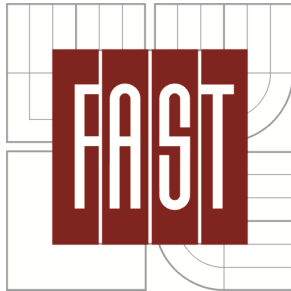


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEOTECHNIKY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEOTECHNICS

URČENÍ GEOTECHNICKÝCH A GEOLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK VYBRANÝCH ZEMIN A STANOVENÍ JEJICH VHODNOSTI PRO ZAKLÁDÁNÍ STAVEB V BRNĚ-CHRLICÍCH

DETERMINATION OF GEOTECHNICAL AND GEOLOGICAL CHARACTERISTIC OF SOILS
AND EVALUATION OF THEIR SUITABILITY FOR BUILDING CONSTRUCTION IN BRNO -
CHRLICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JANA KOŘÍNKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Mgr. MICHAELA HALAVÍNOVÁ, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav geotechniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Jana Kořínková


Název Určení geotechnických a geologických charakteristik vybraných zemin a stanovení jejich vhodnosti pro zakládání staveb v Brně - Chrlicích

Vedoucí bakalářské práce Mgr. Michaela Halavínová, Ph.D.

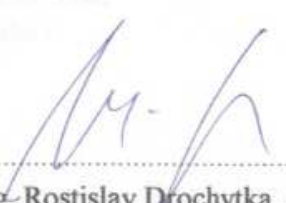
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2015

Datum odevzdání bakalářské práce 27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015


.....
doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Podklady pro zpracování bakalářské práce budou studentovi předávány postupně.

HORÁK, V.: Geotechnický průzkum, Modul M05. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, elektronická verze.

CHLUPÁČ, I., BRZOBOHATÝ, R., KOVANDA, J., STRÁNÍK, Z.: Geologická minulost České republiky, Academia, Praha. 2002. 80-200-0914-0.

WEIGLOVÁ, K.: Mechanika zemin, Akademické nakladatelství CERM, Brno. 2007. 80-7204-507-5.

[http://www.geologicke-mapy.cz/regiony/soubor geologických map](http://www.geologicke-mapy.cz/regiony/soubor_geologickych_map), elektronická verze.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Cílem bakalářské práce je zhodnotit geotechnické a geologické charakteristiky v Brně - Chrlicích. Prvním úkolem práce je rešeršní činnost popisu lokality a jejího přilehlého území. Poté se práce bude zabývat geotechnickým průzkumem, který bude stanoven z jednoduchých odkryvných prací přímých, zejména se bude jednat o vrtné sondy. Provede se jejich popis, z odebraných zemin pak zrnitostní zkouška. Dále se zjistí výpočtová únosnost zeminy pro vybraný druh stavby.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Mgr. Michaela Halavínová, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Předmětem práce je zhodnotit geotechnické a geologické charakteristiky zemin v Brně-
Chrlicích. Popsat danou problematiku stávajícího stavu. Odebrat vzorky zeminy a ná-
sledně je laboratorně posoudit. Vyhodnotit je v programu SoilLab a porovnat s vlastními
výsledky. Na závěr stanovit vhodnost pro zakládání staveb.

Klíčová slova

Geotechnický průzkum, geologie, zemina, laboratorní zkoušky, klasifikace zemin.

Abstract

The aim of bachelor thesis is to evaluate geological and geotechnical characteristics of
the soil from Brno-Chrlice. Description the problems of present state. Remove soil
samples and then their laboratory characteristics evaluate. The results will be asses in
SoilLab and compared with own results. In conclusion the suiability for building foun-
dations determined.

Keywords

Geotechnical survey, geology, soil, laboratory tests, soil classification.

Bibliografická citace VŠKP

Jana Kořínková *Určení geotechnických a geologických charakteristik vybraných zemin a stanovení vhodnosti pro zakládání staveb v Brně-Chrlicích*. Brno, 2016. 55 s. 22 s. příloh. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky. Vedoucí práce Mgr. Michaela Halavínová, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně, dne 27. 5. 2016

.....
podpis autora

Poděkování:

Poděkování patří především vedoucí bakalářské práce Mgr. Michaele Halavínové, Ph.D. za vstřícnost při konzultacích a pomoc při psaní této práce. Poděkování patří také panu stavbyvedoucímu, který mi poskytl cenné materiály a rady. Dále bych ráda poděkovala paní Sylvii Tvarůžkové, která byla ochotna mi pomoci při práci v laboratoři. V neposlední řadě bych ráda poděkovala Ing. Augustinu Leiterovi, který mi byl nápomocen při tvorbě křivek zrnitosti. Nakonec nesmím zapomenout poděkovat rodině, která mě podporovala po celou dobu studia.

OBSAH

1 ÚVOD	- 10 -
2 ZÁKLADNÍ POJMY	- 11 -
3 GEOLOGICKÉ JEDNOTKY ČESKÉ REPUBLIKY	- 12 -
3.1 Český masiv	- 12 -
3.1.1 Moravsko-slezská oblast	- 12 -
3.1.1.1 Brunovistulikum	- 13 -
3.1.1.1.1 Brněnský masiv	- 13 -
3.1.2 Kvartér	- 15 -
3.2 Západní Karpaty	- 15 -
3.2.1 Karpatská předhlubeň	- 15 -
4 POPIS ÚZEMÍ	- 16 -
4.1 Inženýrsko-geologické poměry	- 16 -
4.2 Dosavadní prozkoumanost	- 16 -
4.2.1 Vrtná prozkoumanost	- 16 -
4.2.2 Svahové nestability	- 17 -
5 SOUČASNÝ STAV OBJEKTU	- 19 -
5.1 Popis lokality	- 19 -
5.2 Geotechnický monitoring	- 20 -
5.3 Hodnocení současného stavu	- 20 -
6 GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM	- 21 -
6.1 Orientační průzkum	- 21 -
6.2 Předběžný průzkum	- 22 -
6.2.1 Odkryvné práce	- 22 -
6.2.1.1 Vrtné práce	- 22 -
6.2.1.2 Kopné práce	- 23 -

6.3 Dokumentace	- 25 -
7 LABORATORNÍ ZKOUŠKY	- 26 -
7.1 Vlhkost	- 27 -
7.2 Zrnitost	- 28 -
7.2.1 Sítový rozbor	- 28 -
7.2.2 Areometrická zkouška	- 30 -
7.3 Konzistence	- 32 -
7.3.1 Mez tekutosti	- 33 -
7.3.2 Mez plasticity	- 34 -
7.3.3 Vyhodnocení meze tekutosti a plasticity	- 35 -
7.4 Vyhodnocení zkoušek	- 37 -
8 KLASIFIKACE ZEMIN	- 38 -
8.1 Klasifikace dle ČSN 73 1001	- 38 -
8.2 Klasifikace dle ČSN EN ISO 14688	- 41 -
8.3 Porovnání předpokládaných zemin se zjištěnými	- 44 -
9 ZÁVĚR	- 45 -
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	- 46 -
SEZNAM OBRÁZKŮ	- 49 -
SEZNAM TABULEK	- 51 -
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	- 52 -
SEZNAM PŘÍLOH	- 54 -

1 ÚVOD

Téma bakalářské práce je zhodnotit geotechnické, geologické a hydrogeologické charakteristiky lokality v Českém masivu pro návrh základů. Nejprve pomocí rešerše popíši území a danou problematiku stávajícího stavu. Uvedu typy zemin, které by se zde měly vyskytovat, a posléze srovnám s mými výsledky zatřídění zeminy. Dále nastíním, jakým způsobem jsem získala vzorky zeminy a z kterých hloubek vrtu byly. Následně tuto zeminu posoudím v laboratoři a provedu vyhodnocení zkoušek. Na závěr navrhu, jaký typ konstrukce by byl vhodný pro založení stavby.

Toto téma bakalářské práce jsem si zvolila z toho důvodu, že stávající stav tohoto svahu pod komunikací je v havarijním stavu a nachází se v místě mého bydliště.

2 ZÁKLADNÍ POJMY

Geotechnický průzkum

Geotechnický průzkum poskytuje veškeré údaje o základové půdě, režimu podzemní vody (přímo na staveništi i v blízkém okolí), vše potřebné k popisu vlastností půdy a ke stanovení charakteristických hodnot pro výpočet. Podle náročnosti stavby se geotechnické průzkumy dělí do 3 kategorií: (1. kategorie: vizuální prohlídka a mělké kopané sondy; 2. a 3. kategorie: skládá se z předběžného, podrobného a kontrolního průzkumu). (WEIGLOVÁ, 2005)

Hydrogeologie

Hydrogeologie je vědní obor, který se zabývá podzemními vodami, jejich původem, podmínkami výskytu, fyzikálními a chemickými vlastnostmi apod. Hydrogeologie spadá pod hydrologii. Podle využití je možno hydrogeologii rozdělit do několika oborů, kterými jsou například hydrogeologie důlní, ložisková a sanační. Tyto obory se v poslední době velmi rozvíjí a vznikají nové, ve spojitosti s potřebami ochrany podzemní vody. (<https://cs.wikipedia.org/wiki/Hydrogeologie>)

Regionální geologie

Regionální geologie je vědní obor, který využívá studia zemské kůry k členění území do jednotek. Uvnitř těchto jednotek má horninové prostředí stejný nebo podobný vývoj. Pro každou jednotku je charakteristický soubor hornin, stratigrafické zařazení, tektonika, hydrogeologické podmínky a geomorfologie. Výsledkem je mapa, kde je území rozděleno do geologických jednotek a textové dokumentace, kde je popsáno studované území. (POSPÍŠIL, 2004)

3 GEOLOGICKÉ JEDNOTKY ČESKÉ REPUBLIKY

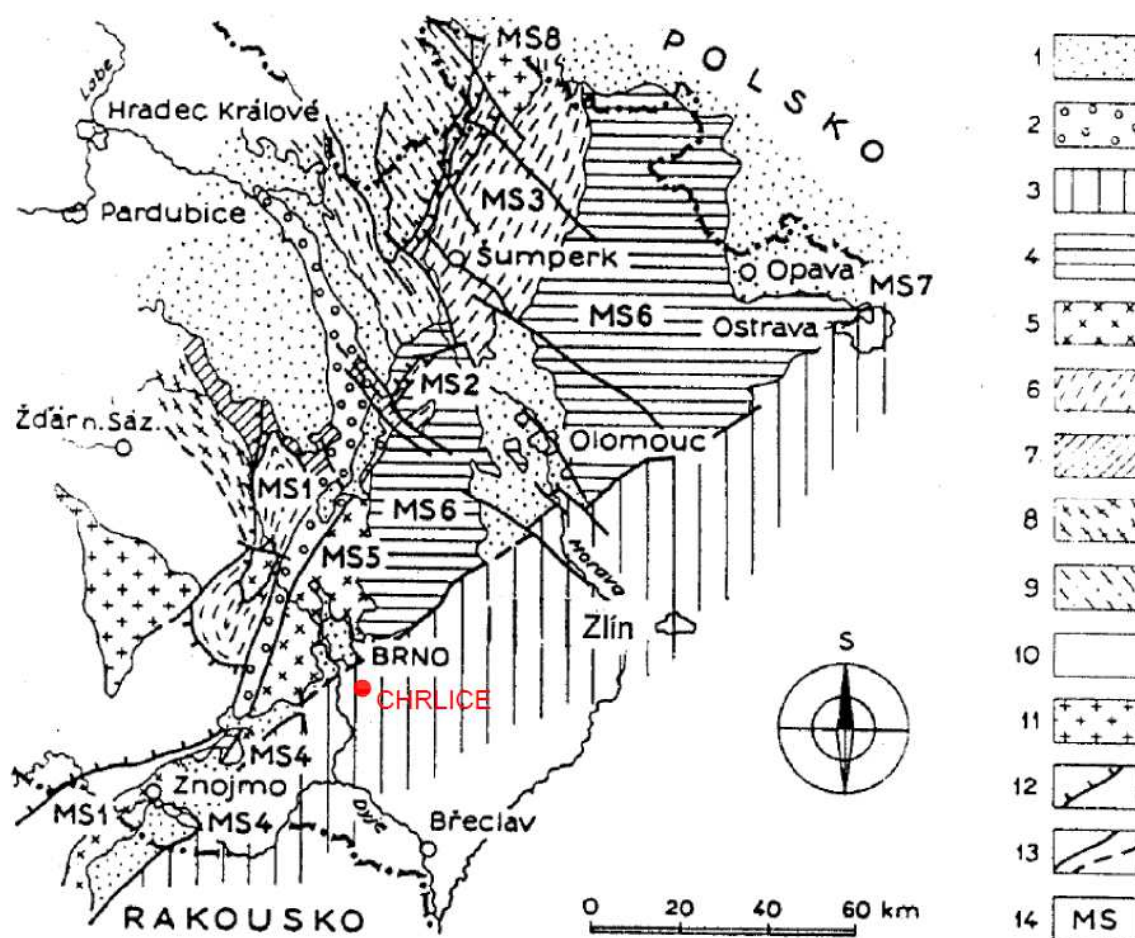
Na území České republiky se rozkládají dvě základní jednotky, kterými jsou Český masiv a Západní Karpaty. Každá z jednotek prošla odlišným vývojem a díky tomu se jejich stavba liší. (POSPÍŠIL, 2004)

3.1 ČESKÝ MASIV

Český masiv je jeden z největších souvislých fragmentů původního variského orogénu, vystupující z podloží platformních sedimentů. (POSPÍŠIL, 2004) Český masiv má blokovou stavbu, což znamená, že je území děleno hlubinnými zlomy. Bloková stavba je výsledkem zlomové tektoniky kadomského, alpínského a variského cyklu. (KACHLÍK, 2003) Vývoj Českého masivu je dělen do dvou etap, kterými jsou předplatformní (mol-danubická oblast, kutnohorsko-svratecká oblast, středočeská oblast, krušnohorská oblast, lugická oblast a moravsko-slezská oblast) a platformní (jura, křída, terciér a kvartér). (POSPÍŠIL, 2004)

3.1.1 MORAVSKO-SLEZSKÁ OBLAST

Vymezení této oblasti je poněkud složité. Dělí se na jednotky (moravikum, silesikum, brunovistulikum, moravsko-slezský devon, moravsko-slezský spodní a svrchní karbon). (POSPÍŠIL, 2004) Omezení moravsko-slezské oblasti je ze západu moravsko-slezským zlomovým pásmem, které se skládá z dalších dílčích zlomů. Od východu je omezena tato oblast bradlovým pásmem a od severu oderským lineamentem. Základním rysem je strukturní, metamorfní, paleotektonické a stratigrafické oddělení hercynského patra od pater podložních. Hercynský cyklus začal devonem, pokračoval spodním karbonem, zakončen sedimentací karbonských uhelných pánví. (MÍSAŘ, 1983)



Obr. 1 Moravsko-slezská oblast (MÍSAŘ, 1983)

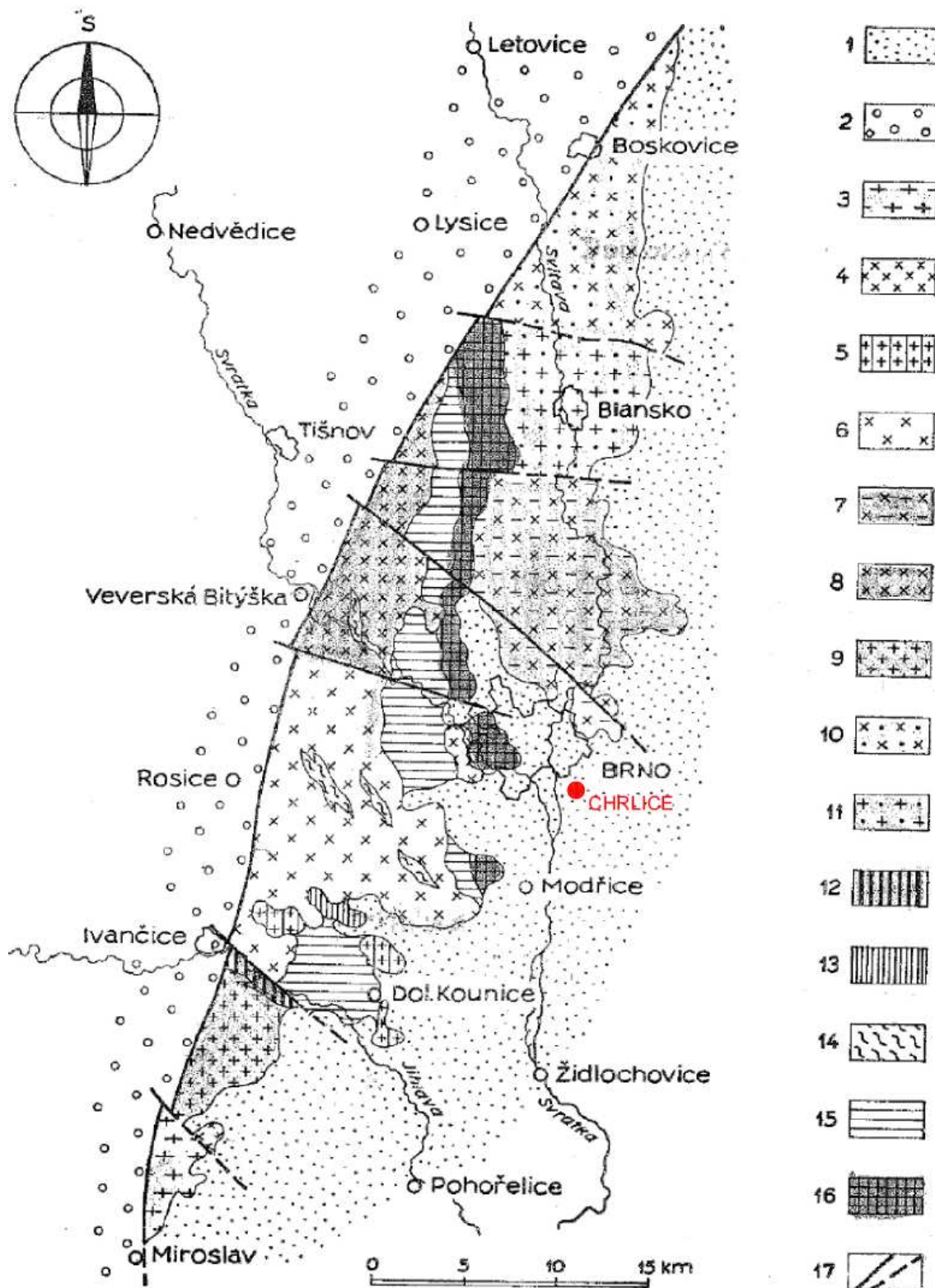
3.1.1.1 Brunovistulikum

Brunovistulikum je téměř po celé Moravě, velká část je zakryta sedimentárními horninami. (POSPÍŠIL, 2004) Směrem k východu se noří pod karpatskou předhlubeň. Je rozdělena několika zlomy a bloky (například severomoravský, středomoravský a jihomoravský). Na povrch se dostává jako brněnský masiv. (MÍSAŘ, 1983)

3.1.1.1.1 Brněnský masiv

Brněnský masiv je rozdělen zónou metamorfovaných bazických hornin. Hlavní hornina je granodiorit, dělíme ji do tří částí (východní a západní granodioritová část, metabazitová část). Horniny byly používány k výrobě drceného kamene. (POSPÍŠIL, 2004)

Bakalářská práce: Určení geotechnických a geologických charakteristik vybraných zemín a stanovení vhodnosti pro zakládání v Brně-Chrlicích.



LEGENDA: 1 – NEOGÉN KARPATSKÉ PŘEDHLUBNĚ, 2 – PERMOKARBON BOSKOVICKÉ BRÁZDY,
 3–13 – TYPY GRANITOIDŮ BRNĚNSKÉHO MASIVU, 14 – METAMORFITY,
 15–16 – METABAZITOVÁ ZÓNA, 17 – ZLOMY

Obr. 2 Brněnský masiv (MÍŠAŘ, 1983)

3.1.2 KVARTÉR

Kvartér je stratigraficky největší komplex, má zřetelnou diskordantní pozici. Kvartérní horniny jsou velmi pestré. Nejrozšířenější uloženiny sedimentů jsou říční, eolické (spraše) a svahoviny. (MÍSAŘ, 1983)

3.2 ZÁPADNÍ KARPATY

Západní Karpaty jsou v České republice pouze v oblastech Moravy a Slezska. Jsou součástí pásemného pohoří, vzniklou alpínským vrásněním. Západní Karpaty mají příkrovovou stavbu. Tato stavba je tvořena různými sedimenty, ty obalují pohoří. Obalové jednotky dělíme na Karpatský flyš a Karpatskou předhlubeň. (POSPÍŠIL, 2004)

3.2.1 KARPATSKÁ PŘEDHLUBEŇ

Karpatská předhlubeň vznikla pohybem kadomským podkladem brunovistulika a pokryvem paleozoickým a mezozoickým. V níž převažovala mořská sedimentace. Předhlubeň tvoří pánve, které vznikly s přesouváním flyšových příkrovů. Mocnost sedimentů dosahuje cca 5 km, jde o neogenní klasické sedimenty (například slepenec, pískovec, štěrky, písky, jíly a jílovce). Předhlubeň dělí dva zlomy. (KACHLÍK, 2003)

4 POPIS ÚZEMÍ

4.1 INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY

Z hlediska regionální geologie se území nachází na západní straně jižní části karpatské předhlubně. Sedimenty karpatské předhlubně jsou tvořeny hlavně vápnatými jíly (tégly), místy s polohami písku. Podle chronostratigrafie se tyto sedimenty zařazují do spodního badenu. Toto území leží na hraně Českého masivu.



LEGENDA: ■ FLUVIÁLNÍ PÍŠČITÉ ŠTĚRKY (KVARTÉR), ■ SVAHOVÉ PÍŠČITOHLINITÉ (KVARTÉR), ■ ŠEDÉ VÁPNETÉ JILY (NEOGÉN)

Obr. 3 Geologická mapa 1:50 000

4.2 DOSAVADNÍ PROZKOUMANOST

4.2.1 VRTNÁ PROZKOUMANOST

TYP VRTU	bez litologických dat	bez litologických dat	bez litologických dat	hloubka pod kvartérem
ČÍSLO GDO	719960	720582	720583	718331
NÁZEV	S-1/2	IJ-1	IJ-2	VS-1
DRUH OBJEKTU	vrt svislý	vrt svislý	vrt svislý	vrt svislý
CELKOVÁ HLOUBKA	10 m	10 m	12 m	45 m
SIGNATURY	GF P133337	GF P134032	GF P134032	GF P134044

ROK VZNIKU	2011	2011	2011	2012
NADMOŘSKÁ VÝŠKA	212,7	205,33	203,31	192,97
SOUŘADNICE X	1167283	1167357,73	1167358,01	1167364,51
SOUŘADNICE Y	595437	595463,02	595479,49	595537,72
POLOHA	digitalizováno z map	zaměřeno	zaměřeno	zaměřeno
SYSTÉM	zaměřeno	balt po vyrovnání	balt po vyrovnání	balt po vyrovnání
ÚČEL	inženýrsko-geologický	inženýrsko-geologický	inženýrsko-geologický	hydrogeologický
HLOUBKA KVARTÉRU	-	-	-	4,6 m
PRVNÍ HORNINA POD KVARTÉREM	-	-	-	jíl

Tab. 1 Vrtná prozkoumanost



LEGENDA: ■ FLUVIÁLNÍ PÍŠČITÉ ŠTĚRKY (KVARTÉR), ■ SVAHOVÉ PÍŠČITOHLINITÉ (KVARTÉR), ■ ŠEDÉ VÁPNIÉ JILY (NEOGÉN)

Obr. 4 Geologická mapa 1:50 000 s vrtů

4.2.2 SVAHOVÉ NESTABILITY

Námi řešený svah se nachází v území svahové nestability. Tato nestabilita je přírodního původu, plošného charakteru a je samostatná. Sesuv byl v roce 1997 aktivován díky extrémním srážkám a poškodil komunikaci mezi městskými částmi Brno-Chrlice a Brno-Holásky. Tento sesuv je i přes sanační opatření stále aktivní, projevuje se poklesy a trhlinami v krytu vozovky. Délka svahu je 200 m.

Bakalářská práce: Určení geotechnických a geologických charakteristik vybraných zemin a stanovení vhodnosti pro zakládání v Brně-Chrlicích.



Obr. 5 Svahové nestability

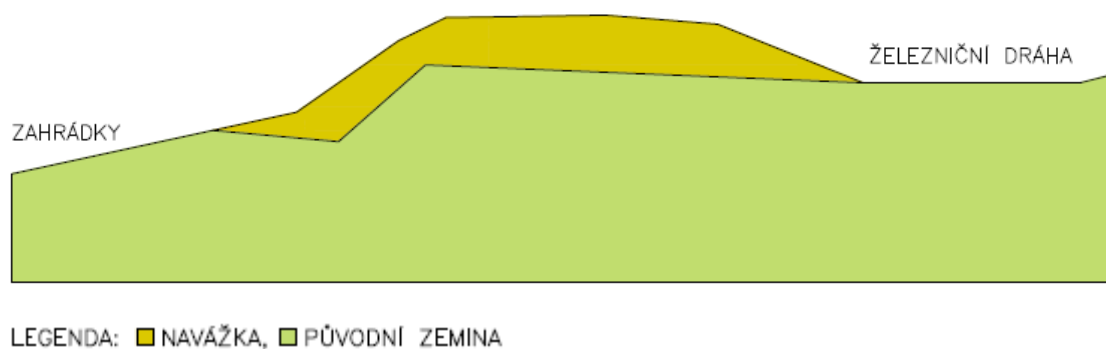


Obr. 6 Svah aktivního sesuvu

5 SOUČASNÝ STAV OBJEKTU

5.1 POPIS LOKALITY

Předmětem zhodnocení je svah pod komunikací, který spojuje městské části Brno-Chrlice a Brno-Holásky. Tento svah lemují z jedné strany zahrádky a z druhé železniční dráha. Těleso komunikace je v mírném násypu, sklon svahu je cca 7°. Výška tohoto násypu (od koruny násypu k patě u zahrádek) je v rozmezí 4-5,5 m. Vedle komunikace v osově vzdálenosti cca 25 m probíhá železniční dráha. Niveleta komunikace z hlediska směrového řešení se nachází v přímé části.



Obr. 7 Schéma řešeného svahu pod komunikací

Na krytu komunikace jsou patrné poruchy v podobě trhlin a poklesů. Tyto poruchy se na komunikaci objevují i po provedení předchozí sanace. Na krajnici jsou umístěny sloupy veřejného osvětlení, které na začátku a na konci svahu žádné poruchy nevykazují. Ani železniční trať, která je vzhledem ke komunikaci níže položena nevykazuje žádné poruchy. Mezi komunikací a železniční tratí je terénní val, který je porostlý vegetací. Tento val dosahuje výšky 3 m. Dosavadní řešení tohoto stavu spočívalo v dorovnání krytu vozovky na původní niveletu.



Obr. 8 Fotografie poruch komunikace

5.2 GEOTECHNICKÝ MONITORING

Roku 2005 byl svah osazen inklinometrickými vrty. Vrt 10S byl umístěn do jednoho z nejhorších míst svahu. Další měření následovaly roku 2006, kdy byl zjištěn posun 5 mm ve směru spádnice. S měřením se pokračovalo až roku 2013, kdy byly naměřeny hodnoty posunů 60 mm ve směru spádnice. Na svahu je osazeno celkem 18 měřických bodů, které byly zhotovovány postupně v letech 2005-2013.

5.3 HODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Z výsledků geotechnického monitoringu a prohlídek lze usoudit, že tyto poruchy jsou lokálního charakteru, jelikož se nachází pouze v místě komunikace. V jeho okolí ani na železniční trati žádné poruchy zaznamenány nebyly. Svah je stále zasakován srážkovou vodou od železniční trati, která není podél komunikace nikde odvedena.

6 GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM

Geotechnický průzkum pro účely pozemních komunikací se dělí na orientační, předběžný, podrobný a doplňující dle TP 76. Obecné zásady navrhování, provádění a také dokumentace geotechnického průzkumu se řídí obecně závaznými právními předpisy pro provádění geotechnických prací. (TP 76A, 2009)

6.1 ORIENTAČNÍ PRŮZKUM

Jako první věc, kterou je třeba provést, než započnou práce je orientační průzkum, který poskytne podklady pro posouzení stavu stavby, a také odhalí problematická místa.



Obr. 9 Mapa místa řešení



Obr. 10 Komunikace před opravou

6.2 PŘEDBĚŽNÝ PRŮZKUM

Z dané tabulky podle TP 76 pro určení počtu sond lze vyčíst, že pro námi posuzovaný svah jsou třeba 3 sondy, jelikož se jedná o násyp vyšší než 3 m a dlouhý 200 m. Tyto sondy byly umístěny v podélném směru komunikace. (TP 76, 2009)

Náročnost stavby		nenáročná		náročná	
Geotechnické poměry		jednoduché	složitě	jednoduché	složitě
Geotechnická kategorie		1	2	2	3
Násyp	nižší než 3 m	1 ks / 250 m	1 ks / 100 m	–	–
	vyšší než 3 m	–	–	1 ks / 150–100 m ^{*)}	1 ks / 75–50 m ^{*)}
Zářez	mělký než 3 m	1 ks / 250 m	1 ks / 100 m	–	–
	hlubší než 3 m	–	–	1 ks / 100 m	1 ks / 50 m
Mostní objekt o jednom poli		1 ks	2 ks	2 ks	2–3 ks
Mostní objekt o více polích		viz výše odstavec 4.2.4			
Trasa		1 ks / 500 m	1 ks / 200 m	–	–
Legenda: ^{*)} větší četnost platí pro násypy vyšší než 10 m					
Poznámka: Pro dvoupruhové komunikace a rekonstrukce mohou být směrné počty průzkumných sond při zadání průzkumu přiměřeně sníženy.					
Počet sond uvedený v tabulce 3 neplatí pro případ výskytu nepříznivého území ovlivňujícího stavbu, v tomto případě se postupuje individuálně.					

Tab. 2 Směrné počty průzkumných sond předběžného geotechnického průzkumu

6.2.1 ODKRYVNÉ PRÁCE

Odkryvné práce slouží pro posouzení fyzikálně-mechanických vlastností zemin. Díky nim je možné pozorovat jednotlivé vrstvy, vzhled, stav a chování. V určitých případech lze použít přirozené odkryvy, jinak se využívají umělé. Odkryvné práce je možné dělit na přímé (vrtné nebo kopné) a nepřímé (penetrační sondování). (HORÁK, 2009)

6.2.1.1 Vrtné práce

Pomocí šnekového vrtacího stroje mi bylo umožněno odebrat vzorky zeminy z různých hloubek vrtu. Tyto vzorky zeminy jsem dala do uzavíratelných sáčků, abych zachovala jejich původní vlhkost. Jedná se o poloporušené vzorky zeminy.

Bakalářská práce: Určení geotechnických a geologických charakteristik vybraných zemin a stanovení vhodnosti pro zakládání v Brně-Chrlicích.



Obr. 11 Šnekový vrtací stroj



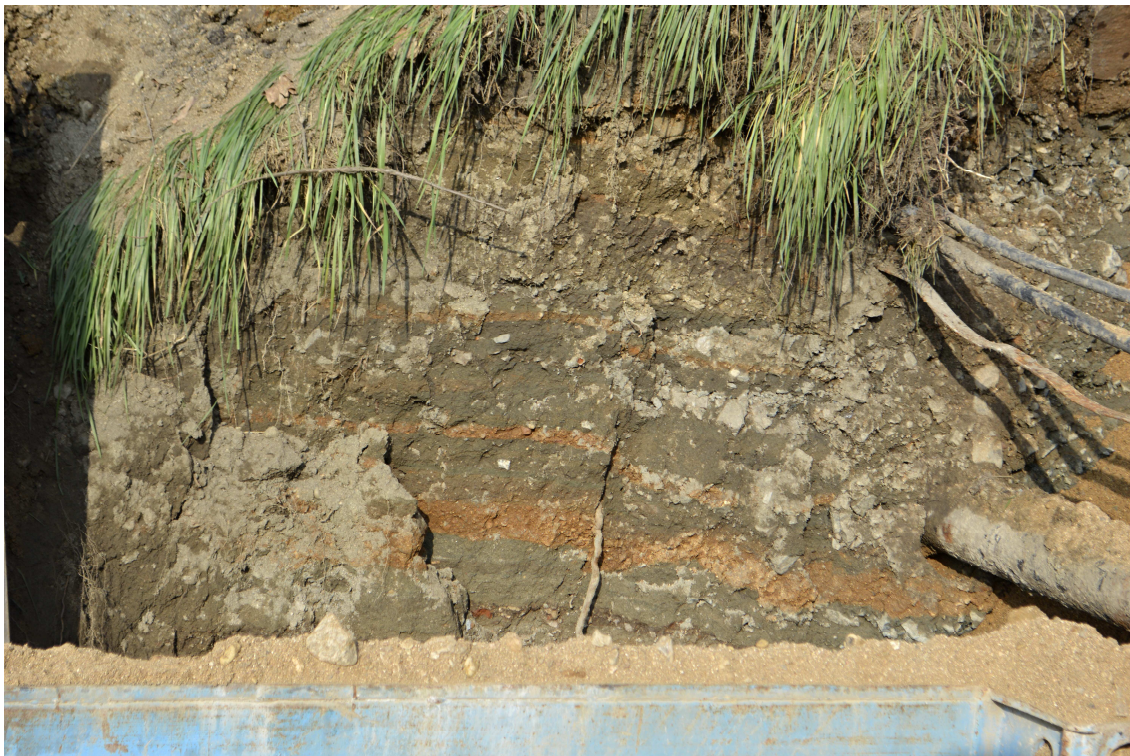
Obr. 12 Vzorky zeminy

6.2.1.2 Kopné práce

Charakteristickým znakem pro kopné práce je možnost pozorovat stěnu zeminy, a to v neporušeném stavu, odebírat vzorky zeminy nebo přímo na místě testovat její vlastnosti. Kopaná sonda je nejpoužívanější způsob těchto prací. (HORÁK, 2009)

V našem případě byla sonda provedena v místě největších sesuvů. Ty se nacházely na pravém jízdním pruhu (při pohledu Holásky - Chrlice). Tato sonda měla obdélníkový tvar, hloubka činila 7 m, délka od hrany svahu směrem k ose komunikace byla 3 m a šířka 2 m. Sonda byla kopaná za pomoci mechanizace. Jednalo se o paženou sondu, což můžeme vidět na přiložených fotografiích.

Bakalářská práce: Určení geotechnických a geologických charakteristik vybraných zemin a stanovení vhodnosti pro zakládání v Brně-Chrlicích.



Obr. 13 Vrstvy svahu



Obr. 14 Zасыпání kopané sondy

6.3 DOKUMENTACE

Veškeré odkryvné práce je třeba správně popsat a vyhodnotit. Pro popis nám slouží makroskopický popis, kterým lze určit texturu, minerální složení a barvu. Tento popis provádíme přímo na stavbě, postupně jak jsou vzorky odebírány.

Při určování minerálního složení nám pomůže HCl (kyselina chlorovodíková), která ve styku s některými minerály (například kalcitem, dolomitem apod.) začne reagovat. To nám značí přítomnost vápníku a uhličitanů. S určením minerálního složení a druhu zeminy nám pomohla vedoucí práce Mgr. Michaela Halavínová, Ph.D.



Obr. 15 Vzorkovník pro určení barvy zeminy

Údaje o odebraných zeminách zapíšeme do prvotní geologické dokumentace vrtu, kde bude uveden čas začátku a konce vrtání, místo a datum konání odběru. U každé vrstvy zapíšeme hloubku a již zmíněný popis. Uvedeme také hladinu podzemní vody. Prvotní geologické dokumentace vrtu jsou uvedeny v příloze.

Jelikož máme jemnozrné zeminy, tak charakteristiky vlhkosti a konzistence určíme podle stupně konzistence I_c , které získáme z laboratorního vyhodnocení.

7 LABORATORNÍ ZKOUŠKY

Laboratorní zkoušky se provádí za účelem popisu zeminy podle klasifikačního systému dle ČSN EN ISO 14688-2. Dále pro zjištění fyzikálně-mechanických vlastností zeminy. Potřebné vlastnosti zemin pro posouzení a návrh stavby nalezneme v příložené tabulce. (TP 76, 2009)

	Vlastnost zeminy	Znak	Jednotka	Metodika	Klasifikace zemin podle ČSN 73 1001, ČSN 73 1002	Použitelnost – vhodnost materiálu					
						Základová půda	Podloží násypu	Násypy	Stabilita svahů, zemní tlaky	Úpravy zemin	Podloží vozovky
1	Zrnitost	–	% mm	ČSN EN ISO/TS 17892-4	/	/	/	/	/	/	/
2	Číslo nestejnozrnitosti	C_u	–	ČSN EN ISO/TS 17892-4	/	/	/	/	/	/	/
3	Vlhkost přirozená	w	%	ČSN EN ISO/TS 17892-1	/	/	/	/	/	/	/
4	Mez tekutosti	w_L	%	ČSN EN ISO/TS 17892-12	/	/	/	/	/	/	/
5	Mez plasticity	w_P	%	ČSN EN ISO/TS 17892-12	/	/	/	/	/	/	/
6	Číslo plasticity	I_p	%	$I_p = w_P - w_L$	/	/	/	/	/	/	/
7	Číslo konzistence	I_c	–	$I_c = (w_L - w) / I_p$	/	/	/	/	/	/	/
8	Objemová hmotnost	ρ_d	kg.m ³	ČSN 72 1010	/	/	/	/	/	/	/
9	Zdánlivá hustota pevných částic	ρ_s	kg.m ³	ČSN EN ISO/TS 17892-3	/	/	/	/	/	/	/
10	Pórovitost	n	–	$n = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s$	/	/	/	/	/	/	/
11	Stupeň nasycení	S_r	%	$S_r = \rho_w (\rho_s - \rho_d) / (\rho_s - \rho_d)$	/	/	/	/	/	/	/
12	Obsah organických látek	O_m	%	ČSN 72 1021	(/)	(/)	(/)	(/)	(/)	(/)	(/)

Legenda: / – provádí se vždy

(/) – provádí se podle potřeby, případně pro určité materiály (např. spraše)

¹⁾ – provádí se u hrubozrných zemin, nelze-li stanovit závislost $\rho_{d, max}$ na w_{opt} podle ČSN EN 13286-2

²⁾ – totální a efektivní parametry se určí individuálně pro konkrétní případy

Tab. 3 Laboratorní zkoušky zemin (TP 76, 2009)

7.1 VLHKOST

Vlhkost je jednou za základních fyzikálních vlastností. U jílovitých zemin platí, že čím méně vody tato zemina obsahuje, tím vyšší má pevnost a nižší stlačitelnost. Pro správné určení vlhkosti, je důležité tuto zkoušku provést ihned po odebrání vzorku.

Vlhkost se značí w , je dána poměrem hmotnosti vody m_w a hmotnosti sušiny m_d .

$$w = m_w / m_d \cdot 100 \quad [\%]$$

číslo vzorku	981	982	983	984	985
hmotnost sušiny m_w [g]	25,925	23,680	23,772	22,164	22,586
	36,146	25,138	25,583	28,907	27,816
hmotnost sušiny m_d [g]	3,202	4,877	5,489	5,520	4,540
	4,595	4,942	5,966	6,684	5,286
vlhkost [%]	12,4	20,6	23,1	24,9	20,1
	12,7	19,7	23,3	23,1	19,0
průměrná vlhkost [%]	12,6	20,2	23,2	24,0	19,6

Tab. 4 Průměrné vlhkosti

POSTUP: Do misek vložíme cca 30 g zeminy, misku se zeminou zvážíme s přesností na gramy a hodnotu zapíšeme do protokolu. Následně misku se zeminou dáme do sušárny, která je nastavena na 105°C. Jakmile je zemina vysušena, vyjmeme ji ze sušárny a po zchladnutí misku se zeminou zvážíme a opět zapíšeme do protokolu. Tento protokol nalezneme v příloze.



Obr. 16 Zemina v miskách

7.2 ZRNITOST

Zrnitost můžeme zjistit 2 způsoby, pro nesoudržné zeminy používáme síťový rozbor (prosévací zkoušku) a pro zeminy soudržné areometrickou (hustoměrnou) zkoušku. Výsledky zkoušek se vynášejí do grafu čáry zrnitosti, kde nalezneme podíly jednotlivých frakcí. Tento graf je znázorněn v programu SoilLab a je uveden v příloze.

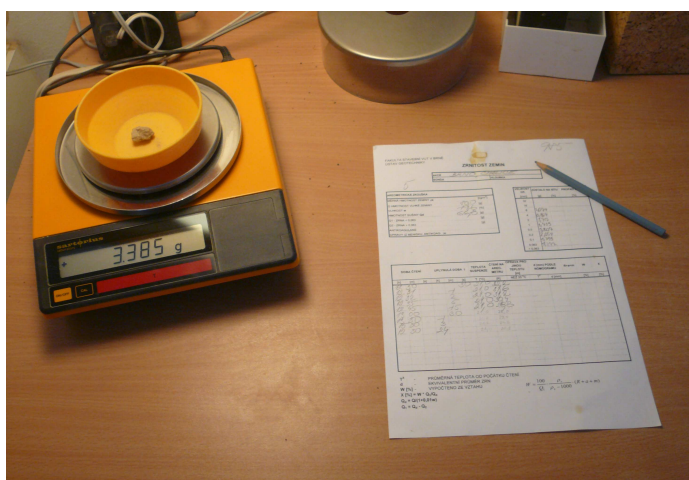
7.2.1 SÍTOVÝ ROZBOR

Síťový rozbor nám slouží k zjištění procentuálního hmotnostního množství zrn na daných sítích, které mají čtvercovité otvory o velikosti 32,000 – 16,000 – 8,000 – 4,000 – 2,000 – 1,000 – 0,500 – 0,200 – 0,100 – 0,063 mm. Síta jsou poskládaná na sebe tímto způsobem: nejvýše je síto 32 mm a nejnižší síto 0,063 mm, pod kterým je ještě miska na zrna menší než 0,063 mm. (VARAUS, 2005)

POSTUP: Pro síťový rozbor použijeme zeminu ze zjišťování vlhkosti. Jelikož bychom zeminu opět vážili, nechali vysušit a znovu vážili. Proto tento postup nemusíme opakovat a můžeme rovnou přistoupit k vysypání vzorku zeminy na síto 32 mm. Prosejeme a zvážíme hmotnostní množství na jednotlivých sítích. Následně vypočítáme procentuální množství na sítu a propad sítím.



Obr. 17 Sada sít



Obr. 18 Vážení hmotnosti na jednotlivých sítích

Hodnota procentuálního propadu sítem se značí Z, je dána poměrem hmotnosti zeminy na jednotlivém sítu m a celkovou hmotností prosévané zeminy Σm . Hodnoty uvedeny v příloze.

$$Z = m / \Sigma m \cdot 100 \quad [\%]$$

číslo vzorku	981		982	
	hmotnost na sítu [g]	propad [%]	hmotnost na sítu [g]	propad [%]
32	0	0	0	0
16	0	0	0	0
8	2,621	3,47	2,988	4,54
4	5,309	7,02	0,823	1,25
2	6,763	8,95	1,479	2,25
1	8,550	11,31	1,672	2,54
0,5	10,632	14,06	1,875	2,85
0,2	14,820	19,60	2,536	3,85
0,1	5,067	6,70	1,341	2,04
0,063	1,806	2,39	0,782	1,19
< 0,063	20,000	26,46	52,3	79,48
celkem	75,6	100,00	65,8	100,00

Tab. 5 Propady vzorku 981 a 982

číslo vzorku	983		984		985	
	hmotnost na sítu [g]	propad [%]	hmotnost na sítu [g]	propad [%]	hmotnost na sítu [g]	propad [%]
32	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
8	1,195	1,83	3,370	5,04	3,074	4,60
4	1,650	2,53	1,650	2,47	0,864	1,29
2	1,204	1,85	1,500	2,24	1,723	2,58
1	1,442	2,21	1,835	2,74	1,739	2,60
0,5	1,453	2,23	1,915	2,86	1,807	2,71
0,2	1,757	2,69	2,515	3,76	2,054	3,07
0,1	1,272	1,95	1,664	2,49	1,399	2,09
0,063	0,907	1,39	0,971	1,45	1,277	1,91
< 0,063	54,3	83,28	51,5	76,98	54,6	81,74
celkem	65,2	100,00	66,9	100,00	66,8	100,00

Tab. 6 Propady vzorku 983, 984 a 985

7.2.2 AREOMETRICKÁ ZKOUŠKA

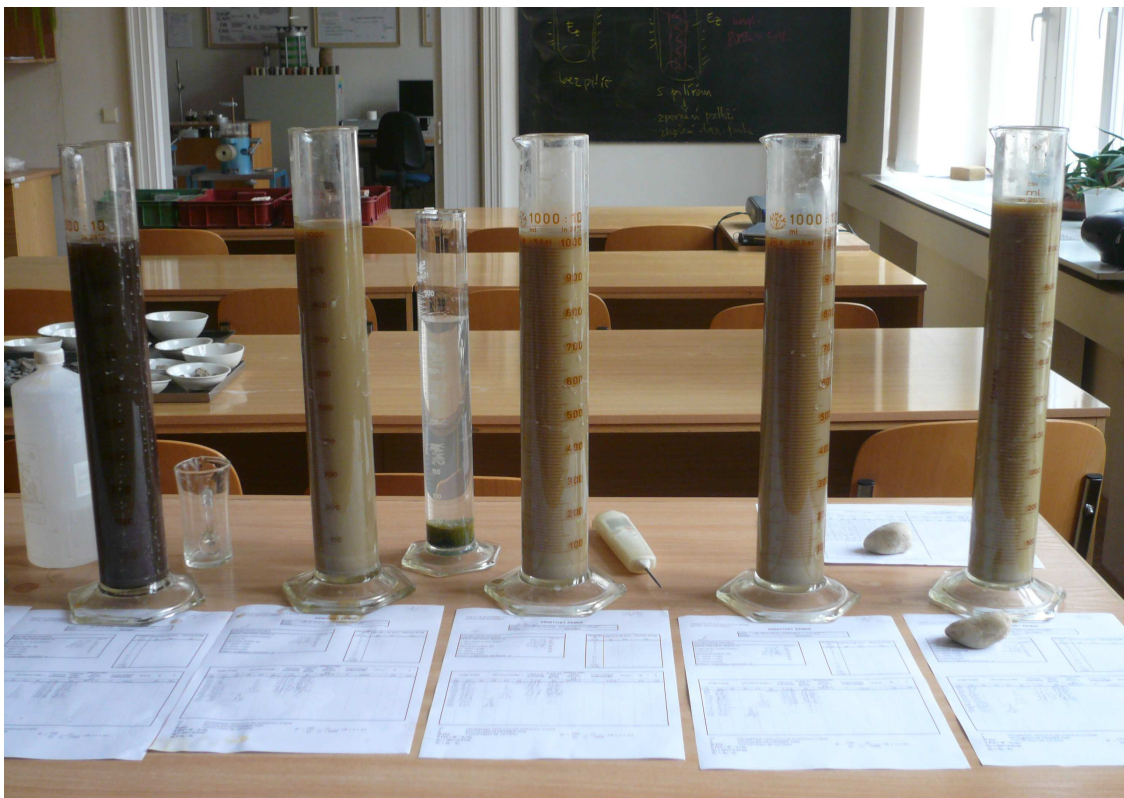
Areometrickou zkoušku provádíme v případě, že sítem 0,063 mm propadne více než 10 % z celkové hmotnosti prosévané zeminy. Určení zrnitosti z této zkoušky spočívá v tom, že určíme rychlost usazování částic ve vodě, což vychází ze Stokesova zákona

$$v = \frac{2}{9} \cdot g \cdot (\rho_s + \rho_w) / \eta \cdot (d/2)^2$$

kde v je rychlost usazování částic v suspenzi, g je gravitační konstanta, ρ_s je hustota pevných částic, ρ_w je hustota vody, η je dynamická viskozita vody a d je průměr zrn.

Tato zkouška probíhá za předpokladu postupného usazování pevných částic ve válci. Hustotu ve válci měříme kalibrovaným areometrem (hustoměrem) v pravidelných intervalech uvedených v příloze zrnitost zemín. (WEIGLOVÁ, 2003)

POSTUP: Zeminu jsme v misce zaplavili destilovanou vodou a následně tato zemina byla proplavována sítem 0,063 mm opět za pomoci destilované vody. Po proplavení jsme suspenzi nalili do odměrného válce o objemu 1000 ml. Přidali jsme 40 ml antikoagulantu, který slouží k zamezení vzniku vločkování při měření. Před samotným měřením jsme provedli kontrolu. Do odměrného válce jsme vložili hustoměr a změřili hodnotu. Následně jsme promíchali suspenzi a znovu změřili. Po ustálení hustoměru jsme začali s odečítáním hodnot po 30 sekundách, 1 minutě, 2 minutách, 5 minutách, 15 minutách, 30 minutách, 1 hodině, 3 hodinách a po 24 hodinách. Po každém měření jsme zapsali teplotu suspenze.



Obr. 19 Odměrné válce

Výsledkem síťového rozboru a areometrické zkoušky jsou křivky zrnitosti, které jsou přiloženy v příloze. Z křivek zrnitosti můžeme určit číslo nestejnozrnitosti c_u , jako poměr velikosti zrn při propadu 10 % d_{10} a velikosti při propadu 60 % d_{60} .

$$c_u = d_{60} / d_{10}$$

vzorek číslo	981	982	983	984	985
d_{10}	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
d_{60}	0,63	0,0024	0,002	0,003	0,0026
c_u	630	2,4	2	3	2,6

Tab. 7 Hodnoty čísla nestejnozrnitosti

Výsledná hodnota c_u nám říká, zde je zemina stejnozrná ($c_u < 5$), středně nestejnozrná ($c_u = 5-15$) nebo nestejnozrná ($c_u > 15$). (WEIGLOVÁ, 2003)

Dále určíme číslo křivosti c_c , které nám určí, zda je zemina dobře zrněná. Dobře zrněné zeminy s hodnotou 1-3 mají plynulou křivku zrnitosti. V ostatních případech může například chybět zastoupení nějaké frakce zeminy. (WEIGLOVÁ, 2003)

$$c_c = d_{30}^2 / d_{10} \cdot d_{60}$$

vzorek číslo	981	982	983	984	985
d_{10}	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
d_{60}	0,6300	0,0024	0,0020	0,0030	0,0026
d_{30}	0,1250	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
c_c	24,8	0,4	0,5	0,3	0,4

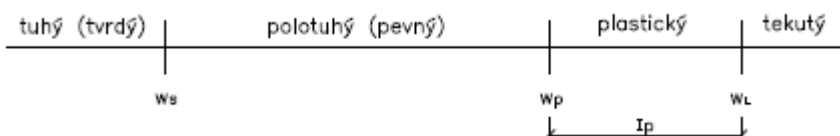
Tab. 8 Hodnoty čísla křivosti

7.3 KONZISTENCE

Konzistence je stav zeminy v závislosti na vlhkosti. Proto se podle vlhkosti dělí konzistence do následujících skupin. Tuhá (tvrdá): vlhkost zeminy je tak malá, že se voda stahuje kapilárami dovnitř, barva zeminy je světlá a zeminu lze rozbít na kusy, posuzuje se jako křehká hmota. Polotuhá (pevná): ze zeminy dají tvořit válečky o průměru 3 mm, ale drobí se. Plastická: dá se rozdělit na stav měkký (zeminu lze lehce hníst) a na stav tuhý (lze tvořit válečky o průměru 3 mm, zemina vykazuje jistou známku pevnosti). Tekutá: po sevření v ruce se zemina protlačí mezi prsty. (WEIGLOVÁ, 2003)

stavy	tuhý (tvrdý)	polotuhý (pevný)	plastický		tekutý
			měkký	tuhý	

Podle rozhraní jednotlivých stavů se vymezují konzistenční (Atterbergovy) meze na mez smršťování w_s , mez plasticity w_p a mez tekutosti w_L .



7.3.1 MEZ TEKUTOSTI

Mez tekutosti w_L je vlhkost zeminy, která je vyjádřena procentuální hodnotou hmotnosti vysušení zeminy, kdy se zemina nachází na rozhraní plastického a tekutého stavu. Tuto mez zjišťujeme pomocí penetrometru.

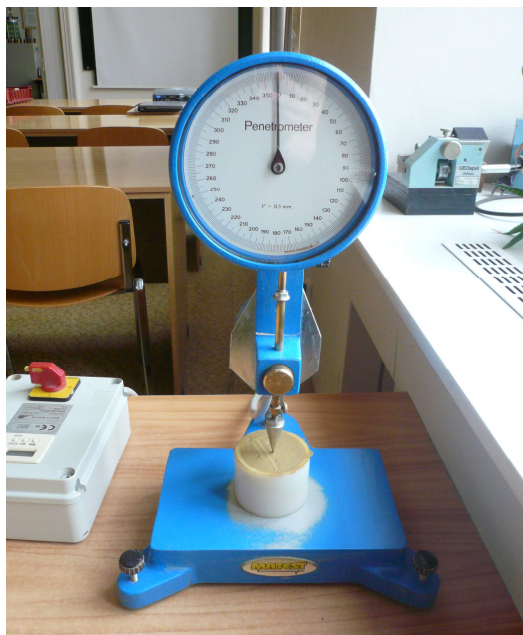
POSTUP: Nejprve si dáme zeminu do misky, kterou navlhčíme destilovanou vodou. Mezitím, než se zemina nasákne destilovanou vodou, si zvážíme prázdné váženky. Následně s pomocí stěrky protíráme zeminu přes síto 0,5 mm. V případě potřeby si pomůžeme destilovanou vodou, ale opatrně, abychom zachovali homogenizovanou zeminu. Poté se zemina rozdělí na 2 části. Jednu použijeme na zkoušku meze tekutosti a druhou si necháme bokem na zkoušku meze plasticity. Zeminu smícháme v misce s trochou destilované vody a dáme do normové misky, kterou zarovnáme a vložíme pod penetrometr, tak aby kužel dělal stopu v zemině. Uvolníme kužel a zjistíme hloubku penetrace. Zvedneme kužel a očistíme ho. Část zeminy odebereme do váženky a zbytek zeminy vrátíme do misky a přidáme destilovanou vodu. Po promíchání dáme zeminu opět do normované misky, zarovnáme, vložíme pod penetrometr, změříme hodnotu a odebereme část zeminy do váženky. Tento postup opakujeme ještě dvakrát. Všechny váženky si zvážíme a vložíme do sušírny. Po vyjmutí ze sušírny a následném chladnutí opět zvážíme. Vlhkost na mezi tekutosti stanovíme interpolací z regresní křivky, kde odpovídající penetrace je 20 mm, jelikož máme kužel o hmotnosti 80 g.



Obr. 20 Protírání přes síto 0,5 mm



Obr. 21 Váženky se suspenzí z penetrometru



Obr. 22 Penetrometr



Obr. 23 Měření penetrace

Procentuální hodnotu vlhkosti lze určit jako podíl hmotnosti vody a hmotnosti sušiny. Výsledné hodnoty vlhkosti a naměřené penetrace jsou uvedeny v tabulce číslo 7, celý záznam o zkoušce je uveden v příloze.

číslo měření	1	2	3	4
hmotnost sušiny [g]	19,413	15,839	20,157	22,227
hmotnost vody [g]	10,234	8,874	12,682	14,229
vlhkost [%]	52,7	56,0	62,9	64,0
penetrace [mm]	16,0	19,0	21,5	26,4

Tab. 9 Výsledné hodnoty vlhkosti a penetrace ze zkoušky meze tekutosti

7.3.2 MEZ PLASTICITY

Mez plasticity w_p je vlhkost zeminy, při které se válečky o průměru 3 mm začínají drodit na kousky o délce 8-10 mm. Jedná se o zeminu, která přechází mezi polotuhým a plastickým stavem.

POSTUP: Vezmeme si druhou část zeminy, tu kterou jsme si nechali bokem při zkoušce meze tekutosti. Vytvoříme v ní váleček, který válíme po dřevěné podložce pomocí prstů

tak dlouho, než dostaneme váleček o průměru 3 mm a délky 8-10 mm. Tyto válečky vložíme do dvou váženek a dáme do sušárny. Po vysušení zeminy a následném ochlazení se váženky zváží a hodnoty se zapíše do protokolu.



Obr. 24 Válečky ve váženkách



Obr. 25 Sušení zeminy ze zkoušek konzistence

Výsledné hodnoty vlhkosti ze zkoušky meze plasticity uvedené v tabulce 8 můžeme zprůměrnovat. Tak dostaneme hodnotu vlhkosti meze plasticity w_p .

číslo měření	1	2
hmotnost sušiny [g]	5,297	5,350
hmotnost vody [g]	1,236	1,246
vlhkost [%]	23,3	23,3

Tab. 10 Výsledné hodnoty vlhkosti ze zkoušky meze plasticity

7.3.3 VYHODNOCENÍ MEZE TEKUTOSTI A PLASTICITY

Výsledkem zkoušky meze tekutosti a meze plasticity získáme potřebné informace pro výpočet indexu plasticity I_p a stupně konzistence I_c , který jsme nemohli určit přímo na místě (když jsme odebírali vzorky) jelikož zemina byla jemnozrná.

Index plasticity I_p je hodnota rozdílu meze tekutosti w_L a meze plasticity w_p .

$$I_p = w_L - w_p$$

Tato hodnota je 34,7 %. Po nahlédnutí do tabulky číslo 9 lze zeminu zařadit do IV. kategorie, což jsou jíly s vysokou plasticitou.

	kategorie zemin	index plasticity I_p	plasticita
I.	zeminy písčité	< 1	-
II.	písčité hlíny	1 - 10	nízká
III.	písčité a prachovité jíly	10 - 20	střední
IV.	jíly	> 20	vysoká

Tab. 11 Rozdělení zemin podle Atterberga (WEIGLOVÁ, 2003)

Stupeň konzistence I_c nám pomůže určit, do které skupiny konzistence zemina patří. Určíme ji jako rozdíl meze tekutosti w_L a původní vlhkosti w , tento rozdíl poté podělíme hodnotou indexu plasticity I_p .

$$I_c = (w_L - w) / I_p$$

Hodnota I_c je 1,0. Podle tabulky tedy můžeme soudit, že se jedná o konzistenci tuhou.

konzistence	stupeň konzistence
kašovitá	< 0,05
měkká	0,05 - 0,5
tuhá	0,5 - 1,0
pevná	> 1,0
tvrdá	-

Tab. 12 Konzistence zemin (WEIGLOVÁ, 2003)

Shrnutí výsledků konzistenčních mezí. Protokol je uveden v příloze.

mez tekutosti w_L	58,0 %
mez plasticity w_p	23,3 %
původní vlhkost w	24,0 %
index plasticity I_p	34,7 %
stupeň konzistence I_c	1,0

Tab. 13 Výsledné hodnoty konzistenčních mezí

7.4 VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK

Podle tabulky TP76 jsme provedli veškeré zkoušky společné pro klasifikaci zemin a pro použitelnost – vhodnost materiálu (násypu, stability svahu). Zkouškami byly: zrnitost, číslo nestejnozrnitosti c_u , vlhkost w , mez tekutosti w_L , mez plasticity w_p , číslo (index) plasticity I_p a číslo (stupeň) konzistence I_c .

Všechny uvedené zkoušky byly prováděny v laboratoři mechaniky zemin na Ústavu geotechniky, FAST VUT v Brně a jejich protokoly jsou uvedeny v přílohách.

Z laboratorních zkoušek jsme pomocí programu SoilLab vyhodnotili křivky zrnitosti dle ČSN 73 1001 a ČSN EN ISO 14688. Dále jsme u křivek zrnitosti dle ČSN 73 1001 určili Sheiblovo kritérium namrzavosti, kde vzorek 981 je nebezpečně namrzavý až namrzavý podle průběhu křivky zrnitosti a vzorky 982, 983, 984 a 985 jsou namrzavé až namrzavé podle průběhu křivek zrnitosti.

Abychom mohli takto vyhodnotit laboratorní zkoušky, museli jsme do programu SoilLab zadat hodnoty ze zkoušky zrnitosti. Ze síťového rozboru jsme vložili hodnoty zůstatků na jednotlivých sítích. Z areometrické zkoušky jsme použili hodnoty času měření, čtení na areometru a teplotu suspenze. Dále jsme vkládali hmotnost sušiny Q_d .

Nakonec jsme porovnali výsledky granulometrického rozboru z programu SoilLab, které jsou uvedeny v příloze s vlastním vyhodnocením podílu frakce na straně 39, čísla nestejnozrnitosti c_u na straně 31 a čísla křivosti c_c na straně 32. Hodnoty se liší pouze mírně, což je způsobeno odlišným zaokrouhlováním. Ale nijak výsledek neovlivňují.

8 KLASIFIKACE ZEMIN

Pod pojmem klasifikace zemin si můžeme představit zatřídění zemin do skupin a tříd, které jsou značeny určitým symbolem. Tento symbol představuje skupinu zemin, které jsou si velmi blízké svými vlastnostmi, zjištěné na základě fyzikálně-indexových laboratorních zkoušek. (WEIGLOVÁ, 2003)

Základním prvkem pro klasifikaci zemin je jeho zrnitostní složení, které jsme získali ze síťového rozboru a areometrické zkoušky. Pro zeminu obsahující více než 15 % jemnozrnných částic jsme stanovili konzistenční meze, ze zkoušky meze tekutosti a meze plasticity. Následně jsme tyto hodnoty zadali do programu SoilLab a graficky znázornili křivky zrnitosti, které jsou uvedeny v příloze. To nám poskytne informaci o podílu jednotlivých frakcí zemin a jejich procentuálního zastoupení. Jelikož norma ČSN 72 1002 Klasifikace zemin pro dopravní stavby byla zrušena bez náhrady, použijeme tedy pro klasifikaci zemin platné normy. První, kterou použijeme je norma ČSN 73 1001 (nahrazena ČSN EN 1997-1, Eurokód 7) a druhou normou je ČSN EN ISO 14688-2.

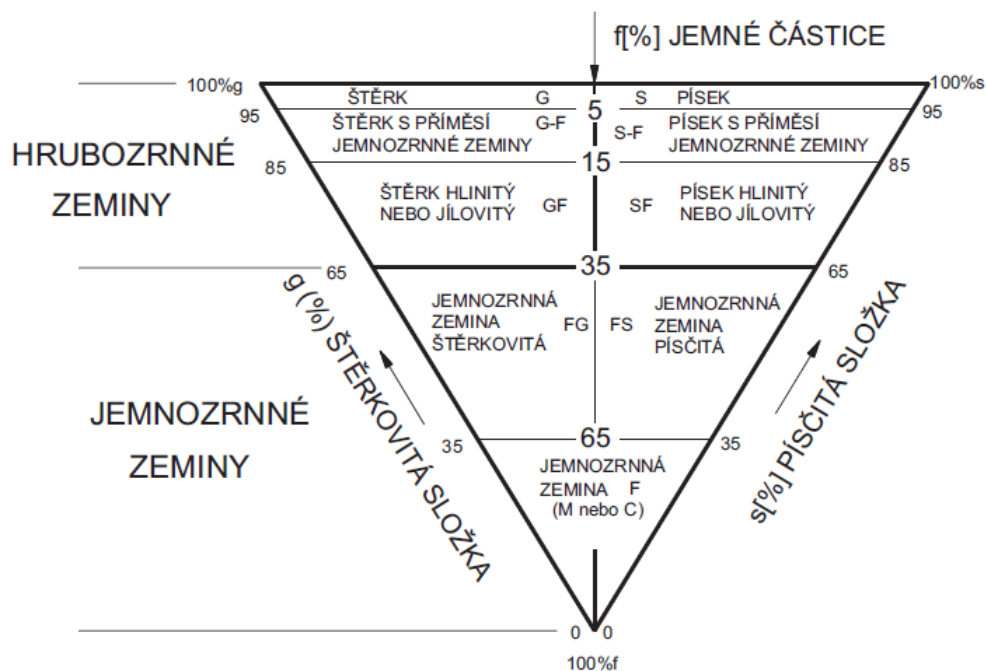
8.1 KLASIFIKACE DLE ČSN 73 1001

Podle normy ČSN 73 1001 rozlišujeme tři skupiny. Skupina F (zeminu jemnozrnné), která se dále dělí do 8 tříd (F1 – F8). Skupina S (zeminu písčité), dále děleny do 5 tříd (S1 – S5). Skupina G (zeminu šterkovité), také děleny do 5 tříd (G1 – G5).

Pro vyhodnocení pomocí trojúhelníkového diagramu pro částice do 60 mm si nejprve odečteme z křivky zrnitosti procentuální zastoupení jednotlivých složek $g - s - f$. Následně je můžeme vynést do diagramu a získáme název a symbol zemin.

Symbol podle třídy F zjistíme z trojúhelníkového diagramu s označením 18 tříd zemin. (WEIGLOVÁ, 2003)

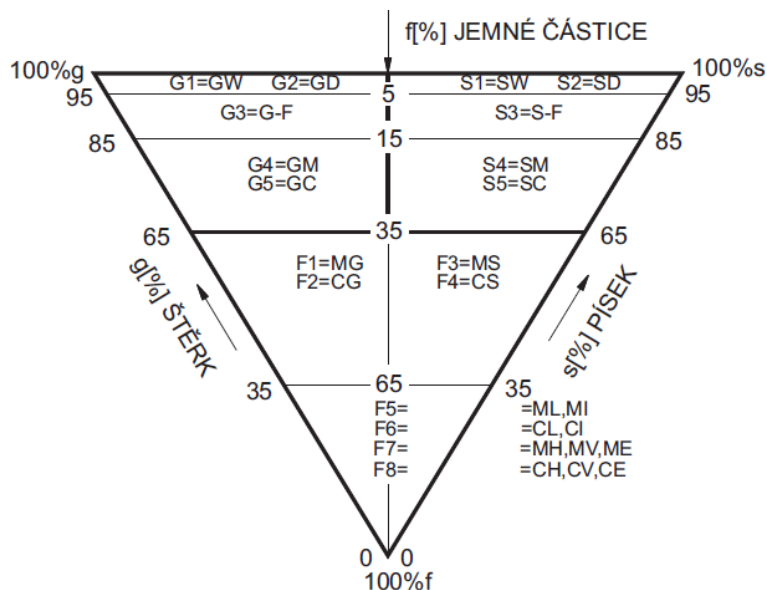
Bakalářská práce: Určení geotechnických a geologických charakteristik vybraných zemín a stanovení vhodnosti pro zakládání v Brně-Chrlicích.



Obr. 26 Klasifikační trojúhelníkový diagram (WEIGLOVÁ, 2003)

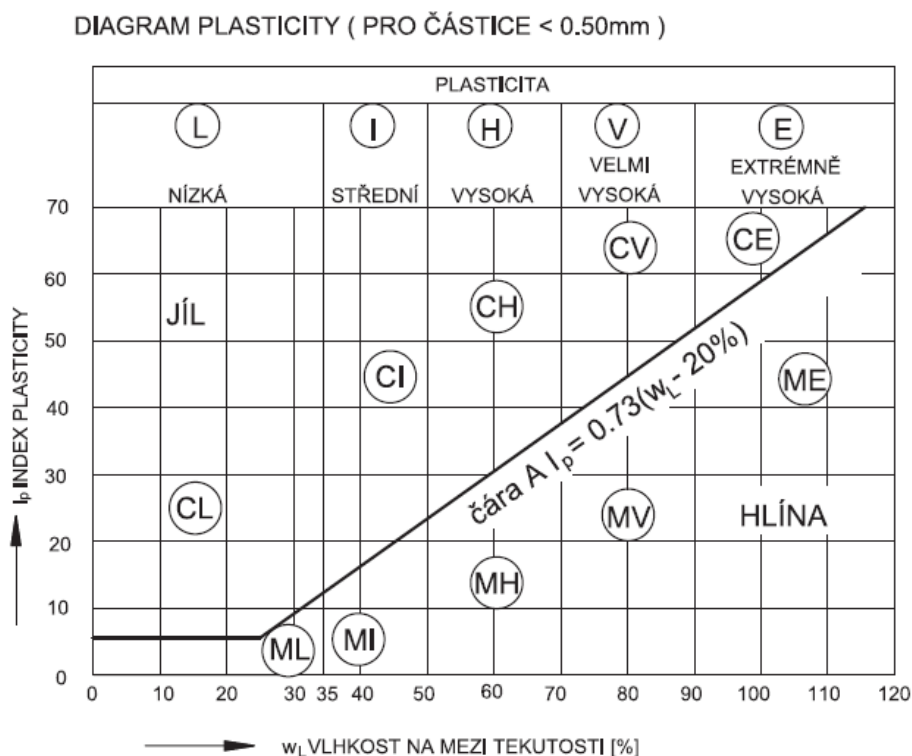
číslo vzorku	981	982	983	984	985
g [%] štěrkovitá složka	20	8	6	10	9
s [%] písčitá složka	55	13	11	13	12
f [%] jemné částice	25	79	83	77	79
symbol a název zeminy	SF písek hlinitý nebo jílovitý		F (M nebo C) jemnozrnná zemina		
symbol podle třídy F	S4 nebo S5		F5 až F8		

Tab. 14 Výsledek z trojúhelníkového diagramu



Obr. 27 Trojúhelníkový diagram s označením 18 tříd zemín (WEIGLOVÁ, 2003)

Pro upřesnění symbolu a názvu zeminy skupiny F je možné použít diagram plasticity, do kterého vyneseme mez tekutosti w_L a index plasticity I_p . Tyto hodnoty získáme z konzistenčních mezí. Diagram plasticity je rozdělen čarou A, která ho dělí na jíly (značený písmenem C) a hlínu (písmenem M). Dále se dělí podle plasticity na nízkou (L), střední (I), vysokou (H), velmi vysokou (V) a extrémně vysokou (E).



Obr. 28 Diagram plasticity pro jemnozrné zeminy (WEIGLOVÁ, 2003)

číslo vzorku	984
mez tekutosti w_L	58,0 %
index plasticity I_p	34,7 %
upřesnění symbolu a názvu	CH jíly s vysokou plasticitou

Tab. 15 Výsledek z diagramu plasticity

Po provedení celé této klasifikace máme k dispozici směrné normové charakteristiky jemnozrných zemín, které jsou velmi důležité při zadávání vstupních parametrů do výpočtových programů. Většinou jsou to nejdůležitější hodnoty, které vstupují do výpočtu a velmi ovlivňují chování dané konstrukce při modelování.

Bakalářská práce: Určení geotechnických a geologických charakteristik vybraných zemín a stanovení vhodnosti pro zakládání v Brně-Chrlicích.

Třída	Symbol	Charakteristika	Konzistence					
			měkká	tuhá	pevná		tvrdá	
			-	-	$S_r > 0,8$	$S_r < 0,8$	$S_r > 0,8$	$S_r < 0,8$
F5	ML MI	v, β, γ kN/m ³	v=0,40; $\beta=0,47$; $\gamma=20,0$;				vyšetří se zkouškami	
		E_{def} MPa	1,5 až 3	3 až 5	5 až 8	7 až 10	10 až 15	12 až 20
		c_u kPa	30	60	70	70 až 80	200	80 až 90
		φ_u °	0	0	5	8 až 14	0	15 až 20
		c_{ef} kPa	8 až 16		12 až 20	20 až 40	20 až 28	vyšetří se zkouškami
		φ_{ef} °	19 až 23					
F8	CH CV CE	v, β, γ kN/m ³	v=0,42; $\beta=0,37$; $\gamma=20,5$;				vyšetří se zkouškami	
		E_{def} MPa	1 až 2	2 až 4	4 až 6	6 až 8	8 až 10	10 až 15
		c_u kPa	20	40	80	80 až 90	150	80 až 90
		φ_u °	0	0	0	3 až 10	0	12 až 16
		c_{ef} kPa	2 až 8		6 až 14	14 až 28	14 až 22	vyšetří se zkouškami
		φ_{ef} °	13 až 17					

Tab. 16 Směrné normové charakteristiky jemnozrnných zemín (WEIGLOVÁ, 2003)

Třída	Symbol	v	β	γ kN/m ³	E_{def} MPa		φ_{ef} °		c_{ef} kPa	Činitele ovlivňující stanovení charakteristik v rámci rozpětí třídy
					$I_p =$	$I_p =$	$I_p =$	$I_p =$		
					0,33 až 0,67	0,67 až 1,0	0,33 až 0,67	0,67 až 1,0		
S1	SW	0,28	0,78	20	30 až 60	50 až 100	34 až 39	37 až 42	0	$I_d, w, \% g$, tvar zrn, angularita
S2	SP	0,28	0,78	18,5	15 až 35	30 až 50	32 až 35	34 až 37	0	
S3	S-F	0,30	0,74	17,5	12 až 19	17 až 25	28 až 31	30 až 33	0	
S4	SM	0,30	0,74	18	5 až 15		28 až 30		0 až 10	podíl jemných částic a konz. zeminy
S5	SC	0,35	0,62	18,5	4 až 12		26 až 28		4 až 12	

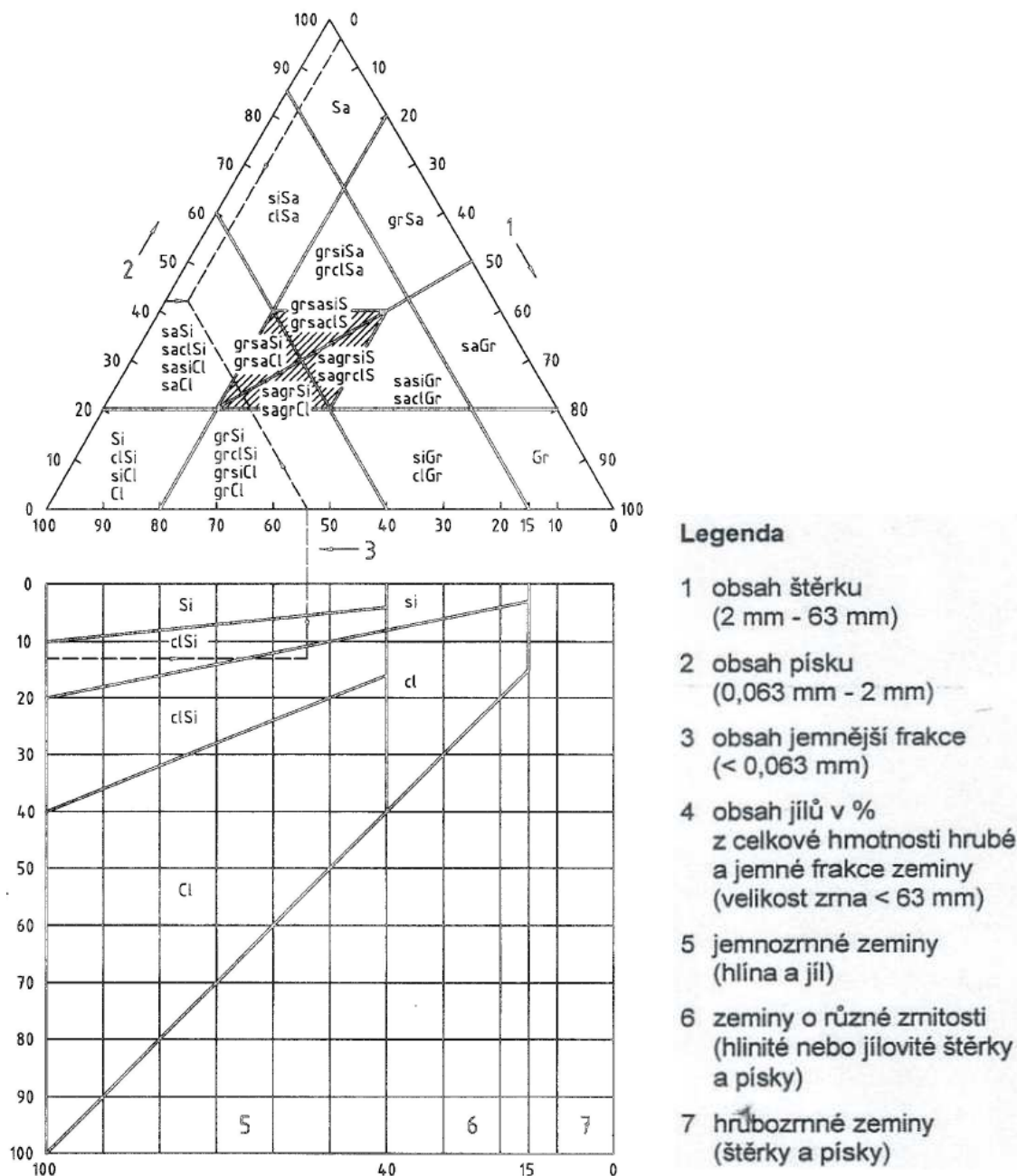
Tab. 17 Směrné normové charakteristiky písčitých zemín (WEIGLOVÁ, 2003)

8.2 KLASIFIKACE DLE ČSN EN ISO 14688

ČSN EN ISO 14688 je rozdělena na 2 části. První část ČSN EN ISO 14688-1 Pojmenování a popis zemín a druhá část ČSN EN ISO 14688-2 Zásady pro zařizování. Základním znakem je velikost zrna. Zemina může být velmi hrubozrnná, hrubozrnná a jemnozrnná. Symbol zemín je odvozen z angličtiny, tvořen prvními dvěma písmeny ze slova, přičemž první písmeno je velké a druhé malé. Například Bo, Co, Gr, Sa, Si, Cl. Většina zemín je tvořena základními (primárními) a druhotnými frakcemi.

Název zemín je složen z hlavního názvu - podstatné jméno (symbol tvořen prvními 2 písmeny ze slova, první velké a druhé malé) a ze sekundárního názvu – přídavné jméno (symbol tvořen 2 malými písmeny), například bo, co, gr, sa, si, cl. (HORÁK, 2009)

Tak jako u předchozí klasifikace i tady použijeme diagram pro zatřídění zemin.



Obr. 30 Diagram pro zatřídění zemin (<http://geotech.fce.vutbr.cz/text.html>)

číslo vzorku	981	982	983	984	985
obsah štěrku [%]	20	8	6	10	9
obsah písku [%]	55	13	11	13	12
obsah jemné frakce [%]	25	79	83	77	79
symbol zeminy	clSa	Cl	Cl	Cl	Cl

Tab. 18 Výsledek z diagramu pro zatřídění zemin

8.3 POROVNÁNÍ PŘEDPOKLÁDANÝCH ZEMIN SE ZJIŠTĚNÝMI

Z inženýrsko-geologických poměrů jsme zjistili, že by se zde měli vyskytovat fluviální písčité štěrky, svahové písčitohlinité a šedé vápnité jíly. Což se potvrdilo již při kopných pracích, kdy jsme mohli vidět vápnité jíly místy s polohami písku. Důkazem je doložená fotografie na straně 24.

Po provedení klasifikace zemin dle ČSN 73 1001 jsme z trojúhelníkového diagramu a diagramu plasticity získali informaci, že vrstva pod asfaltovým krytem vozovky je hrubozrnná zemina, označena jako S4 = SM, písek hlinitý. Další 2 vrstvy jsou jemnozrnné a označeny F5 = LM, hlína s nízkou plasticitou. Následující vrstva je také jemnozrnná, označena F8 = CH, jíl s vysokou plasticitou. Poslední vrstva je opět jemnozrnná a má označení F5 = LM, hlína s nízkou plasticitou. Charakteristiky těchto zemin nalezneme na straně 40.

Pomocí klasifikace dle ČSN EN ISO 14688 jsme měli pro stejné vrstvy zeminy jiné označení, které jsme získali po vyhodnocení z diagramu pro zatřídování zemin. Svrchní vrstva označena jako cISa (jílovitý písek), jedná se o zeminu s různou zrnitostí. Ostatní vrstvy jsou označeny jako CI (jíl).

Na základě srovnání zemin, které jsme očekávali se zeminami vyhodnocenými v laboratoři, můžeme říci, že zeminy z laboratoře odpovídají zeminám očekávaným.

9 ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce bylo zhodnotit geotechnické a geologické charakteristiky vybraných zemin a stanovit jejich vhodnost pro zakládání staveb v Brně-Chrlicích.

Rešeršní činnost této práce se zabývala geologickým popisem dané lokality, byly uvedeny inženýrsko-geologické poměry, dosavadní prozkoumanost a svahové nestability jako podklad pro zhodnocení současného stavu.

V této lokalitě se měly vyskytovat písčité štěrky, svahové písčitohlinité a šedé vápnité jíly. Tato skutečnost se potvrdila, po vlastním zatřívání zeminy. Podle normy ČSN 73 1001 je zde písek hlinitý, hlína s nízkou plasticitou a jíl s vysokou plasticitou. Zatřívání bylo provedeno i podle normy ČSN EN ISO 14688, kde zeminy odpovídají jílovitému písku a jílu.

Vzorky zeminy byly odebrány ze tří sond, které byly rozmístěny podél komunikace. Tyto sondy byly hluboké šest metrů a samotný odběr byl proveden pomocí šnekového vrtacího stroje. Zemina byla převezena do laboratoře, kde byla podrobena zkouškám. Vyhodnocení zkoušek proběhlo v programu SoilLab a bylo ověřeno vlastními výpočty, které odpovídají hodnotám z programu, s menšími odchylkami způsobeny zaokrouhlováním.

Dané území je problematické, jelikož se nachází v místě svahové nestability a zeminy, které se zde vyskytují, jsou převážně jílovitého charakteru. Jíly sami o sobě nejsou vhodné pro zakládání. Přesto, pokud je nutné zde zakládat, využijeme hlubinného založení (piloty, štětové stěny apod.). Já bych pro tento svah navrhovala použití pilotové stěny. Její návrh bych ráda provedla v navazujícím magisterském studiu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Knihy

LAMBOJ, Ladislav a Zdeněk ŠTĚPÁNEK. *Mechanika zemín a zakládání staveb*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-03094-3.

WEIGLOVÁ, Kamila, Věra GLISNÍKOVÁ a Jan MASOPUST. *Mechanika zemín a zakládání staveb*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2003. ISBN 80-214-2376-5.

Elektronické knihy

HORÁK, Vladislav. *Výuka v terénu: Geotechnický průzkum* [online]. Brno, 2009 [cit. 2016-05-21].

KACHLÍK, Václav. *Geologický vývoj území České republiky* [online]. Praha, 2003 [cit. 2016-05-21].

MÍSAŘ, Zdeněk. *Geologie ČSSR I.: Český masiv* [online]. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n. p. v Praze, 1983 [cit. 2016-05-21].

POSPÍŠIL, Pavel. *Geologie: Základy regionální geologie České republiky* [online]. 2004 [cit. 2016-05-21].

WEIGLOVÁ, Kamila. *Mechanika zemín* [online]. 2005 [cit. 2016-05-21].

WEIGLOVÁ, Kamila. *Mechanika zemín: Vlastnosti zemín* [online]. 2005 [cit. 2016-05-21].

WEIGLOVÁ, Kamila. *Mechanika zemín: Praktická aplikace mechaniky zemín II* [online]. 2005 [cit. 2016-05-21].

Normy

ČSN EN ISO 14688 - 1: Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zatřídování zemín - Část 1: Pojmenování a popis. Český normalizační institut. Praha, 2003. 16 s.

ČSN EN ISO 14688 - 2: Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zatřídování zemín - Část 2: Zásady pro zatřídování. Český normalizační institut. Praha, 2005. 16 s.

ČSN CEN ISO/TS 17892 - 1: Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemín - Část 1: Stanovení vlhkosti zemín. Český normalizační institut. Praha, 2005. 12 s.

ČSN CEN ISO/TS 17892 - 12: Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemín - Část 12: Stanovení konzistenčních mezí. Český normalizační institut. Praha, 2005. 16 s.

ČSN CEN ISO/TS 17892 - 4: Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemín - Část 4: Stanovení zrnitosti zemín. Český normalizační institut. Praha, 2005.

ČSN EN ISO 22475 - 1: Geotechnický průzkum a zkoušení - Odběry vzorků a měření podzemní vody - Část 1: Zásady provádění. Český normalizační institut. Praha, 2006.

ČSN EN 1997-1: Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla. Český normalizační institut. Praha, 2006.

Technické podmínky

Technické podmínky: Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace - část A: Zásady geotechnického průzkumu [online]. Praha, 2009 [cit. 2016-05-21]. 43 s.

Technické podmínky: Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace - část B: Provádění geotechnického průzkumu [online]. Praha, 2009 [cit. 2016-05-21]. 59 s.

Bakalářská práce: Určení geotechnických a geologických charakteristik vybraných zemin a stanovení vhodnosti pro zakládání v Brně-Chrlicích.

www stránky

Analýza výškopisu [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <<http://ags.cuzk.cz/dmr/>>

Geologická mapa 1:50 000 [online]. [cit. 2016-05-21].

Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/geocr_50/>

Hydrogeologie [online]. [cit. 2016-05-21].

Dostupné z: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Hydrogeologie>>

Mapy [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <www.mapy.cz>

Registr svahových nestabilit [online]. [cit. 2016-05-21].

Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/>

Ústav geotechniky: Mechanika zemin [online]. [cit. 2016-05-21].

Dostupné z: <<http://geotech.fce.vutbr.cz/>>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Moravsko-slezská oblast	- 13 -
Obr. 2 Brněnský masiv	- 14 -
Obr. 3 Geologická mapa 1:50 000	- 16 -
Obr. 4 Geologická mapa 1:50 000 s vrty	- 17 -
Obr. 5 Svahové nestability	- 18 -
Obr. 6 Svah aktivního sesuvu	- 18 -
Obr. 7 Schéma řešeného svahu pod komunikací	- 19 -
Obr. 8 Fotografie poruch komunikace	- 20 -
Obr. 9 Mapa místa řešení	- 21 -
Obr. 10 Komunikace před opravou	- 21 -
Obr. 11 Šnekový vrtací stroj	- 23 -
Obr. 12 Vzorky zeminy	- 23 -
Obr. 13 Vrstvy svahu	- 24 -
Obr. 14 Zасыпání kopané sondy	- 24 -
Obr. 15 Vzorkovník pro určení barvy zeminy	- 25 -
Obr. 16 Zemina v miskách	- 27 -
Obr. 17 Sada sít	- 28 -
Obr. 18 Vážení hmotnosti na jednotlivých sítích	- 28 -
Obr. 19 Odměrné válce	- 31 -
Obr. 20 Protírání přes síto 0,5 mm	- 33 -
Obr. 21 Váženky se suspenzí z penetrometru	- 33 -

Obr. 22 Penetrometr	- 34 -
Obr. 23 Měření penetrace	- 34 -
Obr. 24 Válečky ve váženkách	- 35 -
Obr. 25 Sušení zeminy ze zkoušky konzistence	- 35 -
Obr. 26 Klasifikační trojúhelníkový diagram	- 39 -
Obr. 27 Trojúhelníkový diagram s označením 18 tříd zemin	- 39 -
Obr. 28 Diagram plasticity pro jemnozrné zeminy	- 40 -
Obr. 29 Zjednodušený blokový diagram pro pojmenování a popis zemin	- 42 -
Obr. 30 Diagram pro zařďování zemin	- 43 -

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vrtná prozkoumanost	- 17 -
Tab. 2 Směrné počty průzkumných sond předběžného geotechnického průzkumu	- 22 -
Tab. 3 Laboratorní zkoušky zemin	- 26 -
Tab. 4 Průměrné vlhkosti	- 27 -
Tab. 5 Propady vzorku 981 a 982	- 29 -
Tab. 6 Propady vzorku 983, 984 a 985	- 29 -
Tab. 7 Hodnoty čísla nestejnozrnatosti	- 31 -
Tab. 8 Hodnoty čísla křivosti	- 32 -
Tab. 9 Výsledné hodnoty vlhkosti a penetrace ze zkoušky meze tekutosti	- 34 -
Tab. 10 Výsledné hodnoty vlhkosti ze zkoušky meze plasticity	- 35 -
Tab. 11 Rozdělení zemin podle Atterberga	- 36 -
Tab. 12 Konzistence zemin	- 36 -
Tab. 13 Výsledné hodnoty konzistenčních mezí	- 36 -
Tab. 14 Výsledek z trojúhelníkového diagramu	- 39 -
Tab. 15 Výsledek z diagramu plasticity	- 40 -
Tab. 16 Směrné normové charakteristiky jemnozrnných zemin	- 41 -
Tab. 17 Směrné normové charakteristiky písčitých zemin	- 41 -
Tab. 18 Výsledek z diagramu pro zařídování zemin	- 43 -

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Latinská písmena

c_c	číslo křivosti [-]
c_u	číslo nestejnozrmitosti [-]
d	průměr zrn [mm]
d_{10}	velikost zrn při propadu 10% [mm]
d_{30}	velikost zrn při propadu 30% [mm]
d_{60}	velikost zrn při propadu 60% [mm]
g	gravitační konstanta [m/s^2]
I_p	index plasticity [%]
I_c	stupeň konzistence [-]
m	hmotnost zeminy na jednotlivém sítu [g]
m_d	hmotnost sušiny [g]
m_w	hmotnost vody [g]
Σm	celková hmotnost prosévané zeminy [g]
Q_d	hmotnost sušiny [g]
v	rychlost usazování částic v suspenzi [m/s]
w	vlhkost [%]
w_L	vlhkost na mezi tekutosti [%]
w_p	vlhkost na mezi plasticity [%]
w_s	vlhkost na mezi smrštitelnosti [%]
Z	procentuální propad sítem [%]

Řecká písmena

ρ_s hustota pevných částic [kg/m^3]

ρ_w hustota vody [kg/m^3]

η dynamická viskozita [Pa/s]

SEZNAM PŘÍLOH

Umístění vrtů pro předběžný průzkum

Odběr vzorků

Prvotní geologická dokumentace vrtu S1

Prvotní geologická dokumentace vrtu S2

Prvotní geologická dokumentace vrtu S3

Inženýrsko-geologický profil

Laboratorní zkoušky

Vlhkost

Zrnitost vzorku 981

Zrnitost vzorku 982

Zrnitost vzorku 983

Zrnitost vzorku 984

Zrnitost vzorku 985

Stanovení konzistenčních mezí

Vyhodnocení laboratorních zkoušek

Křivky zrnitosti zeminy ISO 14688 – pro vzorek 981, 982 a 983

Křivky zrnitosti zeminy ISO 14688 – pro vzorek 984 a 985

Křivky zrnitosti zeminy ČSN 73 1001 – pro vzorek 981, 982 a 983

Křivky zrnitosti zeminy ČSN 73 1001 – pro vzorek 984 a 985

Bakalářská práce: Určení geotechnických a geologických charakteristik vybraných zemin a stanovení vhodnosti pro zakládání v Brně-Chrlicích.

Křivky zrnitosti zeminy ČSN 73 1001 – Sheiblovo kritérium namrzavosti, pro vzorek 981, 982 a 983

Křivky zrnitosti zeminy ČSN 73 1001 – Sheiblovo kritérium namrzavosti, pro vzorek 984 a 985

Plasticita zemin

Křivky zrnitosti zeminy ČSN 73 1001 – Průměry a propady vzorků

Granulometrický rozbor zeminy ISO 14688

Granulometrický rozbor zeminy ČSN 73 1001