



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEOTECHNIKY

INSTITUTE OF GEOTECHNICS

NÁVRH ZALOŽENÍ HOTELOVÉHO OBJEKTU

THE DESIGN OF HOTEL FOUNDATIONS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Gábor Németh

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VĚRA GLISNÍKOVÁ, CSc.

BRNO 2017



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	Gábor Németh
Název	Návrh založení hotelového objektu
Vedoucí práce	Ing. Věra Glisníková, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady budou předány vedoucí diplomové práce samostatně.

Literatura:

Turček, P. a kol.: Zakládání staveb, Jaga, Bratislava, 2005

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

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

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

Masopust, J.: Navrhování základových a pažících konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1997. Informační centrum ČKAIT, Praha, 2012

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Věra Glisníková, CSc.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalárska práca pojednáva v prvej časti o možných spôsoboch plošného a hĺbkového založenia stavieb. V druhej, praktickej časti je riešené bezpečné a ekonomické založenie objektu polyfunkčného domu (hotelu) v Brne - Pisárkach v daných geologických podmienkach. Navrhované varianty sú vypočítané bez použitia výpočtového softwaru a s použitím softwaru PLAXIS pre vzájomné porovnanie. Záverom je vyhodnotenie a porovnanie výsledkov oboch variant.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zakladanie stavieb, plošné základy, hĺbkové základy, základové dosky, základové rošty, základové pásy, základové pätky, studne, kesóny, pilóty, vrtané pilóty, razené pilóty, mikropilóty.

ABSTRACT

The bachelor thesis discusses the possible ways of surface and underground establishing the basics of structures and buildings in his first part. In the second, practical part is being resolved a safe and economical foundation of a multi-functional building (a hotel) in Brno - Pisárky within the given geological conditions. Even though the proposed variants are calculated without the use of computational software, software PLAXIS is used to compare the results. The conclusion contains the comparison and evaluation of the results of both approaches.

KEYWORDS

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

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Gábor Németh *Návrh založení hotelového objektu*. Brno, 2017. 69 s., 11 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(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2017

Gábor Németh
autor práce

Pod'akovanie

Týmto by som chcel poďakovať všetkým, ktorí mňa pri mojom štúdiu a tvorbe bakalárskej práce vždy podporovali. Predovšetkým mojej rodine, ktorá za mnou vždy stála a tým mi prejavovala dôležitú psychickú podporu, Ing. Karlovi Vítkovi za poskytnutie podkladov a v neposlednom rade Ing. Věre Glisníkovej, CSc. za vedenie, prístup, ochotu, konzultácie a rady, vďaka ktorým mohla táto práca vzniknúť.

OBSAH

1	Úvod	10
2	Plošné zakladanie	11
2.1	Základové dosky.....	11
2.2	Základové rošty	12
2.3	Základové pásy.....	12
2.4	Základové pätky	13
3	Hĺbkové zakladanie	14
3.1	Studne a kesóny.....	14
3.2	Pilóty	15
3.2.1	Razené pilóty.....	17
3.2.2	Vŕtané pilóty.....	20
3.3	Mikropilóty.....	29
4	Praktická aplikácia	31
4.1	Popis stavby.....	31
4.2	Geomorfologické, geologické a hydrogeologické pomery	32
4.2.1	Geomorfologické pomery	32
4.2.2	Geologické pomery	33
4.2.3	Hydrogeologické pomery.....	34
4.2.4	Vrtný prieskum	35
4.3	Výpočet – bez použitia softwaru.....	37

4.3.1	Výpočet pilóty Ø 600 mm.....	37
4.3.2	Výpočet pilóty Ø 900 mm.....	43
4.3.3	Výpočet pilóty Ø 1200 mm.....	47
4.3.4	Technologický postup:	52
4.4	Výpočet pomocou programu PLAXIS	54
4.4.1	Výpočet pilóty Ø 600 mm pomocou programu PLAXIS	54
4.4.2	Výpočet pilóty Ø 900 mm pomocou programu PLAXIS	56
4.4.3	Výpočet pilóty Ø 1200 mm pomocou programu PLAXIS	58
5	Záver.....	61
	Zoznam použitých zdrojov.....	62
	Literatúra:	62
	Ostatné:	62
6	Zoznam použitých zkratiek a symbolov.....	64
	Zoznam obrázkov	66
	Zoznam tabuliek.....	68
	Zoznam príloh	69

1 ÚVOD

Predmetom bakalárskej práce pod názvom Návrh založenia hotelového objektu je v teoretickej časti priblíženie problematiky plošného aj hĺbkového zakladania stavieb. Podrobnejšie sú popísané metódy pilótového zakladania, ktoré sa využíva v zložitých základových pomeroch, kde je potrebné nahradiť základy plošné základmi hĺbkovými z dôvodov najmä nevyhovujúcej únosnosti, príliš veľkej stlačiteľnosti základovej pôdy alebo prítomnosti hladiny podzemnej vody.

Úlohou praktickej časti je navrhnúť pilótové založenie zadaného objektu v konkrétnej lokalite. Jedná sa o založenie štvorpodlažného polyfunkčného domu v Brne - Pisárkach, na križovatke ulíc Pisárecká a Antonína Procházku. Objekt má pôdorysné rozmery približne 37 x 20,5 m a má dve podzemné podlažia. Stavba je súčasťou už existujúceho areálu hotela.

2 PLOŠNÉ ZAKLADANIE

Plošné základy prenášajú všetky zaťaženia z vrchnej stavby do základovej pôdy. Majú spravidla vodorovnú základovú škáru, ktorých hĺbka a rozmery sú dané zaťažením stavbou, stlačiteľnosťou, únosnosťou základovej pôdy, klimatickými vplyvmi, vplyvom podzemnej vody a technológii vykonávania základov. Plošné základy prenášajú zaťaženie z vrchnej stavby na väčšiu plochu tak, aby boli splnené požiadavky I. a II. skupiny medzných stavov. Za ekonomicky prijateľné sa dá považovať použitie plošných základov do hĺbky založenia približne 4 m pod upraveným terénom, pokiaľ sa do tejto hĺbky nevyskytuje podzemná voda. Plošnými základmi sú: základové dosky, rošty, pásy a pätky.

2.1 Základové dosky

Základová doska (Obr. 2-1) je súvislý plošný základ, prenášajúci zaťaženie na celú plochu pôdorysu stavby. Umožňuje účinné vodorovné vystuženie objektu v úrovni základovej škáry. Tento typ základu je výhodné použiť pri zakladaní v obtiažných podmienkach napr. nehomogénna, málo únosná pôda, pre výškové a veľmi zaťažené konštrukcie pri použití stenového alebo skeletového systému, založenie pod hladinou podzemnej vody. Z technologického hľadiska je najvýhodnejšia doska o konštantnej



hrúbke – jednoduché bednenie a veľkoplošná betonáž. Základové dosky môžu mať tvar dosky rovnej, rebrovej (so spodnými, hornými rebrami), roštové alebo hríbové. Podľa spôsobu vyhotovenia – železobetónové monolitické, z prostého betónu. Hrúbka dosiek závisí na základových pomeroch a

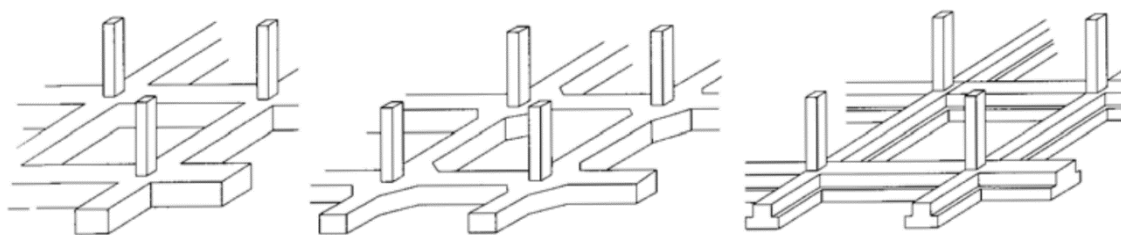
Obr. 2-1: Základová doska [8]

na typu konštrukcie.

Pri zakladaní na únosnom podloží stačí navrhnuť tenkú dosku obyčajne hrúbky 0,20 až 0,35 m. Pri zakladaní na menej únosnom podloží a pre väčšie zaťaženie sa navrhujú hrubé dosky, ich hrúbka sa pohybuje v rozmedzí 0,40 až 1,40 m. V odôvodnených prípadoch aj v hrúbke niekoľko metrov. [3]

2.2 Základové rošty

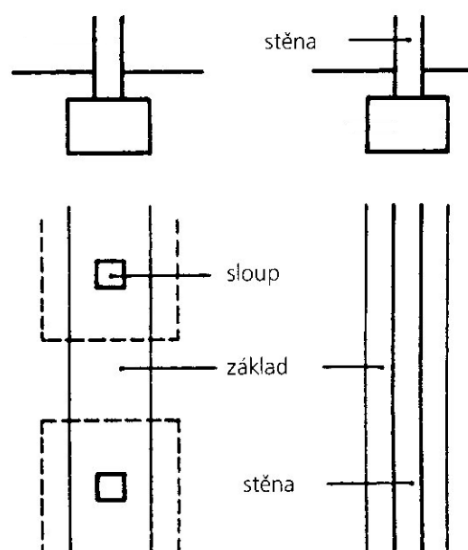
Základové rošty sú zostavené z pozdĺžnych a priečných základových pásov, ktoré môžu byť v spoji zosilnené kútovými nábehmi. Vyhotovujú sa ako železobetónové. Tvorí dokonale tuhý základový celok, vhodné pre zakladanie v obtiažnych podmienkach, napr. na málo únosných zeminách, poddolovanom území, v seizmických oblastiach apod..



Obr. 2-2: Základový rošt [3]

2.3 Základové pásy

Základové pásy sa používajú pre založenie konštrukčných systémov stenových a skeletových (Obr. 2-3). Sú to obdĺžnikové základy s pomerom dĺžky k šírke: $L/B \geq 6$. Väčšinou ide o základ pod priebežnou stenou. Pri malej vzdialenosti stĺpov je z hľadiska spotreby betónu výhodnejší ako pätká. [3]

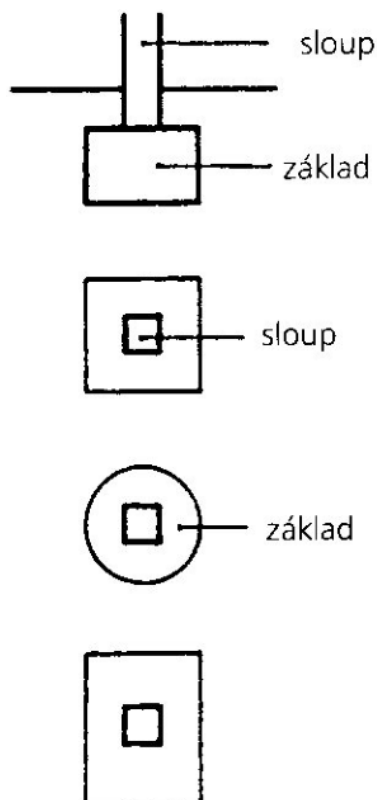


Obr. 2-3: Základový pás [2]

2.4 Základové pätky

Základové pätky sa používajú väčšinou pre skeletové konštrukcie, u ktorých sú všetky zaťaženia prenesené na základovú konštrukciu stĺpmi. Podmienkou pre použitie

základových pätiiek je dostatočne únosná a homogénna základová pôda. Z technologického a ekonomického hľadiska sa doporučuje vyhotoviť pätky do pôdorysnej plochy 3 x 3 m. Pôdorysný tvar je obyčajne štvorcový, obdĺžnikový alebo kruhový. Pätky sa väčšinou



Obr. 2-3: Základová pätká pod stĺpom [2]

Obr. 2-2: Základové pätky [9]

vyhotovujú monolitické jednostupňové, v prípade väčších hĺbok založenia, je možné použiť viacstupňových pätiiek. Pri centrickom zaťažení sa navrhujú štvorcové pätky, pri excentrickom zaťažení sa základová škára predlžuje v smere excentricity. Voľba rozmerov, materiálov a tvaru pätiiek môže byť ovplyvnená spôsobom kotvenia stĺpov (technológia vyhotovenia monolitických a montovaných základových pätiiek). Pri výskytu spodnej vody je nutné chrániť výstuž vrstvou betónu, ktorá vytvára kryciu vrstvu a podkladný betón v hrúbke približne 50 – 100 mm. Proti prípadnej agresivite vody môžeme použiť aktívnu izoláciu, nátery, obklady, apod.

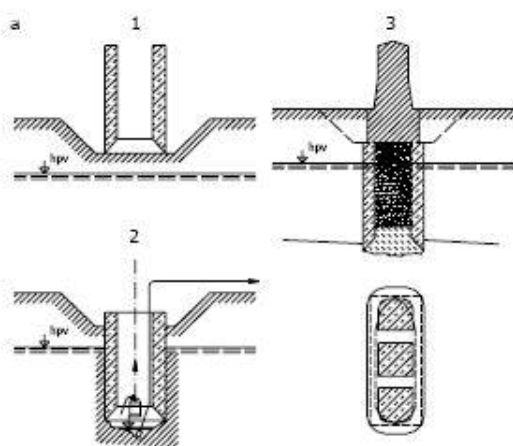
3 HĽBKOVÉ ZAKLADANIE

Hĺbkové zakladanie sa používa pri nedostatočne únosnej alebo veľmi stlačiteľnej základovej pôde, ďalej ak je nutné zakladať pod hladinu podzemnej vody. Využíva sa tiež v prípadoch, keď plošné založenie nevyhovuje zo statických alebo ekonomických dôvodov. Funkciou hĺbkových základov je preniesť zaťaženie do únosnejších, hlbšie uložených vrstiev základovej pôdy a značne obmedziť sadanie. Prenos zaťaženia do základovej pôdy nie je prenesený len plochou ich pätičiek, ale aj ich plášťou.

Hĺbkové základy sa dajú rozdeliť na studne, kesóny, pilóty, mikropilóty, podzemné steny a iné špeciálne technológie (kotvy, injektáž, atď.).

3.1 Studne a kesóny

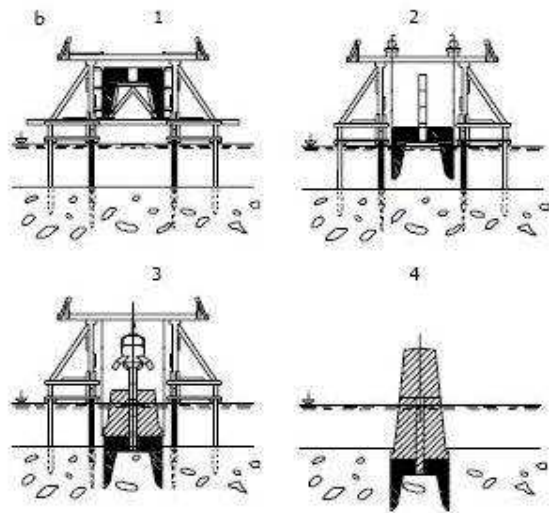
Studne sa navrhujú pri zakladaní pod hladinou podzemnej vody a vo zvodnelých



Obr. 3-1: Schéma studne: 1- osadenie studne, 2- spúšťanie studne podhrabávaním britu, 3- hotový studňový základ [3]

zeminách. Majú priemer min. 100 cm. Ťaženie zeminy sa prevádza pod ochranou plášťa obyčajne zostaveného z betónových skruží opatrených v spodnej časti britom, ktoré sa spúšťajú až na únosnú pôdu tým, že sa zemina vyberá z vnútra, steny plášťa sa podhrabávajú a klesajú vlastnou tiažou. Potom sa vnútorný priestor zabetónuje.

Kesóny sa používajú pre zakladanie pod hladinou vody alebo vo zvodnelých zeminách. Sú to duté telesá zhora uzavreté stropom, vytvárajú pracovnú komoru zabezpečenú proti vnikaniu vody pretlakom vzduchu. Sú vyhotovené zo železobetónu s oceľovým britom. Z pracovnej komory sa podhrabávajú steny kesónu, ktorý sa takto spúšťa na únosnú vrstvu. V komore je pracovný tlak zodpovedajúci hydrostatickému



Obr. 3-2: Schéma kesónu: 1- osadenie kesónu na bárku, 2- púšťanie kesónu pod hladinu vody na závesoch, 3- práce v kesónu, 4- hotový základ [3]

tlaku stĺpca vody o výške rovnjej zahĺbeniu spodnej hrany stien kesónu pod hladinou vody, približne 10 kPa na 1m. V dnešnej dobe sa tieto spôsoby hĺbkového zakladania už veľmi nepoužívajú, dá sa ich nahradiť inými napr. vrtanými veľkopriemerovými pilótami a pod.

3.2 Pilóty

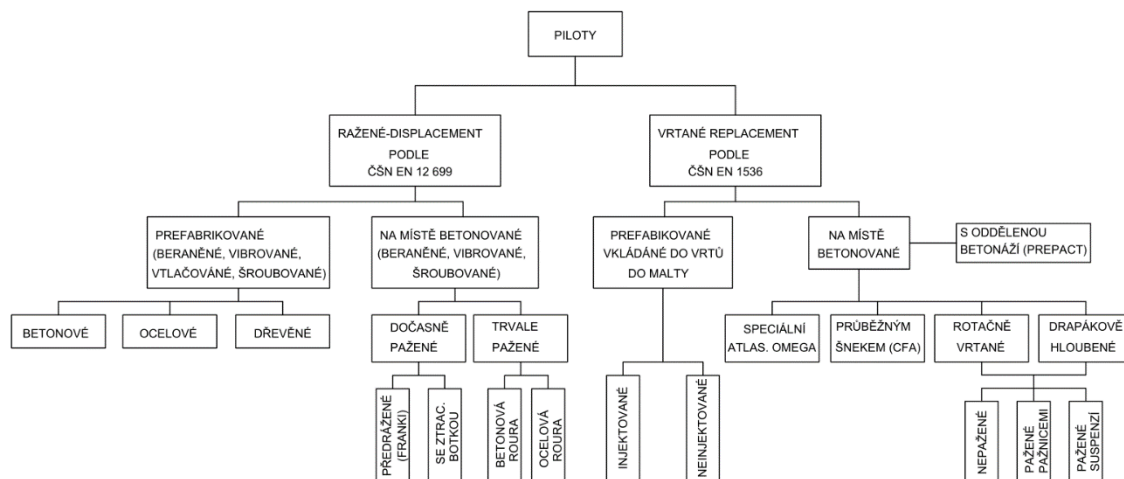
Pilóty sú najčastejšie používané prvky hĺbkového zakladania stavieb. Väčšinou majú tvar stĺpov, ktorých priečny prierez môže byť kruhový alebo hranatý a členitý. Po dĺžke môžu byť konštantné či premenné napr. teleskopický, rozšírený driek, rozšírená päta apod. Hlavnou funkciou pilót je prenos tiaže stavby do hĺbky, do únosnejších vrstiev základovej pôdy a tým obmedziť veľkosť sadania. Ich použitie je tiež vhodné pri zakladaní pod hladinou podzemnej vody.

V dnešnej dobe v Českej republike v 95% sú používané pilóty vrtané a zvyšok tvoria predražené pilóty Franki. Prevalha vrtaných pilót je daná predovšetkým geotechnickými podmienkami, v relatívne malej hĺbke (10 – 20 m) sa nachádzajú skalné (poloskalné) podložia, do ktorých je vhodné pilóty votknúť.

V európskej praxi sa pilóty delia podľa výrobného postupu do dvoch základných skupín:

- 1) pilóty typu *displacement*, keď je zemina stláčaná do strán, pod pätu pilóty a nie je z priestoru budúcej pilóty odťazená (pilóty razené).

- 2) pilóty typu *replacement (non displacement)*, keď je zemina z priestoru budúcej pilóty odstránená v priebehu vyhotovenia (pilóty vrtané). [3]



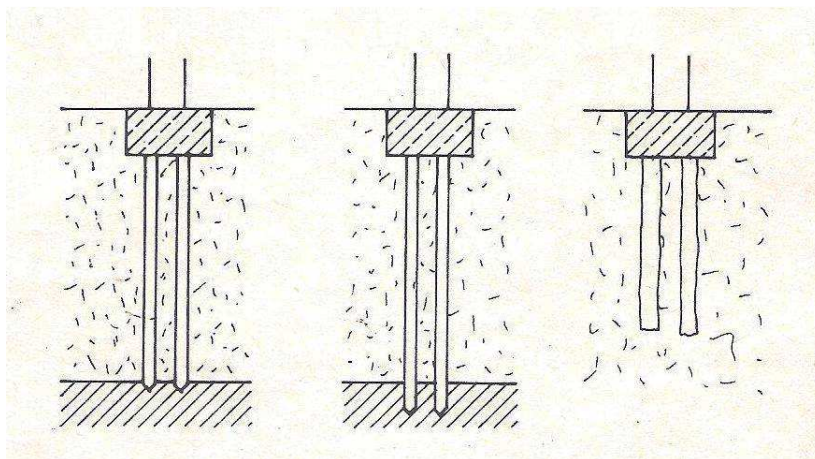
Obr. 3-3: Európska klasifikácia pilót [1]

Pilóty sa dajú ďalej deliť podľa nasledujúcich kritérií (staršia klasifikácia):

- a) podľa priečného rozmeru:
 - maloprofilové (priečny rozmer od 0,3 m, resp. 0,15 m do 0,6 m)
 - veľkopprofilové (priečny rozmer cez 0,6 m do cca 3,0 m)
- b) podľa sklonu:
 - zvislé
 - šikmé
- c) podľa spôsobu namáhania:
 - tlačené
 - ťahané
 - priečne zaťažené (v kombinácii s tlakom alebo ťahom)
- d) podľa materiálu:
 - betónové (železobetónové, z predpäťého betónu)
 - oceľové
 - drevené [3]

e) podľa spôsobu prenášania zaťaženia do základovej pôdy (viď obr. 3-3):

- opreté
- votknuté
- plávajúce



Obr. 3-4: Druhy pilót: opreté, votknuté, plávajúce [7]

3.2.1 Razené pilóty

Podľa európskej klasifikácie razené pilóty sa radia do typu *displacement*, pri ich návrhu sa riadime normou ČSN EN 12699:2001 Prevedenie špeciálnych geotechnických prác – Razené pilóty. U týchto pilót sa zemina z vrtu či priestoru, ktorý vyplňa, neťaží. Výnimkou je obmedzené zdvihnutie terénu, vibráciou alebo inými prácami potrebnými k inštalácii razenej pilóty. [1]

Materiálom používaným pre výrobu razených pilót môže byť: oceľ, liatina, betón (železobetón, predpätý betón), drevo, malta (injekčná zmes), alebo kombinácia týchto materiálov. Inštalujú sa baranením, vibrovaním, skrutkovaním, zatlačovaním alebo kombináciou týchto technológií. Najmenší rozmer razených pilót je 150 mm. Dajú sa rozdeliť do 2 základných skupín: prefabrikované a na mieste betónované.

3.2.1.1 Prefabrikované razené pilóty

Použitie týchto pilót je silne ovplyvňované geotechnickými pomermi krajiny, u nás v dnešnej dobe sa už prakticky nepoužívajú. V niektorých európskych štátoch majú celkom prevahu aj dnes, napr. v severnom Nemecku, Belgicku, Holandsku, Dánsku, kde sa najčastejšie inštalujú baranením, vibrovaním, zriedka skrutkovaním a zatlačovaním. Najrozšírenejšie sú železobetónové pilóty štvorcového prierezu (so skosenými rohmi) o rozmeroch: 250/250 – 450/450 mm a dĺžke do 15 m. Návrh založenia na skupine razených pilót prináša problém pri dorazení posledných pilót, keďže je zemina už natoľko zhutnená, že posledné pilóty sa nedajú doraziť. V týchto prípadoch sa využíva pomocných metód, ako napr. predvrtanie, ktorými sa zemina uvoľní a potom sa pilóta dá zaradiť. Razené prefabrikované pilóty behom, aj po razení sa injektujú za cieľom zvýšenia nosnosti. Injekčná zmes na báze cementovej suspenzie sa injektuje pomocou oceľových injekčných trubiek, ktoré sú k drieku pripevnené alebo do neho zabudované. Železobetónové pilóty mávajú po inštalácii poškodené hlavy, ktoré musia byť opatrne odstránené až na úroveň nepoškodeného betónu. Pri ich návrhu je treba zohľadniť mnoho faktorov, napr. metódu inštalácie, druh barana, rozmery a dĺžky pilót, aby bolo možné stanoviť kritéria pre razenie:

- 1) Barané pilóty:
 - energia pri baraní (ťaž barana, výška pádu barana)
 - vnikanie pilóty do základovej pôdy
 - rýchlosť vnikania do základovej pôdy
- 2) Vibrované pilóty:
 - energia vibrovania
 - frekvencia vibrovania
 - vnik pilóty v závislosti na predchádzajúcich ukazovateľoch
- 3) Pilóty skrutkované:
 - krútiaci moment a tlaková sila pôsobiaca na pilótu vo vzťahu k rýchlosti vniku do základovej pôdy [3]

3.2.1.2 Razené pilóty na mieste betónované

Inštalácia pilót tohto druhu sa prebieha vyhotovením otvorov obyčajne kruhového prierezu pomocou baranenia, vibrovania či skrutkovania, ktorý sa zabetónuje (vrátane armovania). Raziaca rúra sa v zemi buď vytiahne (pilóty dočasne pažené) alebo

sa v zemi ponechá (pilóty trvale pažené). S ohľadom na geotechnické pomery sa u nás rozšírili v podstate len 2 druhy dočasne pažených pilót:

- vibrované alebo baranené pilóty so stratenou botkou (VUIS, Fundex)
- tzv. predražené, na mieste betónované pilóty (Franki)

Pilóty VUIS

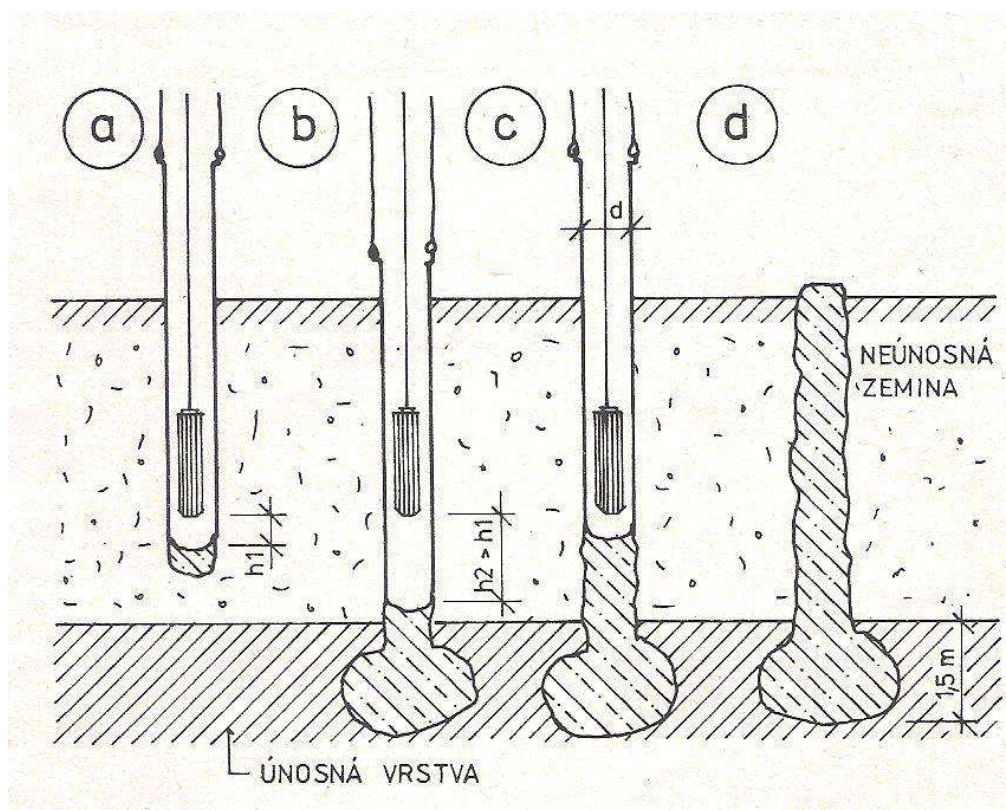
Tieto pilóty boli vyvinuté a rozšírené na Slovensku, v Českej republike sa používali len zriedka. V súčasnosti boli nahradené inými typmi v dôsledku ich malej únosnosti a obmedzení z titulu vhodných geotechnických podmienok. Boli vyhotoviteľné v tuhých súdržných zeminách, pieskoch a drobných štrkoch bez kameňov a balvanov.

Pilóty Franki

V súčasnej dobe sa u nás touto technológiou vyhotovujú 10 – 15 % pilótových základov, avšak ich značná časť pripadá na štrkové prvky, ktoré sa radia skôr do oblasti vylepšovania základovej pôdy. Používajú sa predovšetkým v prostredí málo únosných naplavenín, sprašových a ílovitých hlín, objemovo nestálych zemín, neulahlých násypov, v poddolovanom území, v miestach zvýšenej seizmicity a v miestach s agresívnou podzemnou vodou. V týchto prípadoch majú pilóty Franki výrazne vyššiu únosnosť pri rovnakom priereze pilót v porovnaní s ostatnými technológiami, čo znamená aj ekonomicky výhodnejšie založenie stavby.

Pri vzniku pilót Franki sa najprv vztýči raziaca rúra a pomocou skipu sa jeho dno zasype suchým betónom (približne $0,15 \text{ m}^3$) s drveným kamenivom s frakciou do 22 mm. Betón v dolnej časti raziacej rúry vytvorí zátku (korok), ktorá je následne zhutnená dopadom ocelového barana o hmotnosti 1,25 – 5,5 t z výšky 2 – 4 m. Opakovanými nárazmi barana vniká raziaca rúra do zeminy až do požadovanej hĺbky. Potom sa rúra vyvesí a postupne sa pridá $0,5 - 1,5 \text{ m}^3$ betónu. V ďalšej fáze sa zátka vyrazí len čiastočne, aby nedošlo k prerušeniu pilóty, a dochádza k vytvoreniu typickej „cibule“ pod päťou pilóty. Práve „cibuľa“ má rozhodujúci vplyv na únosnosť pilóty. Následne sa rúra opatrí armokošom a dosype sa ďalší betón. V poslednom kroku sa

vyťahuje raziaca rúra pri súčasnom hutnení betónu baranom, pracujúcim vnútri armokoša. [3]



Obr. 3-5: Pilóta - systém FRANKI: a) predrazenie dutiny, b) vytĺkanie päty, c) pechovanie pilóty, d) hotová pilóta [7]

3.2.2 Vŕtané pilóty

Tieto pilóty sú vyhotovené vŕtaním a ŕažením zeminy z priestoru budúcej pilóty – typ replacement. Vyhotovenie vŕtaných pilót sa riadi európskou normou ČSN EN 1536: Vyhovenie špeciálnych geotechnických prác – Vŕtané pilóty /1999/. Majú nosný driek, ktorý slúži k prenosu zaťaženia a obmedzuje deformáciu. Môžu mať kruhový prierez, alebo môžu byť vytvorené lamelami podzemných stien, pokiaľ je celý ich prierez betónovaný naraz a jeho plocha neprekročí $15,0 \text{ m}^2$. Po dĺžke môže byť ich prierez konštantný alebo teleskopický, Môžu mať rozšírený driek alebo päť. Za vŕtané pilóty sa považujú prvky nasledujúcich parametrov:

- priemer drieku: $0,3 \leq d \leq 3,0 \text{ m}$,
- najmenší rozmer lamely na mieste betónovanej podzemnej steny: $w_i \geq 0,4 \text{ m}$,

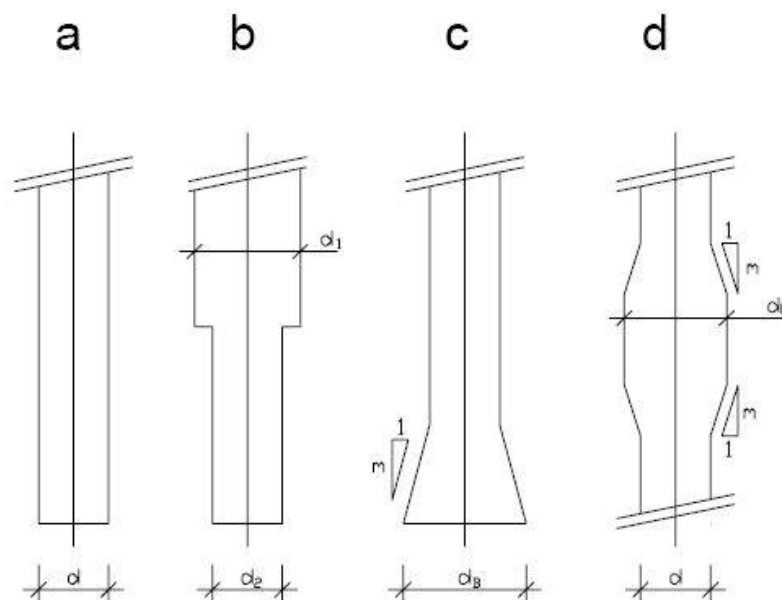
- pomer medzi rozmermi $b_i / w_i \leq 6$, kde b_i je najväčší a w_i najmenší z prierezových rozmerov lamely podzemnej steny,
- sklon podľa obrázku $n \geq 4$ ($\Theta \geq 76^\circ$), s ponechanými pažnicami $n \geq 3$ ($\Theta \geq 72^\circ$)
- plocha pričného rezu rozšírenej päty pilóty, lamely podzemnej steny: $A \leq 10 \text{ m}^2$.

Pre pilóty s rozšírenou päťou či driekom ďalej platí:

- rozšírenie päty v nesúdržných zeminách $d_B/d \leq 2$, v súdržných $d_B/d \leq 3$,
- rozšírenie drieku: pre všetky typy zemín $d_E/d \leq 2$, (d_B , d_E vid' obrázok),
- sklon rozširovanej časti v zeminách nesúdržných: $m \geq 3$ a v zeminách súdržných $m \geq 1,5$.

Pilóty môžu byť navrhované ako:

- osamelé,
- skupinové,
- pilótové steny, ktoré slúžia ako pažiace a operné konštrukcie. [3]



Obr. 3-6: Tvary driekov vŕtaných pilót: a) konštantný prierez, b) teleskopický driek, c) rozšírená päta, d) rozšírený driek [3]

U nás sú vŕtané pilóty najčastejším typom všetkých pilótových základov a to približne z 90 – 95 %. Jedná sa predovšetkým o pilóty veľkopriemerové a pilóty typu CFA. Z dôvodov rozmanitých geotechnických podmienok v Českej republike, zvlášť výskytom poloskalného až skalného podložia v relatívne malej hĺbke.

Podľa statického hľadiska môžeme pilóty rozdeliť takto:

a) *Pilóty opreté päťou o veľmi únosnú horninu*

Dá sa plne využiť únosnosť betónového (resp. železobetónového) drieku pilóty, pokiaľ je päta v celej svojej ploche uložená na skalnom podloží. Výpočet podľa 1. geotechnickej kategórie.

b) *Plávajúce pilóty*

tu je zaťaženie prenášané hlavne plášťovým trením. Tohto typu využijeme, pokiaľ je základová pôda v požadovanej hĺbke málo únosná a únosnejšie podložie nie je vŕtaním dosiahnuteľné. Výpočet podľa 2. geotechnickej kategórie.

c) *Pilóty votknuté*

tu sa k prenosu zaťaženia využíva ako päta, tak aj plášť pilóty. Prakticky sa využívajú hlavne vo vrstevnatých zeminách, kde je nadložie málo únosných vrstiev tvorené neúnosnou zeminou alebo kde päta pilóty spočíva na zemine únosnejšej, ako v okolí drieku. Výpočet podľa 2. geotechnickej kategórie.

d) *Pilóty s rozšírenou päťou*

tých sa využíva, ak sa nedá vrtnou súpravou dosiahnuť do vrstvy o únosnosti odpovedajúcej zhruba únosnosti drieku pilóty daného priemeru. V prípade, že je nutné zachovať dostatočne mocnú vrstvu zeminy zabraňujúcu prelomenie dna vztlakom podzemnej vody. Dno musí byť kvalitne vyčistené, čo sa dá previesť ručnou prácou v zapaženom vrtu.

3.2.2.1 *Vrty pilót a vrtné nástroje*

Vrty sa vyhotovujú technológiou rotačne naberového vŕtania, prípadne použitím drapákového hĺbenia, ktoré sa využíva predovšetkým v balvanitých zeminách.

Najčastejšími nástrojmi u nás je vrtný šnek (špirál), vrtný hrniec (šapa), jednolanový drapák, vrtacia korunka, vrtné dláto. Vrtný šnek sa používa hlavne v súdržných zeminách. Vrtný hrniec je použiteľný predovšetkým v piesčitých a štrkovitých zeminách, suchých i zvodnelých a v poloskalných horninách (ílovec, bridlica apod.). Jednolanový drapák je ideálny v nesúdržných balvanitých zeminách, vrt je vždy pažený. Vrtacia korunka slúži k prevrtaniu vložiek skalných hornín. Vrtné dláto slúži k rozbíjaniu prekážok. Vytážená zemina sa sype priamo na nákladné auta, alebo na terén v okolí vrtu, odkiaľ sa neskôr odváža.

3.2.2.2 Paženie vrtov

Vrty sa vyhotovujú: - nepažené,
- pažené oceľovými pažnicami,
- pažené pažiacou suspenziou - väčšinou ílovou.

Nepažené vrty:

Pokiaľ je zabezpečená stabilita stien vrtu, je dovolené vyhotoviť vrty nepažené. V priebehu vrtania je však nutné neustále kontrolovať, či do vrtu nekontrolovateľne nevniká voda a či neodpadávajú steny vrtu. V prípade zistenia vniku vody či odpadania stien je nutné vrt ihneď zapažiť. Šikmé vrty sa sklonom $n \leq 15$ sa musia pažiť v celej dĺžke, ak sa nedá preukázať ich stabilitu. Vrty o priemeru väčším ako 1,0 m by mali byť pažené vždy tzv. úvodnou pažnicou dĺžky 1,5 – 2,5 m, pre zaistenie vedenia vrtného nástroja pri opakovanom ťažení a zavrtávaní a zamedzuje tvorbe kaverien u hlavy pilóty. Presah úvodnej pažnice nad pracovnou plošinou by mal byť približne 200 – 300 mm. U nesúdržných zemín s $I_D < 0,5$ a u súdržných s $I_C < 0,5$ je nutné pažiť vždy. Tiež u nedokonale zhutnených zásypoch a navážok je nutné paženie. [3]

Paženie oceľovými pažnicami:

Je najpoužívanejšou metódou paženia vrtov s priemerom $\leq 1,5$ m. Najčastejšie sa používa čiernych - varných oceľových rúr s hrúbkou steny 8 – 12 mm alebo špeciálnych spojovateľných oceľových pažnic, napospol dvojplášťových s hrúbkou steny 40 mm. Za paženie vrtu sa považuje taký postup, pri ktorom pažnica postupuje spolu s hĺbením vrtu, alebo toto hĺbenie predchádza. Pažnice musia byť nedeformovateľné, kruhové, dimenzované na zaťaženie pri pažení aj vyťahovaní a bez

akýchkoľvek výstupkov a zvyškov betónu. Použitie oceľových varných rúr je rýchle a vhodné zvlášť pri pažení len v hornej časti vrtu s dovŕtaním v súdržnej zemine bez paženia. Použitelná dĺžka týchto pažníc je daná ako umiestnením rotačného stola vrtnéj súpravy, tak aj dĺžkou predvrtu, do ktorého sa pažnica vkladá. V prípade potreby hlbšieho paženia sa používajú spojovateľné pažnice, kde jednotlivé diely majú dĺžku 1,50 m a sú spojované kužeľovými skrutkami. [3]

Tab. 3-1: Priemery varných a spojovateľných pažníc spolu s vrtným náradím (v mm) [1]

Priemer varnej pažnice	630	720	820	920	1020	1220	1420	-	1620	(1820)
Priemer spojov. pažnice	630	750	880	-	(1020) 1080	(1180) 1200 1220	-	1500	-	-
Priemer vrtného náradia	570	630	770	870	920	1070	1220	1350	1500	1700

Paženie ílovou suspenziou:

Účinnosť paženia ílovou pažiacou suspenziou je daná kombináciou hydrostatického tlaku a elektrochemických javov, na stene vrtu vytvorí ochranný ílový filtračný koláč. Ílová suspenzia je tzv. plastická kvapalina, ktorá sa v kľudovom stave zmení z tekutiny na gél, ktorý sa vyznačuje väčšou strihovou pevnosťou. Rozmiešaním gélu sa zmení opäť v tekutinu, tento proces sa dá neustále opakovať. Ílová suspenzia sa vyrába z ílu, vody a prípadne z ďalších prísad v rozplavovači o objemu 4 – 7 m³.

Vyrobená suspenzia sa k vrtom väčšinou privádza potrubím výnimočne cisternovými vozmi. Pri vŕtaní musí byť hladina neustále udržiavaná tak, aby jeho pretlak zabránil opadávaníu zeminy do vrtu a zaistil stabilitu vrtu, ďalej musí byť v úvodnej pažnici, tiež najmenej 1,5 m nad úrovňou hladiny podzemnej vody. Suspenziu sa dá po prečistení použiť viackrát. Vyvŕtanú zeminu znečistenú suspenziou sa dá odvážať na skládku až po jeho čiastočnom vyschnutí a odtečení suspenzie. V súčasnosti sa predovšetkým z ekologických dôvodov od tohto spôsobu paženia ustupuje. [3]

3.2.2.3 Prípravné práce pred betonážou, betonáž a dokončovacie práce

K prípravným prácam patrí čistenie vrtu, kontroly jeho dĺžky, prípadné čerpanie podzemnej vody - len ak je to účelné a neohrozuje sa tým stabilita vrtu, ďalej armovanie železobetónových pilót. Prestávka medzi dovrtaním a začiatkom betonáže má byť čo najkratšia. Dno vrtu sa čistí tzv. čistiacou šapou s rovným dnom, uzatvárateľnou šapou alebo šapou s klapkami bez centrátora. Ak nie je možné vrty zabetónovať v jednej smene, je treba vrty prečistiť prehĺbením pilóty o 1,5 m alebo o dva násobky priemeru pilóty. Pri použití ílovej suspenzie sa musí najskôr hodinu pred vložení výstuže vyčistiť dno vrtu, odstrániť filtračný koláč a skontrolovať piesčitosť suspenzie (max 4 %). Vŕtané, na mieste betonované pilóty môžu byť nevystužené - z prostého betónu, s kotevnou výstužou, so špeciálnou výstužou (napr. valcované profily, oceľové rúry) najčastejšie však železobetónové (vystužené armokoše v celej dĺžke, alebo len v jej časti pilóty). Vystužený armokoš sa skladá z pozdĺžnej, priečnej a pomocnej výstuže. Krytie výstuže u pilót s prierezom $d \leq 0,6$ m je 50 mm pre väčšie prierezy 60 mm. U pilót vystužených spojovateľnými pažnicami sa krytie zväčšuje o hrúbku steny pažnice, ktoré býva 40 mm. Pokiaľ je to možné, zapúšťajú sa armokoše do vrtov v celku bez spojov. V prípade dlhých pilót (cez 20 m) je možné v priebehu zapúšťania výstuž spojovať najlepšie rýchlospojками.

Tab. 3-2: Minimálne vystuženie železobetónových vŕtaných pilót a priečna výstuž [1]

Menovitá prierezová plocha drieku pilóty A_C	Plocha pozdĺžnej výstuže A_S	Pravouhlé a kruhové strmienky a špirála	≥ 6 mm a $\geq 1/4$ najväčšieho priemeru pozdĺžnej výstuže
$A_C \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_S \geq 0,5 \% A_C$	Výstužné siete ako priečna výstuž	≥ 5 mm
$0,5 \text{ m}^2 < A_C \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_S \geq 0,0025 \text{ m}^2$		
$A_C > 1,0 \text{ m}^2$	$A_S \geq 0,25 \% A_C$		

Po ukončení prípravných prác nasleduje betonáž pilóty. Zloženie betónu by malo odpovedať požiadavkám ČSN EN 206-1 Betón - Časť I: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda. Trieda betónu by mala byť v rozmedzí C16/20 až C30/37. Betón musí mať vysokú plasticitu, vysokú odolnosť proti segregácii, správne zloženie a konzistenciu, schopnosť samozhutnenia a vhodnú spracovateľnosť. Pre dosiahnutie vlastností betónu môžu byť ako prísady použité plastifikátory, superplastifikátory a spomaľovače tuhnutia

za predpokladu, že je dodržané správne dávkovanie. Ak sa betónuje v nízkych teplotách pod + 5°C, môžu byť použité prevzdušňovacie prísady.

Tab. 3-3: Zloženie čerstvého betónu [1]

Obsah cementu	
- betonáž do sucha	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
- betonáž pod vodou či suspenziou	$\geq 375 \text{ kg/m}^3$
vodný súčiniteľ (v/c)	< 0,60
Podiel jemnej frakcie $d < 0,125 \text{ mm}$ (vrátane cementu)	
Ak je - najväčšie zrno kameniva $d > 8 \text{ mm}$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
-najväčšie zrno kameniva $d \leq 8 \text{ mm}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$

Tab. 3-4 : Požiadavky na spracovateľnosť čerstvého betónu pri rôznych podmienkach betonáže [1]

Stupeň rozliatia \varnothing [mm]	Stupeň sadnutia kužeľa (podľa Abramsa) [mm]	Typické podmienky použitia (príklady)
$\varnothing = 500 \pm 30$	$H = 150 \pm 30$	betonáž do sucha
$\varnothing = 560 \pm 30$	$H = 180 \pm 30$	betonáž bet. čerpadlom alebo sypákovými rúrami pod vodu
$\varnothing = 600 \pm 30$	$H = 200 \pm 30$	betonáž sypákovými rúrami pod pažiacou suspenziou
Zmeraný stupeň rozliatia (\varnothing) alebo sadnutie kužeľa (H) sa zaokrúhľuje na 10 mm		

Vrtané pilóty sa betónujú spôsobom betonáže do sucha alebo pod vodou či ílovou pažiacou suspenziou. Prvý spôsob sa dá využiť vtedy, keď vrt je zcela suchý a vyhotovuje sa pomocou betonážnej rúry s násypkou umiestnenou v strede vrtu tak, aby prúd betónu nenarážal na steny vrtu, ani na výstuž pilóty. Vnútorňý priemer betonážnej rúry má byť väčší ako osemnásobok najväčšej použitej frakcie kameniva v betóne, býva min. 200 mm. Pri použití druhého spôsobu betonáže a to betonáže pod vodu sa používa metóda Contractor, pri ktorej sa dobre spracovateľný betón ukladá pomocou sypákovvej

rúry, ktorá bráni rozmiešovaniu a znečisteniu kvapalinou v pilóte. Vnútorný priemer sypákovej rúry je najmenej šesťnásobok najväčšej použitej frakcie kameniva v betóne, býva min. 150 mm. Sypáková rúra je opatrená vodotesnými spojmi rozpojiteľnými, ktorých jednotlivé časti dosahujú dĺžky 1,5 – 2,0 m. Pred začiatkom betonáže sa opatrí vhodnou zátkou a spustí sa na dno vrtu, potom sa naplní betónom a povytiahne sa o výšku jedného priemeru rúry. S postupujúcou betonážou sa postupne vyťahuje, vždy však musí zostať ponorená v betóne najmenej 1,5 m u pilót s priemerom do 1,2 m a 2,5 m u pilót s priemerom väčším alebo rovným 1,2 m. Rúry sa zásadne skracujú zhora a povytahujú sa zvoľna. Voda či pažiaca suspenzia sa z vrtu odčerpáva v priebehu betonáže.

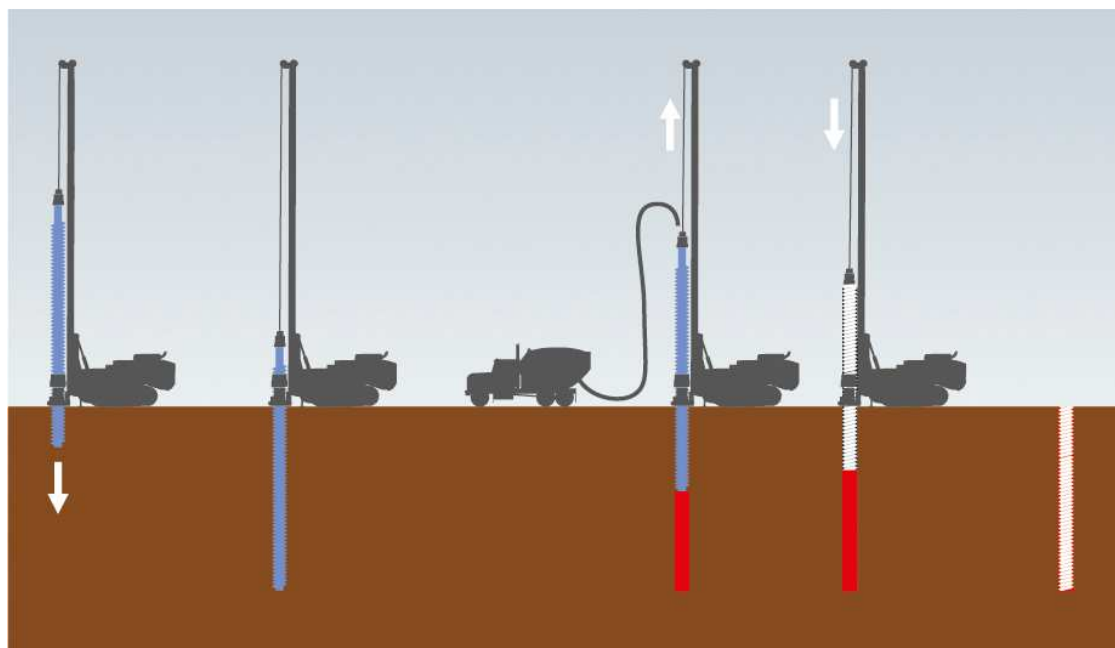
Pri pažení vrtu oceľovými pažnicami sa musí ich vyťahovanie zahájiť bezprostredne po betonáži, alebo v jeho priebehu pri dostatočnom pretlaku betóne. Pažnice je treba vyťahovať zvoľna a je nutné sledovať hladinu betóne. Hlava pilóty sa vždy prebetónuje, aby pri odpažení nedošlo k jeho poklesu pod navrhovanú úroveň.

Po betonáži nasleduje tvrdnutie, potom sa prevádzajú dokončovacie práce, medzi ktoré patria: úprava hlavy pilóty, úprava jej výstuže, prípadne zriadenie nadpilótovej konštrukcie. Hlavy pilót sa upravujú opatrným odbúraním na úroveň zdravého betóne tak, aby nedošlo k porušeniu zostatkovej časti pilóty napr. výstuže. [3]

3.2.2.4 Technológia výroby pilót vyhotovených priebežným šnekom (CFA)

Priebežný šnek nahradzuje vo vhodných zeminách paženie a zvyšuje produktivitu práce pri vyhotovení vrtaných pilót. Jedná sa o relatívne novú metódu. V priebehu vrtania zostáva zemina na závitoch šneku, čím je zaistená stabilita stien vrtu. Vhodnými zeminami sú nesúdržné ($I_D > 0,4$; $d_{60}/d_{10} > 2$), suché a zvodnelé, ale aj väčšina súdržných zemín, pokiaľ neobsahujú nevrtateľné složky.

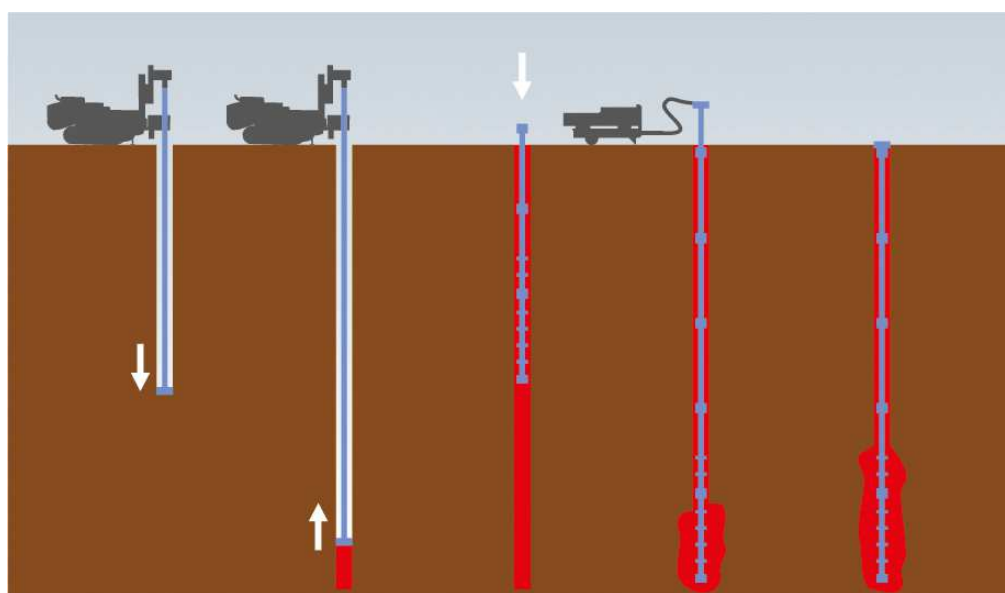
Vítanie priebežným šnekom je vykonané tak rýchle, ako je to možné s minimálnymi otáčkami vrtného nástroja tak, aby sa na čo najmenšiu mieru znížili negatívne účinky vrtania na okolitú zeminu. Vzhľadom k tomu musí mať vrtná súprava dostatočný krútiaci moment a ťažnú silu. Najprv sa nástroj zavíta do zeminy na celkovú hĺbku, pričom nedochádza k nakopeniu zeminy v okolí vrtu. Stredová rúra šneku je uzatvárateľná, aby sa zabránila vniku zeminy a vody do tejto rúry. Po dosiahnutí určenej hĺbky sa vykoná betonáž stredovou rúrou, na ktorú je napojená hadica z betonážneho čerpadla. Pri betonáži sa nástroj povytáhuje, nemá sa otáčať. Jediné v odôvodnených prípadoch sa môže otáčať v rovnakom smere ako pri vrtaní. Pre plynulé vybetónovanie celej pilóty je dôležité zaistenie dostatočného množstva betónu. Používa sa betón s obsahom oblého kameniva, ktorý má stupeň sadnutia kužeľa podľa Abramsa 190 – 210 mm. Po skončení betonáže sa zemina v okolí odstráni, pilóta sa v hlave upravuje a osadí armokošom. Ten sa do betónu vtláča najprv vlastnou tiažou, následne tlakom alebo poklepom vhodného zariadenia.



Obr. 3-7: Technologický postup vyhotovenia pilóty priebežným šnekom (CFA): 5a) zahájenie vrtania, 5b) dokončenie vrtania v projektovanej hĺbke, 5c) betonáž pilóty za súčasného vytáhovania priebežného šneku, 5d) vkladanie armokoša do čerstvo vybetónovanej pilóty, 5e) dokončenie pilóty [10]

3.3 Mikropilóty

Boli vyvinuté pre účely zosilňovania a podchytenia základov existujúcich stavieb v mimoriadne stiesnených podmienkach. Postupne sa začali používať tiež pre novostavby, keď s ohľadom na pracovný priestor nie je možné využiť iné metódy. Výroba, vyhotovenie, dohľad nad vyhotovením a monitoring a kontrola mikropilót sa riadi európskou normou ČSN EN 14199: Prevádění speciálních geotechnických prací – Mikropilóty. Norma platí pre: vŕtané mikropilóty do vonkajšieho priemeru 300 mm a razené mikropilóty do vonkajšieho priemeru 150 mm.



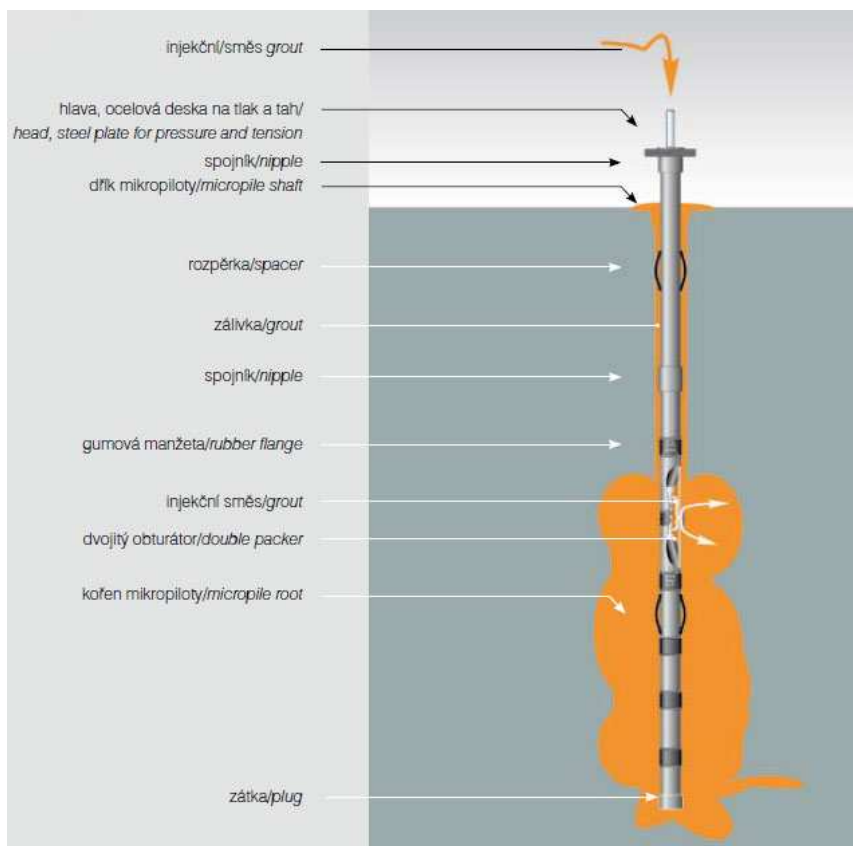
Obr. 3-8: Technologický postup vyhotovenia mikropilót: 2a) zhotovenie vrtu rotačnou technológiou, 2b) vyťahovanie vrtného náradia a vyplnenie vrtu zálivkou, 2c) osadzovanie výstužnej silnostennej oceľovej trubky, 2d) injektáž koreňovej časti mikropilóty, 2e) hotová mikropilóta. [11]

Skľony ani dĺžky mikropilót nie sú obmedzené, sú určené pre prenášanie osových síl tlakových a ťahových. Pre využitie ich vnútornej únosnosti sú upnuté do základovej pôdy injektážou. U nás sa využíva len mikropilót vŕtaných, a to z hľadiska vystuženia rúrovou oceľovou výstužou (viac ako 90 %), armokošovej alebo tyčovej (napr. GEWI).

Dá sa ich deliť podľa spôsobu uvedenia mikropilót do funkcie:

- a) nepredtážené (voľné), keď deformácia prebieha v plnej hodnote po spojení s nadzákladovou konštrukciou,
- b) predtážené, keď pred spojením so základom sa predtáží silou zodpovedajúcou jej následnému zaťaženiu,
- c) predpäté, keď predtážená mikropilóta je spojená s konštrukciou v zaťaženom stave, potom sú výsledné deformácie minimálne.

Mikropilótu môžeme rozdeliť na niekoľko častí: hlavu, driek, koreň a pätu. Hlava mikropilóty je jej horná časť a tvorí ju oceľová doska s nátrubkom alebo rozptýlenou betonárskou výstužou. Osové zaťaženie z hlavy sa prenáša do koreňa pomocou drieku. Koreň mikropilóty je spodná časť, ktorá je injektážou upnutý do okolnej horniny. Prostredníctvom koreňa sú do základovej pôdy prenášané osové sily. V úrovni počvy vrtu sa nachádza podstava – päta mikropilóty. [3]



Obr. 3-9: Charakteristický rez mikropilótou [12]

4 PRAKTICKÁ APLIKÁCIA

4.1 Popis stavby

Stavba sa nachádza v katastrálnom území Pisárky, v zastavanej časti obce Brno (okres Brno - mesto) na križovatke ulíc Pisárecká a Antonína Procházky. V rámci stavby bola vybraná problematika založenia polyfunkčného domu približne obdĺžnikového tvaru o pôdorysných rozmeroch cca 37 x 20,5 m so dvomi podzemnými a štyrmi nadzemnými podlažiami. Pozemok stavby je súčasťou existujúceho areálu hotelu, je dobre napojený na dopravný i technickú infraštruktúru. Stavba sa nachádza v nadmorskej výške 223,19 m n.m.



Obr. 4-1: Poloha staveniska [13]

4.2 Geomorfologické, geologické a hydrogeologické pomery

4.2.1 Geomorfologické pomery

4.2.1.1 Geografické pomery

Brno je najväčším mestom na Morave a je sídlom Juhomoravského kraja. Mesto leží na sútoku rieky Svratka a Svitava, má plochu 230,22 km², kde žije zhruba 400 tisíc obyvateľov. [16]

4.2.1.2 Priradenie ku geomorfologickej jednotke

Podľa regionálneho členenia reliéfu ČSR (B. Balatka a kol., GÚ ČSAV Brno, 1971) patrí záujmové územie do sústavy Česko-moravskej, podsústavy Brnenskej vrchoviny, celku Bobravskej vrchoviny, podcelku Lipovskej vrchoviny. Orograficky sa jedná o členitú vrchovinu so strednou nadmorskou výškou 319,0 m n. m. Záujmový priestor leží výškovo v rozmedzí kót 216,0 až 219,5 m n. m. [15]

4.2.1.3 Charakteristika pozemku

Záujmová lokalita sa nachádza v katastrálnom území Pisárky, v zastavanej časti obce Brno (okres Brno - mesto) na križovatke ulíc Pisárecká a Antonína Procházky. Terén záujmového územia sa nachádza na svahovitých pozemkoch - juhovýchodný svah a dosahuje na stavenisku nadmorské výšky cca 216,0 - 219,5 m.n.m. Záujmové územie neleží v poddolovanom území.

4.2.1.4 Hydrologická dáta

V blízkosti záujmového územia sa nachádza rieka Svratka vo vzdialenosti cca. 200 m a vo vzdialenosti 15 m tečie Kohoutovický potok.

4.2.1.5 Klimatické a seizmické pomery

Z klimatického hľadiska je územie zaradené do teplej oblasti triedy T2 s ročným úhrnom zrážok od 550 do 700 mm. Počet mrazových dní sa pohybuje v rozmedziach 100 - 110. Z hľadiska zemetrasnej činnosti patrí územie do oblasti s 5-tým stupňom maximálnej intenzity zemetrasenia podľa medzinárodnej makroseizmickej stupnice Mercalli - Cancani - Siebergovej (M. C. S.).

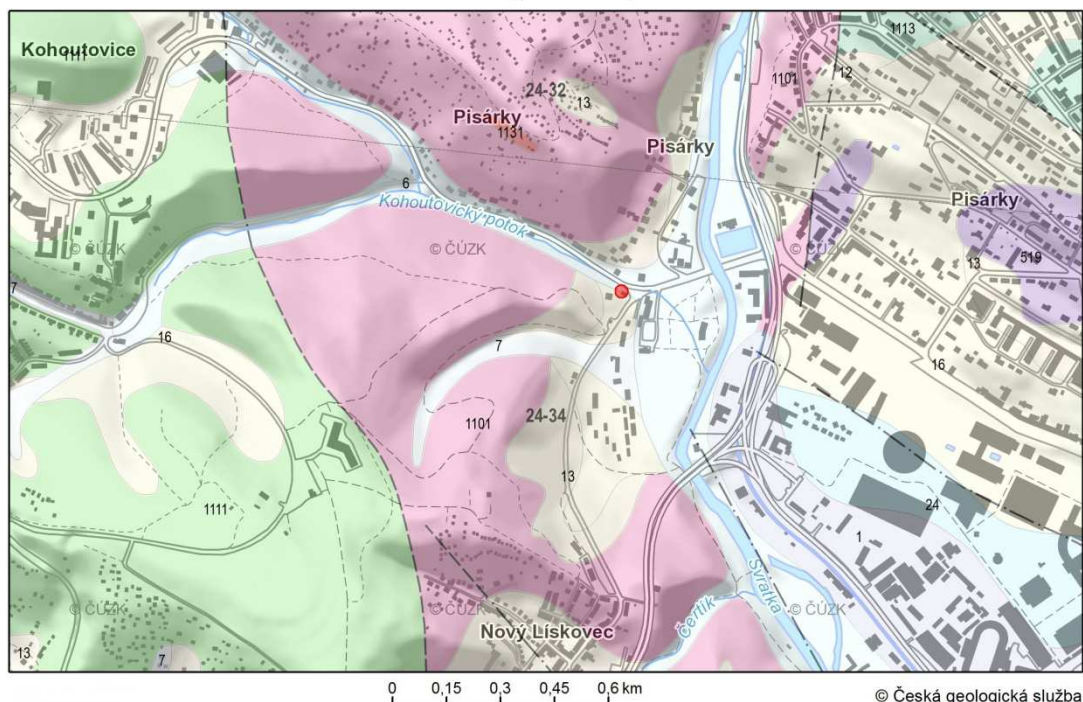
4.2.2 Geologické pomery

4.2.2.1 Geológia stavby

Záujmové územie je zobrazené na geologickej mape ČR 1 : 50 000, list 24 – 34 Pisárky.

Geologicky sa jedná o oblasť Brnenskej vyvreliny, ktorá je tu tvorená leukotonality typu Jundrov. Skalné podložie je tu kryté kvartérnym pokryvom veľkej mocnosti. Jedná sa prevažne o svahové sedimenty pri povrchu s plytším horizontom eolických sedimentu - spraše, ktoré tu vyplňujú hlbokú eróznou ryhu JZ-SV smeru. Mocnosť kvartérneho pokryvu sa tu bude pohybovať okolo cca. 50-ti metrov. Svahové sedimenty obsahujú i zvyšky štrkových sedimentov, zrejme roztrúsených zvyškov vyšších riečnych terás rieky Svratky, na ktorej pravobrehovom údolnom svahu sa záujmový priestor nachádza. Svahové sedimenty sú ďalej tvorené plytkými polohami piesku, piesčitých ílov, v hlbších polohách patrne aj ílovitých zemín miocennej alebo paleozoickej výplne údolia Svratky. U svahových sedimentov sa dá čakať generelný sklon vrstiev v smeru k SV až V. Geomorfologicky sa jedná o úpäť pravobrehového údolného svahu Svratky [15].

Geologická mapa

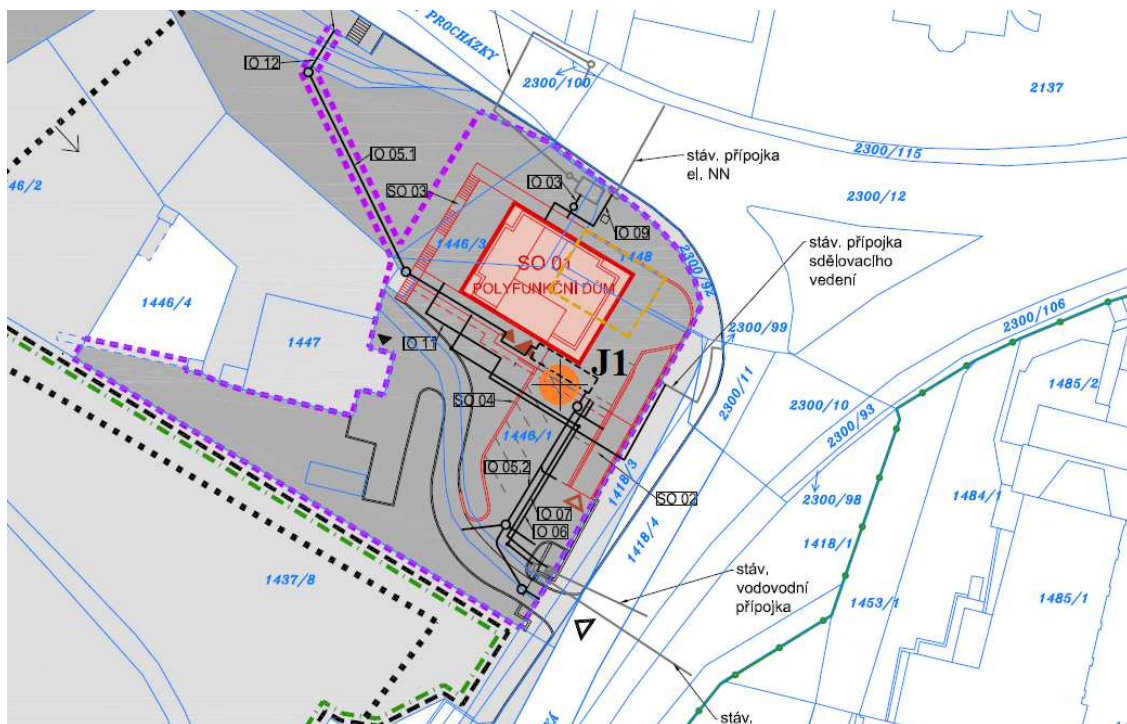


Obr. 4-2: Geologická mapa [14]

4.2.3 Hydrogeologické pomery

Po hydrogeologickej stránke je situácia pomerne zložitá. V svahových sedimentoch sa vyskytujú drobné zavesené zvodne, patrne fosilných podzemných vôd uzatvorených v šoškovitých telesách zvyškov priepustných nesúdržných zemín. Jedna z takých zvodní s voľnou hladinou bola zastihnutá aj vrtom J1 v hĺbke 12,7 m. Výrazné zvodnenie je treba očakávať až v puklinovom prostredí skalného podložia. Vrt sa nachádza tesne pri základoch stavby. Vrt bol vyhotovený do hĺbky 13,7 m. Vrtanie prebiehalo jadrovým spôsobom vrtným náradím o priemeru 156 mm [15].

4.2.4 Vrtný prieskum



Obr. 4-3: Vrtný prieskum v lokalite [autor]

Výsledky vrtných prác boli spracované v súlade s Eurokódom 7 a ďalšími súvisiacimi čs. normami a predpismi.

V graficko písomnej dokumentácii vrtu (viď Tab. 4-1) sú všetky litologicky a geotechnicky odlišné polohy zemín a hornín podrobne petrograficky a geotechnicky popísané a zatriedené do klasifikačných skupín a tried základových pôd podľa normy ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací (2010). Ďalej bolo vykonané do tried ťažiteľnosti a vhodnosti použitia do násypu a aktívnej zóny podložia vozoviek a súčasne aj do tried ťažiteľnosti.

Stavenisko je treba hodnotiť ako zložité s ohľadom na výskyt silnejšie stlačiteľných a málo únosných spraší až sprašových hĺn hlavne v intervale kót 216,6 - 212,6 m n. m.

Tab. 4-1: Graficko - písomná dokumentácia vrtu [autor]

HĽBKA (m)	PRIJATÝ PROFIL GRAFICKY	HLADINA PODZ. VODY (m)	Petrografický a geotechnický popis (podľa ČSN 721001)	Trieda podľa ČSN	
				736133	Symbol ČSN ENISO 14688
5.5			Hnedý íl strednej plasticity, tuhý	F6	CI
6.7			Zelenosivý hlinitý štrk s okruhliakmi do 8 cm, výplň tvrdá	G4	GM
9.0			Okrovo hnedý, postupne zelenosivý silne pieskový íl s početnými lominami prachovitého piesku, tuhý	F4	CS
9.6		9.30 9.40	Zelenohnedý pieskový štrk s jemnozrnnou prímiesou, okruhliaky do 8 cm dobre opracované, na báze nasiaknutej, riečny	G3	GF
11.0			Hnedý íl s vysokou plasticitou, veľmi pevný, postupne až tvrdý, v intervale 9.9-10.05 m s zelenosivým detritom metabazitu	F8	CH

4.3 Výpočet – bez použitia softwaru

4.3.1 Výpočet pilóty Ø 600 mm

Vstupné parametre:

Pilóta o priemeru 0,60 m a dĺžky 10,30 m je posúdená na medzný stav únosnosti a medzný stav použiteľnosti podľa ČSN EN 1997 (Eurokód 7), bol použitý návrhový prístup 2 (NP2). V dôsledku odstraňovania horných vrstiev z dôvodu podpivničenia objektu horné vrstvy vrtu J1 do hĺbky 3,40 m nebudú uvažované pri výpočtoch pilóty. Hladina podzemnej vody sa predpokladá v hĺbke 12,70 m pod úrovňou pôvodného terénu.

Charakteristické hodnoty zaťaženia boli prevzaté od firmy KELLER-speciální zakládání, spol. s r.o. a pre túto pilótu zaťaženie činí 400 - 1100 kN. Táto pilóta bola počítaná v pôvodnom nezjednodušenom geologickom profile vid' pr. č. A4, pre výpočet ostatných pilót bol použitý zjednodušený rez vid' tab. 4-1: Graficko - písomná dokumentácia vrtu. Vo výpočtoch boli použité hodnoty parametrov jednotlivých zemín, ktoré sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tab. 4-2: Parametre zemín [autor podľa podkladov od firmy KELLER]

Trieda podľa ČSN 736133	konzistencia <ulahlost'< th=""><th>E_{def} (Mpa)</th><th>φ' (°)</th><th>φ_u (°)</th><th>c' (kPa)</th><th>c_u (kPa)</th><th>γ (kNm⁻³)</th><th>ν (-)</th><th>R_{dt} (kPa)</th></ulahlost'<>	E_{def} (Mpa)	φ' (°)	φ_u (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	γ (kNm ⁻³)	ν (-)	R_{dt} (kPa)
F2-CG	tvrdá	>25,0	30	>15	30	>70	19,0	0,35	450
F4-CS	tuhá	5,0	23	0	16	50	18,5	0,35	150
F5-ML	tuhá	4,0	20	0	12	60	20,0	0,40	150
F6-CL	pevná	7,0	19	0	16	80	21,0	0,40	200
F6-CI	tuhá - mäkká	3,0	17	0	10	30	21,0	0,40	60
F6-CI	tuhá	5,0	18	0	14	60	21,0	0,40	150
F6-CI	pevná	6,0	19	0	16	80	21,0	0,40	200
F6-CI	pevná	12,0	22	10	30	90	21,0	0,40	300
F8-CH	tvrdá	10,0	19	0	22	150	20,5	0,42	300
S4-SM	ulahlá	15,0	30	-	3	-	18,0	0,30	175-300 ⁺
G3-GF	ulahlý	90,0	35	-	-	-	19,0	0,25	300-700 ⁺
G4-GM	výplň tvrdá	80,0	32	-	8	-	19,0	0,30	250-400 ⁺

4.3.1.1 Posúdenie na medzný stav únosnosti:

$$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} \geq V_d \quad (4-1)$$

U_{vd} – zvislá návrhová únosnosť

U_{bd} – návrhová únosnosť päty pilóty

U_{fd} – návrhová únosnosť na plášti pilóty

V_d – zvislá zložka návrhového zaťaženia pôsobiaceho v hlave pilóty

1. Návrhová únosnosť päty:

$$U_{bd} = k_1 \cdot A_s \cdot R_d / \gamma_b \quad (4-2)$$

$$\gamma_b = 1,1$$

$$k_1 = 1,15 \quad (L = 10,3 \text{ m})$$

$$A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,6^2 / 4 = 0,283 \text{ m}^2$$

$$R_d = 1,2 \cdot c_d \cdot N_{cd} + (1 + \sin\varphi) \cdot \gamma_1 \cdot L \cdot N_{dd} + 0,7 \cdot \gamma_2 \cdot d/2 \cdot N_{bd} \quad (4-3)$$

$$\varphi_k = \varphi_d = 19^\circ \quad (\gamma_M = 1,0), \quad c_d = c_k = 22 \text{ kPa}$$

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

$$N_{dd} = \exp(\pi \cdot \operatorname{tg}19) \cdot \operatorname{tg}^2(45 + 19/2) = 5,798$$

$$N_{cd} = (N_{dd} - 1) \cdot \operatorname{cotg}\varphi_d \quad (4-5)$$

$$N_{cd} = (5,798 - 1) \cdot \operatorname{cotg}19 = 13,934$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (N_{dd} - 1) \cdot \operatorname{tg}\varphi_d \quad (4-6)$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (5,798 - 1) \cdot \operatorname{tg}19 = 2,478$$

$$\gamma_1 = \sum_{i=1}^n h_i \cdot \gamma_i / \sum_{i=1}^n h_i \quad (4-7)$$

$$\gamma_1 = (0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21,0 + 0,3 \cdot 21,0 + 0,5 \cdot 21,0 + 1,1 \cdot 21,0 + 0,4 \cdot 21,0 + 0,4 \cdot 21,0 + 0,4 \cdot 19,0 + 0,3 \cdot 19,0 + 0,5 \cdot 18,0 + 2,3 \cdot 18,5 + 0,3 \cdot 19,0 + 0,3 \cdot 10,0 + 0,7 \cdot 20,5) / 10,3 = 19,59 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = 20,5 \text{ kN/m}^3$$

$$R_d = 1,2 \cdot 22 \cdot 13,934 + (1 + \sin 19) \cdot 19,59 \cdot 10,3 \cdot 5,798 + 0,7 \cdot 20,5 \cdot 0,6/2 \cdot 2,478 = 1929,312 \text{ kPa}$$

$$U_{bd} = 1,15 \cdot 0,283 \cdot 1929,312 / 1,1 = 570,813 \text{ kN}$$

2. Návrhová únosnosť plášťa:

$$U_{fd} = \pi \cdot \sum d_i \cdot h_i \cdot f_{si} / \gamma_s \quad (4-8)$$

$$\gamma_s = 1,1$$

$$f_{si} = \sigma_{xi} \cdot \operatorname{tg}(\varphi_d / \gamma_{r1}) + c_d / \gamma_{r2} \quad (4-9)$$

$$\sigma_{xi} = k_2 \cdot \sigma_{ori} \quad (4-10)$$

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

$\gamma_{r1} = 1,2$ (betonáž pilóty do vrtu bez výpažnice po vyčerpaní vody; betonáž do vrtu chráneného oceľovou výpažnicou pri oddelenej betonáži)

$$\gamma_{r2} = 1,3 \quad (z \leq 1,0 \text{ m})$$

$$\gamma_{r2} = 1,1 \quad (2,0 < z \leq 3,0 \text{ m})$$

$$\gamma_{r2} = 1,0 \quad (z > 3,0 \text{ m})$$

Geostatické, kontaktné napätia a trenie na plášti:

hĺbka 0,00 – 0,20 m:	$\sigma_{or1} = 0,1 \cdot 20,0 = 2,0 \text{ kPa}$ $\sigma_{x1} = 1,0 \cdot 2,0 = 2,0 \text{ kPa}$ $f_{s1} = 2,0 \cdot \text{tg}16,67 + 9,23 = 9,83 \text{ kPa}$
hĺbka 0,20 – 1,60 m:	$\sigma_{or2} = 0,2 \cdot 20,0 + 0,7 \cdot 20,0 = 18,0 \text{ kPa}$ $\sigma_{x2} = 1,0 \cdot 18,0 = 18,0 \text{ kPa}$ $f_{s2} = 18,0 \cdot \text{tg}16,67 + 9,23 = 14,62 \text{ kPa}$
hĺbka 1,60 – 2,80 m:	$\sigma_{or3} = 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 0,6 \cdot 21 =$ $= 44,6 \text{ kPa}$ $\sigma_{x3} = 1,0 \cdot 44,6 = 44,6 \text{ kPa}$ $f_{s3} = 44,6 \cdot \text{tg}15 + 12,73 = 24,68 \text{ kPa}$
hĺbka 2,80 – 3,10 m:	$\sigma_{or4} = 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 +$ $+ 0,15 \cdot 21 = 60,35 \text{ kPa}$ $\sigma_{x4} = 1,0 \cdot 60,35 = 60,35 \text{ kPa}$ $f_{s4} = 60,35 \cdot \text{tg}14,17 + 9,09 = 24,33 \text{ kPa}$
hĺbka 3,10 – 3,60 m:	$\sigma_{or5} = 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 +$ $+ 0,3 \cdot 21 + 0,25 \cdot 21 = 68,75 \text{ kPa}$ $\sigma_{x5} = 1,0 \cdot 68,75 = 68,75 \text{ kPa}$ $f_{s5} = 68,75 \cdot \text{tg}15 + 14 = 32,42 \text{ kPa}$
hĺbka 3,60 – 4,70 m:	$\sigma_{or6} = 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 +$ $+ 0,3 \cdot 21 + 0,5 \cdot 21 + 0,55 \cdot 21 = 85,55 \text{ kPa}$ $\sigma_{x6} = 1,0 \cdot 85,55 = 85,55 \text{ kPa}$ $f_{s6} = 85,55 \cdot \text{tg}15,83 + 16 = 40,26 \text{ kPa}$
hĺbka 4,70 – 5,10 m:	$\sigma_{or7} = 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 +$ $+ 0,3 \cdot 21 + 0,5 \cdot 21 + 1,1 \cdot 21 + 0,2 \cdot 21 =$ $= 101,3 \text{ kPa}$ $\sigma_{x7} = 1,0 \cdot 101,3 = 101,3 \text{ kPa}$ $f_{s7} = 101,3 \cdot \text{tg}15 + 14 = 41,14 \text{ kPa}$
hĺbka 5,10 – 5,50 m:	$\sigma_{or8} = 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 +$ $+ 0,3 \cdot 21 + 0,5 \cdot 21 + 1,1 \cdot 21 + 0,4 \cdot 21 +$ $+ 0,2 \cdot 21 = 109,7 \text{ kPa}$ $\sigma_{x8} = 1,0 \cdot 109,7 = 109,7 \text{ kPa}$ $f_{s8} = 109,7 \cdot \text{tg}18,33 + 30 = 66,35 \text{ kPa}$
hĺbka 5,50 – 5,90 m:	$\sigma_{or9} = 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 +$ $+ 0,3 \cdot 21 + 0,5 \cdot 21 + 1,1 \cdot 21 + 0,4 \cdot 21 +$ $+ 0,4 \cdot 21 + 0,2 \cdot 19 = 117,7 \text{ kPa}$ $\sigma_{x9} = 1,0 \cdot 117,7 = 117,7 \text{ kPa}$ $f_{s9} = 117,7 \cdot \text{tg}25 + 30 = 84,88 \text{ kPa}$
hĺbka 5,90 – 6,20 m:	$\sigma_{or10} = 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 +$ $+ 0,3 \cdot 21 + 0,5 \cdot 21 + 1,1 \cdot 21 + 0,4 \cdot 21 +$ $+ 0,4 \cdot 21 + 0,4 \cdot 19 + 0,15 \cdot 19 = 124,35 \text{ kPa}$ $\sigma_{x10} = 1,0 \cdot 124,35 = 124,35 \text{ kPa}$ $f_{s10} = 124,35 \cdot \text{tg}26,67 + 8 = 70,45 \text{ kPa}$

hĺbka 6,20 – 6,70 m:	$\begin{aligned}\sigma_{or11} &= 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 + \\ &+ 0,3 \cdot 21 + 0,5 \cdot 21 + 1,1 \cdot 21 + 0,4 \cdot 21 + \\ &+ 0,4 \cdot 21 + 0,4 \cdot 19 + 0,3 \cdot 19 + 0,25 \cdot 18 = \\ &= 131,7 \text{ kPa} \\ \sigma_{x11} &= 1,0 \cdot 131,7 = 131,7 \text{ kPa} \\ f_{s11} &= 131,7 \cdot tg25 + 3 = 64,41 \text{ kPa}\end{aligned}$
hĺbka 6,70 – 9,00 m:	$\begin{aligned}\sigma_{or12} &= 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 + \\ &+ 0,3 \cdot 21 + 0,5 \cdot 21 + 1,1 \cdot 21 + 0,4 \cdot 21 + \\ &+ 0,4 \cdot 21 + 0,4 \cdot 19 + 0,3 \cdot 19 + 0,5 \cdot 18 + \\ &+ 1,15 \cdot 18,5 = 157,48 \text{ kPa} \\ \sigma_{x12} &= 1,0 \cdot 157,48 = 157,48 \text{ kPa} \\ f_{s12} &= 157,48 \cdot tg19,17 + 16 = 70,74 \text{ kPa}\end{aligned}$
hĺbka 9,00 – 9,30 m:	$\begin{aligned}\sigma_{or13} &= 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 + \\ &+ 0,3 \cdot 21 + 0,5 \cdot 21 + 1,1 \cdot 21 + 0,4 \cdot 21 + \\ &+ 0,4 \cdot 21 + 0,4 \cdot 19 + 0,3 \cdot 19 + 0,5 \cdot 18 + \\ &+ 2,30 \cdot 18,5 + 0,15 \cdot 19 = 181,6 \text{ kPa} \\ \sigma_{x13} &= 1,0 \cdot 181,6 = 181,6 \text{ kPa} \\ f_{s13} &= 181,6 \cdot tg29,17 = 101,35 \text{ kPa}\end{aligned}$
hĺbka 9,30 – 9,60 m:	$\begin{aligned}\sigma_{or14} &= 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 + \\ &+ 0,3 \cdot 21 + 0,5 \cdot 21 + 1,1 \cdot 21 + 0,4 \cdot 21 + \\ &+ 0,4 \cdot 21 + 0,4 \cdot 19 + 0,3 \cdot 19 + 0,5 \cdot 18 + \\ &+ 2,30 \cdot 18,5 + 0,3 \cdot 19 + 0,15 \cdot 10 = 185,95 \text{ kPa} \\ \sigma_{x14} &= 1,0 \cdot 185,95 = 185,95 \text{ kPa} \\ f_{s14} &= 185,95 \cdot tg29,17 = 103,78 \text{ kPa}\end{aligned}$
hĺbka 9,60 – 10,30 m:	$\begin{aligned}\sigma_{or15} &= 0,2 \cdot 20,0 + 1,4 \cdot 20,0 + 1,2 \cdot 21 + \\ &+ 0,3 \cdot 21 + 0,5 \cdot 21 + 1,1 \cdot 21 + 0,4 \cdot 21 + \\ &+ 0,4 \cdot 21 + 0,4 \cdot 19 + 0,3 \cdot 19 + 0,5 \cdot 18 + \\ &+ 2,30 \cdot 18,5 + 0,3 \cdot 19 + 0,3 \cdot 20 + 0,35 \cdot 20,5 = \\ &= 197,63 \text{ kPa} \\ \sigma_{x15} &= 1,0 \cdot 197,63 = 197,63 \text{ kPa} \\ f_{s15} &= 197,63 \cdot tg15,83 + 22 = 78,05 \text{ kPa}\end{aligned}$

$$U_{fd} = \pi \cdot 0,6 \cdot (0,2 \cdot 9,83 + 1,4 \cdot 14,62 + 1,2 \cdot 24,68 + 0,3 \cdot 24,33 + 0,5 \cdot 32,42 + 1,1 \cdot 40,26 + 0,4 \cdot 41,14 + 0,4 \cdot 66,35 + 0,4 \cdot 84,88 + 0,3 \cdot 70,45 + 0,5 \cdot 64,41 + 2,3 \cdot 70,74 + 0,3 \cdot 101,35 + 0,3 \cdot 103,78 + 0,7 \cdot 78,05) / 1,1 = 906,519 \text{ kN}$$

Návrhová únosnosť pilóty: $U_{vd} = 570,813 + 906,519 = 1477,332 \text{ kN}$

4.3.1.2 Posúdenie na medzný stav použiteľnosti

$$R_{bu} = R_{su} + R_{pu} \quad (4-11)$$

R_{bu} – medzná únosnosť

R_{su} – medzná únosnosť na plášti pilóty

R_{pu} – medzná únosnosť päty pilóty

$$\text{Medzná únosnosť na plášti pilóty: } R_{su} = 0,7 \cdot m_2 \cdot \pi \sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si} \quad (4-12)$$

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

$$q_{si} = a - b/(D_i/d_i) \quad (4-13)$$

Tab. 4-3: Regresné koeficienty a medzné plášťové trenie i-tej vrstvy [1]

zemina	I _C	I _D	a	b	q _{si}
F5	1,0	-	97,31	108,59	-554,23
F5	1,0	-	97,31	108,59	24,92
F6	1,0	-	97,31	108,59	67,70
F6	1,0	-	97,31	108,59	75,22
F6	1,0	-	97,31	108,59	77,86
F6	1,0	-	97,31	108,59	81,61
F6	1,0	-	97,31	108,59	84,01
F6	1,0	-	97,31	108,59	85,02
F2	-	0,7	91,22	48,44	86,12
G4	-	0,7	91,22	48,44	86,42
S4	-	0,7	91,22	48,44	86,71
F4	1,0	-	97,31	108,59	89,01
G3	-	0,7	91,22	48,44	88,04
G3	-	0,7	91,22	48,44	88,14
F8	1,0	-	97,31	108,59	90,76

$$R_{su} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot \pi \cdot 0,60 \cdot (0,2 \cdot (-554,23) + 1,4 \cdot 24,92 + 1,2 \cdot 67,70 + 0,3 \cdot 75,22 + 0,5 \cdot 77,86 + 1,1 \cdot 81,61 + 0,4 \cdot 84,01 + 0,4 \cdot 85,02 + 0,4 \cdot 86,12 + 0,3 \cdot 86,42 + 0,5 \cdot 86,71 + 2,3 \cdot 89,01 + 0,3 \cdot 88,04 + 0,3 \cdot 88,14 + 0,7 \cdot 90,76) = 856,334 \text{ kN}$$

Príspevok päty pilóty:

$$R_{pu} = \beta \cdot R_y \cdot s_{25}/s_y \quad (4-14)$$

$$R_y = R_{su}/(1 - \beta) \quad (4-15)$$

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

$$q_0 = e - f/(L/d_0) \quad (4-17)$$

$$q_0 = 987,60 - 1084,26/(10,3/0,6) = 924,44 \text{ kPa}$$

$$q_s = \sum_{i=1}^n q_{si} d_i \cdot h_i / \sum_{i=1}^n d_i \cdot h_i \quad (4-18)$$

$$q_s = 648,999/10,3 = 63,01 \text{ kPa}$$

$$\beta = 924,44/(924,44 + 4 \cdot 63,01 \cdot 10,3/0,60) = 0,176$$

$$R_y = 856,334/(1 - 0,176) = 1039,24 \text{ kN}$$

$$s_y = I \cdot R_y / (d \cdot E_s) \quad (4-19)$$

$$I = I_1 \cdot R_k \quad (4-20)$$

$$I_1 = 0,11$$

$$R_k = 1,09 \text{ (K = 2306,4)}$$

$$I = 0,11 \cdot 1,09 = 0,12$$

$$E_s = \sum_{i=1}^n E_{si} \cdot h_i / \sum_{i=1}^n h_i \quad (4-21)$$

$$E_{s1} = 5,57 \text{ (h = 0,2 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s2} = 12,61 \text{ (h = 1,4 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s3} = 11,44 \text{ (h = 1,2 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s4} = 6,16 \text{ (h = 0,3 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s5} = 7,33 \text{ (h = 0,5 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s6} = 10,85 \text{ (h = 1,1 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s7} = 6,75 \text{ (h = 0,4 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s8} = 6,75 \text{ (h = 0,4 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s9} = 8,93 \text{ (h = 0,4 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s10} = 8,50 \text{ (h = 0,3 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s11} = 9,37 \text{ (h = 0,5 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s12} = 17,89 \text{ (h = 2,3 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s13} = 8,50 \text{ (h = 0,3 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s14} = 8,50 \text{ (h = 0,3 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s15} = 8,51 \text{ (h = 0,7 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_s = (0,2 \cdot 5,57 + 1,4 \cdot 12,61 + 1,2 \cdot 11,44 + 0,3 \cdot 6,16 + 0,5 \cdot 7,33 + 1,1 \cdot 10,85 + 0,4 \cdot 6,75 + 0,4 \cdot 6,75 + 0,4 \cdot 8,93 + 0,3 \cdot 8,50 + 0,5 \cdot 9,37 + 2,3 \cdot 17,89 + 0,3 \cdot 8,50 + 0,3 \cdot 8,50 + 0,7 \cdot 8,51)/10,3 = 11,49 \text{ MPa}$$

$$K = (E_b/E_s) = 26\,500/11,49 = 2306,4 \quad (4-22)$$

$$s_y = 0,12 \cdot 1039,24 / (0,60 \cdot 11,49) = 18,09 \text{ mm}$$

$$R_{pu} = 0,176 \cdot 1039,24 \cdot 25/18,09 = 252,773 \text{ kN}$$

Medzná únosnosť pilóty pre $s=25\text{mm}$:

$$R_{bu} = 856,334 + 252,773 = 1109,107 \text{ kN}$$

Medzná zaťažovacia krivka:

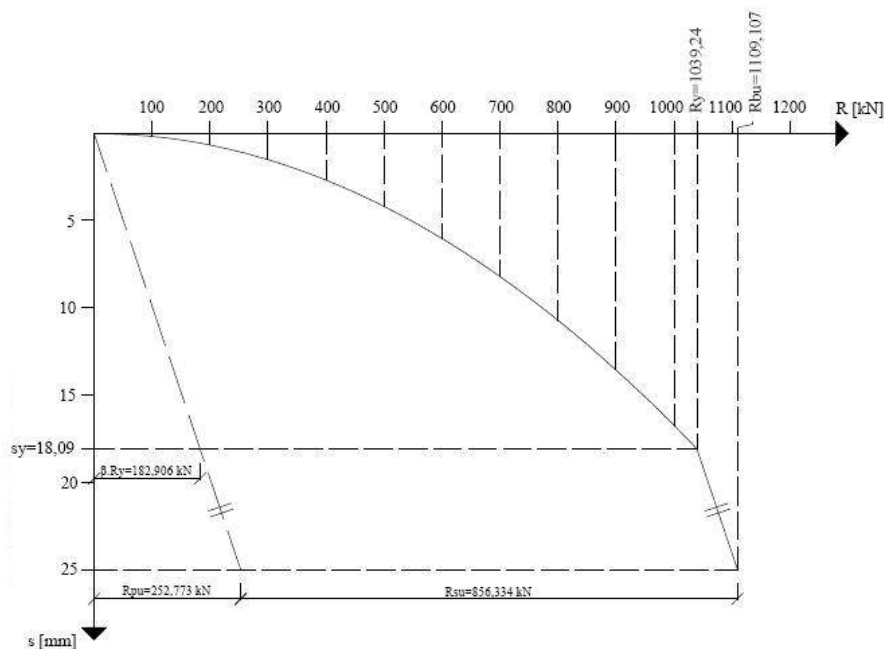
Parabolická vetva popísaná rovnicou $s = s_y \cdot (R/R_y)^2$ pre hodnoty $0 \leq R \leq R_y$.

Tab. 4-4: Hodnoty sadania

R_j [kN]	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
s_i [mm]	0,17	0,67	1,51	2,68	4,19	6,03	8,21	10,72	13,57	16,75

Lineárna vetva s rovnicou $s = s_y + ((s_{25} - s_y)/(R_{bu} - R_y)) \cdot (R - R_y)$ pre hodnoty $R_y \leq R \leq R_{bu}$.

$$s = 18,09 + 0,09890 \cdot (R - 1039,24)$$



Obr. 4-4: Medzná zaťažovacia krivka pilóty [autor]

4.3.2 Výpočet pilóty Ø 900 mm

Vstupné parametre:

Pilóta o priemeru 0,90 m a dĺžky 11,00 m je posúdená na medzný stav únosnosti a medzný stav použiteľnosti podľa ČSN EN 1997 (Eurokód 7), bol použitý návrhový prístup 2 (NP2).

Charakteristické hodnoty zaťaženia boli prevzaté od firmy KELLER-speciální zakládání, spol. s r.o. a pre tuto pilótu zaťaženie činí 1100 - 2400 kN.

4.3.2.1 Posúdenie na medzný stav únosnosti:

$$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} \geq V_d \quad (4-1)$$

U_{vd} – zvislá návrhová únosnosť

U_{bd} – návrhová únosnosť päty pilóty

U_{fd} – návrhová únosnosť na plášti pilóty

V_d – zvislá zložka návrhového zaťaženia pôsobiaceho v hlave pilóty

1. Návrhová únosnosť päty:

$$U_{bd} = k_1 \cdot A_s \cdot R_d / \gamma_b \quad (4-2)$$

$$\gamma_b = 1,1$$

$$k_1 = 1,15 \text{ (} L = 11,0 \text{ m)}$$

$$A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,9^2 / 4 = 0,636 \text{ m}^2$$

$$R_d = 1,2 \cdot c_d \cdot N_{cd} + (1 + \sin\varphi) \cdot \gamma_1 \cdot L \cdot N_{dd} + 0,7 \cdot \gamma_2 \cdot d / 2 \cdot N_{bd} \quad (4-3)$$

$$\varphi_k = \varphi_d = 19^\circ \text{ (} \gamma_M = 1,0 \text{), } c_d = c_k = 22 \text{ kPa}$$

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

$$N_{dd} = \exp(\pi \cdot \operatorname{tg}19) \cdot \operatorname{tg}^2(45 + 19/2) = 5,798$$

$$N_{cd} = (N_{dd} - 1) \cdot \operatorname{cotg}\varphi_d \quad (4-5)$$

$$N_{cd} = (5,798 - 1) \cdot \operatorname{cotg}19 = 13,934$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (N_{dd} - 1) \cdot \operatorname{tg}\varphi_d \quad (4-6)$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (5,798 - 1) \cdot \operatorname{tg}19 = 2,478$$

$$\gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot \gamma_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (4-7)$$

$$\gamma_1 = (5,5 \cdot 21,0 + 1,2 \cdot 19,0 + 2,3 \cdot 18,5 + 0,3 \cdot 19,0 + 0,3 \cdot 10,0 + 1,4 \cdot 20,5) / 11,0 = 19,84 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = 20,5 \text{ kN/m}^3$$

$$R_d = 1,2 \cdot 22 \cdot 13,934 + (1 + \sin 19) \cdot 19,84 \cdot 11,0 \cdot 5,798 + 0,7 \cdot 20,5 \cdot 0,9 / 2 \cdot 2,478 = 2061,174 \text{ kPa}$$

$$U_{bd} = 1,15 \cdot 0,636 \cdot 2061,174 / 1,1 = 1370,493 \text{ kN}$$

2. Návrhová únosnosť plášte:

$$U_{fd} = \pi \cdot \sum d_i \cdot h_i \cdot f_{si} / \gamma_s \quad (4-8)$$

$$\gamma_s = 1,1$$

$$f_{si} = \sigma_{xi} \cdot \operatorname{tg}(\varphi_d / \gamma_{r1}) + c_d / \gamma_{r2} \quad (4-9)$$

$$\sigma_{xi} = k_2 \cdot \sigma_{ori} \quad (4-10)$$

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

$$k_2 = 1,2 \text{ (} z > 10,0 \text{ m)}$$

$\gamma_{r1} = 1,2$ (betonáž pilóty do vrtu bez výpažnice po vyčerpaní vody; betonáž do vrtu chráneného oceľovou výpažnicou pri oddelenej betonáži)

$$\gamma_{r2} = 1,1 \text{ (} 2,0 < z \leq 3,0 \text{ m)}$$

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

Geostatické, kontaktné napätie a trenie na plášti:

hlbka 0,00 – 5,50 m:

$$\sigma_{or1} = 2,75 \cdot 21,0 = 57,75 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x1} = 1,0 \cdot 57,75 = 57,75 \text{ kPa}$$

$$f_{s1} = 57,75 \cdot \operatorname{tg}15 + 12,73 = 28,20 \text{ kPa}$$

hĺbka 5,50 – 6,70 m:

$$\sigma_{or2} = 5,5 \cdot 21,0 + 0,6 \cdot 19,0 = 126,9 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x2} = 1,0 \cdot 126,9 = 126,9 \text{ kPa}$$

$$f_{s2} = 126,9 \cdot \operatorname{tg}26,67 + 8 = 71,73 \text{ kPa}$$

hĺbka 6,70 – 9,00 m:

$$\sigma_{or3} = 5,5 \cdot 21,0 + 1,2 \cdot 19,0 + 1,15 \cdot 18,5 = 159,58 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x3} = 1,0 \cdot 159,58 = 159,58 \text{ kPa}$$

$$f_{s3} = 159,58 \cdot \operatorname{tg}19,17 + 16 = 71,47 \text{ kPa}$$

hĺbka 9,00 – 9,30 m:

$$\sigma_{or4} = 5,5 \cdot 21,0 + 1,2 \cdot 19,0 + 2,3 \cdot 18,5 + 0,15 \cdot 19,0 = 183,70 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x4} = 1,0 \cdot 183,70 = 183,70 \text{ kPa}$$

$$f_{s4} = 183,70 \cdot \operatorname{tg}29,17 = 102,53 \text{ kPa}$$

hĺbka 9,30 – 9,60 m:

$$\sigma_{or5} = 5,5 \cdot 21,0 + 1,2 \cdot 19,0 + 2,3 \cdot 18,5 + 0,3 \cdot 19,0 + 0,15 \cdot 10,0 = 188,05 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x5} = 1,0 \cdot 188,05 = 188,05 \text{ kPa}$$

$$f_{s5} = 188,05 \cdot \operatorname{tg}29,17 = 104,95 \text{ kPa}$$

hĺbka 9,60 – 11,00 m:

$$\sigma_{or6} = 5,5 \cdot 21,0 + 1,2 \cdot 19,0 + 2,3 \cdot 18,5 + 0,3 \cdot 19,0 + 0,3 \cdot 20,0 + 0,7 \cdot 20,5 = 206,90 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x6} = 1,2 \cdot 206,90 = 248,28 \text{ kPa}$$

$$f_{s6} = 248,28 \cdot \operatorname{tg}15,83 + 22 = 92,41 \text{ kPa}$$

$$U_{fd} = \pi \cdot 0,9 \cdot (5,5 \cdot 28,20 + 1,2 \cdot 71,73 + 2,3 \cdot 71,47 + 0,3 \cdot 102,53 + 0,3 \cdot 104,95 + 1,4 \cdot 92,41) / 1,1 = 1534,744 \text{ kN}$$

$$\text{Návrhová únosnosť pilóty: } U_{vd} = 1370,493 + 1534,744 = 2905,237 \text{ kN}$$

4.3.2.2 Posúdenie na medzný stav použiteľnosti

$$R_{bu} = R_{su} + R_{pu} \quad (4-11)$$

R_{bu} – medzná únosnosť

R_{su} – medzná únosnosť na plášti pilóty

R_{pu} – medzná únosnosť päty pilóty

$$\text{Medzná únosnosť na plášti pilóty: } R_{su} = 0,7 \cdot m_2 \cdot \pi \sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si} \quad (4-12)$$

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

$$q_{si} = a - b / (D_i / d_i) \quad (4-13)$$

Tab. 4-5: Regresné koeficienty a medzné plášťové trenie i-tej vrstvy [1]

zemina	I _C	I _D	a	b	q _{si}
F6	1,0	-	97,31	108,59	61,77
G4	-	0,7	91,22	48,44	84,07
F4	1,0	-	97,31	108,59	84,86
G3	-	0,7	91,22	48,44	86,46
G3	-	0,7	91,22	48,44	86,61
F8	1,0	-	97,31	108,59	87,82

$$R_{su} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot \pi \cdot 0,90 \cdot (5,5 \cdot 61,77 + 1,2 \cdot 84,07 + 2,3 \cdot 84,86 + 0,3 \cdot 86,46 + 0,3 \cdot 86,61 + 1,4 \cdot 87,82) = 1604,473 \text{ kN}$$

Príspevok päty pilóty:

$$R_{pu} = \beta \cdot R_y \cdot s_{25}/s_y \quad (4-14)$$

$$R_y = R_{su}/(1 - \beta) \quad (4-15)$$

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

$$q_0 = e - f/(L/d_0) \quad (4-17)$$

$$q_0 = 987,60 - 1084,26/(11,0/0,9) = 898,89 \text{ kPa}$$

$$q_s = \sum_{i=1}^n q_{si} d_i \cdot h_i / \sum_{i=1}^n d_i \cdot h_i \quad (4-18)$$

$$q_s = 810,666/11,0 = 73,70 \text{ kPa}$$

$$\beta = 898,89/(898,89 + 4 \cdot 73,70 \cdot 11,0/0,90) = 0,1997$$

$$R_y = 1604,473/(1 - 0,1997) = 2004,84 \text{ kN}$$

$$s_y = I \cdot R_y/(d \cdot E_s) \quad (4-19)$$

$$I = I_1 \cdot R_k \quad (4-20)$$

$$I_1 = 0,13$$

$$R_k = 1,12 \text{ (K = 1017,3)}$$

$$I = 0,13 \cdot 1,12 = 0,146$$

$$E_s = \sum_{i=1}^n E_{si} \cdot h_i / \sum_{i=1}^n h_i \quad (4-21)$$

$$E_{s1} = 35,87 \text{ (h = 5,5 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s2} = 15,28 \text{ (h = 1,5 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s3} = 18,72 \text{ (h = 2,3 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s4} = 15,28 \text{ (h = 1,5 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s5} = 15,28 \text{ (h = 1,5 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s6} = 13,35 \text{ (h = 1,5 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_s = (5,5 \cdot 35,87 + 1,2 \cdot 15,28 + 2,3 \cdot 18,72 + 0,3 \cdot 15,28 + 0,3 \cdot 15,28 + 1,4 \cdot 13,35)/11,0 = 26,05 \text{ MPa}$$

$$K = (E_b/E_s) = 26\,500/26,05 = 1017,3 \quad (4-22)$$

$$s_y = 0,146 \cdot 2004,84/(0,90 \cdot 26,05) = 12,49 \text{ mm}$$

$$R_{pu} = 0,1997 \cdot 2004,84 \cdot 25/12,49 = 801,374 \text{ kN}$$

Medzná únosnosť pilóty pre s=25mm:

$$R_{bu} = 1604,473 + 801,374 = 2405,847 \text{ kN}$$

Medzná zaťažovacia krivka:

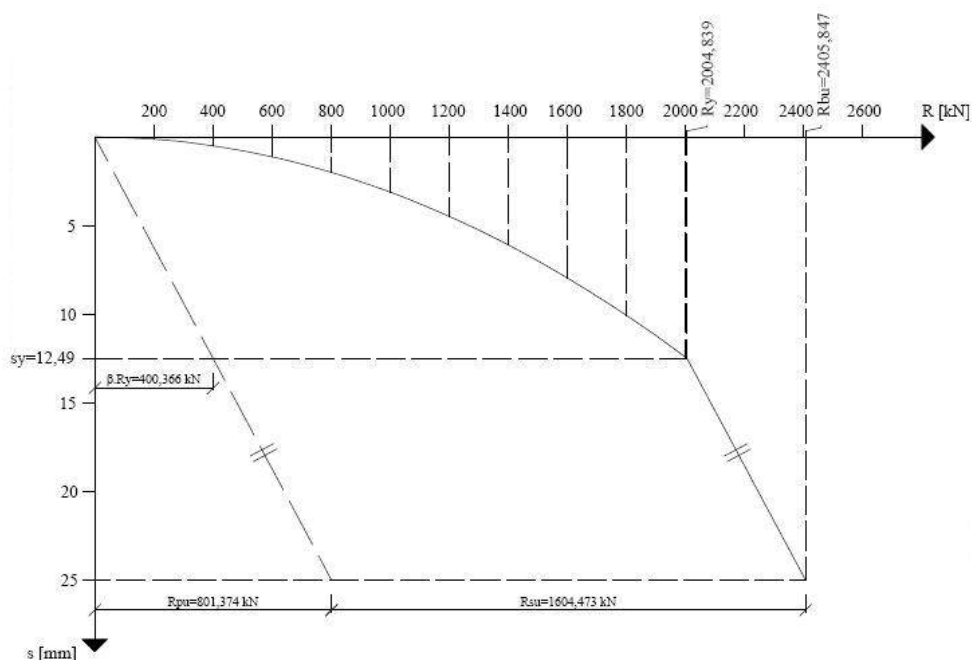
Parabolická vetva popísaná rovnicou $s = s_y \cdot (R/R_y)^2$ pre hodnoty $0 \leq R \leq R_y$.

Tab. 4-6: Hodnoty sadania

R_j [kN]	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
s_i [mm]	0,12	0,50	1,12	1,99	3,11	4,48	6,09	7,96	10,07	12,43

Lineárna vetva s rovnicou $s = s_y + ((s_{25} - s_y)/(R_{bu} - R_y)) \cdot (R - R_y)$ pre hodnoty $R_y \leq R \leq R_{bu}$.

$$s = 12,49 + 0,03120 \cdot (R - 2004,839)$$



Obr. 4-5: Medzná zaťažovacia krivka pilóty [autor]

4.3.3 Výpočet pilóty \varnothing 1200 mm

Vstupné parametre:

Pilóta o priemeru 1,20 m a dĺžky 11,50 m je posúdená na medzný stav únosnosti a medzný stav použiteľnosti podľa ČSN EN 1997 (Eurokód 7), bol použitý návrhový prístup 2 (NP2).

Charakteristické hodnoty zaťaženia boli prevzaté od firmy KELLER-speciální zakládání, spol. s r.o. a pre tuto pilótu zaťaženie činí 2400 - 3150 kN.

4.3.3.1 Posúdenie na medzný stav únosnosti:

$$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} \geq V_d \quad (4-1)$$

U_{vd} – zvislá návrhová únosnosť

U_{bd} – návrhová únosnosť päty pilóty

U_{fd} – návrhová únosnosť na plášti pilóty

V_d – zvislá zložka návrhového zaťaženia pôsobiaceho v hlave pilóty

1. Návrhová únosnosť päty:

$$U_{bd} = k_1 \cdot A_s \cdot R_d / \gamma_b \quad (4-2)$$

$$\gamma_b = 1,1$$

$$k_1 = 1,15 \text{ (L = 11,5 m)}$$

$$A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 1,2^2 / 4 = 1,131 \text{ m}^2$$

$$R_d = 1,2 \cdot c_d \cdot N_{cd} + (1 + \sin\varphi) \cdot \gamma_1 \cdot L \cdot N_{dd} + 0,7 \cdot \gamma_2 \cdot d/2 \cdot N_{bd} \quad (4-3)$$

$$\varphi_k = \varphi_d = 19^\circ \text{ (}\gamma_M = 1,0\text{)}, c_d = c_k = 22 \text{ kPa}$$

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

$$N_{dd} = \exp(\pi \cdot \operatorname{tg}19) \cdot \operatorname{tg}^2(45 + 19/2) = 5,798$$

$$N_{cd} = (N_{dd} - 1) \cdot \operatorname{cotg}\varphi_d \quad (4-5)$$

$$N_{cd} = (5,798 - 1) \cdot \operatorname{cotg}19 = 13,934$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (N_{dd} - 1) \cdot \operatorname{tg}\varphi_d \quad (4-6)$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (5,798 - 1) \cdot \operatorname{tg}19 = 2,478$$

$$\gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot \gamma_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (4-7)$$

$$\gamma_1 = (5,5 \cdot 21,0 + 1,2 \cdot 19,0 + 2,3 \cdot 18,5 + 0,3 \cdot 19,0 + 0,3 \cdot 10,0 + 1,9 \cdot 20,5) / 11,5 = 19,87 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = 20,5 \text{ kN/m}^3$$

$$R_d = 1,2 \cdot 22 \cdot 13,934 + (1 + \sin 19) \cdot 19,87 \cdot 11,5 \cdot 5,798 + 0,7 \cdot 20,5 \cdot 1,2/2 \cdot 2,478 = 2145,401 \text{ kPa}$$

$$U_{bd} = 1,15 \cdot 1,131 \cdot 2145,401 / 1,1 = 2536,742 \text{ kN}$$

2. Návrhová únosnosť plášt'a:

$$U_{fd} = \pi \cdot \sum d_i \cdot h_i \cdot f_{si} / \gamma_s \quad (4-7)$$

$$\gamma_s = 1,1$$

$$f_{si} = \sigma_{xi} \cdot \operatorname{tg}(\varphi_d / \gamma_{r1}) + c_d / \gamma_{r2} \quad (4-8)$$

$$\sigma_{xi} = k_2 \cdot \sigma_{ori} \quad (4-9)$$

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

$$k_2 = 1,2 \text{ (z} > 10,0 \text{ m)}$$

$\gamma_{r1} = 1,2$ (betonáž pilóty do vrtu bez výpažnice po vyčerpání vody; betonáž do vrtu chráneného oceľovou výpažnicou pri oddelenej betonáži)

$\gamma_{r2} = 1,1$ ($2,0 < z \leq 3,0$ m)

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

Geostatické, kontaktné napätie a trenie na plášti:

hĺbka 0,00 – 5,50 m:	$\sigma_{or1} = 2,75 \cdot 21,0 = 57,75 \text{ kPa}$ $\sigma_{x1} = 1,0 \cdot 57,75 = 57,75 \text{ kPa}$ $f_{s1} = 57,75 \cdot \text{tg}15 + 12,73 = 28,20 \text{ kPa}$
hĺbka 5,50 – 6,70 m:	$\sigma_{or2} = 5,5 \cdot 21,0 + 0,6 \cdot 19,0 = 126,9 \text{ kPa}$ $\sigma_{x2} = 1,0 \cdot 126,9 = 126,9 \text{ kPa}$ $f_{s2} = 126,9 \cdot \text{tg}26,67 + 8 = 71,73 \text{ kPa}$
hĺbka 6,70 – 9,00 m:	$\sigma_{or3} = 5,5 \cdot 21,0 + 1,2 \cdot 19,0 + 1,15 \cdot 18,5 = 159,58 \text{ kPa}$ $\sigma_{x3} = 1,0 \cdot 159,58 = 159,58 \text{ kPa}$ $f_{s3} = 159,58 \cdot \text{tg}19,17 + 16 = 71,47 \text{ kPa}$
hĺbka 9,00 – 9,30 m:	$\sigma_{or4} = 5,5 \cdot 21,0 + 1,2 \cdot 19,0 + 2,3 \cdot 18,5 + 0,15 \cdot 19,0 = 183,70 \text{ kPa}$ $\sigma_{x4} = 1,0 \cdot 183,70 = 183,70 \text{ kPa}$ $f_{s4} = 183,70 \cdot \text{tg}29,17 = 102,53 \text{ kPa}$
hĺbka 9,30 – 9,60 m:	$\sigma_{or5} = 5,5 \cdot 21,0 + 1,2 \cdot 19,0 + 2,3 \cdot 18,5 + 0,3 \cdot 19,0 + 0,15 \cdot 10,0 = 188,05 \text{ kPa}$ $\sigma_{x5} = 1,0 \cdot 188,05 = 188,05 \text{ kPa}$ $f_{s5} = 188,05 \cdot \text{tg}29,17 = 104,95 \text{ kPa}$
hĺbka 9,60 – 11,50 m:	$\sigma_{or6} = 5,5 \cdot 21,0 + 1,2 \cdot 19,0 + 2,3 \cdot 18,5 + 0,3 \cdot 19,0 + 0,3 \cdot 20,0 + 0,95 \cdot 20,5 = 212,03 \text{ kPa}$ $\sigma_{x6} = 1,2 \cdot 212,03 = 254,43 \text{ kPa}$ $f_{s6} = 254,43 \cdot \text{tg}15,83 + 22 = 94,16 \text{ kPa}$

$$U_{fd} = \pi \cdot 1,2 \cdot (5,5 \cdot 28,20 + 1,2 \cdot 71,73 + 2,3 \cdot 71,47 + 0,3 \cdot 102,53 + 0,3 \cdot 104,95 + 1,9 \cdot 94,16) / 1,1 = 2216,404 \text{ kN}$$

$$\text{Návrhová únosnosť pilóty: } U_{vd} = 2536,742 + 2216,404 = 4753,146 \text{ kN}$$

4.3.3.2 Posúdenie na medzný stav použiteľnosti

$$R_{bu} = R_{su} + R_{pu} \quad (4-11)$$

R_{bu} – medzná únosnosť

R_{su} – medzná únosnosť na plášti pilóty

R_{pu} – medzná únosnosť päty pilóty

$$\text{Medzná únosnosť na plášti pilóty: } R_{su} = 0,7 \cdot m_2 \cdot \pi \sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si} \quad (4-12)$$

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

$$q_{si} = a - b/(D_i/d_i) \quad (4-13)$$

Tab. 4-7: Regresné koeficienty a medzné plášťové trenie i-tej vrstvy [1]

zemina	I _C	I _D	a	b	q _{si}
F6	1,0	-	97,31	108,59	49,93
G4	-	0,7	91,22	48,44	81,69
F4	1,0	-	97,31	108,59	80,71
G3	-	0,7	91,22	48,44	84,87
G3	-	0,7	91,22	48,44	85,07
F8	1,0	-	97,31	108,59	84,96

$$R_{su} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot \pi \cdot 1,20 \cdot (5,5 \cdot 49,93 + 1,2 \cdot 81,69 + 2,3 \cdot 80,71 + 0,3 \cdot 84,87 + 0,3 \cdot 85,07 + 1,9 \cdot 84,96) = 2033,782 \text{ kN}$$

Príspevok päty pilóty:

$$R_{pu} = \beta \cdot R_y \cdot s_{25}/s_y \quad (4-14)$$

$$R_y = R_{su}/(1 - \beta) \quad (4-15)$$

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

$$q_0 = e - f/(L/d_0) \quad (4-17)$$

$$q_0 = 987,60 - 1084,26/(11,5/1,2) = 874,46 \text{ kPa}$$

$$q_s = \sum_{i=1}^n q_{si} d_i \cdot h_i / \sum_{i=1}^n d_i \cdot h_i \quad (4-18)$$

$$q_s = 770,682/11,5 = 67,02 \text{ kPa}$$

$$\beta = 874,46/(874,46 + 4 \cdot 67,02 \cdot 11,5/1,20) = 0,254$$

$$R_y = 2033,782/(1 - 0,254) = 2726,249 \text{ kN}$$

$$s_y = I \cdot R_y/(d \cdot E_s) \quad (4-19)$$

$$I = I_1 \cdot R_k \quad (4-20)$$

$$I_1 = 0,15$$

$$R_k = 1,2 \text{ (K = 988,8)}$$

$$I = 0,15 \cdot 1,2 = 0,18$$

$$E_s = \sum_{i=1}^n E_{si} \cdot h_i / \sum_{i=1}^n h_i \quad (4-21)$$

$$E_{s1} = 37,70 \text{ (h = 5,5 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s2} = 15,60 \text{ (h = 1,5 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s3} = 18,60 \text{ (h = 2,3 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_{s4} = 15,60 \text{ (h = 1,5 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s5} = 15,60 \text{ (h = 1,5 m; } I_D = 0,7)$$

$$E_{s6} = 15,78 \text{ (h = 1,9 m; } I_C = 1,0)$$

$$E_s = (5,5 \cdot 37,70 + 1,2 \cdot 15,60 + 2,3 \cdot 18,60 + 0,3 \cdot 15,60 + 0,3 \cdot 15,60 + 1,9 \cdot 15,78)/11,5 = 26,80 \text{ MPa}$$

$$K = (E_b/E_s) = 26\,500/26,80 = 988,8 \quad (4-22)$$

$$s_y = 0,180 \cdot 2726,249 / (1,20 \cdot 26,80) = 15,26 \text{ mm}$$

$$R_{pu} = 0,254 \cdot 2726,249 \cdot 25 / 15,26 = 1134,448 \text{ kN}$$

Medzná únosnosť pilóty pre $s=25\text{mm}$:

$$R_{bu} = 2033,782 + 1134,448 = 3168,230 \text{ kN}$$

Medzná zaťažovacia krivka:

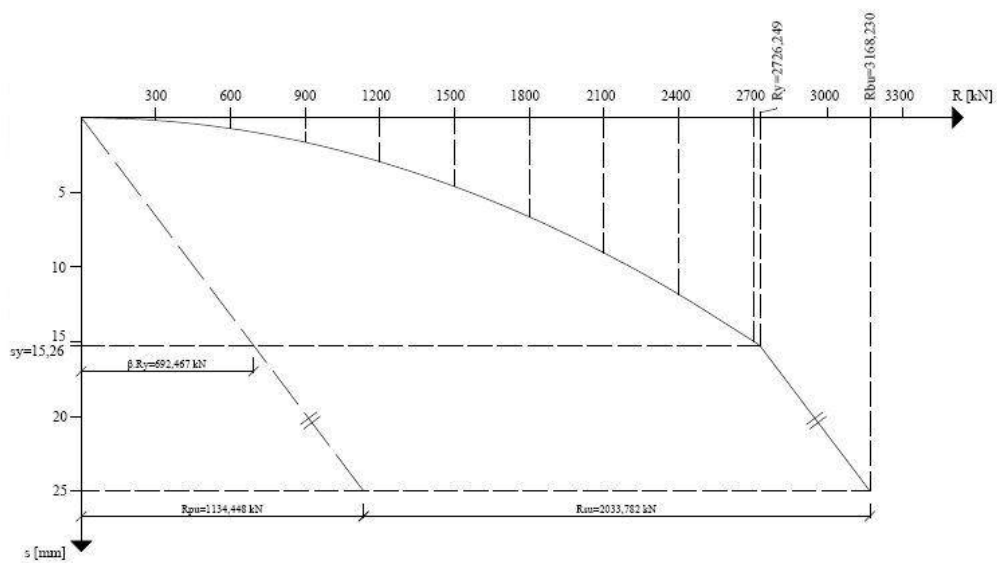
Parabolická vetva popísaná rovnicou $s = s_y \cdot (R/R_y)^2$ pre hodnoty $0 \leq R \leq R_y$.

Tab. 4-8: Hodnoty sadania

R_i [kN]	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700
s_i [mm]	0,19	0,74	1,66	2,96	4,62	6,65	9,06	11,83	14,97

Lineárna vetva s rovnicou $s = s_y + ((s_{25} - s_y) / (R_{bu} - R_y)) \cdot (R - R_y)$ pre hodnoty $R_y \leq R \leq R_{bu}$.

$$s = 15,26 + 0,02204 \cdot (R - 2726,249)$$



Obr. 4-6: Medzná zaťažovacia krivka pilóty [autor]

4.3.4 Technologický postup:

Vrt pilóty bude vyhotovený špirálovým vrtákom s priemerom vrtného náradia 570 mm (pilóty Ø 600 mm), 920 mm (pilóty Ø 900 mm) a 1070 mm (pilóty Ø 1200 mm). S postupom vrtania bude vrt zároveň zapažovaný pomocou spojovateľných oceľových pažníc o vonkajšieho priemeru 630 mm, 1020 mm a 1220 mm. K zavrtávaniu a následnému vyťahovaniu pažníc bude použitá vrtná súprava s dostatočným krútiacim momentom. Pred inštaláciou armokoša a následnou betonážou je nutné zistiť, či sa vo vrtu nachádza podzemná voda. Pokiaľ sa voda vo vrtu nevyskytuje, vykoná sa betonáž pomocou betonážnej rúry (usmerňovacia) s násypkou, umiestnené zvisle v stredu vrtu, aby prúd betónu nenarážal na výstuž pilóty. Pri výskytu podzemnej vody sa betonáž vykoná pomocou metódy Contractor. U tejto metódy sa betonáž vykoná pomocou sypákovej rúry, ktorá zabraňuje rozmiešovaniu a znečisťovaniu betónu kvapalinou.

Pilóta Ø 600 mm je navrhnutá ako železobetónová o dĺžke 10,3 m je vystužená armokošom z 10 profilov R14 z oceli B500. Prierezová plocha výstuže A_s musí byť väčšia ako 0,5% plochy prierezu (A_c). Plocha výstuže $A_s = 1539 \text{ mm}^2$, 0,5% $A_c = 0,283 \text{ m}^2$. Armokoše budú zvarané montážnymi kruhmi profilu R12 približne 1,5 m od seba. Priečnu výstuž bude tvoriť špirála priemeru 6 mm so stúpaním po 200 mm. Minimálne krytie výstuže je uvažované 90 mm.

Pilóta Ø 900 mm je navrhnutá ako železobetónová o dĺžke 11,0 m je vystužená armokošom z 10 profilov R18 z oceli B500. Prierezová plocha výstuže A_s musí byť väčšia ako $0,0025 \text{ m}^2$. Plocha výstuže $A_s = 2545 \text{ mm}^2$. Armokoše budú zvarané montážnymi kruhmi profilu R12 približne 1,5 m od seba. Priečnu výstuž bude tvoriť špirála priemeru 6 mm so stúpaním po 200 mm. Minimálne krytie výstuže je uvažované 100 mm.

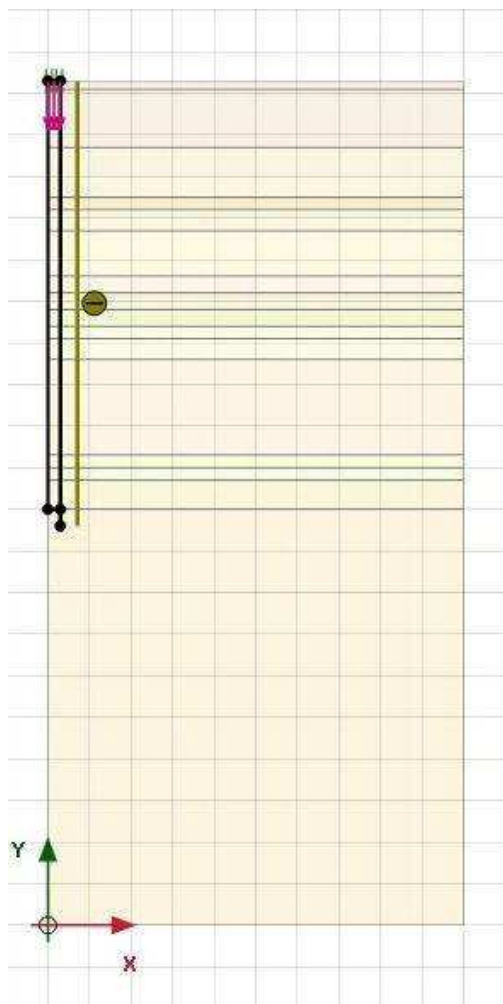
Pilóta Ø 1200 mm je navrhnutá ako železobetónová o dĺžke 11,5 m je vystužená armokošom z 12 profilov R18 z oceli B500. Prierezová plocha výstuže A_s musí byť väčšia ako 0,25% plochy prierezu (A_c). Plocha výstuže $A_s = 3054 \text{ mm}^2$, 0,25% $A_c = 0,2827 \text{ m}^2$. Armokoše budú zvarané montážnymi kruhmi profilu R12 približne 1,5 m od

seba. Priečnu výstuž bude tvoriť špirála priemeru 6 mm so stúpaním po 200 mm. Minimálne krytie výstuže je uvažované 100 mm.

Betonáž pilóty bude vykonaná transportbetónom C25/30, ktorého zloženie zodpovedá *ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Spôsob betonáže závisí na výskytu pozemnej vody. Hlavu pilóty je treba prebetónovať, aby po následnom odpažení nepoklesla pod navrhnutú úroveň.

4.4 Výpočet pomocou programu PLAXIS

4.4.1 Výpočet pilóty $\varnothing 600$ mm pomocou programu PLAXIS



Obr. 4-7: Situácia pilóty a vrstiev

Výpočet medznej zaťažovacej krivky pilóty - výsledky:

Únosnosť odpovedajúca sadnutí 25 mm:

Medzná únosnosť na plášti pilóty

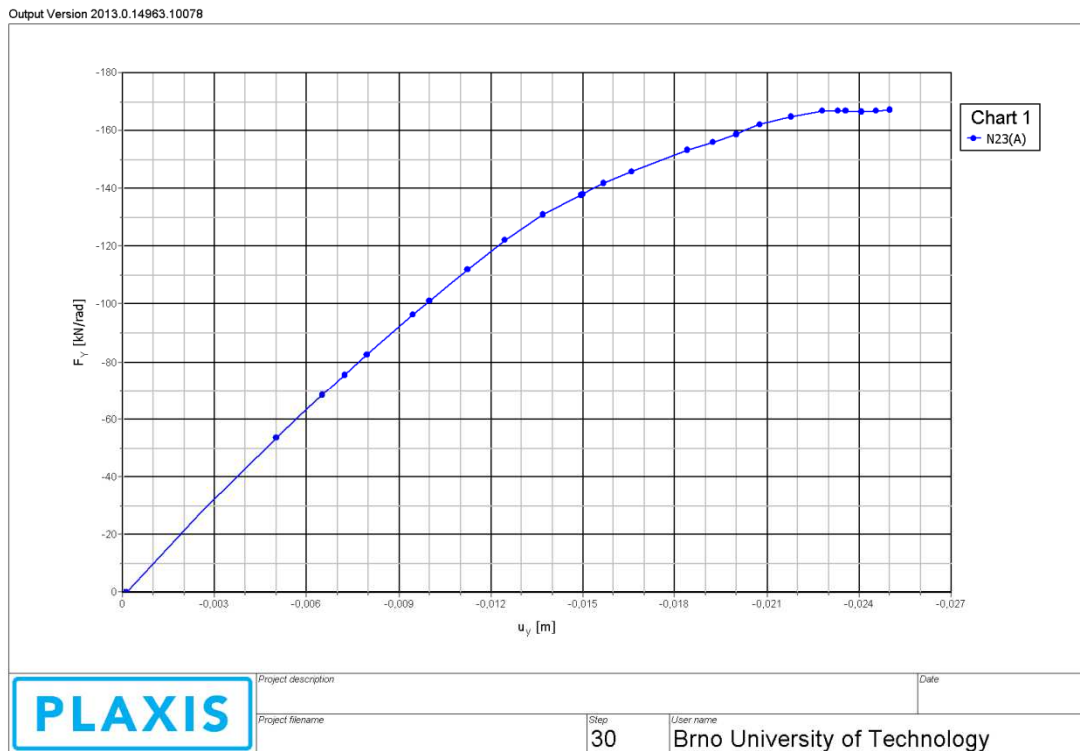
$$R_{su} = 781,743 \text{ kN}$$

Príspevok päty pilóty

$$R_{pu} = 268,479 \text{ kN}$$

Celková únosnosť pilóty

$$R_{bu} = 1050,222 \text{ kN}$$



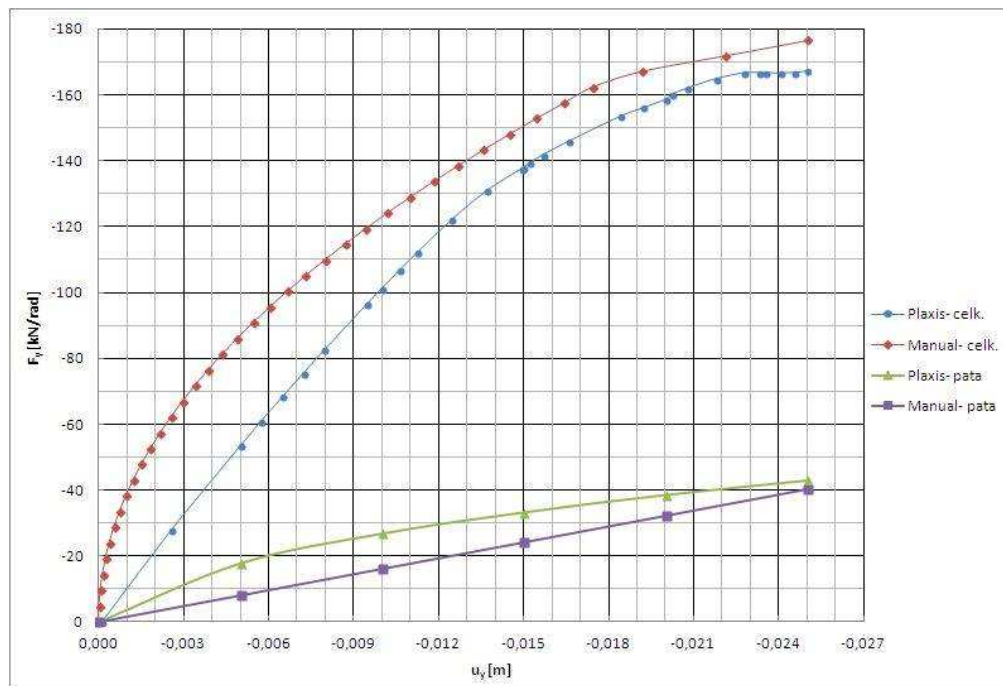
Obr. 4-8: Medzná zaťažovacia krivka z programu PLAXIS

4.4.1.1 Zhrnutie výsledkov

Pilóta o priemeru 600 mm, dĺžky 10,3 m. Výsledky posúdenia MSP (medzného stavu použiteľnosti), porovnanie výpočtu bez použitia softwaru s výpočtom pomocou programu PLAXIS.

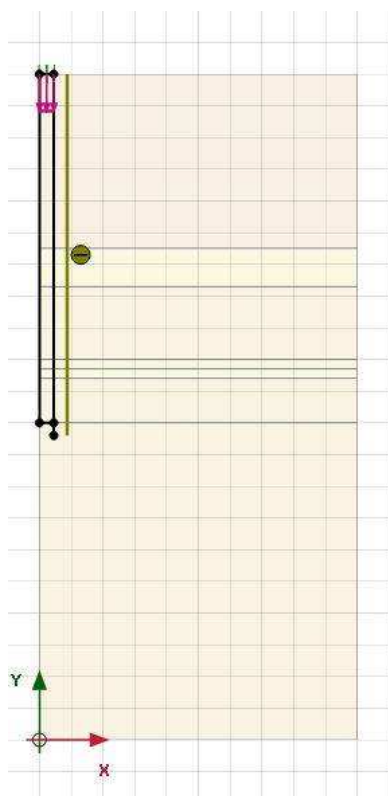
Tab. 4-9: Výsledky medzného stavu použiteľnosti

Pilóta		Výpočet bez použitia softwaru	Výpočet pomocou PLAXIS	Jednotky
Medzný stav použiteľnosti	R_{su}	856,334	781,743	kN
	R_{pu}	252,773	268,479	kN
	R_{bu}	1109,107	1050,222	kN



Obr. 4-9: Priebeh zaťažovacej krivky pre jednotlivé možnosti výpočtu

4.4.2 Výpočet pilóty $\varnothing 900$ mm pomocou programu PLAXIS



Obr. 4-10: Situácia pilóty a vrstiev

Výpočet medznej zaťažovacej krivky pilóty - výsledky:

Únosnosť odpovedajúca sadnutí 25 mm:

Medzná únosnosť na plášti pilóty

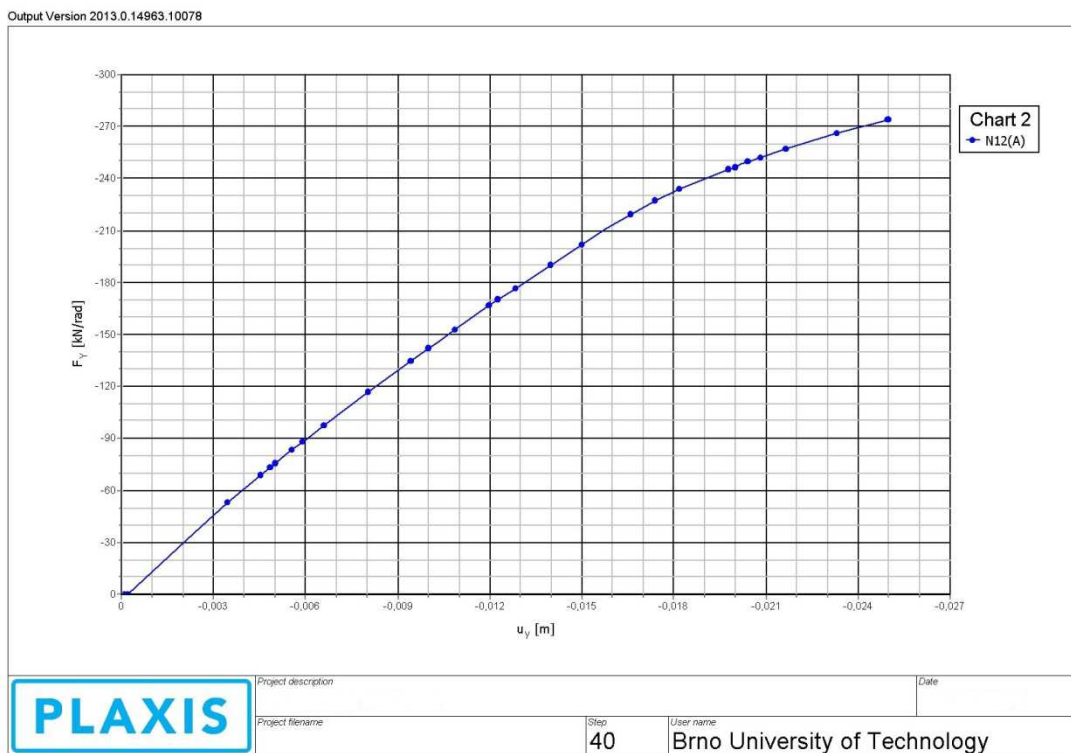
$R_{su} = 1230,791 \text{ kN}$

Príspevok päty pilóty

$R_{pu} = 490,871 \text{ kN}$

Celková únosnosť pilóty

$R_{bu} = 1721,662 \text{ kN}$



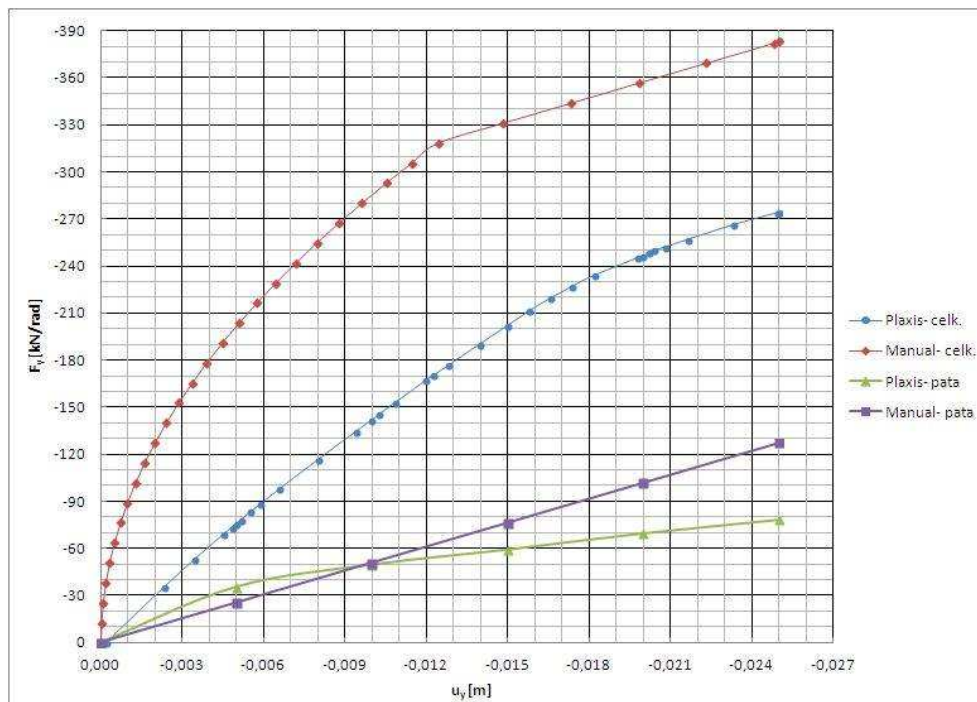
Obr. 4-11: Medzná zaťažovacia krivka z programu PLAXIS

4.4.2.1 Zhrnutie výsledkov

Pilóta o priemeru 900 mm, dĺžky 11,0 m. Výsledky posúdenia MSP, porovnanie výpočtu bez použitia softwaru s výpočtom pomocou programu PLAXIS.

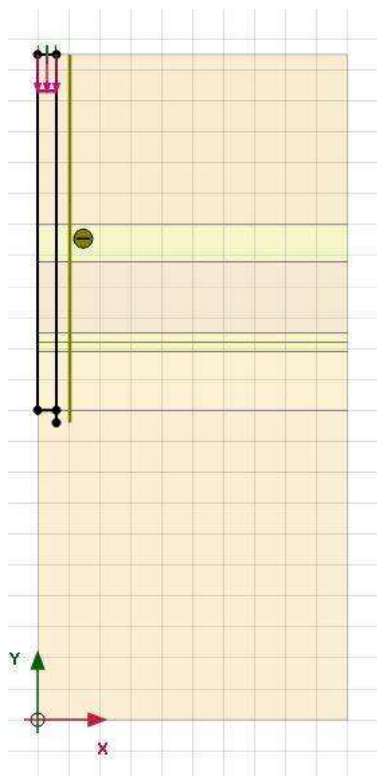
Tab. 4-10: Výsledky medzného stavu použiteľnosti

Pilóta		Výpočet bez použitia softwaru	Výpočet pomocou PLAXIS	Jednotky
Medzný stav použiteľnosti	R_{su}	1604,473	1230,791	kN
	R_{pu}	801,374	490,871	kN
	R_{bu}	2405,847	1721,662	kN



Obr. 4-12: Priebeh zaťažovacej krivky pre jednotlivé možnosti výpočtu

4.4.3 Výpočet pilóty Ø 1200 mm pomocou programu PLAXIS



Obr. 4-13: Situácia pilóty a vrstiev

Výpočet medznej zaťažovacej krivky pilóty - výsledky:

Únosnosť odpovedajúca sadnutí 25 mm:

Medzná únosnosť na plášti pilóty

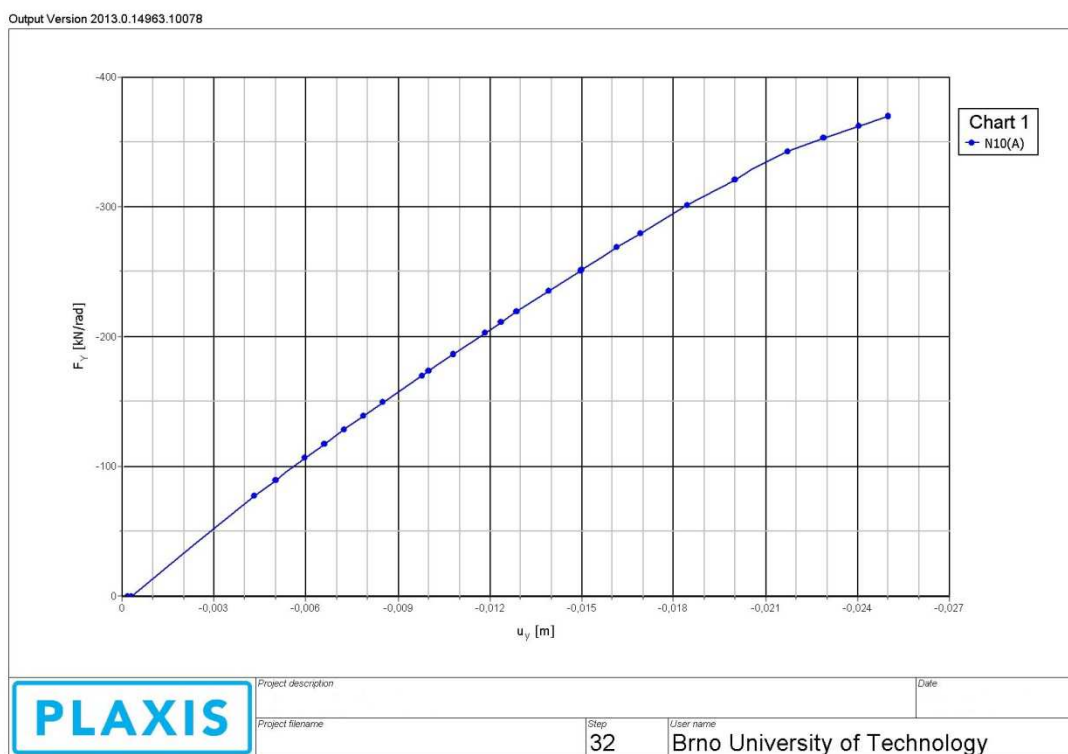
$$R_{su} = 1533,832 \text{ kN}$$

Príspevok päty pilóty

$$R_{pu} = 790,211 \text{ kN}$$

Celková únosnosť pilóty

$$R_{bu} = 2324,043 \text{ kN}$$



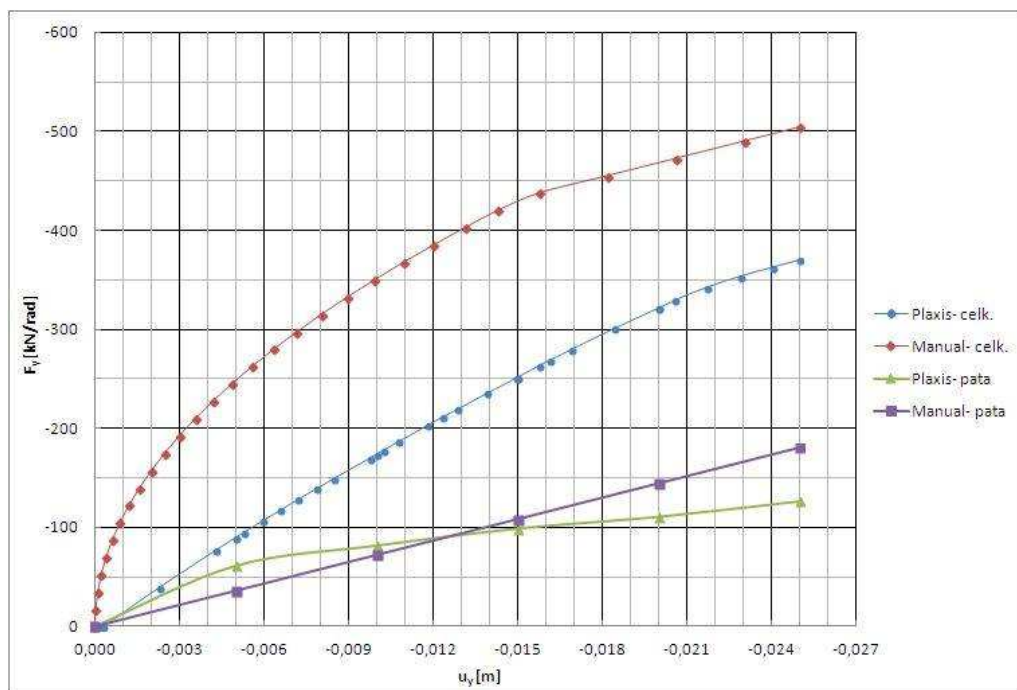
Obr. 4-14: Medzná zaťažovacia krivka z programu PLAXIS

4.4.3.1 Zhrnutie výsledkov

Pilóta o priemeru 1200 mm, dĺžky 11,5 m. Výsledky posúdenia MSP, porovnanie výpočtu bez použitia softwaru s výpočtom pomocou programu PLAXIS.

Tab. 4-11: Výsledky medzného stavu použiteľnosti

Pilóta		Výpočet bez použitia softwaru	Výpočet pomocou PLAXIS	Jednotky
Medzný stav použiteľnosti	R_{su}	2033,782	1533,832	kN
	R_{pu}	1134,448	790,211	kN
	R_{bu}	3168,230	2324,043	kN



Obr. 4-15: Priebeh zaťažovacej krivky pre jednotlivé možnosti výpočtu

5 ZÁVER

Hlavnou úlohou bakalárskej práce bolo zoznámenie sa s problematikou hĺbkového zakladania stavieb, a to predovšetkým pilotových základov. V teoretickej časti práce sú stručne popísané metódy plošného a hĺbkového zakladania, ktoré sú používané v dnešnej dobe pre zakladanie stavieb.

Po rešeršnom zhrnutí problematiky zakladania stavieb nasleduje praktická časť, ktorá sa zaoberá výpočtom konkrétneho pilótového založenia objektu. Jedná sa o založenie štvorpodlažného polyfunkčného domu v Brne, v katastrálnom území Pisárky, na križovatke ulíc Pisárecká a Antonína Procházku. Objekt má pôdorysné rozmery približne 37 x 20,5 m. Stavba je súčasťou už existujúceho areálu hotela.

Založenie bolo z dôvodu konštrukcie objektu (dve podzemné podlažia) a vzhľadom k zložitým geologickým pomerom lokality navrhnuté ako pilótové. Pre založenie boli navrhnuté pilóty o priemere 0,6 m a dĺžke 10,3 m, ďalej o priemere 0,9 m a dĺžke 11,0 m a priemere 1,2 m o dĺžke 11,5 m. Podľa ČSN EN 1997-1 sú geotechnické kategórie definované predovšetkým na základe miery rizika. V danom prípade ide o bežné riziko a obvyklý typ konštrukcie, možno ho teda tiež zatriediť do 2.GK.

Výpočet bol vykonaný podľa 1. a 2. skupiny medzných stavov podľa STN EN 1997 za použitia 2. návrhového prístupu najprv bez softwaru, následne bol tento výpočet doplnený o výsledky z výpočtového programu PLAXIS.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

Literatúra:

- [1] MASOPUST, J. *Navrhování základových a pažících 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. GLISNÍKOVÁ, V. *Zakládání staveb, modul M01*. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno: 2007, 182s
- [4] MASOPUST, J. *Vrtané pilóty. 1. vyd.* [Praha]: Čeněk a Ježek, 1994. 263 s. ISBN 80-238-2755-3.
- [5] WEIGLOVÁ, K. *Mechanika zemin. 1. vyd.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 186 s. ISBN 978-80-7204-507-5.
- [6] ČSN EN 1997-1. ČSN: *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla*. 2006. Praha: ČNÍ
- [7] Prof. ing. Josef Berka, CSc., doc. ing. Dagmar Matoušková, CSc. *STAVITĚLSTVÍ I*. SNTL - Nakladatelství technické literatury: Praha, 1984. 192 s

Ostatné:

- [8] GESKON S.R.O. *Základová doska* [online]. [cit. 2017-05-10] Dostupné z: <
<http://www.geskon.cz/reference/zakladova-deska.html>>
- [9] STAZEPO A.S. *Základové pätky* [online]. [cit. 2017-05-10] Dostupné z: <
http://www.stazepo.cz/fotogalerie/56_1437553635.JPG>

- [10] PODZEMNÍ STAVBY KOSPER, A.S. *Technologický postup vyhotovenie pilóty priebežným šnekom (CFA)* [online]. [cit. 2017-05-10] Dostupné z: <<http://kosper.cz/wp-content/uploads/2015/10/Piloty-CFA.jpg>>
- [11] PODZEMNÍ STAVBY KOSPER, A.S. *Technologický postup vyhotovenia mikropilót* [online]. [cit. 2017-05-10] Dostupné z: <http://kosper.cz/wp-content/uploads/2015/10/03-Mikropiloty_01.jpg>
- [12] ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, A.S. *Charakteristický rez mikropilótou* [online]. [cit. 2017-05-10] Dostupné z: <<http://www.zakladani.cz/cz/mikropiloty>>
- [13] Google Inc. - *Mapy google Poloha staveniska* [online]. [cit. 2017-05-10] Dostupné z: <<https://www.google.sk/maps/@49.1925811,16.5655492,16z>>
- [14] Česká geologická služba, *Geologická mapa 1:50000* [online]. [cit. 2017-05-10] Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/geocr_50/?center=-601325,-1160802&scale=15000>
- [15] Ing. Milan Matoušek, *Závěrečná zpráva geotechnického a hydrogeologického průzkumu*: Brno, 2014 marec [cit. 2017-05-10]
- [16] NEZNÁMÝ AUTOR, *Brno* [online]. [cit. 2017-05-10] Dostupné z: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Brno>>

6 ZOZNAM POUŽITÝCH ZKRATIEK A SYMBOLOV

I_C	stupeň konzistencie
I_D	relatívna ulahlosť
γ	objemová tiaž zeminy
γ'	efektívna objemová tiaž zeminy
φ'	efektívny uhol vnútorného trenia
c'	efektívna súdržnosť (kohézia)
c_u	totálna súdržnosť
U_{vd}	zvislá návrhová únosnosť
U_{bd}	návrhová únosnosť päty pilóty
U_{fd}	návrhová únosnosť na plášti pilóty
k_1	súčiniteľ, vyjadrujúci zväčšenie únosnosti vplyvom dĺžky pilóty
A_s	plocha päty pilóty
R_d	výpočtová únosnosť päty pilóty v zeminách
γ_b	súčiniteľ redukujúci únosnosť päty pilóty
d	priemer pilóty
π	Ludolfovo číslo
N_c, N_b, N_d	súčinitele únosnosti
L	dĺžka pilóty
γ_1	priemerná efektívna objemová tiaž zeminy pozdĺž drieku pilóty
h_i	mocnosť i-tej vrstvy zeminy
γ_2	efektívna objemová tiaž zeminy pod päťou pilóty
γ_s	súčiniteľ redukujúci plášťovú únosnosť pilóty
f_{si}	trenie na plášti pilóty
σ_{xi}	kontaktné napätie v i-tej vrstve
γ_{r1}	súčiniteľ vplyvu technológie
γ_{r2}	súčiniteľ vplyvu pôsobenia základovej pôdy
k_2	súčiniteľ bočného zemného tlaku na pilóty
σ_{ori}	pôvodné geostatické napätie
D_i	vzdialenosť od hlavy pilóty do poloviny i-tej vrstvy
R_{bu}	medzná únosnosť
R_{su}	medzná únosnosť na plášti pilóty
R_{pu}	medzná únosnosť päty pilóty
m_2	čiastkový koeficient vyjadrujúci vplyv plochy drieku
q_{si}	medzné plášťové trenie v i-tej vrstve
a, b	regresné koeficienty
β	koeficient prenosu zaťaženia do päty pilóty
R_y	zaťaženie v hlave pilóty na medze mobilizácie plášťového trenia
s_y	veľkosť sadania odpovedajúci R_y
q_0	napätie na päte pilóty pri deformácii odpovedajúcej plnej mobilizácii plášťového trenia
d_0	priemer pilóty v päte
e, f	regresné koeficienty
I	príčinkový koeficient sadania pilóty
I_1	základný príčinkový koeficient

R_k	korekčný súčiniteľ
K	tuhosť
E_s	priemerná veľkosť sečnového modulu deformácie zemín pozdĺž drieku pilóty
E_{si}	sečnový modul deformácie i-tej vrstvy zeminy
s	sadania
s_{25}	sadanie rovno 25 mm
R_d	únosnosť pilóty
V_d	extrémna návrhová sila
MSP	medzný stav použiteľnosti

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 2-1: Základová deska [9]	11
Obr. 2-2: Základový rošt [3]	12
Obr. 2-3: Základový pás [2]	12
Obr. 2-4: Základová päťka pod stĺpom [2]	13
Obr. 2-5: Základové päťky [9]	13
Obr. 3-1: Schéma studne: 1- osadenie studne, 2- spúšťanie studne podhrabávaním britu, 3- hotový studňový základ [3]	14
Obr. 3-2: Schéma kesónu: 1- osadenie kesónu na bárku, 2- púšťanie kesónu pod hladinu vody na závesoch, 3- práce v kesónu, 4- hotový základ [3]	15
Obr. 3-3: Európska klasifikácia pilót [1]	16
Obr. 3-4: Druhy pilót: opreté, votknuté, plávajúce [7]	17
Obr. 3-5: Pilóta - systém FRANKI: a) predrazenie dutiny, b) vytĺkanie päty, c) pechovanie pilóty, d) hotová pilóta [7]	20
Obr. 3-6: Tvary driekov vrtaných pilót: a) konštantný prierez, b) teleskopický driek, c) rozšírená päta, d) rozšírený driek [3]	21
Obr. 3-7: Technologický postup vyhotovenia pilóty priebežným šnekom (CFA): 5a) zahájenie vrtania, 5b) dokončenie vrtania v projektovanej hĺbke, 5c) betonáž pilóty za súčasného vyťahovania priebežného šneku, 5d) vkladanie armokoša do čerstvo vybetónovanej pilóty, 5e) dokončenie pilóty [10]	28
Obr. 3-8: Technologický postup vyhotovenia mikropilót: 2a) zhotovenie vrtu rotačnou technológiou, 2b) vyťahovanie vrtného náradia a vyplnenie vrtu zálivkou, 2c) osadzovanie výstužnej silnostennej ocelevej trubky, 2d) injektáž koreňovej časti mikropilóty, 2e) hotová mikropilóta. [11]	29

Obr. 3-9: Charakteristický rez mikropilótou [12]	30
Obr. 4-1: Poloha staveniska [13].....	31
Obr. 4-2: Geologická mapa [14]	34
Obr. 4-3: Vrtný prieskum v lokalite [autor]	35
Obr. 4-4: Medzná zaťažovacia krivka pilóty [autor]	43
Obr. 4-5: Medzná zaťažovacia krivka pilóty [autor]	47
Obr. 4-6: Medzná zaťažovacia krivka pilóty [autor]	51
Obr. 4-7: Situácia pilóty a vrstiev	54
Obr. 4-8: Medzná zaťažovacia krivka z programu PLAXIS	55
Obr. 4-9: Priebeh zaťažovacej krivky pre jednotlivé možnosti výpočtu.....	56
Obr. 4-10: Situácia pilóty a vrstiev	56
Obr. 4-11: Medzná zaťažovacia krivka z programu PLAXIS	57
Obr. 4-12: Priebeh zaťažovacej krivky pre jednotlivé možnosti výpočtu	58
Obr. 4-13: Situácia pilóty a vrstiev	58
Obr. 4-14: Medzná zaťažovacia krivka z programu PLAXIS	59
Obr. 4-15: Priebeh zaťažovacej krivky pre jednotlivé možnosti výpočtu	60

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 3-1: Priemery varných a spojovateľných pažníc spolu s vrtným náradím (v mm) [1]	36
Tab. 3-2: Minimálne vystuženie železobetónových vŕtaných pilót a priečna výstuž [1]	25
Tab. 3-3: Zloženie čerstvého betónu [1]	26
Tab. 3-4: Požiadavky na spracovateľnosť čerstvého betónu pri rôznych podmienkach betonáže [1]	26
Tab. 4-1: Graficko - písomná dokumentácia vrtu [autor]	36
Tab. 4-2: Parametre zemín [autor]	37
Tab. 4-3: Regresné koeficienty a medzné plášťové trenie i-tej vrstvy [1].....	41
Tab. 4-4: Hodnoty sadania	42
Tab. 4-5: Regresné koeficienty a medzné plášťové trenie i-tej vrstvy [1].....	46
Tab. 4-6: Hodnoty sadania	47
Tab. 4-7: Regresné koeficienty a medzné plášťové trenie i-tej vrstvy [1].....	50
Tab. 4-8: Hodnoty sadania	51
Tab. 4-9: Výsledky medzného stavu použiteľnosti.....	55
Tab. 4-10: Výsledky medzného stavu použiteľnosti.....	57
Tab. 4-11: Výsledky medzného stavu použiteľnosti.....	59

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A: Podklady

Príloha B: Pilóty - Zat'azenie

Príloha C: Výstupy programu PLAXIS