

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEOTECHNIKY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF

NÁVRH ZALOŽENÍ ATLETICKÉHO STADIONU V PLZNI

PROPOSAL FOR THE ESTABLISHMENT OF AN ATHLETIC STADIUM IN PLZEN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAKUB DRS

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VĚRA GLISNÍKOVÁ, CSc.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Jakub Drs

Název Návrh založení atletického stadionu v Plzni

Vedoucí bakalářské práce Ing. Věra Glisníková, CSc.

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

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

V Brně dne 30. 11. 2014

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

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

Podklady a literatura

Podklady budou studentovi předány průběžně.

Literatura:

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

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

Úkolem autora bakalářské práce je popsat při návrhu bezpečné a ekonomické metody založení objektu. Pro konkrétní objekt atletického stadionu v Plzni v daných geologických podmínkách dále navrhnout alternativní způsoby založení.

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

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdání, 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

Úkolem bakalářské práce je popsat návrh bezpečného a ekonomického založení tribuny atletického stadionu v Plzni. Návrh a posouzení je vypracován na základě zjištěných geotechnických podmínek a zatížení od konstrukce. Při výpočtech je postupováno dle platných norem a návrhových přístupů. Dále se práce věnuje technologii a postupu prací vrtaných velkopřůměrových pilot.

KLÍČOVÁ SLOVA

Hlubinné základy, plošné základy, základové patky, základové pasy, základové rošty, pilotové základy, ražené piloty, velkopřůměrové vrtané piloty, statický výpočet, geotechnické parametry, jádrový vrt, sedání, zatěžovací křivka, technologický postup, armatura, betonáž.

ABSTRACT

The task of this bachelor dissertation is to describe the concept of safe and economic foundation of the athletic stadium in Plzeň, the Czech Republic. The concept and assessment are developed on the basis of obtained geotechnical conditions and the load of the construction. The calculations are based upon valid forms and the concept approaches. Furthermore, the thesis focuses on technology and working process of large diameter bored piles.

KEYWORDS

Deep foundations, shallow foundations, footings, strip footings, grid footings, pile foundations, driven piles, large diameter bored piles, statistical calculation, geotechnical parameters, core drill, subsidence, load curve, technological process, armature, concreting.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jakub Drs Návrh založení atletického stadionu v Plzni. Brno, 2015. 67 s., 1 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

.....
podpis autora
Jakub Drs

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce paní Ing. Věře Glisníkové, která mi věnovala čas, odbornou pomoc a cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval svým nejbližším za cenné rady, náměty, inspiraci a podporu při studiu.

OBSAH

Abstrakt	1
Klíčová slova.....	1
Abstract	1
Keywords	1
Bibliografická citace VŠKP	2
Prohlášení:	3
Poděkování:	4
1 ÚVOD	7
2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ NÁVRH ZALOŽENÍ	8
3 TYPY ZALOŽENÍ	9
3.1 Plošné založení	9
3.1.1 Základová patka	9
3.1.2 Základový pás	11
3.1.3 Základový rošt.....	12
3.2 Hlubinné založení	12
3.2.1 Vrtané piloty.....	13
3.2.2 Skupina pilot	13
3.2.3 Velkopřůměrové piloty	14
4 TECHNOLOGIE PROVEDENÍ ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍ	15
4.1 Plošné monolitické nebo prefabrikované založení	15
4.2 Vrtané velkopřůměrové piloty	15
4.2.1 Nepažené vrty.....	16
4.2.2 Pažené vrty pomocí ocelových pažnic	16

4.2.3	Pažené vrty pomocí pažící suspenze	17
4.2.4	Piloty prováděné průběžným šnekem (CFA)	18
5	PRAKTICKÁ APLIKACE – PILOTOVÉ ZALOŽENÍ TRIBUNY	19
5.1	Geotechnické poměry	20
5.1.1	Geologie okolí	20
5.1.2	Geotechnické podmínky lokality	20
5.1.3	Jádrový vrt.....	22
5.1.4	Parametry zemin a hornin	23
5.1.5	Hydrogeologické poměry	27
5.1.6	Zhodnocení geologických poměrů	27
6	STATICKÝ VÝPOČET POMOCÍ PROGRAMU GEO 5	28
7	TECHNOLOGICKÝ POSTUP	51
7.1.1	Navržené piloty	51
7.1.2	Pořadí pilotovacích prací.....	51
7.1.3	Postup provádění	51
8	ZÁVĚR.....	57

1 ÚVOD

Cílem bakalářské práce je návrh bezpečného a ekonomického založení atletického stadionu v Plzni.

Založení železobetonových skeletových objektů je nedílnou součástí konstrukce a volba optimální metody je velmi závislá na základové půdě a na volbě typu konstrukce horní a spodní stavby.

Práce se nejprve obecně věnuje možnému založení železobetonových skeletových objektů a to buď pomocí plošného založení (pomocí patek, pasůa nebo roštů) nebo pomocí hlubinného založení (zejména pomocí pilot).

V praktické aplikaci je práce věnována hlubinnému založení pomocí velkopřůměrových vrtaných pilot. Tento druh založení byl zvolen s ohledem na složité geotechnické poměry v místě stavby. Zároveň toto založení splňuje ekonomické nároky a také termíny zadané investorem stavby.

V závěru je práce věnována zejména technologickému postupu vrtání pilot, kontrole a osazování armokošů, betonování samotné piloty, přípravu a betonáž hlavice piloty a následnou přípravu na osazení nosné svíslé železobetonové konstrukce.

2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ NÁVRH ZALOŽENÍ

Výběrem konstrukčního systému základové konstrukce ovlivňují celá řada faktorů, z nichž nejdůležitější jsou:

- a) stavebně - konstrukční řešení nosné konstrukce
- b) prostorová tuhost
- c) celkové zatížení stavbou
- d) materiálové vlastnosti použité na základovou konstrukci
- e) geologický profil podloží
- f) hydrogeologické poměry
- g) fyzikálně - mechanické vlastnosti základové půdy
- h) vliv a agresivita podzemní vody
- i) dynamické a seizmické účinky, vliv poddolování, nebezpečí sesuvných oblastí, záplavové oblasti, atd.
- j) případné spolupůsobení a negativní vliv na sousední objekty
- k) způsob technologie a mechanizace zemních prací
- l) korozní vlivy
- m) ekonomické provádění

3 TYPY ZALOŽENÍ

Zatížení železobetonových skeletových konstrukcí se přenáší pomocí sloupů do základu. Pokud by bylo zatíženo přenášeno pouze malou plochou sloupů, mohlo by dojít k zaboření stavební konstrukce. Proto se mezi základovou půdou a stavební konstrukcí vloží základ určitých vlastností a rozměrů, aby zatížená konstrukce byla stabilní. Volbu druhu základové konstrukce ovlivňuje velikost a způsob jeho zatížení a složení a vlastnosti základové půdy. Návrh metody dále závisí na geologických a hydrogeologických poměrech, ceně založení a pracnost technologie provedení závisící s délkou výstavby. Základy můžeme rozdělit na plošné (patky, pásy, rošty, desky) a hlubinné (studně, kesony, piloty, mikropiloty).

3.1 Plošné založení

Pokud se v podzákladí nachází únosná vrstva zeminy dostačující mocnosti a hloubka založení není velká, je poté ekonomicky výhodnější plošný základ. při větších hloubkách založení nabývá na důležitosti způsobu provedení stavební jámy, větší nároky na prostor, vyšší objem zemních prací a neekonomické zvětšování základové patky ppř. pásu, roštu. Při výskytu hladiny podzemní vody případně proudící vody je nutné pažení, odvodňování a vyčištění základové spáry při dalších postupech spodní stavby.

3.1.1 Základová patka

Patka přenáší zatížení ze sloupu do základové půdy. Jsou většinou nejjednodušším a většinou nejlevnějším způsobem založení většiny objektů s prutovými prvky v nadzákladové konstrukci. Tvar patky bývá čtvercový, při mimostředném zatížení se plocha základové spáry posouvá ve směru excentricity. Patky se navrhují většinou železobetonové monolitické nebo prefabrikované s kalichy do kterých se posléze namontují sloupy, viz obr. 1,2,3. [1]



Obrázek 1: Monolitická patka před betonáží [foto autor BP]



Obrázek 2: Monolitická patky již po betonáží [foto autor BP]



Obrázek 3: Prefabrikovaná patka dovezená na stavbu [foto autor BP]

3.1.2 Základový pás

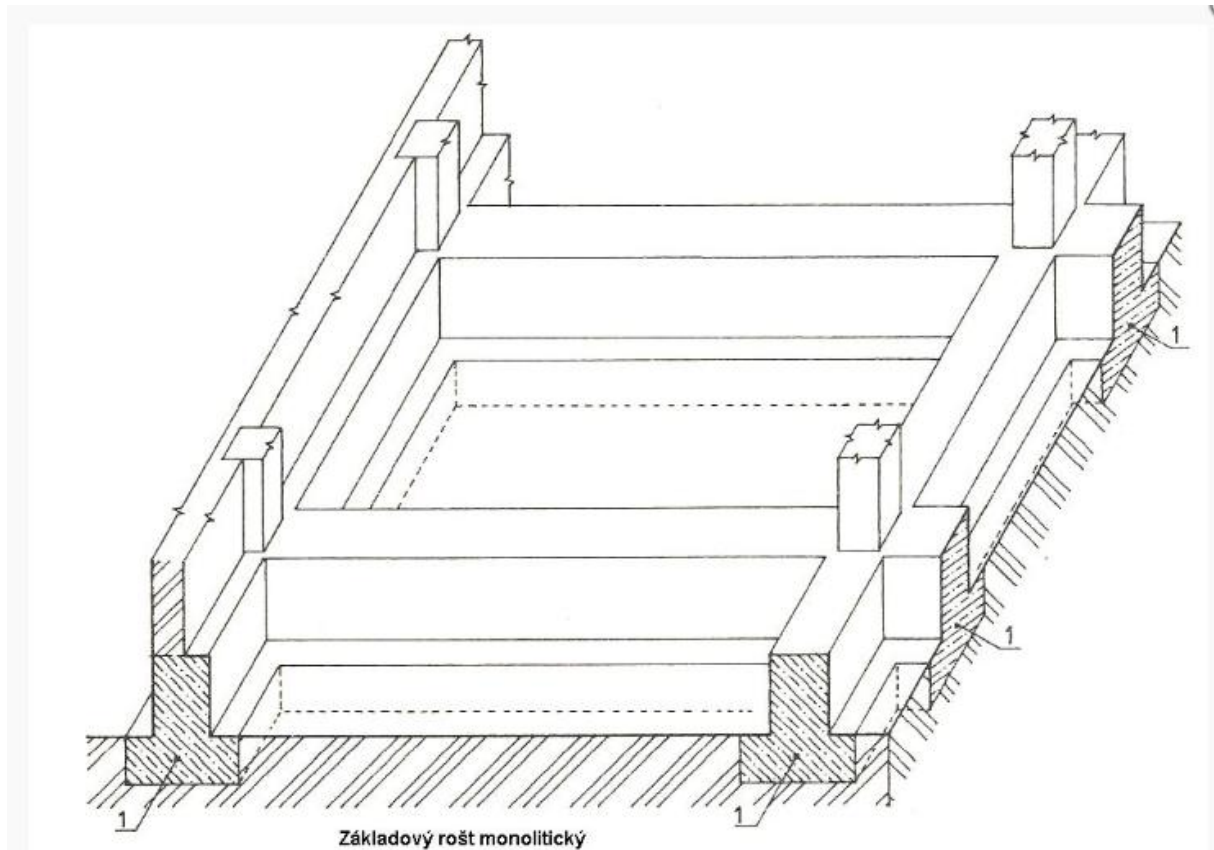
Navrhují se v případě, že patky nelze navrhnout ohledem na nízkou únosnost základové půdy. Základovým pásem je zvýšena tuhost konstrukce, která snižuje nerovnoměrné sedání. Z hlediska statického působení je zásadní rozdíl mezi pásem rovnoměrně zatíženým (pod stěnou) nebo nerovnoměrně zatíženým (pod sloupy), viz obr. 4. [1]



Obrázek 4: Základové pasy mezi pilotami [foto autor BP]

3.1.3 Základový rošt

Využívají se při zakládání v obtížných podmínkách (na málo únosných zeminách) nebo k přenášení velkých zatížení do podloží. Základový rošt je také vhodný pro skeletové nadzákladové konstrukce (snižuje rozdíly v sedání), viz obr. 5. [1]



Obrázek 5: Základový rošt monolitický [8]

3.2 Hlubinné založení

Hlubinné základy se navrhují tam, kde nejsou výhodné geologické podmínky pro plošné založení, kde se únosná zemina či hornina nachází ve větších hloubkách. V těchto podmínkách hlubinné základy snižují celkový objem stavebního materiálu a to zejména betonu. Úkolem hlubinných základů je přenést zatížení do únosnějších, hlouběji uložených vrstev základové půdy a výrazně omezit sedání. Mezi prvky hlubinného zakládání patří : kesony a studně (dnes se již nepoužívají), piloty všeho druhu, mikropiloty, podzemní stěny a jiné technologie jako třeba kotvy, klasická injektáž, trysková injektáž atd.

Pro hlubinné založení skeletových staveb se nejvíce používají piloty. V evropské praxi se piloty rozdělují podle výrobního postupu na dvě rozsáhlé skupiny :

- Piloty typu displacement, kdy zemina z prostoru, který pilota zaujímá, není odstraněna, nýbrž je stlačena jak do stran, tak i pod patu piloty (piloty ražené)
- Piloty typu replacement (non displacement) kdy je v průběhu provádění zemina odstraněna z prostoru budoucí piloty (piloty vrtané). [2]

V České Republice u hlubinného zakládání drtivě převažují vrtané piloty, minimální množství pak zaujímají předražené piloty typu Franki. Výrazná převaha vrtaných pilot je dána hlavně geotechnickými podmínkami naší země. Kde se v relativně malé hloubce (do 10-15 m) nachází skalní (poloskalní) podloží do něhož je vrtané piloty vhodné vetknout.

3.2.1 Vrtané piloty

Za vrtané piloty se považují prvky, jež jsou v zeminách prováděny vrtáním a těžením a jež mají nosný dřík, který přenáší zatížení a omezuje deformace. Vrtaná pilota vzdoruje zatížení svislou a vodorovnou silou a i ohybným momentům. Piloty mohou být navrhované jako osamělé, skupinové, pilotové stěny – které slouží jako opěrné a pažící stěny. [2]

3.2.2 Skupina pilot

Při návrhu mimořádně zatížených pilotových základů kde si nevystačíme s osamělými pilotami jsme nuceni navrhnout více pilot uspořádaných do skupiny, jež tvoří jeden statický celek. Piloty jsou v hlavách spojeny patkou, nebo deskou, nebo alespoň nadzemní konstrukcí základu(obr. 9). Piloty se ve skupině navrhují v minimálních osových vzdálenostech:

- 2,5 d v případě maloprofilových pilot (d do 0,6)
- 1,5 až 1,7 d v případě velkopřůměrových pilot (d je větší jak 0,6) [6]

3.2.3 Velkopřůměrové piloty

Velkopřůměrové piloty jsou klasifikovány s průměrem větší než 600mm. Piloty se běžně vrtají do 20m, svisle se vrtají až do 36m. Minimální osová vzdálenost pilot je 1,5násobek průměru piloty, viz obr. 6. [2]



Obrázek 6: Vrtané velkopřůměrové piloty [foto autor BP]

4 TECHNOLOGIE PROVEDENÍ ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍ

4.1 Plošné monolitické nebo prefabrikované založení

Před zahájením zemních prací se musí provést skrývka ornice a vytyčení stavby. Následuje vytvoření výkopů, které musejí být zajištěny proti sesuvu svahováním, roubením nebo pomocí podzemních opěrných stěn.. Výkopový materiál je odvezen na předem určenou skládku a může být poté použit pro zpětný zásyp. Je-li hladina podzemní vody nad základovou spárou, je nutné povrchové či hloubkové odvodnění. Po dokončení zemních prací se uloží na základovou spáru podkladní beton. Při monolitickém založení se poté připraví bednění pro betonáž a uloží se armatura dle návrhu se zajištěním předepsaným dostatečným krytím výztuže. Základy budou vybetonovány ze zvoleného betonu, který bude odolávat danému agresivnímu prostředí. Při prefabrikovaném založení se na podkladní beton uloží dovezené prefabrikované prvky u kterých je již výrobní deklarovaná kvalita a jakost výrobku. Je - li nutná sekundární ochrana železobetonové konstrukce, použije se izolační nátěr, nástřík nebo izolační pásy.

4.2 Vrtané velkopřůměrové piloty

Technologie provádění na místě betonovaných vrtaných pilot zahrnuje : vrtání, přípravné práce před betonáží, betonáž a práce dokončovací. Odlišné je pak provádění vrtaných pilot pomocí technologie CFA.

Vrty se provádějí technologií rotačně náběhového vrtání, popřípadě drapákového hloubení (je sice pomalejší, ale v balvanitých zeminách bývá nezbytně nutné). Obvyklými vrtnými nástroji jsou :

- vrtný hrnec (šapa) – vhodný pro písčité a štěrkovité zeminy, suché i zvodnělé a pro poloskalní horniny
- vrtný šnek (spirál) – který je vhodný pro soudržné zeminy
- vrtací korunka – pro provrtání skalních hornin
- jednolanový drapák – pro těžení balvanů
- dláto – pro rozbíjení vrtných překážek

Vrty pro piloty se provádějí jako nepažené, pažené pomocí ocelových pažnic a pažené pomocí pažící suspenze (většinou jílové). [2]

4.2.1 Nepažené vrty

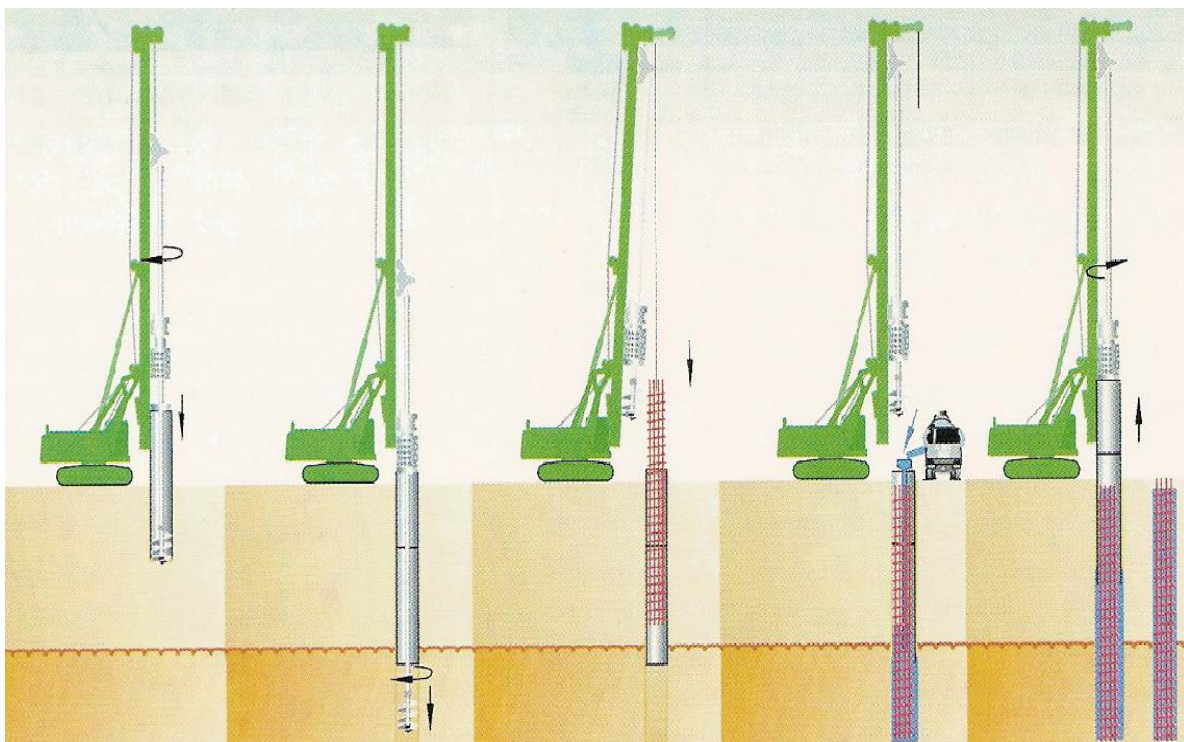
Pokud je z geologického hlediska jisté, že během celého procesu vrtané piloty zůstanou stěny i dno vrtu stabilní, mohou se provádět piloty nepažené. Během vrtání je nutné neustále kontrolovat zda do vrtu nevniká nekontrolovatelně voda a zda stěny vrtu nijak neopadají. Pokud toto nastane je vrt potřeba ihned zapažit.

4.2.2 Pažené vrty pomocí ocelových pažnic

Pažení ocelovými pažnicemi, viz obr. 7, je základní a nejvíce používanou metodou. Používá se jednak tzv. černých (varných) ocelových rour s tloušťkou stěny 8 – 12 mm a jednak speciálních spojovatelných ocelových pažnic, vesměs dvouplášťových s tloušťkou stěny 40 mm. Pažnice musí :

- být kruhové a nedeformovatelné co do délky a příčného profilu
- být dimenzovány na zatížení při pažení a vytahování pažnic
- být prosté jakýchkoliv výstupků a zbytků betonu
- mít dostatečně dimenzované spoje jak na síly podélné, tak na kroutící momenty

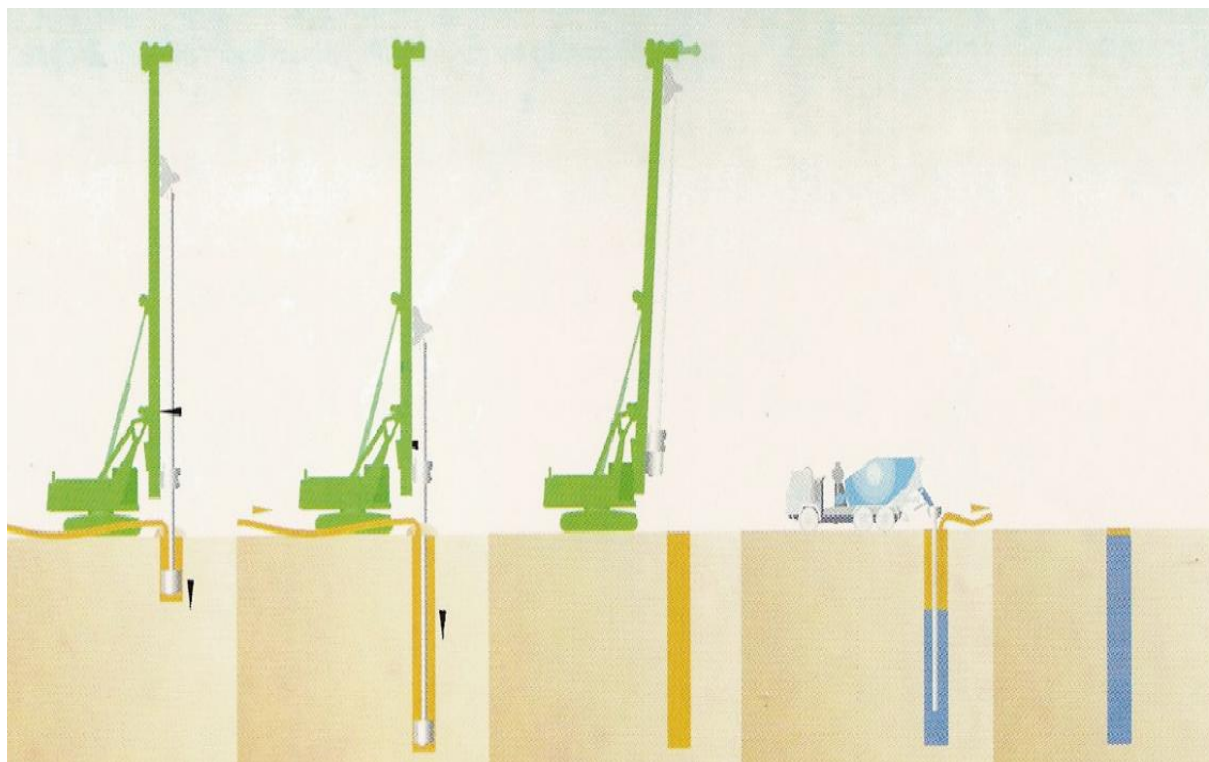
Pažení pomocí varných rour je rychlé a vhodné zejména tam, kde je třeba propažit pouze horní část vrtu omezené délky a poté lze dovertat v soudržné zemině bez pažení. V případě hlubšího pažení se používají spojovatelné pažnice. Délka jednotlivých dílů je většinou 1,5 m a spojovány jsou speciálními kuželovými šrouby délky shodné s tloušťkou stěny pažnice. [2]



Obrázek 7: Piloty pažené ocelovými pažnicemi pomocí vrtné hlavy [9]

4.2.3 Pažené vrty pomocí pažící suspenze

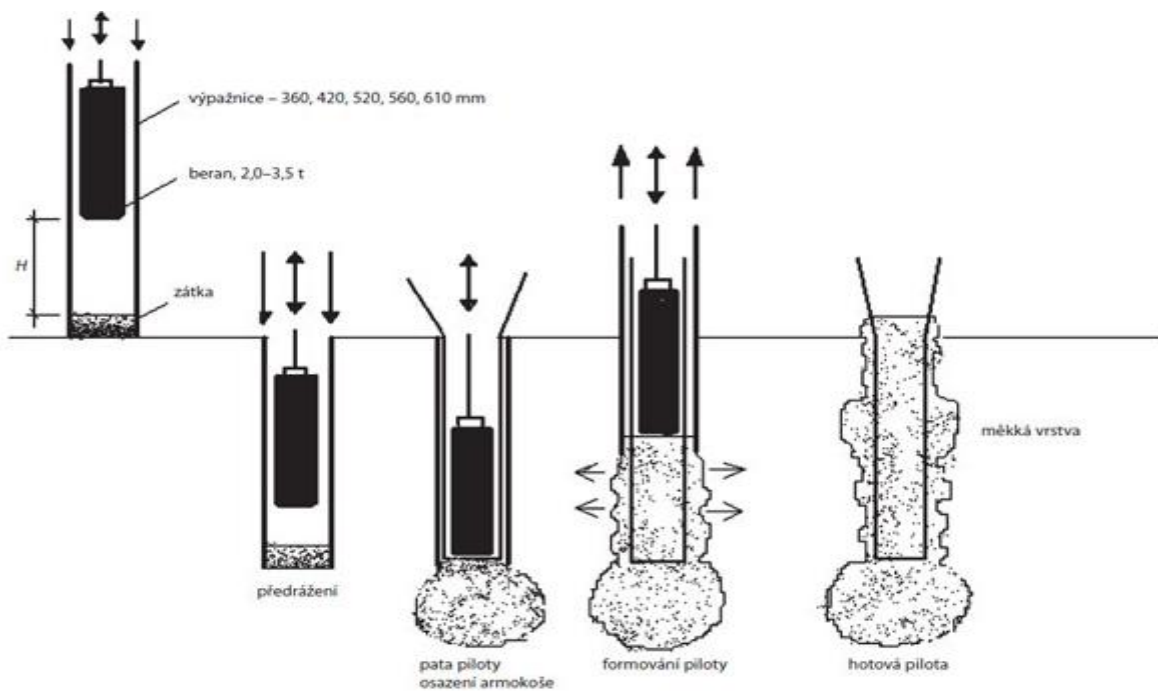
Jílová pažící suspenze, viz obr. 8, zajišťuje stabilitu stěn i dna vrtukombinovaným účinkem hydrostatického tlaku a elektrochemických jevů. Jílová suspenze je tzv. plastická (Binghamova) kapalina, jež má odlišné chování od klasických (Newtonových) kapalin, jako je například voda. Hlavní odlišností těchto kapalin je, že je nutno vyvodit určitou sílu k překonání vnitřního odporu ve struktuře této kapaliny k tomu, aby se stala tekutou.



Obrázek 8: Piloty pažené jílovou suspenzí [9]

4.2.4 Piloty prováděné průběžným šnekem (CFA)

Jedná se o piloty instalované v základové půdě bez těžení zeminy z vrtu, viz obr. 9, piloty se v základové půdě instalují beraněním, vibrováním, šroubováním, zatlačováním nebo kombinací těchto technologií. Ražené piloty jsou buď to prefabrikované (již se u nás neprovádějí) anebo na místě betonované (předražené Franki nebo se ztracenou botkou VÚIS, Fundex). V České Republice se z těchto druhů nejvíce rozšířily předražené piloty typu Franki, které již tvoří jen minimum pilotového zakládání a používají se spíše při zlepšování vlastností základové půdy. [2]



Obrázek 9: Postup pilotáže ražené piloty Franki [10]

5 PRAKTICKÁ APLIKACE – PILOTOVÉ ZALOŽENÍ TRIBUNY

Cílem bakalářské práce je navrhnout optimální základovou konstrukci pro založení prefabrikované skeletové tribuny atletického stadionu v Plzni, viz obr. 10.

Před zadáním projektu bylo uvažováno se dvěma variantami, a to plošné založení pomocí základových patek nebo hlubinné založení pomocí velkopřůměrových vrtaných pilot. Po zjištění geotechnických podmínek, které byly vyhodnoceny jako složité a neekonomické pro založení na základových patkách, bylo následně zvoleno založení pomocí velkopřůměrových vrtaných pilot. Dle ČSN EN 1997-1 je řešený případ klasifikován jako obvyklá konstrukce s běžným rizikem, bude tedy dále postupováno dle zásad 2. geotechnické kategorie. Tato varianta hlubinného založení byla nejen ekonomičtější, ale i rychlejší.

Posouzení pilot bylo zpracováno pomocí geotechnického softwaru GEO 5, verze 18.



Obrázek 10: Pohled na dokončenou tribunu atletického stadionu [11]

5.1 Geotechnické poměry

5.1.1 Geologie okolí, viz obr. 11



Obrázek 11: Vysvětlivky barev a původu podloží geologické mapy [12]

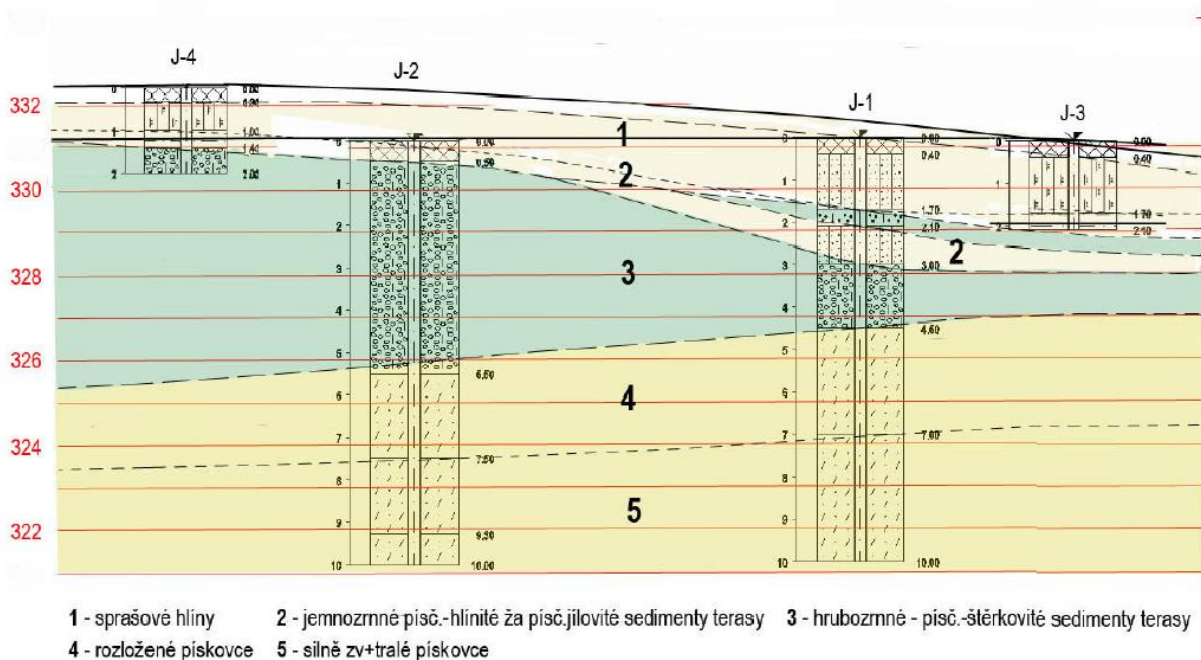
5.1.2 Geotechnické podmínky lokality

Pro účely stavby byl proveden podrobný geotechnický průzkum, a to 4 průzkumné vrty, z toho 2 v prostoru tribuny do hloubky 10 m a 2 vrty v prostoru komunikace do hloubky 2 m. Provedené vrty zjistili příslušnost území ke kvartérní terase kryté v malé mocnosti jemnozrnnými zeminami. Dle výsledků vrtů J-1 a J-2 lze očekávat mírné stoupání báze terasových sedimentů směrem k severu z úrovně cca 325,73 (na jižní straně-vrt J-2) až po 326,7 m. n.m. (severní okraj-vrt J-1). Svrchní polohy území jsou tvořeny navážkou. Jedná se buď o hlinité zeminy či škváru (v prostoru vrtů J-1 a J-2) či konstrukční vrstvu komunikace (vrty J-3 a J-4). Navážka dosahuje celkově jen malé mocnosti kolem 0,4-0,5 m. V podloží navážky byly zjištěny vrtem J-1 a J-3 sprašové hlíny. Jednalo se o zeminy na rozhraní tuhé-pevné konzistence o mocnosti 1,3 m. Tato poloha byla vrtem J-4 zjištěna jen v malé mocnosti 0,7 m, vrtem J-2 provedeným v zahloubeném prostoru stadionu zastižena vůbec nebyla.

Lze tedy předpokládat výskyt větší mocnosti těchto jemnozrnných zemin převážně při severním okraji zájmového území.

Polohy od úrovně 330,5-331,5 m n. m. byly zastiženy jemnozrnné zeminy terasy. Hodnoceny byly jako písčité hlíny a jíly. Jejich mocnost výrazně narůstá severním směrem. Ve vrtu J-2 zastiženy nebyly, ve vrtu J-1 dosahují hloubek až 3 m pod povrch (cca 328,2 m). Hlubší polohy terasy jsou tvořeny hrubozrnnými zeminami – šterky a šterkopísky s mocností kolem 4,5-5,5 m pod povrchem (pod úrovní stadionu, nadmořská úroveň 325,7-326,7 m n.m.). Od výše uvedené hloubky byly zjištěny karbonské sedimenty. Jedná se o hrubě zrnité, arkóзовé pískovce v různém stupni větrání náležící ke kladenskému souvrství. V mocnosti 2,3-2,5 m jsou horniny zcela zvětralé, písčité rozložené, hlouběji zastiženy v silně zvětralém stavu.

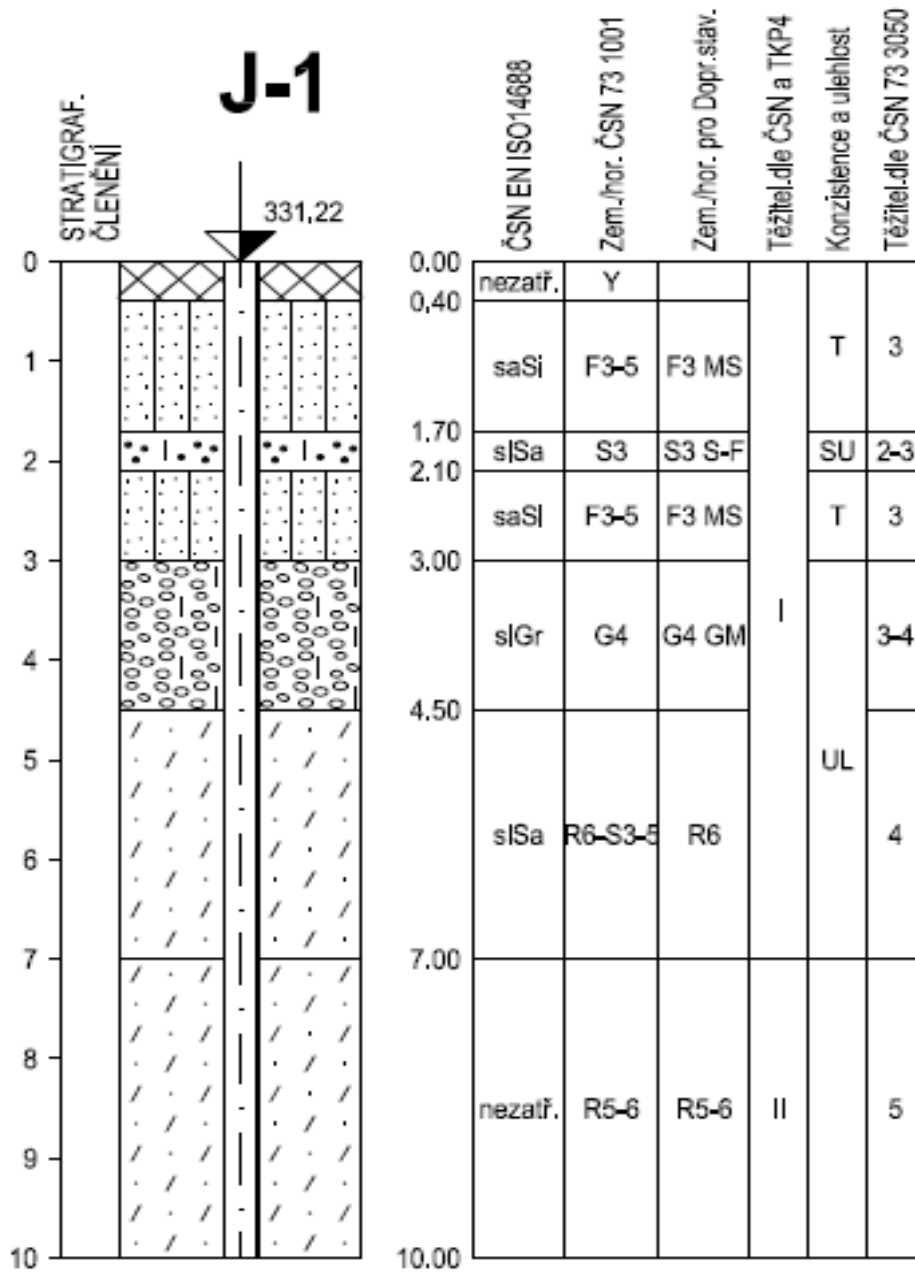
Geologické poměry v rozsahu zájmového území jsou schematicky znázorněny na následujícím obrázku 12.



Obrázek 12: Geologický řez zájmového území [20]

5.1.3 Jádrový vrt

Pro výpočty byl použit méně příznivý vrt J-1, viz obr. 13.



Obrázek 13: Jádrový vývrt J-1 [20]

5.1.4 Parametry zemin a hornin

Parametry zemin a hornin jsou uvedeny v tab. 1 až 4.

Tabulka 1: Geotechnické parametry vrstvy F3¹ [20]

Konzistence	tuhá
Objemová tíha γ	19.00 kN.m ⁻³
Efektivní úhel vnitřního tření φ_{ef}	22.00°
Soudržnost zeminy c_{ef}	16.00 kPa
Poissonovo číslo ν	0.38
Modul přetvárnosti E_{def}	6.00 MPa
Objemová tíha sat. zeminy γ_{sat}	21.00kN.m ⁻³
Úhel roznášení β	12°
Třída ČSN 73 6133 ^[8]	F3
Těžitelnost dle ČSN 73 3050 ^{[9]*} (neplatná)	3
Vrtatelnost	I

¹ F3 - hlína písčítá, jemně písčítá, slabě písčítá až hlína střední plasticity tuhá, sprašová.

Tabulka 2: Geotechnické parametry vrstvy S3 – G4² [20]

Konzistence	středně ulehlá - ulehlá
Objemová tíha γ	18.50 kN.m ⁻³
Efektivní úhel vnitřního tření φ_{ef}	30.00°
Soudržnost zeminy c_{ef}	4.00 kPa
Poissonovo číslo ν	0.30
Modul přetvárnosti E_{def}	20.00 MPa
Objemová tíha sat. zeminy γ_{sat}	21.00kN.m ⁻³
Úhel roznášení β	16°
Třída ČSN 73 6133 ^[8]	S3 – G4
Těžitelnost dle ČSN 73 3050 ^{[9]*} (neplatná)	2-3, 3-4
Vrtatelnost	I

² S3 - písek s příměsí jemnozrnné zeminy, rezavý, středně ulehlý, s malým podílem štěrku (zrna do velikosti 2 cm. cca. 5-10%).

G4 – štěrk hlinitý, hnědý, hrubě zrnitý, maximální velikost valounů > 20 cm. ulehlý.

Tabulka 3: Geotechnické parametry vrstvy R6- S5³ [20]

Objemová tíha γ	19.00 kN.m ⁻³
Efektivní úhel vnitřního tření φ_{ef}	30.00°
Soudržnost zeminy c_{ef}	10.00 kPa
Poissonovo číslo ν	0.35
Modul přetvárnosti E_{def}	18.00 MPa
Objemová tíha sat. zeminy γ_{sat}	21.00kN.m ⁻³
Úhel roznášení β	16°
Třída ČSN 73 6133 ^[8]	R6 - S5
Těžitelnost dle ČSN 73 3050 ^{[9]*} (neplatná)	4
Vrtatelnost	I

³ R6 – S5 – pískovec zcela zvětralý na hrubě zrnitý písek růžovo – šedý, slabě jílovitý (kaolinitický), arkózový, ulehlý

Tabulka 4: Geotechnické parametry vrstvy R5- 6⁴ [20]

Objemová tíha γ	21.00 kN.m ⁻³
Efektivní úhel vnitřního tření φ_{ef}	36.00°
Soudržnost zeminy c_{ef}	30.00 kPa
Poissonovo číslo ν	0.25
Modul přetvárnosti E_{def}	100.00 MPa
Objemová tíha sat. zeminy γ_{sat}	21.00kN.m ⁻³
Úhel roznášení β	20°
Třída ČSN 73 6133 ^[8]	R5 - 6
Těžitelnost dle ČSN 73 3050 ^{[9]*} (neplatná)	5
Vrtatelnost	II

⁴ R 5 – 6 – pískovec silně zvětralý, arkózový, rozvrtný na písčitou drť s úlomky pevnější horniny o velikosti 3-8 cm. Celkové množství úlomků do 15%. V ruce lze horninu snadno drtit.

5.1.5 Hydrogeologické poměry

Hladina podzemní vody nebyla průzkumnými vrtly zastižena a předpokládá se zakleslá až do polohy rozpukaných hornin kolem báze vrtů. Při hloubce pilot nepřesahující hloubku průzkumných vrtů by neměla podzemní voda pro stavbu představovat větší riziko.

5.1.6 Zhodnocení geologických poměrů

Z výše uvedených skutečností, lze hodnotit základové podmínky jako složité, především s ohledem na výskyt méně únosných a silně stlačitelných zemin ve svrchních polohách území a jejich nejednotnou úroveň báze. Plošné založení by přicházelo v úvahu až do hloubky > 3 m. pod povrch. Na základě tohoto zjištění bylo zvoleno hlubinné založení pomocí velkopřůměrových pilot průměru 600 a 900 mm.

6 STATICKÝ VÝPOČET POMOCÍ PROGRAMU GEO 5

Statický výpočet byl proveden pomocí programu GEO 5, verze 18. Zakládání staveb vychází z mezních stavů základové půdy a stavební konstrukce, při čemž rozlišujeme mezní stavy porušení (skupina 1. mezního stavu) a mezní stavy použitelnosti (skupina 2. mezního stavu, sednutí). Ve statickém výpočtu byly tyto hodnoty zohledněny, a proto bylo použito platných norem, zejména ČSN EN 1997 – Eurokód 7- Navrhování geotechnických konstrukcí [10] za použití návrhového přístupu 2.

Návrhový přístup 2 (NP2):

kombinace: „A1“ + „M1“ + „R2“

Hodnoty dílčích součinitelů pro jednotlivé kombinace

Tabulka 5: Dílčí součinitele zatížení γ_F nebo účinku zatížení γ_E [17]

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

Tabulka 6: Dílčí součinitele parametrů základové půdy γ_M [17]

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

Tabulka 7: Dílčí součinitele únosnosti γ_R [17]

	Značka	Soubor		
		R1	R2	R3
únosnost	$\gamma_{R,v}$	1,00	1,40	1,00
usmyknutí	$\gamma_{R,h}$	1,00	1,10	1,00

POUŽITÁ LITERATURA:

- ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukce [15]
- ČSN EN 1992 – Navrhování betonových konstrukcí [16]
- ČSN EN 1997 – Eurokód 7 - Navrhování geotechnických konstrukcí [17]
- ČSN EN 206 Beton: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda [18]
- ČSN EN 1536 - Provádění speciálních geotechnických prací- Vrtané piloty [19]
- Software - FINE, Geo5 – v. 18

PODKLADY:

- Inženýrsko-geologický průzkum – GEKON, s.r.o., RNDr. Milan Fajfr, z 09/2011
- *Příloha č. 1:* Konstrukce, zatížení – Ing. Tomáš Marchal, z 10/2012

BETON: C20/25 XC2
OCEL: B500B (10505(R))

Posouzení piloty P1

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce: EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Piloty

Výpočet pro odvozené podmínky: ČSN 73 1002

Zatěžovací křivka: nelineární (Masopust)

Vodorovná únosnost: pružný poloprostor

Metodika posouzení: výpočet podle EN1997

Návrhový přístup: 1 - redukce zatížení a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F) [21]					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení:	$\gamma_G =$	1.35 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]

Součinitele redukce materiálu (M)					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření:	$\gamma_\phi =$	1.00 [-]		1.25 [-]	
Součinitel redukce efektivní soudržnosti:	$\gamma_c =$	1.00 [-]		1.25 [-]	
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti:	$\gamma_{cu} =$	1.00 [-]		1.40 [-]	

Součinitele redukce odporu (R)					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
Součinitel redukce odporu na plášti:	$\gamma_s =$	1.00 [-]		1.30 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě:	$\gamma_b =$	1.25 [-]		1.60 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty:	$\gamma_{st} =$	1.25 [-]		1.60 [-]	

Parametry zemín

Třída F3, konzistence tuhá

Objemová tíha: $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$

Úhel vnitřního tření: $\varphi_{ef} = 22.00^\circ$

Soudržnost zeminy: $c_{ef} = 16.00 \text{ kPa}$

Poissonovo číslo: $\nu = 0.38$

Modul přetvárnosti: $E_{def} = 6.00 \text{ MPa}$

Obj. tíha sat. zeminy: $\gamma_{sat} = 21.00 \text{ kN/m}^3$

Úhel roznášení: $\beta = 12.00^\circ$

Třída S3-G4, středně ulehlá-ulehá

Objemová tíha:	γ	=	18.50	kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	30.00	°
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	4.00	kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0.30	
Modul přetvárnosti:	E_{def}	=	20.00	MPa
Obj. tíha sat. zeminy:	γ_{sat}	=	21.00	kN/m ³
Úhel roznášení:	β	=	16.00	°

pískovec - eluvium R6 - S5

Objemová tíha:	γ	=	19.00	kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	30.00	°
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	10.00	kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0.35	
Modul přetvárnosti:	E_{def}	=	18.00	MPa
Obj. tíha sat. zeminy:	γ_{sat}	=	21.00	kN/m ³
Úhel roznášení:	β	=	16.00	°

pískovec R5

Objemová tíha:	γ	=	21.00	kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	36.00	°
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	30.00	kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0.25	
Modul přetvárnosti:	E_{def}	=	100.00	MPa
Obj. tíha sat. zeminy:	γ_{sat}	=	21.00	kN/m ³
Úhel roznášení:	β	=	20.00	°

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0.90$ m

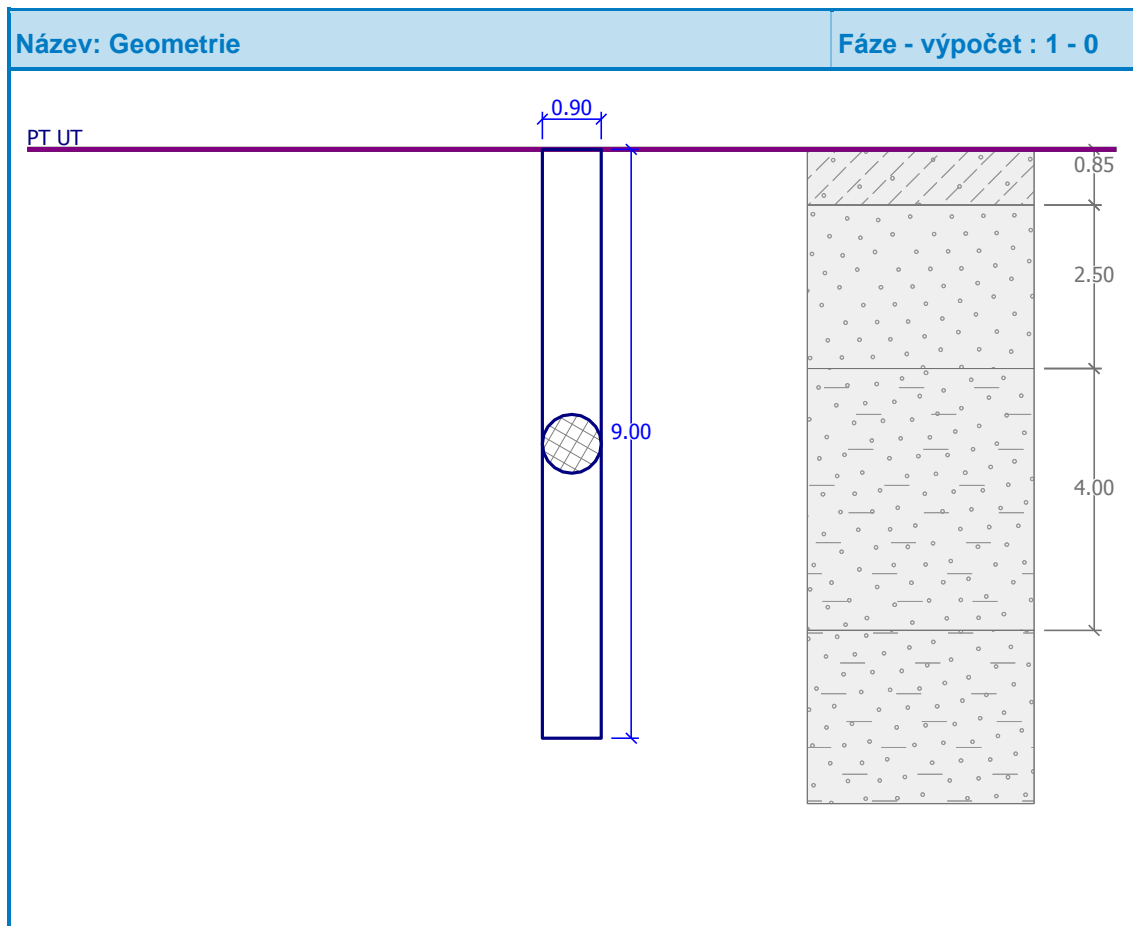
Délka $l = 9.00$ m

Umístění

Vysazení $h = 0.00$ m

Hloubka upraveného terénu $h_z = 0.00$ m

Typ technologie: Vrtané piloty



Obrázek 14: Geometrie piloty P1 [21]

Modul reakce podloží uvažován jako konstantní.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23.00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 20/25

Válcová pevnost v tlaku

$$f_{ck} = 20.00 \text{ MPa}$$

Pevnost v tahu

$$f_{ctm} = 2.20 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E_{cm} = 29000.00 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti ve smyku

$$G = 11340.00 \text{ MPa}$$

Ocel podélná: B500

Mez kluzu

$$f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$$

Geologický profil a přiřazení zemin [21]

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0.85	Třída F3, konzistence tuhá	
2	2.50	Třída S3-G4, středně ulehlá-ulehá	
3	4.00	pískovec - eluvium R6 - S5	
4	-	pískovec R5	

Zatížení [21]

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	ANO		max. N + max M	Návrhové	1360.00	310.00	0.00	0.00	50.00
2	ANO		max. M + příslušné N	Návrhové	820.00	310.00	0.00	0.00	50.00
3	ANO		charakter. Max N + max. M	Užitné	1050.00	230.00	0.00	0.00	40.00

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti: analytické řešení

Typ výpočtu: výpočet pro odvozené podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace: trvalá

Metodika posouzení: bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1**Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data [21]**

Vrstva a číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0.00	0.85	0.85	8.00	46.00	20.00
2	0.85	3.35	2.50	16.00	62.00	16.00
3	3.35	7.35	4.00	27.00	91.00	48.00
4	7.35	9.00	1.65	25.00	131.00	94.00

Uvažovat zatížení: užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1.00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25.0$ mm

Regresní součinitel $e = 957.00$

Regresní součinitel $f = 704.00$

Body zatěžovací křivky [21]

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0.0	0.00
2.5	746.23
5.0	1055.34
7.5	1292.52
10.0	1492.47
12.5	1668.63
15.0	1773.17
17.5	1847.12
20.0	1921.07
22.5	1995.01
25.0	2068.96

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace plášť. tření $R_{yu} = 1724.32$ kN

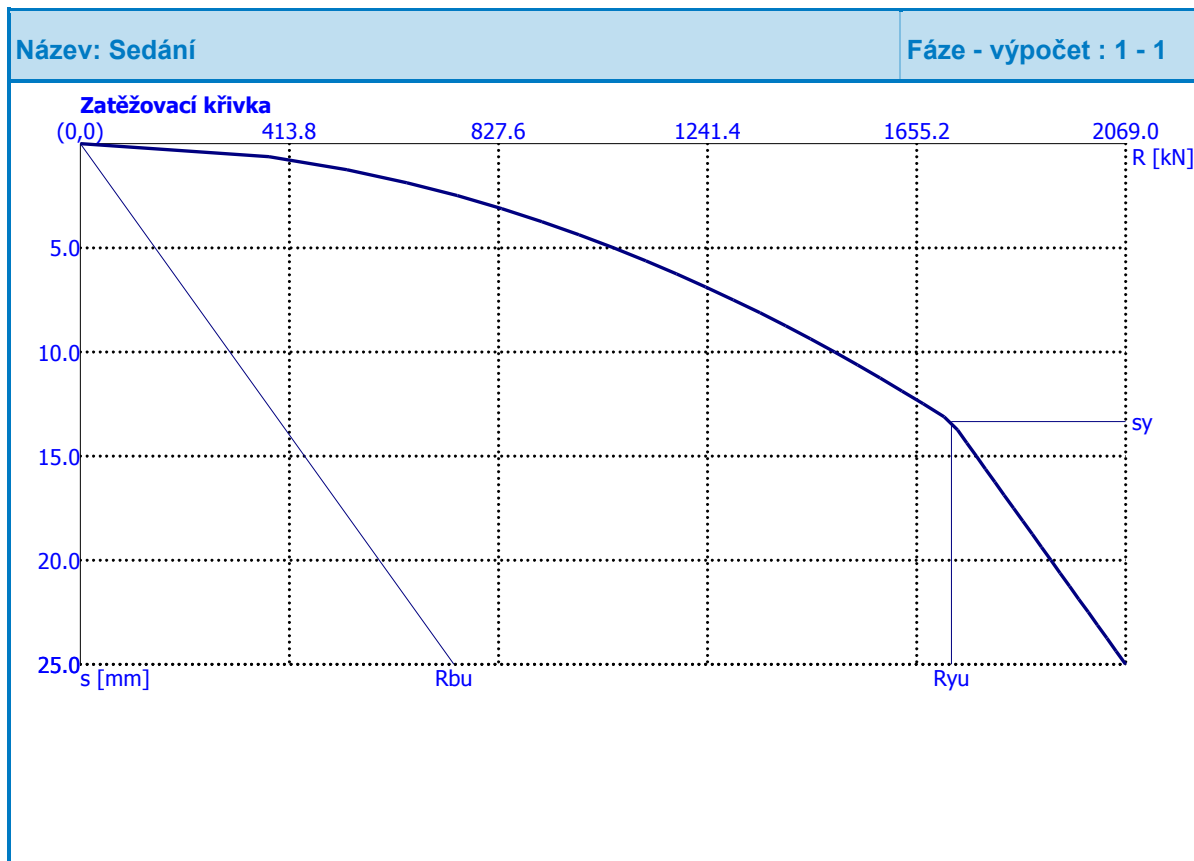
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 13.3$ mm

Únosnosti odpovídající sednutí 25.0 mm:

Únosnost paty $R_{bu} = 739.46$ kN

Celková únosnost $R_c = 2068.96$ kN

Pro zatížení $Q = 1050.00$ kN je sednutí piloty 4.9 mm



Obrázek 15: Sedání - zatěžovací křivka P1 [21]

Posouzení čís. 1

Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepriznivějších zatěžovacích stavů.

Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

Maximální vnitřní síly a deformace:

Max. deformace = 4.6 mm
piloty

Max. posouvající síla = 62.05 kN

Maximální moment = 345.25 kNm

Dimenzace výztuže:

Vyztužení - 12 ks profil 18.0 mm; krytí 75.0 mm

Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota

Stupeň vyztužení $\rho = 0.480 \% > 0.432 \% = \rho_{\min}$

Zatížení: $N_{Ed} = -820.00$ kN (tlak) ; $M_{Ed} = 345.25$ kNm

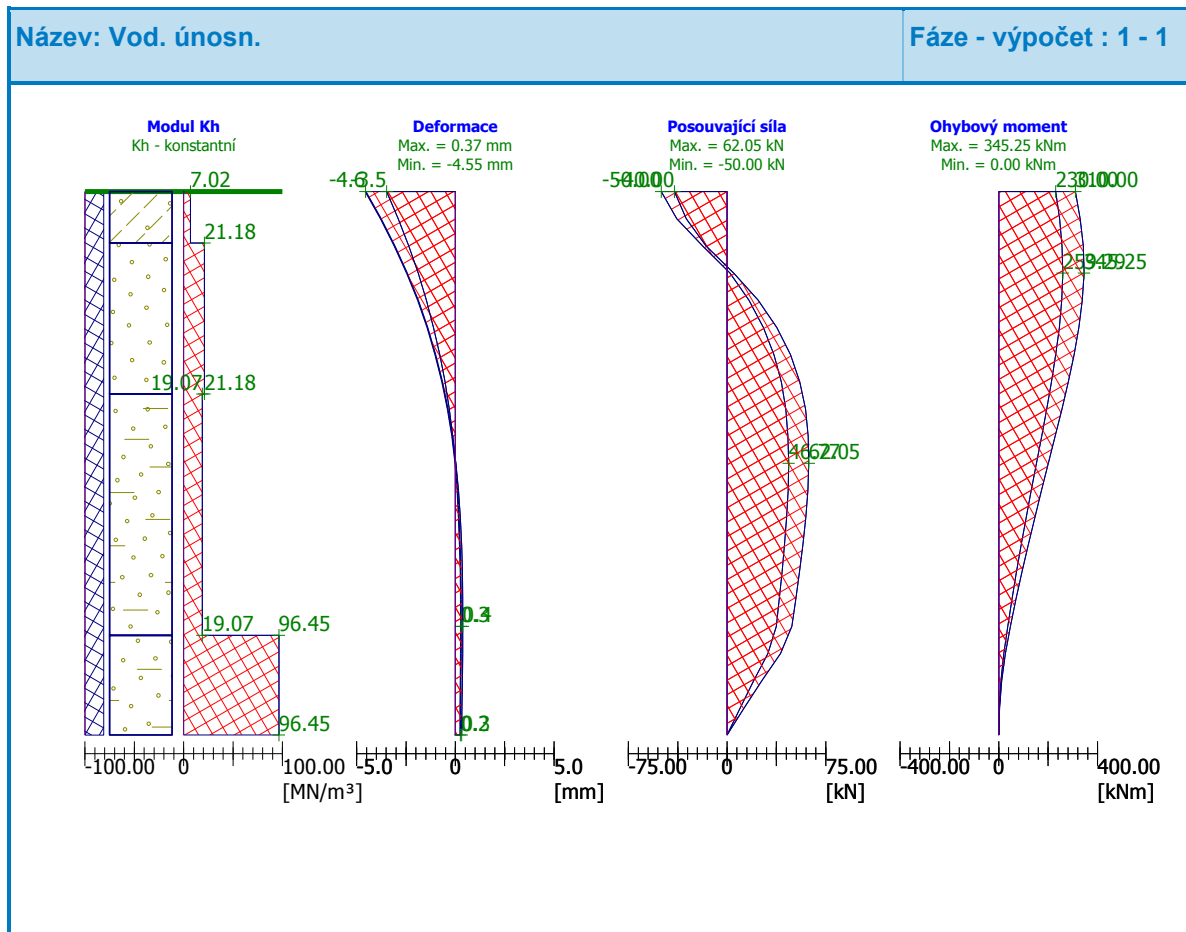
Únosnost: $N_{Rd} = -2144.73$ kN; $M_{Rd} = 903.01$ kNm

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

Dimenzace smykové výztuže:

Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 291.43 \text{ kN} > 62.05 \text{ kN} = V_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.



Obrázek 16: Vodorovná únosnost piloty P1 [21]

Posouzení piloty – P2

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce: EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Piloty

Výpočet pro odvozené podmínky: ČSN 73 1002

Zatěžovací křivka: nelineární (Masopust)

Vodorovná únosnost: pružný poloprostor

Metodika posouzení: výpočet podle EN1997

Návrhový přístup: 1 - redukce zatížení a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F) [21]					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení:	$\gamma_G =$	1.35 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]

Součinitele redukce materiálu (M)				
Trvalá návrhová situace				
		Kombinace 1		Kombinace 2
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření:	$\gamma_\phi =$	1.00 [-]		1.25 [-]
Součinitel redukce efektivní soudržnosti:	$\gamma_c =$	1.00 [-]		1.25 [-]
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti:	$\gamma_{cu} =$	1.00 [-]		1.40 [-]

Součinitele redukce odporu (R)				
Trvalá návrhová situace				
		Kombinace 1		Kombinace 2
Součinitel redukce odporu na plášti:	$\gamma_s =$	1.00 [-]		1.30 [-]
Součinitel redukce odporu na patě:	$\gamma_b =$	1.25 [-]		1.60 [-]
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty:	$\gamma_{st} =$	1.25 [-]		1.60 [-]

Parametry zemin

Třída F3, konzistence tuhá

Objemová tíha: $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$

Úhel vnitřního tření: $\varphi_{ef} = 22.00^\circ$

Soudržnost zeminy: $c_{ef} = 16.00 \text{ kPa}$

Poissonovo číslo: $\nu = 0.38$

Modul přetvárnosti: $E_{def} = 6.00 \text{ MPa}$

Obj. tíha sat. zeminy: $\gamma_{sat} = 21.00 \text{ kN/m}^3$

Úhel roznášení: $\beta = 12.00^\circ$

Třída S3-G4, středně ulehlá-ulehá

Objemová tíha:	γ	=	18.50	kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	30.00	°
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	4.00	kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0.30	
Modul přetvárnosti:	E_{def}	=	20.00	MPa
Obj. tíha sat.zeminy:	γ_{sat}	=	21.00	kN/m ³
Úhel roznášení:	β	=	16.00	°

pískovec - eluvium R6 - S5

Objemová tíha:	γ	=	19.00	kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	30.00	°
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	10.00	kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0.35	
Modul přetvárnosti:	E_{def}	=	18.00	MPa
Obj. tíha sat.zeminy:	γ_{sat}	=	21.00	kN/m ³
Úhel roznášení:	β	=	16.00	°

pískovec R5

Objemová tíha:	γ	=	21.00	kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	36.00	°
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	30.00	kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0.25	
Modul přetvárnosti:	E_{def}	=	100.00	MPa
Obj. tíha sat.zeminy:	γ_{sat}	=	21.00	kN/m ³
Úhel roznášení:	β	=	20.00	°

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0.60$ m

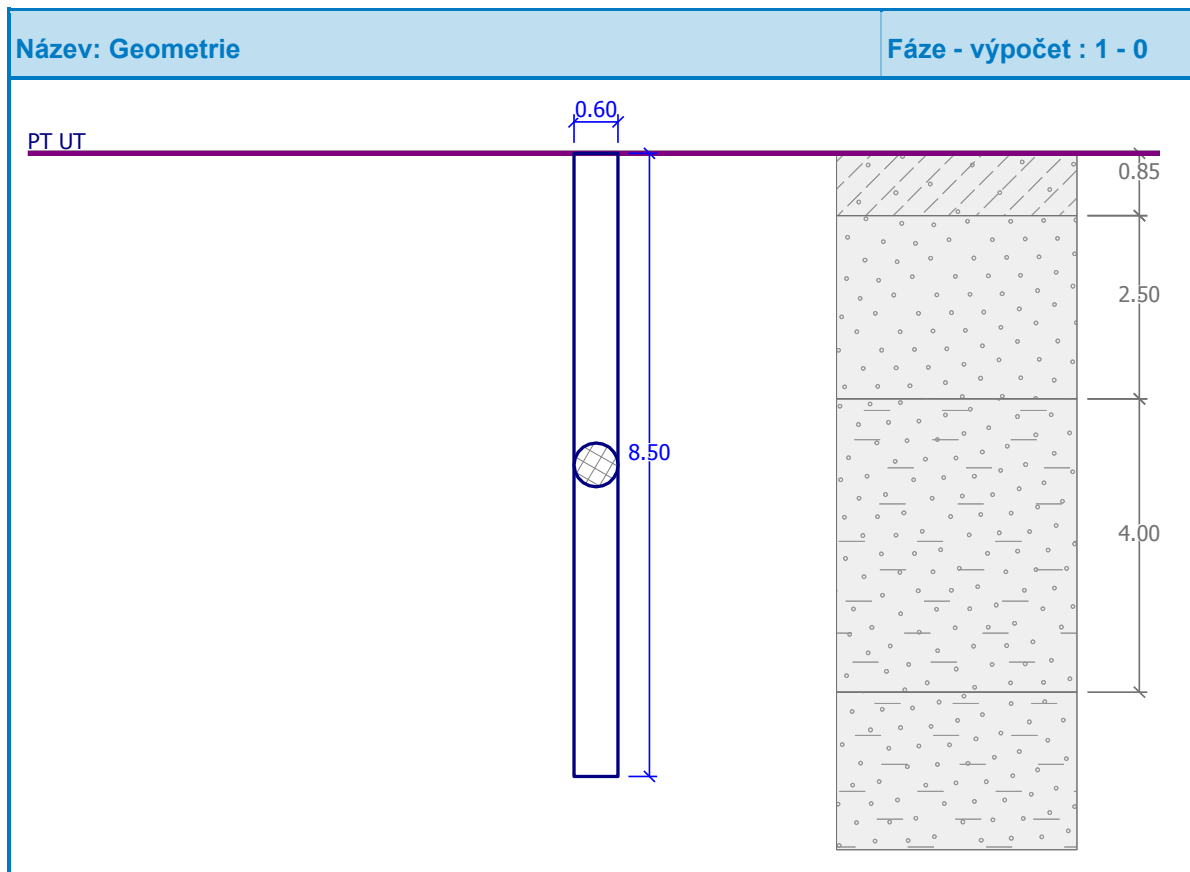
Délka $l = 8.50$ m

Umístění

Vysazení $h = 0.00$ m

Hloubka upraveného terénu $h_z = 0.00$ m

Typ technologie: Vrtané piloty



Obrázek 17: Geometrie piloty P2 [21]

Modul reakce podloží uvažován jako konstantní.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23.00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 20/25

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20.00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2.20 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_{cm} = 29000.00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti ve smyku $G = 11340.00 \text{ MPa}$

Ocel podélná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Geologický profil a přiřazení zemin [21]

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0.85	Třída F3, konzistence tuhá	
2	2.50	Třída S3-G4, středně ulehlá-ulehá	
3	4.00	pískovec - eluvium R6 - S5	
4	-	pískovec R5	

Zatížení [21]

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	ANO		max. N + max M	Návrhové	1160.00	60.00	0.00	0.00	30.00
2	ANO		max. M + příslušné N	Návrhové	700.00	60.00	0.00	0.00	30.00
3	ANO		charakter. max N + max. M	Užitné	860.00	45.00	0.00	0.00	22.00

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti: analytické řešení

Typ výpočtu: výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace: trvalá

Metodika posouzení: bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1**Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data [21]**

Vrstva a číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0.00	0.85	0.85	7.00	46.00	20.00
2	0.85	3.35	2.50	14.00	62.00	16.00
3	3.35	7.35	4.00	27.00	91.00	48.00
4	7.35	8.50	1.15	20.00	131.00	94.00

Uvažovat zatížení: užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1.00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25.0$ mm

Regresní součinitel $e = 957.00$

Regresní součinitel $f = 704.00$

Body zatěžovací křivky [21]

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0.0	0.00
2.5	522.15
5.0	738.43
7.5	904.38
10.0	1034.24
12.5	1080.50
15.0	1126.76
17.5	1173.01
20.0	1219.27
22.5	1265.53
25.0	1311.78

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace plášt. tření $R_{yu} = 1028.79$ kN

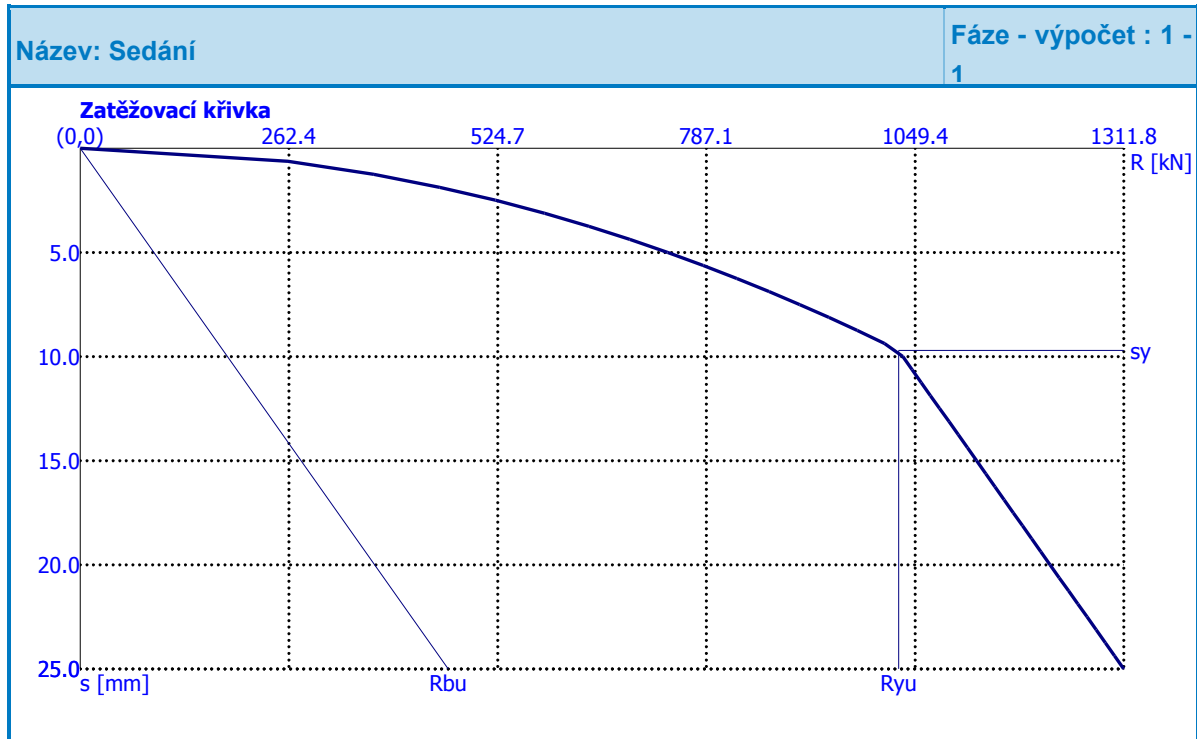
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 9.7$ mm

Únosnosti odpovídající sednutí 25.0 mm:

Únosnost paty $R_{bu} = 462.57$ kN

Celková únosnost $R_c = 1311.78$ kN

Pro zatížení $Q = 860.00$ kN je sednutí piloty 6.8 mm



Obrázek 18: Sedání - zatěžovací křivka P2 [21]

Posouzení čís. 1

Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.
 Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

Maximální vnitřní síly a deformace:

Max. deformace = 3.3 mm

piloty

Max. posouvající síla = 30.00 kN

Maximální moment = 82.72 kNm

Dimenzace výztuže:

Vyztužení - 10 ks profil 14.0 mm; krytí 75.0 mm

Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota

Stupeň vyztužení $\rho = 0.544 \% > 0.500 \% = \rho_{min}$

Zatížení: $N_{Ed} = -1160.00$ kN (tlak) ; $M_{Ed} = 82.72$ kNm

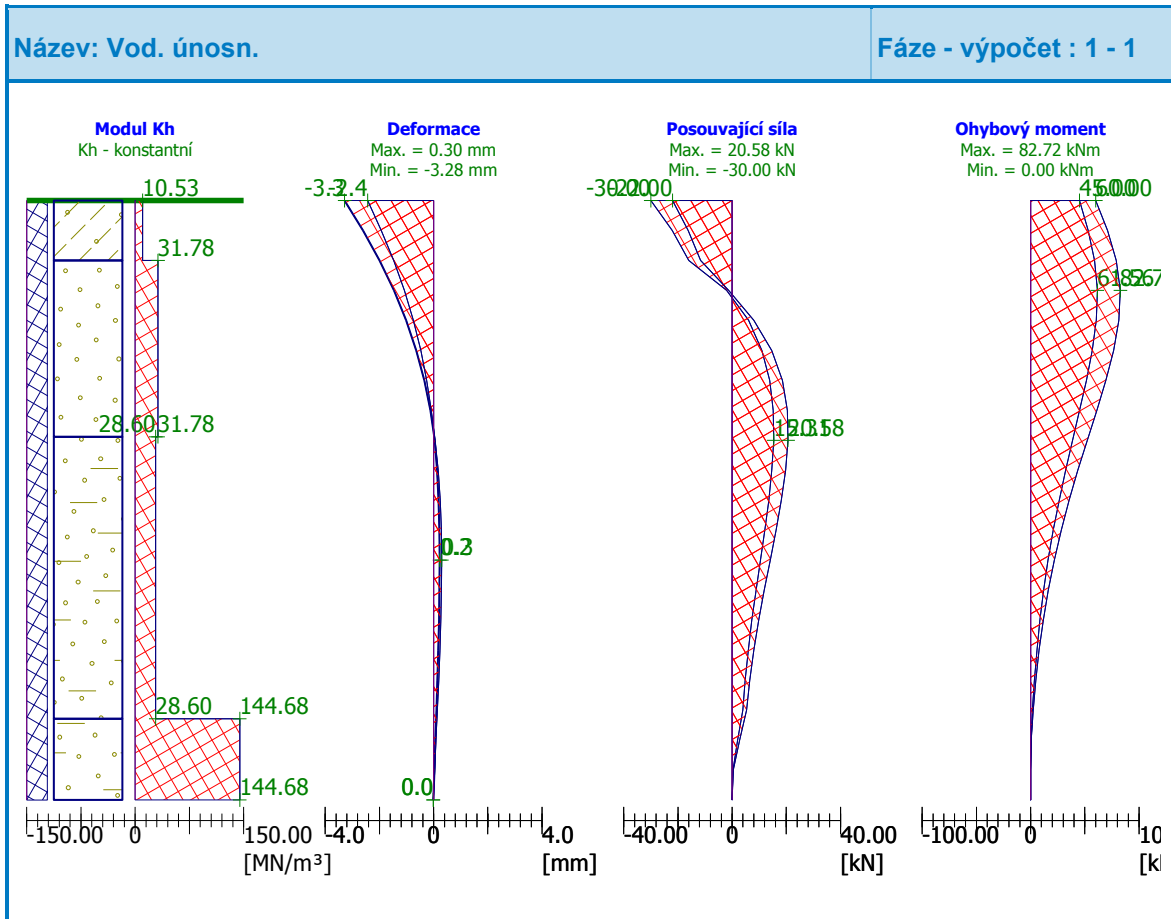
Únosnost: $N_{Rd} = -2911.12$ kN; $M_{Rd} = 207.58$ kNm

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

Dimenzace smykové výztuže:

Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 185.11 \text{ kN} > 30.00 \text{ kN} = V_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.



Obrázek 19: Vodorovná únosnost piloty P2 [21]

Posouzení piloty – P3

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce: EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Piloty

Výpočet pro odvodněné podmínky: ČSN 73 1002

Zatěžovací křivka: nelineární (Masopust)

Vodorovná únosnost: pružný poloprostor

Metodika posouzení: výpočet podle EN1997

Návrhový přístup: 1 - redukce zatížení a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F) [21]					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení:	$\gamma_G =$	1.35 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]

Součinitele redukce materiálu (M)					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření:	$\gamma_\phi =$	1.00 [-]		1.25 [-]	
Součinitel redukce efektivní soudržnosti:	$\gamma_c =$	1.00 [-]		1.25 [-]	
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti:	$\gamma_{cu} =$	1.00 [-]		1.40 [-]	

Součinitele redukce odporu (R)					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
Součinitel redukce odporu na plášti:	$\gamma_s =$	1.00 [-]		1.30 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě:	$\gamma_b =$	1.25 [-]		1.60 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty:	$\gamma_{st} =$	1.25 [-]		1.60 [-]	

Parametry zemin

Třída F3, konzistence tuhá

Objemová tíha: $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$

Úhel vnitřního tření: $\varphi_{ef} = 22.00^\circ$

Soudržnost zeminy: $c_{ef} = 16.00 \text{ kPa}$

Poissonovo číslo: $\nu = 0.38$

Modul přetvárnosti: $E_{def} = 6.00 \text{ MPa}$

Obj. tíha sat. zeminy: $\gamma_{sat} = 21.00 \text{ kN/m}^3$

Úhel roznášení: $\beta = 12.00^\circ$

Třída S3-G4, středně ulehlá-ulehá

Objemová tíha:	γ	=	18.50	kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	30.00	°
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	4.00	kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0.30	
Modul přetvárnosti:	E_{def}	=	20.00	MPa
Obj. tíha sat.zeminy:	γ_{sat}	=	21.00	kN/m ³
Úhel roznášení:	β	=	16.00	°

pískovec - eluvium R6 - S5

Objemová tíha:	γ	=	19.00	kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	30.00	°
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	10.00	kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0.35	
Modul přetvárnosti:	E_{def}	=	18.00	MPa
Obj. tíha sat.zeminy:	γ_{sat}	=	21.00	kN/m ³
Úhel roznášení:	β	=	16.00	°

pískovec R5

Objemová tíha:	γ	=	21.00	kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	36.00	°
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	30.00	kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0.25	
Modul přetvárnosti:	E_{def}	=	100.00	MPa
Obj. tíha sat.zeminy:	γ_{sat}	=	21.00	kN/m ³
Úhel roznášení:	β	=	20.00	°

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0.60$ m

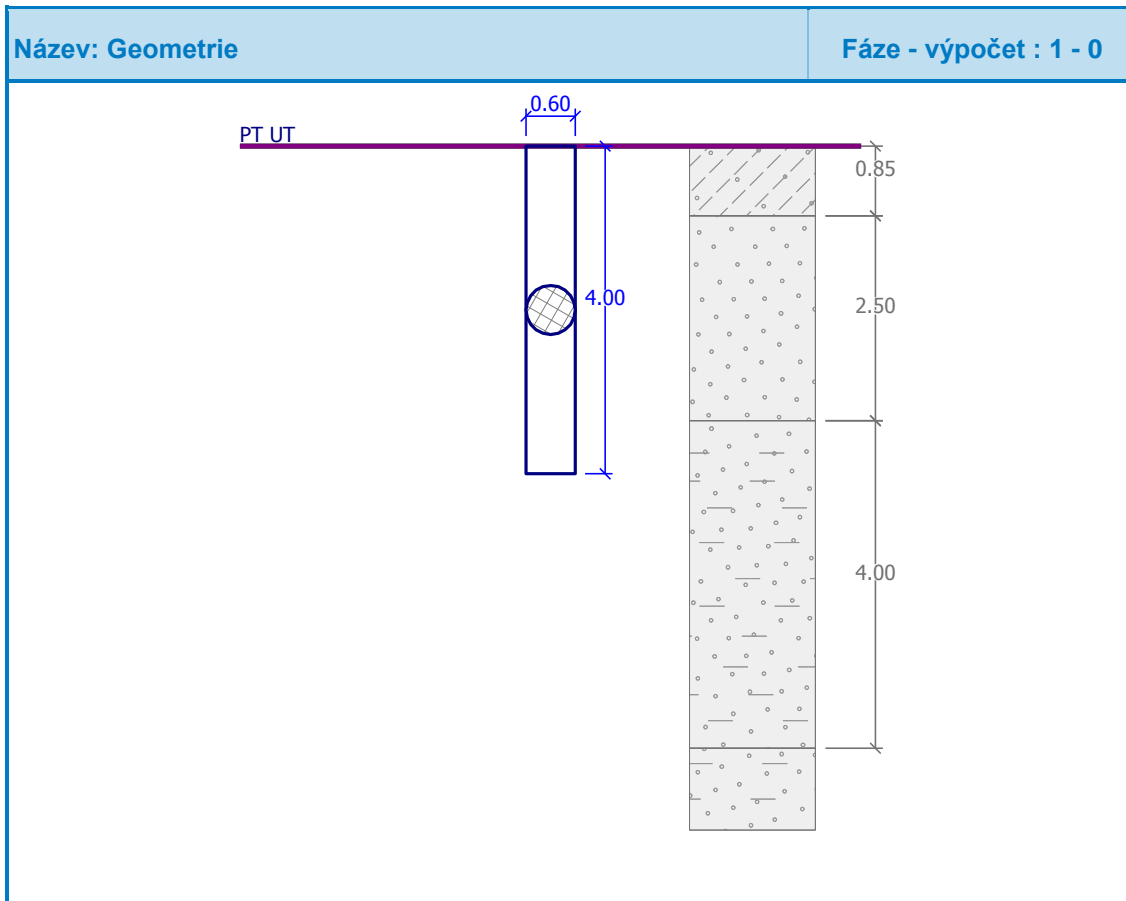
Délka $l = 4.00$ m

Umístění

Vysazení $h = 0.00$ m

Hloubka upraveného terénu $h_z = 0.00$ m

Typ technologie: Vrtané piloty



Obrázek 20: Geometrie piloty P3 [21]

Modul reakce podloží uvažován jako konstantní.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23.00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 20/25

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20.00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2.20 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_{cm} = 29000.00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti ve smyku $G = 11340.00 \text{ MPa}$

Ocel podélná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Geologický profil a přiřazení zemin [21]

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0.85	Třída F3, konzistence tuhá	
2	2.50	Třída S3-G4, středně ulehlá-ulehá	
3	4.00	pískovec - eluvium R6 - S5	
4	-	pískovec R5	

Zatížení [21]

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	AN		max. N + max M	Návrhové	310.00	100.00	0.00	0.00	30.00
2	AN		max. M + příslušné N	Návrhové	190.00	100.00	0.00	0.00	30.00
3	AN		charakter. max N + max. M	Užitné	230.00	80.00	0.00	0.00	22.00

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svíslé únosnosti: analytické řešení

Typ výpočtu: výpočet pro odvozené podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace: trvalá

Metodika posouzení: bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1**Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data [21]**

Vrstva a	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0.00	0.85	0.85	7.00	46.00	20.00
2	0.85	3.35	2.50	14.00	62.00	16.00
3	3.35	4.00	0.65	13.00	91.00	48.00

Uvažovat zatížení: užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1.00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25.0$ mm

Regresní součinitel $e = 988.00$

Regresní součinitel $f = 1084.00$

Body zatěžovací křivky [21]

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0.0	0.00
2.5	211.82
5.0	299.56
7.5	366.89
10.0	423.65
12.5	466.56
15.0	503.73
17.5	540.91
20.0	578.08
22.5	615.25
25.0	652.43

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace plášť. tření $R_{yu} = 444.05$ kN

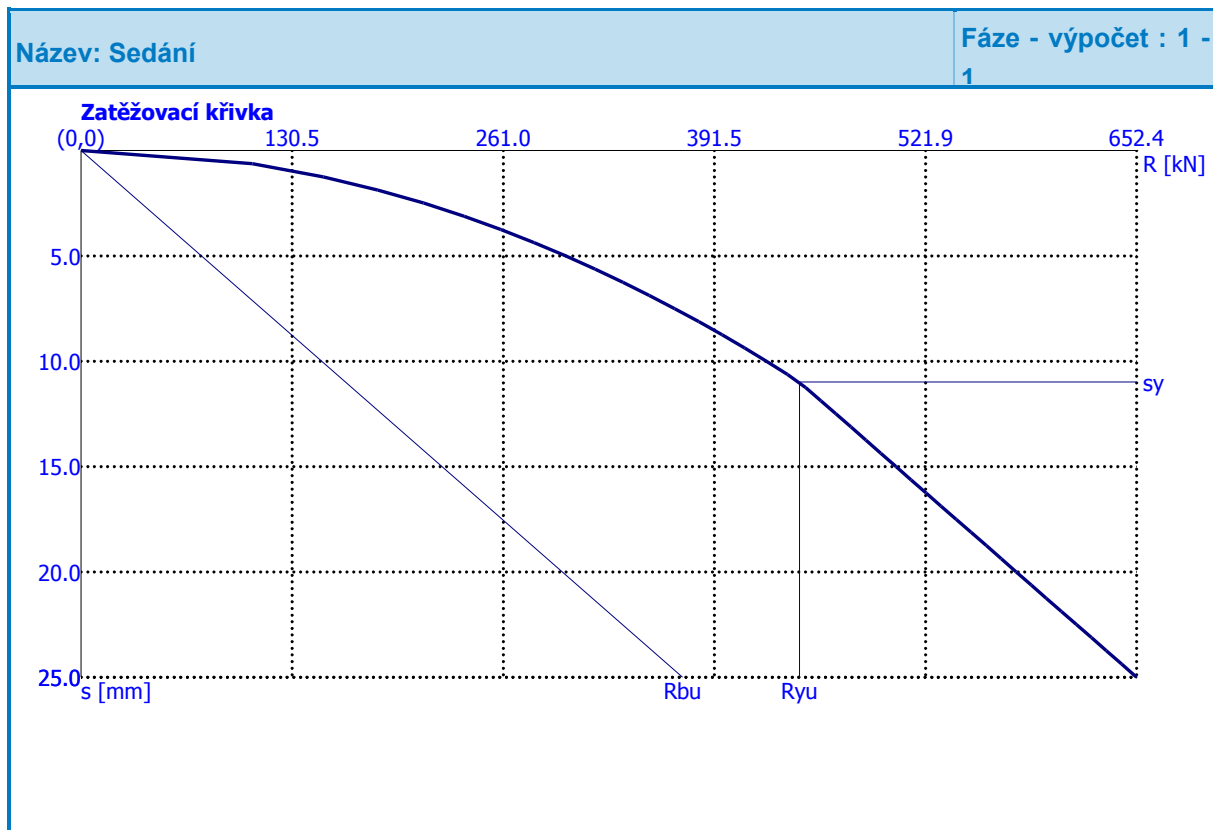
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 11.0$ mm

Únosnosti odpovídající sednutí 25.0 mm:

Únosnost paty $R_{bu} = 371.74$ kN

Celková únosnost $R_c = 652.43$ kN

Pro zatížení $Q = 230.00$ kN je sednutí piloty 2.9 mm



Obrázek 21: Sedání - zatěžovací křivka P3 [21]

Posouzení čís. 1

Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.
Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

Maximální vnitřní síly a deformace:

Max. deformace = 7.0 mm
piloty

Max. posouvající síla = 53.95 kN

Maximální moment = 111.76 kNm

Dimenzace výztuže:

Vyztužení - 10 ks profil 14.0 mm; krytí 75.0 mm

Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota

Stupeň vyztužení $\rho = 0.544 \% > 0.500 \% = \rho_{\min}$

Zatížení: $N_{Ed} = -190.00$ kN (tlak) ; $M_{Ed} = 111.76$ kNm

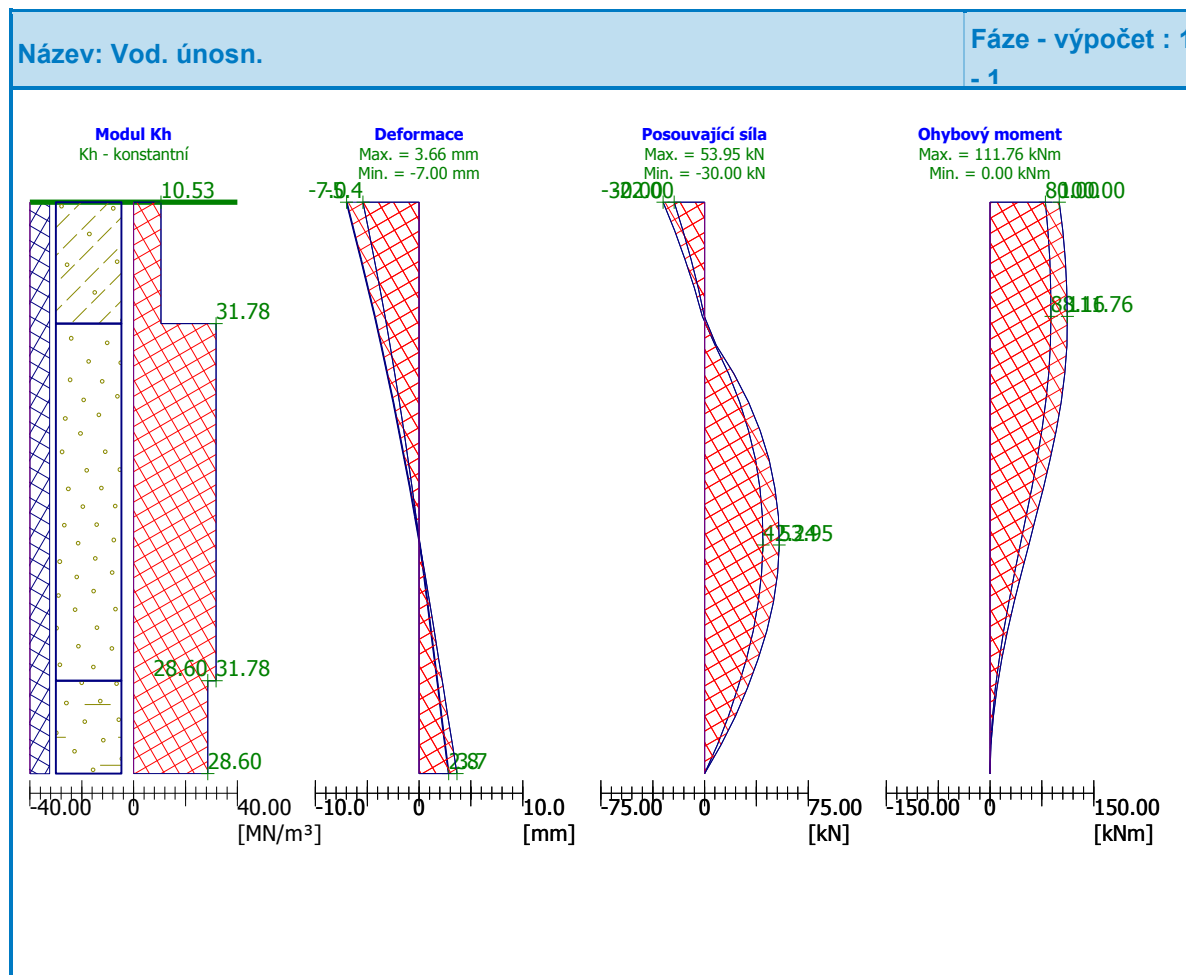
Únosnost: $N_{Rd} = -344.10$ kN; $M_{Rd} = 202.39$ kNm

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

Dimenzace smykové výztuže:

Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 112.23 \text{ kN} > 53.95 \text{ kN} = V_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.



Obrázek 22: Vodorovná únosnost piloty P3 [21]

7 TECHNOLOGICKÝ POSTUP

7.1.1 Navržené piloty

Pro založení zadané tribuny bylo navrženo a statickým výpočtem posouzeno pilotové založení na vrтанých pilotách průměru 600 a 900 mm. Piloty průměru 900 mm. jsou navrženy pro horní řadu sloupů tribuny, které nesou střešní konstrukci. Piloty jsou ukončeny hlavicemi s kalichy o průměru 1350 mm. a výšky 1700 mm. Do těchto hlavic s kalichy jsou kotveny sloupy průřezu 700 x 400 mm. do hloubky 1200 mm. Piloty průměru 600 mm. jsou navrženy pro střední a spodní řadu sloupů tribuny. Piloty jsou ukončeny hlavicemi s kalichy o průměru 1200 mm. a výšky 1300 mm. Do těchto hlavic s kalichy jsou kotveny sloupy průřezu 500 x 400 mm. a 400 x 400 mm. do hloubky 900 mm.

7.1.2 Pořadí pilotovacích prací

1. vrty pro hlavice pilot
2. vrtání pilot
3. osazení armatury
4. betonáž pilot
5. betonáž hlavic

7.1.3 Postup provádění

Pilotovací práce se provádějí za stálého odborného dohledu. Před zahájením vrtání se osa vrtu zajistí pomocnými vytyčovacími body za účelem průběžné kontroly polohy vrtu. Vrty pro hlavice se budou provádět rotačním vrtáním základním nástrojem s rozšířením přibíracími noži na potřebný průměr 1350 a 1200 mm, viz obr. 23.



Obrázek 23: Vrtná souprava s nástavcem pro vrtání hlavice piloty [foto autor BP]

Vrty pro piloty se budou provádět technologií rotačního vrtání, vrtný nástroj: spirálový vrták a šapa. Podle geologického průzkumu se předpokládá vrtání bez pažení. K provedení vrtu najíždí souprava tak, aby vrtný nástroj byl nad středem budoucí piloty, viz obr. 24.

Délka pilot uvedená ve výpočtu je délkou minimální. V případě, že budou při vrtu zjištěny jiné geologické podmínky než ty předpokládané ve výpočtech, musí se v součinnosti s geologem a statikem upravit délka pilot podle skutečně zjištěné geologie vrtu.

Před dokončením vrtu je nutné očistit ústí vrtu a dočistit dno vrtu pomocí šapy a nebo minimálně dvěma náběry vrtného nářadí bez přítlaku.



Obrázek 24: Vyvrtaná pilota před osazením výztuže [foto autor BP]

Do očištěné a připravené piloty se za pomoci jeřábu osadí armokoš, který se opatří distančními prvky pro dodržení požadovaného krytí.

Armokoš se do piloty osazuje bezprostředně před zahájením betonáže, popřípadě lze osazovat po betonáži piloty zatlačením, lehkým zatloukáním nebo zavibrováním, viz obr. 25, 26.

V případě, že stěny vrtu pro hlavice nebudou stabilní, opatří se hlavice o stočenou síť na montážních kruzích.



Obrázek 25: Osazování armokoše piloty s distančními prvky [foto autor BP]



Obrázek 26: Osazování armokoše hlavice piloty [foto autor BP]

Po osazení armokoše nastává betonáž pilot, viz obr. 27, 28. Piloty v suchém prostředí je možno betonovat přímo do vrtu. Čerstvý beton se do vrtu ukládá pomocí betonážní roury s násypkou tak, aby proud betonu nenarážel na výztuž piloty a stěny vrtu. Při betonování piloty je zakázáno používat vibrátor, aby nedošlo k roztržení čerstvého betonu. Betonáž piloty musí probíhat plynule bez delších přestávek tak, aby celá pilota byla vybetonována před započítáním tuhnutí cementu. Pokud z provozních důvodů dojde k nedobetonování piloty, je nutné pracovní spáru řádně ošetřit a před další betonáží očistit a připravit.



Obrázek 27: Betonáž piloty [foto autor BP]



Obrázek 28: Betonáž piloty na úroveň pracovní spáry [foto autor BP]

Hlavice piloty, viz obr. 29, 30, se betonuje s časovým odstupem. Konstrukce hlavice piloty má zpravidla pracovní spáru v úrovni dna kalichu. Pracovní spára se musí před betonáží řádně očistit. Čerstvý beton se zhuťňuje vibrátorem. Pro zdrsnění povrchu stěn kalichu se ocelové bednění obalí fólií (např. Publifex). Po vytvrdnutí a odbednění hlavice piloty následuje osazení sloupu železobetonové nosné konstrukce, viz obr. 31.



Obrázek 29: Hlavice piloty před betonáží [foto autor BP]



Obrázek 30: Zabetonovaná hlavice s kalichem [foto autor BP]



Obrázek 31: Osazený sloup v kalichu hlavice [foto autor BP]

8 ZÁVĚR

Úkolem bakalářské práce byl návrh založení tribuny atletického stadionu v Plzni. Pro návrh založení byly autorem práce zvažovány varianty plošného založení na patkách nebo hlubinného založení pomocí vrtaných velkopřůměrových pilot. Plošné založení se vzhledem ke složitým geologickým podmínkám ukázalo jako neekonomické. Pro založení by bylo nutno použít masivní základové patky s úrovní základové spáry v hloubce ca 3m pod terénem, což by mimo jiné znamenalo velké množství nákladných zemních prací.

S ohledem na geologické podmínky v prostoru stavby bylo tedy zvoleno hlubinné založení pomocí vrtaných velkopřůměrových pilot o průměrech 600 a 900 mm. Piloty byly zvoleny s ohledem na požadovaný brzký termín dokončení a na ekonomické důvody. Délka pilot byla zvolena ve třech řadách na základě zatížení:

Piloty tvaru P1 – průměr 900 mm a délka 9 m.

Piloty tvaru P2 – průměr 600 mm a délka 8,5 m.

Piloty tvaru P3 – průměr 600 mm a délka 4 m.

Postup prací bude proveden následovně:

Nejdříve se na vytýčených místech předvrtá hlavice piloty, poté proběhne vrtání samotné piloty na požadovanou délku.

Po začištění piloty následuje osazení armokoše s distančními prvky a následná betonáž piloty a osazení armokoše hlavice piloty.

Po 24 hodinách dojde k betonáži hlavice piloty, posléze odbednění hlavice piloty, začištění a příprava na osazení svislé nosné konstrukce železobetonového prefabrikovaného skeletu.

Pro statický výpočet pilot byl použit program GEO 5.

Výpočet byl proveden dle EC 7, za použití návrhového přístupu 2.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Odborná literatura

- [1] MASOPUST, J., GLISNÍKOVÁ, V.: Zakládání staveb: modul M01: Zakládání staveb. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007.
- [2] MASOPUST, Jan. Speciální zakládání staveb. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004.
- [3] MASOPUST, J.: Vrtané piloty. Čeněk a Ježek, Praha, 1994.
- [4] MASOPUST, J.: Navrhování základových a pažících konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1997. Informační centrum ČKAIT, Praha, 2012.
- [5] MASOPUST, Jan. Speciální zakládání staveb. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006.
- [6] Turček, P. a kol.: Zakládání staveb. Jaga, Bratislava 2005.
- [7] Weiglová, Kamila: Mechanika zemin. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1998

Internetové zdroje

- [8] DOSEDĚL, [online] Antonín a kol. Stavební konstrukce pro 2. a 3. ročník SOU. Praha: Sobotáles, 1998. ISBN 80-85920-51-4. Dostupné na www: <http://eluc.cz/verejne/lekce/2152>
- [9] Sborníky Zakládání staveb a.s. Praha [online] dostupné na www: www.hornictvi.info/pripucka/geotech/geotech.htm
- [10] Lysák Arnošt, ASB-portal [online]. Dostupné z <http://www.asb-portal.cz/inzenyrskestavby/geotechnika/stolete-zkusenosti-spilotami-franki>
- [11] Swietelsky stavební spol. [online]. Dostupné na www.swietelsky.cz/index/php?id=412
- [12] Geologické mapy. www.geologické-mapy.cz. Geologické-mapy [online]. Poslední aktualizace 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z www: http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=825947&x=1069688&s=1

Použité normy

- [13] ČSN 736133. Návrh o provádění zemního tělesa komunikace. Praha: Český normalizační institut, 2012.
- [14]* ČSN 733050. Zemné práce. Všeobecné ustanovenia. Praha: ČESKOSLOVENSKÁ STÁTNÍ NORMA, 1987
- [15] ČSN EN 1990. Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [16] ČSN EN 1992. Navrhování betonových konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [17] ČSN EN 1997-1. Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [18] ČSN EN 206. Beton: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Praha: Český normalizační institut, 2014.

[19] ČSN EN 1536. Provádění speciálních geotechnických prací - vrtané piloty. Praha: Český normalizační institut, 2011.

* norma ČSN 733050 již není platná

Ostatní zdroje

[20] Závěrečná zpráva inženýrsko - geologického průzkumu spol. GEKON s.r.o.. Plzeň, 2011

[21] Geotechnický program GEO 5, v. 18

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

E_{def}	modul přetvárnosti
φ_{ef}	efektivní úhel vnitřního tření
c_{ef}	soudržnost zeminy
ν	Poissonovo číslo
γ	objemová tíha zeminy
γ_{sat}	objemová tíha saturované zeminy
β	úhel roznášení
γ_G	součinitel stálého zatížení
γ_ϕ	součinitel redukce úhlu vnitřního tření
γ_c	součinitel redukce efektivní soudržnosti
γ_{cu}	součinitel redukce neodvodnění smykové pevnosti
γ_s	součinitel redukce odporu na plášti
γ_b	součinitel redukce odporu na patě
γ_{st}	součinitel redukce únosnosti tažení piloty
f_{ck}	válcová pevnost v tlaku betonu
f_{ctm}	pevnost v tahu betonu
E_{cm}	modul pružnosti betonu
G	modul pružnosti ve smyku betonu
f_{yk}	mez kluzu oceli
d	průměr piloty
l	délka piloty
h	vysazení piloty
h_z	hloubka upraveného terénu piloty
N	normálová síla
M_x	moment ve směru x
M_y	moment ve směru y
H_x	vodorovná síla ve směru x
H_y	vodorovná síla ve směru y
m, mm	jednotky délky
E_s	průměrná velikost sečnového modulu deformace zeminy podél dřívku piloty

a, b	regresní koeficienty
m_2	součinitel vlivu ochrany dřívku
S_{lim}	limitní sedání piloty
e, f	regresní součinitel
R_{yu}	zatížení na zemi mobilizace plášťového tření
S_y	velikost sedání odpovídající síle R_{yu}
R_{bu}	únosnost paty
R_c	celková únosnost
Q	zatížení
ρ	stupeň vyztužení
ρ_{min}	minimální stupeň vyztužení
%	procenta
kN	jednotka síly
kNm	jednotka momentu
ks	kusy
k_h	reakce podloží
C 20/25 XC2	označení betonu
B500B (10 505 (R))	označení oceli

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Monolitická patka před betonáží [foto autor BP]	10
Obrázek 2: Monolitická patky již po betonáží [foto autor BP]	10
Obrázek 3: Prefabrikovaná patka dovezená na stavbu [foto autor BP].....	11
Obrázek 4: Základové pasy mezi pilotami [foto autor BP].....	11
Obrázek 5: Základový rošt monolitický [8]	12
Obrázek 6: Vrtané velkopřůměrové piloty [foto autor BP].....	14
Obrázek 7: Piloty pažené ocelovými pažnicemi pomocí vrtné hlavy [9].....	16
Obrázek 8: Piloty pažené jílovou suspenzí [9]	17
Obrázek 9: Postup pilotáže ražené piloty Franki [10].....	18
Obrázek 10: Pohled na dokončenou tribunu atletického stadionu [11]	19
Obrázek 11: Vysvětlivky barev a původu podloží geologické mapy [12]	20
Obrázek 12: Geologický řez zájmového území [20].....	21
Obrázek 13: Jádrový vývrt J-1 [20].....	22
Obrázek 14: Geometrie piloty P1 [21]	32
Obrázek 15: Sedání - zatěžovací křivka P1 [21]	35
Obrázek 16: Vodorovná únosnost piloty P1 [21]	36
Obrázek 17: Geometrie piloty P2 [21]	39
Obrázek 18: Sedání - zatěžovací křivka P2 [21]	42
Obrázek 19: Vodorovná únosnost piloty P2 [21].....	43
Obrázek 20: Geometrie piloty P3 [21]	46
Obrázek 21: Sedání - zatěžovací křivka P3 [21]	49
Obrázek 22: Vodorovná únosnost piloty P3 [21].....	50
Obrázek 23: Vrtná souprava s nástavcem pro vrtání hlavice piloty [foto autor BP].....	51
Obrázek 24: Vyvrtaná pilota před osazením výztuže [foto autor BP]	52
Obrázek 25: Osazování armokoše piloty s distančními prvky [foto autor BP].....	53
Obrázek 26: Osazování armokoše hlavice piloty [foto autor BP].....	53
Obrázek 27: Betonáž piloty [foto autor BP].....	54
Obrázek 28: Betonáž piloty na úroveň pracovní spáry [foto autor BP]	55
Obrázek 29: Hlavice piloty před betonáží [foto autor BP].....	55
Obrázek 30: Zabetonovaná hlavice s kalichem [foto autor BP].....	56
Obrázek 31: Osazený sloup v kalichu hlavice [foto autor BP]	56

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Geotechnické parametry vrstvy F3 [20].....	23
Tabulka 2: Geotechnické parametry vrstvy S3 – G4 [20].....	24
Tabulka 3: Geotechnické parametry vrstvy R6- S5 [20].....	25
Tabulka 4: Geotechnické parametry vrstvy R5- 6 [20].....	26
Tabulka 5: Dílčí součinitele zatížení γ_F nebo účinku zatížení γ_E [17]	28
Tabulka 6: Dílčí součinitele parametrů základové půdy γ_M [17]	28
Tabulka 7: Dílčí součinitele únosnosti γ_R [17]	28

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Konstrukce, zatížení – Ing. Tomáš Marchal, z 10/2012.....	29
Příloha č. 2: Půdorys pilotového založení	