

Inženýrskogeologický průzkum Hrušky



2022

Projekce iGEO s.r.o.
Nám. 28. října 1899/11, 602 00 Brno
IČ: 061 90 499, DIČ CZ061 90 499

tel.: **608022443**
web: **www.igeo.cz**
e-mail: **ivan.poul@igeo.cz**

Geotechnika, statika, inženýrská a stavební geologie, hydrogeologie

Název zakázky: Inženýrskogeologický průzkum Hrušky
Číslo zakázky: 019-2022
Objednatel: Obec Hrušky, Hrušky 166, 683 52

Inženýrskogeologický průzkum Hrušky



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

Brno, duben 2022

Obsah:

1. Úvod.....	1
2. Stručný přehled přírodních poměrů	2
2.1 Geomorfologické a hydrologické poměry.....	2
2.2 Klimatické poměry	2
2.3 Geologické poměry	2
2.4 Pedologie	3
3. Metodika průzkumu	3
4. Provedené průzkumné práce.....	4
5. Výsledky – dopravní stavby	5
V místě dopravní stavby (ČSN 73 6133)	5
5.1 Těžitelnost zemin a hornin	5
5.2 Podzemní voda a kritérium namrzavosti	6
5.3 Zhodnocení použitelnosti zemin pro dopravní stavby	6
5.4 Doporučení pro projektování obslužných cest	6
6. Výsledky – vodohospodářské stavby	7
6.1 Těžitelnost zemin a hornin	7
7. Úhrny srážek.....	8
8. Závěr a doporučení	8
8.1 Dopravní stavba.....	8
8.2 Vodohospodářská stavba.....	9

Přílohy:

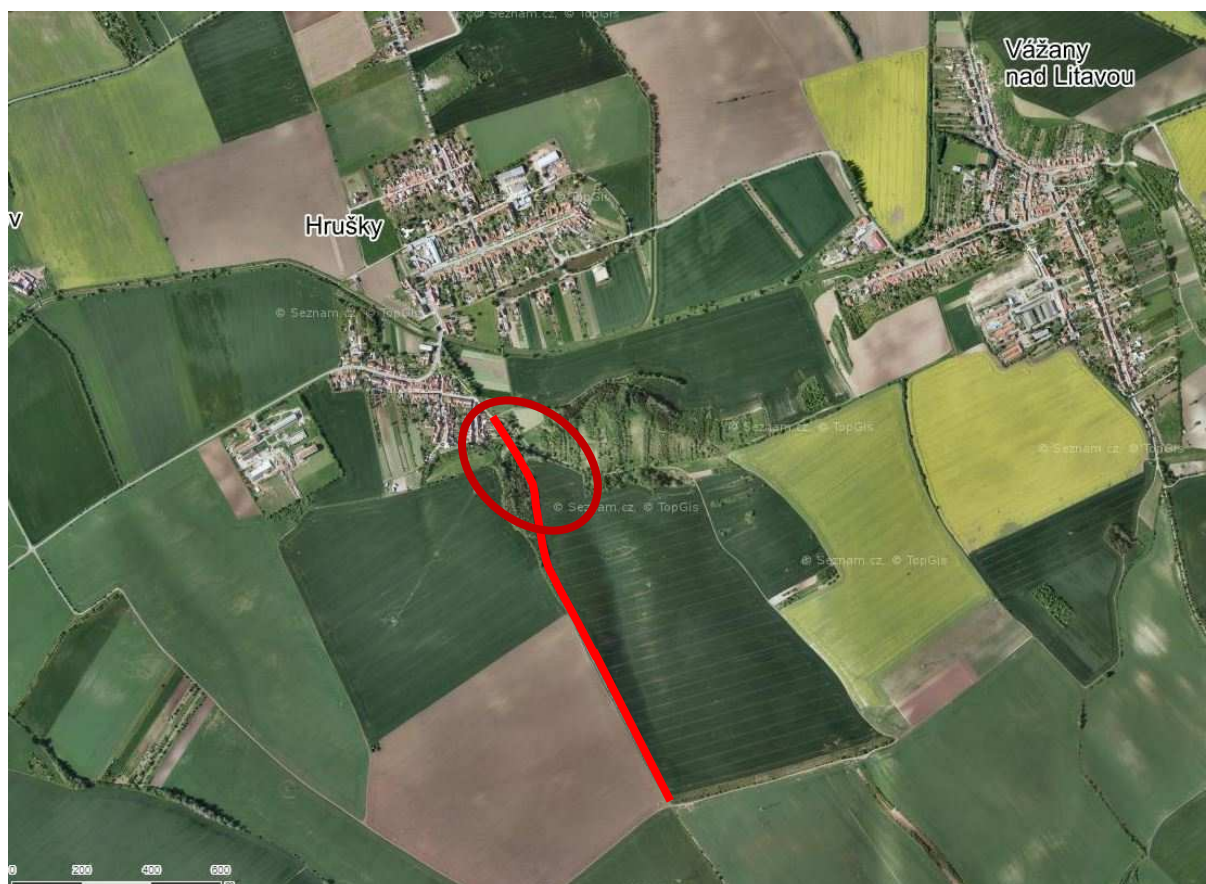
- 1. Situace s vyznačením průzkumných sond**
- 2. Dokumentace průzkumných sond a jejich vyhodnocení**
- 3. Laboratorní analýzy**
- 4. Fotodokumentace**

Rozdělovník:

Výtisk	1-3	VZD Invest s.r.o.
Výtisk	4	Česká geologická služba
Digitálně		Projekce iGEO s.r.o. - archiv

1. Úvod

Na základě objednávky byl dne 30. 03., 31. 03. a 08. 04. 2022 proveden inženýrskogeologický průzkum za účelem posouzení mechanických vlastností zemin a základové půdy pro posouzení projektové dokumentace pro zpevnění povrchu polní cesty parcelní číslo 2706 k.ú. Hrušky u Brna a pro posouzení projektové dokumentace pro obnovu vodní nádrže a revitalizace koryta p. č. 559/1 a 1565. Zájmová lokalita se nachází jižně od obce Hrušky, v katastru Hrušky u Brna (k. ú. 648728). Situování lokality je schematicky zobrazeno na následujícím obr. 1. Pro účely projektování komunikace byl proveden průzkum, který odpovídá TP76A pro jednoduché přírodní poměry.



Obr. 1: Umístění studované oblasti, zájmová oblast je označena červenou čarou (silnice) a červenou elipsou (vodní nádrž). Zdroj: mapy.cz.

Předpisy a normy:

BS 1377-7:1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Shear strength tests (total stress)

ČSN 72 1006: Kontrola zhutnění zemin a sypanin

ČSN 73 3050: Zemné práce (*zrušeno bez náhrady)

ČSN 73 6133: Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod

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 206-1: Beton- Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.

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 ISO 17892-4: Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 1: Stanovení zrnitosti

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

ČSN P 73 1005: Inženýrskogeologický průzkum

TP76A – Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace – zásady geotechnického průzkumu

TP94 – Úprava zemin

2. Stručný přehled přírodních poměrů

2.1 Geomorfologické a hydrologické poměry

Širší okolí zájmového území má zvlněný charakter a nachází se v Jihomoravském kraji jihovýchodním směrem od města Brna. Nadmořská výška zájmové lokality se pohybuje přibližně v rozmezí 200–260 m n. m., kdy se terén zvedá jižním směrem od obce Hrušky směrem k Ždánickému lesu.

Z hydrogeologického hlediska lokalita spadá do hydrogeologického rajonu 3230 Středomoravské Karpaty-severní část. Blízké okolí je odvodňováno vodotečí (na které je plánovaná výstavba vodní nádrže), která se vlévá v obci Hrušky do řeky Litavy (Cézavy). Litava se nachází asi 270 m od severního okraje zájmové lokality. Vodní stavy vodoteče ovlivňují hladinu podzemní vody. Na většině zájmového území není evidována povodňová aktivita, pouze v obci Hrušky v blízkosti řeky Litavy se může při stoletých záplavách (Q100) voda přiblížit do vzdálenosti přibližně 10 m od pozemní komunikace. Dle archivních mapových podkladů ČGS je voda ve vodoteči i v řece Litávce charakterizována dle ČSN EN 206-1 jako XA1.

2.2 Klimatické poměry

Klimaticky spadá do teplé oblasti T4 (Quitt, 1971). Tato oblast lze charakterizovat: jaro je velmi krátké a teplé, léto je velmi dlouhé, velmi suché a velmi teplé, podzim je velmi krátký a teplý, zima je velmi krátká, teplá, suchá až velmi suchá. Klimatické charakteristiky dle Quitta (1971) uvádí Tab. 1.

počet dnů s průměrnou teplotou nad 10°C	170 - 180			
počet letních dnů	60 - 70			
počet mrazových dnů	100 - 110			
počet ledových dnů	30 - 40			
počet dnů se srážkami nad 1 mm	80 - 90			
počet dnů se sněhovou pokrývkou	40-50			
průměrné srážky ve vegetačním období	300 - 350			
průměrné srážky v zimním období	200 - 300			
průměrné teploty	leden	duben	červenec	říjen
	-2 až -3°C	9 - 10 °C	19 - 20 °C	9 - 10 °C

Tab. 1 Klimatické charakteristiky oblasti T4 dle Quitta (1971)

2.3 Geologické poměry

Z regionálně geologického hlediska leží zájmová oblast na styku karpatské předhlubně vyplněné neogenními spodnobádenskými vápnitými jíly (tégly) a písky, a flyšového pásma vnější skupiny příkrovů Karpat, tvořeného zpevněnými paleogenními jílovci a pískovci. V nejsvrchnější partii zájmového území se vyskytují kvartérní pokryvné útvary – převážně pleistocenní spraše a sprašové hlíny, fluviální sedimenty nezpevněné tvořené písky a štěrky a nivní sedimenty v okolí řek a vodních toků. V okolí bytové zástavby a komunikací se mohou vyskytovat antropogenní navážky.

Záplavová oblast: ano, pro Q100, pouze severní část zájmové lokality v blízkosti řeky Litavy ve vzdálenosti přibližně 10 m od pozemní komunikace, pro Q5 a Q20 neleží zájmová oblast v záplavové zóně.

Na lokalitě není evidována historická těžba.

Sesuvy nejsou evidovány.

Zemětřesení (ČSN EN 1998) **ne** (0,03 g)

Seizmická 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 $a_{gR} = 0,029$ g.

Stavba nebude ovlivněna.

2.4 Pedologie

U hlinitých zemin s organickou příměsí (kulturní vrstva) se předpokládá, že budou zemními pracemi na základě znění zákona „o půdách“ č.334/1992 Sb., odstraněny. Dle Půdní mapy 1: 50 000 se v severní části na území obce Hrušky nachází černice, jižněji se nacházejí černozemě a para rendzina.

3. Metodika průzkumu

Dle doporučení ČSN EN 1997-2 byly kombinovány přímé a nepřímé metody průzkumu. Byly provedeny ruční jádrové vrty, dynamické jádrové penetrace a kopané sondy za účelem odběru porušených vzorků a technologických vzorků zemin a dále byly provedeny dynamické penetrace. Dynamické penetrace a dynamické jádrové penetrace se střídaly a byly provedeny po celé délce budoucí silnice a v prostoru plánované revitalizace vodní nádrže. Vzdálenost jednotlivých sond v prostorech budoucí silnice je přibližně 200 m. Nejdál od obce byl místo dynamické jádrové penetrace realizován jádrový ruční vrt.

Dynamická penetrační sonda

Těžká 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 těžkou penetrační sondu se závažím (beranem) 50 kg s dopadem na kovadlinu z výšky 50 cm. Hrot je normový s pravým úhlem v řezu. Byly využity neztratné hroty (pro hlubší sondy a sondy v pevných jílech). Vliv tření na tyčích byl stanovován za pomoci momentového klíče a stanovení parazitických úderů přepočtem podle ověřených potů úderů a případně dalších publikovaných postupů (např. Matys a kol. 1991). 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 zvětřalé až navětřalé 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.

Hlavním výstupem jsou interpretace křivek dynamické penetrace v příloze 2. Zde jsou zeminy popsány z mechanického hlediska. Kdy reziduální zemina charakteru štěrku jílovitého obsahuje (granulometricky) klasty matečné horniny natolik zvětřalé, že je možné jejich drcení pouze v ruce (mechanicky se nejedná o štěrk). Taková zemina je potom popsána jako prach, nebo jemnozrnný písek (závisí na velikosti krouticího momentu).

Dynamická jádrová penetrace

Dynamické jádrové penetrace byly hloubeny do hloubky 3,0 m, průměr vrtného jádra byl 47 mm. Zarážení sondy bylo provedeno stejně jako těžká dynamická penetrace. Každý metr hloubky byla sonda vytažena a odebráno vrtné jádro. Vrtané jádro sloužilo pro popis zemin a odběr porušeného vzorku pro laboratorní analýzy zrnitosti.

Ruční jádrové vrty

Ruční jádrový vrt byl vrtán ručním vrtákem s výškou odběrového jádra 20 cm. Každých 20 cm bylo jádro vytaženo a sloužilo pro popis zemin. Vrt JV1 dosahoval hloubky 3,0 m, vrt JV2 dosahoval hloubky 2,5 m. Z vrtu JV2 byl odebrán vzorek podzemní vody pro laboratorní analýzu.

Kopaná sonda

Pro odběr technologického vzorku byly realizovány dvě kopané sondy. Sondy dosahovaly hloubek 0,7 – 0,8 m. Technologické vzorky byly odebrány pod vrstvou ornice v hloubce 0,6 – 0,8 m.

Popis zemin probíhal podle normy ČSN 73 6133 a případně podle ČSN P 73 1005. Stanovení neodvodněné smykové pevnosti bylo provedeno vrtulkovou zkouškou podle BS 1377-7 a ČSN EN 1997-2. Po přepočtu pomocí metodiky z EC7-2 byla stanovena konzistence (NZS 4401). Vlastnosti zemin byly stanoveny kalibrací penetračních křivek podle průkazných laboratorních analýz, jak doporučuje ČSN EN 1997-2.

4. Provedené průzkumné práce

Průzkumné práce probíhaly ve dnech 30., 31. 03. a 08. 04. 2022. V rámci inženýrsko-geologického průzkumu byly provedeny dvě sondy zarážené jako těžká dynamická penetrace, tři sondy zarážené jako střední dynamická penetrace, dvě sondy zarážené jako lehká dynamická penetrace. Dále tři dynamické penetrační sondy, dvě ručně vrtané jádrové sondy a dvě kopané sondy. Popis a vyhodnocení sond je součástí přílohy 2. Dále byla laboratorně provedena zkouška Proctor standard (ČSN EN 13286-2) a stanovena zrnitost (ČSN EN ISO 17892-4).

- 2x ručně vrtaná jádrová sonda (JV1 do hloubky 3,0 m)
- 6x dynamické jádrové sondy (ZS1, ZS2, ZS3, ZS7, ZS8 a ZS 10 do hloubky 3,0 m)
- 2x kopaná sonda (do hloubky 0,7 - 0,8 m)
- 2x těžká dynamická penetrace (DPH1, DPH2 do hloubky 4 a 6 m)
- 3x střední dynamická penetrace (DPM1, DPM5 a DPM6 do hloubky 3 metry)
- 2x lehká dynamická penetrace (DPL1 a DPL2 do hloubky 3 m)
- 2x technologický vzorek PROCTOR standart + zrnitost
- 1x laboratorní analýza vzorku vody (ČSN EN 206+A1)

Kopané sondy

Sondy byly hloubeny do hloubky 0,7 - 0,8 m a z každé byl odebrán jeden porušený vzorek v hloubce 0,3-0,6 m a jeden technologický v hloubce 0,6-0,8 m). Z porušeného vzorku byla zjišťována zrnitost a technologický vzorek byl použit pro zkoušku zhutnitelnosti Proctor Standard.

Ručně vrtané jádrové sondy

Byly realizovány dva ručně vrtané jádrové vrty JV1, který dosáhl hloubky 3,0 m, a JV2, který dosáhl hloubky 2,5 m. Vrt JV1 byl realizován na konci polní cesty u křižovatky s polní cestou parcelní číslo 2926 k.ú. Hrušky u Brna. Vrt byl ukončen ve spraších a byl suchý – bez přítoku vody do vrtu. Vrt JV2 byl realizován v JZ části parcely číslo 2711 k.ú. Hrušky u Brna. Vrt v hloubce 0,32 m narazil na hladinu podzemní vody.

Laboratorní rozbory a zkoušky zemin byly zpracovány v laboratoři Ústavu geotechniky FAST VUT v Brně (status znalce).

5. Výsledky – dopravní stavby

V místě dopravní stavby (ČSN 73 6133)

JÍL prachovitý (F5 – F8)

Nejvyšší vrstvu o hloubce 0,3 – 0,6 m tvoří prachovitý JÍL tuhé – tvrdé konzistence. Zemina je suchá, vápnitá (reaguje na HCl). Obsahuje organiku (převážně kořeny rostlin). Má hnědou – černou barvu. Jedná se o ORNICI, kde konzistence je silně ovlivněna orbou, případně pohybem zemědělské či jiné techniky. Dle ČSN 73 6133 zeminu označujeme třídou F5 – F8.

PRACH jílovitý (F5 – F8)

Pod ornici byla zastižena vrstva jílovitého PRACHU, v některých sondách dosahující až do hloubky 3,0 m. (S klesajícím terénem se mocnost této vrstvy snižuje.) Prach je pevné konzistence, je suchý, silně vápnitý (obsahuje hojné cívčáry) – bouřlivě reaguje s HCl. Zemina má šedohnědou barvu. Jedná se o SPRAŠ. Dle ČSN 73 6133 zeminu označujeme třídou F5 – F8.

PÍSEK s jílem (S5 SC)

V sondě ZS10 byla pod spraší v hloubce 1,2 m zastižena vrstva PÍSKU o mocnosti 0,4 m. Písek je kyprý, jemnozrnný, mírně vlhký. Jemnozrnný podíl je silně vápnitý (bouřlivá reakce s HCl). Barvu je žlutá. Dle ČSN 73 6133 zeminu označujeme třídou S5 SC.

JÍL (F5 – F8)

Nejhlubší zastiženou zeminou byl JÍL tvrdé konzistence. (V sondě ZS10 byl jíl měkký až tuhý, mokrý; to je pravděpodobně způsobeno hladinou podzemní vody, která v této vrstvě byla naražena, ale jedná se o stejnou zeminu). Jíl byl suchý (s výjimkou sondy ZS10), ve svrchních částech vápnitý - místy tenké vrstvy vápníku (do 1 mm tloušťky). Barva šedá s oranžovými šmouhami. Jedná se o NEOGENNÍ JÍL. Dle ČSN 73 6133 zeminu označujeme třídou F5 – F8.

V místě vodní nádrže a koryta (ČSN 75 2410)

PRACH jílovitý (F5 – F8)

Nejvyšší vrstvu o hloubce 0,3 m (pouze v sondě ZS3 1,2 m) tvoří PRACH jílovitý, tuhé konzistence (ve vrtu JV2 byla konzistence měkká; to je pravděpodobně způsobeno hladinou podzemní vody, která v této vrstvě byla naražena, ale jedná se o stejnou zeminu). Zemina je vlhká až mokrá v závislosti na hladině podzemní vody. Je vápnitá (reaguje na HCl). Obsahuje organiku (převážně kořeny rostlin). Má hnědou barvu. Jedná se o ORNICI. Dle ČSN 75 2410 zeminu označujeme třídou F5 – F8.

JÍL prachovitý (F5 – F8)

Ve vrtané sondě JV2 byla pod ornici zastižena vrstva JÍLU prachovitého. Jíl je měkký až pevné konzistence, je mokrý, nevápnitý. Zemina má šedou až hnědočernou barvu. Jedná se o LAKUSTRINNÍ usazeniny. Dle ČSN 75 2410 zeminu označujeme třídou F5 – F8.

JÍL (F5 – F8)

Nejhlubší zastiženou zeminou, od hloubky přibližně 1,2 m, byl JÍL tuhé až pevné konzistence. Jíl byl vlhký – mokrý (v závislosti na hladině podzemní vody), vápnitý. Barva šedohnědá - šedočerná s oranžovými šmouhami. Jedná se o NEOGENNÍ JÍL. Dle ČSN 75 2410 zeminu označujeme třídou F5 – F8.

5.1 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 zeminu kategorizovat do **I. třídy**

5.2 Podzemní voda a kritérium namrzavosti

Hladina podzemní vody v místě budoucí silnice byla zachycena pouze v sondě ZS10 v hloubce 2,1 m a odpovídá přibližně hloubce hladiny nedalekého vodního toku. Při dlouhodobějších srážkách může vystoupat až k povrchu. V oblasti plánované revitalizace rybníka a koryta se hladina podzemní vody pohybuje v hloubce od 0,32 m do 1,5 m a je vázána na hladinu vodního toku. Srážková voda z okolních kopců dotuje vodní tok.

V případě déletrvajících srážek lze očekávat erozní účinky povrchové vody na sprašové sedimenty.

Kritérium namrzavosti

Zemina v aktivní zóně se musí posoudit z hlediska namrzavosti na základě zrnitostního kritéria podle tabulky A.2 normy ČSN 73 6133.

5.3 Zhodnocení použitelnosti zemin pro dopravní stavby

Eolické sedimenty jsou rozšířeným typem zemin vzniku nafoukáním jemnozrnných úlomků z ledovcových morén. Jedná se především o vápnité spraše (obsahují uhličitany, regují s HCl) a sprašové hlíny charakteru písčitých jíílů s nízkou plasticitou (saCl), siltovitých jíílů (siCl). Podle ČSN 73 6133/ČSN P 73 1005 jsou to zeminy F6 CI. Obsahují mezi 10-15 % písčitého podílu a v době průzkumu byla zjištěna pevná až velmi pevná konzistence ($I_c \sim 1,0$) podle ČSN EN ISO 14688-2. Konzistenci ovlivňuje nepřítomnost hladiny podzemní vody a také suchá zima bez výrazných srážek.

Jííly jsou namrzavé až nebezpečně namrzavé a podle ČSN 73 6133 tyto zeminy řadíme do třídy těžitelnosti I. Z hlediska vhodnosti do aktivní zóny a vhodnosti do násypu jsou hodnoceny jako nevhodné k přímému použití bez úpravy. **Zeminy jsou při styku s vodou lehce rozbídné s nízkou až střední odolností proti erozi a také prosedavé.**

V rámci průzkumu bylo za pomoci interpretace dynamických penetrací určeno CBR v současném uložení a stavu. Z výsledků provedených sond se v potenciální aktivní zóně pohybují hodnoty CBR 8 až max. 13 % a jedná se interpretaci CBR na základě neodvodněné smykové pevnosti (podle Jenkinse a Kerra).

Během průzkumných prací byl odebíráán technologický vzorek pro stanovení PS a klasifikaci zemin podle ČSN 73 6133. Na základě laboratorních výsledků je zřejmé, že kvartérní **eolické spraše charakteru tuhých až tvrdých konzistencí** F6 CI, jsou podle normy ČSN 73 6133 nevhodnými zeminami do podloží vozovky – do aktivní zóny. Tyto zeminy mají nízký kalifornský poměr CBR (>10 %), nízký deformační modul (pozor, výsledkem interpretace DPH je $E_{def,1}$!, odhadem $E_{def,1} \times 1,5 = E_{def,2}$) a norma ČSN 73 6133 tabulka 5 doporučuje jejich úpravu, nebo nahrazení v tloušťce 300 až 400 mm (500 mm) podle výsledku CBR a symbolu zeminy.

Hodnoty PS z laboratoře

Na základě provedených laboratorních rozborů Proctor standard je optimální vlhkost pro hutnění a dosažení 100 % PS je $w_{opt} = 19,1$ %. Suchá objemová hmotnost jíílů se pohybuje okolo 1750 kg.m⁻³. Přirozená vlhkost $w_n = 15,1$ % neleží uvnitř intervalu odchylky od w_{opt} . PS – 3 % až + 2 % pro jemnozrnné zeminy s $I_p < 17$ % i mimo interval odchylky – 5 % až + 3 % pro jemnozrnné zeminy s $I_p \geq 17$ %. Bude nutné upravit vlhkost. Při vlhkosti nad 23 % bude vhodné zeminy promísit s vápnem (viz dále).

5.4 Doporučení pro projektování obslužných cest

Podle TP 170 odst. 4.2.2.5 se pro stanovení dopravního zatížení vozovek s běžným silničním provozem se podle ČSN 73 6114 užívají třídy dopravního zatížení (TDZ) s hodnotami průměrné denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel (TNV) pro všechny jízdní pruhy označením jako TNVk za 24 h. Lze očekávat, že se bude jednat

(mimo období výstavby RD) o komunikaci VI. třídy s pojezdem méně než 15 TNVk. Lze očekávat, že vozovka bude netuhá (asfaltový povrch).

Možné promrzání vozovky se stanovuje pomocí indexu mrazu (norma ČSN 73 6114, odst. D.4) se spolehlivostí alespoň 60 %. Vodní režim je nepříznivý (pendulární) až příznivý (difúzní) v závislosti na konzistenci ($I_c = \sim 1,0$) a také ročním obdobím a míře sucha daného roku. Lze uvažovat s 80 cm.

Jedná se o podloží řazené do kategorie PIII, kdy je po úpravě požadovaný minimální deformační modul $E_{def,2} = 30 - 40$ MPa. Takové hodnoty lze dosáhnout následováním TP 94 např. při lehkém provápnění = navlhčení (4 %) a přimíchání cementu (1,5 %). Skutečnou hodnotu $E_{def,2}$ a nezbytného obsahu pojiv doporučujeme stanovit hutním pokusem a přetvárné vlastnosti ověřit statickou zatěžovací deskou průměru 300 mm na místě podle normy ČSN 72 1006 přílohy A.

Kolem polní cesty bude nutné zbudovat odvodňovací příkopy. Nebudovat trativody!

6. Výsledky – vodohospodářské stavby

Průzkumné práce probíhaly ve dnech 30., 31. 03. a 08. 04. 2022. V rámci inženýrsko-geologického průzkumu byly provedeny tři sondy zarážené jako těžká dynamická penetrace, čtyři dynamické penetrační sondy a jedna ručně vrtaná jádrová sonda. Popis a vyhodnocení sond je součástí přílohy 2. **Sondy jsou označeny zejména číslem** (případně i podle technologie). Fotodokumentace jednotlivých jader a zastižený sled hornin popsány dle ČSN 73 6133 (75 2410) se nachází v příloze č. 2. Penetrační sonda byla střední typu STITZ, zarážená sonda byla vnějšího průměru 80 mm, ruční vrty průměru 47 a 55 mm. Neodvodněná smyková pevnost byla stanovena pomocí vrtulkové zkoušky (BS 1377).

- realizace 1x ručně vrtaná jádrová sonda (JV2 do hloubky 2,5 m)
- realizace 5x dynamické jádrové sondy (ZS1, ZS2, ZS3, ZS7 a ZS8 do hloubky 3,0 m)
- realizací 3x střední dynamická penetrace (DPM1, DPM5 a DPM7 do hloubky 4 m)
- realizace 1x lehká dynamická penetrace (DPL2 do hloubky 2,9 m)

Pro účely projektování homogenní sypané hráze byl proveden klasifikační rozbor zeminy, která neodpovídala hmlokalu apod. Dle normy ČSN 73 75 2410 byly zastiženy dva typy zemin: prvním typem jsou **zeminy tříd F6-F8 se silnou organickou příměsí (hnilokal, povodňový jíl)**. Jedná se o zeminy měkké konzistence, které jsou vzhledem ke konzistenci a organické příměsí ani do homogenní hráze nepoužitelné. Hlouběji jsou přítomné jílovitých zemin tříd F6 až F8 mořského nebo fluvialního původu, které jsou využitelné pro těsnící část hráze. Tyto zeminy však tvoří téměř nepropustné podloží.

Ze sondy ZS3 byl odebrán homogenizovaný vzorek zeminy na klasifikaci podle ČSN 75 2410 a jedná se o zeminu hodnocenou jako vhodná do homogenní hráze a velmi vhodná do těsnící části (samozřejmě nevhodná do stabilizační části). Tato zemina dosahuje neodvodněné smykové pevnosti $c_u = 50 - 80$ kPa ($I_c = 0,67$) a vlhkosti 28 %. Aby byla zemina dobře zpracovatelná, bylo by ji nutné vysušit alespoň 6 % nehašeného vápna.

6.1 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 zeminy kategorizovat do **I. třídy** (dle zrušené normy ČSN 73 3050 se jedná z důvodu konzistence o 3. až 4. třídu těžitelnosti).

7. Úhrny srážek

Norma ČSN 75 9010 doporučuje návrhové úhrny srážek. Jako referenční místo bylo vybráno Brno. Dle jmenované normy (tabulek A.1 a A.2) je doporučeno provádět návrh pro následující úhrny srážek (periodicita 0,1/r.): 5 min 11,1 mm, 25,1/30 min, 31,0/60 min, 43,8/4 h, 49,3/10 h, 70,9/72 h. Vzhledem k současné často se opakující situaci s přívalovými a občasné dlouhotrvajícími dešti je doporučeno tyto informace brát s rezervou a vycházet z průkazných podkladů např. ČHMI.

Číslo stanice	Místo	Nadmořská výška [m n. m.]	Periodicita 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	31.0	38.9

Číslo stanice	Místo	Nadmořská výška [m n. m.]	Periodicita ρ [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	40.1	40.7	42.7	44.2	53.9	60.2
			0.1	43.8	47.3	48.6	49.3	50.0	52.2	53.8	63.9	70.9

Tab. 1 : Návrhové úhrny srážek z ČSN 75 9010 (A.1, A.2), pro návrh vsakovacího zařízení je doporučeno využít pravděpodobnost $p=0,2$.

Redukovaná odvodňovaná plocha je ozn. A_{red} a stanoví se jako suma plochy redukovaná koeficientem ψ podle sklonu a ro 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.

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \psi_i$$

8. Závěr a doporučení

Na základě archivních podkladů byla sestavena jednoduchá řešerše přírodních poměrů. Přírodní poměry lze označit za **jednoduché (dopravní stavba) až složité (vodohospodářská stavba)**. Z pohledu statiky jsou dopravní i vodohospodářská stavba konstrukce staticky spíše náročné.

8.1 Dopravní stavba

Doporučení pro **projekci dopravních staveb** vychází z požadavků ČSN 73 6133 a doporučení TP 170. V případě výskytu spraší – jílu s nízkou a střední plasticitou, které jsou na základě laboratorních výsledků nevhodné k přímému použití bez úpravy, doporučujeme **zlepšení zeminy pomocí přidání vzdušného nehaseného vápna** podle ČSN EN 14227-15. Provádění úpravy podloží se řídí TP 94 a ČSN 73 6133. Touto úpravou se dosáhne zlepšení mechanických vlastností zeminy, jejich příznivějšího zařazení podle vhodnosti do podloží, snížení namrzavosti a úpravy vlhkosti pro dosažení w_{opt} . **Výhodou tohoto řešení je zhodnocení místních zemín nevhodných pro použití v přirozeném stavu, vyloučení nákladné dopravy a případné nutnosti odvozu nevhodných zemín na skládku.** Pro bezpečný návrh doporučujeme provedení hutního pokusu ověřující deformační modul ($E_{def,2}$) pro provedení zlepšení. Testování by mělo probíhat za využití statické zatěžovací desky průměru 300 mm. Výsledná skladba silniční komunikace může vycházet z TP170, ČSN 73 6133, ČSN 76 6114 a ČSN 73 6109. Zemní plán by měla mít příčný sklon 3 %, aby byl zaručen odtok případné migrující vody (dle ČSN 73 6133). Na základě vyhodnocení všech dostupných informací se jedná o **I. geotechnickou kategorii** (dle ČSN 73 6133). Území

nebude seismicky ovlivněno, nejsou přítomny sesuvné plochy ani důlní díla a není umístěno v záplavové zóně.

8.2 Vodohospodářská stavba

V rámci průzkumných prací byly zastiženy zeminy povodňového charakteru případně zvodnělých zemín původu deluviálně fluviálního. Jedná se o hnílokaly měkké až tuhé konzistence černé barvy, které jsou pro výstavbu nepoužitelné. Dále se jedná o prachovité jíly klasifikované podle ČSN 75 2410 jako F6 CI s tuhou konzistencí ale vysokou vlhkostí, kdy zeminy lze použít až při snížení vlhkosti pomocí nehašeného vápna. Ještě hlouběji jsou přítomné neogenní jíly (F8 CH). Tyto zeminy jsou pro svoji objemovou nestálost (obsah expandabilních smíšeněvrstevných illit-smektitů) do homogenní hráze nepoužitelné. Lze je využít jako nepropustné podloží ($k_h = x \cdot 10E-8$ m/s) a také do těsnicí části (a jádra).

Pokud by se budovala hráz i silnice současně, bylo by možné zeminy z trasy komunikace z budoucí vodní nádrže smísit, čímž by bylo dosaženo vyrovnání vlhkosti na wopt.

V Brně dne 29. 4. 2022

Vypracovali: Mgr. Radek Streit a RNDr. Mgr. Ivan Poul, Ph.D., GIPENZ

Zodpovědný řešitel: RNDr. Mgr. Ivan Poul, Ph.D., GIPENZ
autorizovaný inženýr pro geotechniku, č.a. 1005146
odborná způsobilost v inženýrské geologii 2101/2009
odborná způsobilost v hydrogeologii 2138/2011

Přílohy: