – 1,25, s rostoucím podílem prachovité až jemně písčité složky tvrdá. Jíly jsou silně vápnité, šedohnědé, hnědé, šedé, s odstíny zelené a hnědé, s častým rezavým smouhováním, vyskytují se cca v hloubce 249 m n. m. i jako hnědočervené. V případě poloh, kdy dochází ke střídání písčitých a jílovitých poloh, je zemina klasifikována do třídy F4 symbolu CS jako jíl písčitý (GT2b).

Zastižené polohy písků jsou převážně jemnozrnné, s vysokým podílem prachovitých částic a lokálním zajilováním. Dle klasifikace ČSN P 73 1005 odpovídají třídám S3 S-F, S4 SM a S5 SC. Písky jsou silně ulehlé a suché, barva šedá, hnědošedá, s rezavými polohami. V úrovni 263 – 264 m n. m. v přítomnosti hladiny podzemní vody byly zrnitostně zastiženy jako jemnozrnné až hrubozrnné, středně ulehlé, zvodnělé, s úlomky horniny, hnědo rezavé. Mocnost písčitých poloh v jílovitém souvrství se pohybuje od 0,5 – 3,6 m.

Skalní podloží: Na lokalitě je budováno vyvřelými horninami brněnského masivu – granodiority, diority, apod. Sondami této etapy nebylo skalní podloží zastiženo a pro zakládání objektu nemá přímý vliv.

4.1.1 Podzemní voda SO 01

Naražená hladina podzemní vody byla zastižena sondami SO01 a SO03 v úrovni neogenních písků v hloubce 265,15 – 26,34 m n.m. Vystoupala na úroveň 12,9 m pod terénem na kótu 264,55 m n.m. V sondách z března 2024 (BALUN geo s r.o., Brno Bohunice CKTCH šachta SŠ1, objednatel Winning PS – stavební firma, 25.3.2024) však byla hladina podzemní vody zastižena o cca 7 m výše, na úrovni 272,1 m n. m. Hladina podzemní vody významně kolísá v závislosti na vlhkostních poměrech v ročních obdobích. V deštivějších obdobích se mohou objevit dočasné a nepravidelné podpovrchové horizonty, které vzniknou po vydatnějších srážkách –viz březen 2024, v sušším období (září 2024) mohou vymizet.

Hladiny podzemní vody zastižené v neogenním podloží jsou mírně napjaté, kde napjatost způsobují neogenní jíly vytvářející stropní izolátor.

Přehledně jsou hladiny podzemní vody uvedeny v tabulce 4.1.1.

Tab. 4.1.1.1 Hladiny podzemní vody v průzkumných sondách

Sonda	SO01 J1		SO01 J3		V-101		V-2		SO05 J4	V-102
Úroveň ústí vrtu	277,45		280,54		280,10		280,2		276,90	281,1
Jednotky	(m p.t.)	(m n.m.)	(m p.t.)	(m n.m.)	(m p.t.)	(m n.m.)	(m p.t.)	(m n.m.)	(m p.t.)	(m p.t.)
Naražená HPV	12,3	265,2	17,2	263,3	8,0	272,1	6,5	273,7	nezastižena	
Ustálená HPV	12,9	264,6	-	-	7,0	273,1	-		nezastižena	

Vzorek podzemní vody byl odebrán ze sondu SO01 J1 pro zjištění agresivity vůči podzemním betonovým konstrukcím a ocelovým konstrukcím v souladu s ČSN 03 8375 Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi a ČSN EN 206+A2 Beton – část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Podzemní voda vykazuje neagresivní chemické působení na beton, žádný z uvedených parametrů nedosahuje limitních hodnot charakteristických pro třídu XA1. V daném případě postačí pouze primární ochrana betonových konstrukcí, které by mohly přijít do styku s podzemní vodou.

Vzorek vody pro stavební účely (agresivita na beton) byl podroben analytickému vyšetření chemizmu podle ČSN EN 206+A2 a podle ČSN 03 8375. Z hlediska chemického působení vody na ocel je **agresivita velmi vysoká (IV)**, a to z důvodu vysokých koncentrací síranů, chloridů a vysoké elektrické vodivosti.

Přehledně jsou výsledky uvedeny v příloze 6 a v následující tabulce 4.1.1.1.

Tab. 4.1.1.1 Parametry agresivity podzemní vody na stavební konstrukce

Vrt	Hloubka odběru (m)	Stupeň agresivity podle ČSN EN 206-1						Klasifikace dle normy ČSN 03 8375		
		SO ₄ ²⁻ (mg/l)	pH (-)	CO ₂ ag r. na CaCO ₃ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Výsledný stupeň vlivu prostředí při chemickém působení vody na beton	SO ₄ + Cl (mg/l)	Vodivost (20°C) μS/cm	Chemické působení vody na ocel agresivita prostředí
SO01 J3	12,9	88,5	7,11	0	<0,1	58,9	---	370	1366	IV

4.2 Objekt SO05:

Pro objekt byla provedena sonda SO 05 J4 (hloubka 9 m).

Zastižené geologické podloží:

Antropogen: Polohy navážek (označené jako geotechnický typ 1, dále GT1) v objektu SO 05 byly zastiženy do hloubky 0,70 m (279,8 m n.m.), pod betonovým panelem tloušťky až 40 cm se nacházel podsyp charakteru šterku hlinitého, rezavohnědý, suchý, ulehlý, velikost poloostrohranných úlomků max. 1 cm, písčité frakce je jemnozrnná až hrubozrnná.

Kvartér: Pod nimi byly zastiženy eolické sedimenty – spraše mocné 7,9 m, a úroveň jejich báze se pohybuje v hloubce 8,6 m. Jsou klasifikované jako jíl se střední plasticitou, zatříděný dle ČSN P 73 1005 do třídy F6 CI. Jsou tmavě hnědé, okrově hnědé, světle hnědé, převážně pevné, a v poloze 3,0 – 6,0 m, tj. 273,9 – 270,9 m n.m. pak tuhé konzistence (stupeň konzistence Ic=0,88). Spraše jsou silně vápnité, prokvetlé CaCO₃. Jsou zařazeny do geotechnického typu 1, dále GT1.

Neogén: Na bázi kvartérního podloží byla zastižena přechodová zóna do neogenního podloží, tvořena jílem se střední až vysokou plasticitou, s velkým množstvím cicvárů a kongrecí do velikosti 3 cm (až 19%), okrově hnědá, tuhá, vápnitá. Dle klasifikace ČSN P 73 1005 odpovídají jíly třídě F8 CH, jako jíly s vysokou plasticitou (GT2a).

Skalní podloží: Na lokalitě je budováno vyvřelými horninami brněnského masivu – granodiority, diority, apod. Sondami této etapy nebylo skalní podloží zastiženo a pro zakládání objektu nemá přímý vliv.

4.2.1 Podzemní voda SO 05

Naražená ani ustálená hladina podzemní vody nebyla zastižena.

5. Doporučené hodnoty geotechnických vlastností

Doporučené hodnoty geotechnických vlastností jednotlivých souvrství (platí pro oba objekty, SO 01 a SO05) kvartérních spraší GT1, neogenních soudržných jílovitých zemin GT2a, GT2b a nesoudržných neogenních písků GT2c jsou uvedeny v následující tabulce 5.1.

Tabulka 5.1 Doporučené hodnoty geotechnických vlastností

Geotechnický typ zeminy			2	3a	3b	3c
Převažující zařídění dle ČSN 73 6133			F6 CI, F8 CH	FF6 CI, 8 CH, F8 CV	F4 CS	S3 S-F, S4 SM
Převažující zařídění dle ČSN EN ISO 14 688 - 2			siCl, clSi, CI	Cl, siCl	sasiCl	Sa, clSa
Geneze, stáří			Kvartér, eolické sedimenty	Neogen		
Litologické rozdělení			jíly se střední až vysokou plasticitou	jíly se střední až vysokou plasticitou	jíl písčité	písek s příměsí jemnozrné zeminy, písek jílovitý
Konzistence/ulehlost			pevná	pevná - tvrdá	pevná	ulehlý
	symbol	jednotky	med. (min - max)			
vlhkost zeminy	w	%	19,3(14,9-22,7)	16,8(9,7-21,5)	6,3	9,4(8,9-9,9)
mez tekutosti	w _L	%	42,1(35,5-53,7)	57,9(39,6-83,6)	30	
mez plasticity	w _P	%	19,9(19,8-20,9)	19,8(15,7-27,0)	18	
index plasticity	I _P	%	22,6(14,6-33,5)	38,1(23,9-56,5)	13	
stup. konzist. / ulehlost	I _C /I _d	1	1,0(0,9-1,3)	1,1(1,0-1,3)	1,9	1*
propust.z křív. zrnit.	k	m.s ⁻¹	1,391E-08	<3,0E-8	<3,0E-8	4,75E-05
objemová hmotnost	ρ	Mg.m ⁻³	1,955	2,075	2,05*	1,95*
obj.hmot.suché zem.	ρ _d	Mg.m ⁻³	1,619	1,750		
hustota pev. částic	ρ _s	Mg.m ⁻³	2,725	2,744		
pórovitost	n	%	40,60	35,90		
stupeň nasycení	S _r	%	82,7	88,2		
váhové ztráty žháním (max)	I _{ož}	%	2,7			
TOTÁLNÍ parametry dle ČSN 72 1031	c _u	kPa	80	314(116-343)	70*	
	φ _u	°	0,0	10,0(3,5-22,0)	5*	
EFEKTIVNÍ parametry dle ČSN CEN ISO/TS 17892-10	c _{ef}	kPa	17,0	9,0(5,0-30,0)	18*	6*
	φ _{ef}	°	28,5	21,0(21,0-28,0)	22*	30*
Edometrický modul přetvárnosti (laboratorní stanovení)	E _{oed} [MPa]	0,05 - 0,1	10*	12*		
		0,1 - 0,2	11,4	13*		
		0,2 - 0,4	12,2	15,2		
		0,4 - 0,6	-	18,3(16,5-20,2)		
		0,6 - 0,8	-	28,5(20,9-28,5)		
		0,8-1,0				
Modul přetvárnosti	E _{def}	Mpa	6*	7*	7V	7*
Poissonovo číslo*	ν	1	0,47	0,42	0,35	0,32
Prosedavost	i _{mp}	%	ze zeminy nejsou prosedavé			
Bobtnací tlak	σ _s '	kPa	75	235		
souč.obj.bobtnavosti	B	%				
Souč. konsolidace	c _v	m ² .s ⁻¹	2,4E-07	4,2E-08		
Namrzavost			VN-NN	VN	NN	MN
Těžitelnost ČSN P 73 1005 Příloha B			I			
Vrtatelnost dle ČSN P 73 1005 příloha C			I.			II
Vysvětlivky: *) odborný odhad, med. = mediánu nesoudržných zemín byly stanoveny hodnoty w _L , w _P a I _p pouze u vzorků S4,S5						

Pro objekt SO 05 byla navíc pro kvartérní sprašové zeminy provedena Proctorova zkouška zhutnitelnosti. Zemina je pro použití pro stavbu zemního tělesa podmíněčně vhodná (je nutná úprava pomocí vápna nebo jiné průmyslově dodávané směsi, např. SM70).

Proctorovou zkouškou zhutnitelnosti byly stanoveny pro zeminy GT1 parametry CBR, CBR_{sat} a IBI zeminy v přirozeném stavu a pro zeminy zlepšené 2% $CaCO_3$, či 2% a 3% SM70. Hodnoty jsou přehledně uvedeny v následující tabulce 5.2.

Tabulka 5.2 Parametry zemin GT1 stanovené Proctorovou zkouškou zhutnitelnosti

Číslo vzorku	Sonda	Gtyp	Hloubka	Aditiva	Vlhkost zeminy	Stupeň konzistence	ČSN EN ISO 14688-2(2005)	Zatřídění zeminy dle ČSN 73 6133	Propust.z křiv. zmit.	Proctor standard - Maximální objemová hmotnost	Proctor standard - Optimální vlhkost	Poměr únosnosti CBR 2.5 mm	Poměr únosnosti CBR 5.0 mm	Poměr únosnosti CBR_{sat} 2.5 mm	Poměr únosnosti CBR_{sat} 5.0 mm	Poměr únosnosti IBI 2.5 mm	Poměr únosnosti IBI 5.0 mm
					w	I_C			k	$\rho_{d\ max}$	W_{opt}						
			m		%	1			$m.s^{-1}$	kg/m^3	%	%	%	%	%	%	%
38329	J4	2	1,0 - 4,1		14,9	1,28	siel	F6 CI	1,39E-08	1750	14	8	9	3,5	3,5	7	9
				2 % SM70						1700	14	30	35	40	30	12	10
				3 % SM70						1690	15	45	35	90	65	14	15
				2 % CaO						1710	15	55	45	55	45	16	11

6. Základové poměry

6.1 SO 01

Objekt kliniky (SO 01) tvoří devět nadzemních podlaží a dvě podzemní podlaží. Jedná se o obdélník o rozměrech 110,1 x 32,9 m. Konstrukční systém objektu je železobetonový, monolitický, bezprůvlakový skelet. Vykonzolidované části objektu budou vyneseny pomocí předpjatých nosníků. Objekt bude založen hlubině, na vrtaných železobetonových pilotách.

Dle ČSN P 73 1005 Příloha E se jedná ze statického hlediska o náročnou konstrukci.

Základové poměry objektu SO 01 v zájmové území ve smyslu E ČSN P 73 1005, E.1.2.2 je možné označit za jednoduché. Jednotlivé litologické vrstvy jsou uloženy téměř vodorovně a jsou převážně průběžné. Geologické podloží tvoří do hloubky 2,2 – 4,0 m kvartérní jíly se střední plasticitou, spraše, označené GT1. Pod nimi bylo zastiženo minimálně 70 m mocné souvrství, které tvoří terciérní, neogenní jíly s vysokou až velmi vysokou plasticitou. V souvrství byly zastiženy nesoudržné polohy písků s různým stupněm příměsi jemnozrnné zeminy, až 3,6 m mocné. Písečné polohy mohou vodonosné. Hladina podzemní vody byla zastižena současným průzkumem v neogenním souvrství nesoudržných písků hlinitých, jílovitých a s příměsí jemnozrnných zemin (GT2c) v hloubce 17,2 m pod úrovní terénu, tj. na

kótě 268,3 m n.m. Při vydatnějších srážkách se může hladina podzemní vody vyskytovat výše, v březnu 2024 úroveň byla zastižena v hloubce 6,5 – 8,0 m pod terénem, tj. v úrovni 272,1 m n.m.

Při navrhování hlubinného založení lze proto postupovat, v souladu s E ČSN P 73 1005, příloha E, podle zásad 2. Geotechnické kategorie.

Doporučení:

- V TZ pro stupeň DPS (JIK A 4/2024) se předpokládá hlubinné založení na velkopřůměrových vrtaných pilotách o délce cca. 30 m. Úroveň paty piloty dosáhne kóty 247 m n.m., kde bylo zastiženo prostředí neogenních vysoce až velmi vysoce plastických jílu geotechnického typu 2a.
- definitivní hloubku a způsob založení základových prvků objektu je nutné ověřit statickým výpočtem s použitím doporučených hodnot geotechnických vlastností jednotlivých typů zemin získaných ze statistického zhodnocení výsledků mechaniky zemin, uvedených v tabulce 5.1.
- zejména z důvodů výskytu hladiny podzemní vody v polohách terciérních písků musí hloubení pilot probíhat pod ochranou ocelových výpažnic, při vrtání pilot je nutno počítat s propažením prostředí zvodnělé až 3,6 m mocné vrstvy písků s příměsí jemnozrnných zemin, či písků hlinitých a jílovitých geotechnického typu GT2c.
- při realizaci základových prvků (pilot) nesmí dojít k nakypření a znehodnocení základových půd v budoucí základové spáře, nakypřené, nebo znehodnocené soudržné sedimenty je nutné řádně dohutnit nebo odstranit
- doporučujeme zachovat pracovní plošinu min. nad kótou 274 m, úroveň nad zastiženou hladinou podzemní vody v březnu 2024
- veškeré výkopové práce doporučujeme realizovat v klimaticky příhodném období s minimem srážek a bez mrazu
- v souladu s ČSN 03 8375 Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi a ČSN EN 206+A2 Beton – část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Podzemní voda vykazuje neagresivní chemické působení na beton, žádný z uvedených parametrů nedosahuje limitních hodnot charakteristických pro třídu XA1. V daném případě postačí pouze primární ochrana betonových konstrukcí, které by mohly přijít do styku s podzemní vodou. Přesto doporučujeme s ohledem na zvyklosti dodržet výběr cementu pro beton podle tabulky F.4 pro daný stupeň chemicky agresivního prostředí XA1 přítomného na budoucím staveništi.
- z hlediska chemického působení vody na ocel je agresivita velmi vysoká (IV), a to z důvodu vysokých koncentrací síranů, chloridů a vysoké elektrické vodivosti.
- během případných výkopových prací budou těženy zeminy spadající do I. třídy těžitelnosti podle ČSN P 73 1005 Příloha B,
- během pilotového vrtání budou zastiženy převážně zeminy s třídou vrtatelnosti I. (spraše, neogenní jíly), nesoudržné zvodnělé písky však mají třídu vrtatelnosti II, podle ČSN P 73 1005 Příloha C.

6.2 SO 05

Základové poměry SO 05 v zájmové území ve smyslu E ČSN P 73 1005, příloha E, je možné označit za jednoduché. Pod vrstvou navážek byly do hloubky 8,6 m zastiženy kvartérní soudržné jíly se střední plasticitou, spraše, GT2. Jejich konzistence s hloubkou klesala a opět

rostla. Pevné konzistence byly do hloubky 3,0 m, dále do hloubky 6,0 m byly tuhé konzistence a níže se jejich konzistence zvyšovala v pevnou.

Hladina podzemní vody nebyla do hloubky 9 m zastižena, tudíž hladina podzemní vody nebude nepříznivě ovlivňovat způsob založení projektovaného objektu.

Objekt SO 05 je kyslíková stanice, předpoklad založení plošné, jedná se o jednoduchou konstrukci.

Při navrhování základů lze proto postupovat v souladu s E ČSN P 73 1005, Příloha E, podle zásad 1. Geotechnické kategorie.

Jako případné vstupní hodnoty do výpočtů je také možno použít doporučených geotechnických charakteristik uvedených v tabulce 5.1.

Doporučení:

- zastižené zeminy sraše jsou při převlhčení a pojezdech staveništní techniky náchylné k rychlé ztrátě pevnosti, jsou nebezpečně namrzavé, vysoce kapilárně vztlínavé, a základovou spáru je nutné důsledně ochránit před nepříznivými klimatickými vlivy – déšť, mráz. Proto výkopové práce doporučujeme vzhledem rozbřídavosti a namrzavost zemin realizovat v klimaticky příhodném období s minimem srážek a bez mrazů
- pro předpokládané zakládání na plošných základech je možné uvažovat :
 - v hloubce do 3,0 m pod terénem s výpočtovou únosností zeminy $R_{dt} = 200 \text{ kPa}$,
 - od 3,0 – 6,0 m pod terénem $R_{dt} = 100 \text{ kPa}$
 - od 6 m pod terénem a hlouběji $R_{dt} = 200 \text{ kPa}$.
- pro plánované plošné založení a vzhledem k místním zkušenostem doporučujeme založení objektu minimálně 1,2 m – 1,6 m pod stávajícím terénem (viz ČSN 73 1004 bod 5.2.4
- v rámci zemních prací budou těženy jako zeminy I. třídy těžitelnosti viz. ČSN P 73 1005 Příloha B
- těžené kvartérní zeminy tř. F6 z výkopů hodnotíme jako nevhodné k přímému použití bez úpravy, zlepšení bylo provedeno aditivou 2%, 3% SM70, i 2%CaO. Míra zlepšení je uvedena v tabulce 5.2 v kapitole 5. Např. hodnota únosnosti CBR saturovaná sraší v přirozením uložení byla 8%, při zlepšení 2%SM70 se zvýšila na 30%, při zlepšení 2% vápna se zvýšila na 55%.

7. Závěr

Předložená závěrečná zpráva popsala a zhodnotila inženýrskogeologické a geotechnické poměry objektů SO 01 staveniště GPK a objektu SO05 kyslíkové stanice.

Byly naplněny požadavky průzkumných prací tak, aby upřesnily geologické poměry zájmových území. Bylo dosaženo plánované úrovně 38 m pod terénem, a tak ověřena homogenita geologické podloží.

Geologický průzkum poskytl dostatek údajů pro návrh a posouzení hlubinného založení na pilotách objektu GPK SO 01 a pro návrh plošného založení objektu SO 05. Byla ověřena přítomnost a úroveň hladiny podzemní vody a její agresivita na stavební konstrukce.

Přesto, že se předpokládá (TZ SO 01) zajištění stavební jámy svahováním (max hloubka úrovně ZS je 7,7 m pod úrovní terénu), doporučujeme po dobu výstavby realizovat např. geodetický monitoring přilehlého objektu, či případných záporových kotvených stěn stavební jámy.

Pro eolické kvartérní zeminy, spraše GT1, které budou vytěženy z podzákladí objektu SO 05, a mohou být použity např. pro terénní úpravy podloží, byly Proctorovou zkouškou zhutnitelnosti stanoveny parametry CBR, CBR_{sat} a IBI zeminy v přirozeném stavu a zeminy zlepšené různými aditivami.

Pro další expertizu, přebírky základové spáry, kontroly zhutnění i další inženýrskogeologické, hydrogeologické, geotechnické a geodetické práce jsou Vám odborní pracovníci akciové společnosti GEOTest plně k dispozici.

Brno 11.10.2024, zpracovala Martina Bulgurovská

8. Použité podklady

HANÁK, J.: Prodloužení TT z Osové ke Kampusu MU v Bohunicích – 1.etapa. Geotechnická rizika, GEOTest, a.s., duben 2018.

Machů, P., Frýbová, P. (2016): Prodloužení TT z Osové ke kampusu MU v Bohunicích - 1. etapa, IG a HG průzkum. GEODRILL s.r.o., Brno.

POLÁK, M: Závěrečná zpráva o inženýrskogeologickém a radonovém průzkumu na pozemku firmy AMCCOMP s r.o. v Brně Bohunicích, GEOTest a.s., leden 2017

Novotný, M. at al.: Prodloužení TT z Osové do Kampusu MU v Brně – Bohunicích. Závěrečná zpráva. GEOTest, a.s., 2018.

Olmer, M., Herrmann, Z., Kadlecová, R., Prchalová, H. et al.: Hydrogeologická rajonizace České republiky. Sborník geologických věd, hydrogeologie, inženýrská geologie, 23. Česká geologická služba, Praha, 2006.

VLČEK, P.: Prodloužení TT z Osové ke Kampusu MU v Bohunicích 1. etapa, IG a HG průzkum. Předběžný průzkum, GEODRILL, s.r.o., Brno, květen 2016.

Vylamová, P., Musil, R., Sedláček, Z.: Brno – Bohunice, prodloužení tramvajové tratě. Podrobný hydrogeologický průzkum. Závěrečná zpráva. GEOTest, a.s. Brno, 2018.

Vodohospodářský informační portál, Centrální evidence vodních toků (online). Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014 (cit. 2023-03-15). Dostupný na <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/cevt.html>

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce (online). Praha: Copyright 2002-2019 (cit. 2023-03-15). Dostupný na <http://heis.vuv.cz>

Vylamová, P., Musil, R., Sedláček, Z.: Brno – FN Bohunice, Ověření geologické stavby Závěrečná zpráva IGP, GEOTest, a.s. Brno, únor 2024.

Balun D., Tkadlecová M., Brno starý Lískovec – FN Bohunice – GPK, Zpráva IG a HG průzkumu, Brno, 2021, 2022, 2024

8.1 Použité podklady

ČSN EN 1997–1 Eurokód 7 Navrhování geotechnických konstrukcí: Část 1: Obecná pravidla,
ČSN EN 1997–1 Eurokód 7 Navrhování geotechnických konstrukcí: Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy

ČSN EN ISO 14688-1 Pojmenování a zařizování zemin – Část 1: Pojmenování a popis

ČSN EN ISO 14688-2 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 2: Zásady pro zařizování

ČSN EN ISO 14 689-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování hornin – Část 1: Pojmenování a popis

ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

ČSN P 73 1005 Inženýrskogeologický průzkum

ČSN 73 1004 Navrhování základových konstrukcí

ČSN EN 16907-4 Zemní práce – Část 4 Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

ČSN EN ISO 17892-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 1: Stanovení vlhkosti.

ČSN EN ISO 17892-4 Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 4: Stanovení zrnitosti

ČSN EN ISO 17892-5 Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 5: Stanovení stlačitelnosti zemin v edometru

ČSN CEN ISO 17892-9 Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 9: Konsolidovaná triaxiální zkouška vodou nasycených zemin

ČSN EN 17892-10 Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 10: Krabicová smyková zkouška

ČSN EN ISO 17892-11 Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 11: Stanovení propustnosti

ČSN EN ISO 17892-12 Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 12: Stanovení meze tekutosti a meze plasticity

ČSN EN ISO 22475-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – Odběry vzorků a měření podzemní vody – Část 1: Zásady provádění

ČSN EN ISO 22 476-12 Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky – Část 12: Statická penetrační zkouška (CPTM)

ČSN 72 1006 Kontrola zhutnění zemin a sypanin

Česká geologická služba. GEOinfo – geovědní informace na území ČR

URL: www.geology.cz.

Zákon 62/1988 Sb. o geologických pracích (v platném znění)

Vyhláška 368/2004 Sb. o geologické dokumentaci

Vyhláška 369/2004 Sb. o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací

Vyhláška 282/2001 Sb. o evidenci geologických prací