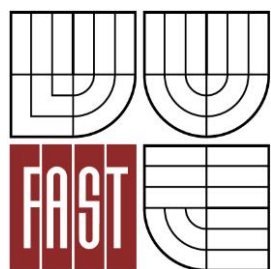




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV GEOTECHNIKY**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF GEOTECHNICS

## **NÁVRH ZALOŽENÍ OBJEKTU**

THE DESIGN OF OBJECT FOUNDATION

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**VÁCLAV ADAMÍK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. VĚRA GLISNÍKOVÁ, CSc.**

BRNO 2015



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Václav Adamík

**Název** Návrh založení objektu

**Vedoucí bakalářské práce** Ing. Věra Glisníková, CSc.

**Datum zadání bakalářské práce** 30. 11. 2014

**Datum odevzdání bakalářské práce** 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

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

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

## **Podklady a literatura**

Podklady budou studentovi předávány průběžně.

Literatura:

- [1] MASOPUST, J.: Vrtané piloty, Čeněk a Ježek, Praha, 1994.
- [2] MASOPUST, J.: Speciální zakládání staveb - 1.díl, Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o., Brno, 2004. ISBN 80-214-2770-1.
- [3] PRAKASH, S: Pile Foundations in Engineering Practice, J.Wiley et Sons, USA, 1990.
- [4] MASOPUST, J.: Navrhování základových a pažicích konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1997. Informační centrum ČKAIT, Praha, 2012. ISBN 978-80-87438-31-2.

## **Zásady pro vypracování**

Úkolem autora bakalářské práce je popsat postup při návrhu bezpečné a ekonomické metody založení objektu. Pro konkrétní objekt Areálu dopravní výchovy na Riviéře v Brně dále navrhnout alternativní způsoby založení.

Při vypracovávání bakalářské práce (BP) vycházejte ze zadaných podkladů, pokynů vedoucího BP a odborné literatury.

Při zpracování BP je nutno se držet následujících zásad:

1. Současný stav problematiky, řešete odborné literatury.
2. Rozbor geologických a hydrogeologických poměrů ve vztahu k zadanému objektu.
3. Statický výpočet zvolené varianty.
4. Technologický postup.
5. Výkresová dokumentace.

## **Struktura bakalářské/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 bakalářské práce

## **Abstrakt**

Cílem práce je představení zakládání staveb jako takového a bližší přiblížení problematiky hlubinného zakládání, kterým je zapotřebí nahradit zakládání plošné z důvodů malých únosností nebo příliš velké stlačitelnosti základové půdy. Hlavním bodem práce je praktické řešení konkrétního hlubinného základu a porovnání výsledků výpočtu bez použití softwaru a výsledků z programu GEO 5.

## **Klíčová slova**

Zakládání staveb, plošné základy, hlubinné základy, základové patky, základové pásy, základové rošty, základové desky, studně, kesony, piloty, vrtané piloty, ražené piloty, mikropiloty

## **Abstract**

The aim of this work is to introduce the foundation of buildings and to make a closer approach to the issue of deep foundation, which is needed to replace the shallow foundation. The reason is a small carrying capacity or too big compressibility of foundation soil. The main point of this work is practical solution of concrete deep foundation and comparing results from a calculation program GEO 5 with results which we get without using the calculation program.

## **Keywords**

Foundation of buildings, shallow foundations, deep foundations, foundation pads and strips, grillage, foundation slab, wells, caisson foundation, piles, displacement piles, replacement piles, micropiles

## **Bibliografická citace VŠKP**

Václav Adamík *Návrh založení objektu*. Brno, 2015. 69 s., 14 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky. Vedoucí práce Ing. Věra Glisníková, CSc.

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 25. 5. 2015

.....  
podpis autora  
Václav Adamík

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mě při mém studiu a tvorbě bakalářské práce vždy podporovali. Především mé rodině, která za mnou vždy stála a tím mi projevovala důležitou psychickou podporu, Ing. Júliusi Mojžíšovi za poskytnutí podkladů a v neposlední řadě Ing. Věře Glisníkové CSc. za vedení, přístup, ochotu, konzultace a rady, díky kterým mohla tato práce vzniknout.

## Obsah

Abstrakt .....	1
Klíčová slova.....	1
Abstract .....	1
Keywords .....	1
Bibliografická citace VŠKP .....	2
Prohlášení:.....	3
Poděkování .....	4
<b>1. Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Plošné základy</b> .....	<b>9</b>
2.1 Základové patky .....	9
2.2 Základové pásy.....	10
2.3 Základové rošty .....	10
2.4 Základové desky.....	11
<b>3. Hlubinné základy</b> .....	<b>11</b>
3.1 Studně.....	12
3.2 Kesony.....	13
<b>4. Piloty</b> .....	<b>13</b>
4.1 Vrtané piloty.....	15
4.1.1 Postup provádění vrtaných, na místě betonovaných pilot.....	18

4.1.1.1 Vrtý a vrtné nástroje .....	18
4.1.1.2 Pažení vrtů .....	19
4.1.1.3 Přípravné práce před betonáží .....	23
4.1.1.4 Betonářské práce .....	24
4.1.1.5 Dokončovací práce .....	26
4.1.2 CFA piloty a jejich provádění .....	26
4.2 Ražené piloty .....	28
4.1.1 Prefabrikované ražené piloty .....	28
4.1.2 Ražené, na místě betonované piloty .....	30
4.3 Mikropiloty .....	34
<b>5. Praktická aplikace – návrh založení objektu .....</b>	<b>36</b>
5.1 Charakteristika objektu .....	36
5.2 Geologické poměry širšího okolí .....	36
5.3 Hydrogeologie .....	37
5.4 Průzkumné práce .....	37
5.5 Shrnutí základových poměrů .....	41
5.6 Možné způsoby založení objektu .....	42
5.7 Statický výpočet únosnosti vybraných pilot .....	43
5.7.1 Středová pilota – zatížení do 230 kN .....	43
5.7.2 Středová pilota – zatížení do 300 kN .....	50
5.8 Posouzení počítaných pilot .....	60

<b>6. Závěr</b> .....	61
Seznam použitých zdrojů .....	62
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	64
Seznam obrázků .....	66
Seznam tabulek .....	68
Seznam příloh.....	69

# 1. ÚVOD

Předmětem bakalářské práce pod názvem *Návrh založení objektu* je v teoretické části přiblížení problematiky hlubinného zakládání staveb, které se využívá ve složitých základových poměrech, kde je zapotřebí nahradit základy plošné základy hlubinnými z důvodů zejména nevyhovující únosnosti, příliš velké stlačitelnosti základové půdy nebo přítomnosti hladiny podzemní vody.

V práci je nejprve stručně popsáno zakládání plošné, podrobněji pak zakládání hlubinné, které je hlavním předmětem této práce. Hlubinné zakládání je nejprve rozebráno obecně a následně se bakalářská práce zaměřuje na nejpoužívanější typ hlubinného zakládání, a to pilotové základy. Toto rozdělení práce by mělo vést k lepšímu pochopení praktické části, která se zabývá konkrétním založením objektu.

Po zpracování problematiky zakládání staveb jako takové, následuje v práci praktická část, která se zabývá konkrétním pilotovým založením objektu, Areálu dopravní výchovy Brno (ADV), které se nachází v areálu koupaliště Riviéra v městské části Brno – Pisárky.

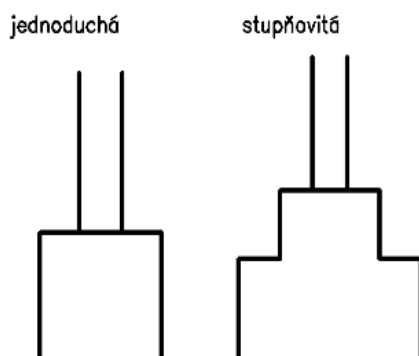
## 2. PLOŠNÉ ZÁKLADY

Plošným základem se nazývá nejnižší část stavebních konstrukcí, která přenáší veškeré zatížení bezprostředně na základovou půdu pomocí plochy základové spáry. Základová spára je obvykle vodorovná a její hloubka se volí podle únosnosti základové půdy, klimatických vlivů a technologie provádění těchto základů. Zatížení konstrukce se do základů přenáší pomocí sloupů nebo stěn. Rozměry sloupů či stěn hrají důležitou roli, neboť jejich rozměry nemůžou být stejné pod úrovní nejnižšího podlaží, jelikož by přenášely zatížení na malé ploše a tím by se po překročení určité hodnoty zatížení konstrukce zabořily a nemohly by plnit svou funkci. Kvůli tomuto problému se mezi úroveň stavební konstrukce a základové půdy musí vložit základ o určitých vlastnostech a rozměrech, který dokáže zabezpečit přenos zatížení na větší plochu a tím bude dosažena stabilita stavební konstrukce.

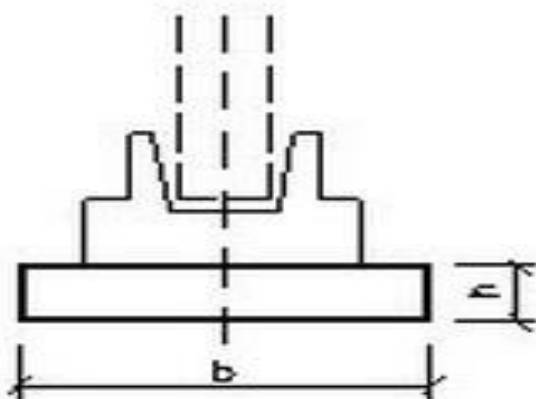
Mezi plošné základy se řadí základové patky, základové pásy, základové rošty a základové desky.

### 2.1 Základové patky

Základové patky mají v půdoryse obvykle tvar čtverce, obdélníku nebo i kruhu. Vyrábí se z prostého, převážně však z vyztuženého betonu. Bývají vesměs monolitické, jednostupňové, v případě větších hloubek založení se mohou použít i vícešupňové patky (Obr. 2-1). Pro zakládání sloupů montovaných železobetonových konstrukcí se patky opatří kalichy pro vetknuté těchto sloupů (Obr. 2-2).



**Obr. 2-1:** Tvary patek [9]



*Obr. 2-2: Patka s kalichem [9]*

## 2.2 Základové pásy

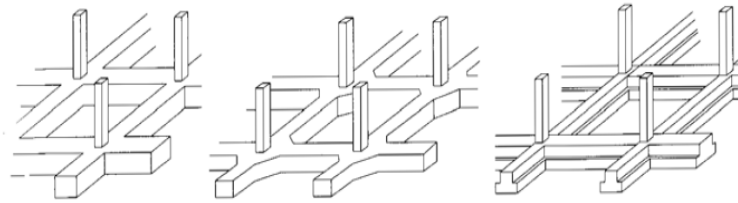
Základovými pásy se označují obdélníkové základy s poměrem délky  $L$  ku šířce  $B \geq 6$  ( $L/B \geq 6$ ), přičemž vždy platí, že šířka  $B \leq$  délce  $L$ . Základové pásy bývají ve směru své šířky vždy tuhé, naopak ve směru své délky jsou poddajné. Pásy se většinou navrhují pod stěnami, které se používají u příčných nebo podélných nosných systému. Můžeme je také navrhnout pod sloupy a to tehdy, pokud je malá vzdálenost mezi patkami. Tento případ může nastat u větších zatížení nebo u méně únosných půd.



*Obr. 2-3: Základový pás [10]*

## 2.3 Základové rošty

Pokud jsou základové pásy uloženy ve směrech navzájem kolmých, nazýváme je základovými rošty (Obr 2-4). Základové rošty jsou tedy základové pásy křižující se pod stěnami, které jsou nosné v podélném i příčném směru.



**Obr. 2-4: Základový rošt [10]**

## 2.4 Základové desky

Základová deska (Obr. 2-5) je souvislý základový pás, přenášející zatížení celého stavebního objektu nebo jeho související 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 pootočení svislých prvků konstrukce na málo únosném podloží a provedení celoplošné izolace suterénu stavby proti podzemní vodě.

[1]



**Obr. 2-5: Základová deska [11]**

## 3. HLUBINNÉ ZÁKLADY

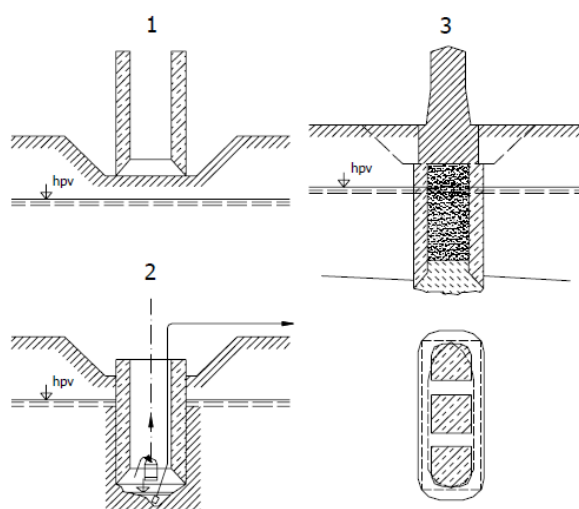
Hlubinné základy se navrhují tam, kde v běžném dosahu plošných základů není dostatečně únosná a málo stlačitelná půda a je-li nutné zakládat pod hladinou podzemní vody. Výhodné využití hlubinných základů je i tam, kde by plošné založení bylo příliš drahé kvůli velké spotřebě stavebního materiálu, a to především betonu. Hlavním úkolem hlubinných základů je přenesení zatížení z méně únosných

vrstev půd do únosnějších, které se nachází v hlouběji uložených vrstvách základové půdy, a také k výraznému omezení sedání stavby. Přírodní a ekonomické faktory jsou hlavními důvody volby hlubinného založení. Do prvků hlubinného zakládání řadíme: studně, kesony, piloty, mikropiloty, podzemní stěny a další speciální technologie, jako jsou například kotvy, trysková nebo klasická injektáž a další.

### 3.1 Studně

Studně jsou dutá válcová, hranolová nebo i členěná tělesa, nahoře otevřená, která se budují obvykle nad místem jejich použití a spouštějí se na potřebnou hloubku podhrabáváním (Obr. 3-6). Po jejich usazení se buď zcela, nebo zčásti vybetonují a tvoří tak hlubinný základ stavby. [2]

Pro budování studní se obvykle využívá železobetonu a nejvýhodnější je použití kruhového průřezu, kterým docílíme snadnějšímu spouštění. Zemina se nejčastěji těží drapákem (u studní menších profilů) nebo podhrabáváním podél břitu (u rozměrnějších studní). Pro usnadnění klesání se břit studny volí z oceli. Pokud se během hloubení studny narazí na překážku, je zapotřebí ručního odstranění ve vyčerpané studni nebo i práce potápěčů. Problémy mohou nastat v případě, kdy dojde k naklonění studny.



**Obr. 3-6:** Schéma studně: 1 – osazení studny, 2 – spouštění studny, 3 – hotová studna

[3]

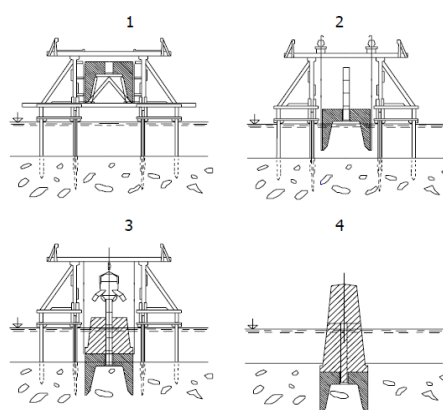
### 3.2 Kesony

Kesony jsou dutá tělesa nahoře uzavřená stropem, v nichž se během jejich spouštění do zvodnělé zeminy voda vytlačuje pomocí stlačeného vzduchu. Po dosažení potřebné hloubky se obvykle dno kesonu zabetonuje a vznikne tak hlubinný základ. [2]

Materiálem pro budování kesonů je nejčastěji železobeton s ocelovým břitem, občas se také využívá oceli. Do místa stavby se keson připlaví, spustí se na dno a stlačeným vzduchem se z něj odčerpá voda (Obr. 3-7). Poté do komory sestoupí dělníci a ti, podobně jako u studní, podhrabávají břit a tím se docílí klesání samotného kesonu.

Práce v kesonech je přípustná do maximálního přetlaku 250 kPa a je omezena svojí délkou a zdravotním stavem pracovníků. Při nedodržení zásad může dojít k tzv. kesonové nemoci.

V dnešní době se studně a kesony prakticky nevyužívají. Jsou nahrazeny bezpečnějšími, rychlejšími a především levnějšími variantami hlubinného zakládání, především vrtanými pilotami.



**Obr. 3-7:** Schéma kesonu: 1 – osazení kesonu, 2 – spouštění kesonu pod HPV, 3 – práce v kesonu, 4 – hotový základ [3]

### 4. PILOTY

Studně a kesony byly postupem času vytlačeny dnes už nejrozšířenějšími a nejvíce používanými prvky hlubinného zakládání staveb, a to pilotami. Zpravidla mají tvar sloupů o kruhovém nebo jakkoliv hranatém a členěném příčném průřezu. Průřez může být po celé jeho délce konstantní, nebo se může měnit. Piloty kruhového průřezu slouží pro zhotovení vrtaných pilot, hranaté a členěné pak pro ražené piloty. Jak již bylo uvedeno výše, hlavním úkolem pilot je přenos zatížení

z horní konstrukce stavby do hlubších, více únosných vrstev základové půdy a omezit nebo zcela zamezit sedání stavby. Piloty se také využívají pro zakládání staveb pod hladinou podzemní vody (dále jen HPV). V dnešní době známe kolem 100 druhů pilot, které se dělí podle následujících kritérií:

Evropská klasifikace využívá jako kritérium k základnímu rozdělení pilot jejich výrobní postup, čímž dostáváme dvě velké skupiny:

1) *piloty typu displacement*, kdy zemina není z prostoru budoucí piloty odtěžena, ale je stlačena do stran a pod patu piloty,

2) *piloty typu replacement*, kdy se zemina z prostoru budoucí piloty odstraní.

### **Evropská klasifikace pilot:**

#### *1) Ražené piloty (Displacement)*

- |                       |                  |                  |
|-----------------------|------------------|------------------|
| - prefabrikované      | - betonové       |                  |
|                       | - ocelové        |                  |
|                       | - dřevěné        |                  |
| - na místě betonované | - dočasně pažené | - betonové       |
|                       | - trvale pažené  | - betonová roura |
|                       |                  | - ocelová roura  |

#### *2) Vrtané piloty (Replacement)*

### **Starší klasifikace pilot používaná v ČR:**

#### *a) podle příčného rozměru:*

- maloprofilové (příčný rozměr od 0,3 m, resp. 0,15 m **do 0,6 m**)

- velkoprofilové (příčný rozměr **přes 0,6 m** do cca 3,0 m)

*b) podle sklonu:*

- svislé

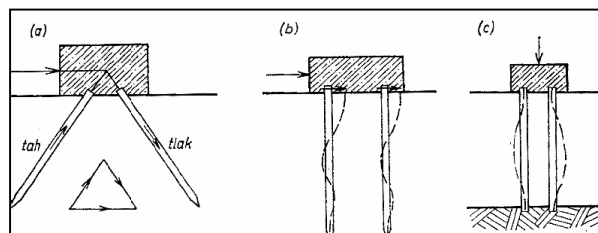
- šikmé

*c) podle způsobu namáhání:*

- tlačené

- tažené

- příčně zatížené (obvyčně kombinace s tlakem či tahem)



**Obr. 4-8:** Způsoby namáhání pilot: a) tlak, tah b) ohyb c) vzpěr[2]

*d) podle materiálu:*

- betonové (železobetonové, z předpjatého betonu)

- ocelové

- dřevěné [3]

## 4.1 VRTANÉ PILOTY

Vrtanými pilotami jsou prvky, které jsou prováděny vrtáním a průběžným odstraňováním zeminy z prostoru vznikající nové piloty - piloty typu *replacement*.

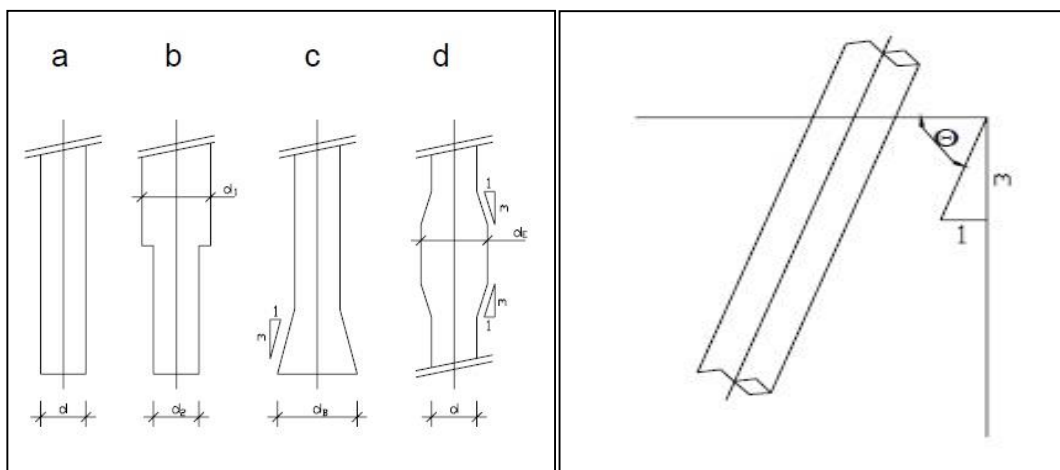
Nosný dřík slouží k přenášení zatížení a omezuje vznikající deformace. Tvary vrtaných pilot mohou mít kruhový průřez, nebo mohou být tvořeny lamelami podzemních stěn, ale jen v případě, pokud je celý jejich průřez betonován najednou. Průřez vrtané piloty může být po její délce konstantní či teleskopický, nebo mohou mít rozšířenou patu či dřík. Provádění, monitoring, dohled nad prováděním a kontrola provádění vrtaných pilot se řídí ČSN EN 1536: *Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty /1990/*.

V České republice jsou vrtané piloty zastoupeny v 90 – 95% všech pilotových základů, především pak piloty velkopřůměrové a stále více populární piloty typu CFA. Tato převaha vrtaných pilot v České republice je zejména dána velmi pestrými a rozmanitými geotechnickými podmínkami, které se vyznačují výskytem skalního (poloskalního) podloží v relativně malých hloubkách na staveništích, do kterého je vhodné vrtané piloty vetknout. Piloty mohou být navrhovány jako osamělé, skupinové nebo jako pilotové stěny, které slouží jako pažící a opěrné konstrukce. Za vrtané piloty se považují prvky těchto rozměrů:

- průměr dříku:  $0,3 \leq d \leq 3,0$  m,
- nejmenší rozměr lamely na místě betonované podzemní stěny:  $w_i \geq 0,4$  m,
- $b_i/w_i \leq 6$ ,  $b_i$  – největší,  $w_i$  – nejmenší z průřezových rozměrů lamely,
- sklon dle obrázku 4-10, obecně:  $n \geq 4$  ( $\theta \geq 76^\circ$ ),
- sklon u pilot s ponechanými pažnicemi:  $n \geq 3$  ( $\theta \geq 72^\circ$ ),
- plocha př. řezu rozšířené paty piloty či lamely podzemní stěny:  $A \leq 10$  m<sup>2</sup>.

Pro tvar pilot s rozšířeným dříkem či patou platí:

- rozšíření paty v nesoudržných zeminách:  $d_B/d \leq 2$ , v soudržných  $d_B/d \leq 3$ ,
- rozšíření dříku ve všech typech zemin:  $d_E/d \leq 2$  (viz. Obrázek 4-9),
- sklon rozšířené části v zeminách nesoudržných:  $m \geq a$  a v zeminách soudržných  $m \geq 1,5$ .



**Obr. 4-9:** Tvary dříků vrtaných pilot

[3]

**Obr. 4-10:** Definice sklonu pilot

[3]

Vnější svislé tlakové zatížení přenášejí vrtané piloty jednak patou a jednak svým pláštěm. Podíl těchto dvou komponentů celkové únosnosti nás vede k rozdělení pilot podle statického hlediska na:

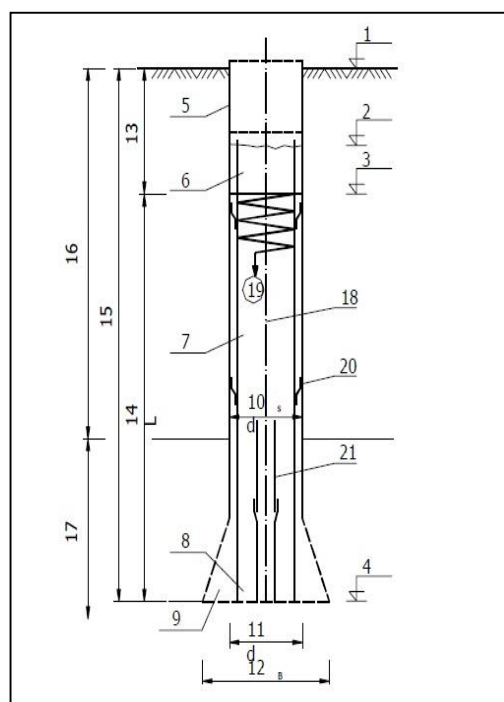
a) *Piloty opřené patou o velmi únosnou horninu*, tudíž můžeme většinou plně využít únosnost betonového (popř. železobetonového) dříku piloty, je-li pata piloty v celé své ploše spolehlivě uložena na skálu, která má dostatečně čistý povrch. Výpočet provádíme pomocí 1. geotechnické kategorie.

b) *Plovoucí piloty*, kde je zatížení přenášeno především plášťovým třením. K tomuto řešení přejdeme, je-li základová půda málo únosná a únosnější podloží je vrtáním nedosažitelné, nebo pokud pro celkovou únosnost piloty není hospodárné vrtat hlouběji. Výpočet provádíme pomocí 2. geotechnické kategorie.

c) *Vetknuté piloty*, ty přenáší zatížení do podloží pláštěm i patou. Využívají se hlavně ve vrstevnatých zeminách, kde je nadloží málo únosných vrstev tvořeno neúnosnou zeminou nebo kde pata piloty leží na únosnější zemině, než je v okolí dříku. Výpočet provádíme pomocí 2. geotechnické kategorie.

d) *Piloty s rozšířenou patou*, které se využívají, nelze-li vrtanou soupravou dosáhnout vrstvy o únosnosti odpovídající přibližně únosnosti dříku piloty daného průměru. Dále se využívá, pokud je zapotřebí zachovat dostatečně silnou vrstvu

zeminy pod patou, která zabrání prolomení dna vztlakem podzemní vody. Dno musí být dokonale vyčištěné, aby rozšiřování paty piloty mělo smysl. Čistoty dna dosáhneme ruční prací v zapaženém vrtu.



1-pracovní plošina, 2-úroveň betonáže, 3-úroveň odbourání, 4-počva vrtu, 5-úvodní pažnice, 6-hlava piloty, 7-dřík piloty, 8-pata piloty, 9-rozšířená pata piloty, 10-průměr dříku piloty  $d_s$ , 11-průměr piloty  $d$ , 12-průměr paty piloty  $d_B$ , 13-hluché vrtání, 14-délka piloty  $L$ , 15-hloubka vrtu, 16-neúnosná zemina, 17-únosná zemina, 18-osa piloty, 19-výztužný armokoš, 20-distanční prvek, 21- betonážní nebo sypáková roura

**Obr. 4-11:** Označení a názvosloví vrtaných pilot [3]

## 4.1.1 Postup provádění vrtaných, na místě betonovaných pilot

### 4.1.1.1 Vrty a vrtné nástroje

Pro provádění vrtů se nejběžněji využívá technologie rotačně náběhového vrtání, drapákového hloubení a průběžné vrtání nekonečným šnekem. Samotný výběr nástroje a jeho kvality má značný podíl na rychlosti a kvalitě prováděného vrtání. Dalším vlivem pro úspěšné vrtání je bezpochyby prostředí, ve kterém bude vrt prováděn. Pro dosažení požadované kvality vrtu se může během vrtání změnit technologie vrtání nebo se také může vyměnit vrtací nástroj. U nás nejpoužívanějšími profily vrtů jsou 630, 750, 880, 1020 a 1220. Mezi vrtací nástroje patří:

a) *Vrtný hrnec (šapa)*: Hlavní součásti vrtného hrnce jsou břity z tvrdého kovu a vyklápěcí dno, které umožňuje odtěženou zeminu sypat přímo na přistavěné nákladní auto nebo na terén v okolí vrtu. Je vhodný pro vrtání v suchých i zvodnělých písčitých a šterkovitých zeminách a také v podskalních horninách (jílovce, slínovce, břidlice, pískovce malých pevností).

b) *Vrtný šnek*: Je vhodný pro vrtání v soudržných zeminách, především v jílech. Při jeho použití je třeba brát ohled na možnost porušení stěn vrtu a případné napadání odtěžené zeminy na jeho dno.

c) *Vrtací korunka*: Slouží k provrtání vložek skalních hornin

d) *Jednolanový drapák*: Slouží k odtěžení balvanů v místě vrtů. Vrt musí být vždy pažen.

e) *Vrtné dláto*: Pro rozbíjení překážek, které se mohou nacházet v místě vrtů.

Před samotným zahájením vrtání je zapotřebí pomocí geodeta vytyčit polohu os vrtaných pilot, aby byla zajištěna přesná poloha samotných pilot. Toto vytyčení je zapotřebí v průběhu vrtání kontrolovat, jelikož může dojít k posunům terénu vlivem dalšího vrtání, a tím k vyosení vytyčených bodů. Během vrtání je nutno také kontrolovat svislost jednotlivých vrtů obsluhou vrtné soupravy.

#### **4.1.1.2 Pažení vrtů**

Pilotové vrty se provádějí jako nepažené, pažené ocelovými pažnicemi a pomocí, většinou jílové, suspenze.

##### *Nepažené vrty:*

Pokud je v průběhu zhotovování vrtané piloty zcela jisté, že stěny i dno vrtu jsou stabilní, není zapotřebí provádět pažení. Podmínkou je však stálá kontrola stěn vrtu a nevniká-li do vrtu voda. Pokud dojde k jakémukoliv porušení, je nutno vrt okamžitě zapažit. Šikmé vrty se sklonem  $m \leq 15$  se musí pažit v celé délce, pokud nejsme schopni prokázat jejich stabilitu. Pokud má vrt průměr větší než 1,0 m, měl by být vždy pažen tzv. úvodní pažnicí délky 1,5 – 2,5 m, která přesahuje pracovní

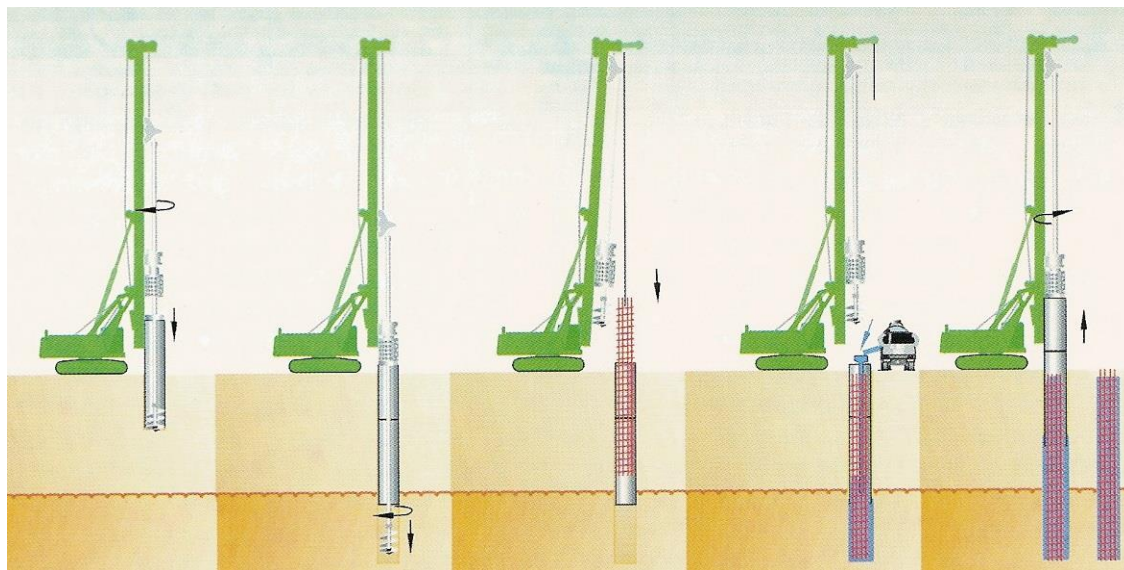
plošinu přibližně o 0,2 – 0,3 m a která zajišťuje dokonalé vedení vrtného nástroje při opakovaném těžení a zavrtávání a u hlavy piloty zamezí tvorbě kaveren. Vrty je nutno vždy pažit, pokud je  $I_D$  v nesoudržných zeminách menší jak 0,5,  $I_c$  soudržných zeminách také menší jak 0,5 a pokud jde o navážky a nedokonale hutněné násypy.

*Pažení pomocí ocelových pažnic:*

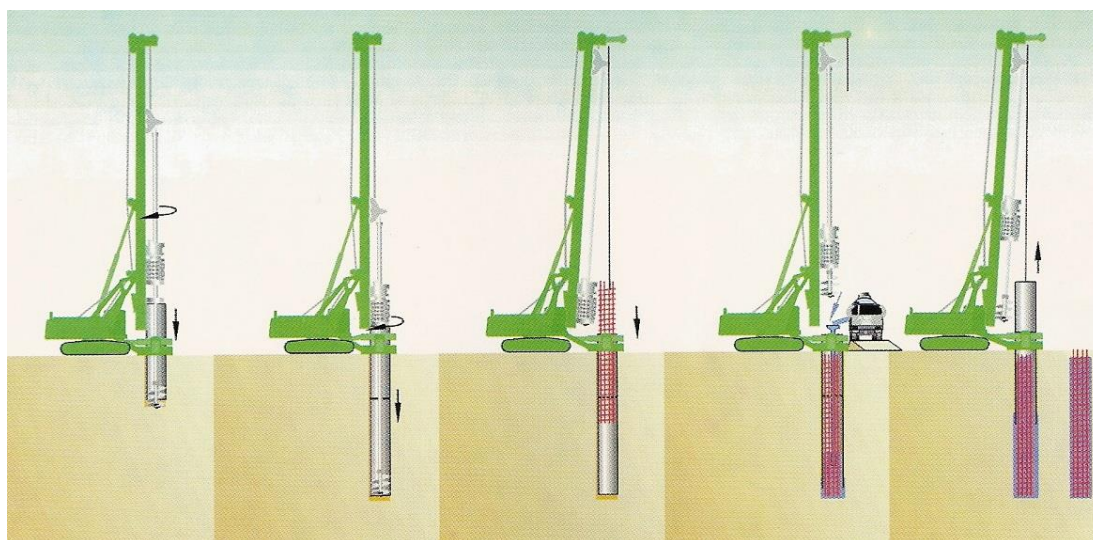
Pažení ocelovými pažnicemi je základní a zároveň nejpoužívanější metodou k zajištění stability vrtů s průměrem  $d \leq 1,50$  m. Na všech staveništích se s ohledem na ochranu životního prostředí preferuje tento způsob pažení, zejména pak při zakládání ve městech a při zakládání mostů přes řeky. Důležitou součástí je i dostatečně výkonné dopažovací zařízení vrtné soupravy s dostatečně velkým krouticím momentem pro zatáčení a vytahování pažnic. Samotné pažení se provádí souběžně s vrtáním vrtu (Obr. 4-12,4-13). Používají se tzv. černé (varné) ocelové roury s tloušťkou stěn 8 – 12 mm nebo vesměs dvouplášťových, speciálně spojovatelných ocelových pažnic s tloušťkou stěny 40 mm. Nejvýhodnější použití pažení pomocí varných rour je, pokud je zapotřebí propažit pouze svrchní část vrtu a zbývající hloubku dovrátat v soudržné zemině bez pažení. Při hlubších vrtech se používá další pažnicová kolona, která má o jeden stupeň menší průměr. Maximem je pažení na 2 pažnicové kolony s možností dovrátání v soudržné zemině. Pažnice musí být kruhové a nedeformovatelné, dimenzované na zatížení při pažení a vytahování pažnic, bez jakýchkoliv výstupků a zbytků betonu a spoje pažnic nadimenzovány na síly podélné a na krouticí momenty.

**Tab. 4-1:** Nejčastěji používané průměry varných a spojovatelných pažnic spolu s příslušnými průměry vrtného nářadí [3]

Průměr varné pažnice	630	720	820	920	1020	1220	1420	-	1620	(1820)	(2020)
Průměr spoj. pažnice	630	750	880	-	(1020) 1080	(1180) 1200 1220	-	1500	-	-	-
Průměr vrtného nářadí	570	630	770	870	920	1070	1220	1350	1500	1700	1900



**Obr. 4-12:** Schéma výroby piloty pažené ocelovými pažnicemi pomocí vrtné hlavy [12]



**Obr. 4-13:** Schéma výroby piloty pažené ocelovými pažnicemi pomocí pažícího zařízení [12]

*Pažení pažící suspenzí:*

Jílová pažící suspenze slouží k zajištění stability stěn a dna díky hydrostatickému tlaku v kombinaci s elektrochemickými účinky. Jílová suspenze je tzv. plastická kapalina, která se od klasických kapalin, např. vody, liší tím, že v klidovém stavu přechází z tekutiny na gel a tím se zvýší její pevnost ve sřihu.

Pro zpětný chod stačí gel rozmíchat. Tyto stavy lze neustále opakovat a samotný jev opakovatelných změn stavu suspenze se nazývá tixotropie.

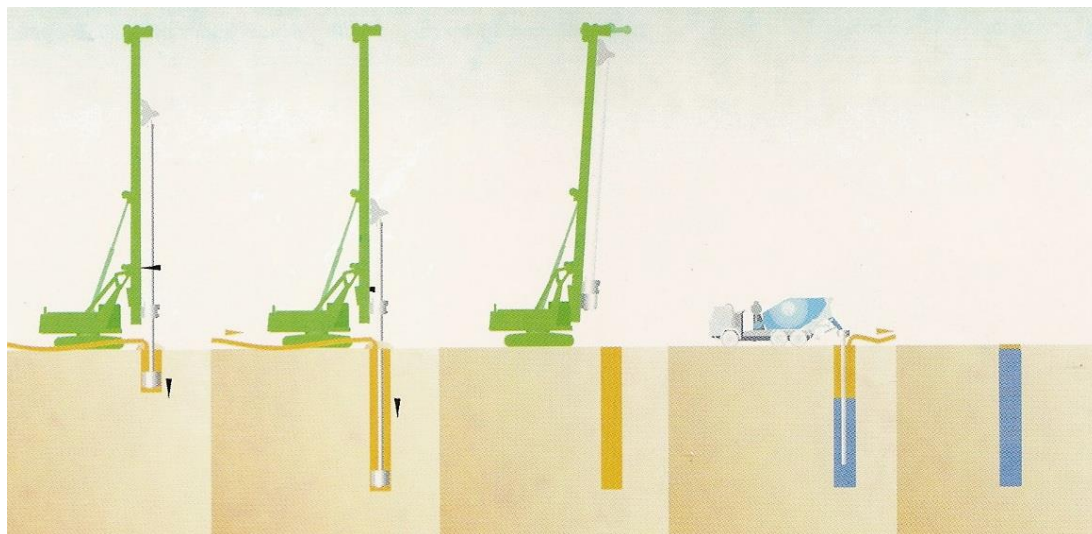
**Tab. 4-2:** Základní receptura pro výrobu 1 m<sup>3</sup> jílové pažící suspenze [3]

Pořadí dávkování	Množství	Doba míchání
1. Voda	975 l	-
2. Soda (dávkování dle pH vody)	pH 6,5 – 5,5: 1,3 – 2,0 kg pH 5,5 – 4,5: 2,0 – 2,5 kg pH pod 4,5: nutno vyměnit vodu	5 minut
3. KMC Lovosa	1 kg	5 minut
4. Sabenil	64 kg	15 minut

Pro výrobu suspenze se používá jíl, který známe pod obchodním názvem Sabenil. Jeho nedílnou součástí je minerál montmorillonit, jehož lískový tvar, velký povrch, dobrá bobtnavost a dispergovatelnost určují vlastnosti suspenze. Další složkou k výrobě je voda, popřípadě další přísady, je-li jejich použití zapotřebí. Suspenze se vyrábí v rozplavovači o objemu 4 – 7 m<sup>3</sup>. Délka zrání suspenze je až 12 hodin. Díky této délce se přepouští do zásobníků o objemu 40 m<sup>3</sup> a více. Suspenzi po předchozím vyčištění od částic písku na čističce, která se skládá ze soustavy vibračních sít, lze použít i vícekrát. Při styku suspenze s cementem, vápnem a s většinou chemických roztoků dojde k nevratnému znehodnocení suspenze.

Hotová, správně namíchaná suspenze se k vrtům přivádí pomocí potrubí a její hladina musí být po celou dobu udržována v takové úrovni, aby vytvořený přetlak byl dostatečný pro udržení stability vrtu a zamezení odpadávání zeminy na dno vrtu. Výška hladiny se musí udržovat ve výšce úvodní pažnice nebo nejméně 1,5 m pod úrovní HPV (Obr. 4-14).

Po vyschnutí a odečtení se znečištěná zemina od suspenze odváží na skládku odpadu. V dnešní době se od pažení jílovou suspenzí z ekologických důvodů ustupuje.



**Obr. 4-14:** Schéma výroby piloty pažené jílovou suspenzí [12]

#### **4.1.1.3 Přípravné práce před betonáží**

Do přípravných prací se řadí čištění vrtu, kontrola jeho délky, v některých případech čerpání podzemní vody, avšak pouze tehdy, je-li to účelné a neohrozí-li to stabilitu vrtu a armování železobetonové piloty.

K čištění dna se používá čistící šapa s rovným dnem, která je uzavíratelná nebo s klapkami bez centrátoru. Prioritou je zkrátit dobu mezi dovrtním a samotným zahájením betonáže z důvodu možných změn vlastností zeminy, v nichž se vrty provádí. Není-li možné pilotu zabetonovat v jedné směně, je zapotřebí, aby k čištění došlo těsně před betonáží, a to prohloubením samotného vrtu o 1,5 m nebo o dva průměry. U vrtů s jílovou suspenzí se nejpozději do 1 hodiny před osazením výztuže musí vyčistit dno, pomalou rotací odstranit filtrační koláče, a poté zkontrolovat písčitou suspenzí (max 4%).

Vrtané, na místě betonované piloty se provádějí jako nevyztužené (z prostého betonu), železobetonové (vyztužené armokoši v celé své délce, nebo jen v části), s kotevní (spojovací) výztuží a popř. se speciální výztuží (tuhé, například válcové profily, ocelové roury apod.). [3] Pro piloty z prostého betonu, tedy bez výztuže, které jsou namáhány pouze osovým tlakem platí, že mohou být vrtány pouze v zeminách, které nejsou náchylné ke ztrátě stability. Ve všech ostatních případech

se piloty provádějí vyztužené armokoši, které jsou vyrobeny z výztuže podélné, příčné a pomocné.

**Tab. 4-3:** Minimální vyztužení železobetonových vrtaných pilot [3]

Jmenovitá průřezová plocha dřívku piloty „Ac“	Plocha podélné výztuže „As“
$Ac \leq 0,5 \text{ m}^2$	$As \geq 0,5\% Ac$
$0,5 \text{ m}^2 < Ac \leq 1,0 \text{ m}^2$	$As \geq 0,0025 \text{ m}^2$
$Ac > 1,0 \text{ m}^2$	$As \geq 0,25\% Ac$

Samotný armokoš musí být dostatečně tuhý a v nejlepším případě zapuštěný do vrtů vcelku, to znamená bez spojů. Pouze u pilot, jejichž délka je větší jak 20 m, se výztuž spojuje v průběhu jejího zapuštění, a to s ohledem na rychlost provedení, pomocí rychlospojek. Minimální krytí výztuže je 50 mm pro piloty s profilem  $d \leq 0,6$  m, při větších profilech pak 60 mm. Krytí se u pilot pažených spojovatelnými pažnicemi zvětšuje o tloušťku stěny pažnice, běžně tedy o 40 mm.

#### 4.1.1.4 Betonářské práce

Pro betonáž vrtaných pilot se využívá betonu, který musí mít vysokou plasticitu, odolnost proti rozměšování, správné složení a konzistenci, schopnost samozhutnění a vhodnou zpracovatelnost pro jeho ukládání a vytahování pažnic z čerstvého betonu. Dle norem se třída betonu pohybuje v rozmezí C16/20 – C30/37. Pro dosažení požadovaných vlastností betonu se využívají různé přísady, zejména plastifikátory, superplastifikátory a zpomalovače tuhnutí, a to tehdy, je-li dodrženo určené dávkování. Při betonáži při nízkých teplotách ( $5^\circ\text{C}$  a méně), můžeme využít provzdušňovacích přísad.

Složení čerstvého betonu se liší, pokud se betonáž provádí do sucha, pod vodou nebo pod suspenzí. V případě betonáže do sucha je obsah cementu  $\geq 325 \text{ kg/m}^3$ . Při betonáži pod vodou a pod suspenzí pak  $\geq 375 \text{ kg/m}^3$ . Vodní součinitel ( $v/c$ ) je  $< 0,60$ . Podíl jemné frakce  $d < 0,125 \text{ mm}$  (včetně cementu) pro největší zrno kameniva  $d > 8 \text{ mm}$  by mělo být  $\geq 400 \text{ kg/m}^3$ , pro největší zrno  $d \leq 8 \text{ mm}$  by mělo být  $\geq 450 \text{ kg/m}^3$ .

**Tab. 4-4:** Požadavky na zpracovatelnost čerstvého betonu při různých podmínkách betonáže [3]

Stupeň rozlité [mm]	Stupeň sednutí kužele (dle Abramse) [mm]	Typické příklady použití
$460 \leq \phi \leq 530$	$130 \leq H \leq 180$	Betonáž za sucha
$530 \leq \phi \leq 600$	$H \geq 160$	Betonáž betonovým čerpadlem
		Betonáž sypákovou rourou pod HPV
$570 \leq \phi \leq 630$	$H \geq 180$	Betonáž sypákovou rourou při pažení jílovou pažící suspenzí

Jak bylo zmíněno výše, vrtané piloty lze provádět betonáží do sucha, nebo betonáží pod vodou (či pod pažící jílovou suspenzí). Při využití betonáže do sucha musí být vrt zcela suchý. Samotná betonáž se pak provádí betonážní rourou s násypkou, kterou umístíme ve středu vrtu tak, aby proud betonu nenarážel do výztuže piloty a ani do stěn vrtu. Průměr usměrňovací roury je minimálně 200 mm, ale nesmí být menší jak osminásobek největší použité frakce kameniva v betonu.

Pro betonáž pod vodou (či pažící suspenzí) se využívá metody Contractor, u které se beton ukládá pomocí sypákové roury, která zabraňuje rozměšování a znečištění betonu s kapalinou v pilotě. Hladká vnitřní stěna sypákové roury má minimální světlost 150 mm, respektive minimálně šestinásobek největší frakce kameniva v betonu. Samotné části sypákové roury, jež mohou být dlouhé přibližně 1,5 – 2,0 m, jsou opatřeny vodotěsnými spoji. Velikost (průměr) sypákové roury musí být takový, aby bylo dosaženo volného pohybu uvnitř armokoše a vrtu. Před samotnou betonáží je sypáková roura opatřena zátkou, aby nedošlo k promíchání betonu s kapalinou ve vrtu. Celá se pak naplní betonem a povytáhne se přibližně o výšku jednoho průměru. V dalším průběhu se sypáková roura pozvolně vytahuje, vždy však musí být ponořena v betonu minimálně 1,5 m (piloty s  $d < 1,2$  m), respektive 2,5 m (piloty s  $d \geq 1,2$  m). Postupně, během betonáže, se sypáková roura zkracuje (shora) a zvolna povytahuje a zároveň se z vrtu odsává voda, případně pažící suspenze. Tímto se předchází případnému sacímu efektu.

Pro piloty, kde bylo využito pažení ocelovými pažnicemi, je součástí betonáže vytahování těchto pažnic. Pažnice se musí vytahovat ihned po betonáži, nebo již v průběhu betonáže. Vytahování pažnic musí být pozvolné a je zapotřebí sledovat hladinu betonu a bránit jejímu poklesu, jestliže beton začne vyplňovat

kaverny za pažnicemi. Hlava piloty se musí přebetonovat, aby po odpažení neklesla pod naprojektovanou úroveň.

#### **4.1.1.5 Dokončovací práce**

Do dokončovacích prací řadíme úpravy hlav pilot, úpravy výztuží a případné zřizování nepilotových konstrukcí, které jsou součástí pilot. Hlavy pilot se upravují šetrným odbouráváním, aby nedošlo k poškození zbylé části piloty. Poškozený beton se odstraňuje až na úroveň betonu zdravého, poté je nahrazen čerstvým betonem, který se dokonale spojí se stávajícím betonem.

Armokoše mohou být nad hlavou piloty zohýbané, proto při jejím čištění mohou být jednotlivé pruty narovnány podle zásad nakládání s betonářskou výztuží. V některých případech je vhodnější samotný prut vyříznout a nahradit novým přivařeným prutem.

U pilot z prostého betonu se při betonování hlav zřizuje tzv. spojovací výztuž, tvořená určitým počtem svislých prutů, které se zapíchávají do čerstvého betonu.

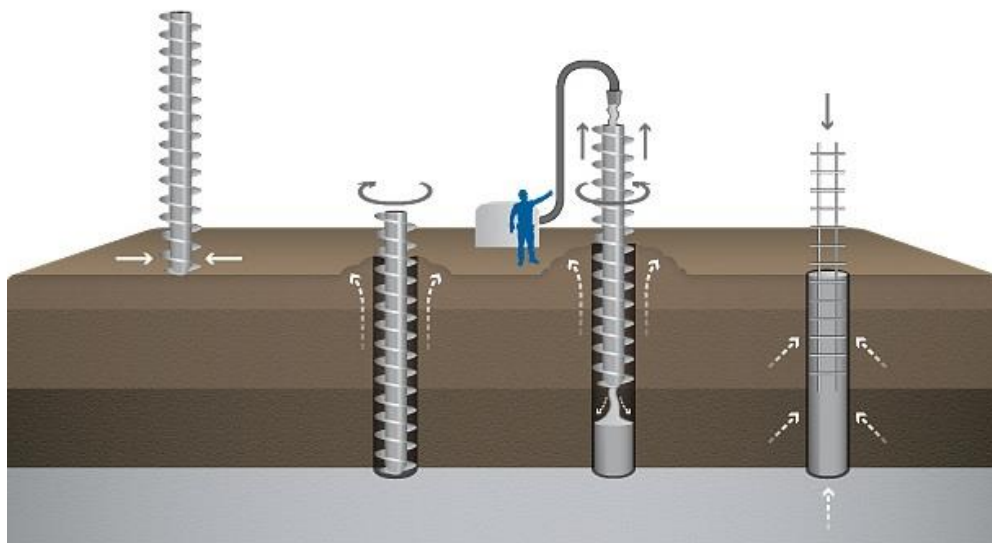
Do častých úprav hlav osamělých vrtaných pilot řadíme také výstavbu většinou rozšířených hlav s kalichem, které slouží pro přímou montáž sloupu železobetonového skeletu.

### **4.1.2 CFA piloty a jejich provádění**

Tyto piloty se provádí pomocí takzvaným průběžným šnekem, který ve vhodných zeminách nahrazuje pažení a zvyšuje produktivitu práce při zakládání na vrtaných pilotách. Stabilitu vrtu zajišťuje zemina, která zůstává v průběhu vrtání v závitech šneku. Jako vhodné zeminy můžeme označit jak zeminy nesoudržné ( $I_D > 0,4$ ;  $d_{60}/d_{10} > 2$ ), suché i zvodnělé bez velkých balvanů, tak i zeminy soudržné (kromě měkkých s  $c_u < 15$  kPa, bez spraší a senzitivních jílu), jestliže neobsahují velké balvany nebo nevrtatelné tvrdé složky. Vrtané CFA piloty se provádí o průměru od 300 do 1400 mm a maximální délky 30 m.

CFA piloty se provádí většinou jako svislé. Samotné vrtání průběžným šnekem musí být co nejrychlejší s minimálními otáčkami, aby se snížily negativní účinky na okolní zeminu. Zavíty a jejich stoupání na průběžném šneku musí být po celé délce konstantní. První fází je postupné zavrtávání šneku do zeminy po celé projektové hloubce, kdy nedochází k nakupení zeminy kolem obrubně vrtu. Pomocí uzavíratelné středové roury se provádí samotná betonáž. Středová roura je přímo napojena na betonážní čerpadlo (Obr. 4-15). V době betonáže se průběžný šnek nesmí otáčet, pokud je to však nutné, lze povolit otáčení pouze ve směru vrtání. U paty piloty vzniká přetlak betonu, který zajišťuje zaplnění vzniklého prostoru. Důležitost se klade ji na dostatečné množství betonu, které musí být během betonáže k dispozici, aby dřík piloty mohl být vyplněn plynule od paty až k hlavě. V zásadě se betonuje až po okraj nakupené zeminy v okolí vrtu, aby se zajistila přítomnost kvalitního betonu v projektované úrovni hlavy. Betonuje čerstvým betonem, který má stupeň sednutí kužele dle Abramse 190 – 210 mm a obsahuje především oblé kamenivo. Po dokončení betonáže začne odstraňování nakupené zeminy a beton v hlavě se upraví a opatří armokošem, který bývá na spodním konci mírně kónický a je bez patního kříže. Armokoš se do čerstvého betonu zasouvá nejprve vlastní tíhou, dále pak tlakem vhodného stroje (lžíce nakladače). V žádném případě se nesmí vibrovat, neboť by došlo k rozřídění betonu.

Zejména svou rychlostí a efektivitou provádění řadíme CFA piloty mezi velmi výhodné k provádění ve vhodných geotechnických podmínkách, což vede i ke snížení nákladů. Další výhodou je fakt, že není nutné vrt dodatečně pažit, vyšší plášťové tření ve vhodných zeminách a možnost využití CFA pilot pod HPV. Nevýhodou je, že není možná kontrola geologické skladby v okolí vrtu, což vede k použití výkonné vrtné soupravy.



**Obr. 4-15:** Technologie provádění CFA pilot [13]

## 4.2 RAŽENÉ PILOTY

Podle výše uvedené klasifikace pilot se ražené piloty řadí do typu displacement. Hlavním znakem provádění těchto pilot je, že zemina není vytěžena z vrtu či prostoru, který pilota zaujímá, jedinou výjimkou je omezené zvednutí terénu, vibrací a dalšími pohyby zeminy, které souvisí s pomocnými pracemi sloužícími k instalaci ražené piloty. Pro návrh ražených pilot využíváme normu ČSN EN 12699:2001 *provádění speciálních geotechnických prací – Ražené piloty*. Materiálem pro výrobu ražených pilot je ocel, litina, beton (železobeton, předpjatý beton), dřevo, malta ve formě injekční směsi nebo kombinace těchto materiálů. K samotné instalaci pilot slouží beranění, vibrování, šroubování, zatlačování a taktéž kombinace těchto technologií. Raženými pilotami jsou myšleny prvky o průměru 150 mm a větší. Dle evropské klasifikace známe 2 základní skupiny ražených pilot – prefabrikované a na místě betonované.

### 4.1.1 Prefabrikované ražené piloty

Tyto piloty se nejčastěji instalují beraněním nebo vibrováním, zřídka pak šroubováním a zatlačováním. Nejvíce se na našem území používaly v minulosti, avšak od konce 90. let minulého století bylo jejich využití na ústupu a v dnešní době

se již prakticky nepoužívají. Hlavním důvodem poklesu využívání jsou geotechnické poměry, které na našem území převládají a jsou odlišné v porovnání s poměry například v severním Německu, Holandsku, Belgii, Dánsku a v celé Skandinávii. Při navrhování pilot do skupin, dochází k problémům při dorážení následných pilot ve skupině, v důsledku velkého zhutnění zeminy, až poslední piloty nelze dorazit. Aby se předešlo těmto problémům, využívá se pomocné metody, předvrtání, při které se zemina uvolní a pilotu lze dorazit. V důsledku těchto postupů vznikají nejasné, předem nepředvídatelné technologické efekty, které mají vliv na únosnost pilot ve skupině. K dosažení vyšší únosnosti se prefabrikované ražené piloty v některých zeminách injektují injekční směsí na bázi cementové suspenze, a to během ražení, nebo až po ražbě. Injektuje se pomocí ocelových injekčních trubek, jež jsou zabudovány nebo připevněny ke dřívku piloty. Během zarážení železobetonových prefabrikovaných pilot dochází k poškozování jejich hlav, které je nutno ohleduplně odbourat až na úroveň zdravého betonu. Pro návrh pilot je zapotřebí brát v potaz několik faktorů – metoda instalace, rozměry pilot, druh beranu, aj., aby bylo možné určit kritéria pro ražení.

Beraněné piloty: - energie při beranění (např. tíha a výška pádu beranu),  
- vnikání pilot do základové půdy (měření spotřebované energie na určitou délku vniku piloty),  
- rychlost vnikání do základové půdy.

Vibrované piloty: - energie vibrování,  
- frekvence vibrování,  
- vnik piloty v závislosti na energii a frekvenci vibrování.

Šroubované piloty: - kroutící moment (tlaková síla) působící na pilotu ve vztah k rychlosti vniku do základové půdy.

### **4.1.2 Ražené, na místě betonované piloty**

Pro instalaci těchto pilot se využívá beranění, vibrování a šroubování, kdy se nejprve provede otvor, nejčastěji kruhového profilu, ve kterém se následně provede betonáž a armování. Vlastní razicí roura se v případě dočasně pažených pilot vytáhne nebo v případě trvale pažených pilot ponechá. Skupina ražených, na místě betonovaných pilot obsahují velké množství různých druhů pilot, přičemž v našich geotechnických podmínkách se nejčastěji setkáváme se 2 druhy dočasně pažených pilot:

- Předražené, na místě betonované piloty (typu Franki)
- Vibrované (beraněné) piloty prováděné se ztracenou botkou (VUIS, Fundex).

#### ***Piloty VUIS***

Tento druh pilot byl vyvinut na Slovensku, kde byl hojně rozšířen. U nás byly prováděny jen zřídka a v dnešní době se takřka nevyužívají pro značná omezení v důsledku nevhodných geotechnických podmínek a jejich malé únosnosti vyplývající z délek a profilů, ve kterých jsou prováděny. Do částí tohoto systému řadíme betonovou kuželovou botku, na kterou se nasazovala ocelová pažnice profilu 380 mm, osazená ve své horní části vzdušníkem a vibrátorem a vše bylo zavěšeno na jeřábu. Po zavibrování vrtu do potřebné hloubky se uložil armokoš a vrt byl otvorem ve vzdušníku vybetonován. Poté se odstranila pažnice z uzavřeného vzdušníku a celá byla vytažena pomocí jeřábu za pomoci stlačeného vzduchu. Pro zvýšení únosnosti se tento typ projektoval také jako piloty skupinové, spojené typovými kruhovými hlavicemi VUIS. Realizace se prováděla v tuhých soudržných zeminách, píscích a v drobných štěrcích bez přítomnosti kamenů a balvanů.

#### ***Piloty Fundex***

U nás byl tento typ pouze vyzkoušen, ale pro velkou konkurenci v podobě pilot Franki, které svou produktivitou a hlavně pak únosností, zcela vytlačily piloty Fundex z trhu. Prováděly se beraněním ocelové roury o průměru 400 – 600 mm

zakončené botkou. Pažnice byla beraněním zapuštěna do projektované hloubky, poté se instaloval armokoš a celý prostor se vybetonoval. Následně se pažnice vytáhla pomocí tahu lana přes vrátek, nebo pomocí zpětného chodu beranu. Piloty Fundex se nejčastěji využívají v Holandsku a v Belgii.

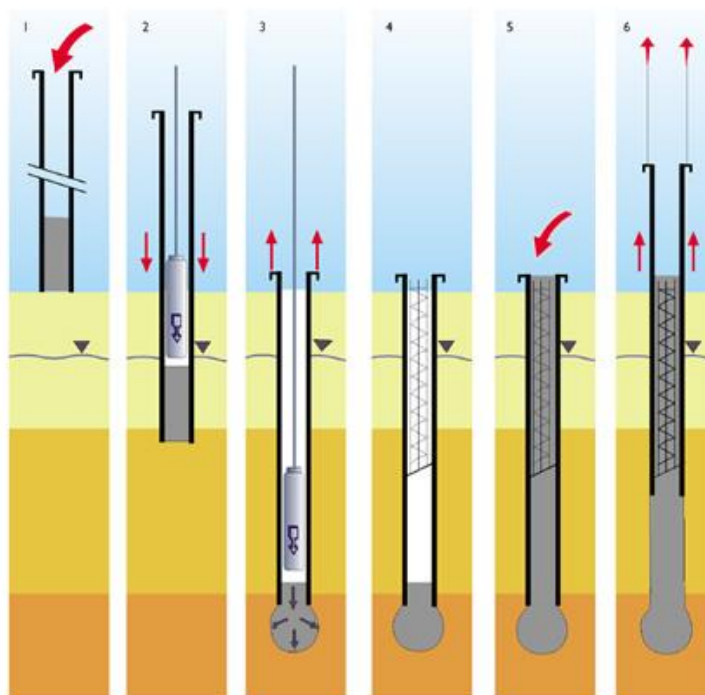
### ***Piloty Franki***

Technologie provádění ražených pilot Franki byla vyvinuta ve 30. letech minulého století v Belgii. U nás je v dnešní době prováděno tímto způsobem kolem 5 – 10 % pilotových základů a jejich převážná část spadá do prvků šterkovitých, které se řadí do oblasti zlepšování vlastností základové půdy. Předrážené, na místě betonované piloty je vhodné použít především v oblastech málo únosných naplavenin, sprašových a jílových hlín, objemově nestálých zemín, v místech neulehlých násypů a neodmyslitelnou roli hrají při zakládání na poddolovaném území, seizmicky aktivních místech a v oblastech výskytu agresivní podzemní vody. Piloty Franki vykazují v těchto prostředích v porovnání s dalšími typy pilot výrazně vyšší únosnosti při stejných profilech pilot, což vede k ekonomicky výhodnějšímu založení stavby. Oproti pilotám vrtaným je cena 1 kN zatížení stavbou přeneseného do podloží přibližně poloviční.

Piloty Franki se provádí pomocí ocelové silnostěnné razící roury (výpažnice) s vnějším průměrem 408 mm nebo 515 mm zhotovované přibližně v délkách samotných pilot (12 – 14 m). Tyto roury lze pro prodloužení piloty nadstavovat pomocí nástavců, což však může vést k problémům při jejich vytahování, a tak se prodlužování nedoporučuje. Samotný razící systém se skládá většinou z housenicového (může být i kolový), z lafety s několikanásobným kladkostrojem, vodopádového vrátku a skipu pro transport betonu do razící roury. Výpažnice se poté vztýčí do provozní polohy, ze které lze razit piloty svislé nebo šikmé se sklonem do 8:1. Pomocí skipu se do razící roury nasype přibližně 0,15 m<sup>3</sup> suchého betonu ( $v/c \leq 0,3$ ), který vytvoří v dolní části výpažnice zátku, jež je hutněna opakovaným volným pádem beranu tvaru ocelového válce z výšky 2 – 4 m a hmotnosti 1,25 – 5,5 t. V průběhu beranění vniká razící roura do základové půdy a beranící síla je z části zprostředkována třením mezi betonovou zátkou a vnitřní stěnou roury. V průběhu se sleduje vnikání roury do základové půdy ve vztahu k počtu úderů, přesněji řečeno,

měří se velikost mechanické energie ve vztahu k vniku roury. Nejvýznamnější jsou hodnoty naměřené na posledním 1,0 m, nebo i 2,0 m. S ohledem na typy základové půdy se pomocí těchto naměřených velikostí usuzuje na únosnost předrážené piloty. Po dosažení únosné zeminy, tudíž splnění energetického kritéria se razicí roura vyvěsí a postupně se začne přidávat přibližně 0,5 – 1,5 m<sup>3</sup> betonu, což vede k fázi odstranění zátky, která nesmí být vyražena úplně, aby nedošlo k přerušení a následnému porušení piloty. Také dochází k vytváření typické „cibule“ pod patou piloty, jež má zásadní vliv na její únosnost. Dalším krokem je vložení armokoše (podélná výztuž o průměru min. 14mm, distanční kruhy, spirály) do roury a přisypání dalšího betonu hutněného beranem při současném povytahování razicí roury.

Samotný technologický postup výroby předrážené piloty Franki lze vyčíst z obrázku níže (Obr. 4-16).



**Obr. 4-16:** Technologie provádění pilot Franki [14]

*Typické znaky hotových pilot:*

- typický cibulovitý tvar paty (1,5 – 1,8 násobek průměru dřívku),

- drsný dřík s až o 80 % větším plášťovým třením než vrtané piloty podobných průměrů,
- mimořádně kvalitní beton,
- mimořádně odolný beton (nepropustný, odolný vůči agresivnímu prostředí),
- mimořádně velká míra únosnosti v příznivých geotechnických podmínkách.

*Nevýhody předrážených pilot:*

- během beranění vznikají velké dynamické rázy, kvůli kterým je jejich provádění v intravilánech problematické a v hustě zastavěných oblastech nepřijatelné,
- omezení průměry a délky,
- vhodnost využití pouze v určitých zeminách, především v nesoudržných zeminách bez velkých balvanů a horninových vložek, jež nejdou prorazit; při beranění v soudržných zeminách vznikají velké pórové tlaky, které postupem času s postupující konsolidací zeminy vymizí a pilota tak ztrácí svou únosnost, což vede k následnému sedání; proto není vhodné piloty Franki budovat v soudržných zeminách a také v poloskalním podloží,
- v suchých soudržných zeminách (např. sprašové hlíny) hrozí nebezpečí vzniku „spálení“ betonu, což by vedlo k jeho rozpadu, protože zemina obsahuje další vodu z již suchého betonu,
- Franki piloty jsou vhodné zejména k přenosu osových zatížení; s ohledem na jejich omezené průměry nejsou vhodné pro přenos příčných sil; s ohledem na tvar dříků nejsou vhodné ani pro pilotové stěny. [2]



*Obr. 4-17: Ukázka cibulovitého tvaru pat pilot[12]*

## 4.3 MIKROPILOTY

Tyto prvky hlubinného zakládání staveb se vyznačují především svou mimořádnou štíhlostí a skromnými nároky na prostor v místě provádění. Jejich účelem je podchycování a zesilování základů již stojících staveb ve velmi stísněných podmínkách. Postupem času se začaly využívat i pro novostavby, kde s ohledem na omezený pracovní prostor nelze využít jiné metody. Jsou také vhodné tam, kde vrtané piloty nelze provádět z důvodů špatně vrtatelných hornin v základové půdě. Mikropiloty a jejich provádění (Obr. 4-18) se řídí ustanovením evropské normy ČSN EN 14199: *Provádění speciálních geotechnických prací – Mikropiloty*. Tato norma platí pro vrtané mikropiloty o vnějším průměru do 300 mm a pro mikropiloty ražené o vnějším průměru do 150 mm.

Délky ani sklony mikropilot nejsou omezeny. Díky své štíhlosti jsou určeny zejména pro přenos tlakových i tahových osových sil. Do základové půdy jsou upnuty injektáží, což vede k využití jejich vnitřní únosnosti vycházející z vlastní konstrukce mikropiloty. U nás se využívá pouze vrtaných mikropilot, konkrétně pak:

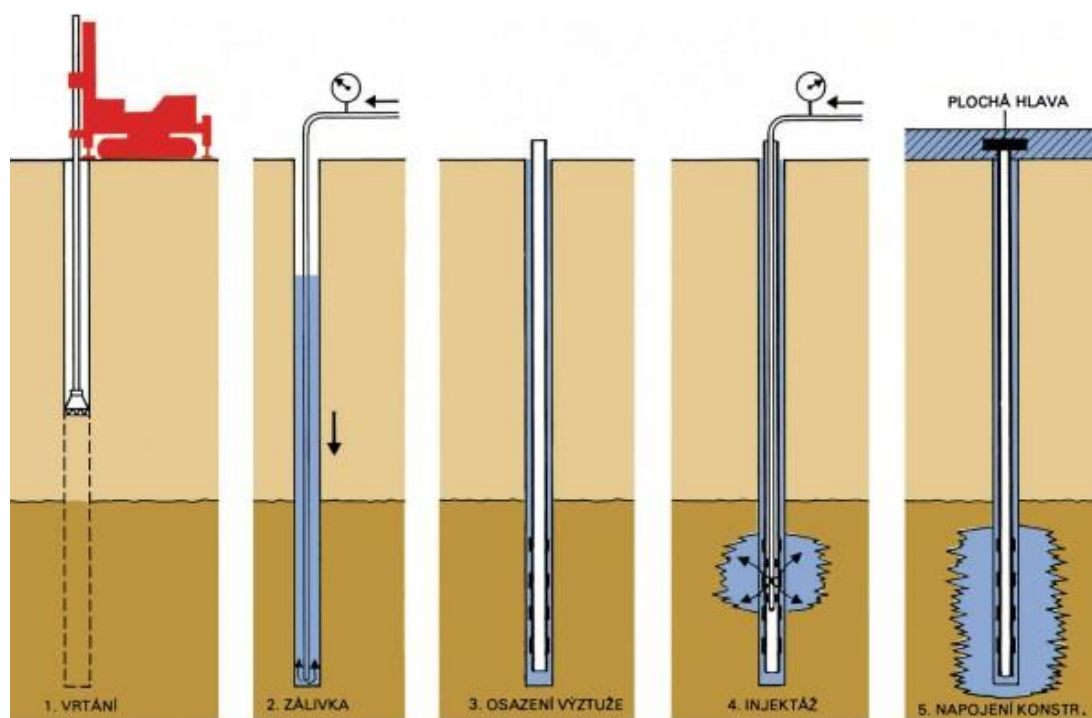
- s trubní ocelovou výztuží (více jak 90 %),

- armokošových,

- tyčových (dřík tvořen ocelovou tyčí o průměru 50 – 70 mm).

Tyto piloty lze dále dělit podle způsobu namáhání na tlakové, tahové a namáhané příčnými silami a podle způsobu uvedení do funkce na *nepředtěžované* (deformace potřebná k stabilizaci únosnosti mikropiloty probíhá v plné hodnotě po spojení s nadzákladovou konstrukcí), *předtížené* (před spojením se základem se mikropilota přetíží silou o velikosti jejího následného zatížení a následné sednutí je určeno jejím pružným stlačením), *předpjaté* (mikropilota je spojena s konstrukcí v zatíženém stavu, což vede k minimálním deformacím).

Předtížené a předpjaté mikropiloty slouží hlavně k podchycování nebo k podepírání při stěhování stávajících konstrukcí.[1]



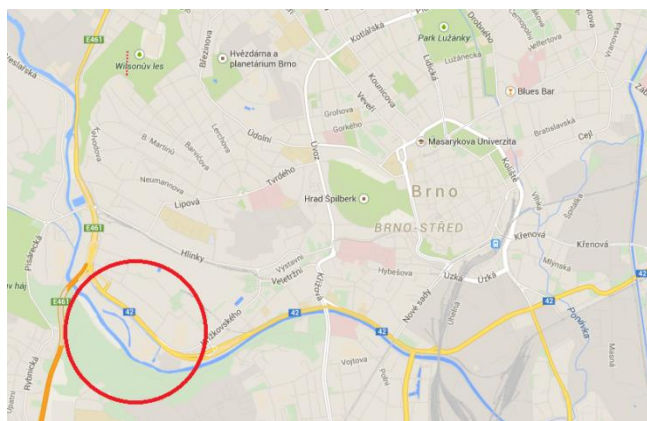
**Obr. 4-18:** Technologický postup provádění mikropilot [12]

## 5. PRAKTICKÁ APLIKACE – NÁVRH ZALOŽENÍ OBJEKTU

### 5.1 Charakteristika objektu

Předmětem této práce je návrh založení Krytého dopravního hřiště v areálu dopravní výchovy RIVIERA v Brně. Staveniště se nachází v jihozápadní části města Brna, v městské části Pisárky (Obr. 5-19, 5-20). Samotné místo výstavby se rozkládá v areálu koupaliště Riviéra v nadmořské výšce 205,5 m. n. m. Přibližně 50 m jižně od místa výstavby protéká řeka Svratka, jejíž hladina je 3,5 m pod stávajícím terénem.

Severní části obklopuje rychlostní silnice číslo 42. Celá oblast se pak rozkládá v mírném podnebném pásu s průměrnou roční teplotou 8,5°C a s ročním úhrnem srážek okolo 100 mm/m<sup>2</sup>.



*Obr. 5-19: Poloha staveniště*

Dle projektové dokumentace bude nosnou konstrukci tvořit skelet ze železobetonových sloupů a dřevěná konstrukce střechy. Půdorysné rozměry konstrukce jsou 43,3 x 37,5 m, výška vazníku v nejnižším místě je 4,0 m a základní modulové uspořádání sloupů je v rastru 6,0 x 12,0 m.

### 5.2 Geologické poměry širšího okolí

Dle geomorfologického členění našeho území se jedná o oblast Brněnské vrchoviny z celku Bobravské vrchoviny, podcelku Lipovské pahorkatiny a okrsku Pisárecké kotliny. Samotná zkoumaná plocha se nachází v oblasti aluviální nivy řeky Svratky s upraveným korytem a slepými rameny a náhonem. Terén je v oblasti rovinný. Geologické podloží předkvarterního stáří je tvořeno výhradně biotitickými

granodiority, částečně tonality z období neoproterozoika. V této oblasti se skalní podloží nachází v hloubce 4,5 – 8 m pod původním terénem. Ve svrchních polohách je skalní podloží zvětralé a tektonicky narušené. Z hlediska klasifikace řadíme tyto horniny podle stupně zvětrání do třídy R5 až R3. V místě průzkumu je skalní podloží překryto fluviálními štěrky a písky s odlišným množstvím hlíny v těchto vrstvách.

V nižších polohách se nachází zeminy obsahující větší množství štěrků. Vyšší vrstvy jsou naopak tvořeny většinou jílovitoprachovými, místy pak jemně písčítými hlínami tuhých až pevných konzistencí. Prachovitopísčitá svrchní vrstva zde byla pravděpodobně navezena



za účelem úpravy koryta řeky Svratky. Část svrchní vrstvy je tvořena nehomogenní navážkou, která však nabývá malé mocnosti a nemá tak vliv na způsob založení.

*Obr. 5-20: Přibližná situace*

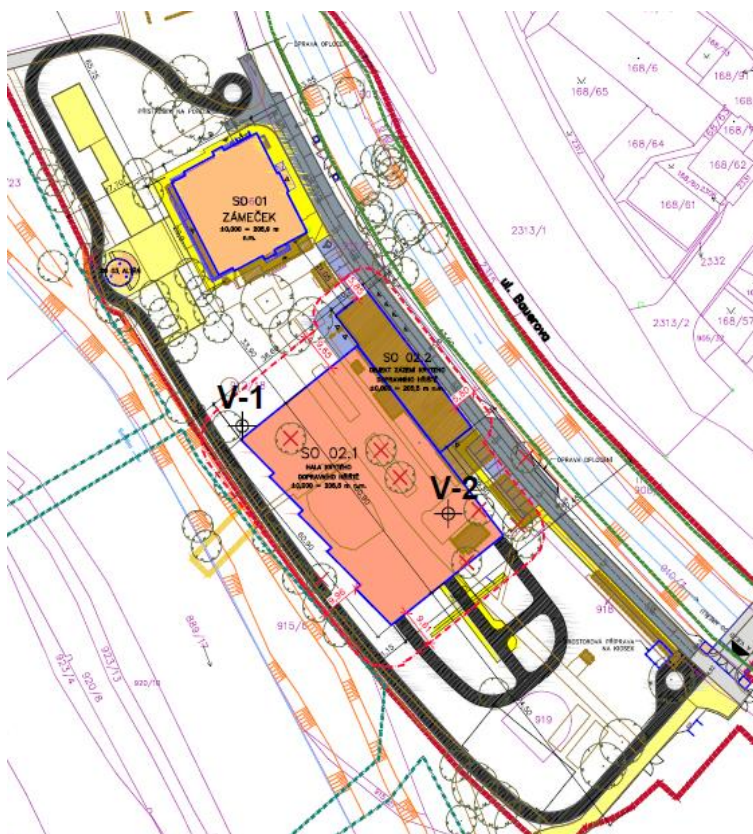
### 5.3 Hydrogeologie

Hladina podzemní vody se v této oblasti pohybuje 3,4 a 3,7 m pod úrovní stávajícího terénu. Tato hladina zhruba odpovídá úrovni vody v řece a v ostatních okolních vodotečích, se kterou je v přímé hydrogeologické souvislosti prostřednictvím poměrně velmi propustných fluviálních štěrků a štěrkopísků. Dle laboratorního rozboru se z hlediska chemického působení vody na beton jedná o slabě agresivní chemické prostředí XA1.

### 5.4 Průzkumné práce

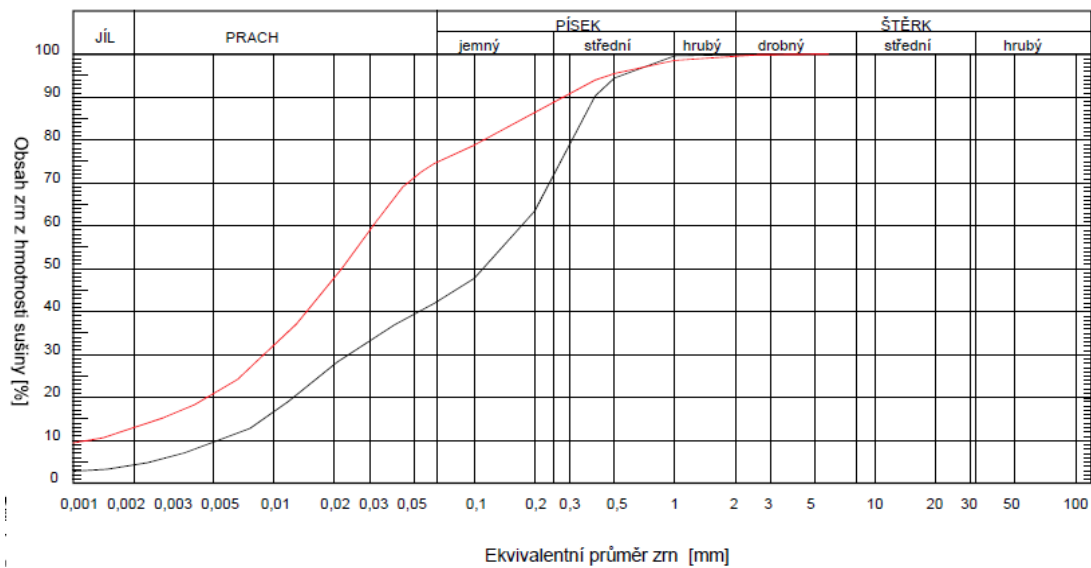
Ve zkoumané lokalitě byly provedeny 2 vrtané sondy označené V-1 a V-2 (Obr. 5-21). Hloubka sond byla navržena do hloubky 8,0 m, avšak kvůli výskytu skalního podloží byla do této hloubky vyhloubena pouze sonda V-2. Sonda V-1 byla

ukončena v hloubce 7,0 m. Z provedených sond byly odebrány dva poloporušené vzorky zeminy, na kterých se v laboratořích uskutečnily základní klasifikační rozbor, sloužící k přesnějšímu zatřídění (Obr. 5-23, 5-24). Jednalo se o základní granulometrický rozbor v kombinaci se síťovým rozbohem a hustoměrnou zkouškou. Nezanedbatelný výskyt jemnozrnné frakce u obou vzorků vedl k zjištění vlhkosti na mezi tekutosti a plasticity, které jsou společně s přirozenou vlhkostí podkladem pro samotné zatřídění. Hodnoty konzistence byly stanoveny dle laboratorní penetrační pevnosti.












**Obr. 5-21:** Situace sond V-1 a V-2 1

Název akce	Zak. číslo	Sonda	Hloubka (m)	Označení
Brno - Pisárky - Riviera - Areál dopravní výchovy	12011	V-1	0,7 - 0,9	—
Brno - Pisárky - Riviera - Areál dopravní výchovy	12011	V-1	4,0 - 4,5	—



**Obr. 5-22: Křivka zrnitosti**

Hloubka (m)	Grafická značka	Petrografický a geotechnický popis základových půd	Klasifikace ČSN 73 1001 EN ISO 14688	R <sub>s</sub> (kPa)	Těžitelnost ČSN 73 3050
0,3		Hlína prachová, slabě humusová, jemnozrně písčítá, hnědá, pevná	F3-MS (fsaSi)	275	3
2,6		Hlína písčítá, světle hnědá, pevná	F3-MS (saSi)	275	4
3,2		Hlína prachová, jemnozrně písčítá, hnědá, tuhá	F3-MS (fsaSi)	175	3
3,5		Písek jemnozrný, zahliněný, světle hnědý, pevný	S4-SM (clsif Sa)	250	3
3,7					
5,0		Jíl středně plastický, písčítý, modrošedý, tuhý	F6-CI (saSi)	100	3
5,4		Štěrk písčítý, slabě zajiřovaný, středně uhlý, hnědý, zvodnělý	G3-GF (saGr)	300	3
6,2		Silně zvětralé skalní podloží - granodiorit	R4	450	5
7,0		Mírně zvětralé skalní podloží - granodiorit	R3	550	6

*Obr. 5-23: Geologický profil sondou V-1*

Hloubka (m)	Grafická značka	Petrografický a geotechnický popis základových púd	Klasifikace CSN 73 1001 EN ISO 14688	R <sub>s</sub> (kPa)	Těžitelnost CSN 73 3050
0,3		Navážka - hlína, písek, ojediněle úlomky cihel	Y (Mq)	-	3
0,5		Hlína písčitá, světle hnědá, pevná	F3-MS (saSi)	275	4
0,6		Písek se štěrskem, sv. hnědý, středně ulehlý, suchý	G3-Sr (grSa)	100	3
1,2		Hlína písčitá, světle hnědá, pevná	F3-MS (saSi)	275	4
2,0		Dttto, tuhá až pevná	F3-MS (saclSi)	225	3
2,8		Štěrck jemnozrně písčitý, zahliněný, hnědý, tuhý až pevný	G4-GM (fsaclsiGr)	300	3
3,4		Štěrck písčitý, slabě zajiřovaný, ulehlý, mokřý, hnědý	G3-GF (saGr)	450	3
5,8		Štěrck písčitý, slabě zajiřovaný, ulehlý, zvodnělý, hnědý	G3-GF (saGr)	450	3
6,1		Jíl písčitý, se štěrskem, pevný, ředozelený	F4-CS (grsasiCl)	250	3
7,0		Zcela zvětrálé skalní podloží - granodiorit	R5	400	4
8,0		Mírně zvětrálé skalní podloží - granodiorit	R3	550	6

Obr. 5-24: Geologický profil sondou V-2

## 5.5 Shrnutí základových poměrů

Základové poměry na daném stanovišti lze pojmenovat jako jednoduché. V rámci posuzované plochy se poměry liší minimálně. HPV, která se nachází v hloubkách 3,4 a 3,7 m pod úrovní terénu, by neměla mít vliv na způsob založení daného objektu.

V dosažených hloubkách vrtů se nachází vysoce únosné, málo stlačitelné skalní podloží. Konstrukci se dle statického hlediska řadí do konstrukcí náročných. Z výše uvedených údajů vyplývá, ve smyslu dnes již neplatné normy ČSN 73 1001, že se jedná o druhou geotechnickou kategorii (GK), a proto je doporučeno provést výpočet na základě obou mezních stavů základových půd pro předpokládané zatížení na základě smykových a přetvárných parametrů pro dané typy půd. Dle ČSN EN 1997-1 jsou geotechnické kategorie definovány volněji na základě míry rizika. V daném případě jde o běžné riziko a obvyklý typ konstrukce, lze jej tedy také zařadit do 2.GK. V dané lokalitě je vhodné založení spíše nepodsklepeného objektu, který se bude nacházet nad hladinou podzemní vody. Dle parametrů projektovaného objektu, který bude tvořen skupinou sloupů s koncentrovaným bodovým zatížením, je nejvhodnějším způsobem založení hlubinné, konkrétně pilotové, které bude vetknuto do štěrkopískové vrstvy a opřeno o skalní podloží. Plošné založení nebylo zvoleno z toho důvodu, že se jedná o stavbu těžkou. Pro plošné založení by bylo zapotřebí zrovnoměnit základové poměry pomocí hutněných štěrkových nebo štěrkopískových polštářů, což by vedlo k navýšení celkové ceny stavby, které je nežádoucí, proto se jako nejvýhodnější varianta jeví hlubinné pilotové založení.

Výkopy v písčitých hlínách je nutno pažit nebo svahovat ve sklonu 1:1. Ostatní hlubší výkopy je nutno pažit a výkopy pod hladinou podzemní vody je nutno zajistit hnaným pažením a odčerpáváním podzemní vody v době výstavby. Lokalita jako je jako celek stabilní a nehrozí zde nebezpečí pohybu zemního tělesa, tudíž by nemělo dojít k následným poruchám horní nosné konstrukce.

## **5.6 Možné způsoby založení objektu**

Projektovaný objekt v dané lokalitě je možné založit plošně i hlubinně. V případě lehkého objektu se dá uvažovat o plošném založení na patkách. Avšak navrhovaný objekt se řadí do kategorie těžkých objektů se soustředným bodovým zatížením a díky skalnímu podloží, které se nachází poměrně mělce pod stávajícím terénem, je nejvýhodnějším a zároveň nejbezpečnějším způsobem založení tohoto objektu založení na pilotách, které budou opřeny o granodioritové podloží.

Pro bakalářskou práci jsem tedy zvolil variantu hlubinného založení na pilotách opřených o skalní podloží. Posouzení a statický výpočet byly provedeny pro dva druhy pilot: pilota délky 4 m a průměru 630 mm a pilota délky 5 m a průměru 630 mm. Piloty byly navrženy dle největšího zatížení, které bylo převzato ze statického výpočtu konstrukce. Kratší, 4 m piloty, budou na svých kruhových hlavicích nést pouze jeden sloup, avšak pilota o délce 5 m bude mít hlavici obdélníkového tvaru pro ukotvené dvojice sloupů.

V příloze této práce lze najít i alternativu založení na patkách. Tato varianta se však v důsledku blízkého výskytu koryta řeky a tudíž kolísavé hladiny podzemní vody nedoporučuje.

## 5.7 Statický výpočet únosnosti vybraných pilot

### 5.7.1 Středová pilota – zatížení do 230 kN

Tato pilota délky 4 m s průměrem 630 mm byla posouzena na 1. a 2. MS dle ČSN EN 1997 za použití 2. návrhového přístupu bez použití výpočtového softwaru. Vrtaná pilota byla pažena ocelovými pažnicemi, které byly v průběhu betonáže postupně vytahovány. Základová spára se nachází v hloubce 1,2 m. Hladina podzemní vody je v předpokládané hloubce 3,4 m pod úrovní původního terénu. Výsledné hodnoty budou porovnány s hodnotami získanými z výpočtového softwaru GEO 5.

**Tab. 5-5:** Geotechnické parametry zemin

Vrstva	Mocnost [m]	Zemina	$\gamma, \gamma'$	$\varphi'$	$c'$
1	0,00 – 2,50	F3 MS (P)	18,00	27,00	16,00
2	2,50 – 3,20	F3 MS (T)	18,00	26,00	12,00
3	3,20 – 3,50	S4 SM	8,00	30,00	5,00
4	3,50 – 5,00	F6 CL	11,00	19,00	12,00
5	5,00 – 5,50	G3 G-F	9,00	33,00	0,00
6	5,50 – 7,00	R5	12,50	35,00	15,00

### 1. Mezní stav – svislá návrhová únosnost

$$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} \quad (5-1)$$

$U_{vd}$  – svislá návrhová únosnost

$U_{bd}$  – návrhová únosnost paty piloty

$U_{fd}$  – návrhová únosnost na plášti piloty

$$\text{Návrhová únosnost paty piloty: } U_{bd} = k_1 \cdot A_s \cdot R_d / \gamma_b \quad (5-2)$$

$$\gamma_b = 1,1$$

$$k_1 = 1,05 \text{ (L = 4 m)}$$

$$A_s = \pi \cdot d^2 / 4$$

$$A_s = \pi \cdot 0,63^2 / 4 = 0,312 \text{ m}^2$$

$$R_d = 1,2 \cdot c_d \cdot N_{cd} + (1 + \sin\varphi) \cdot \gamma_1 \cdot L \cdot N_{dd} + 0,7 \cdot \gamma_2 \cdot d / 2 \cdot N_{bd} \quad (5-3)$$

$$\varphi_k = \varphi_d = 33^\circ \text{ (}\gamma_M = 1,0\text{)}$$

$$N_{dd} = \exp(\pi \cdot \text{tg}\varphi_d) \cdot \text{tg}^2(45 + \varphi_d/2) \quad (5-4)$$

$$N_{dd} = \exp(\pi \cdot \text{tg}33) \cdot \text{tg}^2(45 + 33/2) = 26,092$$

$$N_{cd} = (N_{dd} - 1) \cdot \text{cotg}\varphi_d \quad (5-5)$$

$$N_{cd} = (-1) \cdot \text{cotg}33 = 38,638$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (N_{dd} - 1) \cdot \text{tg}\varphi_d \quad (5-6)$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (-1) \cdot \text{tg}28 = 24,442$$

$$\gamma_1 = \sum_{i=1}^n h_i \cdot \gamma_i / \sum_{i=1}^n h_i$$

$$\gamma_1 = (1,3 \cdot 18 + 0,7 \cdot 18 + 0,3 \cdot 8 + 1,5 \cdot 8 + 0,2 \cdot 11) / 4 = 14,175 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = 9,0 \text{ kN/m}^3$$

$$R_d = 1,2 \cdot 0,38,638 + (1 + \sin 33) \cdot 14,175 \cdot 4 \cdot 26,092 +$$

$$0,7 \cdot 12,5 \cdot 0,63 / 2 \cdot 24,442 = 2333,67 \text{ kN}$$

$$U_{bd} = 1,05 \cdot 0,312 \cdot 2333,67 / 1,1 = 694,40 \text{ kN}$$

$$\text{Návrhová únosnost pláště piloty: } U_{fd} = \pi \cdot \sum d_i \cdot h_i \cdot f_{si} / \gamma_s$$

$$\gamma_s = 1,1$$

$$f_{si} = \sigma_{xi} \cdot \text{tg}(\varphi_d / \gamma_{r1}) + c_d / \gamma_{r2} \quad (5-9)$$

$$\sigma_{xi} = k_2 \cdot \sigma_{ori} \quad (5-10)$$

$$k_2 = 1,0 \text{ (z} \leq 10,0 \text{ m)}$$

$$\gamma_{r1} = 1,0 \text{ (z} > 3,0 \text{ m)}$$

$$\gamma_{r2} = 1,2 \text{ (zapažený vrt ocelovou pažnicí pod HPV)}$$

Hloubka: 1,2 – 2,5 m	$\sigma_{or1} = 0,65 \cdot 18 = 11,7 \text{ kPa}$ $\sigma_{x1} = 1,0 \cdot 11,7 = 11,7 \text{ kPa}$ $f_{s1} = 11,7 \cdot \text{tg}27 + 16/1,2 = 19,29 \text{ kPa}$
Hloubka: 2,5 – 3,2 m	$\sigma_{or2} = 1,3 \cdot 18 + 0,35 \cdot 18 = 29,70 \text{ kPa}$ $\sigma_{x2} = 1,0 \cdot 29,70 = 29,70 \text{ kPa}$ $f_{s2} = 29,70 \cdot \text{tg}26 + 12/1,2 = 24,49 \text{ kPa}$
Hloubka: 3,2 – 3,5 m	$\sigma_{or3} = 1,3 \cdot 18 + 0,7 \cdot 18 + 0,15 \cdot 8 = 37,20 \text{ kPa}$ $\sigma_{x3} = 1,0 \cdot 37,20 = 37,20 \text{ kPa}$ $f_{s3} = 37,20 \cdot \text{tg}30 + 5/1,2 = 25,64 \text{ kPa}$
Hloubka: 3,5 – 5,0 m	$\sigma_{or4} = 1,3 \cdot 18 + 0,7 \cdot 18 + 0,3 \cdot 8 + 0,75 \cdot 11 =$ $= 46,65 \text{ kPa}$ $\sigma_{x4} = 1,0 \cdot 46,65 = 46,65 \text{ kPa}$ $f_{s4} = 46,65 \cdot \text{tg}19 + 12/1,2 = 26,06 \text{ kPa}$
Hloubka: 5,0 – 5,2 m	$\sigma_{or5} = 1,3 \cdot 18 + 0,7 \cdot 18 + 0,3 \cdot 8 + 1,5 \cdot 11 +$ $+ 0,1 \cdot 9 = 55,80 \text{ kPa}$ $\sigma_{x5} = 1,0 \cdot 55,80 = 55,80 \text{ kPa}$ $f_{s5} = 55,80 \cdot \text{tg}33 + 0/1,2 = 36,24 \text{ kPa}$

$$U_{fd} = \pi \cdot 0,63 \cdot (1,3 \cdot 19,29 + 0,7 \cdot 24,49 + 0,3 \cdot 25,64 + 1,5 \cdot 26,06 + 0,2 \cdot 36,34) / 1,1$$

$$= 173,19 \text{ kN}$$

**Návrhová únosnost piloty:  $U_{vd} = 694,40 + 173,19 = 867,59 \text{ kN}$**

## 2. Mezní stav – posouzení

**Tab. 5-6:** Únosné vrstvy

Zemina	od – do [m]	$l_D$	$D_i$	$D_i/d_i$
F3 MS (P)	1,2 – 2,5	-	0,65	1,03
F3 MS (T)	2,5 – 3,2	-	1,65	2,62
S4 SM	3,2 – 3,5	0,7	2,15	3,41
F6 CL	3,5 – 5,0	-	3,05	4,48
G3 G-F	5,0 – 5,2	0,7	3,90	6,19

$$R_{bu} = R_{su} + R_{pu} \quad (5-11)$$

$R_{bu}$  – mezní únosnost

$R_{su}$  – mezní únosnost na plášti piloty

$R_{pu}$  – mezní únosnost paty piloty

Mezní únosnost na plášti piloty:  $R_{su} = 0,7 \cdot m_2 \cdot \pi \sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si}$  (5-12)

$m_2 = 1,0$  (betonáž do suchého vrtu a pod vodu)

$$q_{si} = a - b/(D_i/d_i) \quad (5-13)$$

**Tab. 5-7:** Regresivní koeficienty a mezní plášťové tření  $i$ -té vrstvy

Zemina	$l_D$	$a$	$b$	$q_{si}$
F3 MS (P)	-	97,31	108,59	-7,94
F3 MS (T)	-	46,39	20,81	38,44
S4 SM	0,7	91,22	48,44	77,03
F3 MS (T)	-	46,39	20,81	42,09
G3 G-F	0,7	91,22	48,44	83,40

$$R_{su} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot \pi \cdot 0,63 \cdot (1,3 \cdot (-7,94) + 0,7 \cdot 38,44 + 0,3 \cdot 77,03 + 1,5 \cdot 42,09 + 0,2 \cdot 83,40) = 165,58 \text{ kN}$$

Příspěvek paty piloty:  $R_{pu} = \beta \cdot R_y \cdot s_{25}/s_y$  (5-14)

$$R_y = R_{su}/(1 - \beta) \quad (5-15)$$

$$\beta = q_0/(q_0 + 4 \cdot q_s \cdot L/d_0) \quad (5-16)$$

$$q_0 = e - f/(L/d_0) \quad (5-17)$$

$$q_0 = 490,34 - 445,42/(4/0,63) = 420,19 \text{ kPa}$$

$$q_s = \sum_{i=1}^n q_{si} \cdot d_i \cdot h_i / \sum_{i=1}^n d_i \cdot h_i \quad (5-18)$$

$$q_s = (-7,94) \cdot 1,3 + 38,44 \cdot 0,7 + 77,03 \cdot 0,3 + 42,09 \cdot 1,5 + 83,40 \cdot 0,2 / 4 = \\ = 29,88 \text{ kPa}$$

$$\beta = 420,19 / (420,19 + 4 \cdot 29,88 \cdot 4 / 0,63) = 0,3564$$

$$R_y = 165,58 / (1 - 0,3564) = 257,27 \text{ kN}$$

$$s_y = I \cdot R_y / (d \cdot E_s) \quad (5-19)$$

$$I = I_1 \cdot R_k \quad (5-20)$$

$$I_1 = 0,19$$

$$R_k = 1,0 \text{ (K = 3182,88)}$$

$$I = 0,19 \cdot 1,0 = 0,19$$

$$E_s = \sum_{i=1}^n E_{si} \cdot h_i / \sum_{i=1}^n h_i \quad (5-21)$$

$$E_{s1} = 11,45$$

$$E_{s2} = 3,26$$

$$E_{s3} = 15,83$$

$$E_{s4} = 6,98$$

$$E_{s5} = 4,62$$

$$E_s = (11,45 \cdot 1,3 + 3,26 \cdot 0,7 + 15,83 \cdot 0,3 + 6,98 \cdot 1,5 + 4,62 \cdot 0,2) / 4 = \\ = 8,33 \text{ MPa}$$

$$K = (E_b / E_s) = 26\,500 / 8,33 = 3182,88 \quad (5-22)$$

$$s_y = 0,19 \cdot 257,27 / (0,63 \cdot 8,33) = 9,32 \text{ mm}$$

$$R_{pu} = 0,3564 \cdot 257,27 \cdot 25 / 9,32 = 245,97 \text{ kN}$$

**Mezní únosnost piloty pro  $s=25\text{mm}$ :  $R_{bu} = 165,58 + 245,97 = 411,55 \text{ kN}$**

#### **Mezní zatěžovací křivka:**

Souřadnicemi ( $s_y$ ;  $R_y$ ) je přímo zadána první větev mezní zatěžovací křivky tvaru paraboly 2° o rovnici:

$$s = s_y \cdot (R/R_y)^2 \quad (5-23)$$

pro obor zatížení:  $0 \leq R \leq R_y$ . [1]

Pro výše zmíněný případ:  $s = 9,32 \cdot (R/257,27)^2$

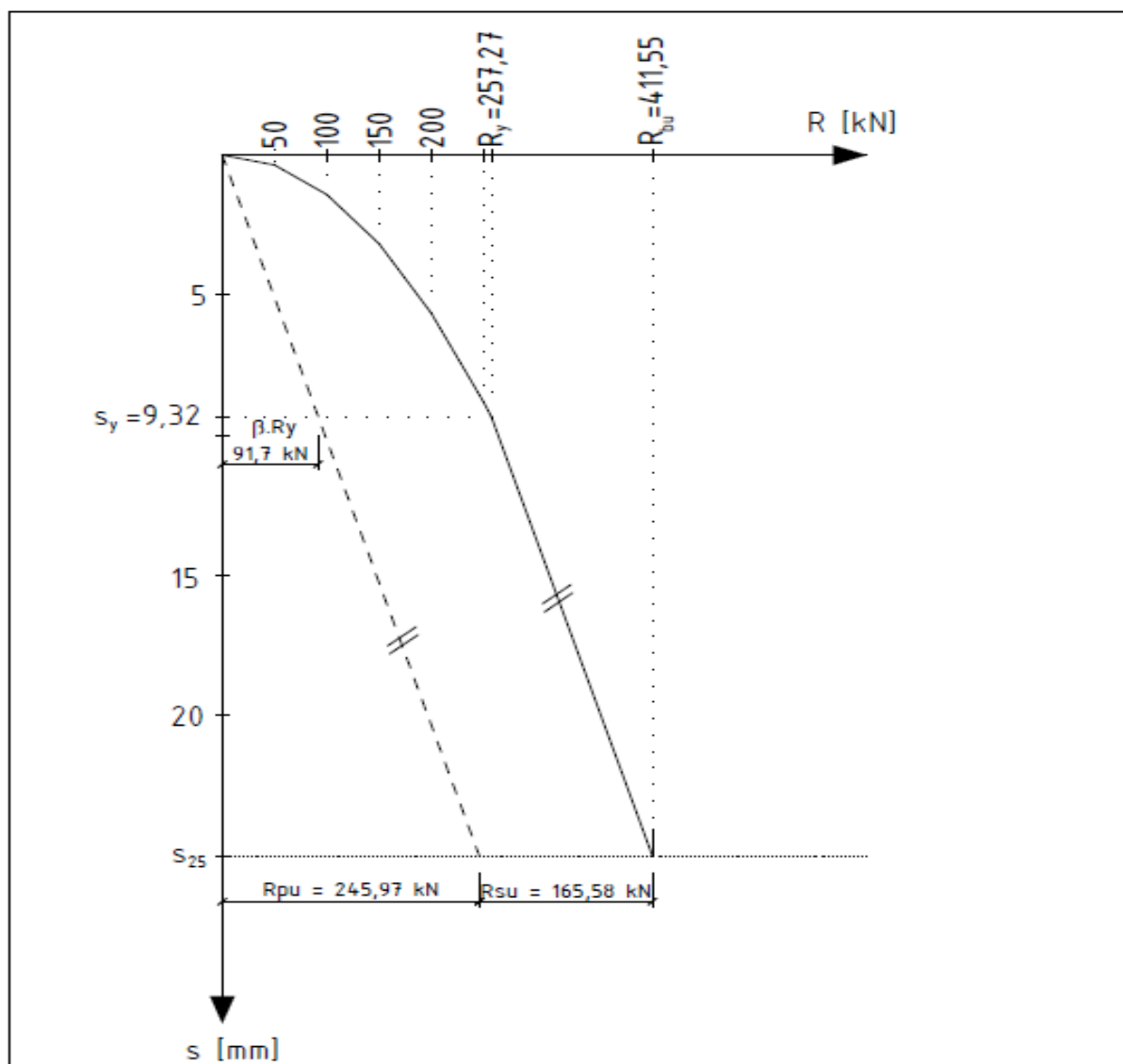
**Tab. 5-8: Body zatěžovací křivky**

$R_i$ [kN]	50	100	150	200	250	300	350	400
$s_i$ [mm]	0,35	1,40	3,16	5,63	8,79	12,67	17,24	22,52

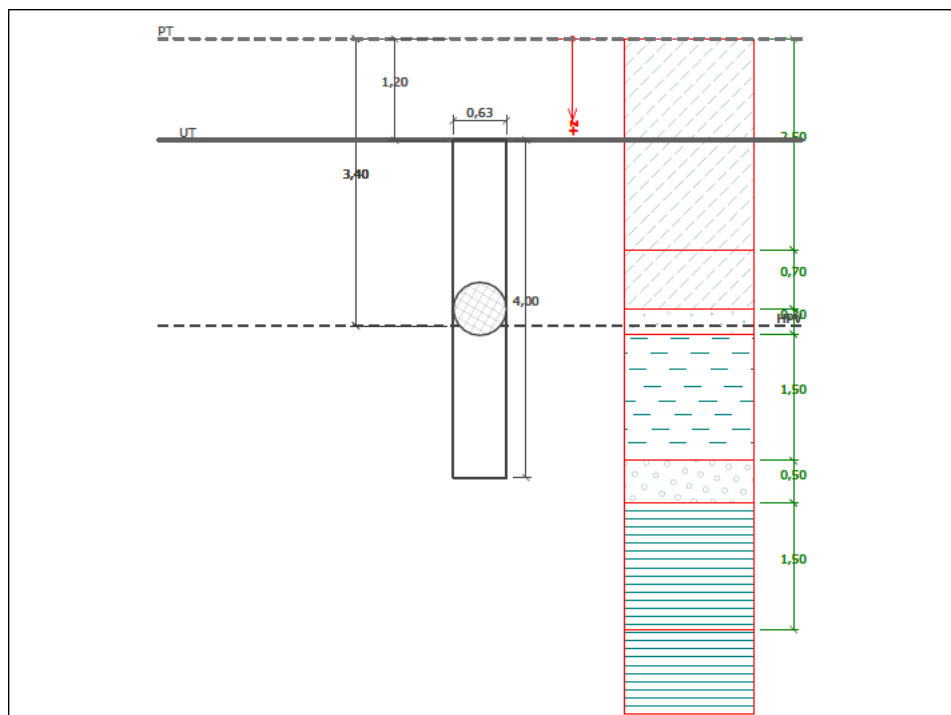
Pro obor zatížení  $R_y \leq R \leq R_{bu}$  se nacházíme v lineární větvi o rovnici:

$$s = s_y + \frac{s_{25} - s_y}{R_{bu} - R_y} \cdot (R - R_y) \quad [1] \quad (5-24)$$

Pro výše zmíněný případ:  $s = 9,32 + 0,10163 \cdot (R - 257,27)$ .



**Obr. 5-25: Mezní zatěžovací křivka piloty délky 4 m, průměru 630 mm**



*Obr. 5-26: Geologický profil výpočtu v GEO 5*

#### Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:

Nejnejpříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Ned)

Únosnost piloty na plášti  $R_s = 114,49 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě  $R_b = 706,26 \text{ kN}$

Únosnost piloty  $R_c = 820,75 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla  $V_d = 230,00 \text{ kN}$

$R_c = 820,75 \text{ kN} > 230,00 \text{ kN} = V_d$

**Svislá únosnost piloty VYHOVUJE**

*Obr. 5-27: Srovnávací výpočet v programu GEO 5*

### 5.7.2 Středová pilota – zatížení do 300 kN

Druhá pilota délky 5 m a průměru 630 mm je v této části posouzena také na oba mezní stavy dle ČSN EN 1997 za použití 2. návrhového přístupu. Jedná se o vrtanou pilotu paženou ocelovými pažnicemi, které budou v průběhu betonáže postupně vytahovány. Základová spára se nachází v hloubce 1,2m a hladina podzemní vody je v předpokládané hloubce 3,4 m pod úrovní původního terénu. Výpočet bez použití výpočtového softwaru bude opět porovnán s výsledky ze softwaru GEO 5.

**Tab. 5-9: Geotechnické parametry zemín**

Vrstva	Mocnost [m]	Zemina	$\gamma, \gamma'$	$\varphi'$	$c'$
1	0,00 – 2,50	F3 MS (P)	18,00	27,00	16,00
2	2,50 – 3,20	F3 MS (T)	18,00	26,00	12,00
3	3,20 – 3,50	S4 SM	8,00	30,00	5,00
4	3,50 – 5,00	F6 CL	11,00	19,00	12,00
5	5,00 – 5,50	G3 G-F	9,00	33,00	0,00
6	5,50 – 7,00	R5	12,50	35,00	15,00

#### 1. Mezní stav – svislá návrhová únosnost

Použité vzorce odpovídají vzorcům z předcházejících výpočtů (viz str. 43 – 45).

Návrhová únosnost paty piloty:

$$\gamma_b = 1,1$$

$$k_1 = 1,05 \text{ (L = 4 m)}$$

$$A_s = \pi \cdot 0,63^2 / 4 = 0,312 \text{ m}^2$$

$$\varphi_k = \varphi_d = 35^\circ \text{ (}\gamma_M = 1,0\text{)}$$

$$N_{dd} = \exp(\pi \cdot \text{tg}35) \cdot \text{tg}^2(45 + 35/2) = 33,296$$

$$N_{cd} = (-1) \cdot \text{cotg}35 = 46,124$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (-1) \cdot \text{tg}35 = 33,921$$

$$\gamma_1 = (1,3 \cdot 18 + 0,7 \cdot 18 + 0,3 \cdot 8 + 1,5 \cdot 11 + 0,5 \cdot 9 + 0,7 \cdot 12,5) / 5 = 13,630 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = 12,5 \text{ kN/m}^3$$

$$Rd = 1,2 \cdot 15 \cdot 46,124 + (1 + \sin 35) \cdot 13,630 \cdot 5 \cdot 33,296 +$$

$$0,7 \cdot 12,5 \cdot 0,63 / 2 \cdot 33,921 = 4494,37 \text{ kN}$$

$$U_{bd} = 1,05 \cdot 0,312 \cdot 4494,37 / 1,1 = 1337,32 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost pláště piloty:

$$\gamma_s = 1,1$$

$$k_2 = 1,0 \text{ (} z \leq 10,0 \text{ m)}$$

$$\gamma_{r1} = 1,0 \text{ (} z > 3,0 \text{ m)}$$

$$\gamma_{r2} = 1,2 \text{ (zapažený vrt ocelovou pažnicí pod HPV)}$$

Hloubka: 1,2 – 2,5 m

$$\sigma_{or1} = 0,65 \cdot 18 = 11,70 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x1} = 1,0 \cdot 11,7 = 11,70 \text{ kPa}$$

$$f_{s1} = 11,7 \cdot \text{tg}27 + 16 / 1,2 = 19,29 \text{ kPa}$$

Hloubka: 2,5 – 3,2 m

$$\sigma_{or2} = 1,3 \cdot 18 + 0,35 \cdot 18 = 29,70 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x2} = 1,0 \cdot 29,70 = 29,70 \text{ kPa}$$

$$f_{s2} = 29,70 \cdot \text{tg}26 + 12 / 1,2 = 24,49 \text{ kPa}$$

Hloubka: 3,2 – 3,5 m

$$\sigma_{or3} = 1,3 \cdot 18 + 0,7 \cdot 18 + 0,15 \cdot 8 = 37,20 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x3} = 1,0 \cdot 37,20 = 37,20 \text{ kPa}$$

$$f_{s3} = 37,20 \cdot \text{tg}30 + 5 / 1,2 = 25,64 \text{ kPa}$$

Hloubka: 3,5 – 5,0 m

$$\sigma_{or4} = 1,3 \cdot 18 + 0,7 \cdot 18 + 0,3 \cdot 8 + 0,75 \cdot 11 =$$

$$= 46,65 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x4} = 1,0 \cdot 46,65 = 46,65 \text{ kPa}$$

$$f_{s4} = 46,65 \cdot \text{tg}19 + 12 / 1,2 = 26,06 \text{ kPa}$$

Hloubka: 5,0 – 5,5 m

$$\sigma_{or5} = 1,3 \cdot 18 + 0,7 \cdot 18 + 0,3 \cdot 8 + 1,5 \cdot 11 +$$

$$+ 0,25 \cdot 9 = 57,15 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x5} = 1,0 \cdot 57,15 = 57,15 \text{ kPa}$$

$$f_{s5} = 57,15 \cdot \text{tg}33 + 0 / 1,2 = 37,11 \text{ kPa}$$

Hloubka: 5,5 – 6,2 m

$$\sigma_{or6} = 1,3 \cdot 18 + 0,7 \cdot 18 + 0,3 \cdot 8 + 1,5 \cdot 11 +$$

$$+0,50.9 + 0,35.12,5 = 63,78 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x6} = 1,0.63,78 = 63,78 \text{ kPa}$$

$$f_{s6} = 63,78. \operatorname{tg}35 + 15/1,2 = 57,16 \text{ kPa}$$

$$U_{fd} =$$

$$= \pi. 0,63. (1,3.19,29 + 0,7.24,49 + 0,3.25,64 + 1,50.26,06 + 0,5.37,11 + 0,7.57,16)/1,1$$

$$= 265,56 \text{ kN}$$

$$\text{Návrhová únosnost piloty: } U_{vd} = 1337,32 + 265,53 = 1602,85 \text{ kN}$$

## 2. Mezní stav – posouzení

Použité vzorce odpovídají vzorcům z předcházejících výpočtů (viz str. 46 – 48).

**Tab. 5-10: Únosné vrstvy**

Zemina	od – do [m]	$l_D$	$D_i$	$D_i/d_i$
F3 MS (P)	1,2 – 2,5	-	0,65	1,03
F3 MS (T)	2,5 – 3,2	-	1,65	2,62
S4 SM	3,2 – 3,5	0,7	2,15	3,41
F6 CL	3,5 – 5,0	-	3,05	4,48
G3 G-F	5,0 – 5,5	0,7	4,05	6,19
R5	5,5 – 6,2	-	4,65	7,35

Mezní únosnost na plášti piloty:

$$m_2 = 1,0 \text{ (betonáž do suchého vrtu a pod vodu)}$$

**Tab. 5-II: Regresivní koeficienty a mezní plášťové tření i-té vrstvy**

Zemina	$l_D$	a	b	$q_{si}$
F3 MS (P)	-	97,31	108,59	-7,94
F3 MS (T)	-	46,39	20,81	38,44
S4 SM	0,7	91,22	48,44	77,03
F3 MS (T)	-	46,39	20,81	42,09
G3 G-F	0,7	91,22	48,44	83,40
R5	-	131,92	94,96	119,05

$$R_{su} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot \pi \cdot 0,63 \cdot (1,3 \cdot (-7,94) + 0,7 \cdot 38,44 + 0,3 \cdot 77,03 + 1,5 \cdot 42,09 + 0,5 \cdot 83,40 + 0,7 \cdot 119,05) = 315,90 \text{ kN}$$

Příspěvek paty piloty:

$$q_0 = 957,61 - 703,89 / (5 / 0,63) = 868,92 \text{ kPa}$$

$$q_s = (-7,94) \cdot 1,3 + 38,44 \cdot 0,7 + 77,03 \cdot 0,3 + 42,09 \cdot 1,5 + 83,40 \cdot 0,5 + 119,05 \cdot 0,7 / 5 = 45,60 \text{ kPa}$$

$$\beta = 868,92 / (868,92 + 4 \cdot 45,60 \cdot 5 / 0,63) = 0,3751$$

$$R_y = 315,90 / (1 - 0,3751) = 505,51 \text{ kN}$$

$$I_1 = 0,17$$

$$R_k = 1,0 \text{ (K = 3003,79)}$$

$$I = 0,17 \cdot 1,0 = 0,17$$

$$E_{s1} = 11,45$$

$$E_{s2} = 3,26$$

$$E_{s3} = 15,83$$

$$E_{s4} = 6,98$$

$$E_{s5} = 4,62$$

$$E_{s6} = 13,64$$

$$E_s = (11,45 \cdot 1,3 + 3,26 \cdot 0,7 + 15,83 \cdot 0,3 + 6,98 \cdot 1,5 + 4,62 \cdot 0,5 + 13,64 \cdot 0,7) / 5 = 8,82 \text{ MPa}$$

$$s_y = 0,17 \cdot 505,51 / (0,63 \cdot 8,82) = 15,46 \text{ mm}$$

$$R_{pu} = 0,3751 \cdot 505,51 \cdot 25 / 815,46 = 306,57 \text{ kN}$$

**Mezní únosnost piloty pro  $s=25\text{mm}$ :  $R_{bu} = 315,90 + 306,57 = 622,47 \text{ kN}$**

**Mezní zatěžovací křivka:**

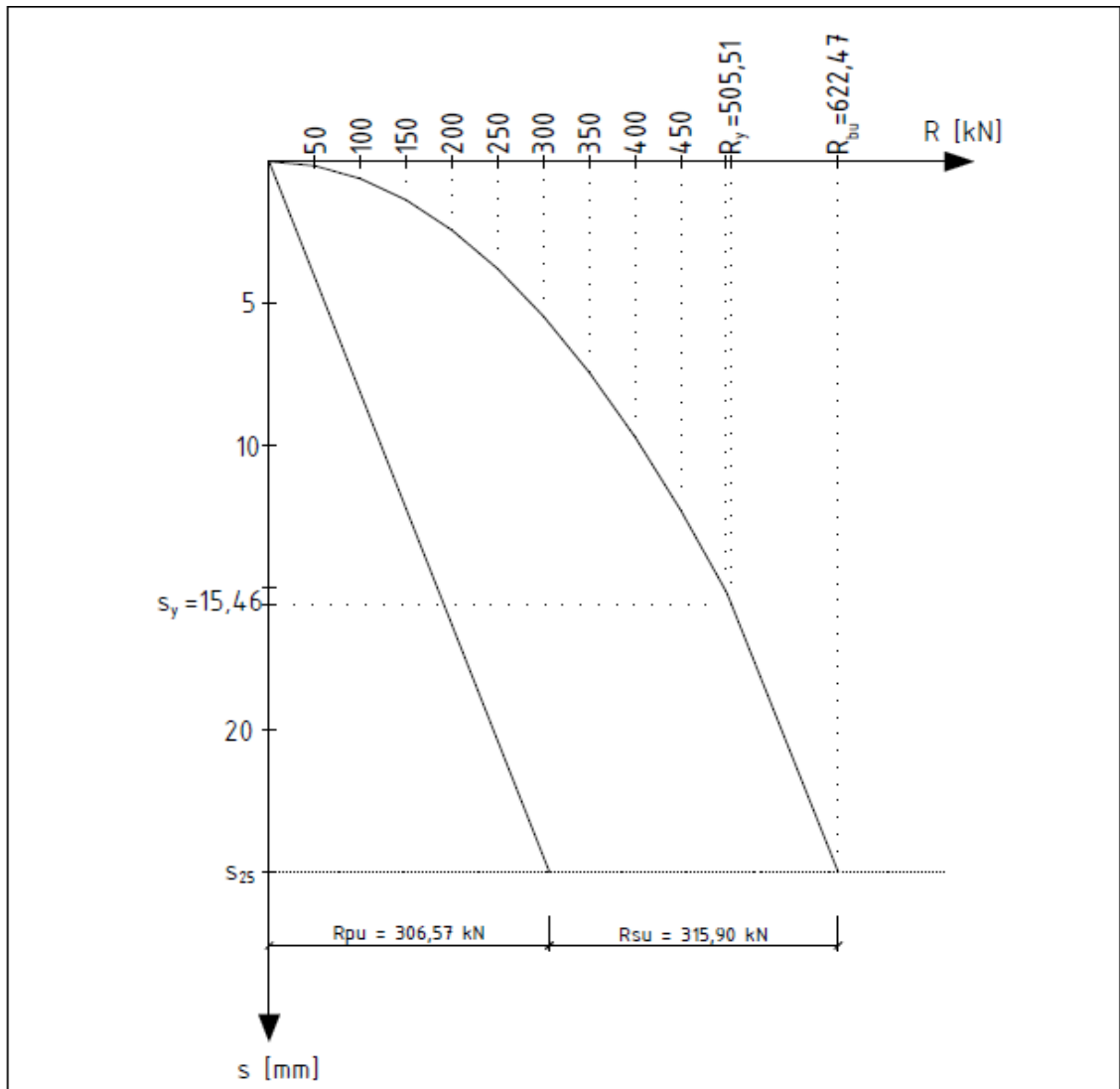
Výpočet viz str. 47.

$$s = 15,46 \cdot (R/505,51)^2$$

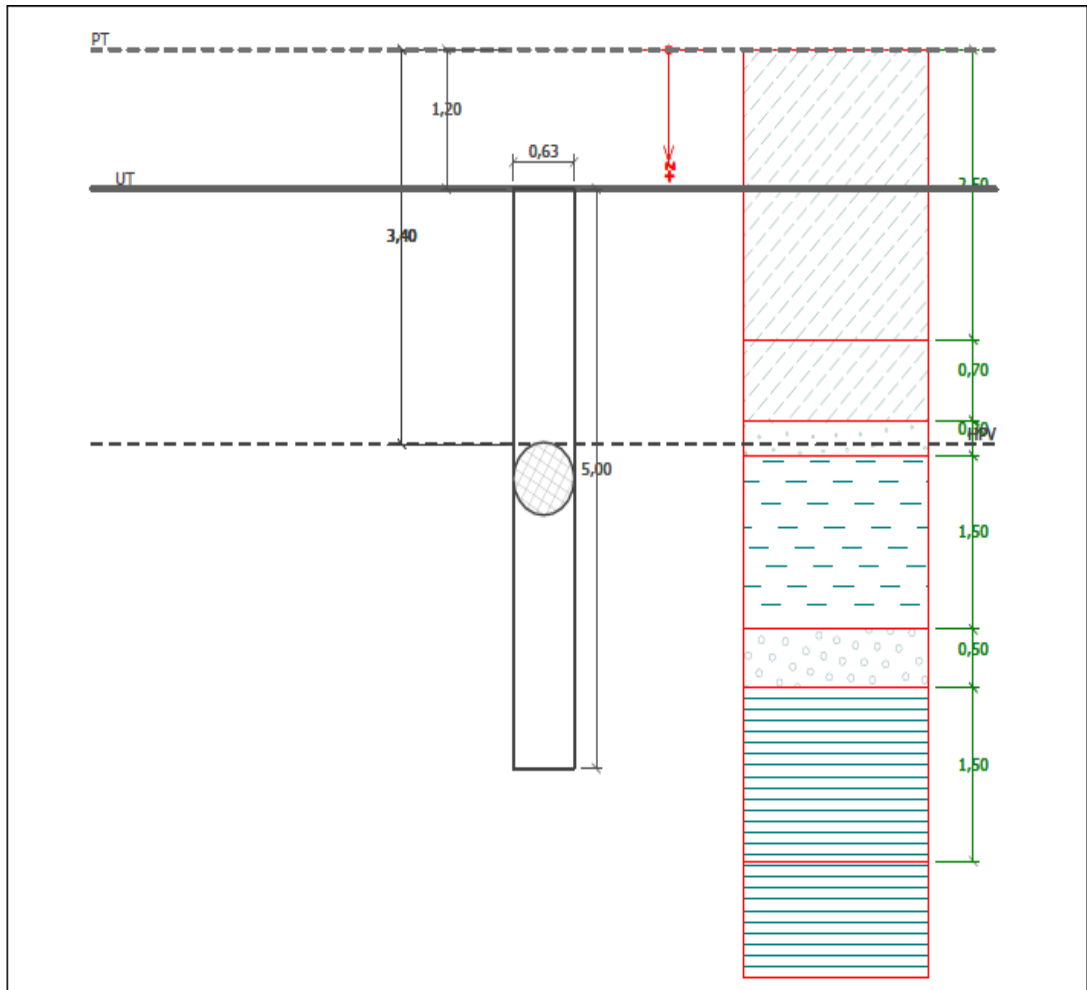
**Tab. 5-12: Body zatěžovací křivky**

$R_i$ [kN]	50	100	200	300	400	500	600
$s_i$ [mm]	0,15	0,61	2,42	5,45	9,81	15,13	21,78

$$s = 15,46 + 0,08156 \cdot (R - 505,51)$$



**Obr. 5-28:** Mezní zatěžovací křivka piloty délky 5 m, průměru 630 mm



*Obr. 5-29: Geologický profil výpočtu v GEO5*

#### Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Ned)

Únosnost piloty na plášti  $R_s = 153,64$  kN

Únosnost piloty v patě  $R_b = 1340,77$  kN

Únosnost piloty  $R_c = 1494,41$  kN

Extrémní svislá síla  $V_d = 300,00$  kN

$R_c = 1494,41$  kN >  $300,00$  kN =  $V_d$

**Svislá únosnost piloty VYHOVUJE**

*Obr. 5-30: Srovnávací výpočet v programu GEO 5*

### 5.7.3 Technologický postup zvolené varianty založení

Piloty se budou provádět spirálovým vrtákem s průměrem 570 mm. Při vrtání bude zároveň použito pažení pomocí spojovatelných ocelových pažnic o vnějším průměru 630 mm. Za pomoci vrtného hrnce (šapy), se před samotným vrtáním pilot předvrtají hlavice pro piloty délky 4 m. Pro 5 m piloty budou hlavice vykopány. Pro vyvrtání pilot, k zatáčení a následnému vytahování pažnic bude zapotřebí použití vrtné soupravy s dostatečným krouticím momentem. Před instalací armokoše a následnou betonáží je zapotřebí zjistit, je-li ve vrtu přítomna podzemní voda. Při výskytu podzemní vody bude pro betonáž použita metoda Contractor, při které se beton ukládá pomocí sypákové roury, která zabraňuje rozměšování a znečišťování betonu kapalinou. V případě suchého vrtu se betonáž provede pomocí usměrňovací betonážní roury s násypkou kolmou ke středu vrtu.

Všechny piloty jsou navrženy jako železobetonové. Pilota o délce 4 m je vyztužena armokošem z osmi profilů R16 z oceli B500. Průřezová plocha výztuže  $A_s$  musí být větší jak 0,5% plochy průřezu ( $A_c$ ). Plocha výztuže  $A_s = 1608 \text{ mm}^2$ , 0,5%  $A_c = 1559 \text{ mm}^2$ . Pilota 5 m dlouhá, taktéž navržena z železobetonu, bude osazena armokošem ze 12 profilů R16. Průřezová plocha této výztuže  $A_s = 2413 \text{ mm}^2$ . Armokoše budou svařeny montážními kruhy profilu R16 přibližně 1,5 m od sebe. Příčnou výztuž bude tvořit spirála průměru 6 mm se stoupáním po 200 mm. U hlavy pilot budou vytaženy tzv. fousy o délce 600 mm, které budou sloužit k uchycení hlavic pilot. Minimální krytí výztuže bude je uvažováno 100 mm.

Piloty budou betonovány transportbetonem C25/30 jehož složení odpovídá *ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Betonáž bude provedena v závislosti na výskytu pozemní vody. Hlavy pilot je zapotřebí lehce přebetonovat, aby po následném odpažení nepoklesla pod navrženou úroveň.



*Obr. 5-31: 1) Kruhová pilota, 2) Kopaná hlavice, 3) Armokoše, 4) Ocelová pažnice*  
[foto autor]



*Obr. 5-32: 1) Prostor staveniště, 2) Vrtací souprava, 3) Vrtání piloty, 4) Skelet stavby [foto autor]*

## 5.8 Posouzení počítaných pilot

*Pilota průměru 630 mm, délky 4 m 1. MS (bez použití softwaru)*

$$R_d=867,59 \text{ kN} > V_d=230 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

*Pilota průměru 630 mm, délky 4 m 1. MS (GEO 5)*

$$R_d=820,75 \text{ kN} > V_d=230 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

*Pilota průměru 630 mm, délky 4 m – 2. MS (limitní sedání 25 mm, bez softwaru)*

$$R_{bu}=411,55 \text{ kN} > V_d=230 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

*Pilota průměru 630 mm, délky 5 m 1. MS (bez použití softwaru)*

$$R_d=1602,85 \text{ kN} > V_d=300 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

*Pilota průměru 630 mm, délky 5 m 1. MS (GEO 5)*

$$R_d=1494,11 \text{ kN} > V_d=300 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

*Pilota průměru 630 mm, délky 5 m – 2. MS (limitní sedání 25 mm, bez softwaru)*

$$R_d=622,47 \text{ kN} > V_d=300 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Pozn. : Rozdíl výsledků výpočtů bez použití softwaru a za pomoci GEO 5 je dán tím, že program GEO 5 počítá se zkrácením účinné délky piloty dle Caquot-Kérisela (vytváření plastických oblastí).

## 6. ZÁVĚR

Hlavním úkolem předložené bakalářské práce bylo uvedení do problematiky hlubinného zakládání staveb, a to především pilotových základů. V práci jsou stručně popsány metody dnes již nepoužívané, ale především metody stále využívané v dnešní době pro založení staveb ve složitých základových poměrech, kde je zapotřebí nahradit plošné základy hlubinnými v místech s nevyhovující únosností, přílišnou stlačitelností základové půdy nebo v případě výskytu hladiny podzemní vody. V teoretické části práce jsou zmíněny i druhy plošného založení pro úplnost a přehlednost problematiky zakládání staveb.

Po celkovém shrnutí problematiky zakládání staveb následuje praktická část, jež se zabývá výpočtem konkrétního pilotového založení objektu. Jedná se o založení Krytého dopravního hřiště v Areálu dopravní výchovy RIVIERA v Brně.

Založení bylo, zejména z důvodu druhu konstrukce haly, navrženo jako pilotové. Byly zde použity dvě délky pilot, a to 4 m a 5m, které měly stejný průměr 630 mm. Samotný výpočet byl proveden podle 1. a 2. skupiny mezních stavů dle ČSN EN 1997 za použití 2. návrhového přístupu nejprve bez použití softwaru, a následně byl tento výpočet doplněn o výsledky z výpočtového programu GEO 5. Získané výsledky byly porovnány.

V přílohové části lze najít i jinou, avšak méně vhodnou alternativu založení. Jedná se o založení na betonových patkách, které se však z důvodu typu objektu a základových poměrů, především blízkého výskytu toku řeky, nedoporučuje.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### Literatura:

- [1] MASOPUST, J. *Navrhování základových a pažicích konstrukcí: příručka k ČSN EN 1997. 1. vyd.* Praha: Informační centrum ČKIT, 2012. 220 s. ISBN 978-80.87438-31-2.
- [2] TURČEK, P. a kolektiv: *Zakládání staveb.* JAGA, Bratislava, 2005. 302 s. ISBN 80-8076-023-3
- [3] MASOPUST, J. *Speciální zakládání staveb - 1. díl.* Brno: AN CERM, s.r.o., 2004. 184 s. ISBN 80-214-2770-1.
- [4] MASOPUST, J. *Vrtané piloty. 1. vyd.* [Praha]: Čeněk a Ježek, 1994. 263 s. ISBN 80-238-2755-3.
- [5] PRAKASH, S. *Pile Foundations in Engineering Practice.* New York: J. Wiley et Sons, 1990. 734 s. ISBN 04-716-1653-2.
- [6] WEIGLOVÁ, K. *Mechanika zemin. 1. vyd.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 186 s. ISBN 978-80-7204-507-5.
- [7] ČSN EN 1997-1. ČSN: *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla.* 2006. Praha: ČNÍ
- [8] ČSN EN 1536 (731031): *Provádění speciálních geotechnických prací, 2001.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 79 s.

### Ostatní:

- [9] ŘEZÁČ, M. *Základové patky* [online]. [cit. 2015-03-25] Dostupné z: <<http://www.stavebniny-rezac.cz/stavebniny-rezac/3-KONSTRUKCE/8-ZAKLADOVE-PATKY>>

- [10] ŠMÍD, Z. *Stavba domu krok za krokem* [online]. [cit. 2015-03-25] Dostupné z: <<http://www.stavitelstvi-smid.cz/cs/stavba-domu-krok-za-krokem>>
- [11] BUDÍNSKÝ, L. *Základy domu* [online]. [cit. 2015-03-25] Dostupné z: <<http://www.zaklady-domu.cz/sluzby/>>
- [12] *Hornická skripta* [online]. [cit. 2015-03-25] Dostupné z: <<http://www.hornictvi.info/prirucka/geotech/geotech.htm>>
- [13] JUNTAN, O. *Junttan Respecting Ground* [online]. [cit. 2015-03-25] Dostupné z: <[http://www.junttan.com/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/junttan/embeds/junttanwwwstrujuntt/13706\\_cfa\\_continuous\\_flight\\_auger.jpg](http://www.junttan.com/instancedata/prime_product_julkaisu/junttan/embeds/junttanwwwstrujuntt/13706_cfa_continuous_flight_auger.jpg)>
- [14] *Qué es el sistema de pilotes Franki* [online]. [cit. 2015-03-25] Dostupné z: <<https://maquinariacimentaciones.files.wordpress.com/2013/07/esquema-pilote-franki-724884.jpeg>>
- [15] GOOGLE MAPS.COM, *Maps.google.com* [online]. [cit. 2015-03-25] Dostupné z: <<https://www.google.cz/maps>>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$I_C$	stupeň konzistence
$I_D$	relativní ulehlost
$d_{60}$	ekvivalentní průměr zrna odpovídající 60% propadu
$d_{10}$	ekvivalentní průměr zrna odpovídající 10% propadu
$\gamma$	objemová tíha zeminy
$\gamma'$	efektivní objemová tíha zeminy
$\varphi'$	efektivní úhel vnitřního tření
$c'$	efektivní soudržnost (koheze)
$c_u$	totální soudržnost
$U_{vd}$	svislá návrhová únosnost
$U_{bd}$	návrhová únosnost paty piloty
$U_{fd}$	návrhová únosnost na plášti piloty
$k_1$	součinitel, vyjadřující zvětšení únosnosti vlivem délky piloty
$A_s$	plocha paty piloty
$R_d$	výpočtová únosnost paty piloty v zeminách
$\gamma_b$	součinitel redukující únosnost paty piloty
$d$	průměr piloty
$\pi$	Ludolfovo číslo
$N_c, N_b, N_d$	součinitelé únosnosti
$L$	délka piloty
$\gamma_1$	průměrná efektivní objemová tíha zeminy podél dřívku piloty
$h_i$	mocnost i-té vrstvy zeminy
$\gamma_2$	efektivní objemová tíha zeminy pod patou piloty
$\gamma_s$	součinitel redukující plášťovou únosnost piloty
$f_{si}$	tření na plášti piloty
$\sigma_{xi}$	kontaktní napětí v i-té vrstvě
$\gamma_{r1}$	součinitel vlivu technologie
$\gamma_{r2}$	součinitel vlivu působení základové půdy
$k_2$	součinitel bočního zemního tlaku na piloty
$\sigma_{ori}$	původní geostatické napětí

$D_i$	vzdálenost od hlavy piloty do poloviny $i$ -té vrstvy
$R_{bu}$	mezní únosnost
$R_{su}$	mezní únosnost na plášti piloty
$R_{pu}$	mezní únosnost paty piloty
$m_2$	dílčí koeficient vyjadřující vliv plochy dřívku
$q_{si}$	mezní plášťové tření v $i$ -té vrstvě
$a, b$	regresní koeficienty
$\beta$	koeficient přenosu zatížení do paty piloty
$R_y$	zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace plášťového tření
$s_y$	velikost sedání odpovídající $R_y$
$q_0$	napětí na patě piloty při deformaci odpovídající plné mobilizaci plášťového tření
$d_0$	průměr piloty v patě
$e, f$	regresní koeficienty
$I$	příčinkový koeficient sedání piloty
$I_1$	základní příčinkový koeficient
$R_k$	korekční součinitel
$K$	tuhost
$E_s$	průměrná velikost sečnového modulu deformace zemin podél dřívku piloty
$E_{si}$	sečnový modul deformace $i$ -té vrstvy zeminy
$s$	sedání
$s_{25}$	sedání rovno 25 mm
$R_d$	únosnost piloty
$V_d$	extrémní návrhová síla

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 2-1:</b> Tvary patek.....	9
<b>Obr. 2-2:</b> Patka s kaliche .....	10
<b>Obr. 2-3:</b> Základový pás.....	10
<b>Obr. 2-4:</b> Základový rošt.....	11
<b>Obr. 2-5:</b> Základová deska .....	11
<b>Obr. 3-6:</b> Schéma studně: 1 – osazení studny, 2 – spouštění studny, 3 – hotová studna .....	12
<b>Obr. 3-7:</b> Schéma kesonu: 1 – osazení kesonu, 2 – spouštění kesonu pod HPV, 3 – práce v kesonu, 4 – hotový základ .....	13
<b>Obr. 4-8:</b> Způsoby namáhání pilot: a) tlak, tah b) ohyb c) vzpěr.....	15
<b>Obr. 4-9:</b> Tvary dříků vrtaných pilot.....	17
<b>Obr. 4-10:</b> Definice sklonu pilot .....	17
<b>Obr. 4-11:</b> Označení a názvosloví vrtaných pilot .....	18
<b>Obr. 4-12:</b> Schéma výroby piloty pažené ocelovými pažnicemi pomocí vrtné hlavy .....	21
<b>Obr. 4-13:</b> Schéma výroby piloty pažené ocelovými pažnicemi pomocí pažícího zařízení .....	21
<b>Obr. 4-14:</b> Schéma výroby piloty pažené jílovou suspenzí .....	23
<b>Obr. 4-15:</b> Technologie provádění CFA pilot.....	28
<b>Obr. 4-16:</b> Technologie provádění pilot Franki .....	32
<b>Obr. 4-17:</b> Ukázka cibulovitého tvaru pat pilot .....	34
<b>Obr. 4-18:</b> Technologický postup provádění mikropilot .....	35
<b>Obr. 5-19:</b> Poloha staveniště .....	36
<b>Obr. 5-20:</b> Přiblížená situace.....	37
<b>Obr. 5-21:</b> Situace sond V-1 a V-2 1 .....	38
<b>Obr. 5-22:</b> Křivka zrnitosti.....	39
<b>Obr. 5-23:</b> Geologický profil sondou V-1.....	40
<b>Obr. 5-24:</b> Geologický profil sondou V-2.....	41
<b>Obr. 5-25:</b> Mezní zatěžovací křivka piloty délky 4 m, průměru 630 mm.....	58
<b>Obr. 5-26:</b> Geologický profil výpočtu v GEO 5 .....	49

<b>Obr. 5-27:</b> Srovnávací výpočet v programu GEO 5.....	49
<b>Obr. 5-28:</b> Mezní zatěžovací křivka piloty délky 5 m, průměru 630 mm.....	55
<b>Obr. 5-29:</b> Geologický profil výpočtu v GEO5 .....	56
<b>Obr. 5-30:</b> Srovnávací výpočet v programu GEO 5.....	56
<b>Obr. 5-31:</b> 1) Kruhová pilota, 2) Kopaná hlavice, 3) Armokoše, 4) Ocelová pažnice .....	58
<b>Obr. 5-32:</b> 1) Prostor staveniště, 2) Vrtací souprava, 3) Vrtání piloty, 4) Skelet stavby .....	59

## SEZNAM TABULEK

<b>Tab. 4-1:</b> Nejčastěji používané průměry varných a spojovatelných pažnic spolu s příslušnými průměry vrtného nářadí .....	20
<b>Tab. 4-2:</b> Základní receptura pro výrobu 1 m <sup>3</sup> jílové pažící suspenze .....	22
<b>Tab. 4-3:</b> Minimální vyztužení železobetonových vrtných pilot .....	24
<b>Tab. 4-4:</b> Požadavky na zpracovatelnost čerstvého betonu při různých podmínkách betonáže.....	25
<b>Tab. 4-5:</b> Parametry zemin .....	43
<b>Tab. 4-6:</b> Únosné vrstvy .....	46
<b>Tab. 5-7:</b> Regresivní koeficienty a mezní plášťové tření i-té vrstvy.....	46
<b>Tab. 5-8:</b> Body zatěžovací křivky .....	48
<b>Tab. 5-9:</b> Parametry zemin .....	50
<b>Tab. 5-10:</b> Únosné vrstvy .....	52
<b>Tab. 5-11:</b> Regresivní koeficienty a mezní plášťové tření i-té vrstvy.....	53
<b>Tab. 5-12:</b> Body zatěžovací křivky .....	54

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha 1:** Celková situace

**Příloha 2:** Řezy objektu

**Příloha 3:** Armokoš pilot P1

**Příloha 4:** Armokoš pilot P2

**Příloha 5:** Výpočet patky