

Souřadnicový systém JTSK

Výškový systém Bpv



projektová, průzkumná a konzultační společnost

PUDIS a.s., Podbabská 1014/20, 160 00 Praha 6
tel.: +420 267 004 111, www.pudis.cz, info@pudis.cz



Vypracoval: Mgr. Miroslav Kolařík	Hlavní inženýr projektu: Ing. Dušan Merta	Investor: Středočeský kraj Zborovská 11 150 21 Praha 5 Středočeský kraj
	Výrobní ředitel: Ing. Jan Vlček	
Odpovědný projektant: Mgr. Miroslav Kolařík	Ředitel společnosti: Ing. Martin Höfler	
Číslo zakázky: 1-9468-0001-02	Datum: 06/2022	

Akce: II/242, III/2421, III/2422 Roztoky, rekonstrukce silnic	Měřítko:	Formát:
	Stupeň: DSP	Souprava:
Příloha: INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM SPADIŠTĚ	Číslo přílohy: E.6	

ZÁVĚREČNÁ PRÁVA

**o podrobném inženýrskogeologickém průzkumu pro
rekonstrukci silnic II/242, III/2421, III/2422 Roztoky**

Číslo zakázky: 2-9468-0001-02

Číslo smlouvy objednatele:

ISPROFIN/ISPROFOND:

Objednatel:

Středočeský kraj

Zborovská 11, 150 21

Praha 5

Vypracovali:

Odpovědný řešitel

Mgr. Miroslav Kolařík

Praha, srpen 2022

OBSAH:

1	ÚVOD	3
2	PRŮZKUMNÉ PRÁCE.....	4
2.1	<i>Vrtné práce.....</i>	<i>4</i>
2.2	<i>Inženýrskogeologické práce</i>	<i>4</i>
2.3	<i>Odběry vzorků, program laboratorních zkoušek</i>	<i>5</i>
3	GEOMORFOLOGICKÉ A KLIMATICKÉ POMĚRY	6
4	GEOLOGICKÉ POMĚRY	7
4.1	<i>Celková charakteristika.....</i>	<i>7</i>
4.2	<i>Pokryvné útvary – kvartér.....</i>	<i>8</i>
4.3	<i>Skalní podloží – svrchní proterozoikum.....</i>	<i>9</i>
5	HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY	10
5.1	<i>Hydrogeologické poměry</i>	<i>10</i>
5.2	<i>Agresivita podzemní vody na betonové konstrukce</i>	<i>10</i>
6	RIZIKA GEOLOGICKÉHO PŮVODU	11
7	LABORATORNÍ ZKOUŠKY.....	11
7.1	<i>Úkol a rozsah zkoušek.....</i>	<i>11</i>
7.2	<i>Použité metody.....</i>	<i>12</i>
7.3	<i>Výsledky laboratorních zkoušek a jejich posouzení</i>	<i>12</i>
7.3.1	<i>Základní fyzikální vlastnosti zemin</i>	<i>12</i>
8	GEOTECHNICKÉ VLASTNOSTI ZEMIN A HORNIN	13
8.1	<i>Přehled místních geotechnických charakteristik</i>	<i>13</i>
8.2	<i>Těžitelnost a vrtatelnost zemin a hornin.....</i>	<i>16</i>
9	GEOTECHNICKÉ ZHODNOCENÍ.....	17
9.1	<i>Geotechnické zhodnocení navrhované výstavby.....</i>	<i>17</i>
9.2	<i>Geotechnický monitoring</i>	<i>20</i>
10	ZÁVĚR	21
11	LITERATURA	23

Přílohy:

1. Situace průzkumných sond
2. Geotechnické řezy
3. Dokumentace průzkumných sond
4. Protokoly laboratorních zkoušek

1 ÚVOD

Předkládaná závěrečná zpráva obsahuje výsledky podrobného inženýrskogeologického průzkumu (PoIGP) pro rekonstrukci silnic II/242, III/2421, III/2422 Roztoky délky cca 3500 m objednaného u naší společnosti Středočeským krajem v srpnu 2019. Zpráva obsahuje zhodnocení zájmového úseku stávající komunikace z hlediska inženýrskogeologických, hydrogeologických a geotechnických poměrů, zpracované na základě studia dostupných archivních materiálů, znalosti zájmového území a nově realizovaných terénních prací i laboratorních zkoušek a rozborů.

Průzkumné práce byly realizovány v prostoru katastrálního území obce Roztoky. Přehledná situace zájmového území a projektované stavby s realizovanými průzkumnými pracemi je obsahem přílohy č. 1.

Součástí průzkumu je geodetické vytýčení a následné zaměření jednotlivých sond, které uskutečnilo středisko geodézie firmy PUDIS a.s. pomocí aparatury GNSS, přístroj Trimble S7 3 DR Plus. Polohové zaměření sond je provedeno v systému S-JTSK, výškové v systému Bpv.

Terénní vrtné práce provedly firmy Vrtas s.r.o. osádky vrtmistra Marka Bartoně za použití soupravy UGB 50M PV3S a IGHG s.r.o., Miroslava Novotného se soupravou UGB 50M PV4S.

Hydrogeologický průzkum provedli pracovníci (PUDIS a.s.). Chemické analýzy vod a zemin byly provedeny v laboratoři Monitoring s.r.o. Laboratorní rozborů zemin a hornin provedlo oddělení Geotechniky a diagnostiky staveb (PUDIS a.s.).

IG průzkum byl proveden v souladu s ČSN P 73 1005 i ČSN EN 1997-1 (Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla) a ČSN EN 1997-2 (Navrhování geotechnických konstrukcí – část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy).

Předkládaná zpráva obsahuje zhodnocení území z hlediska inženýrskogeologických poměrů, zpracované na základě studia dostupných archivních materiálů i předešlých dílčích průzkumů. Toto zhodnocení bylo dále doplněno realizací 5 inženýrskogeologických vrtů.

Účelem PoIGP bylo vyšetření následujících tematických okruhů:

- geologické a hydrogeologické poměry
- geotechnické charakteristiky zemin a hornin
- agresivita prostředí na betonové konstrukce a ocel

- technologické vlastnosti zemin a hornin (rozpojitelnost, těžitelnost a vrtatelnost zemin a hornin, použitelnost zastižných materiálů v silničním podloží a jako sypaniny do násypů)

Průzkumem byly vyšetřeny inženýrskogeologické poměry v podloží i bezprostředním okolí projektované stavby i geotechnické vlastnosti všech zastižných typů zemin a hornin.

2 PRŮZKUMNÉ PRÁCE

Základním zdrojem pro určení geologické stavby oblasti byly nově provedené vrty společně s jejich doplněním archivními průzkumnými pracemi a poznatky získanými průzkumem terénu při osobních návštěvách území a studiem dostupné literatury. Popisy nových vrtů jsou společně s archivními vrty uvedeny v samostatné příloze č. 3.

2.1 Vrtné práce

Nově bylo v rámci PolGP z povrchu terénu realizováno 5 průzkumných vrtů celkové délky 41,5 m. Skutečné umístění jednotlivých sond je patrné z přiložené situace průzkumných sond (příloha č. 1) a výše uvedeného tabulkového souhrnu prací. Některé sondy musely být přemístěny z důvodu střetu s IS a nebo díky nepřístupnosti daného umístění sondážní technikou.

Průzkumné vrty byly realizovány technologií rotačního vrtání jádrovým vrtákem, bez výplachu, o Ø 195, 175, 156 a 137 mm do projektované hloubky 9 m a u vrtu J6 bylo použito vrtání pomocí diamantové korunky o Ø 76.

Vrtné jádro bylo ukládáno do standardních dvouřádkových vzorkovnic k následné geologické dokumentaci, ve kterých bylo děleno na úseky dlouhé 1 m a bylo bezprostředně zakrýváno igelitovou plenou pro zamezení degradace vrtného jádra povětrnostními vlivy. Bez zbytečného odkladu pak bylo popisováno přítomným geologem. Zároveň byly v průběhu inženýrskogeologického popisu vrtného jádra odebírány vzorky zemin, hornin i vody pro pozdější laboratorní rozbor. Po provedení geologické dokumentace a odebrání potřebných vzorků a provedení polních zkoušek byly vrty zlikvidovány hutněným záhozem (vrt J6 zacementován) a provedeny terénní úpravy s uvedením sondovacího místa do původního stavu.

Průzkumné sondy byly realizovány v ve dvou etapách během roku 2019.

2.2 Inženýrskogeologické práce

V rámci přípravných prací pro podrobný geotechnický průzkum bylo před zahájením terénních prací zajištěno povolení ke vstupům na pozemky dotčené prováděným

průzkumem. Na základě projektovaných poloh jednotlivých sond bylo pro tyto pozemky provedeno místní šetření majetkoprávních vztahů a vyhledání majetkové příslušnosti dotčených pozemků.

Pro všechny pozemky dotčené prováděným průzkumem byly jejich vlastníci či uživatelé vyhledáni a kontaktováni. Ve smyslu platných předpisů (§14 zák. 62/1988 Sb. ve znění pozdějších předpisů) získal zhotovitel od stávajících vlastníků a/nebo uživatelů písemné kladné vyjádření k žádosti o povolení vstupu na pozemky a jejich dočasné užívání pro realizaci podrobného geotechnického průzkumu.

Zajištění zákonných úředních oznámení a povolení

- oznámení obci: zhotovitel IGP zaslal nejméně 15 dnů před zahájením prací oznámení o provádění geologických prací příslušným obcím, v jejichž katastrálním území budou práce probíhat.

- vyjádření krajského úřadu k dokumentaci/projektu GT průzkumu: zhotovitel GT průzkumu požádal v případě provádění strojních vrtných prací, jejichž hloubka přesahuje 30 m, nebo celková metráž vrtných prací přesahuje 100 m, příslušný krajský úřad o vyjádření z hlediska ochrany zájmů chráněných zvláštními právními předpisy.

- ohlášení obvodnímu báňskému úřadu: provádějící organizace GT průzkumu (zpravidla vrtná firma) ohlásí činnosti prováděné hornickým způsobem, mezi něž patří mj. vrtné práce do hloubky přesahující 30 m, obvodnímu báňskému úřadu. V daném případě nebyly.

Vyloučení střetů s inženýrskými sítěmi:

- před zahájením terénních prací zhotovitel IGP oslovil vlastníky nebo správce inženýrských sítí, které mohly být průzkumnými pracemi dotčeny. V případě zásahu průzkumných prací do ochranných pásem těchto sítí bylo provedeno vytýčení inženýrských sítí v terénu.

Terénní průzkumné práce byly náležitě nahlášeny a byla získána všechna potřebná povolení.

2.3 Odběry vzorků, program laboratorních zkoušek

Odběr vzorků hornin, zemin a podzemní vody byl realizován v rozsahu odpovídajícímu požadavkům projektanta. V některých případech bylo nezbytné upravit počty odebíraných vzorků podle aktuálně zastižených hornin a zemin. Celkem bylo odebráno 7 porušených vzorků, 8 vzorků hornin a 2 vzorky zemin na agresivitu prostředí a jeden vzorek podzemní vody. Podrobně jsou výsledky zkoušek zpracovány v kapitole č. 7

této zprávy a souhrnné protokoly (všechny protokoly jsou přiloženy pouze digitálně ve formátu PDF) jednotlivých zkoušek a rozborů jsou uvedeny v samostatné příloze č. 4.

3 GEOMORFOLOGICKÉ A KLIMATICKÉ POMĚRY

Dle regionálního geomorfologického členění (Balatka et al. 1973) přísluší zájmové území k soustavě Poberounské, k celku Pražská kotlina. Dále pak k podcelku Kladenská tabule a okrsku Turská plošina.



Obr. 2: Výřez z mapy geomorfologického členění ČR (zdroj CÚZK)

Území Roztok (Žalov) leží v mírně členité krajině predisponované poměrně odolnými sedimentárními horninami Kralupsko-zbraslavské skupiny. Okolí je odvodňováno bezejmenným potokem a samotnou řekou Vltavou.

Srážkově spadá území do mírně teplé klimatické oblasti, v klimatickém okrsku B2 (mírně teplý, mírně suchý, převážně s mírnou zimou), s ročním průměrem srážek kolem cca 483 mm. Průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou 38 dní s klesající tendencí. Podle orientačního výpočtu je hloubka promrzání 90 cm. Tuto hodnotu považujeme za teoretickou limitní hranici, která je dosažitelná za dlouhotrvajících holomrazů. Předpokládáme tedy, že **zámrzná hloubka nepřesáhne na lokalitě hodnotu 70 - 80 cm.**

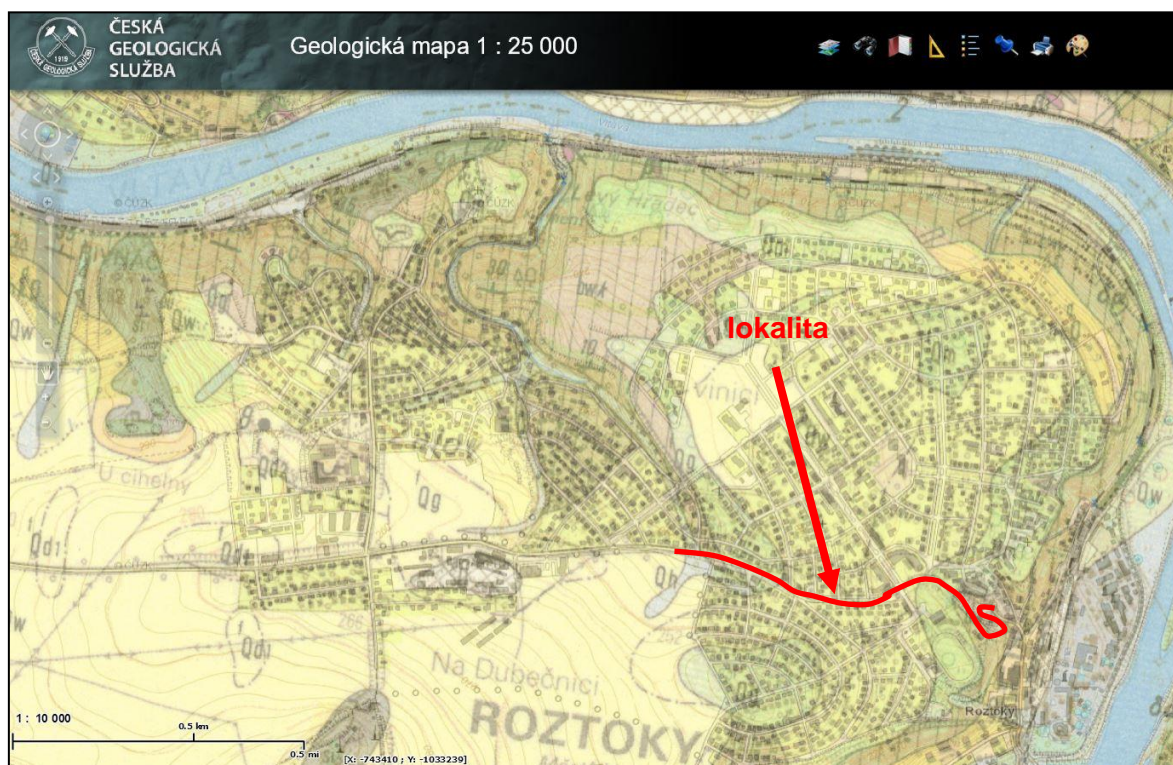
4 GEOLOGICKÉ POMĚRY

4.1 Celková charakteristika

Z regionálně geologického hlediska zájmové území spadá do oblasti proterozoika Barandieny ke Kralupsko-zbraslavské skupině, kterou tvoří mohutný komplex jemnozrnných hornin flyšového charakteru v nichž převládají prachovce, drobové břidlice a droby, často s vložkami velmi tvrdých a pevných silicitů (bulžňáky). - svrchnoproterozoické stáří. Skalní podklad je překryt horizonty **kvarterních pokryvů**, u nichž zcela převládají pleistocénní **eolické sedimenty** (sprašové hlíny a spraše, převážně pevné konzistence, s mocností vesměs 4 – 8 m), v jejichž podloží se vyskytují rovněž **pleistocénní písčité a štěrkovité fluviální sedimenty** vltavské terasy, s bází v hloubce převážně 4 – 7 m pod terénem. Spraše a sprašové hlíny tak budou tvořit povrch výkopu pro základovou spáru, v případě zakládání na plovoucích pilotách se uplatní i písčité či štěrkovité fluviální sedimenty. V zájmovém území byly lokálně dokumentovány i málo mocné navážky charakteru stavebního rumu a zbytky základů původních objektů bývalé cihelny.

Hladina podzemní vody odpovídá charakteru geologických poměrů a je zaklesnutá poměrně hluboko pod terénem (20 m nebo i více), kde je zadržována při rozhraní báze dobře propustných terasových sedimentů a povrchu skalního podloží. Místy se mohou vyskytovat nesouvislé a/nebo dočasné zvodně v polohách eolických sedimentů, jejich vydatnost však bude jen nízká nebo příp. omezená na období výraznějších srážek. Režim podzemní vody je zde převážně kapilární.

Geologické poměry v místě projektované výstavby lze charakterizovat jako poměrně **složité** a stavbu jako **náročnou**, z tohoto důvodu je nutné **postupovat dle** zásad platných pro **3. geotechnickou kategorii**.



Obr. 3: Výřez z geologické mapy Roztoky 1:25 000 s vyznačením lokality (zdroj mapový portál ČGS)

4.2 Pokryvné útvary – kvartér

K pokryvným útvarům v zájmové lokalitě řadíme **eolické, deluviální a fluviální sedimenty**. Podle jejich inženýrskogeologických vlastností, rozšíření, významu a stratigrafie je rozlišujeme na:

AN – NAVÁŽKY – recent – tvoří nejsvrchnější polohu pokryvných útvarů, vyskytují se prakticky v celém území a mají značně proměnlivé mocnosti (1 – 4 m). Zrnitostním složením a litologickým zastoupením jsou antropogenní uloženiny horizontálně i vertikálně nejvariabilnějším útvarem celého pokryvu zájmového území. Převládajícím prvkem je štěrk špatně zrněný, tř. GPY a hlína písčitá MSY se štěrkem, tj. kameny a valouny různé velikosti, převážně křemence, křemene, opuky a betonu (stavební suť) při povrchu s konstrukcí chodníku, podsypem a škvárou. Jsou většinou neúnosné, při přetížení vykazují značné sedání. Zatřídění **těžitelnosti** podle ČSN 73 6133/ex73 3050 ve tř. I-II/3 - 5.

PT – PŮDNÍ HORIZONT – recent – předpokládaný rozsah v celém území s mocností cca 25 m. Geotechnickým složením se jedná převážně o hlíny písčité s organickou příměsí. Případný půdní pokryv doporučujeme skrýt na mezideponii a použít pro rekultivaci území.

DEL – EOLICKÉ SEDIMENTY – jílky písčité CS až písky hlinité SM, S konzistencí jílu vesměs tuhé až pevné. Jedná se o vytrříděný materiál s jemnozrnnou příměsí materiálů

vzniklých jak chemickou dezintegrací, tak procesy chemické zvětrání a druhotnými minerály (zejména jílovými). Podle ČSN 73 3050/73 6133 ji řadíme do třídy těžitelnosti 2-3/I, podle ČSN 73 1001 pak převážně do třídy F4/CS a F3/MS, podle ČSN EN ISO 14688-2 převážně **sacSi, siSa**.

Fluviální sedimenty FL - mají 2 základní polohy:

Holocénní náplavy (HOL) charakterizujeme převážně jako písky s příměsí jemnozrné zeminy **S3/S-F**, hlíny písčité F3/MS a jílovité písky S5/SC podle ČSN EN ISO 14 688–2, s převážně tuhou konzistencí. Jejich mocnost kolísá od 0,70 m do 3,0 m.

Podle ČSN 73 3050/73 6133 ji řadíme do třídy těžitelnosti 2-3/I. Ojediněle se v archivních vrtech objevují jílovité bahnité náplavy s vyšší organickou příměsí.

Pleistocénní terasové sedimenty (PL) tvoří bazální polohu nižší akumulace údolní terasy Vltavy. Její erozní bázi odhadujeme v zájmovém území zhruba 25 m pod terénem a je variabilního složení: jedná se především šterky s příměsí jemn. zeminy G3/G-F či s proměnlivým obsahem písků s dobře opracovanými valouny křemene a křemence průměrné velikosti 40–80 mm, max. až 150 mm a písky s příměsí jemn. zeminy S3/S-F s valouny.

Podle ČSN 73 3050/73 6133 ji řadíme do třídy těžitelnosti 2-4/I-II,(dle velikosti šterkové frakce). Průměrná mocnost šterků se pohybuje od 5 do 8 m, maximálně může být až 11 m a lze je charakterizovat jako ulehlé, na bázi zvodnělé.

4.3 Skální podloží – svrchní proterozoikum

Je tvořeno mohutným komplexem marinních jemnozrných hornin flyšového charakteru – šedé, šedohnědé až zelenošedé **drobové břidlice a droby**. Vrstevnatost je tence deskovitá až deskovitá s generelním sklonem ve směru k JV, a to pod cca 30 – 50°.

Horniny směrem od povrchu jsou **silně až mírně zvětralé** (symbol W4, W3) resp. **navětralé až zdravé** (symbol W2, W1). drobové břidlice do tříd **R4 až R2**, s těžitelností a vrtatelností pilot podrobněji viz následující kapitola 4.

5 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

5.1 Hydrogeologické poměry

Z hydrogeologického hlediska náleží lokalita do hydrogeologického rajónu č.6250 Proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy (M. Olmer, J. Kessler, Hydrogeologické rajóny, VÚV Praha 1990).

Břidlice kralupsko-zbraslavského souvrství svým litologickým charakterem nevytváří podmínky k vytváření zásob podzemní vody, hlavním kolektorem je přípovrchová zóna rozvolněné horniny a puklinový systém. Oběh podzemní vody je minimální, nejvíce je ovlivňován množstvím jílovitohlinité výplně v puklinách či rozvolněných partiích břidlic.

Generelně lze podzemní vodu v zájmovém území řadit ke dvěma typům:

- podzemní voda v prostředí s průlinovou propustností v pokryvných sedimentech – fluviálních sedimentech nižší akumulace údolní terasy
- podzemní voda v prostředí s puklinovou propustností v horninách skalního podkladu.

Kvartérní zvodeň se zde vyskytuje v omezených horizontech, které splývají s povrchovou vodou. Jejich vydatnost je přímo závislá na srážkových úhrnech. Oběh podzemní vody je vázán na pukliny a dislokace v horninách, kde je vytvořen hlubinný oběh podzemní vody. Puklinová propustnost drobových břidlic je velmi slabá s koeficientem transmisivity $n \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Břidlice mají na lokalitě pouze puklinovou propustnost, která je nerovnoměrná..

5.2 Agresivita podzemní vody na betonové konstrukce

V rámci průzkumu byly odebírány vzorky podzemní pro určení agresivity na stavební konstrukce z průzkumných vrtů, a v rámci hydrogeologického průzkumu byly odebírány vzorky vody z nově provedených IG vrtů.

V odebraných vzorcích zemin a vzorcích podzemní vody byla stanovena maximálně slabá agresivita na beton, respektive XA1. V celém rozsahu stavby tak doporučujeme spíše uvažovat stupeň agresivity **XA1**.

6 RIZIKA GEOLOGICKÉHO PŮVODU

Z databáze **poddolovaných území ČGS** vyplývá, že **zájmová trasa neprochází žádnými poddolovanými územími**. A ani v blízkosti zájmové lokality se nenachází žádné důlní dílo.

V trase a blízkém okolí se **nevyskytují žádná chráněná území ani ochranná pásma vodních zdrojů**. Širší okolí trasy **nepadá** do chráněné oblasti přirozené akumulace vod (**CHOPAV**).

Podle databáze **sesuvů ČGS** nebyly zaznamenány v trase a jejím blízkém okolí **projevy nestability svahů** a ani se nejedná se o území **náchylné k sesuvům**.

Ve smyslu ČSN EN 1998-1 (73 0036) o „Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení, část 1“ **nedosahuje zájmové území ani malé referenční seizmicity**, tj. referenční zrychlení základové půdy je menší než 0,02g a není tedy nutné posuzovat stavební konstrukce z tohoto hlediska.

Ze **surovinového informačního systému ČGS** bylo zjištěno, že se v **zájmové oblasti nevyskytuje žádné chráněné ložiskové území**. V širším okolí se nenacházejí chráněná ložisková území (**CHLÚ**).

7 LABORATORNÍ ZKOUŠKY

7.1 Úkol a rozsah zkoušek

Za účelem provedení laboratorních zkoušek bylo odebráno celkem **11 vzorků zemin a hornin**. Laboratorní zkoušky byly zaměřeny na zjištění **základních fyzikálních** (zrnitost, konzistenční meze, přirozená vlhkost), **mechanických** (pevnost v tlaku při bodovém zatížení) a hornin skalního podkladu. Pro vyšetření těchto vlastností bylo odebráno celkem:

▪ porušené vzorky zemin	6
▪ vzorky hornin	5

U těchto odebraných vzorků byly uskutečněny (v různém rozsahu) následující laboratorní zkoušky a rozborů:

▪ základní klasifikační (indexové) zkoušky zemin	6
▪ index pevnosti hornin při bodovém zatížení	4
▪ pevnost v prostém tlaku	1

Protokoly jednotlivých zkoušek a rozborů jsou souhrnně obsaženy příloze č. 5 zprávy.

7.2 Použité metody

- **Přírozená vlhkost w (%)** je stanovena postupem podle ČSN EN ISO 17892-1.
- **Konzistenční meze - mez tekutosti w_L (%), mez plasticity w_P (%) a číslo plasticity I_P (%)** jsou určeny podle ČSN EN ISO 17892-12, mimo čl. 4.3.
- **Zrnitostní skladba zemin** je stanovena kombinací síťové analýzy a hustoměrné metody (podle Cassagrandeho), v souladu s ČSN EN ISO 17892-4. Jmenný symbol zemin je následně určen podle ČSN EN ISO 14688-2 resp. podle ČSN 73 6133.
- **Index pevnosti při bodovém zatížení horninového materiálu** byl určen drcením nepravidelných úlomků horniny v ručním lisu v souladu s metodikou dle článku Franklin, J.A.: Suggested method for the determination of the Point Load Strength. ISRM, 1985. Z výsledné hodnoty indexu pevnosti I_{s50} (MPa) je pomocí koeficientu přibližně určena pevnost v prostém tlaku horninové hmoty σ_c (MPa).

7.3 Výsledky laboratorních zkoušek a jejich posouzení

7.3.1 Základní fyzikální vlastnosti zemin

Výsledky celkem 6 zkoušek základních fyzikálních vlastností zemin (zrnitostní složení, přírozená vlhkost, konzistenční meze atp.) jsou podrobně dokumentovány v protokolech obsažených v příloze č.4 mimo zprávu. Z výsledků je zřejmé, že zkoušené geotypy jsou klasifikovány následovně:

Geneticky a stratigraficky se jednalo o jemnozrnné jílovito-písčité eolické sedimenty **EO** a štěrkovité fluviální sedimenty **FL** i hlinitopísčité deluviální sedimenty **DE**, které vykazovaly následující strukturní skladbu, konzistenci a objemovou hmotnost:

a) jemnozrnné eolické sedimenty EO

jíl CI/F6/sasiCI či jíl písčitý CS/F4 saCI, pevný resp. tuhý (2 vzorky); objemová hmotnost 1955 kg.m⁻³ (1 vzorek)

b) fluviální sedimenty FL

písek S-F/S3/grSa, středně ulehlý (1 vzorek)

štěrk G-F/G3/saGr, ulehlý (1 vzorek)

Zjištěné výsledky generelně odpovídají výsledkům archivních rozborů. Souhrnně jsou veškeré výsledky zkoušek pevnosti hornin obsaženy v protokolech přílohy 5.

8 GEOTECHNICKÉ VLASTNOSTI ZEMIN A HORNIN

8.1 Přehled místních geotechnických charakteristik

Následující přehledy geotechnických charakteristik byly sestaveny na základě výsledků provedených laboratorních a terénních zkoušek a jejich statistického zpracování. Dále byly doplněny archivními hodnotami geotechnických parametrů materiálů obdobného strukturního a texturního charakteru i stratigrafického zařazení. Doporučené hodnoty geotechnických parametrů jednotlivých typů zemin/hornin jsou shrnuty v následujících **tabulkách č. 2 a 3** (pokryvné útvary/skalní podloží) a všechny v nich uvedené hodnoty hmotnostních, pevnostních a přetvárných parametrů mají vždy povahu místních normových charakteristik, které je ve statickém posouzení podle mezních stavů nutno redukovat prostřednictvím koeficientů spolehlivosti základové půdy.

Horninové prostředí a příslušné geotechnické charakteristiky jsou přitom uvažovány jako kvazihomogenní, tzn. že je uvažována postupná změna vlastností v důsledku postupně se snižujícího stupně navětrání a rozpukání směrem do hloubky, avšak se zanedbáním dalšího rozptylu geotechnických parametrů v důsledku proměnlivého stupně rozpukání, diagenetického zpevnění atp., jehož uvažování by mělo za následek i částečné překrývání hodnot geotechnických parametrů sousedních vrstev. Pro každý geotechnický typ tedy tabulka uvádí vždy jedinou hodnotu hmotnostních, pevnostních a přetvárných charakteristik.

Geotechnické charakteristiky z tabulek č. 2 a 3 platí pro jednotlivé typy zemin a hornin v celém zájmovém úseku dálnice D35 a doporučujeme je použít pro návrhy a posudky vedlejších objektů a dalších souvisejících konstrukcí, které nejsou předmětem samostatných pasportů a neleží v jejich bezprostřední blízkosti. Pro všechny významné objekty na trase pak doporučujeme použít lokálně upřesněné geotechnické parametry, uvedené přímo v jejich pasportech.

stratigrafický útvar a genetický komplex		geotyp/symbol vrstvy	geologická charakteristika	obj. tíha v přiroz. uložení γ [kN.m ⁻³]	součinitel filtrace k_f [m.s ⁻¹]	přetvárné charakteristiky			smyk. pevnost		symbol podle ČSN P 72 1003, 73 6133	výpočet únosnost R_d [kPa] ¹⁾	svíselá únosnost pilot $U_{s, \text{lab}}$ [kN] ²⁾	tážitelnost podle ČSN 73 6133/ex73 3050	vřítelnost pilot podle ceniku 800-2	vhodnost do násypů/ aktivní zóny podle ČSN 73 6133 ³⁾
						modul přetvárnosti $E_{a,p}$ [MPa]	modul pružnosti E [MPa]	Poissonovo číslo ν []	soudržnost c_d [kPa]	úhel vnítl. tření ϕ_d [°]						
KVARTÉR, recent	navážky	AN	hlinitopísčité až hlinitokamenité	19,0-21,0	10^{-6} - 10^{-6}	6 - 15	12 - 30	0,40-0,38	5 - 20	28 - 20	(Y)	*	*	I/3	I - II	PV až NV/ PV až NV
KVARTÉR, pleistocén	eolické sedimenty	EO	spraše a sprašové hlíny, pevné (až tuhé)	19,5	10^{-6} - 10^{-7}	8	15	0,40	20	22	CL, CS, ML, CI	175	430	I/2-3	I	PV/ PV až NV
	deluviální sedimenty	DE	svahové hlíny, hlinitopísčité, převážně pevné	20,5	10^{-6} - 10^{-8}	15	30	0,38	20	24	CS, SC, MS, CI	225	630	I/3	I - II	PV/PV
	fluviální sedimenty	FL	šterkovitopísčité, středně ulehle až ulehlé	22,5	10^{-5} - 10^{-4}	70	140	0,34	2	34	G-F, S-F, GM, SM	350	800	I/3	II	V až PV/ V až PV

¹⁾ u písčitých a šterkovitých zemin pro základ šířky $B = 1,0$ m

²⁾ pro průměr piloty $d = 1,0$ m a délku vetknutí $l_p = 1,5$ m podle původní ČSN 73 1002

³⁾ VH ... vhodné, PV ... podmínečně vhodné, NV ... nevhodné (k přímému použití bez úpravy)

Tab. 1: Souhrnná tabulka doporučených geotechnických charakteristik- zeminy pokryvných útvarů

Pozn.: S výjimkou výpočtové únosnosti mají všechny uvedené pevnostní, přetvárné a hmotnostní parametry povahu místních normových charakteristik základové půdy

stratigrafický útvar a genetický komplex		geotyp/symbol vrstvy a stupeň zvětrání		obj.tíha v přiroz. uložení γ [kN.m ⁻³]	součinitel filtrace k_f [m.s ⁻¹]	přetvárné charakteristiky			smyk.pevnost ¹⁾		symbol podle ČSN P 72 1003, 73 6133	výpočtová únosnost R_d [kPa]	světlá únosnost pilot $U_{s, 100}$ [kN] ²⁾	těžitelnost podle ČSN 73 6133/ex73 3050	vrtatelnost pilot podle ceníku 800-2	vhodnost do násypů/ aktivní zóny podle ČSN 73 6133 ²⁾
						modul přetvárnosti E_{50} [MPa]	modul pružnosti E [MPa]	Poissonovo číslo ν []	zdánlivá soudržnost c' [kPa]	úhel smyk. pevnosti ϕ' [°]						
SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM, souvrství kralupsko- zbraslavské	břidlice drobové, s vločkami křemitých pískovců až křemenců	KZ1/W5	zcela zvětralé	20,5	10^{-8} - 10^{-8}	10	20	0,40	20	24	C8 SC R6	200	630	I/3	I	PV až NV PV až NV
		KZ1/W4	silně zvětralé	22,5	10^{-8} - 10^{-7}	35	70	0,35	15	28	R5	275	1250	I/3-4	II	
		KZ1/W3	mírně zvětralé	24,0	10^{-7}	120	250	0,30	30	33	R4	400	1250	III/4	II - III	MSH
		KZ1/W2	navětralé	25,0	10^{-7} - 10^{-6}	350	700	0,26	75	36	R3	800	2500	II-III/5	III - IV	TSH
		KZ1/W1	zdravé	26,0	10^{-6}	750	1400	0,23	250	42	R2 R3	1600	2500	III/6	IV - V	MSH/TSH

¹⁾ platí ve směru obecně k plochým diskontinuitám

²⁾ pro průměr piloty $d = 1,0$ m a délku vstřnutí $l_p = 1,5$ m podle původní ČSN 73 1002

³⁾ VH ... vhodné, PV ... podmíněčně vhodné, NV ... nevhodné (k přímému použití bez úpravy), TSH resp. MSH ... použití do násypů z tvrdých resp. měkkých skalních hornin

Tab. 2: Souhrnná tabulka doporučených geotechnických charakteristik - horniny skalního podloží

Pozn.: S výjimkou výpočtové únosnosti mají všechny uvedené pevnosti, přetvárné a hmotnostní parametry povahu místních normových charakteristik základové půdy

8.2 Těžitelnost a vrtatelnost zemin a hornin

Při klasifikaci hornin a zemin z hlediska těžitelnosti a vrtatelnosti je použito jednak zařazení podle **aktuálně platné ČSN 73 6133**, rozlišující pro stavby pozemních komunikací tři třídy těžitelnosti, jednak klasifikace podle **původní již neplatné ČSN 73 3050**. Je uvedeno rovněž **zařazení vrtatelnosti pro piloty** podle Katalogu popisu a směrných cen stavebních prací 800-2 a převládající symbol zařazení zemin a hornin podle ČSN 73 6133 resp. ČSN P 73 1005.

Tabulka č. 3: Klasifikace zemin dle těžit a vrtatelnosti (šedě info. hodnoty tříd těžit. již nep. normy)

typ zeminy/horniny	symbol horizontu	symbol podle ČSN 73 6133/ ex73 1001	třída těžitelnosti		vrtatelnost pilot podle ceníku 800-2
			ČSN 73 3050	ČSN 73 6133	
KVARTÉRNÍ POKRYVY					
RECENT - NAVÁŽKY					
Různorodé hlinitopísčité až hlinitokamenité navážky	A	Y	2 - 3	I	I
KVARTÉR – FLUVIÁLNÍ SEDIMENTY					
Jílovitopísčité kamenitopísčité	FL	F1MG, F2CG	2 – 3	I-II	I
		F4CS, S5SC	2	I	I
		F5ML,MI;	2	I	I-II
		F7MH,MV;	2-3	I-II	I
		S3S-F,S2SP	3	I-II	I
G3G-F;G5GC;G4GM	4	II	II		
KVARTÉR – EOLICKÉ SEDIMENTY					
jíly a hlíny s nízkou a střední plasticitou – SPRAŠOVÁ HLÍNA	EO	F5ML,MI;F6CL,CI	2-3	I	I
KVARTÉR – DELUVIÁLNÍ SEDIMENTY					
Písek jílovito-hlinitý; hlína písčitá až písčité,	DE	F3MS, F4CS	2	I	I-II
		F5ML,F5MI, F4CS	2		

Tabulka č. 4: Klasifikace hornin podle těžitelnosti a vrtatelnosti (šedě informativní hodnoty tříd těžitelnosti již neplatné normy)

typ zeminy/horniny	symbol horizontu	symbol podle ČSN 73 6133/ ex73 1001	třída těžitelnosti		vrtatelnost pilot podle ceníku 800-2
			ČSN 73 3050	ČSN 73 6133	
SKALNÍ PODLOŽÍ – KŘÍDA, SVRCHNÍ KŘÍDA					
Slínovce					
zcela zvětralé	KZ1/W5	R6/CS,SC	3	I	I
silně zvětralé	KZ1/W4	R5	3-4	I	II
mírně zvětralé	KZ1/W3	R4	4	II	II-III
navětralé	KZ1/W2	R3	5	II - III	III-IV
zdravé	KZ1/W1	R3-R2	6	III	IV-V

9 GEOTECHNICKÉ ZHODNOCENÍ

9.1 Geotechnické zhodnocení navrhované výstavby

Převážná část ražby bude probíhat pod hladinou podzemní vody a je nutné počítat s doplňujícími stabilizačními opatřeními (např. trysková injektáž). Rozpojování zemin a hornin při ražbě se předpokládá ruční s malou mechanizací. Vzhledem ke geologickým poměrům se předpokládá i použití trhacích prací.

Ražba štol bude pravděpodobně probíhat převážně v horninovém masivu zvětralých až navětralých kralupskozbraslavských břidlicích (geotyp KZ1/W3-W2).

Obecně se navrhovaný úsek protlaku jeví z inženýrskogeologického hlediska podmínečně vhodný a závislý na zvolené technologii.

Při použití NRTM bude ražba prováděna v předpokládaných technologických třídách, viz. tabulka č. 12, 13 a 14, se zajištěním výrubu pomocí ocelových ráků s přílohným pažením. Vzdálenost ráků bude určena statickým výpočtem. V prostředí fluvialních sedimentů budou nutné doplňující stabilizační opatření. Pro zařazení horninového (zeminového) masivu z hlediska ražeb bylo přihlédnuto ke klasifikaci horninového masivu QTS podle Tesaře a postupováno ohledně způsobu zařazení do technologických tříd pro ražbu a primární vystrojení podzemního díla.

Pro úplnost uvádíme v tab. č. 11 i klasické zařazení do stupňů ražnosti podle ceníku 825-4 Objekty podzemní, kde zařazení do stupňů ražnosti vychází z již neplatné normy ON 73 7508. *Plánovaná výstavba převážně spadá do II. až III. stupně třídy ražnosti.*

Tabulka č. 5: Třídy ražnosti.

Stupeň ražnosti	Bližší popis horniny	Vystrojení výrubu
litá skála	Horniny celistvé, blokované, velmi tvrdé a nezvětralé. Netlačivé, není třeba pažit. Rozpojování horniny je velmi nesnadné, vyznačující se velkým počtem krátkých vrtů a velkou spotřebou trhaviny	Výstroj není třeba. Pokud se trvalá výstroj provádí, má charakter jen obkladní
I. stupeň	Horniny soudržné, ale rozpukané nebo vrstevnaté, mírně tlačivé. Přítomnost vody může způsobit přeřazení do II. stupně ražnosti	Dočasná vystrojení nutná Definitivní výstroj nosná
II. stupeň	Horniny málo soudržné nebo zeminy silně tlačivé, vyžadující speciální postupy ražení. Potřeba trhavin malá. Přítomnost vody vyvolává silné tlaky a hornina nabývá charakteru III. stupně ražnosti	Dočasná výstroj je silně dimenzovaná. Definitivní výstroj mohutná, zpravidla se provádí spodní klenbou
III. stupeň	Horniny nebo zeminy nesoudržné, plastické nebo sypké. Přítomnost vody způsobuje bobtnání, rozbahnění, vytékání. Ražení vyžaduje mimořádně silné výstroje, zpravidla hnané pažení s těsněním spar. Těžba se omezuje na odebírání horniny	Výstroj je mimořádně mohutně dimenzován a provádění vyžaduje zvláštních technologických postupů

Poznámka: Plánovaná výstavba převážně spadá do II. až III. stupně třídy ražnosti.

Tabulka č. 6: Popisné charakteristiky technologické tř. 5a.

Technologická třída NRTM	5a
<u>Třídy zemin podle ČSN P 73 1005</u> Horniny třídy R5 / R4 (R3)	
<u>Popis hornin</u> Zvětráním postižené skalní podloží břidlice (geotyp VNC 2-3)	
Podmínky pro ražení: velmi nepříznivé stabilita horniny v čase: minimální, hornina tlačivá délka nevystrojených částí výrubu: 0,0 - 1,0 m tvoření nadvýlomů: plastické přetváření	

Tabulka č. 13: Popisné charakteristiky technologické tř. 5b.

Technologická třída NRTM	5b
<u>Třídy zemin podle ČSN P 73 1005</u> Zeminy třídy G2-G4 pod hladinou podzemní vody. Horniny třídy R6 / F5, F6	
<u>Popis zemin/hornin</u> Hlinito-písčité štěrky pod hladinou podzemní vody (geotyp FL1). Střípkovitě rozpadavá břidlice (geotyp VNC1).	
Podmínky pro ražení: velmi nepříznivé Stabilita horniny v čase: nulová, hornina tlačivá Délka nevystrojených částí výrubu: 0,0 m Tvoření nadvýlomů: plastické přetváření	

Při ražbě v převážné části trasy nepředpokládáme vytvoření horninové klenby a štolu doporučujeme dimenzovat na plný tlak nadloží.

Při ražbě podzemní stavby se vyvolané deformace v horninovém masivu částečně přenášejí na terén, povrchovou zástavbu, inženýrské sítě a další stavby a projektová dokumentace nové stavby musí tedy respektovat i požadavky na jejich ochranu. Vychází přitom z odhadované nebo vypočtené velikosti a průběhu deformace horninového masivu a normami nebo výpočtem udané přípustné hodnoty relativní deformace, které dané objekty neporuší.

Výstavba bude v daném prostředí z geotechnického hlediska **náročnou konstrukcí ve složitých geologických poměrech**, při jejímž návrhu bude nutno bezpochyby postupovat podle zásad **3. geotechnické kategorie**. Velmi významné z technického či ekonomického hlediska mohou být i některé další faktory (např. zvodnělé fluvialní sedimenty). Proto je paralelně s projektovými pracemi nutno upřesňovat i znalosti o horninovém prostředí při vlastní realizaci stavby a využívat výsledky geotechnického monitoringu.

Celá trasa projektované kanalizace byla rozčleněna do celkem 4 kvazihomogenních celků. Každý tento celek je vymezen obdobnými geotechnickými vlastnostmi zemin a hornin. Kvazihomogenní celek 1 a 2 jsou pro úsek kanalizace, které budou realizovány protlakem. Kvazihomogenní celek 3 a 4 jsou pro úsek ražené kanalizace pomocí konvenční metody.

9.2 Geotechnický monitoring

Před i během provádění stavby je nutné zajistit kontrolní měření a sledování při stavbě – geotechnický **monitoring** (GTM), který je souborem měření a pozorování prováděných na základě dokumentace kontrolního měření a sledování při stavbě. Tyto měření jsou zaměřeny na sledování všech účinků v okolí stavby vymezené poklesovou zónou a zónou ohrožení.

Monitoring musí být zahájen v předstihu před započatím stavební činnosti z důvodu zdokumentování původního klidového stavu. Návrh GTM je součástí souhrnné technické zprávy (DSP) a doporučujeme provést tato měření:

- pořízení pasportizace dotčených objektů historické zástavby a inženýrských sítí
- konvergenční měření provizorního ostění při ražbě či hloubení šachet (možno také nazvat „Operativní GTM“)

- kontrolní měření deformací nadzemních objektů a povrchu terénu i inženýrských sítí v prostoru teoretické poklesové zóny tvořené zálomovým úhlem, (možno nazvat „Kontrolní GTM“), kontrolní měření objektů a inženýrských sítí, musí být zahájeno v předstihu před zahájením všech prací tzv. nulovým měřením
- inženýrskogeologické sledování při hloubení šachet a ražby štol
- měření koroze (bludné proudy) při realizaci výztuže definitivního ostění šachet
- v předstihu realizovat hydrogeologický vrt pro monitorování vlivu ražby na úroveň hladiny podzemní vody

10 ZÁVĚR

V rámci předkládaného podrobného GTP byly na základě dostupných archivních materiálů a nových **6 jádrových inženýrsko-geologických vrtů** o celkové délce **41,5 m** ověřeny a upřesněny inženýrskogeologické a geotechnické podmínky pro navrhovanou stavbu.

Na základě zjištěných poznatků hodnotíme geologické poměry v zájmového území hodnotíme jako spíše **složitě**. Na základě složitosti inženýrskogeologických poměrů a náročnosti konstrukce a s přihlédnutím ke geotechnickému riziku řadíme stavbu do **3. geotechnické kategorie**.

Podle požadavků na inženýrskogeologickou dokumentaci podzemních děl § 17 vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., v aktuálním znění podle vyhlášky 265/2012 Sb., z roku 1.9.2012 byly na základě výše zmíněného geologického řezu pro jednotlivé úseky ražby stanoveny takzvané kvazihomogenní celky, které zahrnují úseky ražby obdobných vlastností. V zařazení do kvazihomogenních celků byly zohledněny inženýrskogeologické vlastnosti horninového masivu a uložení hornin, kvality a orientace vrstevních ploch, soudržnosti, nebezpečí vyjíždění a zavalování, propustnosti a vrtatelnosti. Dále zahrnují informace o průběhu pokryvných útvarů, o hloubce zvětrání skalního podloží a hladiny podzemní vody, výšce celkového a horninového nadloží.

V podrobném inženýrskogeologickém průzkumu byly nově zjištěny tyto pro ražbu kanalizace důležité parametry:

- novými průzkumnými vrtů bylo upřesněno rozhraní jednotlivých geotypů a jejich strukturní složení včetně průběhu skalního podloží, vrtů J1 a HJ2 zastihly povrch vinických břidel cca o 0,5 – 1,0 m výše, než bylo uvedeno v IG rešerši.
- laboratorními zkouškami zemin u geotypu FL byl analyzován štěrk s příměsí jemn. zeminy G3 G-F, a štěrk s příměsí jemn. zeminy a kamenů G3 G-F-Cb, viz kap. 8.2,

- laboratorní zkoušky ověřily pevnost hornin v prostém tlaku a tahu, a dále index pevnosti hornin při bodovém zatížení, viz kap. 8.3,
- novými chemickými analýzami byla upřesněna **agresivita prostředí** na beton, **XA1** (XA2) a ocel, **stupeň IV.**, viz kap. 7,
- z laboratorních výsledků vyplývá, že kontaminace prostředí je <100mg/kg a obsah organických látek v zemině je 1,6% viz. kapitola 8.5
- rozmělněná **hornina** bude ve vodě náchylná **k bobtnání, rozbředání**
- při ražbě za pomoci technologie mikrotunelování předpokládáme **zvýšenou lepidivost rubaniny**
- novými průzkumnými vrtly byla zjištěna stávající úroveň hladiny podzemní vody, čerpacím pokusem z vrtu HJ2 zjištěna **transmisivita $T = 1,98 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$** a vydatnost přítoků, viz kap. 5.2 a 6,
- při vlastní realizaci stavby doporučujeme zajistit průběžné inženýrskogeologické sledování ražeb.

V Praze, srpen 2022

Vypracoval:

RNDr. Radovan Chmelař, PhD.

vedoucí oddělení Inženýrské geologie a geomonitoringu

Mgr. Miroslav Kolařík
odpovědný řešitel geologických prací

11 LITERATURA

- 1 ČSN 72 1001: Pojmenování a popis hornin v inženýrské geologii, 1989
- 2 ČSN 72 1002: Klasifikace zemin pro dopravní stavby, 1993
- 3 ČSN 73 1002: Pilotové základy, 1987
- 4 ČSN P 73 1005: Inženýrskogeologický průzkum, 2016
- 5 EUROKÓD 7 – ČSN EN 1997-1 (73 1000): Navrhování geotechnických konstrukcí, část 1: Obecná pravidla, 2006
- 6 EUROKÓD 7 – ČSN EN 1997-2 (73 1000): Navrhování geotechnických konstrukcí, část 2: Průzkum a zhodnocení základové půdy.
- 7 ČSN EN ISO 14688-1 (72 1003): Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování zemin – Část 1: Obecná pravidla, 2003
- 8 ČSN EN ISO 14688-2 (72 1003): Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování zemin – Část 2: Zásady pro zatřídování, 2005
- 9 ČSN EN ISO 14689-1 (72 1005): Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování hornin – Část 1: Pojmenování a popis, 2004
- 10 EUROKÓD 8 – ČSN EN 1998-1 (73 0036): Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení, Část 1: Obecná pravidla, 2006
- 11 ČSN P EN 206-1: Beton. Vlastnosti, výroba, ukládání a kritéria hodnocení. 2001.
- 12 ČSN EN 1998-1 (73 0036): Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1. 2006
- 13 ČSN 73 6133: Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací, 2010
- 14 Ceník pro stavební účely 800-2: Příloha č. 2: Klasifikace pro vrtání pilot
- 15 Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace – technické podmínky (TP 76, část A a B), MDS ČR, 2009.
- 16 DEMEK et al. (2006): Hory a nížiny, Zeměpisný lexikon ČR. Vydáno Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR (AOPK ČR).
- 17 MASOPUST, J. (1994): Vrtané piloty. Čeněk a Ježek s.r.o.
- 18 <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>, Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů.
- 19 <https://mapy.geology.cz/geocr50/>, Geologická mapa oblasti 1:50000, ČGS, 2019
- 20 https://mapy.geology.cz/dulni_dila_poddolovani/, Důlní díla a poddolovaná území, ČGS, 2019
- 21 <https://mapy.geology.cz/suris/>, Surovinový informační systém, ČGS, 2019
- 22 https://mapy.geology.cz/svahove_nestability/, Svahové nestability, ČGS, 2019