

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA GEOTECHNIKY



NÁVRH SPODNÍ STAVBY BYTOVÉHO DOMU

DESIGN OF SUBSTRUCTURE OF RESIDENTIAL BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: Bc. Achmed Mouzaev

Vedoucí práce: Ing. Jan Salák, CSc.

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

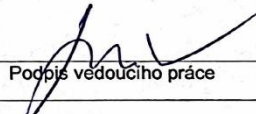
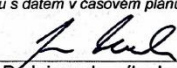
Praha, 2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

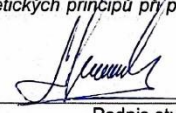
| | | |
|--------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|
| Příjmení: Mouzaev | Jméno: Achmed | Osobní číslo: 484595 |
| Zadávající katedra: Katedra geotechniky | | |
| Studijní program: N3607 - Stavební inženýrství | | |
| Studijní obor/specializace: 3608T008 - Konstrukce pozemních staveb | | |

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Název diplomové práce: Návrh spodní stavby bytového domu | |
| Název diplomové práce anglicky: Design of substructure of residential building | |
| Pokyny pro vypracování: Výpočet zatížení spodní stavby Model základové desky podepřené pilotami v programech GEO5 3D model stavby v programu SCIA Engineer Výkresová dokumentace spodní stavby | |
| Seznam doporučené literatury: | |
| Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jan Salák, CSc. | |
| Datum zadání diplomové práce: 04.10.2023 | Termín odevzdání DP v IS KOS: 8.1.2024 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small> |
|  Podpis vedoucího práce |  Podpis vedoucího katedry |

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

| | |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.10.2023 |  |
| Datum převzetí zadání | Podpis studenta(ky) |

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 8.1.2024

.....

Bc. Achmed Mouzaev

Poděkování

Touto cestou bych rád velice poděkoval svým rodičům za podporu při studiu a také všem, kteří mi pomáhali s přípravou diplomové práce. Zejména bych chtěl poděkovat vedoucímu své diplomové práce Ing. Janu Salákovi, CSc. za ochotné vedení, předané znalosti, podnětné rady, věnovaný čas a trpělivost při zpracování diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se věnuje návrhu a posouzení založení novostavby bytového domu v ulici Klapálkova v Praze. Návrh je proveden na základě architektonické studie budovy, předběžného statického výpočtu nosné konstrukce horní stavby a na základě aktuálního inženýrsko-geologického průzkumu zájmového území.

V práci je zpracován přehled geotechnických podmínek zájmového území. Založení budovy je navrženo a ověřeno dvěma různými výpočetními softwary se stručným popisem jednotlivých metod výpočtů a postupu při návrhu. Na závěr jsou jednotlivé výsledky navzájem porovnány. Součástí diplomové práce je výkresová dokumentace navržené konstrukce spodní stavby.

Klíčová slova

Statika, geotechnika, geologie, základy, piloty, základová deska, 3D model

Abstract

This diploma thesis deals with the design of the substructure of an apartment building in Klapálkova Street in Prague designed as a new residential building. The design is made on the basis of an architectural concept of the building, a preliminary static calculation of the superstructure, and an engineering-geological survey of the area of interest.

The overview on the geotechnical conditions of the affected locality is presented in the thesis. Calculation of the load on substructure is made. The foundation of the building is designed and verified by two different engineering softwares with a description of the individual calculation methods. As a summary the individual results are compared. Part of the diploma thesis is also the drawing documentation of the designed substructure.

Keywords

Statics, geotechnics, geology, foundations, piles, piled rafts, 3D model

OBSAH

| | |
|--------------------------------------------------|----|
| ÚVOD..... | 11 |
| 1 CHARAKTERISTIKA BUDOVY A JEJÍHO OKOLÍ | 12 |
| 1.1 Poloha řešené budovy | 12 |
| 1.2 Popis budovy..... | 13 |
| 1.2.1 Obecný popis budovy | 13 |
| 1.2.2 Popis nosné konstrukce budovy | 15 |
| 1.2.2.1 Konstrukční schémata budovy | 16 |
| 1.2.2.2 Statika horní stavby..... | 20 |
| 1.2.2.3 Ztužení budovy ve vodorovném směru..... | 20 |
| 1.3 Okolí staveniště..... | 21 |
| 2 INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY | 24 |
| 2.1 Úvod..... | 24 |
| 2.2 Geomorfologické poměry | 25 |
| 2.3 Přírodní poměry | 26 |
| 2.3.1 Geografické a přírodní poměry | 26 |
| 2.3.2 Geologické poměry širšího okolí..... | 27 |
| 2.3.2.1 Kvartér..... | 27 |
| 2.3.2.2 Skalní podklad..... | 27 |
| 2.3.3 Hydrogeologické poměry širšího okolí | 29 |
| 2.4 Vrtná prozkoumanost a vrtné práce | 30 |
| 2.5 Vzorkování a laboratorní analýzy..... | 33 |
| 2.6 Výsledky průzkumu | 33 |
| 2.6.1 Archivní rešerše..... | 33 |
| 2.6.2 Geologické poměry zájmového území | 34 |
| 2.6.2.1 Kvarterní pokryv | 34 |
| 2.6.2.2 Skalní podloží..... | 35 |

| | | |
|--------|-------------------------------------------------------------|----|
| 2.6.3 | Hydrogeologické poměry zájmového území..... | 35 |
| 2.6.4 | Inženýrsko-geologické poměry zájmového území..... | 36 |
| 2.6.5 | Nezámrzná hloubka | 37 |
| 2.6.6 | Geomechanické vlastnosti zemin a hornin | 37 |
| 2.6.7 | Sklony svahů | 37 |
| 2.6.8 | Zatřídění těžitelnosti podle ČSN 73 3050 Zemní práce | 37 |
| 2.6.9 | Agresivita podzemní vody..... | 38 |
| 2.7 | Shrnutí inženýrsko-geologického průzkumu | 39 |
| 2.8 | Geologické řezy | 41 |
| 2.9 | Zatřídění zemin a jejich geomechanické charakteristiky..... | 44 |
| 2.10 | Celkový geologický model – GM1 | 45 |
| 2.11 | Geotechnický model..... | 46 |
| 2.12 | Geomechanické vlastnosti zemin a hornin..... | 47 |
| 2.13 | Možnosti založení budovy | 48 |
| 2.13.1 | Založení na základové desce | 49 |
| 2.13.2 | Založení na pasech a patkách | 49 |
| 2.13.3 | Pilotový základ | 49 |
| 3 | NÁVRH A POSOUZENÍ ZALOŽENÍ BUDOVY | 50 |
| 3.1 | Zvolený typ založení..... | 50 |
| 3.1.1 | Typ navržených pilot..... | 50 |
| 3.2 | Postup návrhu základové konstrukce..... | 51 |
| 3.2.1 | Piloty podepírající základovou deskou..... | 52 |
| 3.3 | 3D model ve výpočetním softwaru Scia Engineer..... | 53 |
| 3.4 | Hydroizolace spodní stavby..... | 57 |
| 3.5 | Použité materiály | 59 |
| 3.5.1 | Beton..... | 59 |
| 3.5.2 | Ocel..... | 60 |

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6 | Hloubka založení | 61 |
| 3.7 | Schéma rozmístění pilot..... | 61 |
| 3.8 | Zatížení na spodní stavbu | 62 |
| 3.8.1 | Zatížení od horní stavby – 3D model stavby | 62 |
| 3.8.2 | Zatížení pilot..... | 67 |
| 3.9 | Geotechnická kategorie..... | 70 |
| 3.10 | Svislá únosnost pilot | 70 |
| 3.11 | Sedání pilot..... | 71 |
| 3.12 | Limitní hodnoty sedání | 72 |
| 3.13 | Statické připojení hlav pilot k desce | 73 |
| 3.14 | Horizontální modul reakce podloží | 73 |
| 3.15 | Účinnost skupiny pilot | 73 |
| 3.16 | Metodika výpočtu a dosazení..... | 75 |
| 3.17 | Výpočet základové desky..... | 76 |
| 3.17.1 | Výpočet v programu GEO5 Deska..... | 76 |
| 3.18 | Výsledky výpočtu – GEO5 | 79 |
| 3.18.1 | Návrh délek osamělých pilot..... | 79 |
| 3.18.2 | Nastavení výpočtu pilot..... | 80 |
| 3.18.3 | Mezní stav únosnosti – ULS – Statický výpočet..... | 81 |
| 3.18.3.1 | Pilota typu A | 82 |
| 3.18.4 | Mezní stav použitelnosti – SLS – Statický výpočet..... | 86 |
| 3.18.4.1 | Pilota typu A | 86 |
| 3.18.5 | Výpočet desky – GEO5 | 88 |
| 3.18.5.1 | Postup návrhu..... | 88 |
| 3.18.5.2 | Stanovení hloubky deformační zóny vrstevnatého geologického profilu | 94 |
| 3.18.5.3 | Výsledný návrh | 96 |

| | | |
|---------|------------------------------------|-----|
| 4 | 3D MODEL - SCIA ENGINEER..... | 98 |
| 4.1 | Zatížení | 102 |
| 4.2 | Výpočet pomocí modulu Soilin | 103 |
| 4.3 | Plošná podpora..... | 105 |
| 4.4 | Geologický profil..... | 108 |
| 4.5 | Iterační cyklus Soilinu | 109 |
| 4.6 | Výsledky výpočtu Soilin..... | 110 |
| 4.6.1 | Základové desky bez pilot..... | 110 |
| 4.6.2 | Základové desky s pilotami | 113 |
| 4.6.2.1 | Nerovnoměrné sedání..... | 113 |
| 4.7 | Porovnání výsledků..... | 117 |
| | ZÁVĚR..... | 118 |
| | SEZNAM LITERATURY..... | 120 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 124 |
| | SEZNAM TABULEK | 129 |
| | PŘÍLOHY | 130 |
| | VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE..... | 130 |

ÚVOD

Předmětem této diplomové práce je optimálně navrhnout bezpečné a ekonomicky přijatelné čili vyhovující založení novostavby bytového domu v Praze v ulici Klapálkova. Podkladem pro provedení návrhu byla architektonická studie bytového domu, předběžný statický výpočet nosné konstrukce horní stavby obsahující návrh všech nosných prvků a inženýrsko-geologický průzkum zájmového území z roku 2018.

Návrh založení konstrukce je ovlivněn několika okolnostmi, především geotechnickými podmínkami dotčeného území, dále typem, rozsahem a náročností nosné konstrukce budovy. Základové konstrukce pozemních staveb se obecně dělí na plošné, hlubinné a kombinované. Základová konstrukce musí být především bezpečná a ideálně i ekonomicky přijatelná.

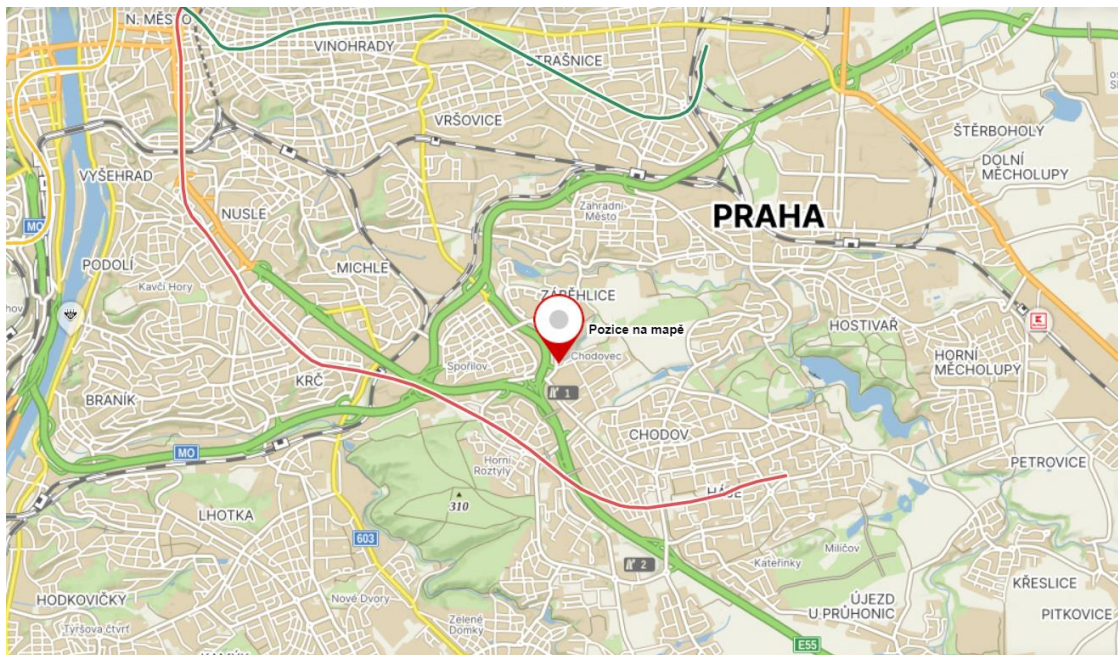
V zájmovém území byl na konci roku 2018 proveden inženýrsko-geologický průzkum a hydrogeologický průzkum pro plánovanou výstavbu 11-ti podlažního bytového domu ve vlastnictví soukromého investora. Tento průzkum je dostatečně rozsáhlý a obsahuje vyhodnocení dostupných archivních průzkumů a provedení dalších nových vrtaných sond. Návrh spodní stavby mnou řešeného bytového domu je proveden na základě tohoto průzkumu.

Tato diplomová práce obsahuje komentovaný návrh a posouzení kombinovaného založení použitím výpočetních softwarů v kombinaci s klasickými ověřenými metody výpočtu základových konstrukcí. Návrh založení budovy je proveden pomocí dvou různých výpočetních softwarů a příslušné výsledky jsou porovnány. Na provedený návrh založení je provedena výkresová dokumentace.

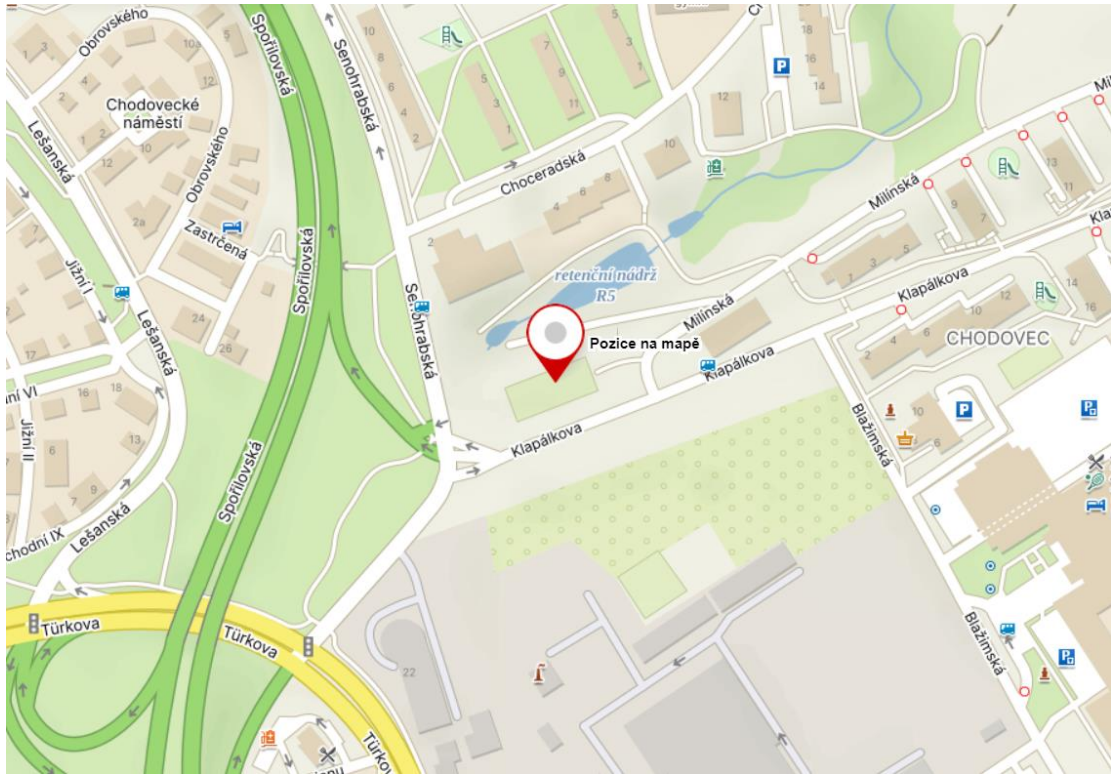
1 CHARAKTERISTIKA BUDOVY A JEJÍHO OKOLÍ

1.1 Poloha řešené budovy

Diplomová práce se věnuje založení novostavby bytového domu v Praze, který bude umístěn v městské části Praha 11 - Chodov, katastrální území obce Praha, na křižovatce ulic Klapálkova a Senohrabská, na pozemcích p. č. 2332/38, 2332/39, 2332/44, 2332/45 a 3503/57 v katastrálním území Chodov [728225]. Zájmové území má nepravidelný tvar a je ohraničeno na jihovýchodě ulicemi Klapálkovou a Milínskou, na jihozápadě ulicí Senohrabskou a na severu přílehlými nezastavěnými pozemky. V blízkém okolí stavby se nenacházejí žádné stávající budovy. Přehledná situace zájmového území je uvedena na následujících obrázcích.



Obr. 1 Mapa znázorňující zájmové území [1]



Obr. 2 Bližší poloha zájmového území [2]

1.2 Popis budovy

1.2.1 Obecný popis budovy

Navrhovaný bytový dům je podsklepený, pravidelného obdélníkového půdorysu s 5-krát zalomenou (stupňovitou) severní obvodovou nosnou stěnou, s plochou střechou, s jedním podzemním a se sedmi nadzemními podlažími. Celkové půdorysné rozměry nosné konstrukce budovy jsou 24,0 x 33,0 m, nejvyšší bod nosné konstrukce se nachází 23 m nad úrovní okolního terénu – atika ztužujícího jádra s výtahovou šachtou. Konstrukční výška 1.NP až 7.NP je 3 000 mm a konstrukční výška 1.PP je 3100 mm. V prvním podzemním podlaží se nachází garáže, sklepní kóje a kočárkárna. V prvním nadzemním podlaží se nachází vstupní část bytového domu, společná chodba a bytové jednotky. Ve 2. NP až 7. NP se nachází společná chodba, vykonzolované balkóny orientované na severní světovou stranu a bytové jednotky. Celou budovou prochází schodišťové a výtahové jádro. Střecha nejvyššího podlaží je plochá, nepochozí, s povlakovou hydroizolací a je k ní umožněn přístup prostřednictvím výlezu na střechu ze společné chodby nejvyššího podlaží budovy. Druhé až sedmé nadzemní podlaží jsou dispozičně stejné a nachází se v nich bytové jednotky.

Na *Obr. 3* a na *Obr. 4* je zobrazena vizualizace navrhované budovy.



Obr. 3 Vizualizace navrhovaného bytového domu [3]



Obr. 4 Vizualizace navrhovaného bytového domu [3]

1.2.2 Popis nosné konstrukce budovy

Budova bude založena kombinací plošného a hlubinného založení, a to na železobetonové základové desce, která bude podepírána železobetonovými velkopřůměrovými vrtanými pilotami. Tyto piloty budou umístěny pouze v místech svislých nosných konstrukcí 1. PP bytového domu, tj. nejnižšího podlaží. Konstrukční (nosný) systém budovy je kombinovaný – převážně obousměrný stěnový s nosnými obvodovými a vnitřními stěnami. Nosný systém je v nadzemních podlažích doplněný o mezibytové nosné stěnové nosníky, které jsou v nejnižším podlaží podepřeny obdélníkovými sloupy a stěny. Nosný systém budovy obsahuje také uzavřené ztužující jádro kolem výtahové šachty a také neuzavřené schodišťové jádro, které procházejí celou budovou. Obvodový plášť celého bytového domu tvoří systém ETICS s tepelnou izolací z minerální vlny, který se bude provádět v rámci fasády budovy na nosné obvodové železobetonové stěny.

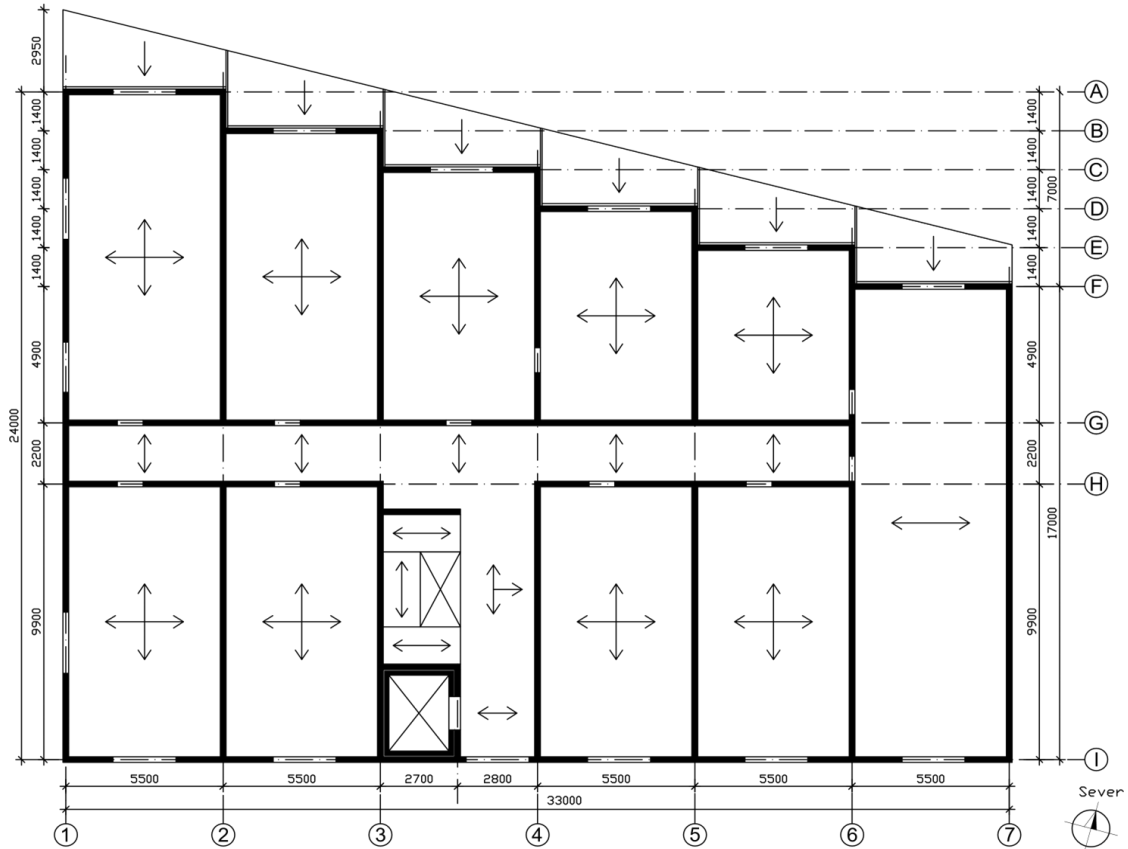
Všechny nosné konstrukce budovy vyjma železobetonových prefabrikovaných schodišťových ramen a mezipodest jsou železobetonové, monolitické. Nosné železobetonové stěny a stěnové nosníky mají tloušťku 200 mm vyjma stěn tvořících vnitřní část jádra výtahové šachty mající tloušťku 150 mm. Sloupy jsou obdélníkového průřezu o rozměrech 250x900 mm. Stropní konstrukce jsou monolitické železobetonové deskové, plné a dominantně obousměrně pnuté do svislých nosných konstrukcí. Tloušťka všech stropních desek včetně vykonzolovaných balkonových desek je 200 mm.

Hlavní schodiště budovy je řešeno jako železobetonové deskové třiramenné s prefabrikovanými rameny a mezipodesty, kde nástupní a výstupní schodišťová ramena jsou jednou zalomená a na nich kolmá schodišťová ramena jsou nezalomená čili přímá. Mezipodesty schodiště jsou součástí bočních, tj. kratších jednou zalomených železobetonových prefabrikovaných ramen. Hlavní podesty jsou monolitické. Prefabrikovaná schodišťová ramena a mezipodesty schodiště jsou jednosměrně pnuté. Tloušťka mezipodest je 220 mm a tloušťka jednotlivých schodišťových ramen je 162 mm resp. 110 mm. Hlavní podesta má tloušťku stejnou jako všechny stropní desky bytového domu, tj. 200 mm.

Kombinací obvodových nosných stěn, které vytvářejí vnější uzavřené jádro, vnitřních nosných stěn, vnitřního uzavřeného jádra kolem výtahové šachty, které

prochází celou budovou a jsou navzájem propojené tuhými stropními deskami (tuhá diafragma), vzniká konstrukce, která je velmi tuhá ve vodorovném směru. Ztužení budovy je proto ve všech směrech zajištěno.

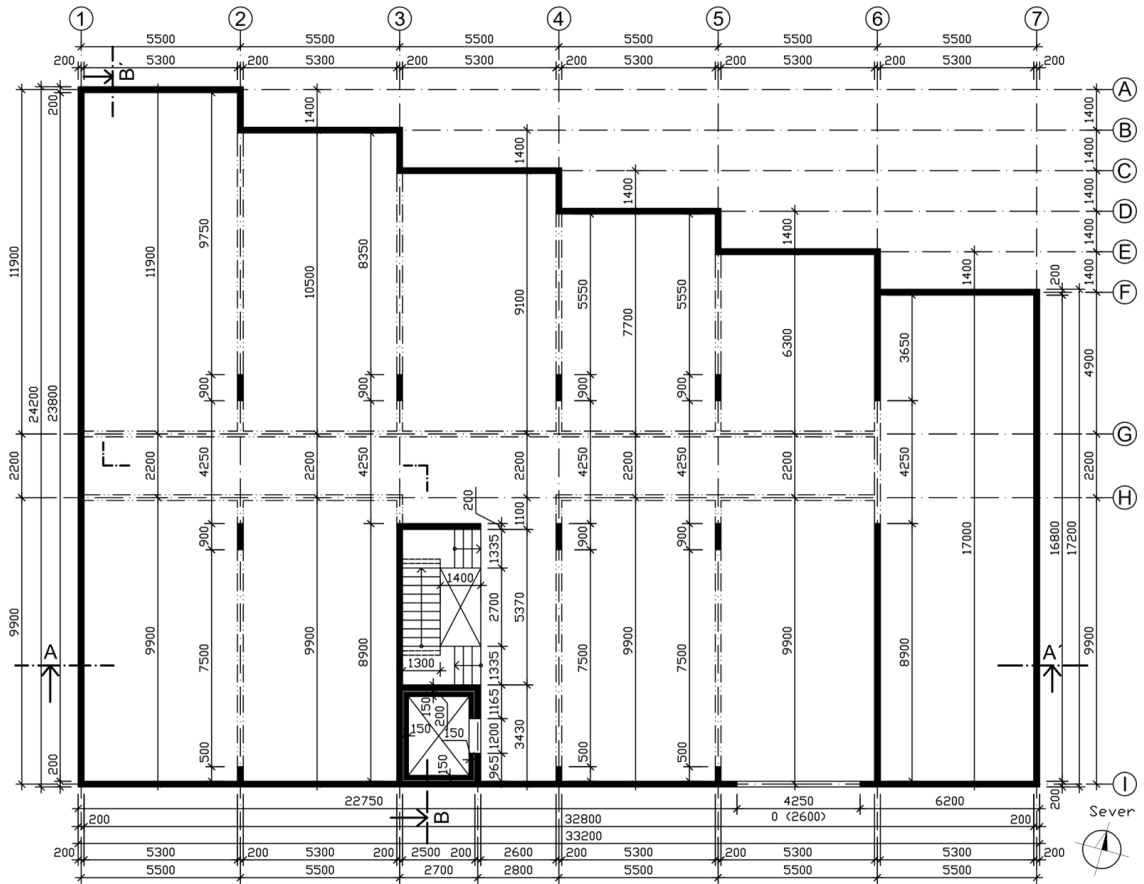
Na Obr. 5 jsou zobrazeny směry pnutí vodorovných nosných konstrukcí budovy.



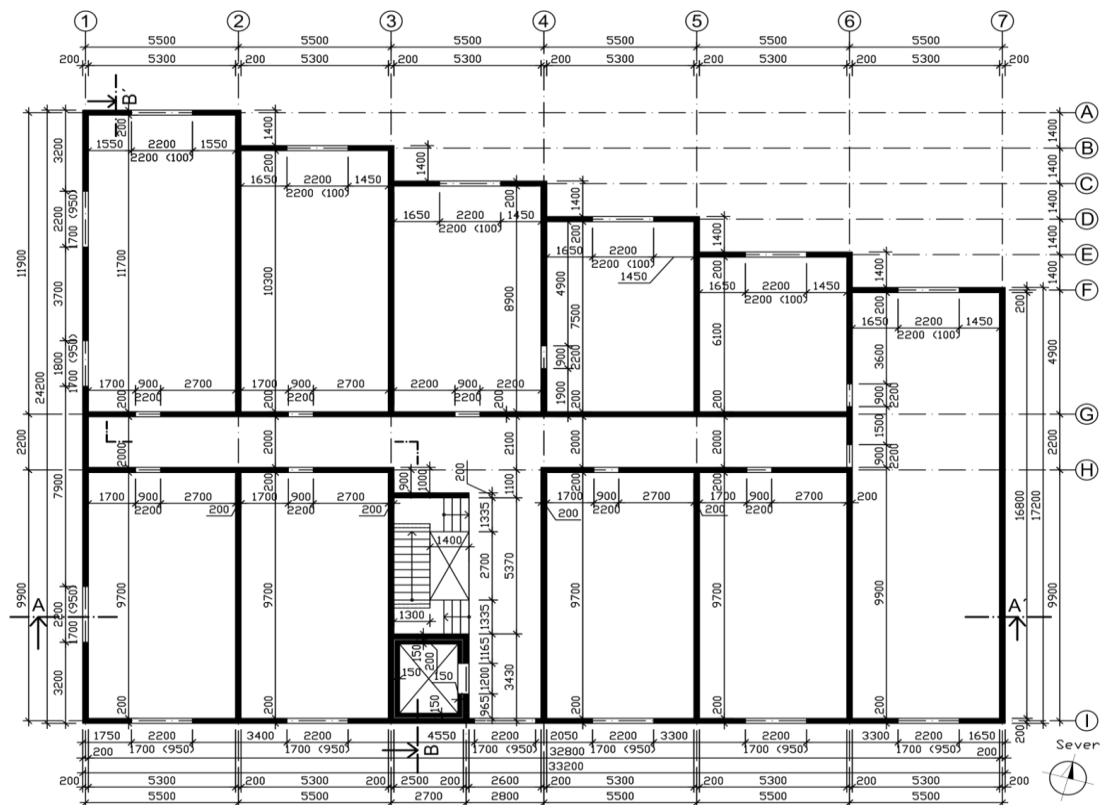
Obr. 5 Schéma pnutí vodorovných nosných konstrukcí budovy

1.2.2.1 Konstruktivní schémata budovy

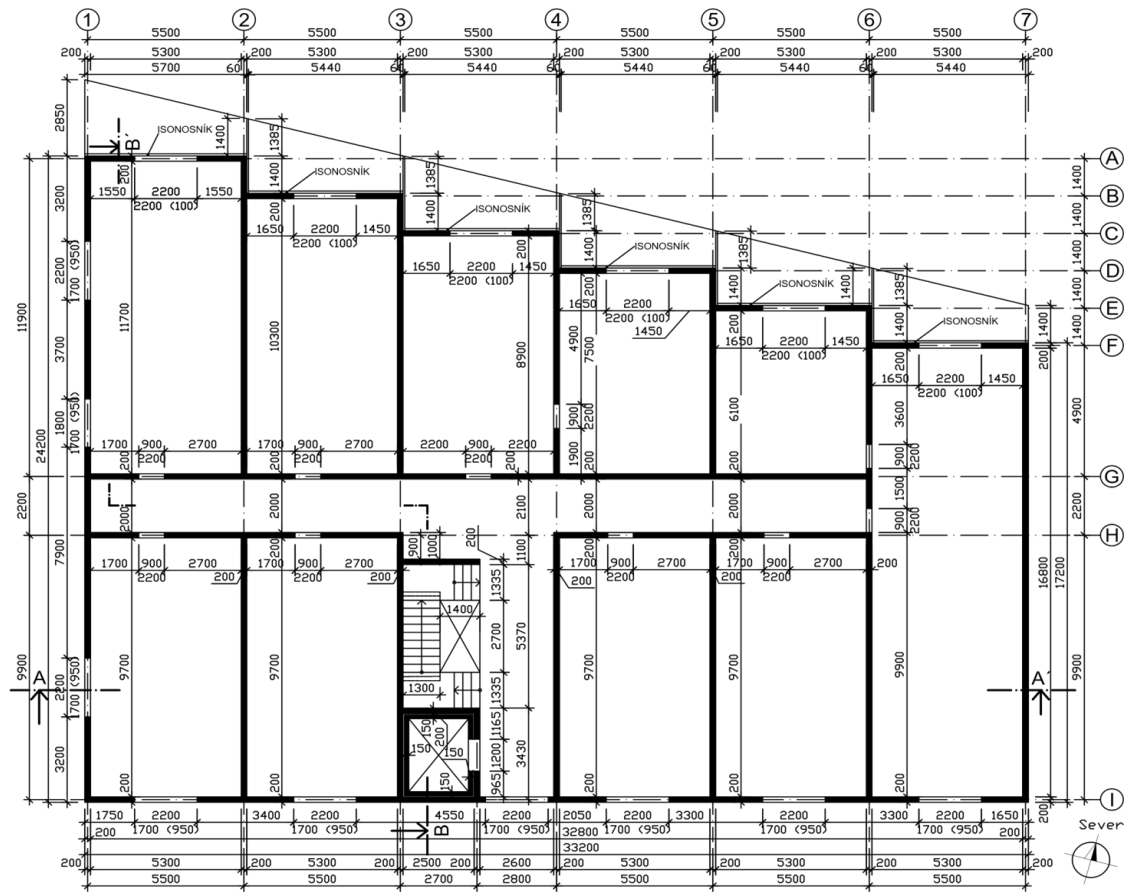
Všechny nadzemní podlaží jsou konstrukčně stejné. Podzemní a přízemní podlaží však samozřejmě neobsahuje vykonzolované balkónové desky. Rozdíly jsou v počtu otvorů v nosných stěnách v jednotlivých podlažích. Jediné podzemní podlaží má prostřednictvím sloupů podepírajících mezibytové stěnové nosníky nadzemních podlaží více otevřenou dispozici z důvodu přítomnosti podzemních garážových stání. Na Obr. 6 je konstruktivní schéma půdorysu jediného podzemního podlaží, tj. 1.PP, na Obr. 7 je konstruktivní schéma přízemí (1.NP) a na Obr. 8 je zobrazeno konstruktivní schéma typických podlaží, tj. 2.NP až 7.NP.



Obr. 6 Konstrukční schéma půdorysu suterénu (1.PP)

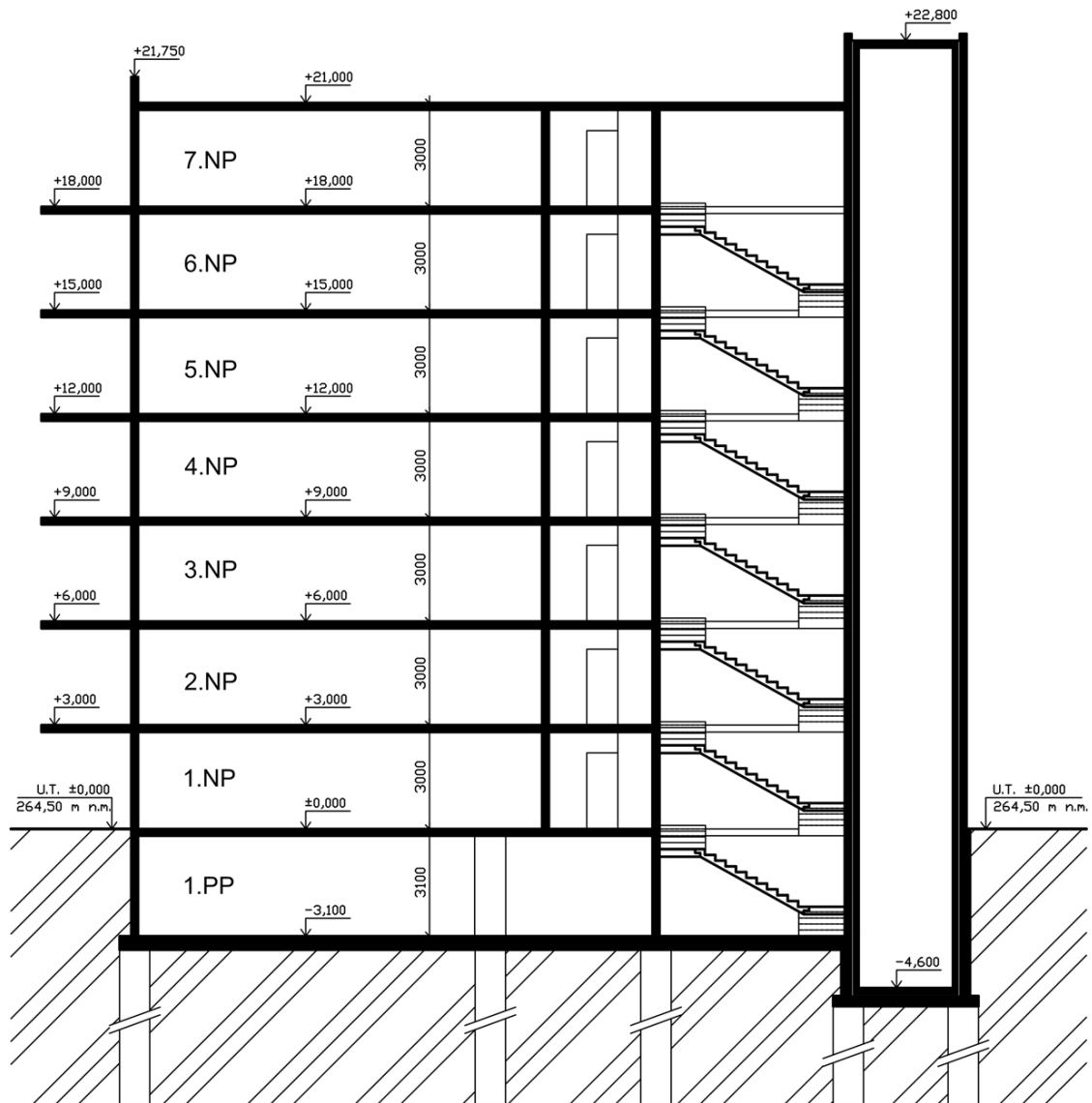


Obr. 7 Konstrukční schéma půdorysu přízemí (1.NP)

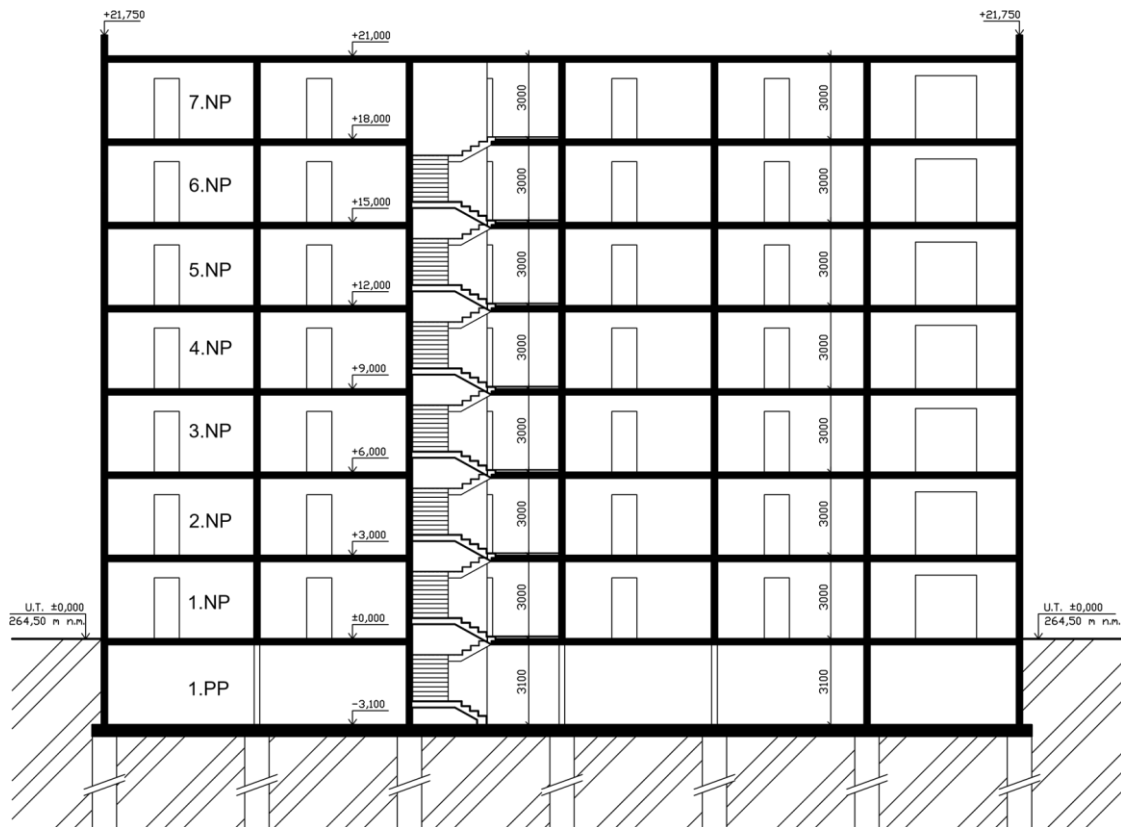


Obr. 8 Konstrukční schéma typického podlaží (2.NP až 7.NP)

Na *Obr. 9* a *Obr. 10* jsou zobrazeny svislé konstrukční řezy schodištěm budovy, a to příčný a podélný.



Obr. 9 Konstrukční příčný řez B-B'



Obr. 10 Konstrukční podélný řez A-A'

1.2.2.2 Statika horní stavby

Jeden z podkladů pro návrh spodní stavby budovy byl předběžný statický výpočet horní stavby řešeného bytového domu s návrhem všech rozměrů nosných prvků horní stavby. V rámci tohoto předběžného statického výpočtu horní stavby je stanoveno silové zatížení na spodní stavbu přes zatěžovací plochy svislých nosných konstrukcí. Všechny výpočty, návrhy a posouzení byly provedeny dle platných norem.

1.2.2.3 Ztužení budovy ve vodorovném směru

Železobetonové sloupy v 1.PP jsou navrženy a počítány jako kloubově podepřené s určitou rezervou na případný ohybový moment a vodorovnou sílu v podepření. Stěny mají velkou ohybovou tuhost a v patách nosných stěn je velká tlaková rezerva. Zatížení od větru, tj. ohybové momenty a vodorovné síly jsou přes obvodový plášť, následně ve své rovině tuhé ŽB monolitické stropní desky přeneseny do tuhých stěn, které dané zatížení přenesou do základů. Sloupy v suterénu tudíž nebudou zatížení od větru přenášet a nebudou větrem prakticky namáhány, což je dáno jejich nízkou relativní tuhostí v příslušných směrech vůči tuhostí dlouhých stěn v obou

navzájem kolmých směrech a vůči tuhosti uzavřeného jádra kolem výtahové šachty a schodišťového jádra. Vodorovná tuhost budovy je zajištěna s velkou rezervou a všechny svislé nosné konstrukce nebudou v žádných fázích výstavby a užívání budovy namáhány tahem, tj. budou tlačené. Vodorovná tuhost nosné konstrukce budovy je natolik velká, že přídavné silové zatížení na spodní stavbu od účinků větru je zanedbatelně malé.

1.3 Okolí staveniště

Staveniště se nachází v blízkosti vodního díla – Povrchová retenční nádrž R5 Chodovecká, napojená na chodovecký potok, pramenící na sídlišti Chodovec z meliorační trubky pod Senohrabskou ulicí. Terén je přímo v zájmovém území převážně rovinný s nadmořskou výškou 265 m n.m. Širší okolí dané lokality je zastavěno převážně obytnými panelovými budovy a terén v širším okolí je mírně svažité.

Jedná se o nezastavěné území na okraji panelových sídlišť Spořilov II a Chodovec, v jehož centrální části se v současnosti nachází asfaltové hřiště a dále severní částí území prochází 2 účelové komunikace – z betonových desek a asfaltová. Současný stav území dokumentují následující fotografie.



Obr. 11 Současný stav zájmového území, pohled ze západu



Obr. 12 Současný stav zájmového území, pohled z východu



Obr. 13 Pohled z východu na panelovou cestu v severní části zájmového území

V blízkém okolí bytového domu se nenachází žádné stávající budovy. Nebude třeba provádět žádné pažící konstrukce, jelikož je kolem budoucího bytového domu dostatečně pozemku ve vlastnictví investora, a proto se pro zhotovení jediného podzemního podlaží provede svahovaný výkop, který nebude zasahovat do cizích pozemků.



Obr. 14 Přehledná situace zájmového území z leteckého snímkování [4]

2 INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY

2.1 Úvod

Pro návrh kterékoliv geotechnické konstrukce je znalost geologických a geotechnických poměrů zájmového území zásadní. Důležitost a požadavek na rozsáhlost a přesnost informací o podloží roste se složitostí navrhované konstrukce. V mnoha případech se neobejdeme bez statických zatěžovacích zkoušek. Inženýrsko-geologické poměry dotčeného území přímo ovlivňují návrh geotechnické konstrukce a jeho náročnost. Je nesmírně důležité nepodceňovat inženýrsko-geologické poměry dotčeného území při návrhu a projektování staveb. U pozemních staveb tvoří základová konstrukce spolu se základovou půdou nejspodnější část stavby, která nese celou stavbu a přenáší veškeré zatížení do podloží. Chybný návrh základové či jiné geotechnické konstrukce bývá na případnou opravu finančně mimořádně nákladný. Konstrukce budovy musí být vždy navržena tak, aby nedošlo k jejímu kolapsu či nadměrné deformaci.

V místě navrhované stavby se v roce 2018 provedl inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum včetně vyhodnocení dostupných archivních průzkumů, rozsáhlých sondážních prací, vrtných prací a laboratorních zkoušek vzorků zemin a hornin. Tento inženýrsko-geologický průzkum je proveden jako podklad pro vypracování projektové dokumentace ke stavebnímu povolení na výstavbu 11-ti podlažního bytového domu ve vlastnictví soukromého investora v zájmovém území. Cílem průzkumu je zjištění inženýrskogeologických, hydrogeologických poměrů zájmového území a podmínek zakládání stavby. Záznamy inženýrsko-geologických průzkumů jsou uchovávány ČGS – Geofond Praha. Základní inženýrsko-geologické parametry základových půd a hornin byly stanoveny dle ČSN 73 1001 – Základová půda pod plošnými základy, ČSN 73 3050 – Zemní práce.

Všechny informace o podloží včetně vlastností byla převzata z výše uvedeného inženýrsko-geologického průzkumu z roku 2018 (hlavní signatura GF P164895).

2.2 Geomorfologické poměry

Zájmové území spadá s přihlédnutím ke geomorfologickému členění České republiky pod:

| | |
|-------------------------------|----------------------|
| Kód geomorfologické jednotky: | VA2-A-c |
| Systém: | Hercynský systém |
| Subsystem: | Hercynská pohoří |
| Provincii: | Česká vysočina |
| Subprovincii: | Poberounská soustava |
| Oblast: | Brdská oblast |
| Celek: | Pražská plošina |
| Podcelek: | Říčanská plošina |
| Okrsek: | Úvalská plošina |

Geomorfologický podcelek Říčanská plošina zabírá jižní a východní část Pražské plošiny. Nejvyšším bodem je Hradinový kopec (401 m n.m.). Reliéf Říčanské plošiny tvoří odkryté podloží svrchnokřídových souvrství, tj. staropaleozoické a proterozoické horniny. [6]



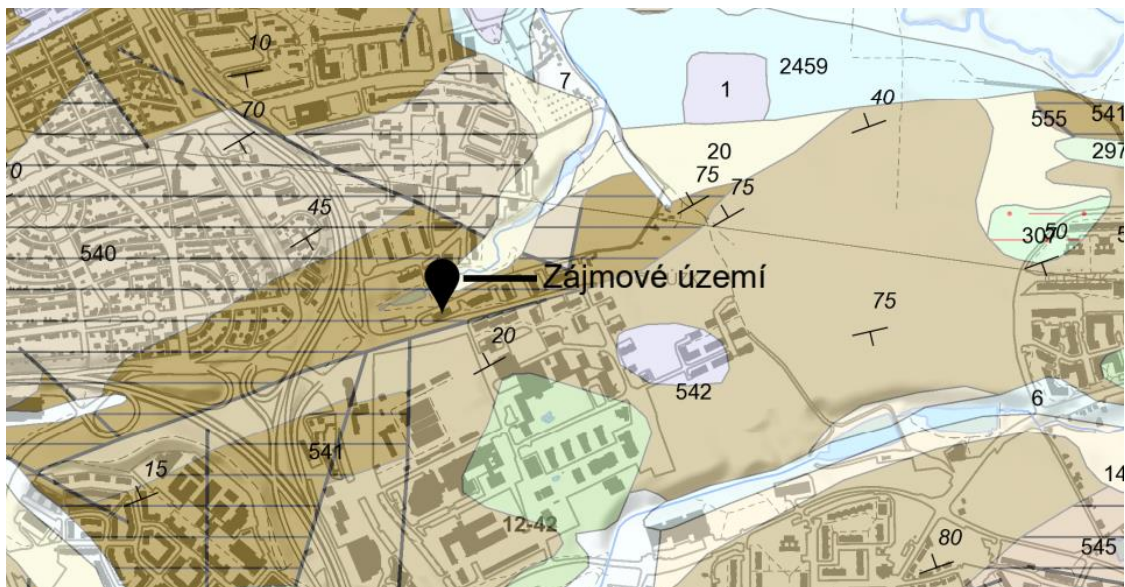
Obr. 15 Geomorfologické členění ČR [5]

2.3 Přírodní poměry

2.3.1 Geografické a přírodní poměry







Zájmové území se v rámci podrobného geomorfologického členění České republiky řadí do Brdské oblasti, celku Pražská plošina a podcelku Říčanská plošina. Po stránce geologické je územní celek řazen k jednotvárné labské oblasti Východočeského křídového útvaru. [7]

Z hlediska klimatického členění České republiky náleží zájmové území podle klimatické mapy do oblasti T2. Jedná se o teplou oblast s krátkou, mírně teplou a suchou až velmi suchou zimou, dlouhým, teplým a mírně suchým létem a velmi krátkým, mírně teplým až teplým přechodným obdobím. Dlouhodobý roční průměr teploty vzduchu (1981 – 2010) se pohybuje mezi 8 – 9°C. Průměrný roční úhrn srážek je 500 – 600 mm. Zájmové území je odvodňováno ze severu Chodoveckým potokem, jehož pramenná oblast tvoří nepříliš širokou depresi a odvodňuje území k SV do Botiče. [7]



Obr. 16 Geologická mapa území M 1:50 000 [8]

Legenda:

| ORDOVIK | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------|
|  | 538 | zelenavé jílovce, jílovité břidlice |
|  | 539 | tmavošedé jílovce, prachovce |
|  | 540 | prachovce, tmavé břidlice |
|  | 541 | černošedé jílovité břidlice |
|  | 542 | střídání drob, pískovců, prachovců a jílovitých břidlic |
|  | 545 | jílovité břidlice |

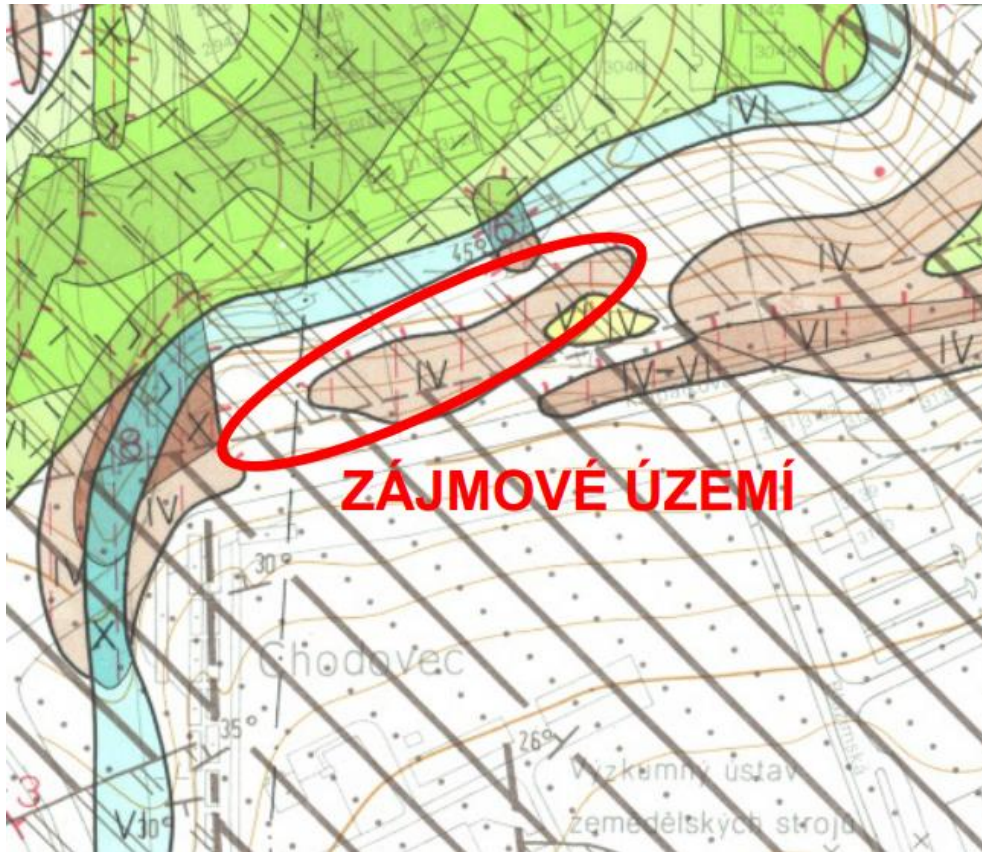
2.3.2 Geologické poměry širšího okolí**2.3.2.1 Kvartér**

Povrch zájmového území podle mapových podkladů tvoří cca 2 - 4 m mocná vrstva hlín a písčitých hlín s úlomky a sutí hornin. Jedná se o deluviální a deluviofluviální sedimenty. Deluviofluviální sedimenty jsou tvořeny jílovitými písky, písky a písčitými jíly Botiče. Deluviální sedimenty jsou zastoupeny písčitými hlínami až písky s přechodem do jemných štěrků. Jedná se o přemístěné zvětralinu letenských vrstev. [7]

2.3.2.2 Skalní podklad

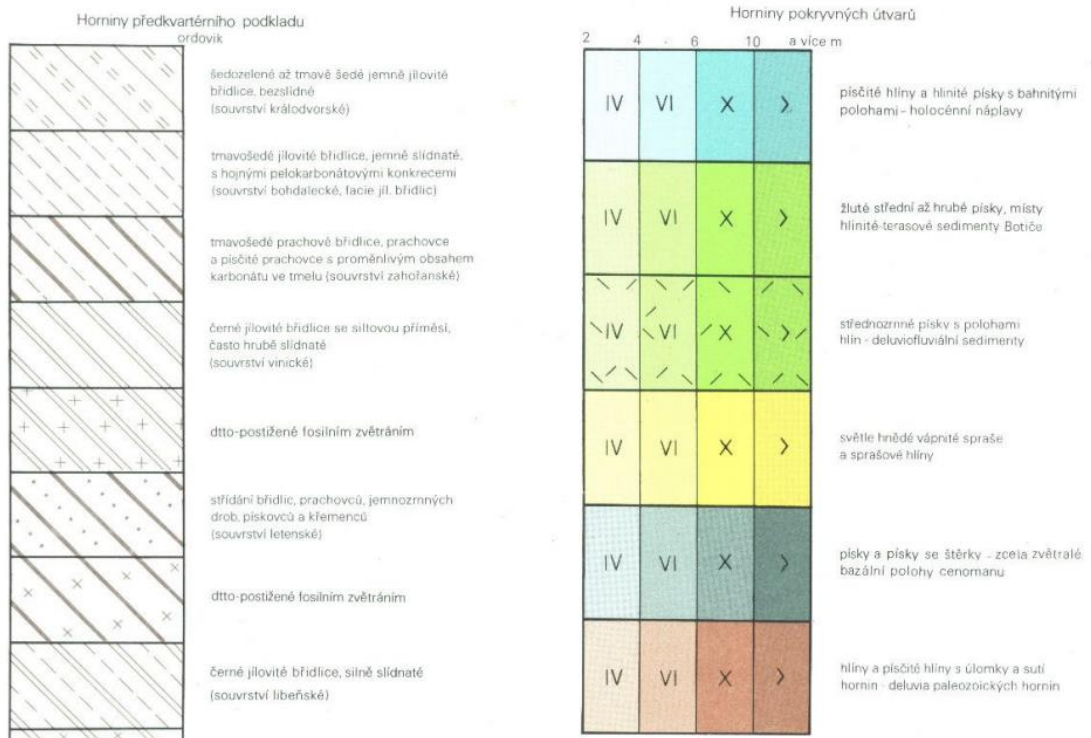
Zájmové území se nachází v jižní oblasti Barrandienského synklinoria (Pražské pánve). Skalní podklad je nepravidelně provrásněn a tektonicky porušen v generelním směru ZJZ – VSV a S-J. Tektonické linie jsou zdrojem podzemní vody pro pramen Chodoveckého potoku. [7]

Skalní podloží zájmového území je budováno ordovickými horninami, které jsou z větší části zastoupeny jílovitými břidlicemi vinických vrstev, v menší části pak drobovými břidlicemi vrstev letenských. Ty tvoří sled flyšoidního charakteru, kdy dochází ke střídání tmavých drobových břidlic s polohami světlejších křemitých pískovců a prachovitých břidlic. Horniny letenských vrstev jsou pevnější než břidlice vinických vrstev a tvoří v krajině výrazné elevace. Ordovické horniny jsou při svém povrchu v závislosti na pevnosti navětrány, stupeň a hloubka zvětrání jsou proměnlivé. V jižní části zájmového území prochází neostrá tektonická hranice, která od sebe odděluje vrstvy vinické a letenské. [7]



Obr. 17 Inženýrsko-geologická mapa území M 1:5 000 [7]

VYSVĚTLIVKY



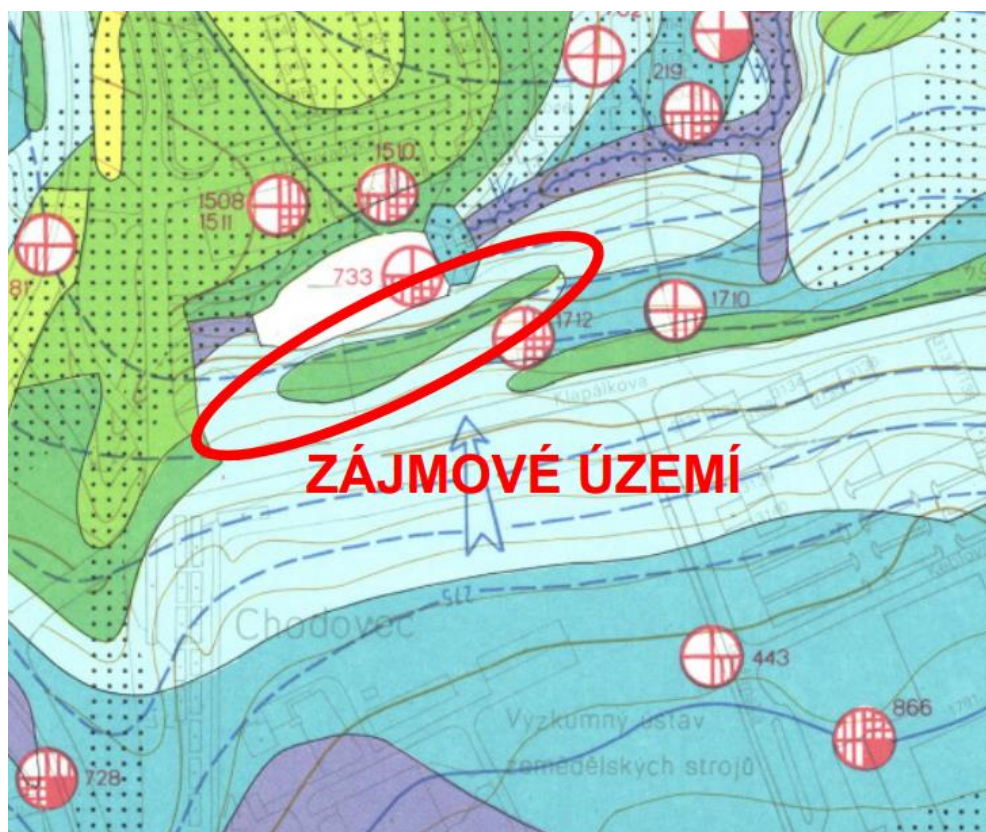
Obr. 18 Vysvětlivky IG mapy [7]

2.3.3 Hydrogeologické poměry širšího okolí

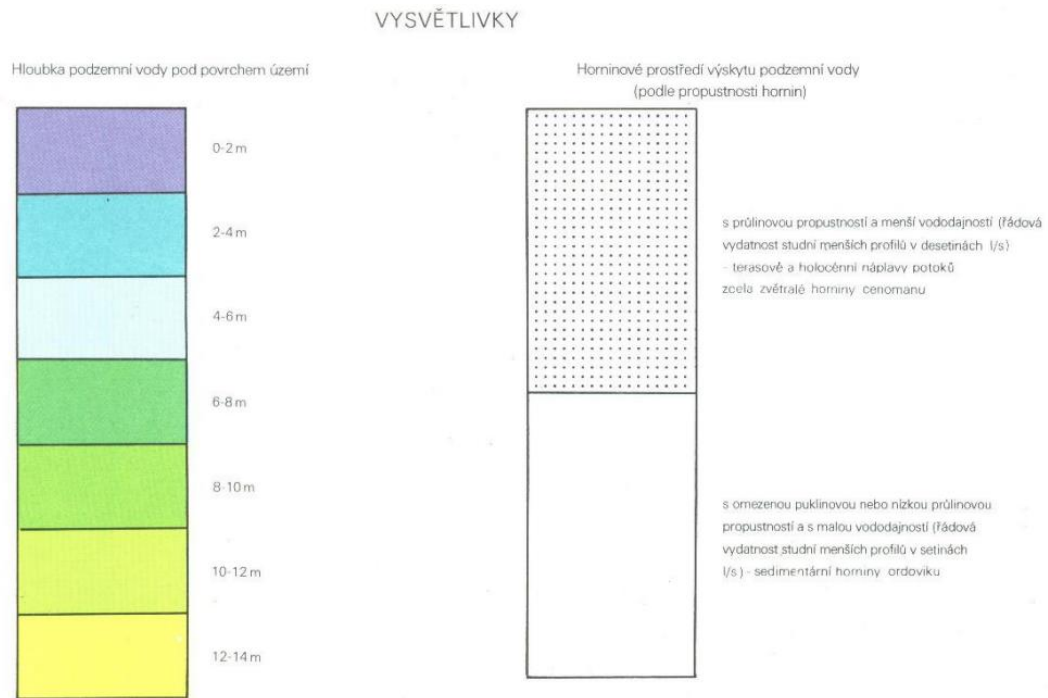
Podle hydrogeologického rajónování České republiky je zájmové území součástí hydrogeologického rajónu č. 6250 – Proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy. Oběh podzemní vody je vázán na připovrchovou zónu zvětrání podložních hornin a kvartérní uloženiny. U hornin skalního podkladu jde o propustnost puklinovou, zatímco u kvartérních sedimentů o propustnost průlinovou. Nezvětralé ordovické břidlice jsou pro podzemní vodu prakticky nepropustné a v místech erozních rýh tak může docházet k jejím výronům po ploše těchto hornin. Hladina podzemní vody je volná, její úroveň pod terénem odvislá od rozpukanosti a míry zvětrání podložních hornin a pohybuje se v rozmezí cca 2,5 – 6,8 m p.t. Hladina podzemní vody je silně ovlivněna množstvím atmosférických srážek. [7]

Směr proudění podzemní vody je od jihu k severu. Podzemní voda je dle archivních podkladů v závislosti na lokalitě odběru agresivní – CO₂, SO₄, pH. [7]

Hydrogeologické poměry jsou patrné z hydrogeologické mapy, jejíž výsek je zobrazen na *Obr. 19*.



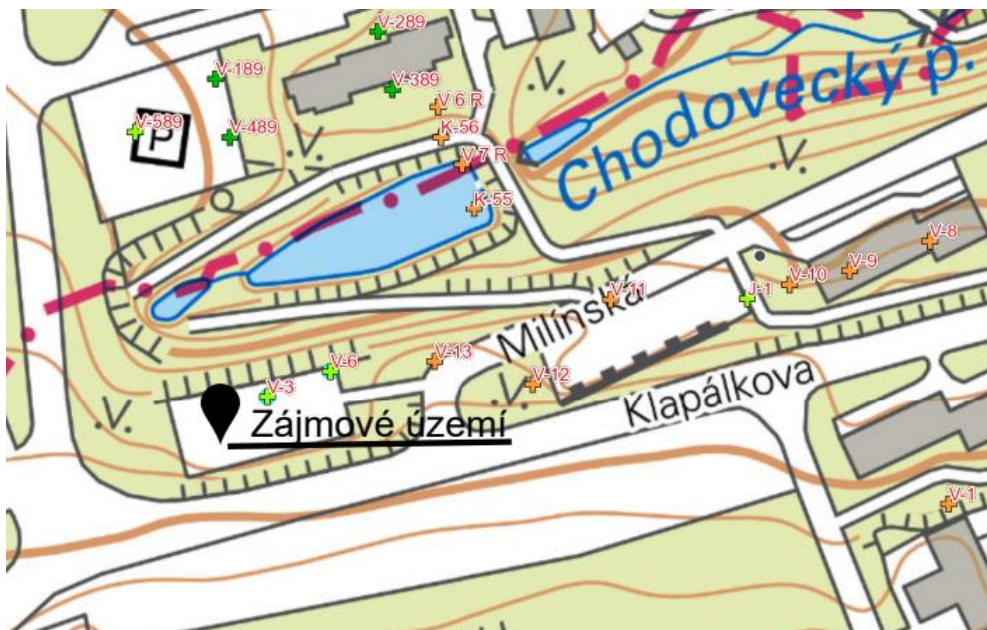
Obr. 19 Hydrogeologická mapa M 1:5 000 [7]



Obr. 20 Vysvětlivky HG mapy [7]

2.4 Vrtná prozkoumanost a vrtné práce

K ověření inženýrskogeologických poměrů v zájmovém území bylo v rámci průzkumu z roku 2018 vyhloubeno celkem 6 inženýrskogeologických sond. Vyhodnocení prací bylo provedeno v rámci inženýrsko-geologického průzkumu po dohodě s investorem podle ČSN 73 1001 a dalších souvisejících norem. [7]



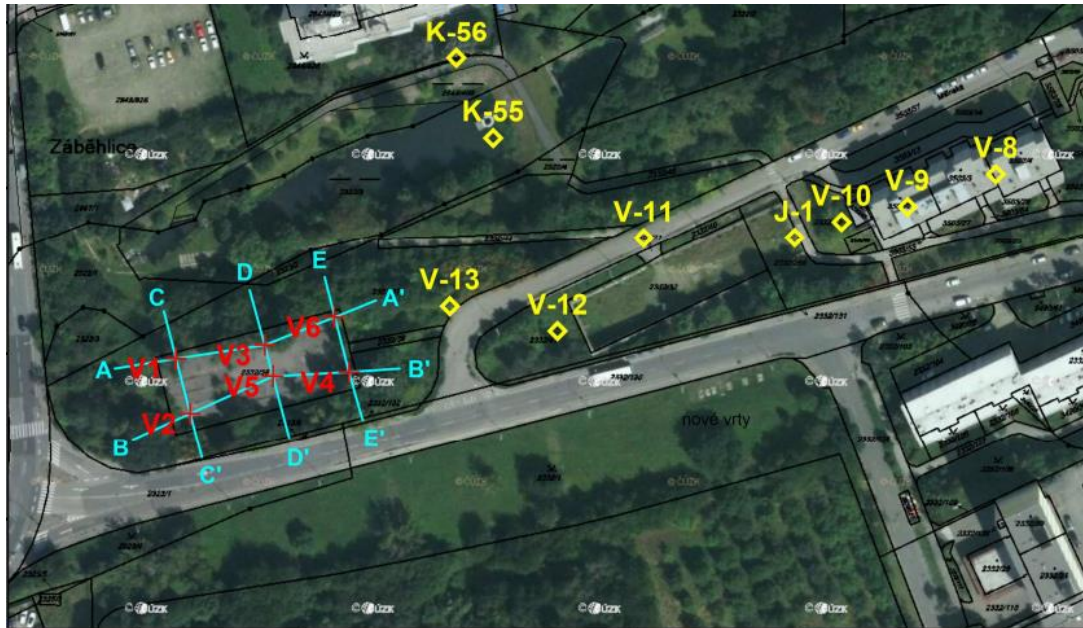
Obr. 21 Vrtná prozkoumanost okolí [9]

Hloubka vrtných sond:

Vrtná prozkoumanost

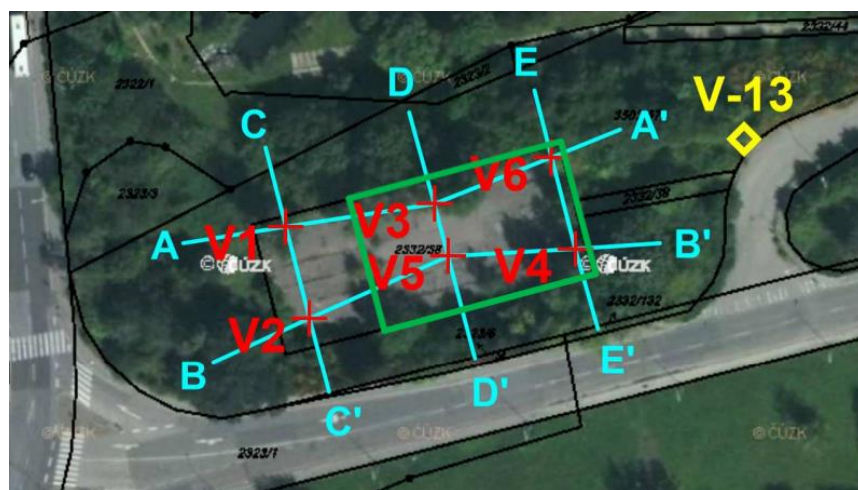
Vrty

| | |
|---|-----------|
| + | 0 - 5 m |
| + | 5 - 10 m |
| + | 10 - 15 m |
| + | 15 - 25 m |



Obr. 22 Situace sond a řezů z IG průřezu [7]

Řešený bytový dům bude umístěn na východní části pozemku. Umístění je blíže zobrazeno níže na Obr. 23. Sondy V3, V4, V5 a V6 jsou dominantní pro tvorbu geologického a geotechnického modelu pro výpočet základové konstrukce.



Obr. 23 Umístění navrhované stavby na stavebním pozemku

Označení sond:

- + nové vrty
- ◇ archivní sondy
- řezy

Vrtné práce byly realizovány vrtnou soupravou UGB/PV3S rotačně jádrovým způsobem nasucho, korunkou jejíž řezný průměr byl 195/175 mm. Výnos vrtného jádra byl ukládán do metrových vzorkovnic a fotograficky a geologicky dokumentován. Hladina podzemní vody byla vrtnými pracemi zastižena ve všech šesti sondách. [7]



Obr. 24 Vzorky zemin z vrtu V3 [7]



Obr. 25 Vzorky zemin z vrtu V5 [7]

2.5 Vzorkování a laboratorní analýzy

V rámci vrtných prací inženýrsko-geologického průzkumu byly odebrány tři vzorky zemin ze sond V2 (2,5 metrů), V3 (3,2 metrů) a V4 (15,0 metrů) ke stanovení základních indexových vlastností a jeden vzorek podzemní vody ze sondy V3 z hloubky 9,9 metrů ke stanovení její agresivity na stavební konstrukce. [7]

2.6 Výsledky průzkumu

2.6.1 Archivní rešerše

V *Tab. 1* je uveden seznam využitých archivních sond spolu s jejich hloubkou, mocností zastižených kvartérních usazenin, hladinou podzemní vody naraženou i ustálenou a typem horniny předkvartérního podkladu, pokud byla zastižena. Umístění archivních sond je patrné z *Obr. 22*.

Tab. 1 Přehled archivních sond [7]

| Označení sondy | Druh sondy | Hloubka [m] | Zastižený kvartér [m] | První hornina pod kvartérem | Stratigrafie | Hladina podzemní vody naražená [m p.t.] | Hladina podzemní vody ustálená [m p.t.] |
|----------------|-------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| K-55 | kopaná sonda [šachtice] | 7,5 | 1,3 | břidlice | ordovik | - | 6,0 |
| K-56 | kopaná sonda [šachtice] | 6,9 | 5,2 | hlína | ordovik | 4,8 | 5,2 |
| V-6 | vrt svislý | 7,1 | - | - | - | bez vody | bez vody |
| V-7 | vrt svislý | 9,5 | - | - | - | bez vody | bez vody |
| V-8 | vrt svislý | 7,0 | 2,1 | břidlice | ordovik | 3,1 | 2,9 |
| V-9 | vrt svislý | 7,5 | - | - | - | 3,4 | 2,6 |
| V-10 | vrt svislý | 6,1 | 3,1 | břidlice | ordovik | bez vody | bez vody |
| V-11 | vrt svislý | 6,4 | 4,1 | břidlice | ordovik | 3,0 | 2,8 |
| V-12 | vrt svislý | 6,5 | - | - | - | bez vody | bez vody |
| V-13 | vrt svislý | 8,4 | 0,6 | břidlice | ordovik | 7,5 | 5,4 |
| J-1 | vrt svislý | 13,2 | 10,0 | jíl | ordovik | 8,8 | 6,77 |

Sonda V 13 (kóta 262,68 m) JB/13-GA

| | |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,0 - 0,6 | jílovitá hlína písčitá s ojedinělými úlomky břidlic, žlutavě hnědá šedě smouhovaná, pevná |
| 0,6 - 1,9 | rozložená břidlice charakteru písčité hlíny s pevnějšími úlomky matečné horniny, šedá (časté černé zuhelnatělé zbytky), pevná |
| 1,9 - 4,0 | dtto - větší množství úlomků matečné horniny, rezavě hnědá, šedě smouhovaná |
| 4,0 - 5,5 | rozvětralá až zvětralá břidlice, střípkovitě rozpadavá |
| 5,5 - 8,4 | čzvětralá břidlice, šedá, střípkovitě až úlomkovitě rozpadavá, při bázi přechází v navětralou, kusovitě rozpadavou |
| Hladina podzemní vody naražená 7,5 m ustálená 5,4 m | |

Obr. 26 Popis archivního vrtu V13 [7]

2.6.2 Geologické poměry zájmového území

K ověření geologických poměrů bylo realizováno šest průzkumných sond V1 až V6. Při vrtání sondy V4 bylo zastiženo pravděpodobně poruchové pásmo relativně měkčích břidlic ve vrstvě břidlic zatříděných do třídy R4 a hladina podzemní vody byla oproti ostatním sondám naražena ve výrazně vyšší úrovni 5,5 m pod povrchem. Z toho důvodu byla sonda V4 provedena až do hloubky 18,2 m za účelem ověření únosnosti podloží. Sonda V5 byla i přes zastižení únosných břidlic R4 v hloubce 10,5 m prodloužena za účelem ověření/vyvrácení přítomnosti plošně většího poruchového pásma zastiženého v sondě R4. Sonda V5 byla ukončena v hloubce 14 m a přítomnost plošně rozsáhlejší poruchové zóny se nepotvrdila. V případě sondy V4 se tedy pravděpodobně jedná o lokální anomálii, která u břidlic vinického souvrství není nijak výjimečná, a proto ji nelze vyloučit ani v dalších místech zájmového území. [7]

2.6.2.1 Kvarterní pokryv

Na povrchu zájmového území byla zastižena 0,5 – 4,2 m mocná vrstva navážek. Charakter navážek byl v sondách V1, V2 a V4 hlinitopísčité, v sondách V3, V5 a V6 byly zastiženy navážky písčitoštěrkovité. Největší mocnost navážek 4,2 m byla zastižena sondou V6 na SV rohu stávajícího asfaltového hřiště. Pod vrstvou navážek

byly v sondách V1 a V2 zastiženy deluviofluviální sedimenty. Jedná se o kypré až středně ulehle hlinité písky okrové barvy. [7]

2.6.2.2 Skalní podloží

Pod kvartérním pokryvem se nachází vrstva zcela zvětralých břidlic charakteru písčitého až šterkovitého jílu o mocnosti 1 – 2,4 m. Povrch skalního podloží byl zastižen v hloubce 4,0 až 9,15 m pod terénem. Jedná se o ordovické horniny vinického souvrství zastoupené šedohnědými, ve větší hloubce černými jílovitými břidlicemi s prachovitou příměsí. Břidlice jsou rozpukané na úlomky do 20 cm, místy až na úlomky do 2 cm. [7]

Geologická stavba zájmového území je patrná z geologických řezů, viz *Obr. 27, 28, 29, 30 a 31.*

2.6.3 Hydrogeologické poměry zájmového území

Hladina podzemní vody v zájmovém území byla vrtnými pracemi zastižena ve všech šesti sondách, a to v hloubce od 5,5 do 10,8 m pod terénem. Naražené a ustálené hladiny podzemní vody ve vrtech jsou shrnuty v následující tabulce. [7]

Tab. 2 Hladina podzemní vody zastižená v provedených sondách [7]

| <i>Číslo vrtu</i> | <i>Hladina podzemní vody naražená [m.p.t.]</i> | <i>Hladina podzemní vody ustálená [m.p.t.]</i> |
|----------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <i>V1 (265,000 m n.m.)</i> | <i>8,2</i> | <i>11,6</i> |
| <i>V2 (265,000 m n.m.)</i> | <i>8,2</i> | <i>8,8</i> |
| <i>V3 (265,000 m n.m.)</i> | <i>9,8</i> | <i>9,83</i> |
| <i>V4 (265,000 m n.m.)</i> | <i>5,5</i> | <i>5,7</i> |
| <i>V5 (265,000 m n.m.)</i> | <i>10,5</i> | <i>12,4</i> |
| <i>V6 (265,000 m n.m.)</i> | <i>10,8</i> | <i>12,35</i> |

Vzhledem k tomu, že vrtné práce probíhaly po dlouhodobém období relativního sucha, může tím být hladina podzemní vody ovlivněna. Dále vzhledem ke značné rozpukanosti horninového masivu a vzhledem k tomu, že hladina podzemní vody je vázána právě na puklinový systém, může být její úroveň pod terénem značně proměnlivá. [7]

2.6.4 Inženýrsko-geologické poměry zájmového území

Souhrn všech provedených prací dal základní představu o geologickém profilu a inženýrsko-geologických vlastnostech základové půdy v zájmovém území. V zájmovém území byl ověřen následující inženýrskogeologický profil rozdělený do pěti geotechnických typů zemin a hornin. [7]

Tab. 3 Geotechnické typy zemin a hornin [7]

| <i>GT Typ</i> | <i>Označení</i> | <i>Popis</i> |
|---------------|-----------------|---------------------------------------------------------------|
| <i>GT Y</i> | <i>Y</i> | <i>navážky</i> |
| <i>GT 1</i> | <i>S4/SM</i> | <i>písek hlinitý</i> |
| <i>GT 2</i> | <i>R6</i> | <i>zcela zvětralá jílovitá břidlice s prachovitou příměsí</i> |
| <i>GT 3</i> | <i>R5</i> | <i>zvětralá jílovitá břidlice s prachovitou příměsí</i> |
| <i>GT 4</i> | <i>R4</i> | <i>navětralá jílovitá břidlice s prachovitou příměsí</i> |

Zatřídění podle ČSN 73 1001 je provedeno na základě vizuálního popisu, odhadu kvalitativních znaků a odborné literatury. [7]

- **Geotechnický typ GT Y** – navážky hlinitokamenité, pokrývají celý povrch zájmového území v mocnosti přibližně 2,2 m. Nejvyšší mocnost navážek - 4,2m byla zastižena sondou V6 umístěnou na SV rohu stávajícího asfaltového hřiště.
- **Geotechnický typ GT 1** – deluviofluviální sediment charakteru **hlinitého písku** podle ČSN 73 1001 zatříděn jako **S4/SM písek hlinitý**. Mocnost tohoto sedimentu se pohybuje od 4,5 do 5 m. Tento geotechnický typ byl zastižen pouze ve vrtech V1 a V2.
- **Geotechnický typ GT 2** – zcela zvětralá jílovitá břidlice s prachovitou příměsí – **eluvium** charakteru zeminy, dle ČSN 73 1001 zatříděná jako hornina třídy **R6** o mocnosti 1 – 2,4 m.
- **Geotechnický typ GT 3** – mírně zvětralá jílovitá břidlice s prachovitou příměsí, která dle ČSN 73 1001 byla zařazena do kategorie hornin třídy **R5**, se nachází v hloubce od 4 do 12 m pod terénem.
- **Geotechnický typ GT 4** – navětralá jílovitá břidlice s prachovitou příměsí, která dle ČSN 73 1001 byla zařazena do kategorie hornin třídy **R4**, byla

zastižena od hloubky 9,8-12 m pod terénem. Tento geotechnický typ byl zastižen pouze ve vrtech V3-V6. [7]

2.6.5 Nezámrazná hloubka

Základová spára je navržena v hloubce 4,0 metrů od původního terénu. Nezámrazná hloubka je tudíž dodržena.

2.6.6 Geomechanické vlastnosti zemin a hornin

Zatřídění podle ČSN 73 1001 je v průzkumu provedeno na základě odhadu kvalitativních znaků a provedených laboratorních zkoušek. Mechanické vlastnosti a směrné normové charakteristiky zemin a hornin jednotlivých předpokládaných geotechnických typů jsou uvedeny v následujících tabulkách. [7]

2.6.7 Sklony svahů

Sklony dočasných svahů o maximální výšce 3 m průzkum doporučuje u materiálů charakteru navážek v poměru 1:1, hlinitých písků 1:1 - 1:0,75, zcela zvětralých břidlic 1:0,5 – 1:0,25, mírně zvětralých a navětralých jílovitých břidlic 1:0,5. [7]

Návrh a posudek svahovaného výkopu není předmětem této diplomové práce.

2.6.8 Zatřídění těžitelnosti podle ČSN 73 3050 Zemní práce

Těžitelnost zastižených typů zemin a hornin je uvedena v následující tabulce.

Tab. 4 Klasifikace zemin a hornin dle ČSN 73 3050 Zemní práce [7]

| <i>Typ</i> | <i>Zatřídění</i> | <i>Zemina</i> | <i>Těžitelnost dle ČSN 73 3050</i> |
|-------------|------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| <i>GT Y</i> | - | <i>navážka</i> | <i>Třída č. 2 - 3</i> |
| <i>GT 1</i> | <i>S4/SM</i> | <i>hlinitý písek</i> | <i>Třída č. 1</i> |
| <i>GT 2</i> | <i>R6</i> | <i>zcela zvětralá břidlice</i> | <i>Třída č. 2 - 3</i> |
| <i>GT 3</i> | <i>R5</i> | <i>mírně zvětralá břidlice</i> | <i>Třída č. 3 - 4</i> |
| <i>GT4</i> | <i>R4</i> | <i>navětralá břidlice</i> | <i>Třída č. 4 - 5</i> |

2.6.9 Agresivita podzemní vody

Ze sondy V3 se odebral vzorek podzemní vody ke stanovení její agresivity na stavební konstrukce. Výsledky laboratorních analýz shrnuje následující tabulka. [7]

Tab. 5 Výsledky laboratorní analýzy vzorku podzemní vody ze sondy V3 [7]

| ukazatel | jednotka | označení vzorku V3 (9,9 m) |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | | hodnota |
| <i>pH při 25°C</i> | | 4,1 |
| <i>elektrická konduktivita</i> | <i>mS/m</i> | 139 |
| <i>KNK 4,5</i> | <i>mmol/l</i> | 0 |
| <i>ZNK 8,3</i> | <i>mmol/l</i> | 4,0 |
| <i>CO2 volný</i> | <i>mg/l</i> | 176 |
| <i>vápník</i> | <i>mg/l</i> | 142 |
| <i>hořčík</i> | <i>mg/l</i> | 50 |
| <i>amonné ionty</i> | <i>mg/l</i> | 0,27 |
| <i>sírany</i> | <i>mg/l</i> | 370 |
| <i>chloridy</i> | <i>mg/l</i> | 180 |
| <i>hydrogenuhlíčitany</i> | <i>mg/l</i> | 0 |
| <i>agresivita na beton</i> | ČSN 73 1214, stupeň | <i>ha</i> |
| | ČSN 73 1214, název | <i>silná</i> |
| | ČSN 73 1214, ukazatel | <i>1</i> |
| | ČSN EN 206, stupeň | <i>XA3</i> |
| <i>agresivita na ocel</i> | ČSN 03 8375, stupeň | <i>IV</i> |

Z výsledků laboratorního rozboru vyplývá, že vzorek podzemní vody ze sondy V3 z hloubky 9,9 m vykazuje silnou agresivitu na beton ve stupni XA3 (dle ČSN EN 206) a velmi vysokou agresivitu na ocel ve stupni IV (dle ČSN 03 8375). [7]

2.7 Shrnutí inženýrsko-geologického průzkumu

V rámci průzkumu z roku 2018 byl proveden tento rozsah relevantních prací:

- Shromáždění a vyhodnocení dostupných archivních průzkumů provedených v blízkém okolí zájmového území,
- provedení 6 vrtaných sond do hloubky od 10,0 do 18,2 m pod úroveň terénu včetně geologického popisu vrtaných sond,
- stanovení geomechanických vlastností zastižených typů zemin dle ČSN 73 1001, stanovení těžitelnosti dle ČSN 73 3050,
- laboratorní stanovení indexových vlastností zemin a hornin
- laboratorní stanovení agresivity podzemní vody. [7]

Šesti novými vrtanými sondami byl potvrzen v zájmovém území následující inženýrskogeologický profil (směrem od povrchu) rozdělený do následujících geotechnických tříd:

- **Geotechnická třída GT Y – navážky hlinitokamenité**, pokrývají celý povrch zájmového území v mocnosti přibližně 2,2 m. Nejvyšší mocnost navážek - 4,2 m byla zastižena sondou V6 umístěnou na SV rohu stávajícího asfaltového hřiště.
- **Geotechnická třída GT 1 – deluviofluviální sedimenty – hlinitý písek.** Dle ČSN 73 1001 zatříděn jako **S4/SM**. Mocnost těchto sedimentů se pohybuje od 4,5 do 5,0 m. Z hlediska zakládání staveb a namrzavosti zemin se jedná o zeminy podmíněčně vhodné.
- **Geotechnická třída GT 2 – zcela zvětralé jílovité břidlice**, dle ČSN 73 1001 zatříděné jako horniny třídy **R6**. Nacházejí se v hloubce cca 2,1 – 9,15 m pod terénem. Mocnost zcela zvětralých břidlic je asi 1 – 2,4 m.
- **Geotechnická třída GT 3 – mírně zvětralé jílovité břidlice**, dle ČSN 73 1001 zatříděné jako horniny třídy **R5**. Nacházejí se v hloubce 4 – 12 m pod terénem a jejich mocnost je asi 5,1 – 6,8 m.
- **Geotechnická třída GT 4 – navětralé jílovité břidlice**, dle ČSN 73 1001 zatříděné jako horniny třídy **R4**. Zastiženy byly v hloubce od 9,8 - 12 m. [7]

Vzhledem k proměnlivému a místy značnému rozpukání a proměnlivému zvětrání horninového prostředí doporučuje průzkum založení budoucích budov na pilotách zapuštěných minimálně 3 m do polohy poloskalního podloží třídy R5. [7]

Základové poměry jsou ve smyslu ČSN 73 1001 hodnoceny jako složité, vzhledem k proměnlivým vlastnostem zastižených břidlic, jejich nepravidelné mocnosti, uložení, stupni zvětrání a možnému tektonickému porušení. [7]

Hladina podzemní vody byla zastižena ve všech šesti sondách, její naražená úroveň se pohybovala od 8,2 do 10,8 m p.t. s výjimkou sondy V4, kde byla naražena v úrovni 5,5 m p.t. Ustálená hladina podzemní vody se pohybuje od 8,8 do 12,4 m, opět s výjimkou sondy V4, ve které byla ustálená hladina změřena v hloubce 5,7 m p.t. Podle archivních průzkumných prací se hladina podzemní vody pohybuje cca od 2,6 – 6,8 m p.t. a dle mapových podkladů potom 4 - 6 m, místy až 6 – 8 m pod terénem. Výsledky aktuálního průzkumu mohly být ovlivněny dlouhodobě suchým počasím. Vzhledem ke značné rozpukanosti horninového masivu a vzhledem k tomu, že hladina podzemní vody je vázána právě na puklinový systém, může být její úroveň pod terénem značně proměnlivá. [7]

Vzorek podzemní vody z vrtané sondy V3 vykazuje silnou agresivitu na beton stupně „ha“ dle ČSN 73 1214 a stupně XA3 dle ČSN EN 206 a dále velmi silnou agresivitu na ocel stupně IV dle ČSN 03 8375. [7]

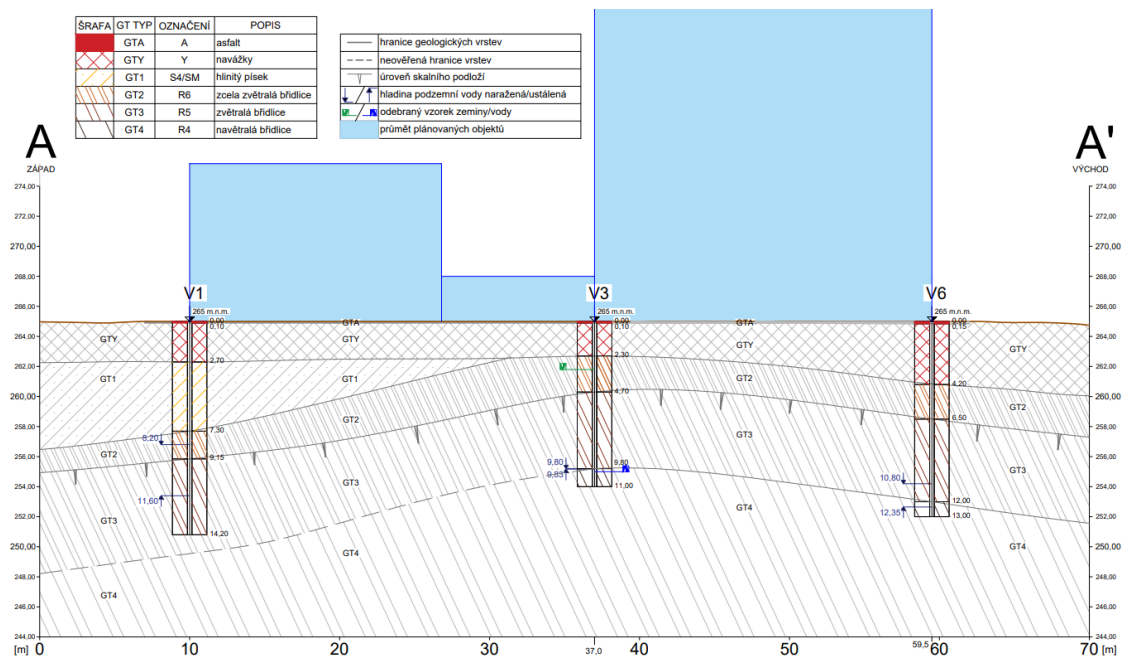
Na základě výsledků a vyhodnocení se v průzkumu doporučuje:

- V průběhu vrtání pilotového základu ověřit dosažení hornin typu R4 inženýrským geologem.
- Zemní práce se doporučují provádět při vhodných klimatických podmínkách.
- Vzhledem k namrzavosti zastižených typů zemin se nedoporučuje přezimování základové spáry.
- Vzhledem ke stanovené agresivitě podzemní vody na stavební konstrukce se doporučuje při návrhu založení budoucích objektů zohlednit ochranu proti jejím vlivům. [7]

2.8 Geologické řezy

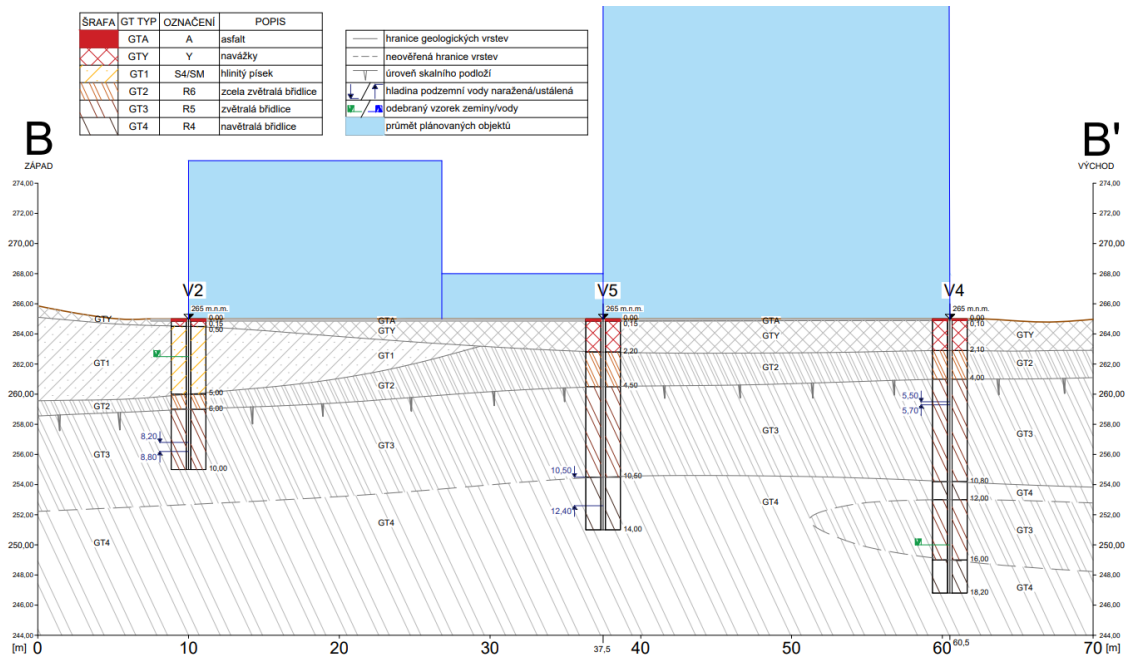
Geologické profily šesti vrtaných sond, provedených v roce 2018, jsou zdokumentovány na následujících příslušných obrázcích zobrazujících geologické řezy provedené v rámci inženýrsko-geologického průzkumu z roku 2018.

Geologický řez po linii A-A':



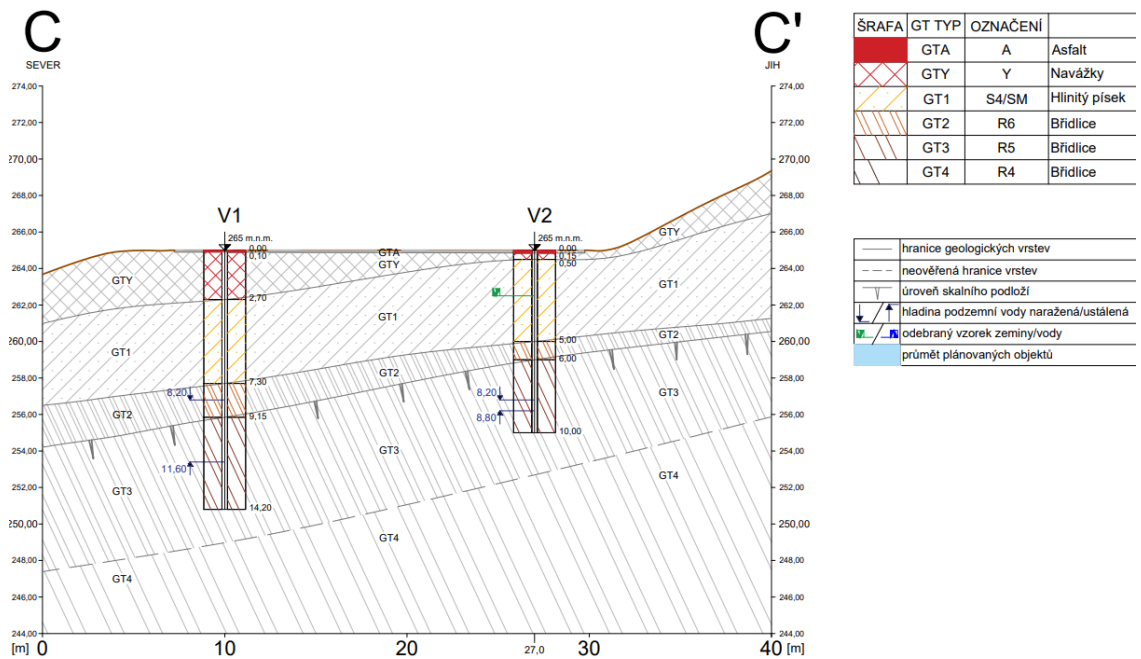
Obr. 27 Geologický řez A-A' [7]

Geologický řez po linii B-B':



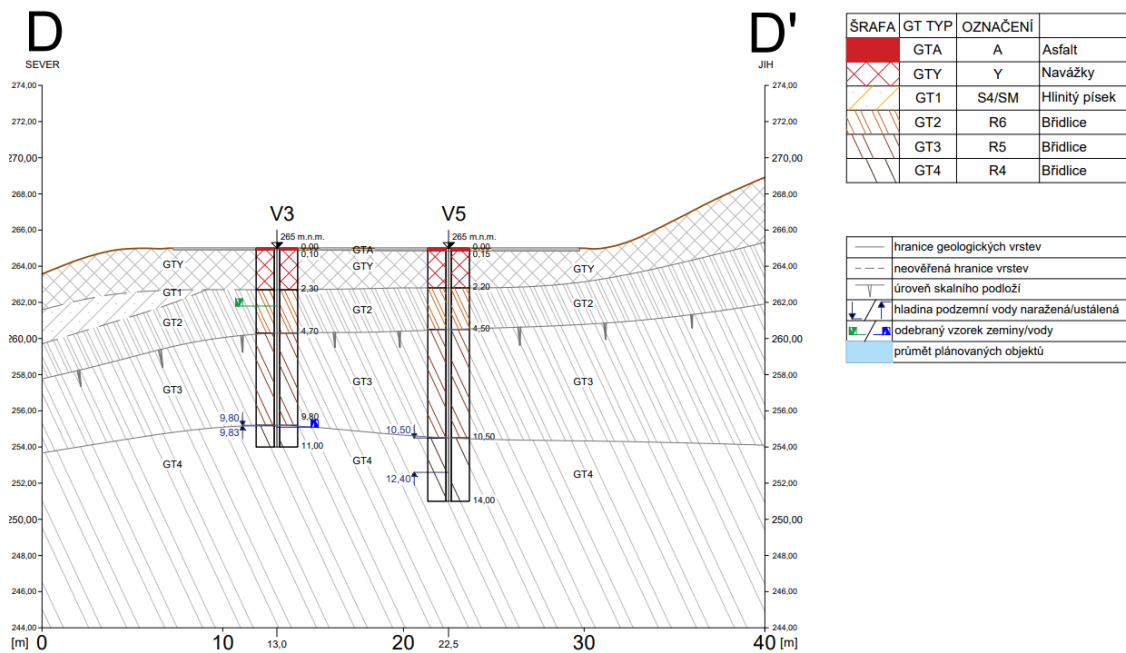
Obr. 28 Geologický řez B-B' [7]

Geologický řez po linii C-C':



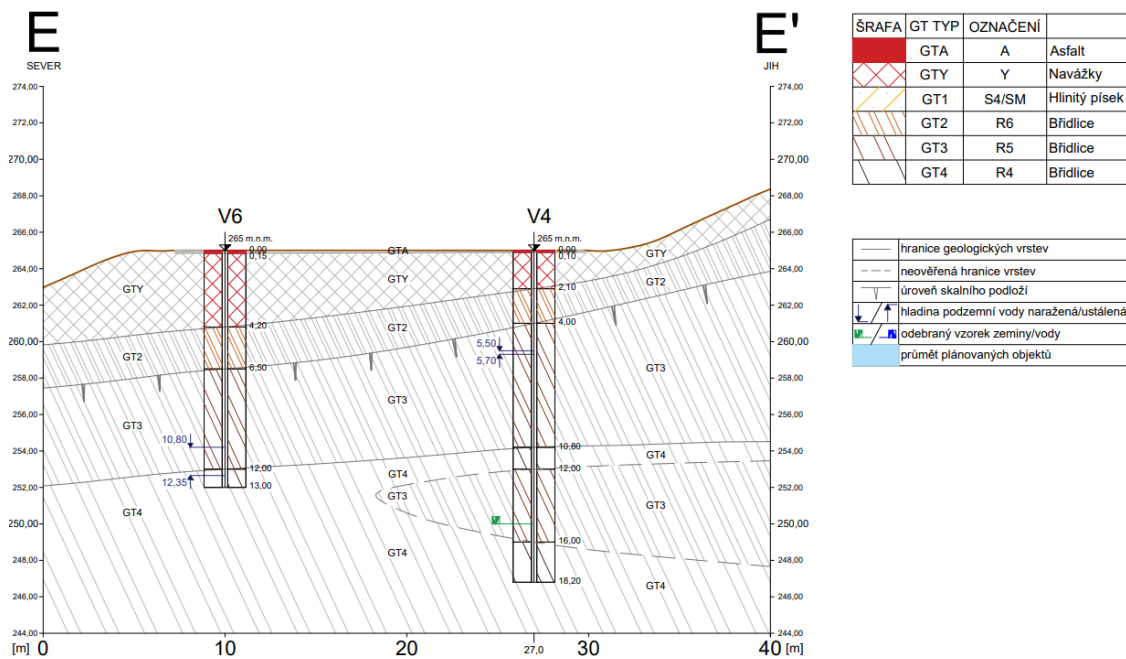
Obr. 29 Geologický řez C-C' [7]

Geologický řez po linii D-D':



Obr. 30 Geologický řez D-D' [7]

Geologický řez po linii E-E':



Obr. 31 Geologický řez E-E' [7]

2.9 Zatřídění zemin a jejich geomechanické charakteristiky

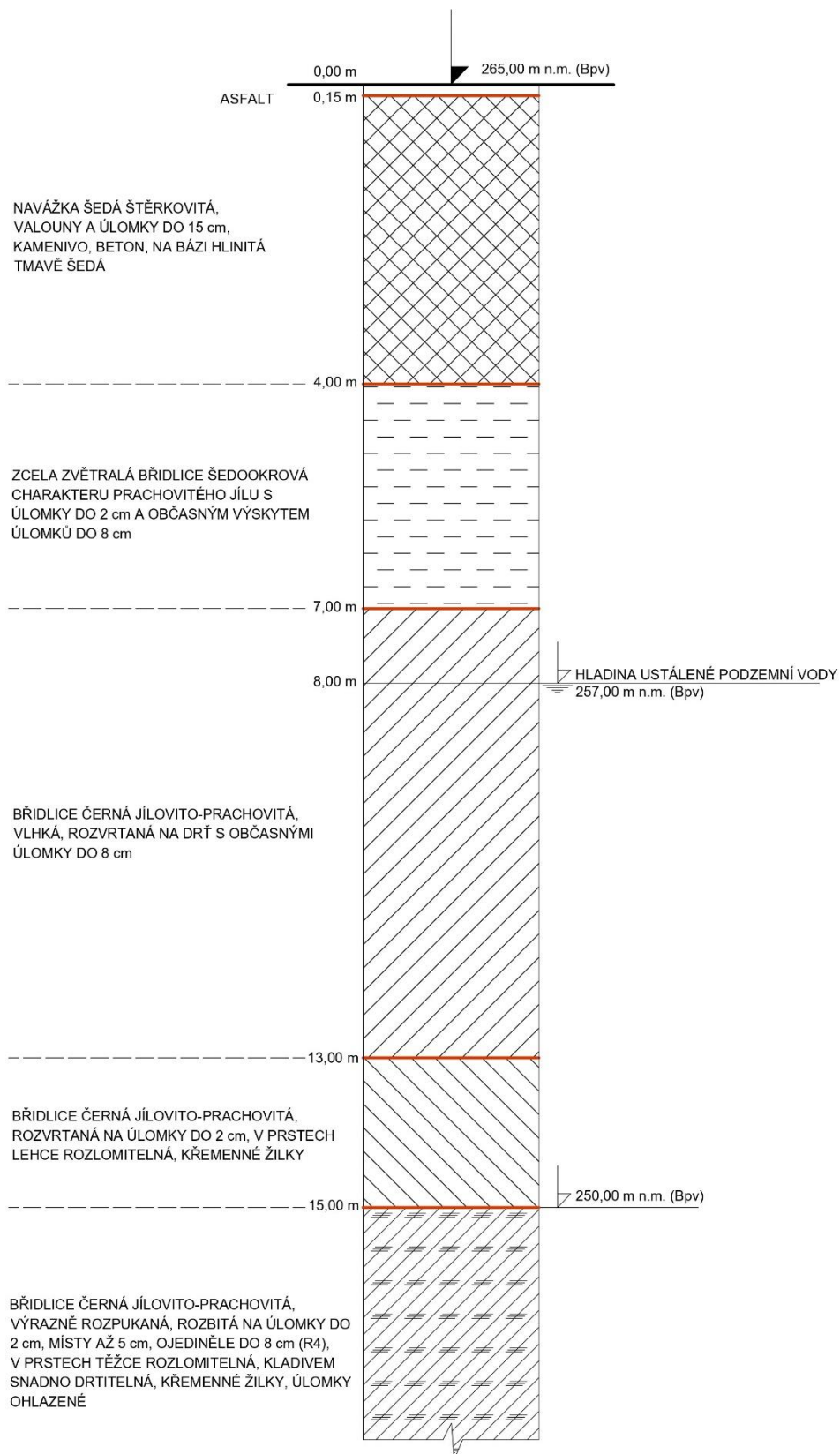
Geologický a následně geotechnický model jsem provedl s přihlédnutím ke všem šesti vrtaným sondám s tím, že největší prioritu měly vrty V3, V4, V5 a V6, jelikož se nachází pod budoucí základovou konstrukcí bytového domu. V rámci inženýrsko – geologického průzkumu z roku 2018 (hlavní signatura GF P164895) byly zeminy a horniny zatříděny do příslušných tříd dle normy ČSN 73 1001. [7]

Hladinu ustálené spodní vody jsem bezpečně volil v menší hloubce, a to v hloubce 8 m pod původním terénem, tj. na kótě 257,00 m n.m.

Charakteristické hodnoty mechanicko – fyzikálních vlastností zemin a hornin byly v rámci inženýrsko-geologického průzkumu z roku 2018 (hlavní signatura GF P164895) na základě vhodného zatřídění zemin a hornin a na základě jejich stavu, tj. konzistence či ulehlosti a případně stupni zvětrání obezřetně a konzervativně zvoleny z rozsahů uvedených v tabulkách doporučených pro navrhování geotechnických konstrukcí v České republice (tzv. směrné normové charakteristiky). Jedná se o lehce modifikované tabulkové hodnoty z ČSN 73 1001. Tento postup je v souladu s platnou normou ČSN EN 1997-1 a je umožněn pro konstrukce spadající do 2. Geotechnické kategorie. [20] [25]

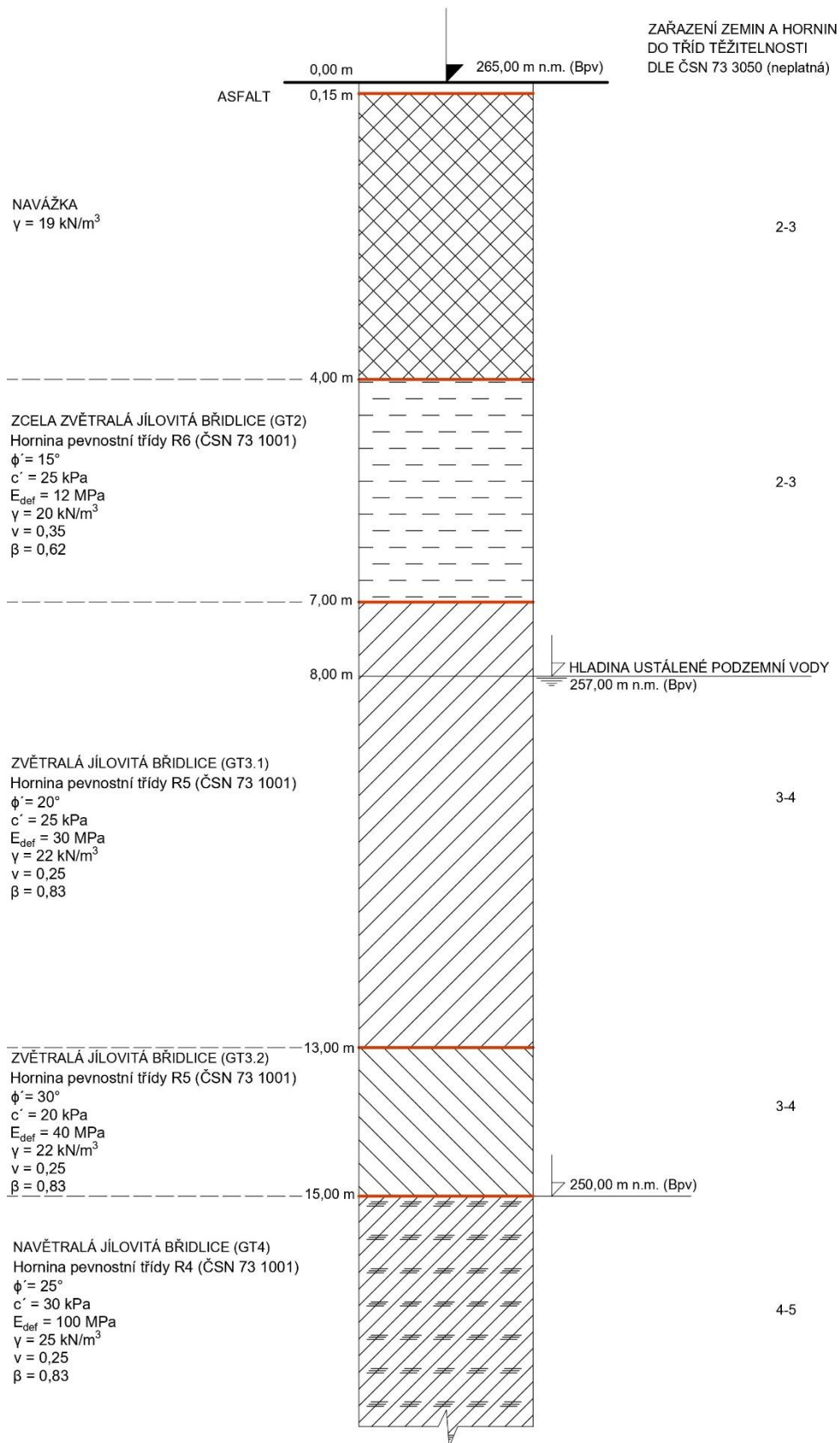
Jelikož podloží pod budoucí základovou konstrukcí bytového domu není příliš proměnné, byl vytvořen jeden geologický a na to jeden geotechnický model, který bude pro výpočet spodní stavby reprezentovat geologické podloží. Jednotlivé vrstvy, jejich hloubky, tloušťky a geomechanické parametry byly pro finální výpočet zvoleny konzervativně a s určitou rezervou i ve srovnání s výsledky a doporučeními inženýrsko-geologického průzkumu z roku 2018 (hlavní signatura GF P164895). Geologický model a geotechnický model, zobrazené v následujících obrázcích, jsou proto na straně bezpečné.

2.10 Celkový geologický model – GM1



Obr. 32 Geologický model GM1

2.11 Geotechnický model



Obr. 33 Geotechnický model

2.12 Geomechanické vlastnosti zemin a hornin

Tab. 6 Geomechanické parametry hlinitého písku S4–SM

| Hlinitý písek (GT1), konzistence pevná (ČSN P 73 1005) | | |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|
| Zatřídění dle ČSN 73 1001: | S4 – SM | |
| Poissonovo číslo | ν [-] | 0,30 |
| Převodní součinitel | β [-] | 0,74 |
| Objemová tíha | γ [kN/m ³] | 18 |
| Modul přetvárnosti | E_{def} [MPa] | 6 |
| Efektivní soudržnost | c_{ef} [kPa] | 3 |
| Efektivní úhel vnitřního tření | φ_{ef} [°] | 28 |

Tab. 7 Geomechanické parametry zcela zvětralé jílovité břidlice R6

| Jílovitá břidlice zcela zvětralá (GT2), konzistence pevná (ČSN P 73 1005) | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|
| Zatřídění dle ČSN 73 1001: | R6 | |
| Poissonovo číslo | ν [-] | 0,35 |
| Převodní součinitel | β [-] | 0,62 |
| Objemová tíha | γ [kN/m ³] | 20 |
| Modul přetvárnosti | E_{def} [MPa] | 12 |
| Efektivní soudržnost | c_{ef} [kPa] | 25 |
| Efektivní úhel vnitřního tření | φ_{ef} [°] | 15 |
| Pevnost v prostém tlaku | σ_c [MPa] | 1 |

Tab. 8 Geomechanické parametry zvětralé jílovité břidlice R5 v hloubce 7 až 13 metrů

| Jílovitá břidlice zvětralá (GT3.1), konzistence pevná (ČSN P 73 1005) | | |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|
| Zatřídění dle ČSN 73 1001: | R5 | |
| Poissonovo číslo | ν [-] | 0,25 |
| Převodní součinitel | β [-] | 0,83 |
| Objemová tíha | γ [kN/m ³] | 22 |
| Modul přetvárnosti | E_{def} [MPa] | 30 |
| Efektivní soudržnost | c_{ef} [kPa] | 25 |
| Efektivní úhel vnitřního tření | φ_{ef} [°] | 20 |
| Pevnost v prostém tlaku | σ_c [MPa] | 3 |

Tab. 9 Geomechanické parametry zvětralé jílovité břidlice R5 v hloubce 13 až 15 metrů

| Jílovitá břidlice zvětralá (GT3.2), konzistence pevná (ČSN P 73 1005) | | |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|
| Zatřídění dle ČSN 73 1001: | R5 | |
| Poissonovo číslo | $\nu [-]$ | 0,25 |
| Převodní součinitel | $\beta [-]$ | 0,83 |
| Objemová tíha | $\gamma [kN/m^3]$ | 22 |
| Modul přetvárnosti | $E_{def} [MPa]$ | 40 |
| Efektivní soudržnost | $c_{ef} [kPa]$ | 20 |
| Efektivní úhel vnitřního tření | $\varphi_{ef} [^\circ]$ | 30 |
| Pevnost v prostém tlaku | $\sigma_c [MPa]$ | 4 |

Tab. 10 Geomechanické parametry navětralé jílovité břidlice R4

| Jílovitá břidlice navětralá (GT4), konzistence pevná (ČSN P 73 1005) | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|
| Zatřídění dle ČSN 73 1001: | R4 | |
| Poissonovo číslo | $\nu [-]$ | 0,25 |
| Převodní součinitel | $\beta [-]$ | 0,83 |
| Objemová tíha | $\gamma [kN/m^3]$ | 25 |
| Modul přetvárnosti | $E_{def} [MPa]$ | 100 |
| Efektivní soudržnost | $c_{ef} [kPa]$ | 30 |
| Efektivní úhel vnitřního tření | $\varphi_{ef} [^\circ]$ | 25 |
| Pevnost v prostém tlaku | $\sigma_c [MPa]$ | 8 |

2.13 Možnosti založení budovy

V inženýrsko – geologickém průzkumu z roku 2018 (hlavní signatura GF P164895) je konstatováno a uvedeno, že se doporučuje založení vícepodlažních budov v zájmovém území na pilotovém základu. Okolní budovy, jak ze starší zástavby, tak i novostavby, které se svou velikostí podobají mnou řešenému bytovému domu, jsou též založeny na pilotách. [7]

Proto jsem se rozhodl založit budovu na hlubinných základech konkrétně na vrtaných železobetonových velkopřůměrových kruhových pilotách pažených ocelovou výpažnicí v kombinaci s železobetonovou monolitickou základovou deskou tvořící tzv. bílou vanu.

2.13.1 Založení na základové desce

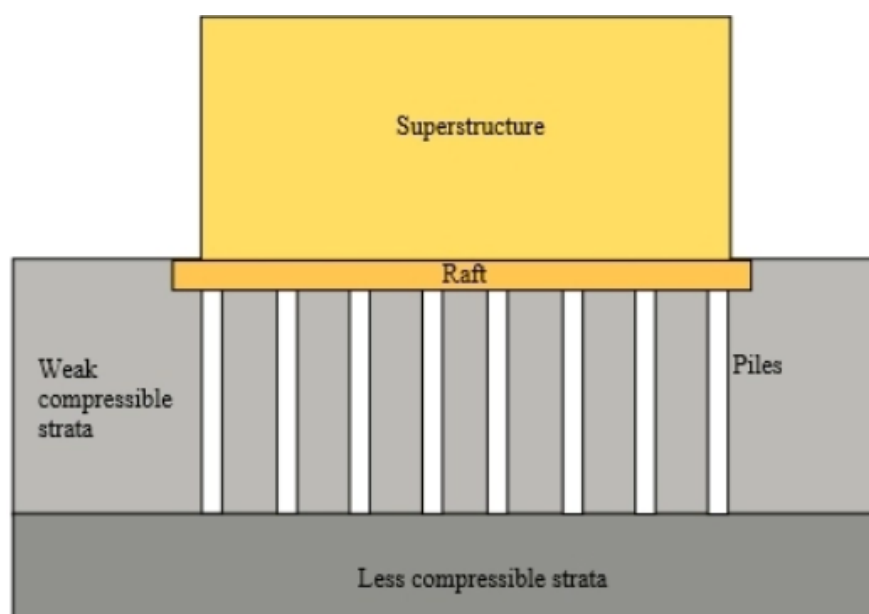
Předpokládají se relativně velká absolutní i nerovnoměrná sedání. Založení osmipodlažní budovy na samotné základové desce je problematické z hlediska protlačení desky sloupy, jelikož svislé silové zatížení od horní stavby je značně veliké. Základová deska by musela mít příliš velkou tloušťku.

2.13.2 Založení na pasech a patkách

Moduly přetvárnosti jílovitých břidlic v podloží zájmového území jsou nízké a založení na pasech a patkách by proto taktéž vyvolalo velká absolutní i relativní sedání a rozměry pásů a patek a jejich hloubka založení by musely být velké a dále by se musela složitěji než-li u bílé vany navrhnout hydroizolace spodní stavby, což v praxi není optimálním řešením. Z těchto důvodů je založení řešeného bytového domu na plošných základech vyloučeno.

2.13.3 Pilotový základ

Průzkumem doporučeným a vhodným založením se pro řešený bytový dům zdá být pilotový základ v kombinaci se základovou deskou tvořící tzv. bílou vanu. Touto kombinací hlubinného a plošného založení se využívá jejich jednotlivých výhod a vzniká velmi tuhá a únosná základová konstrukce. Optimalizací se může navrhnout základová deska relativně menší tloušťky a piloty mohou být o něco kratší než-li v případě založení pouze na pilotách v absenci základové desky. [7]



Obr. 34 Schéma založení na desce s pilotami [10]

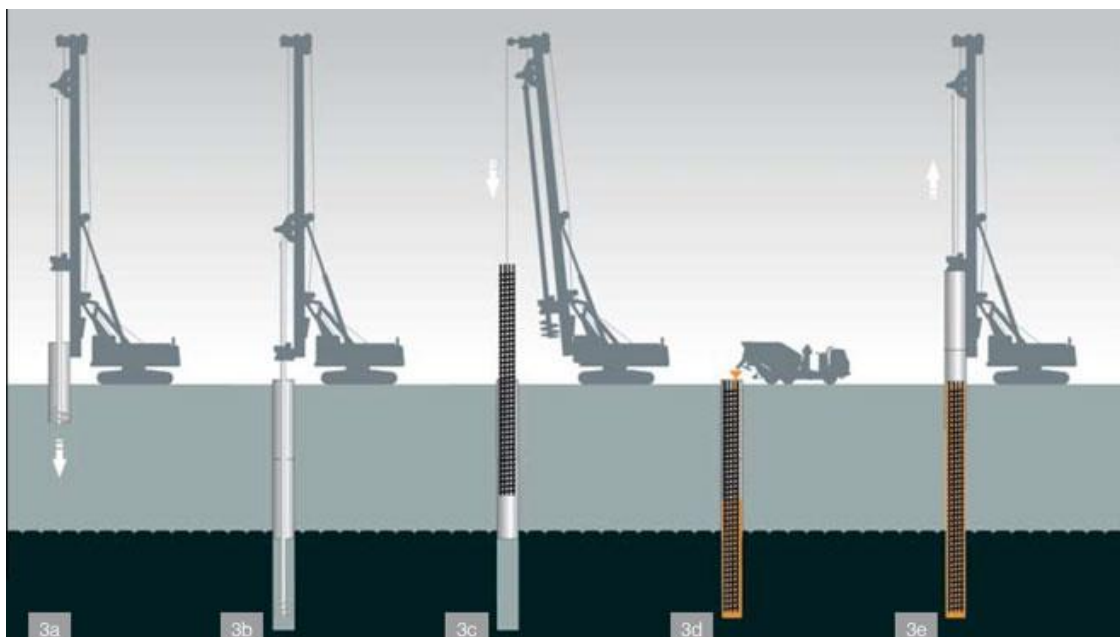
3 NÁVRH A POSOUZENÍ ZALOŽENÍ BUDOVY

3.1 Zvolený typ založení

Budova bude založena na železobetonové monolitické základové desce konstantní tloušťky 400 mm, resp. 300 mm pod výtahovou šachtou, podepírané velkopřůměrovými vrtanými monolitickými železobetonovými pilotami průměru 880 mm (průměr pažnice) zavrtanými do poloskalního podloží a paženými pomocí spojovatelných ocelových pažnic, které budou s postupem betonáže vytahovány. Piloty budou umístěny pouze v místech pat svislých nosných konstrukcí 1.PP, tj. nosných sloupů a stěn. Z důvodu výskytu podzemních garáží v 1.PP budovy, je tento druh založení vhodný, protože deska bude mít funkci jak nosnou, tak i hydroizolační jakožto bílá vana. Koneckonců je toto řešení v ČR a po Evropě velmi často navrhované a realizované u podobných budov.

3.1.1 Typ navržených pilot

Navrhují velkopřůměrové kruhové vrtané železobetonové piloty pažené ocelovou výpažnicí průměru 880 mm. Možnou vhodnou alternativou jsou CFA piloty, tj. piloty prováděné průběžným šnekem, jelikož se v podloží vyskytují měkké horniny.



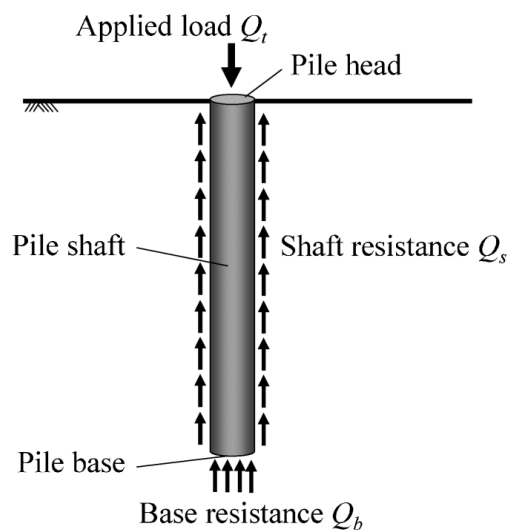
Obr. 35 Postup provádění vrtaných pilot pažených ocelovou pažnicí [11]

3.2 Postup návrhu základové konstrukce

Nejprve se vypočetla základová deska bez přítomnosti pilot a ověřila se nevhodnost plošného založení, a to v programech GEO5 Deska 2024 a SCIA Engineer v22.1.

Následně byly navrženy piloty v případě absence základové desky, tzn. jako kdyby se navrhovaly osamělé piloty. Délky pilot se stanovili tak, aby piloty vyhověly všem požadavkům, tj. zejména na mezní stav únosnosti a na mezní stav použitelnosti. Jelikož finální návrh založení základovou desku, která bude v interakci s pilotami, obsahovat bude, provedlo se zkrácení všech pilot o 0,5 až 1,0 metrů a to tak, aby deska sedala po celé ploše, co možno nejvíce rovnoměrně.

Poté následoval výpočet desky na pilotách. Výpočet se opět provedl zvlášť v programu GEO5 Deska 2024 a SCIA Engineer 22.1. Iteračním výpočtem se našly jednotlivá sedání v místech pilot v obou programech zvlášť. Délky pilot se zoptimalizovaly tak, aby sedání nepřesahovalo hodnotu 10 mm a aby konstrukce založení nebyla zbytečně předimenzovaná a tím pádem předražena a také, aby na druhou stranu nebyla poddimenzovaná čili nedostatečně tuhá či únosná. Tato optimalizace se provedla sledováním výsledků jednotlivých sedání v místech pilot a únosností pilot. Výsledky z obou programů se na závěr porovnají.



Obr. 36 Působení osamělé piloty při svislém zatěžování [12]

3.2.1 Piloty podepírající základovou deskou

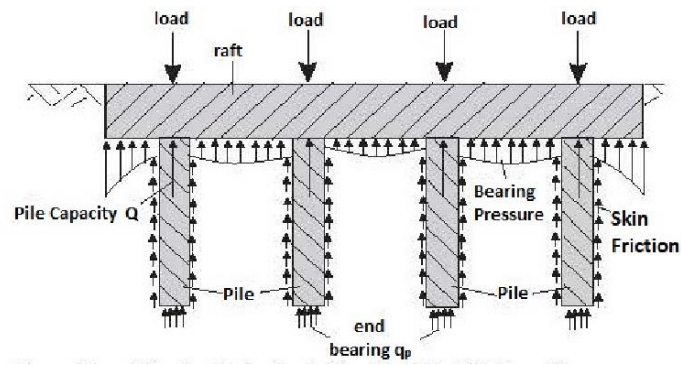
Navrženým založením budovy je založení na železobetonové desce tloušťky 400 mm z vodonepropustného betonu (bílá vana), která bude podepřena celkem 35 piloty, umístěnými půdorysně pouze v místech svislých nosných konstrukcí nejnižšího podlaží, tj. 1.PP. Hydroizolaci spodní stavby bude tvořit samotná železobetonová základová deska z vodonepropustného betonu čili tzv. bílá vana.

Přítomností základové desky dochází k její interakci s pilotami, kdy se podílí na přenosu zatížení od stavby. To umožňuje navrhnout o něco kratší piloty. Dále se interakcí pilot s deskou zmenšují konečná absolutní a relativní sedání. Jedná se o velmi tuhou základovou konstrukci. Základovou deskou můžeme navíc vhodně využít jako hydroizolaci spodní stavby v 1.PP, kde budou podzemní garáže. Základová deska tak má dvojí funkci – nosnou a hydroizolační.

Spolupůsobení základové desky na přenosu zatížení v případě relativně menších tlouštěk základových desek (cca 300 až 700 mm), kde piloty jsou půdorysně umístěny pouze v místech svislých nosných konstrukcí nejnižšího podlaží, bývá procentuálně cca 10 až 15 % od celkového zatížení na spodní stavbu. [13]

Účinek spolupůsobení pilot se základovou deskou byl stanoven pomocí programu GEO5 DESKA a PILOTA (verze 2024), resp. pomocí SCIA Engineer (verze 22.1) a GEO5 PILOTA (verze 2024). Návrh základové desky z hlediska založení byl proveden v programu GEO5 DESKA (verze 2024) a výpočet a posouzení finálních pilot v programu GEO5 PILOTA (verze 2024). Protlačení základové desky bylo posouzeno pomocí programu FIN EC PROTLAK (verze 2024).

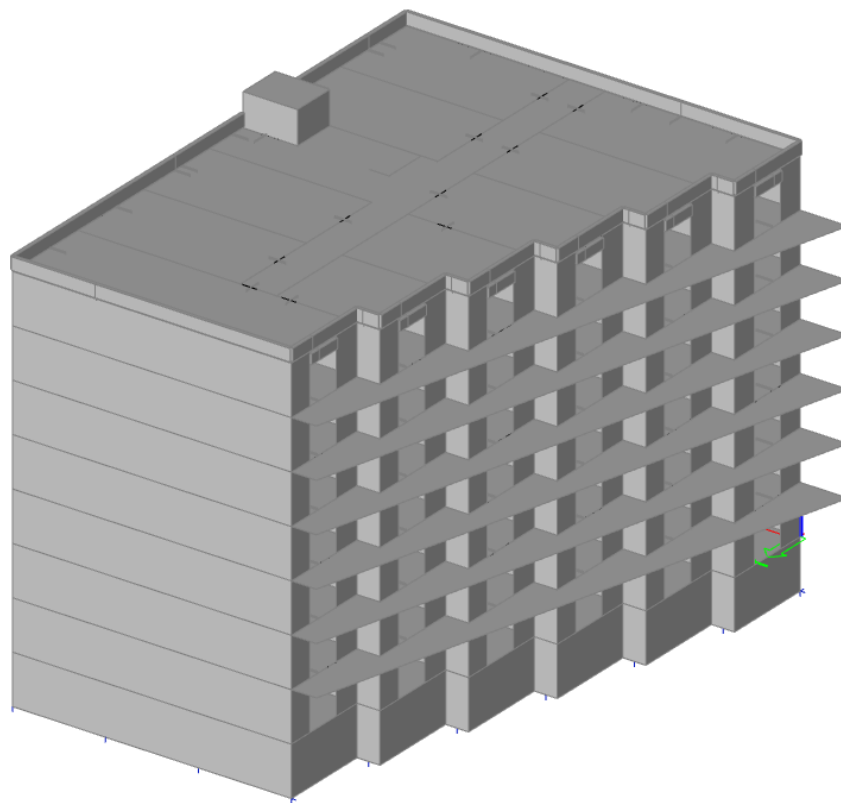
Tuhosti lokálních lineárně pružných svislých podpor desky zjednodušeně reprezentující piloty pod deskou se stanovily iteračně v závislosti na výsledcích sedání z výpočtu desky a v závislosti na mezních zatěžovacích křivkách jednotlivých pilot reprezentující chování pilot při jejich svislém zatěžování. Hodnoty tuhostí svislých pružin se upravovali několikrát dokud sedání z výpočtu desky se rovnalo sedání dle nelineární mezní zatěžovací křivky (doc. Masopust) konkrétní piloty. Jelikož je pod deskou celkem 35 pilot, bylo třeba iterovat 35 tuhostí, což je v praxi časově velice náročné, protože často nevystačí ani čtyři iterace.



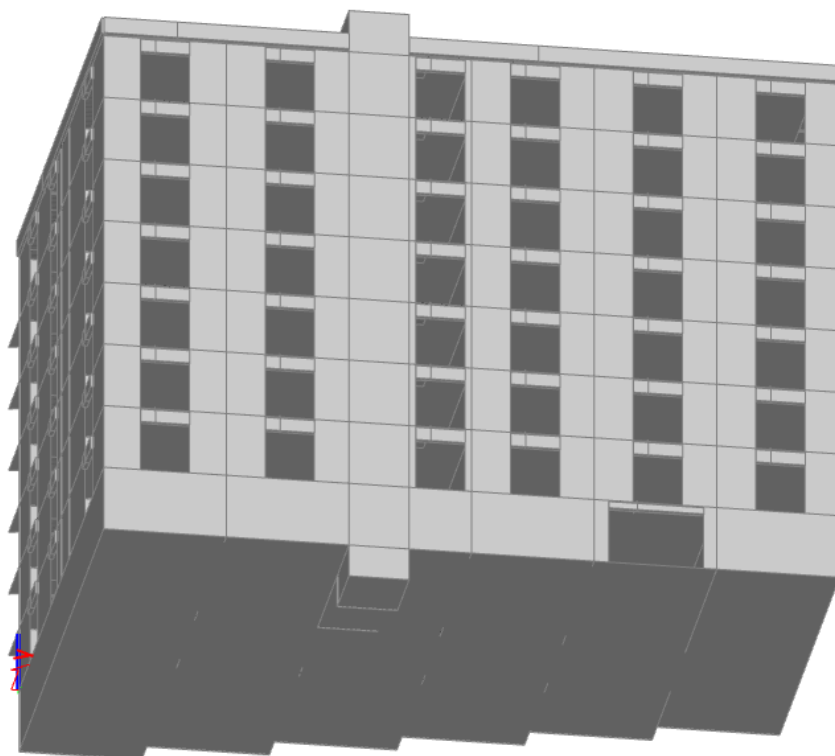
Obr. 37 Spolupůsobení desky s pilotami při svislém zatěžování [14]

3.3 3D model ve výpočetním softwaru Scia Engineer

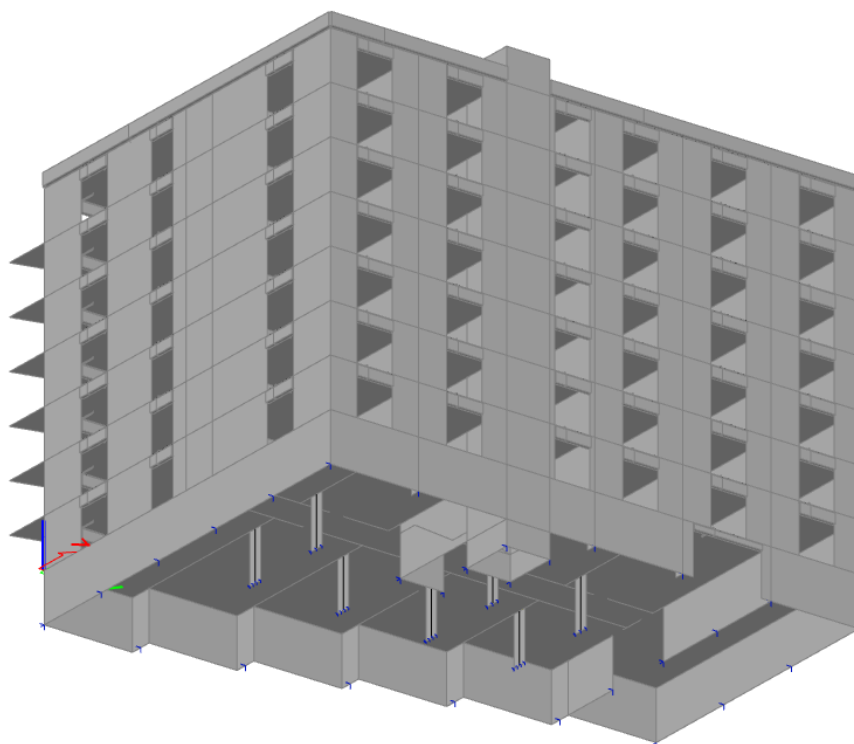
Součástí této diplomové práce je provedení 3D modelu celé nosné konstrukce bytového domu včetně spodní stavby. Cílem bylo seznámit se s výpočtem pomocí tzv. modulu Soilin, sloužící pro výpočet základových desek na geologickém podloží a porovnání výsledků ze Scie s výsledky z programu GEO5 Deska, který je oproti programu Scia Engineer jednodušší, co se interakce nosné konstrukce stavby s podložím a reprezentace podloží týče.



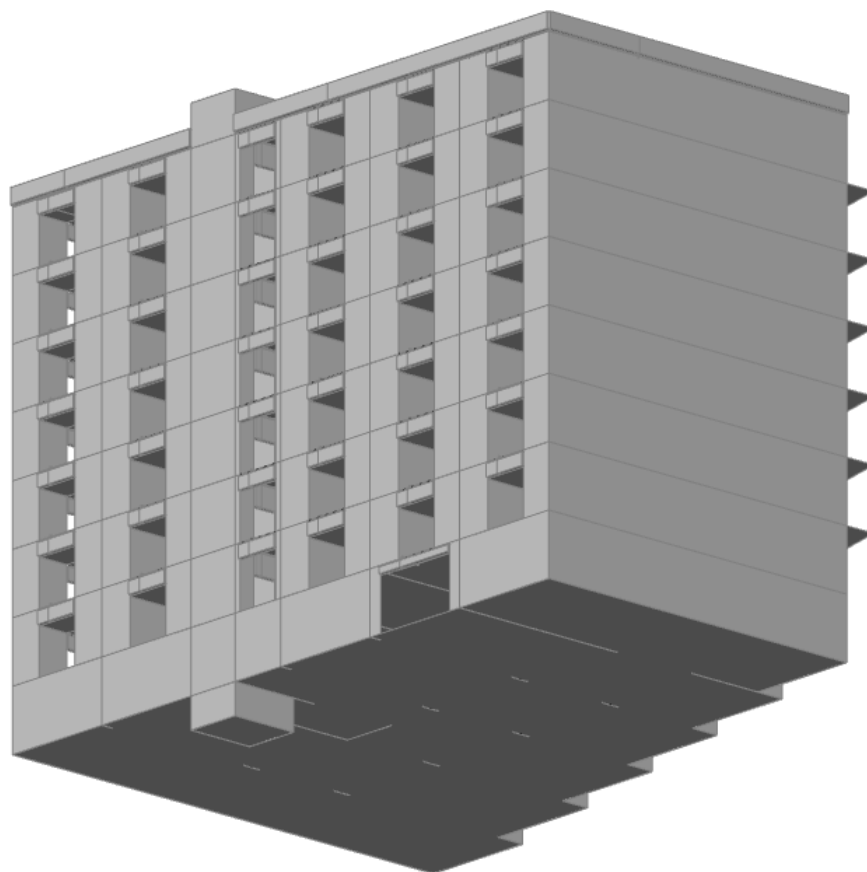
Obr. 38 3D model bytového domu



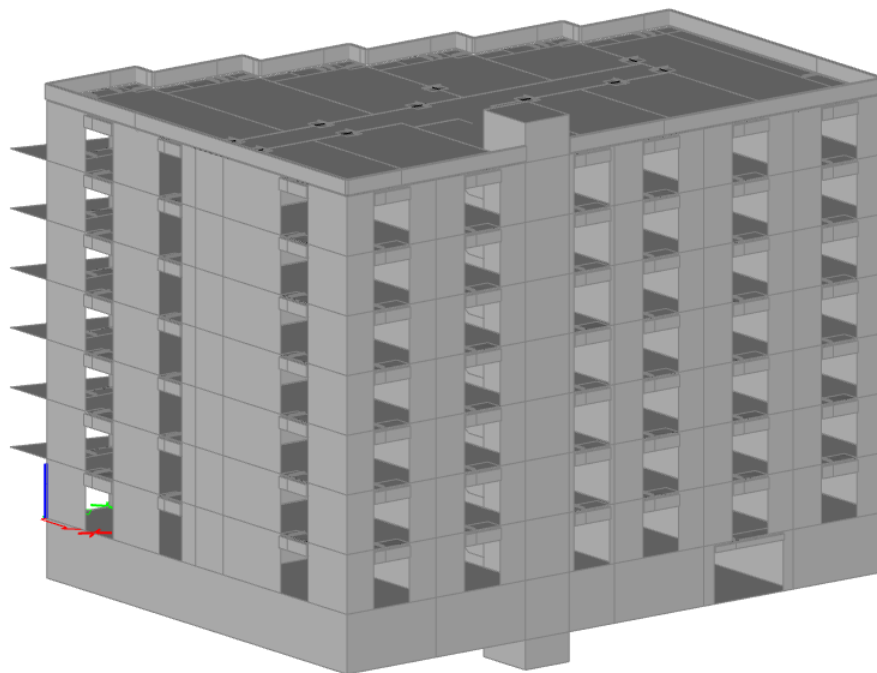
Obr. 39 3D model bytového domu



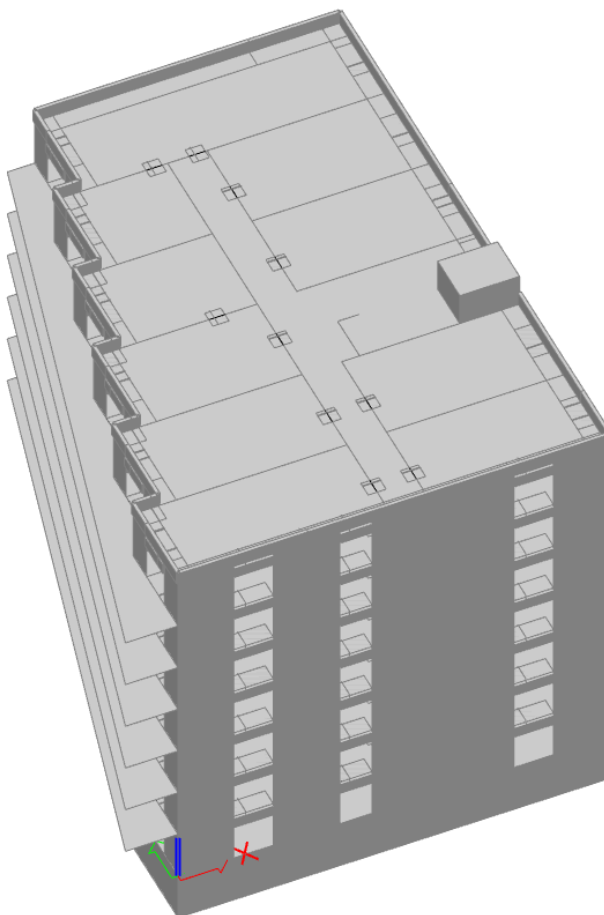
Obr. 40 3D model bytového domu



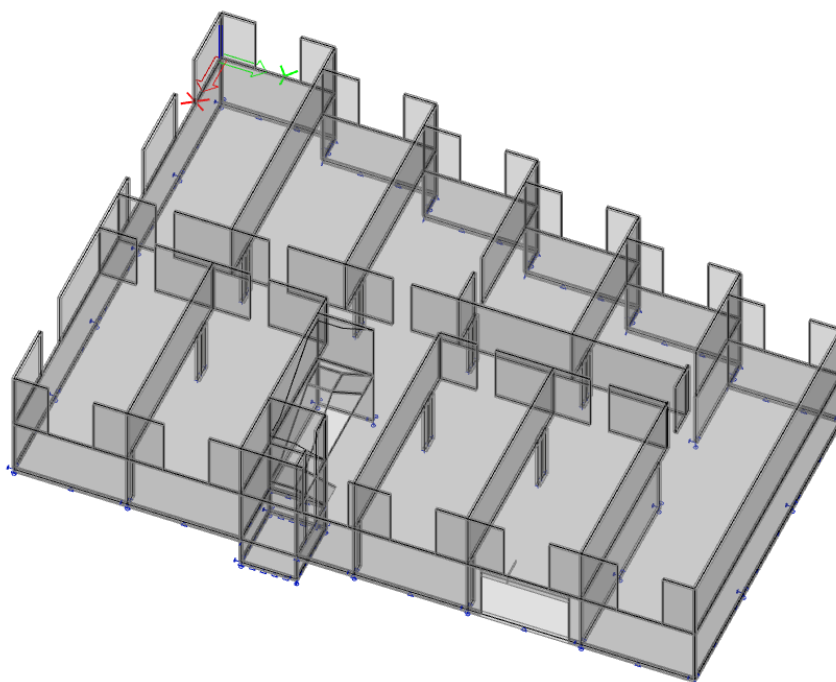
Obr. 41 3D model bytového domu



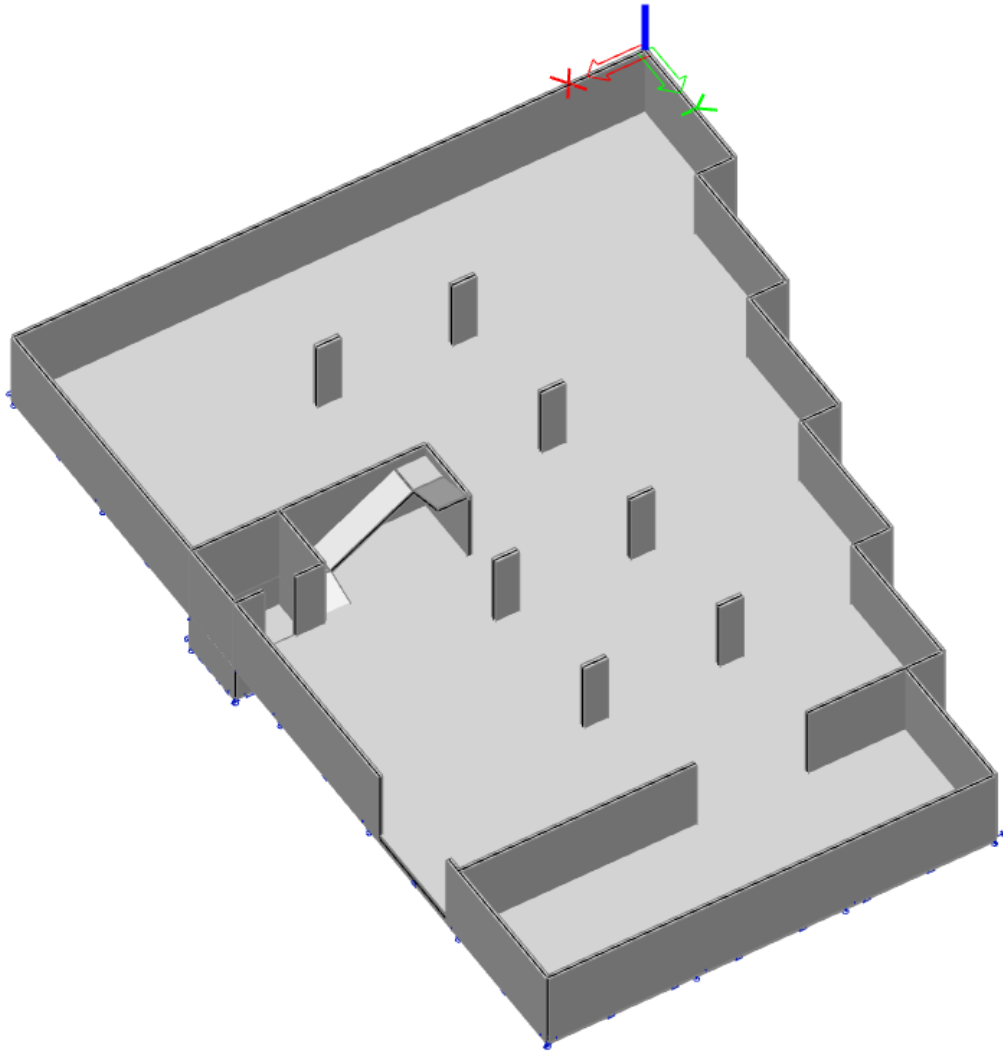
Obr. 42 3D model bytového domu



Obr. 43 3D model bytového domu



Obr. 44 3D model typického podlaží



Obr. 45 3D model 1.PP

3.4 Hydroizolace spodní stavby

Hydroizolaci spodní stavby bude tvořit monolitická železobetonová deska z vodonepropustného betonu, tzv. bílá vana. V 1.PP řešeného bytového domu jsou podzemní garáže pro parkování osobních automobilů budoucích rezidentů. Návrh monolitické železobetonové základové desky z vodonepropustného betonu tvořící bílou vanu je proto v tomto případě velmi vhodné z hlediska hydroizolace, odvodnění garáží, odolnosti vůči agresivnímu působení, trvanlivosti a případné sanace konstrukce. Slabými místy bílých van jsou pracovní spáry. Hladina podzemní vody zájmového území je relativně vysoká a z inženýrsko-geologického průzkumu z roku 2018 vyplývá, že hladina spodní vody v méně suchých obdobích může být ještě vyšší. Proto je důležité

nepodceňovat hydroizolaci spodní stavby, nicméně se nejedná o tlakovou vodu, jelikož základová spára je v hloubce 4 metrů, resp. 5,63 metrů od původního terénu.

Méně vhodnou alternativou pro hydroizolaci spodní stavby pro konkrétní případ bytového domu by byla tzv. černá vana, což je hydroizolace spodní stavby pomocí hydroizolačních asfaltových pásů nebo hydroizolačních fólií. Tato alternativa je stejně jako bílá vana náročná na správné vodotěsné provedení. Pro větší plochy desek a pro suterény s podzemními garážemi není příliš často navrhovaná. Koneckonců i pro černou vanu je třeba navrhnout betonovou (podkladní) desku i když poddajnější než-li v případě bílé vany, jelikož nemá dominantně nosnou funkci. Další nevýhodou černé vany oproti bílé vany je to, že při případné poruše je pro sanaci třeba provádět výkopové práce, jelikož povlaková hydroizolace je na vnější straně. Bílou vanu je možno sanovat i z interiéru. Z těchto důvodů byla navržena tzv. bílá vana.



Obr. 46 Příklad hydroizolace spodní stavby černou vanou [15]



Obr. 47 Příklad hydroizolace spodní stavby bílou vanou [16]

3.5 Použité materiály

Všechny nosné prvky horní i spodní stavby jsou navrženy jako železobetonové monolitické vyjma prefabrikovaných železobetonových schodišťových ramen a mezipodest, vyztužené betonářskou ocelí.

3.5.1 Beton

Zvolený beton musí mít požadovanou pevnost, odolnost vůči vnějšímu prostředí, složení a konzistenci. Při betonáži se musí dbát na dostatečné probetonování kolem výztuže. [17]

Národní příloha k normě ČSN EN 1992-1-1 stanovuje minimální doporučenou pevnostní třídu betonu pro všechny stupně vlivu prostředí. Musí se dodržet minimální obsah cementu 300 kg/m^3 s maximálním vodním součinitelem 0,55. [18] [19]

Podzemní vody vykazují silnou agresivitu na beton stupně XA3 dle ČSN EN 206 a dále velmi silnou agresivitu na ocel stupně IV dle ČSN 03 8375. Vzhledem k výskytu podzemní vody bezpečně pod základovou spárou, bude na konstrukci objektu působit především nahromaděná srážková voda, stupeň vlivu prostředí betonu je zvolen XA1, kromě pilot. [7]

Na základě průzkumu a požadavků na použitý beton byly stanoveny tyto specifikace betonu:

Vrtané piloty:

Beton ČSN EN 206+A1 a ČSN P 73 2404:

C 30/37 – XC2, XA3 (CZ, F.1) – Cl 0,4 – D_{max}22 – S4

Maximální průsak 20 mm dle ČSN EN 12 390-8

Základová deska:

Beton ČSN EN 206+A1 a ČSN P 73 2404:

C 35/45 – XC3, XD1, XA1 (CZ, F.1) – Cl 0,4 – D_{max}22 – S4

Vodostavební konstrukce, maximální průsak 50 mm dle ČSN EN 12 390-8

Obvodové stěny (pod terénem):

Beton ČSN EN 206+A1 a ČSN P 73 2404:

C 35/45 – XC3, XD1, XA1 (CZ, F.1) – Cl 0,4 – D_{max}22 – S4

Vodostavební konstrukce, maximální průsak 50 mm dle ČSN EN 12 390-8

Stropní deska (nad 1.PP), vnitřní stěny, sloupy:

Beton ČSN EN 206+A1 a ČSN P 73 2404:

C 35/45 – XC3 XD1 (CZ, F.1) – Cl 0,4 – D_{max}22 – S4

Specifikace betonu pro horní stavbu (1.NP až 7.NP):

Beton ČSN EN 206+A1 a ČSN P 73 2404:

C 35/45 – XC1 – Cl 0,2 – D_{max}16 – S4

Podkladní beton:

Beton ČSN EN 206+A1 a ČSN P 73 2404:

C12/15 X0

Musí se vždy zajistit dostatečná krycí vrstva výztuže dle ČSN EN 1992-1-1, aby byla dlouhodobě chráněna proti korozi. Minimální krytí výztuže s ohledem na provádění pro piloty s průměrem větším než 600 mm nesmí být menší než 60 mm dle ČSN EN 1536+A1. Po přičtení přídatku na návrhovou odchylku, která činí 10 mm se předepsaná hodnota krycí vrstvy pro piloty rovná 70 mm, kterou je nutno dodržet u všech pilot. [18] [19]

Základové desky se k zajištění rovinnosti a k správnému uložení výztuže v základových deskách pomocí tzv. distančnicků betonují na podkladní beton tloušťky alespoň 100 mm. Celková tloušťka nominální krycí vrstvy základové desky je po přičtení návrhové odchylky 10 mm rovna 30 mm. [19]

3.5.2 Ocel

Jako výztuž do železobetonu se použije betonářská ocel s označením B500B, tj. s charakteristickou hodnotou meze kluzu rovnou 500 MPa a s třídou tažnosti B.

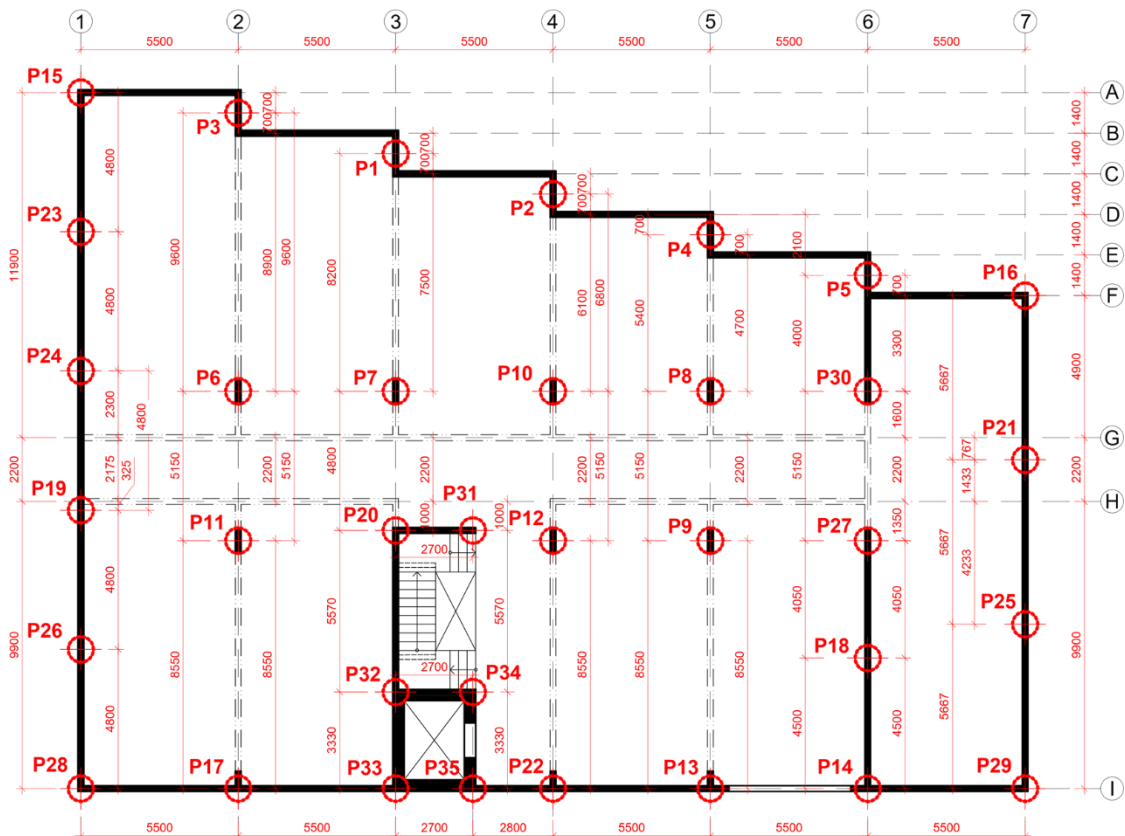
Betonářská ocel musí odpovídat požadavkům normy ČSN EN 10080.

Do základové desky se bude výztuž osazovat v podobě svařovaných sítí a do pilot v podobě svařovaných armokošů.

3.6 Hloubka založení

Hloubka základové spáry základové desky je navržena v hloubce 4,0 metrů pod úrovní původního terénu. Základová deska je navržena v tloušťce 400 mm. Tloušťka skladby podlahy 1.PP je 20 mm – skladba pojízdné epoxidové podlahy vhodná do podzemních garáží s bílou vanou. V příloze je výkres č. 5 se stavebním řezem 1.PP a výkres č. 6 se stavebním detailem v místě rohu bílé vany, z kterých je navržené řešení zřejmé.

3.7 Schéma rozmístění pilot

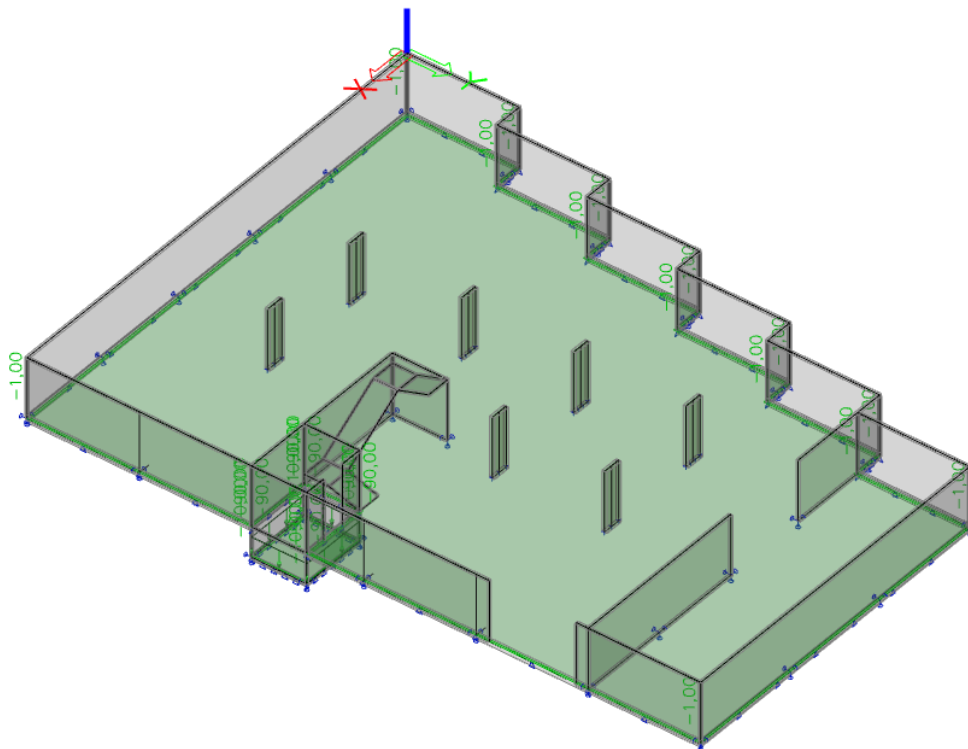


Obr. 48 Schéma půdorysu 1.PP s rozmístěním pilot pod základovou deskou

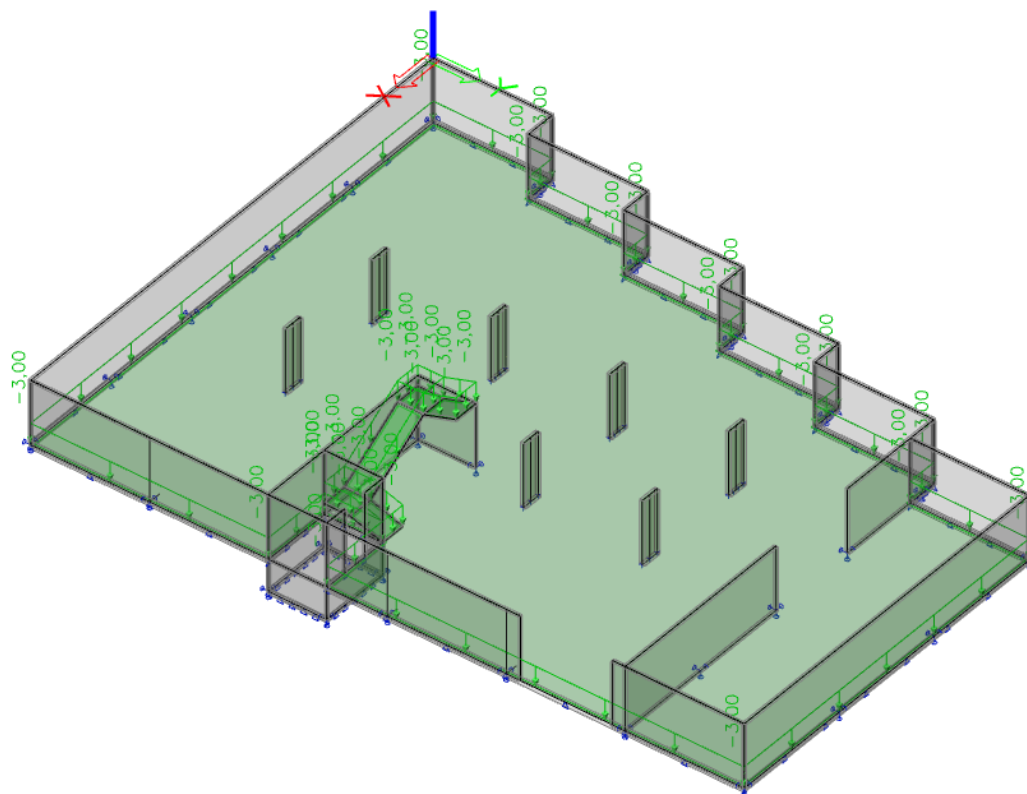
3.8 Zatížení na spodní stavbu

3.8.1 Zatížení od horní stavby – 3D model stavby

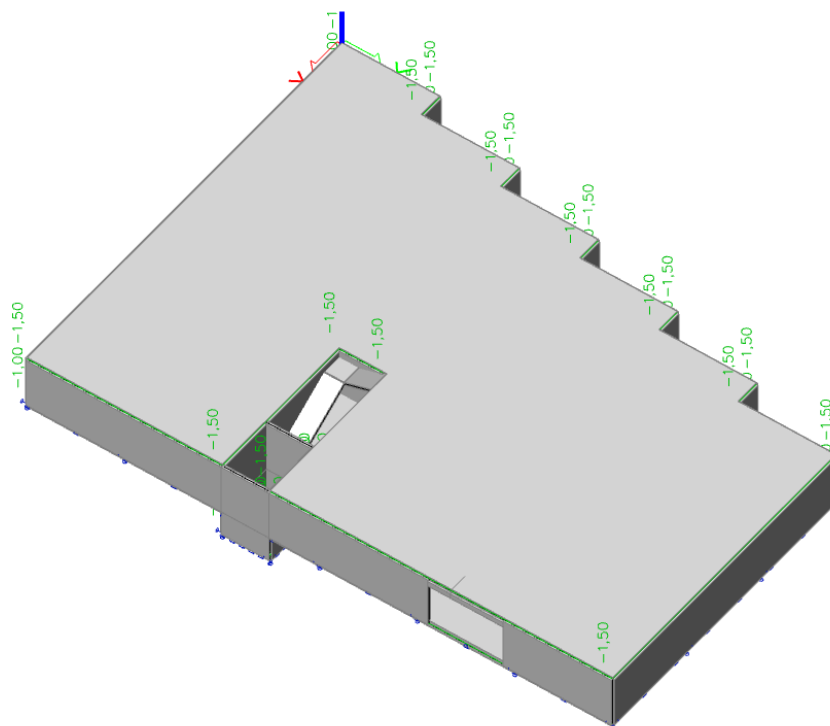
Výpočet zatížení na spodní stavbu jsem provedl dvěma různými způsoby. První je výpočet zatížení na spodní stavbu tradičně přes zatěžovací plochy svislých nosných konstrukcí nejnižšího podlaží. Druhý způsob výpočtu zatížení na spodní stavbu je vytvoření 3D modelu bytového domu ve výpočetním programu SCIA Engineer (verze 22.1), ve kterém jsou zohledněny všechny důležité prvky nejen pro výpočet zatížení. Bylo uvažováno veškeré relevantní silové zatížení, tj. stálé zatížení a proměnné (vlastní tíha, ostatní stálé, užité, sníh atd.). Byly definovány zatěžovací stavy a kombinace zatěžovacích stavů pro MSÚ a MSP v souladu s platnými normami. Pro oba způsoby byly stanoveny jak charakteristické hodnoty zatížení, tak i návrhové hodnoty zatížení. Výsledky zatížení na spodní stavbu jsou u obou způsobů výpočtu prakticky stejné (rozdíly neovlivňují posouzení na MSÚ a MSP), a proto budou pro lepší přehlednost v této diplomové práci uváděny hodnoty zatížení z 3D modelu stavby z programu SCIA Engineer (verze 22.1).



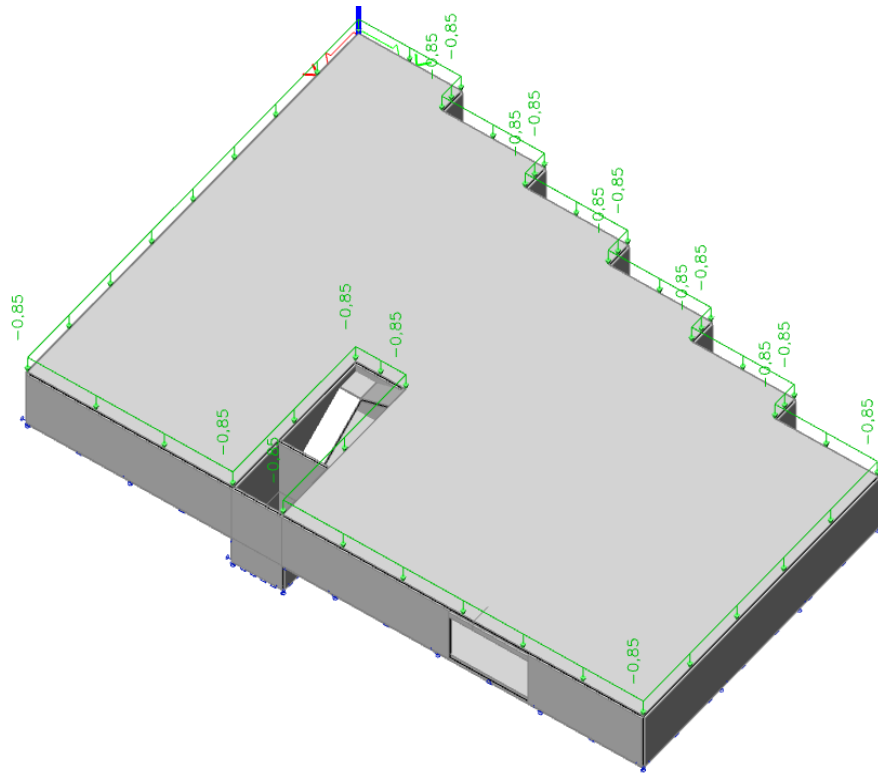
Obr. 49 3D model 1.PP se stálým zatížením podlaží od vrstvy podlahy



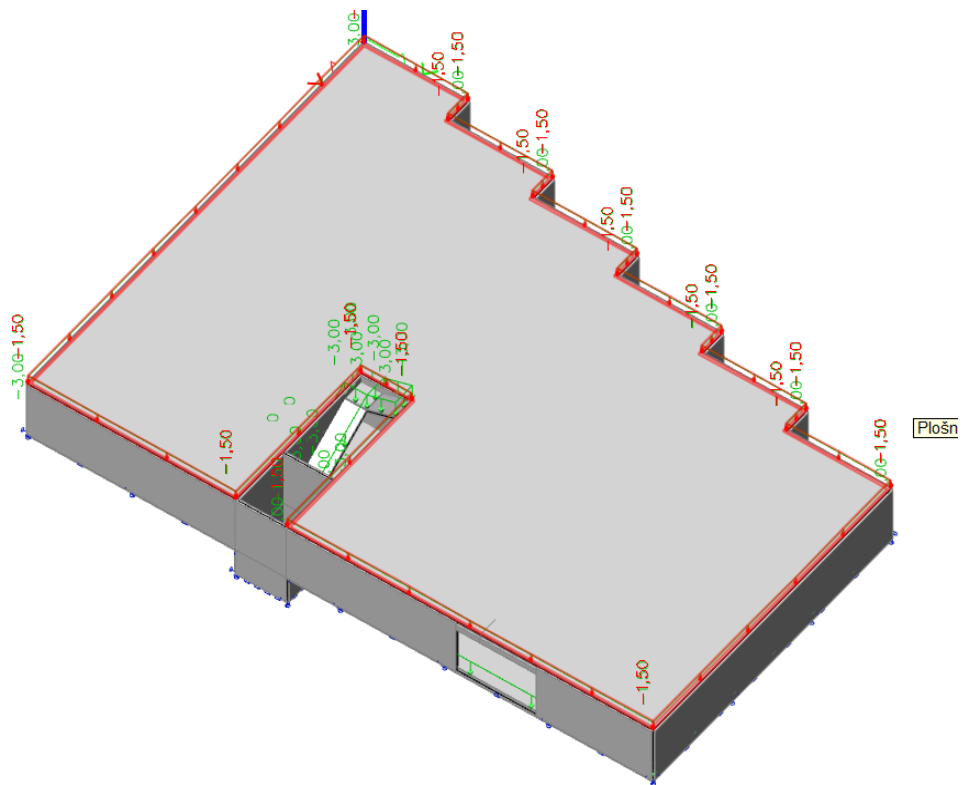
Obr. 50 3D model 1.PP s proměnným užitným zatížením podlaží



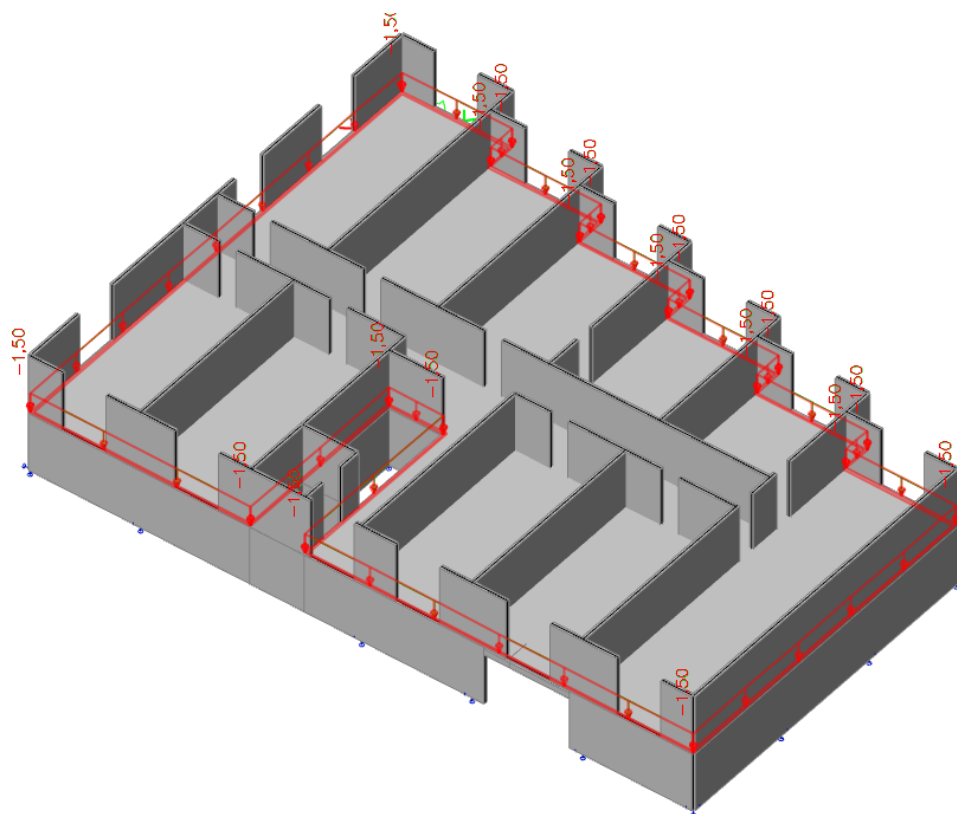
Obr. 51 3D model stropní desky nad 1.PP se stálým zatížením od podlah



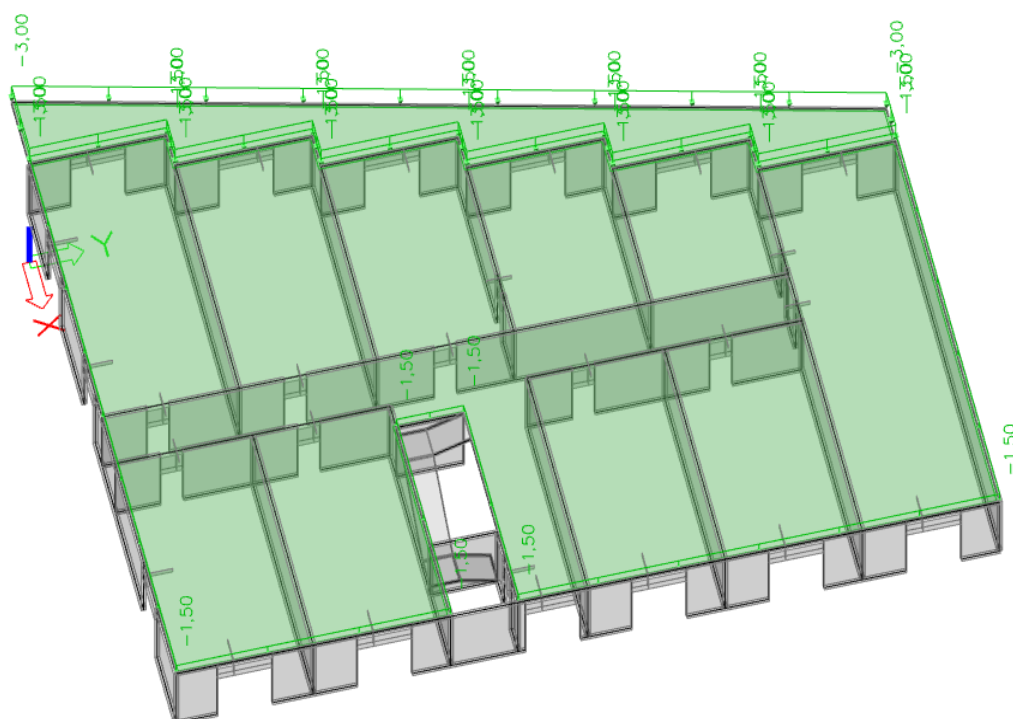
Obr. 52 3D model stropní desky nad 1.PP s ostatním stálým zatížením od SDK příček



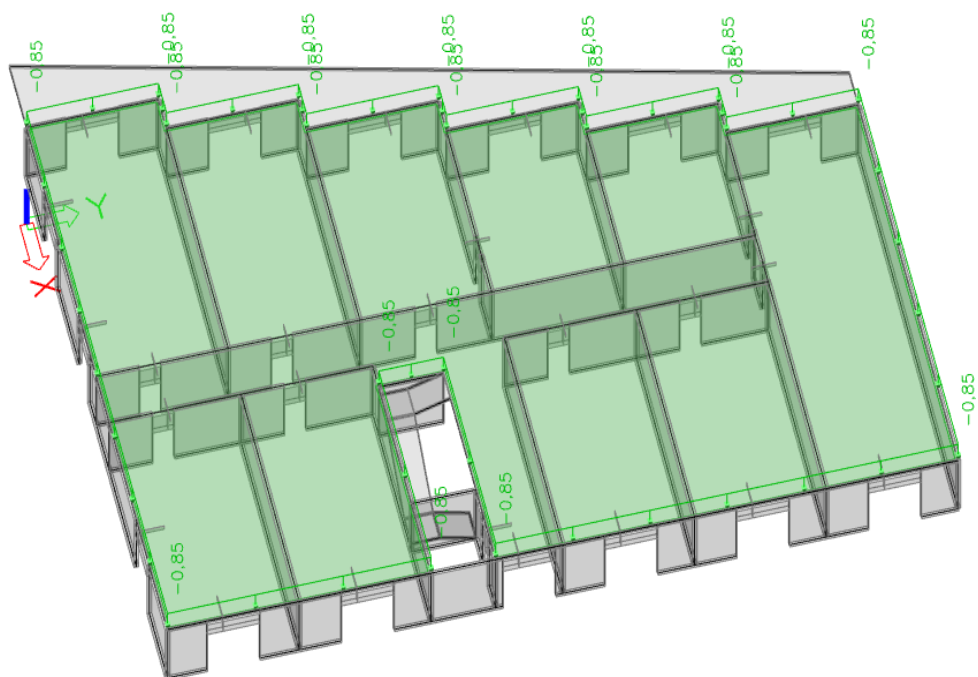
Obr. 53 3D model stropní desky nad 1.PP s proměnným užitným zatížením



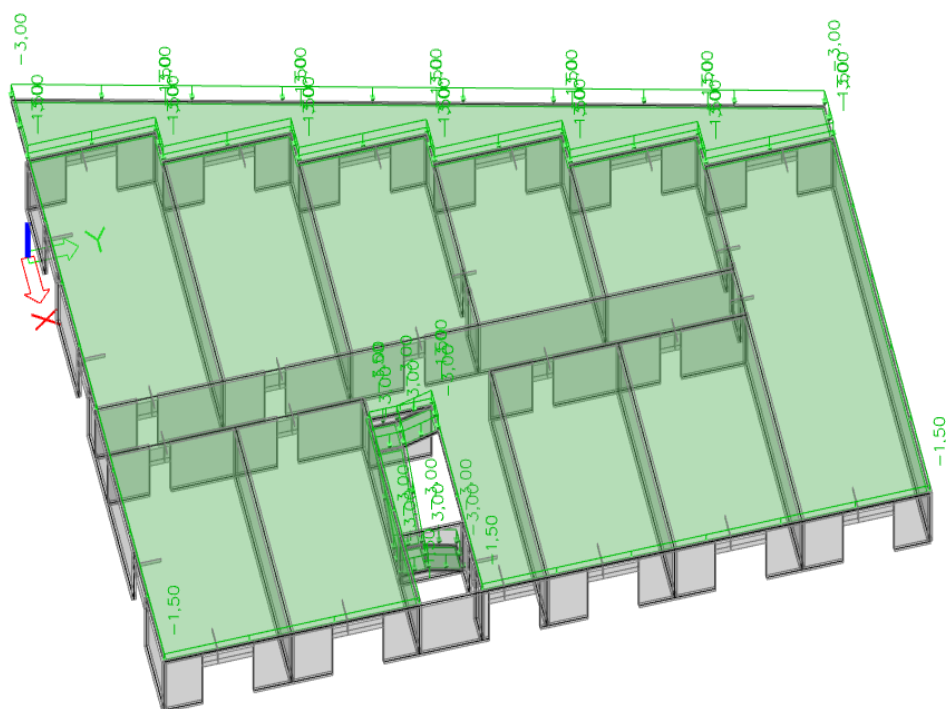
Obr. 54 3D model 1.NP



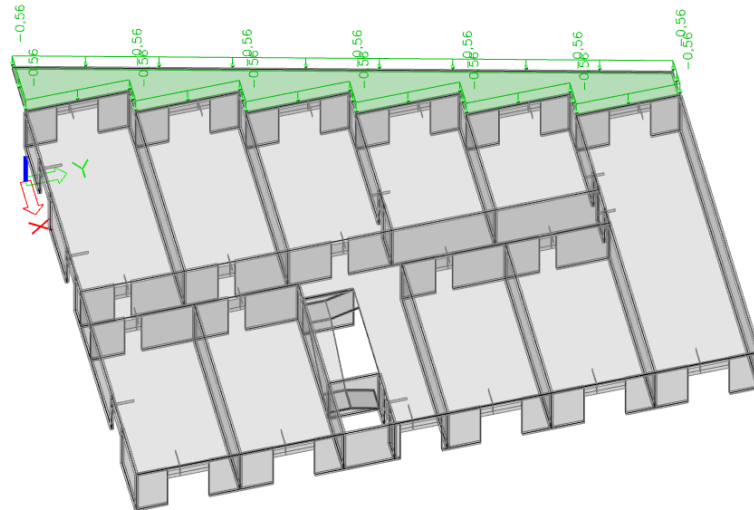
Obr. 55 3D model nadzemního podlaží se stálým zatížením od podlah



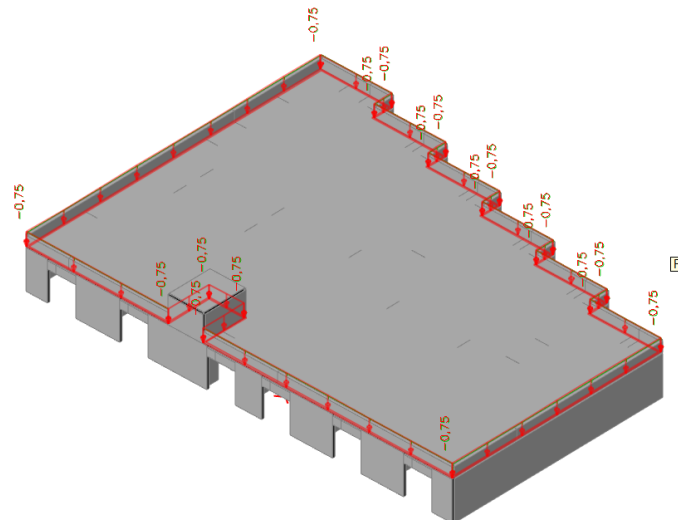
Obr. 56 3D model nadzemního podlaží s ostatním stálým zatížením od SDK příček



Obr. 57 3D model nadzemního podlaží s proměnným užitným zatížením



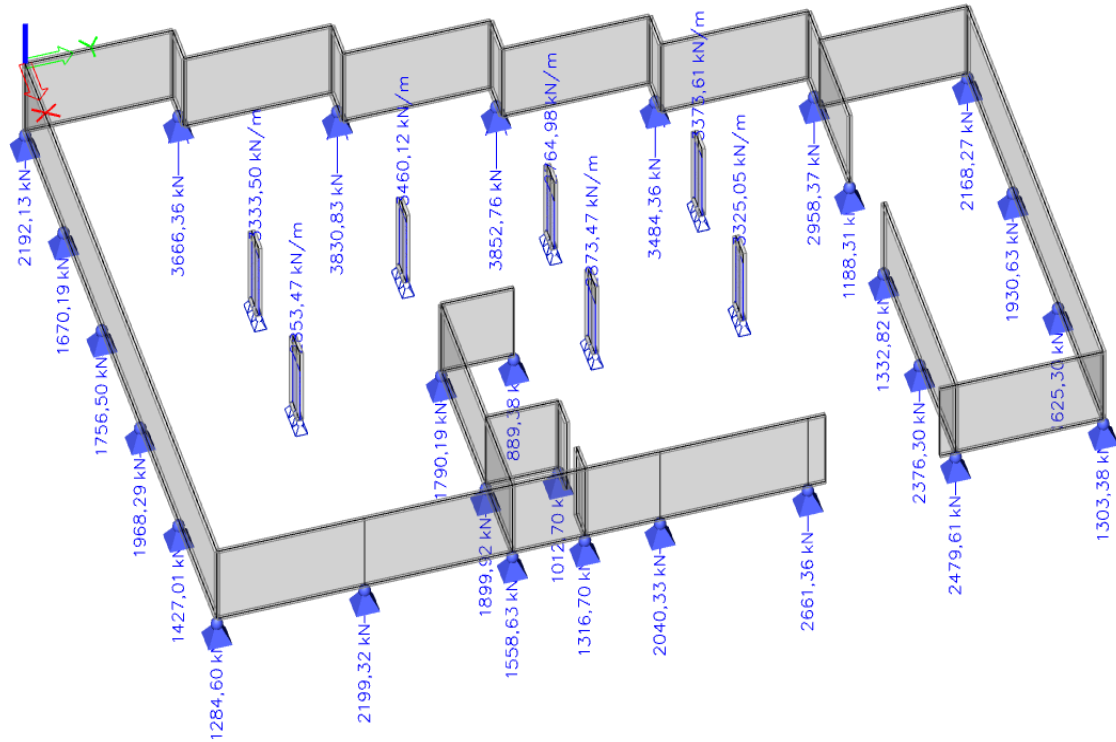
Obr. 58 3D model nadzemního podlaží se zatížením balkónových desek od sněhu



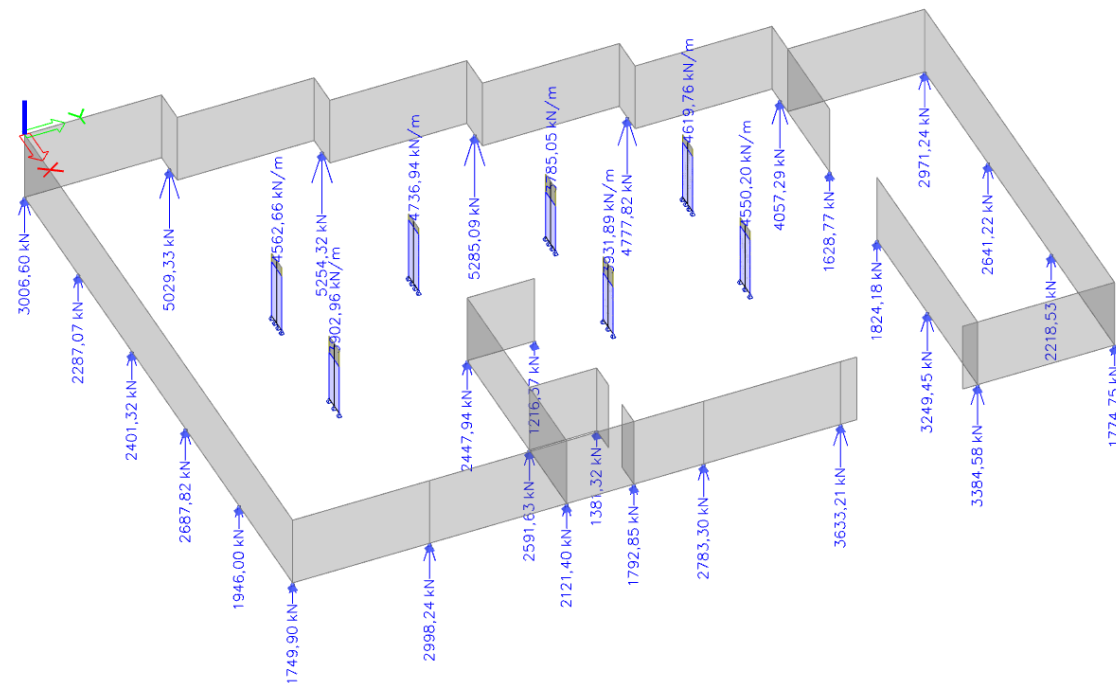
Obr. 59 3D model střešní desky s proměnným zatížením

3.8.2 Zatížení pilot

Všechny piloty jsou zatíženy svislou normálovou silou od nosných stěn a sloupů. Žádné piloty nejsou namáhány tahem, jelikož je v patách nosných stěn a sloupů velká tlaková rezerva. Pro všechny piloty je dále konzervativně uvažováno zatížení ohybovým momentem a vodorovnou silou od vodorovného zatížení větrem.



Obr. 60 Charakteristické hodnoty svislých silových reakcí do pilot



Obr. 61 Návrhové hodnoty svislých silových reakcí do pilot

Tab. 11 Zatížení do pilot a desky od horní stavby (reakce)

| Číslo piloty | Svislé normálové zatížení návrhové (charakteristické) N_{Ed} (N_{Ek}) [kN] | Ohybové zatížení návrhové (charakteristické) M_{Ed} (M_{Ek}) [kNm] | Vodorovné zatížení návrhové (charakteristické) H_{Ed} (H_{Ek}) [kN] |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| P1 | 5260 (3830) | 100 (70) | 150 (100) |
| P2 | 5290 (3860) | 100 (70) | 150 (100) |
| P3 | 5030 (3670) | 100 (70) | 150 (100) |
| P4 | 4780 (3490) | 100 (70) | 150 (100) |
| P5 | 4060 (2960) | 100 (70) | 150 (100) |
| P6 | 4100 (3000) | 100 (70) | 150 (100) |
| P7 | 4270 (3120) | 100 (70) | 150 (100) |
| P8 | 4160 (3040) | 100 (70) | 150 (100) |
| P9 | 4100 (3000) | 100 (70) | 150 (100) |
| P10 | 3410 (2500) | 100 (70) | 150 (100) |
| P11 | 3520 (2580) | 100 (70) | 150 (100) |
| P12 | 3540 (2600) | 100 (70) | 150 (100) |
| P13 | 3640 (2670) | 100 (70) | 150 (100) |
| P14 | 3390 (2480) | 100 (70) | 150 (100) |
| P15 | 3010 (2200) | 100 (70) | 150 (100) |
| P16 | 2970 (2170) | 100 (70) | 150 (100) |
| P17 | 3000 (2200) | 100 (70) | 150 (100) |
| P18 | 3250 (2380) | 100 (70) | 150 (100) |
| P19 | 2690 (1970) | 100 (70) | 150 (100) |
| P20 | 2690 (1960) | 100 (70) | 150 (100) |
| P21 | 2640 (1930) | 100 (70) | 150 (100) |
| P22 | 2790 (2040) | 100 (70) | 150 (100) |
| P23 | 2290 (1670) | 100 (70) | 150 (100) |
| P24 | 2400 (1760) | 100 (70) | 150 (100) |
| P25 | 2220 (1630) | 100 (70) | 150 (100) |
| P26 | 1950 (1430) | 100 (70) | 150 (100) |
| P27 | 1830 (1340) | 100 (70) | 150 (100) |
| P28 | 1750 (1290) | 100 (70) | 150 (100) |
| P29 | 1780 (1310) | 100 (70) | 150 (100) |
| P30 | 1630 (1190) | 100 (70) | 150 (100) |
| P31 | 1340 (1000) | 100 (70) | 150 (100) |

| | | | |
|-----|-------------|---------|----------|
| P32 | 3220 (2350) | 60 (40) | 120 (80) |
| P33 | 2500 (1840) | 60 (40) | 120 (80) |
| P34 | 1880 (1400) | 60 (40) | 120 (80) |
| P35 | 2180 (1600) | 60 (40) | 120 (80) |

3.9 Geotechnická kategorie

Dle normy ČSN EN 1997-1 jsou geotechnické konstrukce rozděleny v závislosti na riziku spojené s jejich návrhem do tří geotechnických kategorií. Rozsah požadovaného průzkumu, návrh, výpočet a posouzení geotechnické konstrukce se pro jednotlivé geotechnické kategorie výrazně liší. [20]

Do první geotechnické kategorie (1.GK) spadají geotechnické konstrukce nenáročné, s jednoduchými základovými poměry a s malým či zanedbatelným vlivem konstrukce na okolí. [21]

Do třetí geotechnické kategorie (3.GK) spadají velmi rozsáhlé a neobvyklé konstrukce, například velmi vysoké budovy. Do třetí geotechnické kategorie dále spadají konstrukce s velmi složitými geologickými a geotechnickými podmínkami a konstrukce, jejichž selhání by mělo velmi značné následky na okolí. [21]

Do druhé geotechnické kategorie (2.GK) spadají všechny ostatní konstrukce, které nespádají do první a ani do třetí geotechnické kategorie, a proto obsahuje velkou škálu konstrukcí. [21]

Navrhovaný bytový dům se dle doporučení České geotechnické společnosti klasifikuje jako druhá geotechnická kategorie (2.GK) s vysokým rizikem, jelikož se jedná o středně složité geologické a geotechnické podmínky, středně náročnou geotechnickou konstrukci se středními možnými následky při selhání geotechnické konstrukce. [21]

3.10 Svislá únosnost pilot

V České republice se svislá únosnost pilot pro posouzení mezního stavu únosnosti stanovuje často pomocí analytického řešení podle platné normy ČSN 73 1004. [22]

Program „GEO5 Pilota“ posuzuje mezní stav porušení pro svislou únosnost pilot podle zmiňované platné ČSN 73 1004 dle metodiky posouzení platného Eurokódu EN1997-1. Pro posouzení únosnosti pilot se uvažuje maximální návrhové zatížení.

3.11 Sedání pilot

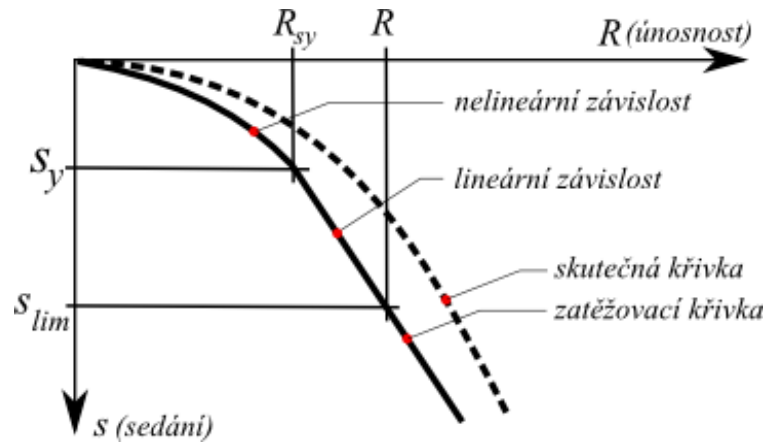
Sedání pilot u staveb spadajících do 2. geotechnické kategorie se stanovuje v České republice v drtivé většině případů dle metody pana docenta Masopusta. U náročnějších konstrukcí se často využívá statických zatěžovacích zkoušek včetně analýzy 3D modelu pomocí metody konečných prvků v geotechnickém softwaru. V této práci jsou svislá sedání všech pilot stanovena dle zmíněné metody pana docenta Masopusta.

Mezní zatěžovací křivka piloty (tj. grafická závislost mezi sedáním a zatížením piloty) dle metody pana docenta Masopusta je sestrojena za předpokladu, že mezi nulovým zatížením piloty a zatížením, které odpovídá plné mobilizaci plášťového tření je závislost sedání a únosnosti piloty vyjádřena pomocí paraboly (křivky druhého stupně) a pro další větší zatížení je tato závislost lineární, což se velmi blíží skutečnému chování pilot při svislém zatěžování viz *Obr. 62*. [23]

Metoda výpočtu sedání piloty dle pana docenta Masopusta je odvozena z rovnic regresních křivek. Rovnice regresních křivek byly určeny na základě statistické analýzy výsledků přes 300 statických zatěžovacích zkoušek reálných pilot v různých zeminách a horninách třídy R3 až R6. Pro výpočet sedání a únosnosti používá tzv. regresní součinitele, které se volí v závislosti na druhu zeminy či horniny. Plášťové tření a napětí na patě piloty závisí na těchto regresních součinitelích, jejichž hodnoty byly odvozeny z rovnic regresních křivek. Rozsah hodnot regresních součinitelů pro jednotlivé typy zemin a hornin uvádí tabulka v rámci metody pana docenta Masopusta. Dále se zadávají hodnoty sečnového modulu deformace jednotlivých zemin a hornin, jejichž tabulkové hodnoty jsou též dostupné. [23]

Program „GEO5 Pilota“ tuto metodu výpočtu sedání pilot obsahuje včetně všech potřebných hodnot regresních součinitelů a sečnových modulů deformace pro stanovení mezní zatěžovací křivky konkrétní piloty. Před použitím výpočetních softwarů je důležité metodě výpočtu rozumět a naučit se jí správně používat, aplikovat a ideálně ještě výsledky ověřit.

K výpočtu sedání pilot se uvažovalo pouze s charakteristickými hodnotami dlouhodobého svislého silového zatížení od horní stavby pro posouzení MSP.



Obr. 62 Zatěžovací křivka piloty [24]

3.12 Limitní hodnoty sedání

Pro posouzení mezního stavu použitelnosti základové konstrukce je nutno znát limitní hodnoty relevantních deformací. U pozemních staveb posuzujeme absolutní (konečné) rovnoměrné a nerovnoměrné (relativní) sedání. Limitní hodnoty sedání většinou stanovuje statik horní stavby v koordinaci s geotechnikem. Jsou také dostupné tabulkové hodnoty limitních deformací pro základové konstrukce, podle již neplatné národní normy ČSN 73 1001. Obecně se v oboru geotechnika pro posouzení MSP uvažují hodnoty deformací v řádech centimetrů a více, ale v České republice se snažíme pro pozemní stavby nepřesahovat hodnotu sedání 10 až 20 mm.

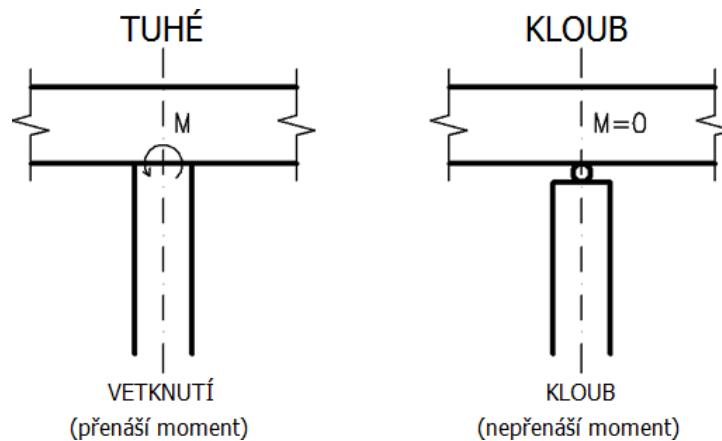
V následující tabulce jsou uvedeny uvažované limitní hodnoty sedání pro posouzení MSP.

Tab. 12 Hodnoty limitních sedání základové konstrukce [25]

| Požadavek | Limitní hodnoty sedání | |
|---------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| | Absolutní (konečné celkové): s_{lim} [mm] | Nerovnoměrné (relativní): $(\Delta s/L)_{lim}$ [-] |
| Dle statika horní stavby | 10 | 0,002 |
| Dle bývalé ČSN 73 1001 | 60 | 0,002 |

3.13 Statické připojení hlav pilot k desce

Uvažuje se s kloubovým připojením pilot k základové desce. Výztuž pilot může být případně provázána se základovou deskou, každopádně se nejedná o tuhý spoj či vetknutí. Piloty nebudou v žádné fázi namáhány tahem. Pro návrh výztuže pilot se uvažovalo s rezervním zatížením ohybovým momentem a vodorovnou silou.



Obr. 63 Připojení pilot k desce [26]

3.14 Horizontální modul reakce podloží

Při výpočtu vodorovné únosnosti pilot program „GEO5 Pilota“ dopočítává pro charakterizaci vodorovné tuhosti podloží modul reakce podloží k_h podle platné normy ČSN 73 1004 (2020). [27] Modul reakce podloží pro soudržnou zeminu dopočítává program automaticky podle následujícího vzorce:

$$k_h = \frac{E_{def}}{d} \quad [\text{MN/m}^3]$$

kde: E_{def} – modul přetvárnosti (deformace) zeminy [MPa]

d – průměr piloty [m], pro průměr piloty $d > 1,0$ m se dosazuje $d = 1,0$ m.

3.15 Účinnost skupiny pilot

Překrýváním napětí, šířících se z pilot ve skupině, dochází k vysokému namáhání zemin. Svislá únosnost skupiny pilot, která je dána svislými únosnostmi jednotlivých pilot ve skupině, se proto musí redukovat. Zjednodušeně se vypočtená svislá únosnost redukuje tzv. součinitelem účinnost skupiny pilot η_g , který obvykle nabývá hodnot 0,5 až 1,0. Tento součinitel se stanovuje pomocí empirických vztahů. Podcenění tohoto jevu může způsobit nadměrné sedání či selhání zeminy. Pro skupinu

pilot opřené o velmi pevné nestlaticetlné podloží (např. horniny třídy R1 a R2) se únosnost pilot neredukuje, pokud jejich rozteče nejsou příliš malé. [29] [31]

Vztahy pro stanovení součinitele účinnosti skupiny pilot η_g jsou empirické a závisí pouze na těchto veličinách:

- počtu pilot ve skupině n_x, n_y ;
- osově vzdálenosti pilot ve skupině s_x, s_y ;
- průměru pilot ve skupině d . [29]

Pro stanovení účinnosti skupiny pilot η_g se většinou setkáme s těmito vztahy [30]:

- La Barré: (preferována již neplatnou českou normou ČSN 73 1002)

$$\eta_g = 1 - \psi \frac{(n_x-1)n_y + (n_y-1)n_x}{90n_xn_y};$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{d}{s}$$

- Seiler-Keeney:

$$\eta_g = \left[1 - 0,479 \left(\frac{s}{s^2 - 0,093} \right) \left(\frac{n_x + n_y - 2}{n_x + n_y - 1} \right) \right] + \frac{0,3}{n_x + n_y}$$

- Los Angeles:

$$\eta_g = 1 - \frac{d}{\pi * s * n_x n_y} \left[n_x(n_y - 1) + n_y(n_x - 1) + \sqrt{2}(n_x - 1)(n_y - 1) \right]$$

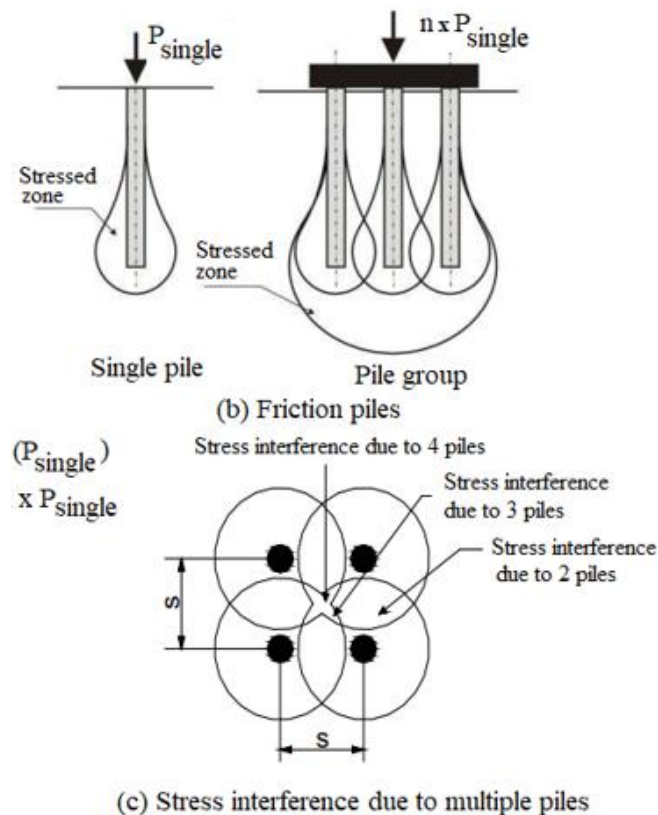
Při osově vzdálenosti pilot větší jak přibližně 6-ti násobek průměru pilot se většinou uvažuje 100% účinnost jednotlivých pilot. V závislosti na typu zemin či hornin se násobek může lišit. [30]

U řešené budovy je účinnost skupiny pilot relevantní pouze u pilot v místě pod výtahovou šachtou, tj. piloty P32, P33, P34 a P35 a pro piloty P12, P20, P22 a P31, jejichž rozteč je relativně menší. Ostatní piloty sousedí pouze s jednou další pilotou a jejich vzájemné osově vzdálenosti jsou v rozmezí od 4 do 5 násobku průměru pilot, tj. 880 mm.

Tab. 13 Porovnání součinitelů účinnosti skupiny pilot η_g

| – | Součinitel účinnosti skupiny pilot – η_g [-] | | |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------|-------------|
| | La Barré (ČSN 73 1002) | Seiler – Keeney | Los Angeles |
| Skupina pilot | | | |
| Pod výtahovou šachtou (P32, P33, P34 a P35) | 0,78 | 0,95 | 0,85 |
| Piloty P12, P20, P22 a P31 | 0,80 | 0,96 | 0,93 |

Na Obr. 64 je znázorněno, jak se ve skupině pilot překrývají tlakové izolinie jednotlivých pilot v případě, že jsou piloty blízko sebe.



Obr. 64 Skupinové působení pilot [28]

3.16 Metodika výpočtu a dosazení

Navrhuje se pilotový základ patřící do 2. geotechnické kategorie. Norma ČSN EN 1997-1 umožňuje používat pro návrh geotechnické konstrukce všechny 3 Návrhové přístupy. Je však vhodné respektovat dosavadní způsoby používané v ČR. Česká geotechnická společnost a Český svaz stavebních inženýrů (ČGtS a ČSSI) doporučuje pro návrh pilot (či zemních kotev) Návrhový přístup 2, neboť se tento návrhový přístup nejbližší blíží dosavadním zvyklostem pro návrh těchto geotechnických konstrukcí v ČR. [20] [21]

Návrhový přístup 2 vychází z následující kombinace:

$$„A1“+ „M1“+ „R2“$$

Při Návrhovém přístupu 2 se dílčí součinitele bezpečnosti aplikují na zatížení a na odpor základové půdy. Parametry zeminy se neredukují a zůstávají na svých charakteristických hodnotách. [21]

Z hlediska mezního stavu porušení ve smyslu Eurokódu 7 se jedná o typ porušení STR a GEO. [20]

Tab. 14 Dílčí součinitele pro výpočet únosnosti pilot, dle [20]

| A1 | | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|------------------|
| Zatížení | | | |
| Klasifikace | Působení | Značka | Dílčí součinitel |
| Stálé | Nepříznivé | γ_G | 1,35 |
| | Příznivé | | 1,00 |
| Proměnné | Nepříznivé | γ_Q | 1,50 |
| | Příznivé | | 0,00 |
| M1 | | | |
| Parametry základové půdy | | | |
| Parametr | Značka | Dílčí součinitel | |
| Úhel vnitřního tření | $\gamma_{\varphi'}, \gamma_{\varphi_u}$ | 1,00 | |
| Soudržnost | γ_c', γ_{c_u} | 1,00 | |
| Pevnost v prostém tlaku | γ_{qu} | 1,00 | |
| Objemová tíha | γ_γ | 1,00 | |
| R2 | | | |
| Únosnost pilotových základů – vrtané piloty | | | |
| Dílčí únosnost | Značka | Dílčí součinitel | |
| Únosnost paty | γ_b | 1,10 | |
| Únosnost pláště tlačných pilot | γ_s | 1,10 | |
| Celková únosnost tlačných pilot | γ_t | 1,10 | |
| Únosnost pláště tažených pilot | $\gamma_{s,t}$ | 1,15 | |

3.17 Výpočet základové desky

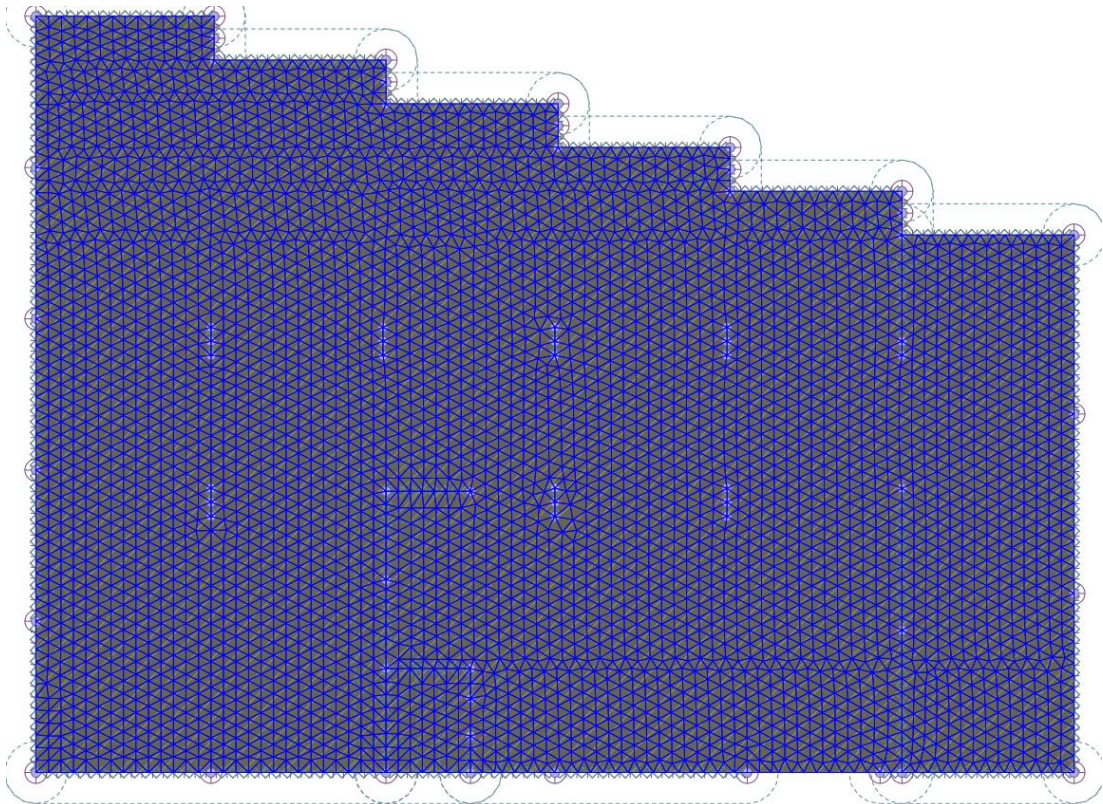
3.17.1 Výpočet v programu GEO5 Deska

Základovou desku Program GEO5 Deska počítá deformační metodou pomocí 2D metody konečných prvků. Deska je zjednodušeně počítána na pružném Winkler-Pasternakově modelu podloží a je modelována svou střednicí s určitou ohybovou tuhostí. [32]

Podloží je nahrazeno velmi zjednodušeným Winkler-Pasternakovým modelem. Místo reálného nelineárního chování zemin, které je poměrně složité a těžko se přesně

modeluje, provádí program „GEO5 Deska“ velmi zjednodušenou náhradu podloží pružinami, tj. konstantami C1 (Winklerova) a C2 (Pasternakova). Jedná se o velmi zjednodušený model podloží, nicméně se tento model používá a výsledky jsou při správné aplikaci metody použitelné. [33]

Základová deska jako taková se v programu modeluje ve 2D v půdorysu. Pro výpočet MKP se vygeneruje trojúhelníková síť konečných prvků. Principem MKP je, že se řeší tzv. uzlová posunutí v příslušných bodech a všechny ostatní síly se dopočítávají z těchto deformací. Podle toho, jak se deska prohne, tak se dopočítávají ohybové momenty a napětí. V deformační metodě se primárně počítají deformace a z nich se dopočítávají ohybové momenty a napětí. Deformace jsou podél sítě konečných prvků interpolována. [33]

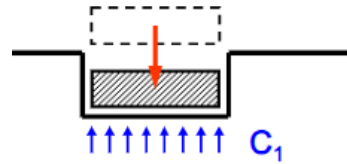


Obr. 65 Model řešení základové desky s generovanou trojúhelníkovou sítí, výstup z programu GEO5 2024 - Deska

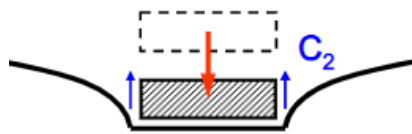
Piloty tvoří ve svislém směru zjednodušeně lineárně pružnou podporu desky s určitou tuhostí pružiny dle mezní zatěžovací křivky konkrétní piloty.

Winkler – Pasternakovy konstanty C1 a C2 se v programu dopočítávají na základě modulu přetvárnosti, Poissonova součinitele zeminy a hloubky deformační

zóny z podmínky rovnosti matic poddajnosti nekonečně tuhého a nekonečně dlouhého základového pásu spočívajícího na Winkler – Pasternakově podloží. [32]



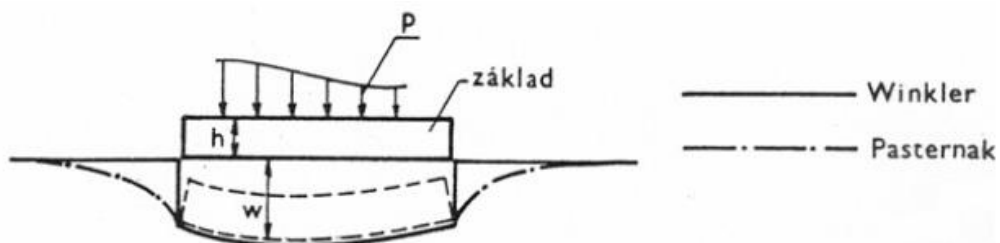
Obr. 66 Winklerova konstanta [34]



Obr. 67 Pasternakova konstanta [35]

Winklerova konstanta C_1 pod deskou je lineárně elastická pružina s určitou tuhostí spočítaná na každý metr čtvereční a vyjadřuje stlačitelnost vrstvy na jednotku plochy. Pasternakova konstanta C_2 je konstanta smykové tuhosti a vyjadřuje tuhost vrstvy ve smyku. [21]

Základním problémem Winkler-Pasternakova modelu je přesné určení tuhostí C_1 a C_2 používaných pro modelování podloží pod základovou konstrukcí, kdy neexistuje žádný prakticky použitelný způsob pro jejich změření a stanovení pro výpočet sedání základové konstrukce.



Obr. 68 Winkler – Pasternakovo podloží [36]

Pro přibližné stanovení hodnoty hloubky deformační (aktivní) zóny je třeba mít správně pojato vrstevnaté geologické prostředí, jelikož program GEO5 Deska neumí pro výpočet uvažovat s vrstevnatým geologickým profilem. Při dostatečně velkých plochách desek, což v případě řešené budovy je splněno, tak je možno tvrdit, že podél jednotlivých vrstev se napětí příliš neutlumuje. Je potřeba, za předpokladu konstantního průběhu napětí do hloubky, váženým průměrem nahradit vrstevnatý geologický profil, kdy se několik materiálů přepočítá na ten bezprostředně pod základovou spárou přes poměr modulů přetvárnosti a mocností jednotlivých vrstev. Vrstvy ve větších hloubkách, kde jsou pevnější zeminy či horniny s většími hodnoty modulů deformace se pochopitelně zanedbávají. Alternativně a zároveň jako přibližné ověření hloubky deformační zóny se dá použít program GEO5 Patka, který pro výpočet sedání uplatňuje známý výpočet dle ČSN 73 1001 pomocí edometrického modulu uvažujícím se strukturní pevností zemin a hornin. [21] [33]

3.18 Výsledky výpočtu – GEO5

3.18.1 Návrh délek osamělých pilot

Nejvíce zatíženou pilotou je pilota typu A (P1 a P2), kde návrhová svislá osová síla z horní stavby pro posouzení MSÚ má hodnotu 5290 kN a charakteristická hodnota osově síly je 3860 kN. Pro tyto hodnoty zatížení v daném podloží je z hlediska návrhu délky piloty rozhodující MSP čili svislé sedání piloty, jelikož se respektuje mezní hodnota sednutí 10 mm. V případě absence základové desky z výpočtu osamělé piloty vyplývá, že při průměru této piloty 880 mm (průměr pažnice) a délky této piloty 15,0 metrů je sednutí při definovaném podloží rovných 8,0 mm. Při délce piloty 14,5 metrů je sednutí již na mezní hodnotě, tj. 10 mm. Svislá návrhová analytická únosnost dle ČSN 73 1004 pro pilotu délky 15,0 metrů je 6840 kN, což je s velkou rezervou dostačující.

Z výpočtů dalších pilot v daném geologickém podloží vyplývá, že s klesajícím zatížením pilot od horní stavby se samozřejmě zmenšuje požadovaná délka pilot s tím, že u méně zatížených pilot většinou rozhoduje analytická únosnost pilot na rozdíl od více zatížených pilot, kde dominantně rozhoduje sedání čili použitelnost.

Je však obecně známo, že každé hodnotě únosnosti piloty přísluší konkrétní hodnota sednutí téže piloty dle její mezní zatěžovací křivky. Proto je třeba brát analytickou únosnost z normy ČSN 73 1004 jako spíše „teoretickou“ hodnotu únosnosti.

Při návrhu výztuže pilot byl rozhodujícím minimální stupeň vyztužení pilot, jehož dodržáním byla vodorovná únosnost všech pilot dostatečná.

Níže je uveden statický výpočet osamělé piloty typu A a následně je uvedena tabulka s návrhem požadované délky všech 35 pilot v případě absence základové desky.

3.18.2 Nastavení výpočtu pilot

Materiály a normy:

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

Součinitele EN 1992-1-1: Standartní

Výpočet osamělých pilot:

Metodika posouzení: Výpočet podle EN 1997

Výpočet pro odvodněné podmínky: ČSN 73 1004

Zatěžovací křivka: Nelineární (Masopust)






Vodorovná únosnost: Pružný poloprostor






Návrhový přístup: 2 – redukce zatížení a odporu

3.18.3 Mezní stav únosnosti – ULS – Statický výpočet

Vstupní data

Základní parametry zemín

| Číslo | Název | Vzorek | φ_{ef} [°] | c_{ef} [kPa] | γ [kN/m ³] | ν [-] |
|-------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|--------------|
| 1 | Navážka |  | 1,00 | 0,10 | 19,00 | 0,40 |
| 2 | GT2 - R6 - Zcela zvětralá břidlice |  | 15,00 | 25,00 | 20,00 | 0,35 |
| 3 | GT3.1 - R5 - Zvětralá břidlice |  | 20,00 | 25,00 | 22,00 | 0,25 |
| 4 | GT4 - R4 - Navětralá břidlice |  | 29,00 | 40,00 | 25,00 | 0,25 |
| 5 | GT3.2 - R5 - Zvětralá břidlice |  | 27,00 | 30,00 | 22,00 | 0,25 |

| Číslo | Název | Vzorek | E_{oed} [MPa] | E_{def} [MPa] | γ_{sat} [kN/m ³] | γ_s [kN/m ³] | n [-] |
|-------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------------|------------------------------------|------------|
| 1 | Navážka |  | - | 1,50 | 20,00 | - | - |
| 2 | GT2 - R6 - Zcela zvětralá břidlice |  | - | 12,00 | 20,00 | - | - |
| 3 | GT3.1 - R5 - Zvětralá břidlice |  | - | 30,00 | 22,00 | - | - |
| 4 | GT4 - R4 - Navětralá břidlice |  | - | 100,00 | 25,00 | - | - |
| 5 | GT3.2 - R5 - Zvětralá břidlice |  | - | 40,00 | 22,00 | - | - |

Parametry zemín pro výpočet modulu reakce podloží

| Číslo | Název | Vzorek | Typ zeminy | n_h [MN/m ³] |
|-------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------|
| 1 | Navážka |  | nesoudržná | 2,50 |
| 2 | GT2 - R6 - Zcela zvětralá břidlice |  | soudržná | - |
| 3 | GT3.1 - R5 - Zvětralá břidlice |  | soudržná | - |
| 4 | GT4 - R4 - Navětralá břidlice |  | soudržná | - |
| 5 | GT3.2 - R5 - Zvětralá břidlice |  | soudržná | - |

Obr. 69 Parametry zemín, výstup z programu GEO5 2024 - Pilota

Geologický profil a přiřazení zemín

| Číslo | Mocnost vrstvy t [m] | Hloubka z [m] | Přiřazená zemina | Vzorek |
|-------|-------------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 4,00 | 0,00 .. 4,00 | Navážka |  |
| 2 | 3,00 | 4,00 .. 7,00 | GT2 - R6 - Zcela zvětralá břidlice |  |
| 3 | 6,00 | 7,00 .. 13,00 | GT3.1 - R5 - Zvětralá břidlice |  |
| 4 | 2,00 | 13,00 .. 15,00 | GT3.2 - R5 - Zvětralá břidlice |  |
| 5 | - | 15,00 .. ∞ | GT4 - R4 - Navětralá břidlice |  |

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 8,00 m od původního terénu.

Obr. 70 Geologický profil a přiřazení zemín, výstup z programu GEO5 2024 – Pilota

3.18.3.1 Pilota typu A

Materiály a normy

| | |
|------------------------------------------------|----------------------|
| Betonové konstrukce : | EN 1992-1-1 (EC2) |
| Součinitele EN 1992-1-1 : | standardní |
| Smyk kruhových pilot : | zjednodušená metoda |
| Ocelové konstrukce : | EN 1993-1-1 (EC3) |
| Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : | $\gamma_{M0} = 1,00$ |
| Dřevěné konstrukce : | EN 1995-1-1 (EC5) |
| Dílčí součinitel vlastností dřeva : | $\gamma_M = 1,30$ |
| Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) : | $k_{mod} = 0,50$ |
| Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) : | $k_{cr} = 0,67$ |

Piloty

| | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Metodika posouzení : | výpočet podle EN 1997 |
| Výpočet pro odvodněné podmínky : | ČSN 73 1004 |
| Zatěžovací křivka : | nelineární (Masopust) |
| Vodorovná únosnost : | pružný poloprostor |
| Návrhový přístup : | 2 - redukce zatížení a odporu |

| Součinitele redukce zatížení (F) | | | |
|----------------------------------------------|-----------------|------------|----------|
| Trvalá návrhová situace | | | |
| | | Nepříznivé | Příznivé |
| Stálé zatížení : | $\gamma_G =$ | 1,35 [-] | 1,00 [-] |
| Součinitele redukce odporu (R) | | | |
| Trvalá návrhová situace | | | |
| Součinitel redukce odporu na plášti : | $\gamma_s =$ | 1,10 [-] | |
| Součinitel redukce odporu na patě : | $\gamma_b =$ | 1,10 [-] | |
| Součinitel redukce únosnosti tažené piloty : | $\gamma_{st} =$ | 1,15 [-] | |

Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 73 1004 (2020).

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

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

Beton: C 30/37

| | | |
|--------------------------|-------------|--------------|
| Válcová pevnost v tlaku | $f_{ck} =$ | 30,00 MPa |
| Pevnost v tahu | $f_{ctm} =$ | 2,90 MPa |
| Modul pružnosti | $E_{cm} =$ | 33000,00 MPa |
| Modul pružnosti ve smyku | $G =$ | 13750,00 MPa |

Výztuž podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Výztuž příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

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

Obr. 71 Použité materiály a normy, výstup z programu GEO5 2024 - Pilota

Geometrie

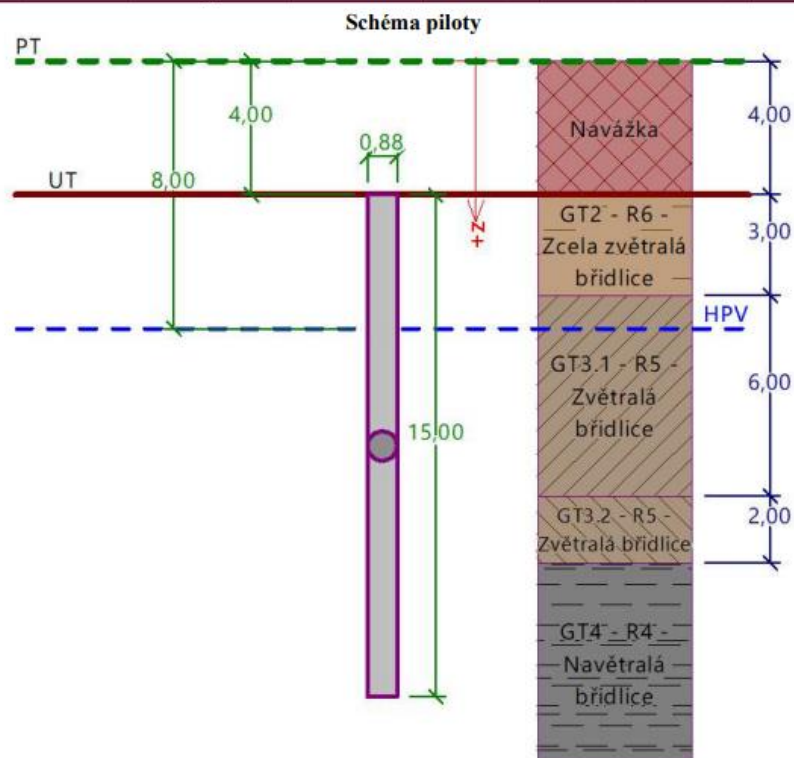
Profil piloty: kruhová

RozměryPrůměr $d = 0,88$ mDélka $l = 15,00$ m**Spočtené průřezové charakteristiky**Plocha $A = 6,08E-01$ m²Moment setrvačnosti $I = 2,94E-02$ m⁴**Umístění**Vysazení $h = 0,00$ mHloubka upraveného terénu $h_z = 4,00$ m

Typ technologie: Vrtané piloty

Zatížení

| Číslo | Zatížení | | Název | Typ | N [kN] | M _x [kNm] | M _y [kNm] | H _x [kN] | H _y [kN] |
|-------|----------|-------|---------------|----------|-----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | nové | změna | | | | | | | |
| 1 | Ano | | Pilota typu A | Návrhové | 5290,00 | 100,00 | 100,00 | 150,00 | 150,00 |
| 2 | Ano | | Pilota typu A | Užitné | 3860,00 | 70,00 | 70,00 | 100,00 | 100,00 |



Obr. 72 Geometrie piloty typu A, výstup z programu GEO5 2024 – Pilota

Posouzení piloty**Posouzení čís. 1****Posouzení svislé únosnosti piloty podle ČSN 73 1004 - mezivýsledky**

Výpočet únosnosti v patě:

| | | |
|-----------------------------------|--------------|-------------------------|
| Součinitel únosnosti | $N_c =$ | 27,86 |
| Součinitel únosnosti | $N_q =$ | 16,44 |
| Součinitel únosnosti | $N_\gamma =$ | 12,84 |
| Součinitel únosnosti | $K_1 =$ | 1,15 |
| Výpočtová únosnost na patě piloty | $R_{bd} =$ | 6914,46 kPa |
| Plocha příčného řezu piloty | $A_p =$ | 6,08E-01 m ² |

Únosnost na plášti piloty:

Součinitel vlivu technologie $\gamma_{r1} = 1,50$

| Hloubka [m] | Mocnost [m] | φ_d [°] | c_d [kPa] | c_{ud} [kPa] | γ [kN/m ³] | γ_{r2} [-] | f_s [kPa] | R_{si} [kN] |
|----------------|----------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------------------------|----------------------|----------------|------------------|
| 1,00 | 1,00 | 15,00 | 25,00 | - | 20,00 | 1,30 | 20,99 | 52,76 |
| 2,00 | 1,00 | 15,00 | 25,00 | - | 20,00 | 1,20 | 26,12 | 65,65 |
| 3,00 | 1,00 | 15,00 | 25,00 | - | 20,00 | 1,10 | 31,54 | 79,28 |
| 4,00 | 1,00 | 20,00 | 25,00 | - | 22,00 | 1,00 | 41,83 | 105,12 |
| 9,00 | 5,00 | 20,00 | 25,00 | - | 12,00 | 1,00 | 51,54 | 647,73 |
| 10,00 | 1,00 | 27,00 | 30,00 | - | 12,00 | 1,00 | 78,09 | 196,26 |
| 11,00 | 1,00 | 27,00 | 30,00 | - | 12,00 | 1,00 | 81,99 | 206,06 |
| 15,00 | 4,00 | 29,00 | 40,00 | - | 15,00 | 1,00 | 108,77 | 1093,44 |

Posouzení svislé únosnosti : ČSN 73 1004

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepriznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:

Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 1. (Pilota typu A)

Součinitel vlivu technologie provádění piloty: $\gamma_{r1} = 1,2$ (Betonáž piloty do vrtu zapaženého ocelovou výpažnicí a pod vodou)Únosnost piloty na plášti $R_s = 2446,30$ kNÚnosnost piloty v patě $R_b = 4396,62$ kNÚnosnost piloty $R_c = 6842,91$ kNExtrémní svislá síla $V_d = 5507,59$ kN $R_c = 6842,91$ kN > $5507,59$ kN = V_d **Svislá únosnost piloty VYHOVUJE***Obr. 73 Posouzení svislé únosnosti piloty typu A, výstup z programu GEO5 2024 - Pilota*

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 piloty = 7,7 mm
Max.posouvající síla = 212,13 kN
Maximální moment = 331,39 kNm

Posouzení na tlak a ohyb

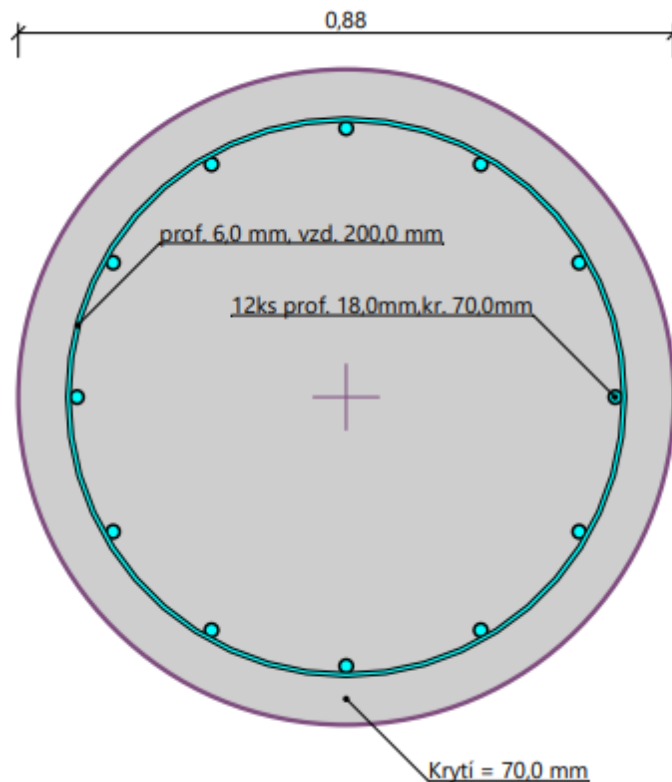
Průřez: kruhová, $d = 0,88$ m
Vyztužení - 12 ks profil 18,0 mm; krytí 70,0 mm
Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota
Stupeň vyztužení $\rho = 0,502 \% > 0,411 \% = \rho_{min}$
Zatížení : $N_{Ed} = 5290,00$ kN (tlak) ; $M_{Ed} = 331,39$ kNm
Únosnost : $N_{Rd} = 10239,34$ kN; $M_{Rd} = 641,43$ kNm

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE**Posouzení na smyk**

Smyková výztuž - profil 6,0 mm; vzdálenost 200,0 mm
 $A_{sw} = 2 \times 141,4 = 282,7$ mm²
 $b_w = 0,77$ m; $d = 0,70$ m
Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 525,48$ kN $>$ $212,13$ kN = V_{Ed}

Průřez VYHOVUJE.

pouze konstrukční smyková výztuž

Schéma vyztužení

Obr. 74 Vodorovná únosnost piloty typu A a schéma vyztužení, výstup z programu GEO5 2024 - Pilota

3.18.4 Mezní stav použitelnosti – SLS – Statický výpočet

3.18.4.1 Pilota typu A

Posouzení piloty

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

| Vrstva číslo | Počátek [m] | Konec [m] | Mocnost [m] | E_s [MPa] | Součinitel a | Součinitel b |
|--------------|-------------|-----------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,26 | 62,00 | 16,00 |
| 2 | 0,00 | 3,00 | 3,00 | 13,34 | 97,00 | 108,00 |
| 3 | 3,00 | 9,00 | 6,00 | 55,94 | 131,00 | 94,00 |
| 4 | 9,00 | 11,00 | 2,00 | 76,72 | 131,00 | 94,00 |
| 5 | 11,00 | 15,00 | 4,00 | 106,40 | 169,00 | 139,00 |

Uvažovat zatížení : užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm

Regresní součinitel e = 1616,00

Regresní součinitel f = 1155,00

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 3257,89$ kN

Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 1548,24$ kPa

Průměrné plášťové tření $q_s = 112,23$ kPa

Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 63,65$ MPa

Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,17$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,09$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,26$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

| Sednutí [mm] | Zatížení [kN] |
|--------------|---------------|
| 0,0 | 0,00 |
| 2,5 | 2151,87 |
| 5,0 | 3043,21 |
| 7,5 | 3727,15 |
| 10,0 | 4053,62 |
| 12,5 | 4252,56 |
| 15,0 | 4451,49 |
| 17,5 | 4650,42 |
| 20,0 | 4849,35 |
| 22,5 | 5048,28 |
| 25,0 | 5247,22 |

Obr. 75 Výpočet zatěžovací křivky piloty typu A, výstup z programu GEO5 2024 – Pilota

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace pláště tření $R_{yu} = 3917,06$ kN
 Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 8,3$ mm

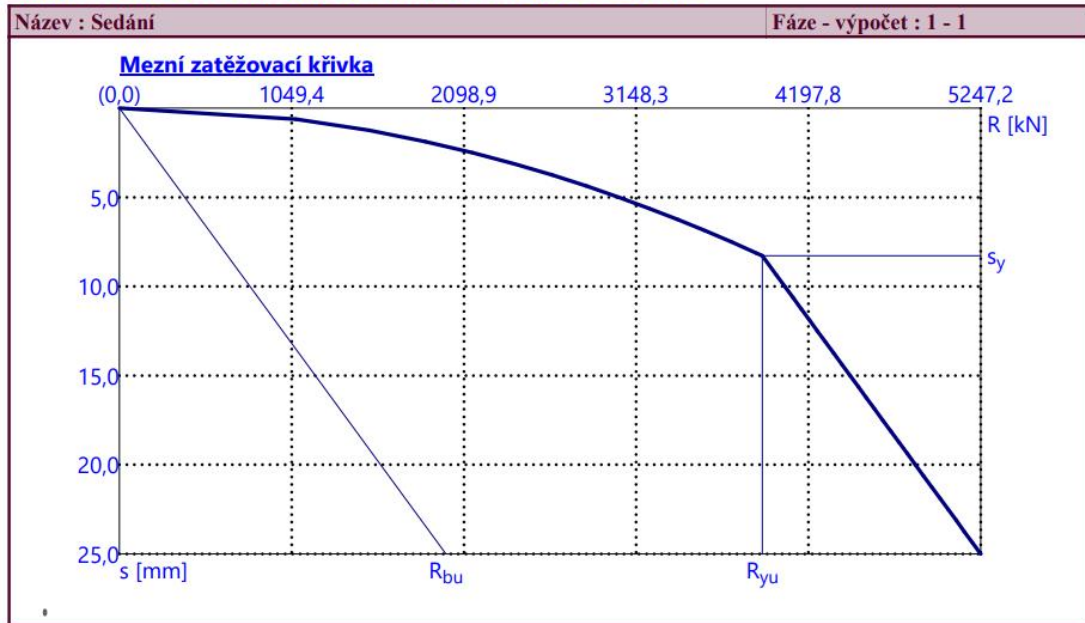
Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :

Únosnost paty $R_{bu} = 1989,32$ kN
 Celková únosnost $R_c = 5247,22$ kN

Pro zatížení $Q = 3860,00$ kN je sednutí piloty 8,0 mm

Sednutí piloty je 8,0 mm: $s = 8,0$ mm $< s_{lim} = 10$ mm

SEDNUTÍ PILOTY VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.



Obr. 76 Posouzení absolutního sednutí piloty typu A, výstup z programu GEO5 2024 – Pilota

Tab. 15 Požadované délky osamělých pilot

| Číslo piloty | Kóta hlavy piloty [m n.m.] | Průměr piloty [mm] | Délka piloty [m] | η_g [-] | Svislá únosnost (ČSN 73 1004) [kN] | Sednutí [mm] | MSÚ MSP | Typ pilot |
|--------------|----------------------------|--------------------|------------------|--------------|------------------------------------|--------------|----------|-----------|
| P1 | 261,000 | 880 | 15,0 | 1,00 | 6840,0 | -8,1 | Vyhovuje | A |
| P2 | 261,000 | 880 | 15,0 | 1,00 | 6840,0 | -8,1 | Vyhovuje | A |
| P3 | 261,000 | 880 | 14,0 | 1,00 | 6320,0 | -7,7 | Vyhovuje | B |
| P4 | 261,000 | 880 | 14,0 | 1,00 | 6320,0 | -7,7 | Vyhovuje | B |
| P5 | 261,000 | 880 | 12,5 | 1,00 | 5550,0 | -7,80 | Vyhovuje | C |
| P6 | 261,000 | 880 | 12,5 | 1,00 | 5550,0 | -8,0 | Vyhovuje | C |
| P7 | 261,000 | 880 | 12,5 | 1,00 | 5550,0 | -8,3 | Vyhovuje | C |
| P8 | 261,000 | 880 | 12,5 | 1,00 | 5550,0 | -8,1 | Vyhovuje | C |
| P9 | 261,000 | 880 | 12,5 | 1,00 | 5550,0 | -8,0 | Vyhovuje | C |
| P10 | 261,000 | 880 | 11,5 | 1,00 | 5060,0 | -7,0 | Vyhovuje | D |

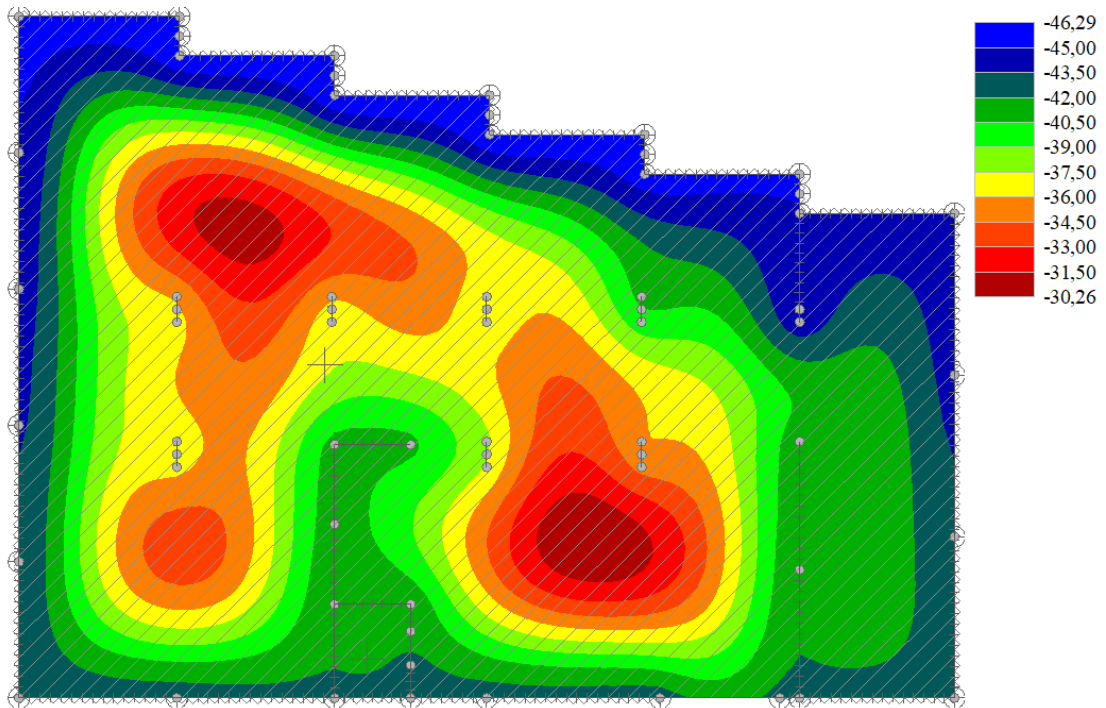
| | | | | | | | | |
|-----|---------|-----|------|------|--------|-------|----------|---|
| P11 | 261,000 | 880 | 11,5 | 1,00 | 5060,0 | -7,2 | Vyhovuje | D |
| P12 | 261,000 | 880 | 11,5 | 0,80 | 4050,0 | -7,2 | Vyhovuje | D |
| P13 | 261,000 | 880 | 11,5 | 1,00 | 5060,0 | -7,3 | Vyhovuje | D |
| P14 | 261,000 | 880 | 11,5 | 1,00 | 5060,0 | -6,9 | Vyhovuje | D |
| P15 | 261,000 | 880 | 11,0 | 1,00 | 4820,0 | -7,82 | Vyhovuje | E |
| P16 | 261,000 | 880 | 11,0 | 1,00 | 4820,0 | -7,8 | Vyhovuje | E |
| P17 | 261,000 | 880 | 11,0 | 1,00 | 4820,0 | -7,9 | Vyhovuje | E |
| P18 | 261,000 | 880 | 11,0 | 1,00 | 4820,0 | -8,0 | Vyhovuje | E |
| P19 | 261,000 | 880 | 10,0 | 1,00 | 3600,0 | -7,61 | Vyhovuje | F |
| P20 | 261,000 | 880 | 10,0 | 0,80 | 2880,0 | -8,0 | Vyhovuje | F |
| P21 | 261,000 | 880 | 10,0 | 1,00 | 3600,0 | -8,0 | Vyhovuje | F |
| P22 | 261,000 | 880 | 10,0 | 0,80 | 2880,0 | -8,2 | Vyhovuje | F |
| P23 | 261,000 | 880 | 9,0 | 1,00 | 3250,0 | -6,6 | Vyhovuje | G |
| P24 | 261,000 | 880 | 9,0 | 1,00 | 3250,0 | -6,9 | Vyhovuje | G |
| P25 | 261,000 | 880 | 9,0 | 1,00 | 3250,0 | -6,5 | Vyhovuje | G |
| P26 | 261,000 | 880 | 8,5 | 1,00 | 1950,0 | -5,8 | Vyhovuje | H |
| P27 | 261,000 | 880 | 8,0 | 1,00 | 1850,0 | -6,3 | Vyhovuje | H |
| P28 | 261,000 | 880 | 8,0 | 1,00 | 1850,0 | -6,0 | Vyhovuje | H |
| P29 | 261,000 | 880 | 8,0 | 1,00 | 1850,0 | -6,1 | Vyhovuje | H |
| P30 | 261,000 | 880 | 7,0 | 1,00 | 1650,0 | -6,1 | Vyhovuje | I |
| P31 | 261,000 | 880 | 7,0 | 0,80 | 1320,0 | -5,2 | Vyhovuje | I |
| P32 | 259,370 | 880 | 10,0 | 0,78 | 3350,0 | -7,7 | Vyhovuje | J |
| P33 | 259,370 | 880 | 8,0 | 0,78 | 2200,0 | -8,7 | Vyhovuje | K |
| P34 | 259,370 | 880 | 7,5 | 0,78 | 2100,0 | -6,5 | Vyhovuje | L |
| P35 | 259,370 | 880 | 7,5 | 0,78 | 2100,0 | -7,5 | Vyhovuje | L |

3.18.5 Výpočet desky – GEO5

3.18.5.1 Postup návrhu

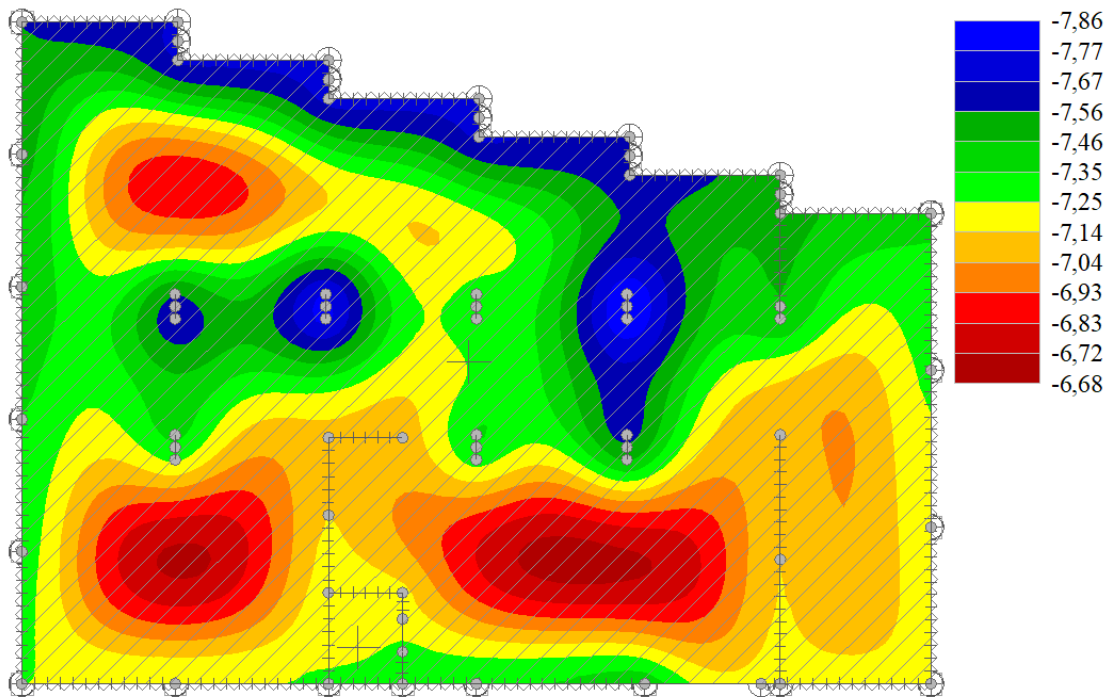
Pro mezní stav únosnosti (MSÚ) bylo uvažováno veškeré silové zatížení a pro mezní stav použitelnosti (MSP) se uvažovalo pouze s dlouhodobým svislým silovým zatížením. Do modelu se přidaly i nosné ŽB stěny a sloupy z 1.PP pro přesnější simulaci chování spodní stavby.

Nejprve se provedl výpočet základové desky bez pilot v programu GEO5 Deska (verze 2024) pro ověření chování desky bez pilot. Maximální absolutní sednutí pro MSP vychází okolo 50 mm a vychází relativně velká nerovnoměrná sedání. Nevhodnost založení na samotné základové desce se potvrdila.



Obr. 77 Svislý průhyb základové desky modelované bez pilot (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v mm)

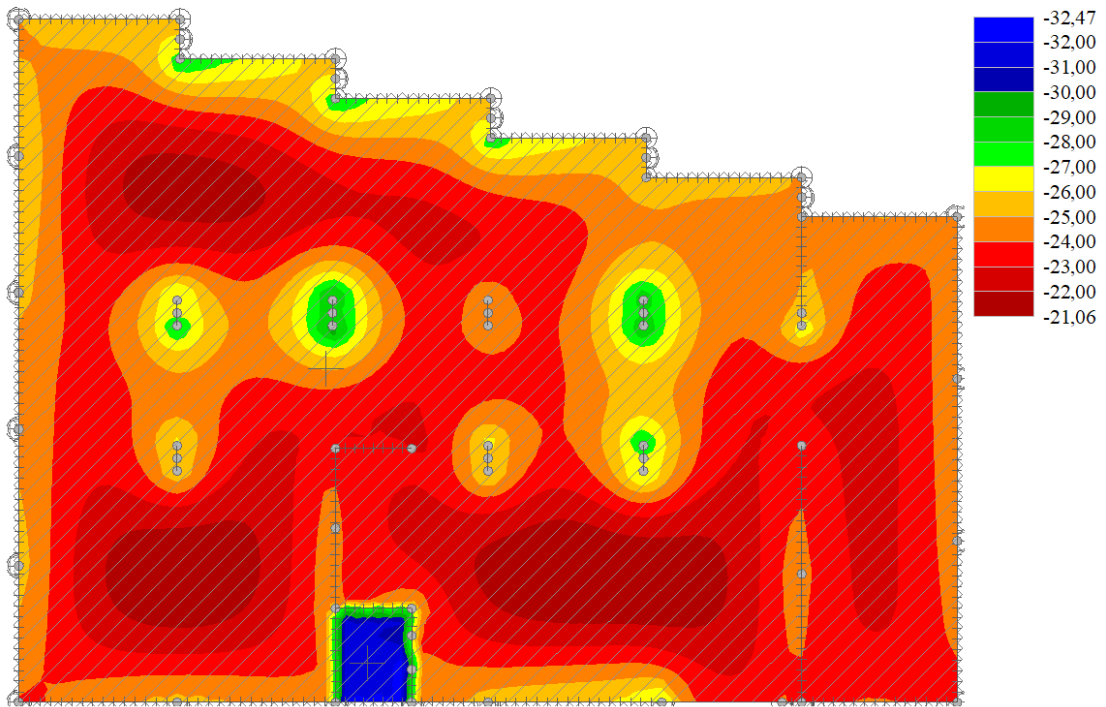
Následoval iterační výpočet desky tl. 400 mm modelované s piloty. Délky a následně tuhosti svislých lineárních pružin reprezentujících piloty se zoptimalizovali tak, aby výsledky sedání vycházely, co možno nejvíce rovnoměrně a absolutní sedání pod hodnotu 10 mm. Většina pilot bylo zkráceno o 0,5 až 1,0 metrů. Konečné a výsledné sedání se pohybují kolem 6 až 8 mm. Absolutní a nerovnoměrná sedání jsou vyhovující a optimální. Bylo potřeba celkem pět iterací, tj. úprav tuhosti svislých lineárně pružných podpor reprezentujících piloty pro soulad vypočtenému sedání z výpočtu desky s mezní zatěžovací křivkou jednotlivých pilot. Výsledné reakce do pilot, resp. do desky se použily pro posouzení pilot a protlačení desky.



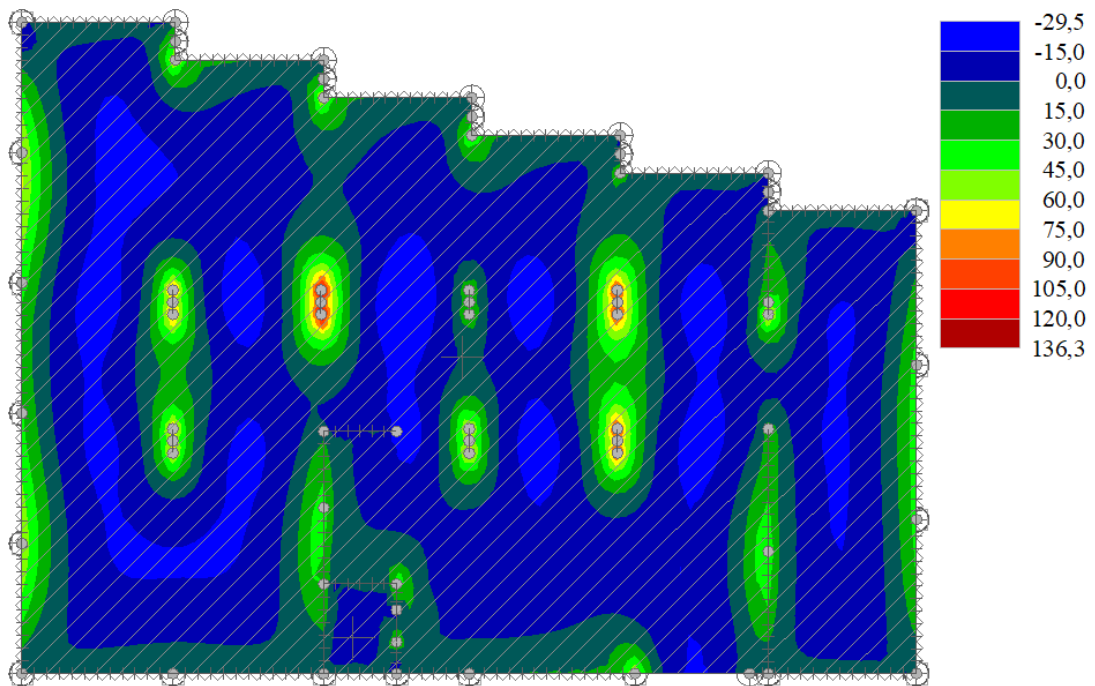
Obr. 78 Svislý průhyb základové desky modelované s pilotami (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v mm)

Průhyb základové desky je v rozmezí od 6,68 mm do 7,86 mm, tudíž nepřesahuje mezní hodnotu absolutního sednutí 10 mm. Maximální relativní průhyb vychází 1,2 mm a deska s velkou rezervou vyhoví na nerovnoměrné sednutí. Takto malý relativní průhyb není důvodem pro přijetí opatření, které by průhyb dodatečně snižovaly.

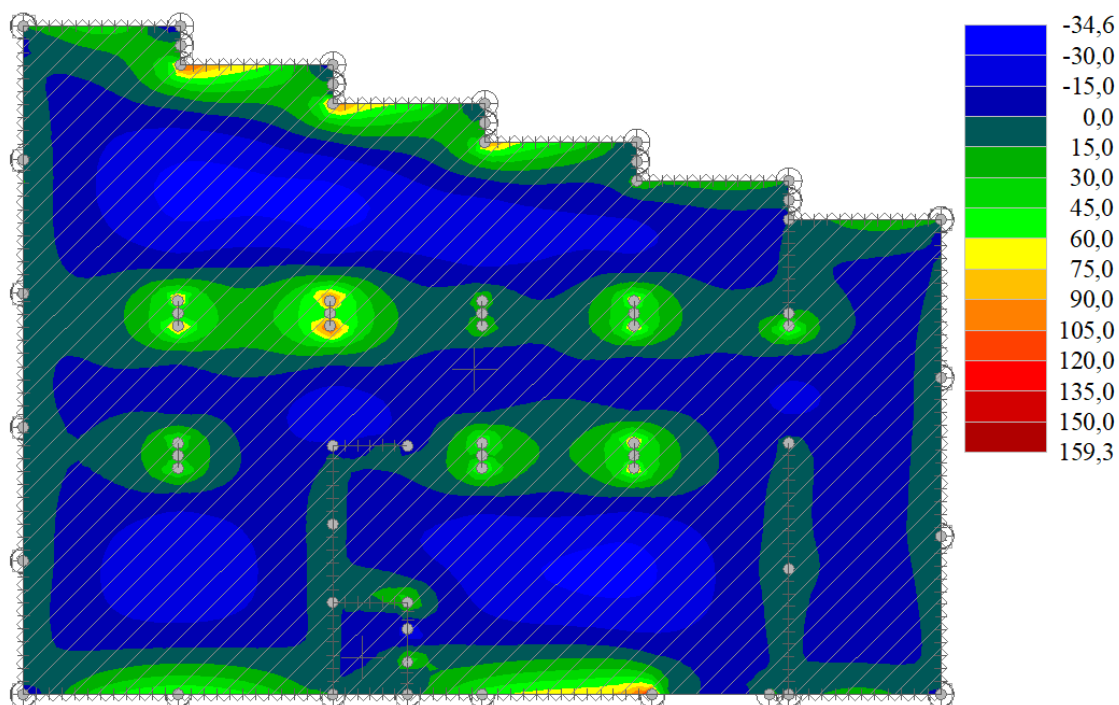
Bylo ověřeno a posouzeno protlačení desky (smyková únosnost) pomocí programu „FIN EC 2024 – Protlak“ v místech největšího zatížení základové desky, a to v místech pilot P3 (roh obvodové nosné stěny), P7 (vnitřní sloup), P13 (konec obvodové nosné stěny), P30 (konec vnitřní nosné stěny) a P32 (roh vnitřní nosné stěny). Bylo uváženo ohybové vyztužení základové desky v obou směrech. Detailní návrh a posouzení výztuže ŽB základové desky není předmětem této diplomové práce. Smykovou únosnost je případně možno zvýšit přidáním více ohybové výztuže v obou směrech či také přidáním smykové výztuže na protlačení například ve formě radiálních třmínků. Statický výpočet pilot v kombinaci s deskou a protlačení desky je v příloze č.2.



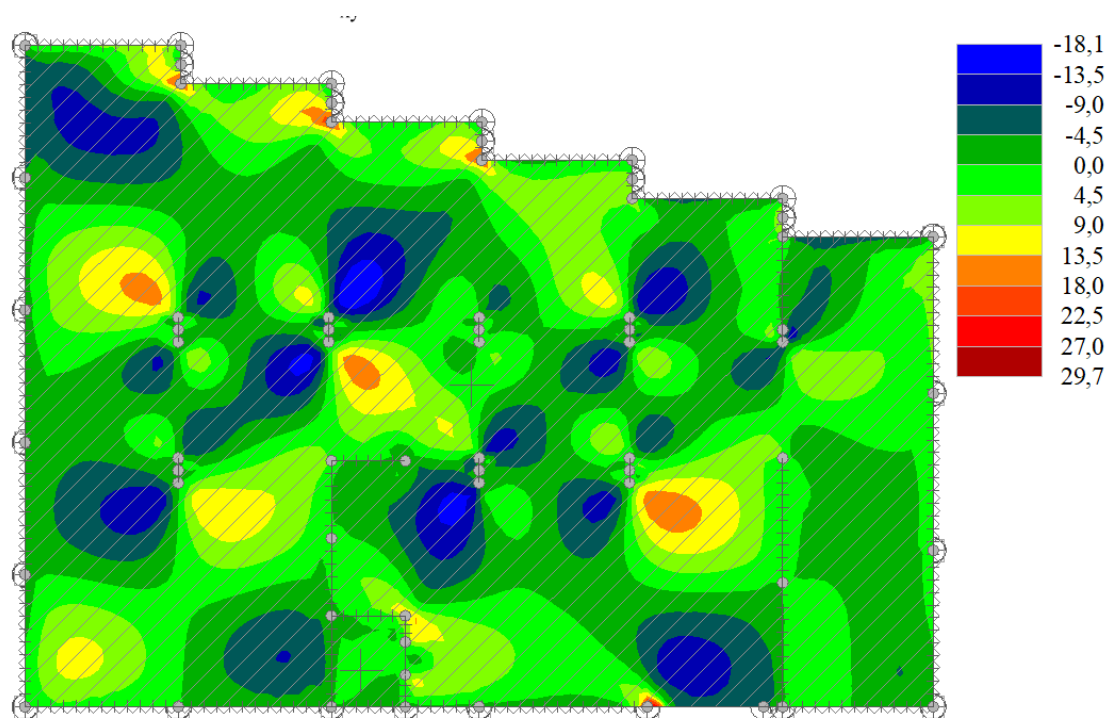
Obr. 79 Kontaktní napětí v základové spáře desky modelované s pilotami (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v kPa)



Obr. 80 Ohybové momenty m_x (M11) v desce (kombinace MSÚ), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v kNm/m)



Obr. 81 Ohybové momenty m_y (M22) v desce (kombinace MSÚ), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v kNm/m)



Obr. 82 Ohybové momenty m_{xy} (M12) v desce (kombinace MSÚ), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v kNm/m)



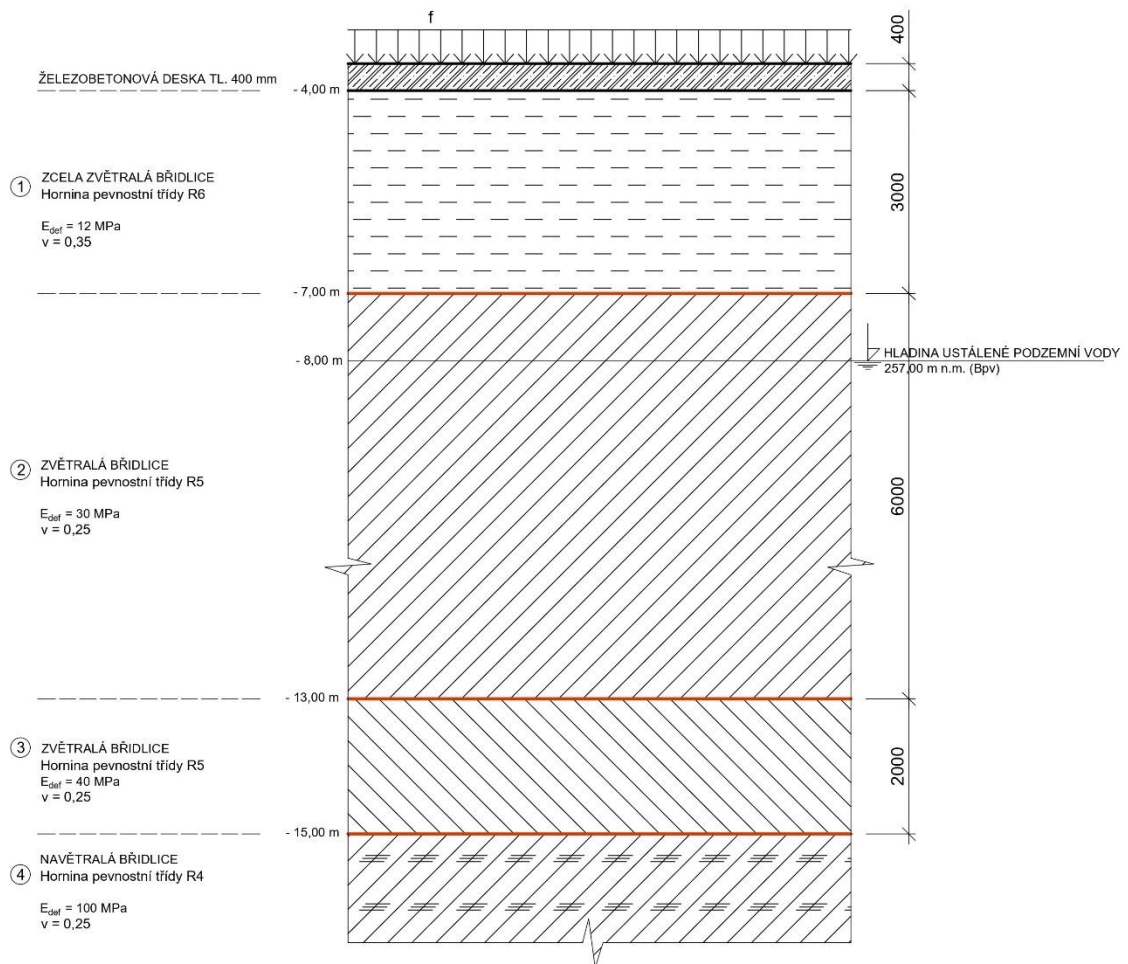
Obr. 83 Grafické zobrazení potřebné dolní výztuže základové desky v podélném směru, výstup z programu GEO5 2024 – Deska (hodnoty v mm^2/m)



Obr. 84 Grafické zobrazení potřebné horní výztuže základové desky v podélném směru, výstup z programu GEO5 2024 – Deska (hodnoty v mm^2/m)

3.18.5.2 Stanovení hloubky deformační zóny vrstevnatého geologického profilu

Z důvodu relativně většího modulu přetvárnosti navětralé břidlice třídy R4 a z důvodu jejich větší hloubky se nepředpokládá, že napětí od desky bude dosahovat až k těmto horninám. Budou tedy uvažovány vrstvy 1 až 3 dle *Obr. 44*, kde poslední vrstvou je vrstva se zvětralou břidlicí třídy R5 v maximální hloubce 15 metrů od původního terénu. Reprezentativní vrstva při stanovení hloubky deformační zóny vrstevnatého geologického profilu je vrstva zeminy bezprostředně pod deskou, tj. zcela zvětralá břidlice třídy R6.



Obr. 85 Geologický profil pod základovou deskou 1.PP – tl. 400 mm

Výpočet hloubky deformační zóny pro základovou desku 1.PP:

$$H = h_1 + h_2 * \frac{E_{def,1}}{E_{def,2}} + h_3 * \frac{E_{def,1}}{E_{def,3}}$$

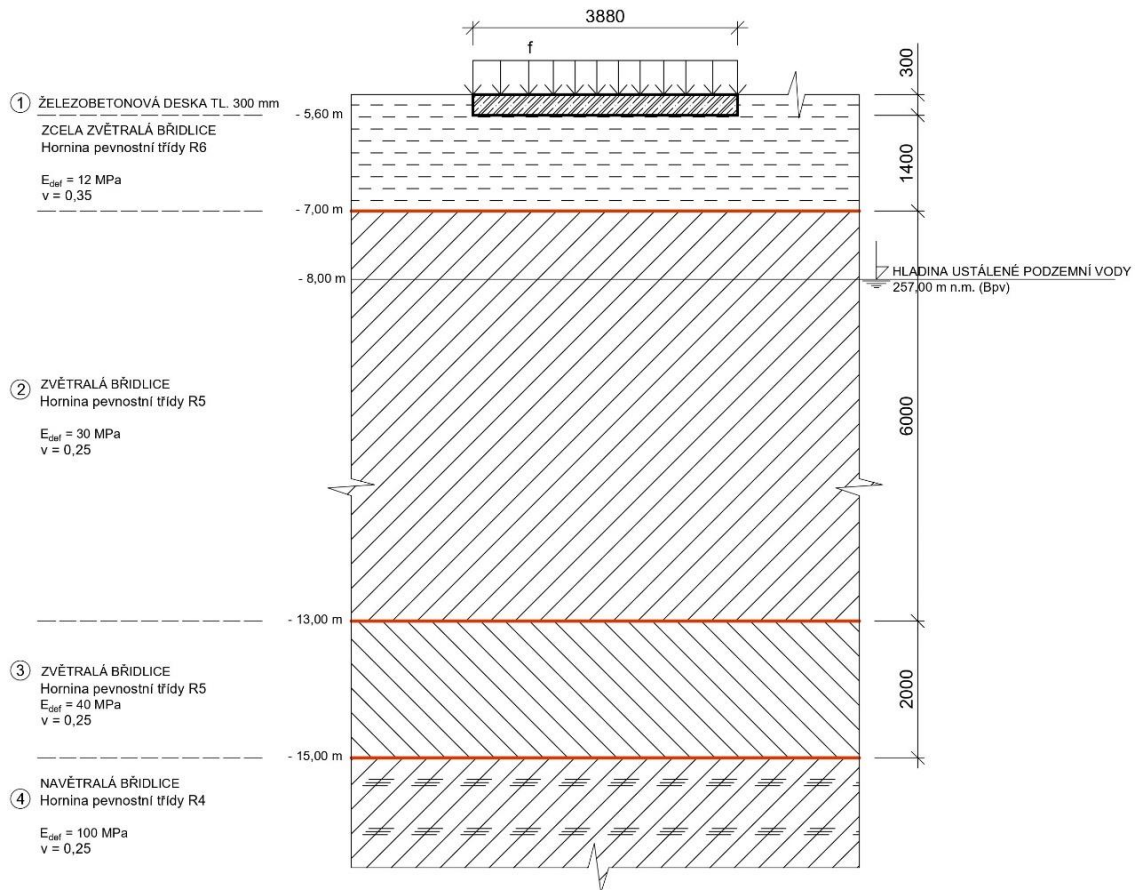
$$H = 3,0 + 6,0 * \frac{12}{30} + 2,0 * \frac{12}{40}$$

$$H = 6,0 \text{ m}$$

Programem „GEO5 Deska“ dopočítaná Winklerova a Pasternakova konstanta:

$$C_1 = 3,295 \text{ MN/m}^3$$

$$C_2 = 6,635 \text{ MN/m}$$



Obr. 86 Geologický profil pod základovou deskou výtahové šachty – tl. 300 mm

Výpočet hloubky deformační zóny pro základovou desku výtahové šachty:

$$H = h_1 + h_2 * \frac{E_{def,1}}{E_{def,2}} + h_3 * \frac{E_{def,1}}{E_{def,3}} + h_4 * \frac{E_{def,1}}{E_{def,4}} + h_5 * \frac{E_{def,1}}{E_{def,5}}$$

$$H = 1,4 + 6,0 * \frac{12}{30} + 2,0 * \frac{12}{40}$$

$$H = 4,4 \text{ m}$$

Programem „GEO5 Deska“ dopočítaná Winklerova a Pasternakova konstanta:

$$C_1 = 4,363 \text{ MN/m}^3$$

$$C_2 = 5,226 \text{ MN/m}$$

3.18.5.3 Výsledný návrh

Navrhuji železobetonovou základovou desku tloušťky 400 mm a desku tloušťky 300 mm (pod výtahovou šachtou), které jsou lokálně kloubově podepřeny dohromady 35 železobetonovými vrtanými pilotami průměru 880 mm (průměr pažnice) délky 6 až 14 metrů. Výztuže pilot a desek mohou, ale nemusí být provázány, ale jedná se pouze o kloubový spoj nikoliv tuhý spoj, který by přenášel větší ohybové momenty v místě připojení pilot k desce.

Statický výpočet je dostupný v příloze č. 2, tvar základové desky ve výkresu č. 3, pilotový plán ve výkresu č. 4, stavební řez 1.PP ve výkresu č. 5 a stavební detail rohu bílé vany ve výkresu č. 6.

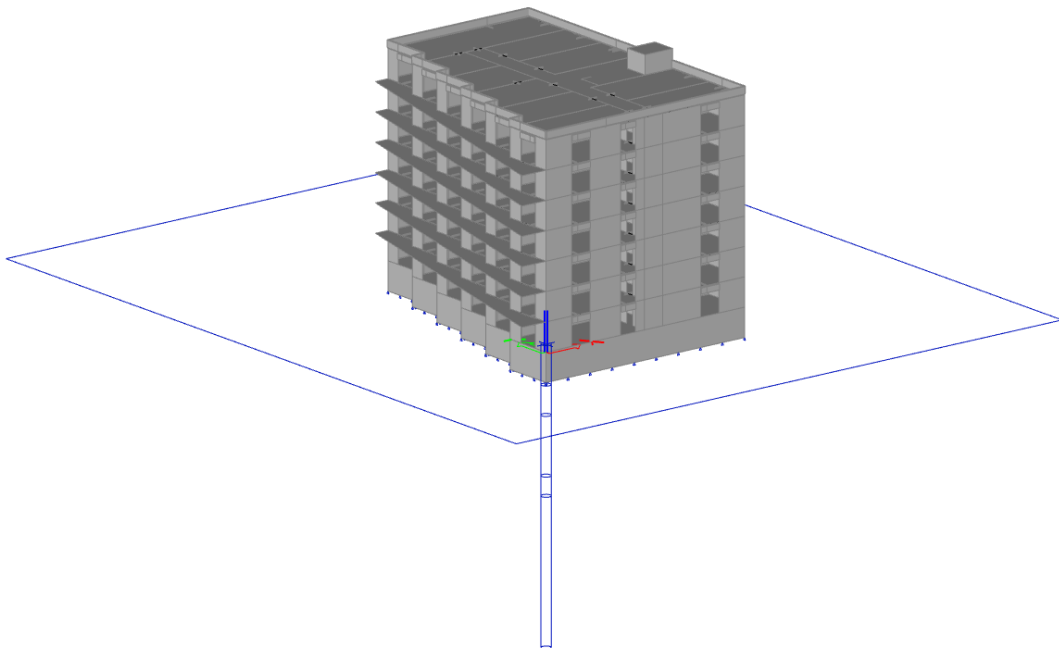
Tab. 16 Finální navržené piloty v kombinaci se základovou deskou

| Číslo piloty | Kóta hlavy piloty [m n.m.] | Průměr piloty [mm] | Délka piloty [m] | η_g [-] | Svislá únosnost (ČSN 73 1004) [kN] | Sedání [mm] | MSÚ MSP | Typ pilot |
|--------------|----------------------------|--------------------|------------------|--------------|------------------------------------|-------------|----------|-----------|
| P1 | 261,000 | 880 | 14,0 | 1,00 | 6316,00 | -8,00 | Vyhovuje | A |
| P2 | 261,000 | 880 | 14,0 | 1,00 | 6316,00 | -8,00 | Vyhovuje | A |
| P3 | 261,000 | 880 | 13,0 | 1,00 | 5804,00 | -7,96 | Vyhovuje | B |
| P4 | 261,000 | 880 | 13,0 | 1,00 | 5804,00 | -7,93 | Vyhovuje | B |
| P5 | 261,000 | 880 | 11,5 | 1,00 | 5060,00 | -7,80 | Vyhovuje | C |
| P6 | 261,000 | 880 | 11,5 | 1,00 | 5060,00 | -7,86 | Vyhovuje | C |
| P7 | 261,000 | 880 | 11,5 | 1,00 | 5060,00 | -8,03 | Vyhovuje | C |
| P8 | 261,000 | 880 | 11,5 | 1,00 | 5060,00 | -8,08 | Vyhovuje | C |
| P9 | 261,000 | 880 | 11,5 | 1,00 | 5060,00 | -7,74 | Vyhovuje | C |
| P10 | 261,000 | 880 | 11,0 | 1,00 | 4818,00 | -7,57 | Vyhovuje | D |

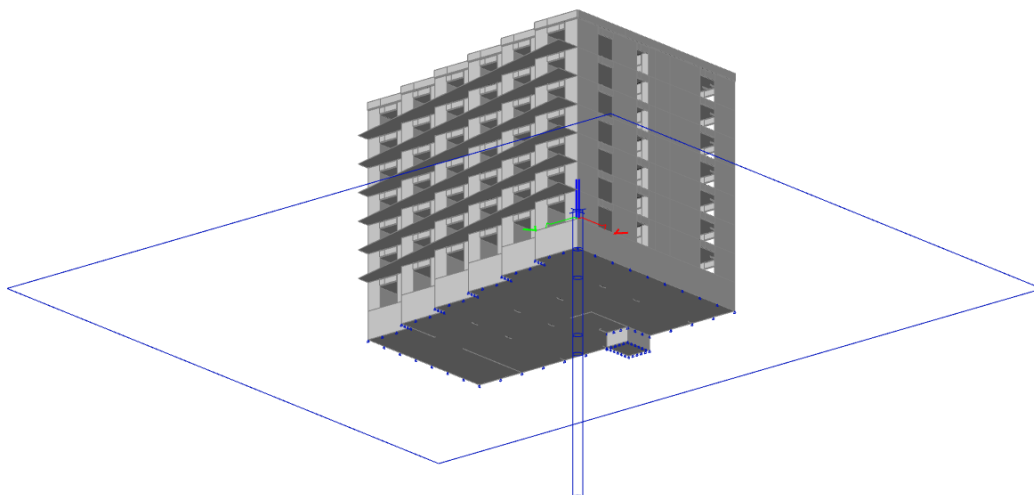
| | | | | | | | | |
|-----|---------|-----|------|------|---------|-------|-----------------------|---|
| P11 | 261,000 | 880 | 11,0 | 1,00 | 4818,00 | -7,57 | Vyhovuje | D |
| P12 | 261,000 | 880 | 11,0 | 0,80 | 3854,00 | -7,57 | Vyhovuje | D |
| P13 | 261,000 | 880 | 11,0 | 1,00 | 4818,00 | -7,66 | Vyhovuje | D |
| P14 | 261,000 | 880 | 11,0 | 1,00 | 4818,00 | -7,44 | Vyhovuje | D |
| P15 | 261,000 | 880 | 10,5 | 1,00 | 3770,00 | -7,82 | Vyhovuje | E |
| P16 | 261,000 | 880 | 10,5 | 1,00 | 3770,00 | -7,64 | Vyhovuje | E |
| P17 | 261,000 | 880 | 10,5 | 1,00 | 3770,00 | -7,51 | Vyhovuje | E |
| P18 | 261,000 | 880 | 10,5 | 1,00 | 3770,00 | -7,40 | Vyhovuje | E |
| P19 | 261,000 | 880 | 9,5 | 1,00 | 3423,00 | -7,61 | Vyhovuje | F |
| P20 | 261,000 | 880 | 9,5 | 0,80 | 2740,00 | -7,40 | Vyhovuje | F |
| P21 | 261,000 | 880 | 9,5 | 1,00 | 3423,00 | -7,53 | Vyhovuje | F |
| P22 | 261,000 | 880 | 9,5 | 0,80 | 2740,00 | -7,60 | Vyhovuje | F |
| P23 | 261,000 | 880 | 8,0 | 1,00 | 1810,00 | -7,73 | Vyhovuje pouze MSP | G |
| P24 | 261,000 | 880 | 8,0 | 1,00 | 1810,00 | -7,68 | Vyhovuje pouze MSP | G |
| P25 | 261,000 | 880 | 8,0 | 1,00 | 1810,00 | -7,47 | Vyhovuje pouze MSP | G |
| P26 | 261,000 | 880 | 7,0 | 1,00 | 1605,00 | -7,58 | Vyhovuje pouze MSP | H |
| P27 | 261,000 | 880 | 7,0 | 1,00 | 1605,00 | -7,38 | Vyhovuje pouze MSP | H |
| P28 | 261,000 | 880 | 7,0 | 1,00 | 1605,00 | -7,54 | Vyhovuje pouze MSP | H |
| P29 | 261,000 | 880 | 7,0 | 1,00 | 1605,00 | -7,45 | Vyhovuje pouze MSP | H |
| P30 | 261,000 | 880 | 6,0 | 1,00 | 1370,00 | -7,70 | Vyhovuje pouze MSP | I |
| P31 | 261,000 | 880 | 6,0 | 0,80 | 1370,00 | -7,30 | Vyhovuje | I |
| P32 | 259,370 | 880 | 9,5 | 0,78 | 3175,00 | -7,47 | Vyhovuje | J |
| P33 | 259,370 | 880 | 7,5 | 0,78 | 2188,0 | -7,53 | Vyhovuje | K |
| P34 | 259,370 | 880 | 7,0 | 0,78 | 1200,00 | -7,45 | Vyhovuje pouze MSP | L |
| P35 | 259,370 | 880 | 7,0 | 0,78 | 1200,00 | -7,57 | Vyhovuje pouze MSP | L |

4 3D MODEL - SCIA ENGINEER

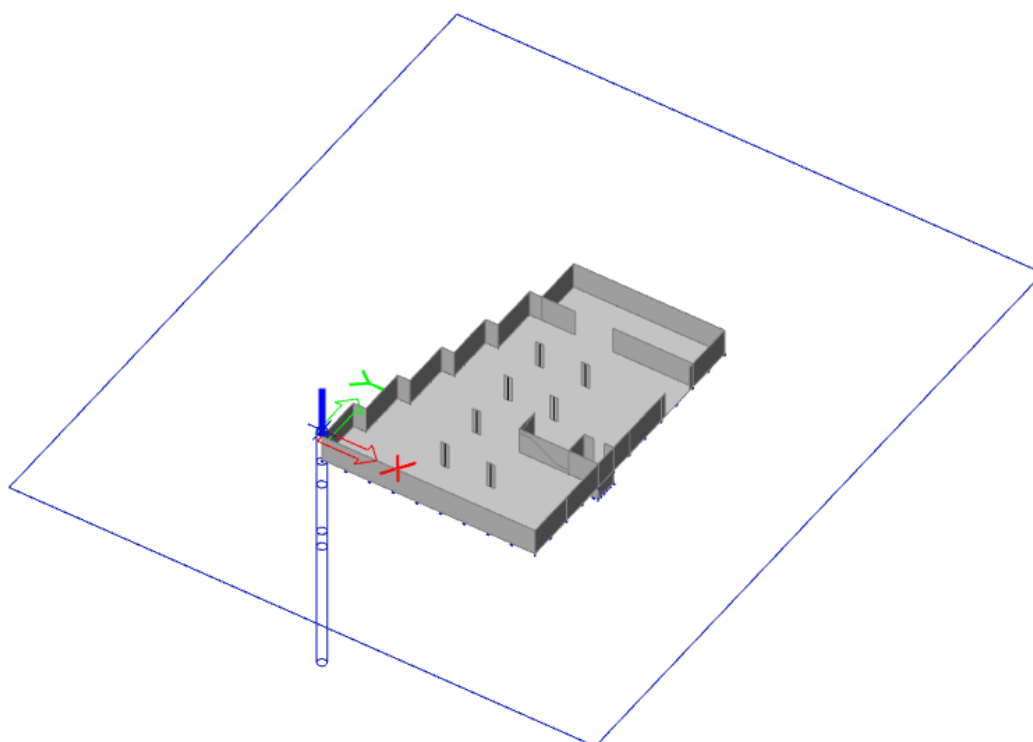
Byl proveden 3D model stavby v programu SCIA Engineer (verze 22.1) za účelem výpočtu základové desky v kombinaci s pilotami pomocí tzv. modulu Soilin. Prostorovým modelem celé budovy dochází k reálnější simulaci chování konstrukce při jejím zatěžování. 3D model lépe vystihuje tuhostní charakteristiky, vzájemné ovlivňování jednotlivých konstrukcí a pomocí modulu Soilin také interakci budovy s podložím. Výpočet základové desky pomocí modulu Soilin je jedna z několika mála alternativ používaných k návrhu základových desek nejen na území ČR.



Obr. 87 3D model spodní stavby – SCIA Engineer v22.1



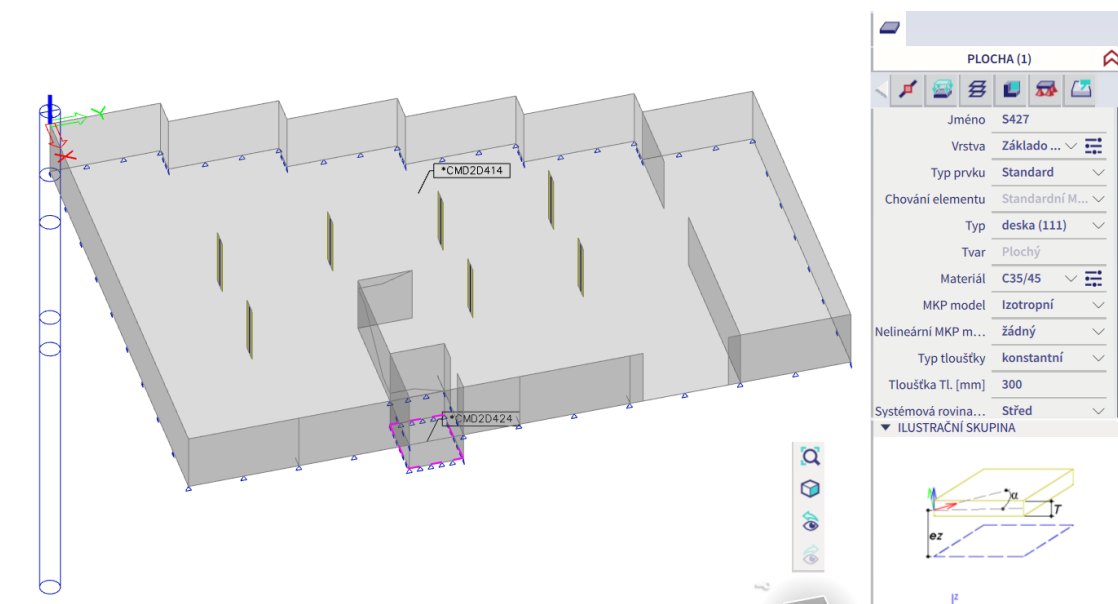
Obr. 88 Pohled ze spoda na 3D model budovy a podloží – SCIA Engineer v22.1



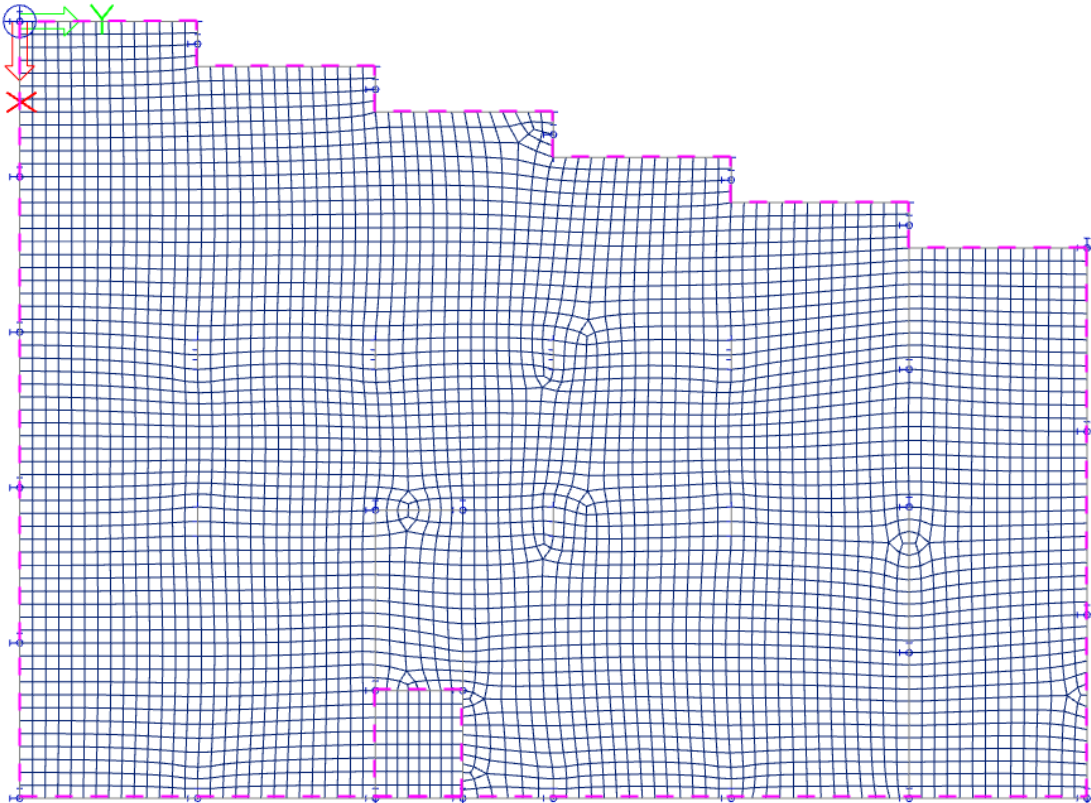
Obr. 89 Pohled na 3D model 1.PP s podložím – SCIA Engineer v22.1



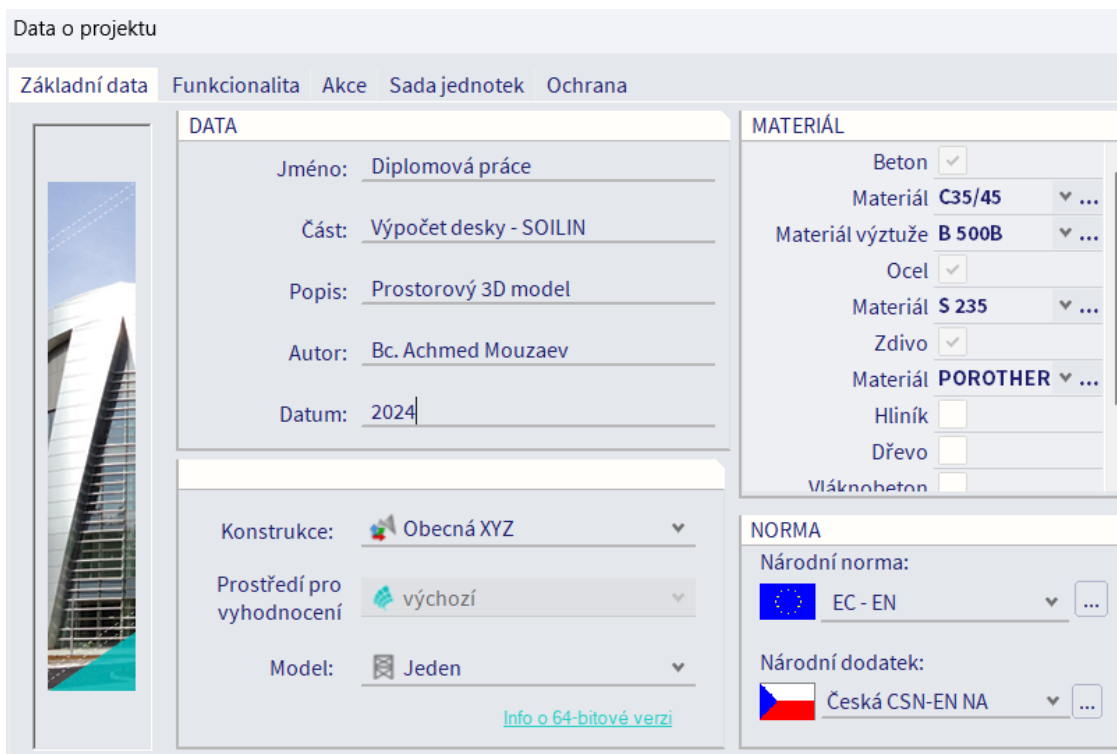
Obr. 90 Hlavní základová deska – SCIA Engineer v22.1



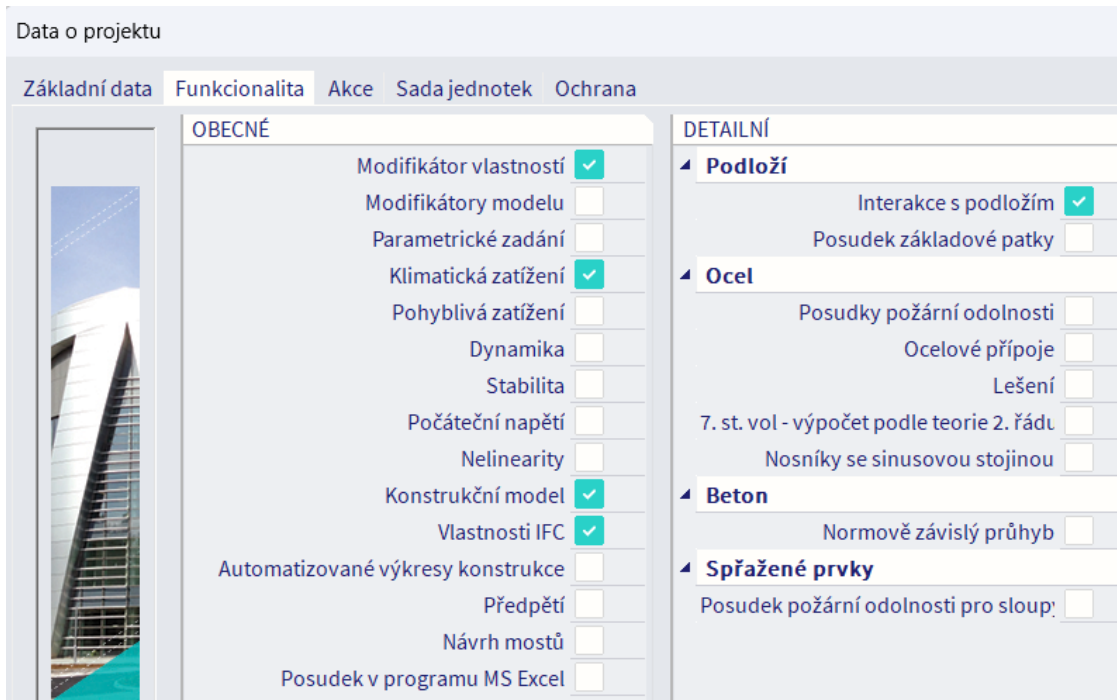
Obr. 91 Základová deska pod výtahovou šachtou – SCIA Engineer v22.1



Obr. 92 Vygenerovaná síť základových desek pro výpočet MKP – SCIA Engineer v22.1



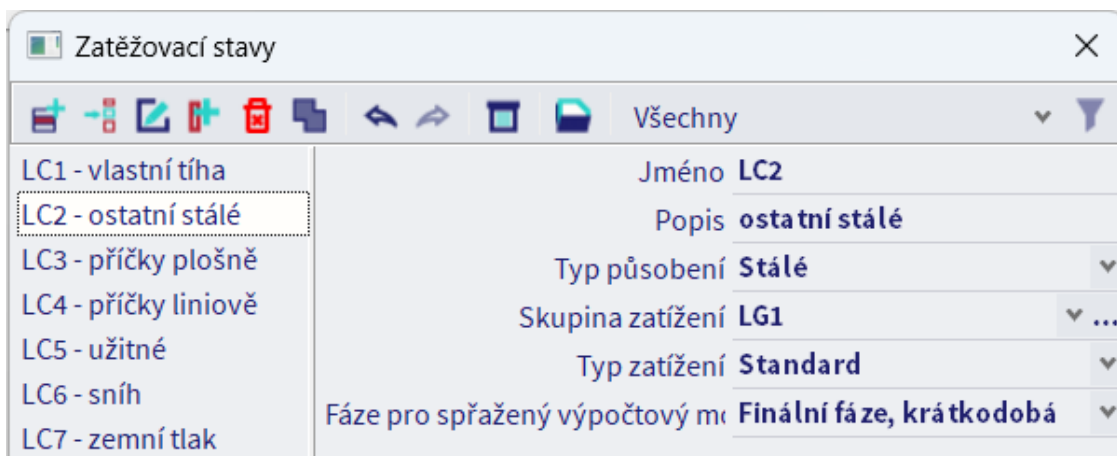
Obr. 93 Nastavení projektu – SCIA Engineer v22.1



Obr. 94 Nastavení funkcionality – SCIA Engineer v22.1

4.1 Zatížení

Jelikož se zkoumají svislá posunutí základové desky s pilotami, bylo uvažováno pouze dlouhodobé svislé silové zatížení pro mezní stav použitelnosti, tj. v charakteristických hodnotách.



Obr. 95 Zatěžovací stavy – SCIA Engineer v22.1



Obr. 96 Kombinace zatěžovacích stavů – SCIA Engineer v22.1

4.2 Výpočet pomocí modulu Soilin

Modul Soilin umožňuje pro návrh a optimalizaci základových konstrukcí zohlednit jejich interakci s horní stavbou a podložím. Parametry vzájemného působení mezi základem a podložím závisí na rozložení a úrovni zatížení, na kontaktním napětí mezi povrchem konstrukce a okolním podložím, na geometrii základového povrchu a na mechanických vlastnostech zeminy – výpočtový modul Soilin tyto závislosti bere při výpočtu v úvahu. Jako základ se používá Winkler-Pasternakův model podloží, kde konstanty či parametry C1 (Winklerovy) vyjadřují plošnou normálovou tuhost podloží čili odpor vůči normálové deformaci a konstanty či parametry C2 (Pasternakovy) pak smykovou tuhost podloží čili odpor proti smykové deformaci. [21]

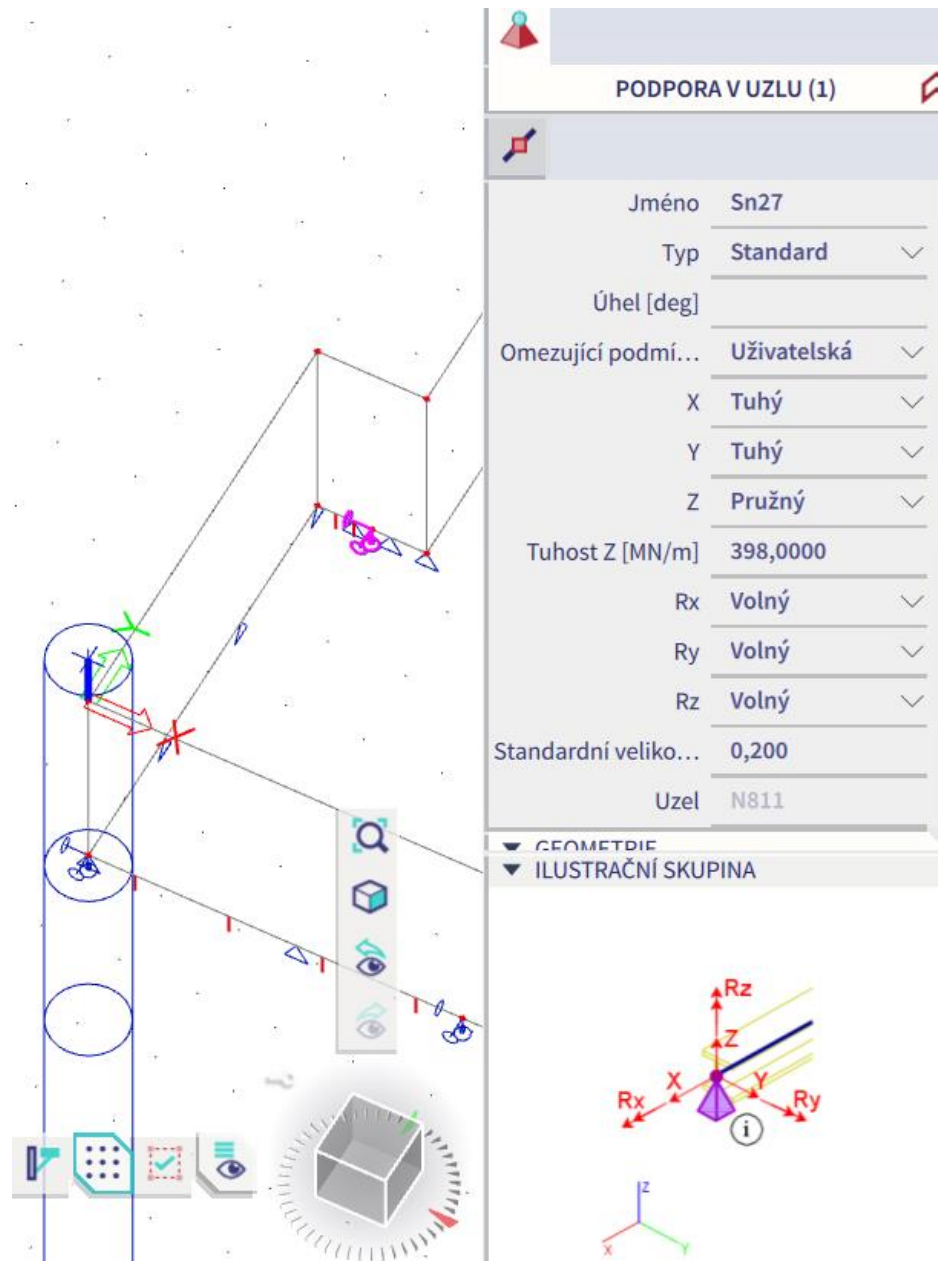
Na rozdíl od programu GEO5 Deska, který Winkler-Pasternakové konstanty C1 a C2 jednoduše dopočítává z přetvárných charakteristik zeminy a z hloubky deformační zóny, výpočet v systému SCIA Engineer pomocí modulu Soilin zohledňuje původní geostatické napětí v zemině, strukturní pevnost, útlum napětí s hloubkou a také přizpůsobuje tuhosti podloží nerovnoměrnému rozdělení kontaktního napětí a sedání s ohledem na tuhost vlastní nosné konstrukce budovy. Stejně jako parametry C1 a C2 ovlivňují kontaktní napětí, tak i rozložení kontaktního napětí má vliv na svislou deformaci základu. Proto výpočet pomocí modulu Soilin stanovuje tyto konstanty iteračně z obvyklé předdefinované hodnoty, hodnoty zatížení a výše uvedených vlivů.

To je důvod proč manuál Soilin nazývá tyto prvky interakčními parametry, a nikoliv tuhostními konstanty. [21][37]

Dalším zpřesněním výpočtu pomocí modulu Soilin ve výpočetním softwaru SCIA Engineer oproti programu GEO5 Deska je to, že SCIA umožňuje definovat vrstevnatý geologický profil a to prostřednictvím tzv. geologických profilů, které mohou být zadány v několika místech a tím umožňují přesnější reprezentaci skutečného členění geologického podloží včetně sklonitosti rozhraní vrstev atd. V praxi to znamená, že se zadají vyhodnocení skutečného podloží z vrtaných sond dle IG průzkumu. Pokud však není podloží po ploše a s hloubkou příliš proměnné anebo pokud nejsou přesné informace o proměnlivosti podloží, tak je lepší jít spíše na konzervativnější přístup a uvažovat pouze jeden konzervativnější geologický profil. Pro každou vrstvu zeminy či horniny se definují její přetvárné charakteristiky, tíha a součinitel strukturní pevnosti.

Program SCIA Engineer automaticky přidává na hranách základové desky svislé pružiny vyjma uzlů, kde již uživatel určité svislé pružiny definoval například z důvodu výskytu pilot v daném uzlu. Toto opatření snižuje nereálné obvodové sedání desek, které je důsledkem vlastností pružných modelů. Tudíž takto získané řešení zohledňuje vliv podloží vně blízkého obvodu základové desky. [21][38]

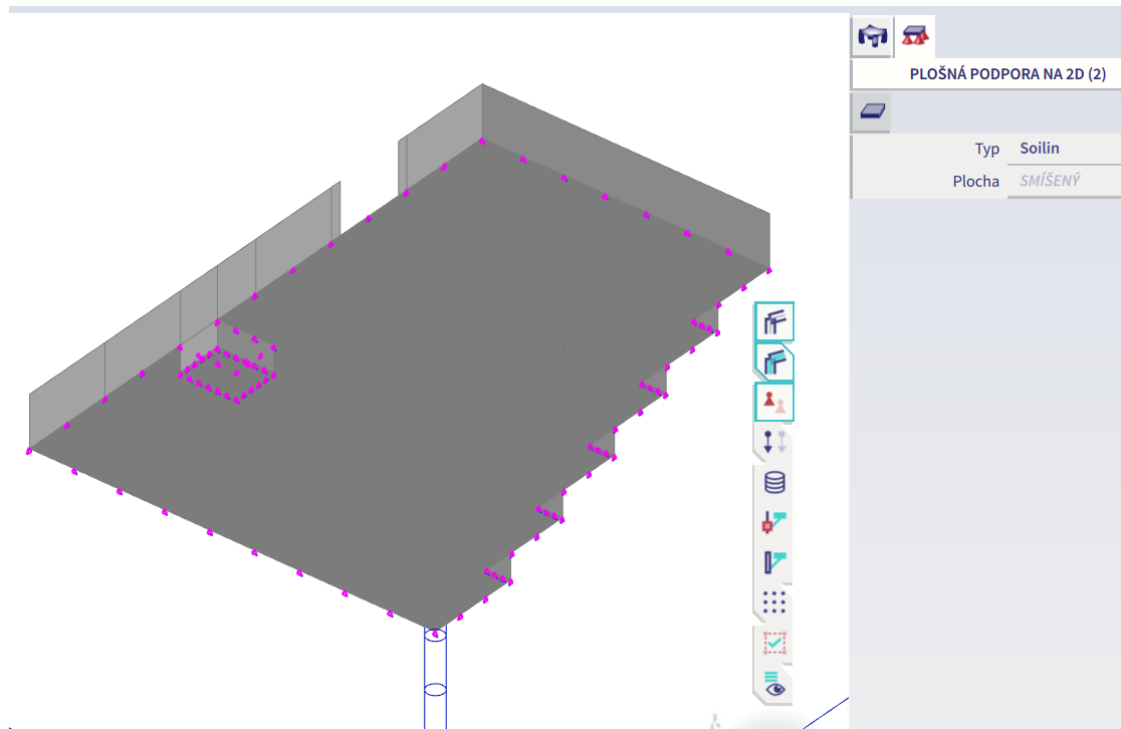
V místech pilot (celkem 35 pilot) byly přidány lineárně pružné svislé podpory reprezentující piloty, které již byly navrženy – viz *Tab. 16*. Jejich tuhosti se opět stejně jako při výpočtu v GEO5 Deska stanovovaly iteračně na základě výsledků sedání ze Soilinu a mezních zatěžovacích křivek jednotlivých pilot z předchozího výpočtu desky s pilotami. Jedná se vlastně o výpočet s dvojitou iterací, tj. iterace prováděná výpočtem Soilinu a iterace tuhostí svislých lineárně pružných podpor v místech pilot. Opět je zřejmé, že se jedná o časově náročný postup.



Obr. 97 Svislé lineárně pružné podpory desky v místech pilot – SCIA Engineer v22.1

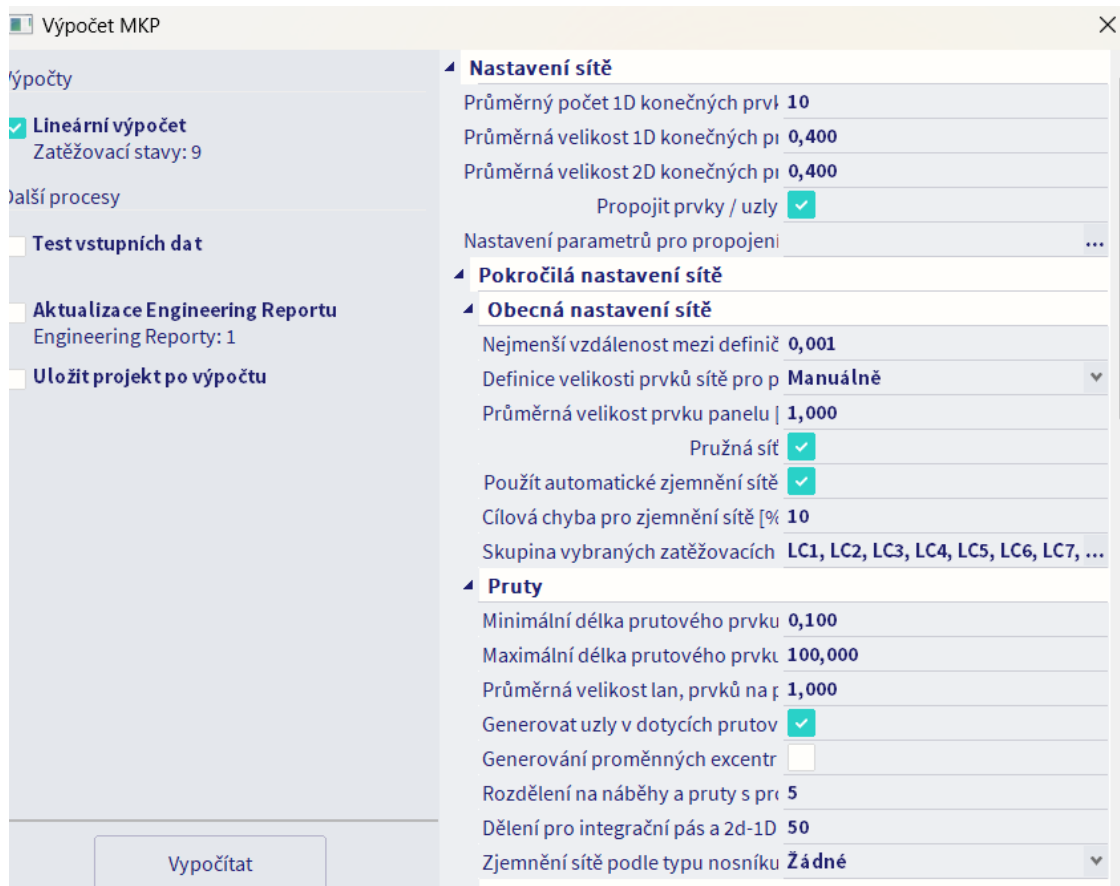
4.3 Plošná podpora

Základové desky se v programu SCIA Engineer musí položit na podporu typu „Soilin“, aby program počítal interakci konstrukce s podložím. Plošná podpora typu „Soilin“ se přidala pro hlavní základovou desku a také pro základovou desku pod výtahovou šachtou.

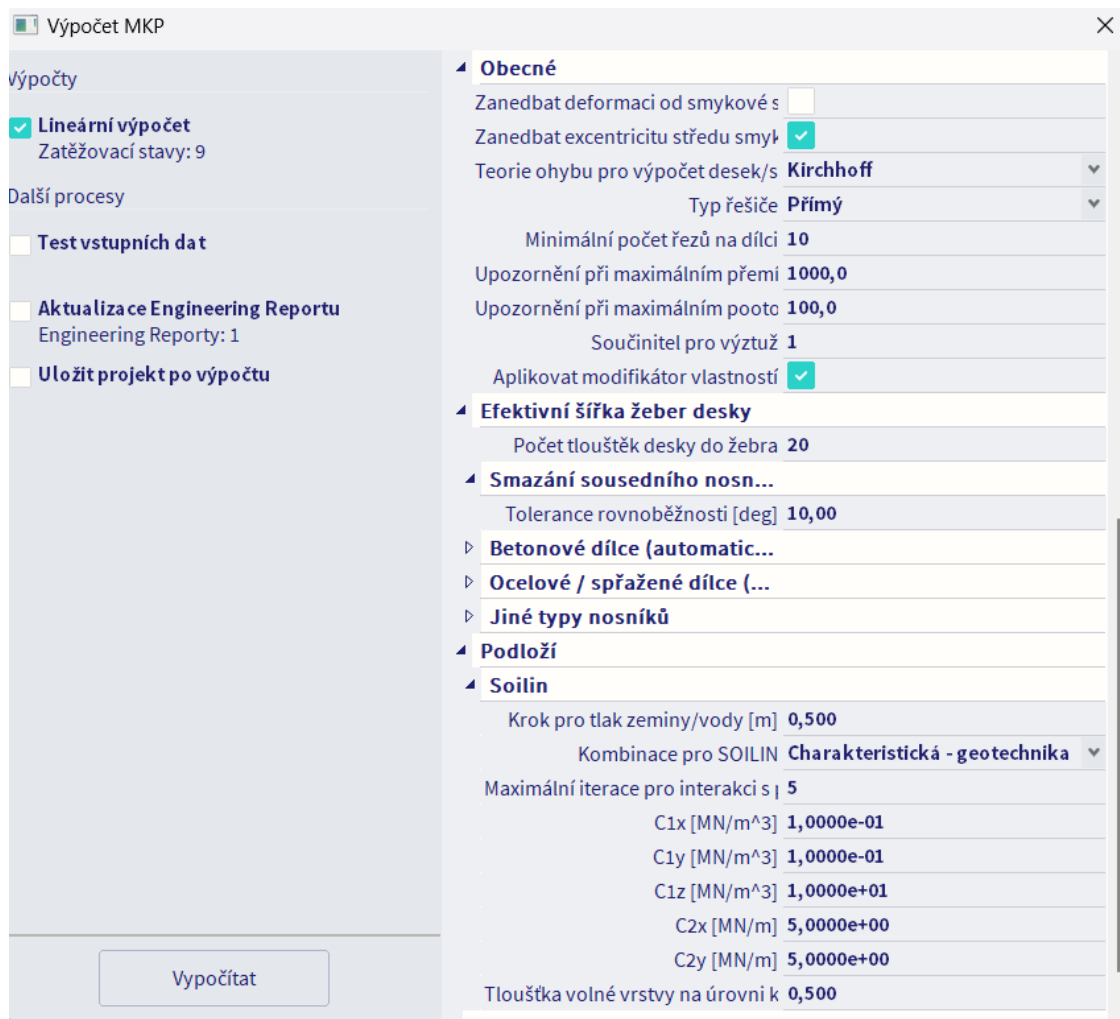


Obr. 98 Plošné podpory základových desek – SCIA Engineer v22.1

Výstupem soilinu jsou parametry podloží $C1z$ [MN/m^3], $C2x$ a $C2y$ [MN/m], přičemž $C2x$ a $C2y$ se rovnají. Parametry $C1x$ a $C1y$ [MN/m^3] se taktéž rovnají, vždy se definují uživatelem a obecně jejich hodnoty by měl dodat geotechnik, avšak pokud na základ nepůsobí vnější vodorovné síly, pak na volbě hodnoty $C1x$, tj. $C1y$ nezáleží a výsledky budou stejné pro kteroukoliv nenulovou hodnotu. Pouze při nulové hodnotě $C1x$, tj. $C1y$ výpočet vrací abnormálně velké deformace. Proto byla zadána výchozí hodnota $C1x = C1y = 0,1$. [37] [38] [39]



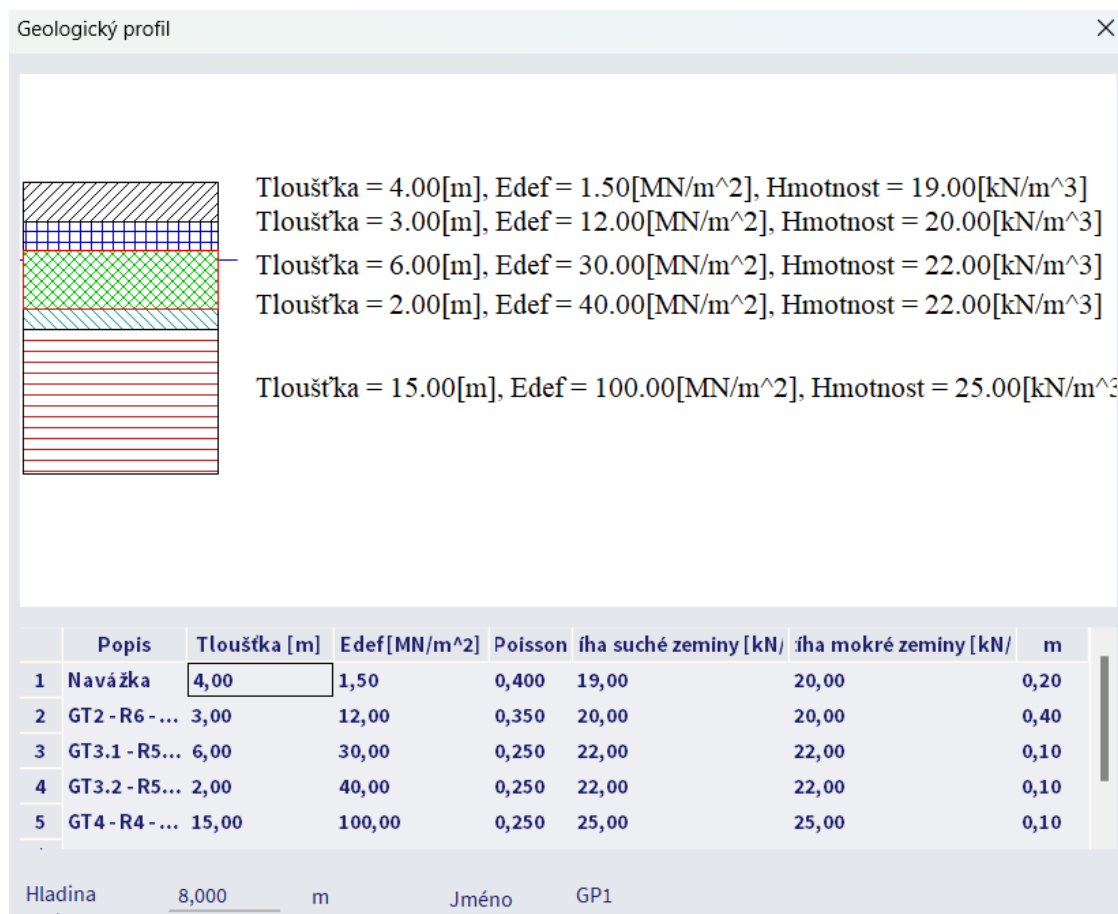
Obr. 99 Nastavení výpočtu MKP – SCIA Engineer v22.1



Obr. 100 Nastavení výpočtu MKP – SCIA Engineer v22.1

4.4 Geologický profil

Byla zadána plocha podloží a následně byl zadán geologický profil podloží odpovídající geotechnickému modelu. Je velice důležité, aby profil byl dostatečně hluboký, protože v opačném případě by došlo k podcenění konečného sedání z důvodu větší hloubky aktivní zóny.

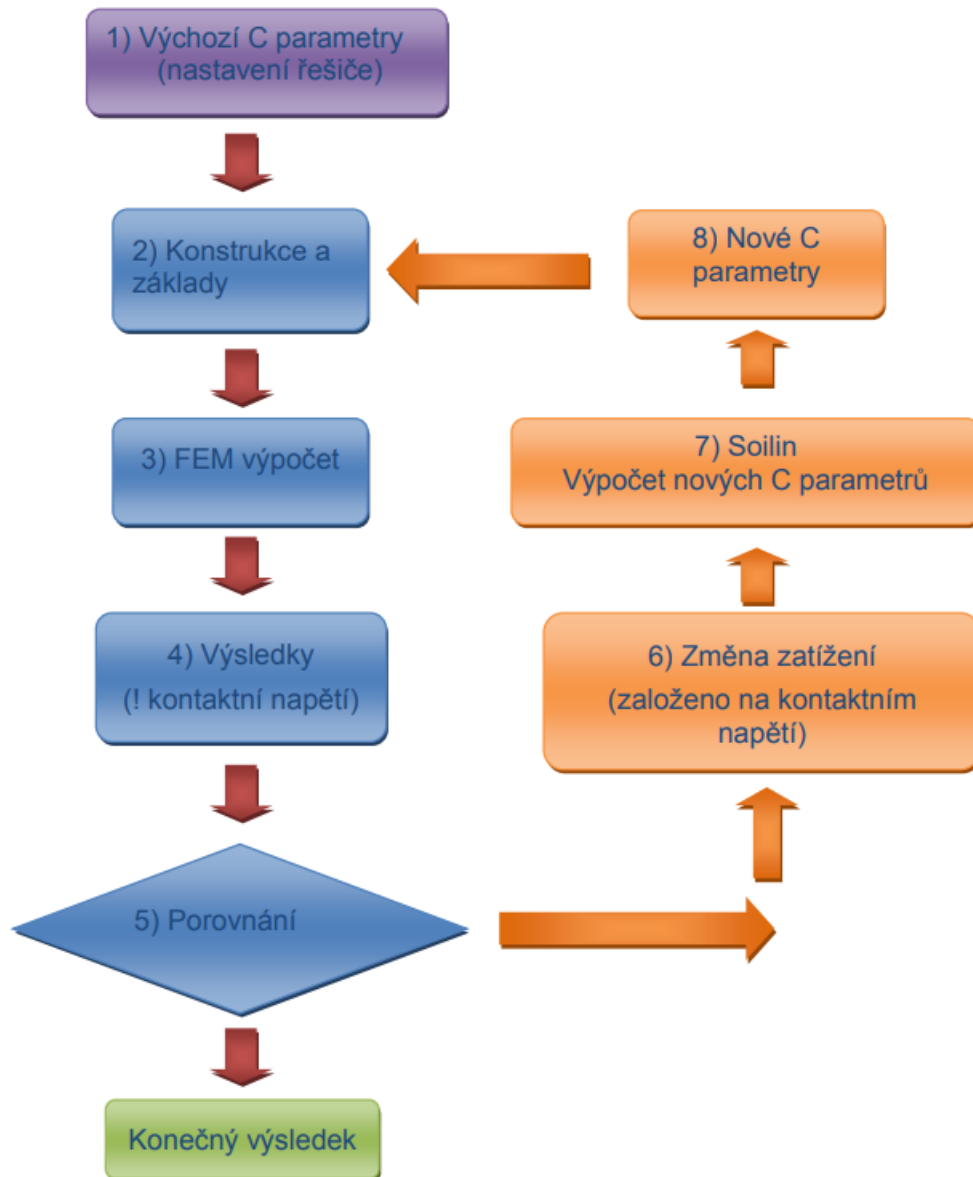


Obr. 101 Geologický profil – SCIA Engineer v22.1

4.5 Iterační cyklus Soilinu

Hodnoty pro horní stavbu a základy jsou počítány metodou konečných prvků a slouží následně jako vstupní data pro iterační výpočet Soilin. [38]

Iterace se zastaví, když se kontaktní napětí a svislý posun (deformace) významně neliší ve dvou po sobě následujících cyklech. Program pro toto porovnání používá kvadratickou normu, kterou počítá po každém cyklu. Výpočet se obvykle v drtivé většine případů zastaví po dvou až pěti iteracích. [38]

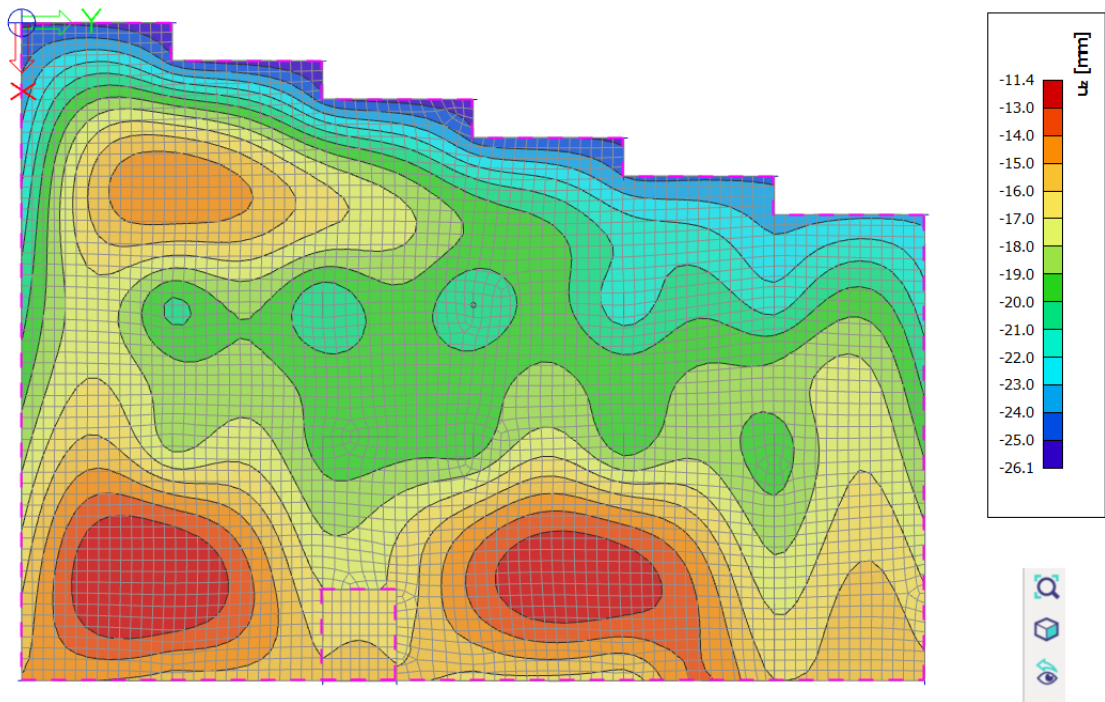


Obr. 102 Diagram iteračního cyklu výpočtu Soilin v SCIA Engineer [38]

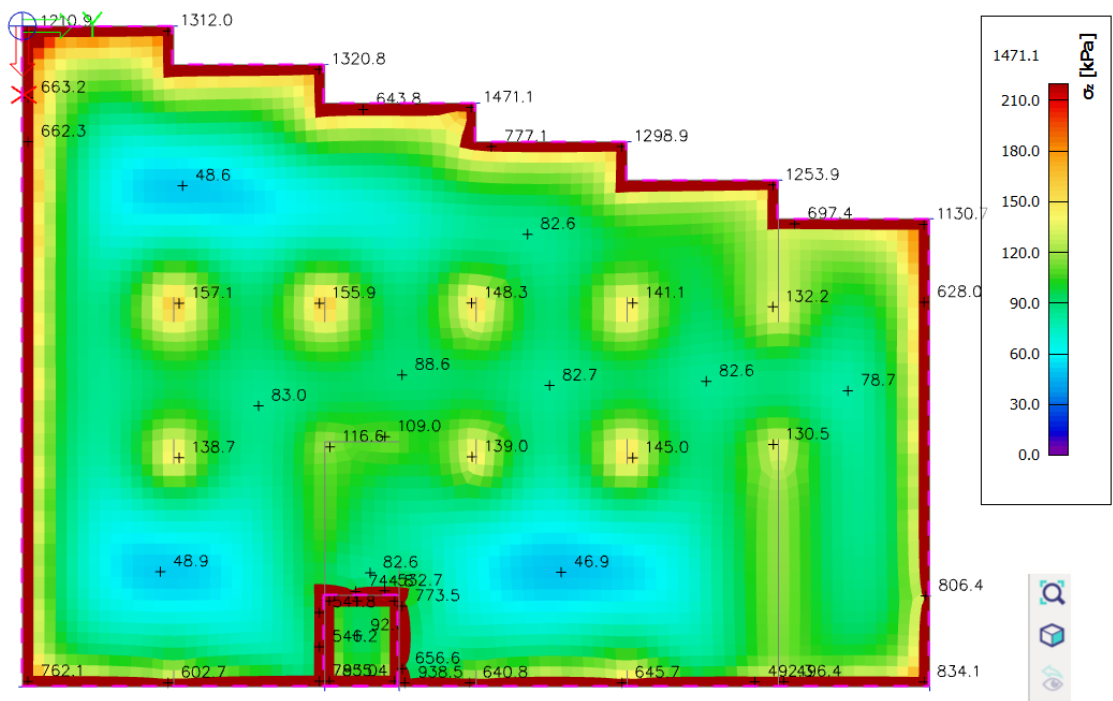
4.6 Výsledky výpočtu Soilin

4.6.1 Základové desky bez pilot

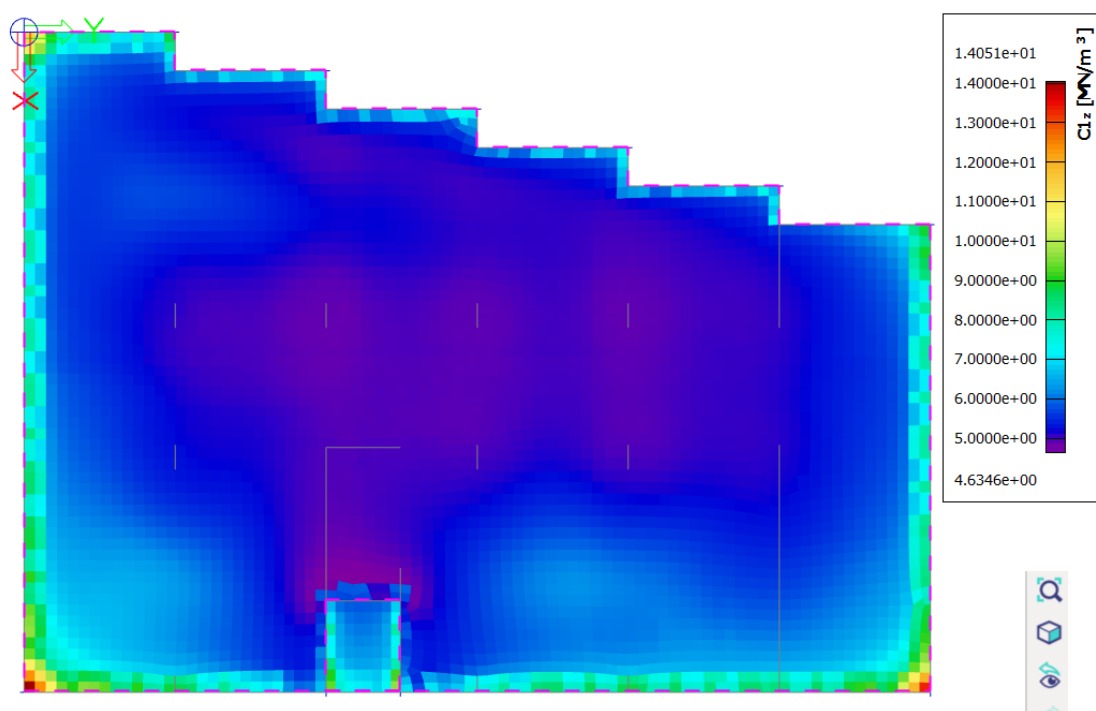
Nejprve se provedl výpočet desek bez přítomnosti pilot. Svislá sedání vychází v rozmezí 12 až 30 mm. Výpočet skončil třetí iterací.



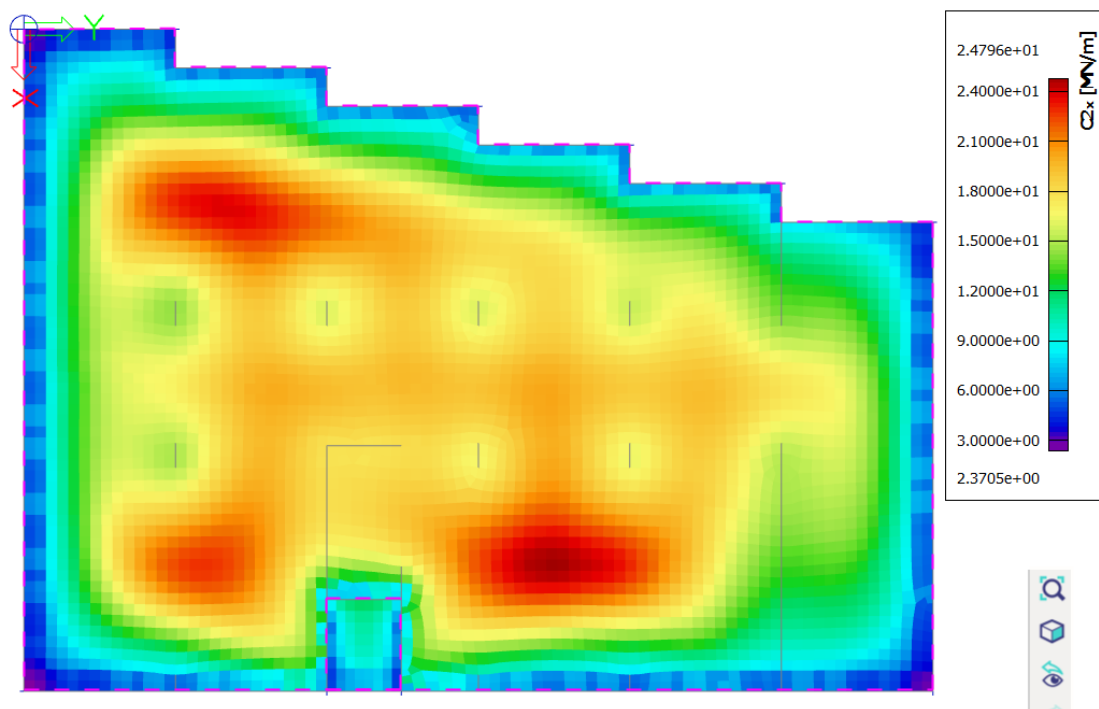
Obr. 103 Sedání základové desky bez pilot (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1



Obr. 104 Kontaktní napětí desky bez pilot (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1



Obr. 105 Dupočítané parametry Cl_z pro desky bez pilot (MSP) – SCIA Engineer v22.1



Obr. 106 Dupočítané parametry $C2_x$ ($C2_y$) pro desky bez pilot (MSP) – SCIA Engineer v22.1

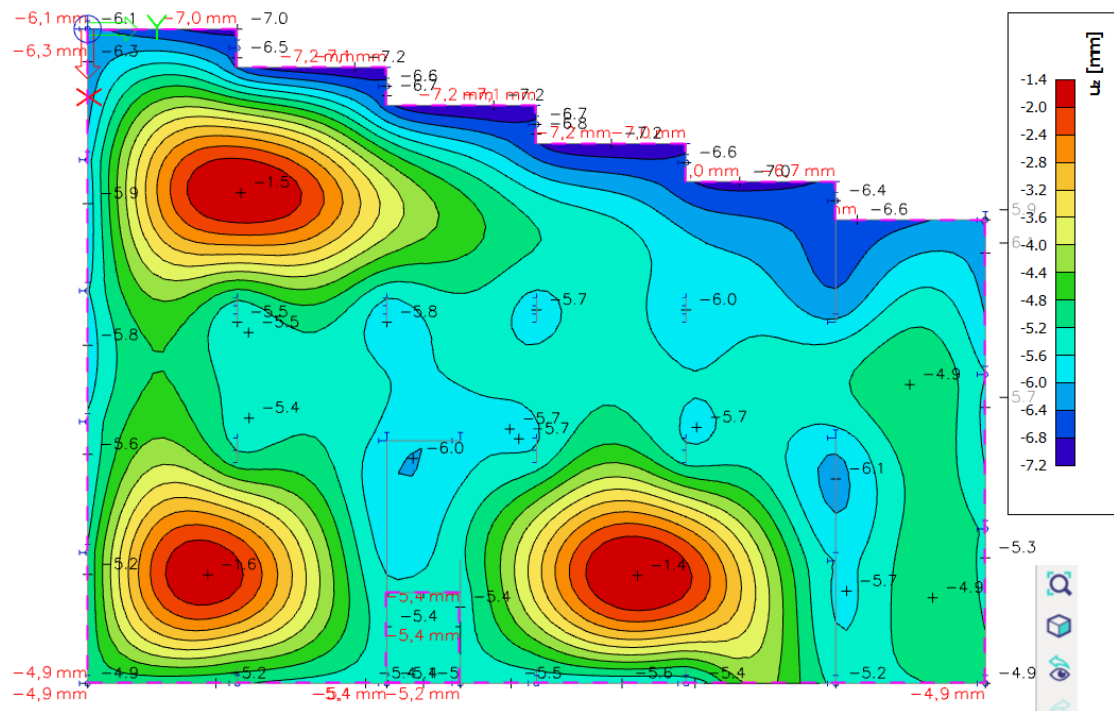
4.6.2 Základové desky s pilotami

Výpočet desek s pilotami taktéž skončil po třetí iteraci a svislá sedání (MSP) vychází od přibližně 2 do 8 mm, což je menší než mezní hodnota sednutí 10 mm. Hodnoty sedání jsou z hlediska posouzení MSP čili absolutního sedání a relativního sedání vyhovující.

SCIA Engineer: Konec výpočtu

- i Generování sítě: OK
- Výpočet statických zatěžovacích stavů: OK
- Výpočet Soil-in: OK
 - Soil-in skončil iterací č. 3.
 - Výpočet Soil-in byl proveden pro kombinaci: Charakteristická - geotechnika
- Lineární výpočet: OK

Obr. 107 Konec výpočtu – SCIA Engineer v22.1



Obr. 108 Sedání základových desek s pilotami (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1

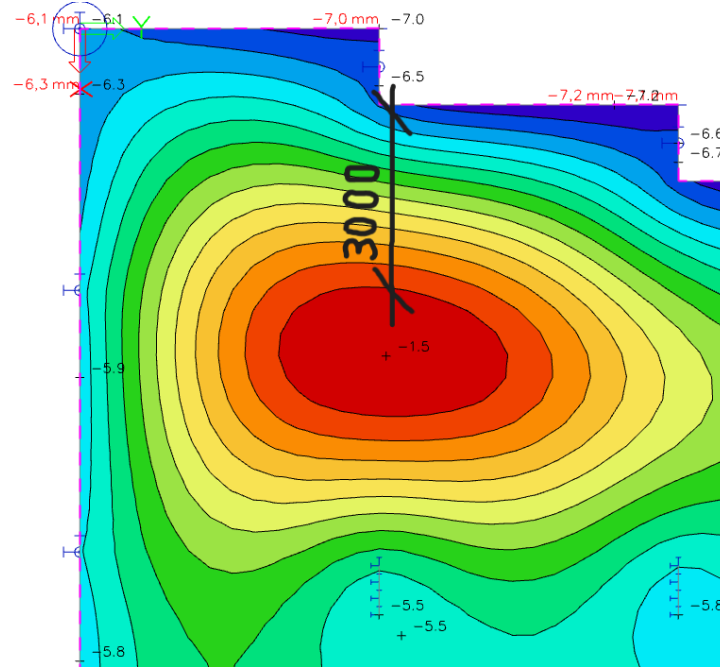
4.6.2.1 Nerovnoměrné sedání

Z hlediska nerovnoměrného, tj. relativního sedání je kritická oblast mezi pilotou P3 a pilotou P6, kde v oblasti mezi těmito piloty je největší rozpětí sedání, které bylo posouzeno.

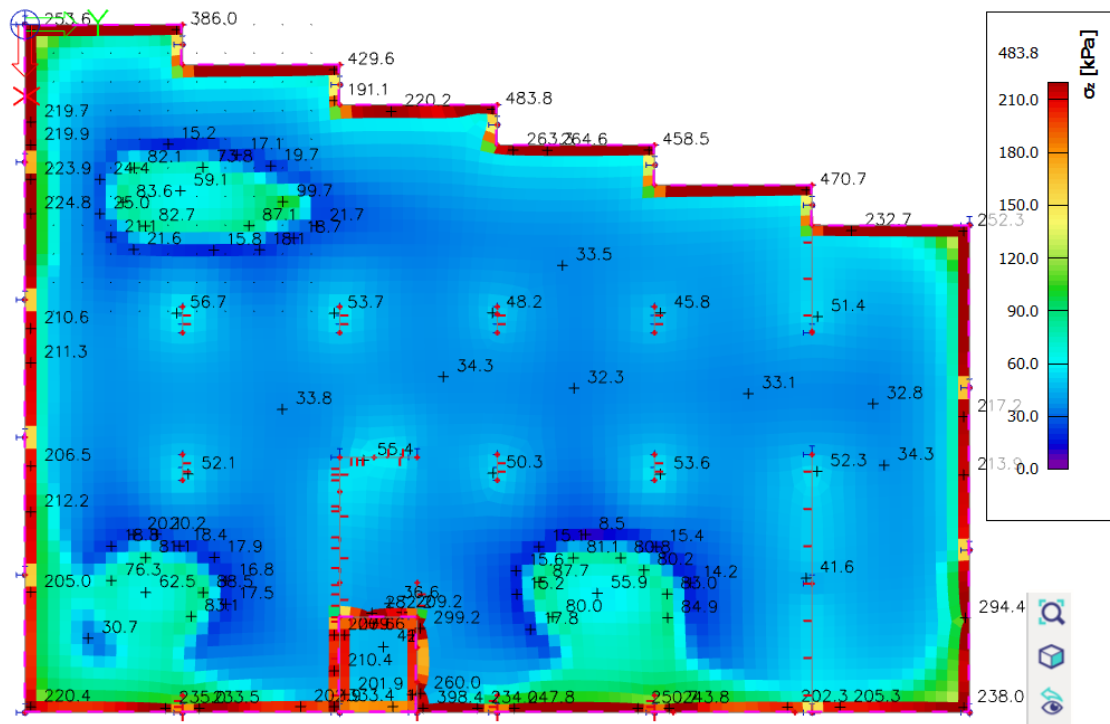
- Mezi pilotou P3 a P6:

$$\left(\frac{\Delta s}{L}\right)_1 = \frac{s_1 - s_2}{L} = \frac{7,2 - 1,5}{3000} = 0,0019 \leq 0,002 = \left(\frac{\Delta s}{L}\right)_{lim}$$

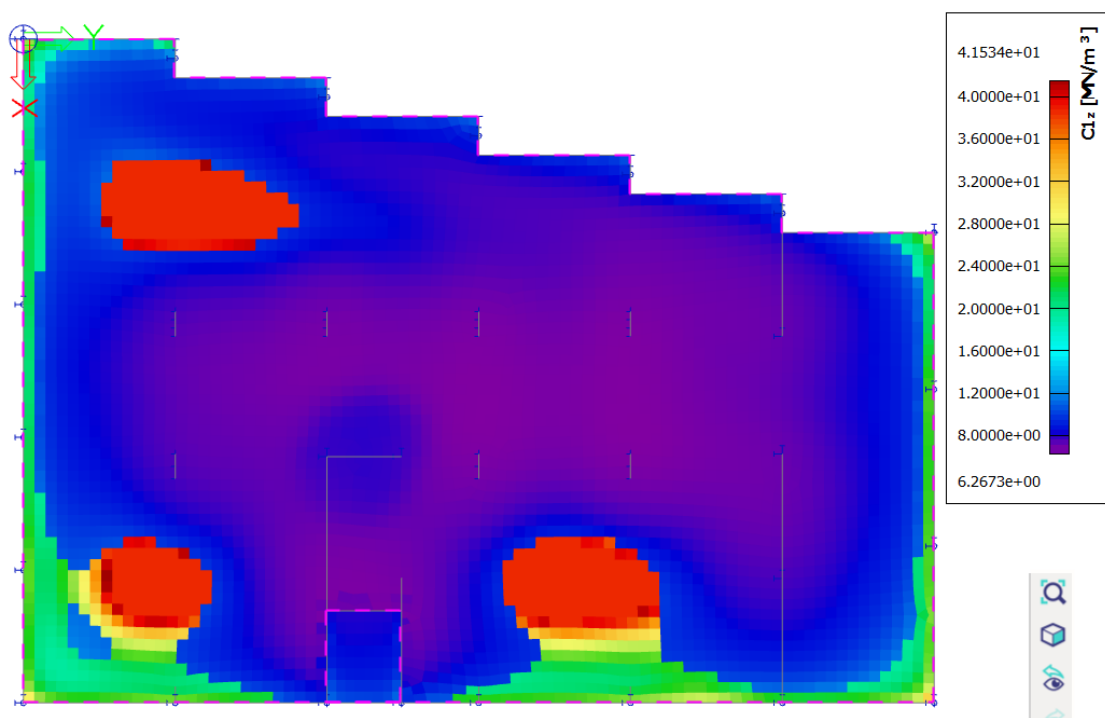
VYHOVUJE NA NEROVNOMĚRNÉ SEDÁNÍ



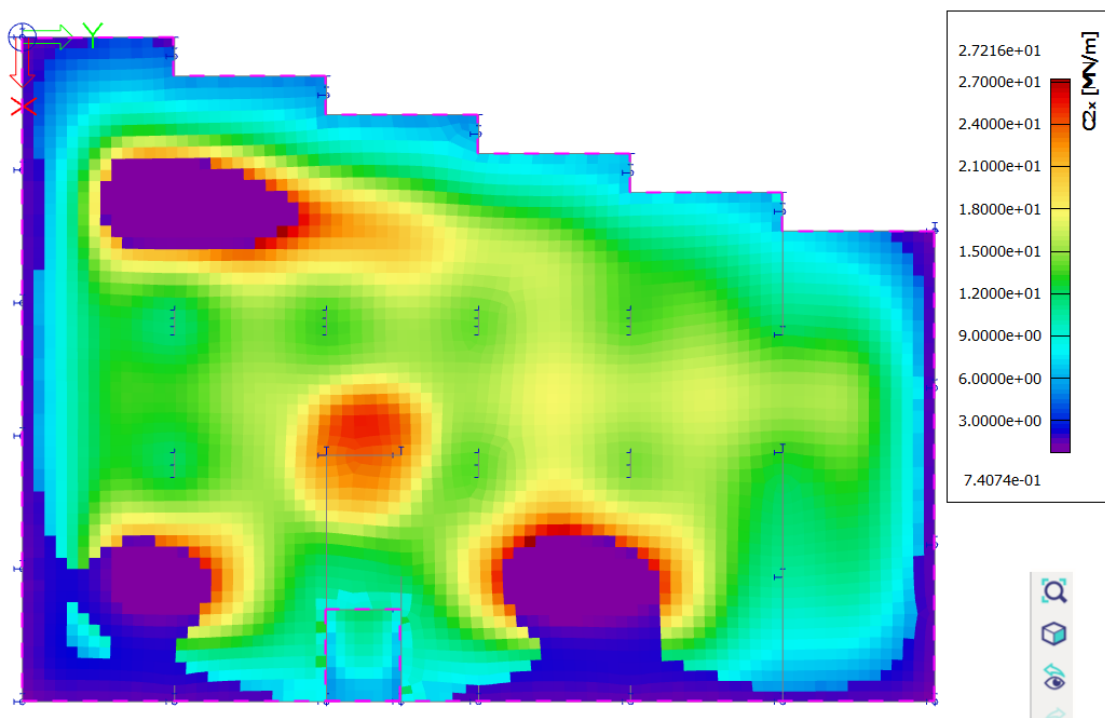
Obr. 109 Kritické místo pro posouzení nerovnoměrného sedání (MSP) – SCIA Engineer v22.1



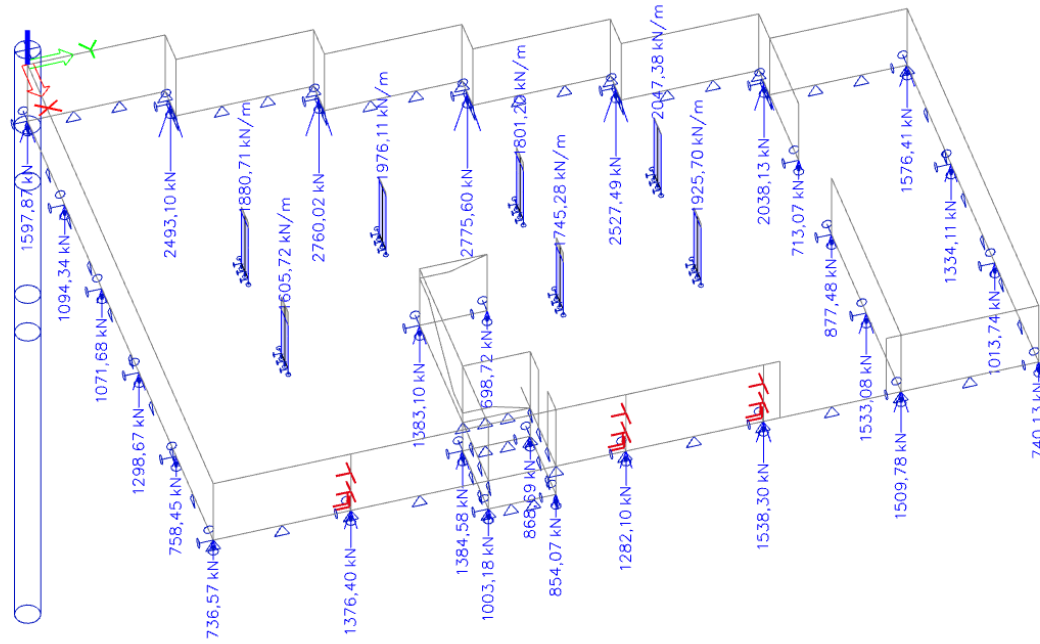
Obr. 110 Kontaktní napětí desky s pilotami (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1



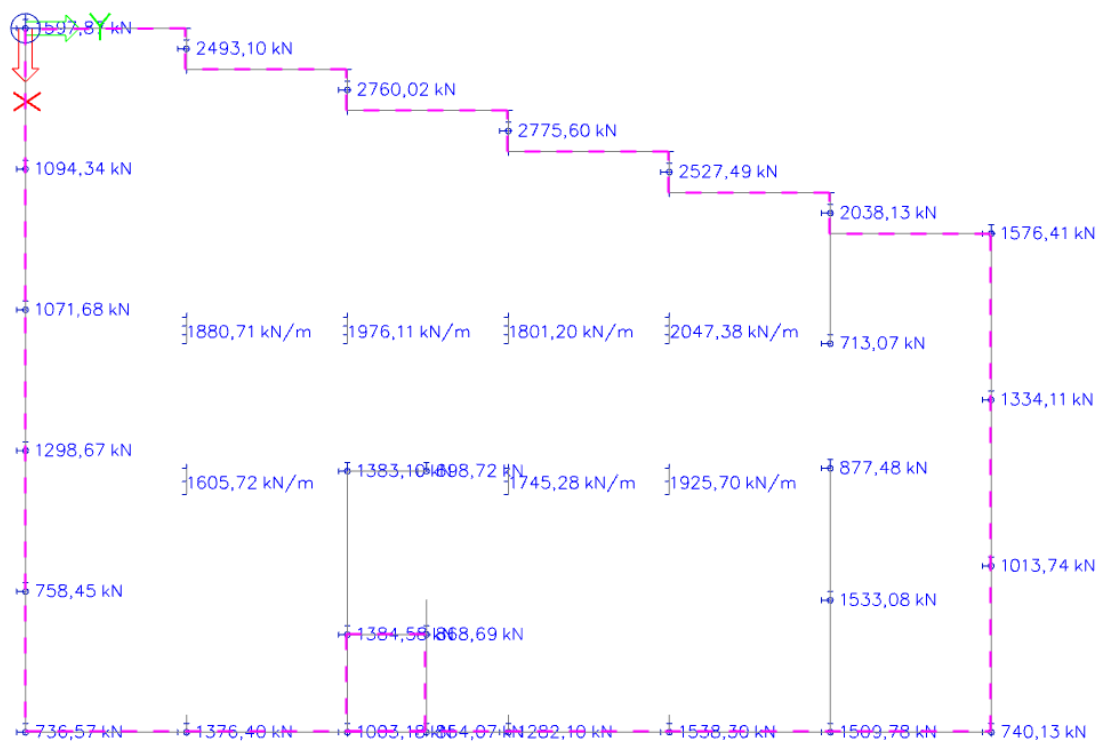
Obr. 111 Dopotčítané parametry $C1z$ pro desky s pilotami (MSP) – SCIA Engineer v22.1



Obr. 112 Dopotčítané parametry $C2x$ ($C2y$) pro desky s pilotami (MSP) – SCIA Engineer v22.1



Obr. 113 Svislé reakce do pilot (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1



Obr. 114 Svislé reakce do pilot (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1

Z výsledků výpočtu vyplývá, že základová deska přenáší v některých místech maximálně až cca 30% z celkového zatížení od horní stavby. Deska tudíž přenáší

značnou část celkového zatížení a o to méně jsou zatěžované piloty. Větší podíl na přenosu zatížení základovou deskou vyplývajícího z výpočtu Soilinu je pravděpodobně důsledkem 3D modelu celé budovy, který simuluje chování celé konstrukce jako celku s uvážením všech tuhostních vlivů včetně přesnějšího modelu podloží a jeho interakcí se stavbou. Z vlastních zkušeností se dá obecně předpokládat, že čím přesnější model, tím vychází menší sedání základů. U skutečných staveb je pak často reálné sednutí konstrukce ještě o něco menší než výpočtená hodnota sednutí.

4.7 Porovnání výsledků

Výsledky z obou výpočtů se výrazně neliší. Dle výpočtu pomocí modulu Soilin však vychází o něco menší sedání. Maximální svislé sednutí dle výpočtu v programu SCIA Engineer je 7,2 mm a dle programu GEO5 Deska je maximální sednutí 7,9 mm. Rozsah svislého sedání po celé ploše základové desky je však větší dle výpočtu Soilin, u kterého je rozsah $7,2 - 1,4 = 5,8$ mm a dle GEO5 Deska je rozsah $7,9 - 6,7 = 1,2$ mm.

Hlavní rozdíl je v podílu zatížení přenášeného pilotami, resp. deskou. Dle výpočtu z programu GEO5 Deska piloty přenáší 85 až 95 % z celkového zatížení a zbytek, tj. 5 až 15 % přenáší základová deska. Z výsledků výpočtu dle SCIA Engineer je pilotami přenášeno 70 až 80 % z celkového svislého zatížení a zbytek, tj. 20 až 30 % se přenesou základovou deskou, a tudíž jsou i vnitřní síly v desce větší. Tento rozdíl je dán několika faktory. 3D model celé stavby v SCIA Engineer lépe simuluje chování ŽB monolitické konstrukce jako celku a tím se přesněji projeví vliv interakce horní stavby se spodní stavbou na daném podloží při silovém zatěžování. Samotný model podloží a způsob výpočtu je dle SCIA Engineer přesnější nežli dle programu GEO5 Deska.

Základová deska je dle SCIA Engineer tedy více namáhána ve srovnání s výsledky z programu GEO5 Deska. Proto pro posouzení pilot z hlediska MSÚ a MSP byly uvažovány konzervativnější výsledky čili reakce do pilot se převzaly z výsledků výpočtu programu GEO5 Deska viz Příloha č. 2. V daném případě je vhodné navrhnout a posoudit základovou desku na MSÚ a MSP na základě výsledků ze SCIA Engineer, jelikož deska je dle tohoto výpočtu namáhána více. Návrh výztuže desky a dalších prvků bych proto provedl na základě výsledků ze SCIA Engineer. Oba výsledky jsou však velice přijatelné a hodnoty vnitřních sil jsou rozumné pro návrh všech nosných prvků bytového domu. Tuhost stěnových železobetonových monolitických konstrukcí je značně velká, což z výpočtu vyplývá.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout založení novostavby bytového domu v Praze pomocí dvou různých výpočetních softwarů.

Nejprve byla popsána konstrukce horní stavby a představena geologie zájmového území na základě inženýrsko-geologického průzkumu z roku 2018 včetně geotechnických parametrů. Na základě průzkumu byl proveden geologický a následně geotechnický model zájmového území. Dále byly stručně uvedeny možnosti založení bytového domu a následně zvolen konkrétní typ založení bytového domu. Bylo zvoleno kombinované pilotové založení, kde celkem 35 monolitických železobetonových vrtaných kruhových velkopřůměrových pilot průměru 880 mm pažených ocelovou pažnicí budou v místech svislých nosných konstrukcí nejnižšího podlaží budovy podepírat monolitickou železobetonovou základovou desku tloušťky 400 mm, která tvoří bílou vanu.

V další části byla zpracována stručná rešerše použitých výpočetních metod. Chronologicky byl popsán postup a způsob návrhu a posouzení spodní stavby. Poté bylo vypočteno zatížení na spodní stavbu pomocí 3D modelu celé stavby. Následoval počáteční návrh průměru a délek celkem 35 osamělých pilot v případě absence základové desky. Tento počáteční návrh délek pilot byl proveden z důvodu zjištění rozdílu délek pilot v porovnání s pilotami podepírajících základovou desku. Pokračovalo se s návrhem a výpočtem desky s pilotami ve výpočetním programu GEO5 Deska, který používá Winkler-Pasternakův model podloží a počítá desku metodou konečných prvků ve 2D. Deska se v programu modeluje ve 2D a program umožňuje pouze částečné nedokonalé modelování horní stavby, a to pouze v rámci nejnižšího podlaží budovy. Tudíž nelze přesně definovat konstrukci horní stavby. Piloty byly reprezentovány jako lokální svislé lineárně pružné podpory, jejichž tuhost byla iteračně stanovována z výsledků sedání desky v místech pilot a mezní zatěžovací křivky každé z 35 pilot. Přítomnost základové desky umožnila zkrácení počátečních délek pilot o 0,5 až 1,0 metrů. Průměr všech kruhových pilot byl zachován na počáteční hodnotě 880 mm. Piloty byly na základě výsledků výpočtu desky z GEO5 Deska posouzeny na MSÚ a MSP a základová deska byla posouzena na protlačení. Z tohoto výpočtu vyplývá, že deskou se přenáší 5 až 15% z celkového zatížení na spodní stavbu a zbytek přenesou piloty.

Poslední část diplomové práce se věnuje 3D výpočtu navržené stavby ve výpočetním softwaru SCIA Engineer pomocí modulu Soilin. V programu byla namodelována celá stavba ve 3D. Pro porovnání výsledků s předchozím výpočtem základové desky je zachován počet pilot, průměr pilot, délka pilot a tloušťka základové desky. Reprezentace pilot v 3D modelu stavby je identická s předchozím výpočtem základové desky. Výsledky ze SCIA Engineer jsou o něco málo příznivější, co se sedání a namáhání pilot týče. Základová deska je dle tohoto výpočtu však namáhána více, jelikož z výpočtu vychází, že deska přenáší 20 až 30 % z celkového zatížení, což je téměř dvojnásobně víc než dle výpočtu programem GEO5 Deska. Základovou desku je proto vhodné navrhnout a posoudit na základě výsledků ze SCIA Engineer a piloty na základě výsledků z GEO5 Deska. Z podobných výpočtů je zřejmé, že čím přesnější modelování a výpočet, tím obvykle vycházejí příznivější výsledky.

Součástí této diplomové práce je výkresová dokumentace spodní stavby.

SEZNAM LITERATURY

- [1] Mapa území. In: *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, 2024. [cit. 2024-01-01]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/zakladni?vlastnibody&x=14.4939726&y=50.0430671&z=17>
- [2] Bližší mapa území. In: *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, 2024. [cit. 2024-01-01]. Dostupné z:
<<https://mapy.cz/zakladni?q=klap%C3%A1lkova&source=stre&id=125414&ds=1&x=14.4964875&y=50.0437030&z=16>>
- [3] Vizualizace bytového domu. © EDIFICE Krejčířek, s.r.o. Projekt bytového domu. [online]. 2024. [cit.2024-01-01]. Dostupné z:
<https://www.bydleninakrejcaru.cz/>
- [4] Družicová mapa zájmového území. In: *google.com* [online], Google, 2024. [cit. 2024-01-01]. Dostupné z:
<<https://www.google.com/maps/@50.0429246,14.4916904,532m/data=!3m1!1e3?entry=tту>>
- [5] Geomorfologické členění ČR. In: *treking.cz* [online]. 2024. [cit. 2024-01-01]. Dostupné z: <https://www.treking.cz/regiony/celky.htm>
- [6] Říčanská plošina. In: *envis.praha.eu* [online]. © Magistrát hlavního města Prahy 2024. [cit.2024-01-01]. Dostupné z: <https://envis.praha.eu/rocenky/NEZIVA/kap04.htm>
- [7] *Geofond České republiky*, Česká geologická služba (ČGS), Archiv geofond – badatelná v Praze, číslo zakázky 670/2018, signatura GF P164895, Praha Chodovec – Klapálkova, Inženýrskogeologický, hydrogeologický, radonový průzkum a průzkum koeficientu vsaku, Závěrečná zpráva, K2H s.r.o. (Prosinec 2018). [cit. 2024-01-01].
- [8] Geologická mapa území 1:50 000. In: *mapy.geology.cz* [online]. Česká geologická služba (ČGS), 2024. [cit. 2024-01-01]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- [9] Vrtná prozkoumanost. In: *mapy.geology.cz* [online]. Česká geologická služba (ČGS), 2024. [cit. 2024-01-01]. Dostupné z:
https://mapy.geology.cz/vrtna_prozkoumanost/
- [10] Piled raft. In: *designingbuildings.co.uk* [online]. © Designing Buildings Ltd., 2022. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z:
https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Piled_raft_foundation
- [11] Postup provádění vrtaných pilot. In: *zakladani.cz* [online]. © Zakládání staveb, a. s., 2024. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z:
<https://www.zakladani.cz/cs/vyrobn-program-3/technologie/piloty>
- [12] Sources of pile resistance. In: *researchgate.net* [online]. © 2008-2024 ResearchGate GmbH. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z:
-

- https://www.researchgate.net/figure/Sources-of-pileresistance_fig1_228448551
- [13] Masopust Jan, docent [ústní sdělení]. Praha, 5.4.2023
- [14] Load transfer mechanism in piled raft. In: *researchgate.net* [online]. © ResearchGate GmbH., 2008-2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/figure/Load-transfer-mechanism-in-piled-raft_fig3_331028562>
- [15] Natavování asfaltových pásů plamenem hořáku. In: *cze.sika.com* [online]. © Sika CZ, s.r.o., 2024. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <<https://cze.sika.com/cs/o-nas/media/reference/hydroizolace-spodni-stavby-asflatove-pasy-parabit.html>>
- [16] Bílá vana. In: *stavba.tzb-info.cz* [online]. © Copyright Topinfo s.r.o., 2001-2024. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <<https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/12002-realizace-vodonepropustnych-betonovych-konstrukci-tzv-bile-vany>>
- [17] ČSN EN 1536+A1. *Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [18] ČSN EN 206+A1. *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018.
- [19] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. 2. vyd. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2019.
- [20] ČSN EN 1997-1. *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [21] Vaníček, Ivan, et al. *Projektování základových a zemních konstrukcí*. ČVUT, Praha, 2016. ISBN 978-80-01-05913-5.
- [22] ČSN 73 1004. *Navrhování základových konstrukcí – Stanovení požadavků pro výpočetní metody*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2020.
- [23] Online nápověda GEO5: Sedání piloty – Nelineární teorie (Masopust). In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/nelinearni-teorie-masopust-01/>
- [24] Zatěžovací křivka piloty. In: *Fine.cz* [online]. © Fine spol. s. r.o. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/nelinearni-teorie-masopust-01/>
- [25] ČSN 73 1001. *Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1987.
- [26] Připojení pilot k desce. In: *Fine.cz* [online]. © Fine spol. s r.o. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/pruzinova-metoda-01/>

-
- [27] Online nápověda GEO5: Výpočet piloty – Modul reakce podloží podle ČSN 73 1004 (2020). In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/modul-reakce-podlozi-podle-csn-73-1004-2020-01/>
- [28] The efficiency of pile groups. In: *linkedin.com* [online]. Dr.Subramanian, Ph.D., FNAE, F.ASCE, M.ACI Narayanan, 14.2.2023. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/efficiency-pile-groups-dr-subramanian-narayanan>
- [29] Online nápověda GEO5: Výpočet svislé únosnosti a sedání skupiny pilot. In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: https://www.fine.cz/ke-stazeni/inzenyrske-manualy/51/cs/em17_cs/
- [30] Syed Hasan Shirazi. How do you compute the efficiency of a pile group. In: *Quora.com* [online]. © Quora, Inc. 2022. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://qr.ae/pvsxWy>
- [31] Dr. Jinlong Li. Number and spacing of piles in a group. In: *jinlongli.me* [online]. Dr. Jinlong Li, Ph.D., 2021. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://jinlongli.me/2017/04/26/number-and-spacing-of-piles-in-a-group/>
- [32] Online nápověda GEO5: Winkler-Pasternakovy konstanty C1 a C2. In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/winkler-pasternakovy-konstanty-c1-a-c2-02/>
- [33] Salák Jan. Výpočty základových konstrukcí na počítači [Přednáška]. Praha: ČVUT, Fakulta stavební, 21.10.2021.
- [34] Winklerova konstanta. In: *slideplayer.cz* [online]. Fakulta stavební ČVUT, 2020. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/5648854/>
- [35] Pasternakova konstanta. In: *slideplayer.cz* [online]. Fakulta stavební ČVUT, 2020. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/5648854/>
- [36] Winkler – Pasternakův model podloží. In: *slideplayer.cz* [online]. Fakulta stavební VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2410058/>
- [37] Online nápověda SCIA Engineer: Základové konstrukce. In: *help.scia.net* [online]. [cit. 2024-01-03]. Dostupné z: https://help.scia.net/download/16.0/cs/Foundations_csy.pdf
-

- [38] Online nápověda SCIA Engineer: Soilin – kalkulace C paramterů. In: *Scia.net* [online]. [cit. 2024-01-03]. Dostupné z:
<<https://downloads.scia.net/support/sciaengineer/manuals/15/foundations/%5Bcz%5Dtopic%20training%20-%20soilin%202011.pdf>>
- [39] Bílý Petr. Analýza 3D konstrukce v programu SCIA Engineer. [online podklad]. [cit. 2024-01-03]. Dostupné z:
https://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133YBKC/YBKC_3Dkce.pdf

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | | |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 1 | Mapa znázorňující zájmové území [1] | 12 |
| Obr. 2 | Bližší poloha zájmového území [2]..... | 13 |
| Obr. 3 | Vizualizace navrhovaného bytového domu [3]..... | 14 |
| Obr. 4 | Vizualizace navrhovaného bytového domu [3]..... | 14 |
| Obr. 5 | Schéma pnutí vodorovných nosných konstrukcí budovy..... | 16 |
| Obr. 6 | Konstrukční schéma půdorysu suterénu (1.PP) | 17 |
| Obr. 7 | Konstrukční schéma půdorysu přízemí (1.NP) | 17 |
| Obr. 8 | Konstrukční schéma typického podlaží (2.NP až 7.NP)..... | 18 |
| Obr. 9 | Konstrukční příčný řez B-B' | 19 |
| Obr. 10 | Konstrukční podélný řez A-A' | 20 |
| Obr. 11 | Současný stav zájmového území, pohled ze západu | 21 |
| Obr. 12 | Současný stav zájmového území, pohled z východu | 22 |
| Obr. 13 | Pohled z východu na panelovou cestu v severní části zájmového území | 22 |
| Obr. 14 | Přehledná situace zájmového území z leteckého snímkování [4]..... | 23 |
| Obr. 15 | Geomorfologické členění ČR [5] | 25 |
| Obr. 16 | Geologická mapa území M 1:50 000 [8]..... | 26 |
| Obr. 17 | Inženýrsko-geologická mapa území M 1:5 000 [7] | 28 |
| Obr. 18 | Vysvětlivky IG mapy [7]..... | 28 |
| Obr. 19 | Hydrogeologická mapa M 1:5 000 [7] | 29 |
| Obr. 20 | Vysvětlivky HG mapy [7] | 30 |
| Obr. 21 | Vrtná prozkoumanost okolí [9] | 30 |
| Obr. 22 | Situace sond a řezů z IG průzkumu [7] | 31 |
| Obr. 23 | Umístění navrhované stavby na stavebním pozemku | 31 |
| Obr. 24 | Vzorky zemin z vrtu V3 [7] | 32 |
| Obr. 25 | Vzorky zemin z vrtu V5 [7] | 32 |
| Obr. 26 | Popis archivního vrtu V13 [7]..... | 34 |
| Obr. 27 | Geologický řez A-A' [7] | 41 |
| Obr. 28 | Geologický řez B-B' [7]..... | 42 |
| Obr. 29 | Geologický řez C-C' [7]..... | 42 |
| Obr. 30 | Geologický řez D-D' [7] | 43 |
| Obr. 31 | Geologický řez E-E' [7] | 43 |
| Obr. 32 | Geologický model GM1 | 45 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 33 Geotechnický model..... | 46 |
| Obr. 34 Schéma založení na desce s pilotami [10]..... | 49 |
| Obr. 35 Postup provádění vrtaných pilot pažených ocelovou pažnicí [11]..... | 50 |
| Obr. 36 Působení osamělé piloty při svislém zatěžování [12] | 51 |
| Obr. 37 Spolupůsobení desky s pilotami při svislém zatěžování [14] | 53 |
| Obr. 38 3D model bytového domu | 53 |
| Obr. 39 3D model bytového domu | 54 |
| Obr. 40 3D model bytového domu | 54 |
| Obr. 41 3D model bytového domu | 55 |
| Obr. 42 3D model bytového domu | 55 |
| Obr. 43 3D model bytového domu | 56 |
| Obr. 44 3D model typického podlaží | 56 |
| Obr. 45 3D model 1.PP..... | 57 |
| Obr. 46 Příklad hydroizolace spodní stavby černou vanou [15] | 58 |
| Obr. 47 Příklad hydroizolace spodní stavby bílou vanou [16]..... | 58 |
| Obr. 48 Schéma půdorysu 1.PP s rozmístěním pilot pod základovou deskou | 61 |
| Obr. 49 3D model 1.PP se stálým zatížením podlaží od vrstvy podlahy | 62 |
| Obr. 50 3D model 1.PP s proměnným užitným zatížením podlaží | 63 |
| Obr. 51 3D model stropní desky nad 1.PP se stálým zatížením od podlah..... | 63 |
| Obr. 52 3D model stropní desky nad 1.PP s ostatním stálým zatížením od SDK příček | 64 |
| Obr. 53 3D model stropní desky nad 1.PP s proměnným užitným zatížením..... | 64 |
| Obr. 54 3D model 1.NP | 65 |
| Obr. 55 3D model nadzemního podlaží se stálým zatížením od podlah | 65 |
| Obr. 56 3D model nadzemního podlaží s ostatním stálým zatížením od SDK příček . | 66 |
| Obr. 57 3D model nadzemního podlaží s proměnným užitným zatížením | 66 |
| Obr. 58 3D model nadzemního podlaží se zatížením balkónových desek od sněhu.... | 67 |
| Obr. 59 3D model střešní desky s proměnným zatížením..... | 67 |
| Obr. 60 Charakteristické hodnoty svislých silových reakcí do pilot..... | 68 |
| Obr. 61 Návrhové hodnoty svislých silových reakcí do pilot | 68 |
| Obr. 62 Zatěžovací křivka piloty [24] | 72 |
| Obr. 63 Připojení pilot k desce [26] | 73 |
| Obr. 64 Skupinové působení pilot [28] | 75 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 65 Model řešené základové desky s generovanou trojúhelníkovou sítí, výstup z programu GEO5 2024 - Deska | 77 |
| Obr. 66 Winklerova konstanta [34] | 78 |
| Obr. 67 Pasternakova konstanta [35]..... | 78 |
| Obr. 68 Winkler – Pasternakovo podloží [36]..... | 78 |
| Obr. 69 Parametry zemin, výstup z programu GEO5 2024 - Pilota..... | 81 |
| Obr. 70 Geologický profil a přiřazení zemin, výstup z programu GEO5 2024 – Pilota | 81 |
| Obr. 71 Použité materiály a normy, výstup z programu GEO5 2024 - Pilota..... | 82 |
| Obr. 72 Geometrie piloty typu A, výstup z programu GEO5 2024 – Pilota | 83 |
| Obr. 73 Posouzení svislé únosnosti piloty typu A, výstup z programu GEO5 2024 - Pilota..... | 84 |
| Obr. 74 Vodorovná únosnost piloty typu A a schéma vyztužení, výstup z programu GEO5 2024 - Pilota | 85 |
| Obr. 75 Výpočet zatěžovací křivky piloty typu A, výstup z programu GEO5 2024 – Pilota..... | 86 |
| Obr. 76 Posouzení absolutního sednutí piloty typu A, výstup z programu GEO5 2024 – Pilota..... | 87 |
| Obr. 77 Svislý průhyb základové desky modelované bez pilot (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v mm) | 89 |
| Obr. 78 Svislý průhyb základové desky modelované s pilotami (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v mm)..... | 90 |
| Obr. 79 Kontaktní napětí v základové spáře desky modelované s pilotami (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v kPa) | 91 |
| Obr. 80 Ohybové momenty m_x (M11) v desce (kombinace MSÚ), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v kNm/m)..... | 91 |
| Obr. 81 Ohybové momenty m_y (M22) v desce (kombinace MSÚ), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v kNm/m)..... | 92 |
| Obr. 82 Ohybové momenty m_{xy} (M12) v desce (kombinace MSÚ), výstup z programu GEO5 2024 - Deska (hodnoty v kNm/m)..... | 92 |
| Obr. 83 Grafické zobrazení potřebné dolní výztuže základové desky v podélném směru, výstup z programu GEO5 2024 – Deska (hodnoty v mm^2/m) | 93 |
| Obr. 84 Grafické zobrazení potřebné horní výztuže základové desky v podélném směru, výstup z programu GEO5 2024 – Deska (hodnoty v mm^2/m) | 93 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Obr. 85 Geologický profil pod základovou deskou 1.PP – tl. 400 mm..... | 94 |
| Obr. 86 Geologický profil pod základovou deskou výtahové šachty – tl. 300 mm | 95 |
| Obr. 87 3D model spodní stavby – SCIA Engineer v22.1 | 98 |
| Obr. 88 Pohled ze spoda na 3D model budovy a podloží – SCIA Engineer v22.1 | 99 |
| Obr. 89 Pohled na 3D model 1.PP s podložím – SCIA Engineer v22.1 | 99 |
| Obr. 90 Hlavní základová deska – SCIA Engineer v22.1 | 100 |
| Obr. 91 Základová deska pod výtahovou šachtou – SCIA Engineer v22.1 | 100 |
| Obr. 92 Vygenerovaná síť základových desek pro výpočet MKP – SCIA Engineer v22.1 | 101 |
| Obr. 93 Nastavení projektu – SCIA Engineer v22.1 | 101 |
| Obr. 94 Nastavení funkcionality – SCIA Engineer v22.1 | 102 |
| Obr. 95 Zatěžovací stavy – SCIA Engineer v22.1 | 102 |
| Obr. 96 Kombinace zatěžovacích stavů – SCIA Engineer v22.1 | 103 |
| Obr. 97 Svislé lineárně pružné podpory desky v místech pilot – SCIA Engineer v22.1 | 105 |
| Obr. 98 Plošné podpory základových desek – SCIA Engineer v22.1 | 106 |
| Obr. 99 Nastavení výpočtu MKP – SCIA Engineer v22.1 | 107 |
| Obr. 100 Nastavení výpočtu MKP – SCIA Engineer v22.1 | 108 |
| Obr. 101 Geologický profil – SCIA Engineer v22.1 | 109 |
| Obr. 102 Diagram iteračního cyklu výpočtu Soilin v SCIA Engineer [38] | 110 |
| Obr. 103 Sedání základové desky bez pilot (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1 | 111 |
| Obr. 104 Kontaktní napětí desky bez pilot (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1 | 111 |
| Obr. 105 Dopočítané parametry C1z pro desky bez pilot (MSP) – SCIA Engineer v22.1 | 112 |
| Obr. 106 Dopočítané parametry C2x (C2y) pro desky bez pilot (MSP) – SCIA Engineer v22.1 | 112 |
| Obr. 107 Konec výpočtu – SCIA Engineer v22.1 | 113 |
| Obr. 108 Sedání základových desek s pilotami (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1 | 113 |
| Obr. 109 Kritické místo pro posouzení nerovnoměrného sedání (MSP) – SCIA Engineer v22.1 | 114 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Obr. 110 Kontaktní napětí desky s pilotami (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1 | 114 |
| Obr. 111 Dupočítané parametry C1z pro desky s pilotami (MSP) – SCIA Engineer v22.1 | 115 |
| Obr. 112 Dupočítané parametry C2x (C2y) pro desky s pilotami (MSP) – SCIA Engineer v22.1..... | 115 |
| Obr. 113 Svislé reakce do pilot (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1..... | 116 |
| Obr. 114 Svislé reakce do pilot (kombinace MSP) – SCIA Engineer v22.1..... | 116 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 1 Přehled archivních sond [7]..... | 33 |
| Tab. 2 Hladina podzemní vody zastižená v provedených sondách [7] | 35 |
| Tab. 3 Geotechnické typy zemin a hornin [7] | 36 |
| Tab. 4 Klasifikace zemin a hornin dle ČSN 73 3050 Zemní práce [7] | 37 |
| Tab. 5 Výsledky laboratorní analýzy vzorku podzemní vody ze sondy V3 [7]..... | 38 |
| Tab. 6 Geomechanické parametry hlinitého písku S4–SM..... | 47 |
| Tab. 7 Geomechanické parametry zcela zvětralé jílovité břidlice R6..... | 47 |
| Tab. 8 Geomechanické parametry zvětralé jílovité břidlice R5 v hloubce 7 až 13 metrů | 47 |
| Tab. 9 Geomechanické parametry zvětralé jílovité břidlice R5 v hloubce 13 až 15 metrů | 48 |
| Tab. 10 Geomechanické parametry navětralé jílovité břidlice R4..... | 48 |
| Tab. 11 Zatížení do pilot a desky od horní stavby (reakce) | 69 |
| Tab. 12 Hodnoty limitních sedání základové konstrukce [25]..... | 72 |
| Tab. 13 Porovnání součinitelů účinnosti skupiny pilot η_g | 74 |
| Tab. 14 Dílčí součinitele pro výpočet únosnosti pilot, dle [20] | 76 |
| Tab. 15 Požadované délky osamělých pilot | 87 |
| Tab. 16 Finální navržené piloty v kombinaci se základovou deskou..... | 96 |

PŘÍLOHY

| | |
|----------------------------------------------------|--------|
| Příloha č. 1: Technická zpráva | 13xA4 |
| Příloha č. 2: Posouzení základové desky s pilotami | 145xA4 |
| Příloha č. 3: Tabulka pilot | 2xA4 |

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

| | |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Výkres č. 1 (Příloha č. 4): Výkres tvaru stropu nad 1.NP až 6.NP | A2 |
| Výkres č. 2 (Příloha č. 5): Výkres tvaru stropu nad 1.PP | A2 |
| Výkres č. 3 (Příloha č. 6): Výkres tvaru základové desky | A0 |
| Výkres č. 4 (Příloha č. 7): Pilotový plán | A2 |
| Výkres č. 5 (Příloha č. 8): Stavební svislý řez schodištěm 1.PP | A2 |
| Výkres č. 6 (Příloha č. 9): Stavební detail u rohu bílé vany | A3 |