



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEOTECHNIKY

INSTITUTE OF GEOTECHNICS

NÁVRH ZALOŽENÍ OBJEKTU

THE DESIGN OF BUILDING FOUNDATIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

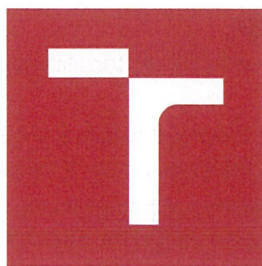
Bc. Michal Machů

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VĚRA GLISNÍKOVÁ, CSc.

BRNO 2018



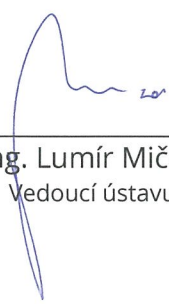
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav geotechniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Michal Machů
Název	Návrh založení objektu
Vedoucí práce	Ing. Věra Glisníková, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017



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





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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady budou předány vedoucí diplomové práce samostatně.

Literatura:

Masopust, J.: Vrtané piloty. Čeněk a Ježek, Praha, 1994

Masopust, J.: Speciální zakládání staveb - 1. díl, AN CERM, s.r.o., Brno, 2004

Masopust, J.: Speciální zakládání staveb - 2. díl, AN CERM, s.r.o., Brno, 2006

Masopust, J.: Navrhování základových a pažicích konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1997.

Informační centrum ČKAIT, Praha, 2012

Reese, L.C. et al: Analysis and design of shallow and deep foundations, J. Wiley & sons, USA, 2006

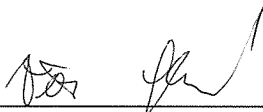
ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Úkolem autora diplomové práce je vyřešit vybrané geotechnické problémy (návrh založení, pažení stavební jámy) obchodního centra Aupark, které se nachází v atraktivní lokalitě u Koruny na Gočárově třídě v centru Hradce Králové.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



Ing. Věra Glisníková, CSc.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem práce je návrh založení a následné posouzení výrobní haly. Varianty založení budou diskutovány a vzájemně srovnány. Objekt se nachází v oblasti, kde jsou zastoupeny mocné vrstvy štěrků. Návrh pilotového založení bude proveden dle eurokódu 7. Navrhování geotechnických konstrukcí na základě předaných charakteristik zastižených zemin. Součástí práce je také příslušná výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zakládání, hala, srovnání, piloty, geotechnický průzkum, eurokód 7.

ABSTRACT

The subject of this work is a proposal of foundation, followed by an assessment for a production hall. Options will be discussed and compared against each other. The premises are situated in an area where great layers of gravel are found. A project of foundations founding will be performed according to Eurocode 7. Designing of geotechnical constructions which are based on given characteristic of presented soils. As a part of this work also is an appropriate drawing documentation.

KEYWORDS

Foundations, hall, compare, piles, geotechnical survey, eurocode 7.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Michal Machů *Návrh založení objektu*. Brno, 2018. 87 s., 113 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky. Vedoucí práce Ing. Věra Glisníková, CSc.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 12. 1. 2018



Bc. Michal Machů
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto specifickém místě bych chtěl poděkovat především vedoucí diplomové práce, paní Ing. Věře Glisníkové, CSc., nejen za poskytnutí cenných informací, ale hlavně za ochotu, vstřícný přístup, trpělivost a čas, který mi věnovala. Dále bych rád poděkoval firmě KELLER – speciální zakládání, spol. s r.o., která mi poskytla vstupní podklady, na základě kterých jsem mohl praktickou práci zpracovat. A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodině a blízkým lidem okolo mě, kteří mě jakýmkoliv způsobem povzbuzovali a podporovali.

OBSAH

1. ÚVOD	12
2. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU A JEHO OKOLÍ	13
2.1 Poloha objektu	13
2.2 Popis objektu	14
2.3 Přehled přírodních poměrů	15
2.3.1 Geomorfologie	15
2.3.2 Geologie	15
2.3.3 Hydrogeologie	17
2.3.4 Klimatické poměry	17
2.4 Terénní práce na staveništi	18
2.4.1 Geodetické práce	18
2.4.2 Sondážní práce	19
2.4.3 Odběr vzorků a laboratorní rozborů zemin a vody	19
2.4.4 Hydrodynamické zkoušky	20
2.5 Geologické poměry staveniště	21
2.5.1 Výsledky sondážních prací	21
2.5.2 Výsledky hydrodynamických zkoušek	25
2.5.3 Geomechanické parametry zemin	26
3. PŘEHLED MOŽNÝCH METOD ZALOŽENÍ	27
3.1 Plošné	27

3.2	Hlubinné základy – piloty	30
3.2.1	Piloty ražené (displacement) Franki	30
3.2.2	Piloty vrtané (replacement)	31
4.	ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ	32
4.1	Mezní stavy	32
4.2	Návrhový přístup	32
4.3	Určení geotechnické kategorie	34
4.4	Návrhové hodnoty účinků zatížení	34
4.5	Návrhové hodnoty geotechnických parametrů	35
4.6	Mezní velikosti přetvoření	35
5.	STATICKÝ VÝPOČET ZALOŽENÍ	36
5.1	Geologické poměry	36
5.2	Zatížení	38
5.3	Piloty 1. typ	39
5.3.1	Geometrie	39
5.3.2	Vstupní parametry	40
5.3.3	Stanovení návrhové únosnosti podle 1. MS	41
5.3.4	Posouzení sedání piloty podle 2. MS	44
5.4	Piloty 2. typ	48
5.4.1	Geometrie	48
5.4.2	Vstupní parametry	49

5.4.3	Stanovení návrhové únosnosti podle 1. MS	50
5.4.4	Posouzení sedání piloty podle 2. MS	53
5.5	Piloty 3. typ	57
5.5.1	Geometrie	57
5.5.2	Vstupní parametry	58
5.5.3	Stanovení návrhové únosnosti podle 1. MS	59
5.5.4	Posouzení sedání piloty podle 2. MS	62
5.6	Souhrnná tabulka	66
6.	Velkopřůměrové piloty rotačně náběrově vrtané	67
6.1	Technologie	67
6.2	Zásady návrhu	69
7.	ZÁVĚR	76
8.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	77
9.	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	79
10.	SEZNAM OBRÁZKŮ	81
11.	SEZNAM TABULEK	85
12.	SEZNAM PŘÍLOH	87

1. ÚVOD

Předmětem diplomové práce je řešení vybraných geotechnických problémů, spojených se založením obchodního centra Aupark, které se nachází v atraktivní lokalitě na Gočárově třídě v centru Hradce Králové. Cílem práce je především návrh založení objektu (vyhodnocení inženýrsko-geologických poměrů v okolí stavby, přehled možných variant založení, zhotovení statického návrhu vybraného založení a vypracování výkresů).

Pro provedení návrhu založení jsem měl k dispozici:

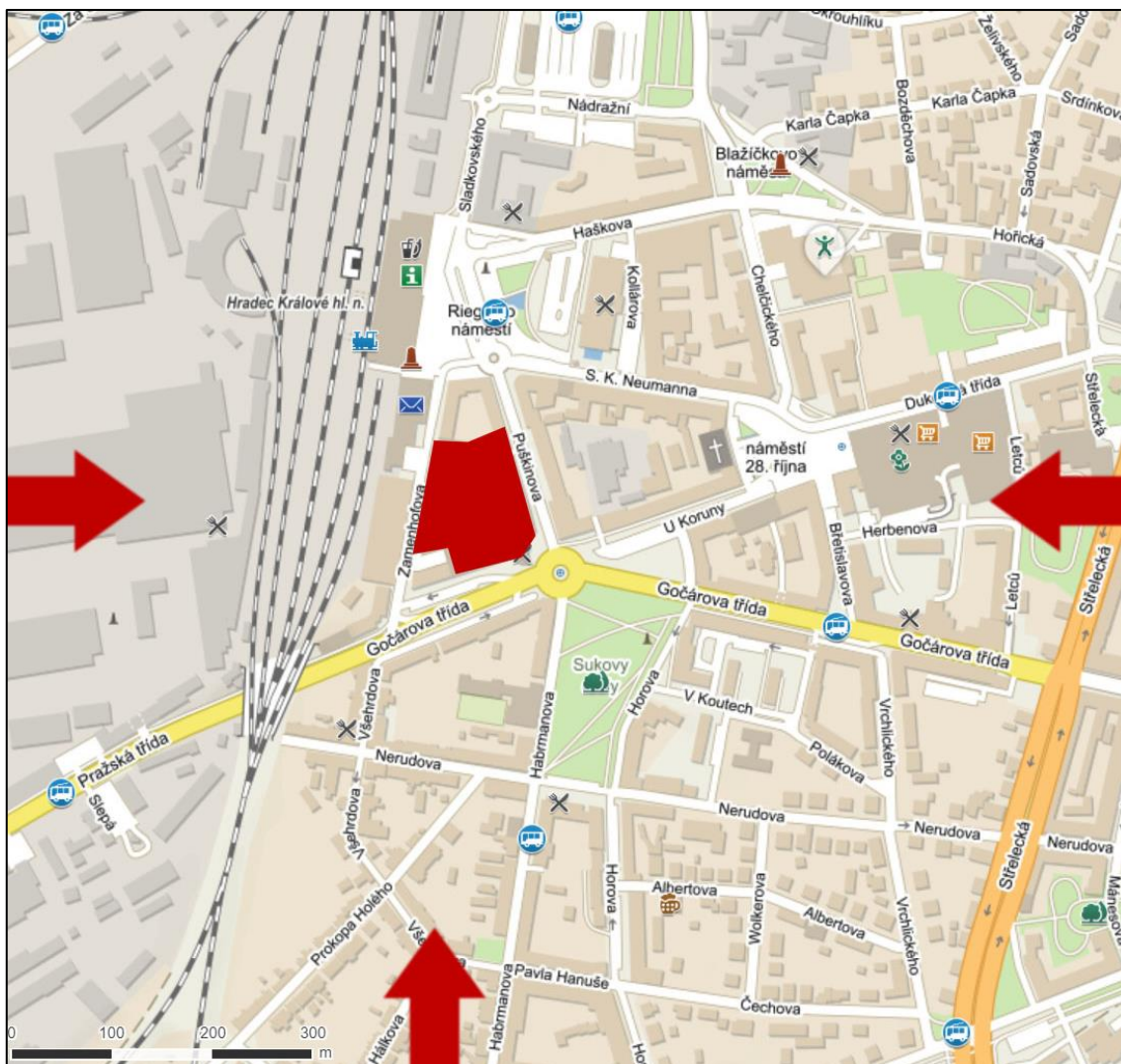
- Hydrogeologický monitoring
- Inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum
- Situaci, půdorysy jednotlivých podlaží, příčný řez navrženým objektem s orientačním výškovým řešením stavby
- Statický koncept objektu

Výše uvedené podklady byly poskytnuty firmou KELLER – speciální zakládání, spol. s r.o. v elektronické formě jako soubory typu dwg, doc a pdf.

2. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU A JEHO OKOLÍ

2.1 Poloha objektu

Nové moderní obchodní centrum je situováno v atraktivní lokalitě v západní části Hradce Králové v katastrálním území Pražské Předměstí na pozemcích p. č. 623/7, 626/1 a 2229. Území pro výstavbu je zhruba vymezené ulicí Zamenhofovou, Puškinovou a Gočárovou třídou a rozkládá se na ploše cca 100×120 m. Plocha byla dlouhodobě využívána jako nádraží pro meziměstskou autobusovou dopravu a dále jako parkoviště pro MHD i parkoviště pro osobní automobily.



Obr. č. 1 – Lokalita a širší vztahy Auparku v Hradci Králové [1]

2.2 Popis objektu

Stavba je navrhována jako polyfunkční objekt. Jedná se o komerční areál, který bude zaujímat téměř 10 000 m² plochy. Nosná konstrukce je navržena jako železobetonový skelet rozdělený do 5 dilatačních celků. V objektu jsou navržena 2 podzemní podlaží, která budou využita pro parkování a 4–5 nadzemních podlaží, která budou převážně pro komerční účely. Nulová úroveň stavby (podlaha 1NP) byla stanovena na kótě 232,20 m n. m., úroveň podlahy 1PP je o 3,75 m hlouběji.



Obr. č. 2 – Vizualizace obchodního centra [2]



Obr. č. 3 – Vizualizace obchodního centra [3]

2.3 Přehled přírodních poměrů

2.3.1 Geomorfologie

Podle geomorfologického členění spadá oblast do celku Východolabská tabule, zde reprezentovaná podcelkem zvaným Pardubická kotlina. Krajina má rovinatý až měkce zvlněný ráz s malými výškovými rozdíly. Vlastní lokalita leží v rovinném terénu široké údolní nivy řeky Labe.

Povrch terénu je rovinný a byl vyrovnán souvislou vrstvou navážek v mocnosti 1–2 m. Na lokalitě převažují zpevněné plochy s živičným krytem či betonovými panely, které jsou pojížděny autobusovou i automobilovou dopravou.

2.3.2 Geologie

Zájmové území náleží české křídové pánvi z regionálně geologického hlediska. Ve zkoumané oblasti buduje skalní podloží slínovci a vápnitými jílovci. Její povrch je ve stavební lokalitě jen mírně zvlněný a nachází se na kótě 218–219,5 m n. m. Tyto horniny tvoří až několik set metrů mocné monotónní souvrství. V povrchové zóně jsou rozvolněné sítě puklin netektonického původu a zvětrávací procesy. Povrchové partie slínovců jsou rozložené do podoby pevného slínu.

Křídové vrstvy jsou v celé ploše překryty souvislým komplexem kvartérních štěrkopísčitých náplavů o mocnostech až 10–11 m. Štěrkopísková terasa byla uložena v pleistocénu. V místě řešené lokality je její povrch souvisle překryt asi 1 m mocnou vrstvou povodňových sedimentů, kterou tvoří červenohnědé jemné písky a prachovito-písčité jíly.

Nejmladší vrstvou jsou antropogenika, což jsou navážky, kterými byl mírně vyzvednut a vyrovnán původní terén.



 **KVARTÉR, holocén** – sediment nezpevněný: hlína, písek, štěrk
(ID:6) nivní sediment – inundovaný za vyšších vodních stavů

 **KVARTÉR, holocén** – sediment nezpevněný: jemnozrnná převážně
(ID:7) smíšený sediment – včetně výplavových kuželů

 **KVARTÉR, holocén** – sediment nezpevněný:
(ID:9) slatina, rašelina, hnílokal – organická hmota, převážně tmavě hnědá

 **KVARTÉR, pleistocén, pleistocén svrchní** – sediment nezpevněný: jemnozrnná
(ID:15) navátý písek – křemen převážně + příměsi, světlé odstíny

 **KVARTÉR, pleistocén, pleistocén svrchní** – sediment nezpevněný: jemnozrnná
(ID:16) spraš a sprašová hlína – křemen + příměsi + CaCO_3 , okrová

 **KVARTÉR, pleistocén, pleistocén svrchní** – sediment nezpevněný: písek, štěrk
(ID:22) písek, štěrk – pestré,

 **KVARTÉR, pleistocén, pleistocén střední** – sediment nezpevněný: písek, štěrk
(ID:24) písek, štěrk – pestré, šedohnědá, riss nečleněný

Obr. č. 4 – Výřez z geologické mapy ČR (výřez v měřítku $4 \times 4 \text{ km}$) [4]

2.3.3 Hydrogeologie

Kvartérními štěrkopísky souvisle prostupuje podzemní voda. Štěrkopísky jsou dosti silně až silně průlinově propustné a náleží do II. a III. třídy propustnosti (Jetel, 1973). Hladina podzemní vody je volná a osciluje v hloubce 4–5 m pod terénem. Mocnost kvartérní zvodně je přibližně 8,5–9,0 m. Hlavní směr proudění podzemní vody je přibližně ze severu na jih.

2.3.4 Klimatické poměry

Řešená lokalita se nachází rozhraní teplé a mírně teplé klimatické oblasti. Oblast je možné charakterizovat jako teplou, mírně suchou, s mírnou zimou. Dlouhodobě nejchladnějším měsícem je leden, nejteplejším červenec. Průměrný roční srážkový úhrn se pohybuje v rozmezí 590–630 mm. Dlouhodobě nejsušším měsícem je únor, nejvlhčím červenec. V následujících tabulkách je uveden přehled dlouhodobého průměrného měsíčního úhrnu srážek (mm) a níže dlouhodobé průměrné měsíční teploty vzduchu (°C). Data jsou platná pro meteorologickou stanici Hradec Králové

Tab. č. 1 – Průměrné měsíční a roční intenzity srážek 1961–1990

měsíc	I.	II.	III.	IV.	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ø za rok
srážky v mm	36,3	31,8	33,8	28,8	72,1	75,0	71,1	83,1	50,0	39,2	43,0	42,6	616,8

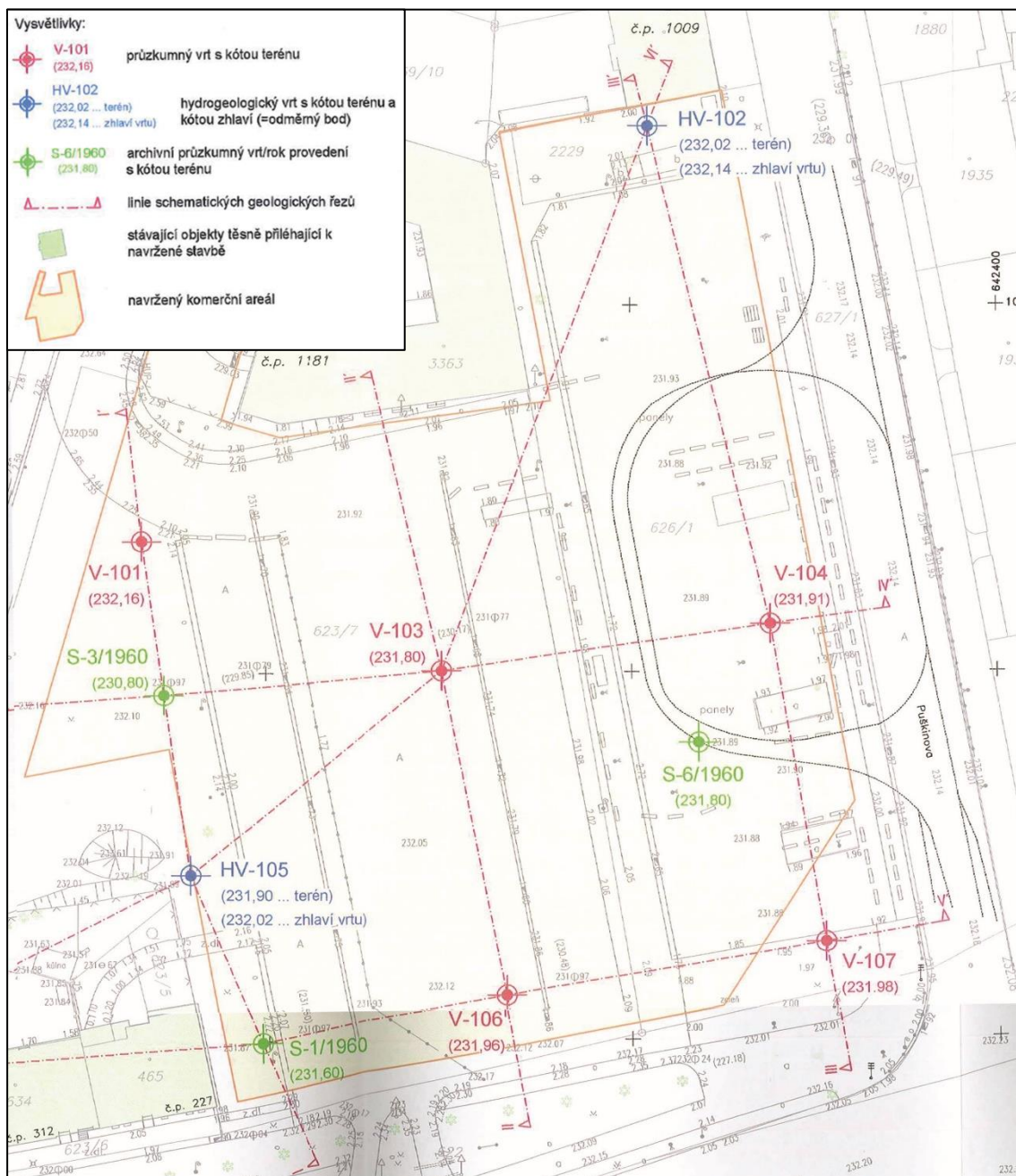
Tab. č. 2 – Průměrné měsíční a roční teploty vzduchu 1961–1990

měsíc	I.	II.	III.	IV.	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ø za rok
teplota °C	-2,1	-0,2	3,5	8,4	13,5	16,7	18,1	17,6	13,9	9,1	3,6	-0,3	8,5

2.4 Terénní práce na staveništi

2.4.1 Geodetické práce

Při měřických pracích bylo vytyčeno 7 geologických vrtů označených V-101, HV-102, V-103, V-104, HV-105, V-106, a V-107. Vrty byly polohopisně a výškově zaměřeny.



Obr. č. 5 – Situace sond M1:1000

2.4.2 Sondážní práce

K ověření složení jednotlivých vrstev, jejich geotechnické kvality a hloubky hladiny podzemní vody, bylo provedeno celkem 5 strojně inženýrskogeologických sond řady V a 2 hydrogeologické vrty HV-102 a HV-105. Všechny vrty měly shodnou hloubku 14,0 m. Inženýrskogeologické vrty provedla firma vrtnou soupravou UGB na kolovém podvozku GAZ. Pro vrtání byla použita technologie vrtání s jádrem, s $\varnothing$ vrtného nástroje 195 a 156 mm. Ve zvodněných štěrkopískách byla nestabilní část vrutu zapažena ocelovou trubkou. Po ukončení prací byly vrty zlikvidovány hutněným záhozem a plombou z betonu porušená místa v komunikaci.

Pro zhotovení hydrogeologických vrtů byla nasazena souprava Wirth na kolovém podvozku Tatra. Sondy byly vrtány spirálou o $\varnothing$ 300 mm a dále jádrem s $\varnothing$ vrtného nástroje 195 mm. Pro zajištění stěn byla použita ocelová pažnice. Vrty byly vystrojeny pro provedení expresních hydrodynamických zkoušek a pro režimní měření podzemní vody a opatřeny ochrannou šachticí s litinovým zhlavím.

2.4.3 Odběr vzorků a laboratorní rozborů zemin a vody

Z vrtů bylo odebráno 7 vzorků nesoudržných zemin a 4 vzorky podzemní vody.

Tab. č. 3 – Laboratorní rozborů zemin

Sonda	Hloubka odběru (m)	Geologická vrstva	Vlhkost	Zatřídění dle ČSN 736133
V-101	7,7–7,9	Štěrkopísková terasa	w = 11,4 %	G2 – GP
HV-102	10,0–10,2	Štěrkopísková terasa	w = 9,8 %	G2 – GP
V-103	8,0–8,2	Štěrkopísková terasa	w = 12,7 %	S2 – SP
V-104	7,8–8,0	Štěrkopísková terasa	w = 8,9 %	G1 – GW
HV-105	7,8–8,0	Štěrkopísková terasa	w = 11,8 %	G2 – GP
V-106	7,8–8,0	Štěrkopísková terasa	w = 15,1 %	S3 – S-F
V-107	7,8–8,0	Štěrkopísková terasa	w = 9,6 %	S3 – S-F

Tab. č. 4 – Laboratorní rozbor podzemní vody

Sonda	Hloubka odběru (m)	Celkové hodnocení podzemní vody	Zatřídění dle ČSN 736133
V-101	5,0	Zásaditá, tvrdá, s vysokou uhličitánovou tvrdostí	není agresivní
HV-102	5,0	Zásaditá, tvrdá, s dosti vysokou uhličitánovou tvrdostí	není agresivní
HV-105	4,9	Kyselá, velmi tvrdá, s dosti vysokou uhličitánovou tvrdostí	není agresivní
V-107	5,0	Zásaditá, tvrdá, s dosti vysokou uhličitánovou tvrdostí	není agresivní

2.4.4 Hydrodynamické zkoušky

Na vrtech HV-102 a HV-105 byly provedeny expresní čerpací a stoupací zkoušky. K čerpání podzemní vody bylo použito čerpadlo Willo TWU. Z hydrogeologických vrtů bylo čerpáno konstantní množství vody $Q = 3,0 \text{ l.s}^{-1}$ (HV-102) resp. $Q = 5,8 \text{ l.s}^{-1}$ (HV-105). Snížení hladiny podzemní vody bylo měřeno pouze v testových objektech. Během zkoušky bylo dosaženo rovnovážného stavu mezi odběrem vody z jímacích objektů a přítoku k nim.

2.5 Geologické poměry staveniště

2.5.1 Výsledky sondážních prací

Úložné poměry staveniště jsou jednoduché, charakterizované vrstevnatým složením základových půd. Kvartérní vrstvy jsou zpravidla vodorovně uloženy. Hladina podzemní vody se pohybuje v hloubce 4–5 m pod terénem.

Přehled o úložných poměrech podávají schematické geologické profily, které jsou uvedeny v příloze č. 1.

Průzkumnými pracemi byl odhalen následující vrstevní sled:

- Navážka / konstrukce komunikace
- Aluviální náplav
- Štěrkopísková terasa
- Eluvium
- Křídové podloží

Humózní vrstva

V rámci situovaných sond mimo zpevněné plochy nebyla humózní vrstva zastižena. Zachycena byla pouze vrstva navážek zakrytá travním drnem. Hloubky prorůstání kořínků travního pokryvu je až 0,15 m. Archivními sondami S-1 a S-3 byla v podloží navážek zastižena původní humózní vrstva reprezentována hlinitým pískem o mocnosti shodné, a to 0,20 m.

Konstrukce komunikace

V zájmové lokalitě se nacházejí převážně zpevněné plochy pro autobusovou dopravu a parkování osobních automobilů. Průzkumnými vrty V-103, V-104 a V-106 byla zdokumentována mj. konstrukce komunikace o tloušťce 0,30–0,65 m. Na části ploch je krytová vrstva tvořena živící tloušťky 0,16 m, na zbývajících částech se nachází

železobetonové panely tloušťky 0,20 m. V podloží komunikace se nachází kvalitní slabě zahliněné nebo i čisté štěrkopísky tř. S-FY, SPY bez příměsí cizorodých částic.

Navážka

Pro ověření navážky byly provedeny nové průzkumné sondy v hloubce 1,10–2,10 m. Zastiženy byly rovněž archivními vrty z roku 1960, uvedeny v příloze č. 1. Navážky jsou zrnitostně heterogenní, proměnlivé ulehlosti a stlačitelnosti. Zdokumentovány byly zahliněné štěrkopísky s kameny, škvára s kousky strusky, úlomky cihel či kusy betonu, lokálně slabě zahliněné štěrkopísky bez cizorodých částic, méně často pak jíl se škvárou, popelem a skleněnými střepy.

Jedná se o málo vhodnou a nevhodnou základovou půdu.

Aluviální náplav

V rámci staveniště je vrstva souvislá a byla ověřena sondami v mocnosti 0,60–1,70 m. Povrch těchto povodňových sedimentů leží v hloubce cca 1,30–2,30 m pod terénem. Svrchní polohy zastupují prachovité až jemně písčité jíly tuhé a pevné konzistence, při bázi vrstvy se nachází jemné, zahliněné až hlinito-jílovité písky bez štěrkové komponenty. Aluviální náplav je uložen mimo dosah podzemní vody a vzhledem k množství zpevněných ploch není významně ovlivňován ani srážkovou vodou.

Zeminy reprezentují lokálně málo únosnou a více stlačitelnou základovou půdu. Jílovité zeminy jsou nebezpečně namrzavé. Celkově vrstva je hodnocena jako nevhodná základová půda.

Štěrkopísková terasa

Souvislý štěrkopískový povrch byl průzkumnými vrty zjištěn v hloubce 2,10–3,30 m pod terénem a sahá do hloubky 12,50–13,80 m. Od hloubky 4,60–5,00 m jsou štěrkopísky trvale zvodněné, průlinově propustné, převážně středně uhlé a při bázi, cca od 9 m, až uhlé. V bazální poloze dosahují štěrky a kameny velikosti 100-

150 mm, ojediněle 200 mm. Dokumentovány byly slabě zahliněné i promyté štěrkopísky, průzkumným vrtem V-103 byla objevena i tenká čočka písčitého jílu. Zeminy jsou nenamrzavé, nebo jen mírně namrzané. Štěrkopískový kolektor je pro vodu dosti silně až silně propustný.

Terasové štěrkopísky poskytují středně únosnou, středně stlačitelnou základovou půdu. Z hlediska situování základových konstrukcí pod hladinou podzemní vody je vrstva ohodnocena jako podmíněčně vhodná.

Eluvium

Jedná se o nepřemístěnou zvětralinu křídových slínovců. Zastiženy byly modrošedé a šedé slíny pevné konzistence, se střípky zvětralých slínovců. Místy, ale spíše ojediněle, byly do vrstvy přimíchány štěrky z nadloží. Ověřená mocnost vrstvy je 0,20–1,00 m. V místě V-106 dokonce vrstva i chybí.

Eluviální slíny reprezentují středně únosnou a středně stlačitelnou základovou půdu. Vzhledem k hloubce uložení a lokálně velmi malé mocnosti se jedná o nevhodnou základovou půdu.

Křídové podloží

Svrchní vrstva křídového podloží byla zastižena v hloubce 13,20–13,80 m pod terénem. Objeveny byly zvětralé až navětralé modrošedé slínovce tř. R5. Vcelku kompaktní horniny, vcelku bez náznaků laminovité či deskovité odlučnosti.

Zastižené křídové slínovce reprezentují dostatečně únosnou základovou půdu, s nižší střední stlačitelností, vhodnou základovou půdu.

Podzemní voda

Hladina podzemní vody je volná, souvislé zvodnění je vázáno v průlinově dosti silně až silně propustných štěrkopíscích. Pomocí provedených průzkumů byla zjištěna

úroveň podzemní vody v hloubce 4,50–5,00 m pod terénem, tedy na kótě 227,43–226,80 m n. m.

HPV_{MAX} = 227,80–227,90 m n. m. ...nejvyšší úroveň

HPV_{AKT} = 227,20–227,40 m n. m. ...aktuálně zjištěná úroveň

Odhad HPV byl převzat z průzkumu, kde nejvyšší úroveň byla stanovená odborným odhadem a aktuální HPV reprezentuje mírně podprůměrný stav.

Tab. č. 5 – Úrovně hladiny podzemní vody změřené ve vrtech

sonda	kóta terénu m n. m (Bpv)	hladina podzemní vody ustálená ve vrtu	
		m pod terénem	m n. m. (Bpv)
V-101	232,16	4,90	227,26
HV-102	232,02	4,60	227,42
V-103	231,80	5,00	227,80
V-104	231,91	5,00	227,91
HV-105	231,90	4,50	227,40
V-106	231,96	4,80	227,16
V-107	231,98	4,80	227,18
S-1/1960	231,60	4,50	227,10
S-3/1960	230,80	3,50	227,30
S-5/1960	232,00	4,90	227,10
S-6/1960	231,80	4,50	227,30

Podzemní voda nebude podle ČSN EN 206-1 vytvářet pro stavební konstrukce agresivní prostředí, protože sledované ukazatele agresivity vody vůči betonu nepřevyšují žádné mezní hodnoty.

2.5.2 Výsledky hydrodynamických zkoušek

Expresní čerpací zkoušky na vrtech HV-102 a HV-105 byly vyhodnoceny dle Dupuitových rovnic ustáleného přítoku do úplné studně. Použit byl vzorec pro tíhový plošně radiální tok a dále Kusakiniův empirický vzorec pro výpočet dosahu deprese.

Stanovení koeficientu filtrace K a dosahu deprese R bylo provedeno graficky. V následující tabulce jsou uvedeny souhrnně výsledky hydrodynamických zkoušek. Hodnota koeficientu filtrace byla orientačně stanovena také na základě odečtu velikosti charakteristického zrna d_{20} z křivek zrnitosti metodou Mallet-Pacquant.

Tab. č. 6 – Základní charakteristiky kvartérní zvodně

Sonda	Čerpací zkouška		Stoupací zkouška		Mallet-Pacquant
	$K (m.s^{-1})$	$T (m^2.s^{-1})$	$K (m.s^{-1})$	$T (m^2.s^{-1})$	$K (m.s^{-1})$
HV-102	$6,7 \times 10^{-4}$	$6,1 \times 10^{-3}$	–	–	$7,5 \times 10^{-4}$
HV-105	$1,6 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-4}$

Při realizaci stoupací zkoušky na vrtu HV-102 došlo k téměř okamžitému výstupu HPV do úrovně před zahájením čerpací zkoušky a proto nebyly parametry K a T vypočteny.

2.5.3 Geomechanické parametry zemin

Parametry zemin jsou odvozeny od směrných normových hodnot, s ohledem na výsledky laboratorních rozborů zemin. Tabulka je převzatá z geologického průzkumu, pojmenování zemin dle dnes neplatné ČSN 731001.

Tab. č. 7 – Geomechanické parametry základových půd (Ing. Jiří Petera – JIP soukromá kancelář pro průzkum a inženýrskou činnost)

 Geologická vrstva + stručná charakteristika zemin a hornin	NAVÁŽKA z velké části je tvořena škvárou s příměsí štěrku, lokálně s úlomky cihel a betonu, dále zahliněné štěrkopisky, méně směsné jílovito-písčité zeminy s cizorodými částicemi	ALUVIÁLNÍ NÁPLAV červenohnědé tuhé a pevné prachovito- písčité jíly a jemné zahliněné, středně ulehlé písky, mimo dosah HPV	ŠTĚRKOPÍSKOVÁ TERASA převážně slabě zahliněné písčité štěrky a štěrkovité písky, do hl. cca 9 – 10 m středně ulehlé, od hloubky cca 4,5 m intenzivně zvodněné	KŘÍDOVÉ PODLOŽÍ modrošedý, zvětralý až navětralý slínovec, vcelku kompaktní
Zatřídění zemin a hornin podle ČSN 731001	S-FY	CS, CI, S-F , méně SM	GP, G-F , méně SP, S-F	R5
Úhel vnitřního tření (φ)	$\varphi_{ef} = 27^\circ$	$\varphi_u = 0^\circ$ (CI) $\varphi_{ef} = 28^\circ$ (S-F)	$\varphi_{ef} = 32^\circ$	-
Soudržnost (c)	$c_{ef} = 0$ kPa	$c_u = 70$ kPa (CI) $c_{ef} = 0$ kPa (S-F)	$c_{ef} = 0$ kPa	-
Modul přetvárnosti (E_{def})	$E_{def} = 10 - 15$ MPa	$E_{def} = 8 - 15$ MPa	$E_{def} = 20 - 30$ MPa	$E_{def} = 50$ MPa
Poissonovo číslo (ν)	$\nu = 0,30$	$\nu = 0,30 - 0,40$	$\nu = 0,25$	$\nu = 0,30$
Objemová tíha-vlhká (γ)	$\gamma = 17 - 18$ kN.m ⁻³	$\gamma = 21$ kN.m ⁻³ (CI) $\gamma = 18$ kN.m ⁻³ (S-F)	$\gamma = 20$ kN.m ⁻³ (-10 kN.m ⁻³ vztlak vody)	-
Tabulková výpočtová únosnost (R_{dt})	$R_{dt} = 130$ kPa	$R_{dt} = 100 - 150$ kPa	$R_{dt} = 200$ kPa	$R_{dt} = 300$ kPa
Vlastnosti základové půdy (z.p.)	zrnitostně různorodá, s množstvím cizorodých částic	jílovité členy vrstvy málo únosné a více stlačitelné, nebezpečně namrzavé	středně únosná a středně stlačitelná zákl. půda	dostatečně únosná základová půda s nižší střední stlačitelností
Charakteristika základové půdy (z.p.)	málo vhodná až nevhodná z.p. geotechnická kvalita navážky se může v rámci staveniště významně měnit	nevhodná z.p. geotechnická kvalita aluviální náplavu je značně proměnlivá	podmínečně vhodná z.p. základová spára situována do intenzivně zvodněných štěrkopísků	vhodná z.p. pro hlubinné založení objektu

3. PŘEHLED MOŽNÝCH METOD ZALOŽENÍ

3.1 Plošné

Pro založení zadaného objektu lze uvažovat následující typy plošných základů:

- základové patky, které jsou typické pro zakládání sloupů,
- základové desky tvořící souvislý základ pod celou stavbou, či její částí

3.1.1 Základové patky

Základové patky mají obdélníkový, výjimečně i kruhový tvar a jsou z prostého, častěji však vyztuženého betonu. Bývají vesměs monolitické, jednostupňové, výjimečně, v případě větších hloubek založení, i vícestupňové. Pro zakládání sloupů montovaných železobetonových konstrukcí bývají opatřeny kalichy pro vetknutí těchto sloupů. Od dříve hojně používaných prefabrikovaných patek se ustupuje. Pro zakládání monolitických železobetonových konstrukcí a konstrukcí ocelových jsou opatřeny kotevní výztuží. Pro potřeby posuzování plošných základů se stanovuje jejich tuhost, která souvisí s jejich tvarem, ale i s deformačními vlastnostmi základové půdy.



Obr. č. 6 – Příklad použití základových patek – AVION Shopping park Bratislava [5]



Obr. č. 7 – Ukázka základové patky v zajištěné jámě – AVION Shopping park Bratislava[5]

3.1.2 Základová deska

Základová deska je souvislý plošný základ, přenášející zatížení celého stavebního objektu nebo jeho souvislé části. Základové desky umožňují účinné vodorovné ztužení objektu v úrovni základové spáry, snížení kontaktního napětí při zakládání na málo únosné půdě, snížení nerovnoměrného sedání a vzájemného pootáčení svislých prvků konstrukce na málo únosném podloží a provedení celoplošné izolace suterénu stavby proti podzemní vodě.



Obr. č. 8 – Výztuž základové desky – administrativní budova Crystal [6]

Plošné základy spadají obvykle do 1. GK a 2. GK, zcela výjimečně i do 3. GK. Návrh plošných základů spočívá v návrhu velikosti a tvaru plochy základové spáry včetně hloubky založení D, a dále z doporučení vedoucích k ochraně základové spáry před a při provádění plošných základů. Správně navržená plocha základů se posuzuje prokázáním mezního stavu porušení (stability) a popř. prokázáním mezního stavu použitelnosti, jež vede k odhadu velikosti sedání základů. V případech umístění plošného základu (vesměs patky či pasu) blízko nebo na přirozeném či umělém svahu, blízko výkopu nebo opěrné zdi, blízko vodoteče či jezera nebo nádrže a blízko hornických děl či zasypaných konstrukcí se musí prokázat celková stabilita základové půdy (EQU). [7]

S ohledem na konstrukční řešení stavby, zejména osové vzdálenosti podpor přenášejících zatížení do základové půdy, z uvedených možností připadají v úvahu pouze základové patky. Patky navíc představují nejjednodušší, neekonomičtější způsob založení ve vhodných geologických podmínkách. Oproti tomu v dané geologii stavby podloží jsou únosné vrstvy hlouběji a s tímto můžou vzniknout větší náklady na realizaci.

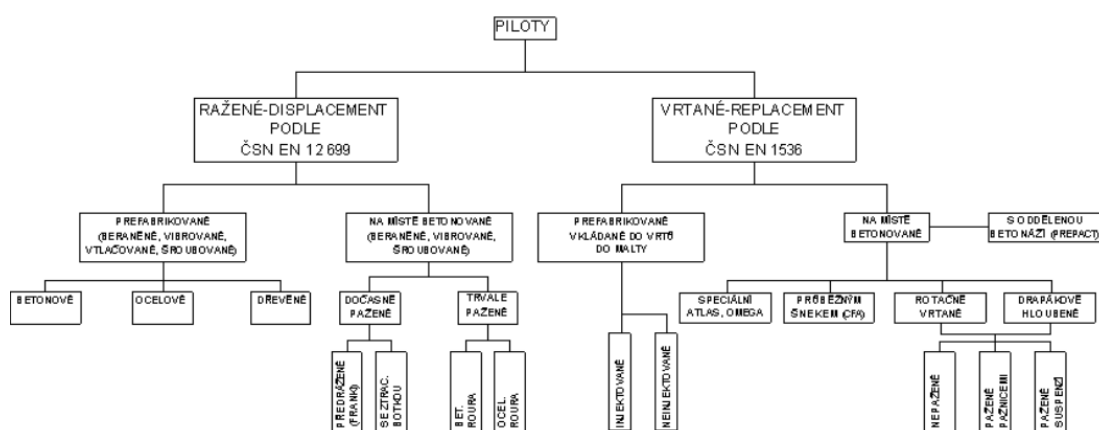


Obr. č. 9 – Výztuž základové desky lokálně – administrativní objekt Florentinum [9]

3.2 Hlubinné základy – piloty

Piloty jsou nejrozšířenější a nejvíce používané prvky hlubinného zakládání staveb. Mají zpravidla tvar sloupů, přičemž příčný průřez může být kruhový nebo jakkoliv hranatý a členitý, může být po délce konstantní, nebo proměnný. V evropské praxi se piloty dělí podle výrobního postupu do dvou rozsáhlých skupin.

- **piloty typu displacement**, kdy zemina z prostoru, který pilota zaujímá, není odstraněna, nýbrž je stlačena jak do stran, tak i pod patu piloty (piloty ražené);
- **piloty typu replacement (non displacement)**, kdy je v průběhu provádění zemina odstraněna z prostoru budoucí piloty (piloty vrtané). [7]



Obr. č. 10 – Evropská klasifikace pilot [7]

3.2.1 Piloty ražené (displacement) Franki

Ražené piloty nebo beraněné piloty se do zeminy zabudovávají jako hotové konstrukční prvky (piloty ocelové, železobetonové, kdysi dřevěné). Pro usnadnění postupu se někdy pro ně v předstihu hloubí předvrt.

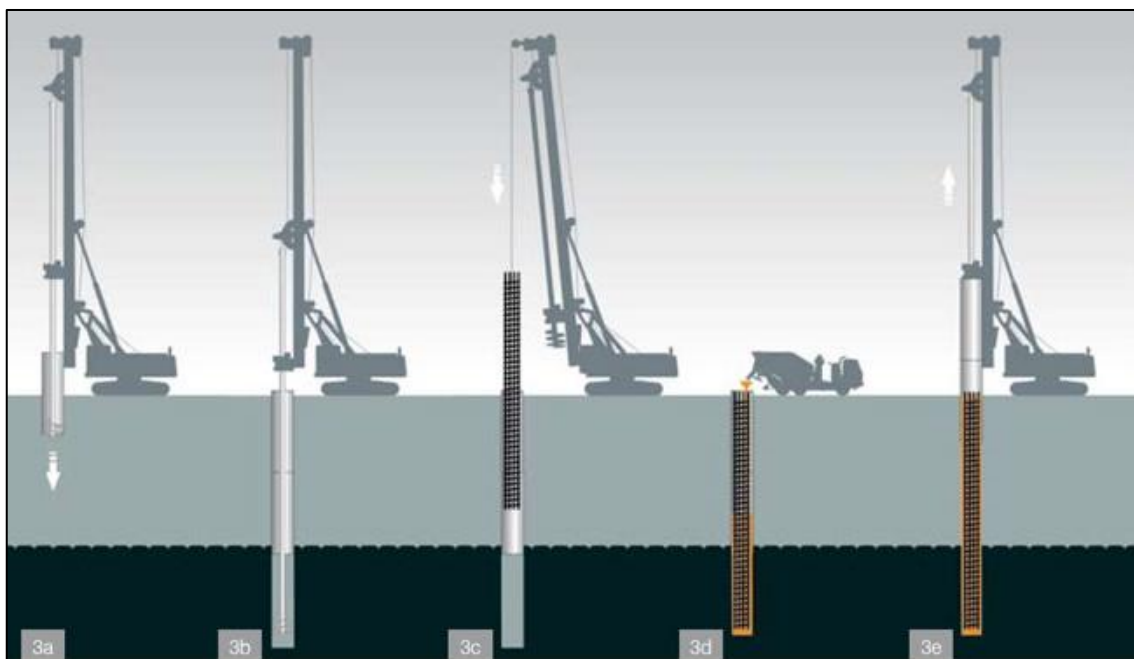
Jelikož se stavební objekt nachází téměř v centru města, tak dynamické rázy způsobené touto technologií by mohly vyvolat nechtěné vibrace, které by mohly způsobit vady, či poruchy současných staveb. Proto tuto technologii vylučuji.

3.2.2 Piloty vrtané (replacement)

Nejčastější technologií hlubinného zakládání jsou dnes vrtané piloty velkého průměru, zpravidla většího než 400 mm, dosahujícího délek někdy až několika desítek metrů, označované jako velkoprofilové nebo velkopřůměrové piloty.

Pro pilotu se vyhloubí vrt předepsaného průměru. Po dosažení projektované hloubky, popř. geotechnikem potvrzené únosné horniny se vrt ukončí. Piloty zpravidla vyztužujeme armokošem, válcovitou konstrukcí svařovanou z prutů betonářské oceli a vyplňujeme je betonem různých pevnostních tříd a konzistencí.

Jednotlivé pracovní postupy se soustavně sledují a průběh vrtání lze i elektronicky sledovat. Kvalita pilot se dle příslušných norem může hodnotit prokazováním integrity betonového tělesa a podle potřeby zatěžovací zkouškou. [10]



3a) zahájení vrtání, vkládání pažnice do vrtu, 3b) dovržení nezapažené části vrtu pod pažnici, 3c) vkládání armokoše do vyčištěného a zapaženého vrtu, 3d) betonáž piloty, 3e) odpažování vybetonovaného vrtu

Obr. č. 11 – Technologický postup provádění vrtaných pilot s ocelovou pažnicí [11]

4. ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ

4.1 Mezní stavy

U mezních stavů platí, že návrhová hodnota zatížení smí dosáhnout nejvýše návrhové hodnoty mezní únosnosti. Posudek je proveden dle 1. mezního stavu porušení STR a GEO.

STR

Jedná se o vnitřní porušení či nadměrnou deformaci konstrukce nebo jejích prvků, pro něž je jejich pevnost rozhodující k posouzení odolnosti (rovněž málo častý případ mimořádně únosné základové půdy, kde o stabilitě rozhoduje pevnost konstrukce)

GEO

Je stav porušení nebo nadměrná deformace základové půdy, pro niž smyková pevnost základové půdy je rozhodující pro posouzení odolnosti, (nejčastější případ pro posouzení plošných i hlubinných základů v zeminách a poloskalních horninách)

Na druhé straně je potřeba splnit i mezní stavy použitelnosti, které jsou zpravidla tvořeny sedáním základů. Možné velikosti sedání jsou stanoveny investorem, či se posuzují dle přípustných hodnot uvedených v norně.

4.2 Návrhový přístup

Návrhový přístup 2 (NP2)

Pro všechny případy posouzení základových konstrukcí platí:

Kombinace: „A1“+ „M1“+ „R2“

Příslušné soubory součinitelů pro A, M a R2 jsou uvedeny v tab. č. 8, tab. č. 9 a tab. č. 10 na následující straně.

Tab. č. 8– Dílčí součinitele zatížení γ_F nebo účinků zatížení γ_E [7]

Zatížení		Značka	Soubor	
			A1	A2
stálé	nepříznivé	γ_G	1,35	1,00
	příznivé		1,00	1,00
proměnné	nepříznivé	γ_Q	1,50	1,30
	příznivé		0	0

Tab. č. 9 – Dílčí součinitele parametrů základové půdy γ_M [7]

Parametr zeminy	Značka	Soubor	
		M1	M2
úhel vnitřního tření ^{x)}	γ_φ	1,00	1,25
efektivní soudržnost	γ_c	1,00	1,25
neodvodněná smyková pevnost	γ_{cu}	1,00	1,40
pevnost v prostém tlaku	γ_{qu}	1,00	1,00
objemová tíha	γ_γ	1,00	1,00
^{x)} Tento součinitel se použije pro $\tan \varphi$			

Tab. č. 10 – Dílčí součinitele únosnosti γ_M pro piloty vrtané (pouze NP2, tj. R2) [7]

Únosnost	Značka	Soubor R2
pata	γ_b	1,1
plášť (tlak)	γ_s	1,1
celková/kombinovaná (tlak)	γ_t	1,1
plášť v tahu	$\gamma_{s,t}$	1,15

4.3 Určení geotechnické kategorie

2. GK. Konstrukce objektu se řadí mezi ty složitější, ale díky její velikosti dochází převážně k přenosu pouze svislých sil do základové spáry, a tedy k tlakovému namáhání jednotlivých pilot. Geologické vrstvy probíhají většinou horizontálně po celé ploše staveniště, základové poměry jsou známy. Ve smyslu EC 7 lze konstatovat, že se jedná o běžný typ konstrukce bez abnormálního rizika, řešený problém lze zařadit do 2. GK.

4.4 Návrhové hodnoty účinků zatížení

Účinky zatížení v mezním stavu porušení (STR) a (GEO) jsou dány návrhovou kombinací zatížení:

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

G_{kj} *Charakteristická hodnota stálého zatížení*

Q_{ki} *Charakteristická hodnota nahodilého zatížení*

ψ_0 *Kombinační součinitel (vyjadřuje zmenšenou pravděpodobnost působení více nahodilých zatížení současně. Hodnoty součinitele ψ viz ČSN EN 1990)*

γ_{Gj} *Dílčí součinitel zatížení v závislosti na zvoleném návrhovém přístupu pro stálé zatížení*

γ_{Qi} *Dílčí součinitel zatížení v závislosti na zvoleném návrhovém přístupu pro nahodilé zatížení*

V podkladech pro vypracování návrhu založení byly stanoveny charakteristické i návrhové síly v úrovni hlav jednotlivých pilot, ze kterých jsem vycházel při návrhu.

4.5 Návrhové hodnoty geotechnických parametrů

Vlastnosti základových půd jsou reprezentovány jejich geotechnickými parametry potřebnými pro příslušné geotechnické výpočty, přičemž obecně existují tři úrovně těchto parametrů:

Odvozené hodnoty X_0 získané geotechnickým průzkumem, jako hodnoty měřené na vzorcích základové půdy laboratorními zkouškami či polním měřením

Charakteristické hodnoty X_k , které se tvoří „obezřetným odhadem“ z hodnot odvozených, s ohledem na výskyt příslušného mezního stavu.

Návrhové hodnoty X_d se odvodí z charakteristických hodnot X_k dělením dílčím součinitelem γ_M v závislosti na zvoleném návrhovém přístupu:

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

V našem případě jsem z geologického průzkumu získal odvozené hodnoty a obezřetným odhadem vytvořil hodnoty charakteristické. Pro výpočet byly použity hodnoty návrhové. Výpočet byl proveden dle již zmíněného návrhového přístupu 2.

4.6 Mezní velikosti přetvoření

U navrhování základových konstrukcí je potřeba ověřit také mezní hodnoty deformace základů a prokázat, že daná konstrukce vyhovuje na požadavky 2. mezního stavu. To je důležité jak pro hodnoty celkového průměrného sedání, tak pro sedání nerovnoměrné, které je dáno relativním průhybem, úhlovým přetvořením i nakloněním základu.

Celkové limitní sedání pilot pro 2. MS je omezeno hodnotou 25 mm. Pro porovnání hodnot nerovnoměrného sedání jsem použil nejpřísnější hodnotu $\Delta s/L = 0,0015$ dle normy ČSN EN 1997.

5. STATICKÝ VÝPOČET ZALOŽENÍ

Návrh založení objektu

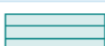
Samotný výpočet založení byl proveden kombinací programů Excel a GEO5. Excel jsem použil z důvodu srovnání výsledků a odladění případných odchylek v GEO5. K výpočtu bylo použito dílčího programu GEO5 – piloty.

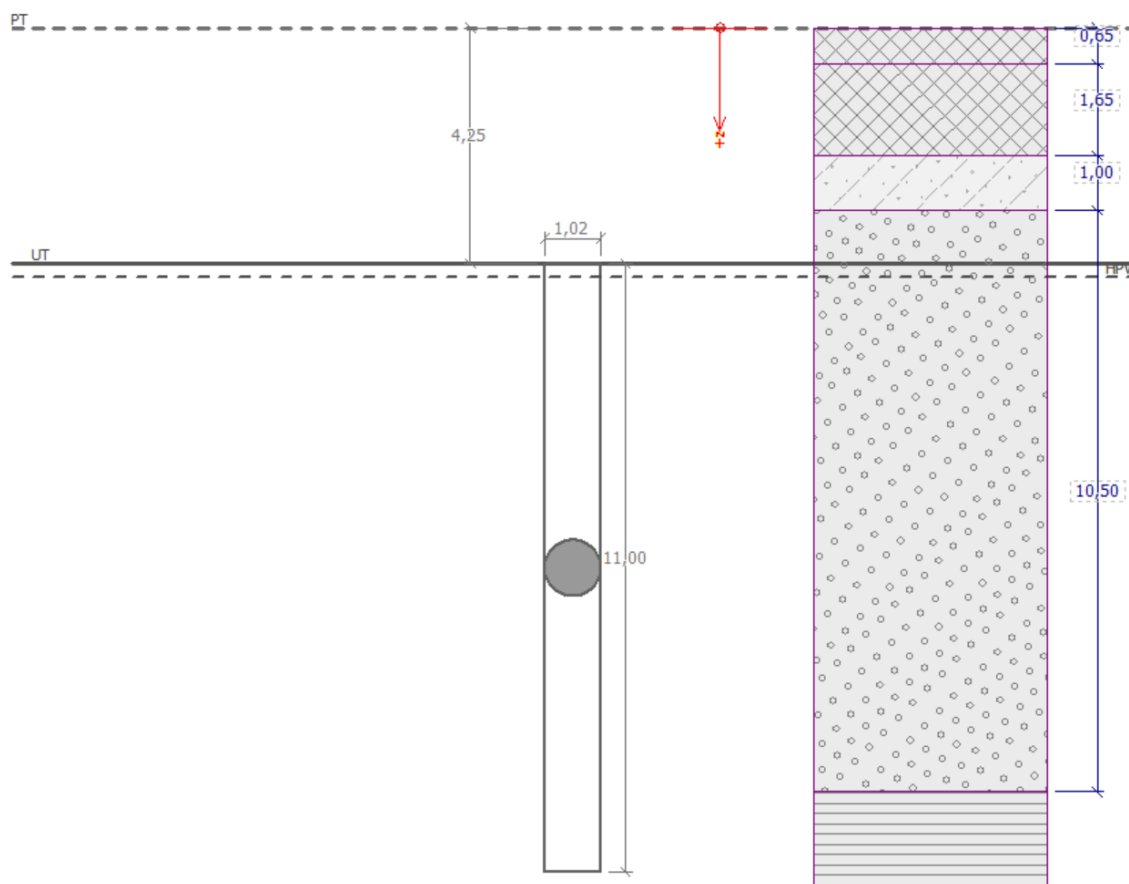
5.1 Geologické poměry

Při zhlédnutí jednotlivých vrtů je patrné, že geologie se příliš neliší. Pro spolehlivé založení je potřeba dosáhnout únosného křídového podloží. Vrstva slínovce probíhá téměř horizontálně s povrchem. Drobné rozdíly ve štěrkopískové terase nacházející se nad vrstvou slínovce nejsou rozhodující pro návrh a mají téměř identickou mocnost jednotlivých vrstev. Mocnost vrstev nad štěrkopískovou terasou není pro založení podstatná, jelikož hlava pilot je v hloubce 4,25 m od původního terénu, a tak dojde k odtěžení navážky, aluviálního náplavu a části štěrkopískové terasy. Hladina podzemní vody po celé ploše osciluje v hloubce 4,5–5 m pod terénem.

Po prozkoumání jednotlivých vrtů jsem zvolil výchozí hodnoty profilu pro výpočet dle reprezentativní vrtů označených V-103 a V-104 s upravenou hladinou podzemní vody 4,5 m pod terénem. Ve vrtech bylo křídové podloží v největších hloubkách a tedy ta nejhorší varianta, která může nastat.

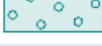
Tab. č. 11 – Geologický profil a přiřazení zemin

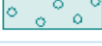
Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0,65	NAVÁŽKA	
2	1,65	NAVÁŽKA	
3	1,00	ALUVIÁLNÍ NÁPLAV	
4	10,50	ŠTĚRKOPÍSKOVÁ TERASA	
5	-	KŘÍDOVÉ PODLOŽÍ	



Obr. č. 12 – Výpočtový geologický profil

Tab. č. 12 a Tab. č. 13 – Základní parametry zemin

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
1	NAVÁŽKA		27,00	0,00	17,00	0,30
2	ALUVIÁLNÍ NÁPLAV		28,00	0,00	21,00	0,30
3	ŠTĚRKOPÍSKOVÁ TERASA		32,00	0,00	20,00	0,25
4	KŘÍDOVÉ PODLOŽÍ		30,00	6,00	24,00	0,30

Číslo	Název	Vzorek	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	NAVÁŽKA		-	10,00	17,00	-	-
2	ALUVIÁLNÍ NÁPLAV		-	8,00	21,00	-	-
3	ŠTĚRKOPÍSKOVÁ TERASA		-	20,00	20,00	-	-
4	KŘÍDOVÉ PODLOŽÍ		-	50,00	24,00	-	-

5.2 Zatížení

Hodnoty charakteristického a návrhového zatížení byly převzaty z podkladů. U všech pilot o únosnosti rozhoduje svislé zatížení. Souhrn veškerých zatížení je uveden v příloze č. 2.

V tab. č. 14 a tab. č. 15 jsou uvedeny minimální a maximální hodnoty charakteristického a návrhového zatížení rozhodujícího pro návrh jednotlivých typů pilot.

Tab. č. 14 – Hodnoty zatížení seřazeny dle návrhových parametrů.

±0,000 = 232,20 m.n.m Bpv																		
poř. číslo	Označení piloty	vrtná rovina	délka vrtu [m]	průměr piloty [m]	úroveň HH piloty	délka piloty [m]	Charakteristické zatížení - GSS ITERACE 01						Návrhové zatížení - GSS ITERACE 01					
							F _{x,k} [kN]	F _{y,k} [kN]	F _{z,k} [kN]	M _{x,k} [kNm]	M _{y,k} [kNm]	M _{z,k} [kNm]	F _{x,d} [kN]	F _{y,d} [kN]	F _{z,d} [kN]	M _{x,d} [kNm]	M _{y,d} [kNm]	M _{z,d} [kNm]
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	
030	PA 30	-3,750			-4,250		±0	±0	5329	0	0	0	±0	±0	6 316	0	0	0
123	PB 66	-3,750			-4,250		±0	±0	4799	-13	23	-36	±0	±170	6 062	4,7	106	-45
225	PD 30	-3,750			-4,250		±0	±0	4872	0	0	0	±0	±0	5 870	0	0	0
124	PB 67	-3,750			-4,250		±0	±0	3844	-14	65	-30	±0	±170	4 661	-2,3	167	-39
208	PD 13	-3,750			-4,250		±0	±0	3845	0	0	0	±0	±0	4 533	0	0	0
222	PD 27	-3,750			-4,250		±0	±0	2511	0	0	0	±0	±0	3 228	0	0	0
220	PD 25	-3,750			-4,250		±0	±0	2436	0	0	0	±0	±0	3 157	0	0	0
194	PC 51	-3,750			-4,250		±0	±0	2549	41	21	7	±0	±140	3 037	81,3	93,6	11,2
289	PE 48	-3,750			-4,250		±0	±0	533	0	0	0	±0	±0	679	0	0	0

Tab. č. 15 – Hodnoty zatížení seřazeny dle charakteristických parametrů.

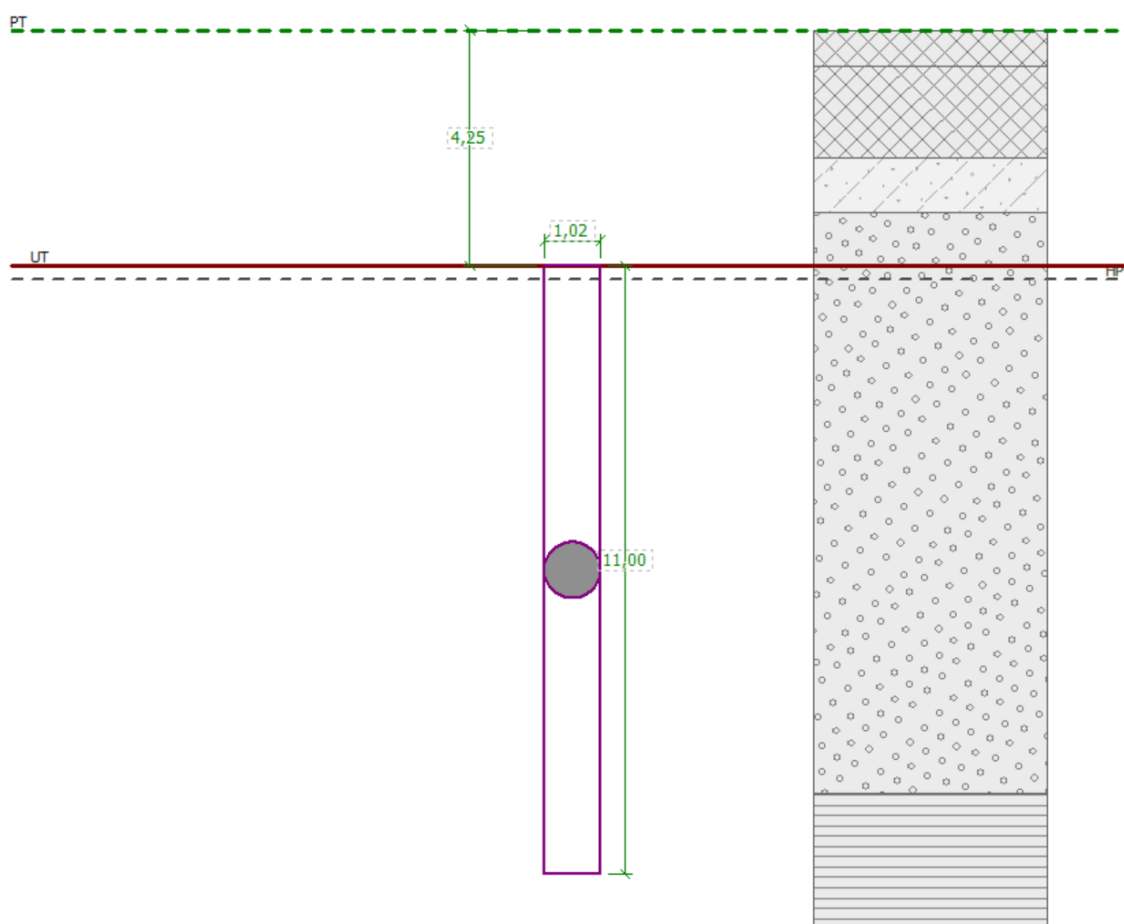
±0,000 = 232,20 m.n.m Bpv																		
poř. číslo	Označení piloty	vrtná rovina	délka vrtu [m]	průměr piloty [m]	úroveň HH piloty	délka piloty [m]	Charakteristické zatížení - GSS ITERACE 01						Návrhové zatížení - GSS ITERACE 01					
							F _{x,k} [kN]	F _{y,k} [kN]	F _{z,k} [kN]	M _{x,k} [kNm]	M _{y,k} [kNm]	M _{z,k} [kNm]	F _{x,d} [kN]	F _{y,d} [kN]	F _{z,d} [kN]	M _{x,d} [kNm]	M _{y,d} [kNm]	M _{z,d} [kNm]
030	PA 30	-3,750			-4,250		±0	±0	5329	0	0	0	±0	±0	6 316	0	0	0
225	PD 30	-3,750			-4,250		±0	±0	4872	0	0	0	±0	±0	5 870	0	0	0
123	PB 66	-3,750			-4,250		±0	±0	4799	-13	23	-36	±0	±170	6 062	4,7	106	-45
208	PD 13	-3,750			-4,250		±0	±0	3845	0	0	0	±0	±0	4 533	0	0	0
124	PB 67	-3,750			-4,250		±0	±0	3844	-14	65	-30	±0	±170	4 661	-2,3	167	-39
194	PC 51	-3,750			-4,250		±0	±0	2549	41	21	7	±0	±140	3 037	81,3	93,6	11,2
222	PD 27	-3,750			-4,250		±0	±0	2511	0	0	0	±0	±0	3 228	0	0	0
220	PD 25	-3,750			-4,250		±0	±0	2436	0	0	0	±0	±0	3 157	0	0	0
289	PE 48	-3,750			-4,250		±0	±0	533	0	0	0	±0	±0	679	0	0	0

5.3 Piloty 1. typ

Jedná se o nejméně zatíženou skupinu pilot. Návrhové svislé zatížení pro 1. MS je v rozmezí 679–3157 KN, charakteristické pro 2. MS je rozmezí 533–2549 KN. V souboru zatížení piloty označeny modře. Vzorový výpočet je proveden na nejvíce zatížené pilotě PD25. V dalších podkapitolách uvádím srovnání výpočtu v programu Excel a GEO5.

5.3.1 Geometrie

Profil piloty je kruhový. Průměr $d = 1,02$ m, délka $L = 11,00$ m. Geometrie je odvozená z minimální hloubky pro dosažení úrovně křídového podloží.



Obr. č. 13 – Geometrie uspořádání pilot 1. typu

5.3.2 Vstupní parametry

Z výpočtu a vstupních hodnot jsem vyloučil zeminy, které budou odtěženy, a tedy nemají vliv na výpočet. Hladina podzemní vody je v hloubce 4,50 m od původního terénu.

V tab. č. 17 jsou výchozí parametry pro výpočet v Excelu, v tab. č. 17 jsou vstupní parametry pro GEO5.

Tab. č. 16 – Vstupní parametry pro výpočet Excel – 1. typ

č. vrstvy	popis	od [m]	do [m]	γ, γ' [KNm ⁻³]	φ_{ef}	c_{ef} [KPa]	q_s [MPa]
1	ŠP terasa	0	0,25	20	32	0	20
2	ŠP terasa	0,25	9,55	10	32	0	20
3	R5	9,55	11,00	14	30	6	50
	L=	11	m	$\dot{L}=$	9,22	m	
	d=	1,02	m	$\gamma_1=$	10,75	KN/m ³	
	$c_d=$	6		$\gamma_2=$	14	KN/m ³	
	$\gamma_1=$	10,75	KN/m ³	$\varphi_d=$	30	°	
	$\gamma_2=$	14	KN/m ³	$\varphi_d=$	0,5236	rad	

Tab. č. 17 – Vstupní parametry pro výpočet GEO5 – 1. typ

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0,65	NAVÁŽKA	
2	1,65	NAVÁŽKA	
3	1,00	ALUVIÁLNÍ NÁPLAV	
4	10,50	ŠTĚRKOPÍSKOVÁ TERASA	
5	-	KŘÍDOVÉ PODLOŽÍ	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	679,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		Zatížení č. 1 - provozní	Užitné	533,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5.3.3 Stanovení návrhové únosnosti podle 1. MS

Návrhová únosnost paty piloty:

$U_{bd} = k_1 * A_s * R_d =$		2642,74	KN			
		/1,1				
k_1	1,00					
A_s	0,817	m ²				
R_d	3557,60	KPa				
A_s – plocha paty piloty						
R_d – návrhová únosnost paty piloty stanovená v zeminách podle vztahu:						
$R_d = 1,2 * c_d * N_c + (1 + \sin \varphi_d) * \gamma_1 * L * N_d + 0,7 * \gamma_2 * d / 2 * N_b$						
	$N_c = 2 + \pi$	pro	$\varphi_{u,d} = 0$	$N_c =$	5,14	
	$N_c = (N_d - 1) \cot \varphi_d$		$\varphi_{u,d} > 0$	$N_c =$	30,14	
$N_d = \exp(\pi * \tan \varphi_d) * \tan^2(45 + \varphi_d/2)$						
$N_b = 1,5 * (N_d - 1) * \tan \varphi_d$						
	N_c	30,14				
	N_d	18,40				
	N_b	15,07				
k_1 – součinitel, vyjadřující zvětšení únosnosti vlivem délky piloty L:						
	$L \leq 2,0m$		$k_1 = 1,0$			
	$2,0m \leq L \leq 4,0m$		$k_1 = 1,05$			
	$4,0m \leq L \leq 6,0m$		$k_1 = 1,1$			
	$L > 6,0m$		$k_1 = 1,15$			
	k_1	1,00				

Obr. č. 14 – Posouzení únosnosti paty piloty z Excelu – 1. typ

Součinitel zvětšení únosnosti k_1 je roven 1, aby se výpočet shodoval s výpočtem v GEO5, který počítá s hodnotou 1.

Návrhová únosnost na plášti piloty je dána:

$U_{fd} = \sum \pi * d_i * h_i * f_{si}$					
			655,48	KN	
			/1,1		
f_{si} - tření na plášti je dáno rovnicí:					
$f_{si,d} = \sigma_{xi} * tg(\varphi_d/\gamma_{r2}) + c_d/\gamma_{r2}$					
σ_{xi} - kontaktní napětí v i-té vrstvě					
$\sigma_{xi} = k_2 * \sigma_{ori}$					
σ_{ori} - je geostatické napětí v hloubce z_i ,					
k_2 - je součinitel bočního zemního tlaku na plášť piloty:					
$z \leq 10,0m$			$k_2 = 1,0$		
$z > 10,0m$			$k_2 = 1,2$		
Součinitel podmínek působení základové půdy γ_{r2} se dosazuje následovně:					
$z \leq 1,0m$			$\gamma_{r2} = 1,3$		
$1,0m \leq z \leq 2,0m$			$\gamma_{r2} = 1,2$		
$2,0m \leq z \leq 3,0m$			$\gamma_{r2} = 1,1$		
$z > 3,0m$			$\gamma_{r2} = 1,0$		
č. vrstvy	k_2	γ_{r2}	σ_{oi}	σ_{xi}	f_s
1	1	1	2,50	2,50	1,26
2	1	1	49,86	49,86	25,04

Obr. č. 15 - Posouzení únosnosti na plášti piloty - 1. typ

Při výpočtu únosnosti na plášti piloty je nutno počítat s účinnou délkou.

l_p - účinná délka piloty pro výpočet únosnosti na plášti je zmenšena o úsek:					
$l_p = \frac{d * N_d^{2/3}}{4}$					
			$l_p =$	1,78	m
$\acute{L}$ - účinná délka piloty					
			$\acute{L} =$	9,22	m

Obr. č. 16 - Výpočet účinné délky piloty - 1. typ

Návrhová únosnost piloty:

		$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} =$		3298,22	KN		
			U_{vd} – je svislá návrhová únosnost piloty,				
			U_{bd} – návrhová únosnost paty piloty,				
			U_{fd} – návrhová únosnost na plášti piloty.				

Obr. č. 17 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – EXCEL – 1. typ

Návrhová únosnost piloty GEO5:

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Součinitel únosnosti	$N_c =$	30,14
Součinitel únosnosti	$N_d =$	18,40
Součinitel únosnosti	$N_b =$	15,07
Součinitel únosnosti	$K_1 =$	1,00
Výpočtová únosnost na patě piloty	$R_{bd} =$	3557,60 kPa
Plocha příčného řezu piloty	$A_p =$	8,17E-01 m ²

Únosnost na plášti piloty:

Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 1,78$ m

Hloubka	Mocnost	φ_d	c_{ud}	γ	γR_2	f_s	R_{si}
[m]	[m]	[°]	[kPa]	[kN/m ³]	[–]	[kPa]	[kN]
0,25	0,25	32,00	0,00	20,00	1,00	1,26	0,91
9,22	8,97	32,00	0,00	10,00	1,00	25,04	654,57

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Posouzení tlačené piloty:

Únosnost piloty na plášti $R_s = 655,48$ kN

Únosnost piloty v patě $R_b = 2642,74$ kN

Únosnost piloty $R_c = 3298,22$ kN

Extrémní svislá síla $V_d = 679,00$ kN

$R_c = 3298,22$ kN > $679,00$ kN = V_d

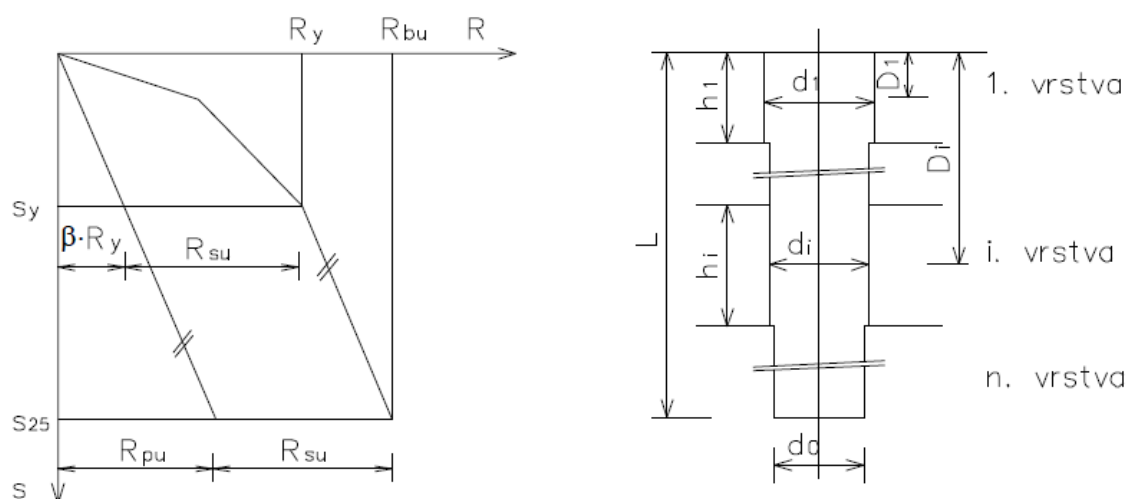
Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Obr. č. 18 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – GEO5 – 1. typ

1.TYP	U _{bd} [kN]		U _{fd} [kN]		U _{vd} [kN]	
	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5
PP12	2642,74	2642,74	655,48	655,48	3298,22	3298,22

5.3.4 Posouzení sedání piloty podle 2. MS

Při posouzení výpočtové únosnosti vrtaných pilot se vychází z předpokladu, že pilota je zahlobena do stlačitelného podloží. Dřík piloty prochází ve vrstevnaté zemině. Pro stanovení únosnosti je třeba řešit tvar mezní zatěžovací křivky podle obr. č. 19.



Obr. č. 19 – Mezní zatěžovací křivka piloty a schéma uložení ve vrstevnaté zemině [7]

Mezní únosnost na plášti piloty:

$R_{su} = 0,7m * \pi * \sum d_i * h_i * q_{si}$		$R_{su} =$	1650,65 kN
		$m =$	1
h_i - mocnost příslušné vrstvy zeminy			
M - dílčí koeficient vyjadřující vliv povrchu dříku piloty			
pro betonáž do suchého vrtu a pod vodu $m = 1,0$			
pro betonáž pod pažicí suspenzi $m = 0,9$			
pro ochranu dříku pomocí fólie PVC, PE, tloušťky přes 0,7 mm, $m = 0,7$			
pro ochranu dříku pomocí fólie a pletiva B-systému $m = 0,5$			
pro ochranu ponechanou ocelovou pažnicí $m = 0,15$			
q_{si} - je mezní plášťové tření v i-té vrstvě piloty			

Obr. č. 20 – Posouzení mezní únosnosti na plášti – 1. typ

Velikost mezního pláštového tření je dána vztahem:					
$q_{si} = a - b/(D_i/d_i)$					
a, b - jsou regresní koeficienty [KPa]					
D_i - je vzdálenost od hlavy piloty do poloviny i -té vrstvy					
d_i - průměr piloty v této vrstvě					

Obr. č. 21 – Výpočet mezního pláštového tření – 1. typ

Tab. č. 18 – Hodnoty regresních koeficientů a mezního pláštového tření

	a	b	q_{si}	D_i	d_i	h_i	$d_i \cdot h_i \cdot q_{si}$	$d_i \cdot h_i$
1	62,46	16,06	59,03	4,775	1,02	9,55	575,01	9,74
2	131,92	94,96	123,87	12,025	1,02	1,45	183,20	1,48
Σ						11,00	758,20	11,22

Velikost napětí q_0 na patě piloty při deformaci odpovídající plné mobilizaci pláštového tření je:					
$q_0 = e - f/(L/d_o)$					
$q_0 = 907,48$ kPa					
e, f - jsou regresní koeficienty [kPa]					
L - je délka piloty					
d_o - průměr piloty v patě					
$e = 957$ kPa					
$f = 704$ kPa					

Obr. č. 22 – Velikost napětí q_0 při mobilizaci pláštového tření – 1. typ

Tab. č. 19 – Tabulka regresních koeficientů pro jednotlivé typy zemin a hornin [7]

Zemina Hornina		Regresní koeficienty [KPa]			
		a	b	e	f
poloskalní	R 3	246,02	225,95	2841,31	1298,96
	R 4	169,98	139,45	1616,22	1155,34
	R 5	131,92	94,96	957,61	703,89
hrubozrnné	$I_D = 0,5$	62,46	16,06	268,11	174,89
	$I_D = 0,7$	91,22	48,44	490,34	445,42
	$I_D = 0,9$	154,03	115,88	1596,70	1399,88
jemnozrnné	$I_C = 0,5$	46,39	20,81	197,74	150,22
	$I_C = 0,75$	71,85	64,70	592,97	617,24
	$I_C \geq 1,0$	97,31	108,59	987,60	1084,26

Jako vážený průměr velikostí q_{si} stanovíme průměrnou velikost pláštěvého tření podél dřívku piloty q_s				
$q_s = (\sum d_i * h_i * q_{si}) / (\sum d_i * h_i)$		$q_s =$	66,90	kPa
určíme koeficient přenosu zatížení do paty piloty β podle rovnice				
$\beta = q_0 / (q_0 + 4 * q_s + L/d_0)$		$\beta =$	0,236	
a zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace pláštěvého tření				
$R_y = R_{su} / (1 - \beta)$		$R_y =$	2160,70	kN

Obr. č. 23 – Zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace pláštěvého tření – 1.typ

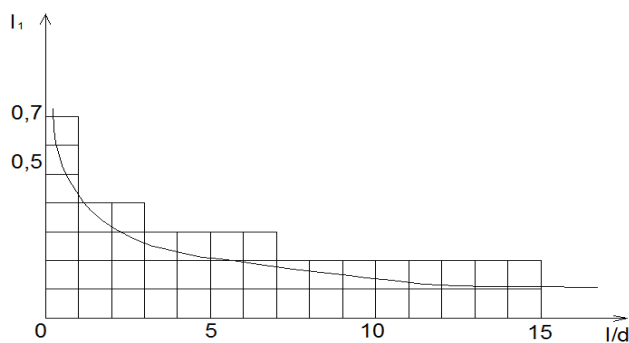
Odpovídající velikost sednutí je dána rovnicí:

$s_y = I * R_y / (d * E_s)$	$s_y =$	0,0103	m	10,3	mm
I - příčinkový koeficient sedání piloty					
E_s - průměrná velikost sečnového modulu deformace zemin podél dřívku piloty					
Příčinkový koeficient					
$I = I_1 * R_k$	$I =$	0,148			
I_1 - základní příčinkový koeficient					
R_k - korekční součinitel, vyjadřující vliv tuhosti pilot K a štíhlostní poměr L/d					
K - tuhost piloty poměrem:		$K = E_b / E_s$		$L/d =$	10,78
				$I_1 =$	0,14
				$R_k =$	1,06
				$K =$	985
				$E_s =$	30461,00 Kpa

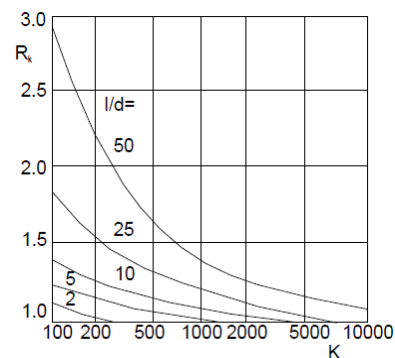
Obr. č. 24 – Výpočet velikosti sedání – 1.typ

Průměrný sečnový modul deformace se vypočítá jako vážený průměr				
$E_s = (\sum E_{si} * h_i) / (\sum h_i)$	$E_s =$	30,46	Mpa	
				E_s h_i $E_s * h_i$
				1 22,37 9,55 213,6335
				2 83,75 1,45 121,4375

Obr. č. 25 – Výpočet průměrného sečnového modulu deformace – 1.typ



Obr. č. 26 – Příčinkový koeficient I_1 [7]

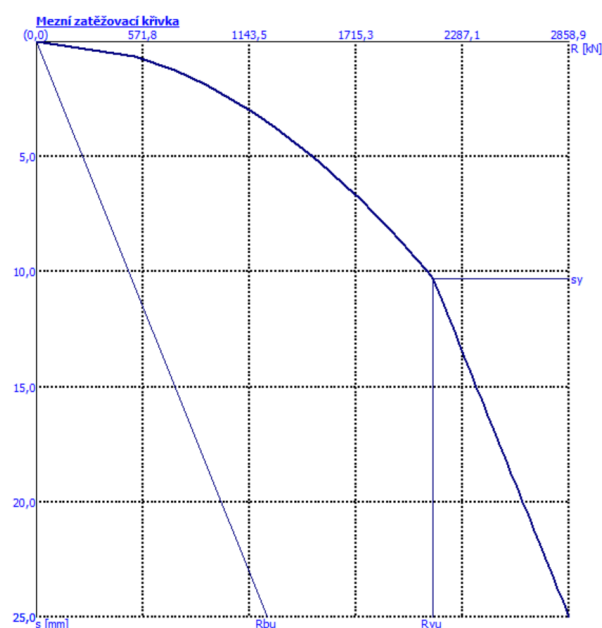


Obr. č. 27 – Korekční součinitel R_k [7]

Výpočet únosnosti odpovídající sednutí 25,00 mm

Souřadnicemi (s_y ; R_k) je jednoznačně určena první větev mezní zatěžovací křivky tvaru paraboly 2° o rovnici:							
$s = s_y * (R/R_y)^2$							
pro obor zatížení $0 \leq R \leq R_y$.							
Druhá větev mezní zatěžovací křivky je dána úsečkou o souřadnicích koncového bodu ($s_{25} = 25$ mm; R_{bu}), přičemž							
$R_{bu,k} = R_{su} + R_{pu}$		R_c	$R_{bu,k} =$	2886,23 kN			
$R_{pu,k} = \beta * R_y * s_{25}/s_y$		R_{bu}	$R_{pu,k} =$	1235,58 kN			

Obr. č. 28 – Výpočet hodnot mezní zatěžovací křivky



Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace pláště, tření $R_{yu} = 2129,67$ kN
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 10,3$ mm

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :
Únosnost paty $R_{bu} = 1239,24$ kN
Celková únosnost $R_c = 2858,86$ kN

Pro zatížení $Q = 533,00$ kN je sednutí piloty 0,6 mm

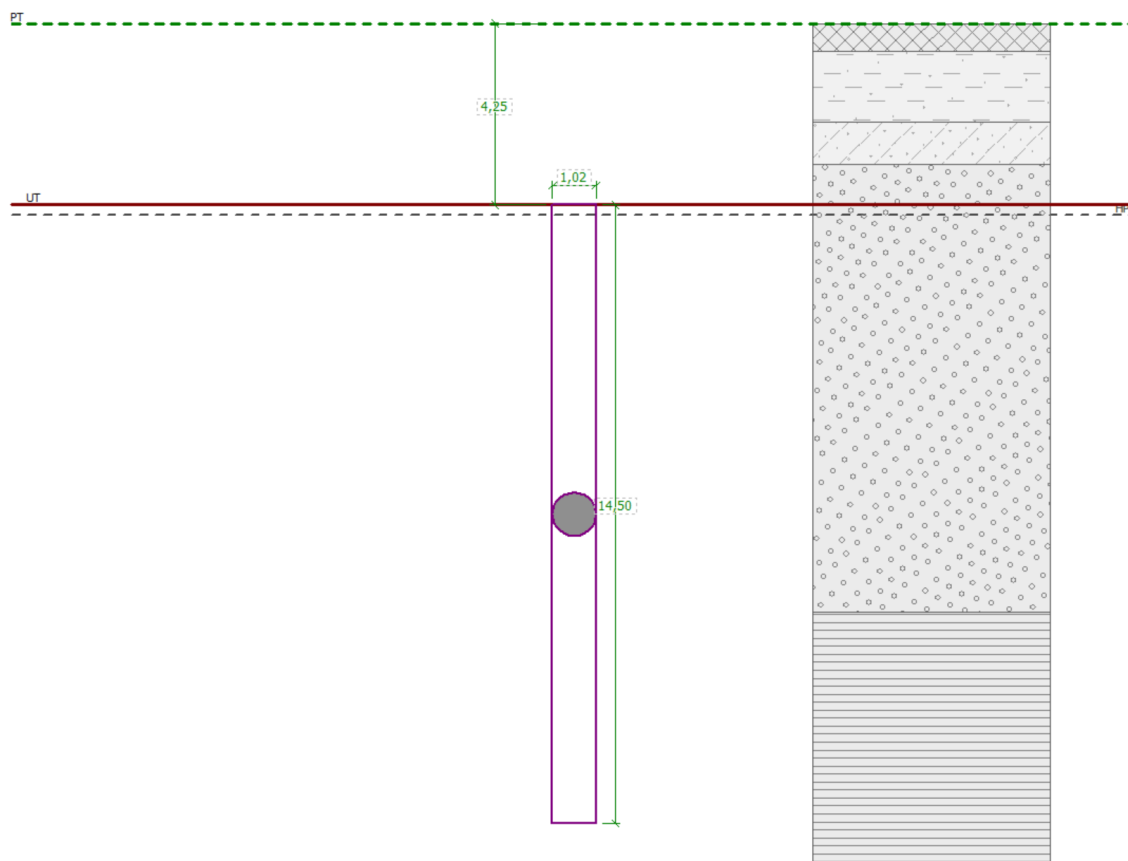
Obr. č. 29 – Posouzení sedání v programu GEO5

5.4 Piloty 2. typ

Jedná se o středně zatíženou skupinu pilot. Návrhové svislé zatížení pro 1. MS je v rozmezí 3 228-4 661 KN, charakteristické pro 2. MS je rozmezí 2511–3845 KN. V zatížení piloty označeny žlutě. Vzorový výpočet je proveden na nejvíce zatížené pilotě **PB67**. V dalších podkapitolách uvádím srovnání výpočtu v programu Excel a GEO5.

5.4.1 Geometrie

Profil piloty je kruhový. Průměr $d = 1,02$ m, délka $L = 14,50$ m.



Obr. č. 30 – Geometrie uspořádání pilot 2. typu

5.4.2 Vstupní parametry

Z výpočtu a vstupních hodnot jsem vyloučil zeminy, které budou odtěženy, a tedy nemají vliv na výpočet. Hladina podzemní vody je v hloubce 4,50 m od původního terénu.

V tab. č. 20 jsou výchozí parametry pro výpočet v Excelu, v tab. č. 21 jsou vstupní parametry pro GEO5.

Tab. č. 20 – Vstupní parametry pro výpočet Excel – 2. typ

č. vrstvy	popis	od [m]	do [m]	γ, γ' [KNm ⁻³]	φ_{ef}	c_{ef} [KPa]	q_s [MPa]
1	ŠP terasa	0	0,25	20	32	0	20
2	ŠP terasa	0,25	9,55	10	32	0	20
3	R5	9,55	14,50	14	30	6	50
	L=	14,5	m	$\acute{L}=$	12,72	m	
	d=	1,02	m	$\gamma_1=$	11,54	KN/m ³	
	$c_d=$	6		$\gamma_2=$	14	KN/m ³	
	$\gamma_1=$	11,54	KN/m ³	$\varphi_d=$	30	°	
	$\gamma_2=$	14	KN/m ³	$\varphi_d=$	0,5236	rad	

Tab. č. 21 – Vstupní parametry pro výpočet GEO5 – 2. typ

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0,65	NAVÁŽKA	
2	1,65	NAVÁŽKA	
3	1,00	ALUVIÁLNÍ NÁPLAV	
4	10,50	ŠTĚRKOPÍSKOVÁ TERASA	
5	-	KŘÍDOVÉ PODLOŽÍ	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	4661,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		Zatížení č. 1 - provozní	Užitné	3844,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5.4.3 Stanovení návrhové únosnosti podle 1. MS

Návrhová únosnost paty piloty:

$U_{bd} = k_1 * A_s * R_d =$		3647,43	KN		
		/1,1			
k_1	1,00				
A_s	0,817	m ²			
R_d	4910,09	KPa			
A_s - plocha paty piloty					
R_d - návrhová únosnost paty piloty stanovená v zeminách podle vztahu:					
$R_d = 1,2 * c_d * N_c + (1 + \sin \varphi_d) * \gamma_1 * L * N_d + 0,7 * \gamma_2 * d / 2 * N_b$					
$N_c = 2 + \pi$		pro	$\varphi_{u,d} = 0$	$N_c =$	5,14
$N_c = (N_d - 1) \cot \varphi_d$			$\varphi_{u,d} > 0$	$N_c =$	30,14
$N_d = \exp(\pi * \tan \varphi_d) * \tan^2(45 + \varphi_d / 2)$					
$N_b = 1,5 * (N_d - 1) * \tan \varphi_d$					
N_c	30,14				
N_d	18,40				
N_b	15,07				
k_1 - součinitel, vyjadřující zvětšení únosnosti vlivem délky piloty L:					
$L \leq 2,0m$			$k_1 = 1,0$		
$2,0m \leq L \leq 4,0m$			$k_1 = 1,05$		
$4,0m \leq L \leq 6,0m$			$k_1 = 1,1$		
$L > 6,0m$			$k_1 = 1,15$		
k_1	1,00				

Obr. č. 31 - Posouzení únosnosti paty piloty z Excelu - 2. typ

Součinitel zvětšení únosnosti k_1 je roven 1, aby se výpočet shodoval s výpočtem v GEO5, který počítá s hodnotou 1.

Návrhová únosnost na plášti piloty je dána:

$U_{fd} = \sum \pi * d_i * h_i * f_{si}$		1275,15	KN			
		/1,1				
f_{si} - tření na plášti je dáno rovnicí:						
$f_{si,d} = \sigma_{xi} * tg(\varphi_d/\gamma_{r2}) + c_d/\gamma_{r2}$						
σ_{xi} - kontaktní napětí v i-té vrstvě						
$\sigma_{xi} = k_2 * \sigma_{ori}$						
σ_{ori} - je geostatické napětí v hloubce z_i ,						
k_2 - je součinitel bočního zemního tlaku na plášť piloty:						
$z \leq 10,0m$ $k_2 = 1,0$						
$z > 10,0m$ $k_2 = 1,2$						
Součinitel podmínek působení základové půdy γ_{r2} se dosazuje následovně:						
$z \leq 1,0m$ $\gamma_{r2} = 1,3$						
$1,0m \leq z \leq 2,0m$ $\gamma_{r2} = 1,2$						
$2,0m \leq z \leq 3,0m$ $\gamma_{r2} = 1,1$						
$z > 3,0m$ $\gamma_{r2} = 1,0$						
č. vrstvy	k_2	γ_{r2}	σ_{oi}	σ_{xi}	f_s	
1	1	1	2,50	2,50	1,26	
2	1	1	51,50	51,50	25,86	
3	1	1	120,21	120,21	62,05	

Obr. č. 32 - Posouzení únosnosti na plášti piloty - 2. typ

Při výpočtu únosnosti na plášti piloty je nutno počítat s účinnou délkou.

l_p - účinná délka piloty pro výpočet únosnosti na plášti je zmenšena o úsek:						
$l_p = \frac{d * N_d^{2/3}}{4}$						
$l_p = 1,78$ m						
$\acute{L}$ - účinná délka piloty						
$\acute{L} = 12,72$ m						

Obr. č. 33 - Výpočet účinné délky piloty - 2. typ

Návrhová únosnost piloty:

	$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} =$	4922,58	KN				
		U_{vd} – je svislá návrhová únosnost piloty,					
		U_{bd} – návrhová únosnost paty piloty,					
		U_{fd} – návrhová únosnost na pláštích piloty.					

Obr. č. 34 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – EXCEL – 2. typ

Návrhová únosnost piloty GE05:

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Součinitel únosnosti	$N_c =$	30,14
Součinitel únosnosti	$N_d =$	18,40
Součinitel únosnosti	$N_b =$	15,07
Součinitel únosnosti	$K_1 =$	1,00
Výpočtová únosnost na patě piloty	$R_{bd} =$	4910,09 kPa
Plocha příčného řezu piloty	$A_p =$	8,17E-01 m ²

Únosnost na plášti piloty:

Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 1,78$ m

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γR_2 [–]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
0,25	0,25	32,00	0,00	20,00	1,00	1,26	0,91
9,55	9,30	32,00	0,00	10,00	1,00	25,86	700,71
12,72	3,17	30,00	6,00	14,00	1,00	62,05	573,53

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Posouzení tlačené piloty:

Únosnost piloty na plášti $R_s = 1275,15$ kN
Únosnost piloty v patě $R_b = 3647,43$ kN

Únosnost piloty $R_c = 4922,58$ kN
Extrémní svislá síla $V_d = 4661,00$ kN

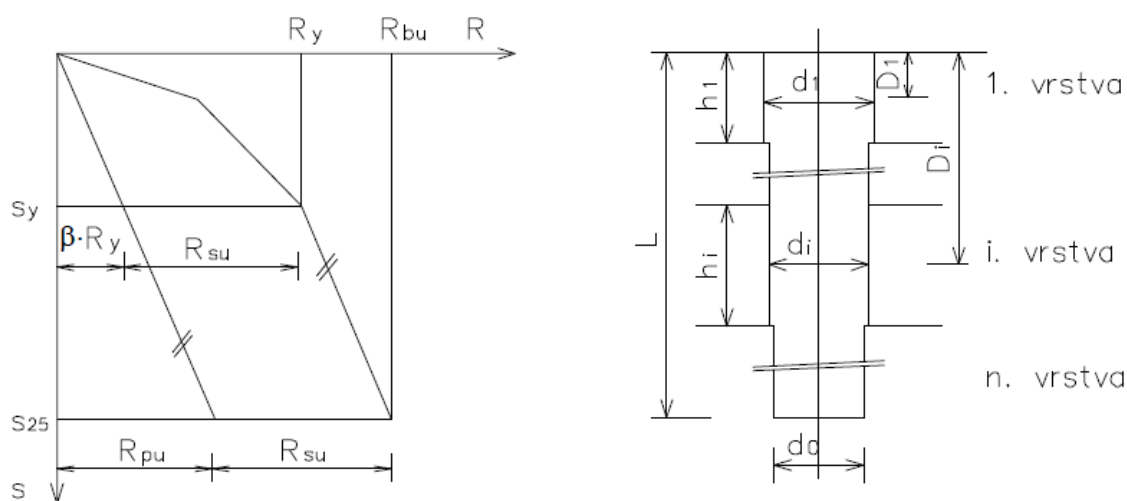
$R_c = 4922,58$ kN > $4661,00$ kN = V_d

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Obr. č. 35 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – GEO5 – 2. typ

5.4.4 Posouzení sedání piloty podle 2. MS

Při posouzení výpočtové únosnosti vrtaných pilot se vychází z předpokladu, že pilota je zahloubena do stlačitelného podloží. Dřík piloty prochází ve vrstevnaté zemině. Pro stanovení únosnosti je třeba řešit tvar mezní zatěžovací křivky podle obr. č. 36.



Obr. č. 36 – Mezní zatěžovací křivka piloty a schéma uložení ve vrstevnaté zemině [7]

Mezní únosnost na plášti piloty:

$R_{su} = 0,7m * \pi * \sum d_i * h_i * q_{si}$				$R_{su} =$	2639,82 kN
				$m =$	1
h_i - mocnost příslušné vrstvy zeminy					
M - dílčí koeficient vyjadřující vliv povrchu dříku piloty					
pro betonáž do suchého vrtu a pod vodu $m = 1,0$					
pro betonáž pod pažicí suspenzi $m = 0,9$					
pro ochranu dříku pomocí fólie PVC, PE, tloušťky přes 0,7 mm, $m = 0,7$					
pro ochranu dříku pomocí fólie a pletiva B-systému $m = 0,5$					
pro ochranu ponechanou ocelovou pažnicí $m = 0,15$					
q_{si} - je mezní plášťové tření v i-té vrstvě piloty					

Obr. č. 37 – Posouzení mezní únosnosti na plášti – 2. typ

Velikost mezního pláštěvého tření je dána vztahem:					
$q_{si} = a - b/(D_i/d_i)$					
<i>a, b - jsou regresní koeficienty [kPa]</i>					
<i>D_i - je vzdálenost od hlavy piloty do poloviny i-té vrstvy</i>					
<i>d_i - průměr piloty v této vrstvě</i>					

Obr. č. 38 – Výpočet mezního pláštěvého tření – 2. typ

Tab. č. 22 – Hodnoty regresních koeficientů a mezního pláštěvého tření

	a	b	q _{si}	D _i	d _i	h _i	d _i *h _i *q _{si}	d _i *h _i
1	62,46	16,06	59,03	4,775	1,02	9,55	575,01	9,74
2	131,92	94,96	123,87	12,025	1,02	4,95	625,40	5,05
Σ						14,50	1200,40	14,79

Velikost napětí q₀ na patě piloty při deformaci odpovídající plné mobilizaci pláštěvého tření je:					
$q_0 = e - f/(L/d_0)$					
q ₀ = 907,48 kPa					
<i>e, f - jsou regresní koeficienty [kPa]</i>					
<i>L - je délka piloty</i>					
<i>d₀ - průměr piloty v patě</i>					
e = 957 kPa					
f = 704 kPa					

Obr. č. 39 – Velikost napětí q₀ při mobilizaci pláštěvého tření – 2. typ

Tab. č. 23 – Tabulka regresních koeficientů pro jednotlivé typy zemin a hornin [7]

Zemina Hornina		Regresní koeficienty [kPa]			
		a	b	e	f
poloskalní	R 3	246,02	225,95	2841,31	1298,96
	R 4	169,98	139,45	1616,22	1155,34
	R 5	131,92	94,96	957,61	703,89
hrubozrnné	I _D = 0,5	62,46	16,06	268,11	174,89
	I _D = 0,7	91,22	48,44	490,34	445,42
	I _D = 0,9	154,03	115,88	1596,70	1399,88
jemnozrnné	I _C = 0,5	46,39	20,81	197,74	150,22
	I _C = 0,75	71,85	64,70	592,97	617,24
	I _C ≥ 1,0	97,31	108,59	987,60	1084,26

Jako vážený průměr velikostí q_{si} stanovíme průměrnou velikost plášťového tření podél dřívku piloty q_s				
$q_s = (\sum d_i * h_i * q_{si}) / (\sum d_i * h_i)$	$q_s =$	81,16	kPa	
určíme koeficient přenosu zatížení do paty piloty β podle rovnice				
$\beta = q_0 / (q_0 + 4 * q_s + L/d_0)$	$\beta =$	0,164		
a zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace plášťového tření				
$R_y = R_{su} / (1 - \beta)$	$R_y =$	3158,89	kN	

Obr. č. 40 – Zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace plášťového tření – 2.typ

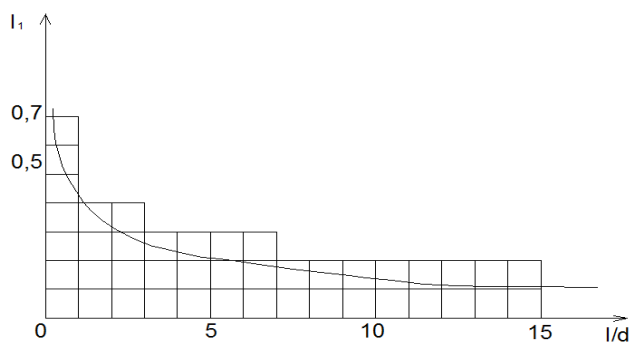
Odpovídající velikost sednutí je dána rovnicí:

$s_y = I * R_y / (d * E_s)$	$s_y =$	0,0089	m	8,9	mm
I - příčinkový koeficient sedání piloty					
E_s - průměrná velikost sečnového modulu deformace zemin podél dřívku piloty					
Příčinkový koeficient					
$I = I_1 * R_k$	$I =$	0,125			
I_1 - základní příčinkový koeficient					
R_k - korekční součinitel, vyjadřující vliv tuhosti pilot K a štíhlostní poměr L/d					
K - tuhost piloty poměrem: $K = E_b / E_s$					
				$L/d =$	14,22
				$I_1 =$	0,11
				$R_k =$	1,17
				$K =$	692
				$E_s =$	43323,86 Kpa

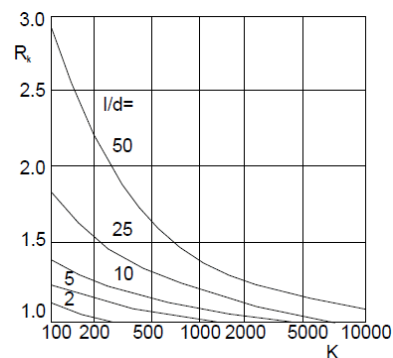
Obr. č. 41 – Výpočet velikosti sedání – 2.typ

Průměrný sečnový modul deformace se vypočítá jako vážený průměr							
$E_s = (\sum E_s * h_i) / (\sum h_i)$	$E_s =$	43,32	Mpa		E_s	h_i	$E_s * h_i$
				1	22,37	9,55	213,6335
				2	83,75	4,95	414,5625

Obr. č. 42 – Výpočet průměrného sečnového modulu deformace



Obr. č. 43 – Příčinkový koeficient I_1 [7]

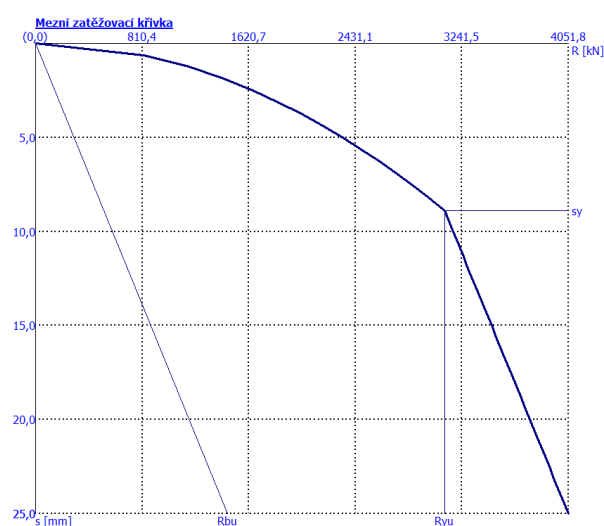


Obr. č. 44 – Korekční součinitel R_k [7]

Výpočet únosnosti odpovídající sednutí 25,00 mm

Souřadnicemi (s_y ; R_k) je jednoznačně určena první větev mezní zatěžovací křivky tvaru paraboly 2° o rovnici:							
$s = s_y * (R/R_y)^2$							
pro obor zatížení $0 \leq R \leq R_y$.							
Druhá větev mezní zatěžovací křivky je dána úsečkou o souřadnicích koncového bodu ($s_{25} = 25$ mm; R_{bu}), přičemž							
$R_{bu,k} = R_{su} + R_{pu}$		Rc	$R_{bu,k} =$	4089,88	kN		
$R_{pu,k} = \beta * R_y * s_{25}/s_y$		Rbu	$R_{pu,k} =$	1450,07	kN		

Obr. č. 45 – Výpočet hodnot mezní zatěžovací křivky



Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace pláště, tření $R_{yu} = 3108,96$ kN
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 8,9$ mm

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :

Únosnost paty $R_{bu} = 1461,95$ kN
Celková únosnost $R_c = 4051,85$ kN

Pro zatížení $Q = 3844,00$ kN je sednutí piloty 21,4 mm

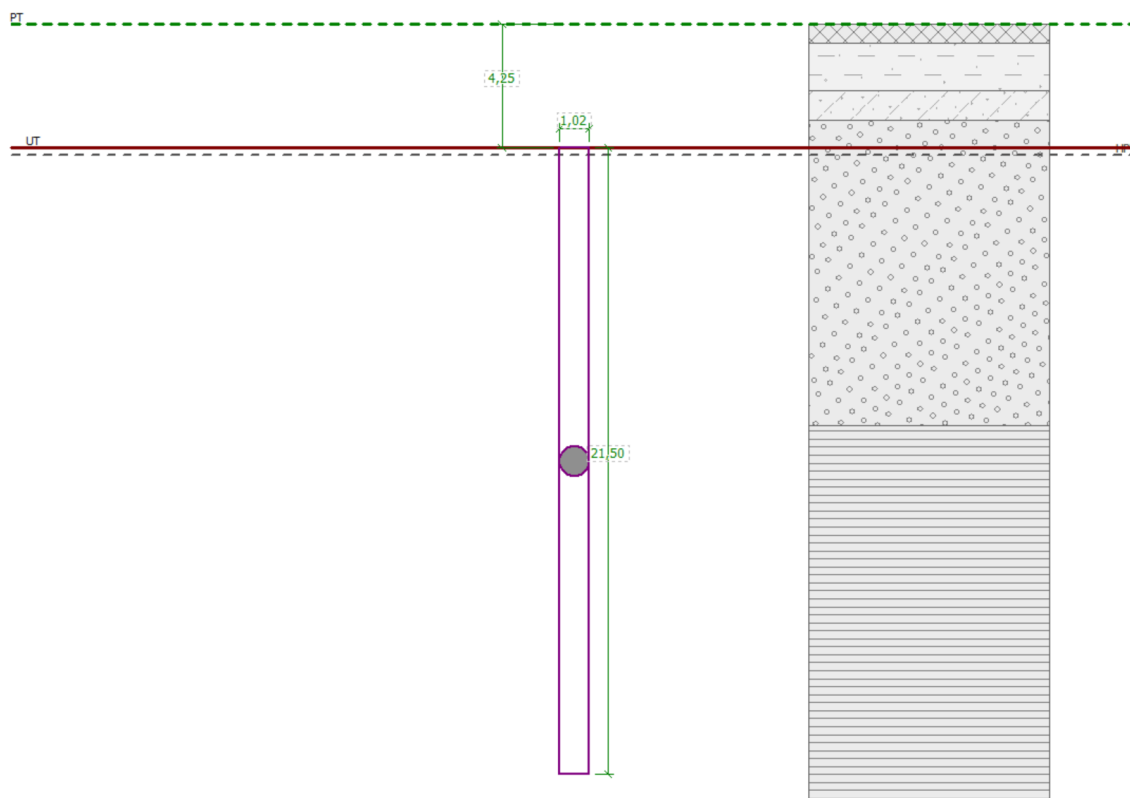
Obr. č. 46 – Posouzení sedání v programu GEO5

5.5 Piloty 3. typ

Jedná se o nejvíce zatíženou skupinu pilot. Návrhové svislé zatížení pro 1. MS je v rozmezí 5870–6316 KN, charakteristické pro 2. MS je rozmezí 4799–5329 KN. V zatížení piloty označeny červeně. Vzorový výpočet je proveden na nejvíce zatížené pilotě **PA30**. V dalších podkapitolách uvádím srovnání výpočtu v programu Excel a GEO5.

5.5.1 Geometrie

Profil piloty je kruhový. Průměr $d = 1,02$ m, délka $L = 21,50$ m.



Obr. č. 47 – Geometrie uspořádání pilot 3. typu

5.5.2 Vstupní parametry

Z výpočtu a vstupních hodnot jsem vyloučil zeminy, které budou odtěženy, a tedy nemají vliv na výpočet. Hladina podzemní vody je v hloubce 4,50 m od původního terénu.

V tab. č. 24 jsou výchozí parametry pro výpočet v Excelu, v tab. č. 25 jsou vstupní parametry pro GEO5.

Tab. č. 24 – Vstupní parametry pro výpočet Excel – 3. typ

č. vrstvy	popis	od [m]	do [m]	γ, γ' [KNm ⁻³]	φ_{ef}	c_{ef} [KPa]	q_s [MPa]
1	ŠP terasa	0	0,25	20	32	0	20
2	ŠP terasa	0,25	9,55	10	32	0	20
3	R5	9,55	21,50	14	30	6	50
	L=	21,5	m		$\acute{L}$ =	19,72	m
	d=	1,02	m		γ_1 =	12,34	KN/m ³
	c_d =	6			γ_2 =	14	KN/m ³
	γ_1 =	12,34	KN/m ³		φ_d =	30	°
	γ_2 =	14	KN/m ³		φ_d =	0,5236	rad

Tab. č. 25 – Vstupní parametry pro výpočet GEO5 – 3. typ

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0,65	NAVÁŽKA	
2	1,65	NAVÁŽKA	
3	1,00	ALUVIÁLNÍ NÁPLAV	
4	10,50	ŠTĚRKOPÍSKOVÁ TERASA	
5	-	KŘÍDOVÉ PODLOŽÍ	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	6316,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		Zatížení č. 1 - provozní	Užitné	5329,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5.5.3 Stanovení návrhové únosnosti podle 1. MS

Návrhová únosnost paty piloty:

$U_{bd} = k_1 \cdot A_s \cdot R_d =$		5656,79	KN				
		/1,1					
k_1	1,00						
A_s	0,817	m ²					
R_d	7615,05	KPa					
A_s - plocha paty piloty							
R_d - návrhová únosnost paty piloty stanovená v zeminách podle vztahu:							
$R_d = 1,2 \cdot c_d \cdot N_c + (1 + \sin \varphi_d) \cdot \gamma_1 \cdot L \cdot N_d + 0,7 \cdot \gamma_2 \cdot d / 2 \cdot N_b$							
$N_c = 2 + \pi$		pro	$\varphi_{u,d} = 0$	$N_c =$	5,14		
$N_c = (N_d - 1) \cot \varphi_d$			$\varphi_{u,d} > 0$	$N_c =$	30,14		
$N_d = \exp(\pi \cdot \tan \varphi_d) \cdot \tan^2(45 + \varphi_d/2)$							
$N_b = 1,5 \cdot (N_d - 1) \cdot \tan \varphi_d$				$d =$	1,02	m	
				$\gamma_1 =$	12,34	KN/m ³	
N_c	30,14			$\gamma_2 =$	14	KN/m ³	
N_d	18,40			$\varphi_d =$	30	°	
N_b	15,07			$\varphi_d =$	0,5236	rad	
k_1 - součinitel, vyjadřující zvětšení únosnosti vlivem délky piloty L:							
$L \leq 2,0m$		$k_1 =$	1,0				
$2,0m \leq L \leq 4,0m$		$k_1 =$	1,05				
$4,0m \leq L \leq 6,0m$		$k_1 =$	1,1				
$L > 6,0m$		$k_1 =$	1,15				
k_1	1,00						

Obr. č. 48 – Posouzení únosnosti paty piloty z Excelu – 3. typ

Součinitel zvětšení únosnosti k_1 je roven 1, aby se výpočet shodoval s výpočtem v GEO5, které počítá s hodnotou 1.

Návrhová únosnost na plášti piloty je dána:

$U_{fd} = \sum \pi * d_i * h_i * f_{si}$					
			3217,66	KN	
			/1,1		
f_{si} – tření na plášti je dáno rovnicí:					
$f_{si,d} = \sigma_{xi} * tg(\varphi_d/\gamma_{r2}) + c_d/\gamma_{r2}$					
σ_{xi} – kontaktní napětí v i-té vrstvě					
$\sigma_{xi} = k_2 * \sigma_{ori}$					
σ_{ori} – je geostatické napětí v hloubce z_i ,					
k_2 – je součinitel bočního zemního tlaku na plášť piloty:					
$z \leq 10,0m$			$k_2 = 1,0$		
$z > 10,0m$			$k_2 = 1,2$		
Součinitel podmínek působení základové půdy γ_{r2} se dosazuje následovně:					
$z \leq 1,0m$			$\gamma_{r2} = 1,3$		
$1,0m \leq z \leq 2,0m$			$\gamma_{r2} = 1,2$		
$2,0m \leq z \leq 3,0m$			$\gamma_{r2} = 1,1$		
$z > 3,0m$			$\gamma_{r2} = 1,0$		
č. vrstvy	k_2	γ_{r2}	σ_{oi}	σ_{xi}	f_s
1	1	1	2,50	2,50	1,26
2	1	1	51,50	51,50	25,86
3	1	1	169,21	169,21	84,90

Obr. č. 49 – Posouzení únosnosti na plášti piloty – 3. typ

Při výpočtu únosnosti na plášti piloty je nutno počítat s účinnou délkou.

l_p – účinná délka piloty pro výpočet únosnosti na plášti je zmenšena o úsek:					
$l_p = \frac{d * N_d^{2/3}}{4}$					
			$l_p =$	1,78	m
$\acute{L}$ – účinná délka piloty					
			$\acute{L} =$	19,72	m

Obr. č. 50 – Výpočet účinné délky piloty – 3. typ

Návrhová únosnost piloty:

		$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} =$	8874,46	KN		
			U_{vd} - je svislá návrhová únosnost piloty,			
			U_{bd} - návrhová únosnost paty piloty,			
			U_{fd} - návrhová únosnost na plášti piloty.			

Obr. č. 51 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – EXCEL – 3. typ

Návrhová únosnost piloty GE05:

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Součinitel únosnosti	$N_c =$	30,14
Součinitel únosnosti	$N_d =$	18,40
Součinitel únosnosti	$N_b =$	15,07
Součinitel únosnosti	$K_1 =$	1,00
Výpočtová únosnost na patě piloty	$R_{bd} =$	7615,05 kPa
Plocha příčného řezu piloty	$A_p =$	8,17E-01 m ²

Únosnost na plášti piloty:

Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 1,78$ m

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γR_2 [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
0,25	0,25	32,00	0,00	20,00	1,00	1,26	0,91
9,55	9,30	32,00	0,00	10,00	1,00	25,86	700,71
19,72	10,17	30,00	6,00	14,00	1,00	84,90	2516,03

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Posouzení tlačené piloty:

Únosnost piloty na plášti $R_s = 3217,66$ kN
Únosnost piloty v patě $R_b = 5656,79$ kN

Únosnost piloty $R_c = 8874,46$ kN
Extrémní svislá síla $V_d = 6316,00$ kN

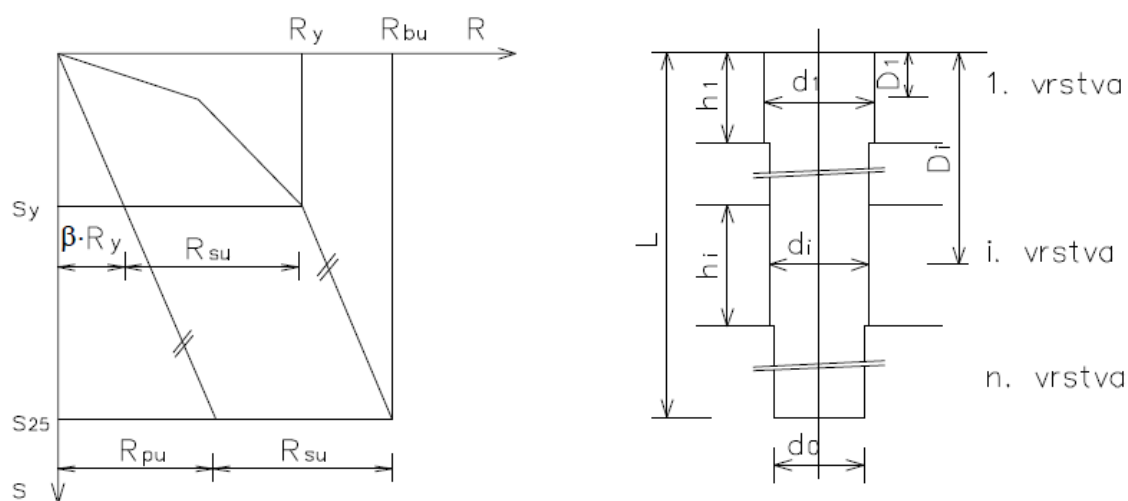
$R_c = 8874,46$ kN > $6316,00$ kN = V_d

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Obr. č. 52 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – GE05 – 3. typ

5.5.4 Posouzení sedání piloty podle 2. MS

Při posouzení výpočtové únosnosti vrtaných pilot se vychází z předpokladu, že pilota je zahloubena do stlačitelného podloží. Dřík piloty prochází ve vrstevnaté zemině. Pro stanovení únosnosti je třeba řešit tvar mezní zatěžovací křivky podle obr. č. 53.



Obr. č. 53 – Mezní zatěžovací křivka piloty a schéma uložení ve vrstevnaté zemině [7]

Mezní únosnost na plášti piloty:

$R_{su} = 0,7m * \pi * \sum d_i * h_i * q_{si}$		$R_{su} =$	4633,39 kN
		$m =$	1
h_i - mocnost příslušné vrstvy zeminy			
M - dílčí koeficient vyjadřující vliv povrchu dříku piloty			
pro betonáž do suchého vrtu a pod vodu $m = 1,0$			
pro betonáž pod pažicí suspenzi $m = 0,9$			
pro ochranu dříku pomocí fólie PVC, PE, tloušťky přes 0,7 mm, $m = 0,7$			
pro ochranu dříku pomocí fólie a pletiva B-systému $m = 0,5$			
pro ochranu ponechanou ocelovou pažnicí $m = 0,15$			
q_{si} - je mezní plášťové tření v i-té vrstvě piloty			

Obr. č. 54 – Posouzení mezní únosnosti na plášti – 3. typ

Velikost mezního pláštového tření je dána vztahem:					
$q_{si} = a - b/(D_i/d_i)$					
a, b - jsou regresní koeficienty [KPa]					
D_i - je vzdálenost od hlavy piloty do poloviny i -té vrstvy					
d_i - průměr piloty v této vrstvě					

Obr. č. 55 – Výpočet mezního pláštového tření – 3. typ

Tab. č. 26 – Hodnoty regresních koeficientů a mezního pláštového tření

	a	b	q_{si}	D_i	d_i	h_i	$d_i \cdot h_i \cdot q_{si}$	$d_i \cdot h_i$
1	62,46	16,06	59,03	4,775	1,02	9,55	575,01	9,74
2	131,92	94,96	125,68	15,525	1,02	11,95	1531,93	12,19
Σ						21,50	2106,93	21,93

Velikost napětí q_0 na patě piloty při deformaci odpovídající plné mobilizaci pláštového tření je:					
$q_0 = e - f/(L/d_o)$					
$q_0 = 923,60$ kPa					
e, f - jsou regresní koeficienty [KPa]					
L - je délka piloty					
d_o - průměr piloty v patě					
$e = 957$ kPa					
$f = 704$ kPa					

Obr. č. 56 – Velikost napětí q_0 při mobilizaci pláštového tření – 3. typ

Tab. č. 27 – Tabulka regresních koeficientů pro jednotlivé typy zemin a hornin [7]

Zemina Hornina		Regresní koeficienty [KPa]			
		a	b	e	f
poloskalní	R 3	246,02	225,95	2841,31	1298,96
	R 4	169,98	139,45	1616,22	1155,34
	R 5	131,92	94,96	957,61	703,89
hrubozrnné	$I_D = 0,5$	62,46	16,06	268,11	174,89
	$I_D = 0,7$	91,22	48,44	490,34	445,42
	$I_D = 0,9$	154,03	115,88	1596,70	1399,88
jemnozrnné	$I_C = 0,5$	46,39	20,81	197,74	150,22
	$I_C = 0,75$	71,85	64,70	592,97	617,24
	$I_C \geq 1,0$	97,31	108,59	987,60	1084,26

Jako vážený průměr velikostí q_{si} stanovíme průměrnou velikost plášťového tření podél dřívku piloty q_s					
$q_s = (\sum d_i * h_i * q_{si}) / (\sum d_i * h_i)$		$q_s =$	96,08	kPa	
určíme koeficient přenosu zatížení do paty piloty β podle rovnice					
$\beta = q_0 / (q_0 + 4 * q_s + L / d_0)$		$\beta =$	0,102		
a zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace plášťového tření					
$R_y = R_{su} / (1 - \beta)$		$R_y =$	5161,68	kN	

Obr. č. 57 – Zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace plášťového tření – 3.typ

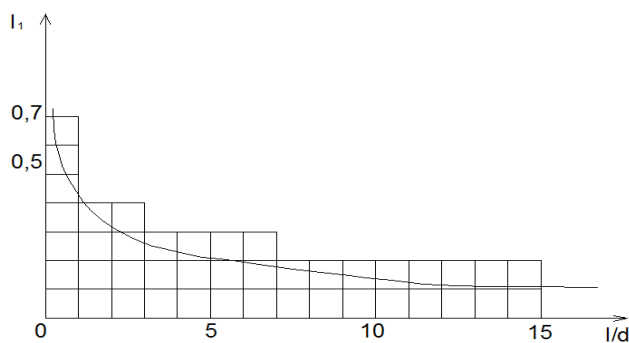
Odpovídající velikost sednutí je dána rovnicí:

$s_y = I * R_y / (d * E_s)$		sy=	0,0095	m	9,5	mm
<i>I - příčinkový koeficient sedání piloty</i>						
<i>E_s - průměrná velikost sečnového modulu deformace zemin podél dřívku piloty</i>						
Příčinkový koeficient						
$I = I_1 * R_k$		I=	0,106			
<i>I₁ - základní příčinkový koeficient</i>						
<i>R_k - korekční součinitel, vyjadřující vliv tuhosti pilot K a štíhlostní poměr L/d</i>						
<i>K - tuhost piloty poměrem:</i>			$K = E_b / E_s$	L/d =	21,08	
					I ₁ =	0,08
					R _k =	1,33
					K=	531
					E _s =	56485,86 Kpa

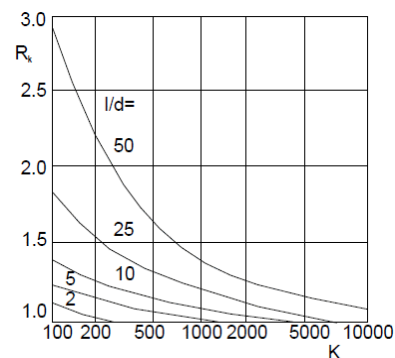
Obr. č. 58 – Výpočet velikosti sedání – 3.typ

Průměrný sečnový modul deformace se vypočítá jako vážený průměr					
$E_s = (\sum E_{si} * h_i) / (\sum h_i)$		$E_s =$	30,46	Mpa	
					E_s h_i $E_s * h_i$
				1	22,37 9,55 213,6335
				2	83,75 1,45 121,4375

Obr. č. 59 – Výpočet průměrného sečnového modulu deformace – 3.typ



Obr. č. 60 – Příčinkový koeficient I_1 [7]

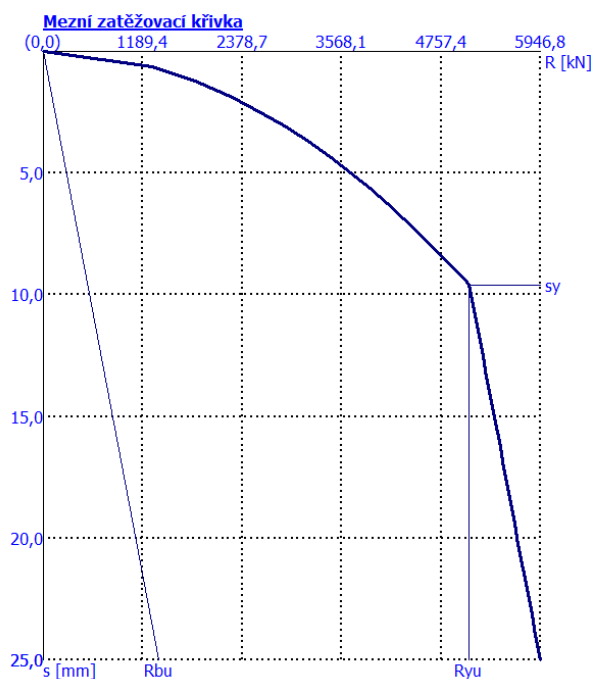


Obr. č. 61 – Korekční součinitel R_k [7]

Výpočet únosnosti odpovídající sednutí 25,00 mm

Souřadnicemi (s_y ; R_k) je jednoznačně určena první větev mezní zatěžovací křivky tvaru paraboly 2° o rovnici:					
$s = s_y * (R/R_y)^2$					
pro obor zatížení $0 \leq R \leq R_y$.					
Druhá větev mezní zatěžovací křivky je dána úsečkou o souřadnicích koncového bodu ($s_{25} = 25$ mm; R_{bu}), přičemž					
$R_{bu,k} = R_{su} + R_{pu}$		Rc	$R_{bu,k} =$	6018,93 kN	
$R_{pu,k} = \beta * R_y * s_{25}/s_y$		Rbu	$R_{pu,k} =$	1385,54 kN	

Obr. č. 62 – Výpočet hodnot mezní zatěžovací křivky



Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace pláště, tření $R_{yu} = 5098,09$ kN
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 9,6$ mm

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :

Únosnost paty $R_{bu} = 1376,99$ kN

Celková únosnost $R_c = 5946,80$ kN

Pro zatížení $Q = 5329,00$ kN je sednutí piloty 13,8 mm

Obr. č. 63 – Posouzení sedání v programu GEO5

5.6 Souhrnná tabulka

V níže uvedených tabulkách je přehled mezikroků jednotlivých návrhů dle 1. a 2. MS. U 2. MS došlo k mírným odchylkám, jelikož v GEO5 byly použity zaokrouhlené hodnoty regresních koeficientů, naopak v Excelu je počítáno s přesnými hodnotami.

Tab. č. 28 – Přehled výsledků pro 1.MS

1.TYP	U _{bd} [KN]		U _{fd} [KN]		U _{vd} [KN]	
	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5
PD25	2642,74	2642,74	655,48	655,48	3298,22	3298,22

2.TYP	U _{bd} [KN]		U _{fd} [KN]		U _{vd} [KN]	
	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5
PB67	3647,43	3647,43	1275,15	1275,15	4922,58	4922,58

3.TYP	U _{bd} [KN]		U _{fd} [KN]		U _{vd} [KN]	
	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5
PA30	5656,79	5656,79	3217,66	3217,66	8874,46	8874,46

Tab. č. 29 – Přehled výsledků pro 2.MS

1. TYP	R _{yu} [KN]		R _c [KN]		R _{bu} [KN]		s [mm]	
	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5
PD25	2160,70	2129,67	2886,23	2858,86	1235,58	1239,24	10,30	10,30

2.TYP	R _{yu} [KN]		R _c [KN]		R _{bu} [KN]		s [mm]	
	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5
PB67	3158,89	3108,96	4089,88	4051,85	1450,07	1461,95	8,90	8,90

3.TYP	R _{yu} [KN]		R _c [KN]		R _{bu} [KN]		s [mm]	
	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5	EXCEL	GEO5
PA30	5161,68	5098,09	6018,93	5946,80	1385,54	1376,99	9,50	9,60

Podrobná tabulka s jednotlivými navrhnutými základy je uvedena v příloze č.

2.Příloha č. 2

6. VELKOPRŮMĚROVÉ PILOTY ROTAČNĚ NÁBĚROVĚ VRTANÉ

6.1 Technologie

Výkonnou vrtnou soupravou se otvor pro piloty hloubí rotací vrtného nástroje, který se po každém návrtu s celým soutyčím vytáhne. V soudržných materiálech se vrtá spirálovým vrtákem, v málo soudržných vrtným hrncem – šapou, v tvrdých skalních horninách pak speciálním skalním vrtákem nebo vrtnou korunkou. Stejnými strojními soupravami jako pro vrtané piloty se hloubí např. i vrty pro zápory.

V nepříznivých geologických poměrech, v sypkých zeminách nebo pod hladinou podzemní vody je nutno během hloubení vrt pažit ocelovou výpažnicí resp. kolonou. Po dosažení projektované délky vrtu se jeho počva vyčistí od napadávky. Do vrtu se osadí předem připravený a kompletní armokoš a vrt se zaplní betonovou směsí se shora usměrňující násypkou nebo ode dna vrtu pomocí betonářské kolony (svislé potrubí), pokud je vrt zaplněn vodou. Při betonování pažené piloty se kolona výpažnic pak postupně vytahuje. [12]



Obr. č. 64 – Vrtná souprava pro zhotovení velkoprůměrových pilot [12]



Obr. č. 65 –Vrtná souprava pro zhotovení velkopřůměrových pilot [10]

6.2 Zásady návrhu

Provádění, monitoring, dohled nad prováděním a kontrola provádění vrtaných pilot se řídí evropskou normou ČSN EN 1536: Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty (2009). Podrobně o návrhu pilot a o zkušenostech s jejich realizací zvláště v České republice pojednává ve své monografii Masopust. Za vrtané piloty se považují prvky, jež jsou v zeminách prováděny vrtáním a těžením a jež mají nosný dřík, který přenáší zatížení anebo omezuje deformace. Vrtané piloty mohou mít kruhový průřez, nebo mohou být tvořeny lamelami podzemních stěn za předpokladu, že je celý jejich průřez betonován najednou a jeho plocha nepřekročí 15,0 m². Po délce mohou mít vrtané piloty průřez konstantní, nebo teleskopický, nebo mohou mít rozšířenou patu či dřík.

Technologie provádění těchto pilot zahrnuje: vrtání, přípravné práce před betonáží, betonáž a práce dokončovací.

Vrty pro piloty a vrtné nástroje

Vrty se provádějí technologií rotačně náběrového vrtání, popřípadě drapákového hloubení, jež je sice pomalejší, v balvanitých zeminách však bývá nezbytná. Obvyklými vrtnými nástroji jsou: vrtný hrnec (šapa), vhodný pro písčité a štěrkovité suché i zvodnělé zeminy a pro polo skalní horniny, vrtný šnek (spirál), který je vhodný pro soudržné zeminy, vrtací korunka pro provrtávání vložek skalních hornin. Jednolanový drapák se používá pro těžení balvanů, pro rozbíjení vrtných překážek je vhodné dláto. Vrtné nástroje mají normalizované řezné průměry a bývají opatřeny výměnnými břity. Na výběru vhodného nástroje a jeho kvalitě závisí do značné míry rychlost a úspěšnost vrtání. Pro dosažení požadovaného vrtného postupu může dojít v průběhu vrtání k výměně nástroje, nebo ke změně technologie vrtání. Vytěžená zemina z vrtů se sype přímo na nákladní auta, nebo na terén v okolí vrtu, z něhož se později nakládá a odváží na příslušnou skládku. Vrty pro piloty se provádějí jako nepažené, pažené pomocí ocelových pažnic a pažené pomocí pažící suspenze, většinou jílové. Pokud je jisté, že v celém procesu instalace vrtané piloty

zůstanou stěny i dno vrtu stabilní, smějí se provádět vrty nepažené. V průběhu vrtání je však třeba neustále kontrolovat, nevniká-li do vrtu voda a neopadávají-li stěny vrtu.

Pokud ano, je třeba vrt ihned zapažit. Vrty s $d > 1,0$ m by měly být paženy vždy tzv. úvodní pažnicí délky 1,5–2,5 m, přesahující pracovní plošinu asi o 0,2–0,3 m. Nesoudržné zeminy s $ID < 0,5$, dále soudržné zeminy s $IC < 0,5$, vrstvy navážek a nedokonale hutněných násypů by měly být paženy vždy.

Pažení ocelovými pažnicemi je základní a nejvíce používanou metodou zajištění stability vrtů s $d \leq 1,50$ m. Používá se jednak tzv. černých (varných) ocelových rour s tloušťkou stěny 8–12 mm, jednak speciálních spojovatelných ocelových pažnic, vesměs dvouplášťových s tloušťkou stěny 40 mm. Pažnice se instalují zavrtáváním rotačním způsobem za pomoci vrtné soupravy, vibrováním, popřípadě beraněním a pomocí oscilačních tzv. dopažovacích zařízení. Za pažení vrtu se považuje takový postup, při němž pažnice postupuje spolu s hloubením vrtu, nebo toto hloubení předchází.

Nevystačíme-li s ocelovými pažnicemi, používá se výjimečně jílová pažicí suspenze, jež zajišťuje stabilitu stěn i dna vrtu kombinovaným účinkem hydrostatického tlaku a elektrochemických jevů, v jejichž důsledku se na stěně vrtu vytvoří ochranný jílový filtrační koláč, jehož tloušťka závisí na kvalitě této suspenze a na mnoha dalších okolnostech. Je-li jílová suspenze v klidu, přejde z tekutého stavu na gel (geluje) a její pevnost ve střihu se výrazně zvětší. Mícháním přejde gel na tekutinu (sol), přičemž tyto stavy lze neustále opakovat. Tato vlastnost opakovatelných změn stavu suspenze se nazývá tixotropie. Jílová suspenze se vyrábí z jílu, vody a případně z dalších přísad v rozplavovači o obsahu 4–7 m³. S postupujícím tlakem na ochranu životního prostředí je pažení pilot jílovou suspenzí stále na ústupu, pro pažení lamel podzemních stěn je však jedinou metodou.

Přípravné práce před betonáží

Tyto práce sestávají zčištění vrtu, kontroly jeho délky, popřípadě z čerpání podzemní vody – jen je-li to účelné a neohrozí-li se tím stabilita vrtu, dále z armování železobetonové piloty. Dno vrtu se čistí tzv. čisticí šapou s rovným dnem, uzavíratelnou, nebo s klapkami bez centrátoru, a to zejména tehdy, je-li vrtáno spirálem. Snahou musí být, aby přestávka mezi dovrtním a zahájením betonáže byla co nejkratší. Pokud se vrty provádějí v zeminách, jejichž vlastnosti se mohou s časem zhoršovat (bobtnání, rozbídní apod.) a nelze je v jedné směně zabetonovat, musí se čistit těsně před betonáží, a to prohloubením piloty o 1,5 m nebo o dva průměry. Vrtané, na místě betonované piloty se provádějí jako nevyztužené (z prostého betonu), železobetonové (vyztužené armokoši v celé své délce, nebo v části), popř. s kotevní (spojovací) výztuží. Piloty z prostého betonu se smějí navrhovat tehdy, jsou-li pouze tlačené a nenacházejí-li se v zeminách náchylných ke ztrátě stability. I ty bývají v hlavách opatřeny kotevní výztuží, jež se však obvykle osazuje až do čerstvého betonu jejich hlav. V ostatních případech se piloty provádějí jako železobetonové, kdy dřík nebo jeho podstatná část je vyztužen armokošem.

Tab. č. 30 – Minimální vyztužení železobetonových vrtaných pilot a příčná výztuž [7]

Jmenovitá průřezová plocha dříku piloty A_C	Plocha podélné výztuže A_s	Pravoúhlé a kruhové třmínky a spirála	$\geq 6 \text{ mm}$ a $\geq 1/4$ největšího průměru podélné výztuže
$A_C \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,5 \% A_C$	Výztužné sítě jako příčná výztuž	$\geq 5 \text{ mm}$
$0,5 \text{ m}^2 < A_C \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,0025 \text{ m}^2$		
$A_C > 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,25 \% A_C$		

Minimální krytí výztuže u pilot s profilem $d \leq 0,6 \text{ m}$ je 50 mm, u pilot s $d > 0,6 \text{ m}$ pak 60 mm. U pilot pažených spojovatelnými pažnicemi se krytí výztuže zvětšuje, a to obvykle o tloušťku stěny této pažnice, jež bývá 40 mm. Výztuž vrtaných pilot se

vyrabí ve formě armokoše, který musí být dostatečně tuhý. Pokud to je proveditelné, zapouštějí se armokoše do vrtů vcelku, bez spojů.

Betonáž vrtaných pilot

Beton pro betonáž vrtaných pilot musí mít vysokou odolnost proti rozměšování, vysokou plasticitu a správné složení a konzistenci, schopnost samozhutnění a především správnou zpracovatelnost pro jeho ukládání, jakož i pro případ vytahování pažnic z čerstvého betonu. Složení betonu by mělo v zásadě odpovídat požadavkům ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Podle této normy se stanovují zejména požadavky na třídu betonu, jež by měla být v rozmezí C16/20 až C30/37. Požadavek na vyšší třídu betonu bývá většinou nesmyslný, neboť se v pilotě vyšší pevnost betonu nevyužije, a navíc nebývá reálné vyrobit transportbeton této třídy s požadovanou zpracovatelností, která je pro betonáž vrtaných pilot zcela prioritní. Aby bylo dosaženo potřebných vlastností betonu, smějí být jako přísady do betonu použity plastifikátory, superplastifikátory a zpolomalovače tuhnutí za předpokladu, že je dodrženo správné dávkování. Pokud se betonuje za nízkých teplot (pod $+5^{\circ}\text{C}$ s klesající tendencí), smí být použito provzdušňovacích přísad. Rovněž je dovoleno používat tzv. samozhutnitelných betonů (hyperplastifikovaných), se stupněm rozlití 600–700 mm.

Tab. č. 31 – Složení čerstvého betonu [7]

Obsah cementu:	
• betonáž do sucha	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
• betonáž pod vodu nebo suspenzi	$\geq 375 \text{ kg/m}^3$
Vodní součinitel v/c	$< 0,60$
Podíl jemné frakce $d < 0,125 \text{ mm}$ (včetně cementu)	
Je-li:	
• největší zrno kameniva $d > 8 \text{ mm}$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
• největší zrno kameniva $d \leq 8 \text{ mm}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$

Vrtané piloty se betonují buď způsobem betonáže do sucha, nebo způsobem betonáže pod vodu (či pod jílovou pažicí suspenzí). První metoda smí být použita pouze tehdy, je-li vrt před betonáží zcela suchý. Betonáž se provádí pomocí betonážní roury (usměrňovací) s násypkou umístěné svisle ve středu vrtu tak, aby proud betonu nenarážel ani na výztuž piloty, ani na stěny vrtu. Vnitřní průměr této roury bývá min. 200 mm, musí však být větší než je osmi násobek největší použité frakce kameniva v betonu.

Tab. č. 32 – Požadavky na zpracovatelnost čerstvého betonu při různých podmínkách betonáže [7]

Stupeň rozlití Ø [mm]	Stupeň sednutí kužele (podle Abramse) [mm]	Typické podmínky použití (příklady)
Ø = 500 ± 30	H= 150 ± 30	betonáž do sucha
Ø= 560 ± 30	H= 180 ± 30	betonáž bet. čerpadlem nebo sypákovými rourami pod vodu
Ø= 600 ± 30	H= 200 ± 30	betonáž sypákovými rourami pod pažicí suspenzí
Změřený stupeň rozlití (Ø) nebo sednutí kužele (H) se zaokrouhlí na 10 mm		

V případě betonáže pod vodu nebo pod pažicí suspenzí se používá metoda Contractor, při níž se dobře zpracovatelný beton ukládá pomocí sypákové roury, jež slouží k zabránění rozměšování a znečištění betonu kapalinou v pilotě. Sypáková roura je na horním konci opatřena násypkou trychtýřovitého tvaru, jež je schopna pojmout dostatečnou zásobu betonu, aby betonáž probíhala plynule. Sypáková roura má zcela hladkou vnitřní stěnu a její světlost je nejméně 150 mm, resp. nejméně šesti násobek největší frakce kameniva v betonu. Je opatřena vodotěsnými spoji, snadno rozpojitelnými po cca 1,5 až 2,0 m. Aby se sypáková roura mohla v průběhu betonáže volně pohybovat, nesmí její největší příčný rozměr (vč. spojů) přesáhnout 35 % průměru vrtu, resp. 60 % vnitřního průměru armokoše (v případě

vrtaných pilot) a 80 % vnitřní světlé šířky armokoše (v případě lamel podzemních stěn). Před zahájením betonáže se sypáková roura spustí až na dno vrtu a opatří se vhodnou zátkou, jež zamezí promíchání betonu s kapalinou ve vrtu. Naplní se zcela betonem a povytáhne se o výšku rovnající se asi průměru roury. V dalším průběhu betonáže se sypáková roura pozvolna povytahuje, ovšem tak, aby (kromě zahájení betonáže) byla v betonu ponořena vždy nejméně 1,5 m v případě pilot s $d < 1,2$ m, resp. 2,5 m v případě pilot s $d \geq 1,2$ m a nejméně 3,0 m v případě lamel podzemních stěn, zvláště tehdy, betonují-li se více sypákovými rourami najednou. Sypákové roury se zásadně zkracují shora a povytahují se zvolna, aby se zabránilo případnému sacímu efektu. Hlavy pilot (lamel) se v případě betonáže pod vodu (suspenzi) vždy přebetonují na potřebnou výšku, jež je dána podmínkou, aby v úrovni navrhované hlavy piloty byl kvalitní, neznečištěný beton. V průběhu betonáže se voda, popř. pažicí suspenze z vrtu odčerpává.

Součástí betonáže pilot zapažených ocelovými pažnicí je vytahování těchto pažnic, které musí proběhnout bezprostředně po betonáži, resp. musí být zahájeno v průběhu betonáže, je-li ovšem sloupec betonu nad patou pažnic dostatečný k vyvození potřebného přetlaku, aby se zabránilo vniknutí vody nebo zeminy do vrtu nad patou pažnic a aby nedošlo k povytažení armokoše. Pažnice je třeba vytahovat zvolna a neustále sledovat hladinu betonu, jež klesá v souvislosti splněním mezikruží betonem a může klesnout náhle v souvislosti se zaplněním zápažnicových kaveren. Hlavu piloty je třeba vždy dostatečně přebetonovat, aby z výše uvedených důvodů hladina betonu neklesla po odpažení pod navrhovanou úroveň.

Práce dokončovací

Po betonáži piloty a vytažení pažnic obvykle následuje prodleva, během níž se realizují ostatní piloty na staveništi. Mezi práce dokončovací náleží úprava hlavy piloty, úprava její výztuže a případné zřízení nadpilotové konstrukce, které je součástí piloty. Hlavy přebetonovaných pilot se upravují odbouráním, které musí probíhat ohleduplně, aby se zabránilo poškození zbylé části piloty. Zvláštní

pozornost musí být věnována kvalitě betonu v hlavě piloty. Poškozený beton musí být odstraněn až na úroveň betonu zcela zdravého a nahrazen čerstvým betonem, který se dokonale spojí s betonem stávajícím. Na dostatečnou výšku musí být odbourán zejména beton pilot prováděných pod jílovou pažicí suspenzi. Pokud je armokoš nad hlavou piloty zohýbán při odbourávání její znečištěné hlavy, smí být narovnáán a upraven ve smyslu platných zásad nakládání s betonářskou výztuží. Je třeba zabránit zejména ohýbání výztuže za tepla a ostrým ohybům. Pokud by došlo k nepřípustnému ohybu výztuže, nebo k jejímu zeslabení, je vhodnější příslušný prut vyříznout a nahradit přivařeným prutem novým.

V této pracovní fázi se opatřují hlavy pilot prováděných z prostého betonu tzv. spojovací výztuží, tvořenou určitým počtem svislých prutů, jež se do upravené hlavy zapíchají do čerstvého betonu. [7]

7. ZÁVĚR

Úkolem práce bylo navrhnout a posoudit založení objektu Aupark v Hradci Králové. Jako podklad pro návrh sloužil v místě stavby proveden geologický průzkum, hydrogeologický průzkum, výkresová dokumentace nadzemní části objektu a charakteristické i návrhové zatížení. Podklady byly poskytnuty od firmy KELLER – speciální zakládání, spol. s r.o.

Obsahem teoretické části byl popis geomorfologických a hydrogeologických poměrů v dané lokalitě a nastíněna problematika možných metod založení v dané lokalitě, se zaměřením na vrtané piloty, které byly pro návrh zvoleny. Získané znalosti byly použity pro návrh pilot a následné posouzení dle 1. a 2. mezního stavu. Pro výpočet byl naprogramován postup do tabulkového procesoru Excel a tyto výsledky byly srovnány s programem GEO5. Návrh a posouzení bylo provedeno dle normy ČSN EN 1997-1 Eurokód 7, návrhový přístup 2, druhá geotechnická kategorie.

Výsledky získané z program Excel měly dobrou shodu s programem GEO5. Piloty byly navrženy jako vrtané, paženy ocelovými pažnicemi, jelikož se pod celým objektem nacházejí nesoudržné zeminy pod hladinou podzemní vody. Nejkratší délka pilot byla zvolena 11 m, aby došlo min. 1,5 m k zahloubení do křídového podloží, které probíhá v celé ploše pod štěrkopískovými terasami. Naopak nejdelší, 21,5 m dlouhá, byla prodloužena, aby došlo ke zmenšení hodnoty sedání. Vzhledem k rozdílnému zatížení byly zvoleny tři typy pilot různých délek. Dřík piloty je zvolen jako konstantní s průměrem 1020 mm. Piloty budou vyztuženy výztuží. Na základě výpočtu bylo zpracováno schéma rozmístění pilot.

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MAPY, *Inc. Hradec Králové* [online]. 2017, [cit. 2017-10-01]. Dostupné z: <<http://mapy.cz>>.
- [2] HKCITY [online]. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://www.hkcity.cz/wp-content/uploads/aupark_hradec_kralove_ext.jpg>.
- [3] HKCITY [online]. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://www.hkcity.cz/wp-content/uploads/aupark_hradec_kralove_ext1.jpg>.
- [4] GEOLOGY, *Inc. Hradec Králové* [online]. 2017, [cit. 2017-10-01]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=642477&x=1041876&s=1>.
- [5] SGGeoprojekt: *AVION Shopping park Bratislava, zajištění jam pro základové patky* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <<http://www.geoprojekt.cz/?p=refe&vse=1&idr=52#>>
- [6] Bc. FEJFAR, Vítězslav. Administrativní budova Crystal – klenot pražských Vinohrad. *KONSTRUKCE* [online]. 2015, 8.7.2015 [cit. 2018-01-01]. ISSN ISSN 1803-8433. Dostupné z: <<http://www.konstrukce.cz/clanek/administrativni-budova-crystal-klenot-prazskych-vinohrad/>>
- [7] MASOPUST, Jan. *Navrhování základových a pažicích konstrukcí: příručka k ČSN EN 1997*. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2012, 208 s. ISBN 978-80-87438-31-2.
- [8] WEIGLOVÁ, K. *Mechanika zemin*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 186 s. ISBN 978-80-7204-507-5.

- [9] ING. NĚMEC, Ivan a Robert ING. BERGMANN. Stavebně konstrukční část administrativního objektu Florentinum. KONSTRUKCE [online]. 2014, 24.2.2014 [cit. 2018-01-01]. ISSN ISSN 1803-8433. Dostupné z: <<http://www.konstrukce.cz/clanek/stavebne-konstrukcni-cast-administrativniho-objektu-florentinum/>>
- [10] KELLER: *Velkopřůměrové piloty* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <<https://www.kellergrundbau.cz/technologicka-rodina/velkopruumerove-piloty/>>
- [11] ZAKLÁDÁNÍ STAVEB: *Piloty* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <<http://www.zakladani.cz/cz/piloty>>
- [12] KELLER: *Velkopřůměrové piloty rotačně-náběrově vrtané* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <<https://www.kellergrundbau.cz/technologie/velkopruumerove-piloty-rotacne-naberove-vrtane/>>
- [13] MASOPUST, Jan. *Rizika prací speciálního zakládání staveb*. 1. vyd. Praha: Pro Asociaci dodavatelů speciálního zakládání staveb a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2011, 116 s. Technická knihnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-10-7.
- [14] ČSN EN 1997-1. ČSN: Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla. 2006. Praha: ČNÍ
- [15] ČSN 73 6133. Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Praha: ČNI, 2010
- [16] MASOPUST, Jan a Pavel MÜHL. *Velkopřůměrové vrtané piloty*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990, 316 s. Knihnice technických aktualit. ISBN 80-030-0241-9.
- [17] MASOPUST, Jan. *Vrtané piloty*. 1994. Praha: Čeněk a Ježek s. r. o., 1994.

9. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HPV	[m]	hladina podzemní vody
NP2	[-]	návrhový přístup 2
GK	[-]	geotechnická kategorie
γ_G, γ_Q	[-]	dílčí součinitelé pro zatížení stálé a proměnná zatížení
$\Psi_{0,i}$	[-]	součinitelé kombinace
ξ	[-]	redukční součinitel
G_k	[kN]	charakteristická hodnota stálého zatížení
$Q_{k,1}$	[kN]	charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
γ	[kN/m ³]	objemová tíha
φ_{ef}	[°]	efektivní úhel vnitřního tření
c_{ef}	[kPa]	efektivní soudržnost
c	[kPa]	soudržnost
γ_φ	[-]	dílčí součinitel spolehlivosti pro úhel vnitř. tření zeminy
γ_c	[-]	dílčí součinitel spolehlivosti pro soudržnost zeminy
γ_b	[-]	dílčí součinitel spolehlivosti pro patu piloty
γ_s	[-]	dílčí součinitel únosnosti pro plášť piloty v tlaku
γ_t	[-]	celkový dílčí součinitel únosnosti piloty
1. MS	[-]	první mezní stav

2. MS	[-]	druhý mezní stav
ν	[-]	poissonův součinitel
E_{def}	[MPa]	modul přetvárnosti zeminy
I_c	[-]	stupeň konzistence
I_D	[-]	relativní ulehlost
A_c	[m ²]	jmenovitá průřezová plocha dřívku piloty
A_s	[m ²]	průřezová plocha podélné výztuže piloty
d	[m]	průměr dřívku piloty
L	[m]	délka piloty
$\emptyset$	[-]	průměr
F_{Ed}	[kN]	charakteristická hodnota působícího zatížení
s_{ed}	[mm]	sednutí od charakteristické hodnoty působícího zatížení
ρ_{min}	[-]	minimální stupeň vyztužení
ρ_{max}	[-]	maximální stupeň vyztužení
ρ	[-]	stupeň vyztužení piloty

10. SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. č. 1 – Lokalita a širší vztahy Auparku v Hradci Králové [1].....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. č. 2 – Vizualizace obchodního centra [2].....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. č. 3 – Vizualizace obchodního centra [3].....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. č. 4 – Výřez z geologické mapy ČR (výřez v měřítku 4 × 4 km) [4]</i>	<i>16</i>
<i>Obr. č. 5 – Situace sond M1:1000</i>	<i>18</i>
<i>Obr. č. 6 – Příklad použití základových patek – AVION Shopping park Bratislava [5]</i>	<i>27</i>
<i>Obr. č. 7 – Ukázka základové patky v zajištěné jámě – AVION Shopping park Bratislava[5]</i>	<i>28</i>
<i>Obr. č. 8 – Výztuž základové desky – administrativní budova Crystal [6].....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. č. 9 – Výztuž základové desky lokálně – administrativní objekt Florentinum [9]</i>	<i>29</i>
<i>Obr. č. 10 – Evropská klasifikace pilot [7]</i>	<i>30</i>
<i>Obr. č. 11 – Technologický postup provádění vrtaných pilot s ocelovou pažnicí [11]</i>	<i>31</i>
<i>Obr. č. 12 – Výpočtový geologický profil.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. č. 13 – Geometrie uspořádání pilot 1. typu</i>	<i>39</i>
<i>Obr. č. 14 – Posouzení únosnosti paty piloty z Excelu – 1. typ.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. č. 15 – Posouzení únosnosti na plášti piloty – 1. typ.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. č. 16 – Výpočet účinné délky piloty – 1. typ.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. č. 17 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – EXCEL – 1. typ</i>	<i>43</i>
<i>Obr. č. 18 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – GEO5 – 1. typ</i>	<i>43</i>

Obr. č. 19 – Mezní zatěžovací křivka piloty a schéma uložení ve vrstevnaté zemině [7]	44
Obr. č. 20 – Posouzení mezní únosnosti na plášti – 1. typ.....	44
Obr. č. 21 – Výpočet mezního plášťového tření – 1. typ	45
Obr. č. 22 – Velikost napětí q_0 při mobilizaci plášťového tření – 1. typ.....	45
Obr. č. 23 – Zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace plášťového tření – 1.typ	46
Obr. č. 24 – Výpočet velikosti sedání – 1.typ	46
Obr. č. 25 – Výpočet průměrného sečnového modulu deformace – 1.typ.....	46
Obr. č. 26 – Příčinkový koeficient I_1 [7] Obr. č. 27 – Korekční součinitel R_k [7].....	47
Obr. č. 28 – Výpočet hodnot mezní zatěžovací křivky	47
Obr. č. 29 – Posouzení sedání v programu GEO5.....	47
Obr. č. 30 – Geometrie uspořádání pilot 2. typu	48
Obr. č. 31 – Posouzení únosnosti paty piloty z Excelu – 2. typ	50
Obr. č. 32 – Posouzení únosnosti na plášti piloty – 2. typ	51
Obr. č. 33 – Výpočet účinné délky piloty – 2. typ	51
Obr. č. 34 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – EXCEL – 2. typ	52
Obr. č. 35 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – GEO5 – 2. typ.....	52
Obr. č. 36 – Mezní zatěžovací křivka piloty a schéma uložení ve vrstevnaté zemině [7]	53
Obr. č. 37 – Posouzení mezní únosnosti na plášti – 2. typ.....	53
Obr. č. 38 – Výpočet mezního plášťového tření – 2. typ	54
Obr. č. 39 – Velikost napětí q_0 při mobilizaci plášťového tření – 2. typ.....	54

<i>Obr. č. 40 – Zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace pláštěvého tření – 2.typ</i>	<i>55</i>
<i>Obr. č. 41 – Výpočet velikosti sedání – 2.typ</i>	<i>55</i>
<i>Obr. č. 42 – Výpočet průměrného sečnového modulu deformace</i>	<i>55</i>
<i>Obr. č. 43 – Příčinkový koeficient I_1 [7] Obr. č. 44 – Korekční součinitel R_k [7]</i>	<i>56</i>
<i>Obr. č. 45 – Výpočet hodnot mezní zatěžovací křivky.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. č. 46 – Posouzení sedání v programu GEO5.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. č. 47 – Geometrie uspořádání pilot 3. typu</i>	<i>57</i>
<i>Obr. č. 48 – Posouzení únosnosti paty piloty z Excelu – 3. typ.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. č. 49 – Posouzení únosnosti na plášti piloty – 3. typ.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. č. 50 – Výpočet účinné délky piloty – 3. typ.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. č. 51 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – EXCEL – 3. typ</i>	<i>61</i>
<i>Obr. č. 52 – Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS – GEO5 – 3. typ</i>	<i>61</i>
<i>Obr. č. 53 – Mezní zatěžovací křivka piloty a schéma uložení ve vrstevnaté zemině [7]</i>	<i>62</i>
<i>Obr. č. 54 – Posouzení mezní únosnosti na plášti – 3. typ.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. č. 55 – Výpočet mezního pláštěvého tření – 3. typ</i>	<i>63</i>
<i>Obr. č. 56 – Velikost napětí q_0 při mobilizaci pláštěvého tření – 3. typ</i>	<i>63</i>
<i>Obr. č. 57 – Zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace pláštěvého tření – 3.typ</i>	<i>64</i>
<i>Obr. č. 58 – Výpočet velikosti sedání – 3.typ</i>	<i>64</i>
<i>Obr. č. 59 – Výpočet průměrného sečnového modulu deformace – 3.typ</i>	<i>64</i>
<i>Obr. č. 60 – Příčinkový koeficient I_1[7] Obr. č. 61 – Korekční součinitel R_k [7].....</i>	<i>65</i>

<i>Obr. č. 62 – Výpočet hodnot mezní zatěžovací křivky</i>	65
<i>Obr. č. 63 – Posouzení sedání v programu GEO5.....</i>	65
<i>Obr. č. 64 – Vrtná souprava pro zhotovení velkopřůměrových pilot [12]</i>	67
<i>Obr. č. 65 –Vrtná souprava pro zhotovení velkopřůměrových pilot [10]</i>	68

11. SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 – Průměrné měsíční a roční intenzity srážek 1961–1990	17
Tab. č. 2 – Průměrné měsíční a roční teploty vzduchu 1961–1990	17
Tab. č. 3 – Laboratorní rozborů zemin	19
Tab. č. 4 – Laboratorní rozborů podzemní vody.....	20
Tab. č. 5 – Úrovně hladiny podzemní vody změřené ve vrtech	24
Tab. č. 6 – Základní charakteristiky kvartérní zvodně	25
Tab. č. 7 – Geomechanické parametry základových půd (Ing. Jiří Petera – JIP soudromá kancelář pro průzkum a inženýrskou činnost)	26
Tab. č. 8– Dílčí součinitele zatížení γ_F nebo účinků zatížení γ_E [7]	33
Tab. č. 9 – Dílčí součinitele parametrů základové půdy γ_M [7]	33
Tab. č. 10 – Dílčí součinitele únosnosti γ_M pro piloty vrtané (pouze NP2, tj. R2) [7].....	33
Tab. č. 11 – Geologický profil a přiřazení zemin	36
Tab. č. 12 a Tab. č. 13 – Základní parametry zemin	37
Tab. č. 14 – Hodnoty zatížení seřazeny dle návrhových parametrů.....	38
Tab. č. 15 – Hodnoty zatížení seřazeny dle charakteristických parametrů.....	38
Tab. č. 16 – Vstupní parametry pro výpočet Excel – 1. typ	40
Tab. č. 17 – Vstupní parametry pro výpočet GEO5 – 1. typ	40
Tab. č. 18 – Hodnoty regresních koeficientů a mezního plášťového tření	45
Tab. č. 19 – Tabulka regresních koeficientů pro jednotlivé typy zemin a hornin [7].....	45

<i>Tab. č. 20 – Vstupní parametry pro výpočet Excel – 2. typ.....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. č. 21 – Vstupní parametry pro výpočet GEO5 – 2. typ.....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. č. 22 – Hodnoty regresních koeficientů a mezního plášťového tření</i>	<i>54</i>
<i>Tab. č. 23 – Tabulka regresních koeficientů pro jednotlivé typy zemin a hornin [7].....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. č. 24 – Vstupní parametry pro výpočet Excel – 3. typ.....</i>	<i>58</i>
<i>Tab. č. 25 – Vstupní parametry pro výpočet GEO5 – 3. typ.....</i>	<i>58</i>
<i>Tab. č. 26 – Hodnoty regresních koeficientů a mezního plášťového tření</i>	<i>63</i>
<i>Tab. č. 27 – Tabulka regresních koeficientů pro jednotlivé typy zemin a hornin [7].....</i>	<i>63</i>
<i>Tab. č. 28 – Přehled výsledků pro 1.MS.....</i>	<i>66</i>
<i>Tab. č. 29 – Přehled výsledků pro 2.MS.....</i>	<i>66</i>
<i>Tab. č. 30 – Minimální vyztužení železobetonových vrtaných pilot a příčná výztuž.....</i>	<i>71</i>
<i>Tab. č. 31 – Složení čerstvého betonu</i>	<i>72</i>
<i>Tab. č. 32 – Požadavky na zpracovatelnost čerstvého betonu při různých podmínkách betonáže</i>	<i>73</i>

12. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – dokumentace vrtů

Příloha č. 2 – přehled navržených pilot dle zatížení

Příloha č. 3 – vodorovná únosnost

Příloha č. 4 – schéma rozmístění pilot

Příloha č. 5 – schéma výztuže pilot

Příloha č. 1 – dokumentace vrtů

Příloha č. 2 – přehled navržených pilot dle zatížení

Příloha č. 3 – vodorovná únosnost

Příloha č. 4 – schéma rozmístění pilot

Příloha č. 5 – schéma výztuže pilot