

GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM

ROZVOJ AREÁLU VOZOVNY DPMB, A. S. SLATINA



2025

Projekce iGEO s.r.o.

Nám. 28. října 1899/11, 602 00 Brno Černá Pole

IČ: 061 90 499, DIČ: CZ061 90 499

tel.: 736 712 556

web: www.igeo.cz

e-mail: dominik.novak@igeo.cz

Geotechnika, statika, inženýrská a stavební geologie, hydrogeologie

Název zakázky: GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM – ROZVOJ AREÁLU VOZOVNY DPMB, A. S.
SLATINA

Číslo zakázky: 025/021

Objednatel: Dopravní podnik města Brna, a.s., Hlinky 64/151, Pisárky, 603 00
Brno

GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM

ROZVOJ AREÁLU VOZOVNY DPMB, A. S. SLATINA

ČGS 0275/2025



Zodpovědný řešitel: **RNDr. Mgr. Ivan Poul, Ph.D.**

Brno, duben 2025

Obsah

1. Úvod	3
1.1 Použité normy, předpisy a zdroje:	4
2. Přírodní poměry	5
2.1 Stanovení úhrnu srážek	5
2.2 Nezámrzná hloubka	6
2.3 Seismicita	6
2.4 Geologie	6
2.5 Geomorfologie	6
2.6 Hydrogeologie – rajony	6
3. Metodika	7
3.1 Vrtné práce	7
3.2 Hydrodynamická zkouška	7
3.3 Statická penetrační sonda	7
3.4 Střední a těžká dynamická penetrace	8
3.5 Laboratorní rozbor	8
4. Geologický model	9
5. Geotechnický model	10
5.1 Hydrogeochemie vody	10
6. Geofyzika	10
7. Dopravní stavby	11
7.1 Těžitelnost zemin a hornin	11
7.2 Projektování pozemních komunikací	11
7.3 Recyklace asfaltové směsi	11
8. Závěr	12
8.1 Plošné založení	12
8.2 Vsakování	12
8.3 Geochemie podložních zemin	12
8.4 Doporučení pro projektování pozemních komunikací	13
8.5 Bludné proudy	13
8.6 Doporučení pro následující etapu průzkumu	13

Přílohy:

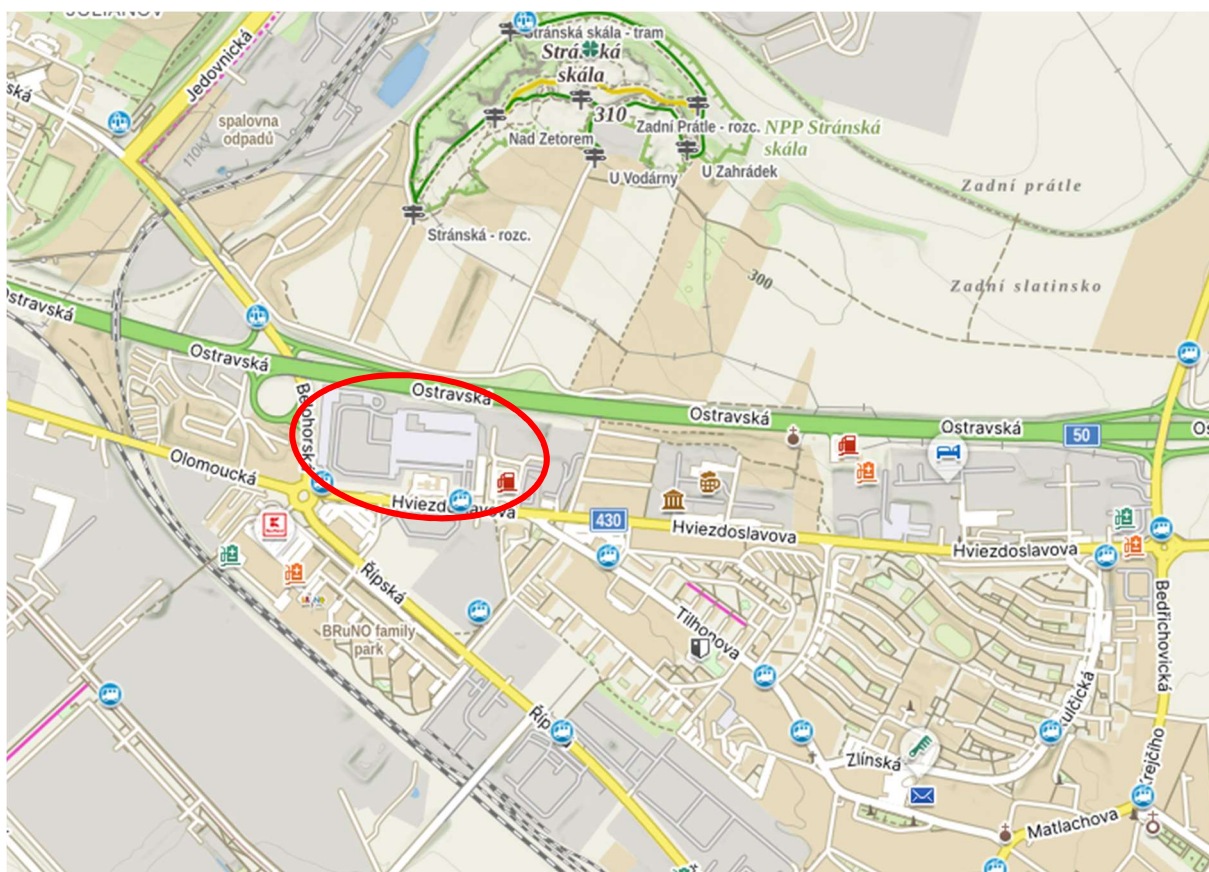
Příloha 1 – Situace
Příloha 2 – Řezy
Příloha 3 – Sondy
Příloha 4 – Laboratoř
Příloha 5 – Fotodokumentace
Příloha 6 – Geofyzika
Příloha 7 – Geodézie

Rozdělovník:

1 - 4 a digitálně	Dopravní podnik města Brna, a.s.
1	ČGS
Digitálně	Projekce iGEO s.r.o.

1. Úvod

Na základě smlouvy mezi společností Dopravní podnik města Brna, a. s. a firmou Projekce iGEO s.r.o. byl proveden podrobný inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum přírodních poměrů v areálu vozovny na parc. č. 505/2, k. ú. Slatina, město Brno. **Objednavatel má v plánu realizovat modernizaci a rozšíření vozovny pro autobusy a trolejbusy městské hromadné dopravy Brno-Slatina.** Lokalita je umístěna v místě stávající vozovny DPMB, a.s. Brno-Slatina, viz situace na následujícím obr. č. 1. Průzkum byl registrován na ČGS pod číslem ČGS 0275/2025.



Obr. 1: Přehledná situace bližšího okolí zájmové oblasti vyznačeno průhlednou červeně (upraveno z mapy.cz)

Objednavatelem bylo požadováno provedení 3 jádrových vrtů do hloubky 30 m, 1 jádrového vrtu do hloubky 3 m s provedením vsakovací zkoušky, 2 statických penetrací do hloubky 25 m, odebrání 16 neporušených vzorků, 4 porušených vzorků, 2 technologických vzorků, 2 vzorků zemin pro rozbor kontaminace, 2 vzorků asfaltu pro rozbor PAU, 1 vzorku vody a provedení korozního průzkumu.

1.1 Použité normy, předpisy a zdroje:

ČSN 73 1004 Navrhování základových konstrukcí - Stanovení požadavků pro výpočetní metody

ČSN 73 6114: Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování

ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

ČSN EN 1997-1: Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla

ČSN EN 1997-2: Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy

ČSN EN 1998-1 Eurokód 8: Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 13286-2 Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti - Proctorova zkouška

ČSN EN 13286-47 Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 47: Zkušební metoda pro stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání

ČSN EN ISO 14688-1: Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařizování zemin - část 1: Pojmenování a popis

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

ČSN EN ISO 22476-1 Geotechnický průzkum a zkoušení - Terénní zkoušky - Část 1: Statická penetrační zkouška s elektrickým snímáním dat a měřením pórového tlaku

ČSN EN ISO 22476-2 Geotechnický průzkum a zkoušení - Terénní zkoušky - Část 2: Dynamická penetrační zkouška

ČSN EN ISO 17892-5 Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 5: Zkouška stlačitelnosti v edometru postupným přitěžováním

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

ČSN EN ISO 17892-12 Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 12: Stanovení konzistenčních mezí zemin

ČSN P 73 1005: Inženýrskogeologický průzkum

TP76A, B - Geotechnický průzkum pro stavby pozemních komunikací

TP124 - Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací

TP170 (dodatek 1): Navrhování vozovek pozemních komunikací

Vyhláška č. 283/2023 Sb. o stanovení podmínek, při jejichž splnění jsou znovuzískaná asfaltová směs a znovuzískaný penetrační makadam vedlejším produktem nebo přestávají být odpadem

Vyhláška č. 273/201 Sb. Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady

Vyhláška 445/2022 Sb. - upravující vyhláška - Vyhlášku č. 273/201 Sb.

Ostatní:

Česká geologická služba, mapová aplikace (2025), [cit. 11.02.2025] [online] Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>

HEIS VÚV TGM, v. v. i., Vodní hospodářství a ochrana vod [online]. Dostupné z: https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda

2. Přírodní poměry

Vozovna se nachází v městské části Brno-Slatina v nadmořské výšce cca 250 m n. m. Většinu plochy vozovny tvoří asfaltovo-betonové parkoviště pro autobusy a několik technických budov. V okolí se nachází obytné i průmyslové budovy, ze severu je pozemek ohraničen čtyřproudou silnicí Ostravská. Cca 1,5 km jz. se nachází aktivní pískovna. Reliéf krajiny je spíše rovinatý, na severu tvoří dominantu Stránská skála.

Půdy, které se nachází v zájmové oblasti, jsou nejčastěji černozemě (mimo průzkum).

Zájmová oblast se **nenachází** v záplavovém území.

Na lokalitě se **nenachází** poddolovaná území ani chráněná ložisková území.

V zájmové oblasti **nejsou** evidovány aktivní sesuvy.

2.1 Stanovení úhrnu srážek

Pro město Brno norma ČSN 75 9010 tab. A. 2 doporučuje uvažovat s 37,1 mm srážek za 4 h. Vzhledem ke klimatickým změnám přicházejí i neočekávané přívalové deště. Pro extrémní situaci bychom doporučili uvažovat se spadem dešťové vody 35 mm/h, tento objem nemusí být rozšiřován koeficienty bezpečnosti. Projektování vsakovacího zařízení vychází z normy ČSN 75 9010 odst. 6.2. Redukovaná odvodňovaná plocha je ozn. A_{red} a stanoví se jako suma plochy redukovaná koeficientem ψ podle sklonu a ρ asfaltové plochy do sklonu 1% je to 0,7, pro sklon 1-5 % 0,8, nad 5 % je to 0,9 (a pro střechy 1,0).

Tab. 1: Doporučené úhrny srážek pro referenční místo Brno dle ČSN 75 9010 tab. A.1, A.2

Číslo stanice	Místo	Nadmoř- ská výška [m n. m.]	Periodi- cita p [rok ⁻¹]	Doba trvání srážek t_c [min]							
				5	10	15	20	30	40	60	120
				Návrhové úhrny srážek h_d [mm]							
1	Brno	257	0,2	9,5	13,5	16,5	18,5	21,3	23,9	26,2	33,1
			0,1	11,1	15,7	19,4	21,6	25,1	28,2	31	38,9

Číslo stanice	Místo	Nadmoř- ská výška [m n. m.]	Periodi- cita p [rok ⁻¹]	Doba trvání srážek t_c [h]								
				4	6	8	10	12	18	24	48	72
				Návrhové úhrny srážek h_d [mm]								
1	Brno	257	0,2	37,1	38,7	39,4	41	40,7	42,7	44,2	53,9	60,2
			0,1	43,8	47,3	48,6	49,3	50	52,2	53,8	63,9	70,9

2.2 Nezámrazná hloubka

Podle ČSN 73 1004 zeminy zamrzají do hloubky 0,9 m, pro zeminy třídy F7 a F8 je to 1,6 m. Vzhledem k měnícímu se klimatu je nutné brát ohled na jílovité zeminy, které během dlouhého horkého léta vysychají a zmenšují objem. Smrštiteľnost může dosahovat 0-10 %.

2.3 Seismicita

Zemětřesení (ČSN EN 1998) **ne**. Seismicita zájmového území byla klasifikována dle normy ČSN EN 1998-1 Navrhování konstrukcí, odolných proti zemětřesení, její národní přílohy a změny Z4/2016. Pro zájmové území je stanovena hodnota referenčního špičkového zrychlení **agR = 0,03 g. Typ základové půdy D** (tab-3.1, ČSN EN 1998), **součinitel pružné odezvy typ 2 – S = 1,6** (NA.2 1/Z4), **součinitel významu stavby $\gamma = 1,0$** (třída významu pozemních staveb tab 4.3 a součinitel tabulka NA 1.

$$\text{Výpočet: } agS = agR \cdot S \cdot \gamma = \mathbf{0,048 \text{ g}}$$

V souladu s článkem národní přílohy NA 2.8. jsou za případy velmi malé seismicity považovány ty, kdy hodnota **agS ≤ 0,05 g. V ostatních případech je nutné pro návrh konstrukce uvažovat její seizmické zatížení.**

2.4 Geologie

Geologicky se lokalita nachází na rozhraní Českého masivu a Karpatské soustavy. Kvartérní pokryv tvoří spraše a fluviální štěrky a písky, které dle archivních vrtů a přilehlé pískovny mohou dosahovat mocnosti >15 m. Pod kvartérem leží neogenní sedimenty zastoupené vápnitými jíly s polohami písků, písky, jíly, prachovitými jíly a jurskými vápenci (viz povrchový výskyt Stránská skála). V hlubším podloží lze očekávat neoproterozoické granodiority brněnského masivu.

Oblast je porušena (patrně neaktivními) zlomy ve směru SZ-JV a VSV-ZJZ.

2.5 Geomorfologie

Z geomorfologického hlediska se místo průzkumu řadí do subprovincie Vněkarpatské sníženiny, oblasti Západní Vněkarpatské sníženiny, celku Dyjskosvratecký úval, podcelku Pracká pahorkatina, okrsku Šlapanická pahorkatina. Nadmořská výška dosahuje přibližně 250 m n.m.

2.6 Hydrogeologie – rajony

Zájmová oblast se nachází v hydrogeologickém rajonu 2241 Dyjsko-svratecký úval, který náleží skupině rajonů Neogenní sedimenty vněkarpatských a vnitrokarpatských pánví. Správcem povodí je Povodí Moravy, dílčí povodí Dyje.

Lokalita není součástí chráněné oblasti přirozené akumulace vod.

3. Metodika

3.1 Vrtné práce

V rámci průzkumu byly uskutečněny celkem 4 jádrové vrty, 3x do hloubky 30 m, 1x do hloubky 3 m. Jádrové vrty slouží k popisu geologické stavby zájmové oblasti a k odebrání vzorků na laboratorní analýzy. Jádrové vrty byly realizovány vrtnou soupravou Wirth B0 na podvozku Mercedes Unimog s průměrem vrtání 137-192 mm subdodavatelem KZ GEOFEDA s.r.o. Z vrtů bylo těženo jádro točivou technologií pomocí TK korunek. Popis zemin probíhal podle normy ČSN EN ISO 14688-2 a ČSN 73 6133.

Celkově bylo realizováno 93 bm vrtů.

Vzhledem k problému s proražením štěrkopísků statickými a dynamickými penetracemi i nemožnosti odběru neporušených vzorků, a tedy chybějícím údajům o mechanických vlastnostech štěrkopísků byl doplnkově proveden nepopsaný jádrový vrt 12,0 m (JV4) pro realizaci dynamické penetrační zkoušky v této hloubce.

3.2 Hydrodynamická zkouška

Na zájmovém území byla provedena 1 vsakovací zkouška opakovaným nálevem dle ČSN 75 9010. Zkouška byla provedena v otvoru po jádrovém vrtu HG1 po dobu 2x 120 minut (dva nálevy) s měřením hloubky hladiny podzemní vody v prodlužujících se intervalech (1 až 20 minut). Výsledky vsakovacích zkoušek byly porovnány s laboratorními rozbory.

3.3 Statická penetrační sonda

Průzkum měl být za účelem ověření mechanických vlastností zemin v podzákladí, opřen o realizaci statických penetrací – PAGANI TG 63–150 kN CPT (majetek Projekce iGEO s.r.o.). Byly realizovány 2 statické penetrační zkoušky s požadovanou hloubkou 25 m, bylo však naraženo na nepenetrovatelné štěrkovité podloží a sondy byly ukončeny v hloubkách 6,0 a 8,2 m. Sonda CPTu1 byla po ukončení doplněna dynamickou penetrační zkouškou, která umožnila prodloužení sondy z 8,2 m na 9,0 m. Sondu CPTu2 nebylo možno prodloužit ani dynamickou penetrací.

Zkouška probíhala za využití statické penetrace s měřením elektrickým hrotem podle ČSN EN ISO 22476-1 typu PIEZOCONE MKS od výrobce PAGANI s měřením dynamického pórového tlaku. Rychlost pohybu byla 2 cm/s. Vyhodnocení proběhlo podle ČSN EN 1997-2 a publikace Robertson (2015) a případně dalších algoritmů. Za pomoci statické penetrace lze stanovit efektivní smykovou pevnost složenou z úhlu vnitřního tření u hrubozrnných zemin, neodvodněnou smykovou pevnost jemnozrnných zemin a deformační modul a objemovou tíhu. Současně lze provést klasifikaci zemin podle ČSN EN ISO 14688. Statické penetrace nejsou příliš vhodné pro testování zvětralých až navětralých hornin (hrozí zalomení hrotu).

Celkově bylo realizováno 14,13 bm CPT.

3.4 Střední a těžká dynamická penetrace

Z důvodu nedosažení požadované hloubky statických penetrací byl průzkum doplněn o zkoušky střední a těžkou dynamickou penetrací. Nejprve byl proveden pokus o prodloužení sond CPT, kde se podařilo sondy prodloužit pouze o 0,8 a 0,1 m. Následně byly zkoušky provedeny v 3,0 m hlubokém vrtu HG1, který se podařilo prodloužit o 3,7 m a v doplňkovém vrtu JV4 s hloubkou 12,0 m, který byl prodloužen na hloubku 13,7 m. Sondy byly ukončeny při dosažení >300 úderů/10 cm (výrazně více než očekává norma).

Dynamická penetrace byla využita ve vlastnictví Projekce iGEO s.r.o. a jedná se o typ STITZ. Postup provádění byl zvolen podle ČSN EN ISO 22476-2 a průzkum byl vyhodnocen podle ČSN EN 1997-2. Jedná se o střední a těžkou penetrační sondu se závažím (beranem) 30 kg (střední) a 50 kg (těžká) s dopadem na kovadlinu z výšky 50 cm. Hrot je normový s pravým úhlem v řezu a plochou 15 cm². Byly využity neztratné hroty. Zkouška byla ukončena při dosažení 300 úderů/10 cm. **Vliv tření na tyčích byl stanovován za pomoci momentového klíče** a stanovení „parazitických úderů“ přepočtem podle ověřených počtů úderů a případně dalších publikovaných postupů (např. Matys a kol. 1990). **Vzhledem k tomu, že tato metodika není standardizovaná** (a často nefunguje u jílu), je nutné se řídit doporučením ČSN EN 1997-2 odst. 4.2. Výsledkem penetračního sondování jsou nalezená rozhraní mezi geologickými vrstvami, deformační vlastnosti, efektivní úhel vnitřního tření, konzistence jemnozrnných zemin a ulehlost hrubozrnných. Touto metodikou je zejména možné zkoumat zvětralé až navětralé skalní horniny. Efektivní smykovou pevnost složenou z úhlu vnitřního tření a koheze u jemnozrnných zemin není možné stanovit. Lze stanovit neodvodněnou smykovou pevnost jemnozrnných zemin a efektivní úhel u nesoudržných hrubozrnných zemin. V příloze jsou zeminy popsány z mechanického hlediska.

Celkově bylo realizováno 6,3 bm DPH.

3.5 Laboratorní rozbor

Laboratorní analýzy probíhaly **v laboratoři mechaniky zemin a hornin Projekce iGEO s.r.o.** Z odebraných vzorků zemin byly provedeny 3 krabicové smykové zkoušky (ČSN EN ISO 17892-10) a 3 zkoušky stlačitelnosti zemin v oedometru (ČSN EN ISO 17892-5).

V akreditované laboratoři Labgeo cz s.r.o. bylo provedeno 5 indexových zkoušek, stanovení konzistenčních mezí a klasifikace zemin dle ČSN 73 6133 a ČSN EN ISO 14688-2, 2 standardní Proctorovy zkoušky (ČSN EN 13286-2) a 2 zkoušky kalifornského poměru únosnosti (ČSN EN 13286-47).

Dále byla provedena chemická analýza 1 vzorku (technologické) podzemní vody a stanovení kontaminace 2 vzorků asfaltu polycyklickými aromatickými uhlovodíky (PAU) v **Ekologické laboratoři EMPLA AG spol. s r.o.** (Příloha 4).

4. Geologický model

Geologické prostředí je rozděleno na kvazihomogenní geotypy GTY a GT1 – GT4. Klasifikace zemin proběhla podle ČSN 73 6133 a ČSN EN ISO 14688-2.

Geotyp GTY – Asfaltový povrch a navážka

Povrchová vrstva asfaltu má v realizovaných vrtech mocnost 0,3-0,4 m. Podkladovou vrstvu tvoří kyprý až středně ulehlý štěrkovitý písek až písčité štěrky o mocnosti 0,1-0,3 m.

Navážka se vyskytuje do hloubky cca 1,0 m, u vrtu JV1 je to až 2,2 m. Je tvořena zejména tuhým až pevným písčitém prachem se štěrky a ulehlým prachovitým pískem se štěrky. Štěrkové klasty jsou polozaoblené. Ve vrtu JV1 se vyskytují i větší kameny vápence. V jižní části je zachovaná vrstva původního terénu ve formě tmavě hnědého, tuhého až pevného prachovitého jílu a prachu.

Geotyp GT1 a GT2 – Eolické sedimenty

Sprašový pokryv se vyskytuje obvykle v mocnosti cca 5 m, pouze u vrtu JV1 je tato vrstva v důsledku tektonických pohybů redukována na minimum. Jsou to světle hnědé, tuhé až pevné písčité prachy s příměsí jílu, s vysráženými žilkami CaCO_3 a silnou reakcí s HCl . V hlubších vrstvách tvoří CaCO_3 hojné bílé povlaky a objevují se vápnité konkréce do velikosti 3 cm (**GT1**).

V blízkosti tektonické poruchy jsou sprašové sedimenty na kontaktu s podloží štěrky promíchány s písčitou (i štěrkovitou) složkou do podoby středně ulehlého až ulehlého prachovitého písku (**GT2**).

Geotyp GT3 – Kvartérní písky a štěrky

V podloží spraší se nacházejí kvartérní fluvialní uloženiny. Jejich mocnost je ovlivněna hloubkou zlomově rozposouvaného neogenního podloží. Ve vrtu JV1 mají mocnost cca 4,5 m, ve vrtu JV3 dosahují mocnosti až 15 m. Jsou to pestře zbarvené, ulehlé štěrkovité písky až písčité štěrky, lokálně s obsahem prachovité složky. Klasty jsou polozaoblené až zaoblené do velikosti 7 cm.

Místy se vyskytují soudržné vrstvy prachovito-jílovitého písku a proplátky prachu/jílu (**GT3A**).

Geotyp GT4 – Neogén

Neogenní zeminy se vyskytují v různých hloubkách i mocnostech. Vysvětlením mohou být posuny na zlomech již během sedimentace. Variabilní litologie geotypu je rozdělena na jemnozrnné a hrubozrnné sedimenty:

GT4A – Neogenní jíl a prach

Svrchní vrstvy neogenních sedimentů tvoří jemnozrnné zeminy. Jsou to prachovité béžové, oranžové a šedé, pevné až tvrdé jíly s příměsí písku třídy F8 (ve vrtu JV2 chybí). Hluběji přechází do pevného až tvrdého jílovito-písčitého prachu.

GT4B – Neogenní písky a štěrky

V podloží jemnozrnných zemin geotypu GT3 se nachází hrubozrnné fluvialní zeminy pravděpodobně též neogenního stáří, ve vrtu JV3 dochází hluběji ke střídání geotypů GT3 a GT4. Tento geotyp tvoří pestře zbarvené, ulehlé písky,

prachovité písky, štěrkovito-prachovité písky, štěrkovito-jílovité písky a štěrkovito-písčité prachy. Zachyceny byly též úlomky laminovaného pískovce.

5. Geotechnický model

Spraše geotypu 1 byly testovány zkouškami PS a CBR. **Optimální vlhkost** pro hutnění získaná pomocí zkoušky Proctor standard (w_{opt}) bez zlepšení = 18 %. Přirozená vlhkost $w = 17,4$ %. **CBR_{sat}** bez příměsí bylo stanoveno na 3,5-4,0 % (podle výpočtu z TP170, dodatek 1, 4.5.3 $E_{def2} = 33$ MPa – redukováno),

Tab. 2: Doporučené charakteristické vlastnosti zemin všech geotypů

Geoty p	Objemová tíha	Ef. úhel vnitřního tření	Efektivní soudržnost	Oedometrický modul	Bobtnací tlak	Poissonovo číslo
	γ	ϕ_{ef}	C_{ef}	E_{oed}		ν
	kN/m ³	°	kPa	MPa	kPa	-
GT1	18,4-20,2	31,2-31,5	9,6-10,0	5,5-11,7	0-42	0,35
GT2	19	30	1	10	0	0,30-0,35
GT3	17,2-21,4	34-54	5-10	150-250	0	0,2-0,3
GT3A	20	34	30	120	0	0,3-0,4
GT4A	18,4-20,1	39,3	11,8	10,5-16,2	0-205	0,35-0,42
GT4B	?	?	?	?	?	?

5.1 Hydrogeochemie vody

Dle chemického rozboru vody z vrtu JV3 je ve vodě mírně zvýšená síranová agresivita. Dle normy **ČSN EN 206+A2 se nejedná o chemicky agresivní prostředí vůči betonu**. Vůči kovovému potrubí, výztuži a ocelovým prvkům bez ochrany je z důvodu vysoké konduktivity a obsahu síranů a chloridů dle **ČSN 03 8375 agresivita hodnocena jako velmi vysoká IV**. (viz tab. 13.2 jmenované normy).

6. Geofyzika

Měření měrných odporů proběhlo na 4 bodech. Dle TP 124 bude v případě objektu nutné aplikovat základní **ochranné opatření stupně 4**. Měření realizovala spol. GEODRILL s.r.o. (příloha 6).

7. Dopravní stavby

7.1 Těžitelnost zemin a hornin

Součástí geologických průzkumů bývá stanovení těžitelnosti zemin. Jediná platná česká norma pro stanovení těžitelnosti je ČSN 73 6133 (pro dopravní stavby). Dle této normy lze všechny zastižené zeminy kategorizovat do I. třídy těžitelnosti.

Dle TP76A se ještě určuje třída vrtatelnosti pilot, která je stanovena v příloze 1 jmenovaného TP. Pro soudržné zeminy geotypů GT1, GT2 a GT4A se jedná o I. třídu, pro šterky a písky se jedná o I. až II. třídu, lokálně v místě výskytu větších balvanů či hornin až III. třídu vrtatelnosti.

7.2 Projektování pozemních komunikací

Zeminy zastižené pod parkovištěm jsou klasifikovány podle ČSN 73 6133 jako F6 CI. Jedná se zeminu podmíněčně vhodnou do násypu a **nevhodnou do podloží**. Je doporučena úprava v mocnosti min. 400 mm (tab. 5 ČSN 73 6133). Vodní režim je příznivý. CBR_{sat} dosahuje pouze 3,5-4,0 %, jedná se tedy podloží PIII. Podle TP170 (dodatek 1) dosahuje výpočtem z $CBR E_{def2} = 33$ MPa (doporučena výměna nebo úprava 400-500 mm, tab. 6 ČSN 73 6133). Zeminu by bylo možné zlepšit zvlhčením a smísením s CEM II. Optimální vlhkost $w_{opt} = 18$ %; aktuální vlhkost dosahuje pouze 17 %. Přimíchání 2 % vody a 2 % CEM II. Případně lze zeminu nahradit vhodnou sypaninou v souladu s tab. A.1. Únosnost je třeba kontrolovat pomocí statické zatěžovací zkoušky deskou ČSN 72 1006 příloha A.

7.3 Recyklace asfaltové směsi

V ekologické laboratoři EMPLA AG byly analyzovány povrchové vrstvy asfaltu z vrtů JV1 a JV3. Již při terénní rekognoskaci byla viditelná kontaminace asfaltu (zápach a zčernání), zejména pod motory stojících autobusů.

Dle stanoveného obsahu PAU (13,0 a 24,8 mg/kg suš.) spadá asfaltová směs dle vyhl. č. 283/2023 Sb. do kvalitativní třídy ZAS-T2 (12-25 mg/kg suš.) a **je tedy recyklovatelná**, pokud nebude použita v ochranném pásmu vodního zdroje. Vzhledem k vizuální kontaminaci povrchu je však doporučeno postupovat dle horších kvalitativních tříd (ZAS-T3, ZAS-T4), zejména v místech stojících autobusů, případně přistoupit k rozsáhlejší analýzám kontaminace asfaltového povrchu.

8. Závěr

Vzhledem ke statické náročnosti konstrukce horní stavby a založení a spíše jednoduchých přírodních poměrech se jedná o **2. geotechnickou kategorii** (ČSN EN 1997-1 kap. 2).

Během geotechnického průzkumu byly v podloží sprašových sedimentů (cca 6 m p. t.) zjištěny mocné vrstvy kvartérních štěrkopísků, které by **měly poskytnout dostatečnou únosnost pro založení parkovacího objektu na velkopřůměrových ŽB pilotách**. Štěrka představoval pro statickou penetraci i dynamickou penetraci nepřekonatelné prostředí. Při realizaci statických penetrací hrozilo zalomení hrotu, byly ukončovány a nahrazeny penetracemi dynamickými. Dynamické penetrace byly také ukončeny předčasně. Byl proveden i pokus štěrku předvrtat a stanovit ulehlost v hloubce 12 m, kdy se dynamická penetrace opět po několika dm zastavena. Ulehlost je hodnocena s $I_D = (0,9)-1,0$ jako uhlý (ČSN 73 6133). Hlouběji jsou přítomné neogenní písky a jíly ($I_C > 1,0$). **V sv. rohu objektu (vrt JV1) dochází k výrazné změně litologie** – štěrkopísky se vyskytují v rozmezí 2,6-7,0 m p. t., pod nimi leží neogenní jíly třídy F8. **Je třeba s touto změnou počítat, aby nedošlo k nerovnoměrnému sedání základů (!).**

8.1 Plošné založení

Pokud by projektant rozhodl o plošném založení některých menších objektů, je nutné mít na zřeteli rozbředavost a prosedavost spraší. **Zeminy nesmí přijít do kontaktu s vodou**. Podle ČSN 73 1004 je nezámrazná hloubka umístěna v 0,8 m. **S ohledem na spraš je doporučeno zakládat min. v hloubce 1,4 m.**

8.2 Vsakování

Vsakovací zkouškou byl spočten koeficient vsaku sprašových sedimentů $2,9 \cdot 10^{-6}$ m/s, tedy spíše špatný. **Vsakování do spraší nemůže probíhat v místech, kde jsou objekty založeny plošně. Vsakování je doporučeno do podložních štěrkopísků** s vyšší propustností (na základě CPTu $k = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s, velmi dobře propustné prostředí). Hladina podzemní vody se nachází cca 20 m p. t. **Lze využít retenční nádrže, které budou mít spojení se štěrskem pomocí velkopřůměrových vrtů (pažení perforováno až ve štěrku).**

8.3 Geochemie podložních zemín

Z vrtů JV1 a JV3 byly odebrány vzorky obrusné vrstvy a testovány na PAU. Směs **je dle vyhl. č. 283/2023 Sb. recyklovatelná**.

Zeminy v podloží (JV1 2,4-2,5 m a HG1 1,4-1,5 m) nesplňuje požadavek vyhl. 445/2022 Sb. na tab. 5.1 sloupec I (překročen A_s), ale splňuje sloupec II. Je pravděpodobné, že **se jedná o přírodní pozadí**. Tab. 5.2 vyhl. 273/2021 Sb. je splněna, tab. 5.3 je splněna. **Zemina může být využita jako zpětný zásyp od povrchu.**

8.4 Doporučení pro projektování pozemních komunikací

Na základě klasifikace a stanovení CBR se jedná o zeminu **do podloží nevhodnou**, kterou je nutné zlepšit nebo nahradit. Hloubka nahrazení nebo zlepšení má být více než 400 mm (ČSN 73 6133). **Zlepšení může proběhnout pomocí 2 % vody a 2 % CEM II.** Nutné ověřit pomocí hutního pokusu (ČSN 72 1006). Pro netuhé vozovky je hloubka promrzání 0,93 m. Pro tuhé vozovky 1,15 m (pro $I_m = 375$).

8.5 Bludné proudy

Dle TP 124 bude v případě objektu nutné aplikovat **ochranné opatření stupně 4.**

8.6 Doporučení pro následující etapu průzkumu

Pro následující etapu je doporučeno **realizovat geofyzikální průzkum pomocí odporové tomografie za účelem nalezení rozhraní (zlomu) mezi kvartérním štěrkem a neogenním jílem.** Také je doporučeno doplnit další analýzy PAU a C10-C40 v místech, kde pravidelně stojí autobusy.

Brně dne 8.4.2025

Vypracovali: Mgr. Dominik Novák a

Odborný řešitel: RNDr. Mgr. Ivan Poul, Ph.D., GIPENZ
(jednatel Projekce iGEO s.r.o.)
autorizovaný inženýr pro geotechniku, č.a. 1005146
odborná způsobilost v inženýrské geologii 2101/2009
odborná způsobilost v hydrogeologii 2138/2011
odborná způsobilost ve zkoumání geologické stavby 2321/2016
odborná způsobilost v geofyzice 2560/2021
odborná způsobilost v sanační geologii, geochemii 2561/2021

PŘÍLOHY: