

DP 2897

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE
ÚSTAV HYDROGEOLOGIE, INŽENÝRSKÉ GEOLOGIE A UŽITÉ GEOFYZIKY
Albertov 6, 128 43 Praha 2



Diplomová práce

**Výskyt a vlastnosti zemín s organickou příměsí v okolí
Vodičkovy ulice, Praha 1**

MSc Thesis

**Occurrence and properties of soils with organic admixture in
surroundings of Vodičkova street, Prague 1**

Marián Steiger

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D.
Odborní konzultanti: Ing. J. Boháč, CSc., RNDr. Jan Marek, CSc.

Praha, září 2008

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením RNDr. Radovana Chmelaře, Ph.D. a za odborné pomoci Ing. J. Boháče, CSc. a RNDr. J. Marka, CSc. na Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky. Všechny použité prameny jsem řádně uvedl v seznamu použité literatury.

Praha, září 2008


Marián Steiger

Tímto by jsem chtěl velice poděkovat všem lidem, kteří mi pomáhali a podporovali mě při psaní diplomové práce.

Na prvním místě děkuji hlavně RNDr. Radovanu Chmelařovi, Ph.D za vedení a za poskytnutí řadě cenných informací, rad a podkladových materiálů, bez kterých by byla tato práce ochuzená.

Ing. Janu Boháčovi, CSc. a RNDr. Davidu Mašínovi, MPhil., PhD děkuji za konzultace laboratorních zkoušek.

RNDr. Janu Markovi, CSc. děkuji za konzultace při sestavování map.

Dále bych rád poděkoval Mgr. Liboru Sílovi a Ing. Boleslavu Březinovi z firmy PUDIS, a.s.

Děkuji také Mgr. Haně Křížové z SG Geotechnika, a.s. za pomoc a konzultaci laboratorních zkoušek.

Děkuji Ing. Filipovi Peněčevovi za pomoc při zpracování map.



Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky
Oddělení inženýrské geologie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno diplomanta: Marián Steiger

Studijní obor a specializace: Geologie, inženýrská geologie

Datum narození: 25.12.1981

Adresa stálého bydliště: Galandova 1233 Praha 6 163 00

Tel.: 731 109 455

e-mail: majost@centrum.cz

Název diplomové práce: Výskyt a vlastnosti zemin s organickou příměsí v okolí Vodičkovy ulice, Praha 1

Pracoviště, kde je diplomová práce řešena: ÚHIGUG, odd. inženýrské geologie

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D.

Konzultanti: Ing. J. Boháč, CSc., RNDr. J. Marek, CSc.

Stručná specifikace zadání:

*Rešerše archivních materiálů o geologické prozkoumanosti území a základní popisné vlastnosti zemin s organickou příměsí

*Vytvoření účelové inženýrskogeologické mapy a podélných řezů se zaměřením na výskyt zemin s organickou příměsí

*Laboratorní zkoušky provedené na zemině s organickou příměsí v okolí Vodičkovi ulice

Abstract

The topic of this MSc Thesis is the occurrence and properties of holocene soils with organic admixture in the surroundings of Vodičkova street in Prague 1 – New Town. These sediments were encountered above the level of the a service tunnel during its construction Centrum I.A Vodičkova street. Some older geological and historical references about these sediments and their distribution in the centre of Prague exists, but they have not been mapped and investigated in details yet. The work contains literature review research of geologic literature, results of performed laboratory tests on soil with organic admixture (compressibility, shear strength, organic matter content, humidity, designation and description), map of engineering geological conditions at the scale of 1:1000, map of documentation points at the scale of 1:1000, geological longitudinal sections of Školská street and V Jámě street at the scale of 1:200, list of the new documentation points.

Abstrakt

Předkládaná práce se zabývá především výskytem a vlastnostmi holocénních zemin s organickou příměsí v okolí Vodičkovy ulice v Praze 1 – Nové Město. Při výstavbě kolektoru Centrum I.A trasa Vodičkova byly tyto sedimenty zastiženy nad úrovní kolektoru. O jejich rozšíření v centru Prahy existují zmínky ve starších geologických a historických publikacích či zprávách, ale zatím nebyly zmapovány a detailněji zkoumány. Práce se zabývá rešerší literatury o geologické prozkoumanosti v zájmovém území, laboratorními zkouškami na zeminách s organickou příměsí (stlačitelnost, smyková pevnost, obsah organických látek, vlhkost, zatřídění, popis) a tvorbou inženýrskogeologických map. V rámci práce byly vypracovány účelová mapa inženýrskogeologických poměrů v měřítku 1:1000, mapa dokumentačních bodů v měřítku 1:1000, dále geologický řez ulicemi Školská a V Jámě v měřítku 1:200, a v neposlední řadě práce obsahuje seznam nových a archivních dokumentačních bodů a výsledky provedených laboratorních zkoušek, které jsou samostatnými přílohami práce.

Abstract	1
Seznam použitých zkratk a symbolů:.....	5
Geotechnické veličiny.....	5
Výpočtové veličiny.....	6
1 Úvod.....	7
2 Současný stav poznání	8
2.1 Geologická prozkoumanost území.....	8
2.2 Základní vlastnosti organických látek a zemin s organickou příměsí	10
3 Metodika práce.....	13
3.1 Metodika sestavování účelových inženýrskogeologických map.....	13
3.1.1 Mapa inženýrskogeologických poměrů.....	14
3.1.2 Mapa dokumentačních bodů	16
3.1.3 Podélné geologické řezy	17
4 Přehled přírodních poměrů zájmového území	19
4.1 Geomorfologické poměry	19
4.2 Geologické poměry.....	19
4.2.1 Kvarterní pokryvné útvary	19
4.2.1.1 Antropogenní uloženiny - navážky a zavážky (recent).....	20
4.2.1.2 Holocénní náplavy (holocén až recent)	20
4.2.1.3 Deluviální (pleistocén) a deluviofluviální sedimenty (holocén až recent)	20
4.2.1.4 Terasové sedimenty Vltavy (pleistocén).....	21
4.2.2 Horniny předkvarterního skalní podkladu - ordovik.....	22
Facie prachovitých břidlic - dobrotivské břidlice	22
4.3 Hydrogeologické poměry.....	23
4.3.1 Podzemní vody v maninské terase (poříční podzemní vody)	24
4.3.2 Terasové podzemní vody (v terase Karlova náměstí).....	24
4.3.3 Podzemní vody ve skalním podloží.....	25
4.3.4 Agresivita podzemních vod na betonové konstrukce.....	26
4.4 Inženýrskogeologické a geotechnické poměry území s výskytem sedimentů s organickou příměsí.....	28
4.4.1 Antropogenní navážky a násypy.....	28
4.4.2 Holocénní až recentní náplavy.....	29
4.4.3 Deluviální a deluviofluviální sedimenty	30
4.4.3.1 Deluviální sedimenty	30
4.4.3.2 Deluviofluviální sedimenty.....	30
4.4.4 Terasové sedimenty.....	30
4.4.5 Dobrotivské břidlice - dobrotivské souvrství.....	31
4.5 Poznátky z archeologických průzkumů	34

5	Výsledky provedeného mapování	36
6	Projevy ražby kolektoru Centrum I. A trasa Vodičkova na terénu v oblasti výskytu zemin s organickou příměsí	38
7	Laboratorní zkoušky na zeminách s organickou příměsí.....	41
7.1	Odběr vzorků	42
7.2	Přirozená vlhkost, Atterbergovy meze a zdánlivá hustota pevných částic	43
7.3	Stanovení obsahu organických látek.....	44
7.3.1	Stanovení obsahu jemné organické frakce ztrátou žíháním	44
7.3.2	Stanovení obsahu organické frakce oxidimetricky	45
7.4	Zatřídění a popis zemin	46
7.4.1	Popis zemin ze souhrnu laboratorních zkoušek	46
7.4.2	Popis zemin in situ	47
7.5	Stlačitelnost - zkoušky v edometru	48
7.5.1	Pracovní postup – metodika zkoušek	48
7.5.2	Výsledky edometrických zkoušek.....	52
7.6	Pevnost zemin - krabicové smykové přístroje	61
7.6.1	Pracovní postup – metodika zkoušek	61
7.6.1.1	Příprava rekonstituovaných vzorků	62
7.6.1.2	Příprava neporušených vzorků	62
7.6.2	Výsledky smykových zkoušek	63
7.6.2.1	Výsledky rekonstituovaných vzorků.....	63
7.6.2.2	Výsledky neporušených vzorků.....	63
7.6.3	Shrnutí výsledků zkoušek ve smykových přístrojích.....	64
7.6.3.1	Rekonstituované vzorky	64
7.6.3.2	Neporušené vzorky	64
7.7	Závěr laboratorních zkoušek	66
7.7.1	Vzorek z ulice V Jámě	66
7.7.2	Vzorek z ulice Vodičkova	67
7.7.3	Vzorek z ulice Školská	67
8	Závěr	69
9	Použité podklady	70

Seznam volných příloh

Příloha č. 1: Mapa inženýrskogeologických poměrů v měřítku 1:1000

Příloha č. 2: Mapa dokumentačních bodů v měřítku 1:1000

Příloha č. 3: Podélný geologický řez A - A' v ulici Školská v měřítku 1:200

Příloha č. 4: Podélný geologický řez B - B' v ulici V Jámě v měřítku 1:200

Příloha č. 5: Dokumentační body

Příloha č. 6: Protokoly laboratorních zkoušek

Seznam použitých zkratek a symbolů:

Geotechnické veličiny

Symbol	Význam
C	výškový součinitel stlačitelnosti (1)
c'	efektivní soudržnost (kPa)
C_c	číslo křivosti křivky zrnitosti, nebo index stlačitelnosti (upřesněno v textu, 1),
C_u	číslo nestejnozrnosti (1)
e	číslo pórovitosti (1)
E	modul pružnosti (MPa)
E_{def}	modul přetvárnosti (MPa)
E_{oed}	edometrický modul (MPa)
I_C	stupeň konzistence (1)
I_{om}	množství vyžíhatelných organických látek (%)
I_p	číslo plasticity (%)
k_f	součinitel filtrace ($\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$)
R_{dt}	tabulková výpočtová únosnost (kPa, MPa)
$S_{r0,f}$	stupeň nasycení na začátku a konci zkoušky (%)
w_0	počáteční vlhkost (%)
w_{fin}	vlhkost konečná (%)
w_n	přirozená vlhkost (%)
w_L	vlhkost na mezi tekutosti (%)
w_p	vlhkost na mezi plasticity (%)
γ	objemová tíha ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)
ν	Poissonovo číslo (1)
ρ_d	počáteční objemová hmotnost sušiny ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
σ_c	pevnost v prostém tlaku (MPa)
τ	smyková pevnost (kPa)
Φ'	úhel vnitřního tření ($^\circ$)
Φ_{cr}	kritický úhel vnitřního tření ($^\circ$)

Výpočtové veličiny

Symbol	Význam
C	výškový součinitel stlačitelnosti (1)
C_c	index stlačitelnosti (1)
e_0	počáteční číslo pórovitosti (1)
e	číslo pórovitosti na konci přitěžovacího stupně (1)
ϵ_a	osové přetvoření vzorku,
F	síla působící na pružný poloprostor (kN)
I_{oz}	množství vyžíhatelných organických látek (%)
m	hmotnost vzorku (g)
m_d	hmotnost navážky vysušeného vzorku (g)
m_d'	hmotnost vyžíhaného vzorku (g)
m_s	hmotnost sušiny (g)
n_0	pórovitost (%)
ρ	počáteční objemová hmotnost vzorku ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
ρ_{dfin}	konečná objemová hmotnost sušiny ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
ρ_s	zdánlivá hustota pevných částic ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
σ	totální napětí (kPa)
σ'	efektivní napětí (kPa)
Φ'	úhel vnitřního tření (°)
Φ_{cr}	kritický úhel vnitřního tření (°)

1 Úvod

V rámci ukončení magisterského studia na Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky Přírodovědecké fakulty UK v Praze jsem si původně v roce 2006 zvolil téma závěrečné diplomové práce „Kolektory Centrum I. A trasa Vodičkova ulice a kolektory Václavské náměstí v Praze“. Cílem tohoto zadání byla především geologická dokumentace kolektoru, její zpracování a vyhodnocení.

Jelikož však ražby kolektoru Vodičkova byly ukončeny bez plynulé návaznosti na uvažovanou výstavbu kolektorů na Václavském náměstí, musel jsem téma diplomové práce pozměnit a přizpůsobit daným podmínkám.

Při ražbě kolektoru Centrum I. A pod ulicí Vodičkova byly v jeho nadloží zastiženy v oblasti ulic Vodičkova, Školská a V Jámě holocénní náplavy s organickou příměsí. Tyto náplavy v minulosti vyplňovaly terénní depresi známou též z místních historických názvů jako V jámě, Louže (Zavřel, 2003).

O těchto sedimentech se zmiňuje například Záruba (1948). Zmínky o tomto mokřadu lze najít i ve starších historických pramenech, ale zatím rozsah těchto sedimentů nebyl přesněji vymapován a podroben geotechnickým zkouškám.

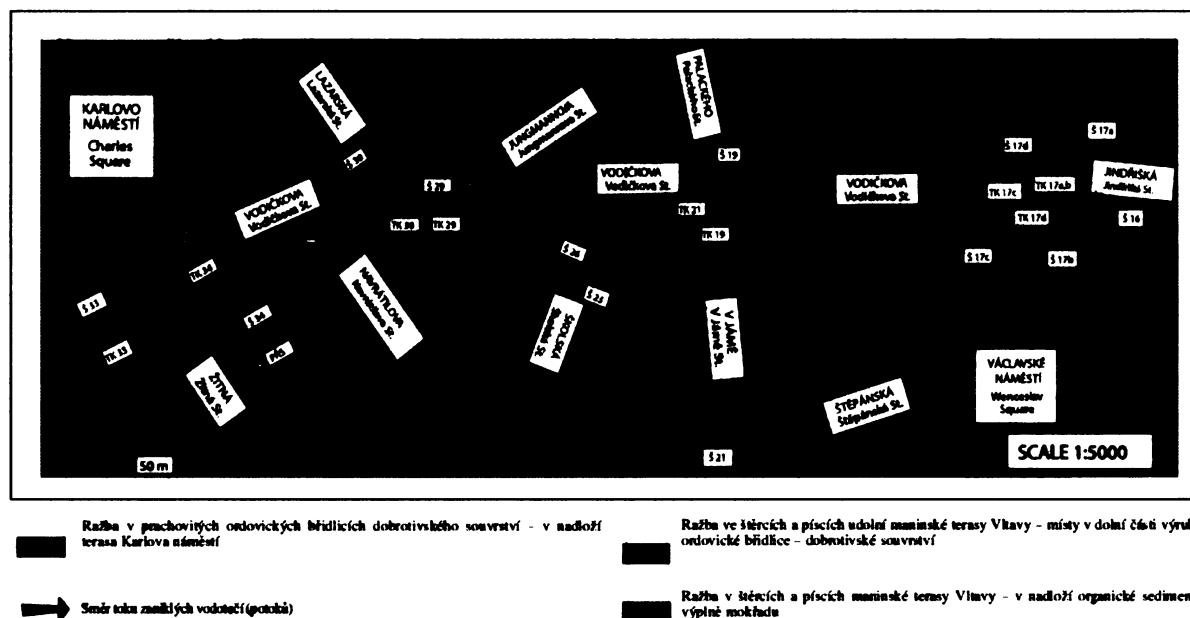
Cílem této diplomové práce je:

- a) rešerše archivních materiálů o geologické prozkoumanosti území,
- b) zjistit popisné vlastnosti sedimentů s organickou příměsí,
- c) soubor účelových inženýrskogeologických map v měřítku 1:1000 se zaměřením na výskyt zemin s organickou příměsí, skládající se z:
 - mapy inženýrskogeologických poměrů v měřítku 1:1000,
 - mapy dokumentačních bodů v měřítku 1:1000,
- d) podélné geologické řezy ulicemi Školská a V Jámě v měřítku 1:200 se zaměřením na výskyt zemin s organickou příměsí,
- e) zjistit popisné vlastnosti zastižených zemin s organickou příměsí (obsah organických látek, vlhkost, zrnitost, popis)
- f) zjistit stlačitelnost a smykovou pevnost zastižených zemin s organickou příměsí

2 Současný stav poznání

2.1 Geologická prozkoumanost území

Zájmové území je vázáno přibližně na území, ve kterém byla realizována výstavba kolektoru Vodičkova, který se nachází v centrální části Prahy 1. Zájmové území je ohraničeno na jihozápadní straně Karlovým náměstím a na severovýchodní straně Václavským náměstím. Jihovýchodní stranu zájmového území přibližně ohraničuje ulice Štěpánská a severozápadní stranu ulice Jungmannova (viz obr. 1).



Obr. 1 Schématická situace kolektoru v ulici Vodičkova (Chmelař a Síla, 2006)

V této práci byla věnována detailní pozornost lokalitě s výskytem holocénních až recentních sedimentů v křížení ulic Jungmannovy, Školské a V Jámě s ulicí Vodičkova.

Při zpracování archivních údajů a geologických podkladů jsem vycházel z prací, které vycházejí z původního členění teras řeky Vltavy podle Záruby (1942 a 1948). Do tohoto členění spadá i terasa Karlova náměstí. Dále jsem vycházel z prací Záruby a Paška (1960), Záruby a Šimka (1964), z práce Píchala et al. (1979) a knihy Neživá příroda Prahy a jejího okolí (Kovanda et al., 2001).

Podrobné inženýrskogeologické mapy v měřítku 1:5000, listy Praha 7-1 (Šimek, 1969) a Praha 7-2 (Šolc, 1969) a jejich vysvětlivky jsem použil jako mapové podklady pro

sestavení nové mapy geologických poměrů v měřítku 1:1000 v zájmovém území.

Dalším z podkladů byly i geologické mapy v měřítku 1:25000, Praha – sever (Králík et al., 1984) včetně jejich vysvětlivek a data zjištěná v Geofondu.

Kromě archivních údajů jsem vycházel i ze současného stavu poznání inženýrskogeologických poměrů v dané lokalitě. Cenným zdrojem informací byl inženýrskogeologický průzkum a monitoring kolektoru centrum I. A – trasa Vodičkova - dokumentace pro územní rozhodnutí (Altmann, 2000), podrobný inženýrskogeologický průzkum pro kolektory Vodičkova (Osláč a Píchal, 2004) nebo inženýrskogeologická dokumentace ražeb kolektorů Vodičkova (Chmelař a Síla, 2007).

2.2 Základní vlastnosti organických látek a zemin s organickou příměsí

Tyto sedimenty lze definovat jako produkt rozkladu rostlinných a živočišných zbytků, hromadících se zejména v prostředí bohatém rostlinstvem nebo živočištvem, a to v místech, kde omezený přístup kyslíku umožnil jejich uchování. Organické látky jsou zvláště hojné v půdách, kde se vyskytují v podobě humusu a v sedimentech kde mají podobu humózní (uhelné substance), živočišné či reziduální organické substance (Petránek, 1993).

Organické látky se v zeminách vyskytují v podobě mikroskopické i makroskopické a vznikají za aerobních či anaerobních podmínek. Tyto látky jsou výsledkem chemických a fyzikálních procesů a jejich vlastnosti závisí i na interakci se zeminou (Terzaghi et al., 1996). Jejich procentuální zastoupení v zemině se odvíjí od stupně dekompozice a na chemickém složení. Při dekompozici organických látek v zemině dochází k přeměně organického materiálu na plyny a roztoky. Je to dlouhodobý proces, který ovlivňuje strukturu zeminy. Minerální složení organických zemin se odvíjí od geneze a místa vzniku. Jejich pH je kyselé (pH = 3,2 až 4,9) a většinu obsahují volné kationty jako např. Mg^{3+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , K^+ , Na^+ (Ushaa, 2006).

Zeminy s organickou příměsí jsou většinou tmavě šedočerné až černé s typickým bahnitým nebo rozkladným zápachem. Velikost organického materiálu v zemině může být až 0,5 m, zejména u rašelin (Ushaa, 2006).

Podle klasifikace USCS se organické zeminy do tří hlavních skupin a to na hrubozrné, jemnozrné (organické jíly a silty) a na rašeliny (Terzaghi et al., 1996).

Organické jíly a silty jsou dobře zrněné, více či méně plastické zeminy s dobře odlišitelnou organickou složkou. V zemině mohou být obsaženy zbytky živočišného (schránky, kosti, ...) a rostlinného původu (stonky, kořínky, větvičky, ...). Barva těchto zemin se pohybuje od světle po tmavě šedou a obsahuje značné množství H_2S , CO_2 a další z plyných produktů přítomných při rozkladu organických materiálů s charakteristickým zápachem. Propustnost siltů je velmi malá a stlačitelnost velmi vysoká (Terzaghi et al., 1996).

Pro tyto silty a jíly je důležitá hydratace. Množství zadržené vody v nich klesá se stupněm dekompozice a tím u nich dochází k poklesu čísla pórovitosti (Terzaghi et al., 1996).

Rašeliny vznikají za nízké teploty a vysoké humidity, jsou vláknité, stlačitelné a mají malou smykovou pevnost (tab. 2). Jsou to zeminy, u kterých akumulace převládá nad rozkladem. Jejich barva je světle žlutá až nažloutlá nebo načervenalá a tmavě hnědá až

černá. Hodnoty smykové pevnosti s rostoucím stupněm dekompozice klesají. Při tomto procesu dochází k úbytku vláknité složky, která zeminu částečně zpevňuje (Ushaa, 2006).

České normy ČSN 73 1001 a ČSN 72 1001 uvádí, že příměs organických látek menší než 5% u jemnozrnných zemin a 3% u písčitých zemin se zanedbává. Přihlíží se zejména ke stupni prouhelnění rostlinných zbytků. Zeminy s nezanedbatelným obsahem rostlinných zbytků se nazývají organické a jejich vlastnosti se stanovují v jednotlivých případech podle výsledků zkoušek a podle místních zkušeností. Větší množství organické příměsi znemožňuje využití organických zemin jako základové půdy. Kritická horní hranice obsahu organických látek se posuzuje individuálně podle konkrétních podmínek.

Podle ČSN EN ISO 14688-2 se zeminy s organickými složkami zatřídí podle obsahu organických látek v zemině a musí být rozlišeno zda se jedná o „zeminu organickou“ či „minerální zeminu s obsahem organických látek“. Zatřídování hrubých a složených organických zemin in situ je založeno na druhu organické hmoty a organické zeminy, genetickém původu a stupni rozložení jednotlivých součástí. Zatřídování zemin s organickou složkou je uvedeno v tab. 1 (dle ČSN EN ISO 14688-2).

Organický materiál ovlivňuje chování zeminy vysokou plasticitou, vysokou stlačitelností, malou propustností či malou smykovou pevností. Pevnost a tuhost zemin je ovlivněná mírou rozloženého organického materiálu, neboť nerozložený vláknitý charakter látek může zeminu zpevnit. Zeminy s organickou příměsí dosahují vysokých hodnot vlhkosti a způsobují bobtnání zeminy. Bobtnáním může dojít ke kritickému vysoušení zeminy, což má vliv na pokles Atterbergových mezí. Významnou roli hraje i objemová hustota suché zeminy, která s rostoucím zastoupením organické příměsi klesá a tím výrazně ovlivňuje stlačitelnost zeminy (Mitchell a Soga, 2005).

Přítomnost organických látek může mít nežádoucí účinky na inženýrské vlastnosti zemin. Snižuje únosnost, zvyšuje stlačitelnost, náchylnost k bobtnání a smršťování. Plyn může způsobit okamžité velké sednutí, ovlivnit součinitel konsolidace a smykovou pevnost odvozené na základě laboratorních zkoušek. Organické zeminy mají zhoršující účinek na stabilizaci zemin použitých v silničním stavitelství (např. násypy) a jsou obvykle spojeny s nízkým pH a ve všech případech s přítomností síranů, které mohou mít negativní vliv na základy (dle ČSN EN 1997-2).

Nežádoucí účinky těchto zemin s organickou příměsí se významně projevují v městské zástavbě. Vlivem těchto látek může dojít k poklesu terénu. S rostoucí mocností

vrstvy organických zemin, s rostoucím zastoupením organických látek zemině nebo jejich vysoká vlhkost se výrazněji projevuje na poklesu terénu v městské zástavbě (Gould, Bedell a Muckle, 2002).

Zemina	Obsah organických látek ($\leq 2\text{mm}$) v % hmotnosti suché navážky
Nízko – organická	2 až 6
Středně – organická	6 až 20
Vysoko – organická	> 20

Tab. 1 Zatřídění zemin s organickou složkou (podle ČSN EN ISO 14688-2)

V tab. 2 jsou uvedeny hodnoty přirozené vlhkosti w_n , obsahu organických látek, efektivní parametry smykové pevnosti (úhel vnitřního tření Φ' a soudržnost c'), hodnoty indexu stlačitelnosti C_c a výškového součinitele stlačitelnosti C (definice jsou uvedeny na str. 58), které charakterizují zeminy s organickou příměsí. Z rešerše literatury zemin s organickou příměsí jsem zjistil některé hodnoty pro zeminy jako jsou organické jíly a silty (Terzaghi et al., 1996, <http://www.fine.cz/>), rašeliny (Ushaa, 2006, <http://www.fine.cz/>) a holocénní humózní náplavy (Záruba a Šimek, 1964).

ČSN 1997-2 doporučuje zjištění následujících vlastností zemin s obsahem organických látek: zrnitost, vlhkost, ulehlost, relativní hutnost, propustnost, vrstevní sled, Atterbergovy meze, zdánlivá hustota pevných částic, obsah organických látek, stlačitelnost a smyková pevnost.

	$w_n(\%)$	org. (%)	$\Phi_{ef} (^\circ)$	$c_{ef} (\text{kPa})$	$C_c (-)$	$C (-)$
organické jíly	110	20	-	-	4 a více	-
organický silt	130	20	-	-	1,5 - 4,0	-
rašeliny	až 1000%	75 a více	3 - 25	6 - 17	10 - 15	2 - 25
humózní náplavy	44,7	5,5 - 10,9	10 - 34	9 - 36	-	13 - 40

Tab. 2 Vlastností zemin s organickou příměsí (dle Záruby a Šimka, 1964, Ushaa, 2006, Terzaghi et al., 1996, <http://www.fine.cz/>)

3 Metodika práce

3.1 Metodika sestavování účelových inženýrskogeologických map

Jedním z úkolů diplomové práce bylo zjistit geologické poměry pokryvných útvarů se zaměřením na zeminy s organickou příměsí v okolí Vodičkovy ulice.

Mapovací práce v centru Prahy jsou ztíženy mocnými navážkami, proto jsem většinu informací čerpal z vlastní geologické dokumentace šachet pro opravu kanalizace či štol pro opravu domovních kanalizačních přípojek, z geologické dokumentace archivních sond, z podkladů z Geofondu, PUDISu, a.s., Pragoprojektu, a.s., archeologických výzkumů a z konzultací s odborníky z uvedených geologických pracovišť.

Vypracoval jsem mapu inženýrskogeologických poměrů a mapu dokumentačních bodů v měřítku 1:1000. Dále jsem vypracoval podélný geologický řez ulicí Školská (A-A') a podélný geologický řez ulicí V Jámě (B-B') v měřítku 1:200. Oba řezy jsou nepřevýšené.

Přehlednou situaci kolektoru Centrum I. A trasa Vodičkova v měřítku 1:1000 a podklad pro podélné geologické řezy v měřítku 1:200 jsem převzal od firmy PUDIS a.s. Tuto přehlednou situaci jsem použil jako podklad při zpracování inženýrskogeologické mapy a mapy dokumentačních bodů v měřítku 1:1000, jelikož dobře zachycuje zájmovou oblast. Zájmová oblast se nachází na mapovém listu Praha 7-1 (v jihovýchodním cípu) a částečně zasahuje i do mapového listu Praha 7-2 (severovýchodní cíp) v měřítku 1:5000.

V mapě dokumentačních bodů jsem zanesl nové a archivní dokumentační body a vyznačil jsem podélné geologické řezy vedené ulicí V Jámě a ulicí Školská. Převzaté podklady podélných geologických řezů jsem doplnil o vlastní a archivní dokumentační body. Na základě těchto bodů jsem v řezech a mapě inženýrskogeologických poměrů v měřítku 1:1000 graficky znázornil geologické poměry se zaměřením na výskyt holocénních až recentních sedimentů. Mapy včetně řezů jsou k diplomové práci připojeny jako volné přílohy (přílohy č. 1 až 4).

Základem úprav mapových podkladů v elektronické podobě byla práce v programech AutoCAD a ATLAS DMT.

Mapu dokumentačních bodů v měřítku 1:1000 a podélné geologické řezy v měřítku 1:200 jsem zpracoval ve verzi AutoCAD 2007.

Mapu geologických poměrů v měřítku 1:1000 jsem zpracoval v programu ATLAS –

digitální model terénu, verze 4.

Konzultantem inženýrskogeologických map byl RNDr. J. Marek, CSc. Mapu jsem zpracoval na podobném principu metodiky geologického mapování, kterou popisuje Šimek (1972) a Králová (1973).

Přípravu a vypracování mapy inženýrskogeologických poměrů a mapy dokumentačních bodů jsem provedl dle metodiky, kterou se sestavovaly inženýrskogeologické mapy 1:5000 v Praze. Autorem této metodiky byl RNDr. R. Šimek, CSc.. Ta byla v průběhu času zpřesňována a zdokonalována a její definitivní podoba byla upravena podle požadavků objednatele podrobných inženýrskogeologických map hlavního města Prahy 1:5000 (Králová, 1973).

Jelikož navazuji na výše zmíněné inženýrskogeologické mapování v měřítku 1:5000 rozhodl jsem se, že tuto metodiku použiji i při zpracování vlastní inženýrskogeologické mapy a mapy dokumentačních bodů v měřítku 1:1000.

Podrobné inženýrskogeologické mapy hlavního města Prahy v měřítku 1:5000 se skládají vždy ze čtyř paralelních map pro území jednoho listu (Králová, 1973). V diplomové práci jsem však vytvořil pouze dvě mapy. Nevypracovával jsem mapu mocností pokryvných útvarů a to proto, že v mapě geologických poměrů jsou všechny pokryvné útvary přehledně zakresleny, takže mapa mocností pokryvných útvarů by byla nadbytečná. A také jsem nevypracoval samostatnou mapu hydrogeologických poměrů, jelikož by se dle nových poznatků nelišila od své předlohy - mapy hydrogeologických poměrů v měřítku 1:5000. Směr proudění podzemní vody, hydroizohypsy, hladinu podzemní vody před ražbou a agresivitu podzemní vody jsem zanesl do mapy inženýrskogeologických poměrů v měřítku 1:1000.

3.1.1 Mapa inženýrskogeologických poměrů

Účelová mapa inženýrskogeologických poměrů představuje podrobnou geologickou mapu, která zobrazuje horniny předkvarterního (skalního) podkladu po celé ploše listu se všemi horninami pokryvných útvarů a s navážkami, včetně údajů o mocnosti pokryvných útvarů a navážek (Šimek, 1972).

Podle Šimka (1972) je tato mapa konstruovaná jako mapa odkrytá do 2 metrů. Horniny předkvarterního (skalního) podkladu jsou znázorněny hnědošedou šrafovou. Šrafy pro

jednotlivá souvrství jsou uvedeny v souhrnných vysvětlivkách v legendě na okraji mapy. Stejnou barvou jsou kresleny i hranice souvrství (ověřená plnou čarou, předpokládaná přerušovanou čarou), tektonické linie a znaménka směrů a sklonů vrstev, případně směrů a sklonů vyznačených puklin. V mé práci jsem se především zabýval pokryvnými útvary. Proto v této mapě nejsou aktualizované informace o předkvarterním (skalním) podkladu.

Horniny předkvarterního (skalního) podkladu se u zvrásněných souvrství a u staršího paleozoika rozumějí horniny v původním uložení se zachovalou strukturou horniny (Šimek, 1972).

Horniny pokryvných útvarů (zeminy) jsou znázorněny barvou plochy (v první vrstvě) a barvou horizontálních proužků (ve druhé vrstvě). Mocnost (hloubka báze) hornin pokryvných útvarů je vyjádřena jednak odstínováním barvy, jednak značkami (oboje v plochách i v proužcích). Hloubka báze hornin ve druhé vrstvě je udána součtem s vrstvou první, tj. od povrchu území. Rozlišují se hloubkové stupně 2-4, 4-6, 6-10 metrů a více než 10 metrů. Kde musela být pro nedostatek sondovacích prací nebo odkryvů mocnost pokryvných útvarů odhadována nebo kde jejich mocnost nepravidelně kolísá, spojují se některé hloubkové stupně. Odstínem barvy se pak znázorňují hloubkové poměry. Pro deluviální sedimenty při čtení barvy této horniny v mapě podává doplňující informaci i šrafa matečné horniny. Pro zobrazení hornin pokryvných útvarů byly vymezeny základní typy, které svým výskytem převažují a které se zobrazují barvou bez doplňkové šrafy. Méně časté varianty těchto hornin se vyjadřují doplněním černou šrafou. Doplňkové šrafy mají význam jednak všeobecný nebo jen místní, kdy platí jen pro určitý výskyt na omezeném území. Ve vysvětlivkách takto použité šrafy je třeba uvést regionální vymezení (Šimek, 1972).

Hranice pokryvných útvarů se kreslí silněji černou čarou, v první vrstvě (od povrchu) plnou a ve druhé vrstvě přerušovanou. Čáry stejných hloubek bází hornin pokryvných útvarů se kreslí slabší černou barvou, v první vrstvě plnou a ve druhé přerušovanou (kromě navážek). Jsou to hranice barvených odstínů (Šimek, 1972).

Navážky jsou v této mapě vyznačeny svislým přerušovaným červeným rastrem a to tak, že navážky o mocnosti 2-4 metry jsou kresleny řídkým rastrem a navážky o větší mocnosti rastrem hustším, s udáním zjištěné hloubky v místě ověření. Pro ověřená omezení navážek se užívá červená čára plná, pro neověřená omezení čára přerušovaná. Omezení navážek je často shodné s hranicí hornin pokryvných útvarů, červená omezení navážek se proto většinou nekreslí. Mocnost navážek se udává až po hranici přírodních pokryvných

útvary, které se nacházejí pod navážkami. Pro kreslení hranic pokryvných útvarů v mapě se však navážky neuvažují za první vrstvu pokryvných útvarů (Šimek, 1972).

Další pokryvné útvary jsou také v mapě zakresleny podle uvedené metodiky. Výskyt holocénních až recentních sedimentů s organickou příměsí (fluviodeluviální výplň splachové deprese, limnické sedimenty mokřadu a navážky s organickými deponiemi odpadů) jsou v mapě zakresleny odstíny tyrkysově modré barvy, deluviální sedimenty mají hnědou barvu a terasové sedimenty jsou zakresleny odstíny zelené

Fluviodeluviální výplň splachové deprese, limnické sedimenty mokřadu a navážky s organickými deponiemi odpadů jsem v mapě inženýrskogeologických poměrů zakreslil do společné vrstvy, jelikož sedimenty se navzájem prolínají a střídají. Nově zakreslená mapa inženýrskogeologických poměrů v měřítku 1:1000 je přílohou č. 1. Na doporučení RNDr. J. Marka, CSc. jsem do této mapy zakreslil směr proudění podzemní vody, hydroizohypsy, zjištěnou hladinu podzemní vody z jednotlivých vrtů a agresivitu podzemních vod.

3.1.2 Mapa dokumentačních bodů

Mapa dokumentačních bodů obsahuje veškerou dostupnou geologickou dokumentaci na území daného mapového listu, v níž jsou zahrnuty práce starší i nové. Jsou v ní vyznačena všechna místa, kde byly prováděny různé průzkumné práce.

Stejně jako mapu geologických poměrů, tak i tuto mapu jsem vytvořil v měřítku 1:1000 (příloha č. 2) a použil jsem ji jako podklad pro zakreslení mapy inženýrskogeologických poměrů v měřítku 1:1000.

V mapě dokumentačních bodů jsem zakreslil archivní sondy, jejíž součástí jsou geologické sondy (černě vyplněné kroužky) a hydrogeologické vrtů a studny (modře vyplněné kroužky), studny (kroužky s modrou šrafou). Dále jsem do mapy zanesl vlastní dokumentační body (černě vyplněné obdélníky), resp. šachty pro opravu kanalizace či kanalizačních domovních přípojek. U všech archivních dokumentačních bodů jsem zanechal jejich původní číselné označení. Velkým zdrojem dat byla firma PUDIS, a.s. Další data jsem získal z firmy Pragoprojekt, a.s. a z Geofondu. Nejcennějšími daty byly archivní sondy, které byly dokumentovány při ražbě kolektoru Centrum I. A trasa Vodičkova a při výstavbě budovy Galerie Myšák.

Pro přehlednost jsem v mapě dokumentačních bodů u každé sondy připsal a barevně odlišil hloubky báze pokryvných útvarů od povrchu komunikace. Čísla jsou uvedena ve sloupcích, kde každé spodní číslo vyznačuje dosaženou hloubku dokumentované sondy. Hlavním problémem při zpracování archivní dokumentace bodů byla jejich různorodá kvalita nebo subjektivní pohled při dokumentaci horninového prostředí. Proto jsem v několika nejasných případech vycházel z mapových podkladů listu Praha 7-1 (Šimek, 1969) a listu Praha 7-2 (Šolc, 1969).

V mapě je červeně vyznačena trasa kolektoru Vodičkova. Černou přerušovanou čarou jsem vyznačil podélné geologické řezy, které jsou vedené ulicemi Školská (A-A') a V Jámě (B-B').

Geologická dokumentace archivních i nových dokumentačních bodů je k práci přiložena jako příloha 5.

3.1.3 Podélné geologické řezy

Oproti inženýrskogeologickým mapám Prahy v měřítku 1:5000, kde byly sestavovány inženýrskogeologické řezy se čtyřnásobným převýšením v měřítku 1:2000/1:500, jsem sestavil nepřevýšené podélné geologické řezy v měřítku 1:200 A-A' ulicí Školská a B-B' ulicí V Jámě. Jako podklad mých řezů jsem použil převzaté řezy z geotechnického monitoringu (Chmelař a Síla, 2007). Průzkumné sondy ve vzdálenosti 10-15 metrů od geologického řezu jsem uvažoval v linii řezu.

Tyto podélné geologické řezy jsem upravil s ohledem na výskyt holocénních až recentních sedimentů s organickou příměsí. Dále jsem řezy doplnil o archivní a nové dokumentační body, které upřesňují mocnosti pokryvných útvarů. Další úpravy jsem provedl v legendě, kde jsem upřesnil popis geologických vrstev. Barvy pokryvných útvarů a skalního podloží odpovídají mapě inženýrskogeologických poměrů a mapě dokumentačních bodů.

Oba řezy jsou nepřevýšené v měřítku 1:200 a připojené k práci jako volné přílohy. Příloha č. 3 je podélný geologický řez A-A' ulicí Školská a příloha č. 4 je podélný geologický řez B-B' ulicí V Jámě.

V obou podélných geologických řezech jsem oddělil navážky se zbytky stavebního materiálu a navážky s organickými deponiemi odpadů. Z inženýrskogeologického hlediska se zeminy od sebe liší. Navážky se zbytky stavebního materiálu jsou v řezech označeny červenou šrafou, zatímco navážky s organickými deponiemi odpadů jsem přiřadil k vrstvě fluviodeluviální výplně splachové deprese a vrstvě limnických sedimentů mokřadu označených v mapě tyrkysově modrou barvou. Do jedné vrstvy jsem zařadil všechny tři druhy sedimentů (navážky s organickými deponiemi odpadů, fluviodeluviální výplň splachové deprese a limnické sedimenty mokřadu), jelikož sedimenty obsahují organickou příměs a navzájem se prolínají a střídají. Podobně se prolínají terasové sedimenty terasy Karlova náměstí s jejími rozvlečenými sedimenty (deluvium), proto jsou v řezu ulicí V Jámě tyto sedimenty označeny stejně (zelenou barvou).

4 Přehled přírodních poměrů zájmového území

4.1 Geomorfologické poměry

Zájmové území spadá (převážně v rozsahu maninské terasy) do geomorfologického celku Pražské plošiny a to do geomorfologického okrsku Pražská kotlina (Balatka, 1985).

Morfologie území je podmíněna převážně erozní a akumulací činností řeky Vltavy a antropogenními terénními úpravami (Šimek, 1969).

Vltava se vyvíjela v cyklech, vázaných na doby ledové a meziledové. V dobách meziledových, při zvýšení průtočného množství, se řeka zahlubovala do svého podkladu a vytvářela nová koryta. V dobách ledových, při poklesu unášecí síly vody, řeka akumulovala své náplavy a vytvářela terasy. Ze starších (vyšších teras) se v zájmovém území zachovaly zbytky Karlova náměstí (IIIb podle Záruby, 1942). Větší rozšíření má mladší terasa (údolní) maninská (IVa podle Záruby, 1942) a do ní vložené holocénní náplavy (obr. 1). Tyto terasy odděluje mezilehlý skalní stupeň, který je dnes překryt rozvlečenými sedimenty terasy Karlova náměstí. Morfologie terénu je také značně ovlivněna mocnými navážkami (Šimek, 1969).

Terasa Karlova náměstí sahá od ulice Václavská až k ulici Štěpánská a zakrývá celé Karlovo náměstí. Dále se nachází v Ječné ulici přibližně od křížení s ulicí Lipová na západ. Východní hranice terasy je daná orientovanou úsečkou, jejímiž body je jižní konec Štěpánské ulice a Národní muzeum. Zasahuje také do Vodičkovy ulice. Báze terasy se nachází nejvýše při ústí ulice Na Moráni (kóta 205,0 m n.m.) a směrem k severu klesá na kótu 200,0 m n.m.. Mocnost terasy roste ze západu na východ ze 2–4 metrů na 7–8 metrů (Šimek, 1969).

4.2 Geologické poměry

4.2.1 Kvarterní pokryvné útvary

Z pokryvných útvarů v zájmovém území se vyskytují antropogenní uložení (navážky), holocénní až recentní fluviaální a limnické náplavy, deluviaální a deluviofluviaální

sedimenty a pleistocénní sedimenty teras Vltavy.

4.2.1.1 Antropogenní uloženiny - navážky a zavážky (recent)

V centru Prahy jsou antropogenní uloženiny velmi časté (Kovanda et al., 2001). V zájmovém území se vyskytují navážky dvojího charakteru. Jedním z nich jsou navážky hlinité a hlinitokamenité se stavebním odpadem jako jsou kusy cihel, stavební kámen apod. Druhým typem jsou písčitohlinité antropogenní navážky s organickou příměsí látek, které se nepravidelně prolínají s holocénními sedimenty s organickou příměsí. Z inženýrskogeologického hlediska je nutné rozlišovat tento druh od běžných navážek, jelikož mají nepříznivější geotechnické vlastnosti. Genezi zemin s organickou příměsí včetně navážek je věnována samostatná kapitola 4.5.

4.2.1.2 Holocénní náplavy (holocén až recent)

Šimek uvádí (1969), že se v zájmovém území nevyskytují žádné holocénní náplavy. V oblasti ulic V Jámě, Vodičkova, Školská se však podle nových průzkumných prací vyskytují holocénní až recentní limnické sedimenty lokálního mokřadu a holocénní sedimenty občasných vodotečí v linii ulic Školská a V Jámě (Chmelař a Síla, 2007).

Jedná se převážně o hlíny písčité až písky hlinité, které navíc obsahují příměs organických látek. Tyto sedimenty zároveň tvoří deluviofluviální výplň splachové deprese, které plynule přecházejí v antropogenní uloženiny charakteru organických deponií odpadů. Deponie byly k současnému povrchu zakryty antropogenními sutěmi a heterogenními násypy. Těmto sedimentům s organickou příměsí je věnována samostatná kapitola 4.5.

4.2.1.3 Deluviální (pleistocén) a deluviofluviální sedimenty (holocén až recent)

Deluviální sedimenty (pleistocén) v daném území jsou tvořeny převážně rozvlečenými sedimenty terasy Karlova náměstí, které pokrývají skalní stupeň mezi jednotlivými terasami. Jedná se většinou o štěrky a hlíny s větším podílem písku a jejich mocnost se pohybuje kolem

1 až 2 m (Králík et al., 1984).

Deluviofluviální (fluviodeluviální) sedimenty (holocén až recent) představují výplň údolí bývalých občasných vodotečí v ulici V Jámě a v ulici Školská. Králík (1984) se zmiňuje, že deluviofluviální písčitohlinité sedimenty jsou silně humózní a často obsahují menší podíl úlomků hornin a příměs hrubších klastik, která bývá hlavně ve spodních částech akumulace. Jejich mocnost může být i přes 2 m a bývají i rytmicky zvrstvené (Kovanda et al., 2001)

4.2.1.4 Terasové sedimenty Vltavy (pleistocén)

Pleistocénní sedimenty jsou zastoupeny na daném území především fluviálními sedimenty, respektive terasovými sedimenty Vltavy. Jedná se o nejmladší a morfologicky nejnížší terasové akumulace, které spadají do posledních dvou glaciálů (Riss a Würm).

Šimek (1969) uvádí členění teras v zájmovém území podle Záruby. Je zde vyvinutá maninská terasa IVa (Würm) a terasa Karlova náměstí IIIb (Riss). Maninská terasa má bázi na kótě 184-185 m n.m.. Terasa Karlova náměstí zasahuje svým okrajem na jihovýchodní cíp zájmového území a její báze je na kótě 200-202 m n.m. o mocnost menší než 8 m. Akumulace obou teras tvoří velmi hrubé písčité šterky s valouny a balvany do průměru 400 mm (na bázi), ojediněle se vyskytují i větší. Jsou to typické vltavské šterky s valouny nejodolnějších hornin z povodí Vltavy. Ve vyšších polohách převládají hrubozrnné až středně zrnité písky s drobnými valounky. Zahlinění těchto písků a šterků je u maninské terasy malé (Šimek, 1969).

Náplavy maninské terasy se skládají hlavně z písčitých šterků, na povrchu převládají polohy písčité, které tvoří místy i mezilehlé vložky. Náplavy mají mocnost 10–14 metrů. V náplavech této terasy převládají písky střídající se s vrstvičkami drobných písčitých šterků. Směrem k Vltavě se povrch náplavů maninské terasy postupně snižuje. Toto snížení je způsobeno denudací náplavů (Šimek, 1969).

Akumulace nižší terasy maninské od terasy Karlova náměstí je oddělena skalním stupněm dobrotivského souvrství, který je pokryt rozvlečenými fluviálními sedimenty terasy Karlova náměstí, které nyní považujeme za deluviální sedimenty. Tento skalní stupeň je patrný i dnes v morfologii terénu. Na obr. 1 je vidět ohraničení údolní terasy přibližně podél ulice Lazarská, kolmo přes ulici Školskou a ulici V Jámě. Oproti situaci v ulicích Školská a

V Jámě není však skalní stupeň mezi jednotlivými terasami ve Vodičkově ulici tak výrazný. To prokázala i ražba kolektoru Centrum I. A trasa Vodičkova (Chmelař a Síla, 2006).

4.2.2 Horniny předkvarterního skalní podkladu - ordovik

Ordovické horniny jsou v zájmovém území zastoupeny dobrotivským souvrstvím, konkrétně facií prachovitých břidlic. Zájmová oblast spadá do geologického útvaru Barrandien (Šimek, 1969).

Facie prachovitých břidlic - dobrotivské břidlice

Dobrotivské břidlice patří k souvrstvím, která mají největší podíl na skalním předkvarterním podkladu vnitřního města. Ačkoliv nepatří k nejpevnějším horninám skalního podkladu, vyskytují se na povrchu poměrně ve značném rozsahu, poněvadž jsou v nadloží i podloží doprovázeny tvrdými křemenci, které je chrání před denudací. Tvoří též skalní stupeň mezi terasou maninskou a terasou Karlova náměstí, kde vystupují blíže k povrchu (Šimek, 1969). V zájmovém území nebyly křemence zastíženy.

Je to monotónní souvrství černošedých jílovitých až prachovitých břidlic, místy se siltovou příměsí, hustě slídnatých. Obsahují hojně malé pelitické konkrce 2-5 cm velké. Jsou deskovitě vrstevnaté o mocnosti vrstev 5-10 cm. Rozpad je střípkovitý, drobně roubíkovitý a kusovitý a s nálety pyritu. Poměrně mocná, ale nerovnoměrně vyvinutá je hloubka jejich zvětrání. Zvětralé břidlice mají hnědošedou až rezavě hnědou barvu a rozpadají se ve význačné roubíky nebo podlouhlé střípky (Šimek, 1969).

Dobrotivské břidlice jsou převážně zakryté vltavskými náplavy (Matula a Pašek, 1986). V dané lokalitě tvoří prachovité dobrotivské břidlice (až na výjimky na Václavském náměstí) v celém rozsahu skalní předkvarterní podloží.

4.3 Hydrogeologické poměry

V zájmovém území se vyskytují dvě zvodně podzemní vody, které spolu komunikují. V terasových sedimentech je zvoděň vázaná na průlinovou propustnost zemin a ve skalním podloží dobrotivských břidlic je zvoděň vázaná na puklinovou propustnost hornin skalního podloží. Zvoděň podzemní vody ve skalním podloží není tak vydatná, ale obě zvodně spolu komunikují (Šimek, 1969).

Akumulace terasy Karlova náměstí, jejíž relikty jsou jednak na Karlově náměstí, ale také východně od zájmového území v oblasti ulice Štěpánské, dříve obsahovala poměrně vydatnou zvoděň podzemní vody, která vyvěrala na povrch v severní části ulice Štěpánské. Odtud voda proudila ve formě občasných vodotečí (potoků) směrem k dnešní ulici Vodičkově (Zavřel, 2003).

Činností vodotečí se pod svahem vytvořila rozsáhlá terénní deprese, která v dalším vývoji byla postupně zaplňována rozmanitými sedimenty. Jednalo se pravděpodobně o přírodní průtočnou nádrž. Tento mokřad možná plnil funkci napajedla pro dobytek či kaliště prasat. Zmíněný mokřad byl později vyplněn bahnitými sedimenty, které se střídaly se splachovými sedimenty, které tvořily výplavové kužele spočívající na údolní maninské terase.

Podzemní vody se dnes v lokalitě ulice Vodičkova vyskytují především v souvislých kvarterních zvodních, a to jednak na bázi terasy Karlova náměstí na kótách 200–201 m n.m. (v oblasti Novoměstské radnice, dokonce i pod ní až ve zvětralém skalním podloží), a jednak na bázi údolní terasy na kótách 184–185 m n.m.. Terasové stupně jsou odděleny skalním stupněm dobrotivských břidlic, jehož sklon přibližně sleduje i spád hladiny podzemní vody, která stéká (proudí) ve směru sklonu hornin skalního podkladu směrem k severu. Tento skalní stupeň je patrný mezi Novoměstskou radnicí a ul. Lazarskou a dále pak v ul. Školská a v ul. V Jámě (Chmelař a Síla, 2007).

Vlivem ražby kolektoru Vodičkova došlo ke snížení hladiny podzemní vody v blízkosti kolektoru na úroveň dna kolektoru a následně po vybudování sekundárního ostění s izolací došlo k postupnému návratu hladiny podzemní vody na úroveň před ražbou. Hydrogeologický režim se v současnosti ustaluje k původnímu stavu před ražbou (Chmelař a Síla, 2007).

4.3.1 Podzemní vody v maninské terase (poříční podzemní vody)

Zvodeň poříční podzemní vody se nachází ve štěrcích, které jsou zvodnělé do úrovně hladiny Vltavy. Podzemní voda maninské terasy se vyskytuje v prostředí s průlinovou propustností. Hladina podzemní vody v jižní části Nového Města má spád k severozápadu a poříční voda proudí propustnými náplavy ve směru spádu údolního dna (Šimek, 1969).

Sedimenty terasy jsou pro vodu dobře propustné a při relativně nepropustném podloží ordovických hornin se v nich při bázi vytváří souvislý horizont podzemní vody. V blízkosti nebo na kontaktu podzemní vody se skalním podložím, tvořeným dobrotivskými břidlicemi, má voda zvýšenou mineralizaci. Velká propustnost údolních náplavů zapříčiňuje velkou vydatnost (specifická vydatnost $q = 10 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$) v údolních štěrcích (Kapasová in Kovanda et al., 2001). Vydatnost a propustnost terasových sedimentů v zájmovém území nebyla novými průzkumnými pracemi ověřována. V tab. 4 jsou uvedeny hodnoty součinitele filtrace pro terasové sedimenty a holocénní náplavy podle Kapasové in Kovanda et al. (2001).

V rámci geotechnického monitoringu kolektoru Vodičkova (Chmelař a Síla, 2007) byly provedeny chemické rozbory podzemních vod (příloha 6 protokoly 17 až 25) z hydrogeologických vrtů (pH, tvrdost, obsah síranů, uhličitánů a další údaje). Hodnota pH se pohybovala v rozmezí 7,1 až 11,4, tvrdost vody daná obsahem vápníku a hořčíku dosahovala hodnot 3,0 až 9,0 mmol/l, obsah síranů byl 100 až 247 mg/l a obsah uhličitánů agresivních na železo byl 0,0 až 15,2 mg/l.

V rámci ražby kolektoru Vodičkova byly zaznamenány přítoky podzemní vody na čele výrubu cca 0,25 l/s.

4.3.2 Terasové podzemní vody (v terase Karlova náměstí)

Tyto podzemní vody se nacházejí na spodu písčitých štěrků pleistocénních teras v různých výškách nad dnešní hladinou Vltavy, přičemž voda je zadržována na povrchu skalního podkladu. Zvodeň podzemní vody v terase Karlova náměstí se vyskytuje v prostředí s průlinovou propustností. Komunikuje se zvodní skalního podloží, tj. s prostředím s puklinovou propustností. Podzemní vody starších teras jsou mnohem méně vydatné (specifická vydatnost q pramenů kolísá od $0,05 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ do $0,1 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$) než podzemní poříční vody, přesto vytvářejí souvislé hladiny (Kapasová in Kovanda et al., 2001). Podzemní vody

terasy nevytváří podle svého chemického složení samostatnou skupinu vod, ale odpovídá nadzemním vodám svého podkladu, tj. ordoviku. Nové Město bývalo zásobováno vodou z hradebního příkopu v ulici Žitná. Dnes jsou tyto zdroje ochuzeny výstavbou kanalizace (Šimek, 1969).

Štěrky terasy Karlova náměstí jsou naspodu zvodnělé a mezi Václavskou a Štěpánskou ulicí se v nich vytvořil význačný horizont zvodně podzemní vody s hladinou na kótě 201–204 m n.m.. Dnes je hladina podzemní vody v terase snížena kanalizací, jelikož povrch dobrotivských břidlic byl výše než dno odvodňovacích stok (Šimek, 1969).

V rámci geotechnického monitoringu kolektoru Vodičkova (Chmelař a Síla, 2007) byly provedeny chemické rozbory podzemních vod (příloha 6 protokoly 17 až 25) z hydrogeologických vrtů (pH, tvrdost, obsah síranů, uhličitánů a další údaje). Hodnota pH se pohybovala v rozmezí 6,6 až 7,1, tvrdost vody daná obsahem vápníku a hořčíku dosahovala hodnot 3,8 až 13,9 mmol/l, obsah síranů byl 88,8 až 197 mg/l a obsah uhličitánů agresivních na železo byl 0,0 až 24,2 mg/l.

V rámci ražby kolektoru Vodičkova byly zaznamenány přítoky podzemní vody na čele výrubu cca 0,25 l/s.

4.3.3 Podzemní vody ve skalním podloží

Podle Šimka (1969) dobrotivské břidlice nevytváří souvislý horizont zvodně podzemní vody, ale voda cirkuluje po puklinách a porušených zónách. Relativně nejpropustnější je svrchní rozvolněná zóna, která je hustě rozpukaná. Směrem do hloubky propustnost rychle ubývá. Nezávětralé horniny jsou pro vodu nepropustné. Vydatnost zvodně podzemní vody v břidlicích je velmi malá. Malá je i zásoba vody a dochází proto obvykle k rychlému poklesu vydatnosti během čerpání. Studny v ordovických břidlicích mají velmi malou vydatnost zpravidla jen zlomek litru za sekundu (0,03 – 0,08 l/s). I když je jejich vydatnost malá, je třeba jim věnovat pozornost z důvodu nepříznivých chemických vlastností, které mají dopad na stavbu. Podzemní vody jsou vysoce mineralizované (1000-1300 mg.l⁻¹), kalcium-sulfatické, s vysokým obsahem SO₄²⁻ (600-780 mg.l⁻¹, agresivním CO₂, tvrdé až velmi tvrdé, pH 5,8-7,5 (Kapasová in Kovanda et al., 2001).

Pohyb vody ve skalním podloží je silně ovlivněn stupněm navětrání horniny,

především hustotou a rozevřením diskontinuit (tab. 3). Vydatnosti jednotlivých zdrojů se v tomto prostředí pohybují průměrně v setinách litrů za sekundu (Kapasová in Kovanda et al., 2001) při koeficientu filtrace 10^{-8} m.s^{-1} (Matula a Pašek, 1986). Vydatnost a zásoba je malá, přímo závislá na srážkách, na intenzitě zvětrání a jeho hloubkovém dosahu.

	stupeň zvětrání	hustota diskontinuit	součinitel filtrace $k \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$
jílovité až prachovité břidlice	rozložené	charakter zeminy	$10^{-10} - 10^{-8}$
	silně zvětralé	extrémní až velmi velká	$10^{-7} - 10^{-6}$
	slabě zvětralé	velmi velká	$10^{-7} - 10^{-6}$
	navětralé	velká	$10^{-8} - 10^{-7}$
	zdravé	velká až střední	$10^{-9} - 10^{-8}$

Tab. 3 Součinitel filtrace dobrotivských břidlic podle stupně zvětrání horniny (Kapasová in Kovanda et al., 2001).

4.3.4 Agresivita podzemních vod na betonové konstrukce

Chemickými rozbory vody z hydrogeologických vrtů byly při ražbě kolektoru Centrum I. A trasa Vodičkova zjištěny následující výsledky o agresivitě podzemní vody (příloha 6 protokoly 17 až 25) v terasových sedimentech a skalním podloží.

Kvarterní sedimenty

V prostředí kvarterních sedimentů, jak terasy Karlova náměstí tak i údolní terasy maninské, tj. v převážné části okolí kolektoru Centrum I. A trasa Vodičkova byla stanovena dle ČSN 73 1214 slabá agresivita na betonové konstrukce (Ia) a dle ČSN EN 206-1 stupeň XA1 (slabě agresivní prostředí).

Skalní prostředí – ordovické břidlice dobrotivského souvrství

Ve skalním stupni mezi terasou Karlova náměstí a terasou maninskou, tj. především v blízkosti Novoměstské radnice byla ověřena dle ČSN 73 1214 střední agresivita na betonové konstrukce (ma) a dle ČSN EN 206-1 stupeň XA1 (slabě agresivní prostředí). Celkově pro skalní podloží lze uvažovat až se stupněm XA2 (středně agresivní prostředí) dle ČSN EN 206-1.

Holocénní až recentní sedimenty s organickou příměsí

V souvislosti s posouzením inženýrskogeologických poměrů v oblasti bývalé Dívčí školy (č.p. 683/22) byla posuzována pomocí výluhu i agresivita holocénních až recentních sedimentů s organickou příměsí, které byly výplní mokřadu. Agresivita na betonové konstrukce byla v tomto zeminovém prostředí dle ČSN 73 1214 slabá (Ia) a dle ČSN EN 206-1 XA1 (slabě agresivní prostředí). Tyto sedimenty jsou však nad úrovní hladiny podzemní vody, která je až na bázi terasy maninské.

4.4 Inženýrskogeologické a geotechnické poměry území s výskytem sedimentů s organickou příměsí

V této kapitole jsou shrnuty základní inženýrskogeologické vlastnosti pokryvných útvarů se zaměřením na holocénní až recentní sedimenty výplně mokřadů a občasných vodotečí.

4.4.1 Antropogenní navážky a násypy

Centrum Prahy patří mezi oblasti, které byly v minulosti zvyšovány navážkami. Navážky v trase kolektoru jsou tvořeny zeminami jemno i hrubozrnnými a stavebním odpadem (Kovanda et al., 2001). V zájmovém území se vyskytují navážky dvojího charakteru. Navážky obsahují buď zavážky ze stavebního materiálu nebo organické zbytky.

Při podrobném inženýrskogeologickém průzkumu (Oslač a Píchal, 2004) byly oba typy navážek rozlišeny. Mezi navážky s organickými deponiemi odpadů byly zařazeny i deluviofluviální výplně splachové deprese a limnických sedimentů mokřadu o mocnosti 0,5 až 6,1 m.

Nestejnorodost navážek a rozdílná ulehlost mají vliv na zakládání, resp. nejsou vhodnou základovou půdou. “I staré nezhutněné navážky výkopových zemin vykazují při přitížení velké sedání“, uvádí Král in Kovanda et al. (2001). Je tedy vhodné zakládat až pod jejich úrovní.

V zájmovém území se nachází velmi heterogenní navážky haldového typu (převážně různorodý stavební rum – s proměnlivým obsahem cihel, betonu a různorodých úlomků, Oslač a Píchal, 2004), které lze dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001 popsat jako hlinito-kamenité S4-Y až G4-Y tvořené šedočerným pískem hlinitým až šterkem hlinitým (siSa až siGr dle ČSN EN ISO 14688-1) s kusy zdiva a kameny 5-8 cm. Dle ČSN 73 3050 Zemní práce je třída těžitelnosti 2-3 (betonové konstrukce dle ČSN 73 3050 třída 5).

Únosnost navážek dále negativně ovlivňuje obsah organického materiálu. Organické zbytky mívají také vliv na kvalitu podzemní vody a někdy mohou být i toxické (Kovanda et al., 2001).

4.4.2 Holocénní až recentní náplavy

V zájmové lokalitě se vyskytují holocénní limnické náplavy mokřadu zastoupené hlínou písčitou (F3 dle ČSN 72 1001 a saSi dle ČSN EN ISO 14688-1) až jílem písčitým – jílem s nízkou či střední plasticitou (F4 – F6 dle ČSN 72 1001 a saCl dle ČSN EN ISO 14688-1) a s organickými zbytky jako je kůže, kosti, dřevo, měkké až tuhé konzistence. Dle ČSN 73 3050 Zemní práce je třída těžitelnosti 2 (betonové konstrukce dle ČSN 73 3050 třída 5, Chmelař a Síla, 2007).

Ve výkopech lze zastihnout nepravidelné střídání jílovitých až písčitých hlín s hlinitými písky, které mohou obsahovat šterkovité polohy (Cílek in Kovanda et al., 2001). Na území které přibližně ohraničují ulice V Jámě, Vodičkova a Štěpánská se vyskytují holocénní náplavy s obsahem organických látek. Na tyto zeminy jsem se zaměřil a laboratorními zkouškami zjišťoval jejich geotechnické vlastnosti (viz kap. 7). Bahnitě sedimenty s organickou příměsí z oblasti ulic Školská, Vodičkova a V Jámě nebyly v minulosti podrobeny geotechnickým zkouškám.

Holocénní až recentní náplavy neposkytují vhodnou základovou půdu (tab. 4). Jsou velmi málo únosné, objemově nestálé a nepravidelně stlačitelné a to hlavně tam kde je větší příměs organických vložek (Cílek in Kovanda et al., 2001).

Fyzikální vlastnosti bahnitých hlinitopísčitých náplavů jsou velmi nepříznivé. Jsou velmi stlačitelné již při malém zatížení 100–200 kPa a přitom se stlačují nestejně, poněvadž nejsou stejnorodé (Záruba, 1948).

Na obdobných humózních jílovitopísčitých (bahnitých) náplavech, které vyplňují stará říční ramena Vltavy v území Malé Strany a které, narozdíl od mokřadu v ulici Vodičkova, jsou pod úrovní hladiny podzemní vody, byly v minulosti provedeny laboratorní zkoušky. Zkouškami na neporušených vzorcích zeminy těchto bahnitých náplavů Vltavy byly získány následující hodnoty. Výškový součinitel stlačitelnosti C při zatížení 100–200 kPa byl 18 – 46 a C při zatížení 200–300 kPa byl 13 – 36. Úhel vnitřního tření $\Phi' = 10^\circ$ - 34° a soudržnost $c' = 9$ – 36 kPa (Záruba a Šimek, 1964).

4.4.3 Deluviální a deluviofluviální sedimenty

4.4.3.1 Deluviální sedimenty

V dané lokalitě jsou deluviálními sedimenty tvořeny především rozvlečenými terasovými sedimenty Karlova náměstí. Jejich inženýrskogeologický popis odpovídá popisu terasových zemin.

4.4.3.2 Deluviofluviální sedimenty

Králík (1984) uvádí, že písek hlinitý až písek jílovitý (S4/S5 dle ČSN 72 1001 a clSa dle ČSN EN ISO 14688-1) se vyskytuje ve splachových depresích. Akumulace jsou silně humózní, často obsahují menší podíl úlomků hornin a jsou středně ulehlé. Příměs hrubších klastik bývá zejména ve spodní části. Průměrná mocnost je kolem 1 až 3 m.

Tyto sedimenty se vyskytují ve splachových depresích v ulici V Jámě a Školská. Dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001 lze tyto zeminy popsat jako tmavě hnědý písek hlinitý, třída S4 (symbol SM) či siSa (dle ČSN EN ISO 14688-1), který obsahoval místy šedohnědé polohy písku a štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy S3 a G4 či siSa a siGr (dle ČSN EN ISO 14688-1), až hlína písčité F3 či siSa (dle ČSN EN ISO 14688-1), šedohnědá, rezavě smouhovaná, tuhé konzistence. Dle ČSN 73 3050 Zemní práce se jedná o třídu těžitelnosti 2 (Chmelař a Síla, 2006).

4.4.4 Terasové sedimenty

Podle Kovandy et al. (2001) patří Nové Město do oblasti, kde se vyskytují jedny z největších akumulací nižších terasových stupňů. Jejich mocnost bývá 10 metrů, ale mohou být i mocnější.

Pro terasové sedimenty je typické střídání středně a hrubozrnných písků a písčitých štěrků. Na bázi se vyskytují hrubé štěrky, které mohou přecházet až v balvany. Vyšší terasy mají oproti nižším druhotně větší obsah prachovité a jílovité frakce kolem 10% a více (Kovanda et al., 2001).

Terasové uloženiny představují velmi vhodné základové půdy, většinou homogenní, dostatečně únosné, málo stlačitelné. Jsou dobře rozpojitelné a propustné. Zeminy vytěžené z výkopů jsou zpětně vhodné jako zásypový a konstrukční materiál. Na bázi maninské terasy bylo pozorováno stmelení štěrků limonitem na tvrdý železitý slepenec (Král in Kovanda et al., 2001).

Sedimenty terasy Karlova náměstí lze dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001 popsat jako světle hnědý štěrk špatně zrněný, třída G2 (symbol GP), ulehlý či Gr (dle ČSN EN ISO 14688-1) až štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy, třída G3 (symbol GP), ulehlý nebo siGr (dle ČSN EN ISO 14688-1). Dle ČSN 73 3050 Zemní práce je třída těžitelnosti 3.

Sedimenty maninské terasy jsou tvořeny světle hnědým štěrskem špatně zrněným, třída G2 (symbol GP), ulehlým nebo Gr (dle ČSN EN ISO 14688-1) až štěrskem s příměsí jemnozrnné zeminy, třída G3 (symbol GP) nebo siGr (dle ČSN EN ISO 14688-1), ulehlým, u povrchu terasy se vyskytují polohy písku špatně zrněného, třída S2 (symbol SP), středně ulehlého až ulehlého nebo Sa (dle ČSN EN ISO 14688-1). Dle ČSN 73 3050 Zemní práce se jedná převážně o třídu těžitelnosti 3 (Chmelař a Síla, 2007).

4.4.5 Dobrotivské břidlice - dobrotivské souvrství

Skalní podloží je součástí ordovické části brachysynklinora Barrandiénu. Horninový masiv je zde varisky zvrásněný a místy i zlomově porušený.

V zájmovém území z hlediska zvětrání horninového masivu skalního podloží existuje určitá diverzita. Ve skalním podloží pod terasou Karlova náměstí zůstaly zachovány zóny zvětrání horninového masivu v původní plné mocnosti, oproti tomu převážná část zón zvětrání pod terasou údolní (maninskou) byla erozí Vltavy odstraněna a zůstala především zóna navětralého až zdravého horninového masivu W2-W1. Prachovité dobrotivské břidlice jsou dle ČSN 72 1001 ve zdravém až navětralém stavu černošedé, místy s rezavými záteky Fe-oxidů na puklinách. Jedná se o horniny třídy R4-R3, deskovitě vrstevnaté s hustotou diskontinuit velkou až střední D3-D4. Dle ČSN 73 3050 Zemní práce je třída těžitelnosti 4-5.

V zóně mírně zvětralého horninového masivu W3 jsou prachovité břidlice hnědošedé, jedná se o horniny R5, deskovitě až tence deskovitě vrstevnaté s hustotou diskontinuit velkou D4 až velmi velkou D5. Dle ČSN 73 3050 Zemní práce se jedná převážně o třídu

těžitelnosti 3-4.

V zóně silně zvětralého horninového masivu W4 jsou prachovité břidlice šedohnědé, třídy R5, tenké deskovitě vrstevnaté, úlomkovitě rozpadavé s hustotou diskontinuit velmi velkou D5, výplň puklin tvoří jílu tuhé konzistence – tento horninový masiv je místy charakteru štěrku jílovitého třída G5 (symbol GC). Dle ČSN 73 3050 Zemní práce je třída těžitelnosti 3.

Pod terasou Karlova náměstí bylo místy zastiženo i skalní podloží v zóně zcela zvětralé břidlice W5, střípkovitě rozpadavé - charakteru zeminy – štěrku jílovitého až jílu štěrkovitého, třída G5 (symbol GC) až třída F2 (symbol CG), tuhé až konzistence nebo siGr až grSi dle ČSN EN ISO 14688-1). Dle ČSN 73 3050 Zemní práce je třída těžitelnosti 2-3.

Generelní orientace hlavního systému diskontinuit (vrstevnatosti) skalního položí v zájmovém území je $180^\circ - 250^\circ / 30^\circ - 40^\circ$. To znamená, že sklon spádnice ploch vrstevnatosti byl k J až JZ (Chmelař a Síla, 2007).

Výskyt	Geotechnický typ	Základní fyzikální charakteristiky	Převážné charakteristiky	Efektivní smyková pevnost (CSN 73 3050)	CSN 72 1002	CSN 72 1001								
Fluviální holocénní náplavy	Litologický typ Konzistence, ulehlost	Objemová hmotnost ρ (kg·m ⁻³) 1800 - 1900 1750 - 1950 1700 - 1900 1400 - 1700 1650 - 2050 1950 - 2100	Součinitel filtrace k_f (cm·s ⁻¹) 10^6 $10^6 \cdot 10^{-6}$ 10^7 $10^6 \cdot 10^{-6}$ 10^5 $10^6 \cdot 10^{-4}$	Modul přetvárnosti E_{pr} (Mpa) 5 - 12 5 - 10 4 - 8 1 - 3 7 - 25 15 - 40	Modul pružnosti E (Mpa) 10 - 35 8 - 30 7 - 15 2 - 5 15 - 30 30 - 70	Poissonovo číslo ν 0,35 - 0,45 0,43 - 0,46 0,35 - 0,45 0,45 - 0,50 0,40 - 0,35 0,30 - 0,35	Soudržnost c (kPa) 20 - 40 20 - 40 30 - 45 10 - 20 5 - 10 0 - 5	Uhel vnitřního tření ϕ (°) 16 - 24 14 - 22 11 - 17 3 - 10 23 - 26 26 - 32	Zatřídění 2 - 3 2 - 3 3 2 - 3 1 - 2 3	Vhodnost pro silniční podloží c) VII VIII VII X V III	Vhodnost pro náspy 3 3 3 4 1 1	Symbol MD MI, ML CI, CL, CS MS - O SM, SC S-C, S-M	Zatřídění F3 F5 F4 - F6 O S4 - S5 S3	Tab. výp. únosnost Rdt (Mpa) 0,1 - 0,175 0,07 - 0,15 0,05 - 0,15 a) b) 0,15 - 0,8 b) 0,15 - 0,26

a) zvláštní zemina nevhodná pro zakládání b) tabulková výpočtová únosnost písčitých a štěrkových zemin je závislá na síle základu c) označení vhodnosti pro použití do násled:

- 1 - velmi vhodné
- 2 - vhodné
- 3 - málo vhodné
- 4 - nevhodné

Tab. 4 Orientační přehled technických vlastností vybraných zemin pokravných útvarů (Hudek, 1994)

4.5 Poznatky z archeologických průzkumů

Vyhodnocení geologických poměrů zájmového území (oblast kolektorů Centrum I. A trasa Vodičkova) svěřila v rámci archeologického průzkumu Mgr. M. Wallisová (vedoucí archeolog) geologovi RNDr. J. Zavřelovi.

Dle starších názvů ulic Vodičkova (dříve Nad jámou, V jámě, V močále), V Jámě (též V jamce, Pod jamou, Graben Passen), Školská (dříve V jámě, Nad jámou), Štěpánská (též Nad jámou, Nad louží) se lze domnívat, že v místě výstavby kolektoru v trase Vodičkovy ulice byla v minulosti výraznější terénní deprese (Zavřel, 2003).

Akumulace terasy Karlova náměstí, jejíž relikty jsou jednak na Karlově náměstí, ale také východně od zájmového území v oblasti ulice Štěpánské, dříve obsahovala poměrně vydatnou zvedeň podzemní vody, která vyvěrala na povrch v severní části ulice Štěpánské. Odtud voda proudila ve formě občasných vodotečí (potoků) směrem k dnešní ulici Vodičkově (Zavřel, 2003).

Inženýrskogeologické mapy v měřítku 1:5000 tuto terénní depresi nezachytily. Polohu „louže“ však věrně rekonstruoval Lorenc (1973; obr. 2), který v této souvislosti uvedl, že rybníček či jezírko napájela buď hojná podzemní voda, nebo přepad, potůček či spíše strouha od nedalekých rybníčků u sv. Logina. Rybníčky u sv. Logina se dříve nacházely v oblasti ulice Štěpánská (dům s č. p. 539/9). V 10. století zde byla vesnice, která se jmenovala Rybník či Rybníček (Hrubešová, 2008).

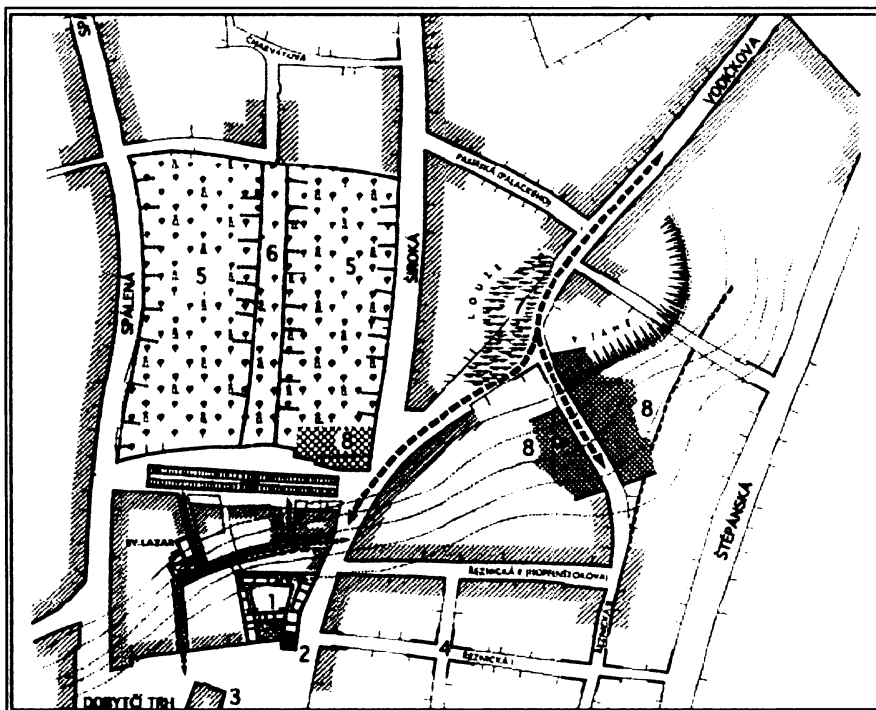
Činností vodotečí se pod svahem vytvořila rozsáhlá terénní deprese, která byla v dalším vývoji postupně zaplňována rozmanitými sedimenty. Jednalo se pravděpodobně o přírodní průtočnou nádrž. Tento mokřad vytvářel v minulosti terénní depresi podél cesty (středověk) a pravděpodobně plnil funkci přírodního napajedla pro dobytek či kaliště prasat. Zmíněný mokřad byl později vyplněn bahnitými sedimenty, které se střídaly s deluiofluviálními sedimenty, které tvořily výplavové kužele spočívající na údolní maninské terase. Holocénní sedimenty mokřadů přecházejí plynule v antropogenní uloženiny (Zavřel, 2003).

Pylovou analýzou vzorků z ulice Vodičkova se dokázalo, že vrstva navážek s organickými deponiemi odpadů a splachový horizont spadají s největší pravděpodobností do období raného středověku. Dále, že mokřad, ve kterém vrstva sedimentovala, byl s největší

pravděpodobností obklopen pásem polí a úhorů a že v těsném okolí mokřadu byl zřejmě čilý provoz (Zavřel, 2003).

V době své nejmladší existence byl tento mokřad v ulici V Jámě zaplňován jak antropogenními navážkami, tak i při vydatných srážkách přírodními splachy. To mohlo být až do raného středověku (11. až 12. století). Zасыпání močálové sníženiny označované jako jáma či louže s organickými deponiemi odpadů (kůže, sláma, výkaly) zřejmě souviselo s postupujícím trvalým osídlováním a zástavbou Nového Města pražského (založeného 1348). Toto zasypávání mohlo pokračovat až do konce 16. století. Blíže k současnému povrchu terénu byly již ukládány jen antropogenní sutě a heterogenní násypy (Zavřel, 2003). Tyto hlinitokamenité navážky je nutné z inženýrskogeologického hlediska jasně oddělit od navážek s organickou příměsí.

Uloženiny se vyskytují v nadloží kolektoru Centrum I. A trasa Vodičkova. Z hlediska inženýrskogeologického je vhodné sloučit vrstvy holocénních až recentních sedimentů s organickou příměsí s navážkami s organickou příměsí, neboť tyto vrstvy se prolínají a střídají. Na tyto zeminy jsem se zaměřil a laboratorními zkouškami zjišťoval jejich geotechnické vlastnosti (viz kap. 7).



Obr. 2 Historický plán části Vodičkovy ulice a ulice V Jámě (Lorenc, 1973)

1 – radnice, 2 – věž, 3 – sklad slanečků, 4 – parcela z počátku 15. století, 5 – židovská zahrada, 6 – nově trasovaná Vladislavova ulice, 7 – louže, 8 – židovské domy

5 Výsledky provedeného mapování

Jedním z cílů této diplomové práce bylo sestavení účelové inženýrskogeologické mapy se zaměřením na výskyt zemin s organickou příměsí v okolí Vodičkovy ulice v Praze 1. Výsledkem práce jsou uvedené volné přílohy:

Příloha č. 1 Mapa inženýrskogeologických poměrů v měřítku 1:1000,

Příloha č. 2 Mapa dokumentačních bodů v měřítku 1:1000,

Příloha č. 3 Podélný geologický řez A – A' ulicí Školská v měřítku 1:200,

Příloha č. 4 Podélný geologický řez B – B' ulicí V Jámě v měřítku 1:200,

Příloha č. 5 Dokumentační body.

Jako předlohy k novým mapám jsem použil podrobné inženýrskogeologické mapy v měřítku 1:5000, list Praha 7-1 (Šimek, 1969) a list Praha 7-2 (Šolc, 1969).

Na základě nových průzkumných prací jsem zakreslil výskyt zemin s organickou příměsí do mapy inženýrskogeologických poměrů v měřítku 1:1000. Tyto sedimenty nebyly zachyceny ve zmíněné inženýrskogeologické mapě v měřítku 1:5000 listu Praha 7-1 (Šimek, 1969). Dle nových průzkumných prací se v zájmovém území vyskytují sedimenty s organickou příměsí, jejichž plošné rozšíření je zde nemalé, stejně jako jejich mocnost.

Tyto sedimenty byly zastíženy v ulicích Vodičkova, V Jámě, Školská. V ranném středověku byly v zájmovém území bahnitě mokřady, které vytvářely terénní depresi a které zřejmě měly funkci přírodního napajedla. Mokřady byly v této době také vyplňovány občasnými deluviofluviálními výplavovými sedimenty. Z archeologických poznatků vyplývá, že mokřad byl v průběhu osídlování Prahy zaplňován organickými deponiemi odpadů (kůže, sláma, výkaly atd.) a antropogenními navážkami. Směrem k současnému povrchu terénu pak byly ukládány jen novodobé antropogenní sutě a heterogenní násypy.

Akumulace terasy Karlova náměstí, která se vyskytuje i ve východní části zájmového území, dříve obsahovala vydatnou zvedněn podzemní vody, která vyvěrala na povrch v severní části ulice Štěpánská. Podle historických zdrojů se zde nacházel rybníček. Odtud zřejmě proudila voda ve formě občasných vodotečí směrem k dnešní ulici Vodičkova. Také podle geomorfologie terénu a vyznačené oblast deluvií v mapě jsem vymezil oblast rozšíření sedimentů s organickou příměsí v jihovýchodní části ulic Školská a V Jámě. V linii těchto ulic docházelo k zaplňování terénní deprese a k vzniku mokřadu v jihozápadní a západní části

vymezené ulicí Vodičkova. V nově zkreslené mapě inženýrskogeologických poměrů v měřítku 1:1000 jsem vyznačil fluviální a limnické sedimenty s organickou příměsí, včetně navážek s organickou příměsí, společně do jedné vrstvy s holocénní až recentní fluviodeluviální výplní splachové deprese, neboť všechny tyto vrstvy se prolínají a střídají.

Tato nová inženýrskogeologická mapa se výrazně liší od své mapové předlohy (list Praha 7-1, Šimek, 1969) především vymapováním výše zmíněných holocénních sedimentů s organickou příměsí. Dále se odkazují na již zmíněné volné přílohy. Součástí mapy jsou i hydrogeologické údaje o směru proudění podzemní vody, agresivitě podzemní vody s hydroizohypsami a o hloubce hladiny podzemní vody.

V mapě dokumentačních bodů v měřítku 1:1000 jsem zanesl archivní a nové dokumentační sondy, linie podélných geologických řezů A-A' ulicí Vodičkova a B-B' V Jámě. U každého dokumentačního bodu jsem barevně odlišil hloubky báze pokryvných útvarů od povrchu komunikace. Čísla jsou uvedena ve sloupcích, kde každé spodní číslo vyznačuje dosaženou hloubku dokumentované sondy.

Hlavním problémem při zpracování archivní dokumentace bodů byla jejich různorodá kvalita nebo subjektivní pohled při dokumentaci horninového prostředí. Proto jsem v několika nejasných případech vycházel z mapových podkladů listu Praha 7-1 (Šimek, 1969) a listu Praha 7-2 (Šolc, 1969).

Podélné geologické řez A-A' ulicí Školskou a B-B' ulicí V Jámě v nepřevýšeném měřítku 1:200 názorně ilustrují sled a mocnost jednotlivých kvarterních vrstev a je z nich patrné, že úroveň hladiny podzemní vody je až pod úroveň zemin s organickou příměsí na bázi maninské terasy.

V těchto řezech jsem zakreslil do jedné vrstvy navážky s organickými deponiemi odpadů, fluviodeluviální výplň splachové deprese a limnický sediment mokřadu s organickou příměsí (tyrkysově modrá barva). Důvodem je zastoupení organické složky ve všech uvedených sedimentech. Zároveň se tyto sedimenty vzájemně prolínají a střídají. Mocnost této vrstvy je v rozsahu 1 až 3 m.

6 Projevy ražby kolektoru Centrum I. A trasa Vodičkova na terénu v oblasti výskytu zemin s organickou příměsí



Obr. 3 Měření deformace trhliny na zástavbě (domu č. p. 696/26 – restaurace Branický sklípek) v místě výskytu zemin s organickou příměsí - křížení ulic V Jámě a Vodičkova

Součástí geotechnického monitoringu ražby kolektoru Vodičkova byly jednak pasportizace všech budov v přilehlé zóně a také měření deformace terénu i přilehlé zástavby. Jediná data, která mi byla poskytnuta byly výsledky nivelačního měření poklesu terénu nad kolektorem. Napříč trasou kolektoru Vodičkova bylo osazeno celkem 98 podprofilů a v nich 544 nivelačních bodů (Šilhavý, 2007). Z nich jsem vybral dva profily s nejvýraznější deformací na povrchu terénu. V ostatních profilech byly deformace povrchu terénu do 5 mm.

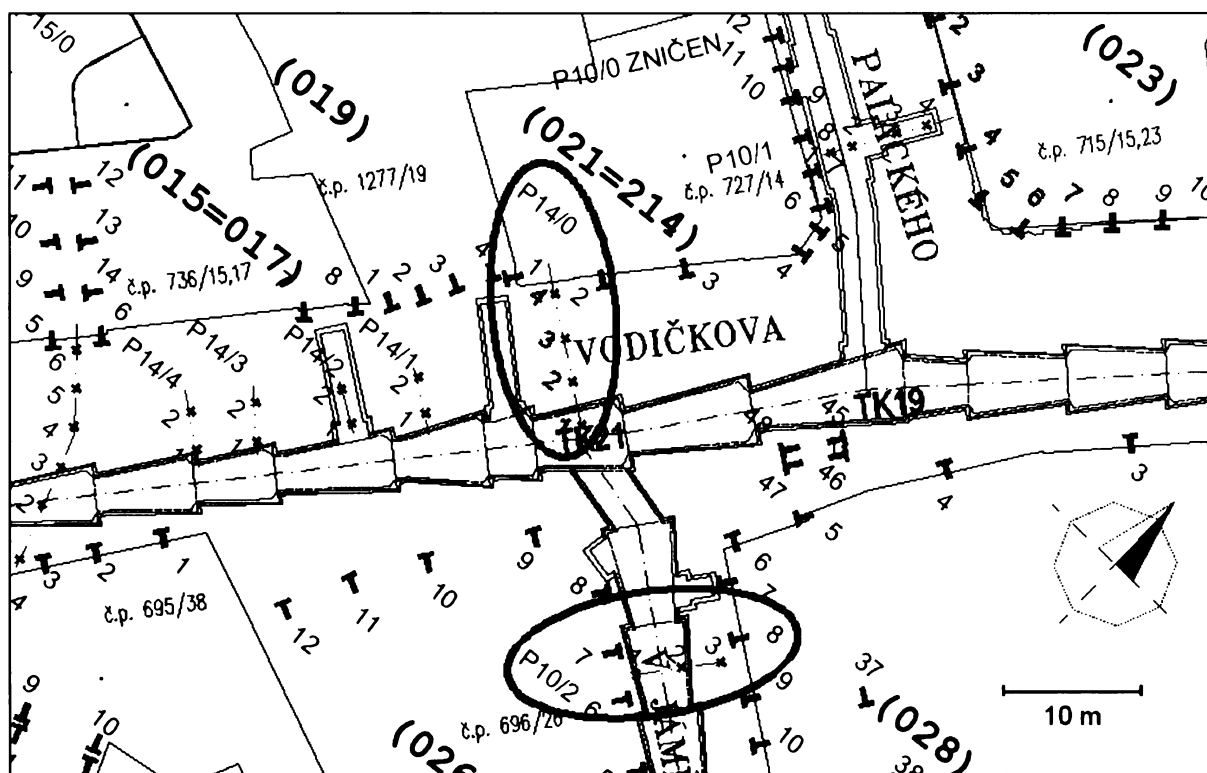
V křížení ulic V Jámě a Vodičkova byl vedeny nivelační profily P10/2 a P14/0 (obr. 4), což je právě v oblasti výskytu zemin s organickou příměsí.

Profil P10/2 byl vedený napříč ulic V Jámě mezi domy č. p. 696/26 a 699/28. Měření probíhalo pomocí třech nivelačních bodů. Nejvýraznější deformace, přes 40 mm, byly změřeny u bodu 1. Tato hodnota však není vypovídající, jelikož pokles povrchu byl zapříčiněn opravou chodníku, přesto se jedná o dlouhodobý pokles. Nivelační body 2 a 3 jsou

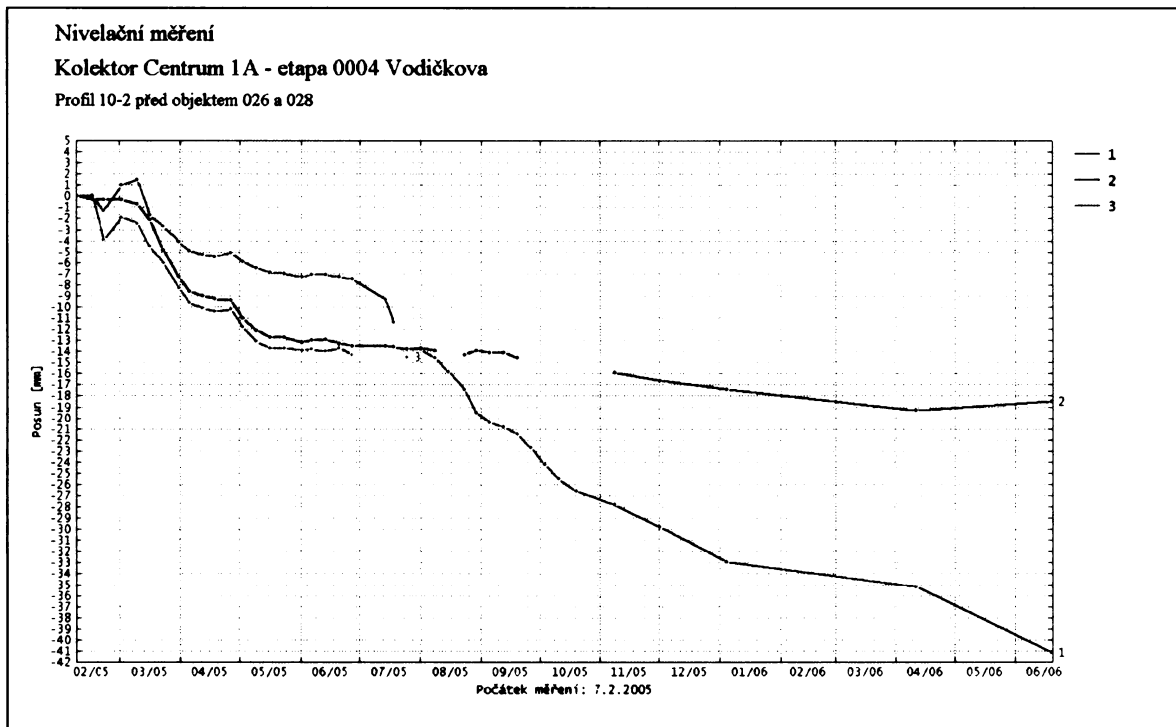
již reprezentativní a dokazují, že v průběhu ražby kolektoru došlo k poklesu terénu až o 19,3 mm. Tyto deformace byly dlouhodobé, což je patrné z obr. 5.

Profil P14/0 byl vedený napříč ulicí Vodičkova mezi domem č. p. 696/26 a č. p. 1277/19. Zde byly změřeny deformace povrchu terénu čtyřmi nivelačními body, přičemž k nejvýrazněji se deformace povrchu terénu projevila u bodu 2. Pokles terénu byl až 14,5 mm (obr. 6).

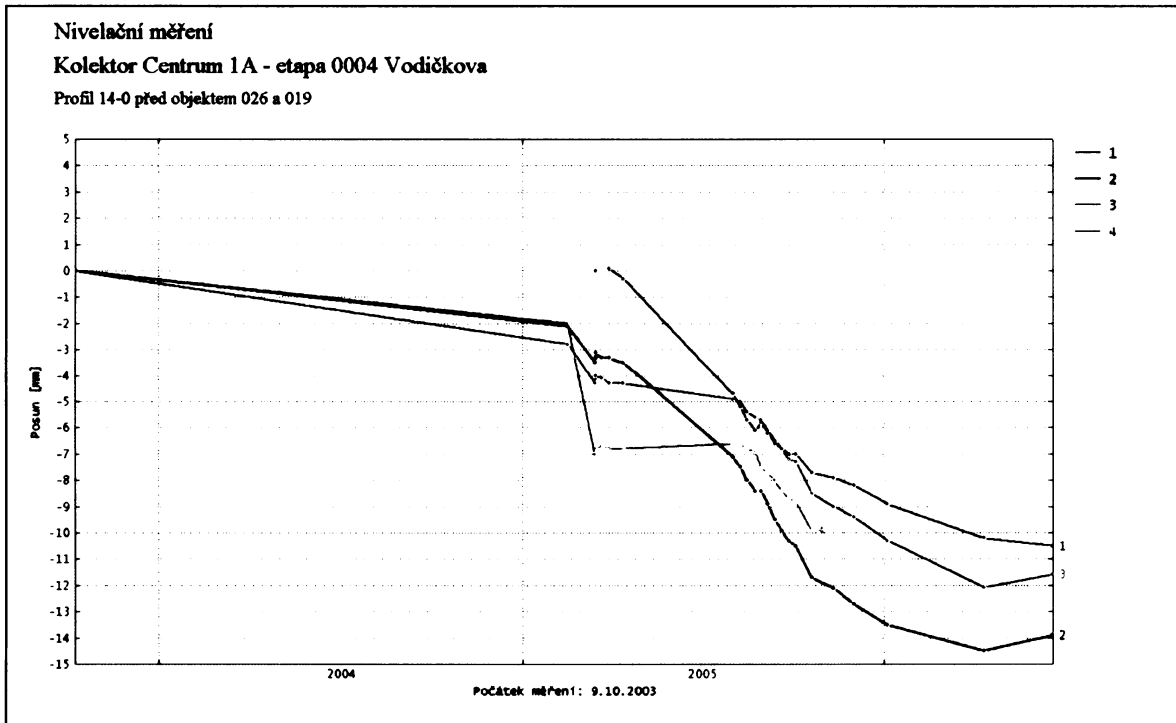
Deformace se projevily i na budově 696/26. Na obr. 3 je patrné měření deformace trhlin na fasádě této budovy. Domnívám se, že zvýšené deformace nadloží kolektoru byly způsobeny výskytem zemin s organickou příměsí právě v jeho nadloží, neboť deformace (poklesy terénu) byly ve srovnání s dalšími měřenými nivelačními profily cca dvakrát až třikrát větší a především dlouhodobé (pomalé ustalování deformací i po ražbě).



Obr. 4 Umístění nivelačních profilů P10/2 a P14/0 (černě vyznačené oblasti)



Obr. 5 Průběh vertikálních deformací nivelačních bodů geodetického profilu na terénu 10/2, vedeného mezi domy č. p. 696/26 a č. p. 699/28 (Šilhavý, 2007).



Obr. 6 Průběh vertikálních deformací nivelačních bodů geodetického profilu na terénu 14/0, vedeného mezi domy č. p. 696/26 a 1277/19 (Šilhavý, 2007).

7 Laboratorní zkoušky na zeminách s organickou příměsí

Kromě makroskopického popisu siltů s obsahem organických látek je třeba provést následující laboratorní zkoušky: zrnitost, vlhkost, stlačitelnost, smykovou pevnost, Atterbergovy meze, zdánlivou hustotu pevných částic, obsah organických látek (ČSN 1997-2).

V rámci diplomové práce jsem provedl:

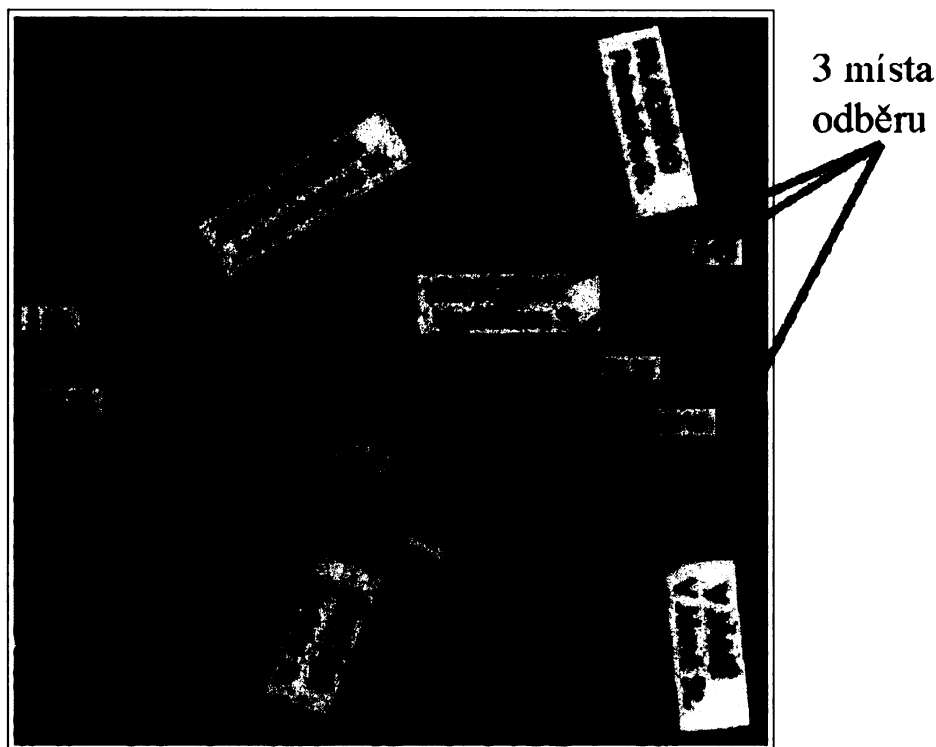
- geologický popis zemin in situ,
- stanovení obsahu jemné organické frakce v zemině (stanovení ztráty žíháním),
- zkoušky stlačitelnosti,
- zkoušky smykové pevnosti,
- stanovení vlhkosti zemin.

Atterbergovy meze, zdánlivou hustotu pevných částic, zrnitost, obsah organické frakce látek (oxidimetricky), vlhkost a makroskopický popis provedla laboratoř mechaniky zemin SG Geotechnika, a.s. (viz příloha č. 6 protokoly 1-10).

Metodika jednotlivých laboratorních zkoušek na zeminách s organickou příměsí je uvedena v kapitolách:

- 7.1 Odběr vzorků
- 7.2 Přírozená vlhkost, Atterbergovy meze a zdánlivá hustota pevných částic
- 7.3 Stanovení obsahu organických látek
- 7.4 Zatřídění a popis zemin
- 7.5 Stlačitelnost – zkoušky v edometru
- 7.6 Pevnost – krabicové smykové přístroje

7.1 Odběr vzorků



Obr. 7 Místa odběru vzorků znázorněné na situační mapě výskytu zemin s organickou příměsí v trase kolektoru Centrum I. A Vodičkova

Odběr vzorků zemin s organickou příměsí jsem provedl ze 3 míst (šachty pro opravu kanalizace či kanalizačních domovních přípojek):

vzorek č. 1 - z ul. Vodičkově (před domem č.p. 736/15, 17 z hloubky 6 m),

vzorek č. 2 - z ul. V Jámě (před domem č.p. 639/12 z hloubky 3 m),

vzorek č. 3 - z ul. Školská (před domem č.p. 695/38 z hloubky 3 m).

Místa odběru jsou vyznačena na obr. 7. K odběru vzorků jsem měl možnost se dostat jen díky opravám kanalizace.

Pomocí plastových odběrných válců s kovovým břitem jsem se pokoušel o odběr neporušených vzorků. Tento způsob odběru nebyl možný, jelikož zemina obsahovala i příměs písků i štěrků.

Nejvhodnějším způsobem byl odběr neporušených bloků zeminy. Na podobném

principu jsem za použití ručního nářadí (lopatky) odebral vertikálně orientované vzorky zemín v podobě bloků o rozměrech cca 40 x 30 x 25 cm ze stěny stavební jámy. Tyto bloky dále považuji za neporušené vzorky.

Z lokality jsem odebral celkem sedm vzorků, z toho tři z nich byly vhodné pro moji práci. Zeminy s organickou příměsí se daly od běžných zemín rozpoznat podle typického zápachu, barvy (tmavě šedohnědé), podle obsahu materiálu rostlinného původu (různě velké kusy rozpadlého nebo ztrouchnivělého dřeva) a místy i podle obsahu materiálu živočišného původu (výskytu kostí a chlupů).

7.2 Přírozená vlhkost, Atterbergovy meze a zdánlivá hustota pevných částic

	w_n (%)	w_L (%)	w_P (%)	ρ_s (kg.m ⁻³)
V Jámě	57,0	92	67	2700
Vodičkova	45,3	-	-	2700
Školská	124,2	-	-	2700

Tab. 5 Atterbergovy meze, přírozená vlhkost a zdánlivá hustota pevných částic vzorků

V laboratoři mechaniky zemín v SG Geotechnice a.s. byly zjišťovány přírozené vlhkosti, Atterbergovy meze, zdánlivá hustota pevných částic vzorků (tab. 5). Tabulka 5 není kompletní, jelikož organická příměs komplikovala provedení a vyhodnocení laboratorních zkoušek.

U všech vzorků se podařilo určit přírozenou vlhkost w_n zeminy. Podobné hodnoty přírozené vlhkosti jsem spočítal i při vlastních laboratorních zkouškách, které jsem uvedl v příloze 6 (protokol 16).

Zdánlivá hustota pevných částic byla stanovena odhadem $\rho_s = 2700 \text{ kg.m}^{-3}$.

Pouze u vzorku z ulice V Jámě se podařilo zjistit Atterbergovy meze a index plasticity $I_p = 25\%$ společně se stupněm konzistence $I_c = 0,06$.

Hodnoty w_L , w_P , I_p však neodpovídají křivce zrnitosti (viz protokol 3 v příloze č. 6). I_p závisí na procentuálním zastoupení jílu v hornině. Z křivky zrnitosti bylo patrné minimální zastoupení jílu ve vzorku. Zřejmě z důvodu proveditelnosti zkoušky byla hodnota zjištěna jen na části vzorku, kde bylo větší zastoupení jílové složky.

7.3 Stanovení obsahu organických látek

Procentuální zastoupení jemné organické frakce v zemině jsem stanovil v laboratoři mechaniky zemin na Přírodovědecké fakultě UK pomocí metody stanovení ztráty žiháním. Výsledky, které jsem touto metodou získal, charakterizují především jemnozrnnou frakci zeminy do velikosti zrna 0,5 mm. Jelikož stanovení obsahu organické frakce v odebraných vzorcích byl základem mých laboratorních zkoušek, rozhodl jsem se ještě požádat o odbornou pomoc Mgr. H. Křížovou a zjistit procentuální zastoupení ve vzorcích bez omezení velikosti frakce.

Níže jsou uvedena výsledná data, zjištěná metodou stanovení ztráty žiháním a oxidimetrickou metodou. Oxidimetrická metoda byla provedena v laboratoři mechaniky zemin SG Geotechniky a.s. (příloha č. 6 v protokolech 5, 7 a 10).

7.3.1 Stanovení obsahu jemné organické frakce ztrátou žiháním

Podle metodiky laboratorních zkoušek v mechanice zemin a hornin (ČGÚ, 1987) jsem pro zjištění obsahu jemné organické frakce v zemině použil metodu stanovení ztráty žiháním. Touto metodou se stanovuje množství spalitelných látek ve vzorku zeminy při dané teplotě. Úbytek hmotnosti odpovídá ztrátě žiháním.

Vzorek zeminy jsem nechal vysušit na vzduchu, následně podrtil a celý prošel sítem o velikosti oka 0,5 mm. Takto připravený vzorek jsem nechal vysušit při teplotě 105°C.

Do porcelánového kelímku jsem nasypal 1 g vysušeného vzorku s přesností na 0,001 g. Vzorek jsem pak vložil do chladné žíhací pece a pozvolna jsem zvyšoval teplotu na 420°C.

Pro výpočet obsahu vyžíhatelných látek jsem použil vztah:

$$I_{oz} = \frac{m_d - m_d'}{m_d} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

Zkoušky jsem prováděl na vzorcích z ulic Vodičkova, V Jámě a Školská. U každého z nich jsem zkoušku opakoval dvakrát. Ve vzorcích z dané ulice jsem stanovil následující

obsah jemné organické frakce :

- ulice V Jámě: $I_{o\dot{z}} = 4,2\%$ a $4,3\%$,
- ulice Vodičkova: $I_{o\dot{z}} = 8,4\%$ a $9,0\%$,
- ulice Školská $I_{o\dot{z}} = 5,3\%$ a $9,5\%$.

Výsledky mohou být zatíženy chybou, jelikož při žihání mohlo dojít ke ztrátě i jiných spalitelných látek než organických.

Tyto hodnoty reprezentují pouze jemnozrnnou frakci v zeminách do velikosti zrna 0,5 mm. Podle výsledků jsem předpokládal přibližné procentuální zastoupení jemné organické frakce v rekonstituovaných vzorcích při zkouškách ve smykovém přístroji typu Bromhead (viz kap. 7.6).

7.3.2 Stanovení obsahu organické frakce oxidimetricky

Metoda je založená na oxidaci organických látek dvojjchromanem draselným v prostředí kyseliny sírové a titrací nespoteřovaného dvojjchromanu draselného Mohrovou solí (dle ČSN 72 1021).

V laboratoři mechaniky zemin SG Geotechniky a.s. byl stanoven obsah organické frakce touto metodou na odebraných vzorcích zeminy (viz protokoly 1 a 8 v příloze č. 6).

Oxidimetrickou metodou se zjistilo, že všechny odebrané zeminy obsahují organickou frakci, jejíž procentuální zastoupení je vyšší než 5%. Ve vzorcích byl zjištěn následující obsah organické frakce:

- vzorek č. 1 - v ul. V Jámě 10,3%,
- vzorek č. 2 - v ulici Vodičkova 18,9%,
- vzorek č. 3 - v ulici Školská 24,5%.

Podle normy ČSN EN ISO 14688-2 (ČSN 72 1003) jsem vzorky z ulice Vodičkova a V Jámě zatřídil jako středně organické zeminy a vzorek ze Školské jako vysoce organickou zeminu.

7.4 Zatřídění a popis zemin

Zatřídění a popis zemin jsem rozdělil na popis zjištěný ze souhrnu laboratoře mechaniky zemin SG Geotechnika a.s. a na geologický popis, který jsem provedl in situ. Konzistenci vzorků in situ jsem odhadoval na základě tvarování zeminy v ruce.

7.4.1 Popis zemin ze souhrnu laboratorních zkoušek

	jíl (%)	silt (%)	písek (%)	šterk (%)
V Jámě	8	25	50	20
Vodičkova	7,5	30	47	21
Školská	7,5	33	62	-

Tab. 6 Procentuální zastoupení složek v zeminách

Křivky zrnitosti byly vypracovány v laboratoři mechaniky zemin SG Geotechnika a.s. a jsou uvedeny v příloze č. 6 v protokolech 1, 2, 3, 8, 9.

Křivky zrnitosti mají u vzorků podobný průběh. Jedná se o zeminy na rozhraní písčitých hlín až hlinitých písků, což dokazuje i podobné zastoupení složek v zeminách (tab. 6). Domnívám se, že hlavní rozdíl v popisu zemin byl dán místem a hloubkou odběru (tj. různé přechody mezi navážkami s organickou deponií odpadu a sedimenty limnickými a fluviálními s organickou příměsí).

Podle čísel křivosti C_c (V Jámě 2,6, Vodičkova 1,4, Školská 1,2) nebo čísel nestejnozrnnosti C_u (V Jámě 174,9, Vodičkova 128,5, Školská 75,5) se jedná o zeminy dobře zrněné.

V laboratoři mechaniky zemin SG Geotechnika a.s. byly zeminy popsány následovně:

Vzorek zeminy z ulice V Jámě

Tmavě šedohnědý písek silně hlinitý S4/SM (dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001) se šterkem, středně organický (10,3%), vápnlitý, velmi měkké konzistence.

Vzorek zeminy z ulice Vodičkova

Tmavě šedohnědý písek hlinitý S4/SM až hlína písčitá F3/MS (dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001) s obsahem šterku, středně organický (18,9%), vápnitý.

Vzorek zeminy z ulice Školská

Tmavě šedočerná hlína písčitá F3/MS (dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001) s bahnitým zápachem, vysoce organická (24,5%).

7.4.2 Popis zemin in situ

Vzorek zeminy z ulice V Jámě

Tmavě šedohnědá hlína písčitá se šterkem F3/MS (dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001) nebo saSigr (dle ČSN EN ISO 14688-1), s obsahem organických látek (stonky rostlin, místy i kusy dřeva) a s hnilobným zápachem, místy subangulární úlomky stavebního materiálu o velikosti 1 – 5 cm, konzistence na rozhraní tuhá/měkká.

Vzorek zeminy z ulice Vodičkova

Tmavě šedohnědá až šedočerná hlína písčitá se šterkem F3/MS (dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001) nebo saSigr (dle ČSN EN ISO 14688-1), s vysokým obsahem organických látek (stonky, větvičky, kůra stromů) a s bahnitým zápachem, konzistence na rozhraní tuhá/měkká.

Vzorek zeminy z ulice Školská

Tmavě šedočerná až černá hlína písčitá F3/MS (dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001) nebo saSi (dle ČSN EN ISO 14688-1) s vysokým obsahem organických látek (stonky rostlin, kůra stromů, zvířecí kosti, štětiny) s výrazným bahnitým zápachem, měkká konzistence.

7.5 Stlačitelnost - zkoušky v edometru



Obr. 8 Jednoramenný edometrický přístroj

Dalším z cílů bylo stanovení stlačitelnosti odebraných vzorků zemin s organickou frakcí. Použil jsem edometr s pevným prstencem.

Měření jsem prováděl v edometrickém přístroji (v laboratoři mechaniky zemin na Přírodovědecké fakultě UK v Praze) se zatěžovacím pákovým ramenem 1:10 (obr. 8). Součástí edometru jsou digitální hodinky s rozlišením tisíciny milimetru.

7.5.1 Pracovní postup – metodika zkoušek

Laboratorní zkoušky v edometru jsem provedl celkem na šesti vzorcích, z toho z každé lokality (ulice) jsem vyhodnotil data z rekonstituovaného a neporušeného vzorku.

V textu jsou tyto vzorky zemin označeny čísly:

- 1 – neporušený vzorek z ul. V Jámě,
- 2 – neporušený vzorek z ul. Vodičkova,
- 3 – neporušený vzorek z ul. Školská,
- 4 – rekonstituovaný vzorek z ul. V Jámě,
- 5 – rekonstituovaný vzorek z ul. Vodičkova,
- 6 – rekonstituovaný vzorek z ul. Školská.

Příprava neporušených vzorků byla problematická. Při zatlačování a vyřezávání vzorku z bloku zeminy narážel edometrický prsteneček na části dřeva, stonků rostlin (zřejmě slámy) a jejich kořínků (obr. 9 a 12), místy i na kousky zvířecích kostí, či štětín (obr. 13). Ojedinele se v blocích zeminy nacházel štěrk (obr. 14) i subangulární úlomky stavebního materiálu o velikosti 10–50 mm, které byly součástí navážky (obr. 15).

Z důvodu obtížnosti přípravy neporušených vzorků zeminy jsem použil nejmenší edometrické prstence o vnitřním průměru 50 mm a o výšce 20 mm.

Přípravený vzorek jsem vložil do edometru a rekonsolidoval. Rekonsolidace neporušených vzorků 1 a 3 proběhla při napětí 40 kPa a při 80 kPa u vzorku 2. Edometrickou krabici se vzorkem jsem zalil vodou a aplikoval napětí. Rekonsolidace spočívala v opakovaném zatížení a odlehčení vzorku ve třech dvouhodinových intervalech.

Kromě neporušených vzorků zeminy jsem pracoval i s rekonstituovanými vzorky. Mým cílem bylo zjistit vliv obsahu organické frakce na stlačitelnost zemin.

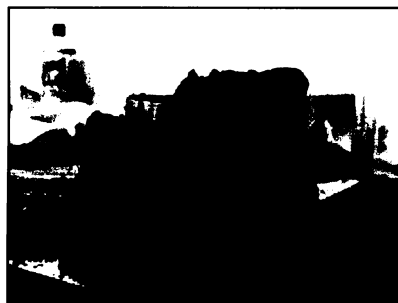
Příprava rekonstituovaného vzorku proběhla za asistence Mgr. V. Herbstové tak, že jsem prošel zeminu sítím o velikosti oka 0,5 mm. Proseté vzorky jsem nasýtil vodou a řádně promíchal dokud nevykazovaly kašovitou konzistenci. Přípravenou kaši jsem vložil do edometrického prstence. Poté jsem na vzorek položil filtrační destičku a roznášecí píst. Edometrickou krabici se vzorkem jsem zalil vodou a zahájil zkoušku (bez rekonsolidace). Rekonstituované vzorky obsahovaly nižší procentuální zastoupení organické frakce než vzorky neporušené (viz kap. 7.3). Na prosetém materiálu, ze kterého jsem připravil rekonstituované vzorky, jsem metodou ztráty žiháním zjistil procentuální zastoupení jemné organické frakce (kap. 7.3.1)

Pro zkoušky zeminy v edometru jsem zvolil 4–5 zatěžovacích stupňů. U zemin, které nejsou organické (nebo jinak výjimečné), je typické zvyšování či odebrání aplikovaného napětí na vzorek po 24 hodinách. ČSN CEN ISO/TS 17892-5 - Část 5: Stanovení stlačitelnosti zemin v edometru doporučuje provádět kratší nebo delší časové intervaly mezi zatěžovacími stupni dle typu zeminy a trvání zatěžovacích stupňů má být zaznamenáváno. Časový interval zatěžovacích stupňů jsem vypočítal podle doporučení Mgr. J. Trhlíkové (ústní sdělení), a to podle změny výšky v čase u zkoušeného vzorku při prvním zatěžovacím kroku. Při prvním přitížení jsem čekal do doby, kdy se čtení digitálních hodin ustálilo na tisícinu milimetru. Pro zatěžovací stupně vyšel časový interval 72 hodin a pro odtěžovací stupně 24 hodin.

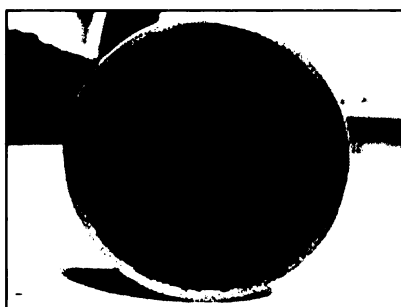
Všechny vzorky, kromě vzorku 2, jsem zatěžoval pěti zatěžovacími a odlehčovacími stupni o efektivním napětí σ' od 25 kPa do 400 kPa. Vzorek 2 jsem aplikoval čtyři zatěžovací stupně (σ' od 100 kPa do 800 kPa).



Obr. 9



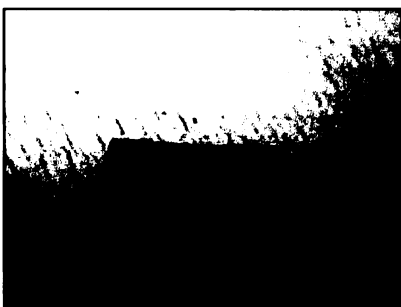
Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12



Obr. 13



Obr. 14



Obr. 15

Obr. 9 Příprava neporušeného edometrického vzorku

Obr. 10 Příprava neporušeného edometrického vzorku

Obr. 11 Edometrický vzorek zeminy s organickou příměsí

Obr. 12 Rostlinné části ve vzorku zeminy z ul. Školská

Obr. 13 Organické části ve vzorku zeminy z ul. V Jámě (velikost 2 cm)

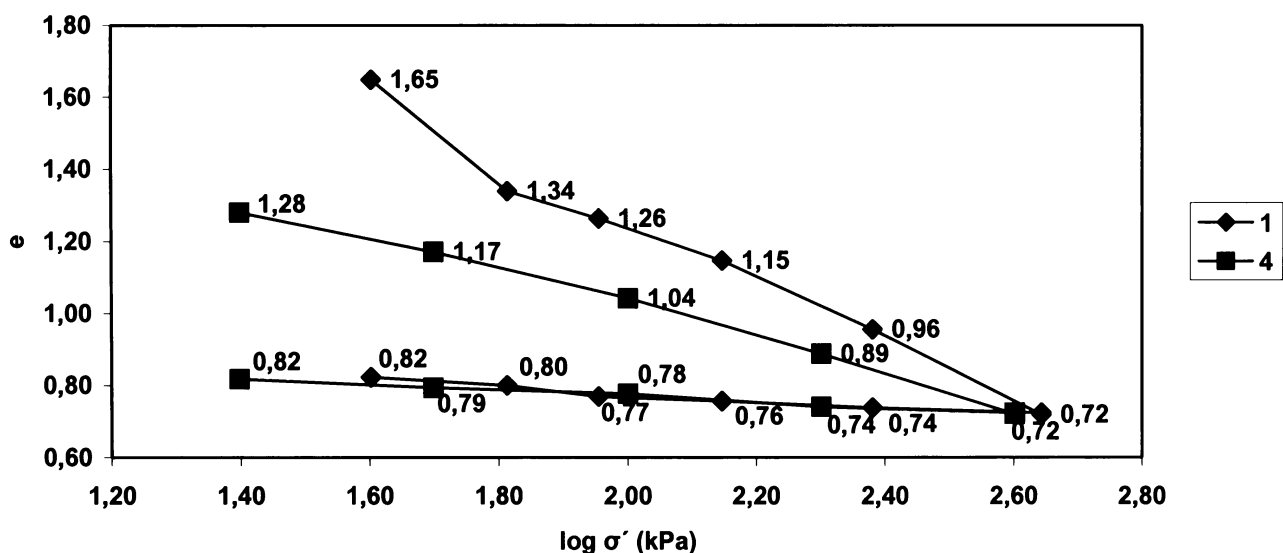
Obr. 14 Štěrk ve vzorku zeminy z ulice Vodičkova

Obr. 15 Úlomky hornin ve vzorku zeminy z ul. V Jámě

7.5.2 Výsledky edometrických zkoušek

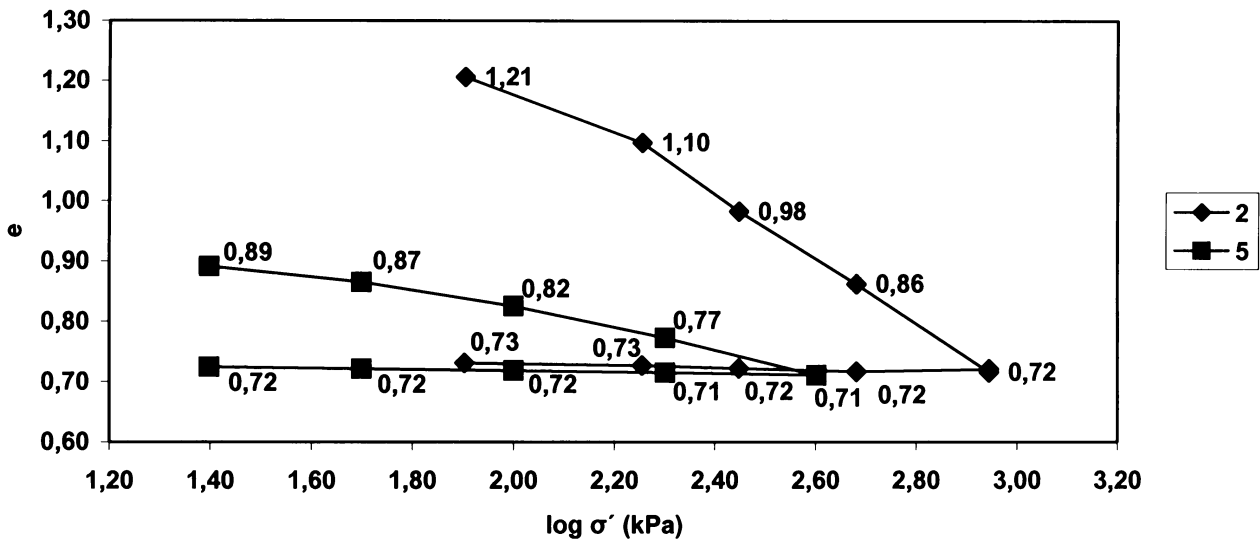
V následujících grafech (obr. 16 až 26) jsem porovnal průběhy stlačitelnosti vzorku neporušeného s rekonstituovaným z každého místa odběru. V tab. 7 jsem uvedl počáteční a finální hodnoty měřených veličin, konkrétně objemovou hmotnost sušiny, stupeň nasycení, čísla pórovitosti, dále počáteční objemovou hmotnost vzorků, zdánlivou hustotu pevných částic. V tab. 8 jsou uvedeny hodnoty indexu stlačitelnosti C_c a výškového součinitele stlačitelnosti C pro každý vzorek (definice C a C_c jsou uvedeny na str. 58).

V Jámě



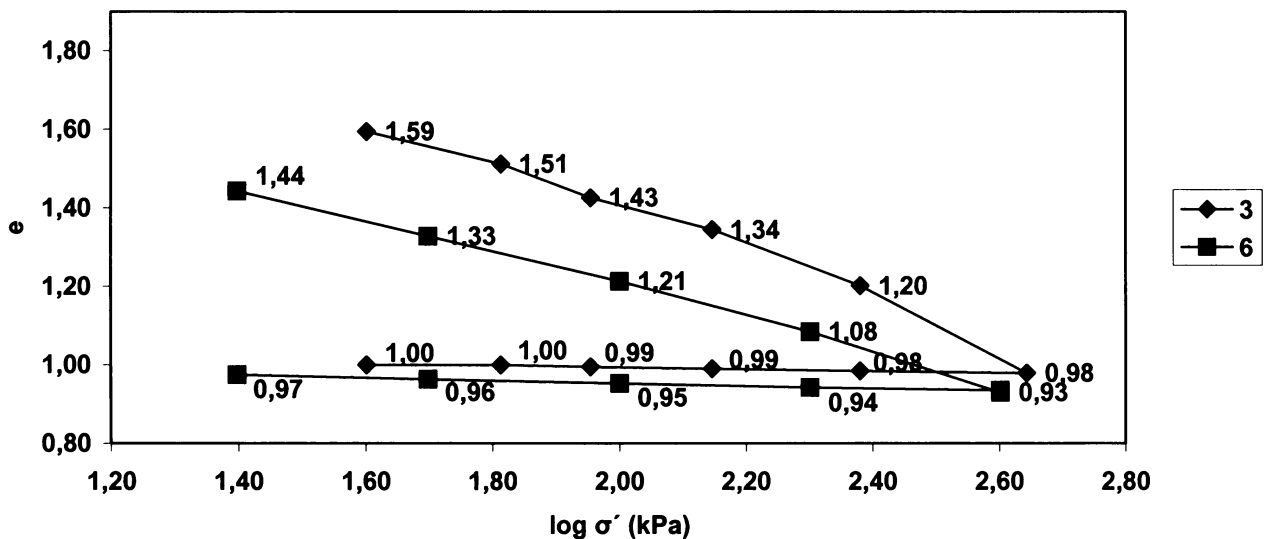
Obr. 16 Čáry stlačitelnosti vzorků z ul. V Jámě (1-neporušený, 4-rekonstituovaný). Hodnoty v grafu vyjadřují finální čísla pórovitosti zatěžovacích stupňů.

Vodičkova



Obr. 17 Čáry stlačiteľnosti vzorků z ul. Vodičkova (2-neporušený, 5-rekonstituovaný). Hodnoty v grafu vyjadřují finální čísla pórovitosti zatěžovacích stupňů.

Školská



Obr. 18 Čáry stlačiteľnosti vzorků z ul. Školská (3-neporušený, 6-rekonstituovaný). Hodnoty v grafu vyjadřují finální čísla pórovitosti zatěžovacích stupňů.

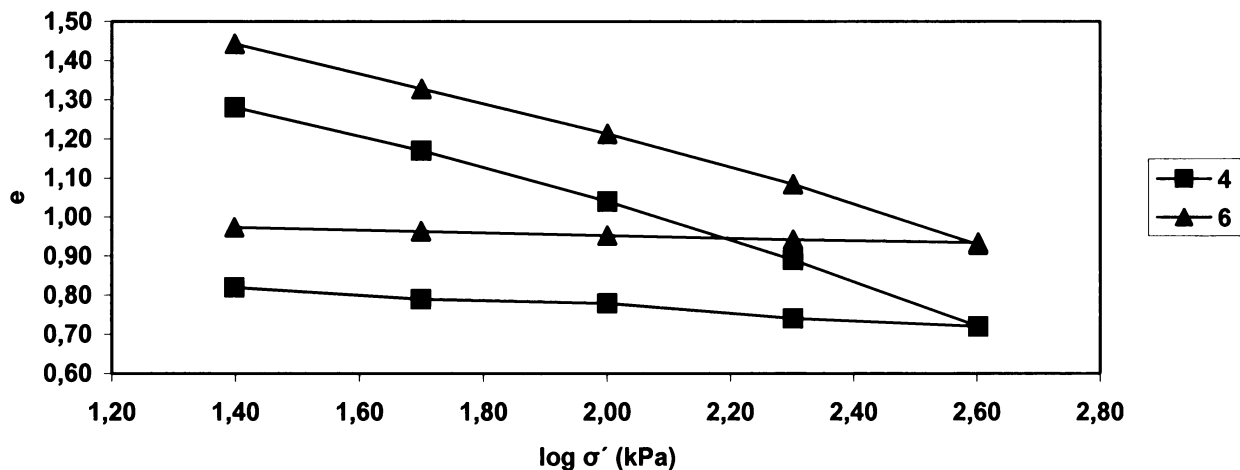
vzorky	neporušené			rekonstituované		
	1	2	3	4	5	6
ρ (kg/m ³)	1324	1650	2100	1646	1666	2024
ρ_s (kg/m ³)	2700	2700	2700	2700	2700	2700
ρ_{d0} (kg/m ³)	829	1032	957	1026	1058	1057
ρ_{dfin} (kg/m ³)	1088	1543	1242	1482	1542	1312
S_{r0} (%)	0,71	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
S_{rfin} (%)	0,71	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
w_0 (%)	59,72	59,87	119,53	60,39	57,52	91,54
w_{fin} (%)	21,67	27,78	69,16	30,46	25,82	54,24
e_0 (-)	2,26	1,62	1,82	1,63	1,55	1,55
e_{fin} (-)	0,82	0,75	1,17	0,82	0,70	1,06

Tab. 7 Porovnání vlastností neporušených a rekonstituovaných vzorků

C_c (-)	vzorky	neporušené			rekonstituované		
		1	2	3	4	5	6
Zatěžovací stupně	1.	1,47	0,31	0,39	0,25	0,01	0,08
	2.	0,57	0,63	0,61	0,37	0,07	0,38
	3.	0,57	0,51	0,42	0,43	0,17	0,38
	4.	0,81	0,53	0,61	0,50	0,17	0,43
	5.	0,91	-	0,84	0,56	0,20	0,52
C (-)		1	2	3	4	5	6
Zatěžovací stupně	1.	4,84	18,75	15,21	-	-	-
	2.	2,57	4,96	4,99	7,11	31,05	7,75
	3.	2,66	3,89	4,55	4,78	17,13	5,11
	4.	2,31	3,02	3,50	3,40	10,78	3,67
	5.	1,87	-	2,46	2,55	7,47	2,70

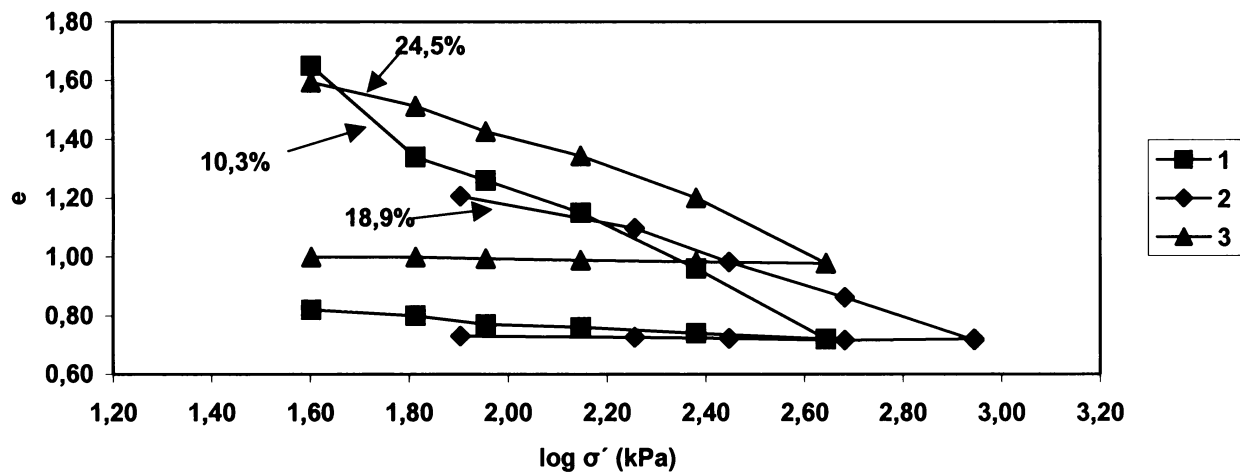
Tab. 8 Indexy stlačitelnosti C_c a výškové součinitele stlačitelnosti C vzorků

Rekonstituované vzorky

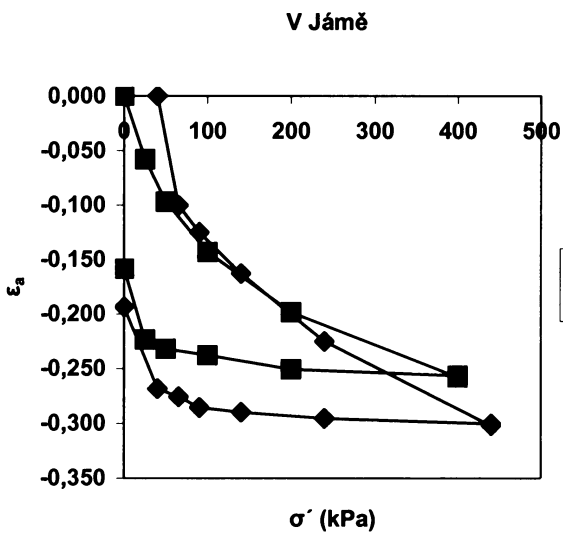


Obr. 19 Čáry stlačitelnosti rekonstituovaných vzorků (vzorek z ul.: 4–V Jámě, 6–Školská)

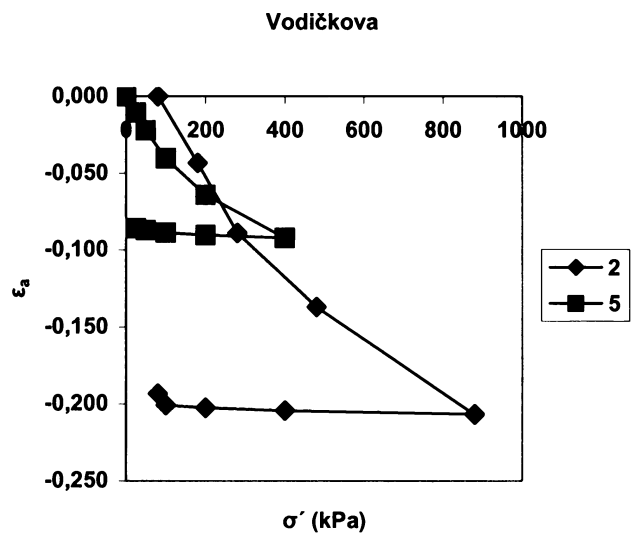
Neporušené vzorky



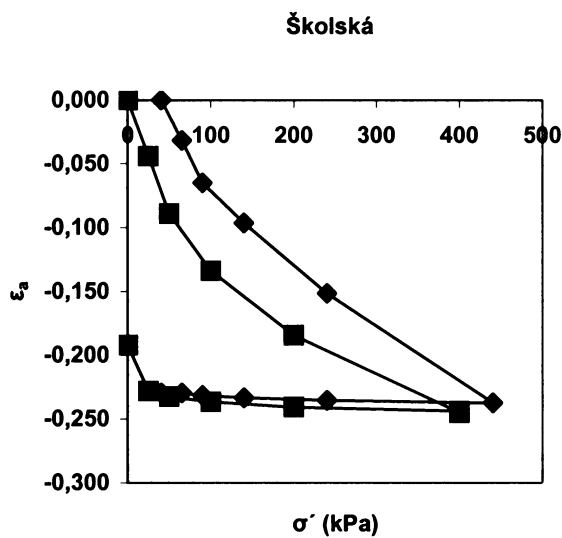
Obr. 20 Čáry stlačitelnosti neporušených vzorků s uvedeným procentuálním zastoupením organické frakce v zeminách (vzorek z ul.: 1–V Jámě, 2–Vodičkova, 3–Školská)



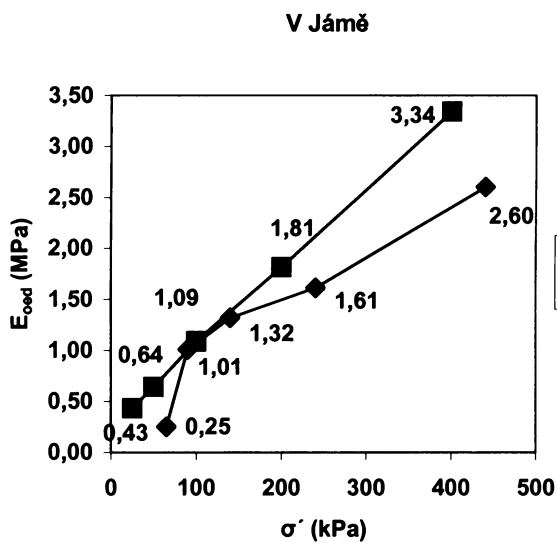
Obr. 21 Čáry stlačitelnosti vzorků z ul. V Jámě
(1-neporušený, 4-rekonstituovaný)



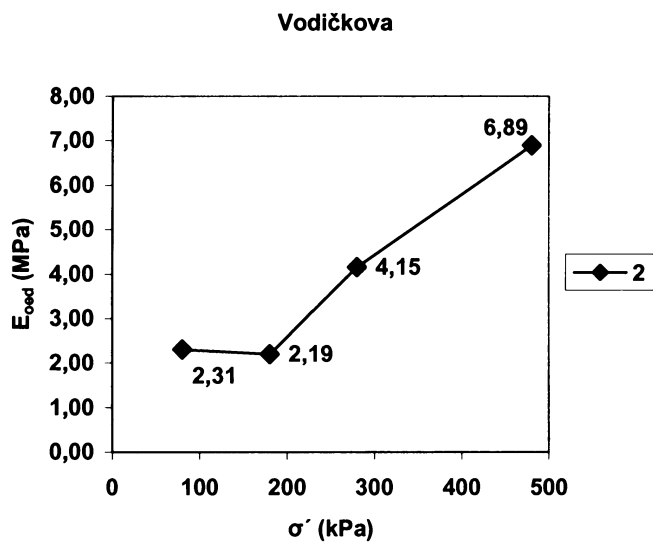
Obr. 22 Čáry stlačitelnosti vzorků z ul. Vodičkova
(2-neporušený, 5-rekonstituovaný)



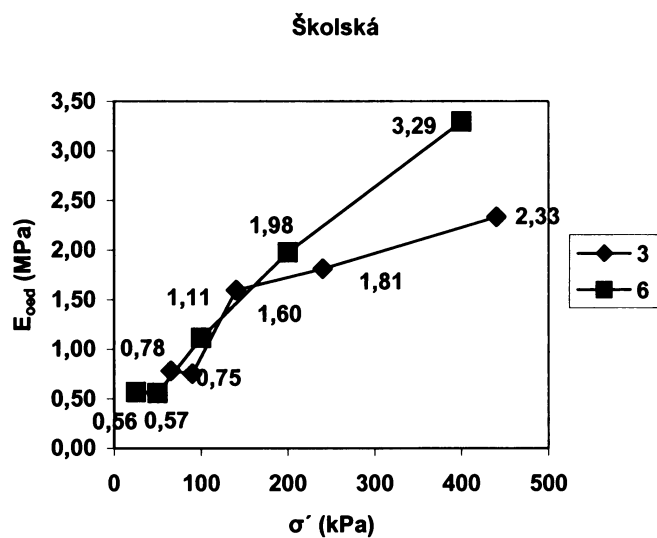
Obr. 23 Čáry stlačitelnosti vzorků z ul. Školská
(3-neporušený, 6-rekonstituovaný)



Obr. 24 Edometrické moduly vzorků z ul. V Jámě (1-neporušený, 4-rekonstituovaný)



Obr. 25 Edometrické moduly vzorku 2 z ul. Vodičkova



Obr. 26 Edometrické moduly vzorků z ul. Školská (3-neporušený, 6-rekonstituovaný)

Vzorek 5 vykazoval ve srovnání s ostatními rekonstituovanými vzorky nízký index stlačitelnosti (tab. 8), přestože křivky zrnitosti vzorků je podobné. To je patrné i při porovnání křivek stlačitelnosti vzorků (obr. 21 až 23). Zřejmě došlo k vytlačení části vzorku při jeho zatěžování, proto nepovažuji výsledky vzorku 5 za reprezentativní.

Vzorky jsem porovnal podle hodnot indexu stlačitelnosti a výškového součinitele stlačitelnosti.

Index stlačitelnosti C_c vzorků jsem počítal podle:

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma'} \quad (2)$$

kde Δe je změna čísla pórovitosti a $\Delta \log \sigma'$ je změna efektivního napětí.

Pro výpočet výškového součinitele stlačitelnosti C (Mencl, 1966) jsem použil vzorec:

$$C = \frac{1}{\Delta \epsilon_a} \cdot \ln \frac{\sigma_2'}{\sigma_1'} \quad (3)$$

kde ϵ_a je osové přetvoření vzorku, σ_1' počáteční efektivní napětí zeminy a σ_2' konečné efektivní napětí zeminy. Podle Ing. Boháče se výškový součinitel stlačitelnosti C dnes již nepoužívá (ústní sdělení). Hodnoty C uvádím v tab. 8 kvůli srovnání s archivními C zemin s organickou frakcí (Mencl, 1966 a <http://www.fine.cz/napoveda/sedani/souinitelstlačitelnosti.html>).

Pozice křivek stlačitelnosti neporušených vzorků (obr. 16 až 18) je odlišná od čáry normální konsolidace (dále NCL), což je dáno strukturou neporušených vzorků.

Průměrná hodnota C_c vzorku 1 byla ve srovnání se vzorkem 4 dvojnásobná (tab. 8). I při zatěžování byl průběh křivky stlačitelnosti vzorku 1 odlišný od vzorku 4 (obr. 16). Struktura zemin s organickou frakcí se nejvýrazněji odrazila na odlišné křivce stlačitelnosti od NCL u vzorku 3 (obr. 18). Vzorek s největším zastoupením organické frakce (24,5%) vykazoval podobné (i vyšší) hodnoty C_c nebo C jako vzorek 1 (obsah organické frakce 10,3%) a vzorek 2 (obsah organické frakce 18,9%).

Porovnání výsledných hodnot C_c a C neporušených vzorků (obr. 20) dokazuje jistou podobnost. Hodnoty indexu stlačitelnosti a výškového součinitele stlačitelnosti vzorků se liší

v jednotlivých zatěžovacích stupních v řádu několika setin (tab. 8). Uvedené výsledky však nedokazují závislost na procentuálním zastoupení organické frakce v zemině. Ani z rozboru křivek zmitostí neporušených vzorků zemin a ani podle obsahu jemné organické frakce v rekonstituovaných vzorcích se neprojevila závislost C_c a C na procentuálním zastoupení organických látek.

Podobně se struktura neporušených vzorků projevila i v dosažených hodnotách edometrických modulů (obr. 24 až 26). V porovnání s rekonstituovanými vzorky byly hodnoty E_{oed} zpravidla s rostoucím zatížením nižší, což svědčí o degradaci struktury neporušených vzorků. Hodnoty edometrických modulů vzorku 2 byly vyšší, pravděpodobně z důvodu odlišného uspořádání hrubé organické frakce ve vzorku.

Domnívám se, že stlačitelnost vzorků nezáleží na množství organických látek ve vzorku, ale na velikosti organické frakci a charakteru organických látek. Například drobné větvičky ve vzorku budou více stlačitelné, než organické zbytky živočichů (kosti, atd.).

U neporušených a rekonstituovaných vzorků není patrná závislost čísel pórovitosti na obsahu organické frakce (obr. 19 a 20). Hodnota počáteční pórovitosti e_0 vzorku 1 se odlišuje od průběhu stlačitelnosti vzorku zřejmě vlivem uspořádání organické frakce.

Výsledné hodnoty indexu stlačitelnosti mých neporušených vzorků byly $C_c = 0,31$ až $1,46$ při počátečním čísle pórovitosti $e_0 = 1,62$ až $2,26$.

Hodnoty výškového součinitele stlačitelnosti C jsem porovnal s typickými hodnotami zemin uvedených v tab. 2. Popisem a genezí jsou mým zeminám nejpodobnější humózní hlinitopísčité (bahnité) náplavy Vltavy (Záruba a Šimek, 1964). Tyto náplavy dosahují hodnot $C = 18$ až 40 při zatížení $100-200$ kPa a $C = 13$ až 36 při zatížení $200-300$ kPa. Je důležité podotknout, že narozdíl od těchto humózních náplavů se zeminy s organickou frakcí v okolí Vodičkovy ulice vyskytují nad úrovní hladiny podzemní vody. Porovnal jsem uvedené výsledky C podle Záruby a Šimka (1964) s hodnotami C při odpovídajících zatěžovacích stupních:

- vzorek 1: $C = 2,66$ (při $90-140$ kPa) a $C = 2,31$ (při $140-240$ kPa),
- vzorek 2: $C = 4,96$ (při $180-280$ kPa) a $C = 3,89$ (při $280-480$ kPa),
- vzorek 3: $C = 4,55$ (při $90-140$ kPa) a $C = 3,50$ (při $140-240$ kPa).

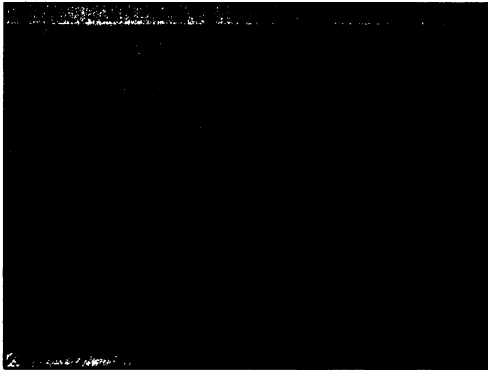
Hodnoty C mých vzorků jsou ve srovnání s náplavy (Záruba a Šimek, 1964) nižší a v průběhu zkoušek dosahovaly hodnot cca $C = 2$ až 5 (tab. 7). Domnívám se, že takto nízké hodnoty jsou dané zejména větším podílem hrubé organické frakce v zemině a genezí zemin

v okolí Vodičkovy ulice.

Domnívám se, že hodnoty edometrických modulů mohou být in situ i nižší, jelikož edometrické vzorky neobsahovaly větší části hrubé organické frakce než byl edometrický prsteneček. Nerovnoměrné rozšíření a nehomogenní charakter organické frakce v zájmovém území ovlivňuje stlačitelnost zeminy (viz kap. 6). Zkouškami v edometru se neprojevil vliv rostoucího obsahu jemné a hrubé organické frakce na stlačitelnosti zemin.

Zkoušené vzorky zeminy ze zájmového území mohou být ochuzeny (či obohaceny) o organickou příměs jak mikro- tak makroskopickou, což má vliv na samotnou přípravu vzorků a proveditelnost zkoušek, i jejich následné vyhodnocení je o to obtížnější. Přesto se domnívám, že uvedené hodnoty se dají v praxi použít jako orientační. Zpřesnění výsledků stlačitelnosti vzorků lze docílit laboratorními zkouškami na větších neporušených vzorcích zeminy.

7.6 Pevnost zemin - krabicové smykové přístroje



Obr. 27 Rotační smykový přístroj typu Bromhead



Obr. 28 Krabicový smykový přístroj typu Strassentest

P

Pomocí rotačního smykového přístroje typu Bromhead (obr. 27) a translačního krabicového smykového přístroje typu Strassentest (obr. 28) jsem zjišťoval kritický úhel vnitřního tření Φ_{cr} , efektivní úhel vnitřního tření Φ' a soudržnost c' zemin.

Smykovou pevnost zemin jsem zjišťoval celkem na pěti vzorcích. Z každého místa odběru jsem provedl zkoušky na rekonstituovaném vzorku a u neporušených vzorků z ulic V Jámě a Školská jsem zjišťoval efektivní parametry smykové pevnosti. Důvodem, proč jsem neprovedl zkoušku na vzorku z Vodičkovy ulice, bylo malé množství zeminy, kterou jsem spotřeboval při dalších laboratorních zkouškách.

Zkoušky v translačním smykovém přístroji typu Strassentest na neporušených vzorcích jsem provedl v průzkumném středisku firmy PUDIS, a.s. Zkoušky rekonstituovaných vzorků jsem provedl rotačním smykovým přístrojem typu Bromhead v laboratoři mechaniky zemin na Přírodovědecké fakultě UK v Praze. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v příloze č. 6 v protokolech 11 až 15.

7.6.1 Pracovní postup – metodika zkoušek

V následující kapitole jsou stručně popsány přípravy rekonstituovaných a neporušených vzorků pro laboratorní zkoušky v krabicových smykových přístrojích.

7.6.1.1 Příprava rekonstituovaných vzorků

Příprava vzorku se lišila dle typu přístroje. Základem přípravy vzorků pro zkoušky v rotačním smykovém přístroji typu Bromhead byla příprava pasty (rekonstituovaného vzorku). Vzorek zeminy jsem prošel sítím o velikosti zrna 0,5 mm. Jemnozrný materiál jsem pak důkladně rozmíchal ve vodě a připravenou pastu jsem nanášel na dolní porézní destičku smykové krabice. Při nanášení pasty do mezikruží bylo důležité, aby vyplnila celý jeho prostor. Každá vzduchová kapsa, která by vznikla při nanášení pasty na porézní destičku, by zkreslila zjištěné hodnoty. Pastu jsem zarovnal do roviny tak, aby vyčnívala nad okraj krabice o 2 až 3 mm. Tím se sníží riziko plášťového tření při zaklesávání horní desky smykového přístroje do krabice se vzorkem. Mezikruží spodní krabice mělo obsah 40 cm^2 a výšku 5 mm.

Zajištěnou krabici i s porézní deskou jsem zalil po okraj vodou a nechal jsem vzorek dvě hodiny konsolidovat požadovaným normálovým napětím σ .

7.6.1.2 Příprava neporušených vzorků

Zkoušky neporušených vzorků byly prováděny v translačním krabicovém smykovém přístroji typu Strassentest v průzkumném středisku firmy PUDIS a.s.

Vzorky jsem připravoval z neporušených bloků zeminy obdobně jako pro zkoušky stlačitelnosti v edometru. Pro vyříznutí jsem použil prstencovou formu o obsahu 40 cm^2 a výšce 20 mm. Následně jsem prstavec se vzorkem vložil do smykové krabice, vzorek jsem zalil vodou a nechal konsolidovat.

Ke zkoušce zeminy ve smyku došlo translačním posunem horní části krabice po dolní statické části krabice.

7.6.2 Výsledky smykových zkoušek

7.6.2.1 Výsledky rekonstituovaných vzorků

Výsledky závisí na rychlosti posunu smykového přístroje. Pro rekonstituované vzorky jsem podle Najsera (ústní sdělení) použil rychlost posunu 0,119 mm/min. Průběh zkoušky byl zaznamenáván v intervalu 20 vteřin po dobu 3 až 4 hodiny. Zkoušky byly provedeny na vzorcích z ulice V Jámě, Vodičkova a Školská.

Zvolil jsem tři zatěžovací stupně 50, 100 a 200 kPa. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v příloze č. 6 v Protokolech 11 až 13. Z grafů jsem vybral hodnoty nejvyššího smykového napětí při daném normálovém napětí, proložil je přímkou, sestrojil graf Mohr-Coulombovy obálky pevnosti a zjistil kritický úhel vnitřního tření Φ_{cr} (v protokolech jsem uvedl hodnotu Φ_{cr} vypočítanou metodou nejmenších čtverců ze zatížení 50, 100 a 200 kPa).

7.6.2.2 Výsledky neporušených vzorků

Zkoušky v translačním smykovém přístroji typu Strassentest jsem provedl v průzkumném středisku firmy PUDIS a.s. pod odborným dohledem Ing. B. Březiny a Ing. L. Eschnerové. Výsledná data vzorků z ulice V Jámě a Školská jsou uvedena v příloze 6 (protokol 14 a 15). Rychlost translačního pohybu pro neporušené vzorky byla 0,01 mm/min po dobu 1000 minut. Zkouška neporušených vzorků proběhla při normálovém napětí 65 (nebo 100 pro vzorek z ulice V Jámě), 200 a 400 kPa. Výsledkem zkoušek byly efektivní parametry úhlu vnitřního tření Φ' a soudržnosti c' .

7.6.3 Shrnutí výsledků zkoušek ve smykových přístrojích

	Φ_{cr}	Φ'	c'
V Jámě	31,5°	28,9°	14,0 kPa
Vodičkova	32,4°	-	-
Školská	32,5°	19,0°	2,1 kPa

Tab. 9 Výsledky smykových zkoušek

7.6.3.1 Rekonstituované vzorky

Rekonstituované vzorky dosáhly podobného kritického úhlu vnitřního tření $\Phi_{cr} \approx 32^\circ$ (tab. 9). Podobnost těchto hodnot byla dána téměř shodným zastoupením jemnozrnné frakce do velikosti zrna 0,5 mm (viz protokoly 2, 3 a 9 v příloze č. 6). Dosažené hodnoty úhlu vnitřního tření byly vysoké, zřejmě z důvodu obsahu písčité frakce nebo nízkého zastoupení jemné organické frakce ve vzorcích (kap. 7.3.1).

7.6.3.2 Neporušené vzorky

Výsledky neporušených vzorků zeminy (úhel vnitřního tření Φ' a soudržnost c') jsem porovnal s hodnotami zemín v normě ČSN 73 1001.

Výsledky jsou uvedené v tab. 9. Vzorky z ulice V Jámě a Školská jsem popsal jako hlíny písčité, které se liší konzistencí (V Jámě: rozhraní tuhá/měkká, Školská: měkká) a obsahem organické frakce (V Jámě: 10,3%, Školská: 24,5%).

Podle ČSN 73 1001 vychází pro hlínu písčitou $\Phi' = 24^\circ$ až 29° a $c' = 8$ až 16 kPa. Vzorek z ulice Školská se hodnotami liší (Φ' o 5° až 10° a c' o 5,9 až 13,9 kPa). Domnívám se, že nižší hodnoty jsou dány vysokým obsahem organické frakce ve vzorku z ulice Školská (24,5%). Vzorek V Jámě obsahuje méně organické frakce (10,3%), zejména hrubé a při porovnání s hodnotami hlín písčitých (ČSN 73 1001) jsou již výsledky shodné.

Domnívám se, že příměs makroskopické organické frakce může výrazně ovlivňovat smykovou pevnost zeminy a že s větším procentuálním zastoupením této frakce jsou hodnoty parametrů pevnosti ve smyku nižší.

Závěrem stručně shrnuji výsledky smykových zkoušek. U rekonstituovaných vzorků vycházela průměrná hodnota kritického úhlu vnitřního tření $\Phi_{cr} \approx 32^\circ$. Takto vysoká hodnota byla zřejmě dána především obsahem jemně písčité a středně písčité frakce. Neporušené vzorky vykazovaly ve srovnání s tabulkovými hodnotami v ČSN 73 1001 nižší (Školská) nebo stejné (V Jámě) hodnoty Φ' a c' . Domnívám se, že hodnoty Φ' a c' in situ budou nepříznivější, jelikož laboratorní vzorky zemin neobsahovaly větší části makroskopické organické frakce než byla prstencová forma vzorku. Také nehomogenní a nerovnoměrný výskyt organické frakce má vliv na vlastnosti zemin.

7.7 Závěr laboratorních zkoušek

V této části stručně popisují výsledky laboratorních zkoušek zemin a shrnují nejdůležitější výsledky každého vzorku zeminy. Komentáře k jednotlivým zkouškám jsem zde již nerozepisoval, jelikož jsou uvedeny v předcházejících kapitolách (7.1 až 7.6).

V závěrečném zhodnocení uvádím zatřídění a popis zemin, přirozená vlhkost, Atterbergovy meze, zdánlivou hustotu pevných částic, obsahu organické frakce neporušených vzorků, stlačitelnost a smykovou pevnost zemin.

Je nutné poznamenat, že laboratorní zkoušky na těchto zeminách jsou však z hlediska proveditelnosti velmi problematické, jelikož zeminy obsahují nerovnoměrně rozptýlenou a nehomogenní organickou frakci, která značně ovlivňuje výsledné hodnoty.

7.7.1 Vzorek z ulice V Jámě

Jedná se o tmavě šedohnědou hlínu písčitou se štěrkem F3/MS (dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001) nebo saSigr (dle ČSN EN ISO 14688-1), dle ČSN EN ISO 14688-2 středně organickou (10,3%) a s organickým materiálem jako jsou stonky rostlin, místy i kusy dřeva a s hnilobným zápachem, místy se subangulárními úlomky stavebního materiálu o velikosti 1 – 5 cm, dobře zrněná (číslo křivosti $C_c = 2,6$, číslo nestejnozrnosti $C_u = 174,9$), konzistence na rozhraní tuhá/měkká, přirozená vlhkosti $w_n = 57,0\%$. Zdánlivá hustota pevných částic byla stanovena odhadem ($\rho_s = 2700 \text{ kg.m}^{-3}$). Dále byla stanovena $w_L = 92,0\%$ (extrémně vysoká plasticita vzorku), $w_P = 67,0\%$ a $w_n = 57,0\%$. Hodnota indexu plasticity $I_p = 25\%$. Hodnoty w_L , w_P , I_p však neodpovídají křivce zrnitosti (viz protokol 3 v příloze č. 6). I_p závisí na procentuálním zastoupení jílu v hornině. Z křivky zrnitosti bylo patrné minimální zastoupení jílu ve vzorku. Zřejmě z důvodu proveditelnosti zkoušky byla hodnota zjištěna jen na části vzorku, kde bylo větší zastoupení jílové složky.

Úhel vnitřního tření rekonstituovaného vzorku je $\Phi_{cr} = 31,5^\circ$ (rotačním smykovým přístrojem). Efektivní parametry neporušeného vzorku $\Phi' = 28,9^\circ$ a $c' = 14,0 \text{ kPa}$ (v translačním krabicové smykovém přístroji). Efektivní parametry odpovídají ČSN 73 1001.

7.7.2 Vzorek z ulice Vodičkova

Zeminu jsem popsal jako tmavě šedohnědou až šedočernou hlínu písčitou se štěrkem F3/MS (dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001) nebo saSigr (dle ČSN EN ISO 14688-1), dle ČSN EN ISO 14688-2 středně organickou (18,9%) a s organickým materiálem jako jsou stonky, větvičky, kůra stromů, s bahným zápachem, konzistence na rozhraní tuhá/měkká. Jedná se dobře zrněnou zeminu (číslo křivosti $C_c = 1,4$, číslo nestejnozrnnosti $C_u = 128,5$) o přirozené vlhkosti $w_n = 45,3\%$. Zdánlivá hustota pevných částic byla stanovena odhadem ($\rho_s = 2700 \text{ kg.m}^{-3}$). Hodnoty w_L , w_p , I_p , I_c se nepodařilo zjistit.

Smykovými zkouškami jsem stanovil kritický úhel vnitřního tření pro rekonstituovaný vzorek $\Phi_{cr} = 32,4^\circ$ (rotačním smykovým přístrojem).

7.7.3 Vzorek z ulice Školská

Jedná se o tmavě šedočernou až černou hlínu písčitou F3/MS (dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001) nebo saSi (dle ČSN EN ISO 14688-1), dle normy ČSN EN ISO 14688-2 vysoce organickou (24,5%) a s organickým materiálem jako jsou stonky rostlin, kůra stromů, zvířecí kosti, štětiny), s bahným zápachem, dobře zrněná (číslo křivosti $C_c = 1,2$, číslo nestejnozrnnosti $C_u = 75,5$), měkké konzistence a o přirozené vlhkosti $w_n = 124,2\%$. Zdánlivá hustota pevných částic byla stanovena odhadem ($\rho_s = 2700 \text{ kg.m}^{-3}$). Hodnoty w_L , w_p , I_p , I_c se nepodařilo zjistit.

Pro rekonstituovaný vzorek vychází $\Phi_{cr} = 32,5^\circ$ (rotačním smykovým přístrojem). Pro neporušený vzorek $\Phi' = 19,0^\circ$ a $c' = 2,1 \text{ kPa}$ (translačním krabicovým smykovým přístrojem). Ve srovnání s hodnotami v ČSN 73 1001 byly hodnoty nižší (Φ' o 5° až 10° a c' o $5,9$ až $13,9 \text{ kPa}$). Srovnáním hodnot Φ' a c' se vzorkem V Jámě se domnívám, že vyšší zastoupení hrubé organické frakce v zemině ovlivnila tyto hodnoty.

Zatřídění zkoušených zemin je podobné, což vyplývá i z křivek zrnitosti (hlíny písčité).

Porovnáním výsledných hodnot indexu stlačitelnosti C_c a výškového součinitele stlačitelnosti C neporušených vzorků dokazuje jistou podobnost. Tyto hodnoty vzorků se liší v jednotlivých zatěžovacích stupních v řádu několika setin (tab. 8). Uvedené výsledky však nedokazují závislost na procentuálním zastoupení organické frakce v zemině. Ani z rozboru křivek zrnitostí neporušených vzorků zemin a ani podle obsahu organické frakce ve vzorcích se neprojevila závislost indexu stlačitelnosti C_c , výškového součinitele stlačitelnosti C a čísla pórovitosti e .

Výsledky smykových zkoušek neporušených vzorků vykazovaly ve srovnání s tabulkovými hodnotami v ČSN 73 1001 nižší (vzorek z ul. Školská) nebo odpovídající (vzorek z ul. V Jámě) hodnoty Φ' a c' . Hlavní rozdíl v hodnotách Φ' a c' byl dán obsahem makroskopické organické frakce v zemině.

Domnívám se, že hodnoty stlačitelnosti a smykové pevnosti zemin s organickou příměsí budou in situ nepříznivější, jelikož obsahují větší části organického materiálu než laboratorní vzorky.

Atterbergovy meze, zdánlivá hustota pevných částic, I_p , I_c lze pro tyto zeminy zjišťuje obtížně, což je dané obsahem hrubé organické frakce. Obsah těchto látek komplikoval přípravu vzorků, proveditelnost i následné vyhodnocování laboratorních zkoušek. Bloky zemin obsahovaly nerovnoměrně rozptýlené mikro- a makroskopické organické látky.

Domnívám se, že záleží nejen na množství organických látek v zemině, ale i na velikosti a charakteru organické frakce.

Přesto se domnívám, že uvedené výsledky laboratorních zkoušek na neporušených vzorcích zeminy se dají v praxi použít jako orientační a že je nutné tyto zkoušky provádět, neboť vyšší obsah makroskopické organické frakce v zemině může podstatně ovlivnit její vlastnosti. Zpřesnění výsledků (stlačitelnosti, smykové pevnosti) lze docílit laboratorními zkouškami na větších neporušených vzorcích zeminy.

8 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zjistit výskyt a vlastnosti zemin s organickou příměsí v okolí Vodičkovy ulice v Praze 1.

Oproti podrobné inženýrskogeologické mapě v měřítku 1:5000 list Praha 7-1 (Šimek, 1969) je v této diplomové práci vymapován v oblasti ul. Vodičkova v Praze 1 rozsah holocénních až recentních sedimentů s organickou příměsí, které v původní mapě zaznamenány nebyly.

Jedná se o sedimenty bahnitých mokřadů a výplně splachových depresí (občasných vodotečí), které byly navíc ještě ve středověku zaváženy organickými deponiemi odpadů. Všechny tyto sedimenty tvoří vrstvu zemin s organickou příměsí mocnou 1-3 m. V předešlých mapových podkladech zde byly uvažovány pouze mocnější navážky.

Poprvé byly též laboratorně ověřovány geotechnické vlastnosti zemin s organickou příměsí v dané lokalitě. Výsledky potvrdily, že je nutné tyto zkoušky provádět, neboť vyšší obsah makroskopické organické frakce v zemině může podstatně ovlivnit její vlastnosti. Nestačí tedy jen provést indexové zkoušky a spoléhat se na tabulkové charakteristiky uvedené v ČSN 73 1001. Laboratorní zkoušky na těchto zeminách jsou však z hlediska proveditelnosti velmi problematické, jelikož zeminy obsahují nerovnoměrně rozptýlený a nehomogenní organický materiál.

Laboratorní zkoušky potvrdily, že mladé holocénní náplavy jsou nevhodnou základovou půdou, protože jsou nehomogenní, velmi málo únosné, silně a nepravidelně stlačitelné. Při zakládání nových náročnějších objektů či podchycování stávajících staveb je třeba použít prvky hlubinného zakládání.

Výsledky této diplomové práce mohou najít své uplatnění nejen při nové interpretaci chování nadloží a terénu při výstavbě kolektorů Vodičkova, ale i při budoucích stavebních úpravách v dané lokalitě.

9 Použité podklady

Literatura:

- Altmann J. (2000): Kolektor Centrum I.A trasa Vodičkova – dokumentace pro územní rozhodnutí, část D: Inženýrskogeologický průzkum a monitoring, projekt, K + K průzkum, s.r.o., 15 str.,
- ASTM (1970): American society for testing and materials Special procedures for testing soil and rock for engineering purposes, 5. ed., STP 479 (SBN 0-8031-0054-x), 439 str.,
- Balatka B. (1985): Geomorfologické členění pražského území – Staletá Praha XV, Praha, str. 46 – 56,
- Čejka M. a Mühl J. (2005): Zakládání staveb, Využití tryskové injektáže pro zajištění ražeb kolektorů v Praze, Brno 7.-8.11. 2005, str. 267 – 272,
- Dvořák F. (2000): Kolektory v centru Prahy – vliv výškové polohy nivelety na návrh a realizaci stavby; Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha 9. – 11.10. 2000, str. 206 – 211,
- Dvořák F. (2003): Kolektor Václavské náměstí - ekologické řešení regenerace technické infrastruktury; Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha, 18. – 20.11.2003, str. 17 – 19,
- Dvořák F. (2003): Podzemní stavby v centru Prahy a principy podzemního urbanismu; Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha 18. – 20.11. 2003, str. 22 – 26,
- Dvořák F. (1997): Tryskové injektáže pro zajištění zástavby a ražby kolektorů v centru Prahy; Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha 13. – 15.10. 1997, str. 15 – 18,
- Dvořák J. (1994): Limitující faktory pro návrh a realizaci kolektorů 3. kategorie v centru Prahy, Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha 3.- 15.11. 1994, str. 79 – 82,
- Fabián O. (1997): Kolektorová síť Vodičkova – Jungmannova; Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha 13. – 15.10. 1997, str. 19 – 21,

- Gieseking J. E. (1975): Soil components – Volume 1: Organic components, Springer-Verlag, 534 str.,
- Gould R. A., Bedell P. R., Muckle J. G. (2002): Construction over organic soils in an urban environment: four case histories, Canadian Geotechnical Journal, vol. 39, str. 345-356,
- Hudek J. (1994): Geotechnické vlastnosti horninového prostředí pro území Prahy, PUDIS a.s., Praha, 31 str.,
- Hrubešová E. (2008): Kamenní svědkové minulosti: Dům Hrdibor, později zvaný U nedvěďů, článek z novin, Noviny Prahy 2, leden 2008,
- Chlupáč I. et al. (2002): Geologická minulost České republiky, Academia, Praha, 436 str.,
- Chlupáč I. (1999): Vycházky za geologickou minulostí Prahy a okolí, Academia, Praha, 279 str.,
- Chmelař R. (1997): Diplomová práce: Reambulance podrobné inženýrskogeologické mapy Prahy - Malé Strany a části Smíchova, PřF UK, 86 str.,
- Chmelař R. (2004): Inženýrskogeologické popisy hydrogeologických vrtů provedených v rámci geotechnického monitoringu – měření hladiny podzemní vody,
- Chmelař R. a Síla L. (2006): Vybrané poznatky z geotechnického monitoringu kolektorů centrum pod ul. Vodičkova v Praze, časopis Tunel, 15. ročník, č.2, str. 24 – 31,
- Chmelař R. a Síla L. (2007): Kolektor centrum I. A, etapa 0004 Vodičkova geotechnický monitoring, Závěrečná zpráva geotechnického monitoringu,
- Kameníček I. (1994): Poznatky z kontrolních měření při ražení tunelů NRTM; Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha 3.- 15.11.1994, str. 171 – 173,
- Klepsatel F., Mařík L., Frankovský M. (2005): Městské pozemní stavby, Jaga, Bratislava, 285 str.,
- Kovanda J., Balatka B., Bernard H. J., Brunnerová Z., Březinová D., Bukanovská M., Cílek V., Fridrichová M., Havlíček V., Holub V., Hrdlička V., Chlupáč I., Kadlecová R., Kachlík V., Kaprasová E., Kleček M., Král J., Kříž J., Lochmann Z., Lysenko V., Mašek J., Šalanský K., Tomášek M., Zelenka P., (2001): Neživá příroda Prahy a jejího okolí, Academia, Praha, 215 str.,
- Králík F. et al. (1984): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000, ÚÚG,

- Praha – sever, 12-243, 144 str.,
- Krállová Z. (1973): Inženýrskogeologické mapy hlavního města Prahy 1:5000, PUDIS, Praha, reklamní brožura,
- Levý O. et al. (2005): Sborník příspěvků Zakládání staveb, Detailní metody geofyzikálního průzkumu pro ohodnocení stavu zemního prostředí při výstavbě a opravách podzemních děl v městské zástavbě, Brno 7.-8.11.2005, str. 43 – 48,
- Lorenz V. (1973): Nové Město pražské, Praha, 2008.,
- Matula M. a Pašek J. (1986): Regionálna inžinierská geológia ČSSR, Alfa, Bratislava, 296 str.,
- Matula M. a Pašek J. (1995): Inženýrská geologie I., Praha, 347 str.,
- Matula M. a Pašek J. (1995): Inženýrská geologie II., Praha, 260 str.,
- Mencl V. (1966): Mechanika zemin a skalních hornin, Academia, Praha, 329 str.,
- Mitchell J. K. a Soga K. (2005): Fundamentals of soil behavior, Wiley, 577 str.,
- Najser J. (2004): Rotační smykový přístroj Bromhead (Popis přístroje a průběhu zkoušky podle WF25850), 14 str.,
- Osláč J. a Píchal Z. (2004): Inženýrskogeologický průzkum, Pragoprojekt a.s., Geologické podklady pro RDS a GTM,
- Osláč J. a Píchal Z. (2004): Inženýrskogeologický průzkum, Pragoprojekt a.s., Geologické podklady pro RDS a GTM, podélné profily,
- Paluska A. (1976): Fluviale Sedimente im Prager Becken. – Mitt. Geol. – Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 45, 29-36, Hamburg,
- Papež P. (2000): Kolektory Příkopy; Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha, 9. – 11.10. 2000, str. 262 – 266,
- Petránek J. (1993): Malá encyklopedie geologie, Nakladatelství JIH České Budějovice, 246 str.,
- Píchal Z. et al. (1979): Praha a inženýrská geologie, ČSVTS pro PUDIS, Praha, 134 str.,
- Sláma P. a Klička V. (1997): Dvacet let zkušeností s provozem sítě kabelových tunelů v Praze; Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha 13. – 15.10. 1997, str. 61 – 62,
- Sochůrek J. (2006): Kolektory v Praze: Tunel, 5. ročník, č. 1,
- Sochůrek J. A. I. (1994): Vývoj a tendence řešení ražených kolektorů a technologií

- provádění, Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha 3.- 15.11. 1994, str. 121 – 125,
- Spielmann M. a Špaček J. (2005): AutoCAD názorný průvodce pro verze 2002 až 2005, CP Books, a.s., Brno, 248 str.,
- Svoboda J. et al. (2000): Kolektor centrum I. A – trasa Vodičkova ulice; Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha 9. – 11.10. 2000, str. 219 – 223,
- Svoboda J. (2003): Přípravovaná výstavba kolektorů III. Kategorie v centrální oblasti hlavního města Prahy, Tunel; 12. ročník, č.4, str. 45 – 47,
- Šilhavý J. (2007): Závěrečná zpráva GTM kolektoru Centrum I. A trasa Vodičkova – Geodetická nivelační měření na terénu,
- Šimek R. (1969): Průvodní zpráva k podrobné inženýrskogeologické mapě 1:5000, Praha 7-1, PUDIS, Praha, 117 str.,
- Šimek R. (1972): Metodické pokyny pro sestrojování podrobné inženýrskogeologické mapy hlavního města Prahy v měřítku 1:5000, PUDIS, Praha,
- Terzaghi K., Peck R. B., Mesri G. M. (1996): Soil mechanics in engineering practice, 3. ed., 549 str.,
- Ushaa N. (2006): Shear strength characteristic of fibrious peat soil, University teknologi Malaysia, 64 str.,
- Vaniček I. (2000): Geomechanika 10 – Mechanika zemin, ČVUT, 229 str.
- Vintera J. (1997): Kolektorizace centra Prahy, Sborník příspěvků Podzemní stavby; Praha 13. – 15.10. 1997, str. 67 – 69,
- Záruba Q. (1942): Podélný profil vltavskými terasami mezi Kamýkem a Veltrusy, Rozpravy II. tř., Čes. akad. Praha,
- Záruba Q. (1948): Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy, Praha, 81 str.,
- Záruba Q. a Pašek J. (1960): Vývoj reliéfu území vnitřní Prahy, Sborník klubu za starou Prahou, Praha, 47 str.,
- Záruba Q. a Šimek R. (1964): Rozbor inženýrskogeologických podmínek území Malé Strany, sborník geol. věd, HIG, str. 109-132, Praha
- Zavřel J. (2003): Geologické poměry archeologické lokality Praha 1 – Nové Město, Vodičkova ul. č. p. 1277/II,

Normy a metodické předpisy:

- ČGÚ (1987): Metodiky laboratorních zkoušek v mechanice zemin a hornin,
ČSN 72 1001 – Pojmenování a popis hornin,
ČSN 72 1021 – Laboratorne stanovenie organických látok v zeminách,
ČSN 73 1001 - Základová půda pod plošnými základy,
ČSN 73 1214 – Betonové konstrukce. Základní ustanovení pro navrhování ochrany proti korozi,
ČSN 73 3050 – Zemní práce,
ČSN CEN ISO/TS 17892-5 - Část 5: Stanovení stlačitelnosti zemin v edometru,
ČSN EN 206-1 – Beton-část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda,
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 ISO 14688-1 – Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemin – Část 1: Pojmenování a popis,
ČSN EN ISO 14688-2 (ČSN 72 1003) - Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemin – Část 2: Zásady pro zařídování,

Mapy:

- Králík F. et al. (1984): Geologická mapa 1:25000, Praha – sever,
Šimek R. (1969): Inženýrskogeologická mapa Prahy 1:5000, list Praha 7 – 1,
Šimek R. (1969): Inženýrskogeologická mapa Prahy 1:5000, list Praha 6 – 1,
Šolc J. (1969): Inženýrskogeologická mapa Prahy 1:5000, list Praha 7 – 2,
Šolc J. (1969): Inženýrskogeologická mapa Prahy 1:5000, list Praha 6 – 2

Další zdroje:

<http://www.fine.cz/>

