VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEOTECHNIKY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEOTECHNICS

NÁVRH ZALOŽENIA PARKOVACIEHO DOMU
FOUNDATION OF PARKING HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — JAROSLAV KUDELÁS
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — ING. VĚRA GLISNÍKOVÁ, CSc.
SUPERVISOR

BRNO 2012

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav geotechniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jaroslav Kudelás
Název	Návrh založení parkovacího domu
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Věra Glisníková, CSc.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2011
Datum odevzdání bakalářské práce	25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

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

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

Podklady a literatura

Podklady budou studentovi předávány průběžně.
Literatura:
[1] Masopust, J.: Vrtané piloty, Čeněk a Ježek Praha, 1994, 263 s.
[2] Masopust, J.: Speciální zakládání staveb - 1.díl, Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o. Brno, 2004, 141 s.
[3] Turček, P. a kol.: Zakládání staveb, JAGA, Bratislava 2005, 302 s.
[4] Prakash, S.: Pile Foundations in Engineering Practice, J.Wiley et Sons, USA, 1990, 734 s.

Zásady pro vypracování

Úkolem řešitele práce je popsat postup při návrhu bezpečné a ekonomické metody založení objektu parkovacího domu v areálu VUT FAST na ulici Žižkova.
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, rešerše odborné literatury.
2. Rozbor geologických a hydrogeologických poměrů ve vztahu k zadanému objektu.
3. Statický výpočet zvolené varianty.
4. Technologický postup.
5. Technická zpráva - shrnutí výše uvedených bodů, podrobný technologický postup zvolené varianty.
6. Výkresová dokumentace - situace, příčný a podélný řez.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací.
1. Zadání bakalářské práce.
2. Úvod.
3. Rozbor problematiky.
4. Geotechnické poměry.
5. Statický výpočet.
6. Technologický postup.
7. Technická zpráva.
8. Výkresová dokumentace.

.....

Ing. Věra Glisníková, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Součásti bakalářské práce je teoretická a praktická část. V teoretické části jsou popsány současné možnosti zakládání objektů. V praktické části je vytvořen konkrétní statický návrh nejexponovanější piloty, technologický postup a výkresy zadaného objektu.

Abstract

The result of bachelor's thesis is a theoretical and practical part. The theoretical part describes the foundations of the current options. In the practical part is specifically created static design of most exposed pile, technology and drawings specified object.

Klíčová slova

Geotechnika, zakládání, piloty, hlubinné základy, vrtané piloty, Geo 5

Keywords

Geotechnics, foundation, piles, deep foundations, drilled piles, Geo 5

Bibliografická citace VŠKP

KUDELÁS, Jaroslav. *Návrh založení parkovacího domu.* Brno, 2012. 90 s., 120 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 25.5.2012

…….
podpis autora

Poďakovanie

Chcel by som sa poďakovať vedúcej bakalárskej práce Ing. Věre Glisníkovej CSc., ktorá mi pomáhala s vypravovaním bakalárskej práce. Za poskytnutie podkladov reálneho projektu by som rád poďakoval Ing. Petrovi Lamparterovi. V neposlednom rade by som sa chcel poďakovať svojej rodine, ktorá mi bola oporou.

Obsah

1 ÚVOD 13

2 SÚČASNÝ STAV PROBLEMATIKY 14

2.1 Spôsoby zakladania 14

2.1.1 Plošné základy 15

2.1.1.1 Zaťaženie 15
2.1.1.2 Vlastnosti zemín 17
2.1.1.3 Efektívna plocha základu 19
2.1.1.4 Posúdenie 20
2.1.1.5 Pätky 22
2.1.1.6 Pásy 23
2.1.1.7 Rošty 24
2.1.1.8 Dosky 25

2.1.2 Hlbinné základy 26

2.1.2.1 Pilóty 27
2.1.2.2 Mikropilóty 45
2.1.2.3 Podzemné steny 47
2.1.2.4 Studne 48
2.1.2.5 Kesóny 49

3 ROZBOR GEOLOGICKÝCH A HYDROGEOLOGIC- KÝCH POMEROV VO VZŤAHU K ZADANÉMU OBJEKTU 51

3.1 Úvod 51

3.2 Archívne podklady 51

3.3 Geomorfologické, klimatické a seizmické pomery 51

3.4 Geologické pomery 52

3.5 Hydrogeologické pomery 52

3.6 Prieskumné vrty 53
3.6.1 Výsledky vrtných prác 54
3.6.2 Výsledky laboratórnych skúšok zemín 54
3.7 Vlastnosti základových pôd 55
3.8 Záver 56
4 Statický výpočet zvoleného variantu 58
4.1 Úvod 58
4.2 Vstupné hodnoty 58
4.2.1 Zaťaženie 58
4.2.2 Základová pôda 60
4.3 Výpočet podľa ČSN 73 1002 61
4.3.1 Zvislá únosnosť pilóty 61
4.3.1.1 Návrh 61
4.3.1.2 Výpočet 1. MS 61
4.3.1.3 Záver pre 1.MS 64
4.3.1.4 Výpočet 2.MS 64
4.3.1.5 Záver pre 2.MS 68
4.4 Výpočet podľa programu Geo 5 68
4.4.1 Úvod 68
4.4.2 Výpočet 68
4.4.3 Záver 68
4.5 Výpočet podľa programu Plaxis 3D foundation 69

4.5.1 Úvod 69
4.5.2 Výstup z programu 69
4.5.3 Záver programu z Plaxis 3D foundation 73
4.6 Vyhodnotenie výsledkov 73
5 TECHNOLOGICKÝ POSTUP 74
5.1.1 Charakteristika objektu 74
5.1.2 Postup výstavby jedného pásu s pilótami 74
5.1.2.1 Polohové a výškové zameranie 74
5.1.2.2 Doprava na stavenisko 75
5.1.2.3 HÍbenie pilóty 75
5.1.2.4 Kontrola pred osadením výstuže 75
5.1.2.5 Výstuž 76
5.1.2.6 Betónovanie 76
5.1.2.7 Technologická prestávka 76
5.1.2.8 Dokončovacie práce pilóty 76
5.1.2.9 Podkladový betón základového pásu 77
5.1.2.10 Výstuž základového pásu 78
5.1.2.11 Debnenie základového pásu 79
5.1.2.12 Betonáž základového pásu 80
5.1.2.13 Dokončovacie práce pre základový pás 80
6 ZÁVER 82
7 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV 83
8 Zoznam použitých skratiek a symbolov 84
8.1 Skratky 84
8.2 Symboly 84
9 Zoznam príloh 90

9.1 A- Zoznam použitých obrázkov 90

9.2 B- Zoznam použitých tabuliek 90

9.3 C- Geologické vrty 90

9.4 D- Rozbor vody z vrtu PJ14 90

9.5 E- Výstup z programu Geo 5 90

9.5.1 E.1- Vstupné hodnoty 90

9.5.2 E.2- Zvislá únosnosť 90

9.5.3 E.3- Vodorovná únosnosť 90

9.5.4 E.5- Zaťažkávacia krivka 90

9.5.5 E.4- Vodorovná únosnosť 90

9.6 F- Výkresy 90

10 PRÍLOHY 91

1 ÚVOD

Vypracovanie bakalárskej práce na téma návrh založenia objektu bolo podmienené záujmom študenta o danú problematiku. Zakladanie objektov je rozsiahla tematika, v dôsledku toho sa autor zameral na možný variant zakladania budov. Práca by mala spracovávať reálny projekt, parkovacieho domu na ulici Žižkova, v areály FAST VUT, ktorý je v súčasnej dobe vo fáze dokončovacích prác.

Autor sa bude zaoberať problematikou zakladania na pilótach, zoznámi sa s výpočtovými postupmi a počítačovými programami, ktoré sa používajú v praxi. Praktická časť bude zameraná na stanovenie zvislej únosnosti a sadania navrhnutej pilóty. V závere budú zhrnuté výsledky, ktoré autor dosiahol.

Geotechnika, ako vedný obor, je pomerne nová vedná disciplína, ktoré sa začala exponenciálne vyvíjať v posledných desaťročiach. Z tohto dôvodu je geotechnika progresívna a tým pre autora zaujímavá. Ak si azda niekto myslí, že porozumenie a stanovenie všetkých parametrov a technologických riešení, ktoré majú vplyv na návrh geotechnických konštrukcií, sú stopercentne stanovené, tak sa mýli.

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc.: *„Statický výpočet, je len náš odborný odhad”*.

2 SÚČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Súčasný stav problematiky zakladania objektov je možné rozdeliť na teoretický návrh a uskutočnenú realizáciu. Teoretický návrh zohľadňuje ekonomické a bezpečnostné hľadisko. Ekonomické sa snaží o čo najmenšie finančné náklady na stavbu. Analyzuje všetky možnosti návrhu základov. Bezpečnostné preferuje stabilitu a životnosť stavby. Snahou je docieliť optimálny kompromis medzi ekonomickým a bezpečnostným hľadiskom. Na tento optimálny stav nám slúžia európske a štátne normatívy. Skutočná realizácia finálneho objektu sa často odlišuje od teoretického návrhu. Dôvodom je napríklad nedokonalý inžinierskogeologický prieskum, ktorý nemôže zmapovať každý meter staveniska. Skutočný geologický profil je možné overiť vhodne zvolenou technológiou odstraňovania zeminy z miesta budúcich základov. Ďalším dôvodom je systém získavania zákaziek, pri ktorom často rozhodujú peniaze a nie kvalita a skúsenosti firmy.

2.1 Spôsoby zakladania

Základy sa rozdeľujú do dvoch základných skupín. Prvou skupinou sú plošné základy. Tie sa ďalej členia na pätky, pásy, rošty, dosky a priestorové konštrukcie. Vhodné použitie pätiek je pri skeletových konštrukciách v únosných zeminách. Ak by rozstupy medzi pätkami boli príliš malé, potom je výhodné z technologického hľadiska vytvoriť základové pásy. Základové pásy sa používajú aj pri stenových nosných systémoch. Pri kombinovanom nosnom systéme sa pásy prekrývajú a tak vznikajú základové rošty. Základová doska je monolitická železobetónová konštrukcia. Navrhujeme ju pri malých rozstupoch základových pásov, kde je výhodnejšie z časového hľadiska odkopať medziľahlú zeminu. Ak chceme využívať podzemné priestory objektu, napríklad na skladovanie alebo parkovanie a chceme dosiahnuť rovnomerné sadanie a stabilitu objektu, tak je vhodné navrhnúť základy vo forme priestorovej konštrukcie. Výhodou je distribúcia napätia s pozitívnym vplyvom na sadanie objektu. Druhou skupinou sú hlbinné základy, ktoré delíme na pilóty, mikropilóty, podzemné steny, základové studne a kesóny. Hlavný rozdiel medzi plošnými a hlbinnými základmi je v prenose zaťaženia a v hĺbke založenia. Plošné základy prenášajú hlavné zaťaženie horizontálnou plochou základu. Hlbinné základy

prenášajú hlavné zaťaženie vertikálnou plochou. Pilóty majú formu dlhých stĺpov. Hlavné delenie pilót z hľadiska technológie je na razené a vŕtané. Mikropilóty sú štíhle prvky menších rozmerov. Ich hlavnou výhodou je priestorová nenáročnosť stavebnej techniky. Podzemné steny sú náročné konštrukcie, ktoré môžu slúžiť viacerým účelom. Je ich možné zakomponovať do nosného systému stavieb. Základové studne sa navrhujú pre značne náročné a zaťažené konštrukcie. Princíp výroby je podobný ako pri klasickej studni. Rozdiel je vo výplni medzikružia. Kesóny sa využívali v minulosti na zakladanie mostných pilierov. V súčasnosti sa používajú bezpečnejšie metódy. Podrobnejšie rozdelenie základových konštrukcií bude uvedené v ďalších kapitolách.

2.1.1 Plošné základy

Plošný základ je najstarším a najjednoduchším spôsobom založenia stavby. Prvé objekty boli založené tzv. bez základu. Prenos síl zabezpečovala stena položená priamo na zemine bez úprav. Malá pôdorysná plocha zapríčinila poruchy stien a stratu stability. Rozšírenie plochy a hĺbka založenia tieto nežiaduce dôsledky eliminovala.

2.1.1.1 Zaťaženie

Zaťaženie sa rozdeľuje podľa normy ENV 1997 – 1 : 2004 na stále a občasné. Stále zaťaženie je od nosnej konštrukcie a trvalých konštrukcií. Občasné sa delí na dlhodobé, krátkodobé a mimoriadne. Za dlhodobé sa považujú priečky, ktoré sa využívajú po dobu určitú, skladované materiály a technické vybavenie objektov. Do skupiny krátkodobých sa zaraďujú osoby a poveternostné podmienky. Mimoriadne zaťaženie má podstatný vplyv na správanie sa konštrukcie. Za mimoriadne sa považuje zemetrasenie, výbuch a sadanie časti konštrukcie.

Zaťaženie na stavebnú konštrukciu sa rozdeľuje na normové V_n a výpočtové V_d . Výpočtové zaťaženie sa stanovuje podľa (2-1). Normové zaťaženie V_n sa používa pri predbežnom návrhu možnostiach založenia budúceho objektu. Výpočtové zaťaženie sa stanovuje z normového zaťaženia pomocou súčiniteľa zaťaženia γ_F.

$$V_d = \gamma_F \, . \, V_n \qquad (2\text{-}1)$$

Súčiniteľ γ_F má funkciu korekcie normového zaťaženia. Korekcia je nutná z dôvodu odlišnosti reálneho zaťaženia od predpokladaného. Odlišnosti vznikajú napr. od objemovej hmotnosti materiálov, chýb technológie a iné. Norma ENV 1997 – 1 : 2004 stanovila hodnotu súčiniteľa γ_F podľa tab. 2-1.

Tab. 2-1: Hodnoty súčiniteľa γ_F a γ_Q podľa normy ENV 1997 – 1 : 2004 [5]

Prípad	Zaťaženie		
	Trvalé γ_F		Premenné γ_Q
	Nepriaznivé	Priaznivé	Nepriaznivé
A	1	0,95	1,5
B	1,35	1	1,5
C	1	1	1,3

Pri výpočte únosnosti základovej pôdy je nutné rozlíšiť extrémne výpočtové zaťaženie V_{de} a prevádzkové výpočtové zaťaženie V_{ds}. Extrémne zaťaženie V_{de} je zaťaženie od všetkých zaťažení v reálnych kombináciách mimoriadneho a krátkodobého účinku. Stanovuje sa podľa (2-2). Reálne kombinácie vystihuje súčiniteľ γ_Q.

$$V_{de} = \gamma_Q \,.\, V_n \qquad (2\text{-}2)$$

Z extrémneho výpočtového zaťaženia jednoducho určíme extrémne kontaktné napätie σ_{de}, ktoré je nutné pre posúdenie únosnosti základovej pôdy. Stanovuje sa podľa (2-3).

$$\sigma_{de} = \frac{V_{de}}{A_{ef}} \qquad (2\text{-}3)$$

A_{ef} - efektívna plocha základu

Prevádzkové výpočtové zaťaženie V_{ds} je zložené zo stálych, občasných dlhodobých a občasných krátkodobých zaťažení, ak sa pravidelne opakujú. Na zohľadnenie vplyvu

tohto zaťaženia udáva ENV 1997 – 1 : 2004 súčiniteľ γ_G. Potom sa prevádzkové výpočtové zaťaženie vypočíta zo vzťahu (2-4).

$$V_{ds} = \gamma_G \, . \, V_n \tag{2-4}$$

Výpočtové prevádzkové napätie sa stanoví zo vzťahu (2-5).

$$\sigma_{ds} = \frac{V_{ds}}{A} \tag{2-5}$$

A - celková plocha základu

2.1.1.2 Vlastnosti zemín

Výpočtové vlastnosti zemín a hornín sa získavajú z tabuliek z normy ČSN 73 1001, alebo presnejšie pomocou laboratórnych a poľných skúšok. Pri návrhu založenia sa riadime pomocou geotechnických kategórií, ktoré sú závislé na náročnosti konštrukcie a zložitosti geologického profilu. Geotechnické kategórie sa triedia do troch skupín na prvú , druhú a tretiu viď tab. 2-2.

Tab. 2-2: Prehľad geotechnických kategórií [6]

Náročnosť konštrukcie	Základové pomery	Geotechnická kategória	Spôsob stanovenia výpočtovej únosnosti
Nenáročná	Jednoduché	1.GK	Normové tabuľky ČSN 73 1001 $R_{dt} \geq \sigma_{ds}$
Náročná		2.GK	Výpočet R_d podľa ČSN 73 1001, alebo ENV 1997 – 1 : 2004 s normovými hodnotami $R_d \geq \sigma_{de}$
Nenáročná	Zložité		
Náročná		3.GK	Výpočet R_d podľa ČSN 73 1001, alebo ENV 1997 – 1 : 2004 s hodnotami stanovenými poľnými alebo laboratórnymi skúškami $R_d \geq \sigma_{de}$

Nenáročné konštrukcie nie sú náchylné na nerovnomerné sadanie, s maximálne dvoma podlažiami. Náročné konštrukcie sú náchylné na nerovnomerné sadanie, výškové budovy. Jednoduché základové pomery sú pomery, ktoré sa pod stavbou a v jej blízkom okolí podstatne nemenia, vrstvy pôdy sú uložené relatívne vodorovne, hrúbka vrstiev je približne rovnaká, podzemná voda neovplyvňuje návrh. Zložité základové pomery je každý iný variant. Výpočtové hodnoty parametrov zemín sa stanovujú obdobne, ako pri výpočtových parametroch zaťaženia. Výpočtová súdržnosť zeminy sa stanoví podľa (2-6).

$$c_d = \frac{c}{\gamma_{mc}} \qquad (2\text{-}6)$$

c - charakteristická súdržnosť zeminy

γ_{mc} - súčiniteľ spoľahlivosti podľa tab. 2-3.

Tab. 2-3: Súčiniteľ spoľahlivosti γ_{mc} podľa ENV 1997 – 1 : 2004 [5]

Prípad	Vlastnosti zemín			
	$tg\varphi$	c_{ef}	c_u	σ_c
A	1,1	1,3	1,2	1,2
B	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,25	1,6	1,4	1,4

Výpočtová hodnota uhlu vnútorného trenia zeminy sa stanoví podľa (2-7).

$$\varphi_d = \frac{\varphi}{\gamma_{m\varphi}} \tag{2-7}$$

φ - uhol vnútorného trenia

$\gamma_{m\varphi}$ - súčiniteľ spoľahlivosti

$\gamma_{m\varphi} = 1,5$ $\varphi = 0$ až 12

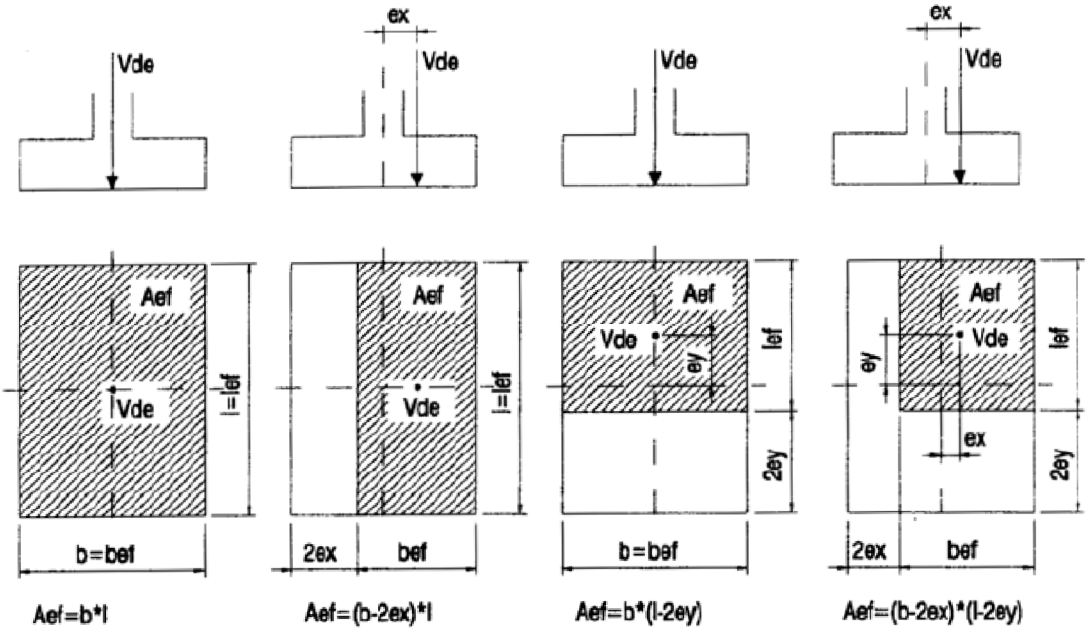
$$\gamma_{m\varphi} = \frac{\varphi}{\varphi - 4} \qquad \varphi > 12 \tag{2-8}$$

2.1.1.3 Efektívna plocha základu

Efektívna plocha základu sa označuje A_{ef}. Je to plocha základu zmenšená o dvojnásobnú excentricitu vplyvom momentu a vertikálnej zložky vnútorných síl. Stanovuje sa podľa (2-10). Excentricita sa počíta v úrovni základovej špáry (2-9).

$$e_i = \frac{M_i}{V_{de}} \tag{2-9}$$

Ak hodnota e_i presiahne hodnotu b/3 alebo l/3, potom sa základ musí posúdiť na preklopenie. Ak e_i nepresiahne hodnotu b/20 alebo l/20, potom sa s excentricitou nemusí počítať. Tvar efektívnej plochy je na obr. 2-1.



Obr. 2-1: Efektívna plocha základu [6]

$$A_{ef} = b_{ef}\, l_{ef} \qquad (2\text{-}10)$$

b_{ef} - menší z efektívnych rozmerov

l_{ef} - väčší z efektívnych rozmerov

2.1.1.4 Posúdenie

Základová konštrukcia sa posudzuje podľa skupiny medzných stavov na I.MS a II.MS. I.MS je únosnosť zeminy a II.MS je stlačenie zeminy.

Z hľadiska I.MS musí vyhovieť základová pôda podmienke (2-11).

$$\sigma_{de} \leq (R_d, R_{dt}) \qquad (2\text{-}11)$$

Ak základová pôda vyhovie podmienke (2-11), potom sa posúdi na II.MS. Podmienka pre II.MS má tvar (2-12).

$$s \leq s_{lim} \tag{2-12}$$

s_{lim} je limitná hodnota priemerného sadnutia v milimetroch z tab. 2-4.

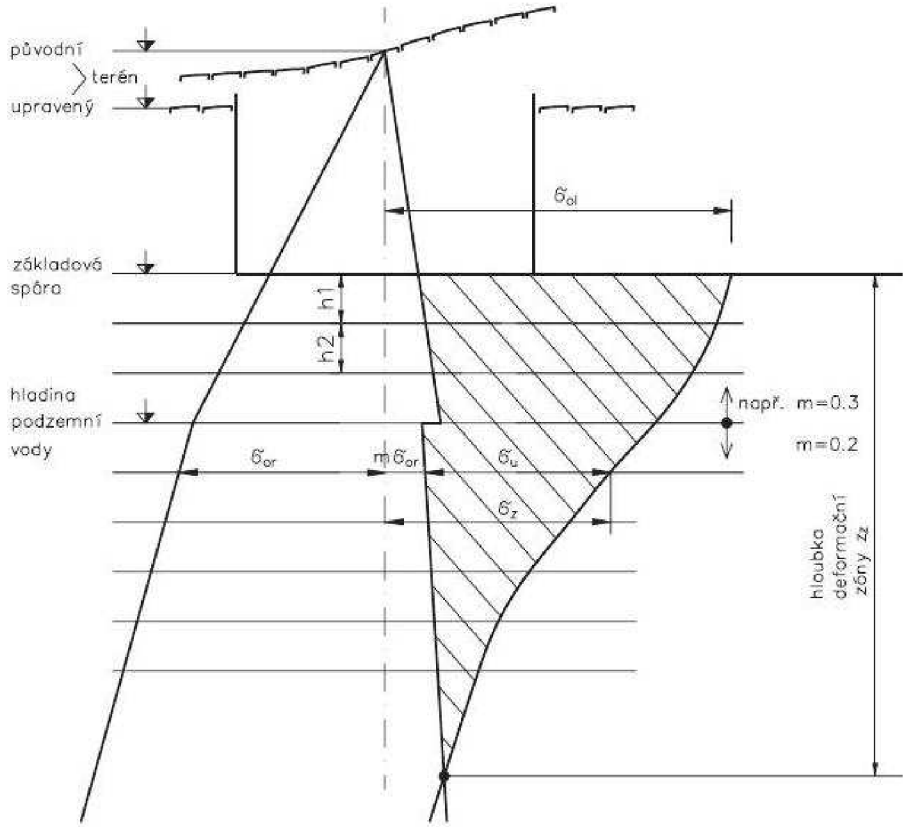
Tab. 2-4: Limitné hodnoty sadnutia [5]

Druh stavby	Konečné celkové průměrné sednutí $s_{m,lim}$	Nerovnoměrné sednutí	
	Hodnota [mm]	Druh	Hodnota
1.Budovy a konstrukce			
u nichž nevznikají vlivem nerovnoměrného sedání přídatná namáhání a není nebezpečí porušení prostupů a souvisejících konstrukcí	120	$\Delta s/L_T$ $\Delta s/L$	0,003 0,006
2.Konstrukce			
2.1 staticky určité	100	$\Delta s/L$	0,005
2.2 železobetonové staticky neurčité	60	$\Delta s/L$	0,002
2.3 ocelové staticky neurčité	80	$\Delta s/L$	0,003
3.Vícepodlažní skeletové budovy			
3.1 železobetonové skelety s výplňovým zdivem	60	$\Delta s/L$	0,0015
3.2 ocelové skelety s výplňovým zdivem	70	$\Delta s/L$	0,0025
4.Vícepodlažní budovy s nosnými stěnami			
4.1 zděné z cihel a bloků se ztužujícími věnci	80	$\Delta s/L_T$	0,0015
4.2 z velkorozměrových panelů a monolitického betonu	60	$\Delta s/L$	0,0015
5.Tuhé železobetonové konstrukce	200	$\Delta s/b$	0,003
komíny do výšky 100 m	200	$\Delta s/b$	0,005
komíny vyšší než 100 m	100	$\Delta s/b$	0,002
6.Jeřábové dráhy	50	$\Delta s/L$	0,0015

Pri výpočte sadania sa využíva výpočtové prevádzkové zaťaženie Vds. Celkové sadanie je súčet počiatočného s_p, konsolidačného s_k a sekundárneho s_s sadania podľa vzorca (2-13).

$$s = s_p + s_k + s_s \tag{2-13}$$

Počiatočné sadanie je reprezentované roztlačovaním horniny do strán. Konsolidačné nastáva, keď sa z pórov začne vytláčať voda. Sekundárne sadanie nastáva, keď sa z pórov vytratí pórový tlak a začnú sa deformovať zrná zeminy. Výpočtový model sadania je na obr. 2-2.

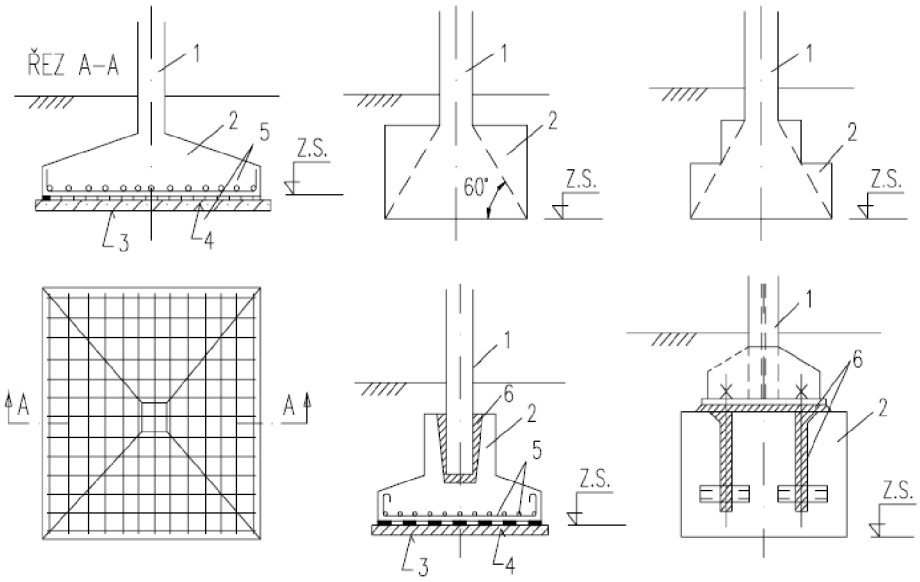


Obr. 2-2: Výpočtový model sadania [6]

2.1.1.5 Pätky

Rozdelenie základových pätiek je možné podľa materiálu, z ktorého sú vyrobené, podľa technológie vyhotovenia a podľa tvaru. V dnešnej dobe sa najčastejšie používa betón vystužený a nevystužený. Vystužené pätky sa používajú, ak je šmykové napätie od zvislej zložky vnútornej sily väčšie ako šmyková únosnosť nevystuženého betónu, alebo ťažené vlákna pri spodnom okraji sú namáhané väčšou silou, akú vie betón v ťahu preniesť. Z technologického hľadiska sa pätky delia na monolitické a montované. Výhody montovaných pätiek sú kvalita betónu, presné umiestnenie výstuže a spotreba materiálov. Prepravujú sa pomocou valníkov a zdvíhacích mechanizmov. Osadzujú sa do výkopov na presne stanovené miesto s podkladovou vrstvou štrku alebo betónu s malým obsahom cementu. Tvoria základovú konštrukciu pre priemyselné, občianske a poľnohospodárske stavby. Z hľadiska unikátnosti každej stavby a základovej pôdy pod ňou je nemožné vyrábať optimálny tvar montovaných pätiek. Ďalšou nevýhodou je vzdialenosť dopravovaných prefabrikátov na stavbu a tým sa zvyšujúca cena za dopravu. Kvalita podkladu je rozhodujúca pri osádzaní a nerovnomernosti sadania

základu. Monolitické pätky sa využívajú pri montovaných aj monolitických konštrukciách. Navrhujú sa jednostupňové, dvojstupňové a zriedka viacstupňové. Ich hlavnou výhodou je tvarová rôznorodosť a tým spôsobené priaznivejšie roznesené napätie v základovej špáre. Pri nevystuženej pätke sa betónuje priamo do výkopu. Pri vystuženej je nutné použiť debnenie, podkladový betón a dištančné krúžky na zaistenie polohy výstuže. Tvary monolitických a montovaných základových pätiek spolu s vystužením sú na obr. 2-3.



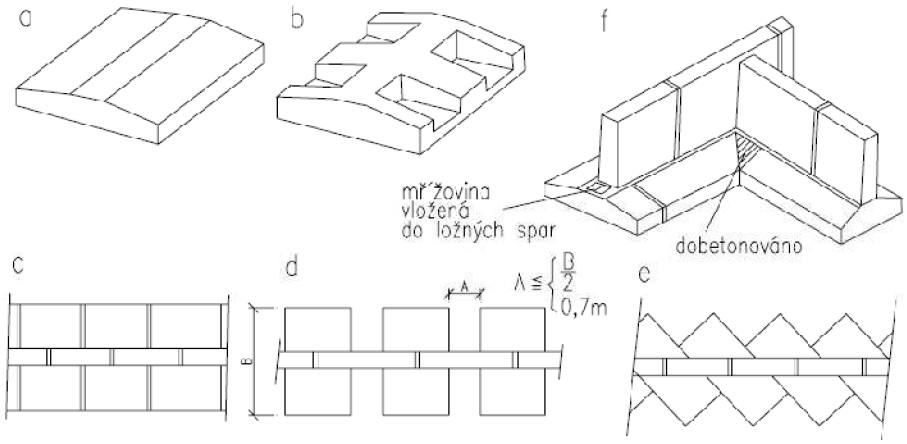
Obr. 2-3: Tvary monolitických a montovaných základových pätiek spolu s vystužením [3]

1 – nosná konštrukcia vrchnej stavby, 2 – základ, 3 – podkladový betón, 4 – izolácia, 5 – výstuž, 6 – zálievka

2.1.1.6 Pásy

Základové pásy sú líniové prvky, ktoré môžu byť namáhané osovými silami od stĺpov, spojitým zaťažením od stien stavby, alebo kombináciou oboch možností. Základový pás sa používa pri malej osovej vzdialenosti stĺpov, kde by bolo výhodnejšie odkopať medziľahlé figúry medzi základovými pätkami. Pri základovej pätke dochádza k nerovnomernému sadaniu, čo sa dá eliminovať spojením do základového pásu. Základové pásy majú väčšiu tuhosť ako pätky. Z tohto dôvodu sú vhodnejšie do územia s možnými zosuvmi a oblastí s bývalou a súčasnou ťažbou nerastných surovín.

Základové pásy možno rozdeliť podobne ako základové pätky na montované, monolitické, betónové, železobetónové. Výhody a nevýhody sú zhodné s pätkami. Tvary základových pásov sú na obr. 2-4.

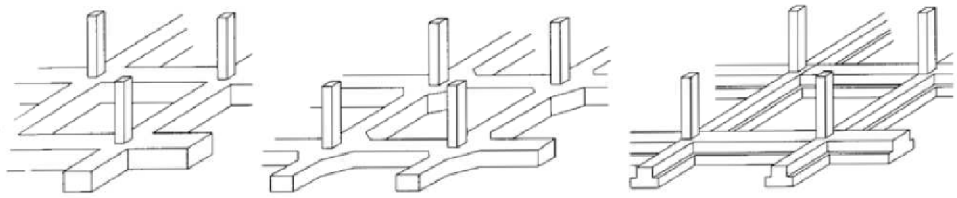


Obr. 2-4: Tvary montovaných základových pásov [3]

a – plné bloky, b – vyľahčené bloky, c – priebežný pás, d – prerušovaný pás, f – kolmé napojenie, e – šikmý pás

2.1.1.7 Rošty

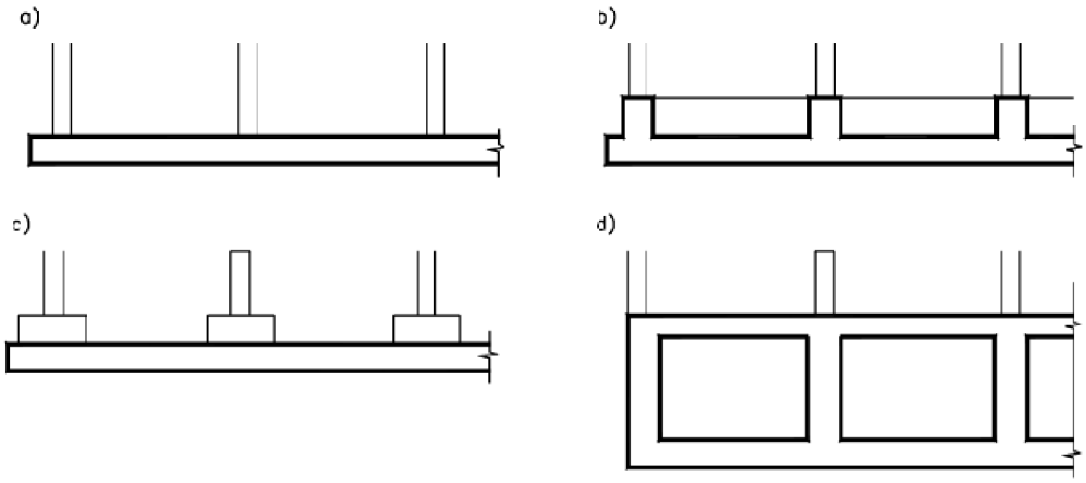
Ak sa križujú základové pásy, potom hovoríme o základových roštoch. Vzájomné kríženie základových pásov stužuje konštrukciu a zvyšuje jej tuhosť. Základový rošt je tuhý vystužený nosník. Navrhuje sa pod kombinovaný nosný systém stĺpový a stenový, pri značnom zaťažení, alebo málo únosných zeminách, kde by dochádzalo k zaboreniu, alebo k nerovnomernému sadaniu. Využíva sa aj na územiach ovplyvnených zosuvmi a poddolovaním. Tento spôsob zakladania sa navrhuje až pri zamietnutí finančne menej náročných možnostiach. Tvary základových pásov sú na obr. 2-5.



Obr. 2-5: Tvary základových roštov [3]

2.1.1.8 Dosky

Základové dosky sú najdrahším riešením z pomedzi plošných základových konštrukcií. Používajú sa pri málo únosných zeminách a veľkom zvislom zaťažení. Pri rozdielnych mocnostiach zemín dochádza k rozdielnemu sadaniu objektu. Základová doska sa navrhuje s dostatočnou tuhosťou, aby nerovnomerné sadanie nenastalo. K rovnomernému sadaniu napomáhajú dosky vystužené rebrami. Hrúbky dosiek sa navrhujú podľa únosnosti podložia a veľkosti zaťaženia. V únosnejších zeminách sa hrúbka navrhuje okolo 0,25 m. V náročnejších základových pomeroch pri extrémnych stavbách je možné navrhnúť hrúbku dosky aj v niekoľkých metroch. Pri menších hrúbkach dosiek pri stĺpových systémoch vzniká riziko prepichnutia. Napätie pod stĺpmi je možné preniesť pomocou hríbových hlavíc. Tvary základových dosiek sú uvedené na obr. 2-6.



Obr. 2-6: Tvary základových dosiek [3]

a – konštantná hrúbka, b – vystuženie roštom, c – tvar obrátený hríbový strop, d – krabicový základ

Pri tuhom spojení základovej dosky, stĺpov, stien a stropu vznikne krabicová konštrukcia. Krabicové konštrukcie majú veľkú tuhosť a pri použití stavebnej chémie sú vode nepriepustné. Využívajú sa pri výškových budovách, alebo pri zakladaní pod hladinou podzemnej vody.

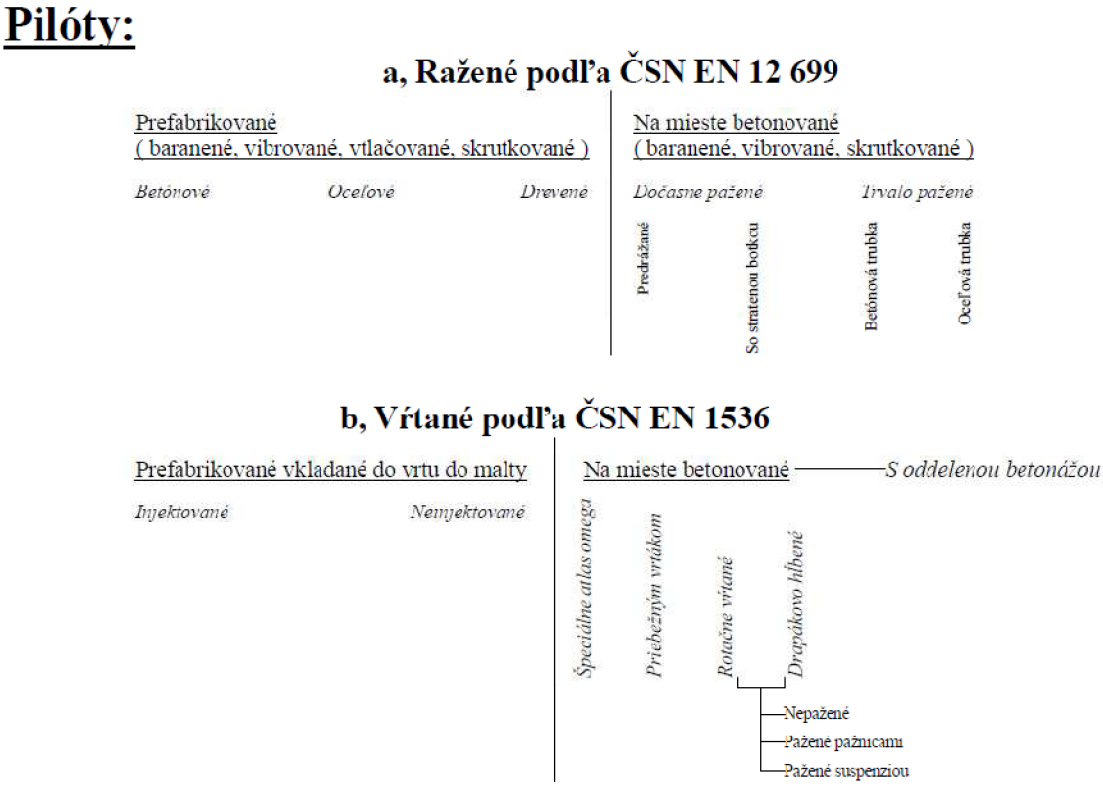
2.1.2 Hlbinné základy

Hlbinné základy sa používajú v miestach, v ktorých je použitie plošných základov nevyhovujúce z hľadiska statického, ekonomického a prevádzkového. Jednou z hlavných príčin návrhu hlbinného založenia sú nedostatočne únosné vrstvy zeminy v horných vrstvách. Menej únosné zeminy sú často stlačiteľnejšie, čím vzniká väčšie sadanie stavby. Hlbinné základy eliminujú vplyv horných vrstiev na celkové sadanie a únosnosť samotného základu. Pri návrhu založenia v málo únosných zeminách je nutné vypracovať ekonomickú analýzu zameranú na optimálne využitie stavebných materiálov, ktorá určí typ základu. Hlbinné základy sa delia na pilóty, mikropilóty, podzemné steny, studne a kesóny. Pilóty majú tvar stĺpu. Vyhotovujú sa priamo na stavbe, alebo sa na stavbu dovážajú. Pilóty sa vyrábajú z betónu, zo železobetónu, štrku, alebo v minulosti aj napr. z dreva. Ich úlohou je prenášanie zaťaženia zo stavby do únosnej pôdy pomocou plášťa a päty. Pilótový základ je v súčasnosti najpoužívanejší hlbinný základ. Mikropilóty sú obdobou pilót. Rozdiel je v pomere rozmerov v priečnom a v pozdĺžnom smere. Mikropilóta je štíhlejšia ako pilóta. Z tohto dôvodu je vhodné osové zaťaženie. Ďalším rozdielom je tvar výstuže. Najpoužívanejšia výstuž v mikropilótach je trubková, v pilótach tyčová. Mikropilóty sa využívajú pri zosilňovaní stávajúcich základov a vytváraní nových základov v komplikovane prístupných miestach. Výhodou sú malé rozmery stroja, ktorý vykonáva mikropilotáž. Podzemné steny sú konštrukcie, ktoré nám zabezpečujú funkciu konštrukčnú, tesniacu a pažiacu. Využitie lamiel podzemných stien je hlavne v dopravnom staviteľstve a pri budovaní pažení stavebných jám. Pri dodržaní technologického postupu sú podzemné steny vodotesné, čo sa využíva pri vodných nádržiach a separácii agresívnych látok. Základové studne sú menej častým spôsobom založenia. Princíp vyhotovenia je podobný, ako pri vyhotovení klasickej studne. Jedná sa teda o dutý prvok, montovaný či monolitický, veľkého priemeru opatrený reznou hranou, ktorý sa spúšťa a súčasne podkopáva. Po dosiahnutí predpokladanej úrovne základovej špáry sa studňa vyplňuje najčastejšie betónom. Kesónové zakladanie sa využívalo a v niektorých prípadoch sa ešte využíva na zakladanie objektov pod hladinu podzemnej vody. Typickým príkladom je založenie mostných pilierov v korytách riek. Pri práci v kesónoch sa pracuje pri pretlaku pod úrovňou hladiny vody. Pretlak spôsobuje zdravotné ťažkosti, pri ktorých

hrozí smrť. Z tohto dôvodu sa opúšťa od kesónov a nahradzujú ich pilóty s veľkým priemerom.

2.1.2.1 Pilóty

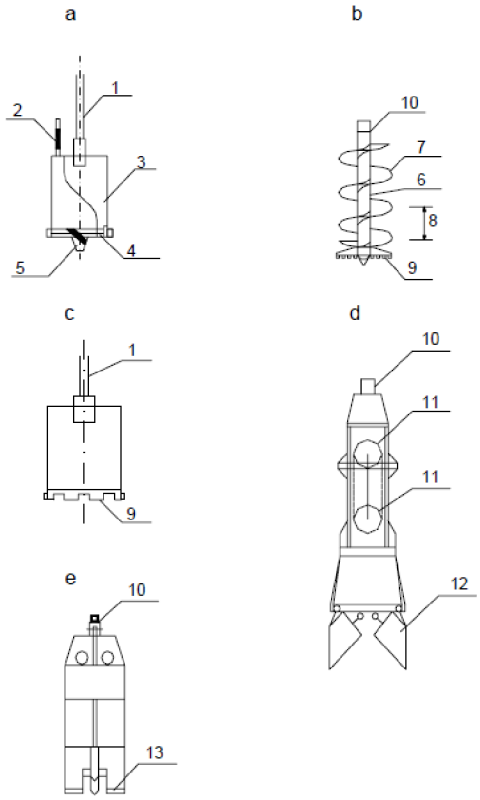
Pilóty sú zvislé, alebo šikmé konštrukčné prvky najčastejšie kruhového prierezu, ktoré prenášajú tlakové, ťahové a priečne zaťaženie. Najčastejšie používaný materiál na výrobu pilóty pre základové konštrukcie je betón a železobetón. Pri rekonštrukciách starých budov sa môžeme stretnúť s pilótami z dubového dreva. Stálosť dubových pilót zaisťuje okolitá voda, ktorá bráni degradácii drevnej hmoty. Pilóty s priemerom drieku od 0,3 m do 0,6 m sa považujú za maloprofilové a s priemerom od 0,6 m do 3,0 m za veľkoprofilové. Jednou z možností delenia pilót je technologické delenie podľa európskej klasifikácie obr. 2-7.



Obr. 2-7: Európska klasifikácia pilót [1]

Vŕtané pilóty betónované na mieste

Ide o najčastejší používaný druh pilót. Používajú sa v zeminách. Hlavnými výhodami sú variabilná dĺžka pilót, ktorá je závislá od použitej vrtnej súpravy. Dĺžku pilót je možné meniť priamo na stavbe. Pri postupnom hĺbení je možné kontrolovať geologický profil podložia a operatívne hodnotiť predpoklad so skutočnosťou. Na postupné hĺbenie sa používajú vrtné nástroje, ako je uvedené na obr. 2-8.



Obr. 2-8: Vrtné nástroje [3]

a – vrtný hrniec, b – vrtná špirála, c – vŕtacia korunka, d – drapák, e – dláto, 1 – vrtná tyč, 2 – ovládač vyklápania dna, 3 – vrtný hrniec, 4 – spodná časť hrnca so zubmi, 5 – centrátor, 6 – nosná tyč, 7 – špirála, 8 – výška špirály, 9 – korunka, 10 – záves, 11 – rolny, 12 – naberacie lopatky, 13 – brit

.Pri použití strojnej zostavy s priebežným vrtákom tzv. CFA nie je možné včas kontrolovať geologický profil. Vyplýva to z princípu metódy. Súčasne pri vyťahovaní

priebežného vrtáku sa začína betonáž piloty. Počas betonáže sa znehodnocuje vrchná časť betónu a preto sa doporučuje prebetónovanie do vyvŕtanej zeminy. Hlavnou výhodou pilót CFA je rýchlosť vyhotovenia. Profily pilót sú dané profilmi výpažníc v tab. 2-5.

Tab. 2-5: Profily výpažníc [3]

Priemer zváranej výpažnice (mm)	630	720	820	920	1020	1220	1420	-	1620	1820	2020
Priemer spájanej výpažnice (mm)	630	750	880	-	(1020) 1080	(1180) 1200 1220	-	1500	-	-	-
Priemer vrtného náradia (mm)	570	630	770	870	920	1070	1220	1350	1500	1700	1900

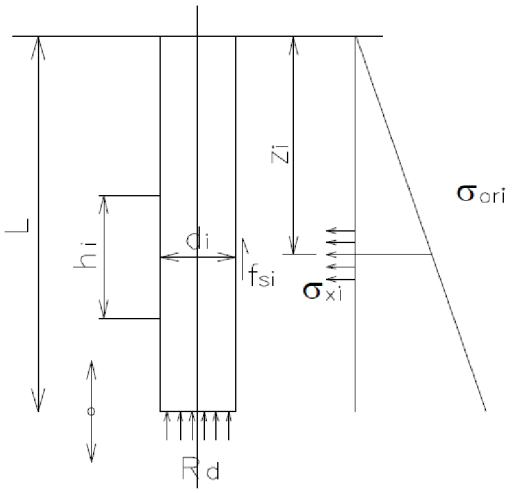
Pri hĺbení v zeminách s nízkou súdržnosťou dochádza k rozpojovaniu v okolí vrtného nástroja a k vzniku šmykových plôch. Na bránenie zosúvaniu zeminy do vrtu slúžia výpažnice a pažiace suspenzie. Výpažnica je oceľová trubka, ktorá sa spája zváraním, alebo špeciálnymi spojkami. Pažiaca suspenzia sa skladá z vody, ílu a ďalších látok, ktoré podporujú stabilitu, viskozitu, hodnotu pH a iné vlastnosti. Pri počiatku vrtu sa osadzuje pracovná plošina, aby nedošlo k zosunu počiatku.

Osová únosnosť osamelých vŕtaných pilót

Únosnosť osamelých pilót sa delí do dvoch skupín medzných stavov. Prvý medzný stav reprezentuje únosnosť pilóty. Druhý medzný stav sadanie pilóty. Únosnosť pilóty sa stanovuje výpočtom, alebo zaťažkávacími skúškami. Prenášanie napätia medzi základovou pôdou a pilótou sa deje pomocou plášťa a päty pilóty. Plášť pilóty je namáhaný plášťovým trením a päta pilóty tlakom.

Únosnosť pilóty podľa prvej skupiny medzných stavov

Na obr. 2-9 je znázornená jednoduchá statická schéma jednej zaťažkávanej pilóty.



Obr. 2-9: Statická schéma [3]

Únosnosť pilóty je daná súčtom únosností plášťa a päty pilóty podľa vzorca (2-14).

$$U_{bd} = U_{bd} + U_{fd} \qquad (2\text{-}14)$$

U_{vd} - celková únosnosť pilóty

U_{bd} - únosnosť päty pilóty

U_{fd} - únosnosť plášťa pilóty

Únosnosť päty pilóty je závislá od únosnosti zeminy, ploche a dĺžke pilóty. Stanoví sa podľa vzťahu (2-15).

$$U_{bd} = k_1 . A_s . R_d \quad (2\text{-}15)$$

k_1 - súčiniteľ vyjadrujúci vplyv dĺžky pilóty

$L \leq 2m$ $k_1 = 1$

$2m < L \leq 4m$ $k_1 = 1,05$

$4m < L \leq 6m$ $k_1 = 1,1$

$L > 6m$ $k_1 = 1,15$

A_s - plocha päty pilóty

R_d - únosnosť zeminy pod pätou pilóty

Únosnosť zeminy pod pilótou je daná vzťahom (2-16).

$$R_d = 1,2 . c . N_c + (1 + \sin\varphi) . \gamma_1 . L . N_d + \gamma_2 . d / 2 . N_b \quad (2\text{-}16)$$

Súčinitele únosnosti N

$N_c = 2 + \pi$ pre $\varphi = 0$

$N_c = (N_d - 1) . \mathrm{cotg}\varphi$ pre $\varphi > 0$

$N_d = \mathrm{tg}^2 (45 + \varphi/2) . e^{(\pi . \mathrm{tg}\varphi)}$

$N_b = 1,5 (N_d - 1) . \mathrm{tg}\varphi$

Únosnosť plášťa pilóty je závislá od priemeru pilóty, od dĺžky a trenia na plášti pilóty. Je daná vzťahom (2-17).

$$U_{fd} = \sum \pi . d_i . h_i . f_{si} \quad (2\text{-}17)$$

d_i - priemer pilóty v i-te časti

h_i - hĺbka i-te časti

f_{si} - plášťové trenie v i-te časti

Plášťové trenie je dané vzťahom (2-18).

$$f_{si} = \sigma_{xi} \cdot tg (\varphi / \gamma_{r1}) + c / \gamma_{r2} \quad (2\text{-}18)$$

σ_{xi} - kontaktné napätie v i-te časti sa stanoví podľa (2-19)

$$\sigma_{xi} = k_2 \cdot \sigma_{ori} \quad (2\text{-}19)$$

σ_{ori} - geostatické napätie v hĺbke z_i

k_2 - súčiniteľ bočného zemného tlaku na plášti pilóty

$z \leq 10m$ $k_2 = 1$

$z > 10m$ $k_2 = 1,2$

γ_{r1} - súčiniteľ podmienok pôsobenia technológie

$\gamma_{r1} = 1$ - betonáž do suchého nezapaženého vrtu v súdržných zeminách,

$\gamma_{r1} = 1,1$ -betonáž do suchého nezapaženého vrtu v nesúdržných zeminách a poloskalných horninách,

$\gamma_{r1} = 1,2$ - betonáž s oceľovou výpažnicou a pod hladinu vody,

$\gamma_{r1} = 1,25$ - betonáž pod pažiacou suspenziou,

$\gamma_{r1} = 1,5$ - betonáž pilóty s ochrannou fóliou hr. 0,25 mm,

$\gamma_{r1} = 1,6$ - betonáž pilóty s priemerom väčším ako 2m spolu s ochrannou fóliou hr. 0,25 mm.

γ_{r2} - súčiniteľ podmienok pôsobenia základovej pôdy

$\gamma_{r2} = 1,3$ $z \leq 1m$

$\gamma_{r2} = 1{,}2$ $\quad 1m < z \leq 2m$

$\gamma_{r2} = 1{,}1$ $\quad 2m < z \leq 3m$

$\gamma_{r2} = 1.0$ $\quad z > 3m$

Únosnosť pilóty podľa druhej skupiny medzných stavov

Spôsob výpočtu únosnosti pilóty podľa druhej skupiny medzných stavov sa rozdeľuje podľa únosnosti päty. Päta je opretá o nestlačiteľné podložie, päta je votknutá do nestlačiteľného podložia, alebo je päta voľná. Opretie päty pilóty je dostatočne zaistené, ak je päta zahĺbená v horninách R1, R2 na 0,1 m až 0,2 m. Únosnosť opretej a votknutej pilóty je daná únosnosťou betónu, ktorá je nižšia ako únosnosť kvalitných hornín R1 a R2. Vŕtané pilóty sa neposudzujú na vzpernú pevnosť. Z dôvodu znečistenia betónu pri betonáži sa pevnosť betónu v tlaku znižuje o 25 až 35 %. Únosnosť opretej pilóty je z tohto dôvodu stanovená podľa vzťahu (2-20).

$$U_{vd} = 0{,}8 \,.\, A_s \,.\, R_{bd} \qquad (2\text{-}20)$$

A_S - plocha päty pilóty

R_{bd} - únosnosť betónu v tlaku

Okamžité sadanie pilóty je závislé na šmykovom napätí pozdĺž pilóty, napätím v päte pilóty a deformáciou betónového drieku pilóty. Stanoví sa podľa vzťahu (2-21).

$$s = I_{sp} \frac{V \,.\, L}{A_s \,.\, E_b} \qquad (2\text{-}21)$$

I_{sp} - koeficient pre sadanie opretej pilóty viď tab. 2-6.

Tab. 2-6: Koeficient pre sadanie opretej pilóty [3]

K / L/d	100	200	500	1000	2000	5000	10000
3	0,92	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
5	0,88	0,92	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00
10	0,75	0,84	0,92	0,96	0,98	1.00	1,00

K -tuhosť pilóty, pomer modulu pružnosti betónu ku priemernému modulu deformácie zeminy pozdĺž pilóty

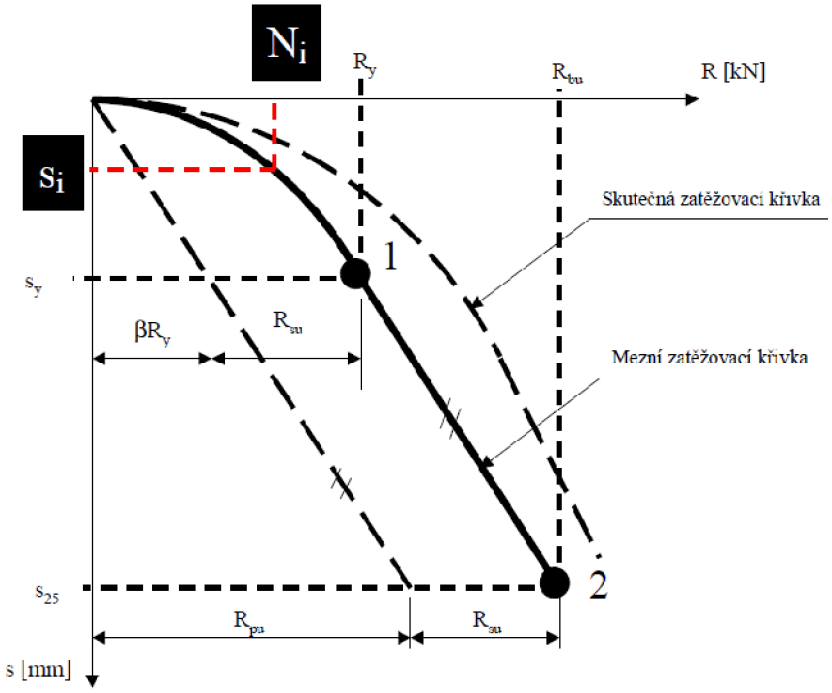
V - pôsobiace vertikálne zaťaženie

L - dĺžka pilóty

A_s - plocha päty pilóty

E_b - modul pružnosti betónu

Únosnosť pilóty s voľnou pätou sa skladá z únosnosti plášťa a z únosnosti päty pilóty. Stanovuje sa pomocou medznej zaťažkávacej krivky podľa obr. 2-10.



Obr. 2-10: Medzná zaťažkávacia krivka [3]

Únosnosť plášťa pilóty je závislá na druhu zaťaženia, členitosti plášťa, rozmeroch pilóty a veľkosti plášťového trenia. Únosnosť plášťa pilóty sa stanoví podľa vzťahu (2-22).

$$R_{su} = m_1 \cdot m_2 \cdot \pi \cdot \Sigma\, d_i \cdot h_i \cdot q_{si} \qquad (2\text{-}22)$$

m_1 - koeficient podľa druhu zaťaženia

$m_1 = 0,7$ - prevádzkové zaťaženie

$m_1 = 1,0$ - extrémne zaťaženie

m_2 - koeficient podľa duhu povrchu

$m_2 = 1,0$ - betonáž do suchého vrtu a pod vodou

$m_2 = 0,9$ - betonáž pod pažiacou suspenziou

$m_2 = 0,7$ - betonáž do ochrannej fófie PVC, PE hrúbky cez 0,7 mm

$m_2 = 0,5$ - betonáž do ochrannej fófie a pletiva B-systému

$m_2 = 0,15$ - betonáž s ponechanou oceľovou výpažnicou

q_{si} - plášťové trenie v i-te vrstve

Plášťové trenie sa určí pomocou regresných súčiniteľov, hĺbky a priemeru piloty podľa vzťahu (2-23).

$$q_{si} = a - \frac{b}{(D_i / d_i)} \qquad (2\text{-}23)$$

a - regresný koeficient viď tab. 2-7

b - regresný koeficient viď tab. 2-7

Tab. 2-7: Regresné koeficienty [3]

Zemina / Hornina		Regresné koeficienty (kPa)			
		a	b	e	f
Poloskalná	R3	246,02	225,95	2841,31	1298,96
	R4	169,98	139,45	1616,22	1155,34
	R5	131,92	94,96	957,61	703,89
Nesúdržná	$I_D = 0,5$	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
Súdržná	$I_C = 0,5$	46,39	20,81	197,74	150,22
	$I_C \geq 1,0$	97,31	108,59	987,60	1084,26

D_i - hĺbka stredu vrstvy i-te zeminy

d_i - priemer pilóty v i-te vrstve

Napätie na päte pilóty pri plnej mobilizácii plášťového trenia sa stanovuje podľa vzťahu (2-24).

$$q_0 = e - \frac{f}{(L / d_0)} \qquad (2\text{-}24)$$

e - regresný koeficient viď tab. 2-7

f - regresný koeficient viď tab. 2-7

L - dĺžka pilóty

d_0 - priemer pilóty v päte

Priemerná veľkosť plášťového trenia sa stanovuje ako vážený priemer plášťového trenia podľa vzťahu (2-25).

$$q_s = \frac{\sum d_i \,.\, h_i \,.\, q_{si}}{\sum d_i \,.\, h_i} \qquad (2\text{-}25)$$

Zaťaženie v hlave pilóty pri mobilizácii plášťového trenia sa stanoví podľa vzťahu (2-26).

$$R_y = \frac{R_{su}}{1\text{-}\beta} \qquad (2\text{-}26)$$

β - koeficient prenosu zaťaženia do päty pilóty sa stanovuje podľa vzťahu (2-27)

$$\beta = \frac{q_0}{(q_0 + 4 \,.\, q_s \,.\, L / d_0)} \qquad (2\text{-}27)$$

d_0 - priemer päty pilóty

Veľkosť sadnutia sa stanovuje podľa vzťahu (2-28).

$$s_y = \frac{I \,.\, R_y}{d \,.\, E_s} \qquad (2\text{-}28)$$

E_s - modul deformácie zeminy a horniny sa stanovuje podľa tabuliek tab. 2-8, tab. 2-9, tab. 2-10

Tab. 2-8: Moduly deformácie horniny [3]

h	d /m/								
(m)	0,6			1,0			1,5		
	R 3	R 4	R 5	R 3	R 4	R 5	R 3	R 4	R 5
1,5	50,3	28,2	20,2	72,3	35,0	24,7	85,5	33,5	22,3
3	64,5	43,1	30,8	105,5	57,3	41,0	138,3	58,8	41,2
5	-	58,2	41,3	-	75,3	54,8	-	87,9	63,7
10	-	87,5	61,6	-	114,5	83,2	-	133,0	97,0

Tab. 2-9: Moduly deformácie nesúdržné zeminy [3]

h	d /m/								
(m)	0,6			1,0			1,5		
	I_D								
	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
1,5	11,0	13,7	28,3	12,8	15,8	30,6	13,0	15,3	29,0
3	15,5	20,2	44,5	18,4	25,0	47,8	19,4	24,5	52,5
5	18,8	26,6	56,1	22,8	32,5	69,1	24,5	36,0	78,2
10	23,8	36,6	72,1	29,8	47,8	93,4	32,6	54,0	107,3

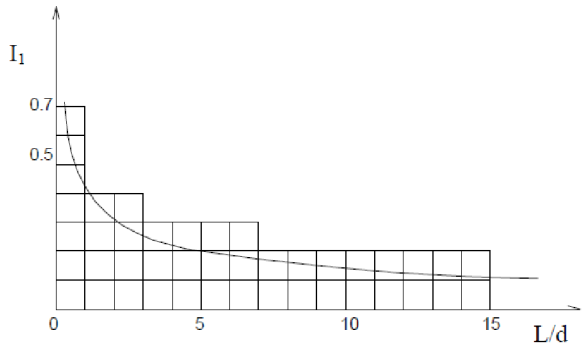
Tab. 2-10: Moduly deformácie súdržné zeminy [3]

h /m/	d /m/					
	0,6		1,0		1,5	
	I_C					
	0,5	≥ 1,0	0,5	≥ 1,0	0,5	≥ 1,0
1,5	6,9	13,2	7,9	13,4	8,6	12,3
3	10,0	22,0	12,5	23,9	13,7	23,0
5	12,5	31,2	15,9	35,4	18,4	36,7
10	15,5	44,3	21,3	51,3	24,6	57,4

I - koeficient sadania pilóty, stanovuje sa podľa vzťahu (2-29)

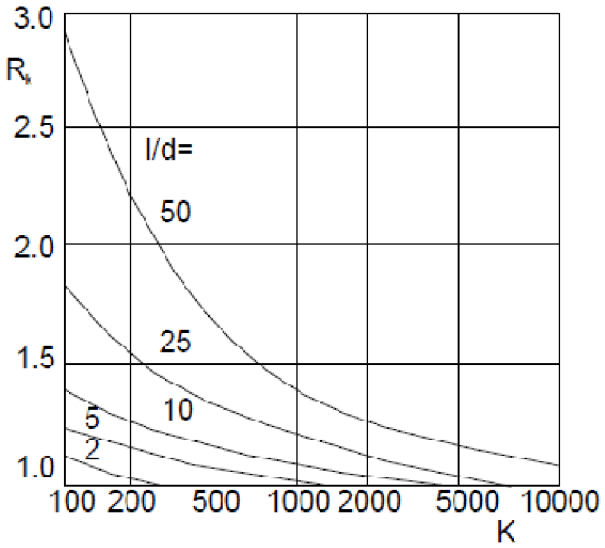
$$I = I_1 \cdot R_k \qquad (2\text{-}29)$$

I_1 - základný koeficient sadania pilóty stanovený podľa obr. 2-11



Obr. 2-11: Základný koeficient sadania pilóty I_1 [3]

R_k - korelačný súčiniteľ vyjadrujúci vplyv tuhosti pilóty sa určí podľa obr. 2-12



Obr. 2-12: Korelačný súčiniteľ R_k [3]

Súradnice R_y a s_y ukončujú prvú časť zaťažkávacej krivky, ktorá odpovedá plnej mobilizácii plášťového trenia. Presný tvar krivky je daný rovnicou (2-30).

$$s = s_y \frac{R^2}{R_y^2} \tag{2-30}$$

R - zaťaženie pilóty

s - sadanie pilóty

Za súradnicami R_y a s_y začína druhá časť zaťažkávacej krivky, ktorá je lineárna. Stanoví sa podľa vzťahu (2-31). V druhej časti plášťové trenie pôsobí, ale nezvyšuje sa. Narastá vplyv päty na celkovú únosnosť pilóty. V bode so súradnicami s_{25} a R_{bu} nastáva limitné sadnutie pilóty 25 mm.

$$s = s_y + \frac{(s_{25} - s_y) \cdot (R - R_y)}{R_{bu} - R_y} \tag{2-31}$$

Pilóty zaťažené horizontálnou silou a ohybovým momentom

S týmto typom zaťaženia sa stretávame hlavne pri inžinierskych stavbách. Únosnosť môžeme stanoviť zaťažkávacou skúškou, alebo statickým výpočtom. Využíva sa pružne plastické prostredie, v ktorom je pilóta votknutá. V určitom obore deformácií

môžeme pilótu riešiť ako nosník obmedzenej dĺžky na pružnom podklade. Využíva sa lineárna závislosť medzi napätím a deformáciou podľa Winklerovej hypotézy, ktorá je daná vzťahom (2-32).

$$\sigma_z = k_{h,z} \cdot u_z \qquad (2\text{-}32)$$

$k_{h,z}$ - modul vodorovnej reakcie podložia v príslušnej hĺbke z

u_z - príslušná vodorovná deformácia pilóty

Modul vodorovnej reakcie $k_{h,z}$ závisí na type zeminy. V súdržných zeminách a skalných horninách sa riadi podľa vzťahu (2-33) a v nesúdržných podľa (2-34).

$$k_h = \frac{E_{def}}{d} \qquad (2\text{-}33)$$

$$k_{hz} = \frac{n_h \cdot z}{d} \qquad (2\text{-}34)$$

E_{def} - deformačný modul zeminy

d - hĺbka, ak je d > 1,0 m, potom je d = 1,0 m

n_h - konštanta podľa tab. 2-11

Tab. 2-11: Konštanta n_h pre nesúdržné zeminy [3]

Zemina	n_h /MN.m^{-3}/		
Relativní ulehlost I_D	0,33	0,50	0,90
Suchý písek a štěrk	1,5	7,0	18,0
Vlhký písek a štěrk	2,5	4,5	11,0

z - hĺbka zeminy

Podľa tuhosti pilóty a type zeminy nastávajú dva prípady deformácie. Ak je pilóta považovaná za tuhú, potom sa pilóta nedeformuje, ale sa posúva a otáča okolo bodu otáčania. Ak je považovaná za poddajnú, deformuje sa. Z hľadiska statického uloženia hlavy a päty pilóty rozoznávane:

voľná hlava, voľná päta

pevná hlava, voľná päta

voľná hlava, kĺb v päte

Kĺbom v päte sa rozumie opretie o únosné podložie typu R1, R2.

Výpočet tuhej pilóty

Za tuhú pilótu sa považuje pilóta, ktorá spĺňa podmienku (2-35).

$$L_{max} = m \cdot d \qquad (2\text{-}35)$$

m - koeficient závislý na statickom uložení pilóty podľa tab. 2-12, tab. 2-13

Tab. 2-12: Koeficient m pre súdržné zeminy [3]

Statické schéma	Koeficient m			
Totální koheze c_u /kPa/	10	30	60	100
Vetknutá hlava, volná pata	6,7	5,5	4,5	3,5
Volná hlava, volná pata	10,0	8,0	7,0	6,0
Volná hlava, kloub v patě	9,5	7,5	6,0	5,0

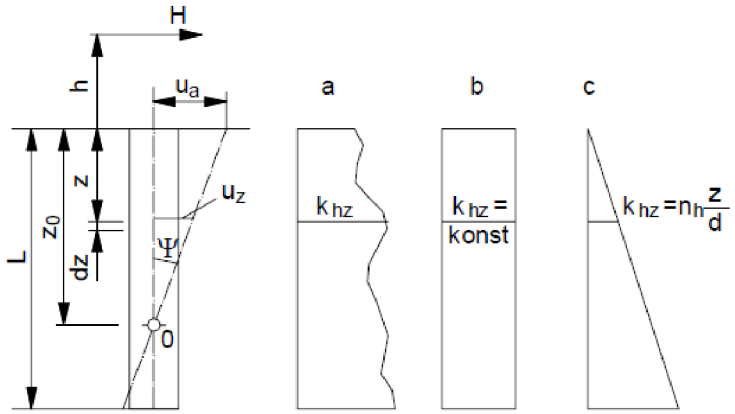
Tab. 2-13: Koeficient m pre nesúdržné zeminy [3]

Statické schéma	Koeficient m		
Relativní ulehlost I_D	0,5	0,7	0,9
Vetknutá hlava, volná pata	5,5	4,2	3,2
Volná hlava, volná pata	7,0	5,5	4,2
Volná hlava, kloub v patě	5,5	4,2	3,2

Statická schéma tuhej pilóty s voľnou hlavou a pätou je na obr. 2-13. Na obrázku 2-13 je vidieť hľadaný bod otáčania, posun hlavy u_a a uhol odklonu Ψ. Hľadané veličiny sa stanovia pomocou silovej (2-36) a momentovej (2-37) podmienky rovnováhy.

$$H - d \cdot u_a / z_0 \cdot \int k_{hz} \cdot (z_0 - z) \cdot dz = 0 \qquad (2\text{-}36)$$

$$H \cdot (h + z_0) - d \cdot u_a / z_0 \cdot \int k_{hz} \cdot (z_0 - z)^2 \cdot dz = 0 \qquad (2\text{-}37)$$



Obr. 2-13: Statická schéma tuhej pilóty s voľnou hlavou a pätou [3]

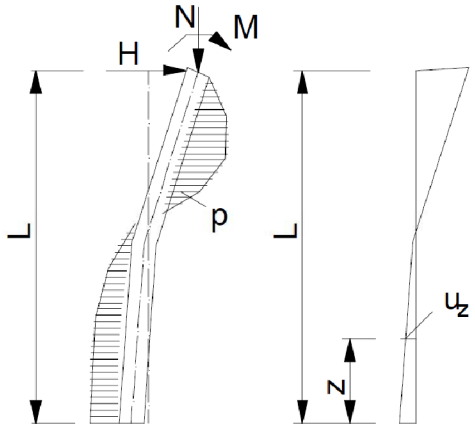
Výpočet poddajnej pilóty

Pri poddajnej pilóte sa os pilóty deformuje, ako je vidieť na obr. 2-14. V tomto prípade sa nejedná o staticky určitý systém. Rovnica ohybovej čiary má tvar (2-38).

$$E_b \,.\, I \,.\, (d^4u / dz^4) + d \,.\, k_{hz} \,.\, u = 0 \qquad (2\text{-}38)$$

E_b - modul pružnosti pilóty

I - moment zotrvačnosti pilóty

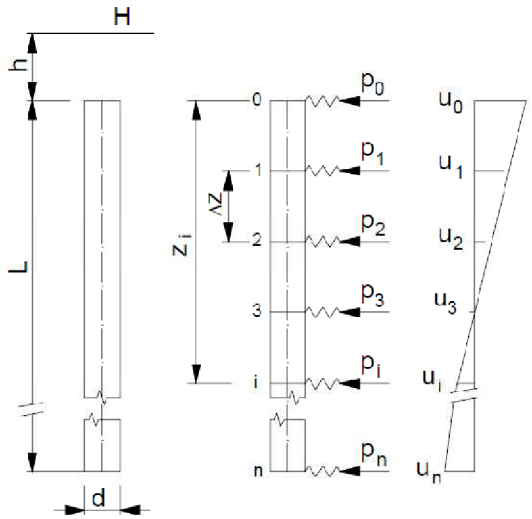


Obr. 2-14: Deformácia poddajnej pilóty [3]

Ak rovnicu ohybovej čiary dvakrát zderivujeme, tak dostaneme rovnicu ohybovej čiary nosníka v známom tvare (2-39).

$$E_b \,.\, I \,.\, (d^2u / dz^2) = M_z \qquad (2\text{-}39)$$

Túto rovnicu môžeme použiť len v špecifických prípadoch uloženia. Pilóta je zvyčajne uložená vo vrstevnatej základovej pôde, v ktorej nie je konštantný modul vodorovnej reakcie. To znamená, že má obecný priebeh a konečnú diferenciálnu rovnicu ohybovej čiary nie je možné riešiť priamo. V tomto prípade sa prechádza k približnému riešeniu. Približné riešenie spočíva v nahradení príslušnej derivácie funkcie u_z diferenciálnymi výrazmi v určitých, vopred zvolených bodoch. Schéma výpočtu je na obr. 2-15.



Obr. 2-15: Schéma výpočtu poddajnej pilóty [3]

Ak označíme dieliky 1 až n, deliacich bodov 0 až n dostaneme pre n dielikov tej istej dĺžky $\Delta z = L/n$ celkom n + 1 prierezov, v ktorých hľadáme n + 1 neznámych vodorovných posunov. Okolitá základová pôda vzdoruje deformáciám u_i, tak vzniká napätie, ktoré je priamo úmerné tejto deformácii. Tento výpočtový model sa nazýva pružinkový, alebo Winklerov. Každá pružinka predstavuje jednu diskrétnu silu P_i odporu prostredia, ktorá sa rovná u_i násobku pérových konštánt C_i, takže dostaneme nespojitý priebeh ohybovej čiary (2-40).

$$P_i = \Delta z \,.\, d \,.\, k_{hz} \,.\, u_i = C_i \,.\, u_i \qquad (2\text{-}40)$$

Ak druhú deriváciu funkcie ohybovej čiary nahradíme diferenciálnym výrazom (2-41), potom po dosadení do rovnice (2-39) dostaneme rovnicu (2-42).

$$d^2u / dz^2_{(i)} = (u_{i-1} - 2 \,.\, u_i + u_{i+1})/ (\Delta z)^2 \qquad (2\text{-}41)$$

$$\frac{E_b \,.\, I}{\Delta z^2 \,.\, (u_{i-1} - 2 \,.\, u_i + u_{i+1})} = M_{zaťažkávací} - M_{vzdorujúci} \qquad (2\text{-}42)$$

$$M_{zaťažkávací} = H \,.\, (h + z_i) \qquad (2\text{-}43)$$

$$M_{vzdorujúci} = P_0 \,.\, z_i + P_1 \,.\, (z_i - 1 \,.\, \Delta z) + P_2 \,.\, (z_i - 2 \,.\, \Delta z) +$$

$$+ \ldots + P_i \,.\, (z_i - i \,.\, \Delta z) = \sum_{j=0}^{j=i} P_j \,.\, (z_i - j \,.\, \Delta z) \qquad (2\text{-}44)$$

Po dosadení rovníc (2-43) a (2-44) do rovnice (2-42) získame rovnicu (2-45).

$$\frac{E_b \,.\, I}{Dz^2 \,.\, (u_{i-1} - 2 \,.\, u_i + u_{i+1})} = H \,.\, (h + z_i) - \sum_{j=0}^{j=i} C_{hi} \,.\, u_j \,.\, (z_i - j \,.\, \Delta z) = 0 \qquad (2\text{-}45)$$

Pre n + 1 prierezov môžeme napísať n – 1 lineárnych rovníc s n + 1 neznámymi deformáciami u_0 až u_n. Súčtová podmienka rovnováhy má tvar (2-46) a momentová podmienka k bodu n (2-47).

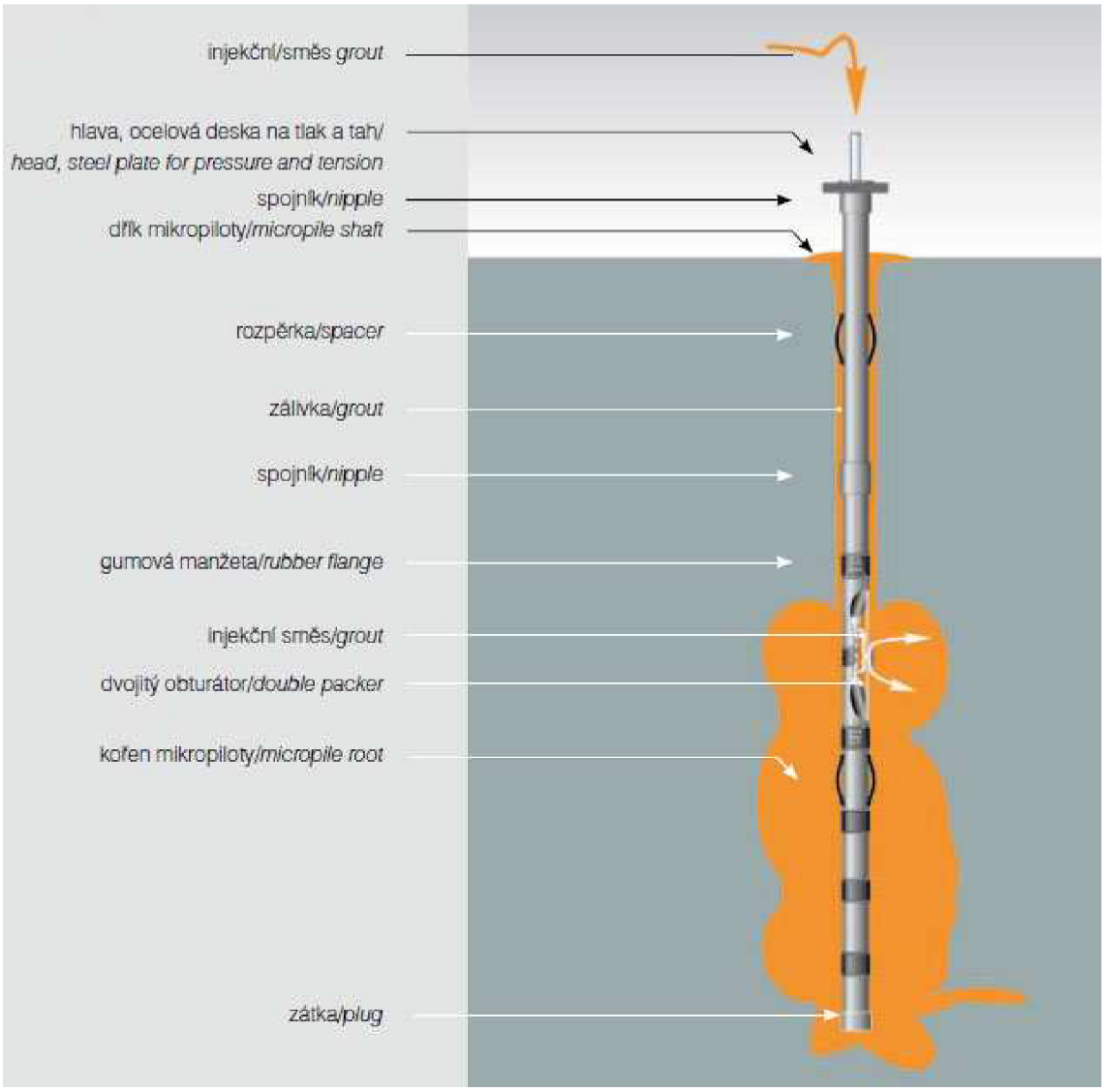
$$H - \sum_{i=0}^{i=n} P_i = 0 \qquad (2\text{-}46)$$

$$H \,.\, (h + l) - \sum_{i=0}^{i=n} P_i \,.\, L \,.\, (1 - i/n) = 0 \qquad (2\text{-}47)$$

2.1.2.2 Mikropilóty

Mikropilóty sú štíhle tlačené, alebo ťahané prútové prvky, ktoré môžu byť v niektorých prípadoch namáhané aj priečnymi silami. Statický návrh je založený na teórii medzných stavov. Únosnosť mikropilóty je závislá hlavne na injektáži koreňa. Stroje na výrobu mikropilót sa uplatňujú najmä v stiesnených priestoroch, kam by sa iná technika nedostala. Využívajú sa najmä k zosilneniu stávajúcich základov, ale aj k budovaniu nových. Mikropilóty zaťažené vodorovnými silami a ohybovými momentmi sa navrhujú v skupine, z dôvodu malej tuhosti v priečnom smere. Aby mikropilóta správne fungovala, musí byť vystužená buď oceľovou trubkou, alebo

výstužným armovacím košom. Sadanie mikropilóty sa dá ovplyvniť aktiváciou zaťaženia. Rozoznávame vopred zaťažené, nezaťažené a predpäté mikropilóty. Vopred nezaťažené sa zaťažia až následne stavebnou konštrukciou. Vopred zaťažené sa zaťažujú silou, ktorá bude zhodná s reakciou od nadzákladovej konštrukcie. Následné sadnutie po zhotovení stavby by malo odpovedať pružnému stlačeniu materiálu mikropilóty. Predpätá mikropilóta je vopred zaťažená a súčasne pevne spojená s konštrukciou stavby. Takto vyhotovená mikropilóta vykazuje minimálne deformácie. Schéma mikropilóty je na obr. 2-16.



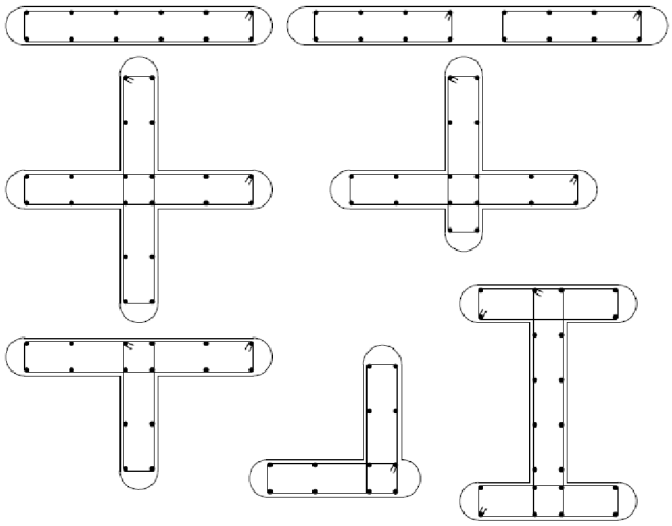
Obr. 2-16: Schéma mikropilóty [7]

Mikropilóty sa vŕtajú maloprofilovými bezjadrovými vrtákmi. Vrtné súpravy dokážu vyhotoviť mikropilótu v akomkoľvek sklone a dĺžke. Rozmery súpravy sú prispôsobené k priestoru, v ktorom sa pohybujú, suterénne priestory objektu. Podľa spôsobu ťažby základovej pôdy pomocou bezjadrových vrtákov delíme bezjadrové vŕtanie na rotačné, nárazové, kombinované a vibračné. Podľa spôsobu prenosu energie na vrtný nástroj sa vrtná technológia delí na vŕtanie kolónou vrtných trubiek a vŕtanie lanové. Spôsob vyberania rozrušenej pôdy sa delí na suché vŕtanie a vŕtanie s výplachom. Pri vyhotovovaní mikropilót narušujeme vrstvy základovej pôdy, preto musíme zabezpečiť stabilitu stien. Rozoznávame vrty nezapažené, zapažené pomocou oceľových výpažníc, alebo pomocou pažiacej suspenzie. Najčastejšie používané kombinácie spôsobu vyhotovenia mikropilót je rotačné vŕtanie špirálou za sucha, rotačné vŕtanie plného čela s výplachom a rotačné príklepové vŕtanie. Ako výstuž mikropilót sa používajú hrubostenné oceľové trubky, kôš s výstužnými prútmi, alebo ojedinele valcované oceľové profily. Oceľové trubky sa napájajú v typických dĺžkach 1500 mm, alebo 3000 mm pomocou závitu, alebo zvaru. Spodná časť koreňovej výstuže je opatrená zátkou. Po vyčistení vrtu sa vrt zaplní cementovou zálievkou, do ktorej sa osadí výstuž. Potom sa včas začne injektovať pomocou obturátoru a čerpadla. Účelom injektáže je vytvorenie koreňa a upnutie mikropilóty do základovej pôdy. Pri injektáži dochádza k narušeniu manžety a zálievky. Injektuje sa opakovane, tak aby bol dosiahnutý požadovaný tlak injektážnej zmesi. Injektuje sa cementovou suspenziou rovnakého zloženia, ako je zálievka.

2.1.2.3 Podzemné steny

Podzemné steny sú najčastejšie zo železobetónu . Z technologického hľadiska ich môžeme deliť na montované, alebo monolitické. Hrúbka stien býva 400 mm až 1000 mm. Technologický postup monolitických stien začína zhotovením orientačných koridorov z betónu. Funkciou týchto koridorov je vedenie ťažobného zariadenia a spevnenie vrchnej časti ryhy. Na výkop ryhy v zeminách sa používa drapák, v horších podmienkach a v hlbších ryhách hydrofréza. Ťaží sa šachovite. Stabilitu stien a dna výkopu zabezpečuje pažiaca suspenzia. Počas ťaženia sa pažiaca suspenzia musí čistiť a dopĺňať. Tekutá ílová suspenzia má väčšiu objemovú hmotnosť ako voda. Stabilitu zabezpečuje pomocou hydrostatického tlaku a elektrochemických javov. Na povrchu

zeminy vzniká tzv. filtračný koláč, ktorý zabraňuje vnikaniu podzemnej vody do vrtu a vsakovaniu suspenzie do okolitej základovej pôdy. Po vyhĺbení sa osadzuje oceľová výstuž. Následne sa začína betonáž s trubkou a násypkou. Je dôležité, aby sa trubka vyťahovala postupne so vzdúvajúcou hladinou betónovej zmesi, ale aby bola permanentne ponorená minimálne 0,5 m v betónovej zmesi. Vrchná časť betónovej zmesi znehodnotená betónovou suspenziou sa odstraňuje. Výhodou prefabrikovaných podzemných stien je produktivita práce. V postupe výstavby sa líšia. Vodiaci koridor je rovnaký. Výkopové práce sa vykonávajú pod samotuhnúcou suspenziou. Po ukončení výkopu sa osadzujú lamely podzemných stien, ktoré sú z prepravného hľadiska maximálne 15 m dlhé. Spoj medzi lamelami je zabezpečený pomocou pera a drážky, alebo obojstrannou drážkou vyplnenou gumovým tesnením, či gumovou hadicou, ktorá sa dodatočne vyplní injektážnou zmesou. Podzemné steny sa často využívajú ako tesniace a pažiace konštrukcie. Konštrukčné usporiadanie podzemných stien je možné vidieť na obr. 2-17.

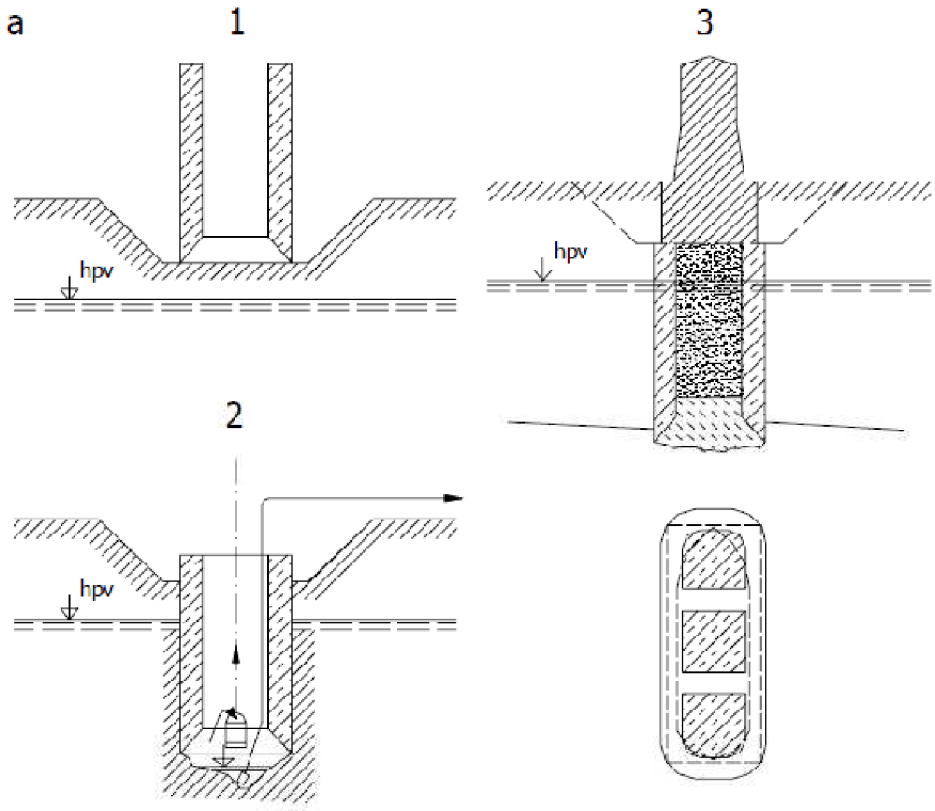


Obr. 2-17: Konštrukčné usporiadanie podzemných stien [4]

2.1.2.4 Studne

Základová studňa má tvar hrubostennej trubky, hranola, alebo iný. Vyhotovujú sa nad budúcim miestom pôsobenia. Navrhujú sa v jemnozrnných zeminách mäkkej konzistencie. Najčastejšie je zo železobetónu s oceľovým britom, ktorý zvyšuje napätie medzi studňou a zeminou, tým uľahčuje spúšťanie. Ak brit narazí na prekážku, tak je

potrebné túto prekážku odstrániť najčastejšie manuálne. Ak sú studne navrhnuté pod hladinou vody, tak je potreba vodu odčerpať, alebo je nutné nasadenie kvalifikovaných pracovníkov, potápačov. Základové studne sú náchylné na nerovnomerné sadanie počas spúšťania. Najjednoduchšie je využiť dutý valcový prierez. Na ťažbu základovej pôdy sa používajú drapáky. Po dosiahnutí projektovanej základovej špáry sa dutá základová studňa vybetónuje celá, alebo len z časti. Schéma studne je na obr. 2-18.

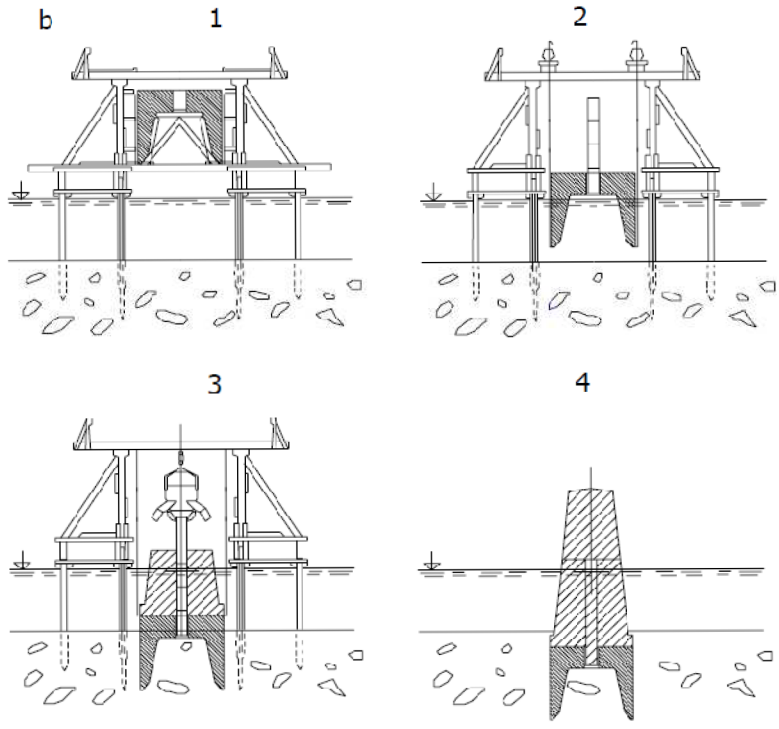


Obr. 2-18: Schéma základovej studne [3]

2.1.2.5 Kesóny

Kesóny sú prvkami hlbinného zakladania. Využívali sa najmä pri zakladaní mostných pilierov pod hladinu podzemnej vody. Majú rozmanitý tvar a veľkosť. Sú duté, uzavreté stropom, s britom pri spodnom okraji. Ochranou proti vniknutiu vody do dutej časti je pretlak vzduchu. Práca v kesónoch je spätá s veľkým rizikom. Ak by sa nedodržali predpísané bezpečnostné limity v pretlakovej komore, potom by pracovníci mohli byť vystavení kesónovej chorobe, pri ktorej hrozí smrť. Pretlak vzduchu by sa mal pohybovať minimálne o 10 kPa nad tlakom okolitej vody. Pracovníci v kesóne

podhrabávajú brit, tým kesón klesá. Tak ako pri základovej studni sa po dosiahnutí predpokladanej základovej špáry zabetónuje dno. Únosnosť dna sa posudzuje ako plošný základ. Schéma kesónu je na obr. 2-19.



Obr. 2-19: Schéma kesónu [3]

3 ROZBOR GEOLOGICKÝCH A HYDROGEOLOGICKÝCH POMEROV VO VZŤAHU K ZADANÉMU OBJEKTU

3.1 Úvod

V areály FAST VUT Brno pri uliciach Veveří a Žižkova bol vyhotovený podrobný inžiniersko-geologický prieskum. Účelom prieskumu bolo podrobné preskúmanie inžiniersko-geologických pomerov pre výstavbu parkovacieho domu a dostavbu ďalších častí projektu. Archívne podklady z miesta stavby a jeho okolia boli zistené z Geofondu Praha. Vzhľadom na zastavanie územia a malej prístupnosti terénu sa obmedzil počet sond na minimum. Popis geologických vrtov je v prílohe C.

3.2 Archívne podklady

Z archívu Geofondu Praha sa v blízkom okolí projektu podarilo vyhľadať iba dve vrtné sondy a to vrt PJ14 na ulici Rybkovej a vrt HV-201 z ulice Žižkovej. Ostatné vyhľadané sondy sú vzdialené a nie je nimi možné bližšie špecifikovať geologické pomery v mieste projektu. Vrt HV-201 patrí úlohe „Brno – Žižkova - KVUSS" , vypracovanej v novembri 1990 Geotestom s.p. Brno pod zák. č. 04 89 0846 (riešiteľ Pavel Konečný a kol.). Úloha je v archíve Geofondu Praha archivovaná pod číslom P 72 007. Vrt PJ14 patrí úlohe „Brno, Leninova – Malinovského, diameter A" , vypracovanej v júli 1985 pod zák. č. 04 83 0554 (riešiteľ Ing. J. Janovský). [8]

3.3 Geomorfologické, klimatické a seizmické pomery

Podľa regionálneho členenia reliéfu patrí záujmové územie do sústavy Česko-moravskej, podsústavy Brnenskej vrchoviny, celku Bobravskej vrchoviny, podcelku Řečkovicko-kuřimského prelomu. Orograficky sa jedná o prelom so strednou nadmorskou výškou 313,8 m n. m. Záujmové územie leží v nadmorskej výške približne 254,5 m n. m. Geomorfologicky je stavenisko situované v miernom pravobrežnom údolnom svahu aluviálnej nivy riečky Ponávky. Z klimatického hľadiska je územie zatriedené do teplej oblasti T2 s ročnou mierou zrážok od 550 do 700 mm. Počet dní mrazu je od 100 do 110. Z hľadiska zemetrasenia patrí územie do oblasti s 5-tym

stupňom maximálnej intenzity zemetrasenia podľa medzinárodnej makroseizmickej stupnice Mercalli-Cancani-Siebergovy a podľa počtu výskytu pozorovaných makroseizmických účinkov do oblasti s dvoma účinkami zemetrasenia, pozorovaných do roku 1960. [8]

3.4 Geologické pomery

Z regionálne geologického hľadiska sa záujmový priestor nachádza pri východnom okraji Českého masívu. V mieste stavby je tvorený telesom brnenskej vyvreliny, ktorá je v týchto miestach rozdelená priekopovou prepadlinou Řečkovicko-kuřimského prielomu na severnej a južnej časti. Prielom bol v terciéru vyplnený prevažne ílovitými sedimentmi neogénu, z nich bola značná časť v ose prelomu v kvartéry odplavená eróznou činnosťou vody. V záujmovom priestore bola miocenná výplň prelomu zachytená vrtom J3 v hĺbke 14,1 m pod povrchom terénu na kóte 240,44 m n. m. a vrtom PJ14 v hĺbke 13,4 m pod terénom v úrovni kóty 238,00 m n. m. Vo vrtoch J1, J2 a HV-201 už miocenné sedimenty zachytené neboli, pretože tu kvartérny pokryv priamo nasadá na horniny brnenskej vyvreliny, jej povrch bol predmetnými sondami zastihnutý v hĺbkach od 10,4 m (vrt J2) do 12,8 m (vrt J1) pod povrchom terénu. V priestore medzi sondou HV-201 a J3 upadá skalné podložie strmo do veľkej hĺbky, čo môže ukazovať na prítomnosť tektonického zlomu, jeho priebeh je v geologickej mape Brna a okolia v mierke 1:50 000 zakreslený približne v mieste nad navrhnutým parkovacím domom. Zlom má mať smer SSZ-JJV. Skalné podložie sa však severne od objektu „Z" prudko stáča k západu, takže zhruba kolmo na uvedený zlom. Ide teda skôr o pochovaný skalný výbežok. V prílohe F je vidieť priebeh skalného podložia. V priestore parkovacieho domu je kvartérny pokryv tvorený prevažne eolitickými a deluviálnymi hlinami až ílmi s nízkou a strednou plasticitou. Rozbor geologických vrtov je v prílohe C. [8]

3.5 Hydrogeologické pomery

Podzemná voda bola zachytená iba v sonde PJ14 v hĺbke 11,8 m a jej hladina je iba mierne napätá. Podzemná voda zvodňuje takmer celý horizont pieskovej terasy. Voda je podľa vyhotoveného chemického rozboru bez agresívnych vlastností na železobetónové

základové konštrukcie. Ide o podzemné vody, infiltrované v minulosti do podložia zo stekajúcej povrchovej vody z Kravej Hory. Smer prúdenia týchto podzemných vôd sa dá logicky predpokladať v smere zhodnom so spádnicou svahu Kravej hory. Rozbor vody je uvedený v prílohe D. [8]

3.6 Prieskumné vrty

Boli vyhotovené tri vrty označené J1, J2, J3. Vrty boli vŕtané jadrovými vrtákmi bez použitia výplachu. Priemer vrtáku bol 156 mm. Hĺbka vrtu bola 11,0 m, 13,5 m a 16,0 m. Z vrtu boli formou vrtného jadra odobrané priebežne dokumentačné vzorky zemín. Vzorky zemín boli ukladané do normalizačných trojpriehradkových drevených vzorkovníc dĺžky jeden meter. Tieto vzorky boli po prvotnej geologickej a fotografickej dokumentácii skartované a boli použité na spätné zasypanie vrtu. Mimo dokumentačných vzoriek zemín boli z vrtu odobrané vzorky k laboratórnemu vyšetreniu klasifikačných a geotechnických vlastností. Celkom 5 kusov porušených a 2 kusy neporušených vzoriek. Prehľad vrtov je v tab. 3-1.

Tab. 3-1: Prehľad vrtov J1, J2, J3 [8]

Označení a číslo sondy	Výška ústí sondy (m n.m.)	Hloubka sondy (m n.m.)	Datum hloubení	Hladina pozemní vody			Pažení		Vzorek			
				nar. m p.t.	ust. m p.t.	ust. m n.m.	od-do (m)	průměr ∅(mm)	N ks	P ks	T ks	V ks
J 1	265,28	13,5	14.12.2009	-	-	-	-	-	-	4	-	-
J2	265,38	11,0	14.12.2009	-	-	-	-	-	-	1	-	-
J3	254,54	16,0	15.12.2009	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Celkem		40,5 m							2	5	-	-

N - neporušená vzorka zeminy

T - technologická vzorka zeminy

P - porušená vzorka zeminy

V - vzorka podzemnej vody

Vrty boli vytýčené a polohovo zamerané realizátorom prieskumu. Výška vrtov bola stanovená pomocou lineárnej interpolácie z geodetických bodov na stavenisku. Polohové a výškové súradnice vrtov sú uvedené v tab. 3-2. [8]

Tab. 3-2: Polohové a výškové súradnice vrtov [8]

Sonda	X	Y	Z
J1	1 159 437,58	599 366,83	265,28
J2	1 159 508,79	599 324,33	265,38
J3	1 159 449,40	599 226,07	254,54
HV-201	1 159 460,48	599 261,34	258,35
PJ14	1 159 469,34	599 148,97	251,40

3.6.1 Výsledky vrtných prác

Výsledky vrtných prác boli spracované v súlade s ČSN 73 1001, formou graficko-písomnej a fotografickej dokumentácie vŕtaných sond J1, J2, J3. Popis geologických vrtov je uvedený v prílohe C. Z dokumentácie vŕtaných sond doplnených archívnymi sondami boli vyhotovené geologické rezy 1-1´ až 3-3´ v mierke 1:500. Rezy sú uvedené v prílohe F. V graficko-písomnej prílohe C sú všetky litologicky a geotechnicky odlišné polohy zemín z vrtov podrobne petrograficky a geotechnicky charakterizované a zatriedené do klasifikačných skupín a tried základových pôd podľa normy ČSN 73 1001. Zatriedenie zemín a hornín do klasifikačných tried základových pôd podľa ČSN 73 1001 bolo vyhotovené z časti na základe vizuálneho popisu a odhadu kvalitatívnych znakov, z časti na základe klasifikačných rozborov vzoriek zemín odobraných z vrtov. Vo všetkých prípadoch boli pevnostné charakteristiky a polohy vrstiev upravené meraním penetračných pevností Q_p. [8]

3.6.2 Výsledky laboratórnych skúšok zemín

Posudzovaných bolo 5 porušených a 2 neporušené vzorky zemín. Boli uskutočnené klasifikačné rozbory základových pôd pre zatriedenie zemín do skupín a tried základových pôd podľa ČSN 73 1001. Boli vyhotovené granulometrické rozbory a výpočtom stanovené hodnoty kapilárnej vzlínavosti a priepustnosti zemín.

Neporušené vzorky z vrtu J3 boli navyše vyšetrené efektívne pevnostné parametre. Deformačné charakteristiky sa nepodarilo vyšetriť, pretože vo vzorke z hĺbky 5 m bol veľký vápnitý cicvár a vzorka z hĺbky 16 m sa lupnite rozpadla. [8]

3.7 Vlastnosti základových pôd

Všetky druhy základových zemín, ktoré sa vyskytujú v prieskumných vrtoch sú uvedené v tab. 3-3. V tabuľke sú doporučené hodnoty smerných normových charakteristík prevzatých z ČSN 73 1001. Smerné normové charakteristiky boli upravené podľa nameraných odporov penetračnej pevnosti meranej vreckovým penetrometrom.

Tab. 3-3: Druhy zemín [8]

Trieda podľa ČSN 73 1001	Konzistencia uľahnutosť	Q_p (kPa)	E_{def} (MPa)	φ' (°)	φ_u (°)	c´ (kPa)	c_u (kPa)	γ (kNm^{-3})	υ (-)	R_{dt} (kPa)
F3-MS	pevná	300-500	15	28	14	30	70	18	0,35	350
F3-MS	tvrdá	>500	20	29	18	40	90	18	0,35	450
F4-CS	pevna	400	12	26	12	35	80	18,5	0,35	300
F5-ML	tuhá	180-200	4	20	0	14	65	20	0,4	150
F6-CL	velmi mäkká	30	1,5	16	0	8	20	20	0,4	30
F6-CL	mäkká	30-60	2	17	0	10	25	21	0,4	50
F6-CL	tuhá	100-150	3	19	0	14	45	21	0,4	100
F6-CL	tuhá	150-200	5	19	0	15	60	21	0,4	150
F6-CL	pevná	200-250	6	20	0	16	80	21	0,4	200
F6-CL	pevná	300	8	21	0	20	80	21	0,4	200
F6-CI	tuhá	100-150	3,5	18	0	12	50	21	0,4	100
F6-CI	tuhá	150-200	5	18	0	16	60	21	0,4	150
F6-CI	pevná	200-350	7	19	0	20	80	21	0,4	200
F6-CI	pevná	350-500	12	20	10	25	90	21	0,4	300
F6-CI	pevná-tvrdá	>500	20	21	16	30	90	21	0,4	350
F8-CV	pevná	350-400	9	17	5	45	100	20,5	0,42	200
F8-CV	velmi pevná	>500	12	18	10	50	150	20,5	0,41	250
S3-SF	stredne uľahlý	-	15	30	-	-	-	17,5	0,3	146-260*
S4-SM	uľahlý	-	15	30	-	5	-	18	0,3	175-225*

E_{def} - modul pretvárnosti základovej pôdy

φ', φ_u - efektívny, totálny uhol vnútorného trenia

c´, c_u - efektívna, totálna súdržnosť zemín

γ - objemová tiaž zeminy

Q_p - penetračná pevnosť meraná vreckovým penetrometrom

ν - Poissonovo číslo

R_{dt} - tabuľková výpočtová únosnosť základovej pôdy

* - hodnoty tabuľkovej výpočtovej únosnosti R_{dt} platí pre šírku základu 0,5–6 m a hĺbku založenia 1 m

Všetky druhy hornín, ktoré sa vyskytujú v prieskumných vrtoch sú uvedené v tab. 3-4.

Tab. 3-4: Druhy hornín podľa ČSN 73 110 [8]

Trieda podľa ČSN 73 1001	Hustota diskontinuit	σ_c (MPa)	E_{def} (MPa)	ν (-)	r (-)	p (-)	R_{dt} (-)
R6	stredná	1	50	0,3	2	1,8	250

σ_c - pevnosť v tlaku

r - súčiniteľ kvality skalnej horniny podľa ČSN 73 1001

p - súčiniteľ vplyvu hustoty diskontinuít podľa ČSN 73 1001

R_{dt} - tabuľková výpočtová únosnosť základovej pôdy podľa ČSN 73 110

3.8 Záver

Základové pomery pod parkovacím domom treba podľa normy ČSN 73 1001 hodnotiť ako zložité. Hlavne kvôli veľkému sklonu svahu, do ktorého bude stavba zarezaná na výšku 5 až 7 metrov. Vrstvy kvartérneho pokryvu tvoria najmä hliny eolického pôvodu s polohami svahových hlín. Vrstvy sú uložené zhruba zhodne so spádnicou terénu. Podobný sklon má aj povrch silne zvetraného až rozloženého skalného podložia, ktorý leží zhruba v hĺbke 10 až 12 metrov pod terénom pri okraji budúceho zárezu a približne 12 až 15 metrov pod terénom v mieste päty zárezu pre budúcu stavbu. Základová pôda je tvorená prevažne zeminami triedy F6 (hliny až íly s nízkou a strednou plasticitou) s plytkými polohami zeminy triedy F3 (piesočnaté hliny) až F4 (piesočnaté íly s úlomkami). Ojedinele sa vyskytujú aj vložky hlinitých

pieskov splachového pôvodu. Pri povrchu územia zhruba do siedmych metrov prevažujú zeminy s pevnou až veľmi pevnou konzistenciou. Konzistencia prechodne a niekde iba lokálne výrazne klesá na tuhú. Základové prostredie by malo byť v rozsahu celej stavby bez vplyvu vody a zrejme nehrozí výskyt prechodných plytších zvodní. [8]

4 Statický výpočet zvoleného variantu

4.1 Úvod

Účinky zaťaženia v hlavách pilót boli prevzaté od Ing. Petra Lampartera. Bola stanovená najexponovanejšia pilóta namáhaná normálovou silou a pilóta namáhaná maximálnym momentom a vodorovnou silou. Výpočet bol realizovaný pomocou ČSN 73 1002, v programe Plaxis a v programe Geo 5. Navrhnutá pilóta prechádza cez vrstvy hlín triedy F6 až do horniny R6. Hornina R6 má nízku kvalitu, preto bol výpočet vedený ako tzv. plávajúca pilóta.

4.2 Vstupné hodnoty

4.2.1 Zaťaženie

Účinky zaťaženia v hlavách pilót boli prevzaté od Ing. Petra Lampartera. Hodnoty v hlavách pilót sú uvedené v tab. 4-1.

Tab. 4-1: Prevzaté hodnoty zaťaženia od Ing. Petra Lampartera

Označenie pilóty	Sily do pilót				
	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
P01	510	0	0	±20	-105
P02	200	280	0	±20	-450
P03	2000	0	0	±20	-240
P04	335	1560	0	±20	-600
P05	400	1560	0	±20	-600
P06	400	1560	0	±20	-600
P07	400	1560	0	±20	-600
P08	400	1990	0	±20	-745
P09	400	1990	0	±20	-745
P10	400	1990	0	±20	-745
P11	400	1990	0	±20	-745
P12	400	2165	0	±20	-815
P13	400	**2165**	0	±20	**-815**
P14	400	2165	0	±20	-815
P15	280	2165	0	±20	-815
P16	227	1345	0	±20	-505
P17	865	0	0	±20	-125
P18	1325	0	193	±20	-105
P19	1170	800	0	±20	-450
P20	**3274**	0	237	±20	-240
P21	2024	525	10	±20	-245
P22	2413	525	4	±20	-245
P23	2379	525	3	±20	-245
P24	2340	525	4	±20	-245
P25	2277	670	5	±20	-295
P26	2503	670	16	±20	-295
P27	2280	670	4	±20	-295
P28	2368	670	3	±20	-295
P29	2353	730	3	±20	-320
P30	2372	730	3	±20	-320
P31	2319	730	4	±20	-320
P32	2230	730	15	±20	-320
P33	1605	455	8	±20	-200
P34	279	0	0	±20	-125
P35	276	0	0	±20	-105
P36	2258	0	0	±20	-240
P37	1632	440	4	±20	-200
P38	2253	440	3	±20	-200
P39	2221	440	4	±20	-200
P40	2835	0	0	±20	-245
P41	608	0	0	±20	-145
P42	1960	560	29	±20	-235
P43	2391	560	19	±20	-235
P44	2096	560	5	±20	-235
P45	2193	560	3	±20	-235
P46	2177	610	2	±20	-245
P47	2191	610	3	±20	-245
P48	2128	610	4	±20	-245
P49	2699	610	15	±20	-245
P50	237	380	8	±20	-155
P51	327	0	0	±20	-125
P52	150	0	0	±20	-40
P53	150	0	0	±20	-40
P54	150	0	0	±20	-40
P55	150	0	0	±20	-40
P56	169	0	0	±20	-105
P57	1253	0	0	±20	-240
P58	496	1075	22	±20	-325
P59	635	1075	12	±20	-325
P60	578	1075	13	±20	-325
P61	370	0	0	±20	-245
P62	288	0	0	±20	-145
P63	280	1375	0	±20	-395
P64	667	1375	31	±20	-395
P65	574	1375	14	±20	-395
P66	608	1375	12	±20	-395
P67	601	1495	11	±20	-435
P68	612	1495	11	±20	-435
P69	540	1495	11	±20	-435
P70	277	1495	0	±20	-435
P71	429	925	0	±20	-270
P72	550	0	0	±20	-125

M_x - moment okolo osi x

M_y - moment okolo osi y

H_x - horizontálna sila v smere x

H_y - horizontálna sila v smere y

N - normálová sila v smere z

Hodnoty v tabuľke sú vo výpočtových hodnotách. Bol použitý súčiniteľ zaťaženia 1,35. Neboli zohľadnené momenty od nepresnosti vyhotovenia pilót.

4.2.2 Základová pôda

Zloženie základovej pôdy je opísané v predchádzajúcej kapitole. Parametre pre výpočet sú uvedené v tab. 4-2 a tab. 4-3.

Tab. 4-2: Parametre zemín [8]

Číslo	Trieda vrstvy	Vzdialenosť od do	Hrúbka vrstvy (m)	φ_{ef} (°)	$\gamma_{m\varphi}$	φ_d (°)
1	F6 CI	0 - 2	2	20	1,4	14,3
2	F6 CI	2 - 2,9	0,9	18	1,4	12,9
3	F6 CI	2,9 - 4	1,1	20	1,4	14,3
4	F6 CI	4 - 5,2	1,2	19	1,4	13,6
5	F6 CL	5,2 - 7,2	2	19	1,4	13,6
6	F6 CL	7,2 - 9,8	2,6	19	1,4	13,6
7	F6 CL	9,8 - 11,9	2,1	21	1,4	15,0
8	F6 CL	11,9 - 12,8	0,9	26	1,4	18,6
9	R6-ekvi	12,8 - ?	-	35,5	1,4	25,4

c_{ef} (kPa)	γ_{mc}	c_d (kPa)	γ (kNm^{-3})	$\gamma_{m\gamma}$	γ_d (kNm-3)	E_{def} (MPa)
25	2	12,5	21	1	21	12
12	2	6	21	1	21	3,5
26	2	13	21	1	21	14
20	2	10	21	1	21	7
15	2	7,5	21	1	21	5
14	2	7	21	1	21	4
30	2	15	21	1	21	20
35	2	17,5	18,5	1	18,5	12
0	2	0	18,5	1	18,5	50

φ_d - efektívny výpočtový uhol vnútorného trenia

c_d - efektívna výpočtová súdržnosť zeminy

γ_d - výpočtová objemová hmotnosť zeminy

R6-ekvi. - je ekvivalentná zemina k hornine R6, R6 ≡ S2 uľahlý I_D > 0,67 pre zhodnotenie s programom Geo5

Tab. 4-3: Parametre hornín [8]

Číslo	Trieda vrstvy	Vzdialenosť od do	Hustota diskontinuít	σ_c (Mpa)	E_{def} (Mpa)	ν (-)	r (-)	p (-)	Rdt (-)
1	R6	12,8 - ?	stredná	1	50	0,3	2	1,8	250

4.3 Výpočet podľa ČSN 73 1002

Teória k výpočtu je opísaná v kapitole 2.

4.3.1 Zvislá únosnosť pilóty

4.3.1.1 Návrh

Boli navrhnuté veľkopriemerové pilóty s priemerom 1200 mm. Dĺžka pilóty bola zvolená 16 m, aby zasahovala do horniny triedy R6. Najexponovanejšia pilóta je označená P20 a zaťažená normálovou silou N_d = 3274 kN.

4.3.1.2 Výpočet 1. MS

Zvislá výpočtová únosnosť pilóty.

$$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} \geq N_d$$

Výpočtová únosnosť päty.

$$U_{bd} = k_1 \,.\, A_s \,.\, R_d$$

Súčiniteľ vyjadrujúci zväčšenie únosnosti vplyvom dĺžky pilóty k_1.

$$k_1 = 1{,}15$$

Plocha päty pilóty.

$$A_s = \pi \frac{d^2}{4} = \pi \frac{1{,}2^2}{4} = 1{,}13 \text{ m}^2$$

Únosnosť zeminy.

$$R_d = 1,2 \,.\, c_d \,.\, N_c + (1 + \sin\varphi_d) \,.\, \gamma_1 \,.\, L \,.\, N_d + \frac{d}{2} \,.\, N_b \,.\, \gamma_2$$

Súčinitele únosnosti.

$$N_d = e^{(\pi \,.\, tg\, \varphi d)} . \, tg^2 (45 + \frac{\varphi_d}{2}) = e^{(\pi \,.\, tg\, 25,4)} . \, tg^2 (45 + \frac{25,4}{2}) = 11,12$$

$$N_c = (N_d - 1) \,.\, cotg\, \varphi_d = (11,12 - 1) \,.\, cotg\, 25,4 = 21,31$$

$$N_b = 1,5 \,.\, (N_d - 1) \,.\, tg\, \varphi_d = 1,5 \,.\, (11,12 - 1) \,.\, tg\, 25,4 = 7,21$$

Priemerná objemová hmotnosť zeminy nad dnom pilóty.

$$g_1 = \frac{S\, h_i \,.\, g_i}{L} = \frac{(2+0,9+1,1+1,2+2+2,6+2,1).21+(0,9+3,2).18,5}{16} = 20,36\ kNm^{-3}$$

Únosnosť zeminy.

$$R_d = 1,2 \,.\, 0 \,.\, 21,31 + (1 + \sin 25,4) \,.\, 20,36 \,.\, 16 \,.\, 11,12 + \frac{1,2}{2} \,.\, 7,21 \,.\, 18,5 = 5256,28\ kPa$$

Výpočtová únosnosť päty.

$$U_{bd} = k_1 \,.\, A_s \,.\, R_d = 1,15 \,.\, 1,13 \,.\, 5256,28 = 6830,53\ kN$$

Výpočtová únosnosť na plášti.

$$U_{fd} = \Sigma\, \pi \,.\, d_i \,.\, h_i \,.\, f_{si}$$

Trenie na plášti v i-tej vrstve zeminy.

$$f_{si} = \sigma_{xi} \,.\, tg (\frac{\varphi_{d,i}}{\gamma_{r1}}) + \frac{c_{d,i}}{\gamma_{r2}}$$

Kontaktné napätie v i-tej vrstve.

$$\sigma_{xi} = k_2 \,.\, \sigma_{or,i}$$

Súčiniteľ bočného zemného tlaku zeminy na plášť pilóty.

K2 = 1,0 pre z ≤ 10,0 m

K2 = 1,2 pre z > 10,0 m

Geostatické napätie v polovici i-tej vrstvy.

$\sigma_{or,i} = \sum \gamma_i \, . \, z_i$

Súčiniteľ podmienok pôsobenia, vplyv technológie.

$\gamma_{r1} = 1,0$ - suchý a nezapažený vrt v súdržných zeminách

Súčiniteľ podmienok pôsobenia, vplyv základovej pôdy.

$\gamma_{r2} = 1,3$ z ≤ 1,0 m

$\gamma_{r2} = 1,2$ 1,0 m < z ≤ 2,0 m

$\gamma_{r2} = 1,1$ 2,0 m < z ≤ 3,0 m

$\gamma_{r2} = 1,0$ z > 3,0 m

Neúčinná dĺžka pilóty

$$l_p = \frac{d \, . \, N_d^{\,2/3}}{4} = \frac{1,2 \, . \, 11,12^{\,2/3}}{4} = 1,5 \text{ m}$$

Výpočtová únosnosť na plášti je v tab. 4-4.

Tab. 4-4: Výpočtová únosnosť na plášti

Číslo	Trieda vrstvy	Vzdialenosť od do (m)	Hrúbka vrstvy (m)	φ_d (°)	c_d (kPa)	γ_d (kNm-3)	E_{def} (MPa)	z_i (m)	σ_{ori} (kPa)	k_2	γ_{r1}	γ_{r2}	σ_{xi} (kPa)	f_{si} (kPa)	U_{fdi} (kN)
1	F6 CI	0 - 2	2	14,3	12,5	21	12	1	21	1	1	1,3	21	14,97	112,86
2	F6 CI	2 - 2,9	0,9	12,9	6	21	3,5	2,45	51,45	1	1	1,1	51,45	17,24	58,49
3	F6 CI	2,9 - 4	1,1	14,3	13	21	14	3,45	72,45	1	1	1	72,45	31,47	130,49
4	F6 CI	4 - 5,2	1,2	13,6	10	21	7	4,6	96,6	1	1	1	96,6	33,37	150,96
5	F6 CL	5,2 - 7,2	2	13,6	7,5	21	5	6,2	130,2	1	1	1	130,2	39,00	294,04
6	F6 CL	7,2 - 9,8	2,6	13,6	7	21	4	8,5	178,5	1	1	1	178,5	50,18	491,89
7	F6 CL	9,8 - 11,9	2,1	15	15	21	20	10,85	227,9	1,2	1	1	273,42	88,26	698,76
8	F6 CL	11,9 - 12,8	0,9	18,6	17,5	18,5	12	12,35	279,2	1,2	1	1	335,07	130,26	441,97
9	R6-ekvi.	12,8 - 14,5	1,7	25,4	0	18,5	50	13,65	319	1,2	1	1	382,8	181,77	1164,92
														$\sum U_{fdi}$ =	**3544,38**

U_{fd} = 3544,38 kN

Zvislá výpočtová únosnosť pilóty.

$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd}$ = 6830,53 + 3544,38 = 10374,91 kN ≥ 3274 kN = N_d

4.3.1.3 Záver pre 1.MS

Zvislá únosnosť pilóty podľa podmienky $U_{vd} \geq N_d$ vyhovuje.

4.3.1.4 Výpočet 2.MS

Vstupné hodnoty sú uvedené v tab. 4-5.

Tab. 4-5: Vstupné hodnoty

Číslo	Trieda vrstvy	Vzdialenosť od do (m)	Hrúbka vrstvy (m)	z_i (m)	I_C	a (kPa)	b (kPa)	e (kPa)	f (kPa)	F_s (MPa)	$F_s . h_i$ (MN/m)
1	F6 CI	0 - 2	2	1	1	97,31	108,59	-	-	16,49	32,98
2	F6 CI	2 - 2,9	0,9	2,45	0,6	56,57	38,37	-	-	9,14	8,23
3	F6 CI	2,9 - 4	1,1	3,45	1	97,31	108,59	-	-	12,96	14,26
4	F6 CI	4 - 5,2	1,2	4,6	1	97,31	108,59	-	-	12,96	15,55
5	F6 CL	5,2 - 7,2	2	6,2	0,8	76,94	73,48	-	-	13,8	27,60
6	F6 CL	7,2 - 9,8	2,6	8,5	0,7	66,76	55,92	-	-	15,31	39,81
7	F6 CL	9,8 - 11,9	2,1	10,85	1	97,31	108,59	-	-	17,19	36,10
8	F6 CL	11,9 - 12,8	0,9	12,35	1	97,31	108,59	-	-	12,96	11,66
9	R6	12,8 - 14,5	1,7	13,65	1	97,31	108,59	987,6	1084,26	12,96	22,03

Maximálne výpočtové zaťaženie R = 3274 kN

Medzná únosnosť na plášti pilóty.

$R_{su} = m_1 . m_2 . \pi . \Sigma d_i . h_i . q_{si}$

Medzné plášťové trenie.

$$q_{si} = a - \frac{b}{D_i / d_i}$$

$$q_{s1} = 97,31 - \frac{108,59}{1 / 1,2} = -33,00 \text{ kPa}$$

$$q_{s2} = 56,57 - \frac{38,37}{2,45 / 1,2} = 37,78 \text{ kPa}$$

$$q_{s3} = 97,31 - \frac{108,59}{3,45 / 1,2} = 59,54 \text{ kPa}$$

$$q_{s4} = 97,31 - \frac{108,59}{4,6 / 1,2} = 68,98 \text{ kPa}$$

$$q_{s5} = 76,94 - \frac{73,48}{6,2 / 1,2} = 62,72 \text{ kPa}$$

$$q_{s6} = 66,76 - \frac{55,92}{8,5 / 1,2} = 58,87 \text{ kPa}$$

$$q_{s7} = 97,31 - \frac{108,59}{10,85 / 1,2} = 85,30 \text{ kPa}$$

$$q_{s8} = 97,31 - \frac{108,59}{12,35 / 1,2} = 86,76 \text{ kPa}$$

$$q_{s9} = 97,31 - \frac{108,59}{13,65 / 1,2} = 87,76 \text{ kPa}$$

Priemerná veľkosť plášťového trenia.

$$q_s = \frac{\sum d_i \,.\, h_i \,.\, q_{si}}{\sum d_i \,.\, h_i} =$$

$$= \frac{1,2.(2.0+0,9.37,78+1,1.59,54+1,2.68,98+2.62,72+2,6.58,87+2,1.85,3+0,9.86,76+1,7.87,76}{1,2 \,.\, (\, 2 + 0,9 + 1,1 + 1,2 + 2 + 2,6 + 2,1 + 0,9 + 1,7 \,)} =$$

$q_s = 59,8$ kPa

Koeficient podľa druhu zaťaženia.

$m_1 = 0,7$ - zaťaženie prevádzkové

Koeficient podľa povrchu piloty.

$m_2 = 1$ - zaťaženie prevádzkové

Medzná únosnosť na plášti piloty.

$$R_{su} = m_1 \,.\, m_2 \,.\, \pi \,.\, \sum d_i \,.\, h_i \,.\, q_{si} =$$

=0,7.1.π.1,2.(2.0+0,9.37,78+1,1.59,54+1,2.68,98+2.62,72+2,6.58,87+2,1.85,3+0,9.86,76+1,7.87,76)=

R_{su} = 2288,40 kN

Veľkosť napätia na päte pilóty pri deformácii odpovedajúcej plnej mobilizácii plášťového trenia.

$$q_0 = e - \frac{f}{L / d_0} = 987,6 - \frac{1084,26}{16 / 1,2} = 906,28 \text{ kPa}$$

Koeficient prenosu zaťaženia do päty pilóty.

$$\beta = \frac{q_0}{q_0 + 4 \,.\, q_s \,.\, L / d_0} = \frac{906,28}{906,28 + 4 \,.\, 59,8 \,.\, 16 / 1,2} = 0,221$$

Zaťaženie v hlave pilóty na medzi mobilizácie plášťového trenia.

$$R_y = \frac{R_{su}}{1 - \beta} = \frac{2288,40}{1 - 0,221} = 2937,61 \text{ kN}$$

Priemerný modul deformácie.

$$\bar{E}_s = \frac{\sum E_{si} \,.\, h_i}{\sum h_i} =$$

$$= \frac{32,98+8,23+14,26+15,55+27,6+39,81+36,1+11,66+22,03}{16} = 14,36 \text{ MPa}$$

Koeficient sadania pilóty.

$I = I_1 \,.\, R_k$

Základný koeficient sadania pilóty stanovený z grafu na základe pomeru dĺžky pilóty D a priemeru pilóty d.

I_1 = 0,12

Korelačný súčiniteľ stanovený z grafu na základe tuhosti pilóty K a štíhlostného pomeru L/d.

$$K = \frac{E_b}{\bar{E}_s} = \frac{30000}{14,36} = 2089,14$$

$$\frac{L}{d} = \frac{16}{1,2} = 13,33$$

$R_k = 1,06$

Koeficient sadania pilóty.

$I = I_1 \,.\, R_k = 0,12 \,.\, 1,06 = 0,127$

Odpovedajúca hodnota sadania pilóty.

$$s_y = I \frac{R_y}{d \,.\, \bar{E}_s} = 0,127 \frac{2937,61}{1,2 \,.\, 14,36} = 21,65 \text{ mm}$$

Zaťaženie odpovedajúce deformácii 25 mm.

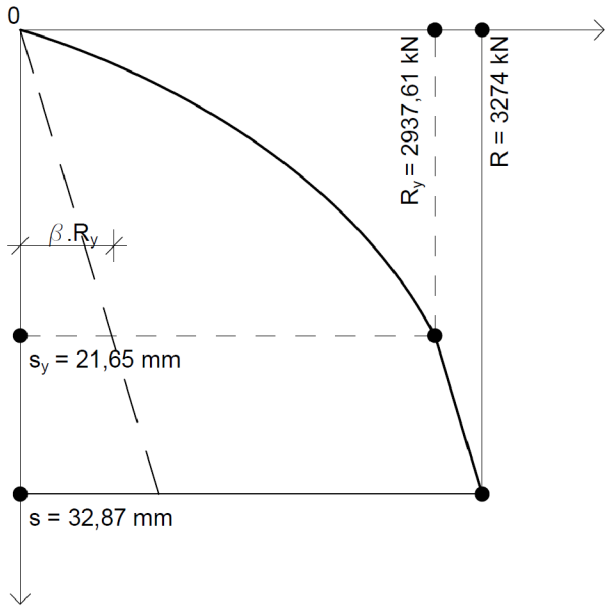
$R_{bu} = R_{su} + R_{pu} = 2288,40 + 749,67 = 3038,07$ kN

$R_{pu} = \beta \,.\, R_y \,.\, s_{25}/s_y = 0,221 \,.\, 2937,61 \,.\, 25/21,65 = 749,67$ kN

Celkové sadanie pilóty.

$$s = s_y + \frac{(R - R_y) \,.\, s_y}{\beta \,.\, R_y} = 21,65 + \frac{(3274 - 2937,61) \,.\, 21,65}{0,221 \,.\, 2937,61} = 32,87 \text{ mm}$$

Medzná zaťažkávacia krivka je znázornená na obr. 4-1.



Obr. 4-1: Zaťažkávacia krivka

4.3.1.5 Záver pre 2.MS

Celkové sadanie je 33 mm.

4.4 Výpočet podľa programu Geo 5

4.4.1 Úvod

Dĺžka pilóty bola zvolená 16 m z dôvodu zahĺbenia do horniny R6. Metóda výpočtu zvislej únosnosti sa riadila podľa ČSN 73 1002. Navrhovanie betónových konštrukcií podľa normy ČSN 73 1201 R. Modul reakcie podložia bol stanovený podľa normy ČSN 73 1004. Geologické zloženie základovej pôdy podľa tab. 4-2: Parametre zemín. Materiály betón B25 a oceľ 10 505 R.

4.4.2 Výpočet

Výstup z programu je uvedený v prílohe E.

4.4.3 Záver

Celková únosnosť pilóty je 9637,52 kN. Sadanie pilóty je 24,5 mm.

Pilóta vyhovuje.

4.5 Výpočet podľa programu Plaxis 3D foundation

4.5.1 Úvod

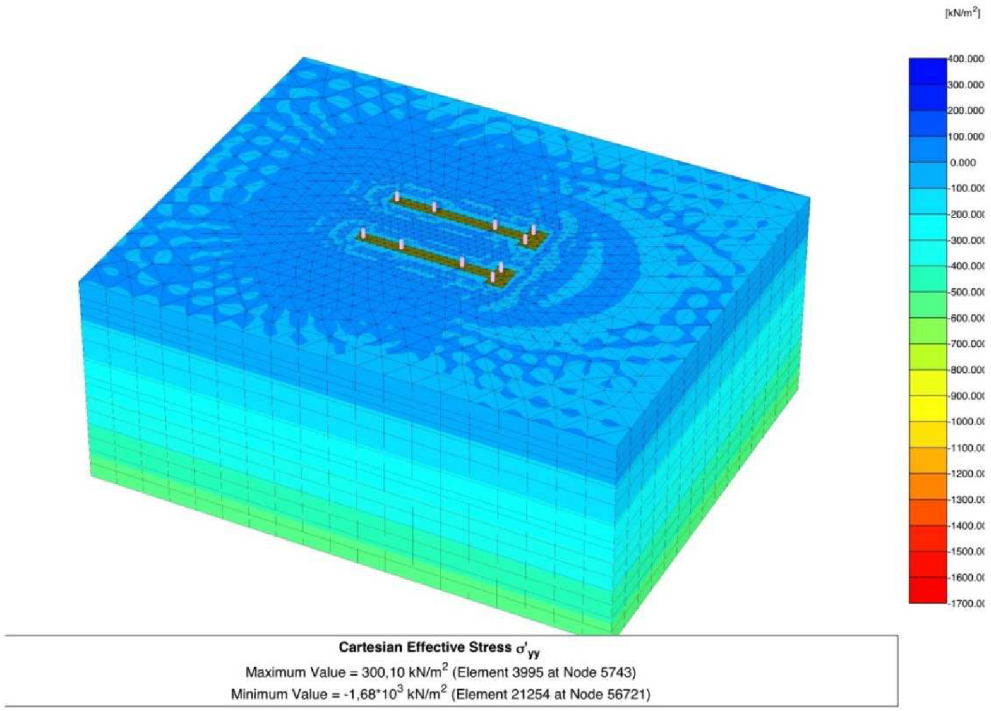
V programe Plaxis 3D foundation bolo posudzované sadnutie charakteristického výseku základovej konštrukcie zadaného objektu. Základová konštrukcia sa skladá z základového pásu a pilót. Bol použitý Mohr-Coulombov model, efektívne parametre zemín, odvodnené podmienky, súčiniteľ interakcie medzi pilótou a pôdou R_{inter} = 0,67. Piloty spojené základovým pásom boli zaťažené výpočtovým zaťažením tab. 4-6. Rozmery modelu sú 60 x 42,5 m. Počet konečných prvkov je 34240.

Tab. 4-6: Výpočtové zaťaženie v hlavách pilót

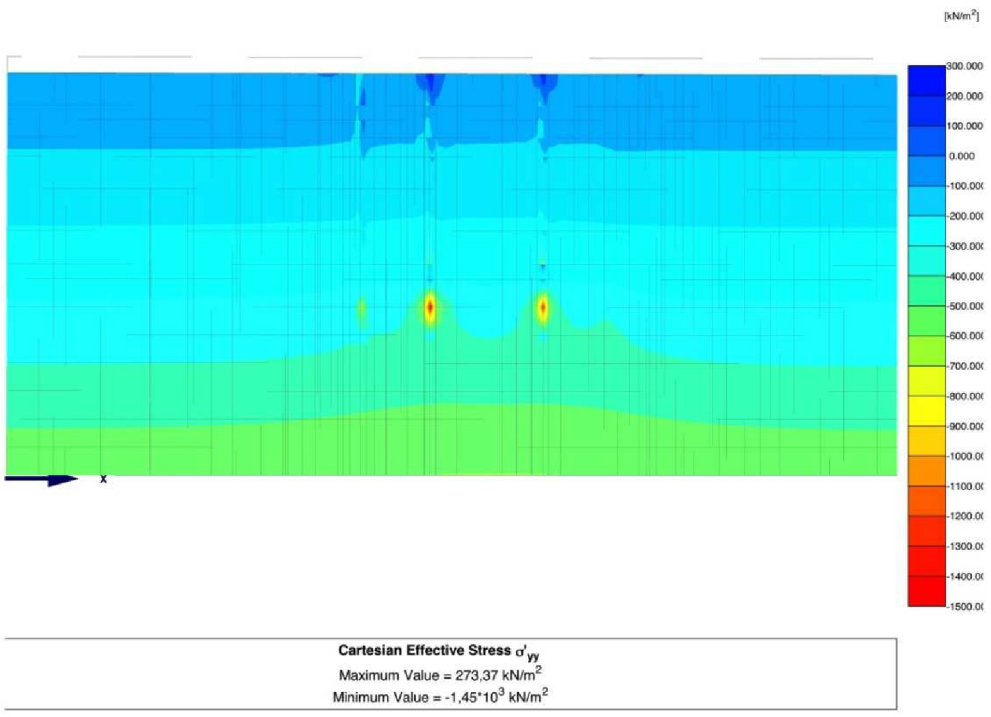
označenie pilót	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
P07	400	1560	0	±20	-600
P24	2340	525	4	±20	-245
P40	**2835**	0	0	±20	-245
P61	370	0	0	±20	-245

4.5.2 Výstup z programu

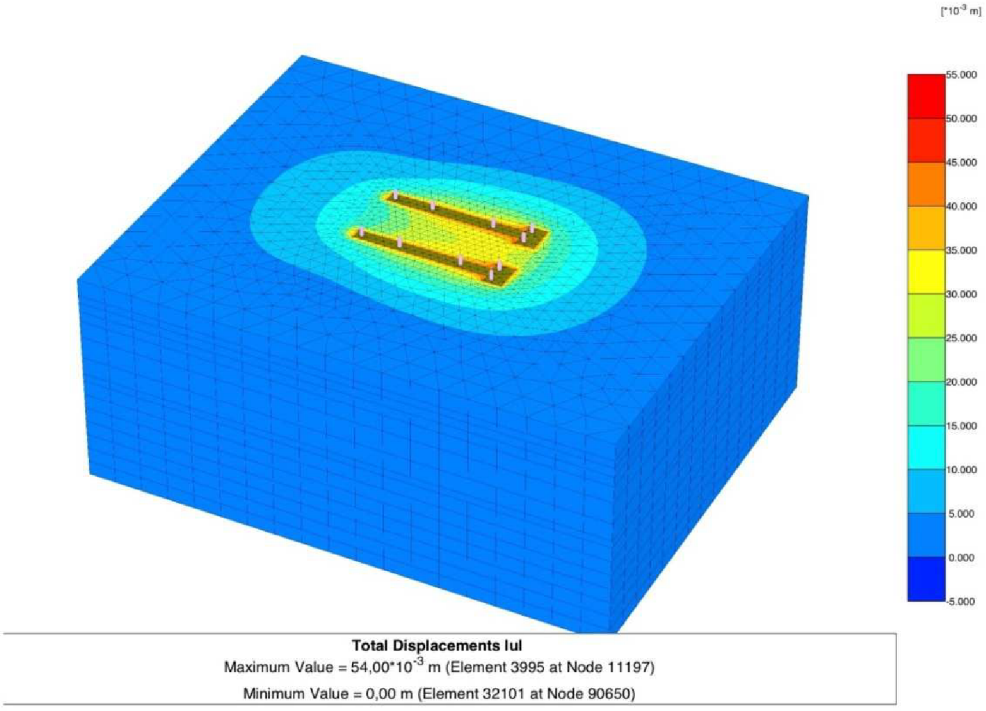
Grafický výstup je znázornený na obr. 4-2, obr. 4-3, obr. 4-4, obr. 4-5, obr. 4-6, obr. 4-7.



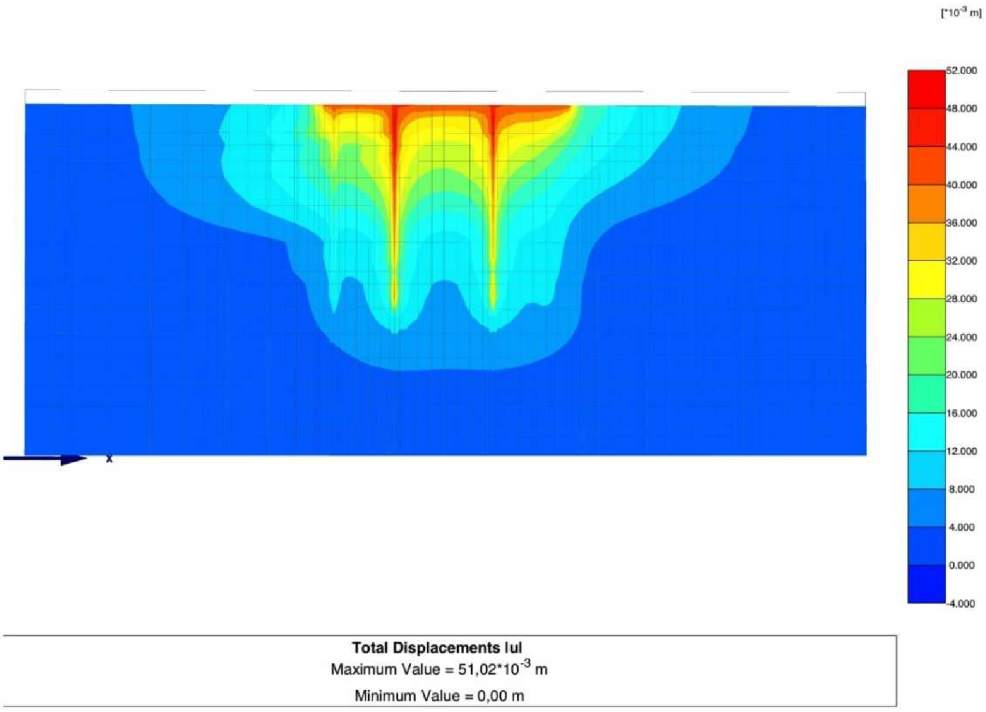
Obr. 4-2: Efektívne napätie



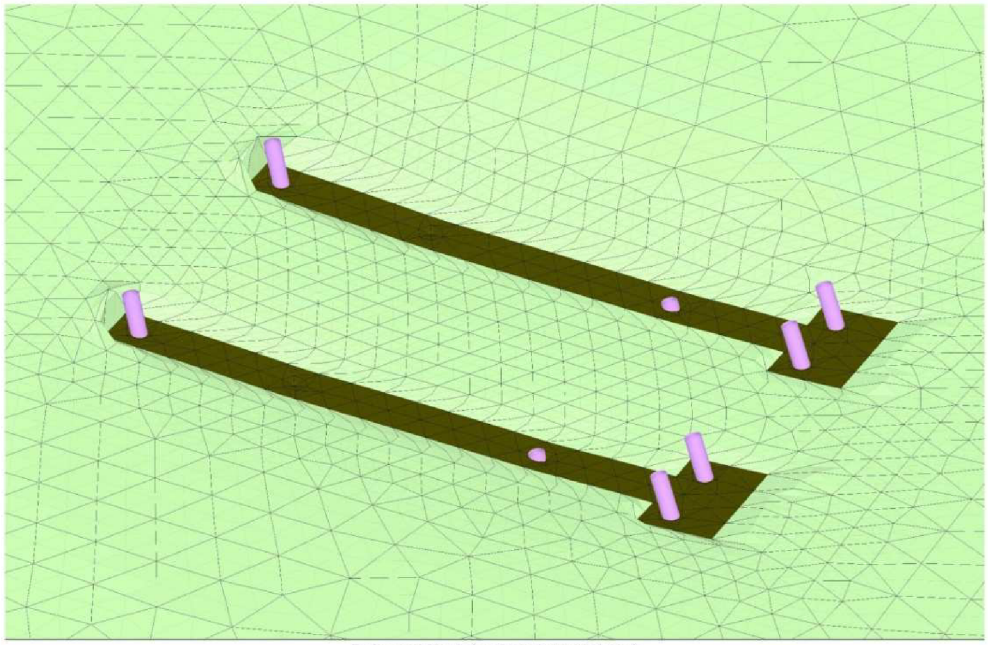
Obr. 4-3: Efektívne napätie – rez stredom pásu



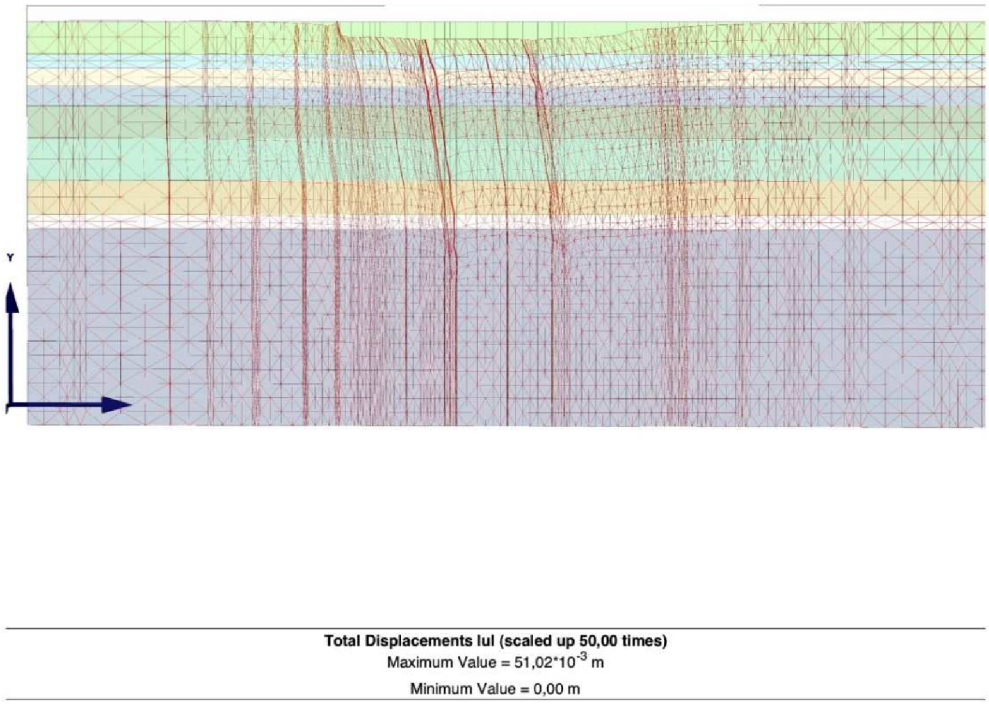
Obr. 4-4: Celkové premiestnenie



Obr. 4-5: Celkové premiestnenie – rez stredom pásu



Obr. 4-6: Deformácia konečných prvkov



Obr. 4-7: Deformácia konečných prvkov – rez stredom pásu

4.5.3 Záver programu z Plaxis 3D foundation

Celkové sadnutie základového pásu je 54 mm.

4.6 Vyhodnotenie výsledkov

Výsledky z programu Plaxis, Geo 5 a ručného statického výpočtu sú uvedené v tab. 4-7.

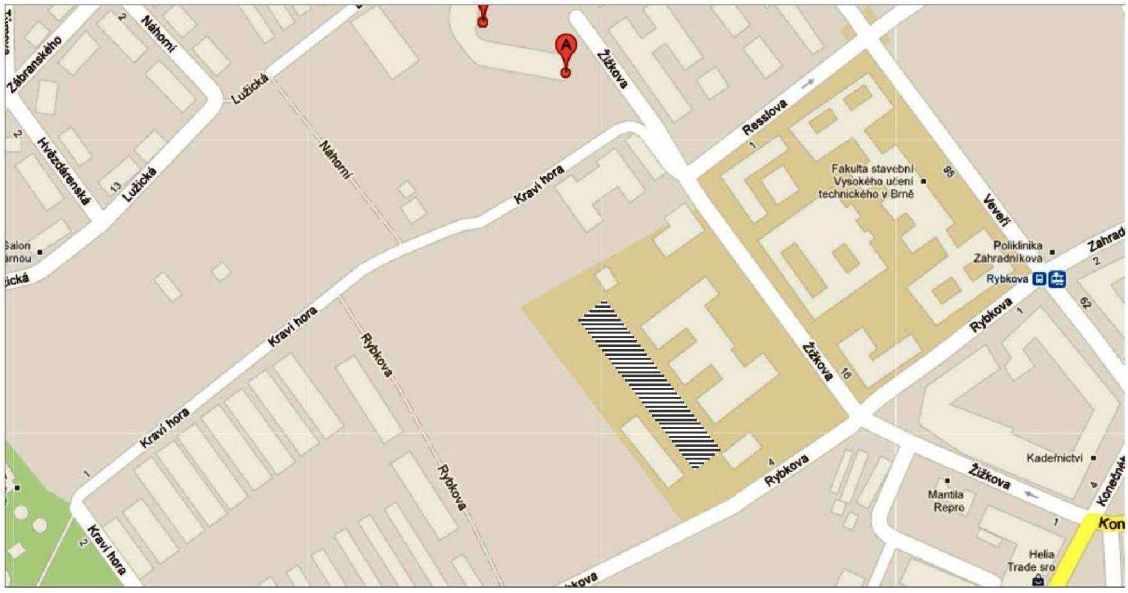
Tab. 4-7: Vyhodnotenie výsledkov

	1.MS		2.MS	
	Zaťaženie (kN)	Únosnosť (kN)	Sadanie (mm)	Limitné sadanie (mm)
Ručný výpočet	3274	10374,91	32,87	60
Geo 5	3274	9637,52	24,5	60
Plaxis	-	-	54	60

5 TECHNOLOGICKÝ POSTUP

5.1.1 Charakteristika objektu

Objekt sa nachádza v areály FAST VUT Brno za budovou „Z" pri ulici Žižkova. Miesto výstavby parkovacieho domu je na obr. 5-1.



Obr. 5-1: Miesto budúceho parkovacieho domu

Rozmery parkovacieho domu sú približne 110 x 18 m. Objekt je dvojpodlažný s monolitickým zmiešaným železobetónovým systémom. Časť objektu je založená na pilótach spojenými železobetónovými základovými pásmi tvaru „T" a časť na samostatných pilótach. Terén objektu je svahovitý. Na stabilizáciu svahu bola vyhotovená voľne stojaca pilótová stena s osovou vzdialenosťou pilót približne 1200 mm. Priestor za pilótovou stenou bol odvodnený pomocou drenážnych trubiek.

5.1.2 Postup výstavby jedného pásu s pilótami

5.1.2.1 Polohové a výškové zameranie

Polohové a výškové zameranie sa vyhotoví pomocou nivelačného prístroja zo známeho geodetického bodu.

5.1.2.2 Doprava na stavenisko

Pilótová súprava bude privezená pomocou nákladného auta s valníkom.

5.1.2.3 Hĺbenie piloty

Hĺbenie piloty pomocou vrtného nástroja rotačne náberovou technológiou. Vrtný nástroj pozostáva z vrtnej špirály a úvodnej výpažnice dlhej 4m, ktorá stabilizuje počiatočné metre vrtu obr. 5-2. Presah výpažnice nad pracovnú plošinu je 0,5 m.

Obr. 5-2: Pilótová súprava, fotografia prevzatá od Ing. Petra Lampartera

5.1.2.4 Kontrola pred osadením výstuže

Je nutné skontrolovať čistotu dna vrtu. Ak je to nutné, tak sa vrt začistí pomocou vrtného hrnca. Ďalej treba skontrolovať dĺžku vrtu a tvar stien.

5.1.2.5 Výstuž

Výstuž je nutné vyhotoviť pred začiatkom vŕtania. Bude vyhotovená podľa výkresu výstuže spolu s rektifikačnými telieskami. Vkladanie výstuže do vrtu zabezpečí vrtná súprava.

5.1.2.6 Betónovanie

Je dôležité zabetónovať pilótu hneď po osadení výstuže. Betonáž prebehne pomocou usmerňovacej trubky s násypkou. Usmerňovacia trubka bude umiestnená v ose vrtu. Priemer trubky bude 300 mm. Trubka bude pozostávať zo siedmych kusov, ktoré sa budú dať oddeliť s postupnou betonážou. Maximálna vzdialenosť dna, alebo povrchu betónu od konca trubky je 1m. Hlava pilóty sa nadbetónuje o 1 m. Hneď po betonáži sa pomaly vytiahne úvodná výpažnica.

5.1.2.7 Technologická prestávka

Po vyhotovení všetkých pilót v páse sa prechádza na ďalší pás. Technologická prestávka v jednom páse je 28 dní.

5.1.2.8 Dokončovacie práce pilóty

Odbúranie prebytočnej časti pilótovej hlavy. Je nutné dbať na to, aby sa neporušila výstuž. Odbúranie prebytočnej časti pilótovej hlavy je znázornené na obr. 5-3.

Obr. 5-3: Odbúranie nadbetonávky hlavy pilóty

5.1.2.9 Podkladový betón základového pásu

Podkladový betón sa vyhotoví z betónu C 12/16. Debnenie z drevených dosiek na výšku 100 mm viď obr. 5-4.

Obr. 5-4: Podkladový betón

5.1.2.10 Výstuž základového pásu

Výstuž základového pásu 10 505 R. Výstuž bude vyhotovená podľa výkresu výstuže. Podložená bude rektifikačnými telieskami viď obr. 5-5.

Obr. 5-5: Výstuž základového pásu

5.1.2.11 Debnenie základového pásu

Bude použité systémové debnenie. Osádzať sa bude na podkladový betón. Pred betonážou sa natrie odformovacím olejom. Tvar debnenia je na obr. 5-6.

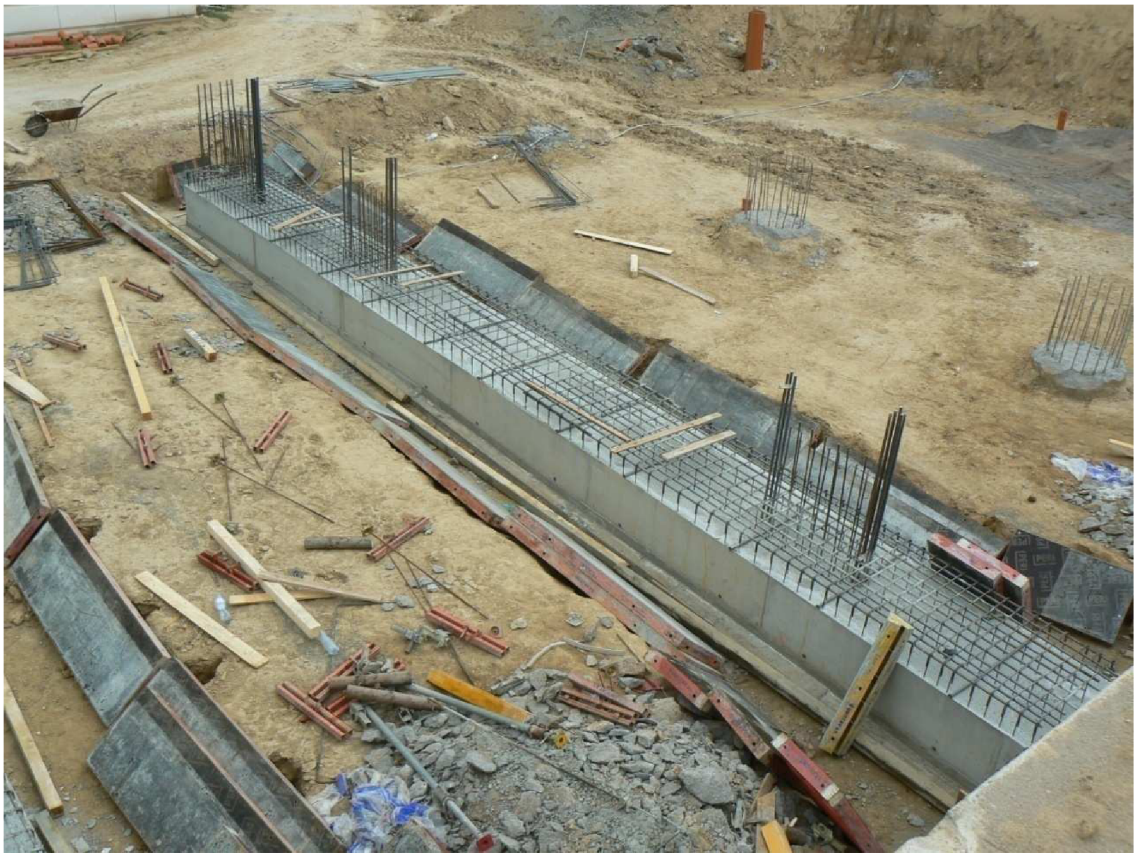
Obr. 5-6: Systémové debnenie

5.1.2.12 Betonáž základového pásu

Na betonáž základového pásu sa použije transport betón. Na dopravu betónu po stavenisku poslúži betónpumpa. Výška betonáže je daná projektom. Pás je navrhnutý ako súčasť železobetónovej dosky.

5.1.2.13 Dokončovacie práce pre základový pás

Je nutné zamedziť nadmernému vysychaniu betónu. Po zatvrdnutí betónu sa uvoľní debnenie. Na obr. 5-7 je znázornené uvoľnené debnenie s dokončeným základovým pásom s pilótami.



Obr. 5-7: Dokončený základový pás s pilótami

6 ZÁVER

V závere bakalárskej práce sú vyhodnotené ciele, ktoré si autor stanovil v úvode. Úlohou bakalárskej práce bolo navrhnúť založenie parkovacieho domu v areály Stavebnej fakulty na ulici Žižkovej v Brne.

Pri študovaní odbornej literatúry sa autor zoznámil s tematikou zakladania stavieb. Oboznámil sa s teóriou bezpečného a ekonomického riešenia návrhu pilótového základu, s technológiou výstavby a s výpočtovými programami Geo 5 a Plaxis 3D foundation. Bakalárska práca bola podporená poskytnutými vstupnými údajmi z reálneho projektu. Autor navrhol pilótový základ, ktorý je dostatočne únosný a vyhovuje požiadavkám z hľadiska sadania. Statický výpočet bol vypracovaný pomocou normy ČSN 73 1002.

Všetky výsledky statického výpočtu sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke 6-1.

Tab. 6-1: Výsledky statického výpočtu

	1.MS		2.MS	
	Zaťaženie (kN)	Únosnosť (kN)	Sadanie (mm)	Limitné sadanie (mm)
Ručný výpočet	3274	10374,91	32,87	60
Geo 5	3274	9637,52	24,5	60
Plaxis	-	-	54	60

7 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

[1] MASOPUST, Jan. *Vrtané piloty*. S.l: Čeněk a Ježek, 1994. 263 s. ISBN 80-238-2755-3. Habilitační práce.

[2] MASOPUST, Jan. *Speciální zakládání staveb*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 141 s. ISBN 80-214-2770-1.

[3] MASOPUST, Jan a Věra GLISNÍKOVÁ. *Zakládání staveb*: *modul M01 : zakládání staveb*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 182 s. ISBN 978-80-7204-538-9.

[4] TURČEK, Peter a Ivan SLÁVIK. *Zakladanie stavieb*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2002, 281 s. ISBN 80-227-1699-5.

[5] TURČEK, Peter et al. *Zakládání staveb*. Bratislava: Jaga, 2005, 302 s. ISBN 80-8076-023-3.

[6] WEIGLOVÁ, Kamila. *Mechanika zemin*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 186 s. ISBN 978-80-7204-507-5.

[7] LIŠKA, Ondřej. *Zakládání staveb* [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: http://www.zakladani.cz/cz/mikropiloty

[8] MATOUŠEK, Milan. *Rekonstrukce a dostavba areálu VUT FAST*: *Závěrečná zpráva inženýrsko-geologického průzkumu*. Brno, 2010.

8 Zoznam použitých skratiek a symbolov

8.1 Skratky

Obr. - obrázok

Tab. - tabuľka

tzv. - takzvane

1.GK - prvá geotechnická kategória

2.GK - druhá geotechnická kategória

3.GK - tretia geotechnická kategória

ČSN - česká štátna norma

s.p. - štátny podnik

č. - číslo

m n. m.- metrov nad morom

8.2 Symboly

a - regresný koeficient

A_s - plocha päty pilóty

A_{ef} - efektívna plocha základu

b - kratší rozmer základu

b - regresný koeficient

b_{ef} - menší z efektívnych rozmerov

c - charakteristická súdržnosť zeminy

c_{ef} , c´ - efektívna súdržnosť zeminy

c_d - efektívna výpočtová súdržnosť zeminy

c_u - totálna súdržnosť zeminy

d_i - priemer pilóty v i-te časti

d_0 - priemer pilóty v päte

D_i - hĺbka stredu vrstvy i-te zeminy

e - regresný koeficient

E_b - modul pružnosti betónu

E_{def} - deformačný modul zeminy

E_s - modul deformácie zeminy a horniny

f - regresný koeficient

f_{si} - plášťové trenie v i-te časti

h_i - hĺbka i-te časti

H_x - horizontálna sila v smere x

H_y - horizontálna sila v smere y

I - koeficient sadania pilóty

I_{sp} - koeficient pre sadanie opretej pilóty

I_D - relatívna uľahlosť

I_c - stupeň konzistencie

I_l - základný koeficient sadania pilóty

l - kratší rozmer základu

l_{ef} - väčší z efektívnych rozmerov

l_p - neúčinná dĺžka pilóty

L - dĺžka pilóty

L_{max} - maximálna dĺžka pilóty

k_1 - súčiniteľ vyjadrujúci vplyv dĺžky pilóty

k_2 - súčiniteľ bočného zemného tlaku na plášti pilóty

$k_{h,z}$ - modul vodorovnej reakcie podložia v príslušnej hĺbke z

K - tuhosť

M_x - moment okolo osy x

M_y - moment okolo osy y

m - koeficient závislý na statickom uložení pilóty

m_1 - koeficient podľa druhu zaťaženia na pilótu

m_2 - koeficient podľa duhu povrchu pilóty

n - počet prvkov

n_h - konštanta

N - normálová sila v smere z

N - neporušená vzorka zeminy

N_c - súčiniteľ únosnosti

N_b - súčiniteľ únosnosti

N_d - súčiniteľ únosnosti

p - súčiniteľ vplyvu hustoty diskontinuít

P - porušená vzorka zeminy

q_{si} - plášťové trenie v i-te vrstve

Q_p - penetračná pevnosť

r - súčiniteľ kvality skalnej horniny

R - zaťaženie pilóty

R_y - zaťaženie v hlave pilóty pri mobilizácii plášťového trenia

R_{bd} - únosnosť betónu v tlaku

R_{dt} - výpočtová normová únosnosť

R_d - výpočtová únosnosť

R_{bu} - zaťaženie odpovedajúce deformácií pilóty 25 mm

R_{su} - medzná únosnosť na plášti pilóty

R_k - korelačný súčiniteľ

s - sadanie

s_y - sadanie pilóty

s_{lim} - limitné sadanie

s_p - počiatočné sadanie

s_k - konsolidačné sadanie

s_s - sekundárne sadanie

T - technologická vzorka zeminy

u_z - príslušná vodorovná deformácia pilóty

U_{vd} - celková únosnosť pilóty

U_{bd} - únosnosť päty pilóty

U_{fd} - únosnosť plášťa pilóty

V - vzorka podzemnej vody

V - vertikálna sila

V_n - zaťaženie normové

V_d - zaťaženie výpočtové

V_{de} - zaťaženie extrémne výpočtové

V_{ds} - zaťaženie prevádzkové výpočtové

z_i - vzdialenosť stredu i-tej vrstvy k povrchu terénu

I.MS - prvý medzný stav

II.MS - druhý medzný stav

β - koeficient prenosu zaťaženia do päty pilóty

φ - uhol vnútorného trenia

φ', φ_{ef}- efektívny uhol vnútorného trenia

φ_d - efektívny výpočtový uhol vnútorného trenia

φ_u - totálny uhol vnútorného trenia

γ - objemová tiaž zeminy

γ_{r1} - súčiniteľ podmienok pôsobenia technológie

γ_{r2} - súčiniteľ podmienok pôsobenia základovej pôdy

γ_{mc} - súčiniteľ spoľahlivosti

γ_F - súčiniteľ zaťaženia

γ_Q - súčiniteľ zaťaženia

γ_G - súčiniteľ zaťaženia

γ_d - výpočtová objemová hmotnosť zeminy

ν - Poissonovo číslo

σ_{de} - extrémne kontaktné napätie

σ_x - kontaktné napätie v i-te časti

σ_c - pevnosť v tlaku horniny

σ_{ri} - geostatické napätie v hĺbke z_i

9 Zoznam príloh

9.1 A- Zoznam použitých obrázkov

9.2 B- Zoznam použitých tabuliek

9.3 C- Geologické vrty

9.4 D- Rozbor vody z vrtu PJ14

9.5 E- Výstup z programu Geo 5

9.5.1 E.1- Vstupné hodnoty

9.5.2 E.2- Zvislá únosnosť

9.5.3 E.3- Vodorovná únosnosť

9.5.4 E.5- Zaťažkávacia krivka

9.5.5 E.4- Vodorovná únosnosť

9.6 F- Výkresy