



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

K133 - KATEDRA BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH

KONSTRUKCÍ

DEPARTMENT OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES



DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

KONSTRUKČNÍ NÁVRH BÍLÉ VANY BYTOVÉHO DOMU, BRNO

STRUCTURAL DESIGN OF WHITE TANK OD RESIDENTAL HOUSE, BRNO

NÁVRH ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE

STATIC DESIGN OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Hana Hanzlová, CSc.

Konzultanti:

K133 - Ing. Hana Hanzlová, CSc.

K124 - Ing. Lenka Hanzalová, Ph.D.

K135 - Ing. Jan Salák, CSc.

Datum zadání diplomové práce:

21.09.2020



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Mamataziz uulu Jméno: Temirlan Osobní číslo: 486241
Zadávající katedra: betonových a zděných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Konstrukční návrh bílé vany bytového domu, Brno
Název diplomové práce anglicky: Structural Design of white tank of residential house, Brno

Pokyny pro vypracování:

Vypracovat předběžný návrh nosných prvků celého objektu.

Podrobný návrh vybraných částí konstrukce bílé vany.

Výkres tvaru desky 1NP (desky nad suterénem) - pro stavební povolení.

Schémata výkresů tvaru desek ostatních podlaží.

Výkresy výztuže vybraných částí bílé vany.

Stručná technická zpráva ke statické části projektu.

Seznam doporučené literatury:

příslušné normy pro navrhování betonových konstrukcí

TP ČBS k problematice bílých van

odborné články v dostupné literatuře

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Hana Hanzlová, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 3.1.2021 Termín odevzdání diplomové práce: _____
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

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 nutně 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“.

21.09.2020_____
Datum převzetí zadání_____
Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc.Mamataziz uulu Temirlan

Název diplomové práce: Konstrukční návrh bílé vany bytového domu, Brno

Základní část: statická-beton podíl: 70 %

Formulace úkolů: Předběžný návrh vodorovných a svislých nosných konstrukcí celého objektu. Podrobný návrh suterénní konstrukce založení objektu - řešeno jako tzv. bílá vana.

Schémata výkresů tvaru vybraných desek, podrobnější výkres desky 1NP.

Výkres výztuže vybrané části základové desky a suterénních stěn.

Stručná technická zpráva ke statické části.

Podpis vedoucího DP:..... Datum:.....

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: KPS podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Lenka Hanzalová, Ph.D. (K 124)

Formulace úkolů: Vypracovat následující : technickou zprávu, návrh skladeb konstrukcí včetně tepelně technického posouzení, výsek půdorysu typického podlaží 1:50, řez příčný 1:50, dílčí řez schodištěm 1:50 a vybrané detaily.

Podpis konzultanta:..... Datum:.....

3. Část: Geotechnika podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Jan Salák, CSc.

Formulace úkolů: Vybrat parametry zemin a hornin do výpočtu základů.

Provést návrh základové konstrukce, posoudit desku na protlačení.

Optimalizovat návrh za použití interakce desky s pilotami.

Podpis konzultanta:..... Datum:.....

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:..... Datum:.....

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)



Podklady a literatura

- Projektová dokumentace stavebně architektonického řešení objektu
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 206 + A1: Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN P 73 2404: Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN EN 10080 :Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná betonářská ocel
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla
- ČSN 73 1201 – Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb
- ČBS-02: Bílé vany a vodonepropustné betonové konstrukce
- <https://www.betontks.cz>
- Navrhování železobetonových konstrukcí *prof.Ing. Jaroslav Procházka, CSc., prof.Ing. Alena Kohoutková, CSc. , doc.Ing. Jitka Vašková, CSc*
- Betonové a zděné konstrukce 1. Základy navrhování betonových konstrukcí, - *Ing. Hana Hanzlová, CSc., Ing. Šmejkal Jiří. Ph.D*
- Plošné betonové konstrukce, nadřže a zásobníky. *Ing.Miloš Zich PhD, Doc. Ing.Zděnek Bažant Csc.*



Anotace:

Obsahem touto diplomové práce je návrh základové desky a železobetonových stěn podzemního podlaží osmi podlažního bytového domu s ohledem na mezní stav šířky trhlin. Bylo řešeno založení objektu. Byly řešeny jednotlivé části konstrukcí proti pronikání podzemní vody. Byla provedena výkresová dokumentace navržených konstrukcí.

Klíčová slova:

Železobeton, beton, ocel, bílá vana, základová deska, šířka trhlin, podzemní voda, mezní stav, vynucená namáhání.

Anotace:

The subject of this thesis is design of slab foundation and reinforced concrete walls of basement of eight storey apartment building with respect to limiting crack width. There is a design of building foundation. Various parts of construction are designed against infiltration of ground water. The drawing documentation of designed structures takes part in this thesis work.

Key words:

reinforced concrete, concrete, steel, white tank, slab foundation, crack width, ground water, limit state, forced strains.



Poděkování:

Především chtěl bych poděkovat vedoucí diplomové práce paní Ing. Haně Hanzlové, Csc. za ochotu, profesionální a užité rady při konzultacích, a hlavně za čas, který v rámci vypracovávání diplomové práce mi věnovala.

Zároveň bych chtěl poděkovat paní Ing. Lence Hanzalové, PhD a Ing. Janu Salákovi, CSc. za ochotu a konzultací během diplomové práci.

Současně chtěl bych poděkovat paní doc. Ing. Jitce Vaškové, CSc. za její podporu a pomoc v koordinaci plánu magisterského studia po celou dobu studia.

**OBSAH:**

1. ÚVOD	6
1.1. Obecné údaje	6
1.2. Architektonické a dispoziční řešení	6
1.3. Podkladová dokumentace	7
2. KONSTRUKČNÍ SYSTÉM	13
2.1. Úpravy v konstrukci	13
2.2. Svislé nosné konstrukce jednotlivých podlaží	18
2.3. Konstrukční schema jednotlivých podlaží	21
3. ZATÍŽENÍ	27
3.1. Zatížení a kombinace zatížení	27
3.2. Zatížení skladbou podlahových konstrukcí	27
3.3. Zatížení příčkami	31
3.4. Zatížení zemním tlakem	31
3.5. Klimatické zatížení	34
3.5.1. Zatížení sněhem	34
3.5.2. Zatížení větrem	35
4. PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH	41
4.1. Materiálové charakteristiky	41
4.2. Stupně vlivu prostředí jednotlivých konstrukcí	41
4.3. Stanovení krycí vrstvy výztuže	42
4.4. Předběžný návrh	44
4.4.1. Vodorovné nosné konstrukce - desky nadzemních podlaží (desky nad 1.NP až 8NP)	44
4.4.2. Vodorovné nosné konstrukce - desky nad 1PP	50
4.4.3. Nosník stropní desky nad 1PP v ose D	52
4.4.4. Návrh sloupů 1PP	55
4.4.5. Předběžné ověření protlačení stropu nad 1PP	57
4.4.6. Suterénní stěna	60
4.4.7. Základová deska	62
4.4.8. Schodiště a výtahy	68
5. 3D MODEL	74
5.1. Parametry modelu	75
5.2. Zatěžovací stavy a kombinace	76
5.3. Ověření 3D modelu : Ověření normálových sil ve sloupech	79
5.3.1. 3D model měkké části budovy	81
5.3.2. 3D celkový model s menší tuhostí stěn	83



5.3.3. 3D celkový model s větším tuhostí sloupů.....	84
5.4. Ověření 3D modelu : Ověření ohybových momentů.....	86
5.5. Ověření napětí v patě stěn 1.PP.....	92
5.6. Zesilující rozšíření základové desky.....	95
6. NÁVRH PILOT.....	97
6.1. Inženýrsko - geologický průzkum.....	97
6.2. Piloty.....	101
6.3. Stanovení rozměru pilot.....	102
6.4. Návrh pilot ručním výpočtem.....	104
6.4.1. Únosnost stanovená výpočtem na základě 1. skupiny mezních stavů.....	104
6.4.2. Únosnost stanovená výpočtem na základě 2.skupiny mezních stavů.....	106
6.4.3. Posouzení 1. a 2. mezního stavu pilot v Excelu.....	110
6.5. Ověření výpočtu v programu GEO5.....	125
6.6. Porovnání a vyhodnocení.....	126
6.6. Vyztužení pilot.....	127
7. INTERAKCE OBJEKTU S PODLOŽÍM.....	128
7.1. Sondy v předávném modulu Soilin.....	129
7.2. Výsledky z modelu Soilin.....	131
7.3. Piloty v modelu.....	132
7.3.1. Lineárně pružný posun ve směru Z.....	132
7.3.2. Nelineárně pružný posun ve směru Z.....	133
7.3.3. Porovnání variant.....	134
8. NÁVRH A POSOUZENÍ SLOUPŮ 1.PP.....	136
8.1. Skupina 1.....	139
8.1.1. Vstupní parametry:.....	139
8.1.2. Kontrola velikosti průřezu.....	140
8.1.3. Posouzení štíhlostí sloupu:.....	141
8.1.4. Návrh výztuže.....	142
8.1.5. Posouzení interakčním diagramem.....	145
8.2. Skupina 2.....	148
8.2.1. Vstupní parametry:.....	148
8.2.2. Kontrola velikosti průřezu.....	149
8.2.3. Posouzení štíhlostí sloupu:.....	150
8.2.4. Návrh výztuže.....	152
8.2.5. Posouzení interakčním diagramem.....	154
8.3. Skupina 3.....	156



8.3.1. Vstupní parametry:	156
8.3.2. Kontrola velikosti průřezu	157
8.3.3. Posouzení štíhlostí sloupu:	158
8.3.4. Návrh výztuže	160
8.3.5. Posouzení interakčním diagramem	162
8.4. Skupina 4	165
8.4.1. Vstupní parametry:	165
8.4.2. Kontrola velikosti průřezu	166
8.4.3. Posouzení štíhlostí sloupu:	167
8.4.4. Návrh výztuže	168
8.4.5. Posouzení interakčním diagramem	171
8.5. Skupina 5	172
8.5.1. Vstupní parametry:	173
8.5.2. Kontrola velikosti průřezu	174
8.5.3. Posouzení štíhlostí sloupu:	175
8.5.4. Návrh výztuže	176
8.5.5. Posouzení interakčním diagramem	179
8.6. Výsledné rozměry sloupů a jejich vyztužení	182
9. NÁVRH KONSTRUKCE BÍLÉ VANY	184
9.1. Návrh dle zásad Bílé Vany	184
9.2. Těsnění spár a prostupů	186
9.3. Sanace poruch bílých van	187
9.4. Posouzení konstrukce	188
9.5. Návrhové vnitřní síly	189
10. ZÁKLADOVÁ DESKA	191
10.1. Zprůměrování špiček	191
10.2. Vnitřní síly	194
10.2.1. Dolní povrch - MSU	194
10.2.2. Dolní povrch - MSP kvazistálé kombinace	207
10.2.3. Horní povrch - MSU	218
10.2.4. Horní povrch - MSP kvazistálé	223
10.3. Dimenzování výztuže základové desky	229
10.3.1. Základní rastr	229
10.3.2. Dimenzování dolní výztuže v oblasti pod sloupem v ose F-5	235
10.3.3. Dimenzování dolní výztuže v oblastí pod sloupy: tloušťka desky h=0,65m	242
10.3.4. Dimenzování dolní výztuže v oblastí pod sloupy: tloušťka desky h=0,40m	245



10.3.5. Dimenzování dolní výztuže v oblastí pod stěny: tloušťka desky $h=0,40m$	247
10.3.6. Dimenzování horní výztuže: tloušťka desky $h=0,40m$	250
10.4. Mezní stav protlačení.....	251
10.4.1. Postup návrhu.....	252
10.4.2. Skupiny oblastí.....	255
10.4.3. Posouzení na protlačení Skupiny 1.....	257
10.4.4. Posouzení na protlačení Skupiny 2.....	258
10.4.5. Posouzení na protlačení Skupiny 3.....	259
10.4.6. Posouzení na protlačení Skupiny 4.....	260
10.4.7. Posouzení na protlačení Skupiny 5.....	261
10.4.8. Posouzení na protlačení Skupiny 6.....	262
10.5. Návrh výztuže desky ve změněných průřezech.....	263
10.5.1. Vnitřní síly.....	263
10.5.2. Návrh a posouzení oblastí desky s tloušťkou 800mm.....	264
10.5.3. Návrh a posouzení oblastí desky s tloušťkou 550mm.....	267
10.6. Výpočet kotevní délky výztuže základové desky.....	271
10.6.1. Dolní výztuž ve sloupovém pruhu v zesilujících hlavicích.....	271
10.6.2. Dolní výztuž ve sloupovém pruhu v desce s tloušťkou 400mm.....	272
10.6.3. Horní výztuž v desce s tloušťkou 400mm.....	273
11. OBVODOVÉ STĚNY.....	274
11.1. Vnitřní síly.....	275
11.2. Stěna na ose 4.....	278
11.2.1. Vnitřní síly.....	278
11.2.2. Návrh a posouzení svislé výztuže ve styku se stropní deskou.....	281
11.2.3. Návrh a posouzení svislé výztuže ve styku se základovou deskou.....	282
11.2.4. Návrh a posouzení vodorovné výztuže ve styku se stěnou u osy F.....	283
11.2.5. Dimenzování vodorovné výztuže v dolní půlce.....	284
11.2.6. Závěr.....	289
11.3. Stěna na ose 9'.....	290
11.3.1. Vnitřní síly.....	290
11.3.2. Návrh a posouzení svislé výztuže ve styku s rampou.....	293
11.3.3. Návrh a posouzení svislé výztuže na síly v řezu 2.....	295
11.3.4. Návrh a posouzení vodorovné výztuže ve styku se stěnou na ose L, řez x.....	296



11.3.5. Dimenzování vodorovné výztuže v dolní půlce.....	297
11.3.6. Závěr.....	298
11.4. Stěna na ose A.....	299
11.2.1. Vnitřní síly.....	299
11.2.2. Návrh a posouzení svislé výztuže ve styku se stropní deskou.....	301
11.2.3. Návrh a posouzení vodorovné výztuže ve styku se stěnou u osy 7.....	303
11.2.4. Dimenzování vodorovné výztuže v dolní půlce.....	304
11.2.5. Závěr.....	305
11.4. Výpočet kotevní délky výztuže suterénních stěn.....	306
11.4.1. Svislá výztuž.....	306
11.3.2. Vodorovná výztuž dolní půlka - vynucené namáhání.....	307
11.3.3. Vodorovná výztuž horní půlka.....	308
12. Literatura.....	309



1. ÚVOD

Tato část DP popisuje architektonicko - stavební řešení objektu.

Jedná se o bytový dům s osmi nadzemními podlažími a jedním suterénním podlažím. První nadzemní podlaží je zcela otevřené, nacházejí se zde parkovací stání, schodišťová jádra a několik technických místností. V suterénním podlaží jsou umístěna parkovací stání, sklepy a technické místnosti. V 2. až 8. nadzemních podlažích jsou situovány byty.

1.1. Obecné údaje

Název stavby:	Bytový dům Brno
Počet podlaží:	8 nadzemních podlaží + suterén
Účel objektu:	bytový dům
Místo stavby:	Brno střed Křížkovského 458

1.2. Architektonické a dispoziční řešení

Bytový dům je navržen jako osmipodlažní objekt se suterénním podlažím a plochou střechou. V půdorysu je objekt ve tvaru "L" a skládá se ze dvou bloků s vlastními vstupy. Celkové půdorysné rozměry bloků jsou 38m × 13m a 27,5m × 18,5m a výška nadzemní části objektu je 26m. Konstruktivní výška jednoho nadzemního podlaží je 3m. Hlavní vjezd objektu je v severozápadní části.

V podzemním podlaží se nachází 32 parkovacích stání a skladové místnosti. Horní hrana základové desky je na -4,000 m. Zastavěná plocha je 1,310 m². Přímý vjezd do podzemního podlaží situován na severovýchodě domu a je uskutečněn jednosměrnou šikmou rampou s šířkou 3,3m a sklonem 13%.

Vzhledem k tomu, že budova se nachází v záplavovém území, byl v 1. nadzemním podlaží navržen sklon 1,5% a budova je zcela otevřená. V 1.NP bylo navrženo 60 parkovacích stání, 2 schodišťová jádra a technické místnosti. Hlavní schodiště obou bloků budovy umožňují přístup do všech podlaží, a se začínají na suterénu.

Schodiště severozápadního bloku je navrženo jako dvouramenné, hlavní podešty jsou součástí stropních desek, mezipodešty jsou železobetonové monolitické. Schodiště jihovýchodního bloku je jednoramenné, a navrženo jako



přímé rameno s uložením z obou koncích na ozuby v podestách a uprostřed kloubově na stěnu . Rameno řešeno jako prefabrikované železobetonové.

Ve 2. až 8. podlaží je navrženo 86 bytů a každý byt má balkon nebo terasu. Půdorysně 2. až 7. podlaží jsou typové, 8.NP je zmenšeno terasami umístěnými na jihovýchodní části objektu. Střecha objektu je řešena jako plochá nepochůzná, na které budou umístěna technologická zařízení VZT.

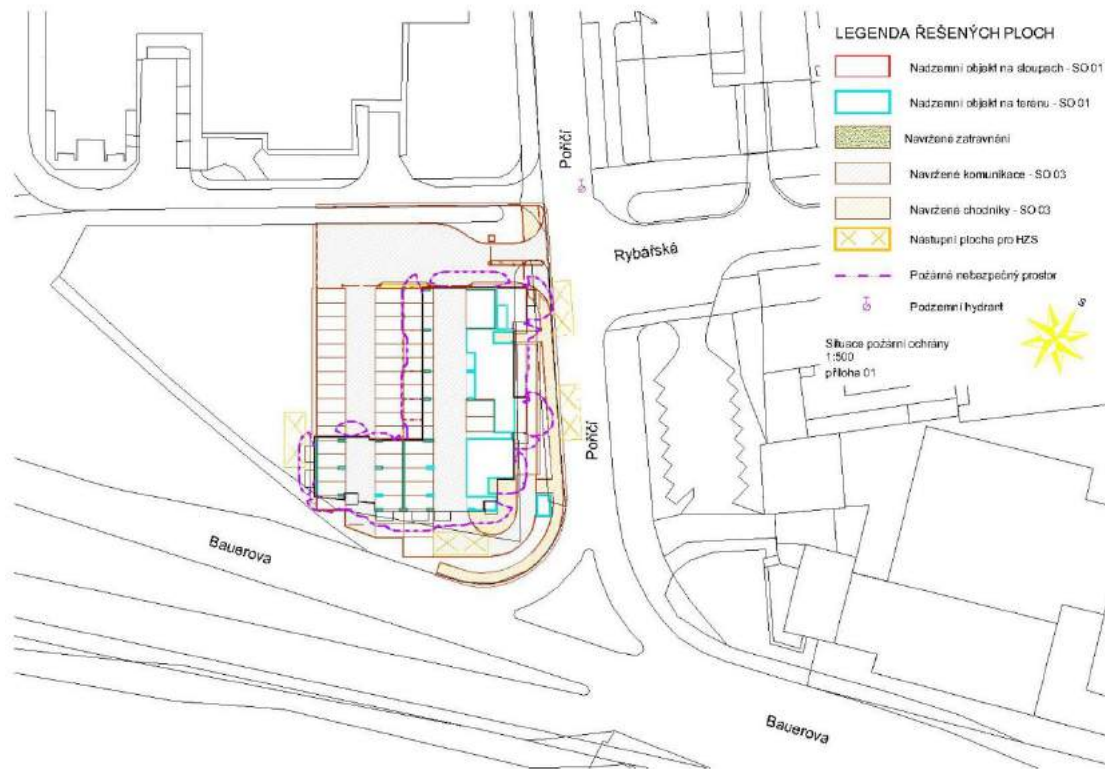
1.3. Podkladová dokumentace

Jako podkladová dokumentace byla použita architektonicko-stavební studie bytového objektu od projekční kanceláře Kovoprojekta Brno. Konkrétně se jedná o situaci, půdorysy všech podlaží, a 3 řezy. Inženýrsko-geologický průzkum zahrnuje hydro-geologická data a parametry jednotlivých vrstev vycházející z pěti průzkumných sond.

Výkresy architektonicko-stavební studie a inženýrsko-geologické data jsou součástí přílohy ke statické části.



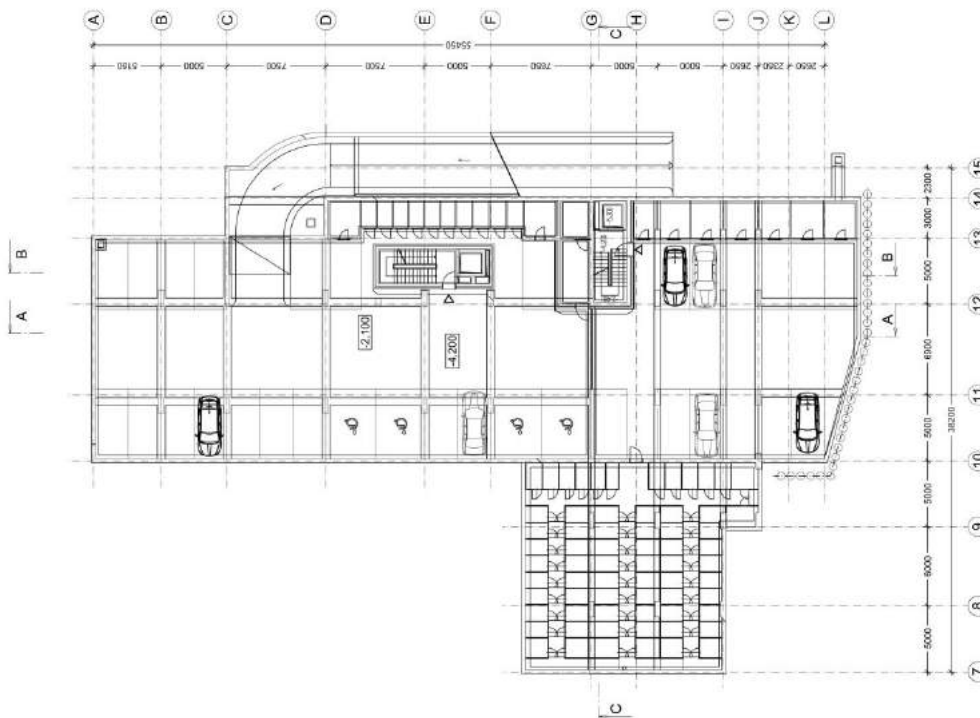
Situace



obr.1. Situace z podkladových výkresů

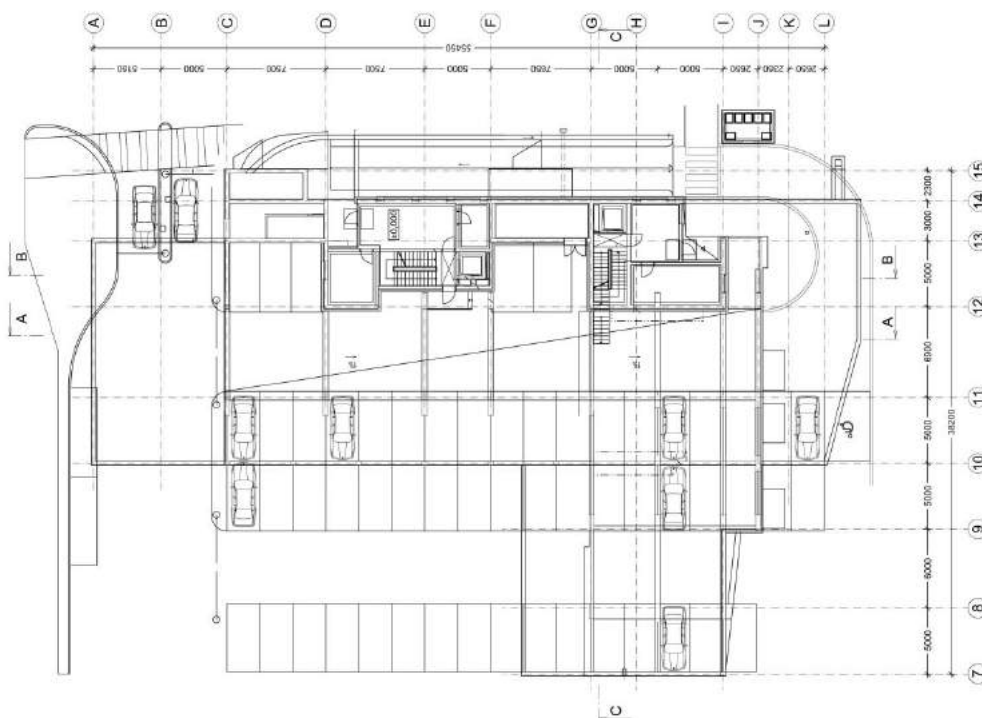


1.PP



obr.2. Půdorys 1.PP z podkladových výkresů

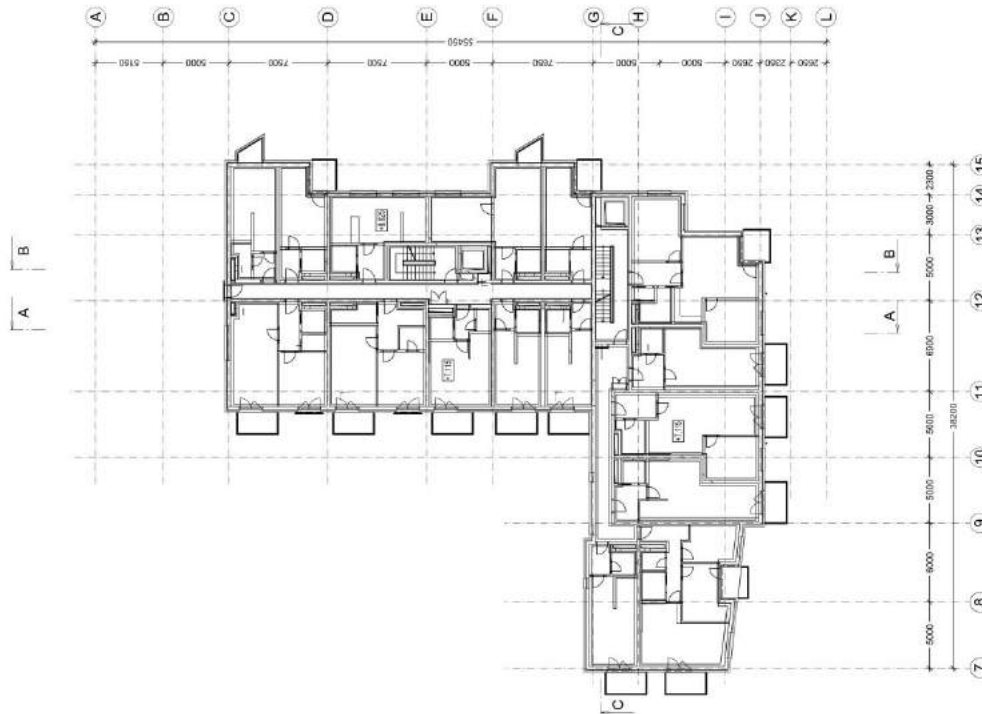
1.NP





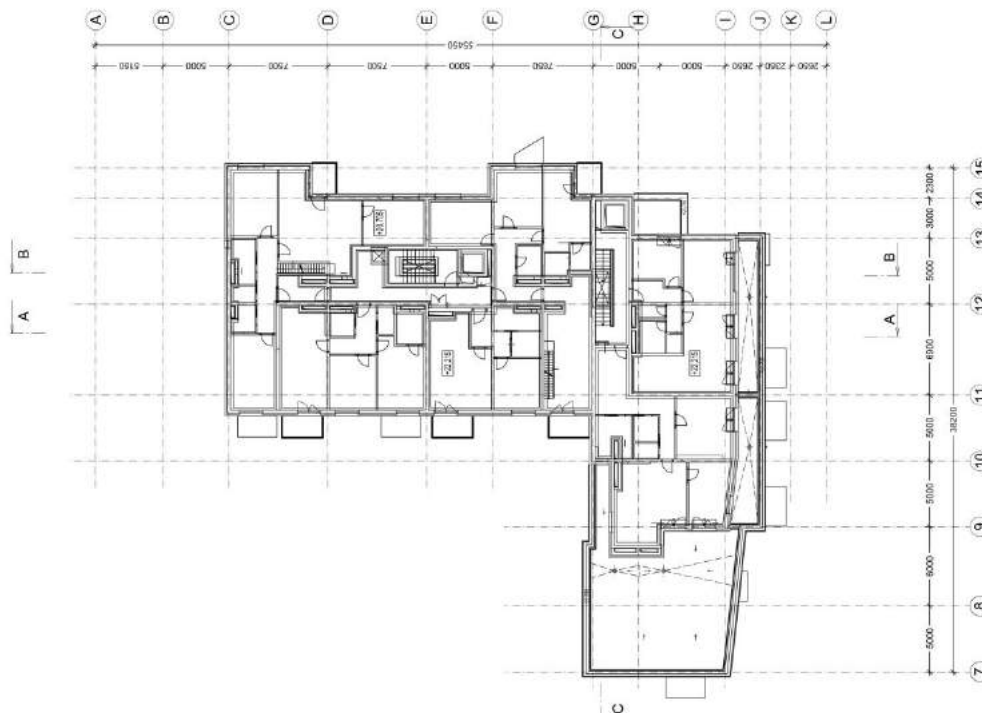
obr.3. Půdorys 1.NP z podkladových výkresů

2-7.NP



obr.4. Půdorys 2.NP-7.NP z podkladových výkresů

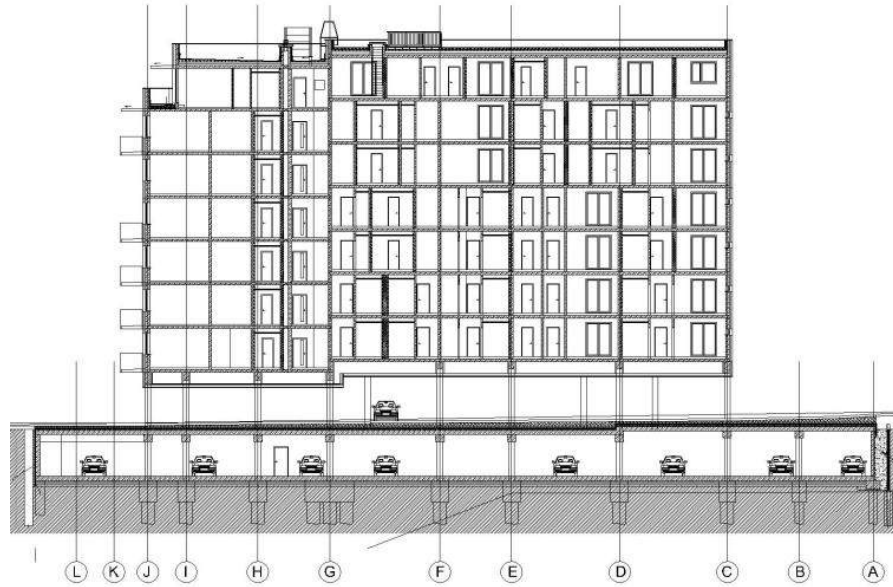
8.NP





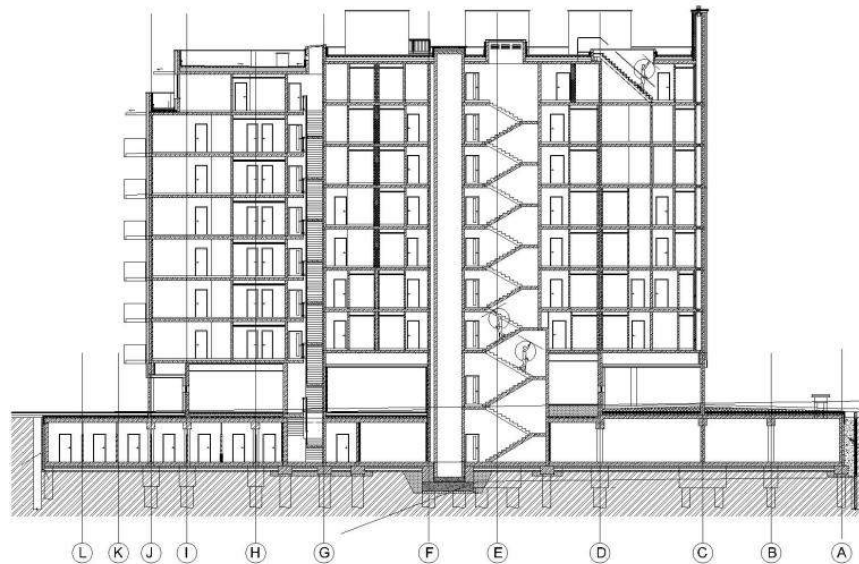
obr.5. Půdorys 8.NP z podkladových výkresů

Řez A-A



obr.6. Řez A-A z podkladových výkresů

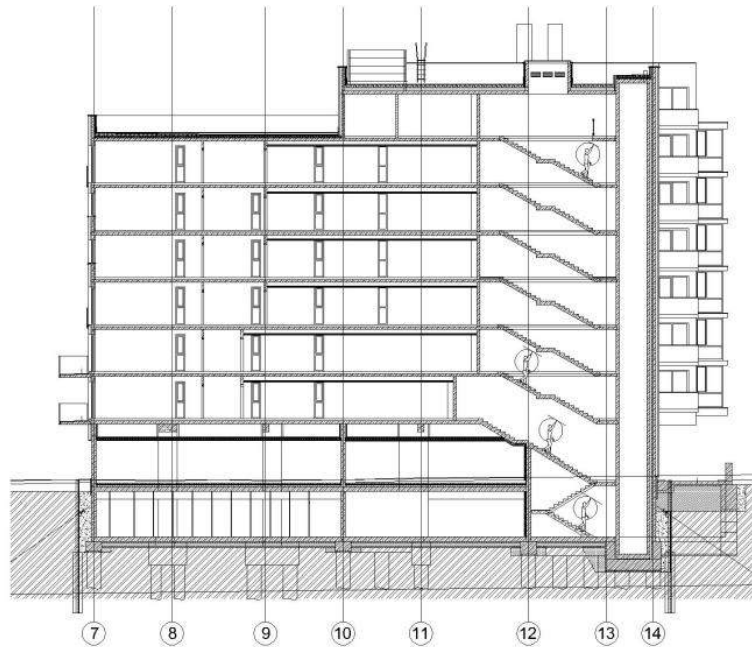
Řez B-B



obr.7. Řez B-B z podkladových výkresů



Řez C-C



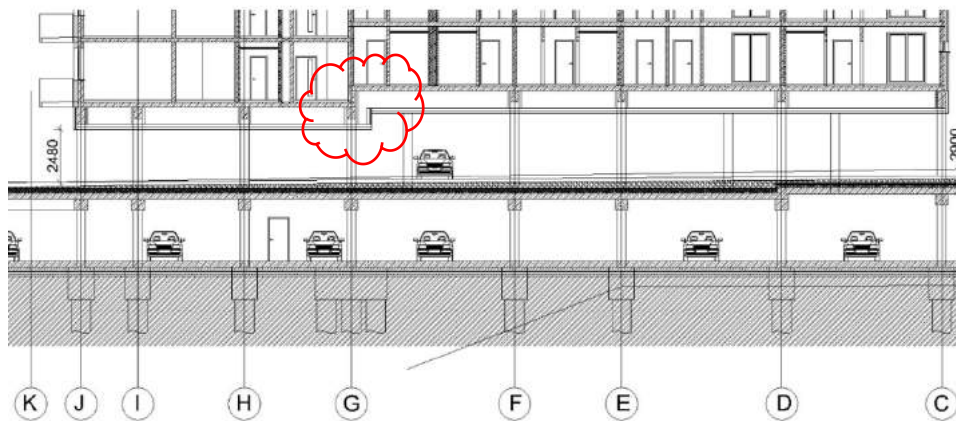
obr.8. Řez C-C z podkladových výkresů

2. KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

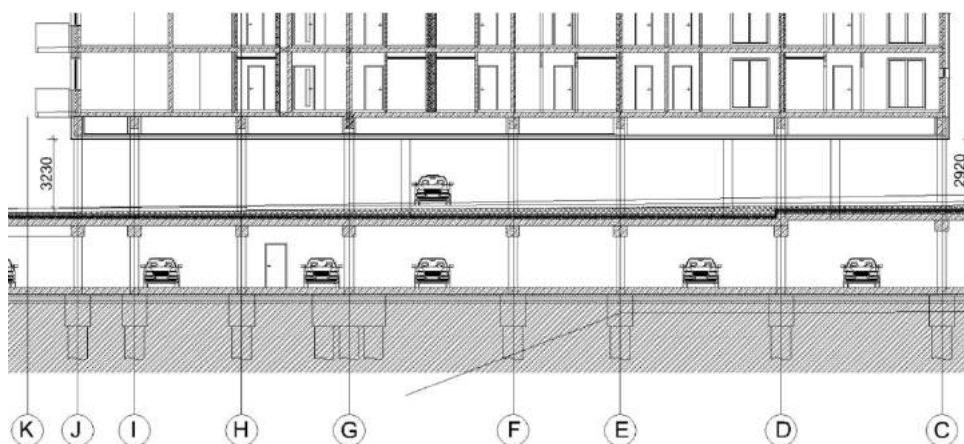
Po prozkoumání podkladové dokumentace byly provedeny některé změny v konstrukci, které jsou popsány v následujícím textu. Hlavně jde o zjednodušení konstrukce objektu.

2.1. Úprava v konstrukci

A) Kvůli sklonu terénu byly bloky v objektu odsazeny od sebe výškově o 750mm. Ten odskok byl odstraněn pro usnadnění tvaru všech horních podlaží. Tím se zvětšily výšky svislých nosných konstrukcí na 1.NP o 750mm.



obr.9. Výsek řezu A-A - před změnou

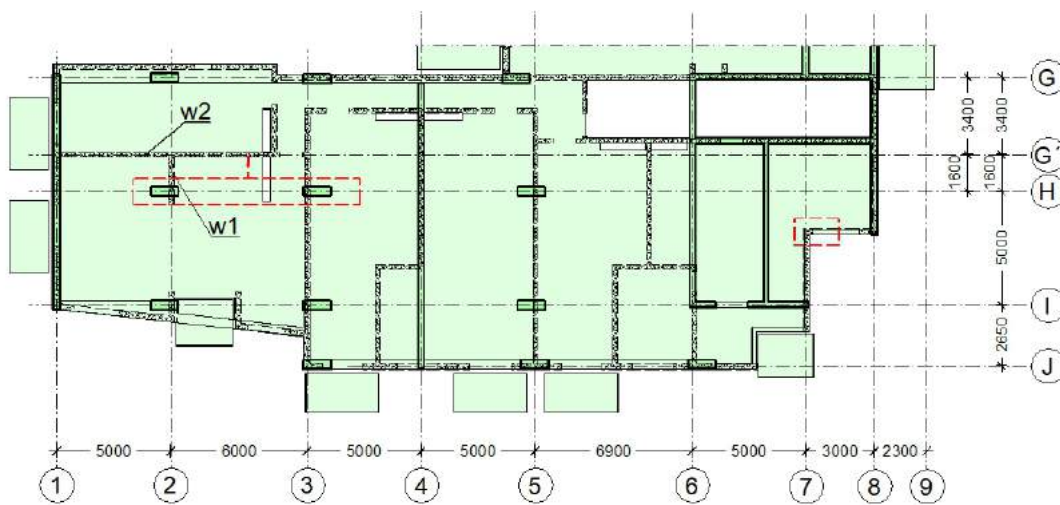


obr.10. Výsek řezu A-A - po změně

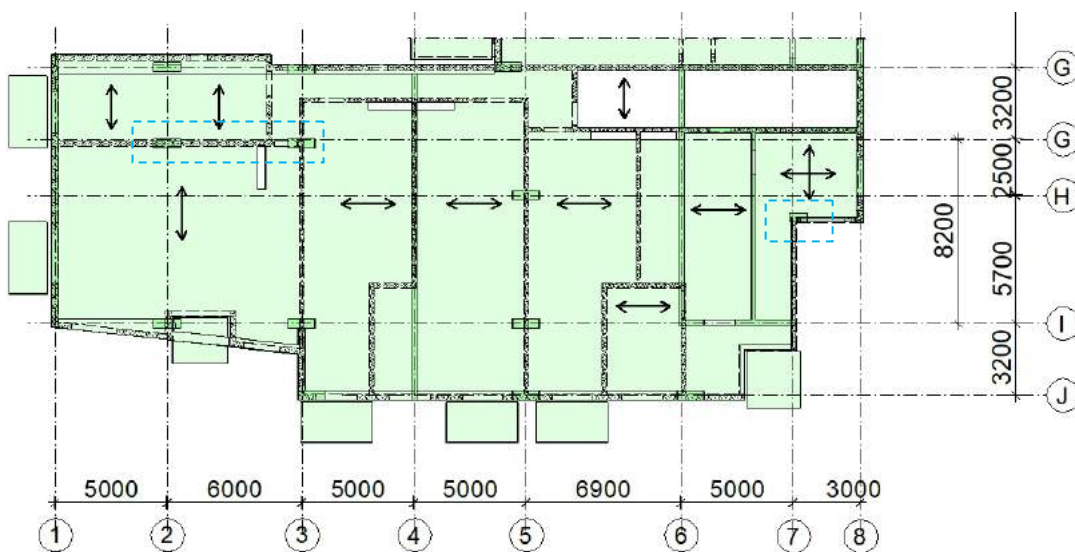


B) Nosná stěna w2 1.NP byla navržena s ohledem na akustického rozdělení bytu. Nosná stěna w1 fungovala by jako nosná konstrukce, přes kterou síla od nosné stěny w2 teče do sloupu (viz Obr.11). Stěny w2 a w1 jsou přes všechna následná patra.

Tento problém byl odstraněn posunutím sloupu na ose H o 1600mm na horu k ose G, a byla vytvořena nová osa G'. Tím byla zrušena 3 parkovacích stání. Na ose 7 byl přiřazen sloup se stejným účelem.



obr.11. Výsek výkresu stropu nad 1.NP - před změnou



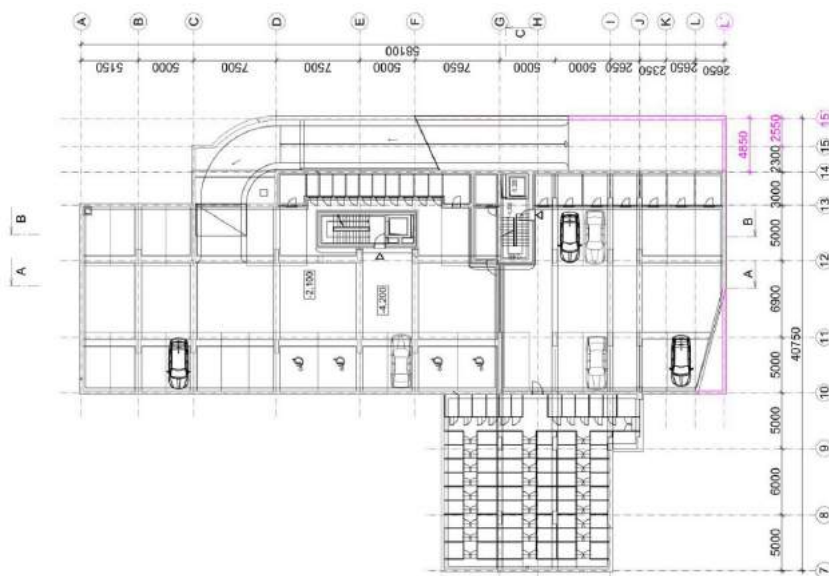
obr.12. Výsek výkresu stropu nad 1.NP - po změně



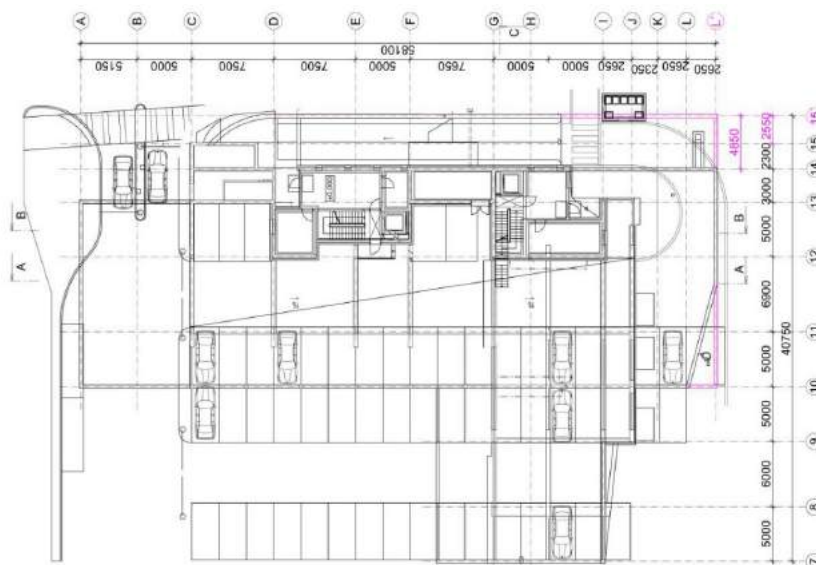
C) V půdorysu 1.PP a 1.NP byly provedeny následující změny:

- Šikmá stěna mezi osami L a L' byla nahrazena přímou stěnou pro zjednodušení tvaru konstrukce.
- V podkladních dokumentech bylo myšleno uložení rampy z jedné strany na suterénní stěnu objektu a z druhé strany na mikropiloty. Bylo rozhodnuto, že rampy budou uloženy z obou stran na stěny, místo uložení z jedné strany na mikropiloty. Pro tento účel suterénní stěna byla navržena na nové ose 15'. Tím se zvětšila provozní plocha 1.PP.

Pro zajištění stavební jámy bude navrhnout svahovaný výkop.



obr.13. Půdorys suterénního podlaží po změně



obr.14. Půdorys 1. nadzemního podlaží po změně

D) V půdorysu 1PP a 1NP byly světlé šířky mezi sloupy nedostatečné pro parkovací stání. V podkladových výkresech bylo pro dvě auta ponecháno jenom 4,6m, pro jedno auto pak 2,3m. Byly navrženy rozměry pro parkovací stání podle norem ČSN 73 6056.

Šířka osobních vozidel bez zpětných zrcátek je 1,75m. Doporučená délka odstupů mezi pevnou překážkou a bokem vozidla na straně řidiče, a mezi vozidla vedle sebe je $A = 0,75\text{m}$, délka odstupů mezi překážkou a bokem vozidla na opačné straně řidiče je $B = 0,4$, minimální hodnota $B = 0,25$. Manipulační plocha stanice pro vozidla přepravující těžce pohybově postižené osoby je $J = 1,20\text{m}$.

S uvedenými hodnotami byly navrženy tyto minimální světlé šířky parkovacích stání:

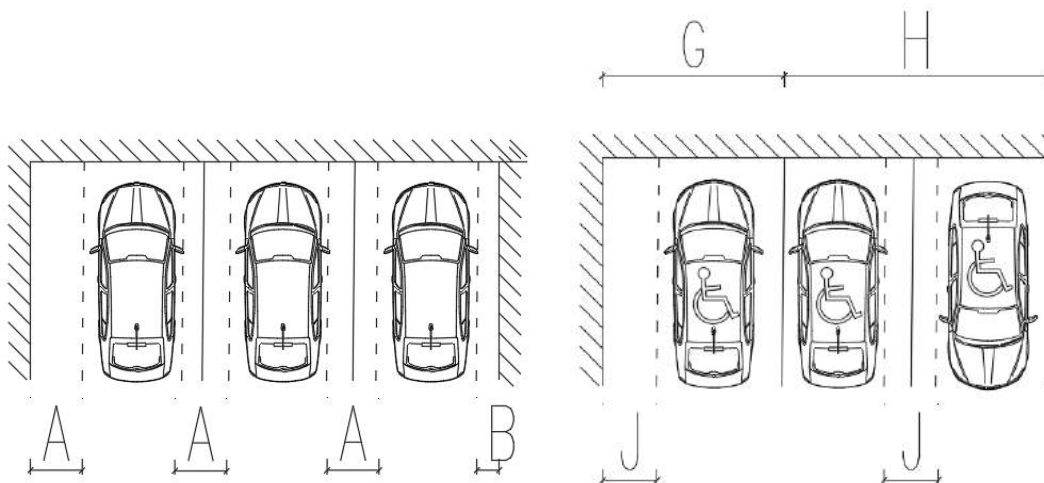
pro 1 vozidlo: $1,75 + A + B = 1,75 + 0,75 + 0,4 = 2,9 \text{ m}$

pro 2 vozidla: $1,75 \times 2 + A \times 2 + B \times 1 = 5,4 \text{ m}$

pro 3 vozidla: $1,75 \times 3 + A \times 3 + B \times 1 = 7,9 \text{ m}$

pro 1 spec. vozidlo: $G = 3,5 \text{ m}$

pro 2 spec. vozidla: $H = 5,6 \text{ m}$



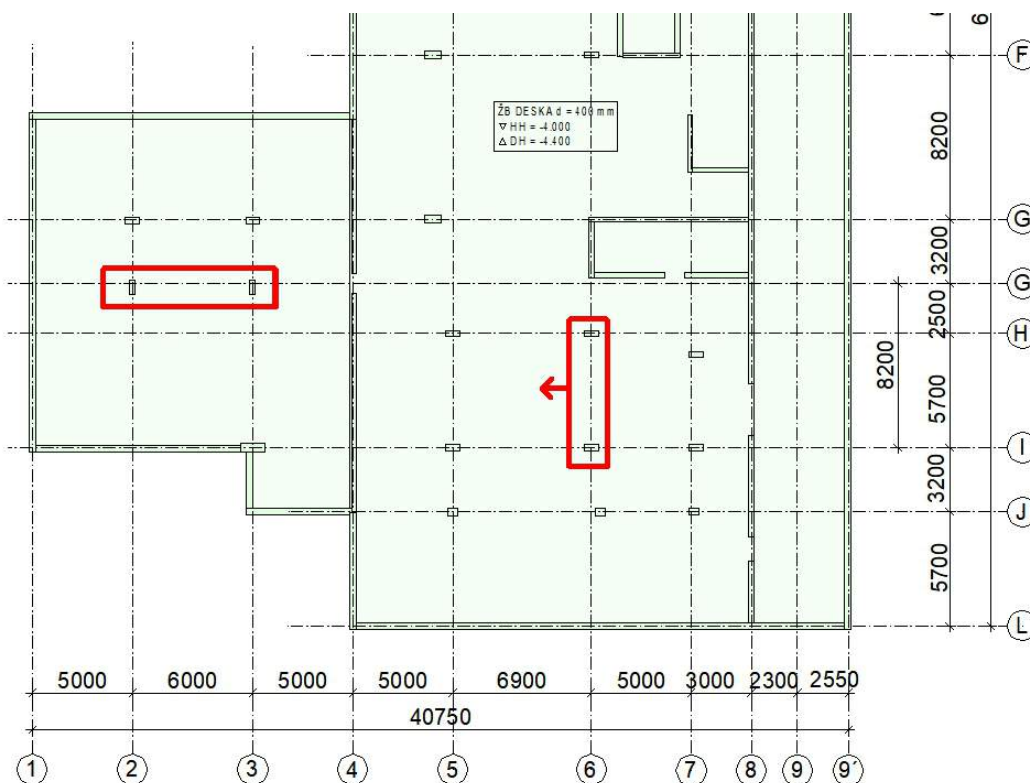
obr.15. Uspořádání stání

V půdorysu osové vzdálenosti mezi sloupy byly změněny o 0,6 - 0,7m.



E) Otáčení sloupů G2 a G3 v 1.PP kvůli jejich působení, sloupy v 1.NP zůstaly neotočené. Sloupy budou namáhány velkým momentem ve směru Y, proto pro větší ohybovou tuhost v tomto směru byly sloupy otočeny o 90 stupňů. Sloupy se nacházejí v skladovací místnosti, na provoz nemají žádný vliv.

F) Nad sloupy H6 a I6 prochází nosná stěna, která zatěžuje sloupy excentricky. Pro odstranění tyto excentricity byly sloupy H6 a I6 v 1.PP posunuty o 0,4 metru ve směru osy X. Posun sloupů na provoz garáže nemá vliv, minimální šířka dvousměrné komunikace je 5m. Po posunu těchto sloupů, šířka pro komunikaci aut mezi sloupy zůstává 6m.



obr.16. Výsek půdorysu suterénního podlaží



2.2. Svislé nosné konstrukce jednotlivých podlaží

V této kapitole jsou uvedena schémata se zakreslenými hlavními nosnými vodorovnými a svislými konstrukcemi, které definují konstrukční systém jednotlivých podlaží. Rozměry vybraných nosných konstrukcí z těchto schémat byly pak následně ověřeny v předběžném návrhu.

V 1.PP budou navrženy konstrukce z vodostavebného monolitického železobetonu, stěny a základová deska budou navrženy jako bílá vana a jsou hlavním předmětem této práce. Konstrukce 1.PP se nacházejí nad hladinou podzemní vody, ale objekt je v záplavovém území.

V 1.PP se nacházejí garáže a skladové místnosti, proto byl zvolen skeletový systém, strop pak bude fungovat jako lokálně podepřená deska. Stěny po obvodě budou zatíženy zemním tlakem. Objekt je založen na pilotách, v místech pilot bude základová deska rozšířena s ohledem na mezní stav protlačení.

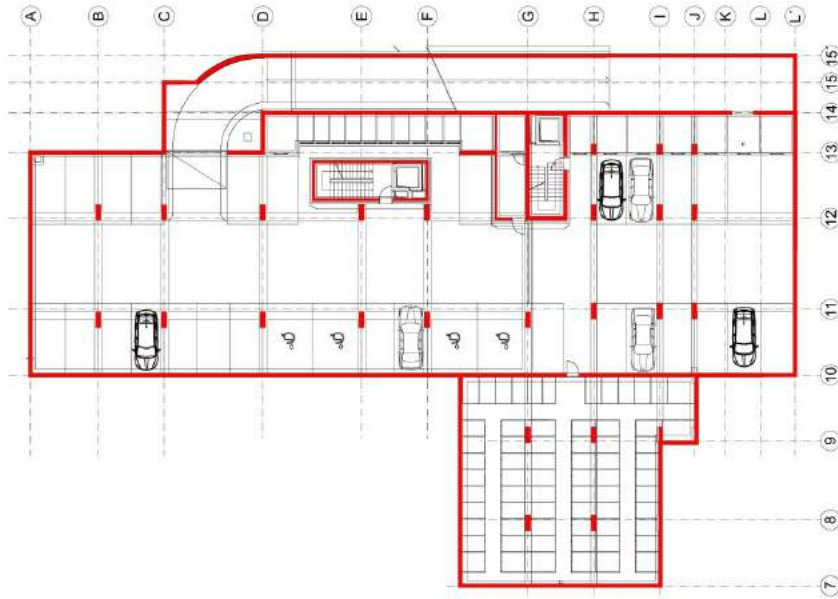
Konstrukce 1.NP je navržena z monolitického železobetonu, svislou nosnou konstrukcí tvoří sloupy, příčné a podélné ztužující stěny a schodišťová jádra.

Konstrukce 2.NP-8.NP jsou navrženy z monolitického železobetonu, konstrukční systém zvolen stěnový. Jako nosné železobetonové konstrukce byly zvoleny všechny mezibytové stěny, a to i kvůli akustice.

Dále budou naznačeny svislé nosné konstrukce pro desky nad dispozicemi uvedenými v podkladech. Otvory budou specifikovány v další kapitole.

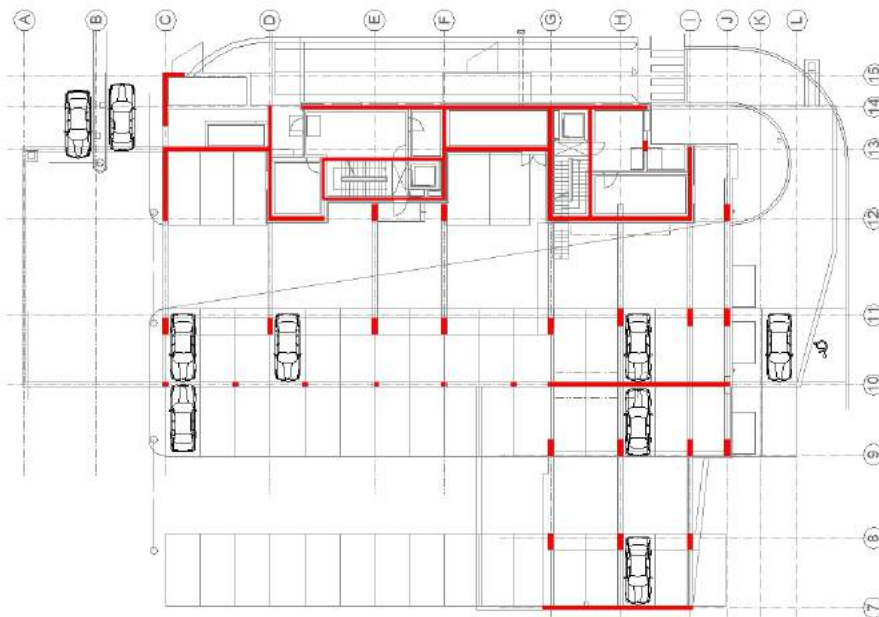


1.PP



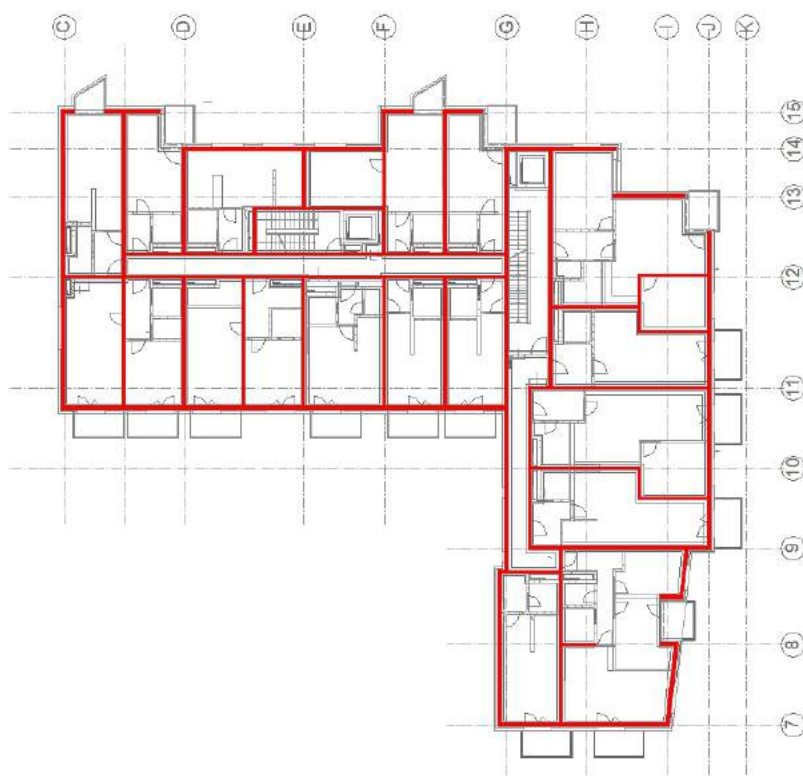
obr.17. Svislé nosné konstrukce 1.PP

1.NP



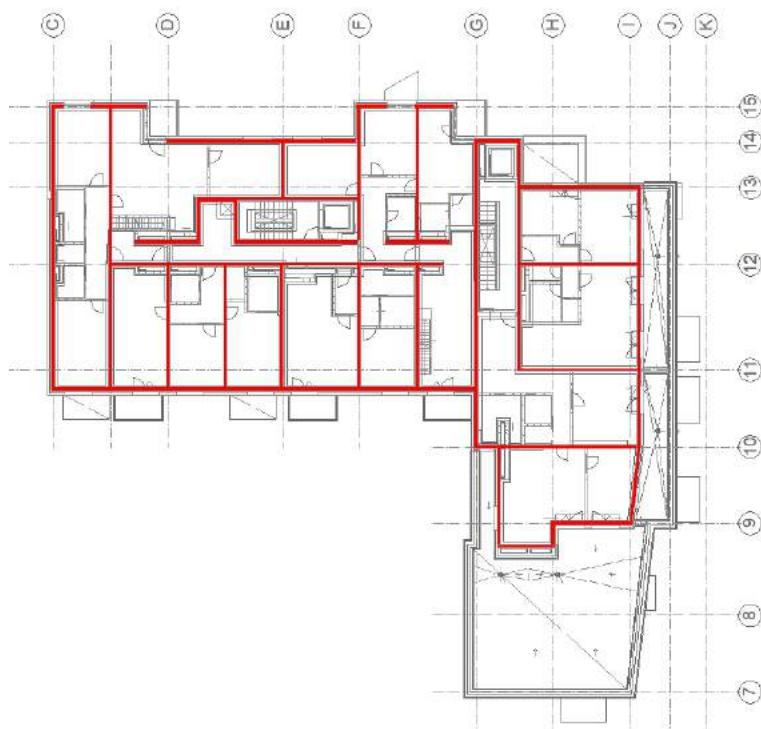
obr.18. Svislé nosné konstrukce 1.NP

2-7.NP



obr.19. Svislé nosné konstrukce 2-7.NP

8.NP

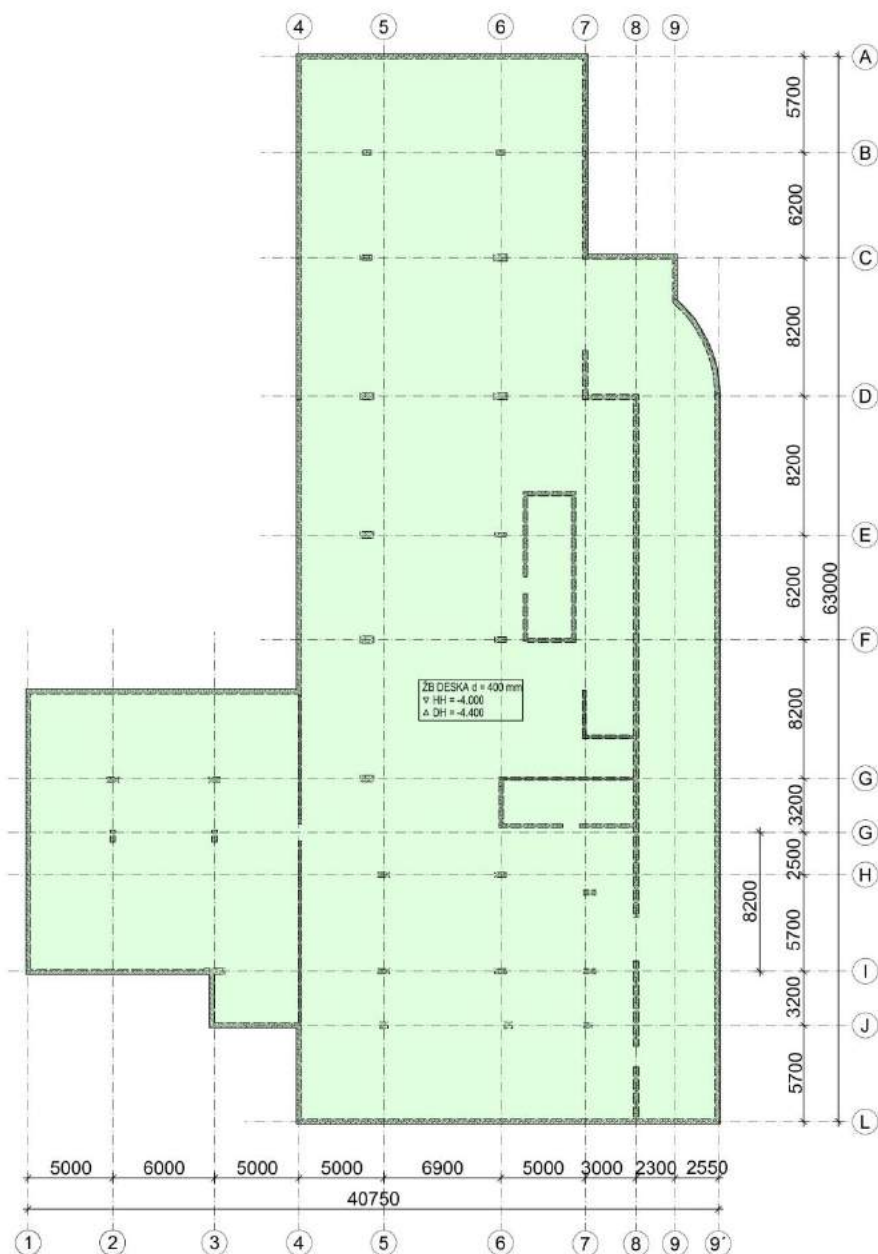


obr.20. Svislé nosné konstrukce 8.NP

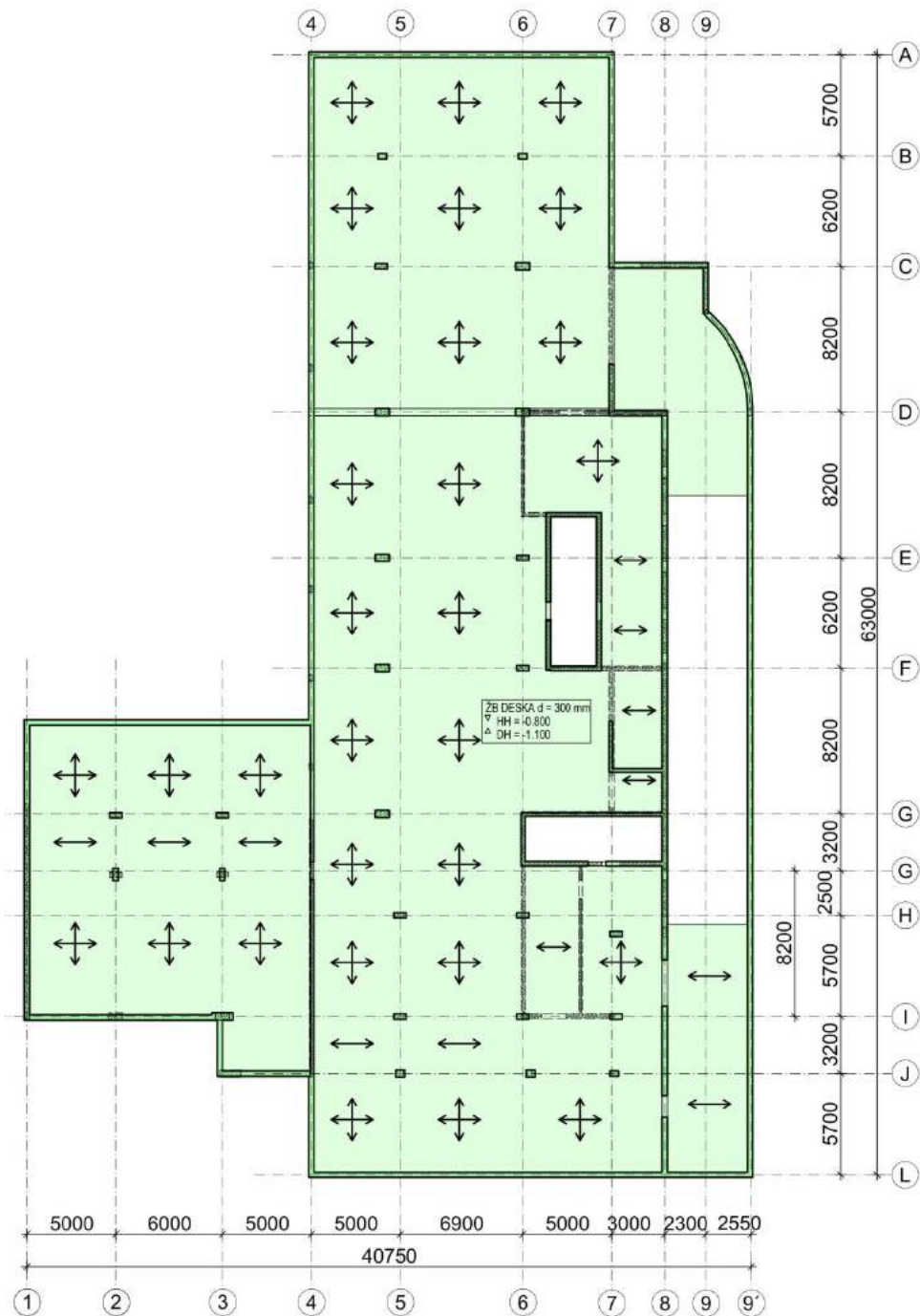
2.3. Konstrukční schémata jednotlivých podlaží

V této kapitole jsou uvedena schémata jednotlivých podlaží, se zakreslením pnutí desek a hlavními svislými nosnými konstrukcemi. Na základě těchto schémat bude následně vytvořen výpočetní model.

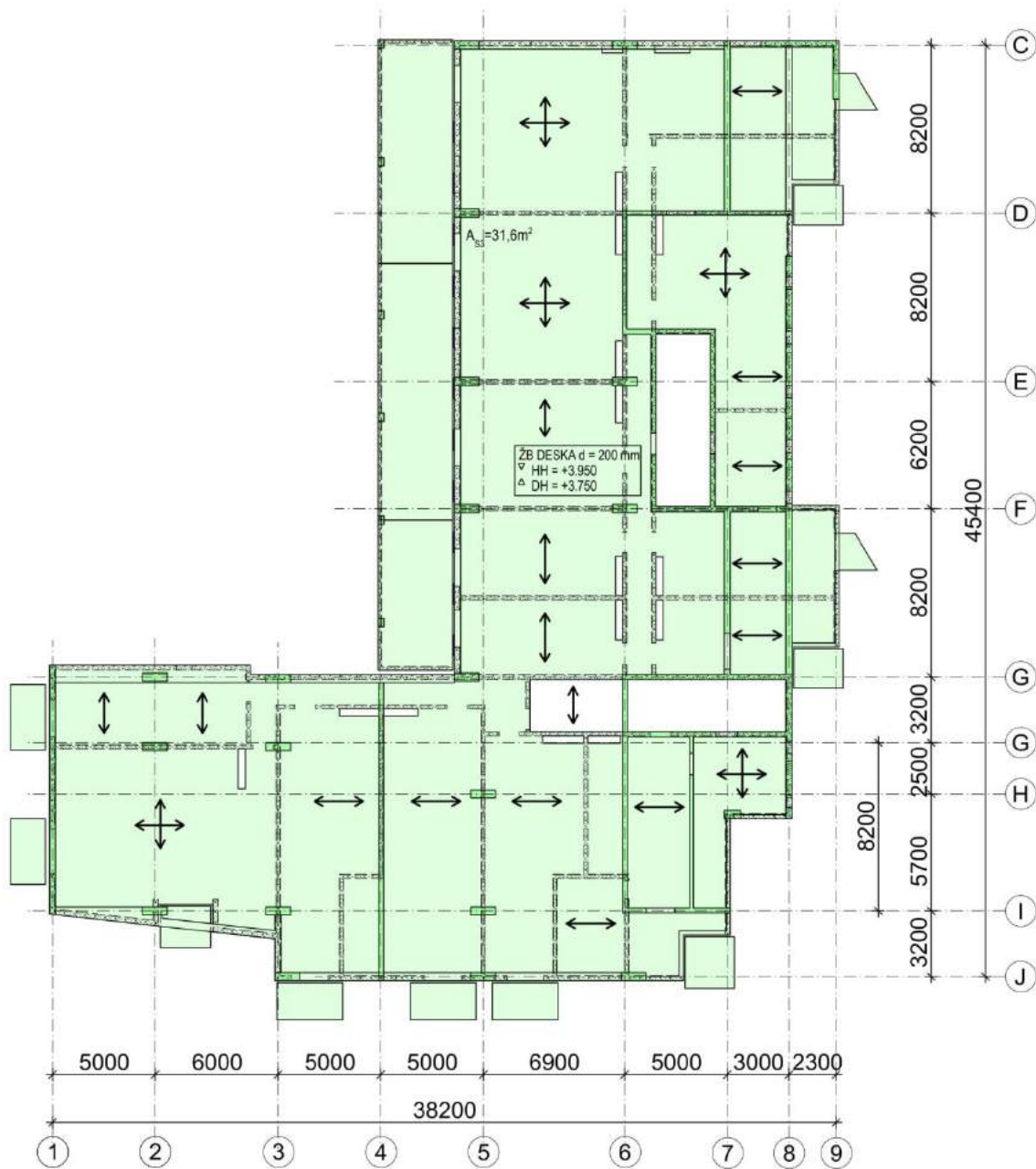
Schéma tvaru Základové desky



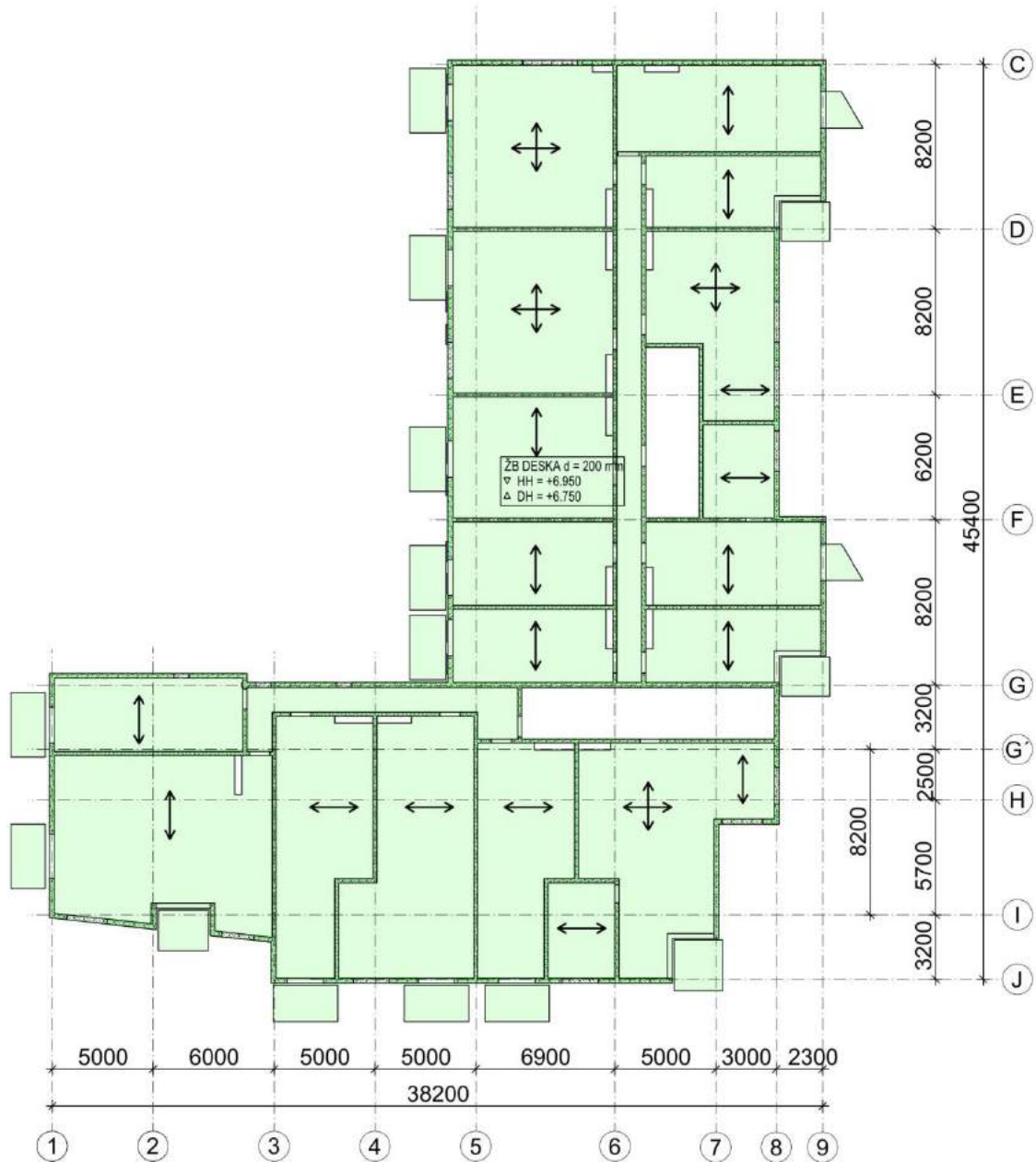
obr.21. Schéma základové desky

Konstrukční schéma stropní desky nad 1.PP (deska 1NP)

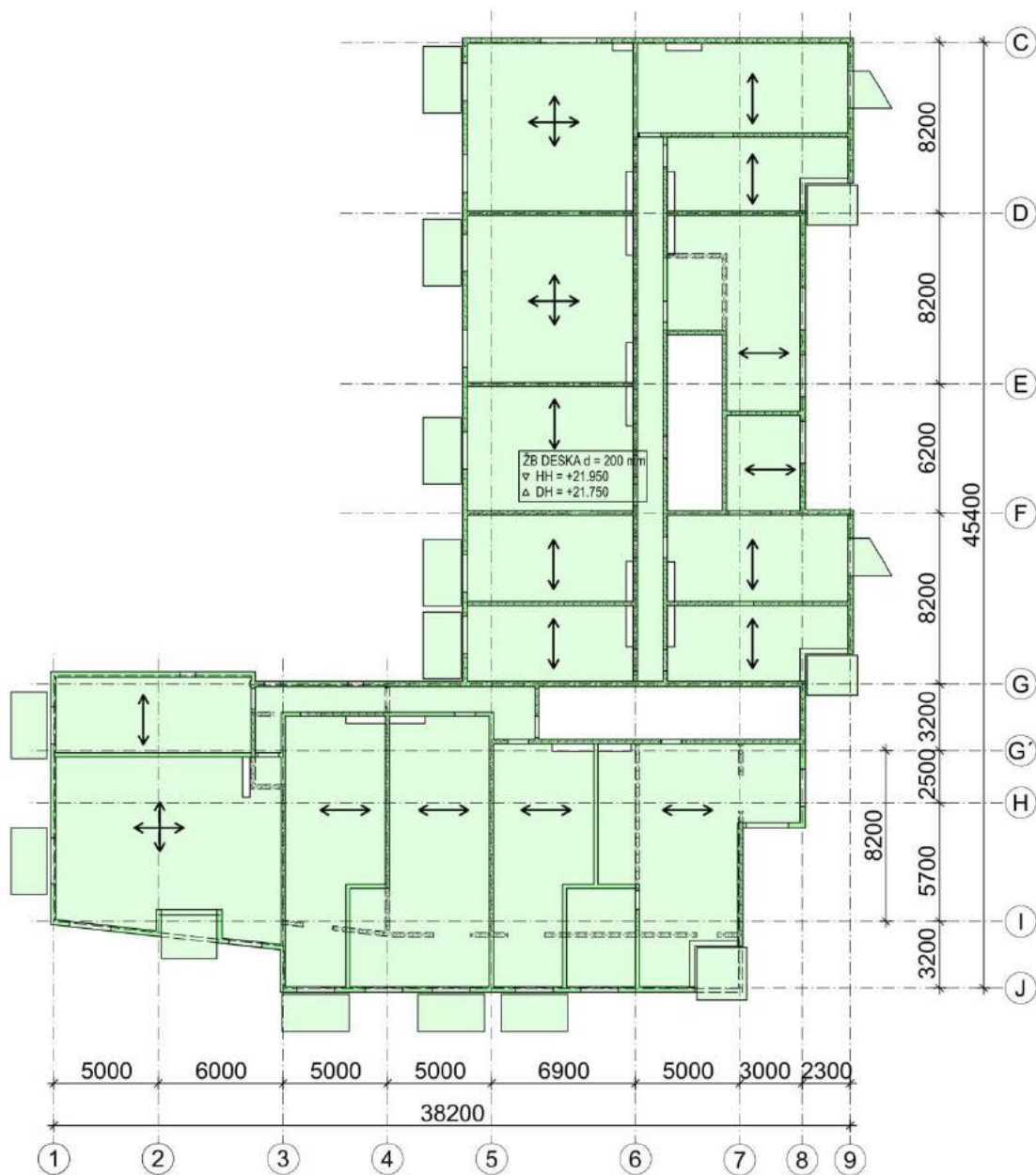
obr.22. Konstrukční schéma 1.PP

Konstrukční schéma stropní desky nad 1.NP (deska 2.NP)

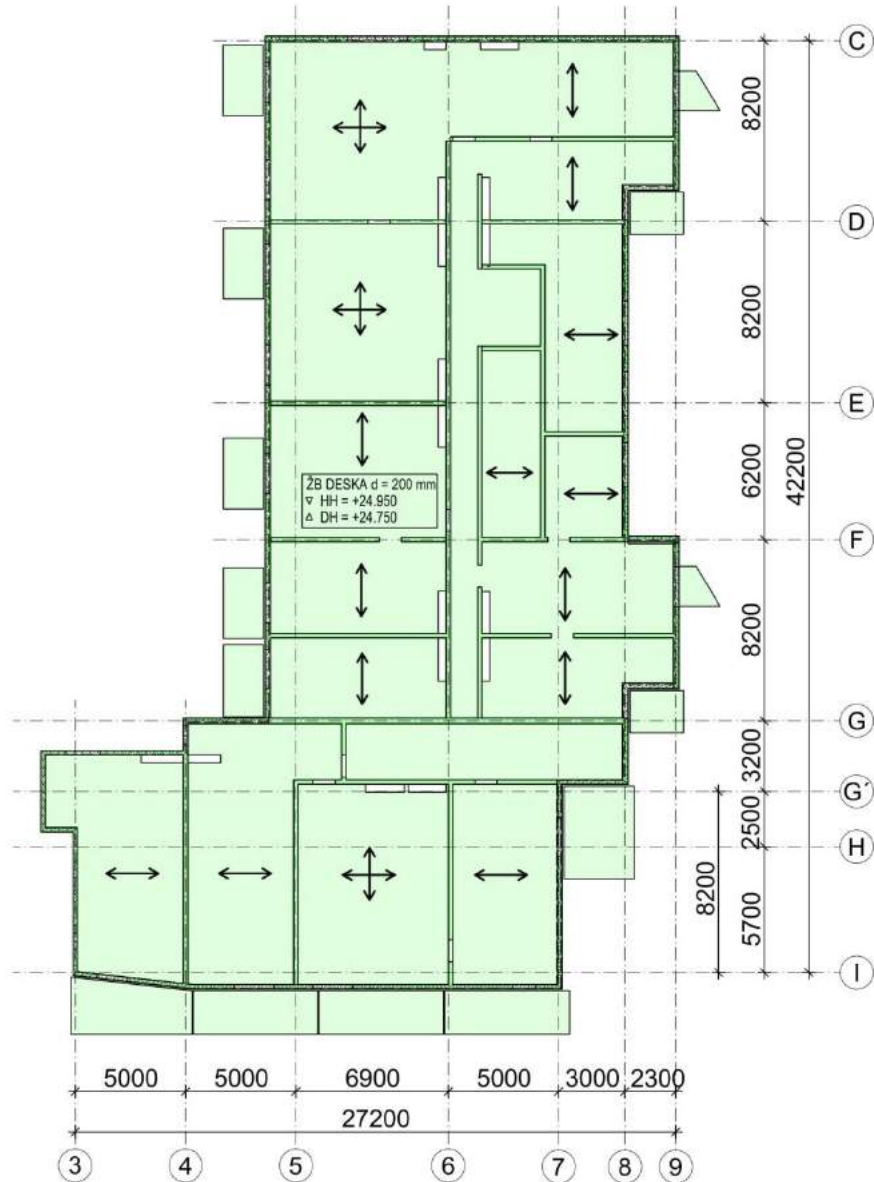
obr.23. Konstrukční schéma 1.PP

Konstrukční schéma stropní desky nad 2-6.NP

obr.24. Konstrukční schéma 1.PP

Konstrukční schéma stropní desky nad 7.NP (deska 8.NP)

obr.25. Konstrukční schéma 1.PP

Konstrukční schéma stropní desky nad 8.NP (střecha)

obr.26. Konstrukční schéma 1.PP



3. ZATÍŽENÍ

3.1. Zatížení a kombinace zatížení

Užitné a klimatické zatížení.

Hodnoty užitných zatížení jsou uvažovány dle ČSN EN 1991-1-1. Pro parkovací plochy na 1.PP a 1.NP je uvažováno **kategorie F**: dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla (celková tího vozidel < 30kN). Pro obytné plochy na 2. až 8.NP byla uvažována **kategorie A**: obytné plochy a plochy pro domácí činnosti.

Zatížení pro chodby, lodžie, terasy a balkony byly použity podkategorie v **kategorii A**. Střecha byla navrhnutá jako plochá nepochozí, a z norem je použita zatížení **kategorie H**, ale v místech VZT mohou přibýt bodové, případně ploché zatížení od zdrojů.

místnosti	(kNm ⁻²)
schodiště	3
balkony a terasy	3
stropní kce	2
střecha	0.75
parkovací stání	2.5

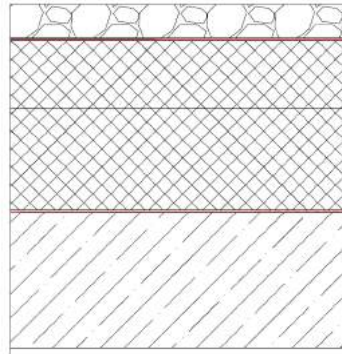
obr.27. Hodnoty použitých užitných zatížení dle ČSN EN 1991-1-1

Klimatická zatížení byla vztažena k městu Brno Střed. Místo stavby se nachází v sněhové oblasti I dle ČSN EN 1991-1-3, pro kterou je charakteristická hodnota je $s_k=0,7\text{kN/m}^2$. Větrná oblast je I, základní rychlost větru je $v_{b0} = 22,5\text{ms}^{-1}$. Kategorie terénu pro místnost stavby je IV: městské oblasti.

Součinitel pro užitné a klimatické zatížení je $\gamma_Q = 1,5$.

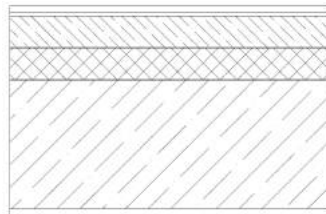
3.2. Zatížení skladbou podlahových konstrukcí.

Ve výpočtu zatížení od skladeb není uvažována vlastní tíha nosných konstrukcí, to se pak vygeneruje automaticky ve výpočetním programu.

S1 - Střecha - plochá, nepochozí.

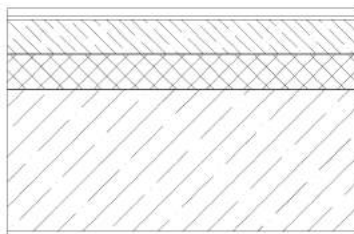
Název	Tloušťka (m)	Obj. tíha (kNm ⁻³)	Normové zat.(kNm ⁻²)	g (souč.zat.)	Výpočtové zat.(kNm ⁻²)
mech.přítížení kačírek	0.05	20	1		
separační folie	0.002	-	0.02		
pvc folie	0.002	-	0.02		
separační folie	0.002	-	0.02		
TI eps	0.3	0.25	0.075		
asfaltové pásy	0.005	-	0.1		
žb deska	-	-	-		
šterková omítka	0.01	18	0.18		
Celkem			1.415	1.35	1.91025

-Do výpočetního programu zadáno 1,45kN/m²

S2 - Podlaha nad 2. až 8.NP - laminátová podlaha

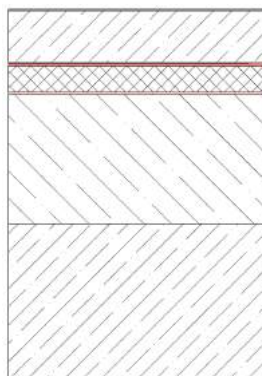
Název	Tloušťka (m)	Obj. tíha (kNm ⁻³)	Normové zat.(kNm ⁻²)	g (souč.zat.)	Výpočtové zat.(kNm ⁻²)
laminátová podlaha	0.01	15	0.15		
izolační pás mirelon	0	-	0.01		
betonová mazanina C25/30	0.05	25	1.25		
PE folie	-	-	0.01		
Kročejová izolace min vlny	0.05	0.4	0.02		
separační folie			0.02		
žb deska	-	-	-		
šterková omítka	0.01	18	0.18		
Celkem			1.64	1.35	2.214

-Do výpočetního programu zadáno 1,7kN/m²

S3 - Podlaha nad 2. až 8.NP - keramická dlažba

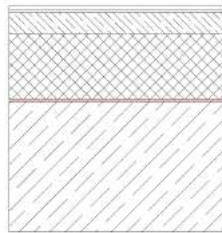
Název	Tloušťka (m)	Obj. tíha (kNm ⁻³)	Normové zat.(kNm ⁻²)	g (souč.zat.)	Výpočtové zat.(kNm ⁻²)
keramická dlažba	0.01	22	0.22		
flexibilní lepidlo	0.005	18	0.09		
betonová mazanina C25/30	0.05	25	1.25		
PE folie	-	-	0.01		
Kročeiová izolace min vlny	0.05	0.4	0.02		
separační folie			0.02		
žb deska	-	-	-		
šterková omítka	0.01	18	0.18		
Celkem			1.79	1.35	2.4165

-Do výpočetního programu zadáno 1,8kN/m²

S8 - Podlaha nad 1.NP - se spádovou vrstvou

Název	Tloušťka (m)	Obj. tíha (kNm ⁻³)	Normové zat.(kNm ⁻²)	g (souč.zat.)	Výpočtové zat.(kNm ⁻²)
barevný nátěr	0.001	15	0.015		
stěrka AST 302	0.002	18	0.036		
stěrková penetrace AST 105	-	-	0.1		
betonová mazanina C25/30	0.07	25	1.75		
asfaltové pásy 2x	0.008	-	0.2		
TI xps	0.05	0.25	0.0125		
asfaltové pásy	0.004	-	0.1		
lehčený beton LC25/28 - spád	0.05-0.5	8	4	zatížení 0.4 - 4	
žb deska	-	-	-		
Celkem			6.2135	1.35	8.388225

-Do výpočetního programu zadáno 3,6 - 6,2kN/m²

S7 - Podlaha nad 1.NP - keramická dlažba

Název	Tloušťka (m)	Obj. tíha (kNm ⁻³)	Normové zat.(kNm ⁻²)	g (souč.zat.)	Výpočtové zat.(kNm ⁻²)
keramická dlažba	0.01	22	0.22		
flexibilní lepidlo	0.005	18	0.09		
betonová mazanina C25/30	0.05	25	1.25		
PE folie	-	-	0.01		
TI eps	0.15	0.4	0.06		
asfaltové pásy	0.005	-	0.1		
žb deska	-	-	-		
Celkem			1.73	1.35	2.3355

-Do výpočetního programu zadáno 1,8kN/m²

S7 - Terasa 2.NP - keramická dlažba

Název	Tloušťka (m)	Obj. tíha (kNm ⁻³)	Normové zat.(kNm ⁻²)	g (souč.zat.)	Výpočtové zat.(kNm ⁻²)
keramická dlažba	0.015	22	0.33		
flexibilní lepidlo	0.005	18	0.09		
separační folie	0.001	-	0.02		
pvc folie	0.002	-	0.02		
separační folie	0.001	-	0.02		
betonová mazanina ve spádu	0.04-0.07	25	1.375		
žb deska	-	-	-		
Celkem			1.855	1.35	2.50425

-Do výpočetního programu zadáno 1,9kN/m²

S8 - Balkony na ISO nosnicích - keramická dlažba

Název	Tloušťka (m)	Obj. tíha (kNm^{-3})	Normové zat. (kNm^{-2})	g (souč.zat.)	Výpočtové zat. (kNm^{-2})
keramická dlažba	0.015	22	0.33		
flexibilní lepidlo	0.005	18	0.09		
separační folie	0.001	-	0.02		
pvc folie	0.002	-	0.02		
separační folie	0.001	-	0.02		
žb prefa deska	-	-	-		
Celkem			0.48	1.35	0.648

-Do výpočetního programu zadáno $0,5\text{kN/m}^2$

3.3. Zatížení příčkami

Mezibytové příčky budou vystavěny z cíhel Porotherm 11,5 s objemovou tíhou $8,7\text{ kN/m}^2$. Délka příček v místnostech obytných podlaží o ploše 57m^2 je 19m. Plošné zatížení pak bude **1.1 kN/m^2** . Tato maximální hodnota bude navržena pro celou plochu všech obytných podlaží.

Součinitel zatížení pro příčky v MSU je uvažován hodnotou $\gamma_Q = 1,5$, pro MSP jsou příčky považovány za dlouhodobě působící zatížení $\dots\Psi_2=1,0$.

3.4. Zatížení zemním tlakem.

Stěny suterénního podlaží jsou zatíženy zemním tlakem. Byl uvažován zemní tlak v klidu, tj. předpokládám že u stěn je zabráněno velkým vodorovným deformacím.

Je nutné brát v úvahu možné přetížení zeminy v okolí upraveného terénu. Za přetížení volím $q = 10\text{kN/m}^2$ - hodnota odpovídá možným zatížením paletou stavebního materiálu a těžkými vozidly. Přetížení bude uvažováno jako celoplošné svislé zatížení, a do výpočtu bude zavedeno náhradní výškou nadnásypu. Suterénní stěny budou zasypány štěrkopískem objemové hmotností $\gamma_z = 18\text{kN/m}^3$

Součinitel zemního tlaku v klidu K_0 :

Pro nesoudržnou vrstvu štěrpkopískové zeminy se stanoví součinitel zemního tlaku v klidu K_0 následovně:

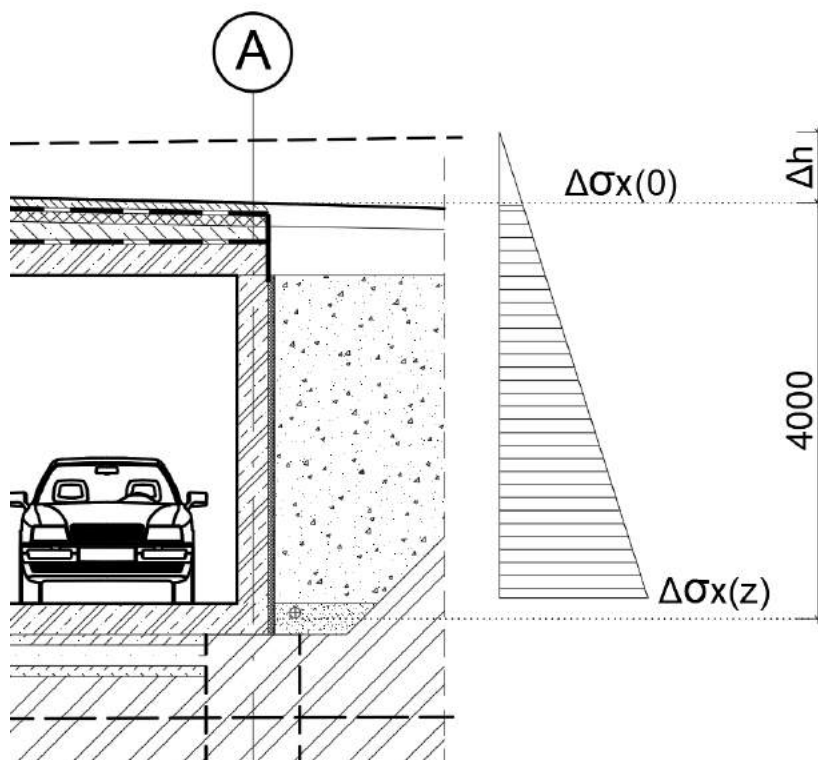
$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu} = \frac{0,3}{1-0,3} = 0,43$$

kde:

ν - Poissonovo číslo

γ_z - Objemová tíha zeminy

K_0 - součinitel zemního tlaku v klidu



obr.28. Schéma zatížení stěny 1.PP

Výpočet zemního tlaku

$$\Delta h_0 = \frac{\gamma_Q \times q_k}{\gamma_G \times \gamma_z} = \frac{1,5 \times 10}{1,35 \times 18} = 0,62$$

$$\sigma_x(0) = \gamma_z \times K_0 \times h$$



Tlak zeminy v hloubce $h=1,3\text{ m}$ $\Delta h_0= 0,62\text{ m}$

$$\sigma x(0) = 18 \times 0,43 \times (1,3 + 0,62) = 14,9\text{kPa}$$

Tlak zeminy v hloubce $h=4,0\text{ m}$ $\Delta h_0= 0,62\text{ m}$

$$\sigma x(z) = 18 \times 0,43 \times (4,0 + 0,62) = 35,76\text{kPa}$$

Normové zatížení v hloubce $h=1,3\text{ m}$ $\Delta h_0= 0,62\text{ m}$

$$f(0) = \sigma x(0) \times b = 14,9 \times 1,0 = 14,9\text{kN / m}$$

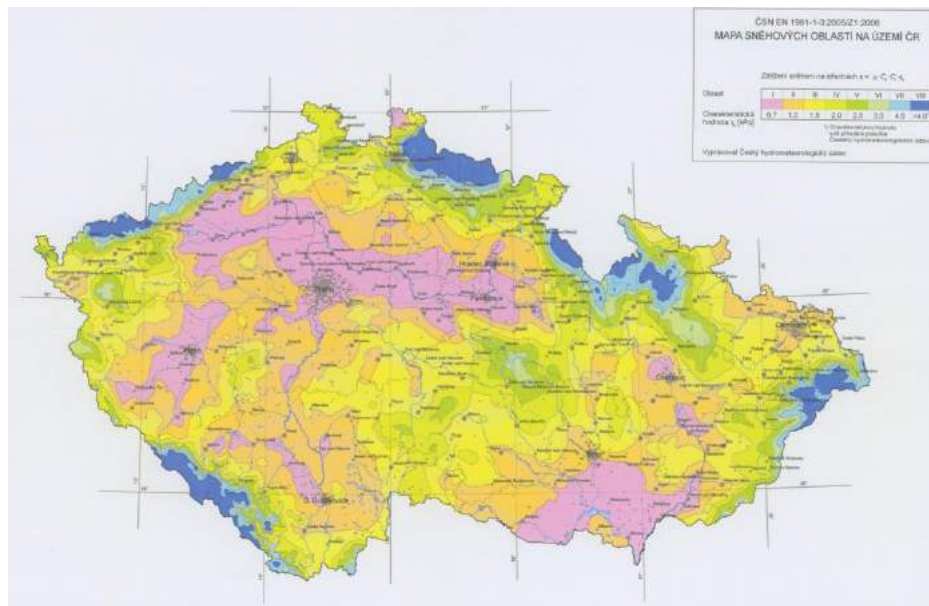
Normové zatížení v hloubce $h=4,0\text{ m}$ $\Delta h_0= 0,62\text{ m}$

$$f(0) = \sigma x(z) \times b = 35,76 \times 1,0 = 35,76\text{kN / m}$$

3.5. Klimatické zatížení

3.5.1. Zatížení sněhem

Dle ČSN EN 1993-1-3:



obr.29. Mapa sněhových oblastí ČSN 1993-1-3

$$s = \mu \times C_e \times C_t \times s_k$$

kde:

- μ - tvarový součinitel
- C_e - Součinitel expozice
- C_t - tepelný součinitel
- s_k - charakteristická hodnota zatížení sněhem

Sněhová oblast:

I - město Brno

Charakteristická hodnota:

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

Úhel sklonu střechy:

$$\alpha = 2^\circ$$

Tvarový součinitel:

$$\mu = 0,8 \quad \text{- pro ploché střechy}$$

Součinitel expozice:

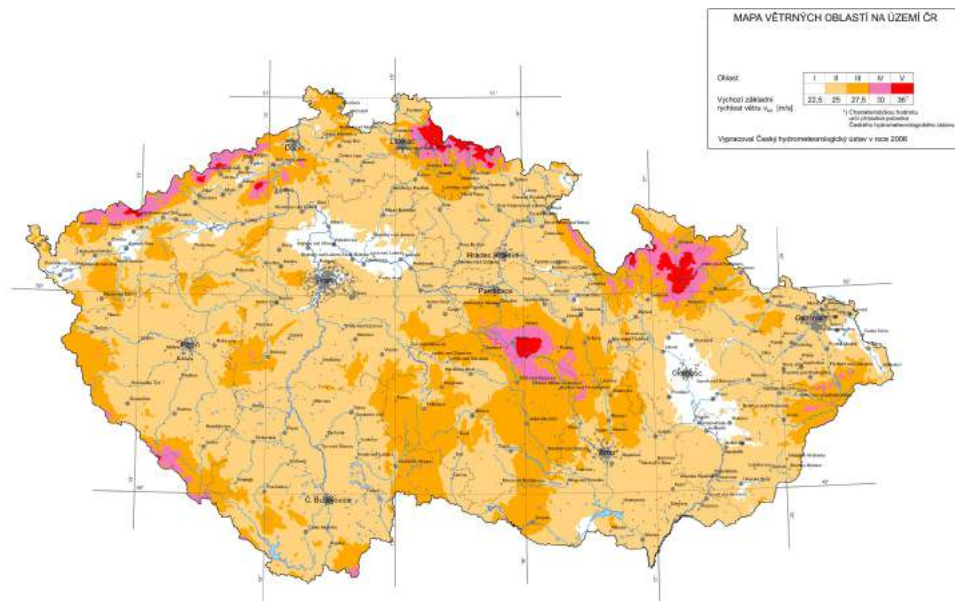
$$C_e = 1,0 \quad \text{- pro normální typ krajiny}$$

Tepelný součinitel:

$$C_t = 1,0$$

$$s = \mu \times C_e \times C_t \times s_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

3.5.2. Zatížení větrem



obr.30. Mapa větrných oblastí ČSN 1993-1-4

Parametry

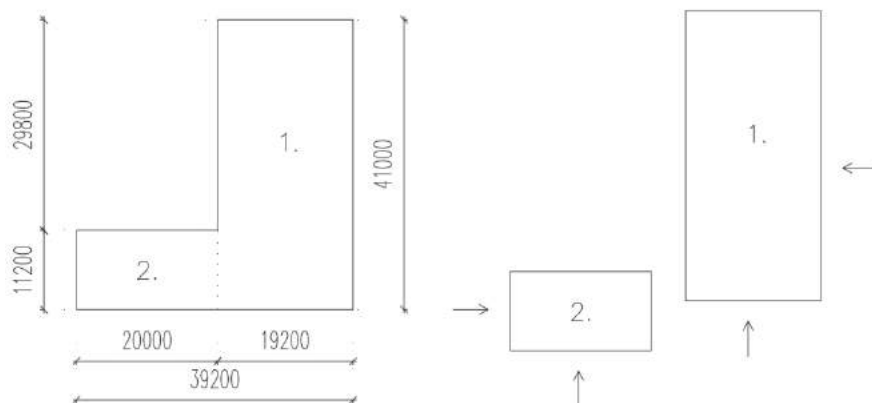
Oblast - I

Kategorie terénu - IV (Městské oblasti)

Pro zjednodušení výpočtu zatížení větrem objekt je rozdělen na dvě části, zatížení kterých budou pak kombinovány s ohledem na nepříznivost.

Rozměry:

Výška budovy: $h = 26 \text{ m}$ Výška atiky: $h_a = 1 \text{ m}$ Šířka budovy: $d_1 = 19,2 \text{ m}$ $d_2 = 11,2 \text{ m}$ Délka budovy: $b_1 = 41 \text{ m}$ $b_2 = 20 \text{ m}$



obr.31. Schéma rozložení objektu na 2 části.

Výchozí základní rychlost větru : $v_{b0} = 22,5 \text{ms}^{-1}$

Základní rychlost větru: $v_b = C_{dir} \times C_{season} \times v_{b0} = 1,0 \times 1,0 \times 22,5 \text{ms}^{-1}$

Referenční výška: $z_e = h = 27,65$

$z_0 = 1,0 \text{ m}$ $z_{min} = 10 \text{ m}$

Maximální dynamický tlak: $q_{p(z)} = c_{e(z)} \times q_b = 1,9 \times 0,316 = 0,6 \text{kPa}$

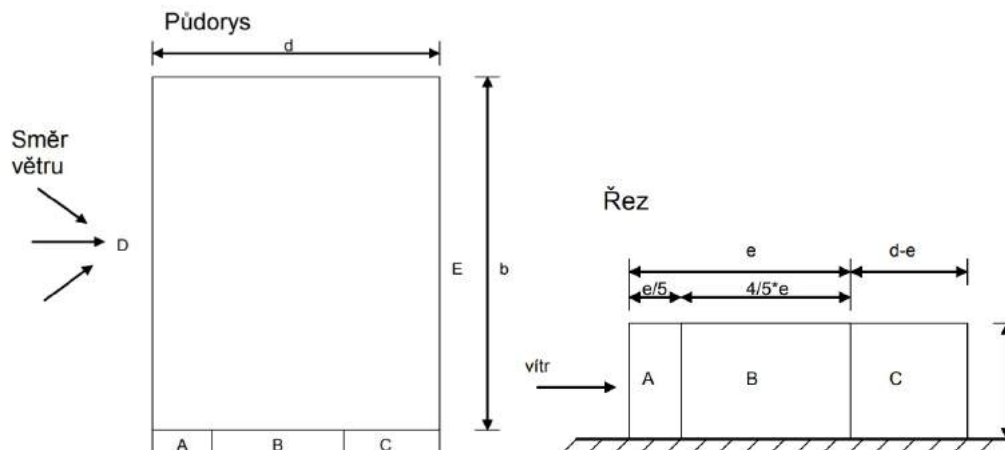
Součinitel expozice : $c_{e(z)} = 1,9$

Základní tlak větru: $q_b = 0,5 \times \rho \times v_b^2 =$

$0,5 \times 1,25 \text{kg/m}^3 \times (22,5 \text{ms}^{-1})^2 = 0,316 \text{kPa}$

Součinitel vnějšího tlaku

Stěny



obr.32. Schéma ploch svislých stěn.[10]

Vítr ve směru osy X

1. část objektu

Geometrie

$$b = 41m; \quad d = 19,2m; \quad h=27m$$

$$e = \min(b, 2h) = (41m, 54m) = 41m;$$

$$\text{Oblast A} = e/5 = 8,2 m;$$

$$\text{Oblast B} = 4/5 \times e = 32,8m$$

$$h/d = 1,4$$

$$\text{Oblast D} \quad C_{pe,10} = +0,8$$

$$\text{Oblast A} \quad C_{pe,10} = -1,2$$

$$\text{Oblast B} \quad C_{pe,10} = -0,8$$

$$\text{Oblast E} \quad C_{pe,10} = -0,5$$

2.část objektu

Geometrie

$$b = 11,2m; \quad d = 20m; \quad h=27m;$$

$$e = \min(b, 2h) = (11,2m, 54m) = 11,2m;$$

$$\text{Oblast A} = e/5 = 2,24 m;$$

$$\text{Oblast B} = 4/5 \times e = 8,96m;$$

$$h/d = 1,35$$

$$\text{Oblast D} \quad C_{pe,10} = +0,8$$

$$\text{Oblast A} \quad C_{pe,10} = -1,2$$

$$\text{Oblast B} \quad C_{pe,10} = -0,8$$

$$\text{Oblast E} \quad C_{pe,10} = -0,5$$

Vítr ve směru osy Y

1.část objektu

Geometrie

$$b = 19,2m; \quad d = 41m; \quad h=27m$$

$$e = \min(b, 2h) = (19,2m, 54m) = 19,2m;$$

$$\text{Oblast A} = e/5 = 3,84 m;$$

$$\text{Oblast B} = 4/5 \times e = 15,36m$$



$$h/d = 0,66$$

$$\text{Oblast D} \quad C_{pe,10} = +0,8$$

$$\text{Oblast A} \quad C_{pe,10} = -1,2$$

$$\text{Oblast B} \quad C_{pe,10} = -0,8$$

$$\text{Oblast E} \quad C_{pe,10} = -0,4$$

2.části objektu

Geometrie

$$b = 20m; \quad d = 11,2m; \quad h=27m$$

$$e = \min(b,2h) = (20m, 54m) = 20m;$$

$$\text{Oblast A} = e/5 = 4 m;$$

$$\text{Oblast B} = 4/5 \times e = 16m;$$

$$h/d = 2,4$$

$$\text{Oblast D} \quad C_{pe,10} = +0,8$$

$$\text{Oblast A} \quad C_{pe,10} = -1,2$$

$$\text{Oblast B} \quad C_{pe,10} = -0,8$$

$$\text{Oblast E} \quad C_{pe,10} = -0,6$$

Tlak větru se bude do výpočetního programu zadávat jako liniové zatížení na příslušné okraje desek. Pro výpočet liniového zatížení maximální tlak větru bude přenásoben konstrukční výškou podlaží a pak součinitelem vnějšího tlaku:

$$f_{vitr} = q_{p(z)} \times h \times C_{pe}$$

Výpočet liniového zatížení na jednotlivé podlaží.

Na strop nad 1NP:

Směr X

$$\begin{aligned} f_{vitr} &= f_{vitr,tlak} + f_{vitr,sani} = q_{p(z)} \times h \times (C_{pe,D} + C_{pe,E}) \\ &= 0,6kPa \times (4,15+3)/2m \times (0,8+0,5) = 2,145 \times (0,8+0,5) = 2,8kN/m \end{aligned}$$

Směr Y

$$\begin{aligned} f_{vitr,1blok} &= f_{vitr,1y,tlak} + f_{vitr,1y,sani} = q_{p(z)} \times h \times (C_{pe,1x,D} + C_{pe,1x,E}) \\ &= 0,6kPa \times (4,15+3)/2m \times (0,8+0,5) = 2,145 \times (0,8+0,4) = 2,6kN/m \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}f_{\text{vitr},2\text{blok}} &= f_{\text{vitr},2y,\text{tlak}} + f_{\text{vitr},2y,\text{sani}} = q_{p(z)} \times h \times (C_{pe2y,D} + C_{pe,2y,E}) \\ &= 0,6\text{kPa} \times (4,15+3)/2\text{m} \times (0,8+0,6) = 2,145 \times (0,8+0,6) = 3\text{kN/m}\end{aligned}$$

Na strop nad 2-7NP:

Směr X

$$\begin{aligned}f_{\text{vitr}} &= f_{\text{vitr},\text{tlak}} + f_{\text{vitr},\text{sani}} = q_{p(z)} \times h \times (C_{pe,D} + C_{pe,E}) \\ &= 0,6\text{kPa} \times 3\text{m} \times (0,8+0,5) = 1,8 \times (0,8+0,5) = 2,35\text{kN/m}\end{aligned}$$

Směr Y

$$\begin{aligned}f_{\text{vitr},1\text{blok}} &= f_{\text{vitr},1y,\text{tlak}} + f_{\text{vitr},1y,\text{sani}} = q_{p(z)} \times h \times (C_{pe,1x,D} + C_{pe,1x,E}) \\ &= 0,6\text{kPa} \times 3\text{m} \times (0,8+0,5) = 1,8 \times (0,8+0,4) = 2,2\text{kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_{\text{vitr},2\text{blok}} &= f_{\text{vitr},2y,\text{tlak}} + f_{\text{vitr},2y,\text{sani}} = q_{p(z)} \times h \times (C_{pe2y,D} + C_{pe,2y,E}) \\ &= 0,6\text{kPa} \times 3\text{m} \times (0,8+0,6) = 1,8 \times (0,8+0,6) = 2,55\text{kN/m}\end{aligned}$$

Na strop nad 8NP:

Směr X

$$\begin{aligned}f_{\text{vitr}} &= f_{\text{vitr},\text{tlak}} + f_{\text{vitr},\text{sani}} = q_{p(z)} \times h \times (C_{pe,D} + C_{pe,E}) \\ &= 0,6\text{kPa} \times (3+1)/2\text{m} \times (0,8+0,5) = 1,2 \times (0,8+0,5) = 1,6\text{kN/m}\end{aligned}$$

Směr Y

$$\begin{aligned}f_{\text{vitr},1\text{blok}} &= f_{\text{vitr},1y,\text{tlak}} + f_{\text{vitr},1y,\text{sani}} = q_{p(z)} \times h \times (C_{pe,1x,D} + C_{pe,1x,E}) \\ &= 0,6\text{kPa} \times (3+1)/2\text{m} \times (0,8+0,5) = 1,2 \times (0,8+0,4) = 1,45\text{kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_{\text{vitr},2\text{blok}} &= f_{\text{vitr},2y,\text{tlak}} + f_{\text{vitr},2y,\text{sani}} = q_{p(z)} \times h \times (C_{pe2y,D} + C_{pe,2y,E}) \\ &= 0,6\text{kPa} \times (3+1)/2\text{m} \times (0,8+0,6) = 1,2 \times (0,8+0,6) = 1,7\text{kN/m}\end{aligned}$$

Kombinace zatížení

Základní kombinace pro MSU je dle ČSN EN 1990 , rovnice 6.10:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Charakteristické kombinace pro MSP dle ČSN EN 1990, rovnice 6.14:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace pro MSP dle ČSN EN 1990, rovnice 6.16:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Součinitel ψ_i jsou uvažovány dle normy ČSN EN 1991-1-1 pro Kategorie A:
 $\psi_0=0,7$; $\psi_1=0,5$; $\psi_2=0,3$.



4. PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH

4.1. Materiálové charakteristiky

Třída betonu bylo zvoleno podle ČSN P 732404 a ČSN EN 206 + A1

Beton:

Třída betonu pro nadzemní konstrukce:	C30/37
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{ck} = 30\text{MPa}$
Součinitel materiálu:	$\gamma_c = 1,5$
Střední pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,9\text{ MPa}$
Modul pružností	$E_{cm} = 32\text{ GPa}$

Třída betonu pro konstrukce Bílé vany:	C25/30
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{ck} = 25\text{MPa}$
Součinitel materiálu:	$\gamma_c = 1,5$
Střední pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,6\text{ MPa}$
Modul pružností	$E_{cm} = 30,5\text{ GPa}$

Ocel:

Třída betonářské oceli:	B500B
Charakteristická pevnost výztuže v tahu:	$f_{yk} = 500\text{ MPa}$
Součinitel materiálu:	$\gamma_s = 1,15$
Modul pružnosti:	$E_s = 200\text{ GPa}$

Parametry Návrhu

Kategorie návrhové životnosti:	S4 - bytový dům (50let)
--------------------------------	-------------------------

4.2. Stupně vlivu prostředí jednotlivých konstrukcí:

Podkladní deska základu	X0
Základová deska	XC3, XF1
Stěny suterénního podlaží	XC3, XF1
Sloupy suterénního podlaží	XC3
Strop nad suterénním podlažím	XC3
Sloupy 1NP	XC4, XF2



Strop nadzemních podlaží	XC1
Balkony	XC4, XF2
Stupně vlivu prostředí dle ČSN EN 206:	
X0	- Bez nebezpečí koroze nebo napadení (Beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu)
XC1	- Koroze vyvolaná karbonatací: suché nebo stálé mokré (Beton uvnitř budov s nízkou vlhkostí vzduchu, beton ponořený ve vodě.)
XC2	- Koroze vyvolaná karbonatací: mokré občas suché (Beton vystavený dlouhodobému působení vody)
XC3	- Koroze vyvolaná karbonatací: středně vlhké (Beton uvnitř budov s velkou vlhkostí vzduchu)
XC4	- Koroze vyvolaná karbonatací: střídavě mokré a suché (Beton ve styku s vodou, které nejsou zahrnuty ve stupni XC2)
XF2	- Působení mrazu: středně nasycené vodou s rozmrazovacími prostředky (Svislé betonové povrchy konstrukcí pozemních komunikací vystavené mrazu a rozmrazovacím prostředkům rozptýleným ve vzduchu.)
XA1	- Chemická koroze: slabě agresivní

4.3. Stanovení krycí vrstvy výztuže

Stanovení dle ČSN EN 1992-1-1:

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm\}$$

$c_{min,b}$ - min. krycí vrstva z hlediska soudržnosti; [mm]

$c_{min,dur}$ - min. krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí; [mm]

$\Delta c_{dur,\gamma}$ - přídatná hodnota z hlediska spolehlivosti prvku; [mm]

$\Delta c_{dur,st}$ - redukce min. krycí vrstvy při použití nerezové oceli; [mm]

$\Delta c_{dur,add q}$ - redukce min. krycí vrstvy při použití přídatné ochrany; [mm]

$$c_{min,b} \geq \varnothing_s + 5 \text{ mm}$$

$\Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} = 0$ - doporučená hodnota

$c_{min,b}$ - není známa a nemůžeme to používat, proto z bezpečnostních důvodů nebude snížena návrhová kategorie vzhledem k pevnostní třídě betonu.



$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}, \text{ kde } \Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Krytí jednotlivých konstrukcí:

Základová deska XC3, XF1

$$c_{min} = \max \{c_{min,dur} ; 10\text{mm}\} = 25 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = \underline{40\text{mm}}$$

Stěny suterénního podlaží XC3, XF1

$$c_{min} = \max \{c_{min,dur} ; 10\text{mm}\} = 25 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = \underline{35\text{mm}}$$

Sloupy suterénního podlaží XC3

$$c_{min} = \max \{c_{min,dur} ; 10\text{mm}\} = 25 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = \underline{35\text{mm}}$$

Strop nad suterénním podlažím XC3

$$c_{min} = \max \{c_{min,dur} ; 10\text{mm}\} = 25 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = \underline{35\text{mm}}$$

Sloupy 1NP XC4, XF2

$$c_{min} = \max \{c_{min,dur} ; 10\text{mm}\} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = \underline{40\text{mm}}$$

Konstrukce nadzemních podlaží XC1

$$c_{min} = \max \{c_{min,dur} ; 10\text{mm}\} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = \underline{25\text{mm}}$$

4.4. Předběžný návrh

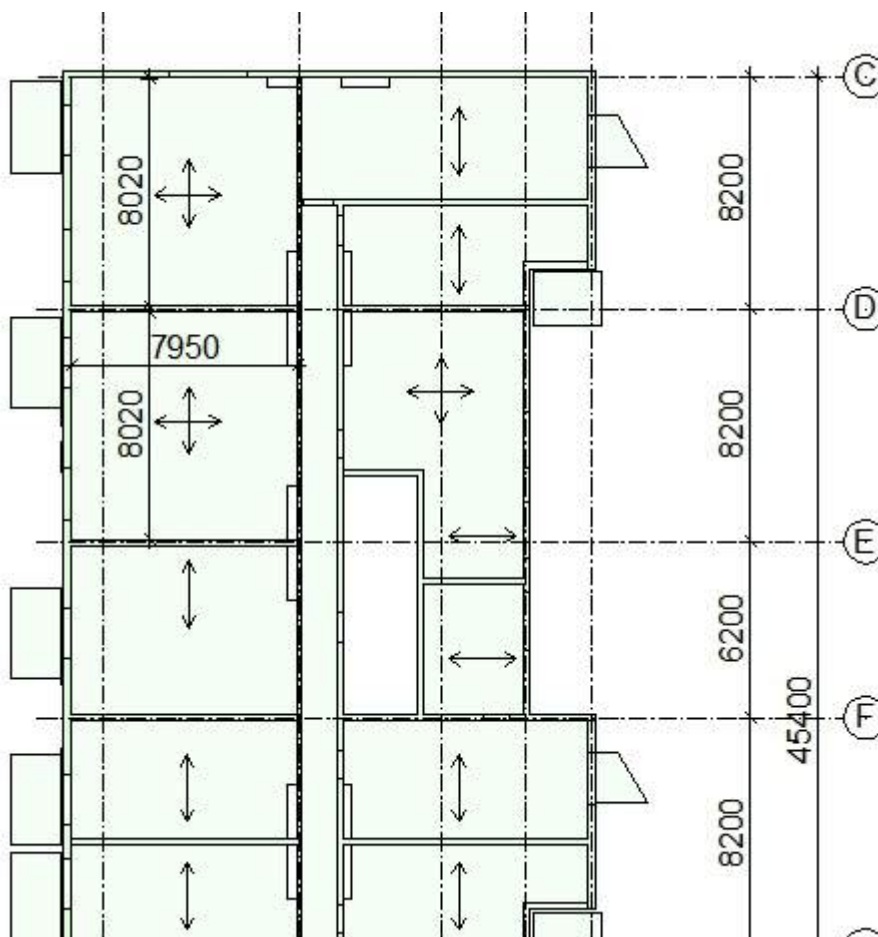
4.4.1. Vodorovné nosné konstrukce - desky nadzemních podlaží

(desky nad 1.NP až 8NP)

A) Návrh rozměrů prvků dle konstrukčních doporučení (empirický návrh).

Maximální rozpětí desky: $L_x = 7950 \text{ mm}$

$L_y = 8020 \text{ mm}$



obr.33. Schéma desky nad 2.NP.

$$h_s = \max\left(\frac{1}{75}(L_x + L_y); \frac{1}{35}L_{\min}\right) = \max\left(\frac{1}{75}(8020 + 7950); \frac{1}{35}7950\right) = (213,227) = 227 \text{ mm}$$

B) Návrh rozměru dle ohybové štíhlosti (dle EN 1992-1-1)

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda_d = K_{c1} \times K_{c2} \times K_{c3} \times \lambda_{d,tab} \longrightarrow d \geq \frac{l}{K_{c1} \times K_{c2} \times K_{c3} \times \lambda_{d,tab}}$$

kde:



- λ ohybová štíhlost posuzovaného prvku ; [-]
- λ_d vymezuující ohybová štíhlost; [-]
- l osově rozpětí prvku; [m]
- d výška staticky účinné části průřezu; [m]
- K_{c1} součinitel tvaru průřezu, obdélníkový průřez => K_{c1} = 1,0; [-]
- K_{c3} součinitel napětí tahové výztuže, K_{c3} = 1,2
- K_{c2} součinitel rozpětí => L=7,95m ≥ 7,0 m => K_{c2} = 7/L = 7/7,95 = 0,88; [-]
- λ_{d,tab} vymezuující ohybová štíhlost; [-]

λ_{d,tab} pro **krajní pole** spojitého nosníku:

ρ [%]	Pevnostní třída betonu								
	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
0,5	19,0	20,5	22,1	24,1	26,7	29,9	33,5	37,4	41,6
1,5	15,9	16,4	16,9	17,6	18,2	18,9	19,5	20,2	20,8

λ_{d,tab}=26,7 -krajní pole spojitě desky křížem vyztužené působící v kratším směru, ρ=0,5 %

λ_{d,tab} pro **vnitřní pole** spojitého nosníku:

ρ [%]	Pevnostní třída betonu								
	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
0,5	21,9	23,7	25,5	27,8	30,8	34,5	38,6	43,2	48,0
1,5	18,3	18,9	19,5	20,3	21,0	21,8	22,5	23,3	24,0

λ_{d,tab}=30,8 -vnitřní pole spojitě desky křížem vyztužené působící v kratším směru, ρ=0,5 %

Minimální výška staticky účinné části průřezu:

Krajní pole:

$$d \geq \frac{7950}{1,0 \times 0,88 \times 1,2 \times 26,7} = 282 \text{ mm}$$

Vnitřní pole:

$$d \geq \frac{7950}{1,0 \times 0,88 \times 1,2 \times 30,8} = 244 \text{ mm}$$



Návrhová tloušťka desky:

Krajní pole:

$$h_{d1} = d1 + s/2 + c_{nom} = 282 + 12/2 + 25 = 313\text{mm} \quad - \text{zaokrouhlení } 315\text{mm}$$

Vnitřní pole:

$$h_{d2} = d2 + s/2 + c_{nom} = 244 + 12/2 + 25 = 275\text{mm} \quad - \text{zaokrouhlení } 275\text{mm}$$

Poznámka:

Ověření ohybové štíhlosti je zjednodušená metoda omezení průhybu při mezním stavu použitelnosti. Tloušťky vypočtené z omezení ohybové štíhlosti jsou poměrně velké pro stropy nadzemních podlaží. Z odhadu tloušťky pomocí empirických vztahů a omezení ohybové štíhlosti máme dolní a horní meze tloušťky desek: $230 \div 315 \text{ mm}$.

Navrhuje se 8 stropních desek pro nadzemní podlaží, které jsou stejně zatíženy. Je vhodně použít desky menší tloušťky, proto dále bude zvolena tloušťka desky menší z vypočtených hodnot v předchozí kapitole, a následně bude ověřena výpočtem omezení průhybu desky. Výpočet omezení průhybu desky zohledňuje skutečné zatížení a zohledňuje účinky dotvarování a smršťování konstrukce. Byla zvolena tloušťka **desky 250mm**, v následující kapitole bude průhyb desky ověřen podrobnějším výpočtem.



C) Ověření tloušťky desky pomocí 2D modelu výseku konstrukce

Byl vytvořen 2D model ve výpočetním programu Dlubal RFEM 15,6

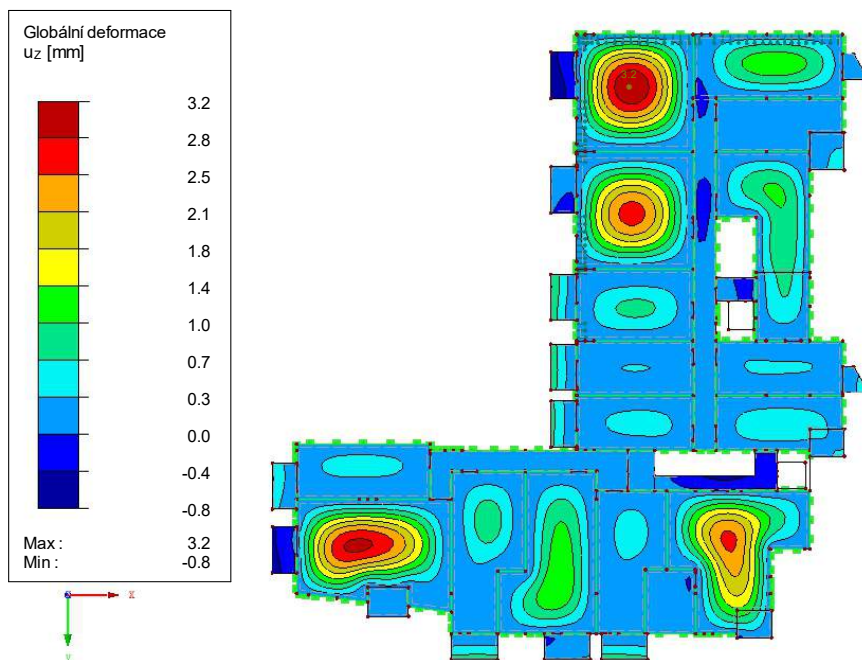


Ve směru Z

obr.34. 2D model stropní desky NP - tloušťky desek

KV 3: MSP kvaz
Globální deformace u-Z
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Ve směru Z



obr.35. 2D model stropní desky NP - průhyb



Celkový průhyb stropu se zohledněním účinku dotvarování a rozvoje trhlin bude stanoveno následujícím postupem:

1. Stanovení pružného průhybu desky lineárním výpočtem v MKP výpočetním programu RFEM při kvazistálé kombinaci (6.16b) dle ČSN EN 1990 (viz kapitola 3.1)
2. Stanovení součinitele k_{cracks} a k_{creep} , kterými bude následně vynásoben pružný průhyb.

Podmínkou mezního stavu omezení průhybu je, že celkový průhyb při kvazistálé kombinaci zatížení nepřekročí hodnotu $1/250$ rozpětí, tedy:

$$u_{z,celk} = k_{cracks} \times k_{creep} \times u_{z,lin} < L/250$$

$$k_{cracks} = I/I_{výsledný}$$

$$k_{creep} = E_{cm}/E_{c,eff}$$

kde:

E_{cm} - sečnový modul pružnosti [GPa]

$E_{c,eff}$ - efektivní modul pružnosti [GPa]

b - šířka průřezu

h - výška průřezu

I - moment setrvačnosti ideálního průřezu [m⁴]

$I_{výsledný}$ - výsledný moment setrvačnosti průřezu vztaženého k

rozhodujícím hodnotám momentu setrvačnosti ideálního průřezu I a momentu setrvačnosti průřezu porušeného trhlinou l ; [m⁴]

Tloušťka stropní desky $h = 250$ mm

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(\infty, t_0)}$$

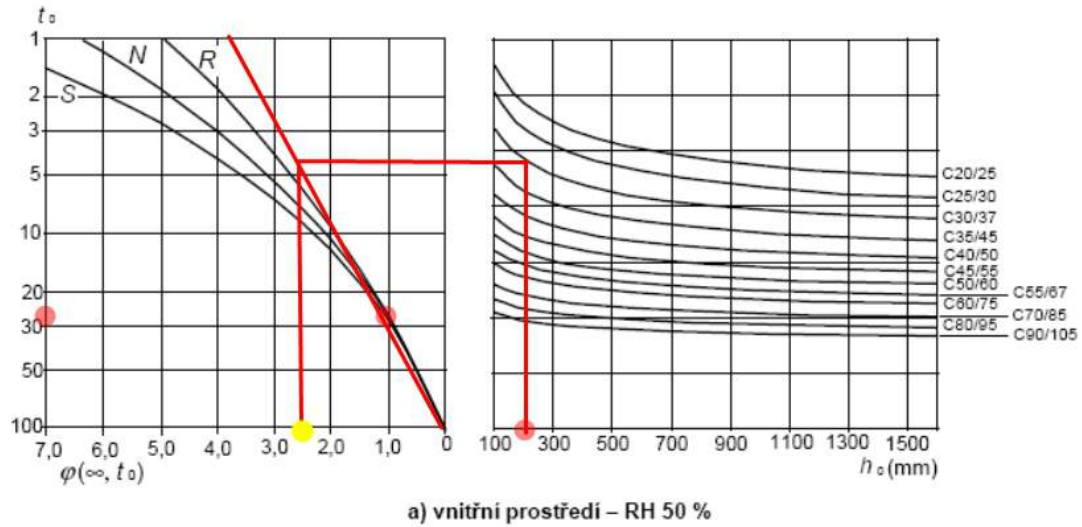
$\varphi(\infty, t_0)$ - součinitel dotvarování pro příslušné zatížení a dobu jeho trvání

t_0 - stáří betonu při vnesení zatížení = 28dní

h_0 - náhradní rozměr průřezu

$$h_0 = \frac{2 \times A_c}{u} = \frac{2 \times 0,25 \times 1,0}{0,25 \times 2 + 1,0 \times 2} = 0,2m, \text{ kde } A_c \text{ a } u \text{ - plocha a obvod průřezu}$$

Třída tvrdnutí cementu je N - normálně tvrdnutí



Obr.36. Ukázka zjednodušeného stanovení součinitele dotvarování [1]

$$\varphi(\infty, t_0) = 2,5$$

$$E_{c, eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(\infty, t_0)} = \frac{32000}{1 + 2,5} = 9142 \text{ GPa}$$

$$k_{creep} = 3,5$$

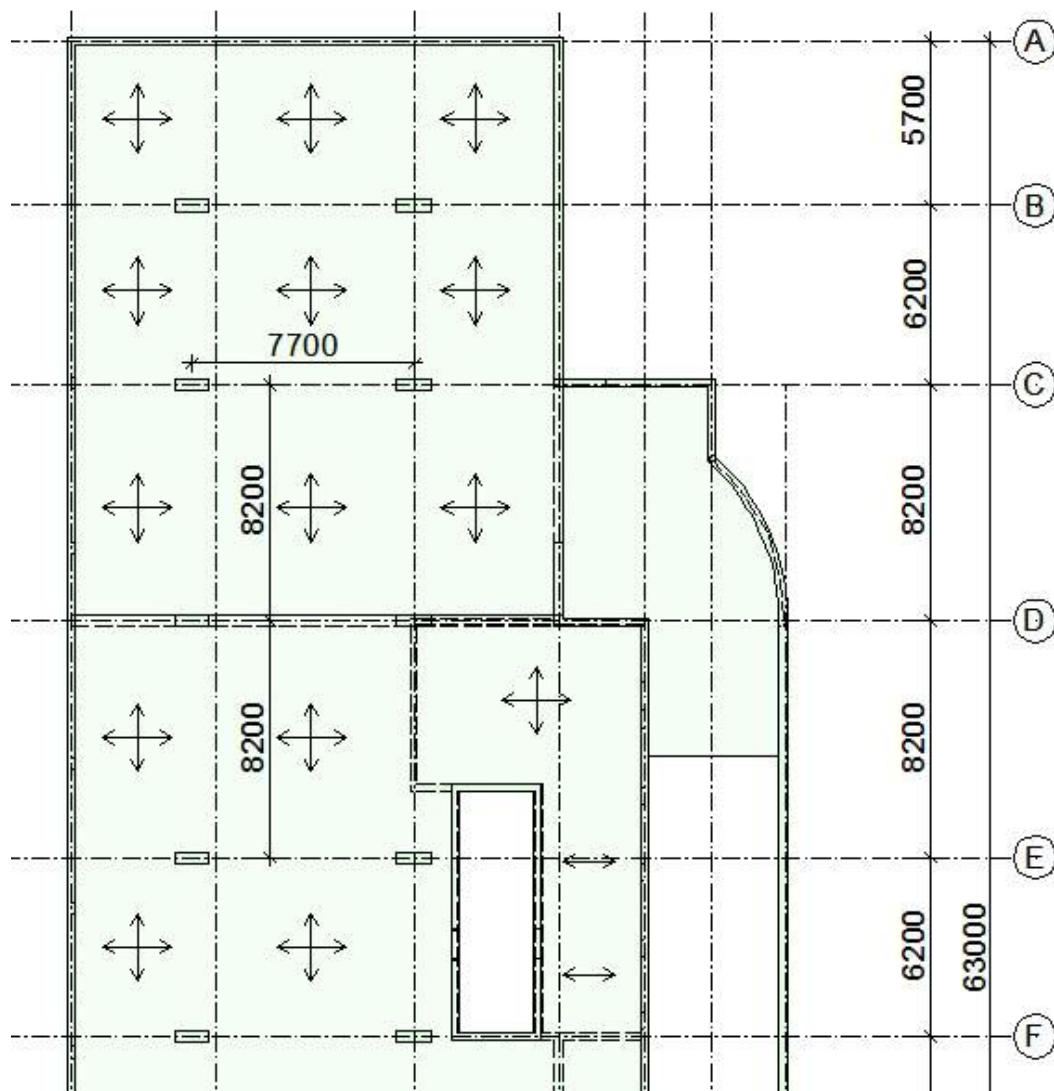
$$k_{crack} = 2,0 \div 3,0 = 2,5$$

$$u_{z, celk} = u_{z, lin} \times k_{crack} \times k_{creep} = 3,2 \times 2,5 \times 3,5 = 28 < L/250 = 31.8 \text{ mm} - \text{vyhovuje.}$$

Lze předpokládat, že navržená tloušťka stropních desek 250mm v nadzemních podlažích bude z hlediska deformací pro tento objekt vyhovující.

4.4.2. Vodorovné nosné konstrukce - desky nad 1PP

A) Návrh rozměrů prvků dle konstrukčních doporučení (empirický návrh).

Maximální rozpětí desky: $L_x = 7700 \text{ mm}$ $L_y = 8200 \text{ mm}$ 

obr.37. Schema desky nad 1.PP.

$$h_s = \max\left(\frac{1}{33} L_{\max}; \frac{1}{35} \left(L_{\max} - \frac{2d_c}{3}\right)\right) = \max\left(\frac{1}{35} (8200); \frac{1}{35} \left(8200 - \frac{2 \times 800}{3}\right)\right) = (234,220) = 235 \text{ mm}$$

kde:

 h_s - výška průřezu desky d_c - účinná výška sloupu



B) Návrh rozměru dle ohybové štíhlosti (dle EN 1992-1-1)

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda d = Kc1 \times Kc2 \times Kc3 \times \lambda d, tab \longrightarrow d \geq \frac{l}{Kc1 \times Kc2 \times Kc3 \times \lambda d, tab}$$

kde:

- λ ohybová štíhlost posuzovaného prvku ; [-]
- λd vymezuující ohybová štíhlost; [-]
- l osové rozpětí prvku; [m]
- d výška staticky účinné části průřezu; [m]
- Kc1 součinitel tvaru průřezu, obdélníkový průřez => Kc1 = 1,0; [-]
- Kc3 součinitel napětí tahové výztuže, Kc3 = 1,2
- Kc2 součinitel rozpětí => L = 7,7m ≥ 7,0 m => Kc2 = 7/L = 7/7,7 = 0,91; [-]
- λd,tab vymezuující ohybová štíhlost; [-]

λd,tab pro lokálně podepřenou desku:

ρ [%]	Pevnostní třída betonu								
	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
0,5	17,5	19,0	20,4	22,2	24,6	27,6	30,9	34,5	38,4
1,5	14,6	15,1	15,6	16,2	16,8	17,4	18,0	18,6	19,2

λd,tab = 24,6 - lokálně podepřená deska , ρ=0,5 %

Minimální výška staticky účinné části průřezu:

$$d \geq \frac{7700}{1,0 \times 0,91 \times 1,2 \times 24,6} = 286mm$$

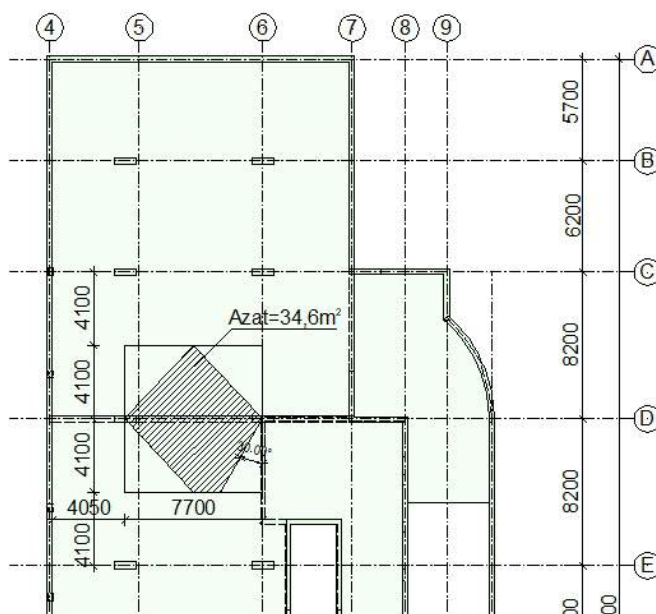
Návrhová tloušťka desky:

$$h_{d1} = d1 + \frac{s}{2} + c_{nom} = 286 + \frac{12}{2} + 35 = 327mm - zaokrouhlení 330mm$$

Z odhadu tloušťky pomocí empirických vztahů a omezení ohybové štíhlosti máme dolní a horní meze tloušťky desek: 235 ÷ 330 mm. Pro stropní desku nad suterénní podlaží byla zvolena tloušťka **h_{d1} = 300mm**, s ohledem na to, že deska bude zatížena víc než desky nadzemních podlaží.

4.4.3. Nosník stropní desky nad 1PP v ose DRozpětí: $L1 = 7,7m$ Návrhová výška: $ht = \left(\frac{1}{14} \div \frac{1}{12}\right) \times L_{\max} = (0,55m \div 0,64m) = 0,55m$ Návrhová šířka průvlatku: $bt = (0,33 \div 0,66) \times ht = (215 \div 430) = 400mm$

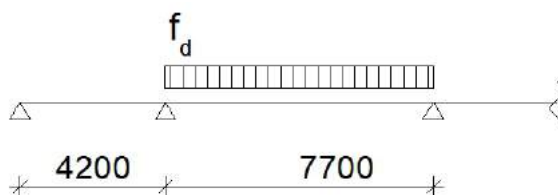
Zatížení na průvlatku:



obr.38. Zatěžovací plocha průvlatku D.

Zatížení desky nad 1.PP:

Typ zatížení	Char kN/m ²	Souč.	Návrhová kN/m ²
Skladba podlahy	4.5	1.35	6.075
VI.tíha desky tl.300mm	7.5	1.35	10.125
Užitné F: parkovací plochy	2.5	1.5	3.75
Celkem	14.5		19.95

Návrhové liniové zatížení: $(gd+fd) \times Azat/L = 19,95kN/m^2 \times 34,6m^2/7,7 = 89,6kN/m$ 

Vnitřní síly:



$$MEd = \frac{f_d \times L^2}{10} = \frac{89,6 \times 7,7^2}{10} = 531kNm$$

$$VEd = \frac{f_d \times L}{2} = \frac{89,6 \times 7,7}{2} = 345kNm$$

Ověření z hlediska ohybu:

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{531kNm}{0,4m \times (0,55m)^2 \times 20000kPa} = 0,22$$

$$\xi = 0,315 < \xi_{bal} = 0,617,$$

$$\xi = 0,315 < \xi_{max,nosník} = 0,45 - \text{vyhovuje}$$

Ověření stupně vyztužení:

$$\text{Účinná výška: } d = h_t - c_{nom} - \varnothing_s/2 = 550-35-10=505mm$$

$$\zeta = 0,874:$$

$$Asreq = M_{Ed}/(\zeta \times d \times f_{yd}) = 531kNm/(0,874m \times 0,505m \times 435000kPa) = 2765mm^2$$

$$\text{Stupeň vyztužení: } \rho = A_s/A_c = 2800mm^2/(400mm \times 550mm) = 0,013$$

$$\rho = 0,013 < \rho_{max} = 0,04$$

Ověření průhybu:

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \lambda d = Kc1 \times Kc2 \times Kc3 \times \lambda d, tab$$

kde:

- λ ohybová štíhlost posuzovaného prvku ; [-]

- λd vymezuující ohybová štíhlost; [-]

- l osové rozpětí prvku; [m]

- d výška staticky účinné části průřezu; [m]

- $Kc1$ součinitel tvaru průřezu, obdélníkový průřez => $Kc1 = 1,0$; [-]

- $Kc3$ součinitel napětí tahové vyztuže, $Kc3 = 1,2$

- $Kc2$ součinitel rozpětí => $L=7,7m \geq 7,0 m \Rightarrow Kc2 = 7/L = 7/7,7 = 0,91$; [-]

- $\lambda d, tab$ vymezuující ohybová štíhlost; [-]



$\lambda d, tab$ pro **vnitřní pole** spojitého nosníku:

ρ [%]	Pevnostní třída betonu								
	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
0,5	21,9	23,7	25,5	27,8	30,8	34,5	38,6	43,2	48,0
1,5	18,3	18,9	19,5	20,3	21,0	21,8	22,5	23,3	24,0

$\lambda d, tab = 23$ pro stupeň vyztužení $\rho = 1,3 \%$

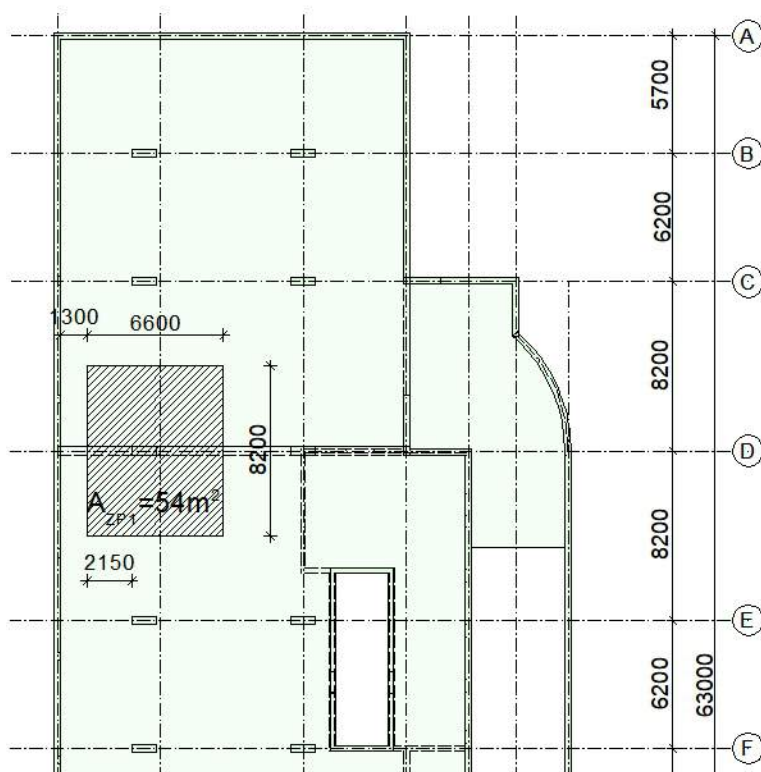
$$\lambda = \frac{7700}{505} = 15,24 \leq \lambda d = 1,0 \times 0,91 \times 1,2 \times 23 = 25,1$$

- vyhovuje

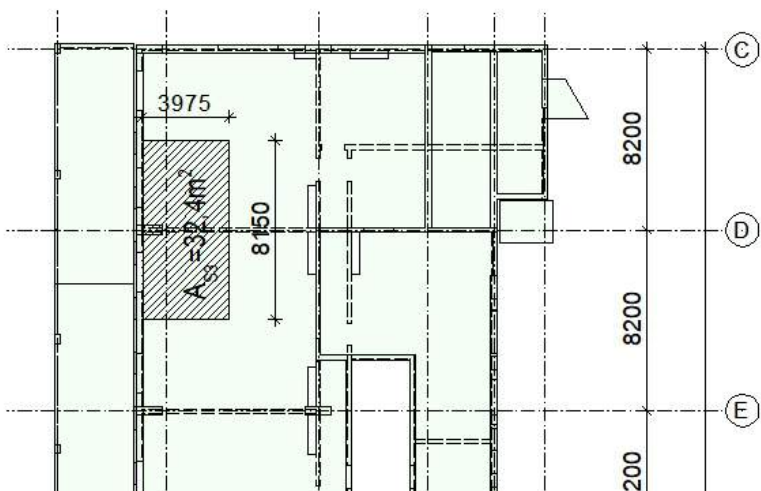
Návrh průvlaku:

Rozměr: $b_t \times h_t = 400 \times 550 \text{ mm}$

Material: C30/37

4.4.4. Návrh sloupů 1PP

obr.39. Zatěžovací plochy sloupu 1.PP.



obr.40. Zatěžovací plochy sloupu 1.NP

Sloup D-5

Zatěžovací plocha sloupu:

desky nad 1.PP

$$A_{S1} = 54m^2$$

desek NP

$$A_{S2} = 32,4m^2$$



Zatížení v patě sloupu:

Typ zatížení	Plošné zatížení kN/m ²	Výpočet zatížení	n	Char	Souč.	Navrhová
			ks	kN	-	kN
Stálé zatížení 2-8.NP + střecha						
Skladba podlahy	1.7	1.7×As2×n	7	385.56	1.35	520.506
Stkladba střechy	1.5	1.5×As2×n	1	48.6	1.35	65.61
Vl.tíha desky tl.220mm	25kN/m ² ×0.22m = 5.5	5.5×As2×n	8	1425.6	1.35	1924.56
Vl.tíha žb stěn	25kN/m ² ×3m = 75	75×Aprur.st×n	6	1071	1.35	1445.85
Vl.tíha atiky	25kN/m ² ×1m = 25	25×Aprur.at×n	1	33.75	1.35	45.5625
Stálé zatížení 1.NP						
Skladba podlahy	5.14	5.14×As1×n	1	277.56	1.35	374.706
Vl.tíha desky tl.300mm	25kN/m ² ×0.3m = 7.5	7.5×As1×n	1	405	1.35	546.75
Vl.tíha sloupu	25kN/m ² ×4m = 100	75×Aprur.sl×n	1	32	1.35	43.2
Stálé zatížení 1.PP						
Vl.tíha sloupu	25kN/m ² ×3m = 75	75×Aprur.sl×n	1	24	1.35	32.4
Celkem stálé				3703.07		4999.1445
Proměnná zatížení 2-8.NP + střecha						
Užitné A: obytné plochy	2	2×As2×n	7	453.6	1.5	680.4
Užitné H: střecha	0.75	0.75×As2×n	1	24.3	1.5	36.45
Příčky	1.1	1.1×As2×n	6	213.84	1.5	320.76
Sníh	0.56	0.56×As2×n	1	18.144	1.5	27.216
Proměnná zatížení 1.NP						
Užitné F: parkovací plochy	2.5	2.5×As1×n	1	135	1.5	202.5
Celkem proměnné				844.884		1267.326
Celkem				4547.954		6266.4705

n

- počet podlaží

$$Aprur,st = tst \times Lst = 0,2 \times (7,4+4,5) = 2,38m^2$$

- půdorysná plocha stěny

$$Aprur,at = tst \times Lst = 0,18 \times 7,5 = 1,35m^2$$

- půdorysná plocha atiky

$$Aprur,sl = a \times b = 0,7 \times 0,3 = 0,21m^2$$

- plocha průřezu sloupu

Nutná plocha sloupu pro $Fed = 6155$, $\rho = 3\%$

$$Aprur.sl.potr = \frac{Fed}{0,85 \times fcd + \rho s \times \sigma s} = \frac{6266kN}{0,85 \times 20MPa + 0,03 \times 435} = 0,208m^2$$

Návrh sloupu:

Rozměr: $b_{sl} \times h_{sl} = 300 \times 700mm$

Material: C30/37

$$A_{prur.sl} = 0,21m^2$$

4.4.5. Předběžné ověření protlačení stropu nad 1PP

Pro desky lokálně podepřené je nutné ověřit následující podmínky:

a) $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$ - únosnost ve smyku při protlačení na obvodu sloupu

b) $v_{Ed} \leq k_{max} \times v_{Rd,c}$ - ověření možnosti dostatečného vyztužení v prvním

kontrolovaném obvodu u_1

kde:

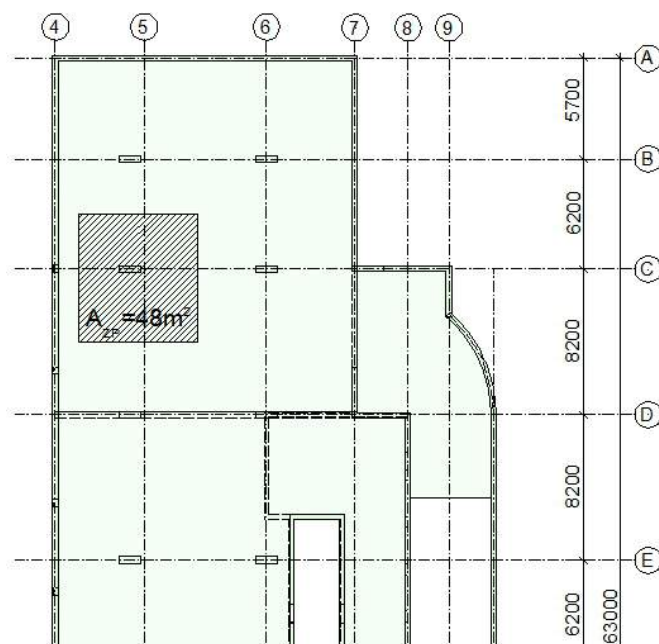
v_{Ed} - smyková napětí v kontrolovaném obvodu [MPa]

$v_{Rd,max}$ - únosnost v protlačení v obvodu sloupu [MPa]

k_{max} - součinitel maximální možné únosností vyztuženého průřezu

$v_{Rd,c}$ - únosnost v protlačení nevyztuženého průřezu v

kontrolovaném obvodu u_1 [MPa]



obr.41. Schéma desky nad 1.PP

Posouzená oblast desky se nachází nad sloupem 5C, která má největší zatěžovací plochu na sloup. Za posouvající sílu v místě uložení na sloup bude uvažována celková zatížení na zatěžovací ploše tohoto sloupu.

Celkové plošné zatížení:

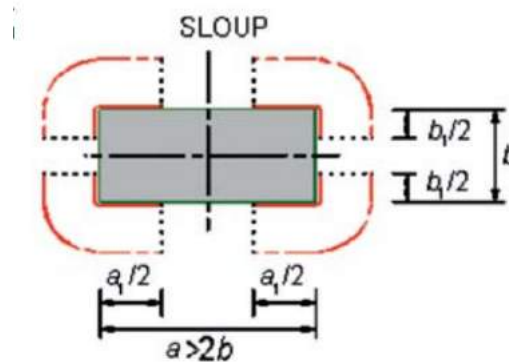
Typ zatížení	Char kN/m ²	Souč.	Navrhová kN/m ²
Skladba podlahy	4.5	1.35	6.075
VI.tíha desky tl.300mm	7.5	1.35	10.125
Užitné F: parkovací plochy	2.5	1.5	3.75
Celkem	14.5		19.95

$$V_{Ed} = g_{d,celk} \times Azp = 19,95 \text{ kN/m}^2 \times 48 \text{ m}^2 = 957,6 \text{ kN}$$

Odhad účinné výška desky: $d = h_d - c_{nom} - \varnothing_s/2 = 300 - 35 - 12/2 = 259 \text{ mm}$

Délka kontrolovaného obvodu:

První kontrolovaný obvod u₁ se nachází v délce 2d od líce sloupu.



obr.42. Omezení velikosti styčné plochy[11]

$$b_1 = \min(b; 3d) = \min(300, 3 \times 259) = \min(300, 777) = 300 \text{ mm}$$

$$a_1 = \min(a; 2b; 6d - b_1) = \min(700, 600, 1254) = 600 \text{ mm}$$

Délka kontrolovaného obvodu v líci sloupu:

$$u_0 = a_1 \times 2 + b_1 \times 2 = 600 \times 2 + 300 \times 2 = 1800 \text{ mm}$$

Délka prvního kontrolovaného obvodu:

$$u_1 = a_1 \times 2 + b_1 \times 2 + 4\pi d = 600 \times 2 + 300 \times 2 + 4 \times 3,14 \times 259 = 5053 \text{ mm}$$

a) Ověření únosnosti tlačené diagonály:

$$v_{Ed,0} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_1 d} = 1,15 \times \frac{957,6 \text{ kN}}{1,8 \text{ m} \times 0,259 \text{ m}} = 2362 \text{ kPa}$$



$\beta = 1,15$ * pro vnitřní sloup

$$v_{Rdc,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,528 \times 20 \text{MPa} = 4224 \text{kPa}$$

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max} \text{ - vyhovuje}$$

b) Ověření maximální únosnosti průřezu se smykovou vyztuží:

$$v_{Ed,1} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_1 d} = 1,15 \times \frac{957,6 \text{kN}}{5,53 \text{m} \times 0,259 \text{m}} = 668,6 \text{kPa}$$

$$v_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{\frac{1}{3}} = \frac{0,18}{1,5} \times 1,87 \times (100 \times 0,005 \times 30)^{\frac{1}{3}} = 553 \text{kPa}$$

kde:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0; k = 1 + \sqrt{\frac{200}{259}} = 1,87$$

$\rho \leq 0,02$ - stupeň vyztužení smykovou vyztuží - odhad 0,5%

k_{max} - součinitel maximální únosnosti, pro účinnou výšku $d > 200 \text{mm}$ $k_{max} = 1,5$

interpolace pro klasickou vyztuž na protlačení

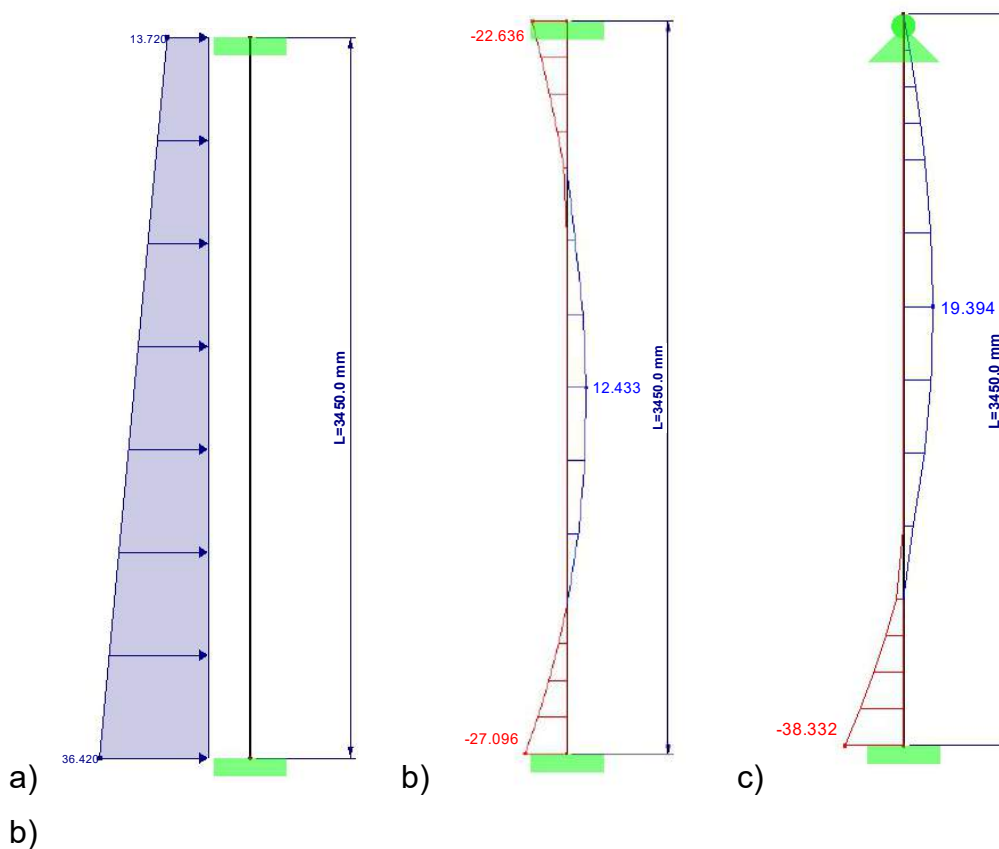
$$v_{Ed} \leq k_{max} \times v_{Rd,c}; 668,6 \text{kPa} \leq 1,5 \times 553 \text{kPa} = 829,5 \text{kPa} \text{ - vyhovuje}$$

Navržená tloušťka desky nad 1PP **hd1 = 300** je vyhovující z hlediska únosnosti na protlačení.

4.4.6. Suterénní stěna

Suterénní stěny budou zatíženy zemním tlakem, a budou navrženy jako bílá vana. Stavební jáma bude zajištěna záporovým pažením, proto lze předpokládat, že stěny suterénu budou zatíženy až po vybudování stropní desky.

Pro návrh byly vytvořeny dva modely v programu RFEM: oboustranně vetknutý a s uvažováním kloubu v místě spoje se stropem nad 1.PP



obr.43. Zatížení a výsledky z výpočetního programu.

a)model b)MSU c)MSP

Návrhové vnitřní síly MSU: MED = -38,1 kNm

Předběžný návrh tloušťky stěny bude ověřen pomocí kontroly výšky tlačené části betonu a použitím tabulkových hodnot μ .

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd} \triangleright d = \sqrt{\frac{Med}{b \times \mu \times fcd}}$$



Doporučená hodnota poměru tláčené oblasti k účinné výšce pro deskové konstrukce je $\xi = 0,15$. Pak $\mu = 0,115$ z tabulek pro dimenzování výztuže.

Pro materiál C30/37:

$$d = \sqrt{\frac{M_{ed}}{b \times \mu \times f_{cd}}} = \sqrt{\frac{38,1 \text{ kNm}}{1 \times 0,115 \times 16,66}} = 0,141 \text{ m}$$

Vzhledem k tomu, že konstrukce 1.PP bude navržena jako Bílá vana, byla zvolena tloušťka $h_{st} = 300 \text{ mm}$, která odpovídá konstrukční třídě Kon₂ dle rakouské směrnice[07].



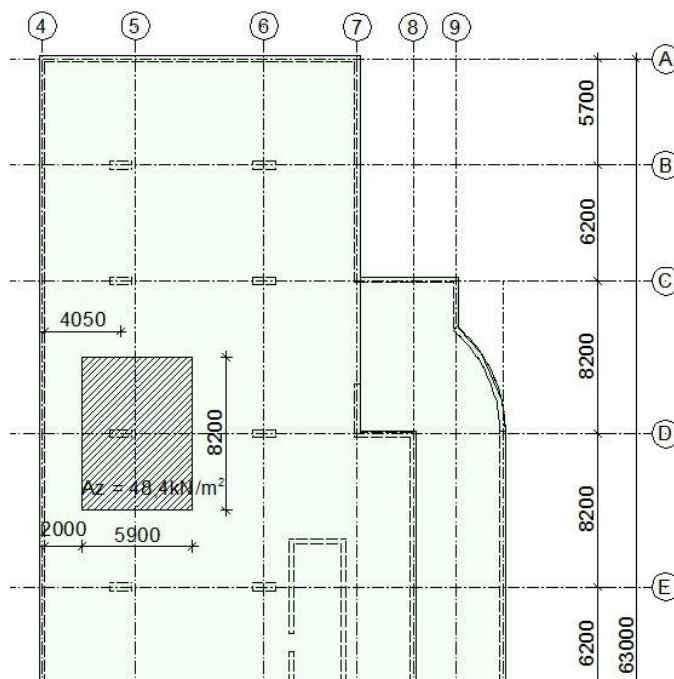
4.4.7. Základová deska

Základová deska bude navržena jako bílá Vana. Minimální tloušťka základové desky je $h_{\min} = 300\text{mm}$ pro konstrukční třídu Kon_2 dle rakouské směrnice. Byla zvolena tloušťka **$h = 400\text{mm}$** .

Vzhledem malé únosnosti základové půdy, její proměnlivosti ve vrstvách a náročnosti konstrukce objektu, bylo rozhodnuto navrhnout pod základové desky piloty. Piloty budou navrženy pod veškeré sloupy a pod nosné stěny. Základová půda je málo únosná a nemá má k opření pilot nestlačitelné podloží, proto byly navrženy piloty plovoucí, a předpokládá se, že většinu zatížení přeberou pláště piloty. Maximální návrhové síly v patě sloupu jsou v rozmezí 3500-6000kNm, vzhledem menší únosnosti půdy byl zvolen typ založení, kde **pilota přebírá polovinu zatížení**, polovina pak bude přenesena základovou spárou.

V předběžném návrhu bude provedeno ověření únosností tlačené diagonály v desce a ověření maximální únosnosti vyztuženého průřezu. V případě nedostatečné tloušťky průřezu, v místech uložení sloupu bylo navrženo zesílení základu zvětšením tloušťky desky.

V základové spáře se nachází vrstva písčitých štěrků G2-GF, které jsou středně ulehlé ($I_d=0,67-0,85$) s modulem deformace $E_{\text{def}} = 80\text{MPa}$. Tabulková únosnost této vrstvy byla stanovena **$R_{\text{dt}} = 300\text{kPa}$** dle provedeného inženýrsko - geologického průzkumu . Ověření únosnosti základové spáry v předběžném návrhu bude provedeno za předpokladu, že konstrukce základu je tuhá a napětí v základové spáře je rovnoměrně rozděleno.



obr.44. Schéma základové desky

Parametry:

 Rozměry sloupu: $a \times b = 700 \times 300 \text{ mm}$

 Krycí vrstva: $c_{nom} = 40 \text{ mm}$

 Odhad účinné výšky desky: $d = h_d - c_{nom} - \varnothing_s / 2 = 400 - 40 - 20 / 2 = 350 \text{ mm}$

 Normálová síla v patě sloupu D5: $N_{Ed,sl} = 6266 \text{ kN}$
Ověření únosností základové spáry:

 Účinná plocha přenášející sílu od sloupu do základové spáry: $A_z = 48,4 \text{ m}^2$

 Zatížení od základové desky f_{zd} :

Typ zatížení	Char kN/m ²	Souč.	Navrhová kN/m ²
Skladba podlahy	0	1.35	0
VI.tíha desky tl.400mm	10	1.35	13.5
Užitné F: parkovací plochy	2.5	1.5	3.75
Celkem	12.5		17.25

Předpokladaná kontaktní napětí v základové spáře a její posouzení:

$$\sigma_{kont} = (N_{ed} \times 0,5) / A_z + f_{zd} = (6266 \times 0,5) / 58,4 + 17,25 = 70 \text{ kPa}$$

 $\sigma_{kont} = 70 \text{ kPa} < R_{dt} = 300 \text{ kPa}$ - **vyhovuje**

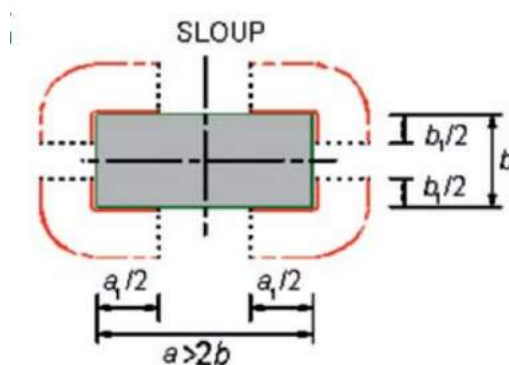
Ověření maximální smykové odolnosti desky v protlačení v líci sloupu

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$$

kde:

 v_{Ed} - smyková napětí v kontrolovaném obvodu [MPa] $v_{Rd,max}$ - maximální únosnost v protlačení v obvodu sloupu [MPa]

Délka kontrolovaného obvodu v líci sloupu:



obr.45. Omezení velikosti styčné plochy[11]

$$b_1 = \min(b; 3d) = \min(300, 3 \times 259) = \min(300, 777) = 300 \text{ mm}$$

$$a_1 = \min(a; 2b; 6d - b_1) = \min(700, 600, 1254) = 600 \text{ mm}$$

$$u_0 = a_1 \times 2 + b_1 \times 2 = 600 \times 2 + 300 \times 2 = 1800 \text{ mm}$$

Posouzení

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$$

$$v_{Ed,0} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_0 d} = 1,00 \times \frac{3133}{1,8 \text{ m} \times 0,355 \text{ m}} = 4900 \text{ kPa}$$

$$V_{Ed} = N_{Ed} \times 0,5 = 3133 \text{ kN}$$

 $\beta = 1,00$ - pro centrické zatížení

$$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,54 \times 16,66 \text{ MPa} = 3598 \text{ kPa}$$

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck}/250) = 0,6 \times (1 - 25/250) = 0,54$$

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max} \text{ - nevyhovuje}$$



Potřebná výška průřezu:

$$d = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_i v_{Rd, \max}} = 1,00 \times \frac{3133}{1,8m \times 3598kPa} = 0,48$$

$h_{zd} = d + c + s/2 = 480 + 40 + 20/2 = 530mm$. Zvolená tloušťka rozšiřující hlavice včetně tloušťky základové desky **$h_{zd} = 650 mm$** .

Ověření maximální únosnosti průřezu se smykovou vyztuží:

$$v_{Ed, red(a)} \leq k_{\max} \times v_{Rd, c(a)}$$

kde:

$v_{Ed, red}$ - smyková napětí v kontrolovaném obvodu [MPa]

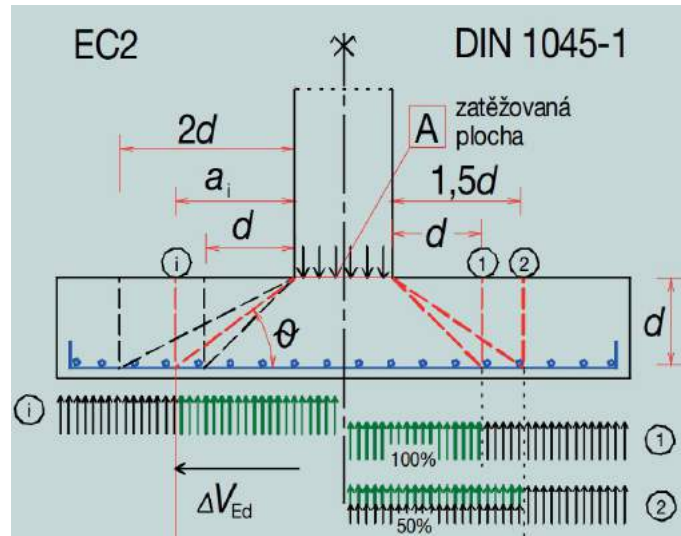
$v_{Rd, c}$ - maximální únosnost nevyztuženého průřezu v protlačení [MPa]

k_{\max} - součinitel maximální únosností vyztuženého průřezu,

doporučená hodnota je 1,5

Při posouzení na protlačení základových desek lze redukovat reakci podloží o část zatížení, která je uvnitř kontrolovaného obvodu a_i (viz.Obr.46). Tato část zatížení nevyvolává protlačení desky, t.e. nenamáhá desku v místě tlačené diagonály. Vzhledem velké výšce základové desky, na smyk budou navrhnuty ohyby.

Pro předběžné posouzení byl použit excelový program poskytnutý paní Ing. Hanou Hanzlovou CSc. Výpočet ověřuje odolnost proti smyku v protlačení desky **v oblasti 0,5d-0,2d** od líce sloupu, se zohledněním příslušné redukce posouvající síly, a stanoví **kritické průřezy** v tom rozmezí které následně budou vyztužovány.



obr.46. Protlačení základovou patkou podle EC2 a DIN 1045-1[2]

Postup výpočtu:

$$v_{Ed,red(a)} = \beta \times \frac{V_{Ed,red}}{u_{(a)} \times d}, \quad \text{kde:}$$

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$$

- redukovaná posouvající síla

$$V_{Ed} = 3133 \text{ kN}$$

- návrhová posouvající síla

$$\beta = 1,00$$

- pro centrické zatížení

$$u_{(a)} = 2\pi a + 2(a_1 + b_1)$$

- obvod kontrolovaného průřezu

$$d = h_{zd} - c_{nom} - \varnothing_s / 2 = 500 \text{ mm}$$

- účinná výška průřezu

$$v_{Rd,c}(a) = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot \frac{2d}{a} \geq v_{min} \frac{2d}{a}, \quad \text{kde:}$$

$$C_{Rd,c} = 1,8 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{600}} = 1,48$$

$$\rho \leq 0,02, \quad \rho = 0,005 \quad \text{- stupeň vyztužení v oblastí } 3 \times d \text{ od líce sloupu}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,335$$



Tabulka hodnot z výpočetního excelového programu:

a	$u(a)$	$A(a)$	$V_{Ed,red}(a)$	$v_{Ed}(a)$	$v_{Rd,c}(a)$	$v_{min}2d/a$	$v_{Rd,c}(a) \times k_{max}$
[m]	[m]	[m ²]	[MN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
0.50 d	3.885	1.093	3.048	1.308	1.757	1.387	2.636
0.66 d	4.488	1.495	3.017	1.120	1.331	1.051	1.997
0.75 d	4.827	1.746	2.997	1.035	1.171	0.924	1.757
1.00 d	5.770	2.541	2.935	0.848	0.879	0.693	1.318
1.25 d	6.712	3.477	2.862	0.711	0.703	0.555	1.054
1.50 d	7.655	4.555	2.778	0.605	0.586	0.462	0.879
1.75 d	8.597	5.774	2.683	0.520	0.502	0.396	0.753
2.00 d	9.540	7.134	2.577	0.450	0.439	0.347	0.659

Podmínky:

$V_{Ed,red} < V_{Rd,c} > v_{min} \times 2d/a$ - je li splněno, není potřeba vyztužovat

- není li splněno, je třeba vyztužit

$V_{Ed,red} < k_{max} \times V_{Ed,c}$ - není li splněno, je třeba zvýšit tloušťku desky

$k_{max} = 1,5$

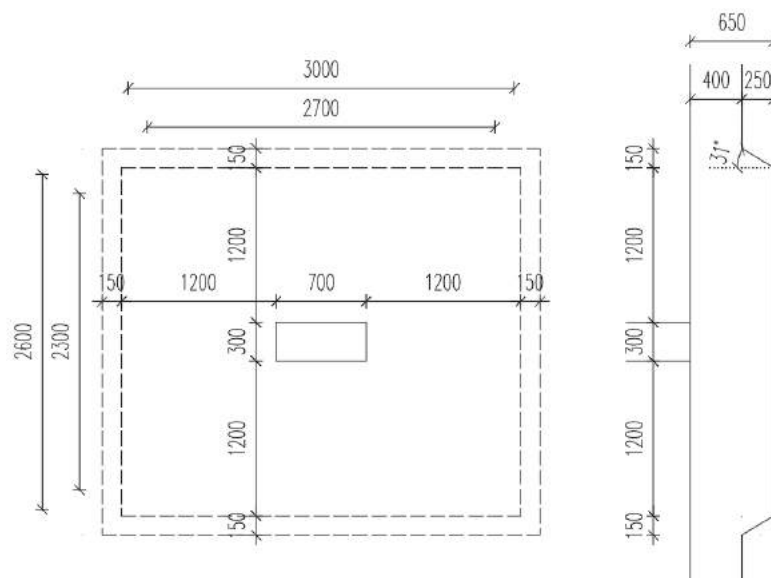
Geometrie zesílení základové desky

Z předchozí tabulky je vidět, že kritická místa desky v protlačení jsou v rozmezí 0,66-2d. Obvod kritické oblasti se nachází na 2d od líce sloupu.

Šířkou rozšíření desky tloušťky 650mm od sloupu bude zvolena $2d = 1200$ mm.

$b_{rozšíření} = 2 \times 1m + b = 2,3m$

$h_{rozšíření} = 2 \times 1m + h = 2,7m$



obr.47. Schéma geometrie zesílení základové desky



4.4.8. Schodiště a výtahy

Domem budou procházet dvě schodišťové věže s navazujícími výtahovými šachtami. Schodiště severozápadního bloku jsou navrženy jako dvouramenné, hlavní podesty jsou součástí stropních desek, mezipodesty jsou železobetonové monolitické. Schodiště jihovýchodního bloku je jednoramenné z prefabrikovaného železobetonu.

Dále schodiště severozápadního bloku - "schodiště A", a schodiště jihovýchodního bloku - "schodiště B"

V každé části budovy bude osazen jeden lanový výtah o nosností 630 kg. Strojovna výtahu bude umístěna nad nejvyšší stanicí.

Schodiště A

Schodiště nacházející se v severozápadní části objektu je navrženo jako dvouramenné. Ramena budou uložena z jedné strany na podestu, která je součástí stropní desky, z druhé strany budou uložena na mezipodestu. Při uložení ramena na ozub mezipodesty budou použity pásy z hmoty Belar, které budou tlumit vibrace. Pro uložení ramena na ozub podesty, která navazuje na stropní desku, budou použity prvky kročejové izolace Halfen.

Mezipodesty budou napojeny se stěnou pomocí akustických prvků Halfen HBB, které zajistí kročejovou izolaci. Schodišťové ramena a mezipodesty budou opatřeny po obvodě akustickými spárovými deskami Halfen HTPL.

Návrh geometrie schodiště

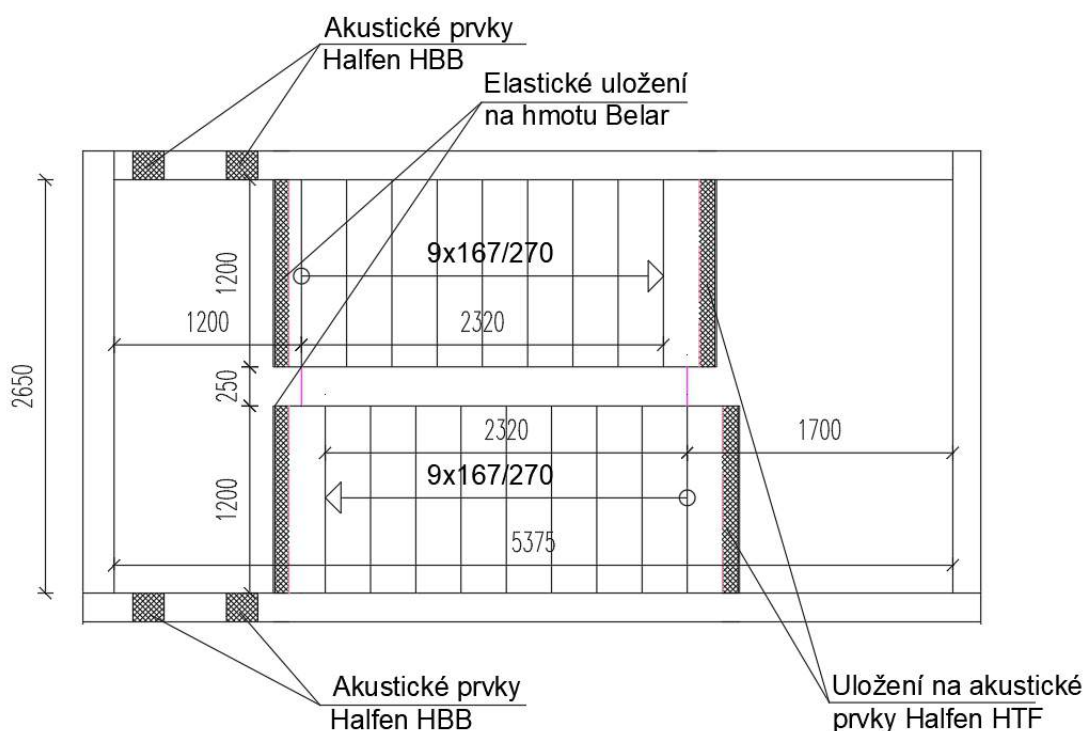
Základní údaje a rozměry:

-rozměr pole:	A×B	= 5350×2650 mm
-konstrukční výška podlaží:	hk	= 3000 mm
-tloušťka podesty:	hp	= 200 mm
-skladba podlahy:	hsp	= 115 mm
-tloušťka mezipodesty:	hm	= 210 mm
-skladba mezipodesty:	hsm	= 15 mm
-Tloušťka ramene:	hr	= 150 mm



Volba šířky stupně: $b = 290 \text{ mm}$
Počet stupně: $ns = 2600\text{mm}/290 \text{ mm} = 9$
Výška stupně: $h = 1500\text{mm}/9 = 167 \text{ mm}$

-Šířka ramene: 1200 mm
-Šířka zrcadla: 250 mm
-Šířka mezipodesty: 1200 mm
-Šířka podesty: 1700 mm
-sklon schodiště: $\alpha = \arctan(h/b) = 30^\circ$



Obr.48 Schéma schodiště A

Kontrola tloušťky desek

Mezipodesta:

- minimální tloušťka: $h_{min} = L/25 = 2650/25 = 106 \text{ mm}$
- navržená tloušťka $h_m = 210 \text{ mm}$

Schodišťová ramena:

- minimální tloušťka: $h_{min} = L/25 = 3200/25 = 128 \text{ mm}$
- navržená tloušťka $h_r = 150 \text{ mm}$

Kontrola podchodné a průchodné výšky:

Podchodní výška:

$$h_1 = h_k - h_d - h_{sp} - h = 3000 - 200 - 115 - 167 = 2518 \text{ mm}$$

$$h_{1,\min} = 1500 + 750/\cos\alpha = 1500 + 750/\cos 30^\circ = 2150 \text{ mm} < h_1$$

vyhovuje

Průchodná výška:

$$h_2 = h_1 \times \cos\alpha = 2518 \times \cos 30^\circ = 2180 \text{ mm}$$

$$h_{2,\min} = 750 + 1500 \times \cos\alpha = 750 + 1500 \times \cos 30^\circ = 2050 \text{ mm} < h_2$$

vyhovuje

Statický modelZatížení schodišťového ramene

Užitné zatížení:

$$q_k = 3 \times \cos\alpha = 2,6 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od podlahy:

$$g_{sp} = 0,31 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od schodišťových stupňů:

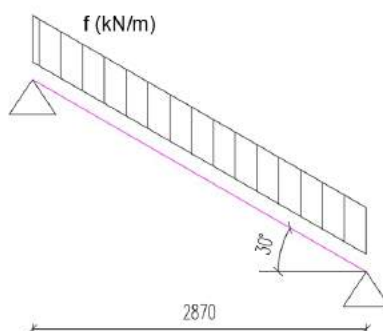
$$g_{st} = 0,167 \times 0,290 \times 25 \times 9 / (3,040 \times 2) = 1,8 \text{ kN/m}^2$$

Vlastní tíha desky ramena:

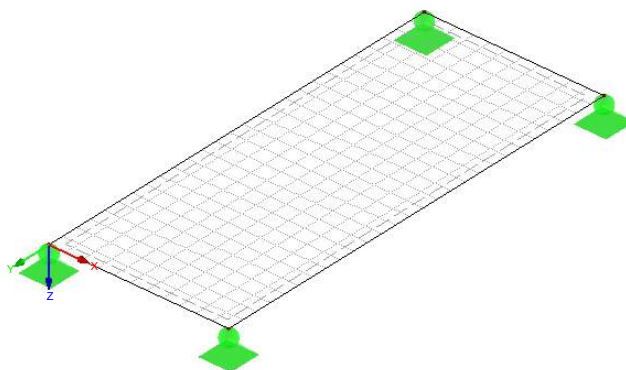
$$g_r = 0,150 \times 25 / \cos\alpha = 4,33 \text{ kN/m}^2$$

Vlastní tíha mezipodesty:

$$g_m = 0,21 \times 25 = 5,25 \text{ kN/m}^2$$



Obr.49 2D model ramena ve výpočetním programu



Obr.50 3D model mezipodesty ve výpočetním programu

Schodiště B

Schodiště nacházející v jihovýchodní části objektu je navrženo jako jednoramenné z prefabrikovaného železobetonu. Rameno bude uloženo na podestu ze dvou koncích a v ulomení uprostřed na stěnu. Při uložení ramena na ozub podesty, která navazuje na stropní desku, budou použity prvky kročejové izolace Halfen. Rameno má jímky uprostřed, do kterých se zamontují akustické prvky Schock Tronsole typu Q přes předem připravených otvoru ve stěnách schodišťového jádra. Montáž se bude provádět dle technického úvodu od dodavatele akustických prvků.

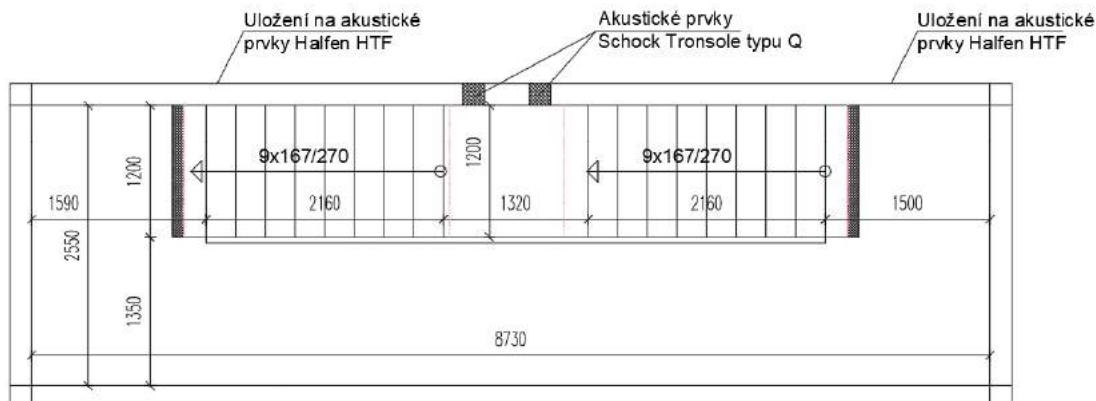
Schodišťové ramena budou opatřeny po obvodě akustickými spárovými deskami Halfen HTPL.

Návrh geometrie schodiště

Základní údaje a rozměry:

-rozměr pole:	A×B	= 8730×2550 mm
-konstrukční výška podlaží:	hk	= 3000 mm
-tloušťka podesty:	hp	= 200 mm
-skladba podlahy:	hsp	= 115 mm
-tloušťka mezipodesty:	hm	= 210 mm
-skladba mezipodesty:	hsm	= 15 mm
-Tloušťka ramene:	hr	= 150 mm
-Šířky stupně:	b	= 270 mm
-Výška stupně:	h	= 167 mm

- Šířka ramene: 1200 mm
- Šířka podesty: 1500 mm
- sklon schodiště: $\alpha = \arctan(h/b) = 31,7^\circ$



Obr.51 Schema schodiště B

Kontrola podchodné a průchodné výšky:

Podchodná výška:

$$h_1 = h_k - h_d - h_{sp} - h = 3000 - 200 - 115 - 167 = 2518 \text{ mm}$$

$$h_{1,min} = 1500 + 750/\text{Cos}\alpha = 1500 + 750/\text{Cos}31,7^\circ = 2381 \text{ mm} < h_1$$

vyhovuje

Průchodná výška:

$$h_2 = h_1 \times \text{Cos}\alpha = 2518 \times \text{Cos}31,7^\circ = 2142 \text{ mm}$$

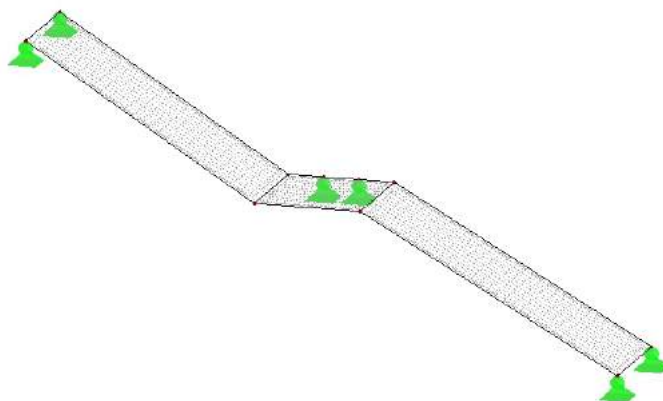
$$h_{2,min} = 750 + 1500 \times \text{Cos}\alpha = 750 + 1500 \times \text{Cos}31,7^\circ = 2026 \text{ mm} < h_2$$

vyhovuje

Statický model

Zatížení schodišťového ramene

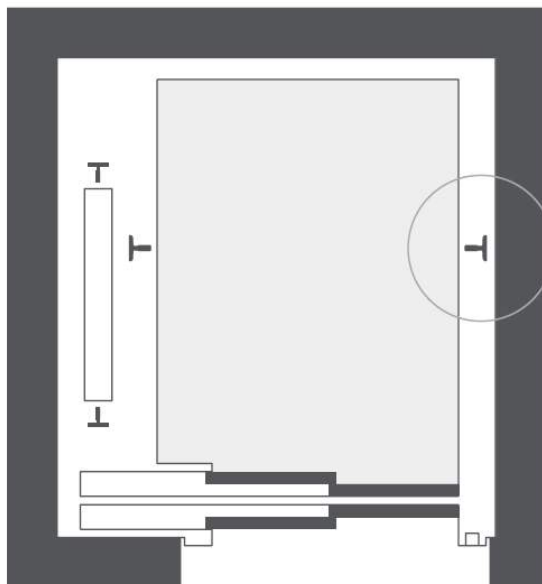
- Užitné zatížení: $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$
- Zatížení od podlahy: $g_{sp} = 0,31 \text{ kN/m}^2$
- Zatížení od schodišťových stupňů: $g_{st} = 0,167 \times 0,290 \times 25 \times 9 / (3,040 \times 2) = 1,8 \text{ kN/m}^2$
- Vlastní tíha desky ramena: $g_r = 0,150 \times 25 / \text{Cos}\alpha = 4,33 \text{ kN/m}^2$
- Vlastní tíha mezipodesty: $g_m = 0,21 \times 25 = 5,25 \text{ kN/m}^2$



Obr.52 3D model ramena ve výpočetním programu

Výtahy.

Navrženy výtahy bez strojovny AOM s nosností 630 kg pro 8 osob. Půdorysné rozměry jsou 1600×1800mm. Výška hlavy šachty je 3700mm, prohlubeň šachty je 1250mm. Rozměr dveřního otvoru je 900 (2100) mm. Rozměr kabiny je 1100×1400, výška - 2200mm.

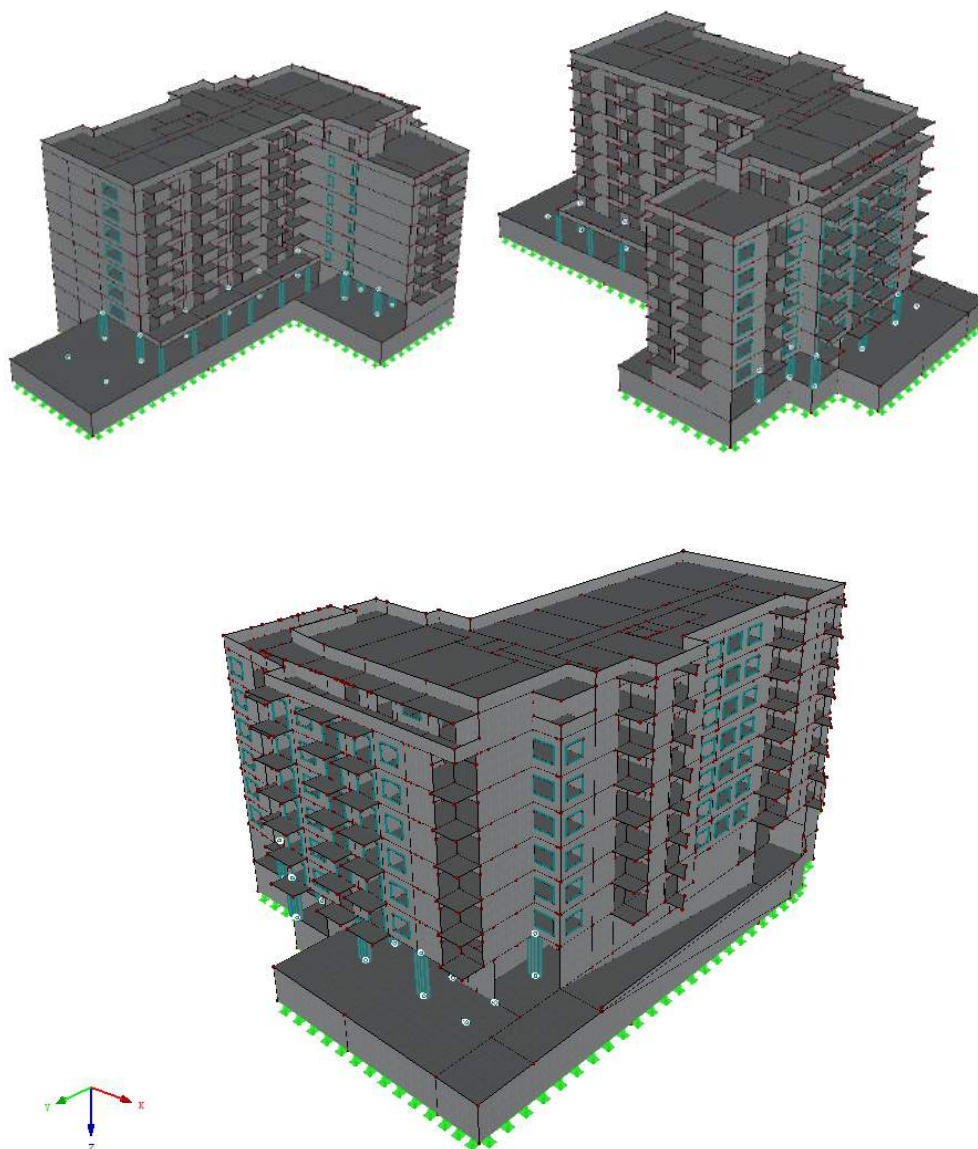


Obr.53 Schéma výtahové šachty



5. 3D MODEL

Pomocí vypočtených v předběžném návrhu rozměrů veškerých konstrukcí byl vytvořen komplexní 3d model ve výpočetním softwaru RFEM. Byla zadána zatížení vypočtená v kapitole 3 a vytvořeny kombinace výsledků. Podloží modelu je nahrazeno pevnými podporami.



obr.48. Axonometrie modelu



obr.49. 3D pohled modelu:

Severovýchodní - vlevo

Jihozápadní - vpravo

5.1. Parametry modelu

RFEM - Dlubal je inženýrský výpočetní program s možností práce s modelem v trojrozměrném prostoru pro výpočet, návrh a analýzu konstrukce. Dlubal používá metodu konečných prvků, a má velké množství funkcionalit jako: stabilita, návrh prvku podle příslušných norem, interakce podloží Soilin. Přesnost výsledků závisí na velikost jednotlivých prvků MKP, pro plošné konstrukce se doporučuje brát dvojnásobek tloušťky prvku, nebo maximálně $0,5 \times 0,5\text{m}$ a pro prutové prvky minimálně 10 prvků v jednom prutu. Pro tento objekt byla zvolena doporučená hodnota velikosti - dvojnásobek tloušťky desky, která se rovná $0,4\text{m} \times 0,4\text{m}$. Výpočet byl proveden pomocí lineárně pružné analýzy.

5.2. Zatěžovací stavy a kombinace.

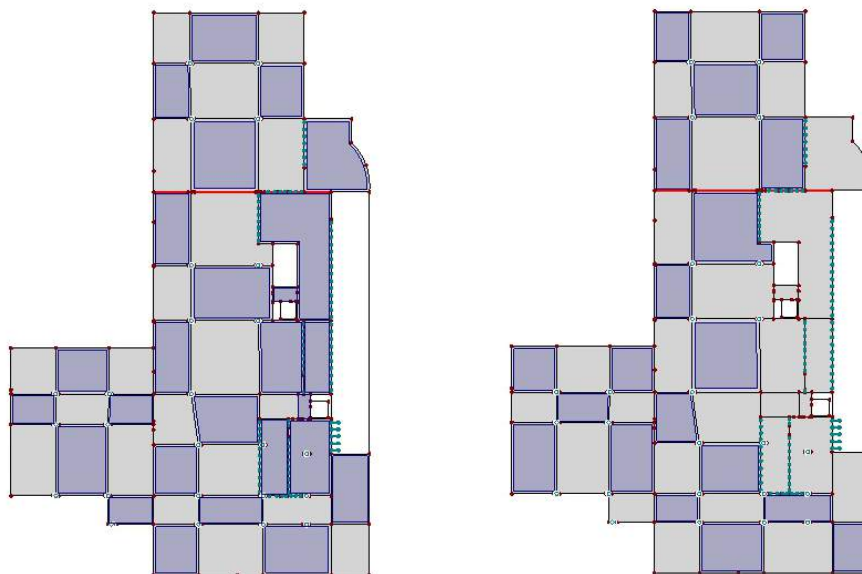
Na 3D modelu byly uvažovány 13 zatěžovacích stavů (Obr.50), které odpovídají zatížením, popsané v kapitole 3. Užité zatížení a zatížení příčkami byly zadány v šachovnicové ve dvou variantech pro vyvolání největšího namáhání na konstrukce (viz Obr.51)

Zatěžovací stav	Označení zatěžovacího stavu	Kategorie účinku
ZS1	Vlastní tíha	Stálé
ZS2	Podlaha	Stálé
ZS3	Přemístitelné příčky A	Stálé/užité
ZS4	Přemístitelné příčky B	Stálé/užité
ZS5	Užité zatížení A	Užité zatížení - kategorie A
ZS6	Užité zatížení B	Užité zatížení - kategorie B
ZS7	Sníh	Sníh (H<1000 m n.m.)
ZS8	Vítr X zprava	Vítr
ZS9	Vítr Y zprava	Vítr
ZS10	Vítr X zleva	Vítr
ZS11	Vítr Y zleva	Vítr
ZS12	Zemní tlak	Stálé
ZS13	Vztlak vody	Stálé

obr.50. Zatěžovací stavy.



obr.51. Šachovnicové zadání proměnných zatížení na typické podlaží:
zatížení A, zatížení B



obr.52. Šachovnicové zadání proměnných zatížení na desku nad 1.PP:
zatížení A, zatížení B

Pro návrh bílé vany celkem byly vytvořeny osm kombinací výsledku: tři kombinace pro MSU, dva kombinace pro MSP a ještě tři kombinací se vztlakem vody (viz Obr.53) . V kombinaci výsledků byla použita stálá a proměnná zatížení. Stálé zatížení jsou uvažována při vytvoření kombinací vždy, proměnná zatížení jsou uvažována jenom v určitých případech. Účinky proměnného zatížení vstupují do kombinací pouze v případě, že nepříznivě ovlivňují výsledek.

První dvě kombinace MSU jsou sestaveny dle kombinace 6.10, přičemž v první se redukuje zatížení sněhem o součinitel kombinaci $\Psi_0=0,7$, v druhé kombinaci výsledků se redukuje zatížení větrem. Třetí kombinace je vytvořena z první a druhé kombinace, které jsou v jedné skupině, do kombinace pak vstupují jenom výsledky z nejnepříznivějšího členu skupiny. Pro návrh bude použita tato poslední kombinace výsledků, která bude vyvolávat rozhodující účinky. Kombinace MSP jsou sestaveny dle kombinace 6.14 a 6.16. Zatížení větrem v různých směrech jsou zavedeny do kombinace ve stejných skupinách.



Pro návrh sloupů bylo vytvořeno šest kombinací zatížení: obálka zatížení, stále zatížení s proměnnými zatíženími A, stálé zatížení s proměnnými zatížením B, ještě tři další kombinace se zatížením tlakem vody (viz Obr.54) .

Kombinace výsledku		zatížení 1		zatížení 2		zatížení 3		zatížení 4		zatížení 5		zatížení 6		zatížení 7		zatížení 8		zatížení 9		zatížení 10	
označení	název	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.
KV1	MSU red.snlh	1.35	ZS1	1.35	ZS2	1.5	ZS3	1.5	ZS4	1.5	ZS5	1.5	ZS6	1.05	ZS7	1.5	ZS8/9/10/11	1.35	ZS12		
KV2	MSU red.vitr	1.35	ZS1	1.35	ZS2	1.5	ZS3	1.5	ZS4	1.5	ZS5	1.5	ZS6	1.5	ZS7	1.05	ZS8/9/10/11	1.35	ZS12		
KV3	MSU	1.00	KV1	1.00	KV2																
KV4	MSP char	1.00	ZS1	1.00	ZS2	1.00	ZS3	1.00	ZS4	1.00	ZS5	1.00	ZS6	1.00	ZS7	1.00	ZS8/9/10/11	1.00	ZS12		
KV5	MSP kvaz	1.00	ZS1	1.00	ZS2	0.30	ZS3	0.30	ZS4	0.30	ZS5	0.30	ZS6	0.30	ZS7	0.30	ZS8/9/10/11	1.00	ZS12		
KV6	MSU + vztlak vody	1.00	KV1	1.00	KV2	1.00	ZS13														
KV7	MSP char + vztlak vody	1.00	ZS1	1.00	ZS2	1.00	ZS3	1.00	ZS4	1.00	ZS5	1.00	ZS6	1.00	ZS7	1.00	ZS8/9/10/11	1.00	ZS12	1.00	ZS13
KV8	MSP kvaz + vztlak vody	1.00	ZS1	1.00	ZS2	0.30	ZS3	0.30	ZS4	0.30	ZS5	0.30	ZS6	0.30	ZS7	0.30	ZS8/9/10/11	1.00	ZS12	1.00	ZS13

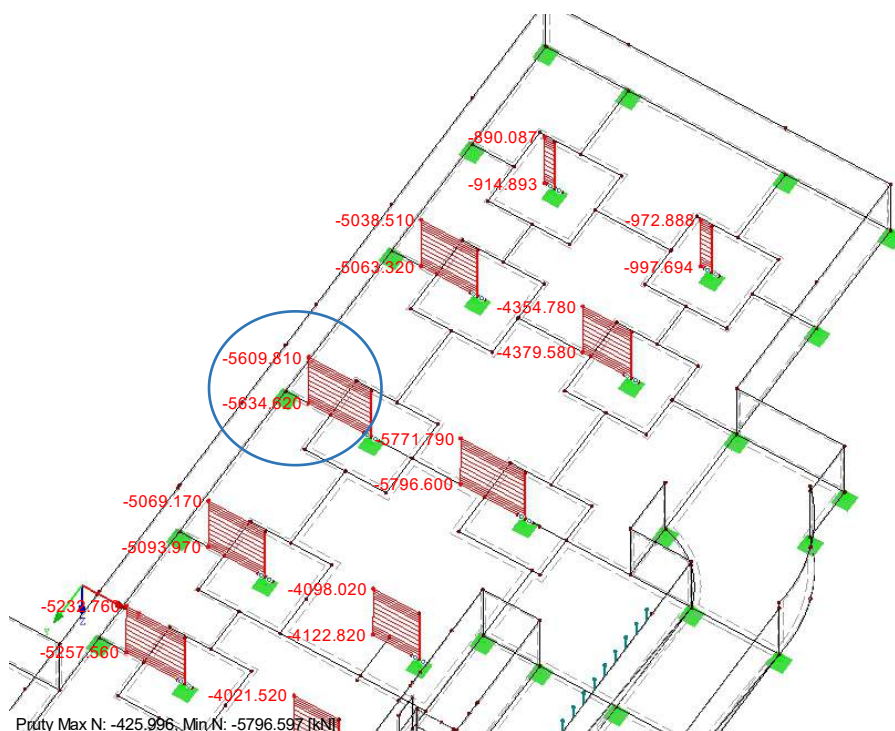
obr.53. Kombinace výsledku

Kombinace zatížení		zatížení 1		zatížení 2		zatížení 3		zatížení 4		zatížení 5		zatížení 6		zatížení 7		zatížení 8		zatížení 9		zatížení 10	
označení	název	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.	Faktor	č.
KZ1	MSU Proměnné A	1.35	ZS1	1.35	ZS2	1.5	ZS3	1.5	ZS5	1.05	ZS7	1.5	ZS8/9/10/11	1.35	ZS12						
KZ2	MSU Proměnné B	1.35	ZS1	1.35	ZS2	1.5	ZS4	1.5	ZS6	1.05	ZS7	1.5	ZS8/9/10/11	1.35	ZS12						
KZ3	MSU Obálka	1.35	ZS1	1.35	ZS2	1.5	ZS3	1.5	ZS4	1.5	ZS5	1.5	ZS6	1.05	ZS7	1.5	ZS8/9/10/11	1.35	ZS12		
KZ4	MSU Proměnné A + tlak vody	1.35	ZS1	1.35	ZS2	1.5	ZS3	1.5	ZS5	1.05	ZS7	1.5	ZS8/9/10/11	1.35	ZS12	1.00	ZS13				
KZ5	MSU Proměnné B + tlak vody	1.35	ZS1	1.35	ZS2	1.5	ZS4	1.5	ZS6	1.05	ZS7	1.5	ZS8/9/10/11	1.35	ZS12	1.00	ZS13				
KZ6	MSU Obálka + tlak vody	1.35	ZS1	1.35	ZS2	1.5	ZS3	1.5	ZS4	1.5	ZS5	1.5	ZS6	1.05	ZS7	1.5	ZS8/9/10/11	1.35	ZS12	1.00	ZS13

obr.54. Kombinace zatížení

5.3. Ověření 3D modelu : Ověření normálových sil ve sloupech

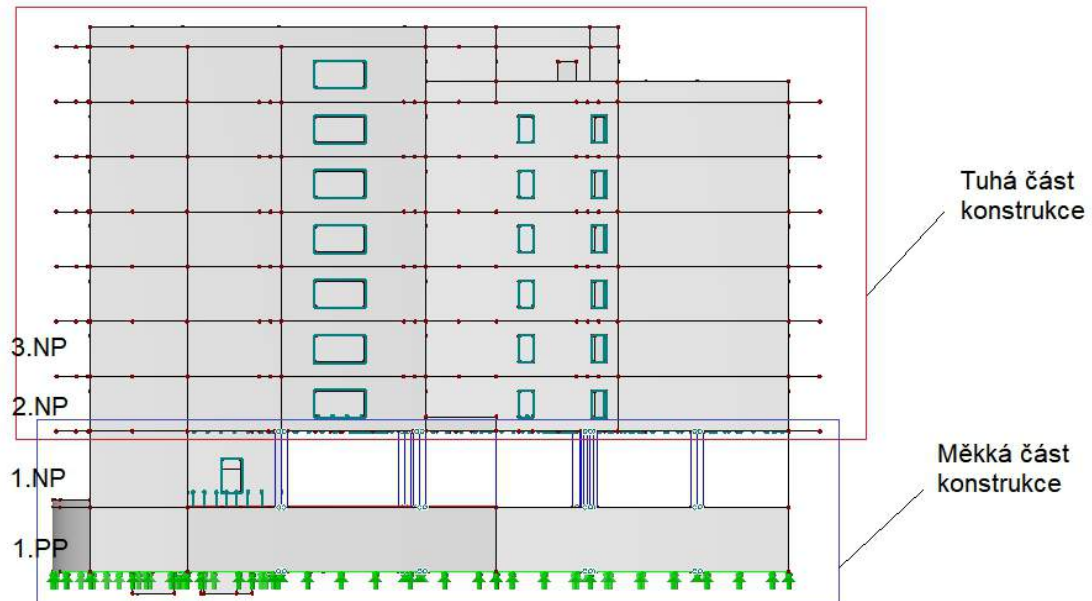
Ověření normálové síly bude provedeno pro nejvíce namáhaný sloup, nacházející na ose D-5. Při ručním výpočtu normálové síly v patě sloupu bylo zjištěna hodnota $N_{Ed,před}=6266kN$. Ve výpočetním modelu pro třetí kombinace výsledků MSU se normálová síla rovná $N_{Ed,Rfem}= 5634kN$.



obr.55. Normálová síla v patě sloupu D5 1.PP při KV3: MSU

Ručně vypočtená hodnota normálové síly v patě sloupu D5 suterénního podlaží se shoduje s výslednou hodnotou vypočtené statickým softwarem RFEM Dlubal na 90%. Odchylka je způsobena především přerozdělením vnitřních sil mezi svislými nosnými konstrukcemi.

Dle článku Modelování betonových konstrukcí budov od autorů doc.Ing.Jaroslava Navrátila,CSc a Ing. Viktora Borzoviče, PhD.[3] může ve 3D modelech betonových konstrukcí s tuhou horní částí a relativně měkkou spodní částí budovy docházet k zkreslenému přerozdělení vnitřních sil. V objektu je nadzemní část navržena stěnovým konstrukčním systémem, když dolní část sestavená převážně ze sloupů. Předpokládá se, že stěny 1NP přebírají většinu zatížení od horní stavby.



obr.56. Rozdělení objektu na tuhou a měkkou část.

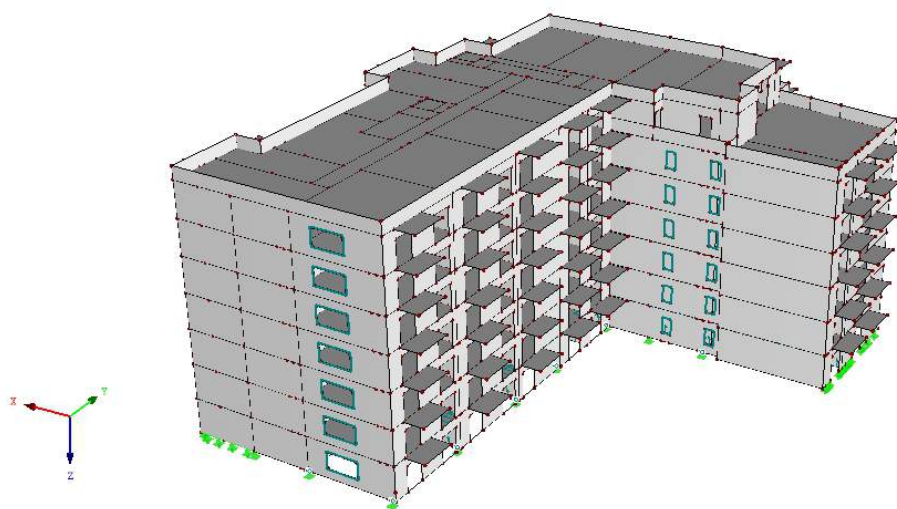
Jedno z možných řešení tohoto problému dle doc.Ing.Jaroslava Navrátila,CSc a Ing. Viktora Borzoviče, Phd je rozdělení horní a spodní části budovy na samostatné modely. Reakce od horní tuhé části bude se pak zadávat jako zatížení na měkkou spodní část, tím se zamezí přerozdělení sil dle tuhosti konstrukce. Lze ještě měnit tuhosti jednotlivých prvků v modelu: například zmenšení tuhosti stěn 1.NP, nebo naopak zvětšení tuhostí ve sloupech. Dále budou vytvořeny 3 typy modelu:

1. 3D model měkké části budovy, tuhá-horní část je vnesena do výpočtu zatížením
2. 3D celkový model se změkčenými stěny na 1.NP, $0,3 \times E$
3. 3D celkový model s modulem pružností $3 \times E$ ve sloupech spodní části

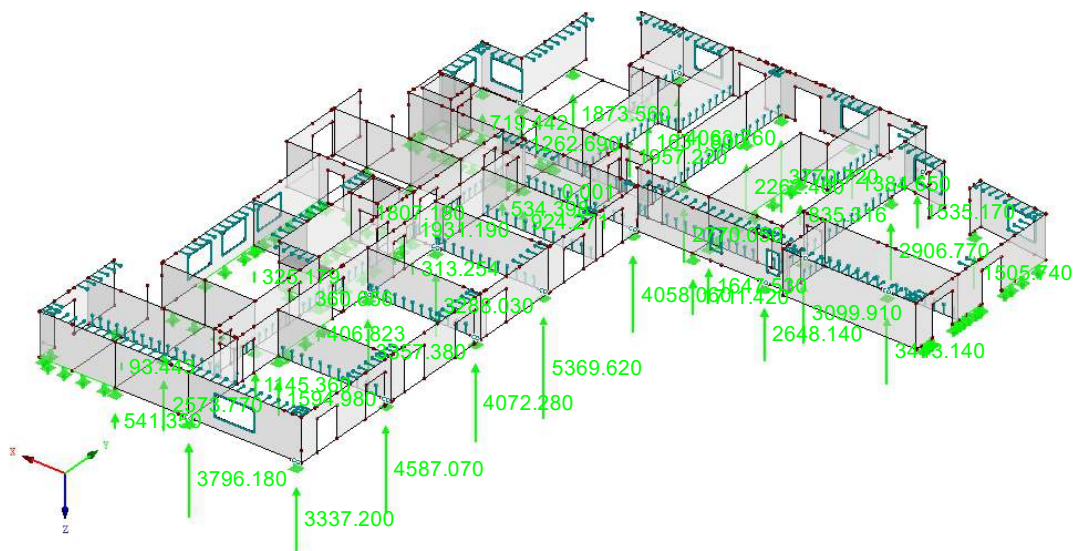


5.3.1. 3D model měkké části budovy

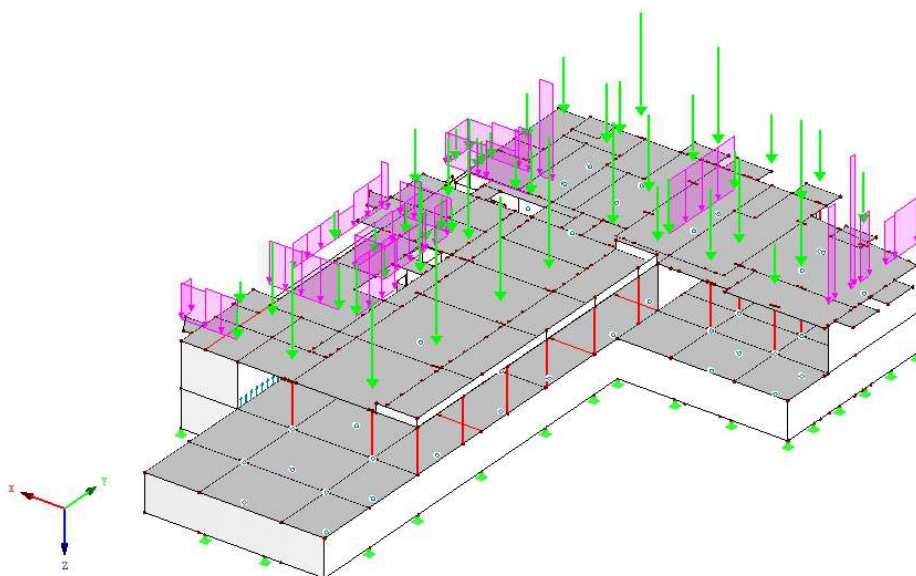
V samostatném modelu byl vytvořen 3D model horní části budovy. V místech sloupu byly vytvořeny kloubové podpory, v místech nosných stěn byly vytvořeny liniové klouby. Tím lze vyloučit vliv tuhosti dolní části budovy na přerozdělení účinků zatížení mezi svislými konstrukcemi 1.NP.



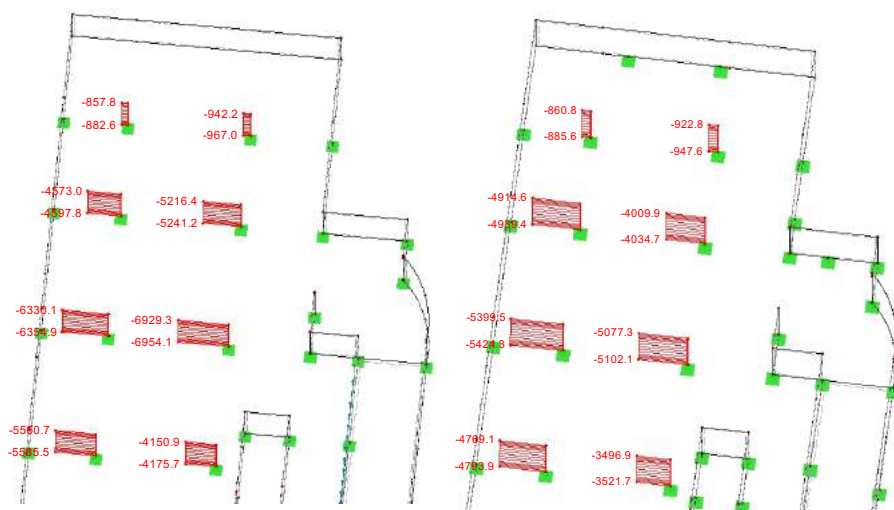
obr.57. 3D model horní části budovy



obr.58. Reakce v podporách tuhé části



obr.59. 3D model dolní části budovy se zatížením od horní části



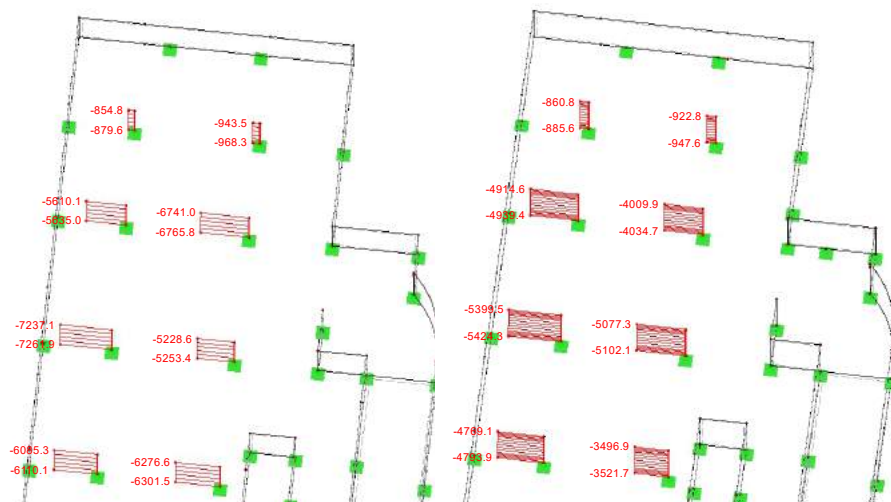
obr.60. Normálové síly ve sloupech:

zleva - model měkké části, zprava - původní celkový model

Z obrázku 64 je vidět, že normálové síly ve sloupu u měkkého modelu jsou o 500-1000kN větší, než v nezměněném původním modelu. Odchylna u sloupu D-5 od hodnoty vypočtené v ručním výpočtu je : $|1 - 6233\text{kN}/6354\text{kN}| = 1,9\%$, přičemž hodnota z výpočetního programu je větší.

5.3.2. 3D celkový model s menším tuhostí stěn

V původním modelu byly změněny tuhostí stěn měkké části budovy, tj 1.NP a 1.PP. Modul pružností betonu stěn byly sníženy z 32GPa do 10,6GPa.



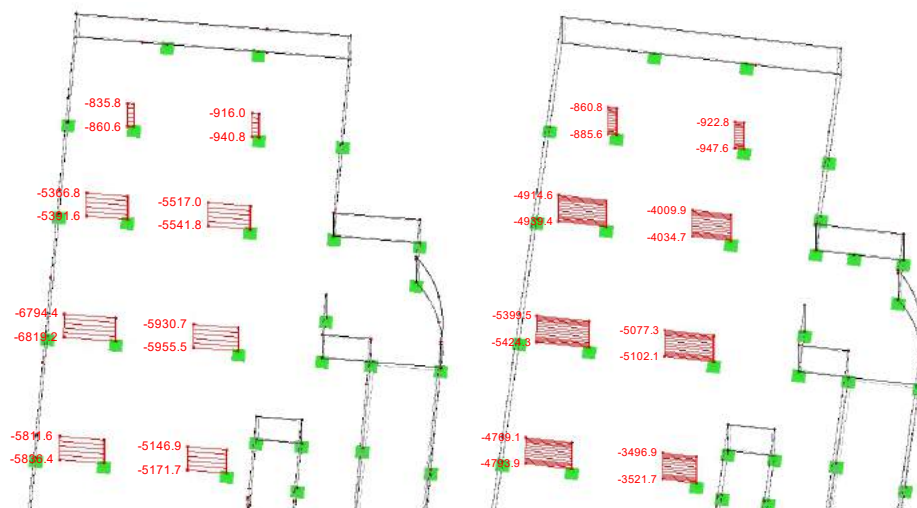
obr.61. Normálové síly ve sloupech:

zleva - model se sníženými tuhostí stěn, zprava - původní celkový model

Z obrázku 65 je vidět, že normálové síly ve sloupu u modelu se sníženými tuhostí stěn je o 300-500kN větší, než v nezměněném původním modelu. Odchylka u sloupu D-5 od hodnoty vypočtené v ručním výpočtu je : $|1 - 6233\text{kN}/7237\text{kN}| = 13,8\%$, přičemž hodnota z výpočetního programu je větší.

5.3.3. 3D celkový model s větším tuhostí sloupů

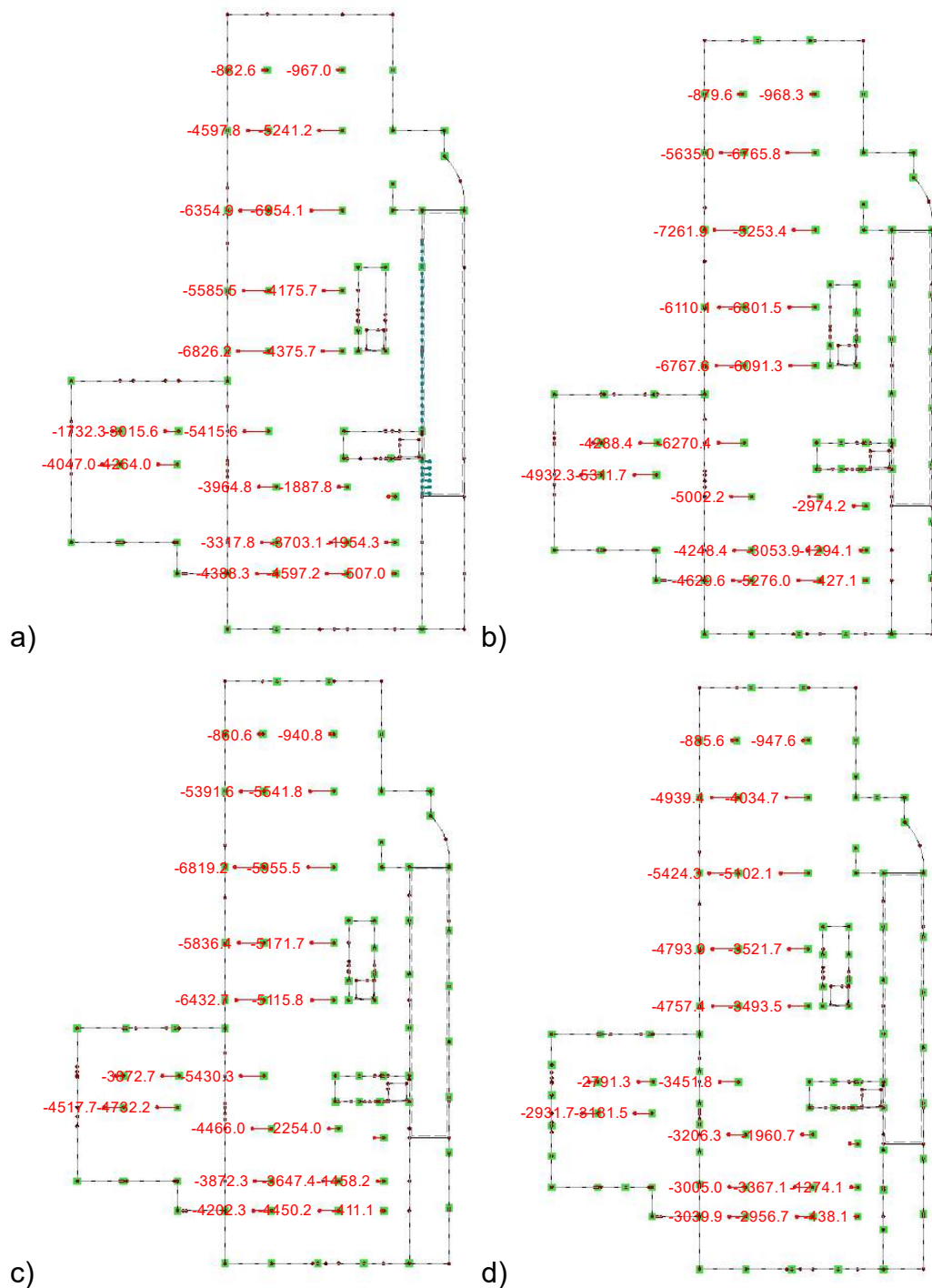
V původním modelu byly změněny tuhostí sloupů měkké části budovy, tj 1.NP a 1.PP. Modul pružností betonu sloupů byly vynásobeny na $3xE$, tím by sloupy přebíraly více účinku od zatížení horní částí.



obr.62. Normálové síly ve sloupech:

zleva - model se zvýšenými tuhostí sloupů, zprava - původní celkový model

Z obrázku 66 je vidět, že normálové síly ve sloupu u modelu se zvýšenými tuhostí sloupů je o 300-1200kN větší, než v nezměněném původním modelu. Odchylka u sloupu D-5 od hodnoty vypočtené v ručním výpočtu je : $\left| 1 - \frac{6233\text{kN}}{6820\text{kN}} \right| = 8,7\%$, přičemž hodnota z výpočetního programu je větší.



obr.63. Normálové síly ve sloupech při K.V. MSU:

a) model 1-měkká část,

b) model 2-měkké stěny 0,3xE,

c) model 3-tuhé sloupy 3xE,

d) původní model



Porovnání hodnot normálových sil v různých modelech při kombinaci výsledků pro MSU:

Sloupy	Model 1	Model 2	Model 3	Počátečný celkový model
D-5	6355	7261	6819	5424
D-6	6954	5253	5955	5402
G-3	4264	5311	4732	3181
H-5	3964	5002	4466	3206
I-7	1954	1294	1458	1274
E-5	5585	6110	5836	4793
E-6	4175	6801	5171	3521
Odchylka od počátečního modelu v %	24	38	28	

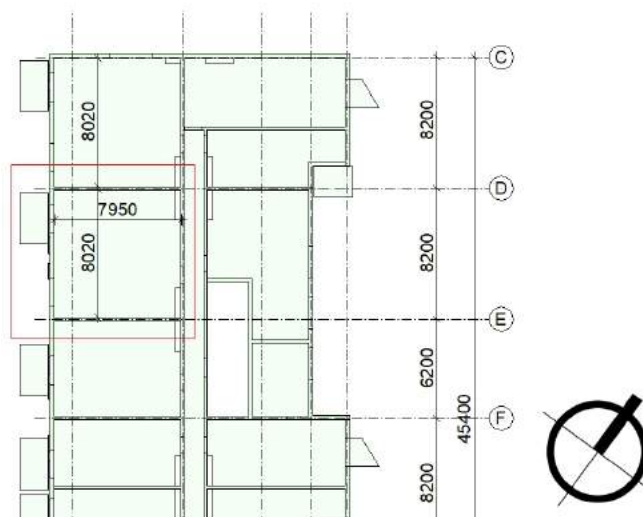
V modelu 2, kde byly změkčeny stěny, rozdíl velikosti vnitřních sil od počátečního modelu je příliš velký. Podporové reakce pod stěnami jsou příliš snižené z důvodu, že měkké stěny přebírají menší účinky od zatížení. Pro návrh pilot tedy by bylo nutné použít jiný model. Tento model znesnadňuje výpočet a proto je nevhodný. S modelem číslo 3 stejně jako v modelu 2, sloupy přebírají více účinků od zatížení, když u stěn hodnoty klesají dva až tři krát násobně.

Pro další návrh objektu nejvhodnějším modelem rozhodnut **model číslo 1**, kde horní tuhá část objektu byla navržena zvlášť, a účinky od zatížení horní části do spodní části objektu byly zavedeny jenom jako zatížení. Tento způsob modelování je doporučen doc.Ing.Jaroslavem Navrátilem,CSc a Ing. Viktorem Borzovičem, PhD. v publikaci Modelování betonových konstrukcí budov.[3]

5.4. Ověření 3D modelu : Ověření ohybových momentů

Ověření bude provedeno pro desku nad 3.NP mezi osami D-E, které jsou typické pro všechny nadzemní podlaží. Desky nad 3.NP jsou uloženy na stěny a po obvodě podepřeny, pro jichž ověření budou použity tabulky sestavené podle teorie pružnosti pro výpočet ohybových momentů desek.

Deska nad 3.NP



obr.64. Schema stropní desky nad 2.NP

Ve výpočetním programu bylo navrženo kloubové uložení v místech, kde deska se nenavazuje na další desku a v místech uložení na stěny s velkými otvory. Proto deska je uvažována jako typ 5 v tabulkách pro výpočet momentu podle teorie pružnosti : deska s kloubovým uložení z jedné strany

Zatížení na strop:

Typ zatížení	Char kN/m ²	Souč.	Navrhová kN/m ²
Skladba podlahy	1.8	1.35	2.43
Vl.tíha desky tl.250mm	7.5	1.35	10.125
Užitné F: parkovací plochy	2.5	1.5	3.75
Příčky	1.1	1.5	1.65
Celkem	12.9		17.955

Parametry:

$L_a = 8,02m$ - rovnoběžné s kloubově uloženou stranou, směr pnutí - Y

$L_b = 7,95m$ - směr pnutí - X

Koeficienty pro výpočet momentů:

Koeficienty byly interpolovány dle délek rozpětí.

$$\alpha_1 = L_b/L_a = 7,95/8,02 = 0,987$$

$$a_5 = (1 - 0,987) \times 8,3 + 44,2 = 44,3$$

$$b_5 = (0,987 - 1) \times 11,3 + 50,6 = 50,45$$

$$c_5 = (0,987 - 1) \times 0,1 + 0,667 = 0,666$$

Přerozdělení zatížení do jednotlivých směrů:

$$f_{d,y} = c_5 \times f_d = 0,666 \times 18kN/m^2 = 11,988kN/m^2$$

$$f_{d,x} = (1 - c_5) \times f_d = 0,334 \times 18kN/m^2 = 6,012kN/m^2$$

Výpočet momentu v polích:

ve směru rozpětí L_a : $m_a = (1/a_5) \times f_d \times L_a^2 = (1/44,3) \times 18 \times 8,02^2 = 26,13kNm$

ve směru rozpětí L_b : $m_b = (1/b_5) \times f_d \times L_b^2 = (1/50,45) \times 18 \times 7,95^2 = 22,55kNm$

Výpočet momentů podpory:

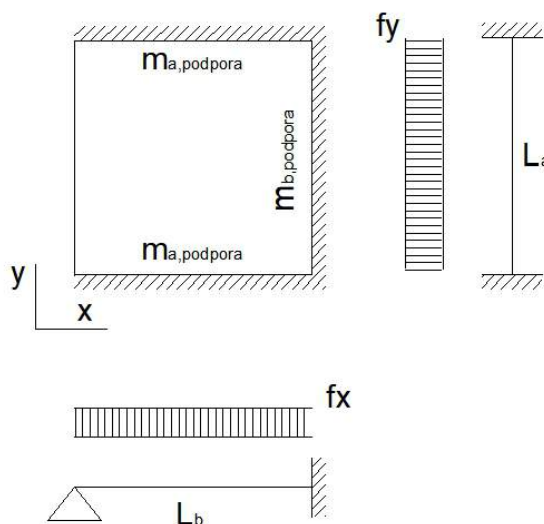
ve směru rozpětí L_a :

$$m_{a,podpora} = (1/12) \times f_{d,y} \times L_a^2 = (1/12) \times 11,988 \times 8,02^2 = 64,25kNm$$

ve směru rozpětí L_b :

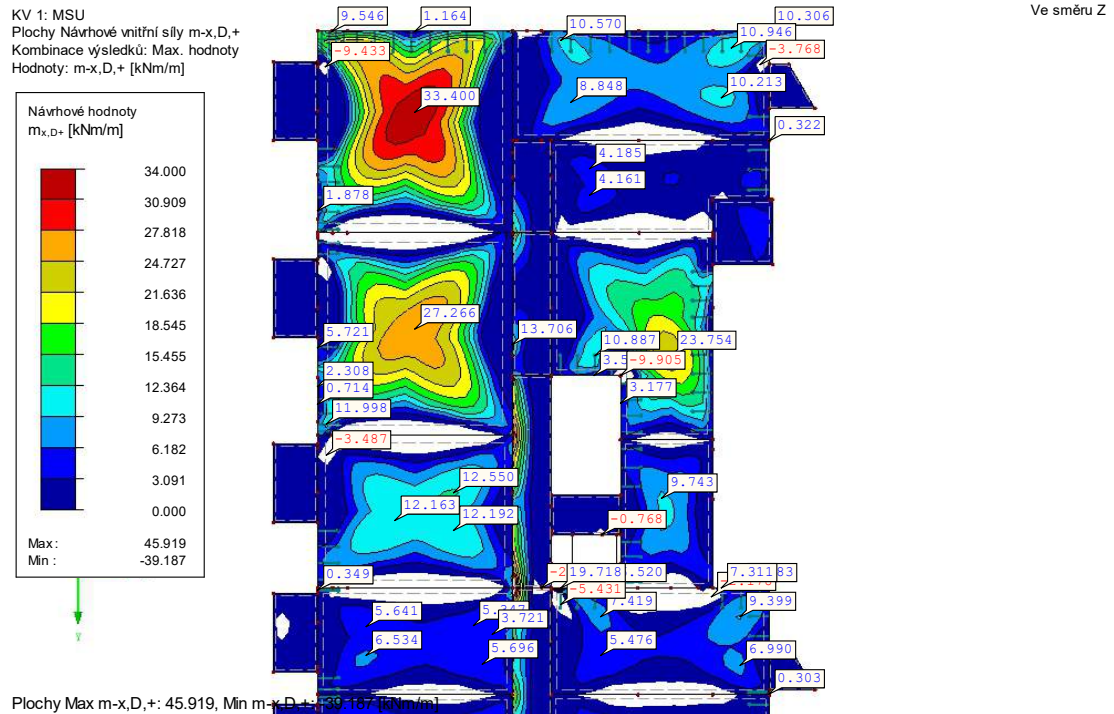
$$m_{b,podpora} = (1/8) \times f_{d,x} \times L_b^2 = (1/8) \times 6,012 \times 7,95^2 = 47,5kNm$$

proč 1/8 ??? konstrukce tam pokračuje, lze 1/10 ... ale nechte to takto

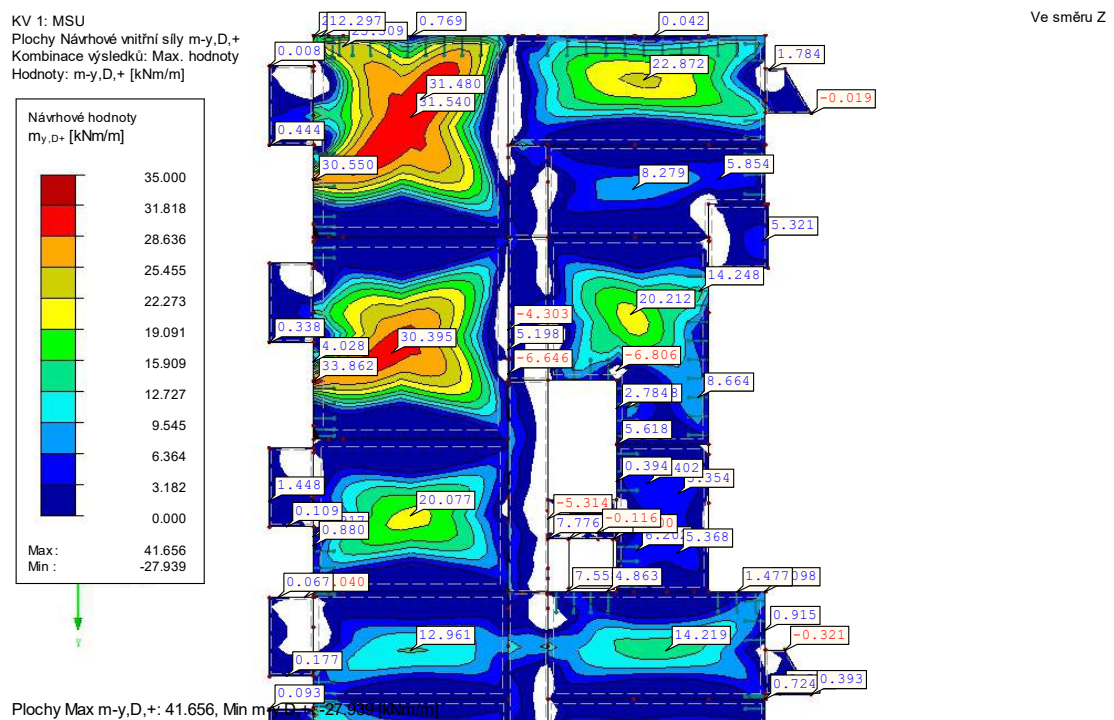




obr.65. Schéma desky pro výpočet momentu podle teorie pružnosti

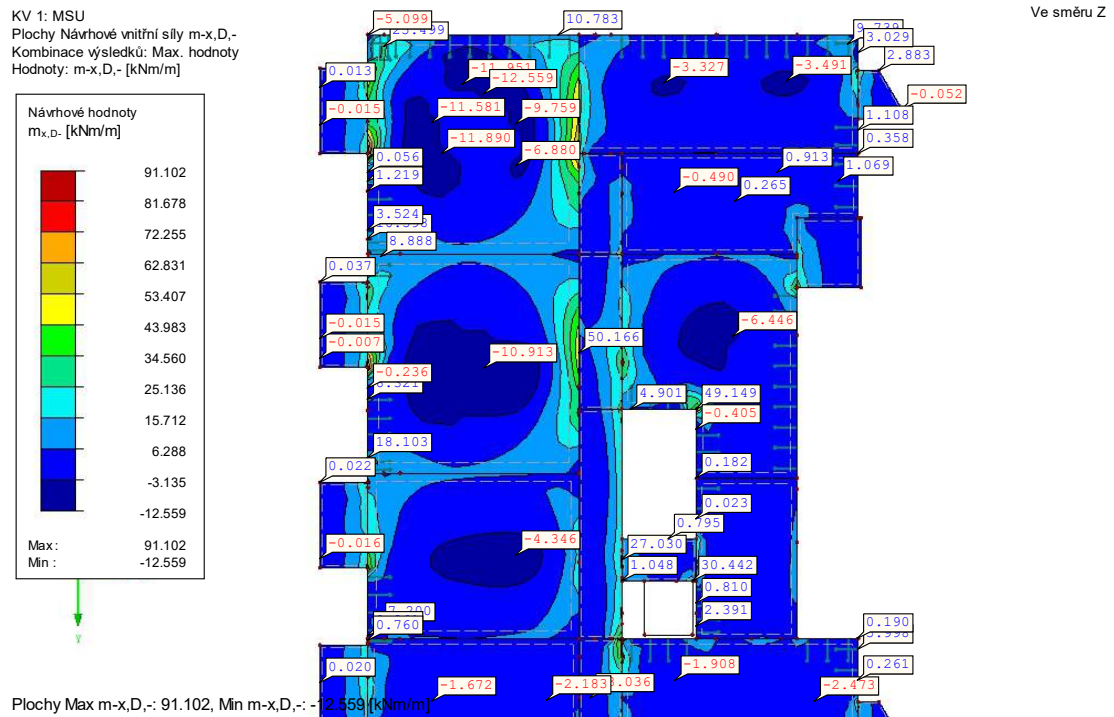


obr.66. Výsledky z RFEM: návrhový moment m_{xD} +

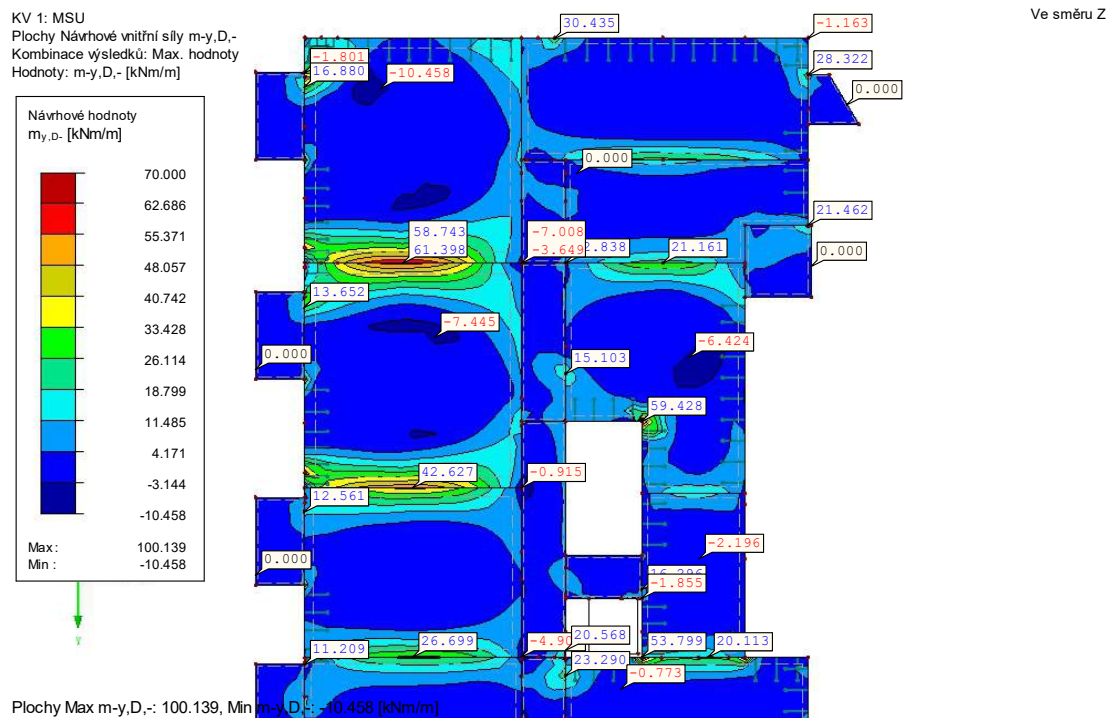




obr.67. Výsledky z RFEM: návrhový moment m_{yD} +



obr.68. Výsledky z RFEM: návrhový moment m_{xD} -



obr.69. Výsledky z RFEM: návrhový moment m_{yD} -

Porovnání výsledku:

Momenty v poli vypočtené ručně budou zvětšeny o 15%, vzhledem k použití zjednodušeného postupu stanovení účinků zatížení - zohlednění vlivu pohybu proměnného zatížení.

$$m_a = 1,15 \times 26.13\text{kNm} = 30,04\text{kNm}$$

$$m_b = 1,15 \times 22.55\text{kNm} = 25,93\text{kNm}$$

Momenty v poli:

$$m_a/m_{yD+} = 30,04\text{kNm}/30,4\text{kNm} = 0,966 \quad - \text{odchylka je } 3,4\%$$

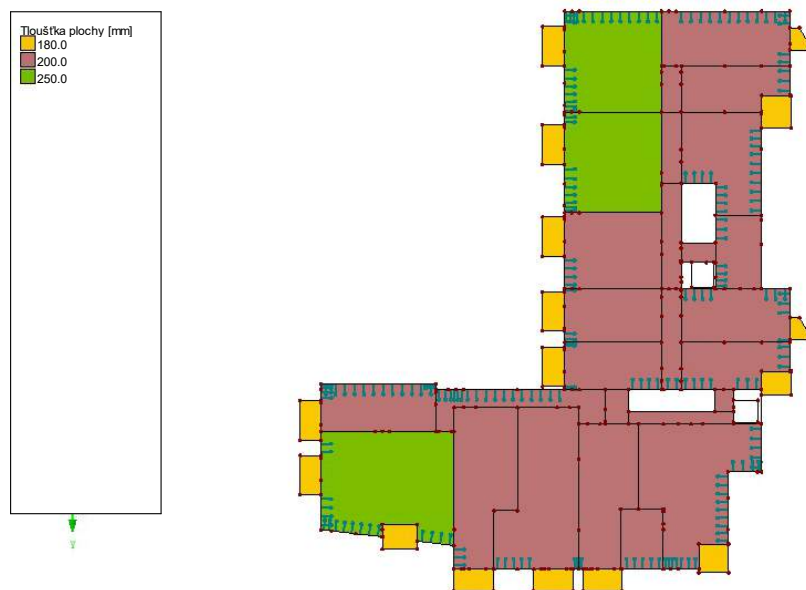
$$m_b/m_{xD+} = 25,93\text{kNm}/27,266\text{kNm} = 0,975 \quad - \text{odchylka je } 2,4\%$$

Momenty u podpory:

$$m_{a,\text{podpora}}/m_{yD-} = 64,25\text{kNm}/61,4\text{kNm} = 1,05 \quad - \text{odchylka je } 4,6\%$$

$$m_{b,\text{podpora}}/m_{xD-} = 47,5\text{kNm}/50,166\text{kNm} = 0,95 \quad - \text{odchylka je } 5\%$$

Momenty vypočtené ručně pomocí tabulek dle teorie pružností a dimenzační momenty z MKP na 3D modelu se shodují velmi dobře. Odchyly se pohybují okolo 3 - 5%. Kloubové uložení v okrajích, kde deska nepokračuje na jiné desky byly ponechány.



obr.70. Schema stropní desky 2 - 7.NP



5.5. Ověření napětí v patě stěn 1.PP

V této kapitole bude 3D model ověřen na dostatečnou prostorovou tuhost proti horizontálním účinkům od zatížení větrem. Účinky od větru jsou významné při působení větru tlakem na návětrnou stranu, a sáním na závětrnou stranu. Toto zatížení bylo sečteno a vneseno do výpočetního 3D model liniově na hrany stropů. Výpočet zatížení větrem byl proveden v kapitole 3.

Ve výpočetním modelu zatížení větrem jsou zadány ve čtyřech zatěžovacích stavech: vítr X zprava a zleva, vítr Y zprava a zleva. Pro účinky svislého zatížení objektu byla uvažována jenom vlastní tíha hrubé stavby, t.j. minimální stálé zatížení. Byly vytvořeny 2 kombinace výsledků z těchto pěti zatěžovacích stavů:

Zatěžovací stavy	
ZS1	Vlastní tíha nosné konstrukce
ZS2	Vítr X zprava
ZS3	Vítr X zleva
ZS4	Vítr X zprava
ZS5	Vítr X zleva

Kombinace výsledků MSU - extrémní vítr při hrubé stavbě

$$\gamma_G \times ZS_1 + \gamma_Q \times ZS_{2-4} = 0,9 \times ZS_1 + 1,5 \times ZS_{2-4}$$

Kombinace výsledků MSP - běžný stav při hrubé stavbě

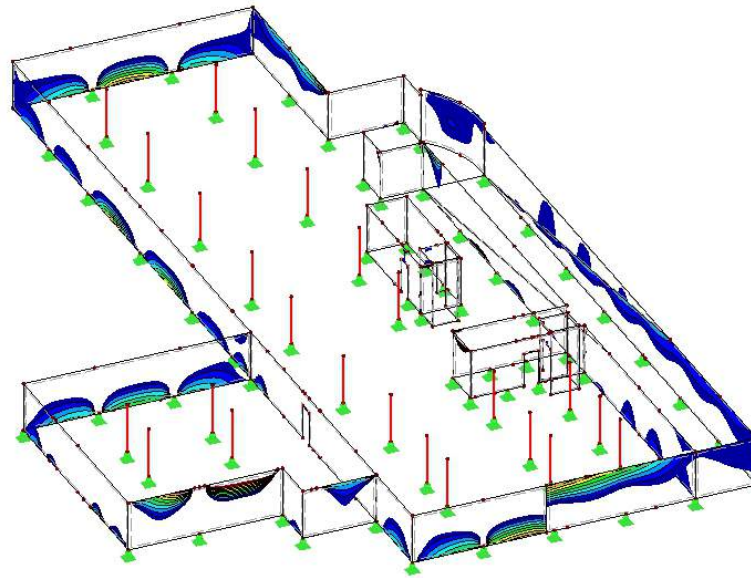
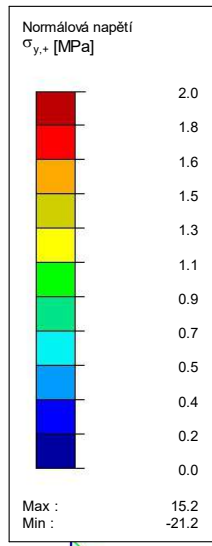
$$\gamma_G \times ZS_1 + \gamma_Q \times ZS_{2-4} = 1,0 \times ZS_1 + 1,0 \times ZS_{2-4}$$

Do kombinace výsledků zatížení větrem byly zavedeny tak, aby byl vypočítán nejnepříznivější účinek. Při kombinaci MSU mohou vzniknout tahy v patě stěn, které mají být v rozumných hodnotách. Při kombinaci MSP by neměly vzniknout žádné tahy.



KV 5: MSP tuhost
Plochy Napětí Sigma-y,+
Kombinace výsledků: Min. hodnoty

Izometrie

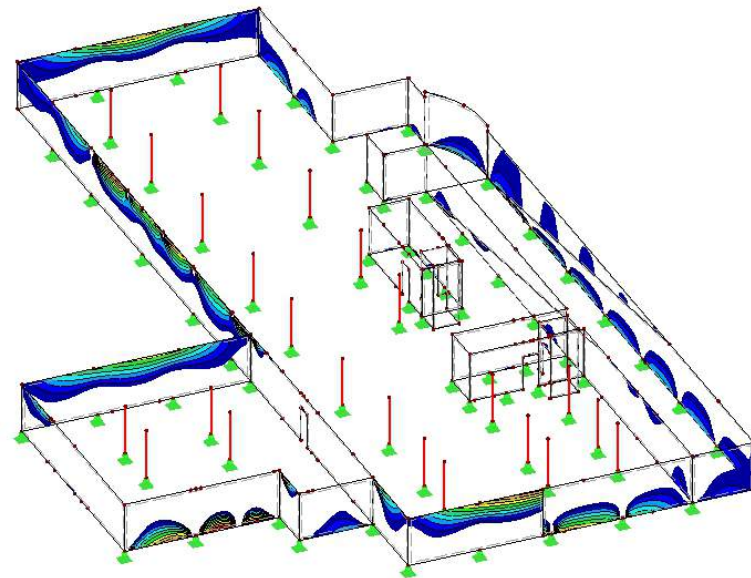
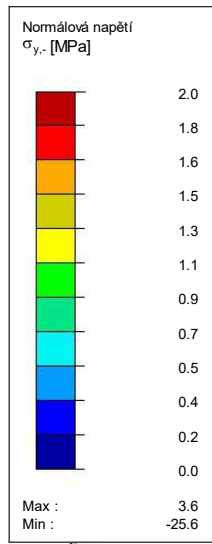


Plochy Max Sigma-y,+ : 15.2, Min Sigma-y,+ : -21.2 [MPa]

obr.71. Napětí σ_{y+} ve stěnách 1.PP při MSP

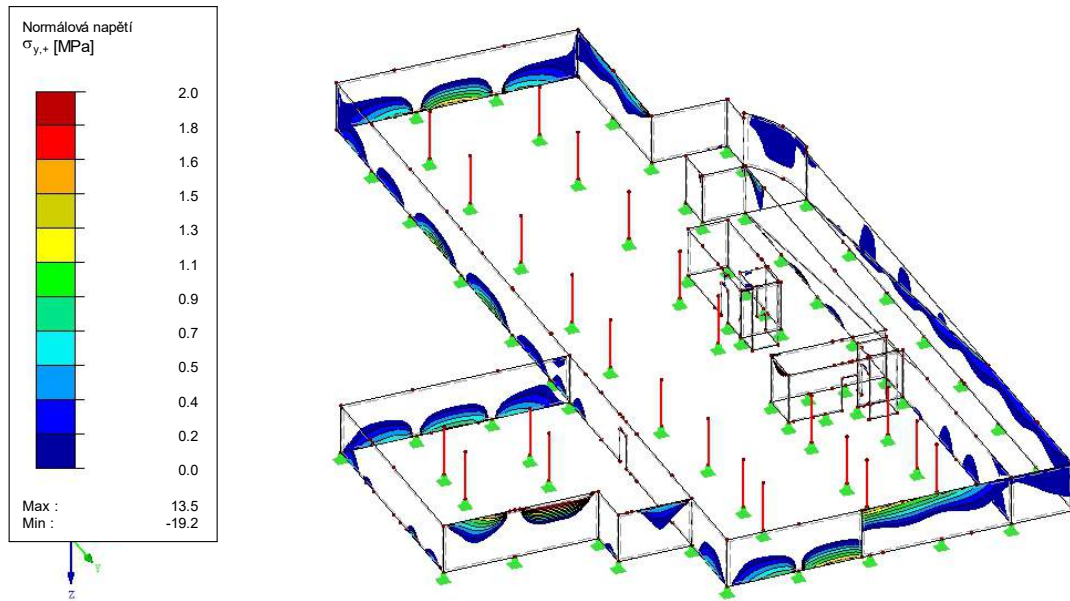
KV 5: MSP tuhost
Plochy Napětí Sigma-y,-
Kombinace výsledků: Min. hodnoty

Izometrie

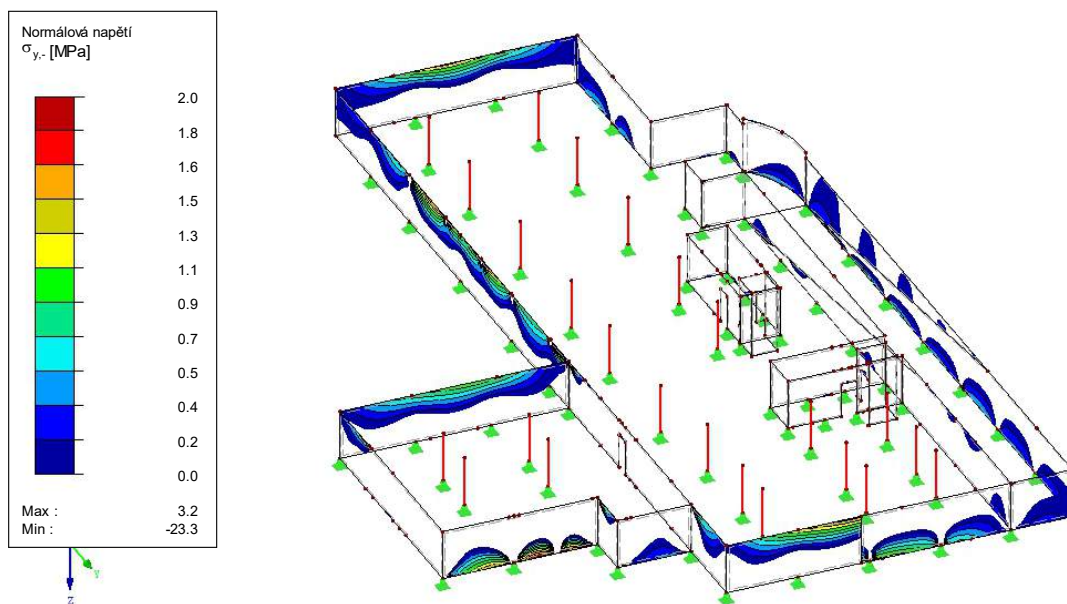


Plochy Max Sigma-y,- : 3.6, Min Sigma-y,- : -25.6 [MPa]

obr.72. Napětí σ_{y-} ve stěnách 1.PP při MSP



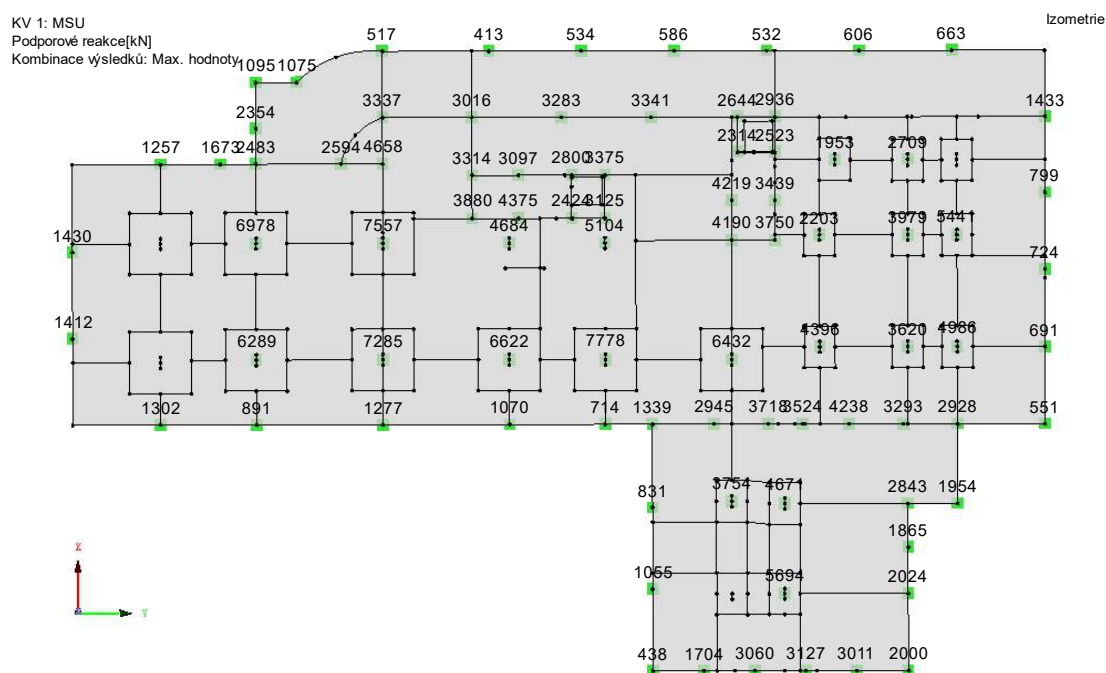
obr.73. Napětí σ_{y+} ve stěnách 1.PP při MSU



obr.74. Napětí σ_{y-} ve stěnách 1.PP při MSU

Od zatížení větrem v patě stěn nevznikají významné tahy. V oblasti hlavních ztužujících stěn schodišťového jádra jsou jenom tlaková napětí. Tímto byla lineárním výpočtem ověřena prostorová tuhost objektu.

5.6. Zesilující rozšíření základové desky



obr.75. Podporové reakce při K.V. MSU

Piloty budou navrženy pod všechny sloupy a pod nosné stěny. Základová půda je málo únosná a nemá má k opření pilot nestlačitelné podloží, proto budou navrženy piloty plovoucí, a předpokládá se, že většinu zatížení přeberou pláště piloty. Vzhledem menší únosnosti půdy byl zvolen typ založení, kde pilota přebírá půlku zatížení, půlka pak bude přenesena základovou deskou.

Z toho lze předpokládat, že posouvající síly v desce pod sloupy se budou přibližně rovnat polovině normálové síly plus zatížení deskou. V předběžném návrhu bylo navrženo zvětšení tloušťky desky pod sloupem s největší normálovou silou. Toto zesílení bylo zadáno do výpočetního modelu pod všechny sloupy, kde posouvající síla v desce s tloušťkou 400mm překračuje maximální únosnost v protlačení v obvodu sloupu.

Podmínkou únosnosti v protlačení v obvodu sloupu je:

$$v_{Ed} \leq v_{Rdc,max} \quad , \text{ kde:}$$

$$v_{Ed} \quad - \text{ smyková napětí v kontrolovaném obvodu [MPa]} \quad v_{Ed} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_0 d}$$

$v_{Rdc,max}$ - maximální únosnost v protlačení v obvodu sloupu [MPa]

$$v_{Rdc,max} = 0,4 \times v \times fcd$$

Obvod u_0 pro sloup s rozměry 300×700mm se rovná 1,8m; účinná výška desky tloušťky 400mm se rovná 0,355m; a maximální únosnost v protlačení v obvodu sloupu pro beton třídy C25/30:

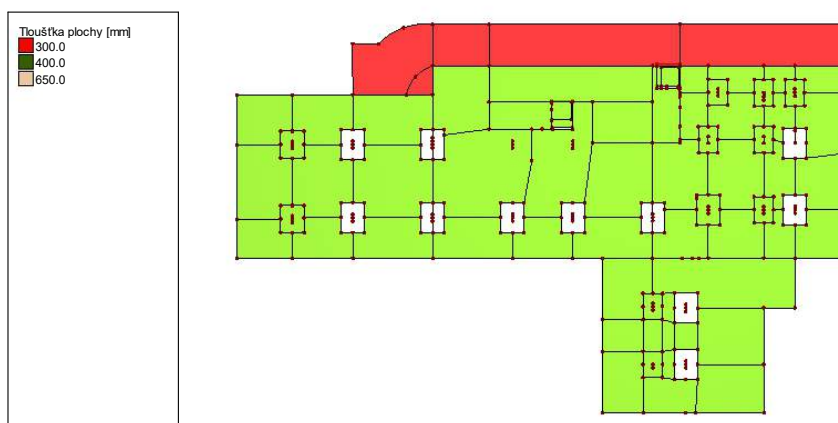
$$v_{Rdc,max} = 0,4 \times v \times fcd = 0,4 \times 0,54 \times 16,66 \text{ MPa} = 3598 \text{ kPa}$$

$$v = 0,6 \times (1 - fck/250) = 0,6 \times (1 - 25/250) = 0,54$$

Z těchto vzorku lze odvézt maximální přípustnou posouvající sílu:

$$V_{ed,max} = \frac{v_{Rdc,max} \times u_0 \times d}{\beta} = \frac{3598 \text{ kPa} \times 1,8 \text{ m} \times 0,355 \text{ m}}{1,00} = 2300 \text{ kN}$$

Pod všechny sloupy, kde je polovina podporové reakce větší než maximální přípustná posouvající síla $V_{ed,max} = 2300 \text{ kN}$ bylo navrženo zvětšení tloušťky 650mm a s půdorysnými rozměry 2700×3100mm. Hodnoty podporových reakcí viz obr.78



obr.76. Tloušťky ploch základové desky ve výpočetním modelu



6. NÁVRH PILOT

6.1. Inženýrsko - geologický průzkum

Pro účely inženýrsko-geologického průzkumu bylo provedeno pět sond, tři vrtaným způsobem a dvě sondy způsobem dynamické penetrace. Vrtané sondy byly provedeny pro ověření geologického vrtu a odběr vzorků zemin a podzemní vody, jsou označeny V-1 až V-3. Hloubka vrtaných sond je 15m.

Geologické poměry

Geologické podloží celé posuzované lokality je poměrně velmi složité. Nejstarší podloží je tvořeno skalními horninami devonských sedimentů, které jsou zastoupeny převážně slepenci. Tyto horniny vystupují k povrchu terénu pouze na nejvyšších místech okolí. V provedených sondách toto podloží zastiženo nebylo a v archivní sondáži z blízkého okolí pouze ojediněle. Nadloží těchto skalních hornin tvoří neogenní marinní sedimenty. Tyto sedimenty tvoří výplň celého dna údolí. Jedná se převážně o vysoce plastické jíly třídy **F8-CH**. Jejich konzistence je značně proměnlivá, v závislosti na obsahu písčité frakce a z tohoto faktu vyplývajícího vlivu podzemní vody. Mění se tak od tuhé až po pevnou.

Kvarterní pokryv tvoří typický příříční (podél říčního koryto) profil. Většinou se jedná o hrubozrnné klastické materiály štěrkového charakteru, které jsou vesměs opracované působením fluvialního přenosu. Z hlediska klasifikace se jedná o **třídy G3-GF**, ojediněle se však může jednat i o třídy G4-GM, podle míry obsahu jemnozrnné frakce v základním štěrkopískovém materiálu.

Tyto sedimenty jsou převážně ulehle a pod hladinou podzemní vody zvodnělé. Je zde nutné konstatovat, že štěrky jsou uloženy nerovnoměrně a v některých částech posuzované plochy tvoří klíny.

Výše uložený kvarterní horizont tvoří aluviální povodňové hlíny, které jsou převážně holocenního stáří. Jedná se o jemnozrnné materiály jílovito prachového charakteru, s obsahem písčité frakce. Tyto materiály jsou značně ovlivněny kapilární elevací podzemní vody i průsaky srážkových vod infiltrovaných do terénu, a proto mají pouze měkkou až tuhou konzistenci. Z hlediska klasifikace základových půd se jedná o **třídu F6-CI**.



Hydrogeologické poměry

V celé posuzované lokalitě je souvislý horizont podzemní vody v hloubce kolem 5 m pod současnou úrovní terénu. Platí to i o místě sondy V-3, kde byla zaměřena hladina v úrovni 14,3 m pod povrchem parkoviště, která by mohla s odstupem několika dnů vystoupit do stejné úrovně, jako v okolních sondách.

Provedeným rozbořem vody ze sondy V-1 nebyla prokázána agresivita vůči betonu. Není tedy v tomto případě nutné provádět ochranná opatření proti korozivním účinkům podzemní vody.

Závěrečné zhodnocení

Ve smyslu článku 20 ČSN 73 1001, písmene b) jde na daném staveništi o základové poměry složité. Základové poměry se v jednotlivých částech plochy určené pro zástavbu odlišují, především vlivem vyklínování fluvialních sedimentů. Geotechnické vlastnosti základových půd ovlivňuje značně hladina podzemní vody. V daném případě se jedná zřejmě ze statického hlediska o konstrukci náročnou ve smyslu čl. 21, písmene b). Z uvedených předpokladů vyplývá, že se jedná o třetí geotechnickou kategorii G3 podle čl. 24 písm. b) normy.

Zakládáním objektu se uvažuje suterénní podlaží, kde základová spára se nachází v hloubce 4,5 až 5,5m, bude do vrstvy písčitých štěrků G3-GF, které jsou středně ulehlé ($I_d=0,67-0,85$) s modulem deformace $E_{def} = 80\text{MPa}$. V Jihovýchodní části pozemku se nachází méně nosná vrstva z hlíny H6-CI do hloubky 6m, s modulem deformací $E_{def} = 3\text{MPa}$, kde pro zakládání bude nahrazena štěrkopískem G3-GF vytažené při zajištění jámy z sousedních míst. Objekt vzhledem na počet podlaží a proměnlivost základové půdy ve vrstvách bude vhodné navrhnout na pilotových základech.

Ustálená hladina vody je na cca 5m pod terénem, co znamená, že při realizaci podzemního podlaží může být potřeba odvodnění stavební jámy.

Výkopy budou prováděny v odlišných třídách těžitelnosti podle klasifikace ČSN 73 3050. Těžitelnost vrstev jsou třídy 2 až 3. Výkopy lze provádět svahované do úrovně podzemní vody.



Geologický profil V-1

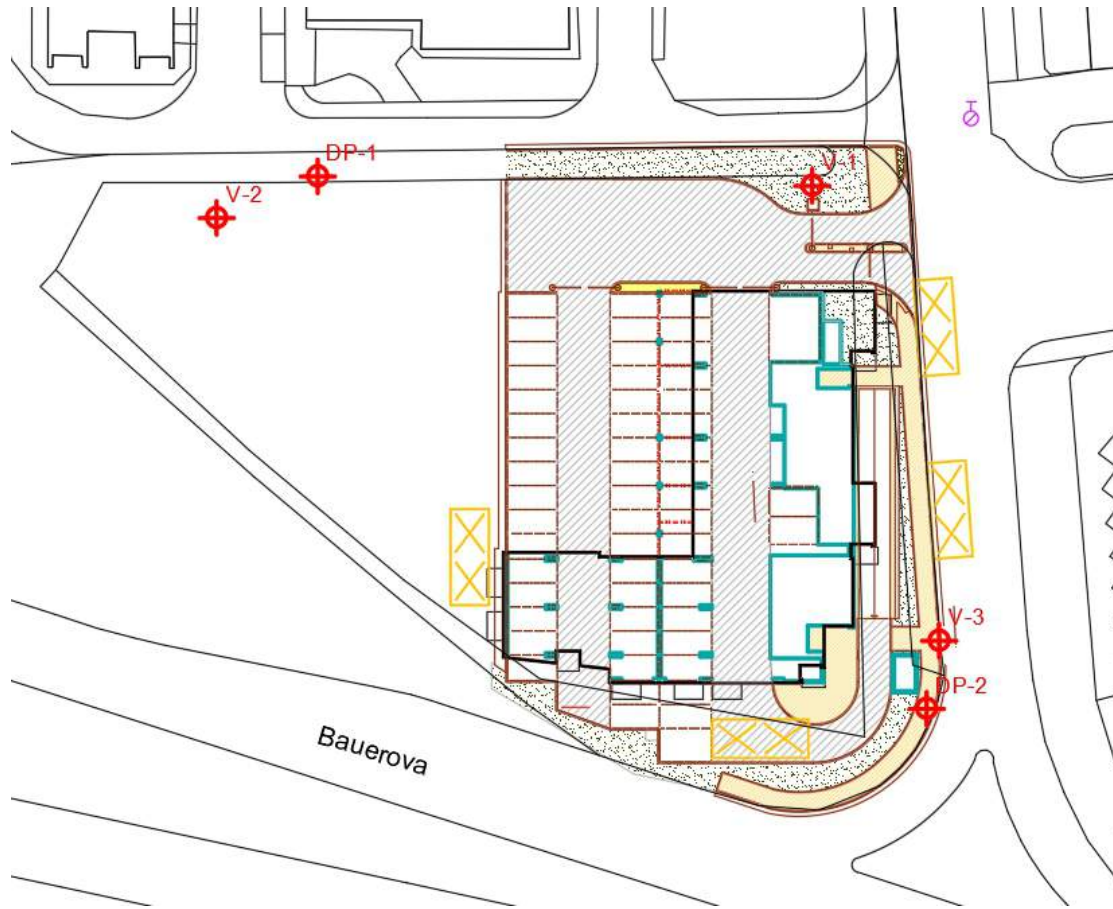
V-1											
n	mocnost	Hloubka [m]	Geo. popis	Klasifikace	Edef [MPa]	Ulehlost/konzistence	Obj. tíha γ [kNm-3]	Uhel vn. tření ϕ	Přev. souč. β	Opr.souč. m	Tab.únosnost Rdt
-		1.2	Asfalt,navážka - hlina,písek	Y	-	-	-	-	-	-	-
-		1.5	Hlína prachová s kusky cihel	Y	-	-	-	-	-	-	-
1	4.2	4.2	Hlína prachová, hnědá	F6-Cl	2	měkká až tuhá	20	17	-0.53	-0.9	75
5.2 HPV ustálená											
2	3.5	7.7	Stěrk písčité,zvodnělý	G3-GF	80	ulehlý	19	32	0.83	0.3	300
3	7.3	15.0	Jíl modrý.	F8-CH	4	tuhý až pevný	20.5	15	0.37	0.1	120

Geologický profil V-2

V-2											
n	mocnost	Hloubka [m]	Geo. popis	Klasifikace	Edef [MPa]	Ulehlost/konzistence	Obj. tíha γ [kNm-3]	Uhel vn. tření ϕ	Přev. souč. β	Opr.souč. m	Tab.únosnost Rdt
-		1.2	Asfalt,navážka - hlina,písek	Y	-	-	-	-	-	-	-
1	4	4	Hlína prachová, hnědá, písčitá	F6-Cl	2	měkká až tuhá	20	17	-0.53	-0.9	75
4.8 HPV ustálená											
2	3.8	7.8	Stěrk písčité,zvodnělý	G3-GF	80	ulehlý	19	32	0.83	0.3	300
3	7.2	15.0	Jíl modrý.	F8-CH	6	pevný	20.5	16	0.37	0.2	160

Geologický profil V-3

V-3											
n	mocnost	Hloubka [m]	Geo. popis	Klasifikace	Edef [MPa]	Ulehlost/konzistence	Obj. tíha γ [kNm-3]	Uhel vn. tření ϕ	Přev. souč. β	Opr.souč. m	Tab.únosnost Rdt
-		1.2	Asfalt,navážka - písek	Y	-	-	-	-	-	-	-
-		1.8	Navážka - hlina s kusky cihel	Y	-	-	-	-	-	-	-
1	5.8	5.8	Hlína jílovitoprachová	F6-Cl	3	měkká	21	17	0.47	0.1	50
2	1.2	7.0	Stěrk písčité,zvodnělý	G3-GF	80	ulehlý	19	32	0.83	0.3	300
14.3 HPV ustálená											
3	8	15.0	Jíl modrý.	F8-CH	4	tuhý až pevný	20.5	15	0.37	0.1	120

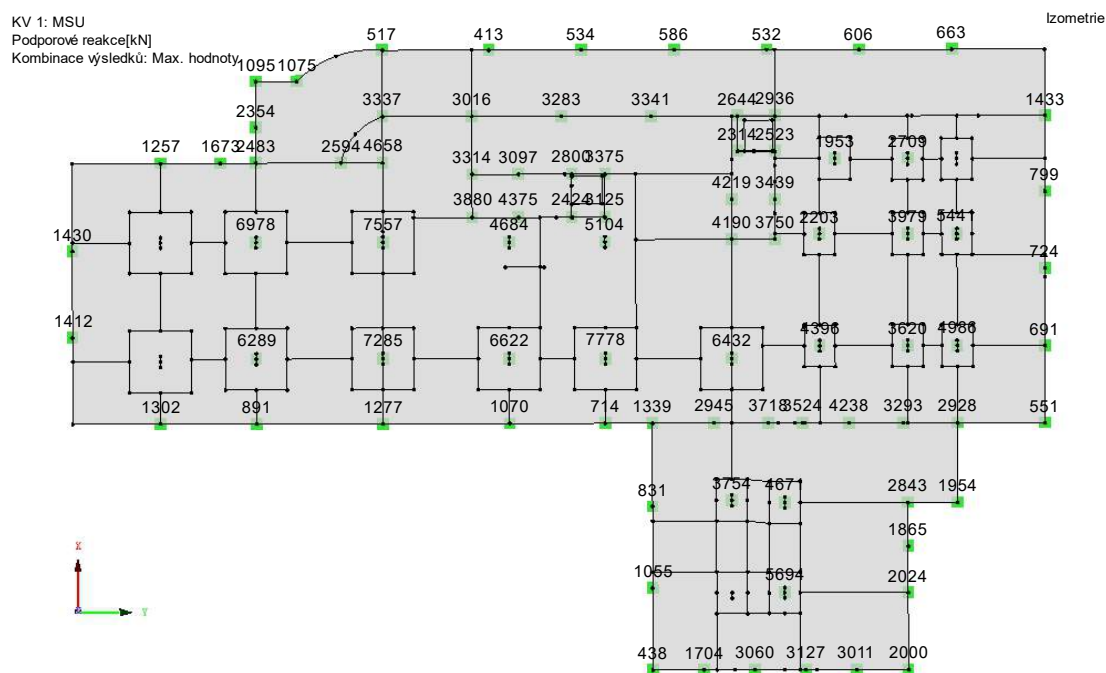


obr.80. Situace sond

6.2. Piloty

Piloty byly navrženy pod všechny sloupy a pod nosné stěny. Základová půda je málo únosná a nemá má k opření pilot nestlačitelné podloží, proto byly navrženy piloty plovoucí, a předpokládá se, že většinu zatížení přeberou pláště piloty. Vzhledem menší únosnosti půdy byl zvolen typ založení, kde pilota přebírá polovinu zatížení, polovina pak bude přenesena základovou deskou.

Přibližné rozměry pilot byly stanoveny pomocí softwaru "GEO 5 Piloty" na velikost reakce pod objektem ve výpočetním modelu na tuhé podloží. Ve výpočetním modelu v místech předpokládaných pilot byly vytvořeny uzlové tuhé podpory. Podle reakce těchto podpor budou navrženy rozměry pilot.



obr.81. Reakce podpor při KV. MSU



6.3. Stanovení rozměru pilot

Výpočet byl uskutečněn dle ČSN 73 1002 ve programu GEO5, zatěžovací křivka byla stanovena nelineární metodou dle Masopusta.

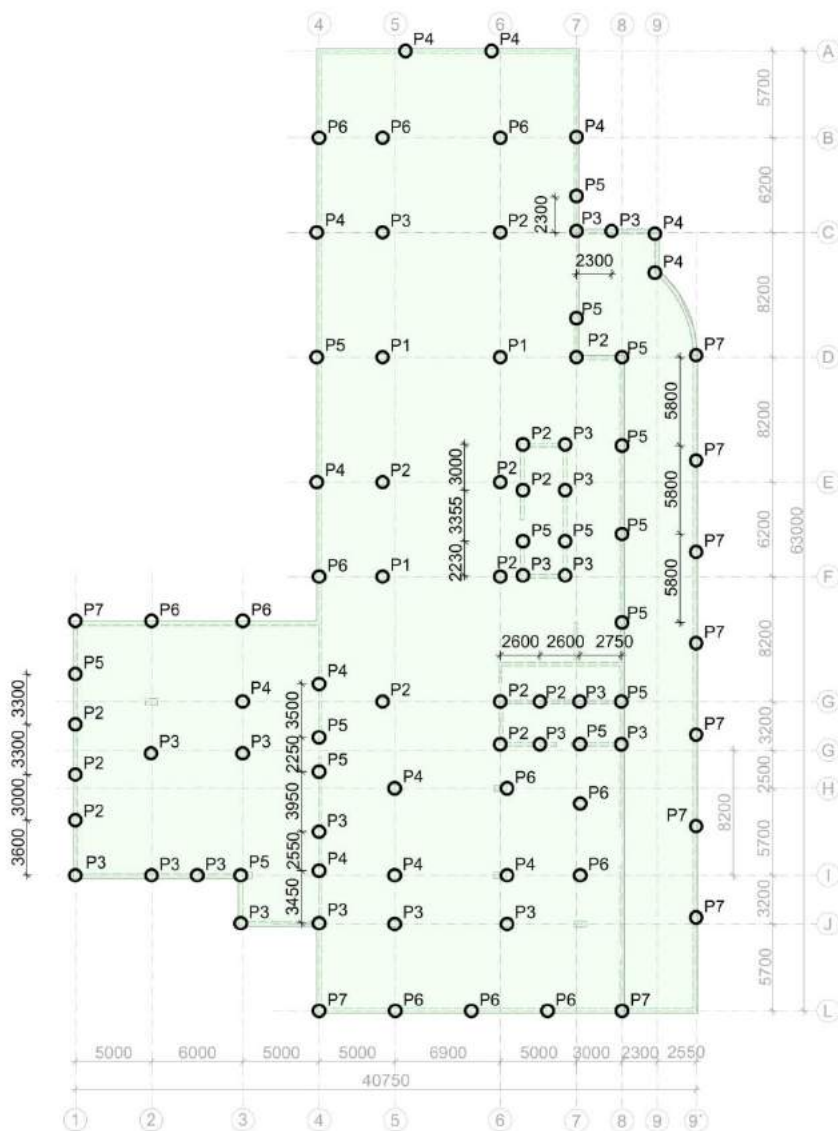
Rozměry pilot pod sloupy byly navrženy tak, aby se celková únosnost zhruba rovnala polovině reakcí podpory, tj. jenom na část podporové reakce. Piloty pod schodišťovými jádry byly navrženy tak, aby kontaktní napětí od zůstatku zatížení, po přenesení její části pilotami, bylo menší než 150kPa. Piloty po obvodě byly navrženy na přenos všeho zatížení, tj. na celou silu v podporách. Při návrhu pilot bylo zohledněn požadavek, aby sedání základové desky bylo rovnoměrné.

Do programu byly zadány následující vrstvy půd:

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přifažená zemina	Vzorek
1	4.20	0.00 .. 4.20	Třída F6, konzistence měkká	
2	3.50	4.20 .. 7.70	Třída G3, ulehlá	
3	7.30	7.70 .. 15.00	Třída F8, konzistence tuhá	
4	-	15.00 .. ∞	Třída F8, konzistence tuhá	

Navržené rozměry pilot:

No Piloty	Průměr piloty d [m]	Délka piloty L [m]	Reakce podpor [kN]	Celková únosnost Rc [kN]	Mez.mob.pla št.tření Ryu [kN]	Sednutí syu [mm]	zbylé zatížení [kN]	Tuhost na mezi yu [kN/m]
-	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[kN]	[kN/m]
1	1.5	20	7844	4371	3577	11.5	3473	311043
2	1.3	18	6556	3067	3106	10.2	3489	304510
3	1.1	17	5600	2249	2476	8.7	3351	284598
4	1.1	10	4240	1036	1561	8.6	3204	181512
5	1.1	13		1502	1702	8.8		193409
6	0.7	13		823	1084	6.5		166769
7	0.7	10		556	994	6.2		160323



obr.82. Schéma předpokládaných pilot



6.4. Návrh pilot ručním výpočtem

6.4.1. Únosnost stanovená výpočtem na základě 1. skupiny mezních stavů

Metodika posouzení je dle ČSN EN 1997-1. Tento stav stanovuje únosnost piloty na dané zatížení, ale nezabývá se jejím sedáním. Pro stanovení únosnosti dle 1. mezního stavu se využívá návrhové velikosti parametrů jednotlivých vrstev, charakterizujících stabilitu půdy. Pro návrh dle 1. mezního stavu je doporučeno používat návrhový přístup NP2, pro který platí kombinace "A1" + "M1" + "R2". Dílčí součinitele únosnosti vrtaných pilot pro soubor R2 jsou:

Pata	- γ_b	- 1,1	Celková/kombinovaná(tlak)	- γ_s	- 1,1
Plášť	- γ_s	- 1,1	Plášť v tahu	- γ_s	- 1,15

Návrhová únosnost piloty je dána vztahem:

$$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} > V_{Ed} \quad , \text{ kde:}$$

U_{vd}	- celková únosnost piloty
U_{bd}	- únosnost paty piloty
U_{fd}	- únosnost pláště piloty
V_{Ed}	- svislé zatížení na hlavě piloty

Únosnost paty piloty je dána vztahem:

$$U_{bd} = k_1 \times A_s \times R_d \quad , \text{ kde:}$$

k_1	- součinitel zvětšující únosnost vzhledem na délku piloty	
- pro:	4,0m < L < 6,0m	$k_1 = 1,1$
	L > 6,0m	$k_1 = 1,15$
A_s	- plocha piloty	
R_d	- návrhová únosnost paty piloty	

$$R_d = 1,2 \times c \times N_c + (1 + \sin \varphi_a) \times \gamma_1 \times L \times N_d + \gamma_2 \times d / 2 \times N_b, \text{ kde:}$$

$$N_c = (N_d - 1) \times \cot \varphi_a \quad \text{pro } \varphi_a > 0$$

$$N_d = \exp(\pi \times \tan \varphi_d) \times \tan^2(45 + \varphi_d / 2)$$

$$N_b = 1,5(N_d - 1) \tan \varphi_a$$



Návrhová únosnost pláště piloty je dána:

$$U_{fd} = \Sigma \pi \times d_i \times h_i \times f_{si} \quad , \text{kde:}$$

- d_i - průměr piloty
 h_i - mocnost jednotlivých vrstev
 f_{si} - tření na plášti piloty

Tření na plášti f_{si} je dáno vztahem:

$$f_{si} = \sigma_{xi} \times \text{tg}(\varphi_d / \gamma_{r1}) + c_d / \gamma_{r2}, \quad \text{kde:}$$

- σ_{xi} - kontaktní napětí v i -té vrstvě: $\sigma_{xi} = k_2 \times \sigma_{ori}$
 σ_{ori} - geostatické napětí v hloubce z_i
 k_2 - součinitel bočního zemního tlaku na plášť piloty:
- pro : $z < 10\text{m}$ - $k_2 = 1,0$
 $z > 10\text{m}$ - $k_2 = 1,2$
 φ_d - úhel tření zeminy

γ_{r1} - součinitel podmínek působení základové zeminy:

- pro $z < 1,0\text{m}$ - $\gamma_{r1} = 1,3$;
 $1,0\text{m} < z < 2,0\text{m}$ - $\gamma_{r1} = 1,2$;
 $2,0\text{m} < z < 3,0\text{m}$ - $\gamma_{r1} = 1,1$;
 $z < 3,0\text{m}$ - $\gamma_{r1} = 1,0$.

γ_{r2} - součinitel, který vyjadřuje vliv technologie provádění pilot a je podle Sedleckého:

$\gamma_{r2} = 1,0$ – Betonáž piloty do suchého nezapaženého vrtu do soudržných zemin

$\gamma_{r2} = 1,1$ – Betonáž piloty do suchého nezapaženého vrtu do nesoudržných zemin a poloskálních hornin

$\gamma_{r2} = 1,2$ – Betonáž piloty do vrtu zapaženou ocelovou pažnicí a pod vodu

$\gamma_{r2} = 1,25$ – Betonáž piloty do vrtu zapaženého pažnicí suspenzí

$\gamma_{r2} = 1,5$ – Betonáž piloty do vrtu sekundárně chráněného fólií z umělé hmoty tloušťky 0,25 mm

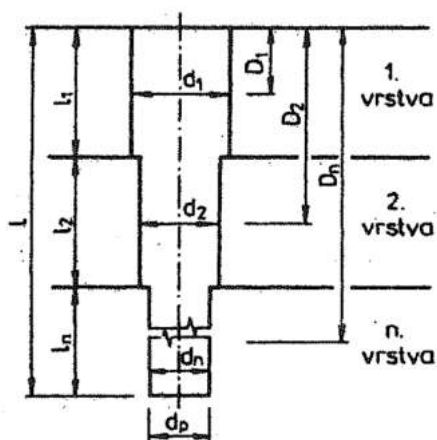
$\gamma_{r2} = 1,6$ – Betonáž piloty do vrtu sekundárně chráněného fólií z umělé hmoty tloušťky větší než 0,25 mm



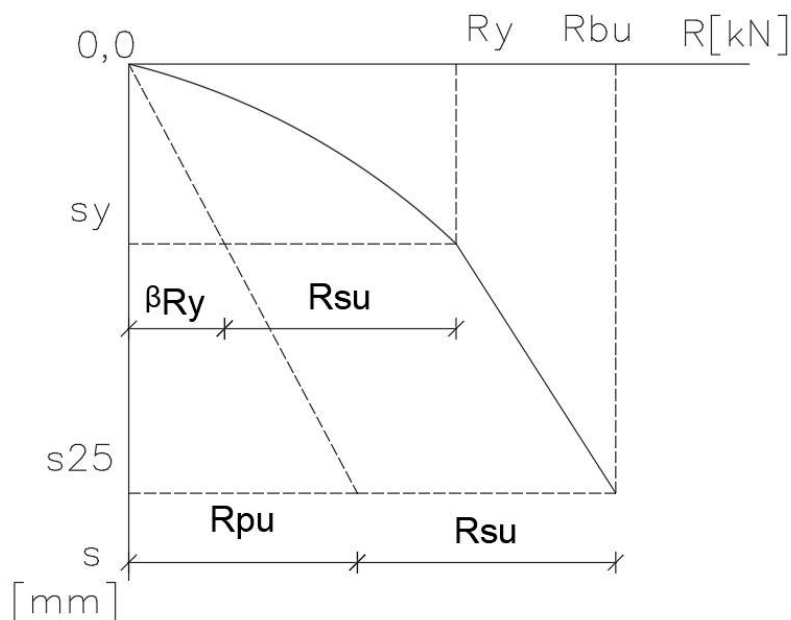
V tomto projektu bude použit součinitel 1,1 pro malou nesoudržnou část, a 1,0 pro ostatní soudržné zeminy.

6.4.2. Únosnost stanovená výpočtem na základě 2.skupiny mezních stavů.

Mezní stav 2. skupiny se zabývá sedáním piloty. V tomto mezním stavu bude stanovena zatěžovací křivka dle Masopusta ručně a dále bude ověřeno v programu GEO5 Piloty.



Obr.83. Schéma vrstev základové zeminy[12]



Obr.84. Schéma vrstev základové zeminy[12]



Pro stanovení výpočtové únosnosti je třeba řešit tvar mezní zatěžovací křivky podle Obr.84 , kde:

R_{su} - Mezní únosnost na plášti piloty

R_{pu} - Mezní únosnost v patě piloty

R_{bu} - Mezní únosnost piloty

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

m_1 - koeficient podle druhu zatížení: pro provozní zatížení $m_1 = 0,7$, pro extrémní zatížení $m_1 = 1,0$.

m_2 - koeficient vyjadřující vliv ochrany dřívku piloty: pro betonáž do suchého vrtu a pod vodu $m_2 = 1,0$

d_i - průměr piloty v i-té vrstvě

h_i - délka piloty v i-té vrstvě

q_{si} - limitní plášťové tření v i-té vrstvě

$q_{si} = a-b/(D_i/d_i)$, kde:

a, b - regresní koeficienty podle tabulek [kPa]

D_i - vzdálenost od hlavy do poloviny i-té vrstvy

d_i - průměr piloty v dané vrstvě

Průměrná velikost plášťového tření podél dřívku piloty q_s :

$$q_s = \sum d_i \times h_i \times q_{si} / \sum d_i \times h_i$$

Zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace plášťového tření R_y :

$$R_y = R_{su} / (1-\beta) \quad , \text{kde}$$

β - koeficient přenosu zatížení do paty piloty: $\beta = q_0 / (q_0 + 4 \times q_s \times L / d_0)$

d_0 - průměr paty piloty

Sedání odpovídající plné mobilizaci plášťového tření s_y :

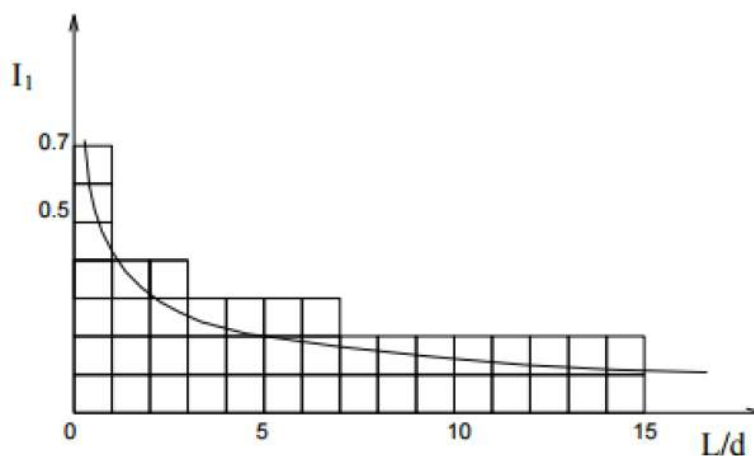
$$s_y = I \times R_y / (d \times E_s)$$

E_s - průměrná velikost sečnového modulu deformace zemin podél piloty

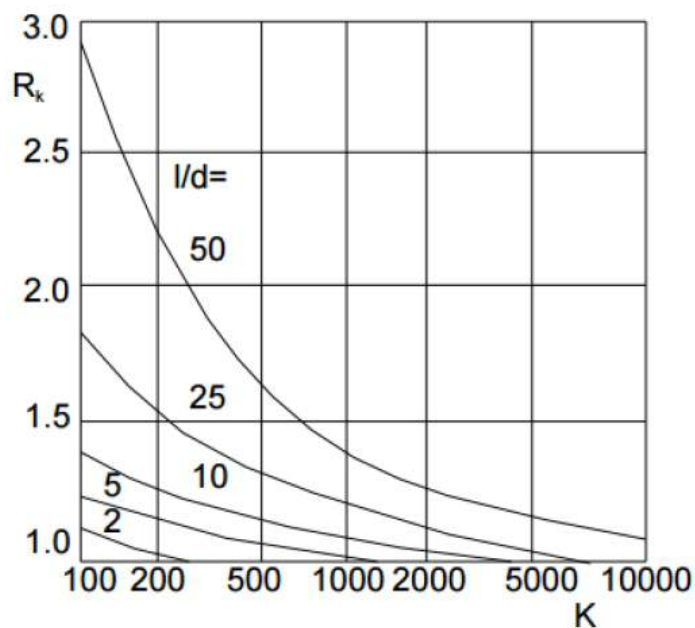
I - Příčinkový koeficient sedání: $I = I_1 \times R_k$, kde:

I_1 - základní příčinkový koeficient stanovený podle obr.xx

R_k - korekční součinitel podle obr.xx vyjadřující vliv tuhostí pilot K a štíhlostní poměr L/d



Obr.85. Základní příčinkový koeficient I_1 [12]



Obr.86. Korekční součinitel R_k [12]

L/d -Štíhlostní poměr

K - tuhost piloty, která je definována poměrem: E_b/E_s , kde:

E_b - modul pružností betonu

E_s - průměrné velikost sečnového modulu deformace zemin podél dříku pilot.



Tabulky sečnových modulů pro jednotlivé vrstvy:

Tab. 2: Sečnové moduly deformace E_s (MPa) pro horniny poloskalní

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

Tab. 3: Sečnové moduly deformace E_s (MPa) pro zeminy nesoudržné

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

Tab. 4: Sečnové moduly deformace E_s (MPa) pro zeminy soudržné

h /m/	d (m)					
	0,6		1,0		1,5	
	I_c					
	0,5	$\geq 1,0$	0,5	$\geq 1,0$	0,5	$\geq 1,0$
1,5	6,9	13,2	7,9	13,4	8,6	12,3
3	10,0	22,0	12,5	23,9	13,7	23,0
5	12,5	31,2	15,9	35,4	18,4	36,7
10	15,5	44,3	21,3	51,3	24,6	57,4

Mezilehlé hodnoty budou interpolovány.

Průměrný sečnový modul

$$E_s = (\sum E_{si} \times h_i) / (\sum h_i)$$

Souřadnicemi (s_y ; R_y) je jednoznačně určena první větev mezní zatěžovací křivky tvaru paraboly 2. st. rovnicí:

$$s = s_y \times (R/R_y)^2$$

R - Určité zatížení

s - Určité sedání

Pro interval $0 \leq R \leq R_y$



Druhá větev mezní zatěžovací křivky dána úsečkou o souřadnicích koncového bodu ($s_{25} = 25 \text{ mm}$; R_{bu})

$$R_{bu} = R_{su} + R_{pu}$$

$$R_{pu} = \beta \times R_y \times s_{25} / s_y$$

Rovnice druhé větve mezní zatěžovací křivky:

$$s = s_y + (s_{25} - s_y) \times (R - R_y) / (R_{bu} - R_y)$$

Pro interval: $R_y \leq R \leq R_{bu}$

6.4.3. Posouzení 1. a 2. mezního stavu pilot v Excelu

Dále piloty budou posouzeny v Excel dle metodiky ČSN EN 1997-1, který byl popsán v předchozích kapitolách.

Skupiny pilot k posouzení:

№ Piloty	Průměr piloty d [m]	Délka piloty L [m]
-		
1	1.5	20
2	1.3	18
3	1.1	17
4	1.1	10
5	1.1	13
6	0.7	13
7	0.7	10



Pilota 1 Beton C20/25

1.Mezní stav

Vstupní údaje

Vstupní údaje						Součinitele pro R2		Sedlecký
d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]	Ap [m ²]	As [m ²]	pata	plášť	γr1
1.5	20	-4.65	-24.65	15	1.77	1.1	1.1	1.2

Podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	γcf [kN/m ³]	φd	cef [kPa]	Edef [kPa]
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	19	9	9	32	0	80
2	F8 - CH tuhá	24.65	16.95	20.5	10.5	10.5	15	5	4

Únosnost paty

Nd	Nc	Nb	k	γ1 [kN/m ³]	Rd [kPa]	Ubd [kN]
3.94	10.97	1.18	1.00	10.27	1093.84	1756.36

Únosnost na plášti

n	Název	zi [m]	k2	γr1	γr2	σori [kPa]	σxi [kPa]	fsi [kPa]	Rsi [kN]	
1	G3 - GF ulehlá	1.525	1	1.1	1.1	13.725	13.725	7.64	109.70	
2	F8 - CH tuhá	11.525	1.2	1	1	102.713	123.255	38.03	3035.79	
									Ufd	2859.54

Celková únosnost

Uvd	4615.90
-----	---------

2.Mezní stav

Vstupní údaje

d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]
1.5	20	-4.65	-24.65

Podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	Di	Esi [MPa]	a	b	e	f
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	1.525	15.91	91	48		
2	F8 - CH tuhá	24.65	16.95	11.525	27.3	56.2	37.6	356	337

n	qsi	dixhi×qsi	dixhi	Esi×hi
1	43.8	200.325	4.575	48.5255
2	51.3	1304.5	25.425	462.735

Výpočet

L/d	K	Es [MPa]	Eb [MPa]	qs	q0	beta	I1	Rk	I
13.33	1174	25.6	30000	50.16	330.73	0.11003	0.12	1.09	0.1308



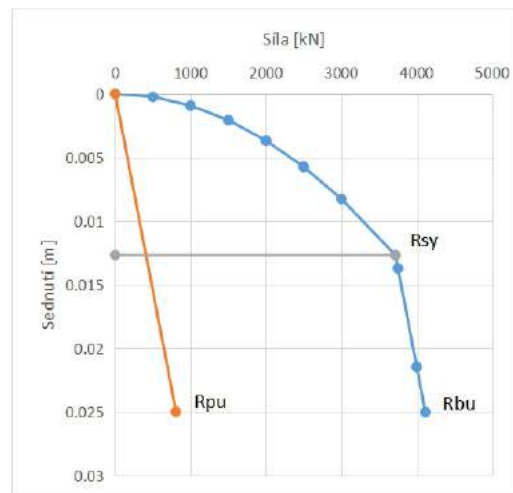
Mezní únosnosti

Rsu [kN]	m.u. na plášti Ry [kN]	sy	m.u. v patě Rpu [kN]	m.u.pilot y Rbu [kN]
3307.52	3716	0.013	806	4114

Mezní zatěžovací křivka

s[m]	R[kN]
0	0
0.0002	500
0.0009	1000
0.0021	1500
0.0037	2000
0.0057	2500
0.0083	3000
0.0127	3716
0.0137	3750
0.0215	4000
0.0250	4115

0.025





Pilota 2 Beton C20/25

1.Mezní stav

Vstupní údaje

						Součinitele pro R2		Sedlecký
d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]	Ap [m ²]	As [m ²]	pata	plášť	γr1
1.3	18	-4.65	-22.65	11.7	1.33	1.1	1.1	1.2

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	γcf [kN/m ³]	φd	cef [kPa]	Edef [kPa]
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	19	9	9	32	0	80
2	F8 - CH tuhá	22.65	14.95	20.5	10.5	10.5	15	5	4

Únosnost paty

Nd	Nc	Nb	k	γ1 [kN/m ³]	Rd [kPa]	Ubd [kN]
3.94	10.97	1.18	1.00	10.25	988.46	1192.13

Únosnost na plášti

n	Název	zi [m]	k2	γr1	γr2	σori [kPa]	σxi [kPa]	fsi [kPa]	Rsi [kN]	
1	G3 - GF ulehlá	1.525	1	1.1	1.1	13.725	13.725	7.64	95.07	
2	F8 - CH tuhá	10.525	1.2	1	1	92.2125	110.655	34.65	2114.54	
									Ufd	2008.74

Celková únosnost	
Uvd	3200.87

2.Mezní stav

Vstupní údaje

d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]
1.3	18	-4.65	-22.65

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	Di	Esi [MPa]	a	b	e	f
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	1.525	15.91	91	48		
2	F8 - CH tuhá	22.65	14.95	10.525	27.3	56.2	37.6	356	337

n	qsi	di×hi×qsi	di×hi	Esi×hi
1	50.1	198.575	3.965	48.5255
2	51.6	1002.0	19.435	408.135

Výpočet

L/d	K	Es [MPa]	Eb [MPa]	qs	q0	beta	l1	Rk	l
13.85	1182	25.4	30000	51.31	331.66	0.10452	0.12	1.09	0.1308



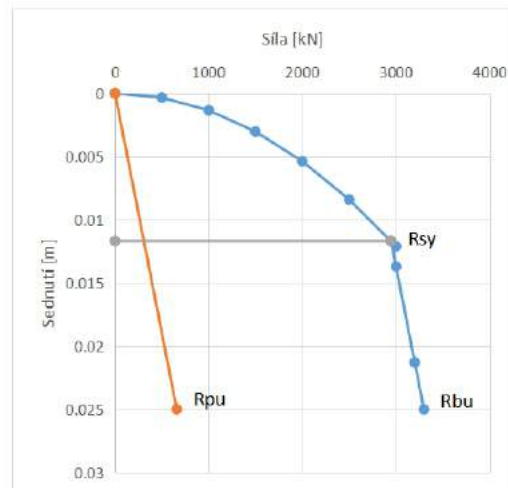
Mezní únosností

Rsu [kN]	m.u. na plášti Ry [kN]	sy	m.u. v patě Rpu [kN]	m.u.pilot y Rbu [kN]
2638.84	2947	0.012	659	3298

Mezní zatěžovací křivka

s[m]	R[kN]
0	0
0.0003	500
0.0013	1000
0.0030	1500
0.0054	2000
0.0084	2500
0.0121	3000
0.0117	2947
0.0137	3000
0.0213	3200
0.0250	3298

slim = 0.025





Pilota 3 Beton C20/25

1.Mezní stav

Vstupní údaje

						Součinitele pro R2		Sedlecký
d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]	Ap [m ²]	As [m ²]	pata	plášť	yr1
1.1	17	-4.65	-21.65	9.35	0.95	1.1	1.1	1.2

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	γ_{cf} [kN/m ³]	ϕ_d	cef [kPa]	Edef [kPa]
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	19	9	9	32	0	80
2	F8 - CH tuhá	21.65	13.95	20.5	10.5	10.5	15	5	4

Únosnost paty

Nd	Nc	Nb	k	γ_1 [kN/m ³]	Rd [kPa]	Ubd [kN]
3.94	10.97	1.18	1.00	10.23	935.15	807.50

Únosnost na pláště

n	Název	zi [m]	k2	yr1	yr2	σ_{ori} [kPa]	σ_{xi} [kPa]	fsi [kPa]	Rsi [kN]
1	G3 - GF ulehlá	1.525	1	1.1	1.1	13.725	13.725	7.64	80.45
2	F8 - CH tuhá	10.025	1.2	1	1	86.9625	104.355	32.96	1588.21
								Ufd	1516.96

Celková únosnost	
Uvd	2324.46

2.Mezní stav

Vstupní údaje

d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]
1.1	17	-4.65	-21.65

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	Di	Esi [MPa]	a	b	e	f
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	1.525	15.91	91	48		
2	F8 - CH tuhá	21.65	13.95	10.025	27.3	56.2	37.6	356	337

n	qsi	dixhi x qsi	dixhi	Esixhi
1	56.4	189.145	3.355	48.5255
2	52.1	799.1	15.345	380.835

Výpočet

L/d	K	Es [MPa]	Eb [MPa]	qs	q0	beta	i1	Rk	i
15.45	1188	25.3	30000	52.85	334.19	0.0928	0.12	1.09	0.1308



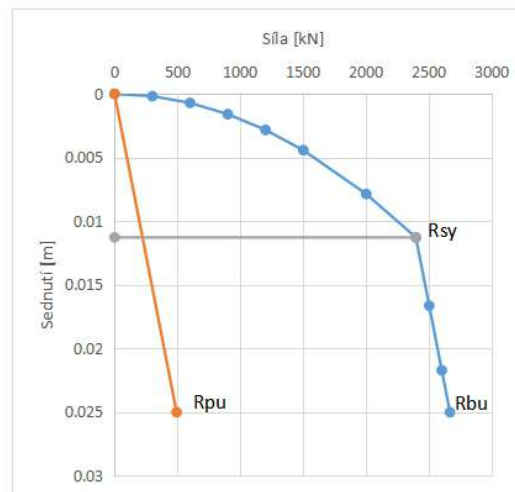
Mezní únosností

Rsu [kN]	m.u. na plášti Ry [kN]	sy	m.u. v patě Rpu [kN]	m.u.pilot y Rbu [kN]
2172.12	2394	0.011	493	2665

Mezní zatěžovací křivka

s[m]	R[kN]
0	0
0.0002	300
0.0007	600
0.0016	900
0.0028	1200
0.0044	1500
0.0079	2000
0.0113	2394
0.0166	2500
0.0217	2600
0.0250	2665

slim = 0.025





Pilota 4 Beton C20/25

1.Mezní stav

Vstupní údaje

d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]	Ap [m ²]	As [m ²]	Součinitele pro R2		Sedlecký
						pata	plášť	yr1
1.1	10	-4.65	-14.65	5.5	0.95	1.1	1.1	1.2

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	γ_{cf} [kN/m ³]	ϕ_d	cef [kPa]	Edef [kPa]
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	19	9	9	32	0	80
2	F8 - CH tuhá	14.65	6.95	20.5	10.5	10.5	15	5	4

Únosnost paty

Nd	Nc	Nb	k	γ_1 [kN/m ³]	Rd [kPa]	Ubd [kN]
3.94	10.97	1.18	1.00	10.04	570.66	492.76

Únosnost na plášti

n	Název	zi [m]	k2	yr1	yr2	σ_{ori} [kPa]	σ_{xi} [kPa]	f _{si} [kPa]	R _{si} [kN]	
1	G3 - GF ulehlá	1.525	1	1.1	1.1	13.725	13.725	7.64	80.45	
2	F8 - CH tuhá	6.525	1.2	1	1	50.2125	60.255	21.15	507.60	
									Ufd	534.59

Celková únosnost	
Uvd	1027.35

2.Mezní stav

Vstupní údaje

d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]
1.1	10	-4.65	-14.65

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	Di	Esi [MPa]	a	b	e	f
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	1.525	15.91	91	48		
2	F8 - CH tuhá	14.65	6.95	6.525	27.3	56.2	37.6	356	337

n	q _{si}	dixhixq _{si}	dixhi	Esixhi
1	56.4	189.145	3.355	48.5255
2	49.9	381.2	7.645	189.735

Výpočet

L/d	K	Es [MPa]	Eb [MPa]	qs	q0	beta	l1	Rk	l
9.09	1259	23.8	30000	51.85	318.93	0.14468	0.12	1.09	0.1308



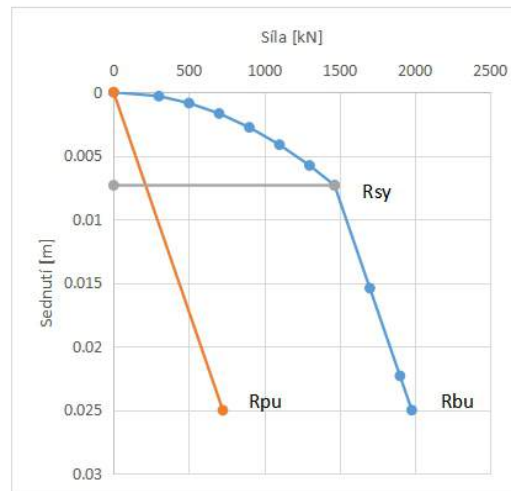
Mezní únosností

Rsu [kN]	m.u. na plášti Ry [kN]	sy	m.u. v patě Rpu [kN]	m.u.pilot y Rbu [kN]
1253.60	1466	0.007	725	1978

Mezní zatěžovací křivka

s[m]	R[kN]
0	0
0.0003	300
0.0009	500
0.0017	700
0.0028	900
0.0041	1100
0.0058	1300
0.0073	1466
0.0154	1700
0.0223	1900
0.0250	1978

slim = 0.025





Pilota 5 Beton C20/25

1.Mezní stav

Vstupní údaje

						Součinitele pro R2		Sedlecký
d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]	Ap [m ²]	As [m ²]	pata	plášť	yr1
1.1	13	-4.65	-17.65	7.15	0.95	1.1	1.1	1.2

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	γ_{cf} [kN/m ³]	ϕ_d	cef [kPa]	Edef [kPa]
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	19	9	9	32	0	80
2	F8 - CH tuhá	17.65	9.95	20.5	10.5	10.5	15	5	4

Únosnost paty

Nd	Nc	Nb	k	γ_1 [kN/m ³]	Rd [kPa]	Ubd [kN]
3.94	10.97	1.18	1.00	10.15	726.87	627.65

Únosnost na plášti

n	Název	zi [m]	k2	yr1	yr2	σ_{ri} [kPa]	σ_{xi} [kPa]	fsi [kPa]	Rsi [kN]	
1	G3 - GF ulehlá	1.525	1	1.1	1.1	13.725	13.725	7.64	80.45	
2	F8 - CH tuhá	8.025	1.2	1	1	65.9625	79.155	26.21	900.75	
									Ufd	892.00

Celková únosnost	
Uvd	1519.65

2.Mezní stav

Vstupní údaje

d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]
1.1	13	-4.65	-17.65

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	Di	Esi [MPa]	a	b	e	f
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	1.525	15.91	91	48		
2	F8 - CH tuhá	17.65	9.95	8.025	27.3	56.2	37.6	356	337

n	qsi	dixhi \times qsi	dixhi	Esixhi
1	56.4	189.145	3.355	48.5255
2	51.0	558.7	10.945	271.635

Výpočet

L/d	K	Es [MPa]	Eb [MPa]	qs	q0	beta	l1	Rk	l
11.82	1218	24.6	30000	52.30	327.48	0.11697	0.12	1.09	0.1308



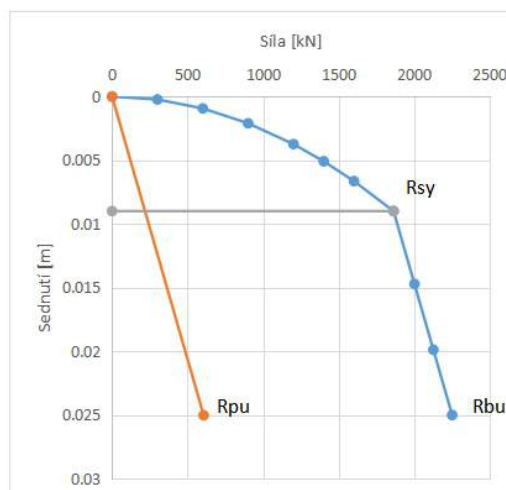
Mezní únosností

Rsu [kN]	m.u. na plášti Ry [kN]	sy	m.u. v patě Rpu [kN]	m.u.pilot y Rbu [kN]
1643.76	1862	0.009	606	2249

Mezní zatěžovací křivka

s[m]	R[kN]
0	0
0.0002	300
0.0009	600
0.0021	900
0.0037	1200
0.0051	1400
0.0066	1600
0.0090	1862
0.0147	2000
0.0199	2125
0.0250	2249

slim = 0.025





Pilota 6 Beton C20/25

1.Mezní stav

Vstupní údaje

						Součinitele pro R2		Sedlecký
d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]	Ap [m ²]	As [m ²]	pata	plášť	yr1
0.7	13	-4.65	-17.65	4.55	0.38	1.1	1.1	1.2

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	γ_{cf} [kN/m ³]	ϕ_d	cef [kPa]	Edef [kPa]
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	19	9	9	32	0	80
2	F8 - CH tuhá	17.65	9.95	20.5	10.5	10.5	15	5	4

Únosnost paty

Nd	Nc	Nb	k	γ_1 [kN/m ³]	Rd [kPa]	Ubd [kN]
3.94	10.97	1.18	1.00	10.15	724.39	253.31

Únosnost na plášti

n	Název	zi [m]	k2	yr1	yr2	σ_{ori} [kPa]	σ_{xi} [kPa]	fsi [kPa]	Rsi [kN]	
1	G3 - GF ulehlá	1.525	1	1.1	1.1	13.725	13.725	7.64	51.19	
2	F8 - CH tuhá	8.025	1.2	1	1	65.9625	79.155	26.21	573.20	
									Ufd	567.63

Celková únosnost	
Uvd	820.94

2.Mezní stav

Vstupní údaje

d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]
0.7	13	-4.65	-17.65

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	Di	Esi [MPa]	a	b	e	f
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	1.525	15.91	91	48		
2	F8 - CH tuhá	17.65	9.95	8.025	27.3	56.2	37.6	356	337

n	qsí	dixhixqsí	dixhi	Esixhi
1	69.0	147.245	2.135	48.5255
2	52.9	368.6	6.965	271.635

Výpočet

L/d	K	Es [MPa]	Eb [MPa]	qs	q0	beta	I1	Rk	I
18.57	1218	24.6	30000	56.69	337.85	0.07427	0.12	1.09	0.1308



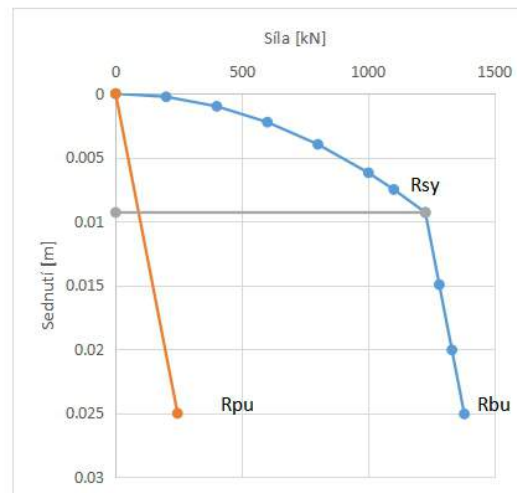
Mezní únosností

Rsu [kN]	m.u. na plášti Ry [kN]	sy	m.u. v patě Rpu [kN]	m.u.pilot y Rbu [kN]
1133.80	1225	0.009	245	1379

Mezní zatěžovací křivka

s[m]	R[kN]
0	0
0.0002	200
0.0010	400
0.0022	600
0.0040	800
0.0062	1000
0.0075	1100
0.0093	1225
0.0149	1280
0.0200	1330
0.0250	1379

slim = 0.025





Pilota 7 Beton C20/25

1.Mezní stav

Vstupní údaje

						Součinitele pro R2		Sedlecký
d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]	Ap [m ²]	As [m ²]	pata	plášť	yr1
0.7	10	-4.65	-14.65	3.5	0.38	1.1	1.1	1.2

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	γ_{cf} [kN/m ³]	ϕ_d	cef [kPa]	Edef [kPa]
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	19	9	9	32	0	80
2	F8 - CH tuhá	14.65	6.95	20.5	10.5	10.5	15	5	4

Únosnost paty

Nd	Nc	Nb	k	γ_1 [kN/m ³]	Rd [kPa]	Ubd [kN]
3.94	10.97	1.18	1.00	10.04	568.18	198.68

Únosnost na plášti

n	Název	zi [m]	k2	yr1	yr2	σ_{ori} [kPa]	σ_{xi} [kPa]	f _{si} [kPa]	R _{si} [kN]	
1	G3 - GF ulehlá	1.525	1	1.1	1.1	13.725	13.725	7.64	51.19	
2	F8 - CH tuhá	6.525	1.2	1	1	50.2125	60.255	21.15	323.02	
									Ufd	340.19

Celková únosnost	
Uvd	538.87

2.Mezní stav

Vstupní údaje

d [m]	L [m]	hlava [m]	pata [m]
0.7	10	-4.65	-14.65

Parametry podloží

n	Název	hloubka [m]	mocnost [m]	D _i	E _{si} [MPa]	a	b	e	f
1	G3 - GF ulehlá	7.7	3.05	1.525	15.91	91	48		
2	F8 - CH tuhá	14.65	6.95	6.525	27.3	56.2	37.6	356	337

n	q _{si}	d _{ixhixq_{si}}	d _{ixhi}	E _{sixhi}
1	69.0	147.245	2.135	48.5255
2	52.2	253.8	4.865	189.735

Výpočet

L/d	K	E _s [MPa]	E _b [MPa]	q _s	q ₀	beta	l ₁	R _k	l
14.29	1259	23.8	30000	57.29	332.41	0.09218	0.12	1.09	0.1308



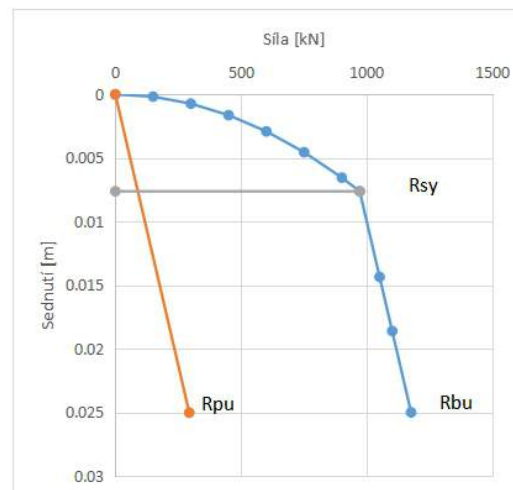
Mezní únosnosti

Rsu [kN]	m.u. na plášti Ry [kN]	sy	m.u. v patě Rpu [kN]	m.u.pilot y Rbu [kN]
881.47	971	0.008	294	1175

Mezní zatěžovací křivka

s[m]	R[kN]
0	0
0.0002	150
0.0007	300
0.0016	450
0.0029	600
0.0045	750
0.0065	900
0.0076	971
0.0143	1050
0.0186	1100
0.0250	1175

slim = 0.025





6.5. Ověření výpočtu v programu GEO5

Pro ověření ručních výpočtu pilot v programu Excel byly vybrány nejdelší piloty ze všech průměru:

Pilota 1 s průměrem 1,5m a délkou 20m

Pilota 2 s průměrem 1,3m a délkou 18m

Pilota 3 s průměrem 1,1m a délkou 17m

Pilota 6 s průměrem 0,7m a délkou 13m

Do výpočtu byla byla zadána zatížení 100kN, která ne má vliv na výsledky výpočtu.

Výsledky z výpočetního programu GEO5 jsou v příloze k statické části, a dále ukázány porovnání ručně vypočtených hodnot s hodnotami ze softwaru.

6.6. Porovnání a vyhodnocení

Pilota	MSU	Únosnost pláští Rs [kN]	Únosnost paty Rb [kN]	Rc [kN]	Odchylka
1	GEO 5	2573	1777	4350	1.0609
	Excel	2859	1756	4615	
2	GEO 5	1843	1208	3051	1.0488
	Excel	2008	1192	3200	
3	GEO 5	1417	819	2236	1.0394
	Excel	1517	807	2324	
6	GEO 5	563	258	821	1.0000
	Excel	568	253	821	

Pilota	MSP	m.u. na pláští Ry [kN]	m.u. v patě Rpu [kN]	m.u.pilot y Rbu [kN]	Odchylka
1	GEO	3718	829	4138	1.0058
	Excel	3716	806	4114	
2	GEO	2948	704	3344	1.0139
	Excel	2947	659	3298	
3	GEO	2395	581	2755	1.0338
	Excel	2394	493	2665	
6	GEO	1225	306	1441	1.0450
	Excel	1225	245	1379	

Z porovnání je vidět, že odchylka mezi výsledky výpočetního programu GEO 5 a v programu Excel jsou v rozmezí 0,5 - 6%, a jsou zanedbatelné. Ruční výpočty lze považovat za ověřené a vhodné k posouzení.



6.7. Vyztužení pilot

Návrh výztuže pilot bude proveden v souladu s konstrukčními zásadami pro minimální vyztužení pilot dle ČSN EN 1997-1, kde:

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

Obr.87. Minimální výztuže pilot[9]

Jiné požadavky:

- Minimální profil betonářské výztuže $\varnothing > 16\text{mm}$
- Minimální počet podélných prutů $n > 6\text{ks}$
- Maximální vzdálenost po obvodě $s_s < 200\text{mm}$

Krytí výztuže:

$c = 0,1d + t_p$, kde

d - průměr piloty

t_p - tloušťka pažnice (40mm - dvouplášťové ocelové pažnice)

№ Piloty	Průměr piloty d [m]	Délka piloty L [m]	c [mm]	Ac [m2]	As,min [mm2]	Podélná výztuž				Příčná výztuž
						$\varnothing_{\text{prov}}$ [mm]	ks,prov [ks]	As,prov [mm2]	s [mm]	$\varnothing_{\text{prov}}$ [mm]
-										
1	1.5	20	190	1.77	4416	20	15	4710	548	8
2	1.3	18	170	1.33	3317	20	12	3768	591	8
3	1.1	17	150	0.95	2500	16	13	2612	459	8
4	1.1	10	150	0.95	2500	16	13	2612	459	8
5	1.1	13	150	0.95	2500	16	13	2612	459	8
6	0.7	13	110	0.38	1923	16	10	2010	371	8
7	0.7	10	110	0.38	1923	16	10	2010	371	8



7. INTERAKCE OBJEKTU S PODLOŽÍM

Pro návrh podloží objektu byl použit přídatný modul Soilin výpočetního programu Rfem-Dlubal. Soilin uvažuje víceparametrický model podloží, který vychází z dvouparametrického Winkler - Pasternákové modelu. Dále budou popsány dva typy modelu podloží.

Winklerův model - jednoparametrický model, který pracuje na principu lineárně pružného dvourozměrného modelu, a počítá na základě přímé úměrnosti napětí a deformace.

Podloží pracuje jako skupina pružin, které se deformují nezávisle od sebe. To znamená, že nezátížené pružiny nacházející mimo základu jsou nedeformovány, což neodpovídá chování základu.

$p(x,y) = C \times w(x,y)$, kde:

$p(x,y)$ - reakce podloží [kN/m²]

C - součinitel stlačitelností podloží [kN/m³]

$w(x,y)$ - průhyb nosníku [m]

Winkler - Pasternákov model - dvouparametrický model, který kromě normálových sil uvažuje i se smykovými silami. Při deformacích podloží, pružiny jsou vzájemně ovlivňovány a v místě zaboření objektu vzniká průhybová kotlina, což lépe odpovídá realitě.

$p(x,y) = C_1 \times w(x,y) - C_2 \times \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$, kde:

$p(x,y)$ - reakce podloží [kN/m²]

$w(x,y)$ - průhyb nosníku [m]

C_1 - součinitel poddajností podloží [kN/m³]

C_2 - součinitel přenášení smykových sil [kN/m]

Vztah mezi kontaktním napětím a sedáním je:

$\sigma_{0,1}(x,y) = C_1 \times s(x,y) - C_2 \times \Delta s(x,y)$

Parametr C_1 je obdobný jako parametr C ve Winklerově modelu, a lze je určit se znalostí kontaktního napětí a sednutí. Parametr C_2 lze uvažovat dle J. Bradáče v rozmezí 0,4 až 0,5 C_1 .

Model podloží - Soilin



Přídavný modul Soilin slouží pro výpočet parametrů podloží C a vztah mezi podložím a konstrukcí při sedání. Parametry C jsou závislé na kontaktním napětí v základové spáře, na geometrii základu a geomechanických vlastnostech podloží. Výpočet parametrů vychází na základě zatížení a údajů z posudku podloží, proto je výpočet iterační.

Výpočet MKP nejprve získá první odhad kontaktního napětí pomocí parametrů C, automaticky přidanych nebo nastavených uživatelem. S odhadnutým kontaktním napětím program výpočte sedání, ze kterého pak získá parametr C. Cyklus pak se opakuje, dokud program nezíská *přijatelné hodnoty kontaktního napětí dle podmínek iterace*.

7.1. Sondy v přídavném modulu Soilin

Vrstvy základové půdy a její parametry pro modul Soilin se zadává pomocí tzv. zemních sond. Byly vytvořeny tři zemní sondy. Vrstvy a parametry zemin byly vzaty z Inženýrsko - geologického průzkumu, a zadány následně:

Sonda č.1

n	mocnost	Hloubka [m]	Geo. popis	Klasifikace	Edef [MPa]	Ulehlost/konzistence	Obj. tíha γ [kNm-3]	Uhel vn. tření φ
1	4.2	4.2	Hlina prachová, hnědá	F6-CI	2	měkká až tuhá	20	17
5.2		HPV ustálená						
2	3.5	7.7	Stěrk písčité.zvodnělý	G3-GF	80	ulehlý	19	32
3	7.3	15.0	Jíl modrý 1.	F8-CH	4	tuhý až pevný	20.5	15

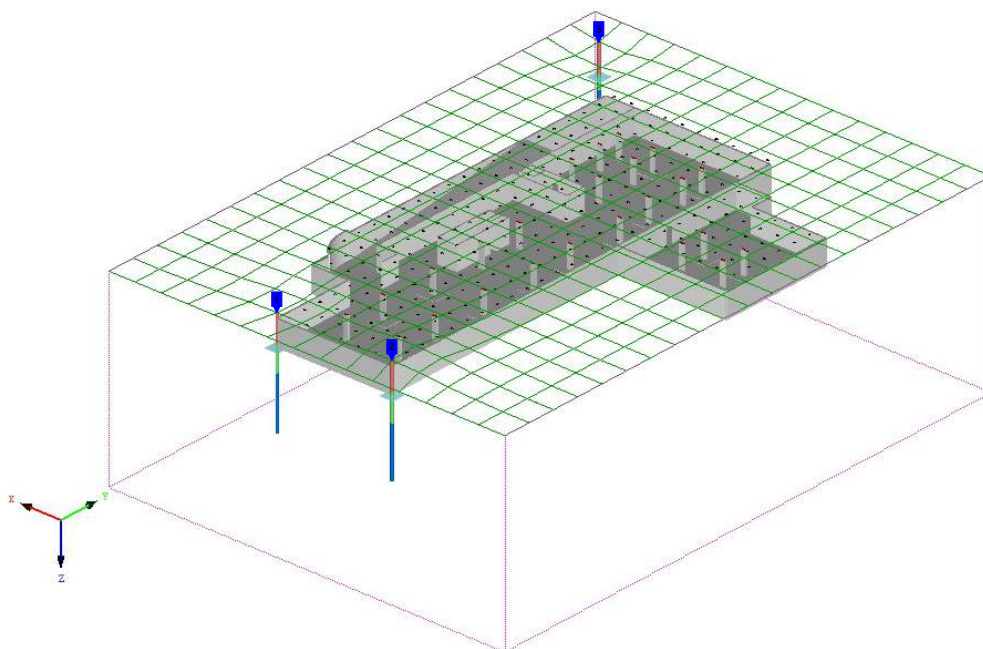
Sonda č.2

n	mocnost	Hloubka [m]	Geo. popis	Klasifikace	Edef [MPa]	Ulehlost/konzistence	Obj. tíha γ [kNm-3]	Uhel vn. tření φ
1	4	4	Hlina prachová, hnědá, písčitá	F6-CI	2	měkká až tuhá	20	17
5.2		HPV ustálená						
2	3.8	7.8	Stěrk písčité.zvodnělý	G3-GF	80	ulehlý	19	32
3	7.2	15.0	Jíl modrý 2.	F8-CH	6	pevný	20.5	16

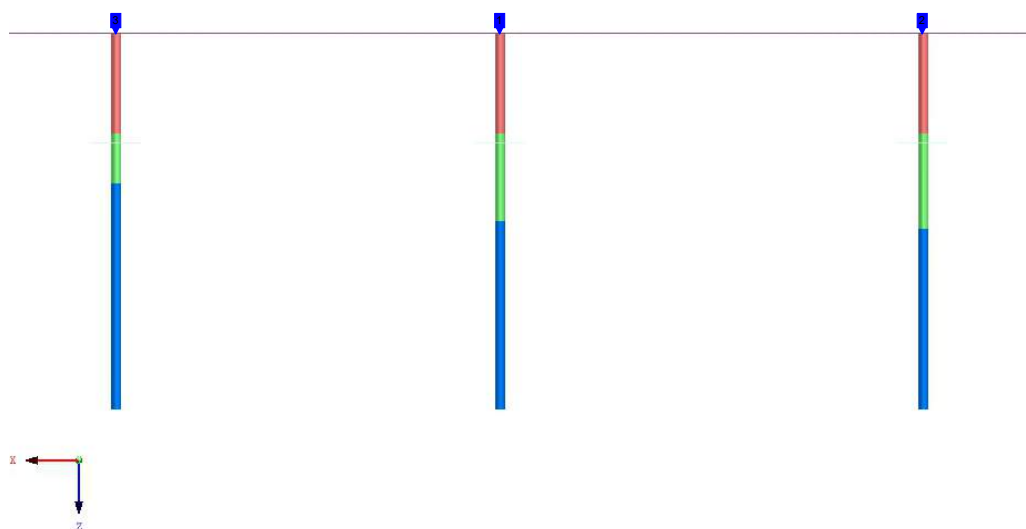


Sonda č.3

n	mocnost	Hloubka [m]	Geo. popis	Klasifikace	Edef [MPa]	Ulehlost/konzistence	Obj. tíha γ [kNm-3]	Uhel vn. tření φ
1	5.8	5.8	Hlína jílovitoprachová	F6-CI	3	měkká	21	17
2	1.2	7.0	Stěrk písčité.zvodnělý	G3-GF	80	ulehlý	19	32
5.2					HPV ustálená			
3	8	15.0	Jíl modrý 1.	F8-CH	4	tuhý až pevný	20.5	15

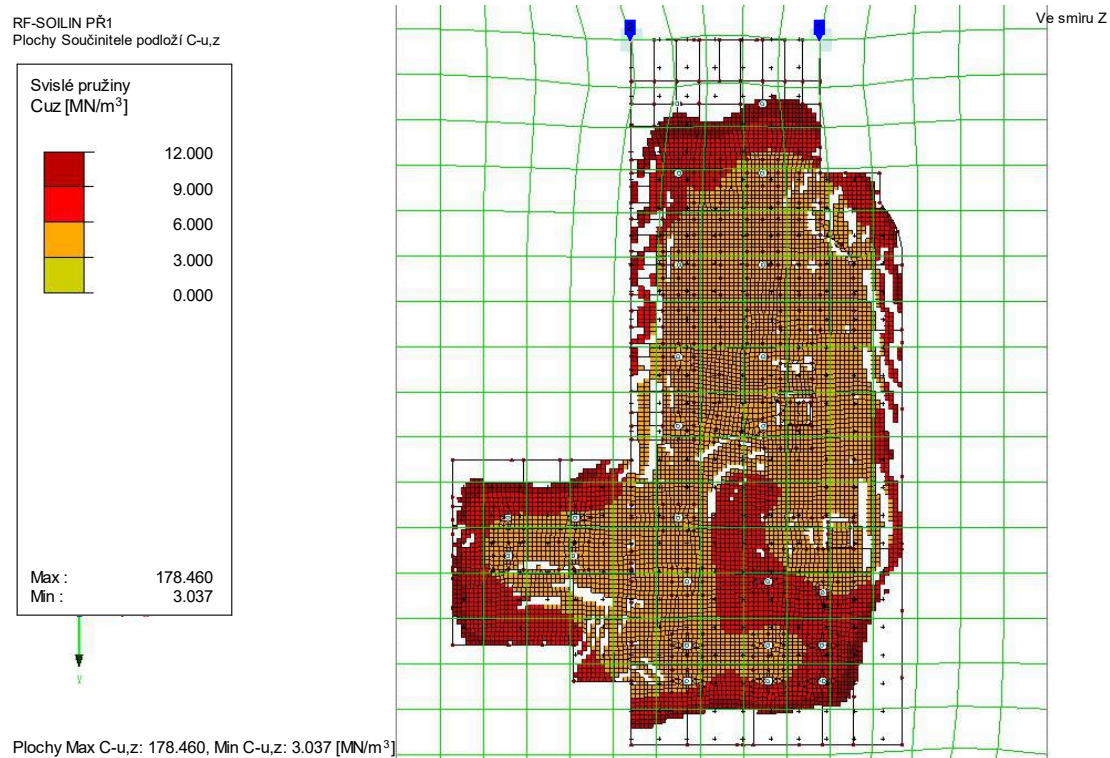


Obr.88. Vizualizace zemních sond - izometrie.



Obr.89. Vizualizace zemních sond v pořadí 3,1,2 - ve směru Y.

7.2. Výsledky z modelu Soilin



obr.90. Parametr Cuz - výsledek modelu Soilin

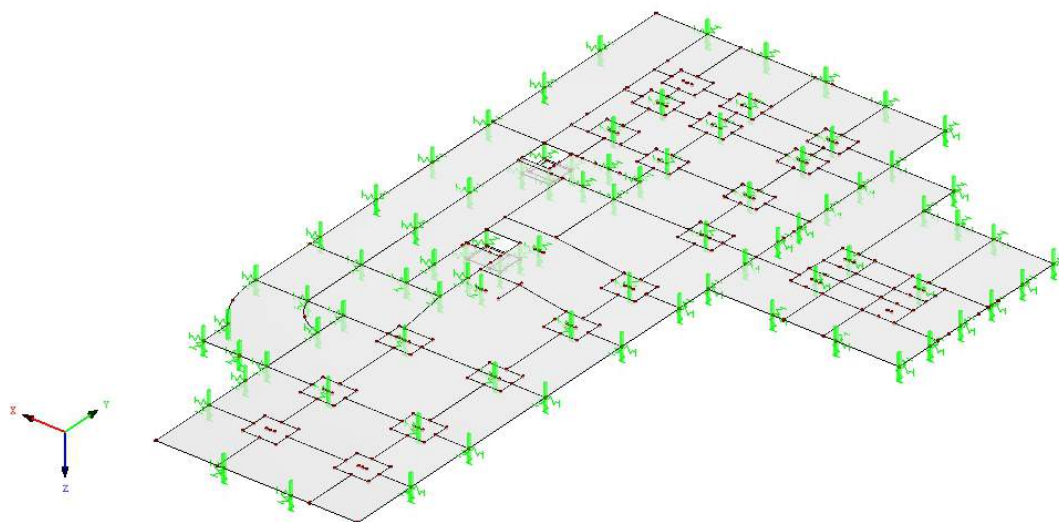
Tuhosti vypočtené v modelu Soilin byly zadány do nového modelu jako plošné pružinové podpory. Hodnota tuhostí byla zvolena 6MN/m³.

Kontaktní napětí v základové spáře pak je 70kPa, které je mnohem menší než tabulková únosnost vrstvy pod základem $R_d=300$ kPa.

7.3. Piloty v modelu

Pro vytvoření modelu Soilin ve výpočetním programu RFEM, tuhé podpory ve směru osy Z byly nahrazeny pružnými podporami, jejichž tuhosti odpovídají tuhostem navržených pilot. Pootočení pružných podpor jsou volná.

Pro tuhosti ve směrech X a Y byla zvolena hodnota rovná 100MN/m, předpokládá se že vodorovné zatížení přenesou základová spára.

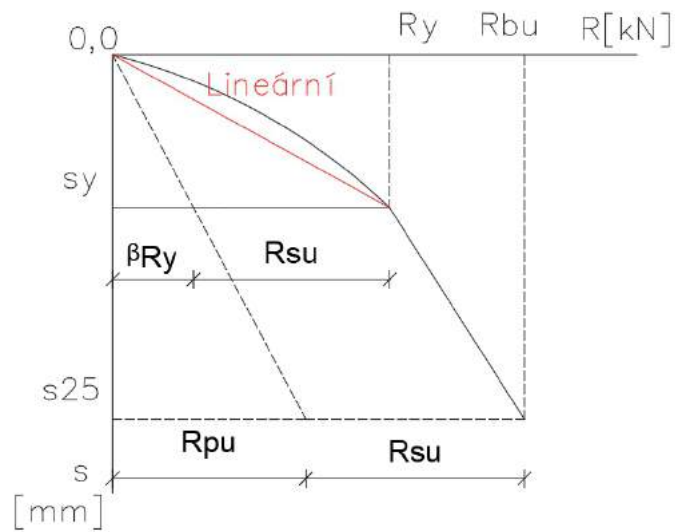


Obr.91. Vizualizace pružných podpor - izometrie.

Posuny pružných podpor ve výpočetním programu lze zadat lineárně pružně a nelineárně pružně:

7.3.1. Lineárně pružný posun ve směru Z

Tuhost podpory je stanovena lineární funkcí, vycházející z výpočtu mezní zatěžovací křivky dle Masopusta. Tuhost byla vypočtena ze zatížení na mezi mobilizace tření na plášti a sednutí při tomto zatížení.



Obr.92. Mezní zatěžovací křivka - lineární průběh

$K_{pilota} = R_y/s_y$ [kN/m] , kde

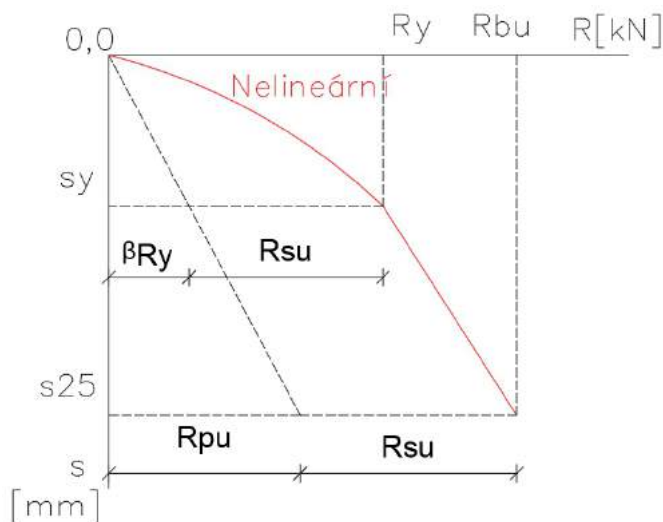
K_{pilota} Tuhost piloty

R_y Zatížení na mezi plné mobilizace plášťového tření

s_y Velikost sedání při zatížení R_y

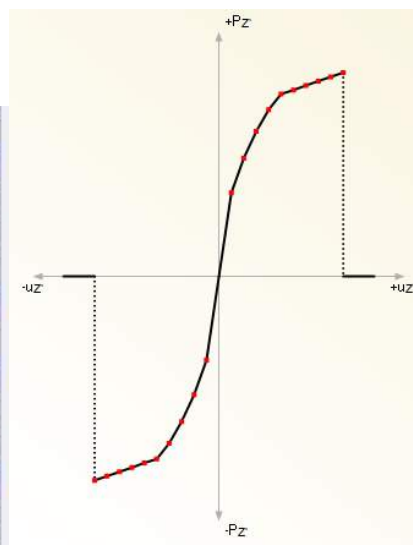
7.3.2. Nelineárně pružný posun ve směru Z

Tuhost podpory je stanovena nelineární funkcí - kde nelinearita byla definována diagramem Zatížení - Posun. Jednotlivé body zatížení a odpovídajících posunů vycházejí z výpočtu mezní zatěžovací křivky dle Masopusta.



Obr.93. Mezní zatěžovací křivka - lineární průběh

	u_z [m]	P_z [MN]
1	0.000	0.000
2	-0.0025	-1.706
3	-0.005	-2.413
4	-0.0075	-2.956
5	-0.010	-3.400
6	-0.0125	-3.721
7	-0.015	-3.800
8	-0.0175	-3.895
9	-0.020	-3.983
10	-0.0225	-4.070
11	-0.025	-4.157

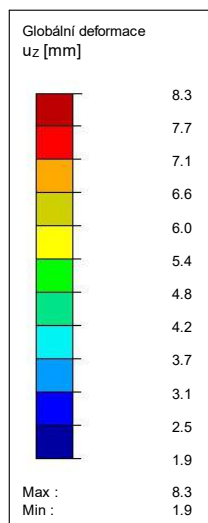


Obr.94. Diagram nelineární funkce

7.3.3. Porovnání variant

Lineárně pružné podpory ve směru Z

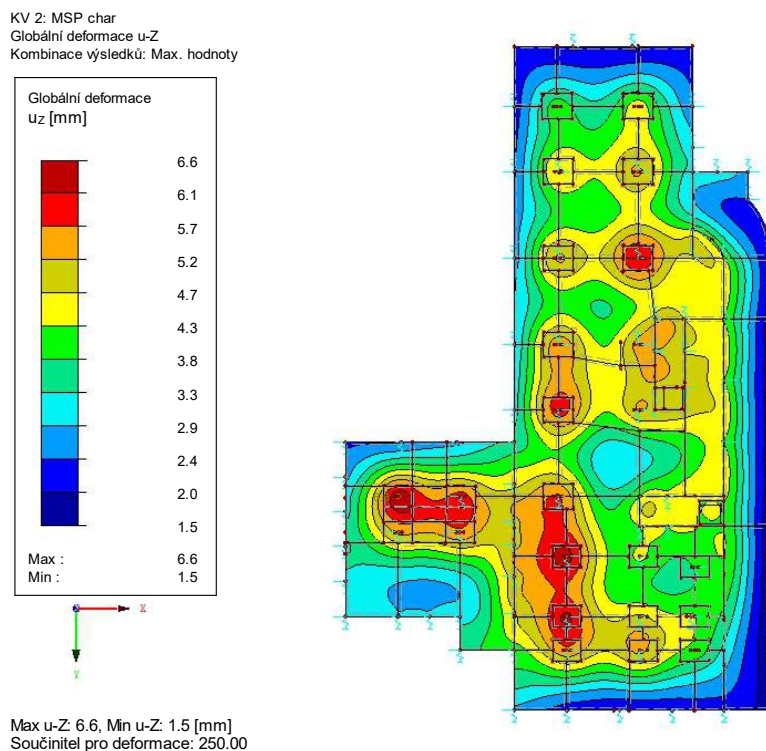
KV 2: MSP char
 Globální deformace u-z
 Kombinace výsledků: Min. hodnoty



Max u-z: 8.3, Min u-z: 1.9 [mm]
 Součinitel pro deformace: 230.00

obr.95. Posun uz - lineární podpora

Nelineárně pružné podpory ve směru Z

obr.96. Posun u_z - nelineární podpora

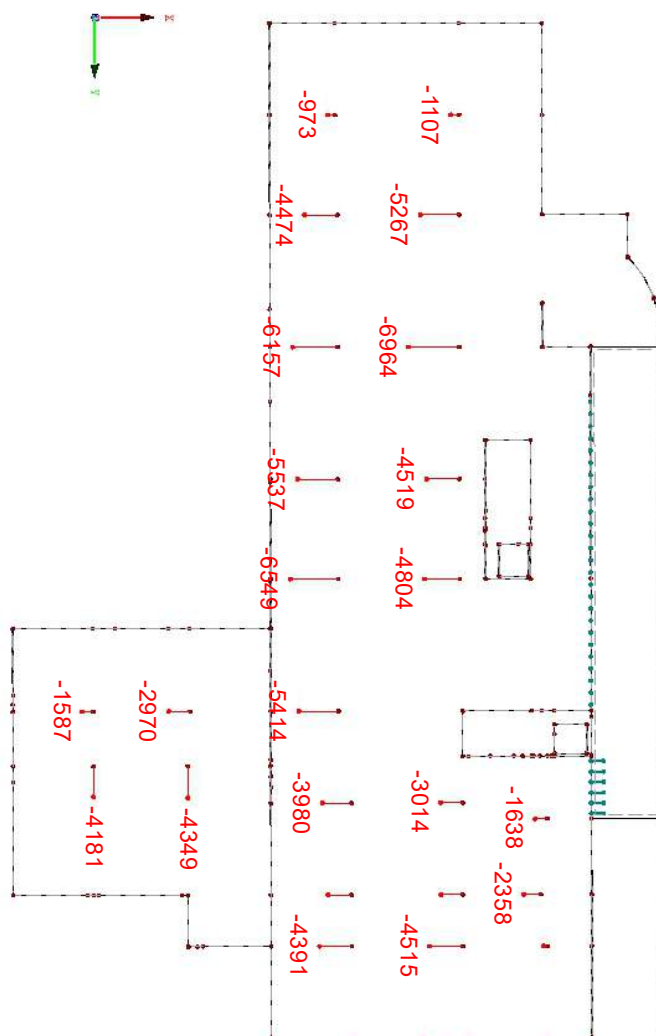
Průběh sedání v obou případech je přibližně stejný. Je vidět, že v první variantě je tuhost menší, proto jsou větší posuny ve směru Z. V druhé variantě tuhosti vyplývají ze tvaru mezní zatěžovací křivky - tzn., že tuhosti se zvětšují při zvětšení zatížení na piloty.

Druhá varianta by měla lépe reprezentovat skutečné tuhosti pilot, ale pro desky je to příznivější varianta. Čím menší tuhosti v pilotách, tím větší zatížení přenášejí desky, proto v dalších návrzích **bude použita první varianta - model s lineárně pružnými podporami.**

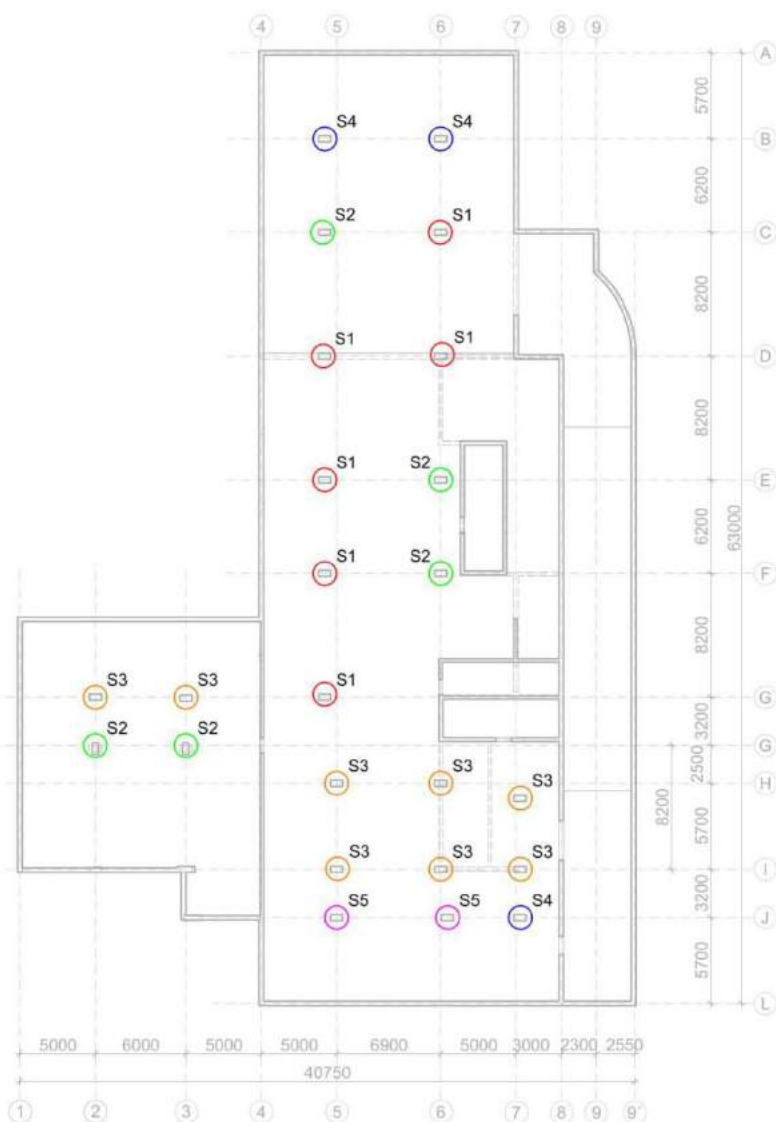
8. NÁVRH A POSOUZENÍ SLOUPŮ 1.PP

Sloupy jsou rozděleny do skupin podle velikosti normálových sil a momentů. Stejně vyztužené sloupy se obdobnými normálovými silami budou mít obdobnou hodnotu momentu únosnosti v interakčním diagramu. Proto sloupy byly rozděleny do skupin převážně podle velikosti normálových sil.

Bylo vytvořeno 5 skupin, další návrh bude proveden pro sloup s nejnepříznivější kombinací sil. Vnitřní síly každého sloupu jsou převzaty ze sedmi kombinací zatížení uvedených v kapitole "Zatěžovací stavy a kombinace".



Obr.97 Návrhové normálové síly ve sloupech



Obr.98 Schéma sloupů 1.PP

Vnitřní síly v jednotlivých sloupech ve skupinách:

Sloup	NEd	MEdy	MEdz	KZ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	
D-5	6157	375	7	KZ4
D-6	6964	202	65	KZ3
E-5	5537	117	25	KZ4
F-5	6549	170	4	KZ4
G-5	5414	164	25	KZ1
C-6	5267	155	26	KZ4



Skupina 2

Sloup	NEd	ME _{dy}	ME _{dz}	KZ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	
C-5	4508	193	7	KZ4
E-6	4357	220	5	KZ2
F-6	4587	195	66	KZ2
G'-2	4130	204	8	KZ1
G'-3	4300	194	27	KZ1

Skupina 3

Sloup	NEd	ME _{dy}	ME _{dz}	KZ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	
G-2	1440	20	53	KZ1
G-3	2927	89	27	KZ1
H-5	3852	115	20	KZ1
H-6	2841	158	16	KZ4
H-7	1638	58	13	KZ2
I5	3108	62	50	KZ3
I-6	2866	77	70	KZ3
I-7	2344	122	16	KZ1

Skupina 4

Sloup	NEd	ME _{dy}	ME _{dz}	KZ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	
J-4	371	156	45	KZ4
B-5	741	202	55	KZ4
B-6	855	113	70	KZ4

Skupina 5

Sloup	NEd	ME _{dy}	ME _{dz}	KZ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	
J-5	4421	34	103	KZ3
J-6	4470	46	101	KZ3



8.1. Skupina 1

K první skupině patří sloupy s největšími normálovými silami. Větší momenty jsou ve směru tužší části.

Sloup	NEd	MEdy	MEdz	KZ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	
D-5	6157	375	7	KZ4
D-6	6964	202	65	KZ3
E-5	5537	117	25	KZ4
F-5	6549	170	4	KZ4
G-5	5414	164	25	KZ1
C-6	5267	155	26	KZ4

8.1.1. Vstupní parametry:

Návrhové vnitřní síly

-Návrhové síly jsou pro kombinace zatížení 4,

MEdy,hlava = -375 kNm

MEdz,hlava = 7kNm

NEd,hlava = -6134kN

MEd,pata = 308kNm

MEdz,pata =5kNm

NEdy,pata = -6171kN

Krytí $c_{nom} = 35\text{mm}$

Výška průřezu: $h_c = 800\text{mm}$

Šířka průřezu: $b_c = 400\text{mm}$

Světlá výška sloupu: $l_c = 2900\text{mm}$

Materialy: Beton C30/37

$f_{cd} = 20\text{MPa}$, $f_{ctm} = 2,9\text{MPa}$

Ocel B500B

$f_{yd} = 434,8\text{MPa}$



Geometrické imperfekce

$$e_i = \theta_i * \frac{l_0}{2} = \theta_0 * a_h * a_m * \frac{l_0}{2} = 5mm$$

, kde:

Základní hodnota úhlu odklonu od vvislice: $\theta_0 = \frac{1}{200} = 0,005$

Redukční součinitel zohledňující výšku sloupu h : $a_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = 1,17 \leq 1$

Redukční součinitel zohledňující počet sloupů m v řadě:

$$a_m = \sqrt{0,5 * (1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 * (1 + 1/2)} = 0,866$$

$$M1 = NEd * e_i = 6171 * 0,005 = 31kNm$$

Pro ostatní sloupy:

Sloup	Geometrické imperfekce			
	ah	am	ei	M1
D-5	1.17	0.87	0.01	31.81
D-6	1.17	0.87	0.01	37.85
E-5	1.17	0.87	0.01	28.69
F-5	1.17	0.87	0.01	34.15
G-5	1.17	0.87	0.01	28.74
C-6	1.13	0.87	0.01	28.30

8.1.2. Kontrola velikosti průřezu

Pro návrh sloupů bylo zvoleno omezení výztuže na $1/3 * A_{s,max}$ při dostředném tlaku:

$$A_s = 1/3 * 0,04 * A_c$$

$$NRd = 0,8 * A_c * f_{cd} + A_s * f_{yd} = 0,8 * 0,21 * 20000 + 0,33 * 0,04 * 0,21 * 435000 = 3360 + 1205 = 5565 kN$$

$$NRd = 5565kN < NEd = 6134kN$$

Předpokládaná plocha průřezu sloupu:

$$A_{c,req} = (NEd) / (0,8 * f_{cd} + p_s * f_{yd}) = (6134kN) / (0,8 * 20MPa + 0,33 * 0,4 * 435MPa) = 6134kN / 21220kPa = 0,29m^2.$$

Pro skupinu sloupů 1 jsou zvoleny rozměry $b * h = 400 * 800$ s plochou průřezu $A_c = 0,32m^2$.



8.1.3. Posouzení štíhlosti sloupů:

Vzpěrná délka sloupu: $l_0 = l_c \times \beta = 2,9\text{m} \times 0,7 = 2,03\text{m}$

Sloupy jeřsou ve vrcholu spojeny s průvlakem v desce, která má tlouřřku 320mm a vytvořř tuřř spoj. V patě sloup je vetknutřř do zřřkladovřř desky. Pro tyto kombinace uložení je β dle [1] 0,7. Šřřhlost sloupů bude posouzena ve směru y, kde řřhlost je sloupů menřř.

Šřřhlost sloupů: $\lambda = l_0 / i_z = 2,03 / 0,115 = 17,65$

$$i_z = (I_z / A_c)^{1/2} = (0,8 \times 0,4^3 \times 12^{-1} \times 0,32^{-1})^{1/2} = 0,115\text{m}$$

Limitnřř štřřhlost sloupů: $\lambda_{lim} = 20 \times A \times B \times C / (n)^{1/2}$

$A = 0,7$, $B = 1,1$ - jsou doporučeně hodnoty

$C = 1,7 - r_m$, kde $r_m = M_{01} / M_{02}$ - momenty jsou hodně malě, $C = 0,7$

$$n = N E_d / (A_c \times f_{cd}) = 6080 / (0,32 \times 20) = 0,95$$

$$\lambda_{lim} = 20 \times 0,7 \times 1,1 \times 0,7 / (0,95)^{1/2} = 10,78 / 0,975 = 11,06$$

$$\lambda_{lim} = 10,78 < \lambda = 17,65$$

Pro ostatnřř sloupy:

Sloup	řřhlost		
	λ	n	λ_{lim}
D-5	17.58	0.96	11.01
D-6	17.58	1.14	10.09
E-5	17.58	0.86	11.59
F-5	17.58	1.03	10.63
G-5	17.58	0.87	11.58
C-6	19.10	0.82	11.92

Sloupy jsou řřhly a je třeřřba zavest účinky druhěho řřadu. Űčinky druhěho řřadu byly stanoveny metodou založenou na jmenovitě křřivosti.

Moment druhěho řřadu:

$$M_2 = N e_d \times e_2$$

$$e_2 = \frac{(1/r) \times l_0^2}{c}, \quad c = 10$$



$$(1/r) = Kr * K\phi * (1/r_0) \quad , \quad \text{kde:}$$

$$* Kr = (nu - n) / (nu - n_{bal}) \leq 1,0$$

$$nu = 1 + \omega = 1 + A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$$

$$n = N_{ed} / A_c f_{cd}$$

$$n_{bal} = 0,4$$

$$A_s - 1,2\% \text{ z } A_c = 0,012 * A_c$$

$$* K\phi = 1 + \beta * \phi_{ef}$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150$$

$$\sigma_c = N_{ed} / A_c = 3900 / 0,32 = 12,18 \text{ MPa} \leq 0,45 f_{ck} \quad \text{-lineární dotvarování}$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) \frac{M_{kvaz}}{M_y} \quad , \quad \text{kde } \phi(\infty, t_0) = 3,1$$

$$* (1/r_0) = \varepsilon_{yd} / (0,45 * d)$$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 0,002175$$

Účinky 2-eho řádu												
nabl	w	n	nu	Kr	β	φ _{ef}	Kφ	1/r ₀	1/r	e ₂	M ₂	
0.4	0.82	0.96	1.82	0.61	0.38	2.21	1.85	0.0137	0.0153	0.0079	48	

Hodnoty účinku druhého řádu pro ostatní sloupy:

Sloup	Účinky 2-eho řádu											
	nabl	w	n	nu	Kr	β	φ _{ef}	Kφ	1/r ₀	1/r	e ₂	M ₂
D-5	0.4	0.82	0.96	1.82	0.61	0.38	2.21	1.85	0.0137	0.0153	0.0079	48
D-6	0.4	0.82	1.14	1.82	0.48	0.38	2.15	1.82	0.0137	0.0119	0.0061	45
E-5	0.4	0.82	0.86	1.82	0.67	0.38	1.98	1.76	0.0137	0.0162	0.0083	46
F-5	0.4	0.82	1.03	1.82	0.56	0.38	1.55	1.59	0.0137	0.0121	0.0062	41
G-5	0.4	0.82	0.87	1.82	0.67	0.38	1.86	1.71	0.0137	0.0157	0.0081	45
C-6	0.4	0.82	0.82	1.82	0.70	0.37	2.38	1.89	0.0137	0.0182	0.0094	49

8.1.4. Návrh výztuže

Návrhové momenty:

$$M_{Edy} = M_{Ed,0} + M_1$$

$$M_{Edz} = M_{Ed,0} + M_1 + M_2$$

$$M_{Edy,hlava} = -375 \text{ kNm} - 31 \text{ kNm} = 406 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz,hlava} = 7 \text{ Nm} + 31 \text{ kNm} + 48 \text{ kNm} = 87 \text{ kNm}$$



$$M_{Ed,pata} = 308\text{kNm} + 31\text{kNm} = 339 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz,pata} = 5\text{kNm} + 31\text{kNm} + 48\text{kNm} = 88 \text{ kNm}$$

Sloup	NEd	MEdy	MEdz
	[kN]	[kNm]	[kNm]
D-5	6157	407	87
D-6	6964	238	147
E-5	5537	146	100
F-5	6549	204	79
G-5	5414	192	98
C-6	5267	183	104

Návrh podélné výztuže

Podélná výztuž bude navržena pomocí nomogramu. Předpokládaný průměr použité výztuže je 25mm.

Účinná výška sloupů.

$$d_y = h - c_{nom} - \varnothing/2 = 800\text{mm} - 35\text{mm} - 25/2\text{mm} = 752,5\text{mm}$$

$$d_z = b - c_{nom} - \varnothing/2 = 400\text{mm} - 35\text{mm} - 25/2\text{mm} = 352,5\text{mm}$$

$$\eta = \frac{N_{ed}}{b * h * f_{cd}} = \frac{6134\text{kN}}{0,4 * 0,8 * 20000\text{kpa}} = 0,963$$

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b * h^2 * f_{ck}} = \frac{407\text{kN}}{0,4 * 0,8^2 * 30000\text{kpa}} = 0,053$$

Z nomogramu pro $d_1/h = 0,06$, kde $d_1 = h - d_y$, $\omega = 0,2$

$$A_{sreq} = \frac{\omega * A_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,2 * 0,32^2 \text{ m}^2 * 20000\text{kpa}}{435000\text{kpa}} = 942\text{mm}^2$$

Návrh symetrický výztuž **2x3 \varnothing 25** a výztuže uprostřed průřezu 4 \varnothing 25,

$$A_{s,prov} = 2 * 1473\text{mm}^2 + 1964\text{mm}^2 = 4910\text{mm}^2$$

Konstrukční zásady

$$* A_{s \text{ min}} = \max(0,1 * \frac{N_{ed}}{f_{yd}}, 0,002 * A_c) = m(1416\text{mm}^2, 640\text{mm}^2)$$

$$A_{s \text{ min}} = 1416\text{mm}^2 < A_{s,prov} = 4910\text{mm}^2$$

$$* A_{s \text{ max}} = 0,04 * A_c = 12800\text{mm}^2$$



$$A_{smax}=12800 > A_{s,prov}=4910\text{mm}^2$$

Návrh příčné výztuže

$$V_{ed} = 187 \text{ kN}$$

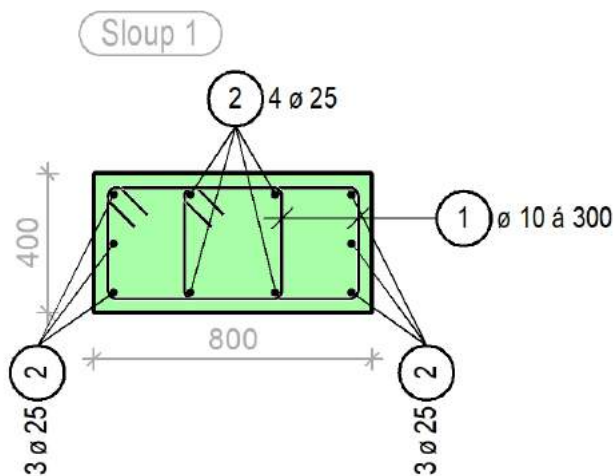
$$s_{max} = \min(15\phi_{sl}, b, h, 300) = 300\text{mm}$$

Návrh 2 střížný třmínek $\phi 10$, $s = 300$ mm:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} * f_{ywd}}{s_l} * z * \cot \theta = \frac{157\text{mm}^2 * 435\text{mpa}}{300\text{mm}} * 0,677 * 2,5 = 385\text{kN} \geq V_{ed} = 187\text{kN}$$

, kde: $z = 0,9 * d_y = 0,9 * 752,5 = 677,25\text{mm}$

Vzdálenost třmíneků v blízkosti styčnicku = $0,6 \cdot s = 0,6 \cdot 300 = 180$ mm. Tlačené pruty jsou zajištěny příčnými výztužemi, maximální vzdálenost tlačeného prutu od zajištěného prutu je 150mm.[1]





8.1.5. Posouzení interakčním diagramem

Pro posouzení interakčním diagramem byl používán Excelový program posouzení dle ČSN EN 1992 - 1 - 1. Pro zjednodušení posouzení nebyly zavedeny plochy výztuže uprostřed průřezu $4\phi 25$.

Hodnoty jednotlivých bodu v interakčním diagramu:

	M	N
bod 0	0.0	-7576.0
bod 1	709.3	-5381.5
bod 2	1071.2	-2925.4
bod 2.1 ($N_{Ed(Rd2)}$)	1071.2	-2925.4
bod 2.2 ($2/3 N_{Ed(Rd2)}$)	978.3	-1950.3
bod 2.3 ($1/3 N_{Ed(Rd2)}$)	766.1	-975.1
bod 3	449.8	0.0
bod 4	217.9	639.1
bod 5	0.0	1278.3
bod 0'	0.0	-7576.0
bod 1'	-709.3	-5381.5
bod 2'	-1071.2	-2925.4
bod 2.1' ($N_{Ed(Rd2)}$)	-1071.2	-2925.4
bod 2.2' ($2/3 N_{Ed(Rd2)}$)	-978.3	-1950.3
bod 2.3' ($1/3 N_{Ed(Rd2)}$)	-766.1	-975.1
bod 3'	-449.8	0.0
bod 4'	-217.9	639.1
bod 5'	0.0	1278.3

Kde

Bod 0 - dostředný tlak,

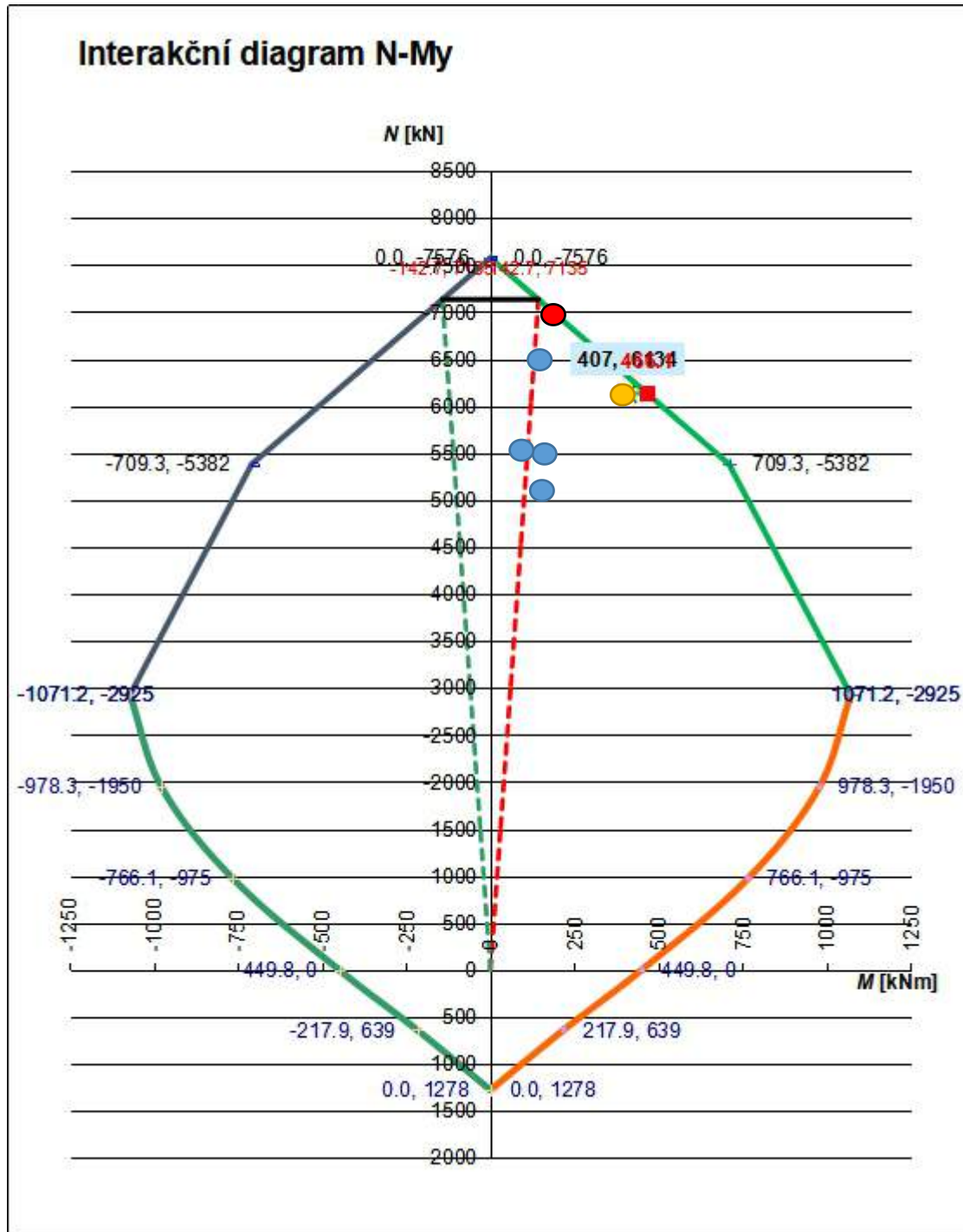
Bod 1 - pomocný bod,

Bod 2 - rozhraní mezi malou a velkou výstředností

Bod 3 - prostý ohyb oboustranně vyztuženého průřezu

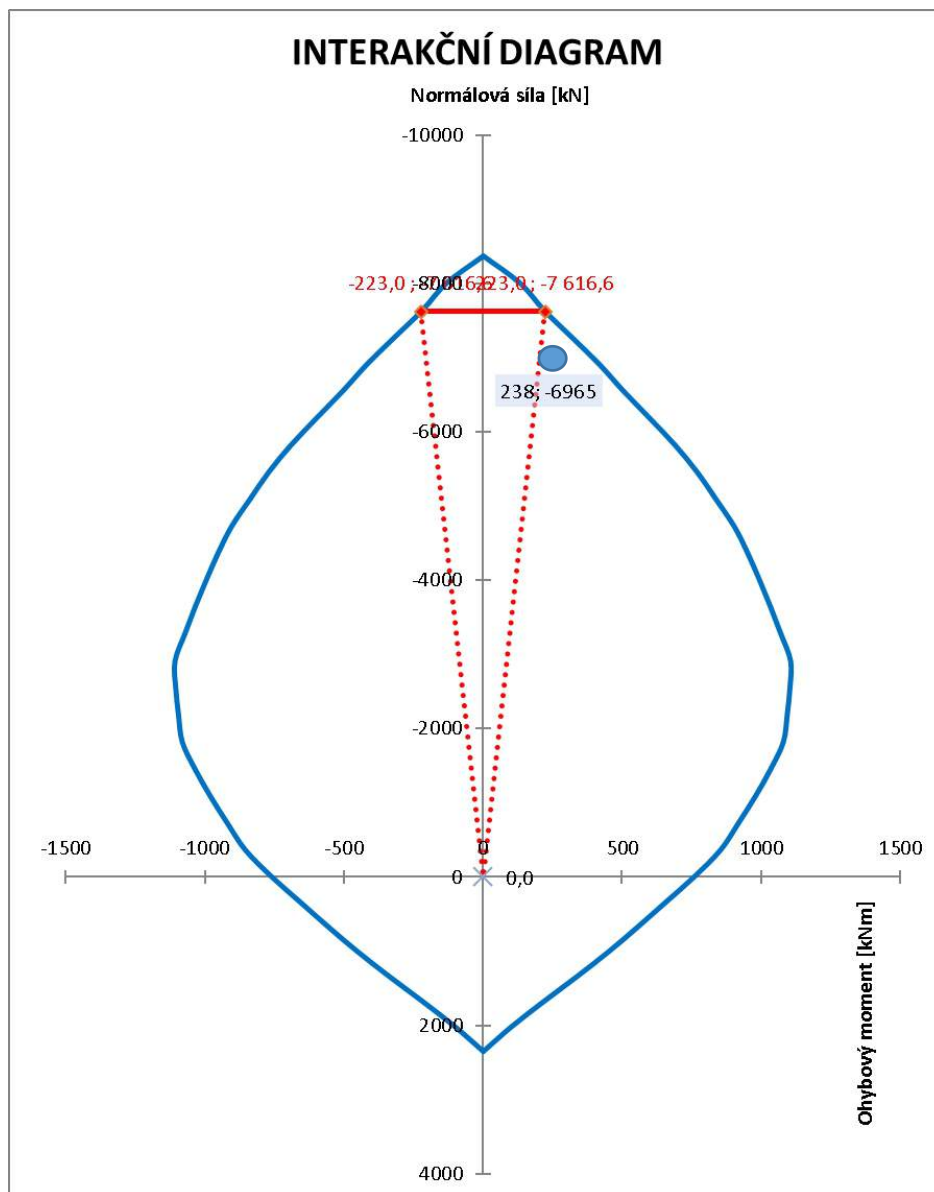
Bod 4 - pomocný bod,

Bod 5 - dostředný tah, trhlina přes celý průřez





Při posouzení sloupu bez zohlednění výztuží uprostřed, průřez nevyhověl na síly sloupu D-6. Sloup má velkou normálovou sílu, kterou by mohly převzít konstrukční výztuže. Pro zohlednění konstrukčních výztuží při sestavení interakčního diagramu byl použit excelový program poskytnutý paní Ing. Hanou Hanzlovou CSc, který zvětšil hodnoty bodu 0 a 1.



Navržený průřez $b \times h = 400 \times 800 \text{ mm}$ s ohybovými výztuží $2 \times 3 \varnothing 25$ a vyztužením uprostřed $4 \varnothing 25$ vyhovuje na síly sloupů skupiny 1.



8.2. Skupina 2

Ve druhé skupině jsou sloupy s normálovými silami o cca 2000kN menší než u sloupů skupiny 1. Větší momentové síly jsou ve směru tužší části.

Sloup	NEd	ME _{dy}	ME _{dz}	KZ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	
C-5	4474	110	4	KZ4
E-6	4423	244	5	KZ2
F-6	4660	220	65	KZ2
G'-2	4181	259	8	KZ1
G'-3	4349	273	27	KZ1

8.2.1. Vstupní parametry:

Návrhové vnitřní síly

-Návrhové síly jsou pro kombinace zatížení 2

ME_{dy},hlava = 76kNm

ME_{dz},hlava = 11kNm

NE_d,hlava = -4763kN

ME_d,pata = 213kNm

ME_{dz},pata = 63kNm

NE_{dy},pata = -4801kN

Krytí $c_{nom} = 35\text{mm}$

Výška průřezu: $h_c = 700\text{mm}$

Šířka průřezu: $b_c = 300\text{mm}$

Světlá výška sloupu: $l_c = 2900\text{mm}$

Materialy: Beton C30/37

$f_{cd} = 20\text{MPa}$, $f_{ctm} = 2,9\text{MPa}$

Ocel B500B

$f_{yd} = 434,8\text{MPa}$



Geometrické imperfekce

$$e_i = \theta_i * \frac{l_0}{2} = \theta_0 * a_h * a_m * \frac{l_0}{2} = 5mm$$
, kde:

$$\text{Základní hodnota úhlu odklonu od svislice: } \theta_0 = \frac{1}{200} = 0,005$$

$$\text{Redukční součinitel zohledňující výšku sloupu } h: a_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = 1,17 \leq 1$$

Redukční součinitel zohledňující počet sloupů m v řadě:

$$a_m = \sqrt{0,5 * (1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 * (1 + 1/2)} = 0,866$$

$$M1 = NEd * e_i = 6171 * 0,005 = 31kNm$$

Pro ostatní sloupy:

Sloup	Geometrické imperfekce			
	ah	am	ei	M1
C-5	1.17	0.87	0.01	23.20
E-6	1.17	0.87	0.01	22.94
F-6	1.17	0.87	0.01	24.16
G'-2	1.17	0.87	0.01	21.68
G'-3	1.17	0.87	0.01	22.55

8.2.2. Kontrola velikosti průřezu

Pro návrh sloupů bylo zvoleno omezení výztuže na $1/3 * A_{s,max}$ při dostředném tlaku:

$$A_s = 1/3 * 0,04 * A_c$$

$$NRd = 0,8 * b * h * f_{cd} + A_s * f_{yd} = 0,8 * 0,3 * 0,7 * 20000 + 0,33 * 0,04 * 0,21 * 435000 \\ = 3360 + 1200 = 4565 \text{ kN}$$

$$NRd = 4565kN > NEd = 4801kN$$

Plocha průřezu sloupu bude považována za dostačující.



8.2.3. Posouzení štíhlostí sloupu:

Vzpěrná délka sloupu: $l_0 = l_c \times \beta = 2,9\text{m} \times 0,7 = 2,03\text{m}$

Sloup je ve vrcholu spojený k desce s tloušťkou 320mm, která vytvoří tuhý spoj. V patě sloup je vetknutý do základové desky. Pro toto kombinace uložení β dle [1] je 0,7. Štíhlost sloupu bude posouzena **ve směru Z**, kde štíhlost sloupu je menší.

Štíhlost sloupu: $\lambda = l_0 / i_z = 2,03 / 0,086 = 23,44$

$i_z = (I_z / A_c)^{1/2} = (0,7 \times 0,3^3 \times 12^{-1} \times 0,21^{-1})^{1/2} = 0,086\text{m}$

Limitní štíhlost sloupu: $\lambda_{lim} = 20 \times A \times B \times C / (n)^{1/2}$

$A = 0,7, B = 1,1$ - jsou doporučené hodnoty

$C = 1,7 - r_m$, kde $r_m = M_{01} / M_{02}$ - momenty jsou hodně malé, $C = 0,7$

$n = N E d / (A_c \times f_{cd}) = 4801 / (0,21 \times 20) = 1,14$

$\lambda_{lim} = 20 \times 0,7 \times 1,1 \times 0,7 / (1,14)^{1/2} = 10,78 / 1,067 = 10,1$

$\lambda_{lim} = 10,1 < \lambda = 23,44$

Pro ostatní sloupy:

Sloup	Štíhlost		
	λ	n	λ_{lim}
C-5	23.44	1.07	10.44
E-6	23.44	1.05	10.50
F-6	23.44	1.11	10.23
G'-2	23.44	1.00	10.80
G'-3	23.44	1.04	10.59

Sloup je štíhlý a je třeba zavést účinky druhého řádu. Účinky druhého řádu stanovím metodou založenou na jmenovité křivosti.

Moment druhého řádu:

$M_2 = N e d \cdot e_2$

$e_2 = \frac{(1/r) \cdot l_0^2}{c}, \quad c = 10$

$(1/r) = K_r \cdot K_\varphi \cdot (1/r_0)$, kde:

* $K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \leq 1,0$



$$n_u = 1 + \omega = 1 + A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$$

$$n = N_{ed} / A_c f_{cd}$$

$$n_{bal} = 0,4$$

$$A_s - 1,2\% \text{ z } A_c = 0,012 * A_c$$

$$* K_{\phi} = 1 + \beta * \phi_{ef}$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) \frac{M_{kvaz}}{M_y}, \text{ kde } \phi(\infty, t_0) = 2,93$$

$$* (1/r_0) = \epsilon_{yd} / (0,45 * d)$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 0,002175$$

Sloup	Účinky 2-eho řádu											
	nabl	w	n	n _u	K _r	β	φ _{ef}	K _φ	1/r ₀	1/r	e ₂	M ₂
F-6	0.4	1.2429	1.14	2.2	0.60	0.34	0.89	1.30	0.0191	0.0149	0.0077	37

Hodnoty účinku druhého řádu pro ostatní sloupy:

Sloup	Účinky 2-eho řádu											
	nabl	w	n	n _u	K _r	β	φ _{ef}	K _φ	1/r ₀	1/r	e ₂	M ₂
F-6	0.4	1.2429	1.14	2.2	0.60	0.34	0.89	1.30	0.0191	0.0149	0.0077	37
C-5	0.4	1.2429	1.07	2.2	0.64	0.34	1.33	1.46	0.0191	0.0178	0.0092	41
E-6	0.4	1.2429	1.05	2.2	0.65	0.34	1.86	1.64	0.0191	0.0202	0.0104	46
G'-2	0.4	1.2429	1.00	2.2	0.68	0.34	1.33	1.46	0.0191	0.0188	0.0097	41
G'-3	0.4	1.2429	1.04	2.2	0.66	0.34	1.33	1.46	0.0191	0.0182	0.0094	41



8.2.4. Návrh výztuže

Návrhové momenty:

$$ME_{dy} = ME_{d,0} + M1$$

$$ME_{dz} = ME_{d,0} + M1 + M2$$

$$ME_{dy,hlava} = 76kNm + 24kNm = 100kNm$$

$$ME_{dz,hlava} = 11kNm + 24kNm + 37kNm = 72kNm$$

$$NE_{d,hlava} = -4763kN$$

$$ME_{d,pata} = 213kNm + 24kNm = 237kNm$$

$$ME_{dz,pata} = 63kNm + 24kNm + 37kNm = 124kNm$$

$$NE_{dy,pata} = -4801kN$$

Sloup	NEd	ME _{dy}	ME _{dz}
	[kN]	[kNm]	[kNm]
C-5	4474	133	68
E-6	4423	267	74
F-6	4801	238	125
G'-2	4181	281	70
G'-3	4349	296	90

Návrh podélné výztuže

Podélná výztuž bude navržena na maximální ohybové momenty pomocí nomogram. Předpokládaný průměr použitého výztuže je 25mm.

Účinná výšky sloupu

$$d_y = h - c_{nom} - \varnothing/2 = 700mm - 35mm - 25/2mm = 652,5mm$$

$$d_z = b - c_{nom} - \varnothing/2 = 300mm - 35mm - 25/2mm = 252,5mm$$

$$\eta = \frac{N_{ed}}{b * h * f_{cd}} = \frac{4801kN}{0,3 * 0,7 * 20000kpa} = 1,14$$

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b * h^2 * f_{ck}} = \frac{238kNm}{0,3 * 0,7^2 * 30000kpa} = 0,054$$

Z nomogramu pro $d_1/h = 0,06$, kde $d_1 = h - d_y$, $\omega = 0,3$

$$A_{sreq} = \frac{\omega * A_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,3 * 0,21^2 m^2 * 20000kpa}{435000kpa} = 609mm^2$$



Návrh symetrický výztuž **2x4ø25** a konstrukční výztuže 4ø25, $A_{s,prov} = 2 \times 1964 \text{mm}^2 + 1964 \text{mm}^2 = 5892 \text{mm}^2$

Konstrukční zásady

$$* A_{s \min} = \max\left(0,1 \cdot \frac{N_{ed}}{f_{yd}}, 0,002 \cdot A_c\right) = m(1103 \text{mm}^2, 420 \text{mm}^2)$$

$$A_{s \min} = 1103 \text{mm}^2 < A_{s,prov} = 5892 \text{mm}^2$$

$$* A_{s \max} = 0,04 \cdot A_c = 8400 \text{mm}^2$$

$$A_{s \max} = 8400 > A_{s,prov} = 5892 \text{mm}^2$$

Návrh příčných výztuže

$$V_{ed} = 86 \text{ kN}$$

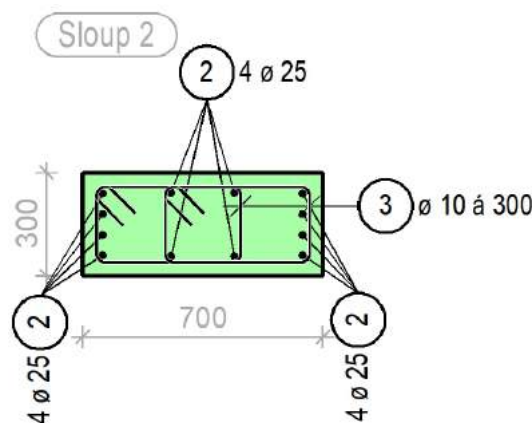
$$s_{\max} = \min(15\phi_s, b, h, 300) = 300 \text{ mm}$$

Návrh 2 střížný třmínek $\phi 10$, $s = 300 \text{ mm}$:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s_l} \cdot z \cdot \cot \theta = \frac{157 \text{mm}^2 \cdot 435 \text{mpa}}{300 \text{mm}} \cdot 0,587 \cdot 2,5 = 334 \text{kN} \geq V_{ed} = 86 \text{kN}$$

$$, \text{ kde: } z = 0,9 \cdot d_y = 0,9 \cdot 652,5 = 587,25 \text{ mm}$$

Vzdálenost třmíneků v blízkosti styčníku = $0,6 \cdot s = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ mm}$. Tlačené pruty jsou zajištěny příčnými výztuží, maximální vzdálenost tlačeného prutu od zajištěného prutu je 150mm.





8.2.5. Posouzení interakčním diagramem

Pro posouzení interakčního diagramu byl používán Excelový program posouzení dle ČSN EN 1992 - 1 - 1. Pro zjednodušení posouzení nebyly zavedeny plochy výztuže uprostřed průřezu 4 ϕ 25.

Hodnoty jednotlivých bodu v interakčním diagramu:

	M	N
bod 0	0.0	-5768.0
bod 1	536.0	-3929.0
bod 2	860.1	-1897.9
bod 2.1 ($N_{Ed(Rd2)}$)	860.1	-1897.9
bod 2.2 ($2/3 N_{Ed(Rd2)}$)	805.4	-1265.3
bod 2.3 ($1/3 N_{Ed(Rd2)}$)	681.5	-632.6
bod 3	506.1	0.0
bod 4	248.0	852.2
bod 5	0.0	1704.3
bod 0'	0.0	-5768.0
bod 1'	-536.0	-3929.0
bod 2'	-860.1	-1897.9
bod 2.1' ($N_{Ed(Rd2)}$)	-860.1	-1897.9
bod 2.2' ($2/3 N_{Ed(Rd2)}$)	-805.4	-1265.3
bod 2.3' ($1/3 N_{Ed(Rd2)}$)	-681.5	-632.6
bod 3'	-506.1	0.0
bod 4'	-248.0	852.2
bod 5'	0.0	1704.3

Kde

Bod 0 - dostředný tlak,

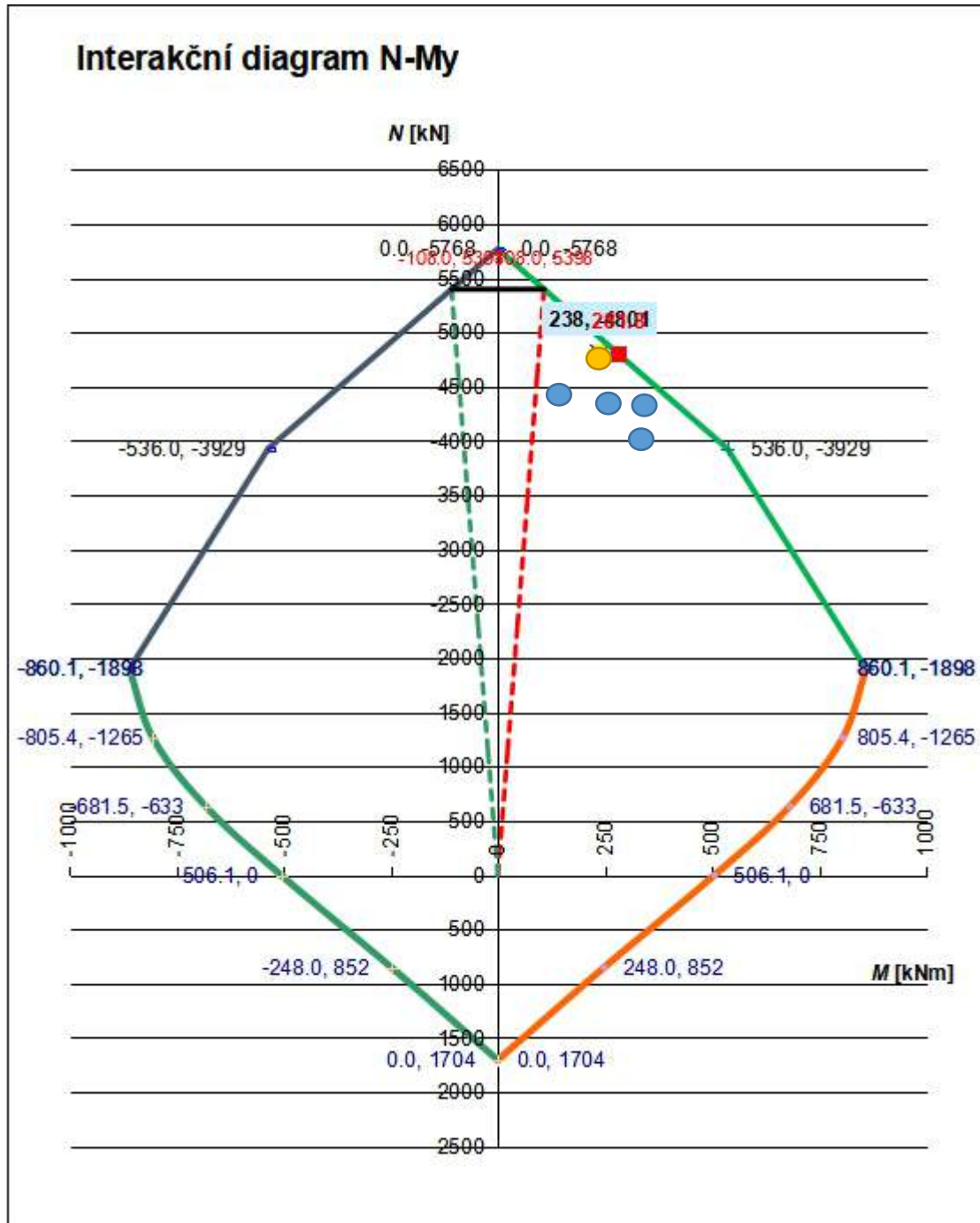
Bod 1 - pomocný bod,

Bod 2 - rozhraní mezi malou a velkou výstředností

Bod 3 - prostý ohyb oboustranně vyztuženého průřezu

Bod 4 - pomocný bod,

Bod 5 - dostředný tah, trhlina přes celý průřez



Navržený průřez $b \times h = 300 \times 700 \text{mm}$ s ohybovými výztužemi $2 \times 4 \phi 25$ a vyztužením uprostřed $4 \phi 25$ vyhovuje na síly sloupů skupiny 2.



8.3. Skupina 3

Ve třetí skupině jsou sloupky s normálovými silami o půlku menší než u sloupů skupiny 1. Větší momentové síly jsou ve směru tužší části.

Sloup	NEd	MEdy	MEdz	KZ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	
H-5	3979	161	15	KZ1
G-2	1583	3	65	KZ1
G-3	2967	32	69	KZ1
H-6	3008	158	21	KZ4
H-7	1638	58	13	KZ2
I5	3175	68	50	KZ3
I-6	2964	76	70	KZ3
I-7	2358	120	16	KZ1

8.3.1. Vstupní parametry:

Návrhové vnitřní síly

-Návrhové síly jsou pro kombinace zatížení 1

MEdy,hlava = 45kNm

MEdz,hlava = 6kNm

NEd,hlava = -3942kN

MEd,pata = 161kNm

MEdz,pata = 15kNm

NEdy,pata = -3979kN

Krytí $c_{nom} = 35\text{mm}$

Výška průřezu: $h_c = 700\text{mm}$

Šířka průřezu: $b_c = 300\text{mm}$

Světlá výška sloupu: $l_c = 2900\text{mm}$

Materialy: Beton C30/37

$f_{cd} = 20\text{MPa}$, $f_{ctm} = 2,9\text{MPa}$

Ocel B500B

$f_{yd} = 434,8\text{MPa}$

Geometrické imperfekce

$$e_i = \theta_i * \frac{l_0}{2} = \theta_0 * a_h * a_m * \frac{l_0}{2} = 5mm$$
, kde:

$$\text{Základní hodnota úhlu odklonu od svislice: } \theta_0 = \frac{1}{200} = 0,005$$

$$\text{Redukční součinitel zohledňující výšku sloupu } h: a_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = 1,17 \leq 1$$

Redukční součinitel zohledňující počet sloupů m v řadě:

$$a_m = \sqrt{0,5 * (1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 * (1 + 1/2)} = 0,866$$

$$M1 = NEd * e_i = 6171 * 0,005 = 31kNm$$

Pro ostatní sloupy:

Sloup	Geometrické imperfekce			
	ah	am	ei	M1
H-5	1.17	0.87	0.01	20.63
G-2	1.17	0.87	0.01	8.21
G-3	1.17	0.87	0.01	15.39
H-6	1.17	0.87	0.01	15.60
H-7	1.17	0.87	0.01	8.49
I5	1.17	0.87	0.01	16.46
I-6	1.17	0.87	0.01	15.37
I-7	1.17	0.87	0.01	12.23

8.3.2. Kontrola velikosti průřezu

Pro návrh sloupů bylo zvoleno omezení výztuže na $1/3 * A_s, max$ při dostředném tlaku:

$$A_s = 1/3 * 0,04 * A_c$$

$$NRd = 0,8 * b * h * f_{cd} + A_s * f_{yd} = 0,8 * 0,3 * 0,7 * 20000 + 0,33 * 0,04 * 0,21 * 435000 \\ = 3360 + 1200 = 4760 \text{ kN}$$

$$NRd = 4760 \text{ kN} > NEd = 3979 \text{ kN}$$

Plocha průřezu sloupu bude považována za dostačující



8.3.3. Posouzení štíhlostí sloupu:

Vzpěrná délka sloupu: $l_0 = l_c \times \beta = 2,9\text{m} \times 0,7 = 2,03\text{m}$

Sloup je ve vrcholu spojený k desce s tloušťkou 320mm, která vytvoří tuhý spoj. V patě sloup je vetknutý do základové desky. Pro toto kombinace uložení β dle [1] je 0,7. Štíhlost sloupu bude posouzena **ve směru Z**, kde štíhlost sloupu je menší.

Štíhlost sloupu: $\lambda = l_0 / i_z = 2,03 / 0,086 = 23,44$

$i_z = (I_z / A_c)^{1/2} = (0,7 \times 0,3^3 \times 12^{-1} \times 0,21^{-1})^{1/2} = 0,086\text{m}$

Limitní štíhlost sloupu: $\lambda_{lim} = 20 \times A \times B \times C / (n)^{1/2}$

$A = 0,7$, $B = 1,1$ - jsou doporučené hodnoty

$C = 1,7 - r_m$, kde $r_m = M_{01} / M_{02}$ - momenty jsou hodně malé, $C = 0,7$

$n = N E d / (A_c \times f_{cd}) = 4801 / (0,21 \times 20) = 0,95$

$\lambda_{lim} = 20 \times 0,7 \times 1,1 \times 0,7 / (0,95)^{1/2} = 10,78 / 0,975 = 11,06$

$\lambda_{lim} = 11,06 < \lambda = 23,44$

Pro ostatní sloupy:

Sloup	Štíhlost		
	λ	n	λ_{lim}
H-5	23.44	0.95	11.08
G-2	23.44	0.38	17.56
G-3	23.44	0.71	12.83
H-6	23.44	0.72	12.74
H-7	23.44	0.39	17.26
I5	23.44	0.76	12.40
I-6	23.44	0.71	12.83
I-7	23.44	0.56	14.39

Sloup je štíhlý a je třeba zavést účinky druhého řádu. Účinky druhého řádu stanovím metodou založenou na jmenovité křivosti.

Moment druhého řádu:

$M_2 = N e d \cdot e_2$

$e_2 = \frac{(1/r) \cdot l_0^2}{c}$, $c = 10$



$$(1/r) = Kr * K\phi * (1/r_0) \quad , \quad \text{kde:}$$

$$* Kr = (nu - n) / (nu - n_{bal}) \leq 1,0$$

$$nu = 1 + \omega = 1 + A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$$

$$n = N_{ed} / A_c f_{cd}$$

$$n_{bal} = 0,4$$

$$A_s - 1,2\% \text{ z } A_c = 0,012 * A_c$$

$$* K\phi = 1 + \beta * \phi_{ef}$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) \frac{M_{kvaz}}{M_y} \quad , \quad \text{kde } \phi(\infty, t_0) = 3$$

$$* (1/r_0) = \epsilon_{yd} / (0,45 * d)$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 0,002175$$

Sloup	Účinky 2-ého řádu											
	nabl	w	n	nu	Kr	β	φ _{ef}	Kφ	1/r ₀	1/r	e ₂	M ₂
H-5	0.4	1.2429	0.95	2.2429	0.70	0.34	1.33	1.46	0.0191	0.0196	0.0101	40

Hodnoty účinku druhého řádu pro ostatní sloupy:

Sloup	Účinky 2-ého řádu											
	nabl	w	n	nu	Kr	β	φ _{ef}	Kφ	1/r ₀	1/r	e ₂	M ₂
H-5	0.4	1.2429	0.95	2.2429	0.70	0.34	1.33	1.46	0.0191	0.0196	0.0101	40
G-2	0.4	1.2429	0.38	2.2429	1.01	0.34	1.41	1.48	0.0191	0.0287	0.0148	23
G-3	0.4	1.2429	0.71	2.2429	0.83	0.34	1.33	1.46	0.0191	0.0232	0.0120	35
H-6	0.4	1.2429	0.72	2.2429	0.83	0.34	1.33	1.46	0.0191	0.0231	0.0119	36
H-7	0.4	1.2429	0.39	2.2429	1.01	0.34	0.89	1.30	0.0191	0.0251	0.0129	21
I5	0.4	1.2429	0.76	2.2429	0.81	0.34	0.89	1.30	0.0191	0.0201	0.0104	33
I-6	0.4	1.2429	0.71	2.2429	0.83	0.34	0.89	1.30	0.0191	0.0208	0.0107	32
I-7	0.4	1.2429	0.56	2.2429	0.91	0.34	1.33	1.46	0.0191	0.0254	0.0131	31



8.3.4. Návrh výztuže

Návrhové momenty:

$$ME_{dy} = M_{Ed,0} + M_1$$

$$ME_{dz} = M_{Ed,0} + M_1 + M_2$$

$$ME_{dy,hlava} = 45\text{kNm} + 21\text{kNm} = 66\text{kNm}$$

$$ME_{dz,hlava} = 6\text{kNm} + 21\text{kNm} + 40\text{kNm} = 67\text{kNm}$$

$$NE_{d,hlava} = -3942\text{kN}$$

$$ME_{d,pata} = 161\text{kNm} + 21\text{kNm} = 182\text{kNm}$$

$$ME_{dz,pata} = 15\text{kNm} + 21\text{kNm} + 40\text{kNm} = 76\text{kNm}$$

$$NE_{dy,pata} = -3979\text{kN}$$

Sloup	NEd	ME _{dy}	ME _{dz}
	[kN]	[kNm]	[kNm]
H-5	3979	182	76
G-2	1583	11	97
G-3	2967	47	120
H-6	3008	174	72
H-7	1638	66	43
I5	3175	84	99
I-6	2964	91	117
I-7	2358	132	59

Návrh podélné výztuže

Podélná výztuž bude navržena na maximální ohybové momenty pomocí nomogram. Předpokládaný průměr použitého výztuže je 25mm.

Účinná výšky sloupu

$$d_y = h - c_{nom} - \frac{\varnothing}{2} = 700\text{mm} - 35\text{mm} - \frac{25}{2}\text{mm} = 652,5\text{mm}$$

$$d_z = b - c_{nom} - \frac{\varnothing}{2} = 300\text{mm} - 35\text{mm} - \frac{25}{2}\text{mm} = 252,5\text{mm}$$

$$\eta = \frac{N_{ed}}{b * h * f_{cd}} = \frac{3979\text{kN}}{0,3 * 0,7 * 20000\text{kpa}} = 0,95$$

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b * h^2 * f_{ck}} = \frac{182\text{kNm}}{0,3 * 0,7^2 * 30000\text{kpa}} = 0,041$$



Z nomogramu pro $d_1/h = 0,06$, kde $d_1 = h - d_y$, $\omega = 0,2$

$$A_{sreq} = \frac{\omega * A_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,2 * 0,21^2 m^2 * 20000 kpa}{435000 kpa} = 405 mm^2$$

Návrh symetrický výztuž **2x3ø18** a konstrukční výztuže 4ø16, $A_{s,prov} = 2 \times 763 mm^2 + 804 mm^2 = 2330 mm^2$

Konstrukční zásady

$$* A_{s \min} = \max\left(0,1 * \frac{N_{ed}}{f_{yd}}, 0,002 * A_c\right) = m(1103 mm^2, 420 mm^2)$$

$$A_{s \min} = 1103 mm^2 < A_{s,prov} = 2330 mm^2$$

$$* A_{s \max} = 0,04 * A_c = 8400 mm^2$$

$$A_{s \max} = 8400 > A_{s,prov} = 2330 mm^2$$

Návrh příčných výztuže

$$V_{ed} = 60 \text{ kN}$$

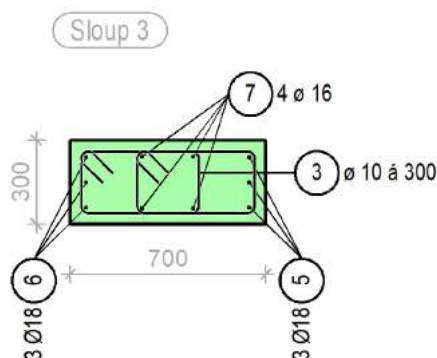
$$s_{\max} = \min(15\phi_{sl}, b, h, 300) = 300 \text{ mm}$$

Návrh 2 sřižný třmínek $\phi 10$, $s = 300 \text{ mm}$:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} * f_{ywd}}{s_l} * z * \cot \theta = \frac{157 mm^2 * 435 mpa}{300 mm} * 0,587 * 2,5 = 334 kN \geq V_{ed} = 60 kN$$

$$, \text{ kde: } z = 0,9 * d_y = 0,9 * 652,5 = 587,25 \text{ mm}$$

Vzdálenost třmíneků v blízkosti styčníku = $0,6 \cdot s = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ mm}$. Tlačené pruty jsou zajištěny příčnými výztuží, maximální vzdálenost tlačeného prutu od zajištěného prutu je 150mm.



Posouzení interakčním diagramem

Pro posouzení interakčního diagramu byl používán Excelový program posouzení dle ČSN EN 1992 - 1 - 1. Pro posouzení nebyly zavedeny plochy konstrukčních výztuže 4ϕ16.

Hodnoty jednotlivých bodu v interakčním diagramu N-My:

	M	N
bod 0	0.0	-4809.6
bod 1	384.4	-3408.1
bod 2	556.9	-1897.9
bod 2.1 ($N_{Ed(Rd2)}$)	556.9	-1897.9
bod 2.2 ($2/3 N_{Ed(Rd2)}$)	502.3	-1265.3
bod 2.3 ($1/3 N_{Ed(Rd2)}$)	379.6	-632.6
bod 3	203.0	0.0
bod 4	96.4	331.3
bod 5	0.0	662.6
bod 0'	0.0	-4809.6
bod 1'	-384.4	-3408.1
bod 2'	-556.9	-1897.9
bod 2.1' ($N_{Ed(Rd2)}$)	-556.9	-1897.9
bod 2.2' ($2/3 N_{Ed(Rd2)}$)	-502.3	-1265.3
bod 2.3' ($1/3 N_{Ed(Rd2)}$)	-379.6	-632.6
bod 3'	-203.0	0.0
bod 4'	-96.4	331.3
bod 5'	0.0	662.6

Kde

Bod 0 - dostředný tlak,

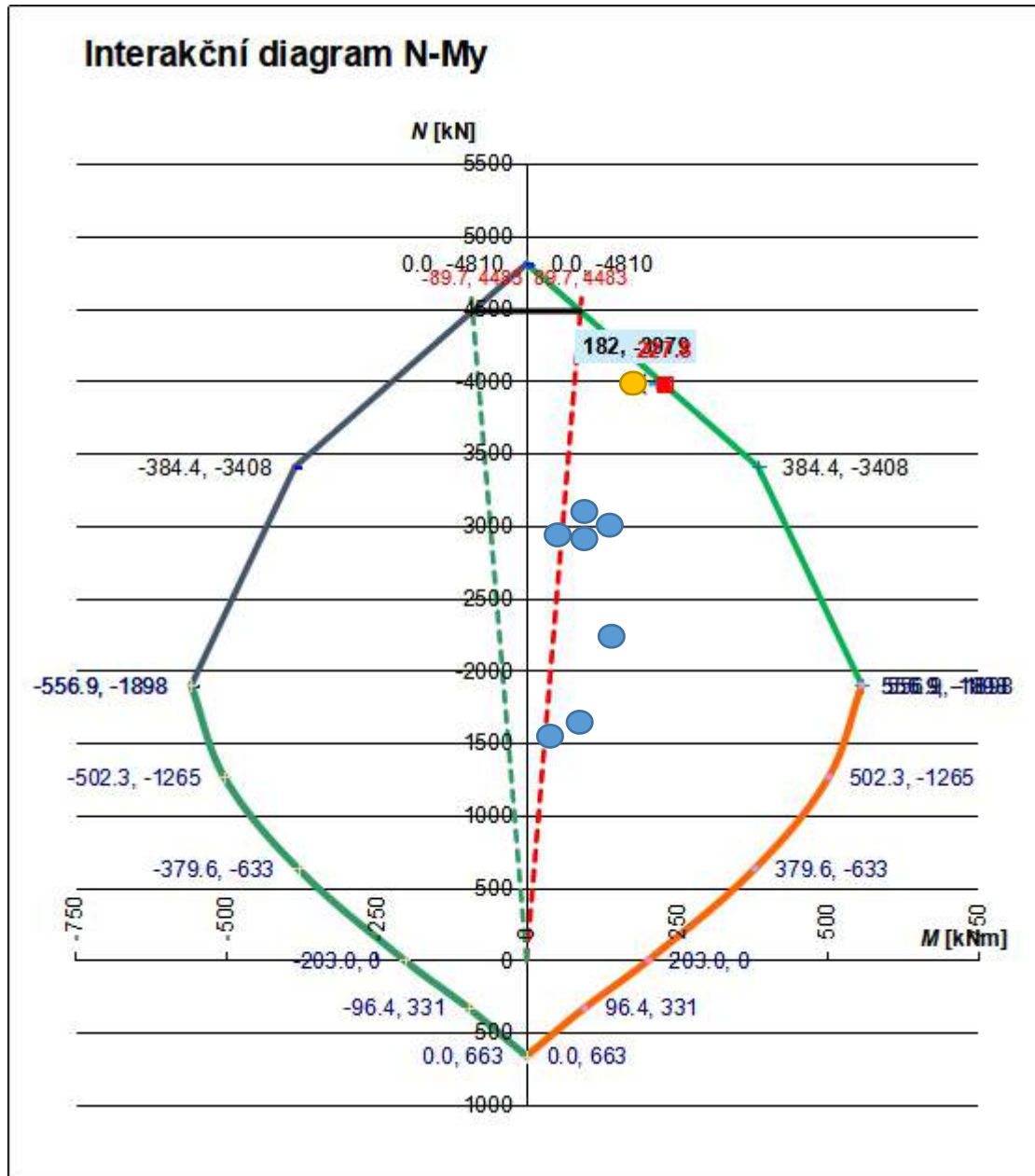
Bod 1 - pomocný bod,

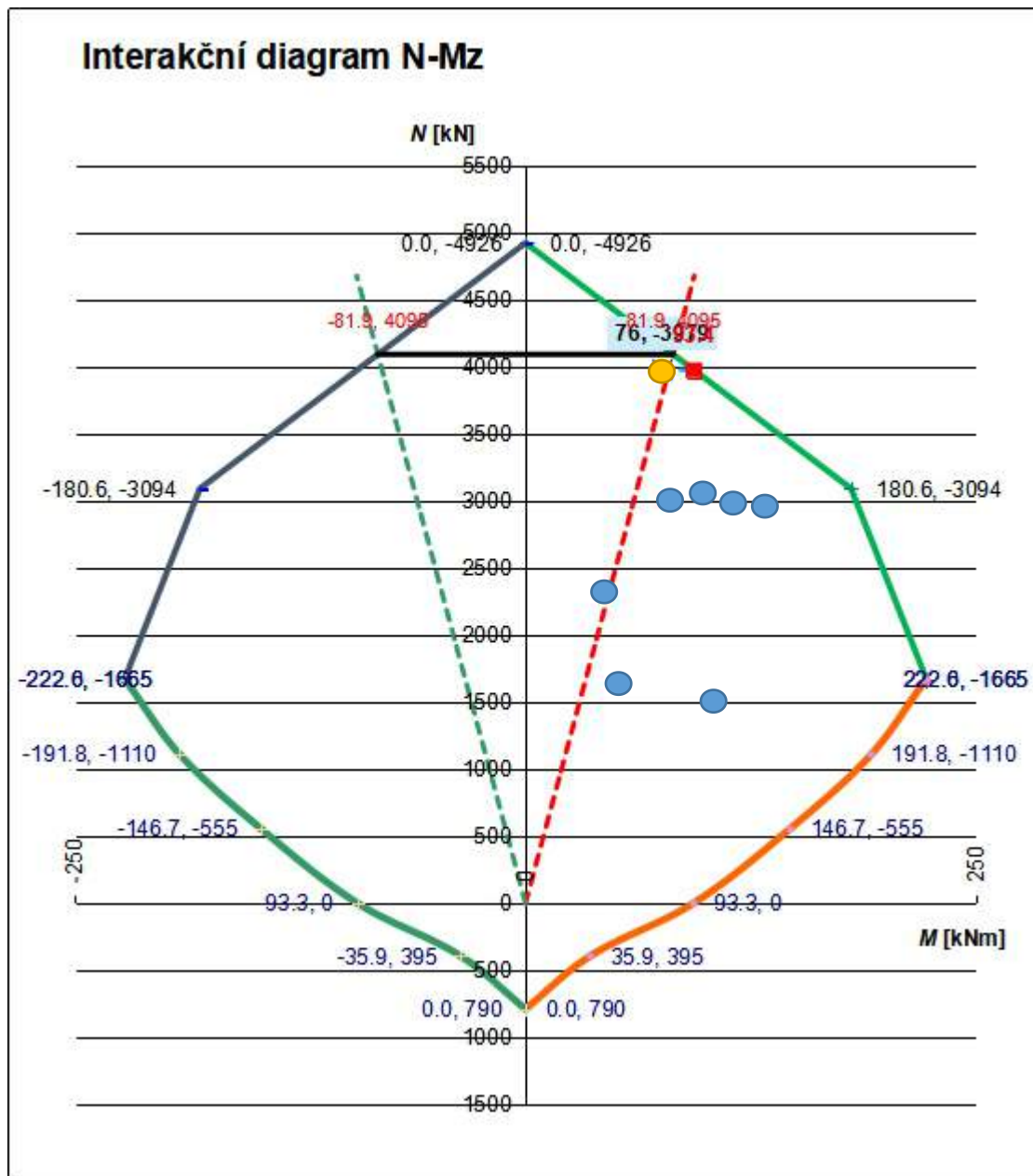
Bod 2 - rozhraní mezi malou a velkou výstředností

Bod 3 - prostý ohyb oboustranně vyztuženého průřezu

Bod 4 - pomocný bod,

Bod 5 - dostředný tah, trhlina přes celý průřez





Navržený průřez $b \times h = 300 \times 700 \text{ mm}$ s ohybovými výztužemi $2 \times 3 \varnothing 18$ a výztužením uprostřed $4 \varnothing 16$ vyhovuje na síly sloupů skupiny 3.



8.4. Skupina 4

Ve čtvrté skupině jsou 3 sloupů, s normálovými silami 7-8 krát menší než u sloupů skupiny 1. Momentové síly jsou velké a větší momenty jsou ve směru tužší části. Proto se předpokládá, že menší průřez sloupu bude dostačující.

Sloup	NEd	ME _{dy}	ME _{dz}	KZ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	
B-5	756	205	56	KZ4
J-4	385	159	43	KZ4
B-6	876	112	71	KZ4

8.4.1. Vstupní parametry:

Návrhové vnitřní síly

-Návrhové síly jsou pro kombinace zatížení 4

ME_{dy},hlava = -205kNm

ME_{dz},hlava = 56kNm

NE_d,hlava = -756kN

ME_d,pata = 59kNm

ME_{dz},pata = -42kNm

NE_{dy},pata = -793kN

Krytí $c_{nom} = 35\text{mm}$

Výška průřezu: $h_c = 700\text{mm}$

Šířka průřezu: $b_c = 300\text{mm}$

Světlá výška sloupu: $l_c = 3150\text{mm}$

Materialy: Beton C30/37

$f_{cd} = 20\text{MPa}$, $f_{ctm} = 2,9\text{MPa}$

Ocel B500B

$f_{yd} = 434,8\text{MPa}$



Geometrické imperfekce

$$e_i = \theta_i * \frac{l_0}{2} = \theta_0 * a_h * a_m * \frac{l_0}{2} = 5mm$$
, kde:

$$\text{Základní hodnota úhlu odklonu od svislice: } \theta_0 = \frac{1}{200} = 0,005$$

$$\text{Redukční součinitel zohledňující výšku sloupu } h: a_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = 1,17 \leq 1$$

Redukční součinitel zohledňující počet sloupů m v řadě:

$$a_m = \sqrt{0,5 * (1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 * (1 + 1/2)} = 0,866$$

$$M1 = NEd * e_i = 6171 * 0,005 = 31kNm$$

Pro ostatní sloupy:

Sloup	Geometrické imperfekce			
	ah	am	ei	M1
B-5	1.13	0.87	0.00	3.76
J-4	1.17	0.87	0.01	2.00
B-6	1.13	0.87	0.00	4.36

8.4.2. Kontrola velikosti průřezu.

Pro návrh sloupů vyztužení bude zvoleno omezení na $1/3 * A_{s,max}$ od plochy průřezu sloupu, pak

$$A_s = 0,012 * A_c$$

Nutná plocha průřezu sloupu:

$$A_{c,req} = (NEd) / (0,8 * f_{cd} + \rho_s * f_{yd}) = (756kN) / (0,8 * 20MPa + 0,33 * 0,04 * 435MPa) = 756kN / 21220kPa = 0,0356m^2.$$

Pro skupinu sloupů 4 jsou zvoleny rozměry $b \times h = 300 \times 500$ s plochou průřezu $A_c = 0,15m^2$.



8.4.3. Posouzení štíhlostí sloupu:

Vzpěrná délka sloupu: $l_0 = l_c \times \beta = 3,15 \times 0,7 = 2,205 \text{ m}$

Sloup je ve vrcholu spojený k desce s tloušťkou 320mm, která vytvoří tuhý spoj. V patě sloup je vetknutý do základové desky. Pro toto kombinace uložení β dle [1] je 0,7. Štíhlost sloupu bude posouzena **ve směru Z**, kde štíhlost sloupu je menší.

Štíhlost sloupu: $\lambda = l_0 / i_z = 2,205 / 0,0866 = 25,46$

$i_z = (I_z / A_c)^{1/2} = (0,5 \times 0,3^3 \times 12^{-1} \times 0,15^{-1})^{1/2} = 0,0866 \text{ m}$

Limitní štíhlost sloupu: $\lambda_{lim} = 20 \times A \times B \times C / (n)^{1/2}$

$A = 0,7$, $B = 1,1$ - jsou doporučené hodnoty

$C = 1,7 - r_m$, kde $r_m = M_01 / M_02$ - momenty jsou hodně malé, $C = 0,7$

$n = N E d / (A_c \times f_{cd}) = 756 / (0,15 \times 20) = 0.252$

$\lambda_{lim} = 20 \times 0,7 \times 1,1 \times 0,7 / (0.95)^{1/2} = 10,78 / 0.5 = 21,6$

$\lambda_{lim} = 21,6 < \lambda = 25,46$

Pro ostatní sloupy:

Sloup	Štíhlost		
	λ	n	λ_{lim}
B-5	25.46	0.25	21.47
J-4	25.46	0.13	30.09
B-6	25.46	0.29	19.95

Sloup je štíhlý a je třeba zavést účinky druhého řádu. Účinky druhého řádu stanovím metodou založenou na jmenovité křivosti.

Moment druhého řádu:

$M_2 = N e_2$

$e_2 = \frac{(1/r) \cdot l_0^2}{c}$, $c = 10$

$(1/r) = K_r \cdot K_\varphi \cdot (1/r_0)$, kde:

* $K_r = (n u - n) / (n u - n b_{al}) \leq 1,0$

$n u = 1 + \omega = 1 + A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$



$$n = Ned / Acfd$$

$$nbal = 0,4$$

$$As - 1,2\% \text{ z } Ac = 0,012 * Ac$$

$$* K\phi = 1 + \beta * \phi_{ef}$$

$$\beta = 0,35 + fck / 200 - \lambda / 150$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) \frac{M_{kvaz}}{M_y}, \text{ kde } \phi(\infty, t_0) = 3$$

$$* (1/r_0) = \epsilon_{yd} / (0,45 * d)$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 0,002175$$

Sloup	Účinky 2-eho řádu											
	nabl	w	n	nu	Kr	β	φ _{ef}	Kφ	1/r ₀	1/r	e ₂	M ₂
B-5	0.4	1.74	0.25	2.74	1.06	0.33	1.33	1.44	0.0191	0.0292	0.0151	11
B-6	0.4	1.74	0.29	2.74	1.05	0.33	1.33	1.44	0.0191	0.0288	0.0148	13

8.4.4. Návrh výztuže

Návrhové momenty:

$$ME_{dy} = ME_{d,0} + M_1$$

$$ME_{dz} = ME_{d,0} + M_1 + M_2$$

$$ME_{dy,hlava} = 205kNm + 4kNm = 209kNm$$

$$ME_{dz,hlava} = 56kNm + 4kNm + 11kNm = 71kNm$$

$$NE_{d,hlava} = -756kN$$

$$ME_{d,pata} = 59kNm + 4kNm = 63kNm$$

$$ME_{dz,pata} = 42kNm + 4kNm + 11kNm = 57kNm$$

$$NE_{dy,pata} = -793kN$$

Sloup	NE _d	ME _{dy}	ME _{dz}
	[kN]	[kNm]	[kNm]
B-5	756	209	71
J-4	385	161	45
B-6	876	116	88



Návrh podélné výztuže

Podélná výztuž bude navržena na maximální ohybové momenty pomocí nomogram. Předpokládaný průměr použitého výztuže je 25mm.

Účinná výšky sloupu

$$d_y = h - c_{nom} - \varnothing/2 = 500\text{mm} - 35\text{mm} - 16/2\text{mm} = 457\text{mm}$$

$$d_z = b - c_{nom} - \varnothing/2 = 300\text{mm} - 35\text{mm} - 16/2\text{mm} = 257\text{mm}$$

$$\eta = \frac{N_{ed}}{b * h * f_{cd}} = \frac{756\text{kN}}{0,3 * 0,5 * 20000\text{kpa}} = 0,252$$

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b * h^2 * f_{ck}} = \frac{209\text{kN}}{0,3 * 0,5^2 * 30000\text{kpa}} = 0,093$$

Z nomogramu pro $d_1/h = 0,1$, kde $d_1 = h - d_y$, $\omega = 0,1$

$$A_{sreq} = \frac{\omega * A_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,1 * 0,15^2 * 20000\text{kpa}}{435000\text{kpa}} = 103\text{mm}^2$$

Návrh symetrický výztuž **2x3 \varnothing 18** a konstrukční výztuže 2 \varnothing 16, $A_{s,prov} = 2 * 763\text{mm}^2 + 402\text{mm}^2 = 1928\text{mm}^2$

Konstrukční zásady

$$* A_{s \min} = \max\left(0,1 * \frac{N_{ed}}{f_{yd}}, 0,002 * A_c\right) = m(173\text{mm}^2, 300\text{mm}^2)$$

$$A_{s \min} = 300\text{mm}^2 < A_{s,prov} = 1928\text{mm}^2$$

$$* A_{s \max} = 0,04 * A_c = 6000\text{mm}^2$$

$$A_{s \max} = 6000 > A_{s,prov} = 1928\text{mm}^2$$

Návrh příčných výztuže

$$V_{ed} = 78 \text{ kN}$$

$$s_{\max} = \min(15\varnothing_{sl}, b, h, 300) = 270\text{mm}$$

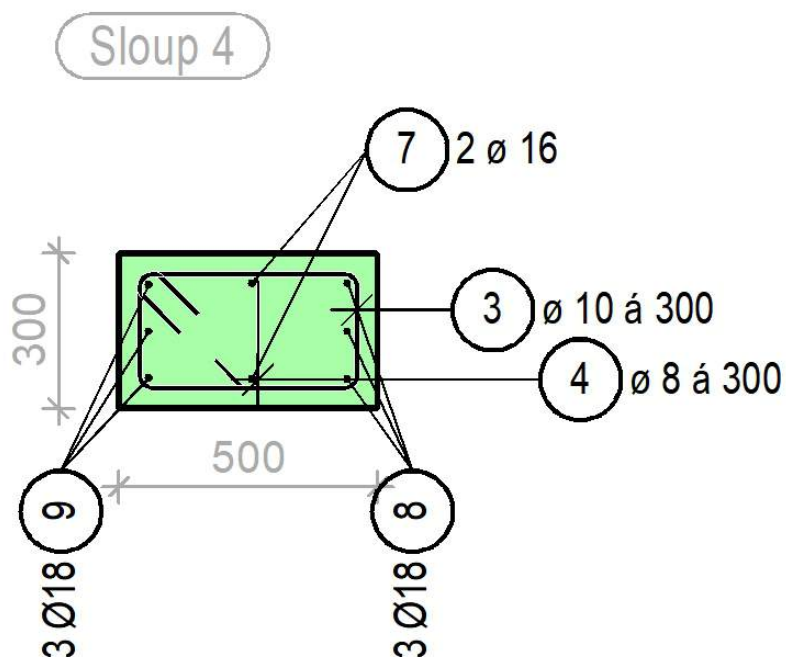
Návrh 2 střížný třmínek $\varnothing 10$, $s = 250 \text{ mm}$:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} * f_{ywd}}{s_l} * z * \cot \theta = \frac{157\text{mm}^2 * 435\text{mpa}}{250\text{mm}} * 0,411 * 2,5 = 280\text{kN} \geq V_{ed} = 78\text{kN}$$

$$, \text{ kde: } z = 0,9 * d_y = 0,9 * 457 = 411\text{mm}$$



Vzdálenost třmínek v blízkosti styčnicku = $0,6 \cdot s = 0,6 \cdot 250 = 150$ mm. Tlačené pruty jsou zajištěny příčnými výztuží, maximální vzdálenost tlačeného prutu od zajištěného prutu je 150mm.





8.4.5. Posouzení interakčním diagramem

Pro posouzení interakčního diagramu byl používán Excelový program posouzení dle ČSN EN 1992 - 1 - 1. Pro posouzení nebyly zavedeny plochy konstrukčních výztuže 2016.

Hodnoty jednotlivých bodu v interakčním diagramu N-My:

	M	N
bod 0	0.0	-3609.6
bod 1	219.1	-2448.1
bod 2	310.9	-1305.8
bod 2.1 ($N_{Ed(Rd2)}$)	267.9	-756.0
bod 2.2 ($2/3 N_{Ed(Rd2)}$)	229.5	-504.0
bod 2.3 ($1/3 N_{Ed(Rd2)}$)	184.8	-252.0
bod 3	136.8	0.0
bod 4	63.3	331.3
bod 5	0.0	662.6
bod 0'	0.0	-3609.6
bod 1'	-219.1	-2448.1
bod 2'	-310.9	-1305.8
bod 2.1' ($N_{Ed(Rd2)}$)	-267.9	-756.0
bod 2.2' ($2/3 N_{Ed(Rd2)}$)	-229.5	-504.0
bod 2.3' ($1/3 N_{Ed(Rd2)}$)	-184.8	-252.0
bod 3'	-136.8	0.0
bod 4'	-63.3	331.3
bod 5'	0.0	662.6

Kde

Bod 0 - dostředný tlak,

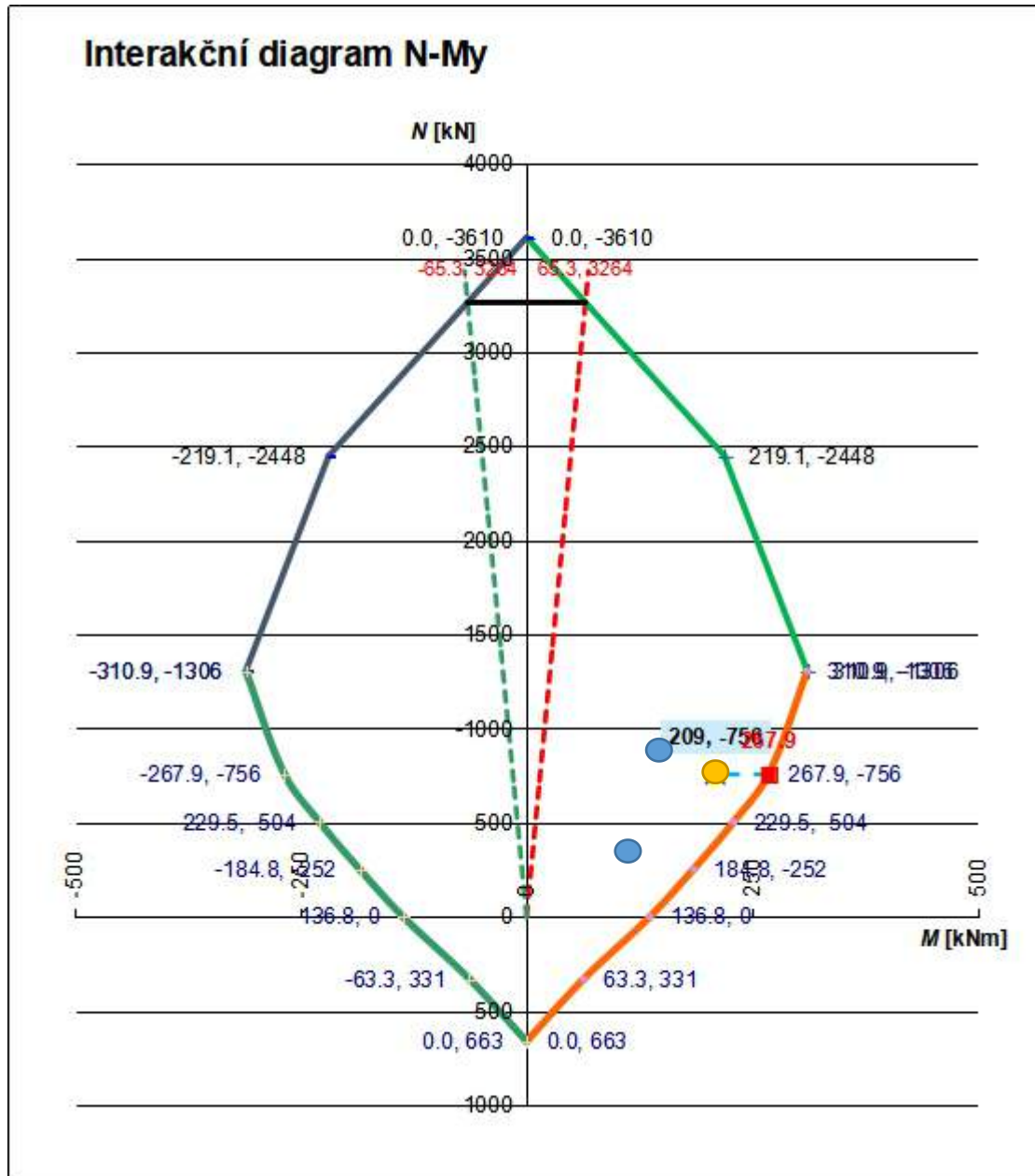
Bod 1 - pomocný bod,

Bod 2 - rozhraní mezi malou a velkou výstředností

Bod 3 - prostý ohyb oboustranně vyztuženého průřezu

Bod 4 - pomocný bod,

Bod 5 - dostředný tah, trhlina přes celý průřez



Navržený průřez $b \times h = 300 \times 500 \text{ mm}$ s ohybovými výztužemi $2 \times 3 \phi 18$ a vyztužením uprostřed $2 \phi 16$ vyhovuje na síly sloupů skupiny 4.



8.5. Skupina 5

Ve druhé skupině jsou sloupy s normálovými sílami o cca 2000kN menší než u sloupů skupiny 1. Větší momentové síly jsou ve směru menší ohybové tuhosti.

Sloup	NEd	MEdy	MEdz	KZ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	
J-5	4383	41	100	KZ1
J-6	4507	6	102	KZ1

8.5.1. Vstupní parametry:

Návrhové vnitřní síly

-Návrhové síly jsou pro kombinace zatížení 1

MEdy,hlava = 13kNm

MEdz,hlava = 46kNm

NEd,hlava = -4345kN

MEdy,pata = 41kNm

MEdz,pata = 100kNm

NEd,pata = -4383kN

Krytí $c_{nom} = 35\text{mm}$

Výška průřezu: $h_c = 700\text{mm}$

Šířka průřezu: $b_c = 300\text{mm}$

Světlá výška sloupu: $l_c = 2900\text{mm}$

Materialy: Beton C30/37

$f_{cd} = 20\text{MPa}$, $f_{ctm} = 2,9\text{MPa}$

Ocel B500B

$f_{yd} = 434,8\text{MPa}$

Geometrické imperfekce

$$e_i = \theta_i * \frac{l_0}{2} = \theta_0 * a_h * a_m * \frac{l_0}{2} = 5mm \quad \text{kde:}$$

$$\text{Základní hodnota úhlu odklonu od svislice: } \theta_0 = \frac{1}{200} = 0,005$$

$$\text{Redukční součinitel zohledňující výšku sloupu } h: a_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = 1,17 \leq 1$$

Redukční součinitel zohledňující počet sloupů m v řadě:

$$a_m = \sqrt{0,5 * (1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 * (1 + 1/2)} = 0,866$$

$$M1 = NEd * e_i = 4383 * 0,005 = 21,9kNm$$

Sloup	Geometrické imperfekce			
	ah	am	ei	M1
B-5	1.13	0.87	0.005	21.81
J-4	1.17	0.87	0.005	23.37

8.5.2. Kontrola velikosti průřezu.

Pro návrh sloupů bylo zvoleno omezení výztuže na $1/3 * A_{s,max}$ při dostředném tlaku:

$$A_s = 1/3 * 0,04 * A_c$$

Nutná plocha průřezu sloupu:

$$A_{c,req} = (NEd) / (0,8 * f_{cd} + \rho_s * f_{yd}) = (4383kN) / (0,8 * 20MPa + 0,33 * 0,04 * 435MPa) \\ = 4383kN / 21220kPa = 0,206m^2.$$

Pro skupinu sloupů 5 jsou zvoleny rozměry $b \times h = 400 \times 500$ s plochou průřezu $A_c = 0,21m^2$.



8.5.3. Posouzení štíhlostí sloupu:

Vzpěrná délka sloupu: $l_0 = l_c \times \beta = 2,9\text{m} \times 0,7 = 2,03\text{m}$

Sloup je ve vrcholu spojený k desce s tloušťkou 320mm, která vytvoří tuhý spoj. V patě sloup je vetknutý do základové desky. Pro tuto kombinace uložení β dle [1] je 0,7. Štíhlost sloupu bude posouzena **ve směru Z**, kde štíhlost sloupu je menší.

Štíhlost sloupu: $\lambda = l_0 / i_z = 2,03 / 0,115 = 17,65$

$$i_z = (I_z / A_c)^{1/2} = (0,5 \times 0,4^3 \times 12^{-1} \times 0,21^{-1})^{1/2} = 0,115\text{m}$$

Limitní štíhlost sloupu: $\lambda_{lim} = 20 \times A \times B \times C / (n)^{1/2}$

$A = 0,7$, $B = 1,1$ - jsou doporučené hodnoty

$C = 1,7 - r_m$, kde $r_m = M_{01} / M_{02}$ - momenty jsou hodně malé, $C = 0,7$

$n = N E d / (A_c \times f_{cd}) = 4383 / (0,20 \times 20) = 1,09$

$\lambda_{lim} = 20 \times 0,7 \times 1,1 \times 0,7 / (1,09)^{1/2} = 10,78 / 1,047 = 10,3$

$\lambda_{lim} = 10,3 < \lambda = 17,65$

Sloup	Štíhlost		
	λ	n	λ_{lim}
J-5	17.58	1.10	10.30
J-6	17.58	1.13	10.16

Sloup je štíhlý a je třeba zavést účinky druhého řádu. Účinky druhého řádu stanovím metodou založenou na jmenovité křivosti.

Moment druhého řádu:

$$M_2 = N e d \cdot e_2$$

$$e_2 = \frac{(1/r) \cdot l_0^2}{c}, \quad c = 10$$

$(1/r) = K r \cdot K \varphi \cdot (1/r_0)$, kde:

$$* K r = \frac{(n u - n)}{(n u - n b a l)} \leq 1,0$$

$$n u = 1 + \omega = 1 + A s f y d / A c f c d$$



$$n = Ned / Acfcd$$

$$n_{bal} = 0,4$$

$$As - 1,2\% \text{ z } Ac = 0,012 * Ac$$

$$* K\phi = 1 + \beta * \phi_{ef}$$

$$\beta = 0,35 + fck / 200 - \lambda / 150$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) \frac{M_{kvaz}}{M_y}, \text{ kde } \phi(\infty, t_0) = 3$$

$$* (1/r_0) = \varepsilon_{yd} / (0,45 * d)$$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 0,002175$$

Sloup	Účinky 2-eho řádu											
	nabl	w	n	nu	Kr	β	φ _{ef}	Kφ	1/r ₀	1/r	e ₂	M ₂
J-5	0.4	1.305	1.10	2.305	0.63	0.38	1.33	1.51	0.0137	0.0131	0.0068	30
J-6	0.4	1.305	1.13	2.305	0.62	0.38	1.33	1.51	0.0137	0.0128	0.0066	30

8.5.4. Návrh výztuže.

Návrhové momenty:

$$ME_{dy} = ME_{d,0} + M_1$$

$$ME_{dz} = ME_{d,0} + M_1 + M_2$$

$$ME_{dy,hlava} = 13\text{kNm} + 22\text{kNm}$$

$$ME_{dz,hlava} = 46\text{kNm} + 22\text{kNm} + 30\text{kNm}$$

$$NE_{d,hlava} = -4345\text{kN}$$

$$ME_{dy,pata} = 41\text{kNm} + 22\text{kNm} = 63\text{kNm}$$

$$ME_{dz,pata} = 100\text{kNm} + 22\text{kNm} + 30\text{kNm} = 152\text{kNm}$$

$$NE_{d,pata} = -4383\text{kN}$$

Sloup	NE _d	ME _{dy}	ME _{dz}
	[kN]	[kNm]	[kNm]
J-5	4383	63	151
J-6	4507	28	124

Návrh podélné výztuže

Podélná výztuž bude navržena na maximální ohybové momenty pomocí nomogram. Předpokládaný průměr použitého výztuže je 25mm.

Účinná výšky sloupu

$$d_y = h - c_{nom} - \frac{\varnothing}{2} = 500\text{mm} - 35\text{mm} - \frac{25}{2}\text{mm} = 452,5\text{mm}$$

$$d_z = b - c_{nom} - \frac{\varnothing}{2} = 400\text{mm} - 35\text{mm} - \frac{25}{2}\text{mm} = 352,5\text{mm}$$

$$\eta = \frac{N_{ed}}{b * h * f_{cd}} = \frac{4383\text{kN}}{0,4 * 0,5 * 20000\text{kpa}} = 1,096$$

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b * h^2 * f_{ck}} = \frac{152\text{kN}}{0,5 * 0,4^2 * 30000\text{kpa}} = 0,063$$

Z nomogramu pro $d_1/h = 0,15$, kde $d_1 = h - d_y$, $\omega = 0,2$

$$A_{sreq} = \frac{\omega * A_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,2 * 0,20^2 * 20000\text{kpa}}{435000\text{kpa}} = 406\text{mm}^2$$

Návrh symetrický výztuž **2x4 \varnothing 25** a konstrukční výztuže 2 \varnothing 20, $A_{s,prov} = 2 \times 1963\text{mm}^2 + 982\text{mm}^2 = 4908\text{mm}^2$

Konstrukční zásady

$$* A_{s \min} = \max\left(0,1 * \frac{N_{ed}}{f_{yd}}, 0,002 * A_c\right) = m(1007\text{mm}^2, 400\text{mm}^2)$$

$$A_{s \min} = 1007\text{mm}^2 < A_{s,prov} = 4908\text{mm}^2$$

$$* A_{s \max} = 0,04 * A_c = 8000\text{mm}^2$$

$$A_{s \max} = 8000 > A_{s,prov} = 4908\text{mm}^2$$

Návrh příčných výztuže

$$V_{ed} = 42 \text{ kN}$$

$$s_{\max} = \min(15\varnothing_{sl}, b, h, 300) = 300\text{mm}$$

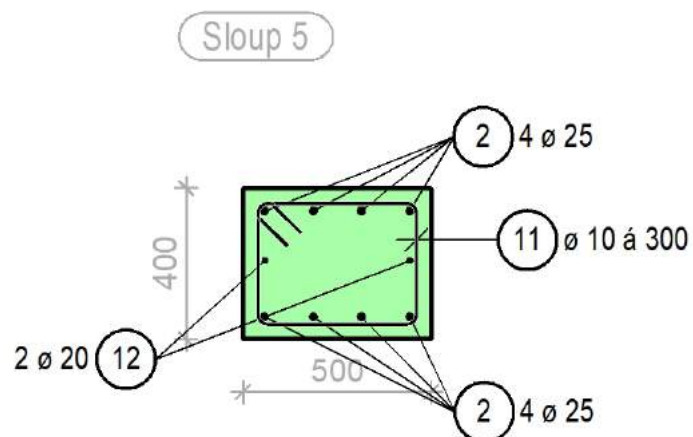
Návrh 2 střížný třmínek $\varnothing 10$, $s = 250 \text{ mm}$:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} * f_{ywd}}{s_l} * z * \cot \theta = \frac{157\text{mm}^2 * 435\text{mpa}}{300\text{mm}} * 0,317 * 2,5 = 180\text{kN} \geq V_{ed} = 42\text{kN}$$

$$, \text{ kde: } z = 0,9 * d_z = 0,9 * 352,5 = 317,25\text{mm}$$



Vzdálenost třmínek v blízkosti styčníku = $0,6 \cdot s = 0,6 \cdot 300 = 180$ mm. Tlačené pruty jsou zajištěny příčnými výztuží, maximální vzdálenost tlačeného prutu od zajištěného prutu je 150mm.[1]





8.5.5. Posouzení interakčním diagramem

Pro posouzení interakčního diagramu byl používán Excelový program posouzení dle ČSN EN 1992 - 1 - 1. Pro posouzení nebyly zavedeny plochy výztuže uprostřed průřezu $2\phi 20$.

Hodnoty jednotlivých bodu v interakčním diagramu N-Mz:

	M	N
bod 0	0.0	-5568.0
bod 1	293.7	-3580.2
bod 2	435.3	-1682.8
bod 2.1 ($N_{Ed(Rd2)}$)	435.3	-1682.8
bod 2.2 ($2/3 N_{Ed(Rd2)}$)	399.6	-1121.9
bod 2.3 ($1/3 N_{Ed(Rd2)}$)	334.0	-560.9
bod 3	257.7	0.0
bod 4	120.2	852.2
bod 5	0.0	1704.3
bod 0'	0.0	-5568.0
bod 1'	-293.7	-3580.2
bod 2'	-435.3	-1682.8
bod 2.1' ($N_{Ed(Rd2)}$)	-435.3	-1682.8
bod 2.2' ($2/3 N_{Ed(Rd2)}$)	-399.6	-1121.9
bod 2.3' ($1/3 N_{Ed(Rd2)}$)	-334.0	-560.9
bod 3'	-257.7	0.0
bod 4'	-120.2	852.2
bod 5'	0.0	1704.3

Kde

Bod 0 - dostředný tlak,

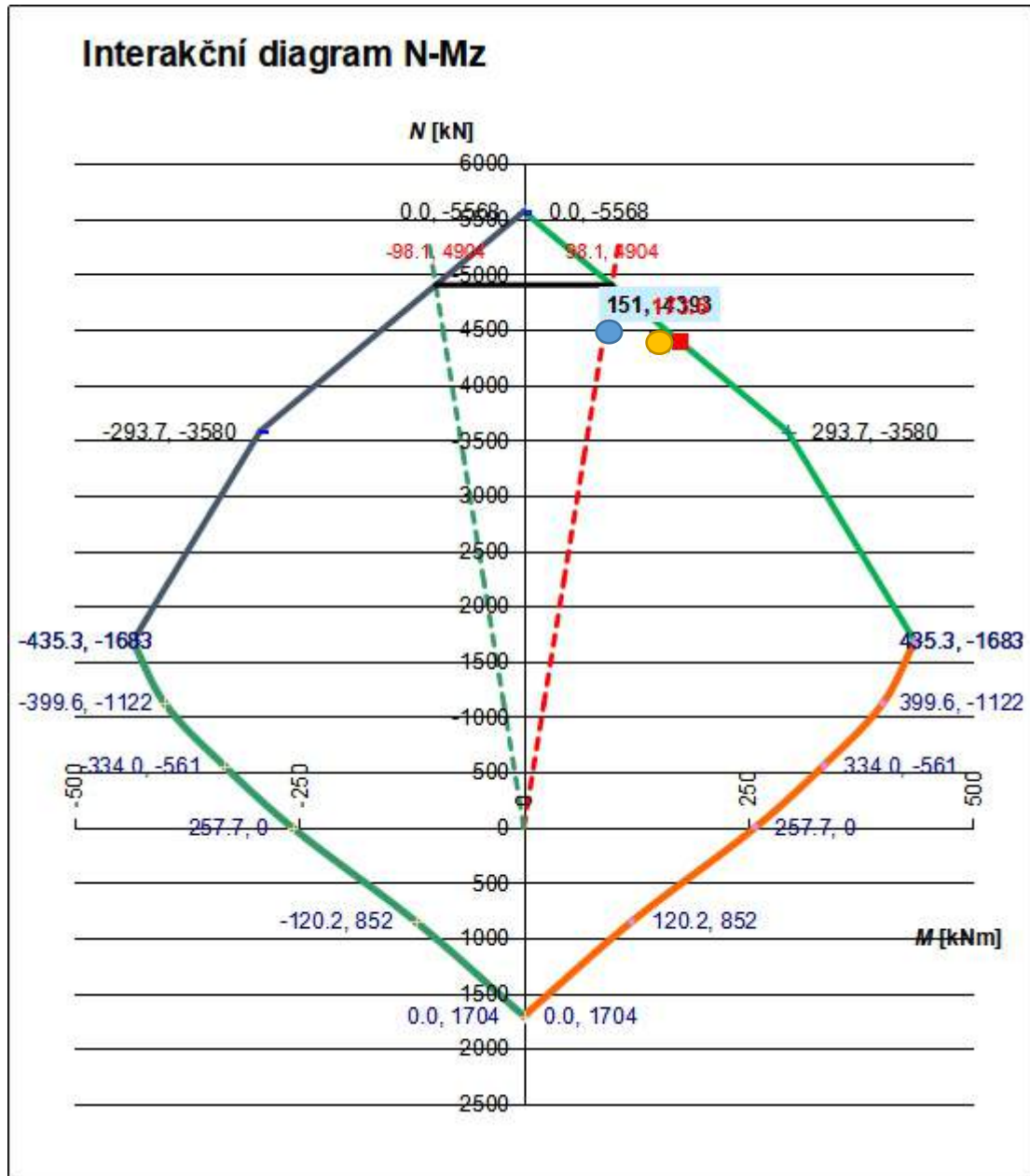
Bod 1 - pomocný bod,

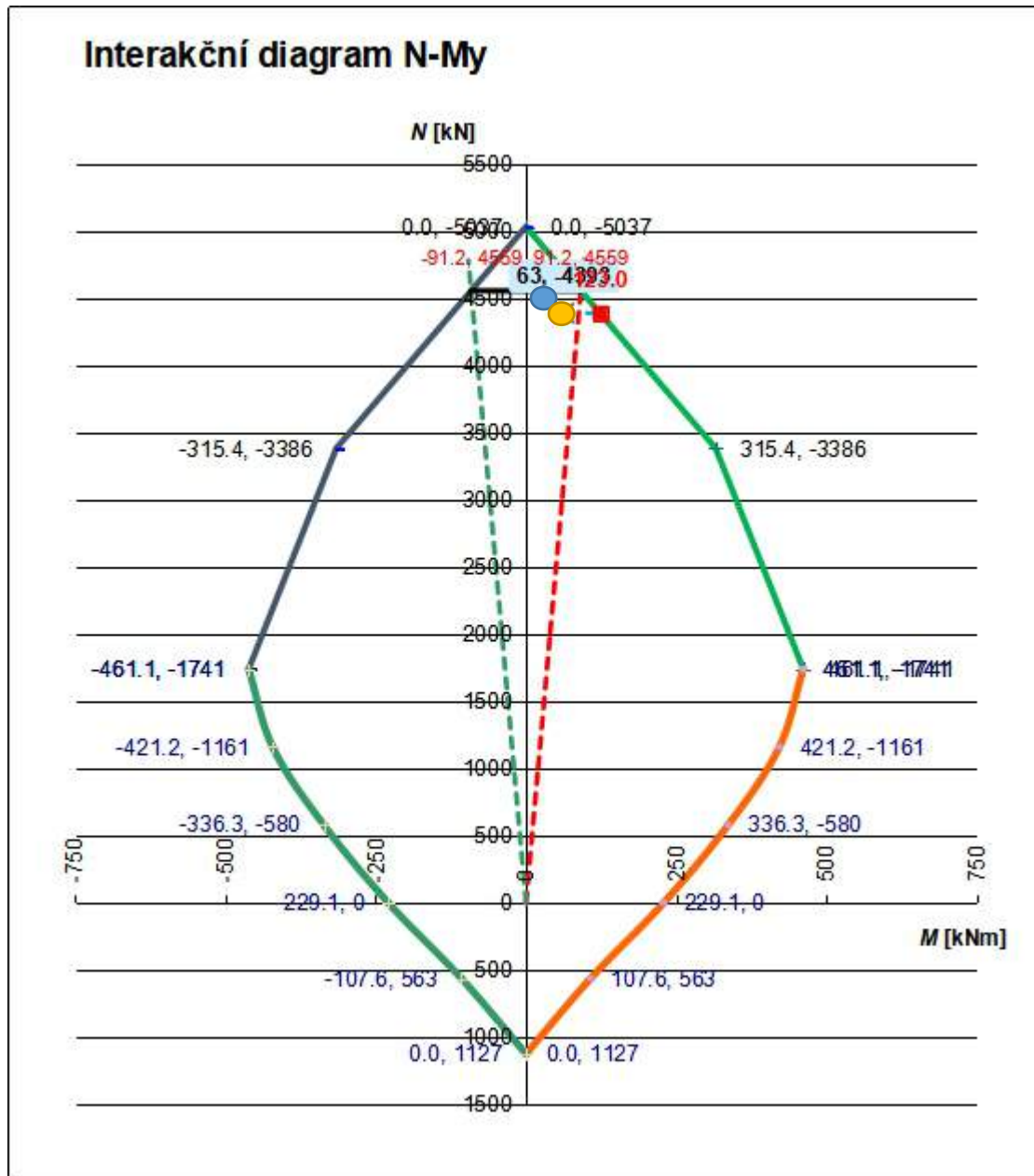
Bod 2 - rozhraní mezi malou a velkou výstředností

Bod 3 - prostý ohyb oboustranně vyztuženého průřezu

Bod 4 - pomocný bod,

Bod 5 - dostředný tah, trhlina přes celý průřez

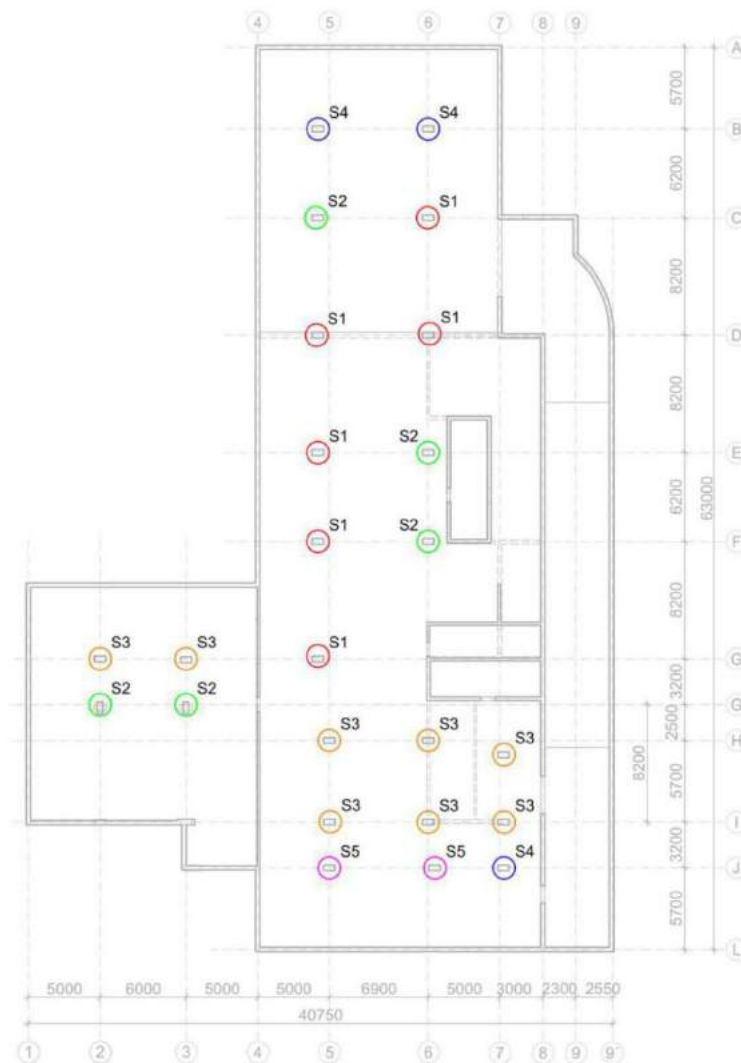




Navržený průřez $b \times h = 400 \times 500 \text{ mm}$ s ohybovými výztužemi $2 \times 4 \varnothing 25$ a výztužením uprostřed $2 \varnothing 20$ vyhovuje na síly sloupů skupiny 5.

**8.6. Výsledné rozměry sloupů a jejich vyztužení:**

Skupiny sloupů	Šířka [mm]	Výška [mm]	Výztužení [mm]	Plocha výztuže [mm ²]
Skupina 1	400	800	2×3ϕ25, 4ϕ25	4908
Skupina 2	300	700	2×4ϕ25, 4ϕ25	5889
Skupina 3	300	700	2×3ϕ18, 4ϕ16	2544
Skupina 4	300	500	2×3ϕ18, 2ϕ16	2142
Skupina 5	400	500	2×4ϕ25, 4ϕ20	3220



Obr.100 Schéma sloupů 1.PP



Po vnesení těchto úprav rozměrů do výpočetního modelu, normálové síly ve zvětšených sloupech vzrostly o cca 100-120kN. Sloupy, u kterých se plocha průřezu zmenšila, normálové síly poklesly o 50-80kN, momenty v různých směrech poklesly o 10-20kNm. Všechny průřezy sloupů by měly vyhovět s navrženými rozměry a vyztuženími na nové síly.

9. NÁVRH KONSTRUKCE BÍLÉ VANY

9.1. Návrh dle zásad TP ČBS 02 Bílé Vany

Pro návrh konstrukce bílé vany byla použita směrnice pro návrh bílých van a vodotěsných konstrukcí ČBS 02. Požadavky na vodotěsnost konstrukce závisí na podmínkách vnitřního prostředí konstrukce a výšce hladiny podzemní vody. Dále bude rozepsáno, jak byla konstrukce zatříděna podle směrnice ČBS 02.

Směrnice ČBS 02 je překladem rakouské směrnice Richtlien Wasserunddurchlaige Betonbauwerke - Weisse Wanen, OEWB 2002. Tato směrnice uvádí pět možných tříd požadavků na vnitřní prostředí:

As - Sklady s materiály se zvláště citlivými na vlhkost: archivy, speciální sklady.

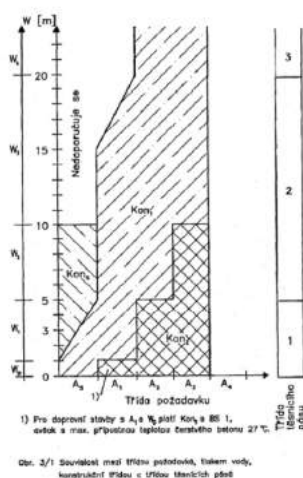
A1 - Pobytové místností, sklady a místností s náročnou technikou

A2 - Garáže, dopravní stavby, prostory s domovní technikou

A3 - méně náročné garáže s dodatečnými opatřeními, např. odvodňovací žlaby atd.

A4 - vnější skořepina dvouplášťových konstrukcí

Dle těchto tříd požadavků a výšky hladiny podzemní vody lze určit třídu konstrukce bílé vany. Na základě konstrukční třídy pak lze stanovit základní požadavky na konstrukce bílých van: minimální tloušťka konstrukce, maximální výpočtovou šířku trhliny, maximální vzdáleností pracovních a dilatačních spár, minimální plochu výztuže na vynucené namáhání atd.



Obr.101 Třída konstrukce



Dále bylo provedeno zatřídění konstrukce bílých van objektu BD Brno podle ČBS 02:

1. Třída požadavků na vodonepropustnost:

A2 - lehce vlhké : Vizuálně a dotykem patrná jednotlivá vlhká místa na povrchu.

2. Třída tlaku vodního sloupce:

W1 - tlak vody do 5m

3. Konstrukční třída pro A2 a W1:

Kon₂, požadavky:

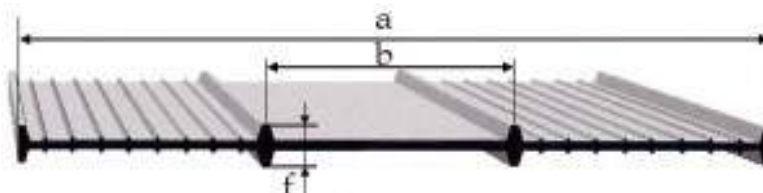
- Minimální tloušťka konstrukce 300mm;
- Omezení šířka trhlin $< 0,20\text{mm}$ - podle OENORM B 4700
- Beton C25/30 XC3, XF1 podle ČSN P 732404 a ČSN EN 206 + A1
 $f_{ck} = 25\text{MPa}$, $f_{ctm} = 2,6\text{MPa}$, $E_{cm} = 30,5\text{ GPa}$

4. Doporučené konstrukční rozměry:

- Vzdálenost dilatačních spár: 30 až 60m
- Vzdálenost pracovních spár: $< 15\text{m}$
- Sklonové změny řešit náběhy cca 30°
- Pásky pracovních spár - třídy 1: těsnicí PVC pásy

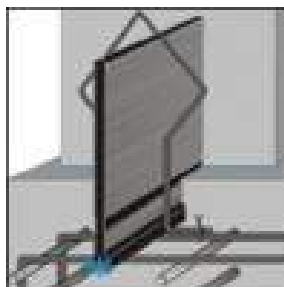
9.2. Těsnění spár a prostupů

Pro těsnění pracovních spár mezi záběry stěn a záběry desek budou použity pásy PVC-P typu A, které se pokládají dovnitř konstrukce mezi výztuž. Šířka pásu je 240mm, která zvolena s ohledem na třídu tlaku vody podle ČBS 02. Pro utěsnění pracovních spár v rohu stěn budou použity rohové PVC-P pásy typu AA EA.



Obr.102 Těsnicí pás PVC-P[14]

Pro utěsnění pracovních spár mezi základovou deskou a stěnami budou použity kombinované těsnicí pásy KAB, kvůli nedostatku místa pro ukotvení obyčejných pásů. KAB je kombinací PVC pásu a bobtnajícího kruhového profilu. Šířka PVC pásu je 150mm.



Obr.103 Těsnicí prvek KAB.[14]

Těsnění prostupu bude řešeno prováděním ocelových rour jako chráničky, uprostřed kterých budou umístěny těsnicí manžety. Chráničky následně budou utěsněny polyuretanovým tmelem. Pro dosažení lepší funkčnosti při velkých tlacích vody budou přidány povrchové manžety na vnější líc konstrukce.



Obr.103 Chráničky s těsníci manžety [14]

9.3. Sanace poruch bílých van

Neplánované trhliny.

V případě vzniku trhlin a průsaku vody je vhodně nejprve počkat, zda nedojde k samovolnému uzavření trhliny. Pokud k uzavření nedojde je třeba provést tlakovou injektáž. Tlaková injektáž se provádí pomocí injektážních trubiček - pakrů, které se vlepí do trhlin nebo se zavede do šikmě navrtaných otvorů (pod úhlem 45 stupňů). Trhlina mezi trubičkami se utěsní vhodným spárovacím materiálem, aby injektážní hmota ne vytekla. Injektáž se provede zezdola nahoru, dokud injektážní hmota nezačne vytékat horní trubičkou.

Pracovní spáry propouštějící vodu

Je nejčastější vyskytující poruchou u Bílých van. Pokud nedojde k samovolnému utěsnění je třeba utěsnit injektáží. Postup injektáže je podobný jako u utěsnění neplánovaných trhlin.

Plošné průsaky.

Plošné průsaky mohou nastat v důsledku segregací čerstvého betonu nebo nedostatečného zhutnění vibrátorem.

Při pouze nepatrné propustnosti může nastat k samovolnému utěsnění.

Při malé ploše poruchu lze řešit nátěrem materiálem, který vyvolává krystalické utěsnění porů. Nátěr se aplikuje s přesahem o zhruba 300mm za plochu poruchové oblasti.

Pokud oblast má rozsáhlejší plochu s hnízdy od špatného zhutnění, lze použít k utěsnění některý z následujících postupů :

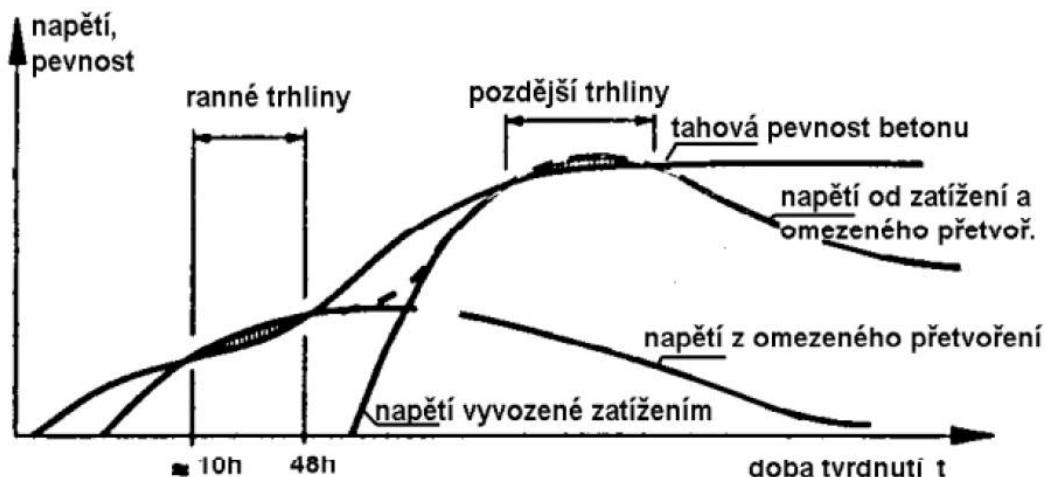
- injektáž umělou pryskyřicí
- injektáž cementovým mletem

9.4. Posouzení konstrukce

Konstrukce bude posouzena na mezní stavy únosnosti na síly při kombinaci výsledku MSU a na mezní stavy použitelnosti. Z mezních stavů použitelnosti v tomto návrhu bude se zabývat byl zohledněn mezní stav omezení šířky trhlin, který je při posouzení bílých van rozhodující kvůli relativně přísnějším omezením. Posouzení na mezní stav trhlin se provede na síly při kombinaci výsledku MSP kvazistálé.

Trhliny mohou vzniknout od zatížení konstrukce a od vynucených namáhání (omezené přetvoření, hydratační teplo atd.). V základové desce rozhodující je účinek hydratačního tepla, konkrétně postupné chladnutí konstrukce s uvážením tření o podloží. V suterénní stěně rozhodující případ je postupné chladnutí stěny s uvážením omezení deformací vlivem upnutí stěny do základové desky.

Trhliny mohou vznikat převážně kvůli nižší tahové pevnosti betonu v raném stadiu. Základní rastr v základové spáře bude navrhován vzhledem na rané trhliny. Do míst s velkými vnitřními silami budou navrženy potřebné příložky. V případě velké množství provedených výztuží, příložky budou navrženy do třetí vrstvy.



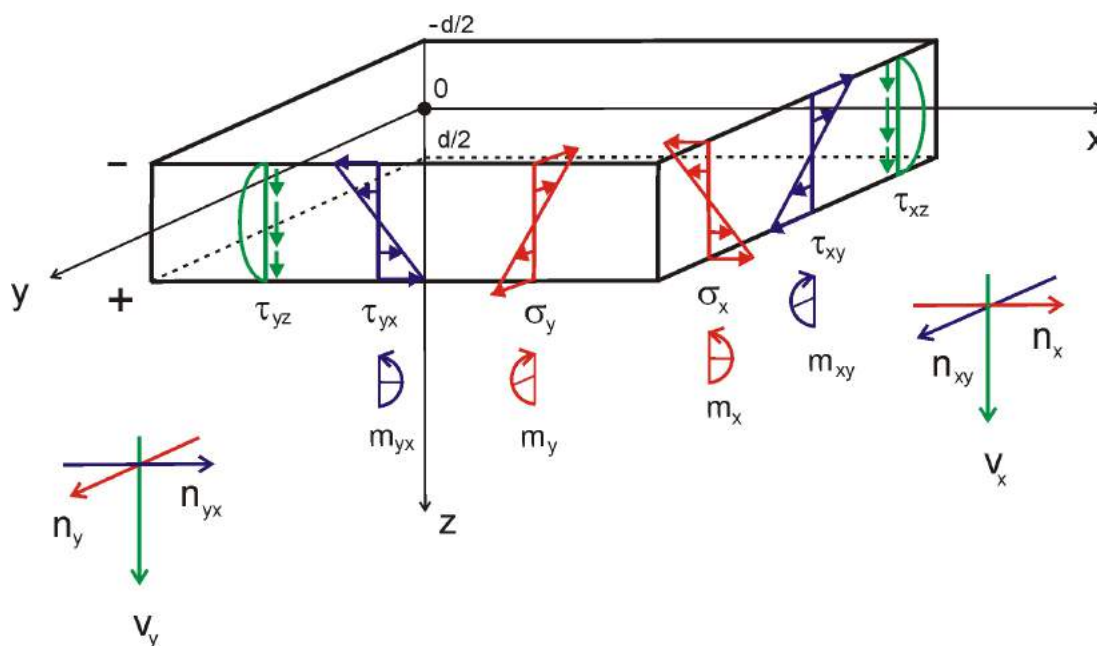
Obr.102 Vznik raných trhlin

9.5. Návrhové vnitřní síly

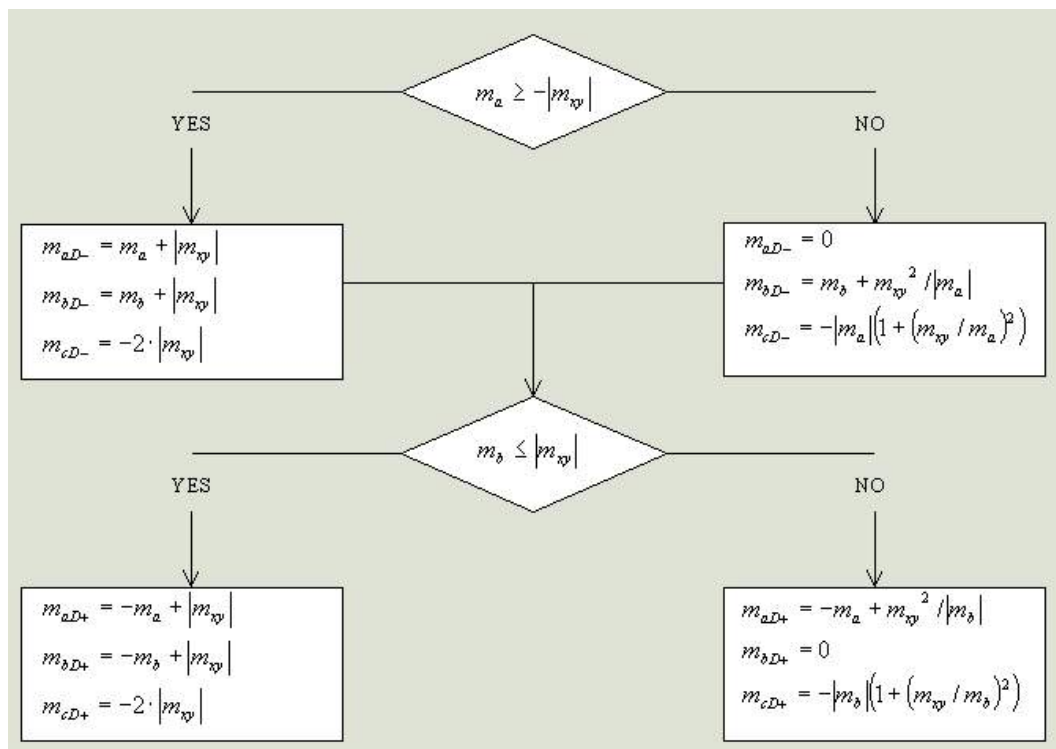
Základová deska a stěny suterénního podlaží budou navrhovány a dále ověřeny na:

- Mezní stavy únosnosti (MSU) - ohybová únosnost u obou konstrukcí a únosnost na protlačení u desky při kombinace MSU
- Mezní stavy použitelnosti (MSP) - posouzení šířky trhlin u obou konstrukcí při kombinaci MSP - kvazistálá

Na obrázcích jsou ukázány s jakými vnitřními sílami a pomocí jakého algoritmu byly vypočítány dimenzační momenty programem RFEM .



Obr.103 Vnitřní síly v deskových konstrukcích[4]



Obr.104 Návrhové momenty v deskových konstrukcích[4]

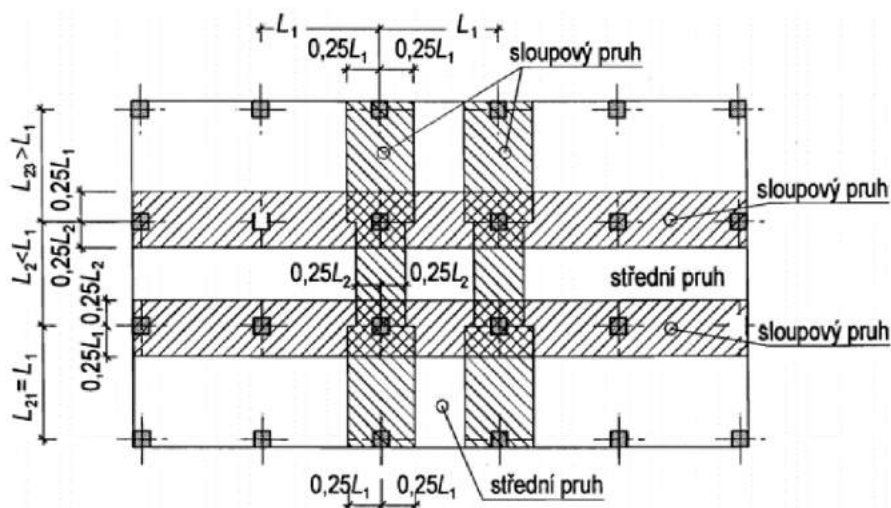
10. ZÁKLADOVÁ DESKA.

10.1. Zprůměrování špiček :

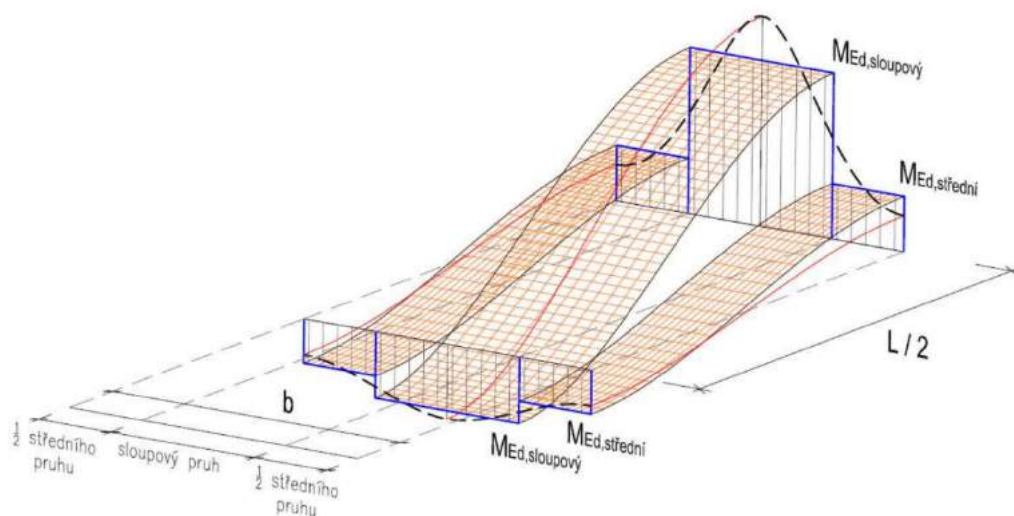
Doporučeno zadání lokální průměrovací oblasti o velikosti stran :

- 2×tloušťky desky + šířka sloupu - doporučení společnosti Scia Nemetschek
- na šířku sloupového pruhu - dle pravidel dimenzování lokálně podepřených desek. Dle EC 2 čl. 9.4.1.(2) jedna čtvrtina sloupového pruhu nad podporou má být vyztužená půlkou celé potřebné plochy výztuže na záporné momenty.

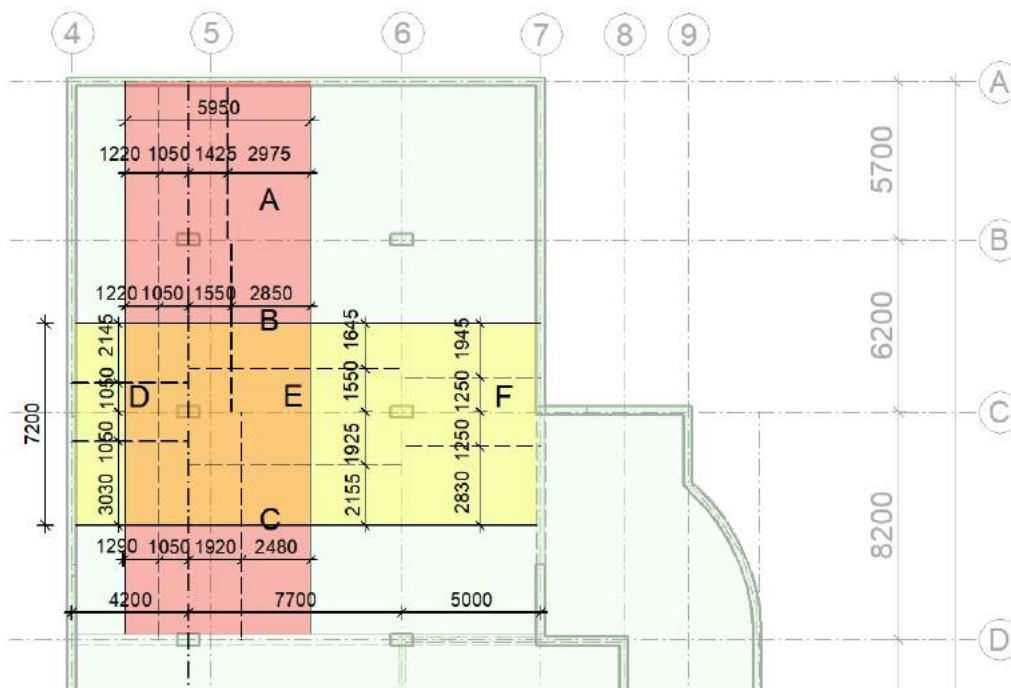
V místech rozšíření pod sloupy, kde deska přebírá větší ohybový moment kvůli větší tuhosti, bylo by vhodné zprůměrovat na šířku tohoto rozšíření.



Obr.105 Schema sloupových a středových pruhů [5]



Obr.106 Přípustná idealizace dimenzačních momentů[6]



Obr.107 Schéma sloupových a středových pruhů s rozměry

Dále budou porovnány velikostí průměrovacích pásů spočtených podle různých metod.

* Šířka průměrovacího pásu u sloupu B - 5:

$$br = \min(2 \times h_z + h_c; b_{\text{sloupový}}) = \min(2 \times 0,4\text{m} + 0,5\text{m}; 1,05\text{m} + 1,425\text{m}) = \min(\underline{1,3\text{m}}; 2,475\text{m})$$

* Šířka průměrovacího pásu u sloupu D - 5:

$$br = \min(2 \times h_z + h_c; b_{\text{sloupový}}; \text{brozšíření}) = \min(2 \times 0,55\text{m} + 0,7\text{m}; 1,05\text{m} + 1,55\text{m};) = \min(\underline{1,8\text{m}}; 2,6\text{m}; 2,7\text{m})$$

* Šířka průměrovacího pásu u sloupu D - 6:

$$br = \min(2 \times h_z + h_c; b_{\text{sloupový}}; \text{brozšíření}) = \min(2 \times 0,55\text{m} + 0,3\text{m}; 1,25\text{m} + 1,25\text{m};) = \min(\underline{1,4\text{m}}; 2,5\text{m}; 2,3\text{m})$$

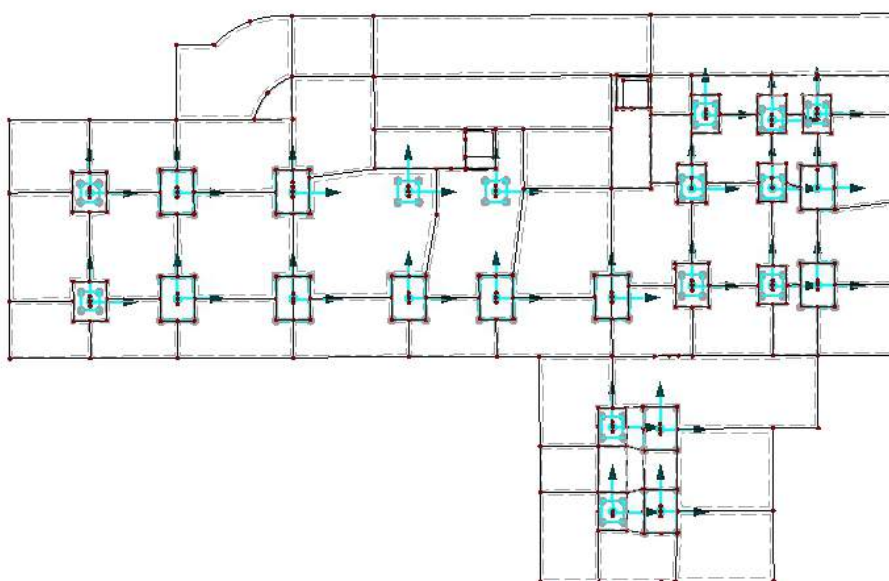
Z výpočtu je vidět, že při spočítání dle první metody vycházejí menší hodnoty. Při volbě průměrování na šířku sloupového pruhu, měla by být průměrování rozdělena na vnitřní (2/3pruhu) a vnější (1/3pruhu) pruhu, kde

vnitřní pruh přebírá většinu sil. Šířka vnitřního pruhu, která je 2/3 šířky sloupového pruhu pak by se rovnalo cca 1,65 - 1,78m, což se přibližuje k velikostím dle první metody. Pro zprůměrování špiček momentů v deskách bude použita velikost - **2×tloušťka desky + šířka sloupu**. V místech rozšíření bude průměrovací pruh zadán **na celou šířku tohoto rozšíření**.

V místech pod sloupy, kde tloušťka desky $h_z = 400\text{mm}$, průměrovací oblasti byly zadány čtvercově s rozměry:

pro sloup s výškou 700mm: $br = 2 \times h_z + h_c = 2 \times 0,4\text{m} + 0,7 = 1,5\text{m}$

pro sloup s výškou 500mm: $br = 2 \times h_z + h_c = 2 \times 0,4\text{m} + 0,5 = 1,3\text{m}$



Obr.108 Vizualizace oblastí zprůměrování



10.2. Vnitřní síly

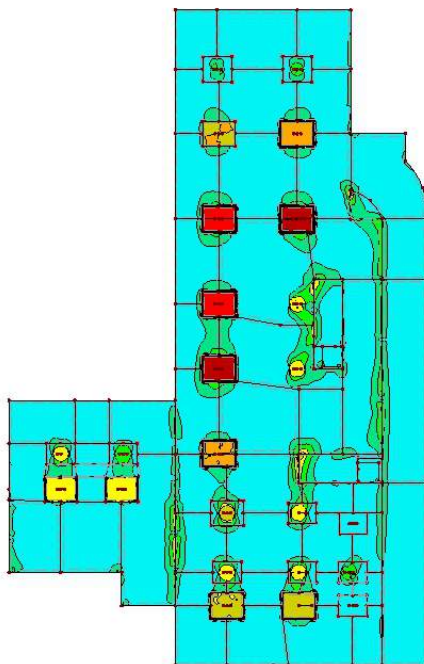
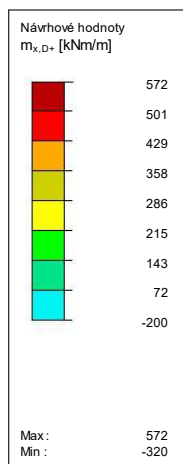
10.2.1. Dolní povrch - MSU

10.2.1.1. Vnitřní síly na plochách

Návrhový moment $m_{x,D+}$ při MSU + vztlak podzemní vody

KV 4: MSU + vztlak vody
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{x,D,+}$
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Ve směru Z

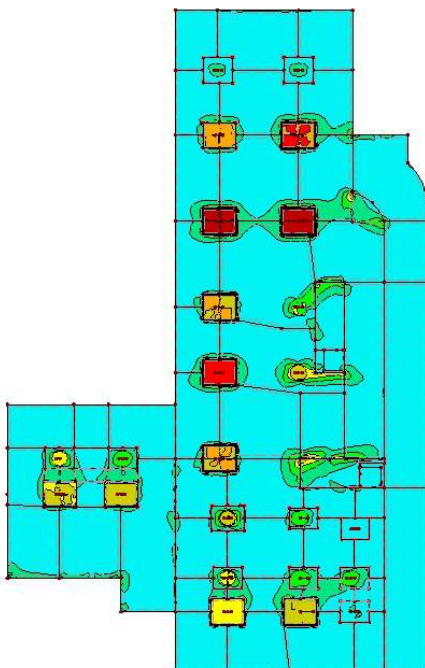
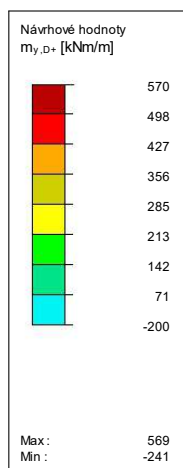


Plochy Max $m_{x,D,+}$: 572, Min $m_{x,D,+}$: -320 [kNm/m]

Návrhový moment $m_{y,D+}$ při MSU + vztlak podzemní vody

KV 4: MSU + vztlak vody
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{y,D,+}$
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Ve směru Z



Plochy Max $m_{y,D,+}$: 569, Min $m_{y,D,+}$: -241 [kNm/m]



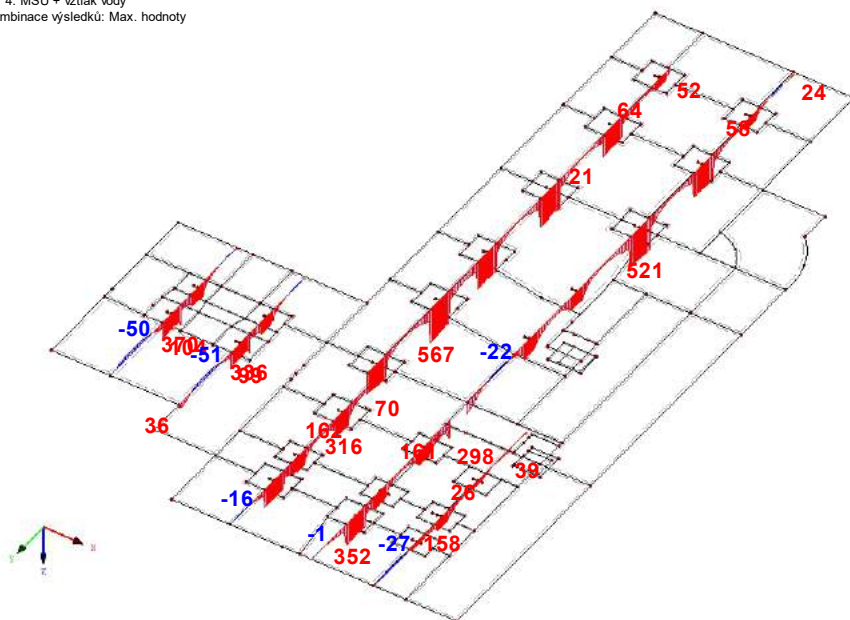
10.2.1.2. Vnitřní síly v řezech.

Návrhový moment $m_{x,D+}$

Sloupové pruhy:

KV 4: MSU + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

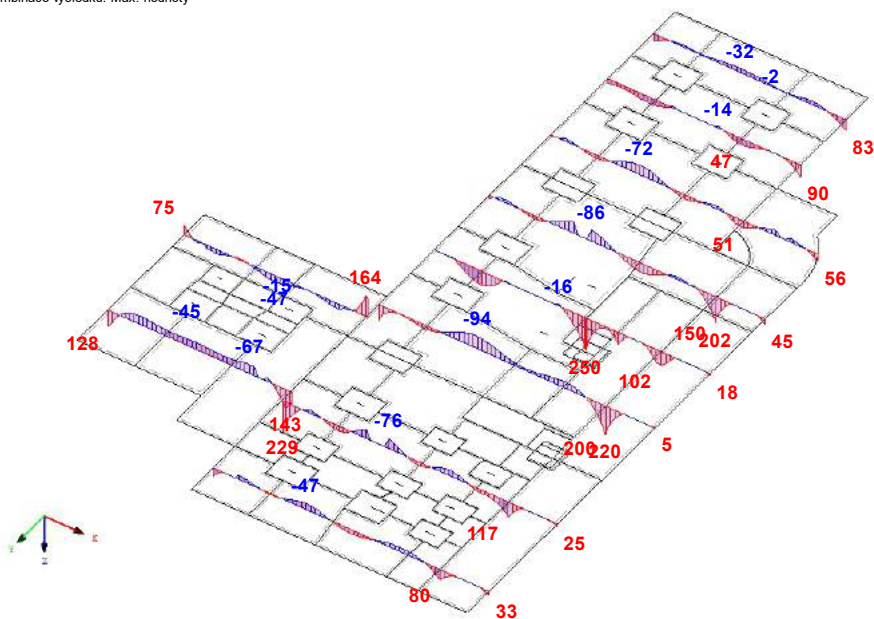
Izometrie



Středové - mezisloupové pruhy:

KV 4: MSU + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Izometrie



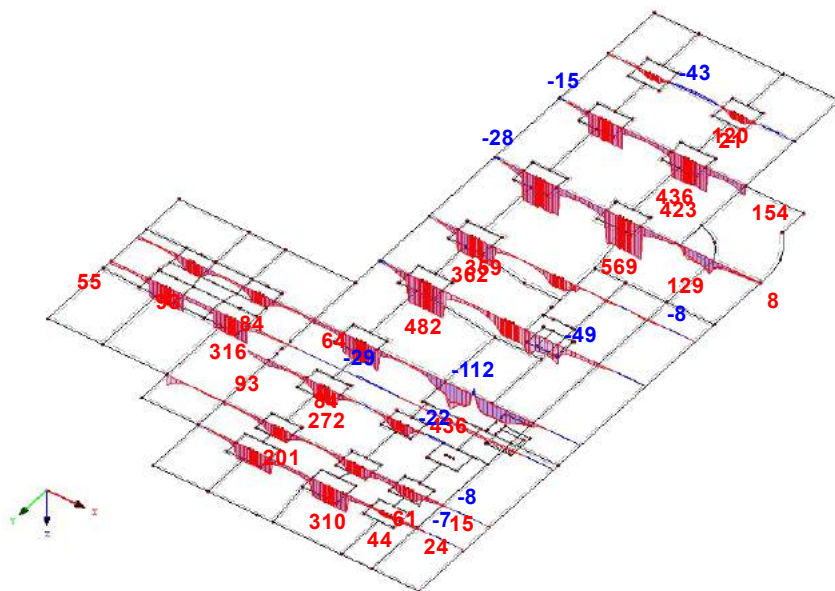


Návrhový moment $m_{y,D+}$

Sloupové pruhy:

KV 4: MSU + vzlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

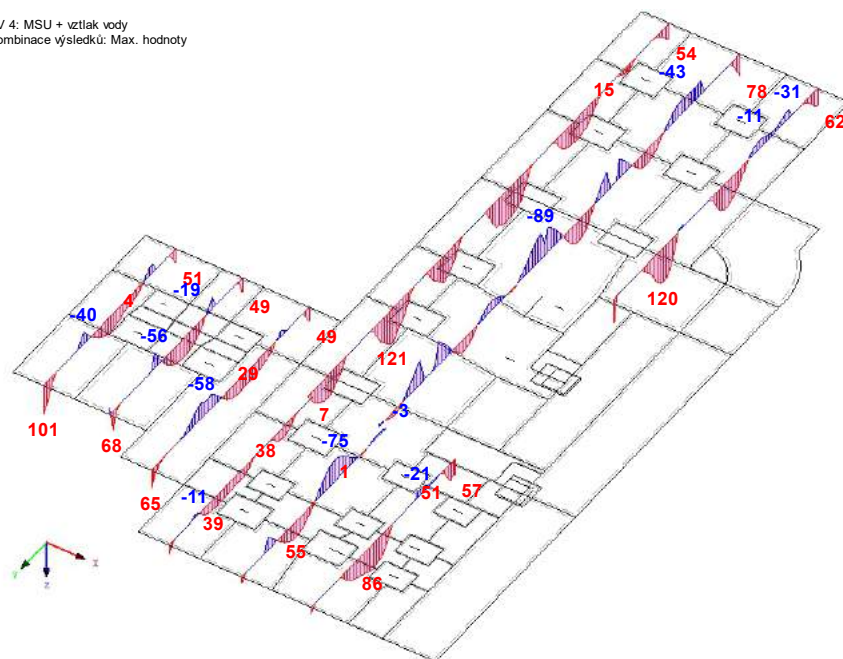
Izometrie

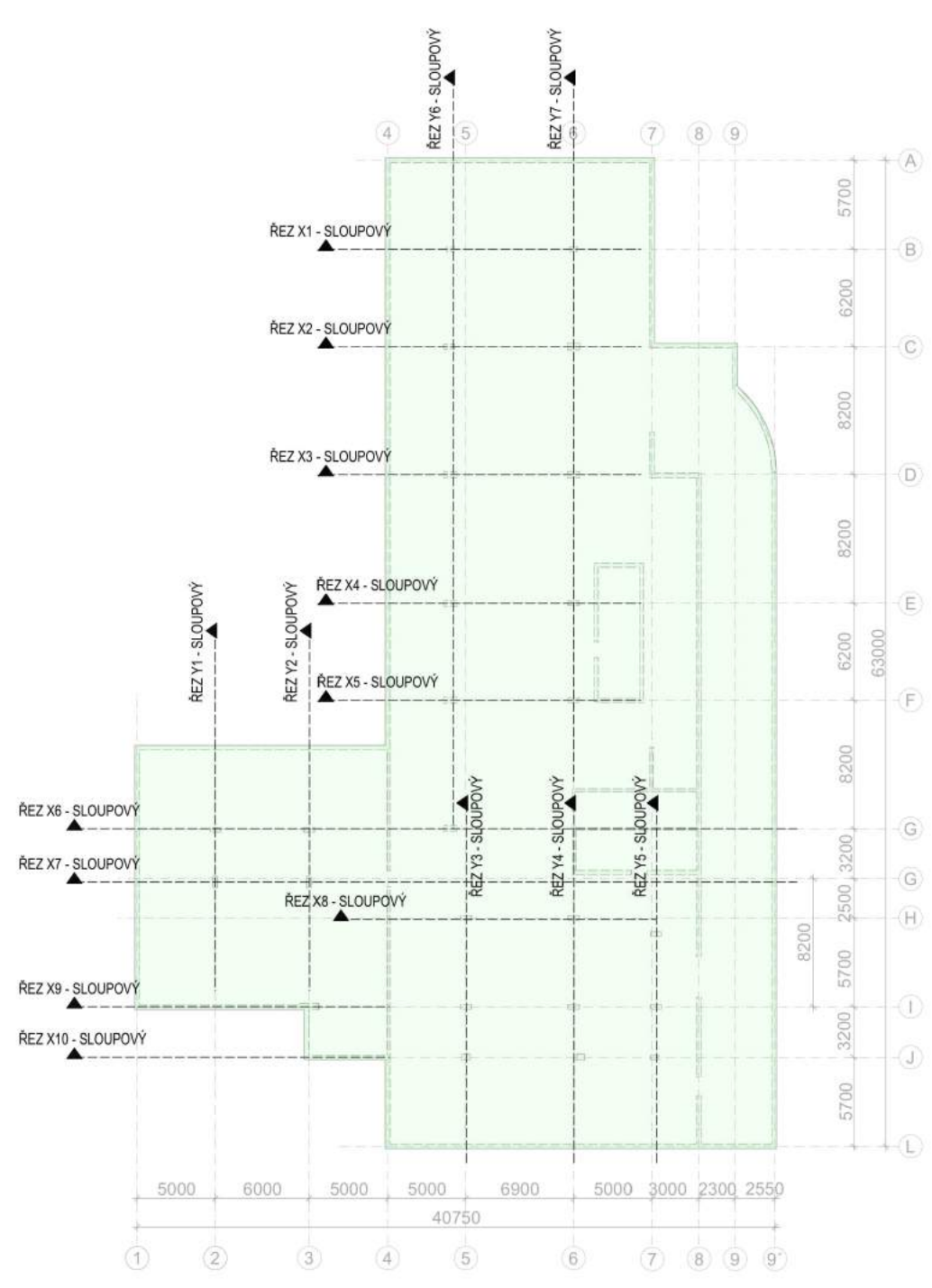


Středové - mezisloupové pruhy:

KV 4: MSU + vzlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Izometrie

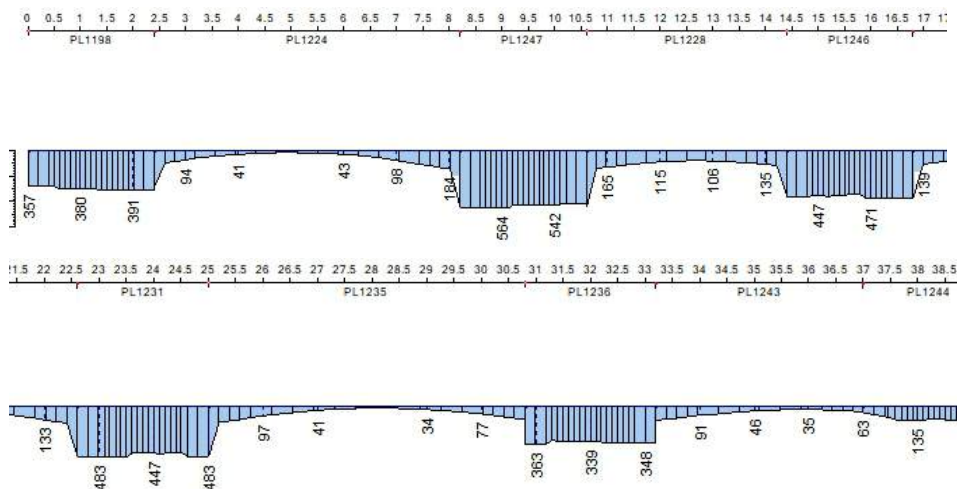


**10.2.1.3. Výsledky v jednotlivých řezech - MAXIMÁLNÍ MOMENTY**

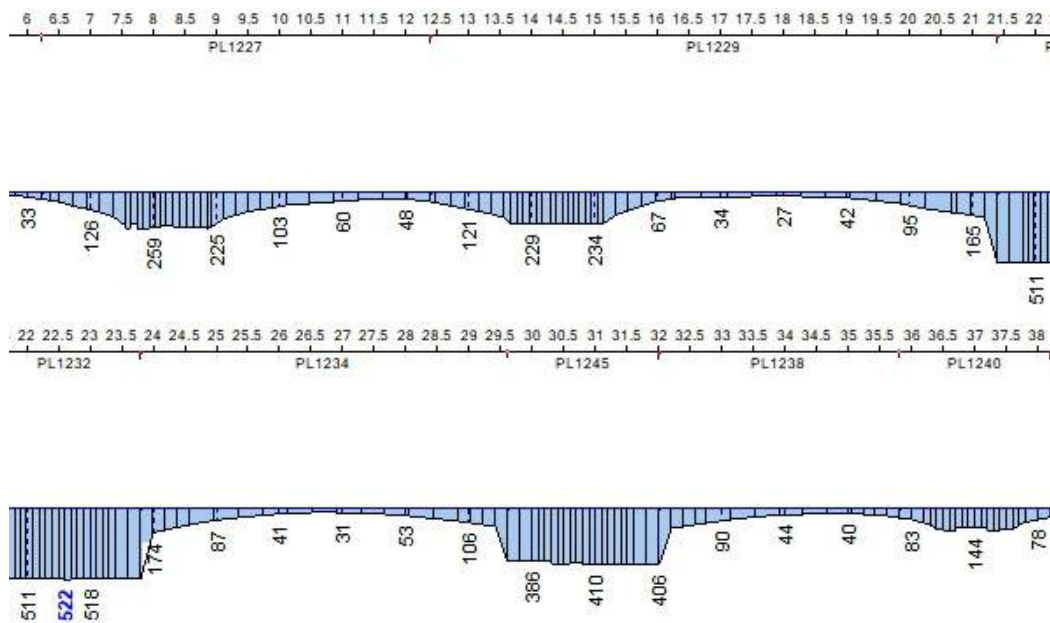
obr.109. Schéma řezu ve výpočetním programu

**Návrhový moment m_{xD+}**

* Řez 6y sloupový pruh: momenty pod sloupy G5,F5,E5,D5,C5,B5

pod sloupem G5 $m_{xD+} = 391$ kNm/mpod sloupem F5 $m_{xD+} = 564$ kNm/mpod sloupem E5 $m_{xD+} = 471$ kNm/mpod sloupem D5 $m_{xD+} = 483$ kNm/mpod sloupem C5 $m_{xD+} = 363$ kNm/mpod sloupem B5 $m_{xD+} = 135$ kNm/m

Řez 7y sloupový pruh: momenty pod sloupy F6,E6,D6,C6,B6

pod sloupem F6 $m_{xD+} = 259$ kNm/mpod sloupem E6 $m_{xD+} = 234$ kNm/m

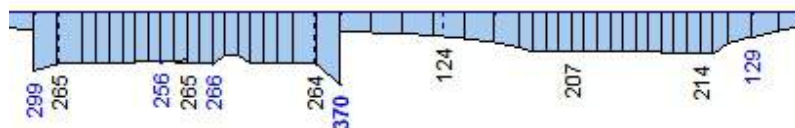


pod sloupem D6 $mxD+ = 522 \text{ kNm/m}$

pod sloupem C6 $mxD+ = 410 \text{ kNm/m}$

pod sloupem B6 $mxD+ = 144 \text{ kNm/m}$

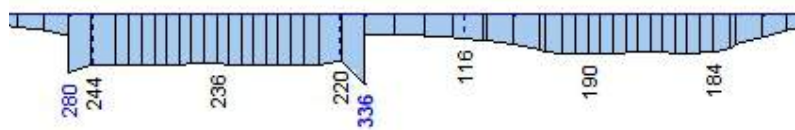
Řez y1 sloupový pruh: momenty pod sloupy G'2,G2



pod sloupem G'2 $mxD+ = 267 \text{ kNm/m}$

pod sloupem G2 $mxD+ = 216 \text{ kNm/m}$

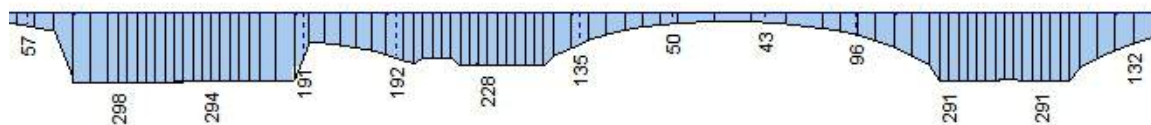
Řez y2 sloupový pruh: momenty pod sloupy G'3,G3



pod sloupem G'3 $mxD+ = 245 \text{ kNm/m}$

pod sloupem G3 $mxD+ = 190 \text{ kNm/m}$

Řez y3 sloupový pruh: momenty pod sloupy J5,I5,H5



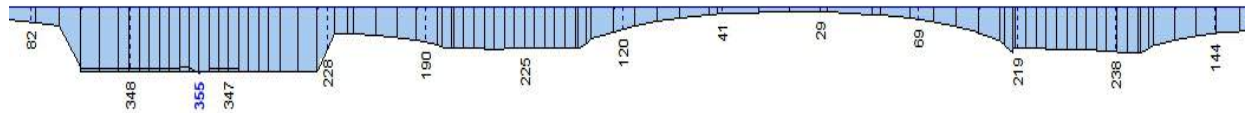
pod sloupem J5 $mxD+ = 296 \text{ kNm/m}$

pod sloupem I5 $mxD+ = 228 \text{ kNm/m}$

pod sloupem H5 $mxD+ = 291 \text{ kNm/m}$



Řez y4 sloupový pruh: momenty pod sloupy J6,I6,H6

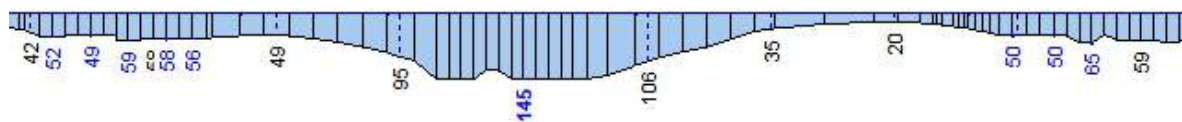


pod sloupem J6 $m_{xD+} = 355 \text{ kNm/m}$

pod sloupem I6 $m_{xD+} = 225 \text{ kNm/m}$

pod sloupem H6 $m_{xD+} = 236 \text{ kNm/m}$

Řez y5 sloupový pruh: momenty pod sloupy J7,I7,H7

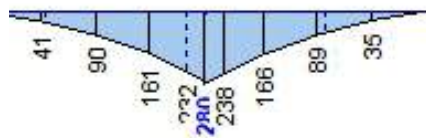


pod sloupem J7 $m_{xD+} = 56 \text{ kNm/m}$

pod sloupem I7 $m_{xD+} = 145 \text{ kNm/m}$

pod sloupem H7 $m_{xD+} = 65 \text{ kNm/m}$

Řez x7 středový pruh: momenty pod stěnou na ose 4



Hodnota ohybového momentu pod stěnou: $m_{xD,1} = 280 \text{ kNm/m}$

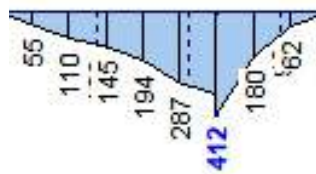
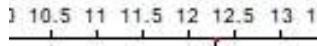
Hodnota momentu v uzlu ve vzdálenosti 0,5m: $m_{xD,2} = 160 \text{ kNm/m}$

Hodnota ohybového momentu v líci podpory(stěna $t=20;0\text{mm}$):



$$\frac{mxD_1 - mxD_2}{l} = \frac{mxD_{red} - mxD_2}{l - t/2}$$
$$\frac{280kNm - 160kNm}{0,5m} = \frac{mxD_{red} - 160kNm}{0,5m - 0,2m/2} \rightarrow mxD_{red} = 256kNm$$

Řez x6 sloupový pruh: momenty pod stěnou na ose 6



Hodnota ohybového momentu pod stěnou: $mxD_{,1} = 412kNm/m$

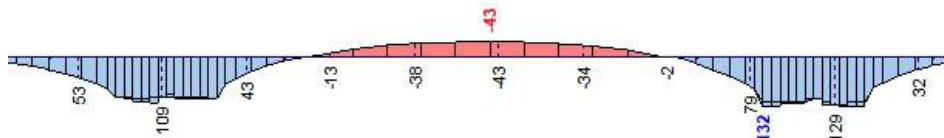
Hodnota momentu v uzlu ve vzdálenosti 0,4m: $mxD_{,2} = 185kNm/m$

Hodnota ohybového momentu v líci podpory(stěna t=200mm):

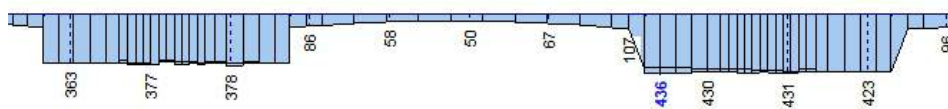
$$\frac{mxD_1 - mxD_2}{l} = \frac{mxD_{red} - mxD_2}{l - t/2}$$
$$\frac{412kNm - 185kNm}{0,4m} = \frac{mxD_{red} - 185kNm}{0,4m - 0,2m/2} \rightarrow mxD_{red} = 355kNm$$

**Návrhový moment m_{yD+}**

Řez 1x sloupový pruh: momenty pod sloupy B5,B6

pod sloupem B5 $m_{yD+} = 109 \text{ kNm/m}$ pod sloupem B6 $m_{yD+} = 132 \text{ kNm/m}$

Řez 2x sloupový pruh

pod sloupem C5 $m_{yD+} = 378 \text{ kNm/m}$ pod sloupem C6 $m_{yD+} = 436 \text{ kNm/m}$

Řez 3x sloupový pruh: momenty pod sloupy D5,D6

pod sloupem D5 $m_{yD+} = 511 \text{ kNm/m}$ pod sloupem D6 $m_{yD+} = 569 \text{ kNm/m}$

Řez 4x sloupový pruh: momenty pod sloupy E5,E6

pod sloupem E5 $m_{yD+} = 360 \text{ kNm/m}$ pod sloupem E6 $m_{yD+} = 200 \text{ kNm/m}$

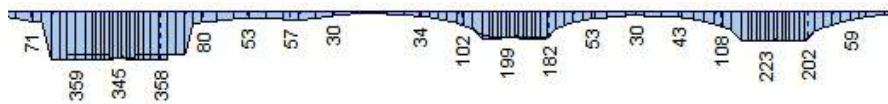
Řez 5x sloupový pruh: momenty pod sloupy F5,F6



pod sloupem F5 $m_{yD+} = 482 \text{ kNm/m}$

pod sloupem F6 $m_{yD+} = 293 \text{ kNm/m}$

Řez 6x sloupový pruh: momenty pod sloupy G5,G3,G2

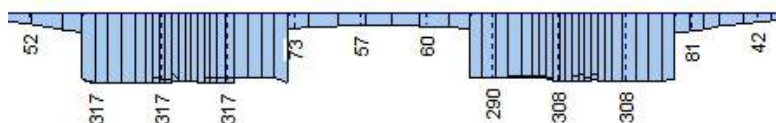


pod sloupem G5 $m_{yD+} = 359 \text{ kNm/m}$

pod sloupem G3 $m_{yD+} = 189 \text{ kNm/m}$

pod sloupem G2 $m_{yD+} = 201 \text{ kNm/m}$

Řez 7x sloupový pruh: momenty pod sloupy G'3,G'2



pod sloupem G'3 $m_{yD+} = 317 \text{ kNm/m}$

pod sloupem G'2 $m_{yD+} = 308 \text{ kNm/m}$

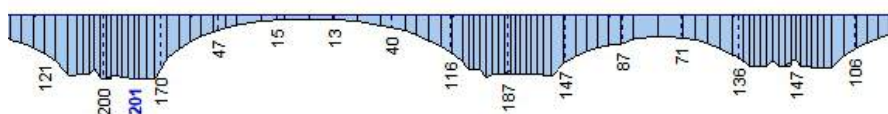
Řez 8x sloupový pruh: momenty pod sloupy H6,H5



pod sloupem H6 $m_{yD+} = 175 \text{ kNm/m}$

pod sloupem H5 $m_{yD+} = 272 \text{ kNm/m}$

Řez 9x sloupový pruh: momenty pod sloupy I5,I6,I7



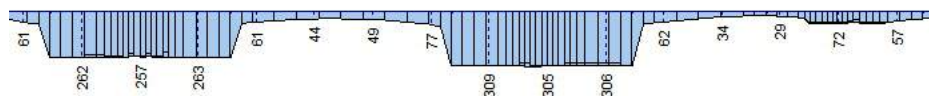
pod sloupem I5 $m_{yD+} = 201 \text{ kNm/m}$

pod sloupem I6 $m_{yD+} = 187 \text{ kNm/m}$



pod sloupem I7 $myD+ = 147 \text{ kNm/m}$

Řez 10x sloupový pruh: momenty pod sloupy J5,J6,J7

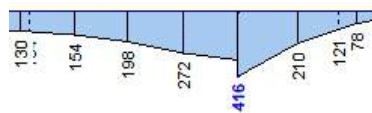


pod sloupem J5 $myD+ = 263 \text{ kNm/m}$

pod sloupem J6 $myD+ = 309 \text{ kNm/m}$

pod sloupem J7 $myD+ = 67 \text{ kNm/m}$

Řez 6y středový pruh: moment pod stěnou na ose G



Hodnota ohybového momentu pod stěnou: $myD_{,1} = 404 \text{ kNm/m}$

Hodnota momentu v uzlu ve vzdálenosti 0,5m: $myD_{,2} = 178 \text{ kNm/m}$

Hodnota ohybového momentu v líci podpory(stěna $t=200\text{mm}$):

$$\frac{myD_1 - myD_2}{l} = \frac{myD_{red} - myD_2}{l - t/2}$$
$$\frac{404 \text{ kNm} - 178 \text{ kNm}}{0,5 \text{ m}} = \frac{myD_{red} - 178 \text{ kNm}}{0,5 \text{ m} - 0,2 \text{ m} / 2} \rightarrow myD_{red} = 365 \text{ kNm}$$

**10.2.1.4. Shrnutí momentů pod sloupy:**

Sloupy	m_{xD+} při MSU [kNm/m]	m_{yD+} při MSU [kNm/m]	tloušťka desky [mm]
F5	564	482	650
D6	522	569	650
E5	471	360	650
D5	483	511	650
G5	391	359	650
C6	410	436	650
J6	355	309	650
C5	363	378	650
G'2	267	308	650
G'3	245	317	650
J5	296	263	650

Sloupy	m_{xD+} při MSU [kNm/m]	m_{yD+} při MSU [kNm/m]	tloušťka desky [mm]
F6	259	293	400
H5	291	272	400
G2	216	201	400
E6	234	200	400
I5	228	201	400
G3	190	189	400
I6	225	187	400
H6	236	175	400
I7	145	147	400
B6	144	132	400
B5	135	109	400
J7	56	67	400
H7	65	46	400



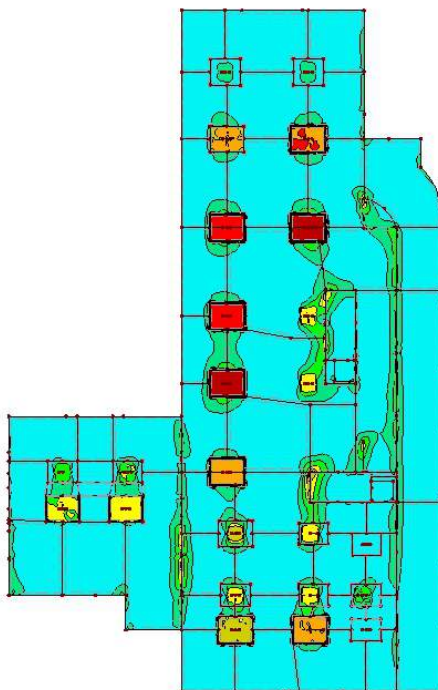
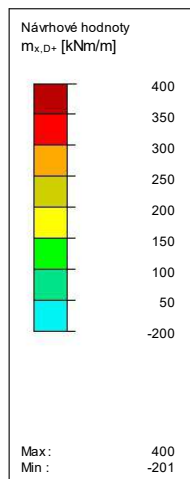
10.2.2. Dolní povrch - MSP kvazistálé kombinace

10.2.2.1. Vnitřní síly na plochách

Návrhový moment $m_{x,D,+}$ při MSP kvazistálé + vztlak podzemní vody

KV 6: MSP kvaz + vztlak vody
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{x,D,+}$
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Ve směru Z

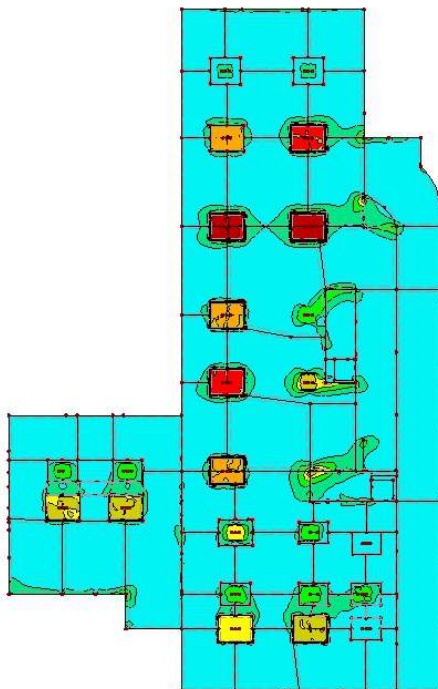
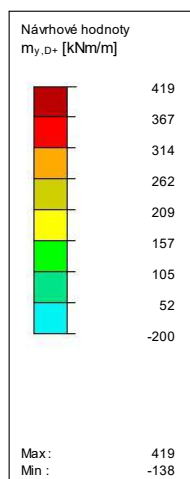


Plochy Max $m_{x,D,+}$: 400, Min $m_{x,D,+}$: -201 [kNm/m]

Návrhový moment $m_{y,D,+}$ při MSP kvazistálé + vztlak podzemní vody

KV 6: MSP kvaz + vztlak vody
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{y,D,+}$
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Ve směru Z



Plochy Max $m_{y,D,+}$: 419, Min $m_{y,D,+}$: -138 [kNm/m]



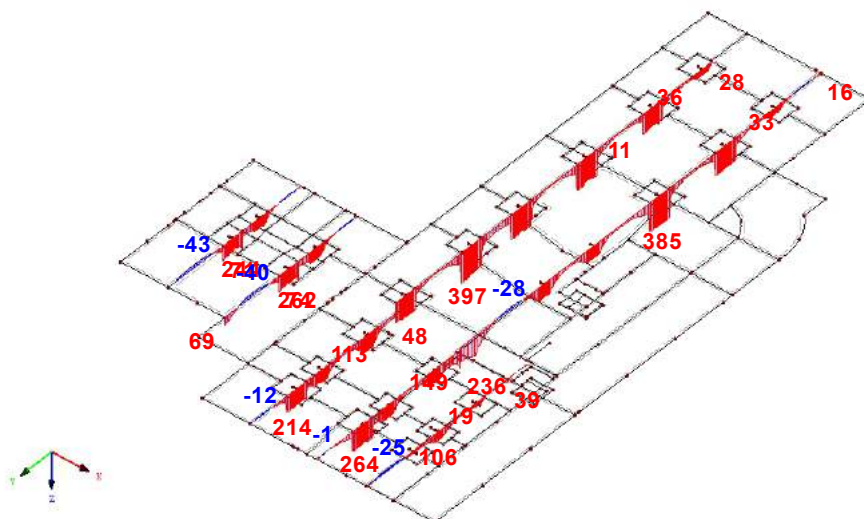
10.2.2.2. Vnitřní síly v řezech.

Moment $m_{x,D+}$

Sloupové pruhy:

KV 6: MSP kvaz + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Izometrie

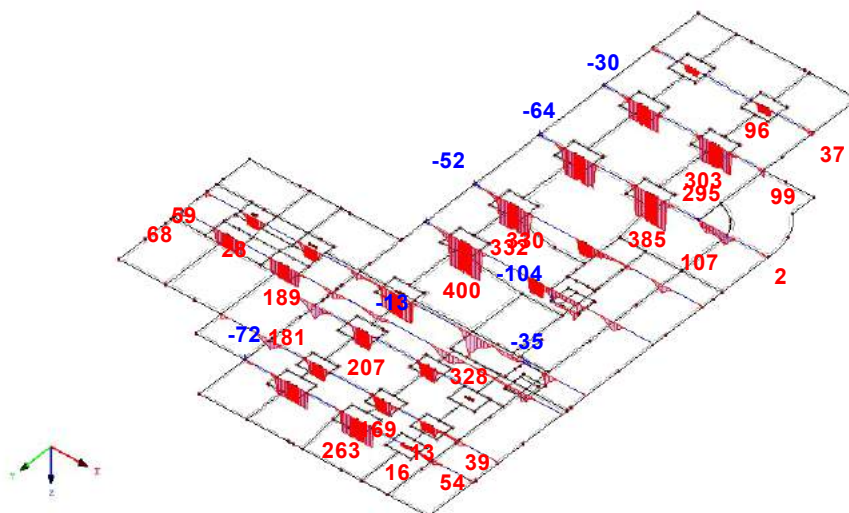


Návrhový moment $m_{y,D+}$

Sloupové pruhy:

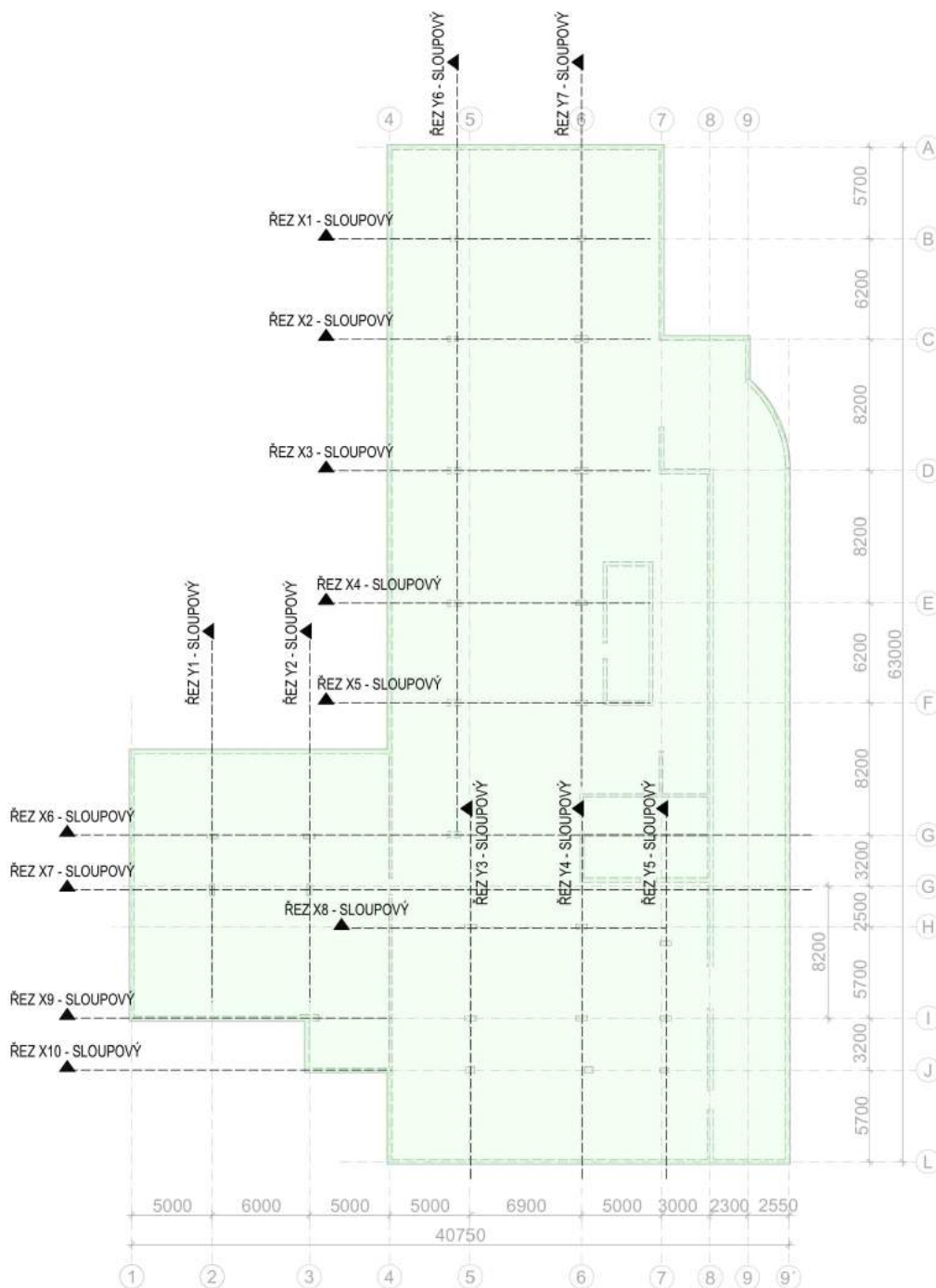
KV 6: MSP kvaz + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Izometrie





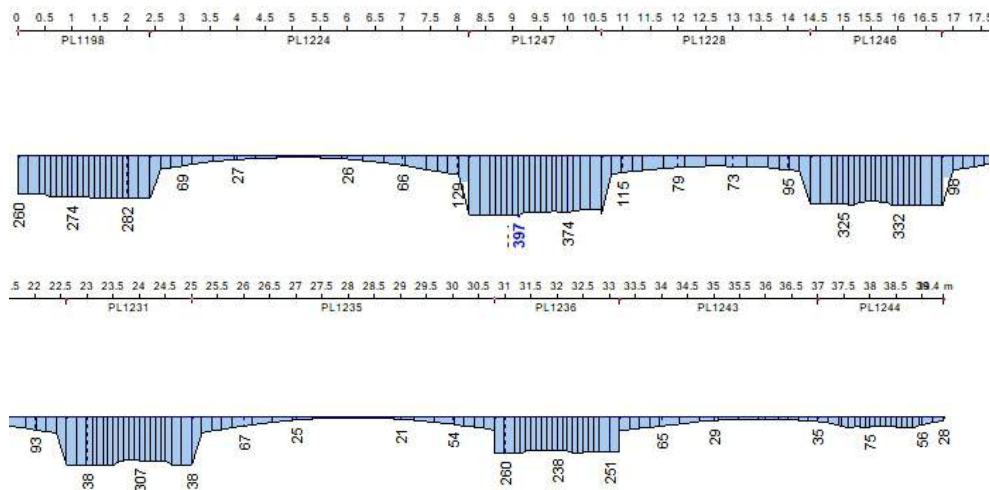
10.2.2.3. Výsledky v jednotlivých řezech - MAXIMÁLNÍ MOMENTY POD SLOUPY



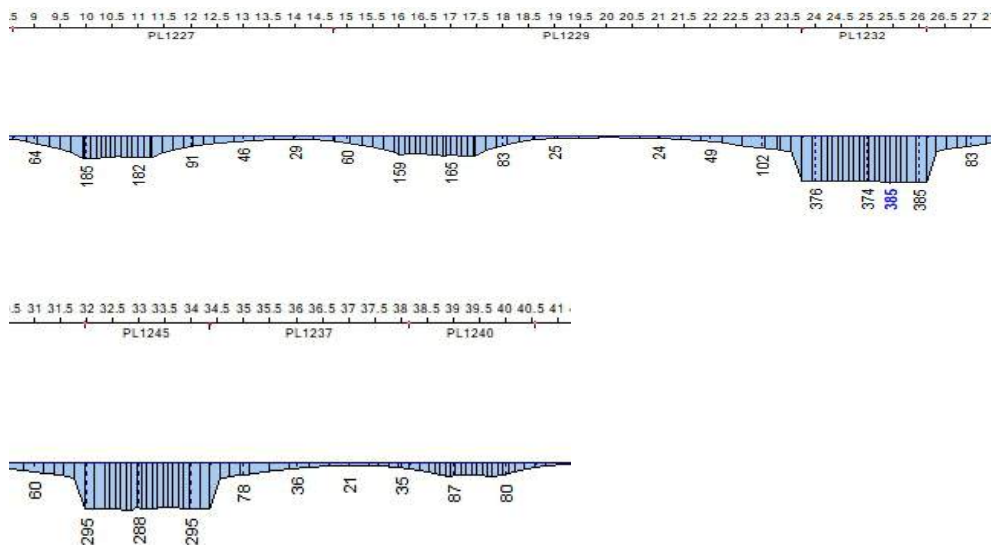
obr.110. Schema řezu ve výpočetním programu

**Návrhový moment m_{xD+} při kvázistálé kombinaci výsledků**

Řez 6y sloupový pruh: momenty pod sloupy G5,F5,E5,D5,C5,B5

pod sloupem G5 $m_{xD+} = 282 \text{ kNm/m}$ pod sloupem F5 $m_{xD+} = 397 \text{ kNm/m}$ pod sloupem E5 $m_{xD+} = 332 \text{ kNm/m}$ pod sloupem D5 $m_{xD+} = 338 \text{ kNm/m}$ pod sloupem C5 $m_{xD+} = 260 \text{ kNm/m}$ pod sloupem B5 $m_{xD+} = 75 \text{ kNm/m}$

Řez 7y sloupový pruh: momenty pod sloupy F6,E6,D6,C6,B6

pod sloupem F6 $m_{xD+} = 185 \text{ kNm/m}$ pod sloupem E6 $m_{xD+} = 165 \text{ kNm/m}$

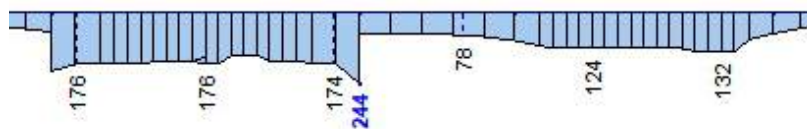


pod sloupem D6 $mxD+ = 385 \text{ kNm/m}$

pod sloupem C6 $mxD+ = 295 \text{ kNm/m}$

pod sloupem B6 $mxD+ = 87 \text{ kNm/m}$

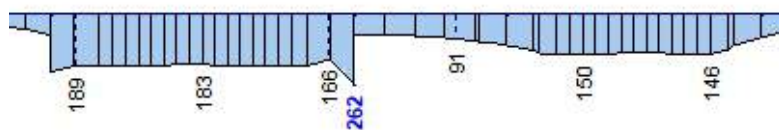
Řez y1 sloupový pruh: momenty pod sloupy G'2,G2



pod sloupem G'2 $mxD+ = 176 \text{ kNm/m}$

pod sloupem G2 $mxD+ = 132 \text{ kNm/m}$

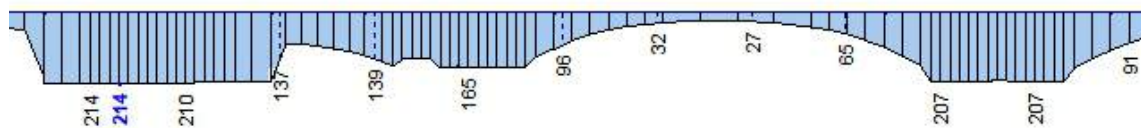
Řez y2 sloupový pruh: momenty pod sloupy G'3,G3



pod sloupem G'3 $mxD+ = 189 \text{ kNm/m}$

pod sloupem G3 $mxD+ = 150 \text{ kNm/m}$

Řez y3 sloupový pruh: momenty pod sloupy J5,I5,H5



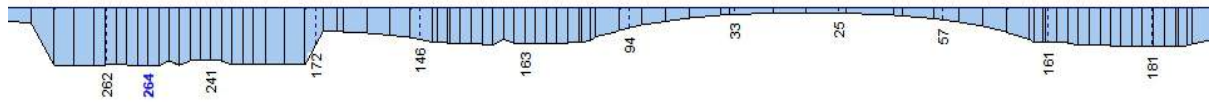
pod sloupem J5 $mxD+ = 214 \text{ kNm/m}$

pod sloupem I5 $mxD+ = 165 \text{ kNm/m}$

pod sloupem H5 $mxD+ = 207 \text{ kNm/m}$



Řez y4 sloupový pruh: momenty pod sloupy J6,I6,H6

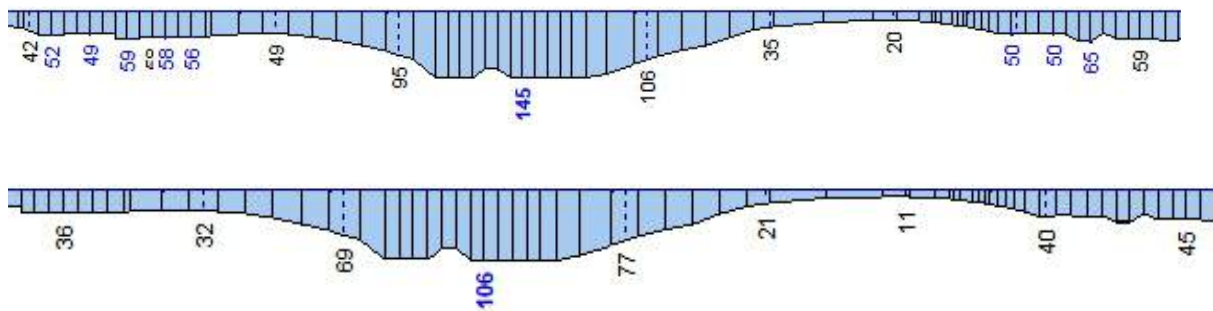


pod sloupem J6 $m_{xD+} = 264 \text{ kNm/m}$

pod sloupem I6 $m_{xD+} = 163 \text{ kNm/m}$

pod sloupem H6 $m_{xD+} = 161 \text{ kNm/m}$

Řez y5 sloupový pruh: momenty pod sloupy J7,I7,H7

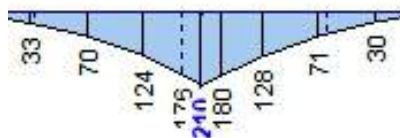
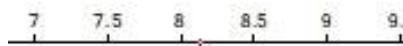


pod sloupem J7 $m_{xD+} = 36 \text{ kNm/m}$

pod sloupem I7 $m_{xD+} = 106 \text{ kNm/m}$

pod sloupem H7 $m_{xD+} = 45 \text{ kNm/m}$

Řez x7 středový pruh: momenty pod stěnou na ose 4



Hodnota ohybového momentu pod stěnou: $m_{xD,1} = 210 \text{ kNm/m}$

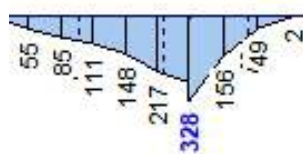
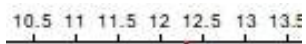
Hodnota momentu v uzlu ve vzdálenosti 0,5m: $m_{xD,2} = 116 \text{ kNm/m}$

Hodnota ohybového momentu v líci podpory(stěna $t=20;0\text{mm}$):



$$\frac{mxD_1 - mxD_2}{l} = \frac{mxD_{red} - mxD_2}{l - t/2}$$
$$\frac{210kNm - 116kNm}{0,5m} = \frac{mxD_{red} - 116kNm}{0,5m - 0,2m/2} \rightarrow mxD_{red} = 191kNm$$

Řez x6 sloupový pruh: momenty pod stěnou na ose 6



Hodnota ohybového momentu pod stěnou:

$$mxD_{,1} = 328kNm/m$$

Hodnota momentu v uzlu ve vzdálenosti 0,4m:

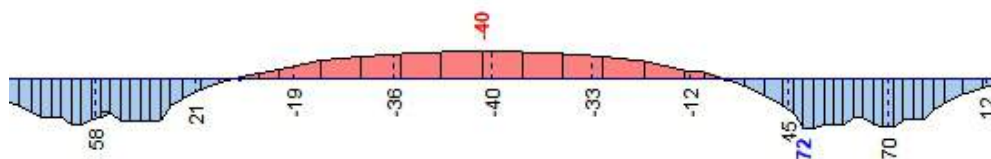
$$mxD_{,2} = 156kNm/m$$

Hodnota ohybového momentu v líci podpory(stěna t=200mm):

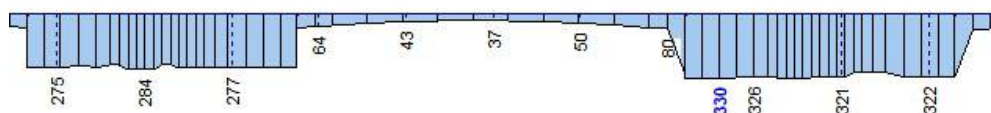
$$\frac{mxD_1 - mxD_2}{l} = \frac{mxD_{red} - mxD_2}{l - t/2}$$
$$\frac{328kNm - 156kNm}{0,4m} = \frac{mxD_{red} - 156kNm}{0,4m - 0,2m/2} \rightarrow mxD_{red} = 285kNm$$

**Návrhový moment m_{yD+}**

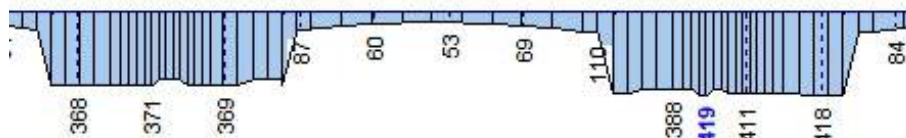
Řez 1x sloupový pruh: momenty pod sloupy B5,B6

pod sloupem B5 $m_{yD+} = 58 \text{ kNm/m}$ pod sloupem B6 $m_{yD+} = 72 \text{ kNm/m}$

Řez 2x sloupový pruh

pod sloupem C5 $m_{yD+} = 284 \text{ kNm/m}$ pod sloupem C6 $m_{yD+} = 330 \text{ kNm/m}$

Řez 3x sloupový pruh: momenty pod sloupy D5,D6

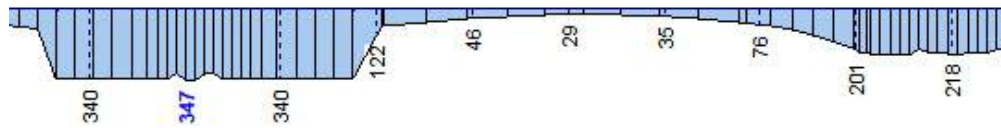
pod sloupem D5 $m_{yD+} = 371 \text{ kNm/m}$ pod sloupem D6 $m_{yD+} = 419 \text{ kNm/m}$

Řez 4x sloupový pruh: momenty pod sloupy E5,E6

pod sloupem E5 $m_{yD+} = 267 \text{ kNm/m}$ pod sloupem E6 $m_{yD+} = 150 \text{ kNm/m}$



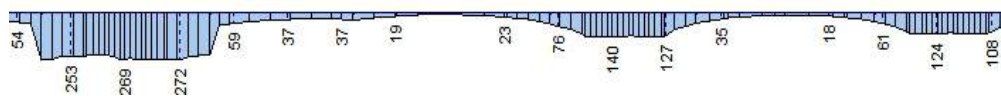
Řez 5x sloupový pruh: momenty pod sloupy F5,F6



pod sloupem F5 $m_{yD+} = 347 \text{ kNm/m}$

pod sloupem F6 $m_{yD+} = 218 \text{ kNm/m}$

Řez 6x sloupový pruh: momenty pod sloupy G5,G3,G2



pod sloupem G5 $m_{yD+} = 269 \text{ kNm/m}$

pod sloupem G3 $m_{yD+} = 140 \text{ kNm/m}$

pod sloupem G2 $m_{yD+} = 124 \text{ kNm/m}$

Řez 7x sloupový pruh: momenty pod sloupy G'3,G'2



pod sloupem G'3 $m_{yD+} = 233 \text{ kNm/m}$

pod sloupem G'2 $m_{yD+} = 230 \text{ kNm/m}$

Řez 8x sloupový pruh: momenty pod sloupy H6,H5



pod sloupem H6 $m_{yD+} = 134 \text{ kNm/m}$

pod sloupem H5 $m_{yD+} = 196 \text{ kNm/m}$



Řez 9x sloupový pruh: momenty pod sloupy I5,I6,I7

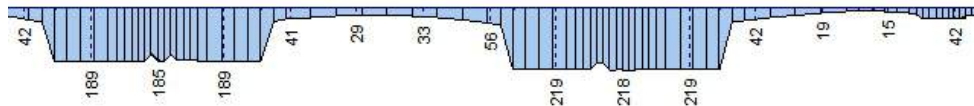


pod sloupem I5 $my_{D+} = 146 \text{ kNm/m}$

pod sloupem I6 $my_{D+} = 145 \text{ kNm/m}$

pod sloupem I7 $my_{D+} = 107 \text{ kNm/m}$

Řez 10x sloupový pruh: momenty pod sloupy J5,J6,J7

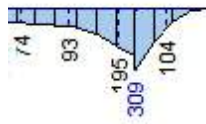


pod sloupem J5 $my_{D+} = 185 \text{ kNm/m}$

pod sloupem J6 $my_{D+} = 219 \text{ kNm/m}$

pod sloupem J7 $my_{D+} = 42 \text{ kNm/m}$

Řez 6y středový pruh: moment pod stěnou na ose G



Hodnota ohybového momentu pod stěnou: $my_{D,1} = 309 \text{ kNm/m}$

Hodnota momentu v uzlu ve vzdálenosti 0,39m: $my_{D,2} = 171 \text{ kNm/m}$

Hodnota ohybového momentu v líci podpory(stěna $t=200\text{mm}$):

$$\frac{my_{D_1} - my_{D_2}}{l} = \frac{my_{D_{red}} - my_{D_2}}{l - t/2}$$

$$\frac{309 \text{ kNm} - 171 \text{ kNm}}{0,39 \text{ m}} = \frac{my_{D_{red}} - 171 \text{ kNm}}{0,39 \text{ m} - 0,2 \text{ m} / 2} \rightarrow my_{D_{red}} = 282 \text{ kNm}$$



10.2.2.4. Shrnutí momentů pod sloupy:

Sloupy	$mxD+$ při MSP [kNm/m]	$myD+$ při MSP [kNm/m]	tloušťka desky [mm]
F5	397	347	650
D6	385	419	650
E5	332	267	650
D5	338	371	650
G5	282	269	650
C6	295	330	650
J6	264	219	650
C5	260	284	650
G'2	176	230	650
G'3	189	233	650
J5	214	185	650

F6	185	218	400
H5	207	196	400
G2	132	124	400
E6	165	150	400
I5	165	146	400
G3	150	140	400
I6	163	145	400
H6	161	134	400
I7	106	107	400
B6	87	72	400
B5	75	58	400
J7	36	42	400
H7	45	20	400



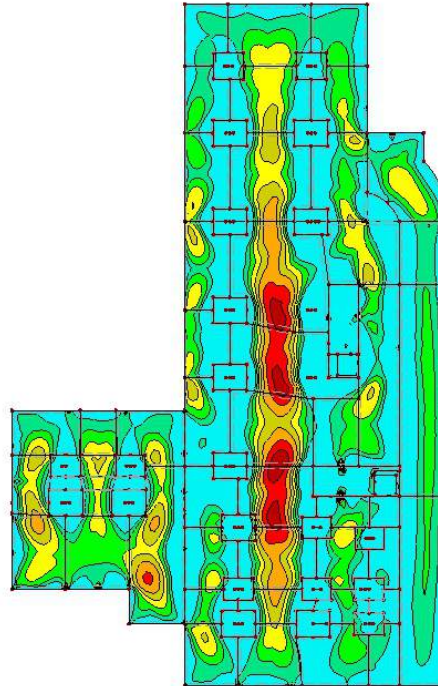
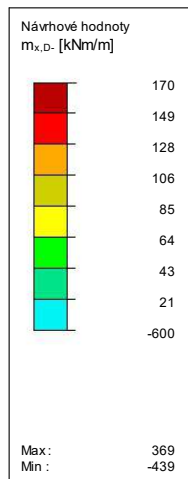
10.2.3. Horní povrch - MSU

10.2.3.1. Vnitřní síly na plochách

Návrhový moment $m_{x,D}$ - při MSU + vztlak podzemní vody

KV 4: MSU + vztlak vody
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{x,D}$ -
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Ve směru Z

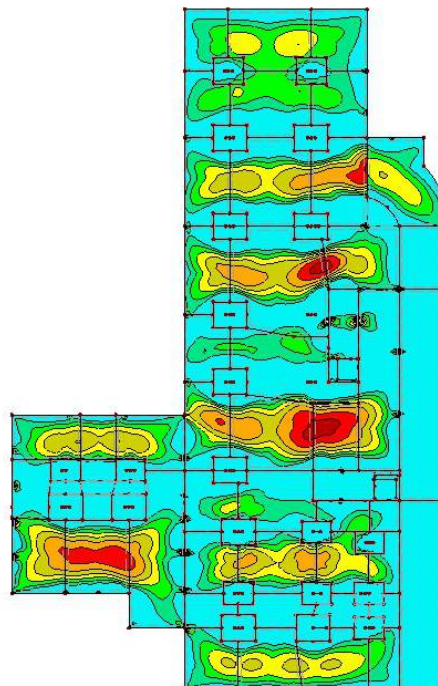
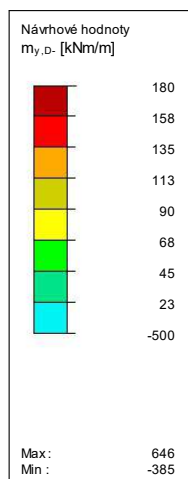


Plochy Max $m_{x,D}$:- 369, Min $m_{x,D}$:- -439 [kNm/m]

Návrhový moment $m_{y,D}$ - při MSU + vztlak podzemní vody

KV 4: MSU + vztlak vody
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{y,D}$ -
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Ve směru Z



Plochy Max $m_{y,D}$:- 646, Min $m_{y,D}$:- -385 [kNm/m]



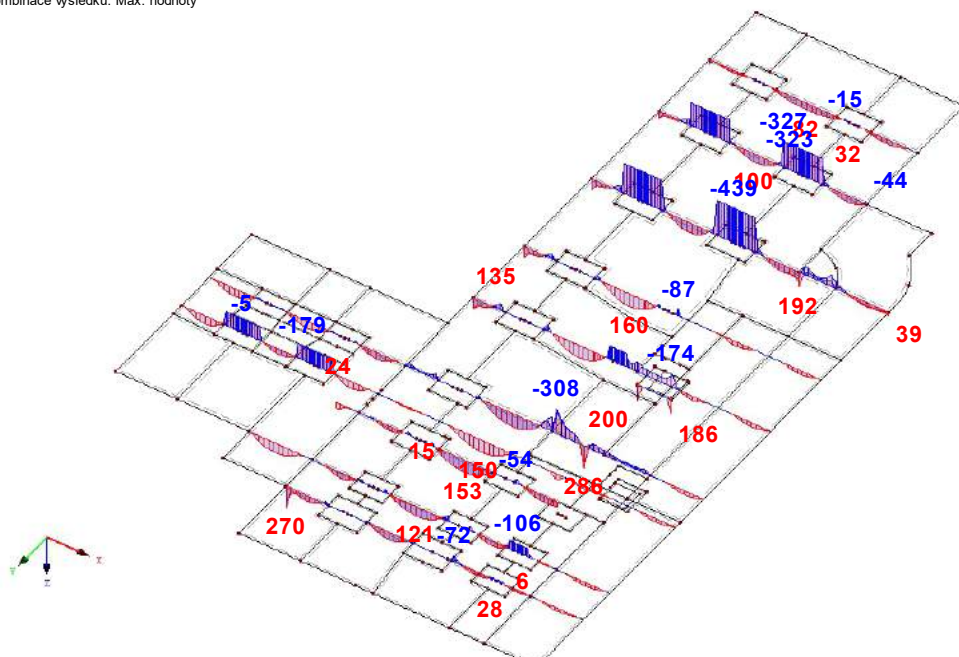
10.2.3.2. Vnitřní síly v řezech.

Návrhový moment m_x, D -

Sloupové pruhy:

KV 4: MSU + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

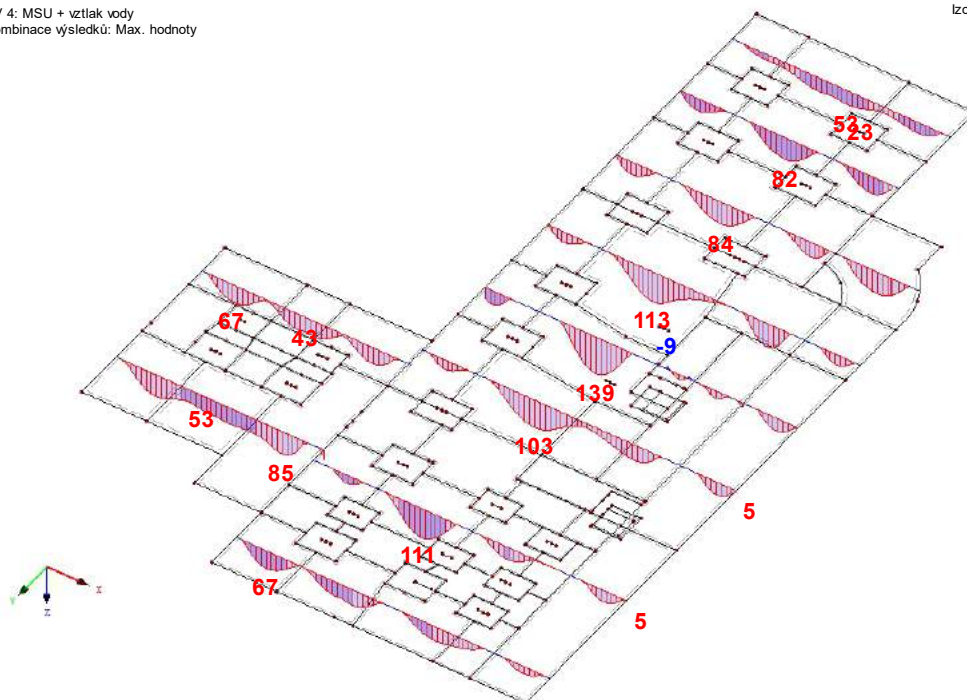
Izometrie



Středové - mezisloupové pruhy:

KV 4: MSU + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Izometrie



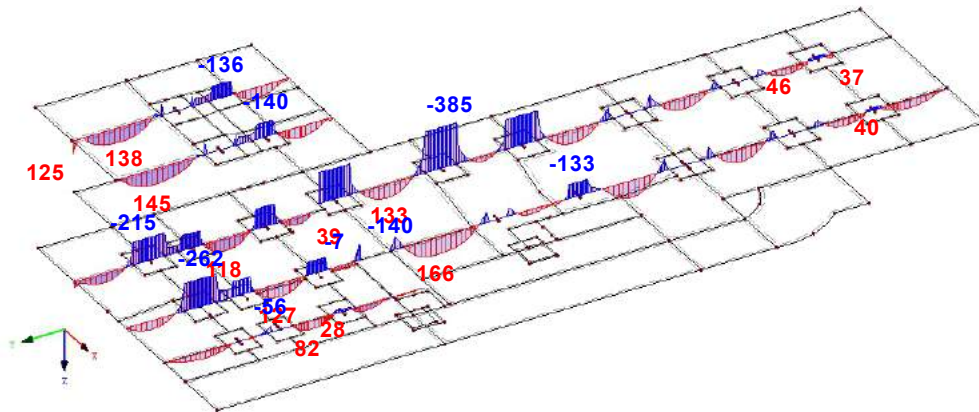


Návrhový moment m_y, D -

Sloupové pruhy:

KV 4: MSU + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

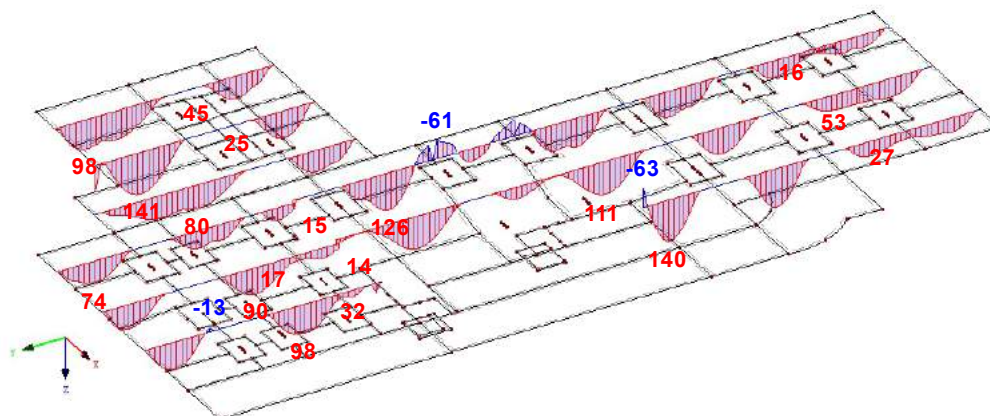
Izometrie



Středové - mezisloupové pruhy:

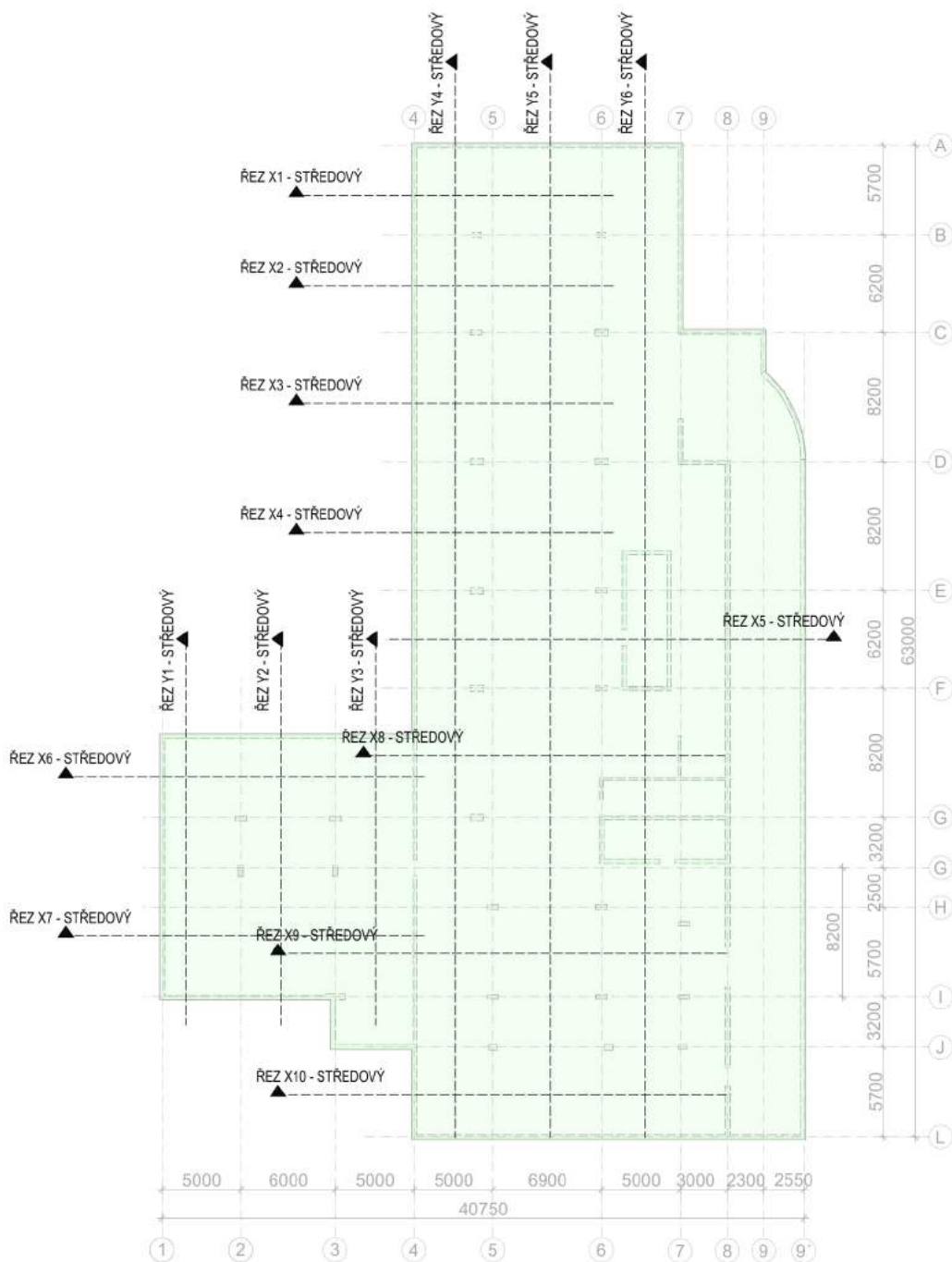
KV 4: MSU + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Izometrie





10.2.3.3. Výsledky v jednotlivých řezech

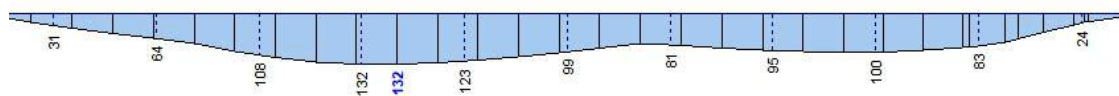


obr.111. Schéma řezu ve výpočetním programu



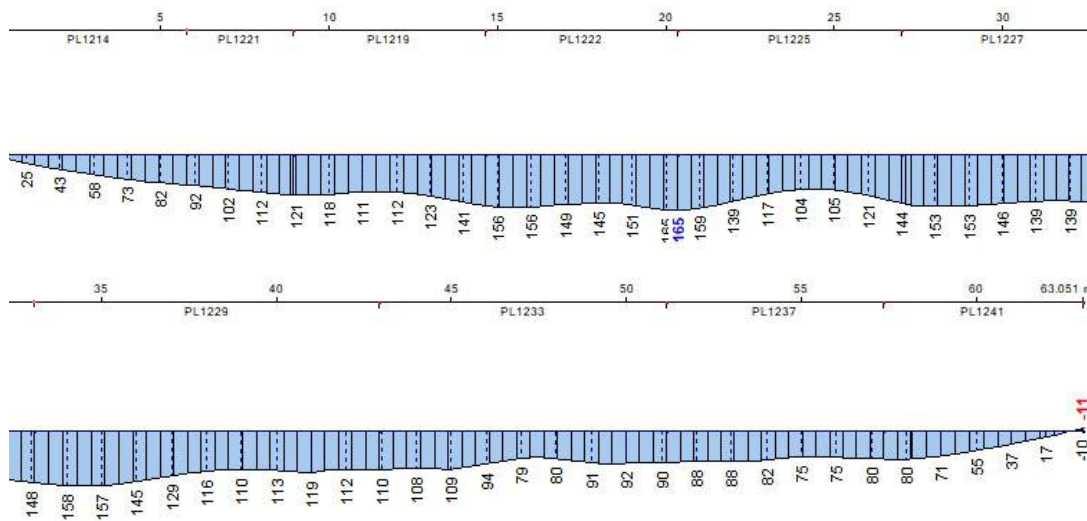
Návrhový moment m_{xD} -

Řez 3y středový pruh



Návrhový moment v řezu 3y m_{xD} - = 132kNm/m

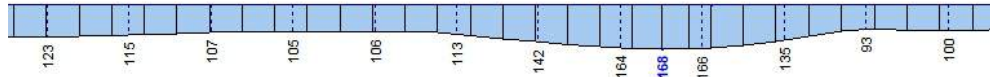
Řez 5y středový pruh



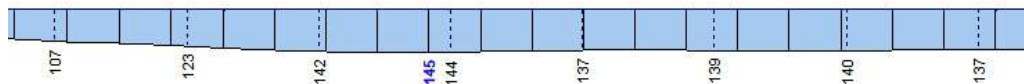
Návrhový moment v řezu 5y m_{xD} - = 165kNm/m

**Návrhový moment m_{yD} -**

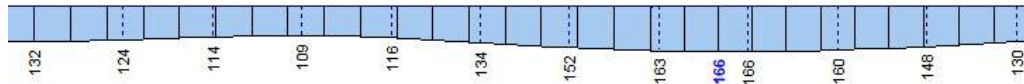
Řez 4x středový pruh

Návrhový moment v řezu 4x m_{xD} - = 168kNm/m

Řez 7x středový pruh

Návrhový moment v řezu 7x m_{xD} - = 145kNm/m

Řez 8x středový pruh

Návrhový moment v řezu 8x m_{xD} - = 166kNm/m

10.2.3.4. Shrnutí návrhových momentů

Řez	m_{xD} - při MSU [kNm/m]	m_{yD} - při MSU [kNm/m]	tloušťka desky [mm]
3y	132		400
5y	165		400
4x		166	400
7x		145	400
8x		166	400



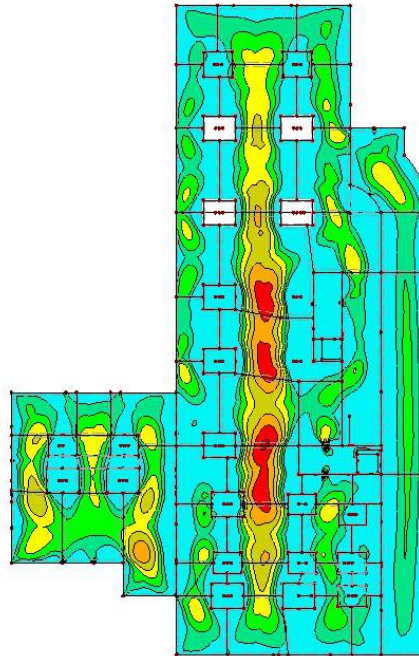
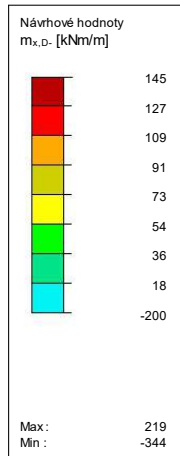
10.2.4. Horní povrch - MSP kvazistálé

10.2.4.1. Vnitřní síly na plochách

Návrhový moment $m_{x,D}$ - při MSP + vztlak podzemní vody

KV 6: MSP kvaz + vztlak vody
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{x,D}$ -
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

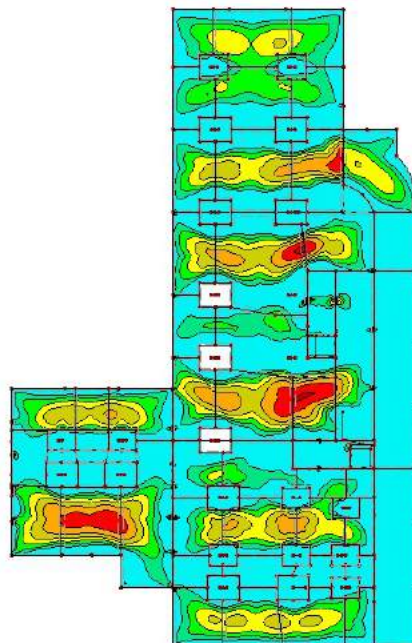
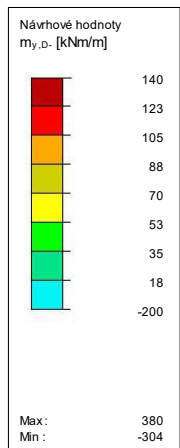
Ve směru Z



Návrhový moment $m_{y,D}$ - při MSP + vztlak podzemní vody

KV 6: MSP kvaz + vztlak vody
Plochy Návrhové vnitřní síly $m_{y,D}$ -
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Ve směru Z



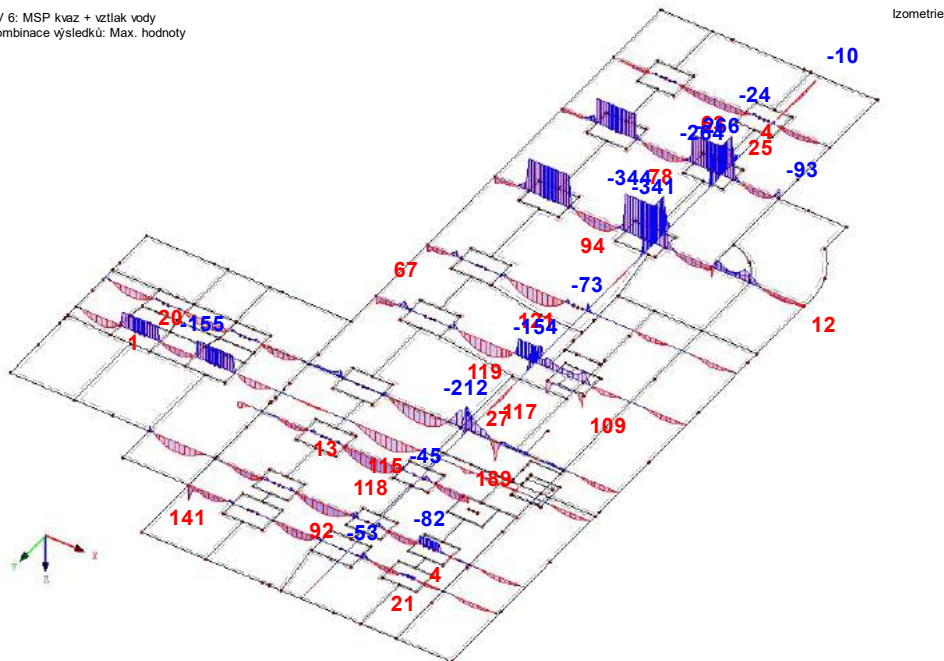


10.2.4.2. Vnitřní síly v řezech.

Návrhový moment $m_x, D-$

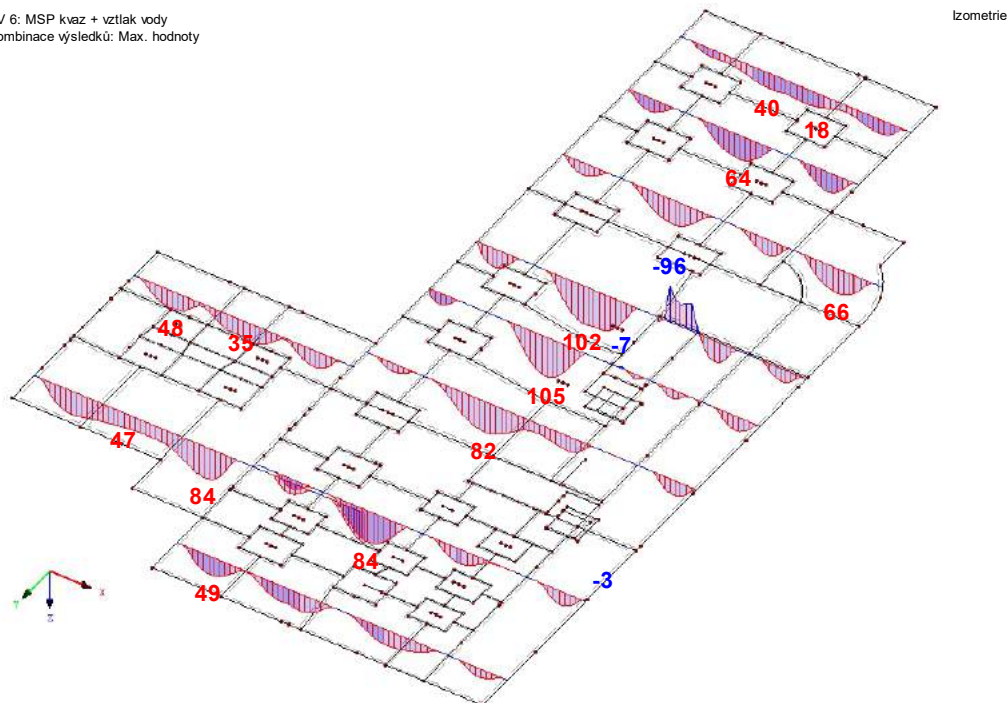
Sloupové pruhy:

KV 6: MSP kvaz + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty



Středové - mezisloupové pruhy:

KV 6: MSP kvaz + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty



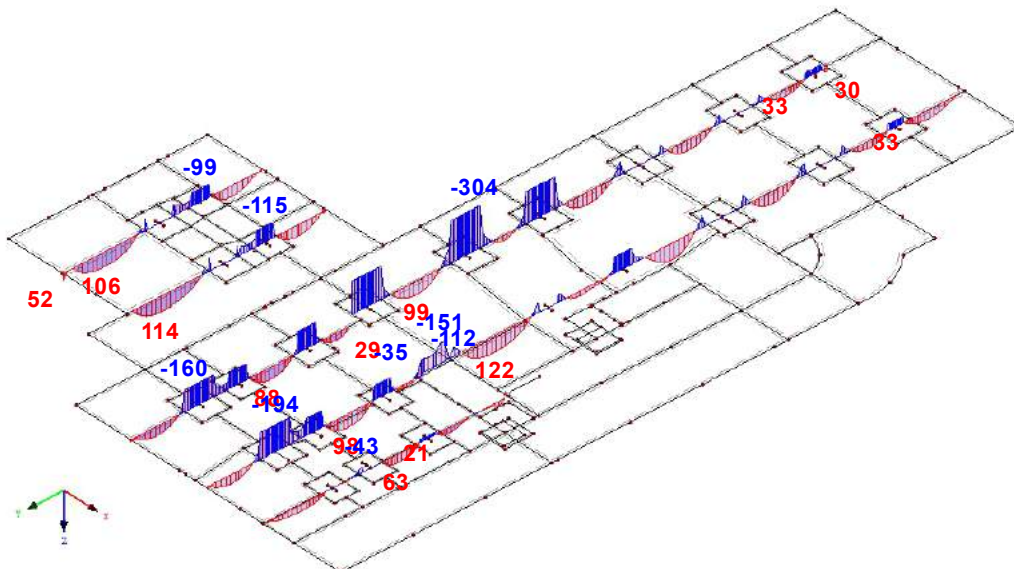


Návrhový moment m_y, D -

Sloupové pruhy:

KV 6: MSP kvaz + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

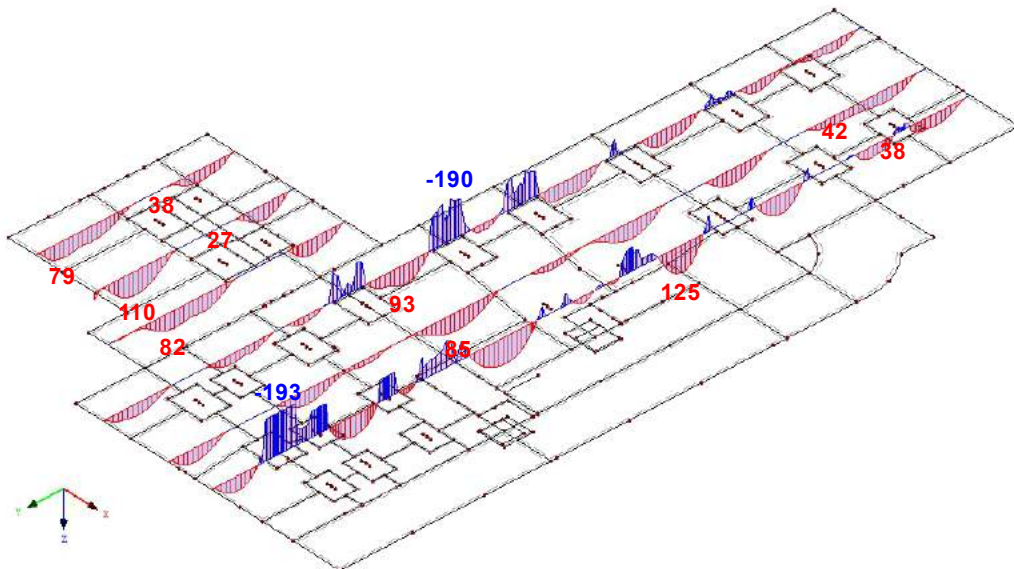
Izometrie



Středové - mezisloupové pruhy:

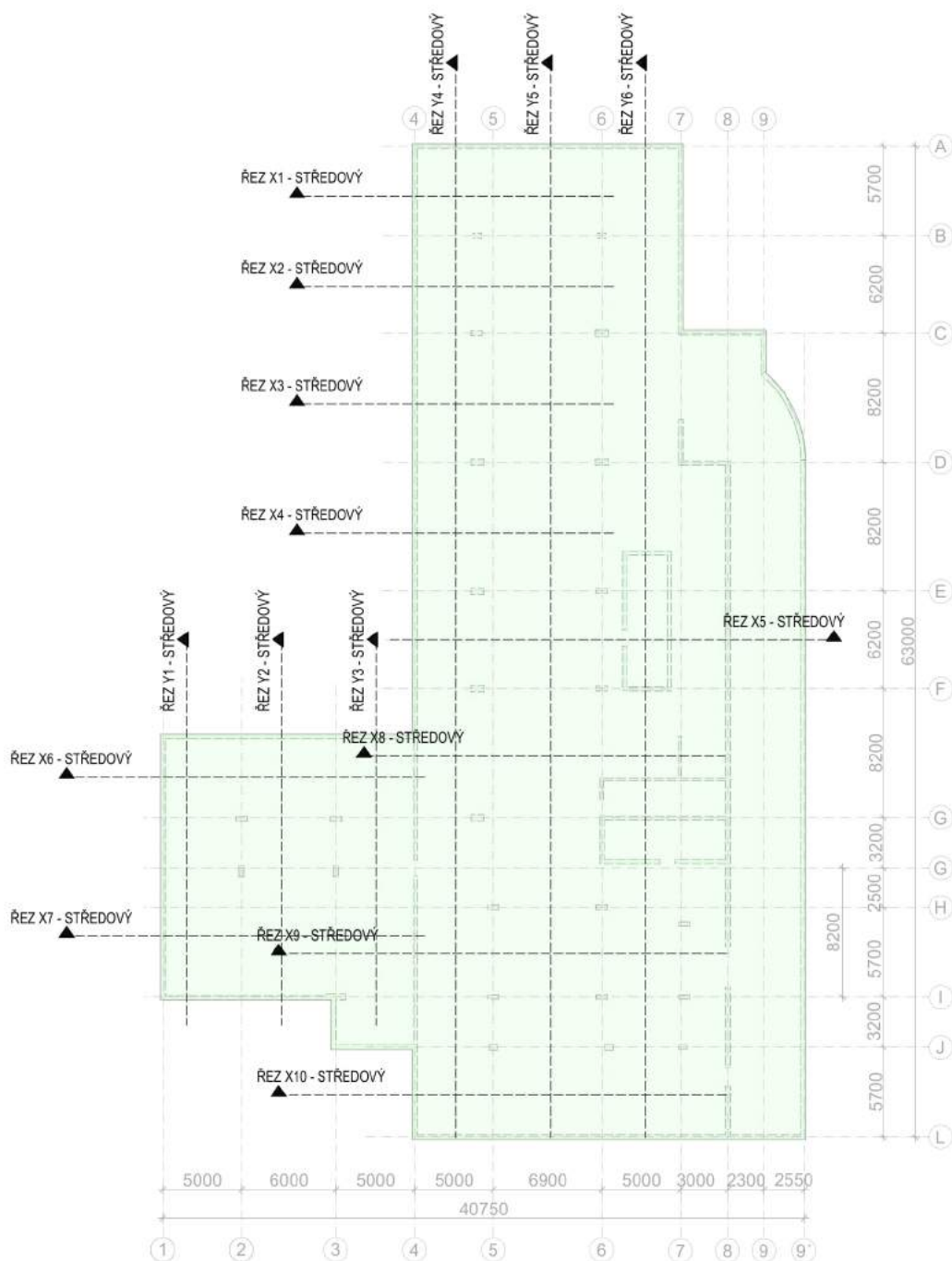
KV 6: MSP kvaz + vztlak vody
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Izometrie





10.2.4.3. Výsledky v jednotlivých řezech

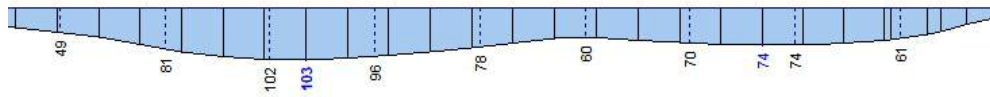


obr.112. Schema řezu ve výpočetním programu



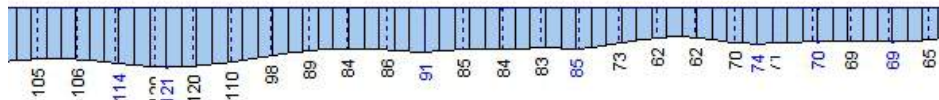
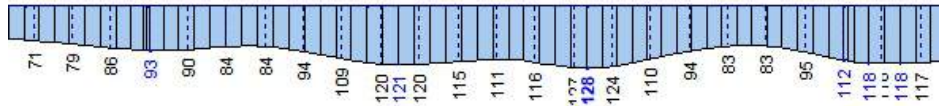
Návrhový moment m_{xD} -

Řez 3y středový pruh



Návrhový moment v řezu 3y m_{xD} - = 103kNm/m

Řez 5y středový pruh



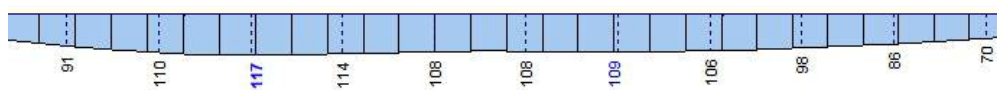
Návrhový moment v řezu 5y m_{xD} - = 128kNm/m

**Návrhový moment m_{yD} -**

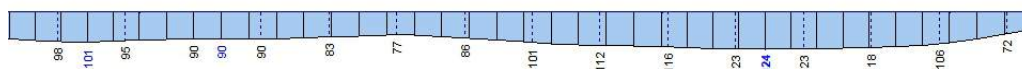
Řez 4x středový pruh

Návrhový moment v řezu 4x m_{xD} - = 124kNm/m

Řez 7x středový pruh

Návrhový moment v řezu 7x m_{xD} - = 117kNm/m

Řez 8x středový pruh

Návrhový moment v řezu 8x m_{xD} - = 124kNm/m**10.2.4.4. Shrnutí návrhových momentů**

Řez	m_{xD} - při MSP [kNm/m]	m_{yD} - při MSP [kNm/m]	tloušťka desky [mm]
3y	103		400
5y	128		400
4x		124	400
7x		117	400
8x		124	400

10.3. Dimenzování výztuže základové desky.

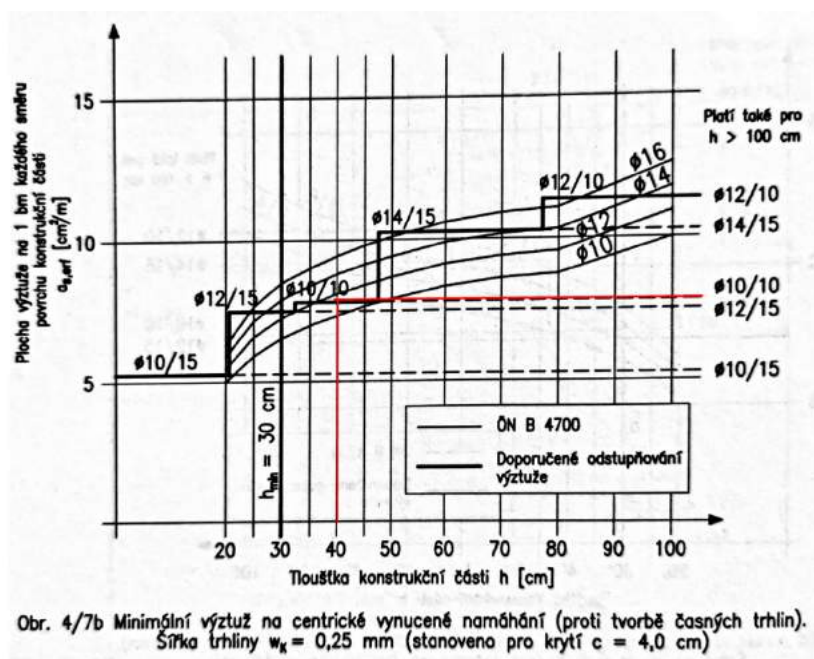
10.3.1. Základní rastr

Kromě mechanických zatížení v základové konstrukci je důležité brát v úvahu nesilové účinky. Při tuhnutí a tvrdnutí beton vyvolává teplo vlivem hydratace, při kterém betonová konstrukce mění objem a má tendence k protažení. Během prvních 2-7dní při postupném chladnutí základové desky a jejím nerovnoměrném smršťování, v desce vznikají tahová napětí při tření o podloží. V této době beton má velice malou pevnost v tahu a konstrukce je hodně citlivá.

Základní rastr výztuže pro desku tloušťky 400mm bude zvolena s ohledem na:

- Požadavek TP ČBS 02 na minimální výztuž pro pokrytí vynucených namáhání
- Omezení trhlin bez přímého výpočtu pomocí tabulek
- Omezení trhlin s přímým výpočtem

a) Technická pravidla ČBS 02 uvádí minimální vyztužení pro omezení raných trhlin při vynucených namáháních vlivem ztráty hydratačního tepla. Pro třídu konstrukce Kon2 graf je:



obr.114. Graf minimální vyztužení při nesilových účinku[7]



Z grafu doporučená vyztužení desky je $\varnothing 10$ á 100mm , nebo plochou 785mm^2 na běžný metr.

b) Omezení trhlin bez přímého výpočtu pomocí tabulek

Omezení šířky trhlin bez přímého výpočtu lze dosáhnout dodržáním minimálního množství výztuže. To lze zjistit z podmínky rovnováhy napětí v betonu a v oceli těsně před vznikem trhliny:

$$A_s \times \sigma_s = A_c \times f_{ct(t)} \quad , \text{kde:}$$

A_s plocha výztuže

σ_s napětí ve výztuži těsně po vzniku trhlin

A_c plocha tažené části betonu

$f_{ct(t)}$ pevnost betonu v tahu při vzniku trhlin

V ČSN EN 1992-1-1 se uvádí další vzorec, který vychází z výše uvedeného principu a je korigován s dalšími koeficienty:

$$A_{s,min} \times \sigma_s = k_c \times k \times f_{ct,eff} \times A_{ct} \quad , \text{kde:}$$

$A_{s,min}$ minimální plocha výztuže v tažené oblasti průřezu

σ_s absolutní hodnota největšího napětí ve výztuži těsně po vzniku trhlin, lze odhadnout použitím tabulek dle průměru prutů a jejich vzdáleností.

k_c součinitel, kterým se zohledňuje rozdělení napětí v průřezu bezprostředně před vznikem trhlin a změnou ramene vnitřních sil. Pro prostý tah je $k_c = 1,0$; pro ohyb je $k_c = 0,4$

k součinitel vyjadřující účinek nerovnoměrného rozdělení vnitřních rovnovážných napětí vedoucích ke zmenšení sil vyplývajících z omezení přetvoření. Pro desku s $h < 300\text{mm}$ $k=1$; pro desku s $h > 800\text{mm}$ $k=0,65$, hodnoty lze interpolovat. Pro vodonepropustné konstrukce doporučuje se užívat hodnotu $k=1,00$.

$f_{ct,eff}$ střední hodnota pevností betonu v tahu v okamžiku prvního očekávaného vzniku trhlin. Je velice obtížné určit pevnost betonu v tahu v době jeho zrání, protože na tuto pevnost má vliv řada okolností: ošetřování



betonu, doba odbednění atd. Proto lze uvažovat $f_{ct,eff} = 0,5 \times f_{ctm}$, která vyplývá z doporučení Lohmeyera.

A_{ct} plocha tažené části betonu těsně před vznikem trhliny

Napětí ve výztuži bylo zvoleno pro průměr výztuže 16mm:

$$\sigma_s = 135 \text{ MPa} < \sigma_s' \sqrt{(f_{ct,eff} / 2,9)} = 201 \sqrt{1,3 / 2,9} = 135 \text{ MPa}$$

Výpočet minimální plochy výztuže:

$$A_{s,min} = k_c \times k \times f_{ct,eff} \times A_{ct} \quad / \sigma_s = 1,0 \times 1,0 \times 1,3 \text{ MPa} \times 0,2 \text{ m}^2 / 135 \text{ MPa} = 1926 \text{ mm}^2$$

$$A_{ct} = 0,5 \times h_{ct} \times b = 0,5 \times 0,4 \times 1,0 = 0,2 \text{ m}^2, \text{ kde } h_{ct} = 0,5h$$

$k_c = 1,0$ - předpokládá se tah s malým ohybem v raním stadii

$k = 1,0$ - doporučená hodnota pro vodonepropustné konstrukce

Potřebné vyztužení je $\varnothing 16$ á **100mm** s plochou výztuže $A_s = 2011 \text{ mm}^2$

Maximální přípustné napětí při rozteče 100mm $\sigma_s = 360 \text{ MPa}$

Napětí ve výztuži [MPa]	MAXIMÁLNÍ PRŮMĚR PRUTŮ w_k [mm]				Maximální průměr prutů [mm]	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI v [MPa]		
	$w_k = 0,4$	$w_k = 0,3$	$w_k = 0,2$	$w_k = 0,1$		$w_k = 0,4$	$w_k = 0,3$	$w_k = 0,2$
100	168,8	123,4	77,9	32,4	6	452,2	380,1	295,2
120	115,4	83,8	52,3	20,7	8	402,0	339,2	265,2
140	83,5	60,3	37,1	13,8	10	366,1	309,7	243,1
160	62,9	45,1	27,3	9,6	12	338,6	287,0	226,1
180	48,9	34,8	20,8	6,8	14	316,7	268,9	212,4
200	38,9	27,6	16,2	4,8	16	298,8	254,0	201,0
220	31,6	22,2	12,8	3,4	18	283,6	241,3	191,3
240	26,1	18,2	10,3	2,4	20	270,6	230,5	183,0
260	21,9	15,1	8,4		22	259,3	221,1	175,7
280	18,5	12,7	6,9		25	244,8	208,9	166,4
300	15,8	10,8	5,7		28	232,6	198,6	158,4
320	13,7	9,2	4,8		32	218,9	187,0	149,4
340	11,9	8,0	4,0					
360	10,4	6,9	3,4					

Oprava pro ohýbaný prvek $\phi = \phi_s^* \frac{k \cdot h_{ct}}{5(h-d)} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2,9}$

Oprava pro tažený prvek $\phi = \phi_s^* \frac{k \cdot h_{ct}}{4 \cdot (h-d)} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2,9}$

Přibližná oprava maximálního napětí (Tabulka jen pro první odhad)

$$\sigma_s \leq \sigma_s^* \cdot \sqrt{(f_{ct,eff} / 2,9)}$$

Napětí ve výztuži [MPa]	Maximální vzdálenost prutů výztuže		
	$w_k = 0,4 \text{ mm}$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

obr.115. Tabulky pro omezení trhlin bez přímého výpočtu[8]



C) Omezení trhlin s přímým výpočtem

Pro rané trhliny u tažených prvku minimální plocha vyztužení přímým výpočtem je maximální hodnota z těchto vztahu:

$$A_{s, \min 1} = \frac{s_3 \times f_{ct, \text{eff}}(k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{2 \times E_s \times w_k} \pm$$

1)
$$\sqrt{\left(\frac{s_3 \times f_{ct, \text{eff}}(k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{2 \times E_s \times w_k}\right)^2 + \frac{0,17 \times \Phi \times A_{c, \text{eff}} \times f_{ct, \text{eff}}(k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{E_s \times w_k}}$$

2)
$$A_{s, \min 2} = \frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \pm \sqrt{\left(\frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k}\right)^2 + \frac{0,204 \times \Phi \times A_{c, \text{eff}} \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k}}$$

kde:

$$s_3 = k_3 \times c_{nom} = 2,5 \times 0,040 \text{m} = 0,1 \text{m}$$

$$k_3 = 3,4 \times (25/c_{nom})^{2/3} = 2,5 < 3,4 \text{ - součinitel vyjadřující vliv poškozené}$$

soudržnosti betonu a výztuže v bezprostřední blízkosti trhliny, krytí c_{nom} v [mm]

$$f_{ct, \text{eff}} = 0,5 \times f_{ctm} = 0,5 \times 2,6 = 1,3 \text{MPa} \text{ - střední hodnota pevností betonu v tahu}$$

v okamžiku prvního očekávaného vzniku trhlin.

$k = 1,00$ - součinitel vyjadřující účinek nerovnoměrného rozdělení vnitřních rovnovážných napětí vedoucích ke zmenšení sil vyplývajících z omezení přetvoření. Pro desku s $h < 300 \text{mm}$ $k = 1,00$; pro desku s $h > 800 \text{mm}$ $k = 0,65$, hodnoty lze interpolovat.

$$A_{ct} = hcr \times b, \text{ kde } hcr = 0,5 \times h = 0,2 \text{ - plocha tažené části betonu}$$

$$A_{c, \text{eff}} = hc, \text{eff} \times b, \text{ kde } hc, \text{eff} = \min(2,5 \times (h-d); (h-x)/3; h/2) = 0,12 \text{m} \text{ - Plocha betonu}$$

obklopující taženou výztuž

$$E_s = 200 \text{GPa} \text{ - modul pružností ocele}$$

$$w_k = 0,2 \text{mm} \text{ - maximální šířka trhliny}$$

$$\Phi = 16 \text{mm} \text{ - průměr prutu}$$



Omezení trhlin s přímým výpočtem pro desku tloušťky h=400mm

Material		Geometrie		Jiné parametry, součinitele	
Beton		b (m)	1	Φ (m)	0.016
fctm (kPa)	2600	h (m)	0.4	cnom (m)	0.04
fcteff (kPa)	1300	d (m)	0.352	s3	0.10
Ocek		Act (m2)	0.2	k	0.93
Es (kPa)	200000000	heff (m)	0.12	k3	2.49
		Aceff (m2)	0.12	požadavek na omezení	
				wk	0.0002

$$1) A_{s, \min 1} = \frac{s_3 \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{2 \times E_s \times w_k} \pm$$

$$\sqrt{\left(\frac{s_3 \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{2 \times E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,17 \times \Phi \times A_{c, \text{eff}} \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{E_s \times w_k}}$$

$$A_{s \min 1} = 1453 \text{ mm}^2$$

mezivýsledek 1 část 223 mm²

2 část 1230 mm²

$$2) A_{s, \min 2} = \frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \pm \sqrt{\left(\frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,204 \times \Phi \times A_{c, \text{eff}} \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k}}$$

$$A_{s \min 2} = 1730 \text{ mm}^2$$

mezivýsledek 1 část 180 mm²

2 část 1549 mm²

$$A_{s \min} = 1730 \text{ mm}^2 \quad - \text{ maximální hodnota}$$

$$A_{s, \min} = \max(1453 \text{ mm}^2; 1730 \text{ mm}^2) = 1730 \text{ mm}^2$$

Potřebné vyztužení je **ø16 á 100mm** s plochou výztuže $A_s=2011 \text{ mm}^2$

Za základní výztuž pro dolní a horní povrch základové desky tloušťky 400mm byla zvolena **rastr ø16 á 100mm**, s plochou výztuže 2011 mm^2 s ohledem na:

- Požadavek TP ČBS 02 na minimální výztuž pro pokrytí vynucených namáhání: **ø10 á 100mm**

- Omezení raných trhlin bez přímého výpočtu pomocí tabulek:

ø16 á 100mm

- Omezení raných trhlin s přímým výpočtem: **ø16 á 100mm**

- Optimální kombinovatelnost s příložkami pod stěny a sloupy



- Snadnou realizaci

V místech rozšíření pod sloupy, kde tloušťka desky je 650mm minimální vyztužení dle omezení trhlin s přímým výpočtem:

Material		Geometrie		Jiné parametry, součinitele	
Beton		b (m)	1	Φ (m)	0.02
fctm (kPa)	2600	h (m)	0.65	cnom (m)	0.04
fcteff (kPa)	1300	d (m)	0.6	s3	0.10
Ocek		Act (m2)	0.325	k	0.755
Es (kPa)	200000000	heff (m)	0.125	k3	2.49
		Aceff (m2)	0.125	požadavek na omezení	
				wk	0.0002

$$1) A_{s, \min 1} = \frac{s_3 \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{2 \times E_s \times w_k} \pm$$

$$\sqrt{\left(\frac{s_3 \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{2 \times E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,17 \times \Phi \times A_{c, \text{eff}} \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{E_s \times w_k}}$$

Asmin1 =	1988 mm2
mezivýsledky	1 část 316 mm2
	2 část 1673 mm2

$$2) A_{s, \min 2} = \frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \pm \sqrt{\left(\frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,204 \times \Phi \times A_{c, \text{eff}} \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k}}$$

Asmin2	2269 mm2
mezivýsledky	1 část 238 mm2
	2 část 2031 mm2

Asmin =	2269 mm2	- maximální hodnota
---------	----------	---------------------

$$A_{s, \min} = \max(1988 \text{mm}^2; 2269 \text{mm}^2) = 2269 \text{mm}^2$$

Potřebné minimální vyztužení je **ø20 á 130 mm** s plochou výztuže

$$A_s = 2417 \text{mm}^2$$



10.3.2. Dimenzování dolní výztuže v oblasti pod sloupem v ose F-5

Parametry:

Materiál: Beton C25/30
 $f_{ck} = 25\text{MPa}$, $f_{cd} = 16,66\text{MPa}$, $f_{ctm} = 2,6\text{MPa}$,
 $E_{cm} = 30,5\text{GPa}$
 Ocel B500B
 $f_{yd} = 435\text{MPa}$, $E_s = 200\text{GPa}$,

Geometrie: tloušťka $h_z = 650\text{mm}$
 šířka $b_z = 1000\text{mm}$
 krytí $c_{nom} = 40\text{mm}$

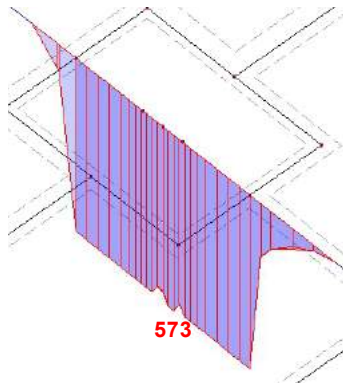
Předpokládaný průměr výztuže $\varnothing = 20\text{mm}$

účinná výška ve směru X $d_x = h_z - c_{nom} - \varnothing/2 = 550 - 40 - 10 = 500\text{mm}$

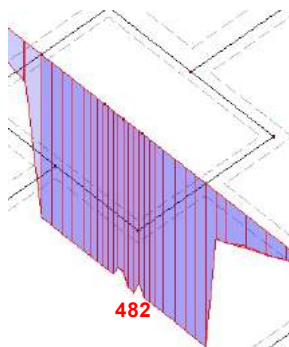
účinná výška ve směru Y $d_y = h_z - c_{nom} - 1,5\varnothing = 550 - 40 - 30 = 480\text{mm}$

10.3.2.1. Dimenzování na mezní stav únosnosti

Návrhový moment $m_{x,D+}$



Návrhový moment $m_{y,D+}$





Dimenzování ve směru X

Vnitřní síla

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s, req} = \frac{b \times d \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ED}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

Posouzení na ohybovou únosnost

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}}; z = d - 0,4 \times x$$

$$MRd = A_s \times f_{yd} \times z$$

Konstrukční zásady

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s, min} = \min\left(0,26 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) \times d \times b; 0,0013 \times b \times d\right)$$

Maximální plocha vyztužení

$$A_{s, max} = 0,04 \times b \times d$$

Minimální plocha vyztužení na rané trhliny

Dimenzování ve směru Y

Vnitřní síla

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s, req} = \frac{b \times d \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ED}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

Posouzení na ohybovou únosnost

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}}; z = d - 0,4 \times x$$

$$MRd = A_s \times f_{yd} \times z$$

Konstrukční zásady

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s, min} = \min\left(0,26 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) \times d \times b; 0,0013 \times b \times d\right)$$

Maximální plocha vyztužení

$$A_{s, max} = 0,04 \times b \times d$$

Minimální plocha vyztužení na rané trhliny

$$M_{xED} = 573 \text{ kNm}$$

$$A_{s, req} = 2311.63 \text{ mm}^2$$

$$s = 125 \text{ mm}$$

$$A_{s, prov} = 2513 \text{ mm}^2$$

Ø20 á 125mm

$$x = 81.99 \text{ mm}$$

$$z = 567.21 \text{ mm}$$

$$MRd = 620.04 \text{ kNm}$$

vyhovuje

$$A_{s, min} = 1196.00 \text{ mm}^2$$

$$780 \text{ mm}$$

vyhovuje

$$A_{s, max} = 24000 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

$$A_{s, min} = 2269 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

$$M_{yED} = 482 \text{ kNm}$$

$$A_{s, req} = 2000.47 \text{ mm}^2$$

$$s = 125 \text{ mm}$$

$$A_{s, prov} = 2513 \text{ mm}^2$$

Ø20 á 125mm

$$x = 81.99 \text{ mm}$$

$$z = 547.21 \text{ mm}$$

$$MRd = 598.18 \text{ kNm}$$

vyhovuje

$$A_{s, min} = 1196.00 \text{ mm}^2$$

$$780 \text{ mm}$$

vyhovuje

$$A_{s, max} = 24000 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

$$A_{s, min} = 2269 \text{ mm}^2$$

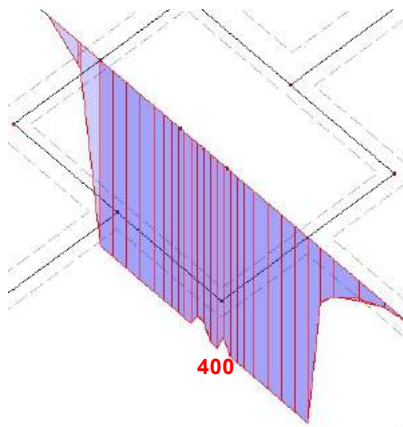
vyhovuje

10.3.2.2. Posouzení na mezní stav vzniku trhlin

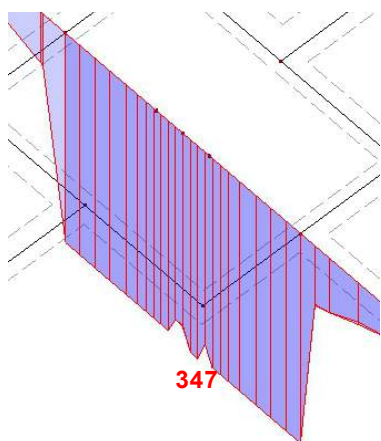
Výpočet se provádí podle metodiky uvedené v ČSN EN 1992-1-1. Posouzení na mezní stav trhliny byla provedena tak, že nejprve byly stanoveny geometrické charakteristiky trhlínami neporušeného průřezu. Následně pomocí momentu setrvačnosti ideálního průřezu I_i a pevnosti betonu v tahu f_{ctm} byl vypočten moment na mezi vzniku trhlín $M_{cr} \dots M_{crack}$, při jehož dosažení vznikají v průřezu trhlíny.

Pokud trhlíny vznikají, vypočítá se geometrické charakteristiky průřezu, porušeného trhlínami. Následně se definuje napětí ve výztuži po vzniku trhlín, a přímým výpočtem se vypočítá šířka trhlín.

Návrhový moment $m_x, D+$



Návrhový moment $m_y, D+$





Směr X

Vnitřní síla

$$M_{x,Ek,kvaz} = 400 \text{ kNm}$$

Geometrické charakteristiky průřezu bez trhlin

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}}$$

$$x = 82 \text{ mm}$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c}$$

$$\alpha_s = 6.56$$

$$A_i = A_c + \alpha_s \times A_s$$

$$A_i = 6.66E+05 \text{ mm}^2$$

Vzdálenost těžišť

$$z_{i,h} = \frac{A_c \times z_c + \alpha_s \times A_s \times d}{A_i}$$

$$z_c = 0.5 \times h = 325 \text{ mm}$$

$$z_{i,h} = 331.80 \text{ mm}$$

Moment setrvačností ideálního průřezu

$$I_i = I_c + A_c \times (z_{i,h} - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_{i,h})^2]$$

$$I_i = 2.41E+10 \text{ mm}^4$$

Ohybový moment při vzniku trhlin

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{I_i}{h - z_{i,h}}$$

$$M_{cr} = 220 \text{ kNm}$$

trhliny vznikají při kvazistálé kombinaci zatížení

Geometrické charakteristiky průřezu s trhlinami

$$x \times b \times \frac{x}{2} - \alpha_s \times A_s \times (d - x) = 0$$

$$x_{cr} = \frac{\alpha_s}{b} \times A_s \times \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times b}{\alpha_s} \times \frac{A_s \times d}{A_s^2}} \right]$$

$$x_{cr} = 125.11 \text{ mm}$$

$$A_{i,cr} = x_{cr} \times b + \alpha_s \times A_s$$

$$A_{i,cr} = 141584 \text{ mm}^2$$

$$S_{i,cr} = b \times 0,5 \times x_{cr}^2 + \alpha_s \times A_s \times d$$

$$S_{i,cr} = 17712858.01 \text{ mm}^3$$

$$z_{i,cr} = S_{i,cr} / A_{i,cr}$$

$$z_{i,cr} = 125.11 \text{ mm}$$

Moment setrvačností ideálního průřezu s trhlinami

$$I_{i,cr} = I_{cr} + A_{cr} \times (z_{i,cr} - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_{i,cr})^2]$$

$$I_{i,cr} = 8.88E+09 \text{ mm}^4$$



Šířka trhlin

$$\sigma_s = \sigma_s \times \frac{M_{ek, kvaz}}{I_{i, cr}} (d - z_{i, cr}) \quad \sigma_s = \quad 140 \text{ MPa}$$

$$w_k = s_{r, max} \times (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$* \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} - kt \times \epsilon_{sr} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left(1 - kt \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right) = \left[\sigma_s - kt \frac{f_{ct, eff}}{\rho_p, eff} (1 + a_s \times \rho_p, eff) \right] / E_s \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

kt pro dlouhodobé zatážení kt = 0.4
fct,eff = fctm fct,eff = 2.6 MPa

heff = min[2,5 × (h - d); (h - x) / 3; 0,5 × h] hc,eff = 125 mm

Ac,eff = b × heff Ac,eff = 125000 mm²

ρp,eff = As / Ac,eff ρp,eff = 0.020104

0.6σs/Es = 0.00042 < εsm - εcm = 0.00041 *nevyhovuje*

$$* s_{r, max} = 3,4 \times c_{nom} + 0,425 \times k_1 \times k_2 \times \Phi / \rho_p, eff$$

sr,max = 305.120573 mm
 cnom = 40 mm
 Pro žebikovou výztuž k1 = 0.8
 Pro ohybané prvky k2 = 0.5
 Φ = 20 mm

$$w_k = 0.128 \text{ mm} < w_{lim} = 0.20 \text{ mm}$$

vyhovuje



Směr Y

Vnitřní síla

$$M_{x,Ek,kvaz} = 347 \text{ kNm}$$

Geometrické charakteristiky průřezu bez trhlin

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \times f_y d}{0,8 \times b \times f_c d}$$

$$x = 82 \text{ mm}$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c}$$

$$\alpha_s = 6,56$$

$$A_i = A_c + \alpha_s \times A_s$$

$$A_i = 6,66E+05 \text{ mm}^2$$

Vzdálenost těžišť

$$z_{i,h} = \frac{A_c \times z_c + \alpha_s \times A_s \times d}{A_i}$$

$$z_c = 0,5 \times h = 325 \text{ mm}$$

$$z_{i,h} = 331,30 \text{ mm}$$

Moment setrvačností ideálního průřezu

$$I_i = I_c + A_c \times (z_{i,h} - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_{i,h})^2]$$

$$I_i = 2,39E+10 \text{ mm}^4$$

Ohybový moment při vzniku trhlin

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{I_i}{h - z_{i,h}}$$

$$M_{cr} = 218 \text{ kNm}$$

trhliny vznikají při kvazistálé kombinaci zatížení

Geometrické charakteristiky průřezu s trhlinami

$$x \times b \times \frac{x}{2} - \alpha_s \times A_s \times (d - x) = 0$$

$$x_{cr} = \frac{\alpha_s}{b} \times A_s \times \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times b}{\alpha_s} \times \frac{A_s \times d}{A_s^2}} \right]$$

$$x_{cr} = 122,76 \text{ mm}$$

$$A_{i,cr} = x_{cr} \times b + \alpha_s \times A_s$$

$$A_{i,cr} = 139237 \text{ mm}^2$$

$$S_{i,cr} = b \times 0,5 \times x_{cr}^2 + \alpha_s \times A_s \times d$$

$$S_{i,cr} = 17092389,59 \text{ mm}^3$$

$$z_{i,cr} = S_{i,cr} / A_{i,cr}$$

$$z_{i,cr} = 122,76 \text{ mm}$$

Moment setrvačností ideálního průřezu s trhlinami

$$I_{i,cr} = I_{cr} + A_{cr} \times (z_{i,cr} - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_{i,cr})^2]$$

$$I_{i,cr} = 8,62E+09 \text{ mm}^4$$



Šířka trhlin

$$\sigma_s = as \times \frac{Mek, kvaz}{Ii, cr} (d - zi, cr) \quad \sigma_s = 121 \text{ MPa}$$

$$wk = sr, \max \times (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$* \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{Es} - kt \times \varepsilon_{sr} = \frac{\sigma_s}{Es} \left(1 - kt \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right) = \left[\sigma_s - kt \frac{fct, eff}{\rho p, eff} (1 + as \times \rho p, eff) \right] / Es \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{Es}$$

kt pro dlouhodobé zatážení

$$kt = 0.4$$

fct,eff = fctm

$$fct, eff = 2.6 \text{ MPa}$$

$$heff = \min[2,5 \times (h - d); (h - x) / 3; 0,5 \times h]$$

$$hc, eff = 175 \text{ mm}$$

$$Ac, eff = b \times heff$$

$$Ac, eff = 175000 \text{ mm}^2$$

$$\rho p, eff = As / Ac, eff$$

$$\rho p, eff = 0.01436$$

$$0.6 \sigma_s / Es = 0.00036 < \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00021 \text{ nevyhovuje}$$

$$* sr, \max = 3,4 \times cnom + 0,425 \times k1 \times k2 \times \Phi / \rho p, eff$$

$$sr, \max = 372.768802 \text{ mm}$$

$$cnom = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Pro žebikovou výztuž } k1 = 0.8$$

$$\text{Pro ohybané prvky } k2 = 0.5$$

$$\Phi = 20 \text{ mm}$$

$$wk = 0.135 \text{ mm} < wlim = 0.2 \text{ mm}$$

vyhovuje



10.3.3. Dimenzování dolní výztuže v oblastí pod sloupy:

tloušťka desky h=0,65m

*Potřebné minimální vyztužení dle omezení šířky raných trhlin přímým výpočtem je $\varnothing 20$ á 130 mm s plochou výztuže $A_s=2417\text{mm}^2$.

MSU: Průřez pod sloupem:	D6		E5		D5	
Směr	Y	X	X	Y	Y	X
Vnitřní síly mED1 [kNm]	569	522	471	360	511	483
Výška průřezu	650	650	650	650	650	650
Účinná výška d	600	580	600	580	600	580
Potřebná plocha výztuže $A_{s,req1}$ [mm ²]	2295	2175	1882	1476	2049	2005
Základní rastr $\varnothing 20$ á 130mm: plocha výztuže [mm ²]	2417	2417	2417	2417	2417	2417
Příložka průměr Φ [mm]	0	0	0	0	0	0
Příložka rozteč S [mm]	300	150	150	150	150	150
Plocha výztuže $A_{s,prov}$ [mm ²]	2417	2417	2417	2417	2417	2417
Výška tlačené oblasti X [mm]	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9
Rameno vn. sil Z [mm]	568.5	548.5	568.5	548.5	568.5	548.5
Ohybová únosnost MRd [kNm]	597.67	576.65	597.67	576.65	597.67	576.65
Využití	0.95	0.91	0.79	0.62	0.85	0.84
Posudek	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Konstrukční zásady:						
Minimální plocha vyztužení $A_{s,min} < A_{s,prov}$ $A_{s,min} = 1072\text{mm}^2$	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Maximální plocha vyztužení $A_{s,max} > A_{s,prov}$ $A_{s,max} = 24000\text{mm}^2$	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje

MSP: Průřez pod sloupem:	D6		E5		D5	
směr	Y	X	X	Y	Y	X
Základní výztuž: průměr $\Phi 1$ [mm]	20	20	20	20	20	20
Vnitřní síly mEk,kvaz [kNm]	419	385	332	267	371	338
$\alpha e =$	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56
Průřez bez trhlin						
Plocha ideálního průřezu A_i [mm ²]	665849	665849	665849	665849	665849	665849
$z_c = 0.5 \times h$ [mm]	325	325	325	325	325	325
$z_i \cdot h$ [mm]	331.5	331.1	331.5	331.1	331.5	331.1
I_i [mm ⁴]	2.41E+10	2.39E+10	2.41E+10	2.39E+10	2.41E+10	2.39E+10
M_{cr} [kNm/m]	196	195	196	195	196	195
Trhliny	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Průřez porušený trhlinami						
x_{cr} [mm]	122.97	120.67	122.97	120.67	122.97	120.67
$A_{i.cr}$ [mm ²]	138817	136515	138817	136515	138817	136515
$S_{i.cr}$ [mm ³]	1.71E+07	1.65E+07	1.71E+07	1.65E+07	1.71E+07	1.65E+07
$z_{i.cr}$ [mm]	122.97	120.67	122.97	120.67	122.97	120.67
$I_{i.cr}$ [mm ⁴]	8.78E+09	8.53E+09	8.78E+09	8.53E+09	8.78E+09	8.53E+09
Výpočet šířky trhliny						
napětí ve výztuži σ_s [MPa]	149	136	118	94	132	119
k_t	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$f_{ct,eff}$ [MPa]	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
$h_{c,eff}$ [mm]	125	175	125	175	125	175
$A_{c,eff}$ [mm ²]	125000	175000	125000	175000	125000	175000
ρ_p,eff	0.019	0.014	0.019	0.014	0.019	0.014
$\epsilon_{sm-\epsilon_{cm}}$	0.00044	0.00027	0.00029	0.00006	0.00036	0.00019
$0.6\sigma_s/E_s$	0.00045	0.00041	0.00035	0.00028	0.00040	0.00036
$s_{r,max}$ [mm]	312	382	312	382	312	382
k_1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
k_2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Posudek						
w_k [mm]	0.140	0.156	0.111	0.108	0.124	0.137



*Potřebné minimální vyztužení dle omezení šířky trhlin přímým výpočtem je $\varnothing 20$ á 130 mm s plochou vyztuže $A_s=2417\text{mm}^2$.

MSU: Průřez pod sloupem:	G5		C6		J6	
Směr	X	Y	Y	X	X	Y
Vnitřní síly mED1 [kNm]	391	359	436	410	355	309
Výška průřezu	650	650	650	650	650	650
Účinná výška d	600	580	600	580	600	580
Potřebná plocha vyztuže $A_{s,req1}$ [mm ²]	1550	1472	1736	1689	1403	1260
Základní rastr $\varnothing 20$ á 130mm: plocha vyztuže[mm ²]	2417	2417	2417	2417	2417	2417
Příložka průměr Φ [mm]	0	0	0	0	0	0
Příložka rozteč s [mm]	125	125	100	100	125	150
Plocha vyztuže $A_{s,prov}$ [mm ²]	2417	2417	2417	2417	2417	2417
Výška tlačené oblasti X [mm]	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9
Rameno vn. sil Z [mm]	568.5	548.5	568.5	548.5	568.5	548.5
Ohybová únosnost MRd [kNm]	597.67	576.65	597.67	576.65	597.67	576.65
Využití	0.65	0.62	0.73	0.71	0.59	0.54
Posudek	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Konstrukční zásady:						
Minimální plocha vyztužení $A_{s,min} < A_{s,prov}$ $A_{s,min} = 1072\text{mm}^2$	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Maximální plocha vyztužení $A_{s,max} > A_{s,prov}$ $A_{s,max} = 24000\text{mm}^2$	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje

MSP: Průřez pod sloupem:	G5		C6		J6	
směr	X	Y	Y	X	X	Y
Základní vyztuž: průměr $\Phi 1$ [mm]	20	20	20	20	20	20
Vnitřní síly mEK,kvaz [kNm]	282	269	330	295	264	219
$a_e =$	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56
Průřez bez trhlin						
Plocha ideálního průřezu A_i [mm ²]	665849	665849	665849	665849	665849	665849
$z_c = 0.5 \times h$ [mm]	325	325	325	325	325	325
$z_i \cdot h$ [mm]	331.5	331.1	331.5	331.1	331.5	331.1
I_i [mm ⁴]	2.41E+10	2.39E+10	2.41E+10	2.39E+10	2.41E+10	2.39E+10
M_{cr} [kNm/m]	196	195	196	195	196	195
Trhliny	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Průřez porušený trhlinami						
x_{cr} [mm]	122.97	120.67	122.97	120.67	122.97	120.67
$A_{i.cr}$ [mm ²]	138817	136515	138817	136515	138817	136515
$S_{i.cr}$ [mm ³]	1.71E+07	1.65E+07	1.71E+07	1.65E+07	1.71E+07	1.65E+07
$z_{i.cr}$ [mm]	122.97	120.67	122.97	120.67	122.97	120.67
$I_{i.cr}$ [mm ⁴]	8.78E+09	8.53E+09	8.78E+09	8.53E+09	8.78E+09	8.53E+09

Výpočet šířky trhliny						
napětí ve vyztuži σ_s [MPa]	100	95	118	104	94	77
kt	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$f_{ct,eff}$ [MPa]	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
$h_{c,eff}$ [mm]	125	175	125	175	125	175
$A_{c,eff}$ [mm ²]	125000	175000	125000	175000	125000	175000
$\rho_{p,eff}$	0.019	0.014	0.019	0.014	0.019	0.014
ϵ_{sm-ecm}	0.00020	0.00006	0.00028	0.00011	0.00017	-0.00002
$0.6\sigma_s/E_s$	0.00030	0.00029	0.00035	0.00031	0.00028	0.00023
$s_{r,max}$ [mm]	312	382	312	382	312	382
k1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
k2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Posudek						
wk [mm]	0.094	0.109	0.110	0.119	0.088	0.089



10.3.5. Dimenzování dolní výztuže v oblasti pod stěny: tloušťka desky

h=0,40m

MSU:	Stěna na ose 4	Stěna na ose 6	Stěna na ose G
Směr	X	X	Y
Vnitřní síly mED1 [kNm]	256	355	365
Výška průřezu	400	400	400
Účinná výška d	336	336	352
Potřebná plocha výztuže $A_{s,req1}$ [mm²]	1890	2715	2643
Základní rastr $\varnothing 16$ á 100mm: plocha výztuže[mm ²]	2011	2011	2011
Příložka průměr Φ [mm]	0	14	16
Příložka rozteč S [mm]	150	200	200
Plocha výztuže $A_{s,prov}$ [mm ²]	2011	2780	3016
Výška tlačené oblasti X [mm]	65.6	90.7	98.4
Rameno vn. sil Z [mm]	309.8	299.7	312.6
Ohybová únosnost MRd [kNm]	270.97	362.49	410.15
Využití	0.94	0.98	0.89
Posudek	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Konstrukční zásady:			
Minimální plocha vyztužení $A_{s,min}$ < $A_{s,prov}$ $A_{s,min} = 1072\text{mm}^2$	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Maximální plocha vyztužení $A_{s,max}$ > $A_{s,prov}$ $A_{s,max} = 24000\text{mm}^2$	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje

MSP: Průřez pod sloupem:	Stěna na ose 4	Stěna na ose 5	Stěna na ose 6
směr	X	X	Y
Základní rastr: průměr Φ [mm]	16	16	16
Vnitřní síly mEk,kvaz [kNm]	191	285	282
$\alpha e =$	6.56	6.56	6.56
Průřez bez trhlin			
Plocha ideálního průřezu A_i [mm ²]	413187	418231	419776
$z_c = 0.5 \times h$ [mm]	200	200	200
$z_i.h$ [mm]	204.3	205.9	206.4
I_i [mm ⁴]	5.57E+09	5.66E+09	5.68E+09
Mcr [kNm/m]	74	76	76
Trhliny	ANO	ANO	ANO
Průřez porušený trhlinami			
x_{cr} [mm]	81.87	93.95	97.19
$A_i.cr$ [mm ²]	95055	112178	116963
$S_i.cr$ [mm ³]	7.78E+06	1.05E+07	1.14E+07
$z_i.cr$ [mm]	81.87	93.95	97.19
$I_i.cr$ [mm ⁴]	2.04E+09	2.19E+09	2.23E+09



Výpočet šířky trhliny			
napětí ve výztuži σ_s [MPa]	156	206	198
k_t	0.4	0.4	0.4
$f_{ct,eff}$ [MPa]	2.6	2.6	2.6
$h_{c,eff}$ [mm]	106.0	102.0	100.9
$A_{c,eff}$ [mm ²]	106044	102018	100938
$\rho_{p,eff}$	0.019	0.027	0.030
$\epsilon_{sm-\epsilon_{cm}}$	0.00047	0.00081	0.00078
$0.6\sigma_s/E_s$	0.00047	0.00062	0.00059
$s_{r,max}$ [mm]	279	236	227
k_1	0.8	0.8	0.8
k_2	0.5	0.5	0.5
Posudek			
w_k [mm]	0.132	0.190	0.177



10.3.6. Dimenzování horní výztuže: tloušťka desky h=0,40m

*Základní výztuž základové desky tloušťky 400mm je **rastr $\varnothing 16$ á 100mm** s plochou výztuže $A_s=2011\text{mm}^2$.

MSU: Průřez pod sloupem:	3y	5y	4x	7x	8x
Směr	X	X	Y	Y	Y
Vnitřní síly mED1 [kNm]	132	165	166	145	166
Výška průřezu	400	400	400	400	400
Účinná výška d	330	330	350	350	350
Potřebná plocha výztuže $A_{s,req1}$ [mm²]	956	1207	1139	989	1139
Základní rastr $\varnothing 16$ á 100mm: plocha výztuže[mm ²]	2011	2011	2011	2011	2011
Příložka průměr Φ [mm]	0	0	0	0	0
Příložka rozteč S [mm]	200	200	150	125	100
Plocha výztuže $A_{s,prov}$ [mm²]	2011	2011	2011	2011	2011
Výška tlačené oblasti X [mm]	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6
Rameno vn. sil Z [mm]	303.8	303.8	323.8	323.8	323.8
Ohybová únosnost MRd [kNm]	265.72	265.72	283.22	283.22	283.22
Využití	0.50	0.62	0.59	0.51	0.59
Posudek	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Konstrukční zásady:					
Minimální plocha vyztužení $A_{s,min}$ < $A_{s,prov}$ $A_{s,min} = 1072\text{mm}^2$	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Maximální plocha vyztužení $A_{s,max}$ > $A_{s,prov}$ $A_{s,max} = 24000\text{mm}^2$	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje

MSP: Průřez pod sloupem:	3y	5y	4x	7x	8x
směr	X	X	Y	Y	Y
Základní rastr: průměr Φ [mm]	16	16	16	16	16
Vnitřní síly mEk,kvaz [kNm]	103	128	124	117	124
$\alpha e =$	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56
Průřez bez trhlin					
Plocha ideálního průřezu A_i [mm ²]	413187	413187	413187	413187	413187
$z_c = 0.5 \times h$ [mm]	200	200	200	200	200
$z_i.h$ [mm]	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8
I_i [mm ⁴]	5.62E+09	5.62E+09	5.62E+09	5.62E+09	5.62E+09
Mcr [kNm/m]	75	75	75	75	75
Trhliny	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Průřez porušený trhlinami					
x_{cr} [mm]	83.79	83.79	83.79	83.79	83.79
$A_{i.cr}$ [mm ²]	96978	96978	96978	96978	96978
$S_{i.cr}$ [mm ³]	8.13E+06	8.13E+06	8.13E+06	8.13E+06	8.13E+06
$z_{i.cr}$ [mm]	83.79	83.79	83.79	83.79	83.79
$I_{i.cr}$ [mm⁴]	2.12E+09	2.12E+09	2.12E+09	2.12E+09	2.12E+09

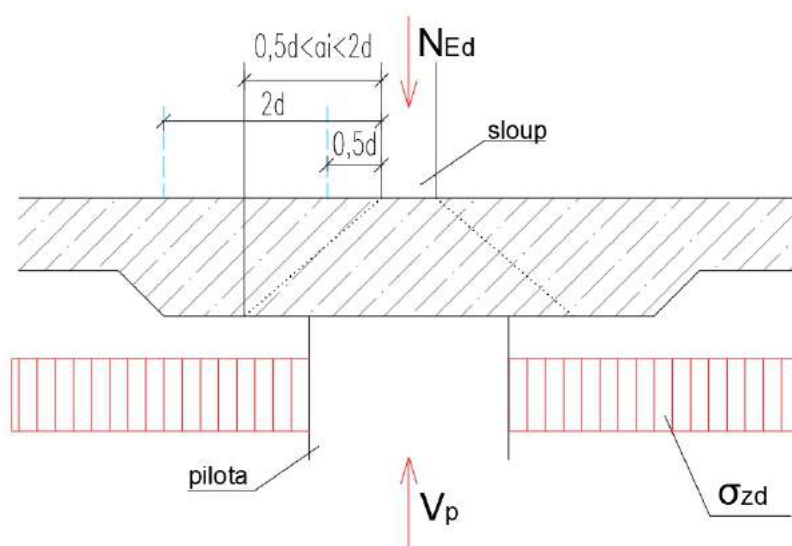


Výpočet šířky trhliny					
napětí ve výztuži σ_s [MPa]	85	106	102	97	102
k_t	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$f_{ct,eff}$ [MPa]	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
$h_{c,eff}$ [mm]	105.4	105.4	105.4	105.4	105.4
$A_{c,eff}$ [mm ²]	105403	105403	105403	105403	105403
$\rho_{p,eff}$	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
$\epsilon_{sm-\epsilon_{cm}}$	0.00012	0.00022	0.00021	0.00018	0.00021
$0.6\sigma_s/E_s$	0.00026	0.00032	0.00031	0.00029	0.00031
s_r,max [mm]	279	279	279	279	279
k_1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
k_2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Posudek					
w_k [mm]	0.071	0.088	0.086	0.081	0.086

10.4. Mezní stav protlačení

10.4.1. Postup návrhu

Při posouzení na protlačení základových desek lze redukovat reakci podloží o část zatížení, která je uvnitř kontrolovaného obvodu a_i (viz.Obr.116). Tato část zatížení nevyvolává protlačení desky, t.e. nenamáhá desku v místě tlačené diagonály. Vzhledem velké výšce základové desky, na smyk budou navrhnuty ohyby.



Obr.116. Kontrolní obvod

N_{Ed} - Normálová síla při kombinaci MSU bez účinku vztlaku vody

V_p - Reakce v pilotách pod sloupy při kombinaci zatížení MSU bez účinku vztlaku vody

σ_{zd} - Návrhové kontaktní napětí při kombinaci zatížení MSU

$\sigma_{zd} = (N_{Ed} - V_p)/A_{zd} + f_{vztlak\ vody} \times A_{zd}$, kde:

A_{zd} :- Účinná plocha přenášející sílu od sloupu do základové spáry

$f_{vztlak\ vody}$ - Zatížení vztlakem podzemní vody, $f_{vztlak\ vody} = \gamma_w \times h_{1PP} = 40 \text{ kN/m}^2$.



Kontrolované obvody:

a [m]	u(a) [m]
0.50 d	4.25
0.66 d	4.85
0.75 d	5.18
1.00 d	6.11
1.25 d	7.03
1.50 d	7.96
1.75 d	8.88
2.00 d	9.81

,kde

a - vzdálenost od líce sloupu do kontrolovaného obvodu [m]

$u_{(a)}$ - délka kontrolovaného obvodu [m]: $u_{(a)}=2\pi a+2(h_c+b_c)$

d - účinná výška desky [m]: $d=(d_1+d_2)/2$, kde:

$d_1 = h_{zd} - c_{nom} - \varnothing_1/2$; $d_2 = h_{zd} - c_{nom} - \varnothing_1 - \varnothing_1/2$;

h_c, b_c - rozměry sloupu

Plochy kontrolovaných obvodů:

$$A(a) = hc \times bc + \pi \times (a \times d)^2 + a \times d \times 2 \times (hc + bc)$$

Redukovaná posouvající síla:

V obvodech kde plocha piloty je větší než plocha kontrolovaného obvodu:

$$\Delta V_{Ed,red(a)} = N_{Ed} + f_{vztlak\ vody} \times A_{zd} - V_p$$

V obvodech, kde plocha piloty je menší než plocha kontrolovaného obvodu:

$$\Delta V_{Ed,red(a)} = N_{Ed} + f_{vztlak\ vody} \times A_{zd} - V_p - (A_{(a)} - A_p) \times \sigma_{zd}$$

Smykové napětí v kontrolovaném obvodě

$$v_{Ed,red(a)} = \beta \times \frac{V_{Ed,red(a)}}{u_{(a)} \times d}, \text{ kde}$$

β - vliv ohybového momentu, pro centrické namáhání $\beta=1,00$

Ověření maximální smykové odolnosti desky v protlačení v líci sloupu

$$v_{Ed,0} \leq v_{Rd,max}, \text{ kde:}$$

v_{Ed} - smyková napětí v kontrolovaném obvodu [MPa]

$v_{Rd,max}$ - maximální únosnost v protlačení v obvodu sloupu [MPa]

$$v_{Rdc,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,54 \times 16,66 \text{ MPa} = 3598 \text{ kPa}$$

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck}/250) = 0,6 \times (1 - 25/250) = 0,54$$

Smyková odolnost v dalších obvodech bez výztuže:

$$v_{Ed,red(a)} \leq v_{Rd,c(a)}$$

$$v_{Rd,c}(a) = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot \frac{2d}{a} \geq v_{min} \frac{2d}{a}, \text{ kde:}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0;$$

$\rho \leq 0,02$ - stupeň vyztužení v oblastí $3 \times d$ od líce sloupu:

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b \times d_1}; \quad \rho_2 = \frac{A_{s2}}{b \times d_2}; \quad \rho = \sqrt{\rho_1 \times \rho_2};$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

Je li vyhovuje, není nutné vyztužovat průřez proti protlačení. V opačném případě se navrhnou ohybové kozlíky nutné plochy.

Únosnost průřezu se smykovou výztuží

$$v_{Ed,red(a)} \leq v_{Rd,cs(a)}$$

$$v_{Rd,cs}(a) = 0,75 \times v_{Rd,c} + 1,5 \times (d / s_r) \times A_{sw} \times f_{ywd,eff} \frac{\sin \alpha}{u_1 \times d}, \text{ kde:}$$

$1,5 \times (d/s_r)$ - počet prvku smykové výztuže v oblasti mezi vyšetřovaným a předchozím kontrolovaným obvodem. Pro smykové výztuže tvořené ohybovými kozlíky lze nahradit hodnotou 0,67.

A_{sw} - plocha smykové výztuže v obvodu [m^2]

$f_{ywd,eff}$ - účinná pevnost smykové výztuže na protlačení [MPa]:

$$f_{ywd,eff} = 250 + 0,25d < f_{ywd} = 435 \text{ MPa}$$

α - úhel, který svírá smyková výztuž s rovinou desky

Ověření maximální únosnosti průřezu se smykovou výztuží

$$v_{Ed,red(a)} \leq k_{max} \times v_{Rd,c(a)}$$

kde:

 $v_{Ed,red(a)}$ - smyková napětí v kontrolovaném obvodu [MPa] $v_{Rd,c(a)}$ - maximální únosnost nevyztuženého průřezu v protlačení [MPa] k_{max} - součinitel maximální únosností vyztuženého průřezu,

doporučená hodnota je 1,5

10.4.2. Skupiny oblastí

Pro posouzení desek na protlačení byly oblasti k posouzení rozděleny do skupin. Skupiny byly vytvořeny podle velikosti posouvající síly a reakce v podporách. Oblasti s tloušťkou desky 650mm byly rozděleny do 3 skupin, oblasti s tloušťkou desky 400mm taky byly rozděleny výše uvedenými kritéria do 3 skupin.

Dále nejnejpříznivější případy ze všech skupin byly posuzovány na maximální smykovou odolnost desky v protlačení v líci sloupu $v_{Rd,max}$; smykovou odolnost v dalších obvodech bez výztuže $v_{Rd,c(a)}$ při redukovaném posouvající síle; v průřezích kde bylo nutné vyztužit byly navrženy ohybové kozlíky a následně posuzovány na únosnost v protlačení s výztužemi $v_{Rd,cs(a)}$.

Skupina 1 hzd=650mm

Sloupy	NEd	Vp - reakce	Azd	Ved	σ_{zd}
	[kN]	[kN]	[m ²]	[kN]	[kPa]
D-6	6774	3733	52	8854	98.5
D-5	6143	3334	52	8223	94.0
F-5	6544	3660	43	8264	107.1

Skupina 2 hzd=650mm

Sloupy	NEd	Vp - reakce	Azd	Ved	σ_{zd}
	[kN]	[kN]	[m ²]	[kN]	[kPa]
E-5	5489	3134	43	7209	14.8
G-5	5431	3154	43	7151	13.0
C-6	5311	2985	43	7031	14.1



Skupina 3 hzd=650mm

Sloupy	NEd	Vp - reakce	Azd	Ved	σ_{zd}
	[kN]	[kN]	[m ²]	[kN]	[kPa]
C-5	4391	2385	43	6111	86.7
J-6	4414	2689	30	5614	97.5
G'-2	4181	2667	40	5781	77.9
G'-3	4349	2738	40	5949	80.3
J-5	4270	2726	30	5470	91.5

Skupina 4 hzd=400mm

Sloupy	NEd	Vp - reakce	Azd	Ved	σ_{zd}
	[kN]	[kN]	[m ²]	[kN]	[kPa]
F6	4536	3025	34	5896	84.4
E6	4290	3116	33	5610	75.6
H5	3814	1943	35	5214	93.5

Skupina 5 hzd=400mm

Sloupy	NEd	Vp - reakce	Azd	Ved	σ_{zd}
	[kN]	[kN]	[m ²]	[kN]	[kPa]
I5	3231	1921	27	4311	88.5
G3	2955	1763	40	4555	69.8
I6	2845	1759	30	4045	76.2
H6	2836	1620	30	4036	80.5

Skupina 6 hzd=400mm

Sloupy	NEd	Vp - reakce	Azd	Ved	σ_{zd}
	[kN]	[kN]	[m ²]	[kN]	[kPa]
I-7	2285	1090	16	2925	114.7
H7	1638				
G2	1583				
B6	876				
B5	756				



10.4.3. Posouzení na protlačení Skupiny 1

Material				Průřez		Zatížení	
Beton	C25/30	Výztuž	B500B	hzd [m]	0.65	NEd [kN]	6774
fck[MPa]	25	fyk[MPa]	500	hc [m]	0.8	Vp [kN]	3733
fcd[MPa]	16.67	fywd[MPa]	391.6	bc [m]	0.4	VEd [kN]	8854
kmax	1.5	α ohybu	45	cnom	0.04	σ zd [kPa]	98.5
				pilota: dp [m]	1.5	Azd [m2]	52

a	u(a)	A(a)	VEd,red(a)	vEd(a)	vRdc(a)	vmin2d/a	vRdc(a)×kmax	
[m]	[m]	[m2]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
0.50	d	4.25	1.30	5121	2.04	1.649	1.39	2.47
0.66	d	4.85	1.73	5121	1.79	1.249	1.06	1.87
0.75	d	5.18	2.00	5098	1.67	1.100	0.93	1.65
1.00	d	6.11	2.83	5016	1.39	0.825	0.70	1.24
1.25	d	7.03	3.80	4921	1.19	0.660	0.56	0.99
1.50	d	7.96	4.90	4812	1.02	0.550	0.46	0.82
1.75	d	8.88	6.15	4690	0.89	0.471	0.40	0.71
2.00	d	9.81	7.53	4554	0.79	0.412	0.35	0.62

Posouzení na dostatek průřezu pro smykovou výztuž nevyhovuje, proto je nutné zvětšit tloušťku desky. Bylo rozhodnuto zvětšit tloušťku rozšíření na 800mm:

Vrdmax 3.6 MPa > vEd0 2.88 MPa nevyhovuje

Material				Průřez		Zatížení	
Beton	C25/30	Výztuž	B500B	hzd [m]	0.8	NEd [kN]	6774
fck[MPa]	25	fyk[MPa]	500	hc [m]	0.8	Vp [kN]	3733
fcd[MPa]	16.67	fywd[MPa]	427.6	bc [m]	0.4	VEd [kN]	8854
kmax	1.5	α ohybu	45	cnom	0.04	σ zd [kPa]	98.5
				pilota: dp [m]	1.5	Azd [m2]	52

a	u(a)	A(a)	VEd,red(a)	vEd(a)	vRdc(a)	vmin2d/a	vRdc(a)×kmax	
[m]	[m]	[m2]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
0.50	d	4.72	1.64	5121	1.47	1.469	1.31	2.20
0.66	d	5.47	2.24	5121	1.27	1.113	0.99	1.67
0.75	d	5.89	2.62	5037	1.16	0.979	0.87	1.47
1.00	d	7.05	3.82	4919	0.94	0.735	0.66	1.10
1.25	d	8.21	5.23	4780	0.79	0.588	0.52	0.88
1.50	d	9.37	6.85	4620	0.67	0.490	0.44	0.73
1.75	d	10.53	8.69	4439	0.57	0.420	0.37	0.63
2.00	d	11.69	10.75	4236	0.49	0.367	0.33	0.55

a	σ tr	ks,tr	Asw	vRd,cs(a)	využití	
[m]	[mm]	ks	[mm2]	[MPa]	[-]	
0.50	d	0	24	0	1.10	1.00
0.66	d	20	24	7536	1.40	0.90
0.75	d	20	24	7536	1.26	0.92
1.00	d	20	24	7536	0.99	0.95
1.25	d	20	24	7536	0.82	0.96
1.50	d	20	24	7536	0.70	0.96
1.75	d	20	24	7536	0.61	0.94

Návrh výztuže:

σ tr =
20
ks =
6



10.4.4. Posouzení na protlačení Skupiny 2

Vrdmax 3.6 MPa > vEd0 2.88 MPa vyhovuje

Material				Průřez		Zatížení	
Beton	C25/30	Výztuž	B500B	hzd [m]	0.65	NEd [kN]	5489
fck[MPa]	25	fyk[MPa]	500	hc [m]	0.8	Vp [kN]	3134
fcd[MPa]	16.67	fywd[MPa]	391.6	bc [m]	0.4	VEd [kN]	7209
kmax	1.5	α ohybu	45	cnom	0.04	σ zd [kPa]	94.8
				pilota: dp [m]	1.3	Azd [m2]	43

a		u(a)	A(a)	VEd,red(a)	vEd(a)	vRdc(a)	vmin2d/a	vRdc(a)*kmax
[m]		[m]	[m2]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
0.50	d	4.25	1.30	4075	1.62	1.649	1.39	2.47
0.66	d	4.85	1.73	4075	1.43	1.249	1.06	1.87
0.75	d	5.18	2.00	4011	1.31	1.100	0.93	1.65
1.00	d	6.11	2.83	3933	1.09	0.825	0.70	1.24
1.25	d	7.03	3.80	3841	0.93	0.660	0.56	0.99
1.50	d	7.96	4.90	3736	0.80	0.550	0.46	0.82
1.75	d	8.88	6.15	3618	0.69	0.471	0.40	0.71
2.00	d	9.81	7.53	3487	0.60	0.412	0.35	0.62

a		σ tr	ks,tr	Asw	vRd,cs(a)	využití
[m]		[mm]	ks	[mm2]	[MPa]	[-]
0.50	d	0	24	0	1.65	0.98
0.66	d	20	24	7536	1.67	0.85
0.75	d	20	24	7536	1.51	0.87
1.00	d	20	24	7536	1.20	0.91
1.25	d	20	24	7536	1.00	0.93
1.50	d	20	24	7536	0.86	0.93
1.75	d	20	24	7536	0.75	0.92
2.00	d	20	24	7536	0.67	0.90

Návrh
výztuže:

σ tr =
20
ks =
6



10.4.5. Posouzení na protlačení Skupiny 3

Vrdmax 3.6 MPa > vEd0 3.16 MPa vyhovuje

Material				Průřez		Zatížení	
Beton	C25/30	Výztuž	B500B	hzd [m]	0.65	NEd [kN]	4391
fck[MPa]	25	fyk[MPa]	500	hc [m]	0.7	Vp [kN]	2385
fcd[MPa]	16.67	fywd[MPa]	391.6	bc [m]	0.3	VEd [kN]	6111
kmax	1.5	α ohybu	45	cnom	0.04	σ zd [kPa]	86.7
				pilota: dp [m]	1.1	Azd [m2]	43

a	u(a)	A(a)	VEd,red(a)	vEd(a)	vRdc(a)	vmin2d/a	vRdc(a)*kmax	
[m]	[m]	[m2]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
0.50	d	3.85	1.07	3726	1.64	1.649	1.39	2.47
0.66	d	4.45	1.46	3726	1.42	1.249	1.06	1.87
0.75	d	4.78	1.71	3660	1.30	1.100	0.93	1.65
1.00	d	5.71	2.48	3593	1.07	0.825	0.70	1.24
1.25	d	6.63	3.39	3514	0.90	0.660	0.56	0.99
1.50	d	7.56	4.44	3424	0.77	0.550	0.46	0.82
1.75	d	8.48	5.62	3321	0.66	0.471	0.40	0.71
2.00	d	9.41	6.94	3207	0.58	0.412	0.35	0.62

a	σ tr	ks,tr	Asw	vRd,cs(a)	využití	
[m]	[mm]	ks	[mm2]	[MPa]	[-]	
0.50	d	0	32	0	1.24	0.99
0.66	d	16	32	6430.72	1.62	0.88
0.75	d	16	32	6430.72	1.46	0.89
1.00	d	16	32	6430.72	1.15	0.93
1.25	d	16	32	6430.72	0.95	0.94
1.50	d	16	32	6430.72	0.81	0.94
1.75	d	16	32	6430.72	0.71	0.93
2.00	d	16	32	6430.72	0.63	0.91

Návrh výztuže:

σ tr =
16
ks =
8



10.4.6. Posouzení na protlačení Skupiny 4

Material				Průřez		Zatížení	
Beton	C25/30	Výztuž	B500B	hzd [m]	0.4	NEd [kN]	4536
fck[MPa]	25	fyk[MPa]	500	hc [m]	0.7	Vp [kN]	3025
fcd[MPa]	16.67	fywd[MPa]	332.56	bc [m]	0.3	VEd [kN]	5896
kmax	1.5	α ohybu	45	cnom	0.04	σ_{zd} [kPa]	84.4
				pilota: dp [m]	1.3	Azd [m ²]	34

a	u(a)	A(a)	VEd,red(a)	vEd(a)	vRdc(a)	vmin2d/a	vRdc(a)*kmax	
[m]	[m]	[m ²]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
0.50	d	3.08	0.65	2871	2.71	2.246	1.64	3.37
0.66	d	3.43	0.83	2871	2.44	1.702	1.24	2.55
0.75	d	3.62	0.94	2904	2.33	1.498	1.09	2.25
1.00	d	4.16	1.27	2876	2.01	1.123	0.82	1.68
1.25	d	4.70	1.65	2844	1.76	0.899	0.66	1.35
1.50	d	5.24	2.08	2808	1.56	0.749	0.55	1.12
1.75	d	5.78	2.55	2768	1.39	0.642	0.47	0.96
2.00	d	6.32	3.07	2724	1.25	0.562	0.41	0.84

Posouzení na dostatek průřezu pro smykovou výztuž nevyhovuje, proto je nutné zvětšit tloušťku desky nebo navrhnout únosnější pilotu pod sloup. Bylo rozhodnuto zvětšit tloušťku rozšíření na 550mm:

V_{rdmax} 3.6 MPa > v_{Ed0} 2.91 MPa vyhovuje

Material				Průřez		Zatížení	
Beton	C25/30	Výztuž	B500B	hzd [m]	0.55	NEd [kN]	4536
fck[MPa]	25	fyk[MPa]	500	hc [m]	0.7	Vp [kN]	3025
fcd[MPa]	16.67	fywd[MPa]	368.56	bc [m]	0.3	VEd [kN]	5896
kmax	1.5	α ohybu	45	cnom	0.04	σ_{zd} [kPa]	84.4
				pilota: dp [m]	1.3	Azd [m ²]	34

a	u(a)	A(a)	VEd,red(a)	vEd(a)	vRdc(a)	vmin2d/a	vRdc(a)*kmax	
[m]	[m]	[m ²]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
0.50	d	3.55	0.90	2871	1.64	1.849	1.47	2.77
0.66	d	4.05	1.20	2871	1.44	1.400	1.11	2.10
0.75	d	4.33	1.38	2866	1.34	1.232	0.98	1.85
1.00	d	5.10	1.96	2817	1.12	0.924	0.73	1.39
1.25	d	5.88	2.64	2760	0.95	0.739	0.59	1.11
1.50	d	6.65	3.42	2695	0.82	0.616	0.49	0.92
1.75	d	7.43	4.29	2621	0.71	0.528	0.42	0.79
2.00	d	8.20	5.25	2539	0.63	0.462	0.37	0.69

a	σ_{tr}	ks,tr	Asw	vRd,cs(a)	využití	
[m]	[mm]	ks	[mm ²]	[MPa]	[-]	
0.50	d	16	24	4823.04	2.11	0.89
0.66	d	16	24	4823.04	1.68	0.85
0.75	d	16	24	4823.04	1.52	0.89
1.00	d	16	24	4823.04	1.19	0.94
1.25	d	16	24	4823.04	0.99	0.96
1.50	d	16	24	4823.04	0.85	0.97
1.75	d	16	24	4823.04	0.74	0.96
2.00	d	16	24	4823.04	0.66	0.95

Návrh výztuže:

$\sigma_{tr} =$
16
ks =
6



10.4.7. Posouzení na protlačení Skupiny 5

Material				Průřez		Zatížení	
Beton	C25/30	Výztuž	B500B	hzd [m]	0.4	NEd [kN]	3231
fck[MPa]	25	fyk[MPa]	500	hc [m]	0.7	Vp [kN]	1921
fcd[MPa]	16.67	fywd[MPa]	331.6	bc [m]	0.3	VEd [kN]	4311
kmax	1.5	α ohybu	45	cnom	0.04	σ zd [kPa]	88.5
				pilota: dp [m]	1.1	Azd [m ²]	27

a	u(a)	A(a)	VEd,red(a)	vEd(a)	vRdc(a)	vmin2d/a	vRdc(a)×kmax	
[m]	[m]	[m ²]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
0.50	d	3.07	0.64	2390	2.29	2.082	1.64	3.12
0.66	d	3.41	0.82	2390	2.06	1.577	1.25	2.37
0.75	d	3.60	0.92	2392	1.95	1.388	1.10	2.08
1.00	d	4.14	1.25	2363	1.68	1.041	0.82	1.56
1.25	d	4.67	1.63	2330	1.47	0.833	0.66	1.25
1.50	d	5.20	2.05	2293	1.30	0.694	0.55	1.04
1.75	d	5.74	2.51	2252	1.15	0.595	0.47	0.89
2.00	d	6.27	3.02	2207	1.03	0.520	0.41	0.78

Posouzení na dostatek průřezu pro smykovou výztuž nevyhovuje, proto je nutné zvětšit tloušťku desky nebo navrhnout únosnější pilotu pod sloup. Bylo rozhodnuto zvětšit tloušťku rozšíření na 550mm:

Vrdmax 3.6 MPa > vEd0 2.44 MPa vyhovuje

Material				Průřez		Zatížení	
Beton	C25/30	Výztuž	B500B	hzd [m]	0.55	NEd [kN]	3231
fck[MPa]	25	fyk[MPa]	500	hc [m]	0.7	Vp [kN]	1921
fcd[MPa]	16.67	fywd[MPa]	367.6	bc [m]	0.3	VEd [kN]	4311
kmax	1.5	α ohybu	45	cnom	0.04	σ zd [kPa]	88.5
				pilota: dp [m]	1.1	Azd [m ²]	27

a	u(a)	A(a)	VEd,red(a)	vEd(a)	vRdc(a)	vmin2d/a	vRdc(a)×kmax	
[m]	[m]	[m ²]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
0.50	d	3.54	0.89	2390	1.38	1.709	1.47	2.56
0.66	d	4.03	1.19	2390	1.21	1.295	1.11	1.94
0.75	d	4.31	1.37	2353	1.11	1.140	0.98	1.71
1.00	d	5.08	1.94	2302	0.93	0.855	0.73	1.28
1.25	d	5.85	2.61	2243	0.78	0.684	0.59	1.03
1.50	d	6.62	3.38	2175	0.67	0.570	0.49	0.85
1.75	d	7.39	4.23	2099	0.58	0.488	0.42	0.73
2.00	d	8.15	5.19	2015	0.50	0.427	0.37	0.64

a	σ tr	ks,tr	Asw	vRd,cs(a)	využití	
[m]	[mm]	ks	[mm ²]	[MPa]	[-]	
0.50	d	0	16	0	1.28	0.81
0.66	d	0	16	0	0.97	0.93
0.75	d	0	16	0	0.85	0.98
1.00	d	16	16	3215.36	0.98	0.95
1.25	d	16	16	3215.36	0.81	0.97
1.50	d	16	16	3215.36	0.69	0.98
1.75	d	16	16	3215.36	0.60	0.97
2.00	d	16	16	3215.36	0.53	0.95

Návrh výztuže:

σ tr =	16
ks =	4



10.4.8. Posouzení na protlačení Skupiny 6

Vrdmax 3.6 MPa > vEd0 2.25 MPa vyhovuje

Material				Průřez		Zatížení	
Beton	C25/30	Výztuž	B500B	hzd [m]	0.4	NEd [kN]	2285
fck[MPa]	25	fyk[MPa]	500	hc [m]	0.8	Vp [kN]	1090
fcd[MPa]	16.67	fywd[MPa]	331.6	bc [m]	0.4	VEd [kN]	2925
kmax	1.5	α ohybu	45	cnom	0.04	σ_{zd} [kPa]	114.7
				pilota: dp [m]	1.1	Azd [m ²]	16

a		u(a)	A(a)	VEd,red(a)	vEd(a)	vRdc(a)	vmin2d/a	vRdc(a)×kmax
[m]		[m]	[m ²]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
0.50	d	3.47	0.82	1835	1.56	2.213	1.64	3.32
0.66	d	3.81	1.02	1835	1.42	1.677	1.25	2.52
0.75	d	4.00	1.14	1814	1.33	1.476	1.10	2.21
1.00	d	4.54	1.50	1772	1.15	1.107	0.82	1.66
1.25	d	5.07	1.91	1725	1.00	0.885	0.66	1.33
1.50	d	5.60	2.36	1673	0.88	0.738	0.55	1.11
1.75	d	6.14	2.86	1616	0.77	0.632	0.47	0.95
2.00	d	6.67	3.40	1553	0.68	0.553	0.41	0.83

a		σ_{tr}	ks,tr	Asw	vRd,cs(a)	využití
[m]		[mm]	ks	[mm ²]	[MPa]	[-]
0.50	d	0	20	0	1.66	0.70
0.66	d	0	20	0	1.26	0.84
0.75	d	0	20	0	1.11	0.90
1.00	d	14	20	3077.2	1.30	0.88
1.25	d	14	20	3077.2	1.08	0.92
1.50	d	14	20	3077.2	0.93	0.94
1.75	d	14	20	3077.2	0.82	0.94
2.00	d	14	20	3077.2	0.73	0.93

Návrh výztuže:

$\sigma_{tr} =$
14
ks =
5

Změny tloušťky desky v místech rozšíření byly vneseny do výpočetního modelu. Ohybové momenty kvůli vyšší tuhosti nových průřezů se zvětšily. V následující kapitole byly provedeny nové návrhy výztuže do změněných oblastí.



10.5. Návrh výztuže desky ve změněných průřezech

Návrh se provede stejným postupem: nejprve se stanoví minimální potřebná plocha výztuže dle omezení raných trhlin. Pak výztuž bude dimenzován na ohybové momenty při kombinaci MSU, a následně bude provedeno posouzení na mezní stav šířky trhlin při kombinaci MSP kvazistálé.

10.5.1. Vnitřní síly:

Před vnesením změny v tloušťce					Po změně tloušťky						
Sloupy	mxD+ při MSU [kNm/m]	myD+ při MSU [kNm/m]	tloušťka desky [mm]		mxD+ při MSU [kNm/m]	myD+ při MSU [kNm/m]	tloušťka desky [mm]		mxD+ při MSP [kNm/m]	myD+ při MSP [kNm/m]	tloušťka desky [mm]
F5	573	482	650	*	698	548	800	*	482	393	800
D6	522	569	650	*	646	658	800	*	474	484	800
D5	483	511	650	*	575	583	800	*	399	423	800
F6	259	293	400	*	256	359	550	*	214	269	550
H5	291	272	400	*	335	297	550	*	240	211	550
E6	234	200	400	*	262	247	550	*	204	180	550
I5	228	201	400	*	283	216	550	*	202	163	550
G3	190	189	400	*	210	210	550	*	172	165	550
I6	225	187	400	*	285	226	550	*	250	201	550
H6	236	175	400	*	289	193	550	*	277	180	550



10.5.2. Návrh a posouzení oblastí desky s tloušťkou h=800mm

Omezení raných trhlin přímým výpočtem

Material		Geometrie		Jiné parametry, součinitele	
Beton		b (m)	1	Φ (m)	0.02
fctm (kPa)	2600	h (m)	0.8	cnom (m)	0.04
fcteff (kPa)	1300	d (m)	0.75	s3	0.10
Ocek		Act (m2)	0.4	k	0.65
Es (kPa)	200000000	heff (m)	0.125	k3	2.49
		Aceff (m2)	0.125	požadavek na omezení	
				wk	0.0002

$$1) A_{s,min1} = \frac{s3 \times f_{ct,eff}(k \times Act - 0,4 \times A_{c,eff})}{2 \times E_s \times w_k} \pm$$

$$\sqrt{\left(\frac{s3 \times f_{ct,eff}(k \times Act - 0,4 \times A_{c,eff})}{2 \times E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,17 \times \Phi \times A_{c,eff} \times f_{ct,eff}(k \times Act - 0,4 \times A_{c,eff})}{E_s \times w_k}}$$

Asmin1 = 2076 mm2

mezivýsledky	1 část	339 mm2
	2 část	1737 mm2

$$2) A_{s,min2} = \frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct,eff} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \pm \sqrt{\left(\frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct,eff} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,204 \times \Phi \times A_{c,eff} \times f_{ct,eff} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k}}$$

Asmin2 = 2343 mm2

mezivýsledky	1 část	252 mm2
	2 část	2091 mm2

Asmin = 2343 mm2 - maximální hodnota

Potřebné minimální vyztužení dle omezení šířky trhlin přímým výpočtem je **ø20 á 125 mm** s plochou vyztuže As=2513mm².



Dimenzování a posouzení na MSU a MSP omezení šířky trhlin:

MSU: Průřez pod sloupem:	F5		D6		D5	
Směr	X	Y	Y	X	Y	X
Vnitřní síly mED1 [kNm]	698	548	658	646	583	575
Výška průřezu	800	800	800	800	800	800
Účinná výška d	750	730	750	730	750	730
Potřebná plocha výztuže $A_{s,req1}$ [mm ²]	2226	1783	2093	2114	1846	1873
Základní rastr $\varnothing 20$ á 125mm pro hzd=750mm; $\varnothing 16$ á 100mm pro	2513	2513	2513	2513	2513	2513
Příložka průměr Φ [mm]	0	0	0	0	0	0
Příložka rozteč S [mm]	300	150	150	150	150	150
Plocha výztuže $A_{s,prov}$ [mm ²]	2513	2513	2513	2513	2513	2513
Výška tlačené oblasti X [mm]	82.0	82.0	82.0	82.0	82.0	82.0
Rameno vn. sil Z [mm]	717.2	697.2	717.2	697.2	717.2	697.2
Ohybová únosnost MRd [kNm]	784.02	762.15	784.02	762.15	784.02	762.15
Využití	0.89	0.72	0.84	0.85	0.74	0.75
Posudek	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Konstrukční zásady:						
Minimální plocha vyztužení $A_{s,min} < A_{s,prov}$ $A_{s,min} = 1072\text{mm}^2$	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Maximální plocha vyztužení $A_{s,max} > A_{s,prov}$ $A_{s,max} = 24000\text{mm}^2$	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje

MSP: Průřez pod sloupem:	F5		D6		D5	
směr	X	Y	Y	X	Y	X
Základní výztuž: průměr $\Phi 1$ [mm]	20	20	20	20	20	20
Vnitřní síly mEk,kvaz [kNm]	482	393	484	474	423	399
$\alpha e =$	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56
Průřez bez trhlin						
Plocha ideálního průřezu A_i [mm ²]	816479	816479	816479	816479	816479	816479
$z_c = 0.5 \times h$ [mm]	400	400	400	400	400	400
$z_i \cdot h$ [mm]	407.1	406.7	407.1	406.7	407.1	406.7
I_i [mm ⁴]	4.46E+10	4.44E+10	4.46E+10	4.44E+10	4.46E+10	4.44E+10
Mcr [kNm/m]	295	294	295	294	295	294
Trhliny	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Průřez porušený trhlinami						
x_{cr} [mm]	141.60	139.50	141.60	139.50	141.60	139.50
$A_{i.cr}$ [mm ²]	158081	155982	158081	155982	158081	155982
$S_{i.cr}$ [mm ³]	2.24E+07	2.18E+07	2.24E+07	2.18E+07	2.24E+07	2.18E+07
$z_{i.cr}$ [mm]	141.60	139.50	141.60	139.50	141.60	139.50
$I_{i.cr}$ [mm ⁴]	1.58E+10	1.54E+10	1.58E+10	1.54E+10	1.58E+10	1.54E+10



Výpočet šířky trhliny	F5		D6		D5	
napětí ve výztuži σ_s [MPa]	122	99	122	119	107	100
k_t	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$f_{ct,eff}$ [MPa]	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
$h_{c,eff}$ [mm]	125	175	125	175	125	175
$A_{c,eff}$ [mm ²]	125000	175000	125000	175000	125000	175000
$\rho_{p,eff}$	0.020	0.014	0.020	0.014	0.020	0.014
$\epsilon_{sm-\epsilon_{cm}}$	0.00032	0.00010	0.00032	0.00020	0.00024	0.00010
$0.6\sigma_s/E_s$	0.00037	0.00030	0.00037	0.00036	0.00032	0.00030
$s_{r,max}$ [mm]	305	373	305	373	305	373
k_1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
k_2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Posudek						
w_k [mm]	0.111	0.110	0.112	0.133	0.098	0.112



10.5.3. Návrh a posouzení oblastí desky s tloušťkou 550mm

Omezení raných trhlin přímým výpočtem

Material		Geometrie		Jiné parametry, součinitele	
Beton		b (m)	1	Φ (m)	0.016
fctm (kPa)	2600	h (m)	0.55	cnom (m)	0.04
fcteff (kPa)	1300	d (m)	0.502	s3	0.10
Ocek		Act (m2)	0.275	k	0.825
Es (kPa)	200000000	heff (m)	0.12	k3	2.49
		Aceff (m2)	0.12	požadavek na omezení	
				wk	0.0002

$$1) A_{s,min1} = \frac{s_3 \times f_{ct,ef}(k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c,eff})}{2 \times E_s \times w_k} \pm$$

$$\sqrt{\left(\frac{s_3 \times f_{ct,ef}(k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c,eff})}{2 \times E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,17 \times \Phi \times A_{c,eff} \times f_{ct,ef}(k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c,eff})}{E_s \times w_k}}$$

Asmin1 =	1696 mm2
mezivýsledky	1 část 289 mm2
	2 část 1407 mm2

$$2) A_{s,min2} = \frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct,ef} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \pm \sqrt{\left(\frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct,ef} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,204 \times \Phi \times A_{c,eff} \times f_{ct,ef} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k}}$$

Asmin2	1934 mm2
mezivýsledky	1 část 220 mm2
	2 část 1714 mm2

Asmin =	1934 mm2	- maximální hodnota
---------	----------	---------------------

Potřebné minimální vyztužení dle omezení šířky trhlin přímým výpočtem je **ø16 á 100 mm** s plochou výztuže $A_s=2011\text{mm}^2$.



Dimenzování a posouzení na MSU a MSP omezení šířky trhlin:

MSU: Průřez pod sloupem:	F6		H5		E6	
Směr	Y	X	X	Y	X	Y
Vnitřní síly mED1 [kNm]	359	256	335	297	262	247
Výška průřezu	550	550	550	550	550	550
Účinná výška d	500	480	500	480	500	480
Potřebná plocha výztuže As,req1 [mm2]	1729	1270	1608	1482	1245	1224
Základní rastr $\varnothing 20$ á 125mm pro hzd=750mm; $\varnothing 16$ á 100mm pro	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Příložka průměr Φ [mm]	0	0	0	0	0	0
Příložka rozteč s [mm]	125	125	100	100	125	150
Plocha výztuže As,prov [mm2]	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Výška tlačené oblasti X [mm]	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6
Rameno vn. sil Z [mm]	473.8	453.8	473.8	453.8	473.8	453.8
Ohybová únosnost MRd [kNm]	414.44	396.94	414.44	396.94	414.44	396.94
Využití	0.87	0.64	0.81	0.75	0.63	0.62
Posudek	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Konstrukční zásady:						
Minimální plocha vyztužení As,min <As,prov As,min = 1072mm2	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Maximální plocha vyztužení As,max >As,prov As,max = 24000mm2	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje

MSP: Průřez pod sloupem:	F6		H5		E6	
směr	Y	X	X	Y	X	Y
Základní výztuž: průměr $\Phi 1$ [mm]	20	20	20	20	20	20
Vnitřní síly mEk,kvaz [kNm]	269	214	240	211	204	180
ae =	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56
Průřez bez trhlin						
Plocha ideálního průřezu Ai [mm2]	563187	563187	563187	563187	563187	563187
zc = 0.5xh [mm]	275	275	275	275	275	275
zi.h [mm]	280.3	279.8	280.3	279.8	280.3	279.8
Ii [mm4]	1.45E+10	1.44E+10	1.45E+10	1.44E+10	1.45E+10	1.44E+10
Mcr [kNm/m]	140	139	140	139	140	139
Trhliny	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Průřez porušený trhlinami						
xcr [mm]	102.40	100.10	102.40	100.10	102.40	100.10
Ai.cr [mm2]	115589	113284	115589	113284	115589	113284
Si.cr [mm3]	1.18E+07	1.13E+07	1.18E+07	1.13E+07	1.18E+07	1.13E+07
zi.cr [mm]	102.40	100.10	102.40	100.10	102.40	100.10
Ii.cr [mm4]	5.22E+09	5.05E+09	5.22E+09	5.05E+09	5.22E+09	5.05E+09



Výpočet šířky trhliny	F6		H5		E6	
napětí ve výztuži σ_s [MPa]	134	106	120	104	102	89
k_t	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$f_{ct,eff}$ [MPa]	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
$h_{c,eff}$ [mm]	125	149.968	125	149.968	125	149.968
$A_{c,eff}$ [mm ²]	125000	149968	125000	149968	125000	149968
$\rho_{p,eff}$	0.016	0.013	0.016	0.013	0.016	0.013
$\epsilon_{sm-\epsilon_{cm}}$	0.00031	0.00011	0.00024	0.00010	0.00015	0.00002
$0.6\sigma_s/E_s$	0.00040	0.00032	0.00036	0.00031	0.00031	0.00027
$s_{r,max}$ [mm]	347	390	347	390	347	390
k_1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
k_2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Posudek						
wk [mm]	0.140	0.123	0.125	0.122	0.106	0.104



10.6. Výpočet kotevní délky výztuže základové desky.

10.6.1. Dolní výztuž ve sloupovém pruhu v zesilujících hlavicích.

Beton C25/30, Ocel B500B , výztužení $\varnothing 20$ á 130mm,

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd})$$

$$f_{bd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,8 / 1,5 = 2,7 \text{ MPa}$$

Průřez pod sloupem D6 má největší využití, která se rovná 95%. Napětí ve výztuži bude uvažována v poměru tohoto využití:

$$\sigma_{sd} = 0,95 \times f_{yd} = 0,95 \times 435 \text{ MPa} = 413,25 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd}) = 20\text{mm} \times 413,25\text{MPa} / (4 \times 2,7\text{MPa}) = 765\text{mm}$$

Kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 765\text{mm} = 650\text{mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \times (cd - \varnothing) / \varnothing = 1 - 0,15 \times (40 - 20) / 20 = 0,85$$

$$l_{min} = \max(0,3 \times l_{b,rqd} ; 10\varnothing ; 100\text{mm}) = \max(230\text{mm}; 200\text{mm}; 100\text{mm}) = 230\text{mm}$$

$$l_{bd} = 650\text{mm} > l_{min} = 230\text{mm}$$

Délka přesahu pro stykování:

$$l_0 = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_5 \times a_6 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,4 \times 765\text{mm} = 910\text{mm}$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 \times a_6 \times l_{b,rqd} ; 15\varnothing ; 200\text{mm}) =$$

$$\max(321\text{mm}; 300\text{mm}; 200\text{mm}) = 321\text{mm}$$

$$l_0 = 910\text{mm} > l_{0,min} = 321\text{mm}$$

Závěr

Kotevní délka $l_{bd} = 700\text{mm}$

Stykovací délka $1,4 \times l_{bd} = 1000\text{mm}$

**10.6.2. Dolní výztuž ve sloupovém pruhu v desce s tloušťkou 400mm.**

Beton C25/30, Ocel B500B , vyztužení $\varnothing 16$ á 100mm,

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd})$$

$$f_{bd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,8 / 1,5 = 2,7 \text{ MPa}$$

Průřez pod stěnou na ose 4 má největší využití, která se rovná 94%. Napětí ve výztuži bude uvažována v poměru tohoto využití:

$$\sigma_{sd} = 0,94 \times f_{yd} = 0,94 \times 435 \text{ MPa} = 409 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd}) = 16\text{mm} \times 409\text{MPa} / (4 \times 2,7\text{MPa}) = 606\text{mm}$$

Kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,775 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 606\text{mm} = 469\text{mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \times (cd - \varnothing) / \varnothing = 1 - 0,15 \times (40 - 16) / 16 = 0,775$$

$$l_{min} = \max(0,3 \times l_{b,rqd} ; 10\varnothing ; 100\text{mm}) = \max(195\text{mm}; 160\text{mm}; 100\text{mm}) = 195\text{mm}$$

$$l_{bd} = 469\text{mm} > l_{min} = 195\text{mm}$$

Délka přesahu pro stykování:

$$l_0 = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_5 \times a_6 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,775 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,4 \times 606\text{mm} = 656\text{mm}$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 \times a_6 \times l_{b,rqd} ; 15\varnothing ; 200\text{mm}) =$$

$$\max(254\text{mm}; 240\text{mm}; 200\text{mm}) = 254\text{mm}$$

$$l_0 = 656\text{mm} > l_{0,min} = 254\text{mm}$$

Závěr

Kotevní délka $l_{bd} = 500 \text{ mm}$

Stykovací délka $1,4 \times l_{bd} = 700 \text{ mm}$

**10.6.3. Horní výztuž v desce s tloušťkou 400mm.**

Beton C25/30, Ocel B500B , výztužení $\varnothing 16$ á 100mm,

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd})$$

$$f_{bd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,8 / 1,5 = 2,7 \text{ MPa}$$

Průřez pod stěnou na ose 4 má největší využití, která se rovná 62%. Napětí ve výztuži bude uvažována v poměru tohoto využití:

$$\sigma_{sd} = 0,62 \times f_{yd} = 0,62 \times 435 \text{ MPa} = 270 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd}) = 16\text{mm} \times 270\text{MPa} / (4 \times 2,7\text{MPa}) = 400\text{mm}$$

Kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,775 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 400\text{mm} = 310\text{mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \times (cd - \varnothing) / \varnothing = 1 - 0,15 \times (40 - 16) / 16 = 0,775$$

$$l_{min} = \max(0,3 \times l_{b,rqd} ; 10\varnothing ; 100\text{mm}) = \max(120\text{mm}; 160\text{mm}; 100\text{mm}) = 160\text{mm}$$

$$l_{bd} = 310\text{mm} > l_{min} = 160\text{mm}$$

Délka přesahu pro stykování:

$$l_0 = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_5 \times a_6 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,775 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,4 \times 400\text{mm} = 434\text{mm}$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 \times a_6 \times l_{b,rqd} ; 15\varnothing ; 200\text{mm}) =$$

$$\max(168\text{mm}; 240\text{mm}; 200\text{mm}) = 240\text{mm}$$

$$l_0 = 434\text{mm} > l_{0,min} = 240\text{mm}$$

Závěr

Kotevní délka $l_{bd} = 400 \text{ mm}$

Stykovací délka $1,4 \times l_{bd} = 500 \text{ mm}$



11. OBVODOVÉ STĚNY 1.PP

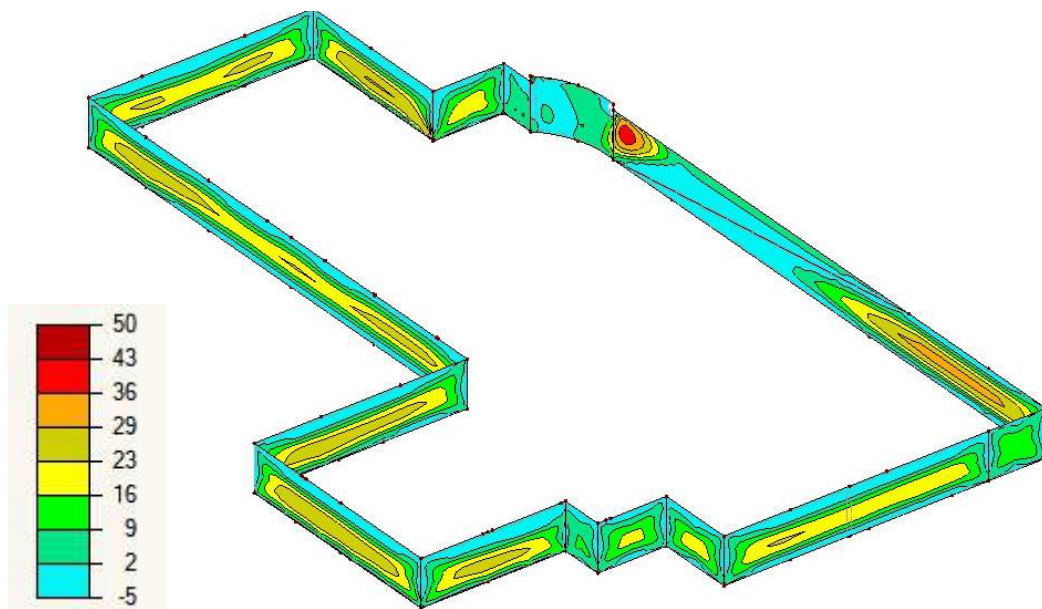
Stěny suterénního podlaží jsou hlavně namáhány zemním tlakem. Normálové síly jsou hodně malé, a při posudku v interakci s momentem zvětšují momentovou rezervu průřezu.

Lze předpokládat, že v průřezech stěn nejnepříznivější případ bude ve fázi po vybetonování stropní desky nad 1.PP a následném zasypání jámy zeminou, kdy stěna bude namáhána převážně zemním tlakem s minimálním svislým přitížením. V tom případě lze zanedbat normálovou sílu a výztuž navrhovat a posuzovat jenom na ohybové momenty. Proto byl vytvořen samostatný model suterénního podlaží bez horní stavby, kde do kombinace výsledku byly zahrnuty pouze dvě zatížení: vlastní tíha konstrukce podzemní podlaží včetně stropní desky nad 1.PP a zemní tlak. Tato kombinace se dále bude jmenovat MSU - Fáze 1.

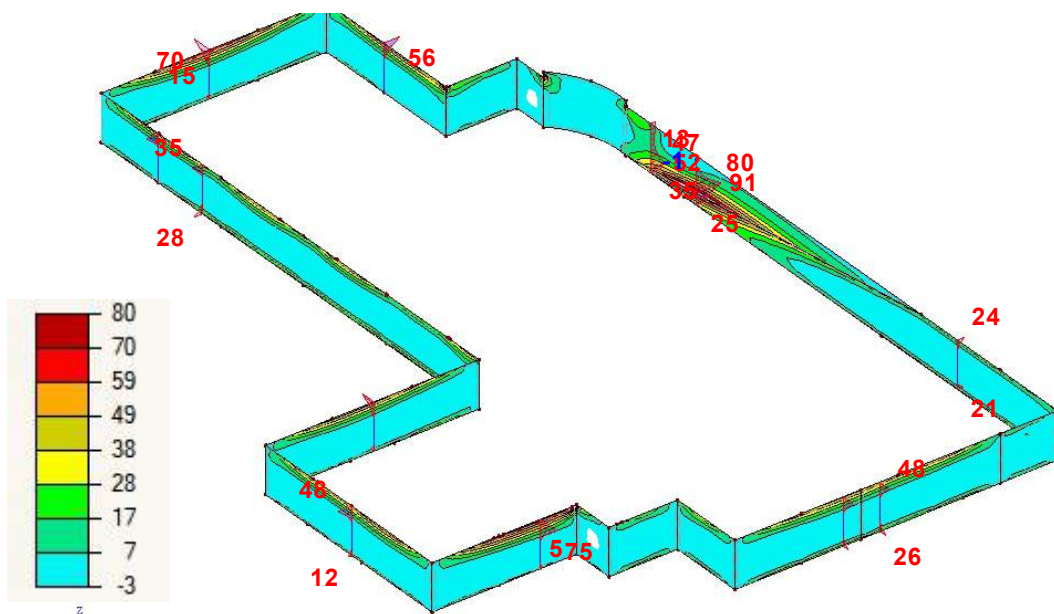


11.1. Vnitřní síly ve stěnách

myD- Vnitřní povrch

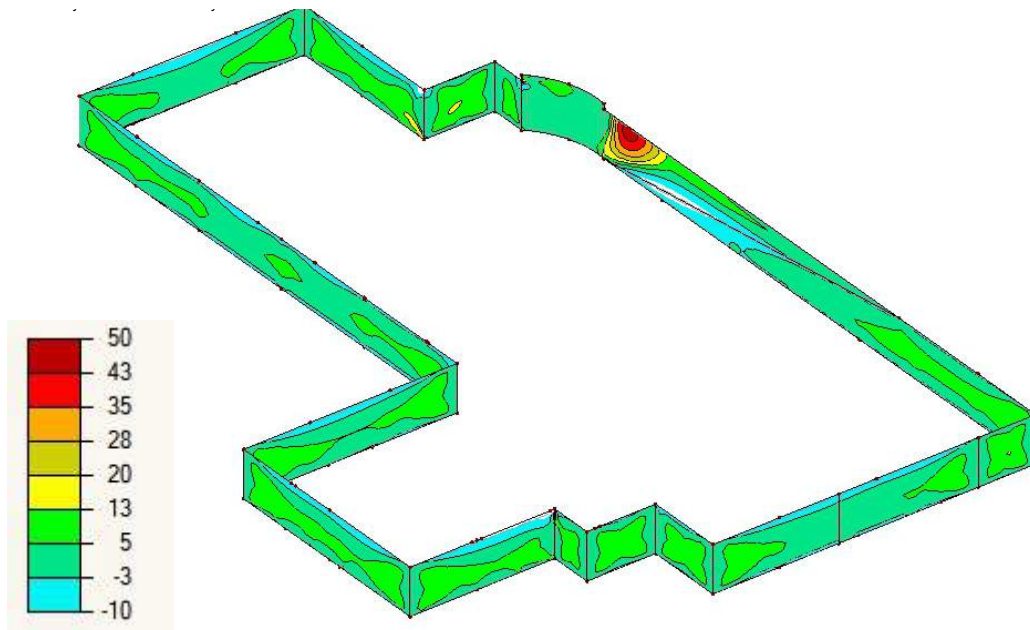


myD+ Vnější povrch

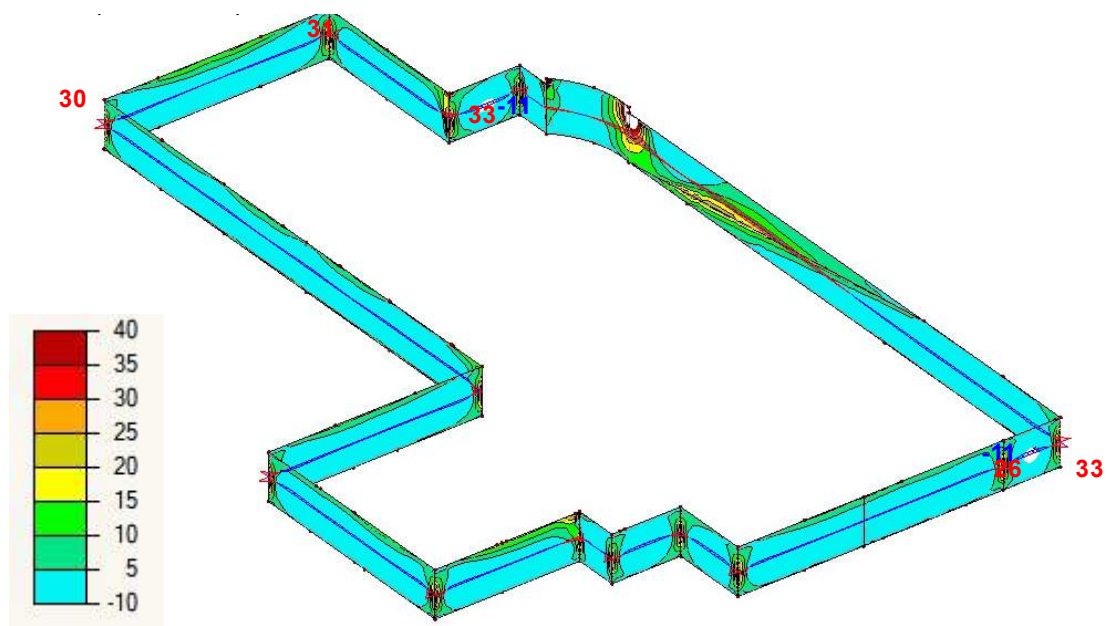




mxD- Vnitřní povrch



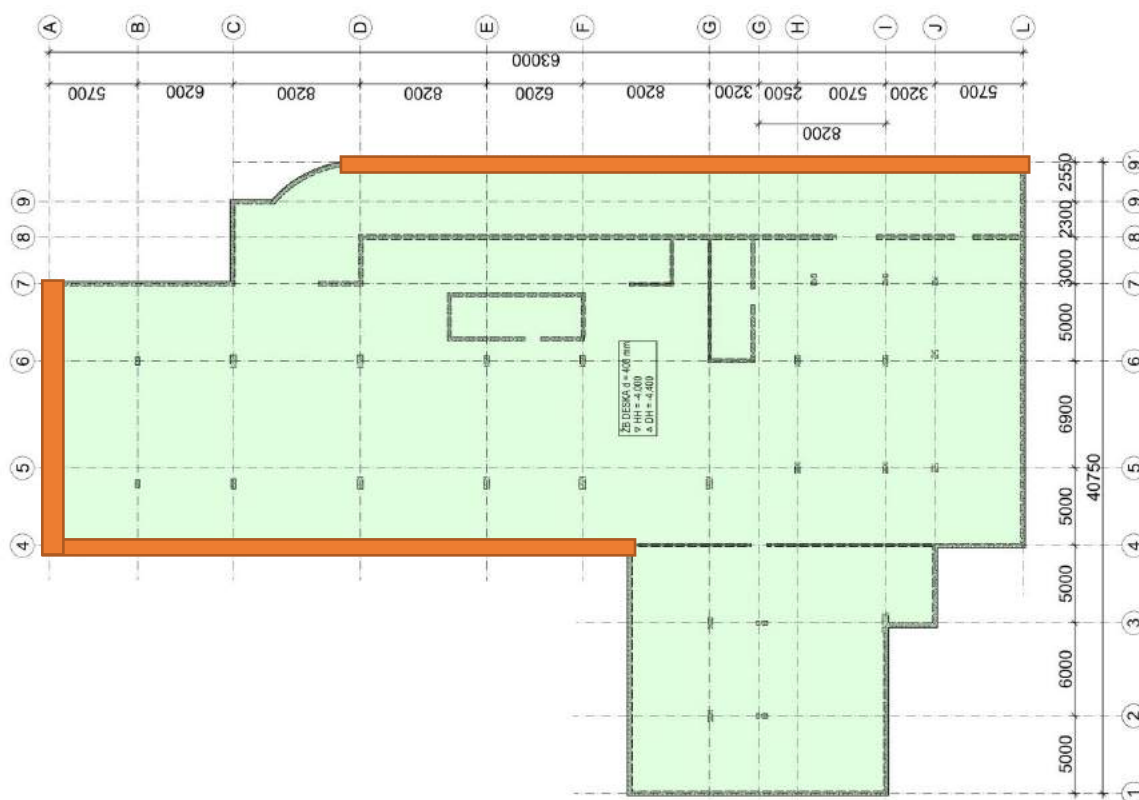
mxD+ Vnější povrch





Závěr

Stěny na ose 9' a na ose A mají největší vnitřní síly. Ostatní stěny mají podobné průběhy vnitřních sil jako u stěny A. Stěna na ose 4 nachází v úseku základové desky, pro který bude vytvořen výkres vyztuže pro účely tohoto diplomu. Dále bude dimenzována výtuz pro stěny na osách 9', A a 4. Ostatní stěny budou vyztuženy podobně jako stěna na ose A.



Obr.117. Schéma základové desky s označením suterénních stěn



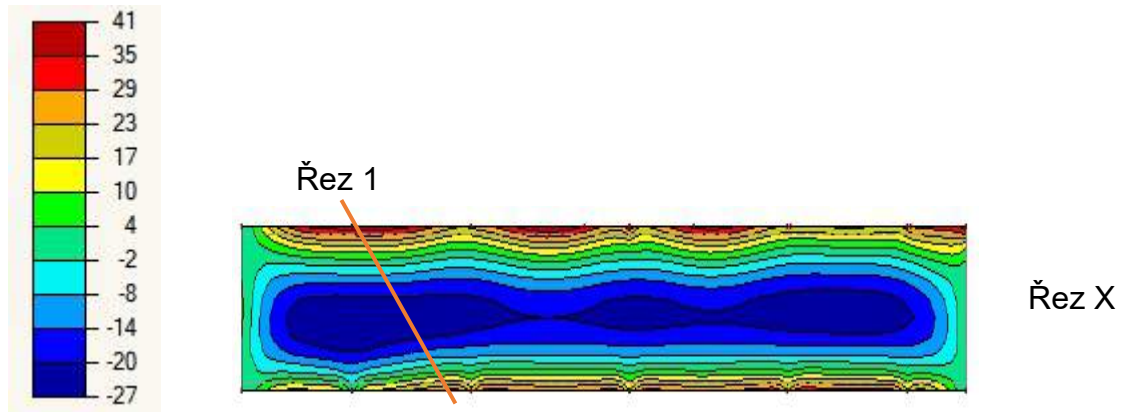
11.2. Stěna na ose 4

11.2.1. Vnitřní síly

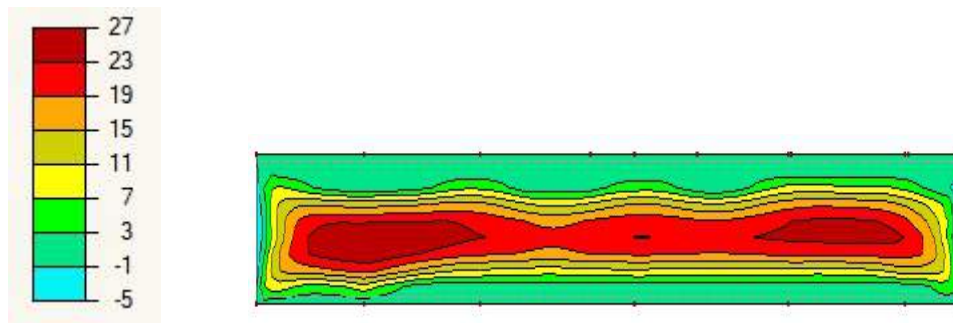
A) Vnitřní síly při kombinaci MSU - Fáze 1

Výsledky na ploše.

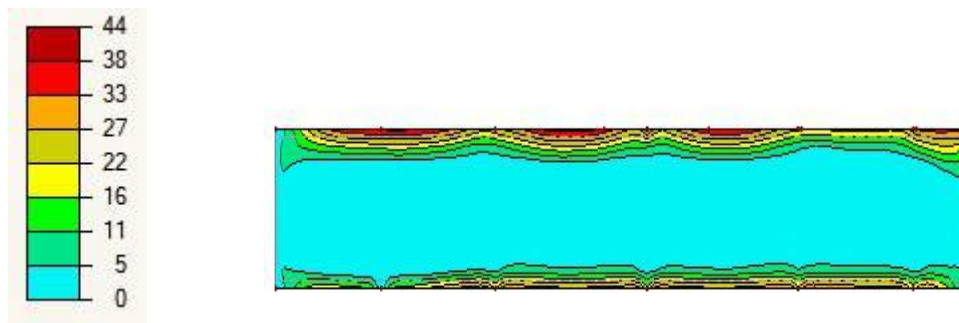
my



myD- Vnitřní povrch

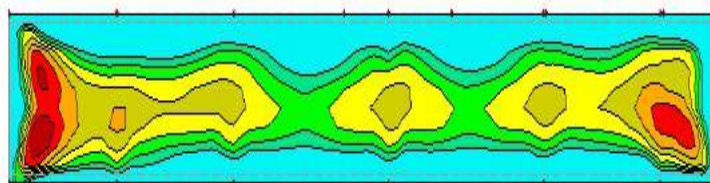
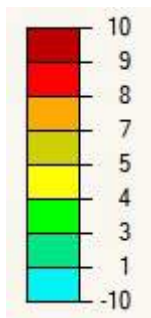


myD+ Vnější povrch

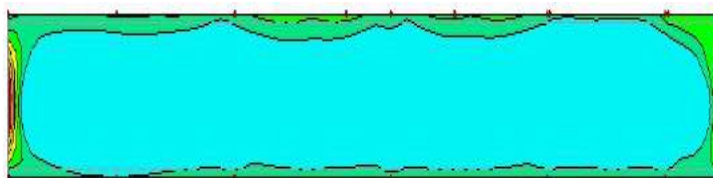
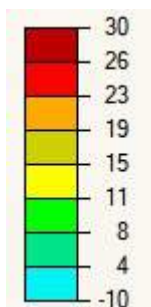




mxD- Vnitřní povrch

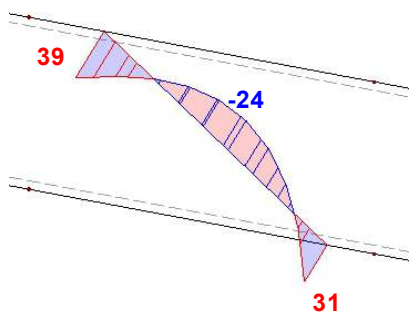


mxD+ Vnější povrch

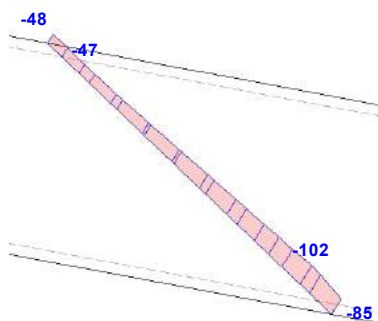


Výsledky Řezu 1

Průběh momentu m_y :

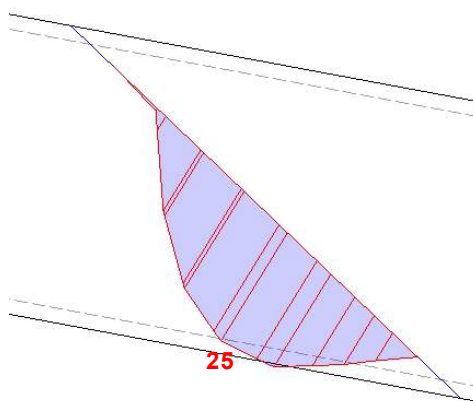
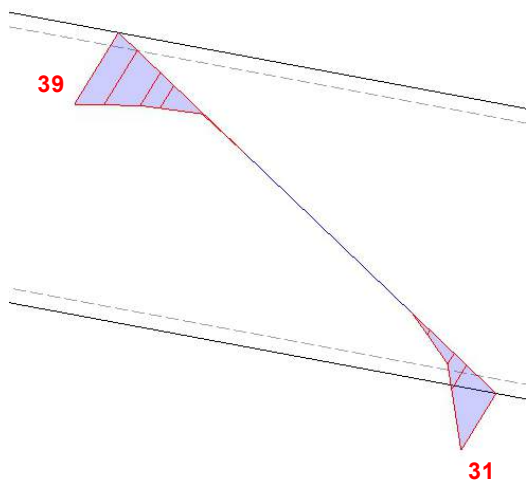


Průběh normálové síly n_{yD} :



Moment $m_{yD+} = 39 \text{ kNm/m}$

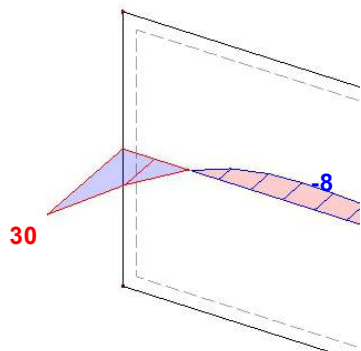
Moment $m_{yD-} = 25 \text{ kNm/m}$



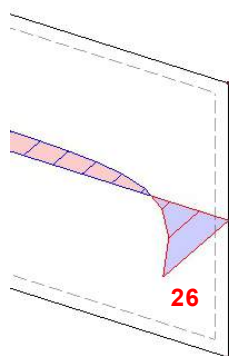


Výsledky Řezu X

Moment ve styku se stěnou na ose A $m_{xD+} = 30 \text{ kNm/m}$



Moment ve styku se stěnou u osy F $m_{xD+} = 26 \text{ kNm/m}$





11.2.2. Návrh a posouzení svislé výztuže ve styku se stropní deskou

A) MSU - dimenzování svislé výztuže

Material				Geometrie	
Beton		Ocel		b (mm)	1000
fck (MPa)	25	fyk (MPa)	500	h (mm)	300
fcd (MPa)	16.6666667	fyd (MPa)	435	d1 (mm)	264
fctm (MPa)	2.6	Es (MPa)	200000	d2 (mm)	224
Ec (MPa)	30500			cnom (mm)	40
				ϕ (mm)	16

Vnitřní síla

$$M_{yED} = 39 \text{ kNm}$$

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s, req} = \frac{b \times d \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ED}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s, req} = 410.04 \text{ mm}^2$$

$$s = 125 \text{ mm}$$

$$A_{s, prov} = 754 \text{ mm}^2$$

ϕ12 á 150mm

Posouzení na ohybovou únosnost

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}; z = d - 0.4 \times x$$

$$x = 24.60 \text{ mm}$$

$$z = 254.16 \text{ mm}$$

$$MRd = A_s \times f_{yd} \times z$$

$$MRd = 83.36 \text{ kNm}$$

vyhovuje

Konstrukční zásady

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s, min} = \min \left(0.26 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \times d \times b; 0.0013 \times b \times d \right)$$

$$A_{s, min} = 471.80 \text{ mm}^2$$

$$343.2 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

Maximální plocha vyztužení

$$A_{s, max} = 0.04 \times b \times d$$

$$A_{s, max} = 10560 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

B) MSP - posouzení šířky trhlin

Vnitřní síla

$$M_{yEk, kvaz} = 31 \text{ kNm}$$

Geometrické charakteristiky průřezu bez trhlin

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}$$

$$x = 25 \text{ mm}$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c}$$

$$\alpha_s = 6.56$$

$$A_i = A_c + \alpha_s \times A_s$$

$$A_i = 3.05E+05 \text{ mm}^2$$

Vzdálenost těžišť

$$z_{i,h} = \frac{A_c \times z_c + \alpha_s \times A_s \times d}{A_i}$$

$$z_c = 0.5 \times h = 150 \text{ mm}$$

$$z_{i,h} = 151.85 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_c + A_c \times (z_i, h - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_i, h)^2]$$

$$I_i = 2.31E+09 \text{ mm}^4$$

Ohybový moment při vzniku trhlin

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{I_i}{h - z_i, h}$$

$$M_{cr} = 41 \text{ kNm}$$

nevznikají trhliny



11.2.3. Návrh a posouzení svislé výztuže ve styku se základovou deskou

A) MSU - dimenzování svislé výztuže

Material				Geometrie	
Beton		Ocel		b (mm)	1000
fck (MPa)	25	fyk (MPa)	500	h (mm)	300
fcd (MPa)	16.66666667	fyd (MPa)	435	d1 (mm)	264
fctm (MPa)	2.6	Es (MPa)	200000	d2 (mm)	224
Ec (MPa)	30500			cnom (mm)	40
				ø (mm)	16

Vnitřní síla

$m_{yED} = 31 \text{ kNm}$

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s, req} = \frac{b \times d \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ED}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

$A_{s, req} = 324.27 \text{ mm}^2$

$s = 125 \text{ mm}$

Asprov = 754 mm²

ø12 á 150m

Posouzení na ohybovou únosnost

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}; z = d - 0.4 \times x$$

$x = 24.60 \text{ mm}$

$z = 254.16 \text{ mm}$

$MRd = A_s \times f_{yd} \times z$

MRd = 83.36 kNm

vyhovuje

Konstrukční zásady

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s, min} = \min \left(0.26 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \times d \times b; 0.0013 \times b \times d \right)$$

$A_{smin} = 471.80 \text{ mm}^2$

343.2 mm^2

vyhovuje

B) MSP - posouzení šířky trhlin

Vnitřní síla

$m_{yEk, kvaz} = 26 \text{ kNm}$

Geometrické charakteristiky průřezu bez trhlin

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}$$

$x = 25 \text{ mm}$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c}$$

$\alpha_s = 6.56$

$A_i = A_c + \alpha_s \times A_s$

$A_i = 3.05E+05 \text{ mm}^2$

Vzdálenost těžišť

$$z_{i,h} = \frac{A_c \times z_c + \alpha_s \times A_s \times d}{A_i}$$

$z_c = 0.5 \times h = 150 \text{ mm}$

$z_{i,h} = 151.85 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_c + A_c \times (z_i, h - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_i, h)^2]$$

$I_i = 2.31E+09 \text{ mm}^4$

Ohybový moment při vzniku trhlin

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{I_i}{h - z_{i,h}}$$

$M_{cr} = 41 \text{ kNm}$

nevznikají trhliny



11.2.4. **Návrh a posouzení vodorovné výztuže ve styku se stěnou u osy F**

A) **MSU - dimenzování svislé výztuže**

Material				Geometrie	
Beton		Ocel		b (mm)	1000
fck (MPa)	25	fyk (MPa)	500	h (mm)	300
fcd (MPa)	16.66666667	fyd (MPa)	435	d1 (mm)	264
fctm (MPa)	2.6	Es (MPa)	200000	d2 (mm)	224
Ec (MPa)	30500			cnom (mm)	40
				s (mm)	16

Vnitřní síla

$$M_{x,ED} = 26 \text{ kNm}$$

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s,req} = \frac{b \times d \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ED}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 271.11 \text{ mm}^2$$

$$s = 125 \text{ mm}$$

$$A_{s,prov} = 754 \text{ mm}^2$$

Ø12 á 150m

Posouzení na ohybovou únosnost

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}; z = d - 0.4 \times x$$

$$x = 24.60 \text{ mm}$$

$$z = 214.16 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = A_{s,prov} \times f_{yd} \times z$$

$$M_{Rd} = 70.24 \text{ kNm}$$

vyhovuje

Konstrukční zásady

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s,min} = \min \left(0.26 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \times d \times b; 0.0013 \times b \times d \right)$$

$$A_{s,min} = 471.80 \text{ mm}^2$$

$$343.2 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

Maximální plocha vyztužení

$$A_{s,max} = 0.04 \times b \times d$$

$$A_{s,max} = 10560 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

B) **MSP - posouzení šířky trhlin**

Vnitřní síla

$$M_{y,Ek,kvaz} = 21 \text{ kNm}$$

Geometrické charakteristiky průřezu bez trhlin

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}$$

$$x = 25 \text{ mm}$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c}$$

$$\alpha_s = 6.56$$

$$A_i = A_c + \alpha_s \times A_s$$

$$A_i = 3.05E+05 \text{ mm}^2$$

Vzdálenost těžišť

$$z_{i,h} = \frac{A_c \times z_c + \alpha_s \times A_s \times d}{A_i}$$

$$z_c = 0.5 \times h = 150 \text{ mm}$$

$$z_{i,h} = 151.85 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_c + A_c \times (z_{i,h} - z_c)^2 + \alpha_s \left[A_s \times (d - z_{i,h})^2 \right]$$

$$I_i = 2.31E+09 \text{ mm}^4$$

Ohybový moment při vzniku trhlin

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{I_i}{h - z_{i,h}}$$

$$M_{cr} = 41 \text{ kNm}$$

nevznikají trhliny



11.2.5. Dimenzování vodorovné výztuže v dolní půlce.

Ve směru X převažuje vynucené namáhání při účinku hydratačního tepla. Stěna se betonuje v jiném pracovním záběru než základová deska. Účinek hydratačního tepla je největší u stěn při postupném chladnutí betonu v bednění. Stěna je v tom času zabráněná vysychání, a tudíž smršťování. Deformace stěny je částečně bráněno vetknutím do základové desky, důsledkem je vznik tahových napětí a raných trhlin. Kritické místo pro vznik trhlin je cca v jedné čtvrtině výšky stěny odspodu.[13]

Výztuž v dolní půlce se navrhne dle omezení raných trhlin přímým výpočtem, a následně bude proveden posudek na omezení trhlin při tahovém napětí od vynucených namáhání.

11.2.5.1. Omezení raných trhlin přímým výpočtem

Material		Geometrie		Jiné parametry, součinitele	
Beton		b (m)	1	Φ (m)	0.016
fctm (kPa)	2600	h (m)	0.3	cnom (m)	0.04
fcteff (kPa)	1300	d (m)	0.252	s3	0.10
Ocek		Act (m2)	0.15	k	1
Es (kPa)	200000000	heff (m)	0.12	k3	2.49
		Aceff (m2)	0.12	požadavek na omezení	
				wk	0.0002

$$1) A_{s,min1} = \frac{s3 \times f_{ct,eff} \times (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c,eff})}{2 \times E_s \times w_k} \pm$$

$$\sqrt{\left(\frac{s3 \times f_{ct,eff} \times (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c,eff})}{2 \times E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,17 \times \Phi \times A_{c,eff} \times f_{ct,eff} \times (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c,eff})}{E_s \times w_k}}$$

A _{smin1} =	1218 mm ²
mezivýsledky	1 část 165 mm ² 2 část 1053 mm ²

$$2) A_{s,min2} = \frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct,eff} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \pm \sqrt{\left(\frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct,eff} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,204 \times \Phi \times A_{c,eff} \times f_{ct,eff} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k}}$$

A _{smin2}	1535 mm ²
mezivýsledky	1 část 145 mm ² 2 část 1389 mm ²

A _{smin} =	1535 mm ²	- maximální hodnota
---------------------	----------------------	---------------------

Dle omezení šířky raných trhlin se navržená výztuž je **ø16 á 125mm**, plocha výztuže A_{s,min} = 1608mm²

11.2.5.2. Posouzení na vynucené namáháníA) Napětí při omezeném přetvoření stěny

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, napětí ve stěnách vznikají od úniku hydratačního tepla při jejich omezeném přetvoření:

$$\sigma_{ct,ges} = k \times \alpha_t \times \Delta T_c \times \frac{E_{ct}}{1 + \varphi}, \text{ kde}$$

$\sigma_{ct,ges}$ - celkové tahové napětí při povrchu od vývinu hydratačního tepla.

k - součinitel možností posunu stavebních prvků

α_t - součinitel teplotní roztažnosti betonu $\alpha_t = 10^{-6} \text{K}^{-1}$

ΔT_c - vzrůst teploty v prvku v důsledku hydratačního tepla.

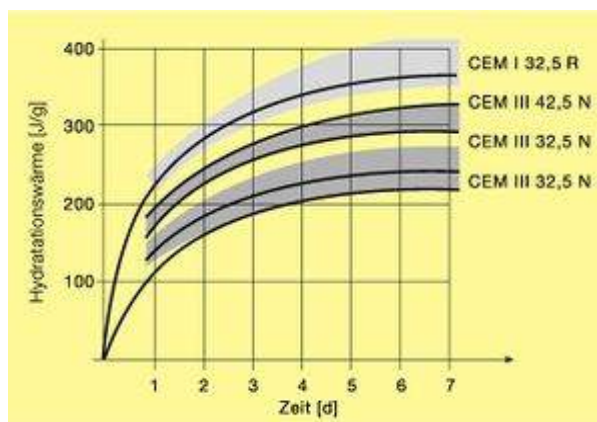
$$\Delta T_c = \alpha_c \times \frac{c \times Q_H}{C_v}$$

α_c - opravující součinitel, je závislý na tloušťce, pro $h=0,3\text{m}$ $\alpha_c=0,75$

Tloušťka prvku h [m]	$\alpha_c = \Delta T_c / \Delta T_{th}$
<0.4m	0.75
0.6m	0.8
0.8m	0.85
1.0m	0.95
>2.0m	1

c - množství v cementu v [kg] v 1m^3 betonu $c=300\text{kg}$

Q_H - celkové uvolněné množství hydratačního tepla v čase $t_{\max T}$,
kde $t_{\max T} = 0,8h + 1$ [dní], h - tloušťka prvku v [m].



C_v - objemová tepelná kapacita betonu $C_v = 2500 \text{Kj}/(\text{m}^3/\text{K})$



E_{ct} - modul pružností mladého betonu při dosazení tahové pevnosti betonu

stáří betonu	E_{ct}/E_{c28}
8 hodin	0.10
12 hodin	0.25
16 hodin	0.45
24 hodin	0.65
2 dny	0.85
14 dní	1.00

φ - krátkodobý součinitel dotvarování $\varphi=0,18 \times t_{maxT}$

V horní půlce stěny tahová napětí nevznikají tahové, ve středu stěny však trhliny vznikají a tahové napětí pak vzrůstá směrem dolů. Kritické místo pro vznik trhlin je cca v jedné čtvrtině výšky stěny odspodu, a napětí v tomto místě se rovná:

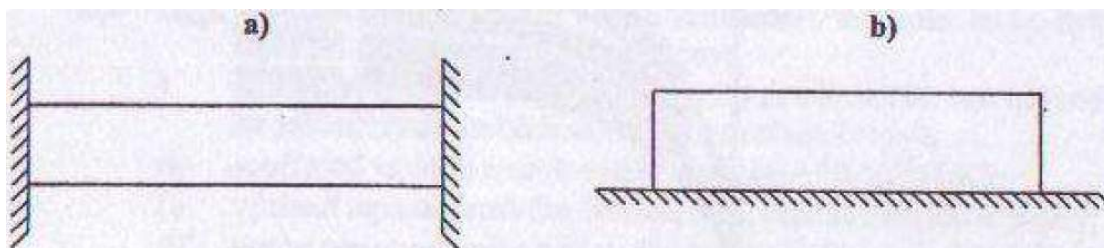
$$\sigma_{ct,d} = k_{ct,d} \times \sigma_{ct,ges}, \text{ kde}$$

$k_{ct,d}$ - opravující součinitel závislý na výšce a délce stěny.

Poměr délky stěny k její výšce l_0/h_b	$k_{ct,d}$
1	0.2
2	0.45
3	0.55
4	0.65
6	0.75
8	0.85
10	0.95
>10	1

B) Výpočet šířky trhlin dle ČSN EN 1992-3

Norma ČSN EN 1992-3 se zabývá zásobníky a nádržemi, a plně navazuje na normu ČSN EN 1992-1-1. Tuto normu lze použít pro bílé vany. Norma uvádí dvě základní typy omezení přetvoření:



Obr.20 Omezení přetvoření prvku: a - po obou stranách
b - podél jednoho okraje

Šířka trhliny se výpočte dle vztahu z ČSN EN 1992-1-1:

$$w_k = s_{rmax} \times (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \quad , \text{kde}$$

s_{rmax} - maximální vzdálenost trhlin, a je závislý na krytí a vyztužení.

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ - rozdíl průměrných přetvoření ve výztuži a v betonu.

V případě **a** dle obrázku 20 se postupuje vzorcem:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,5 \times \alpha_e \times k_c \times k \times f_{ct,eff} \times (1 + 1 / (\alpha_e \times \rho)) / E_s$$

V případě **b**, který je případ stěny betonované na základ se postupuje takto:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = R \times \epsilon_{free} \quad , \text{kde}$$

$$\epsilon_{free} = \sigma_{d,ges} / E_{ct}$$

R - součinitel omezení osových přetvoření



C) Posouzení

Vstupní parametry

cement	CEMIII -42.5N	
Obsah cementu v 1m3 betonu	c =	350 kg/m3
Teplota čerstvého betonu	T0 =	15 C
<u>Geometrie</u>		
tloušťka stěny	h =	0.3 m
výška stěny	hb =	2.9 m
délka pracovního záběru	l0 =	7 m

vzrůst teploty v prvku	$\Delta T_c = \alpha_d \times \frac{c \times Q_H}{C_v}$	$\Delta T_c =$	14.7 K
opravující součinitel		$\alpha_c =$	0.75
celkové uvolněné množství hydratačního tepla		QH =	140 kj/kg
čas dosažení max QH		tmax,T =	1.24 dní
Objemová tepelná kapacita betonu		Cv =	2500 Kj/(m3/K)
celkové tahové napětí	$\sigma_{ct,ges} = k \times \alpha_t \times \Delta T_c \times \frac{E_{ct}}{1 + \varphi}$	$\sigma_{ct,ges} =$	4.7 MPa
		Ect/Ec28 =	0.9
modul pružností mladého betonu		Ect =	27450 MPa
		$\varphi =$	0.2232
maximální návrhové napětí		$\sigma_{ct,d} =$	1.933 MPa
		l0/hb =	2.414
opravující součinitel		kct,d =	0.409
součinitel možností posunu stavebních prvků		k =	1
součinitel teplotní roztažnosti betonu		$\alpha_t =$	14.34099931 K-1*10-6

Šířka trhlin

rozdíl průměrných přetvoření ve výztuži a v betonu	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	8.62E-05
	R =	0.5
	$\epsilon_{free} =$	0.000172
maximální vzdálenost trhlin	smax =	269 mm

šířka trhlin	wk =	0.023 mm
limitní šířka tlíny	wlim =	0.20 mm

vyhovuje



11.2.6. Závěr

Svislá výztuž:

Základní výztuž bude provedena z **ø12 á 150mm**, tato výztuž odpovídá požadavkům na mez únosnosti a mez šířky trhlin v místech styku se základovou deskou a stropní deskou nad 1.PP.

Vodorovná výztuž:

Vodorovná výztuž v dolní půlce bude proveden z **ø16 á 125mm** dle omezení raných trhlin. V ostatních místech bude provedena výztuž **ø12 á 150mm**, která bude odpovídat na mez únosnosti a mez šířky trhlin v místech styku s ostatními stěnami.

ČSN EN 1992-1-1 udává, že pro trhliny vyvozené převážně přímým zatížením musí být splněna podmínka maximálního průměru prutu nebo maximální vzdáleností prutů dle tabulek 7.2N a 7.3N. Lze předpokládat, že stěna bude namáhána převážně přímým zatížením, a postačí splnění jedné z těchto podmínek.



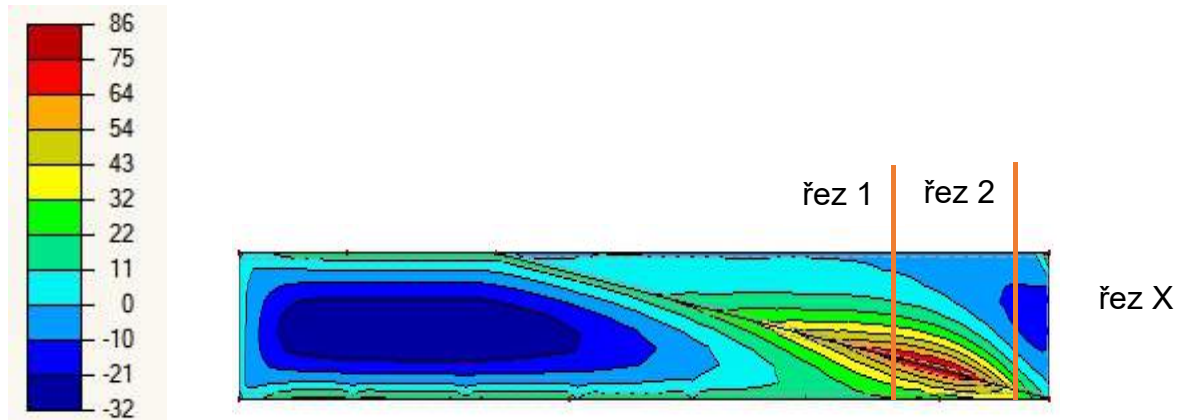
11.3. Stěna na ose 9'

11.3.1. Vnitřní síly

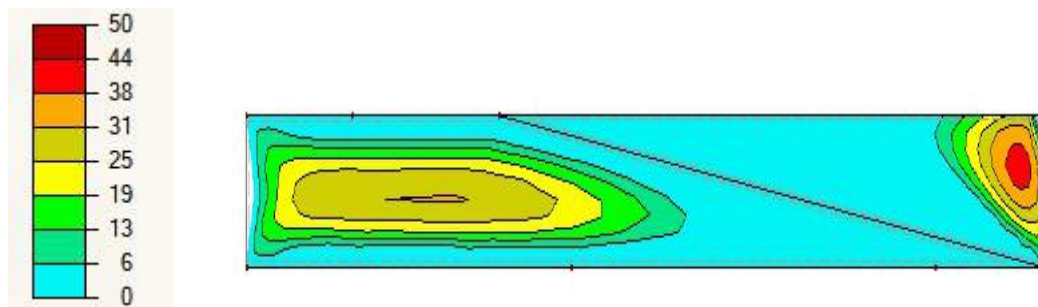
A) Vnitřní síly při kombinaci MSU - Fáze 1

Výsledky na ploše.

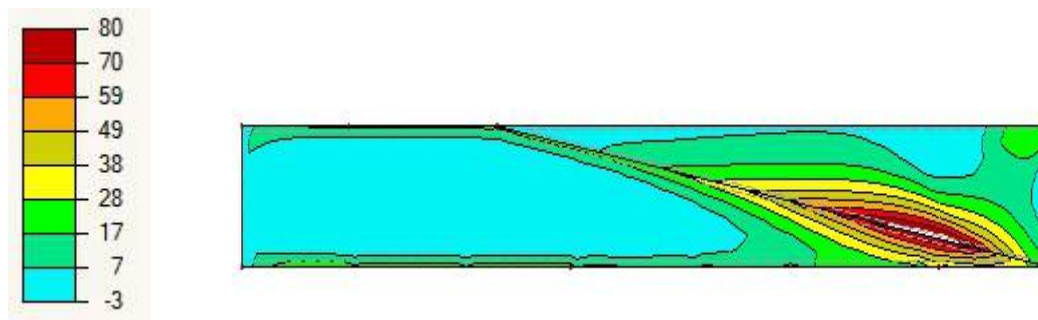
my



myD- Vnitřní povrch

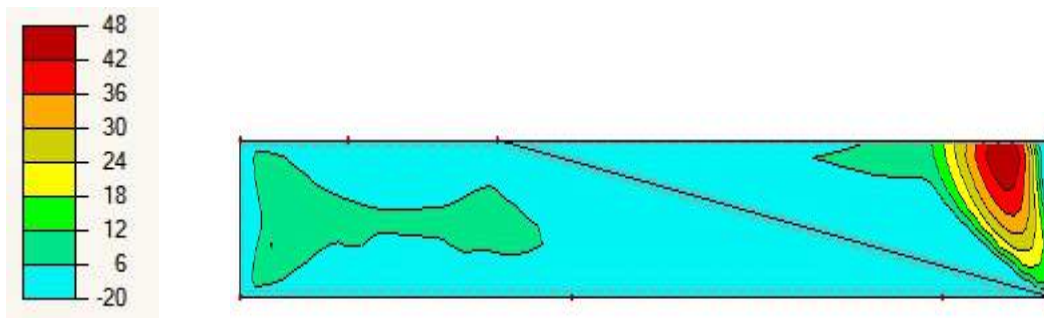


myD+ Vnější povrch

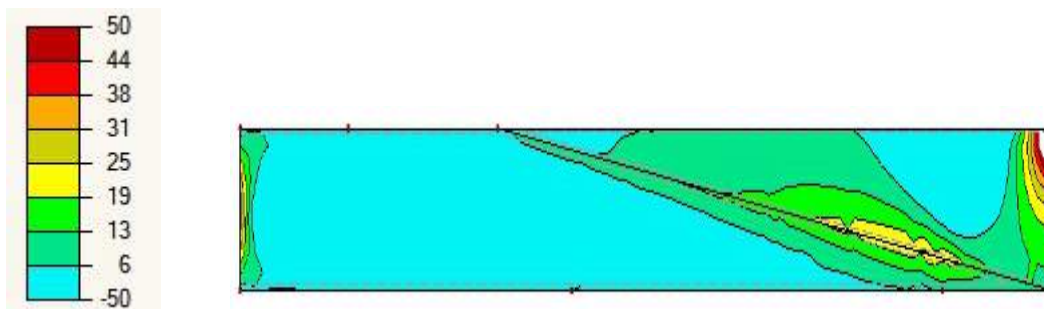




mxD- Vnitřní povrch

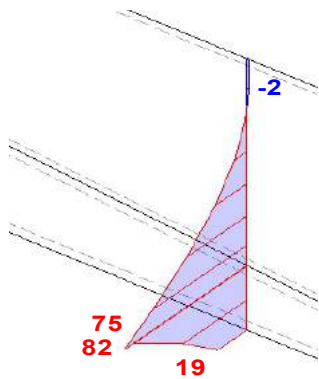


mxD+ Vnější povrch

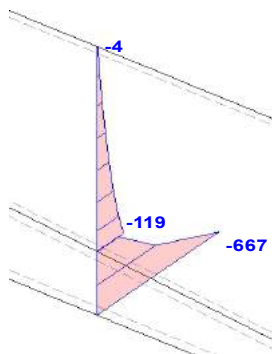


Výsledky Řezu 1.

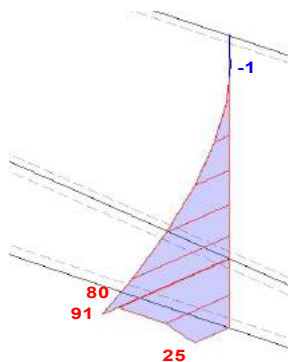
Průběh momentu m_y :



Průběh normálové síly n_{yD} :



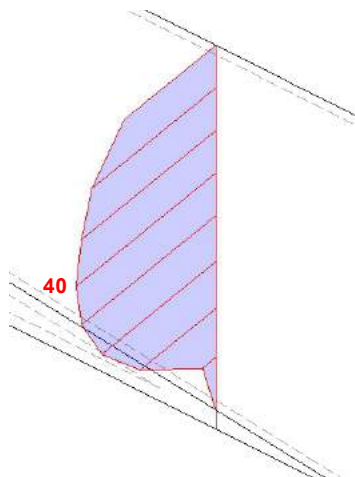
Moment $m_{yD+} = 91 \text{ kNm/m}$



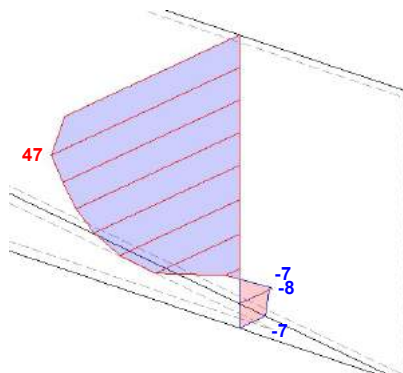


Výsledky Řezu 2.

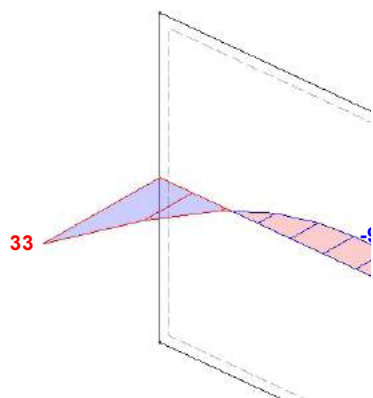
Moment $m_{yD-} = 91 \text{ kNm/m}$



Moment $m_{xD-} = 91 \text{ kNm/m}$



Výsledky Řezu X





11.3.2. Návrh a posouzení svislé výztuže ve styku s rampou, řez 1

A) MSU - dimenzování svislé výztuže

Material				Geometrie	
Beton		Ocel		b (mm)	1000
fck (MPa)	25	fyk (MPa)	500	h (mm)	300
fcd (MPa)	16.6666667	fyd (MPa)	435	d1 (mm)	268
fctm (MPa)	2.6	Es (MPa)	200000	d2 (mm)	228
Ec (MPa)	30500			cnom (mm)	40
				∅ (mm)	12

Vnitřní síla

$M_{yED} = 91 \text{ kNm}$

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s,req} = \frac{b \times d \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ED}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

$A_{s,req} = 812.74 \text{ mm}^2$

$s = 125 \text{ mm}$

$A_{sprov} = 1131 \text{ mm}^2$

∅12 á 100mm

Posouzení na ohybovou únosnost

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}; z = d - 0.4 \times x$$

$x = 36.90 \text{ mm}$

$z = 213.24 \text{ mm}$

$MRd = A_s \times f_{yd} \times z$

$MRd = 104.91 \text{ kNm}$

vyhovuje

Konstrukční zásady

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s,min} = \min \left(0.26 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \times d \times b; 0.0013 \times b \times d \right)$$

$A_{smin} = 407.46 \text{ mm}^2$

348.4 mm^2

vyhovuje

Maximální plocha vyztužení

$A_{s,max} = 0.04 \times b \times d$

$A_{smax} = 10720 \text{ mm}^2$

vyhovuje

B) MSP - posouzení šířky trhlin

Vnitřní síla

$M_{yEk,kvaz} = 63 \text{ kNm}$

Geometrické charakteristiky průřezu bez trhlin

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}$$

$x = 37 \text{ mm}$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c}$$

$\alpha_s = 6.56$

$A_i = A_c + \alpha_s \times A_s$

$A_i = 3.07E+05 \text{ mm}^2$

Vzdálenost těžišť

$$z_{i,h} = \frac{A_c \times z_c + \alpha_s \times A_s \times d}{A_i}$$

$z_c = 0.5 \times h = 150 \text{ mm}$

$z_{i,h} = 152.85 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_c + A_c \times (z_i, h - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_i, h)^2]$$

$I_i = 2.35E+09 \text{ mm}^4$

Ohybový moment při vzniku trhlin

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{I_i}{h - z_i, h}$$

$M_{cr} = 42 \text{ kNm}$

trhliny vznikají při kvazistálé kombinaci zatížení



Geometrické charakteristiky průřezu s trhlinami

$$x \times b \times \frac{x}{2} - as \times As \times (d - x) = 0$$

$$x_{cr} = \frac{as}{b} \times As \times \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times b}{ae} \times \frac{As \times d}{As^2}} \right]$$

xcr = 56.07 mm

$$A_{i,cr} = xcr \times b + as \times As$$

Ai.cr = 63484 mm²

$$S_{i,cr} = b \times 0,5 \times xcr^2 + as \times As \times d$$

Si.cr = 3262713.38 mm³

$$z_{i,cr} = S_{i,cr} / A_{i,cr}$$

zi.cr = 51.39 mm

Moment setrvačnosti ideálního průřezu s trhlinami

$$I_{i,cr} = I_{cr} + A_{cr} \times (z_i - z_{cr})^2 + as \left[As \times (d - z_i)^2 \right]$$

Ii.cr = 9.08E+08 mm⁴

Šířka trhlin

$$\sigma_s = as \times \frac{Mek, kvaz}{I_{i,cr}} (d - z_{i,cr})$$

σs = 99 MPa

$$wk = sr, \max \times (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$* \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} - kt \times \varepsilon_{sr} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left(1 - kt \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right) = \left[\sigma_s - kt \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + as \times \rho_{p,eff}) \right] / E_s \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

kt pro dlouhodobé zatážení

kt = 0.4

fct,eff = 2.6 MPa

$$h_{eff} = \min [2,5 \times (h - d); (h - x) / 3; 0,5 \times h]$$

hc,eff = 80 mm

$$A_{c,eff} = b \times h_{eff}$$

Ac,eff = 80000 mm²

$$\rho_{p,eff} = As / A_{c,eff}$$

pp,eff = 0.0141375

0.6σs/Es = 0.00030 < εsm-εcm = 0.00009 *nevyhovuje*

fct,eff = fctm

$$* sr, \max = 3,4 \times c_{nom} + 0,425 \times k_1 \times k_2 \times \Phi / \rho_{p,eff}$$

sr,max = 328.39611 mm

cnom = 40 mm

Pro žebikovou výztuž k1 = 0.8

Pro ohybané prvky k2 = 0.5

Φ = 20 mm

$$wk = 0.097 \text{ mm} < w_{lim} = 0.20 \text{ mm}$$

vyhovuje



11.3.3. Návrh a posouzení svislé výztuže na síly v řezu 2

A) MSU - dimenzování svislé výztuže

Material				Geometrie	
Beton		Ocel		b (mm)	1000
fck (MPa)	25	fyk (MPa)	500	h (mm)	300
fcd (MPa)	16.66666667	fyd (MPa)	435	d1 (mm)	268
fctm (MPa)	2.6	Es (MPa)	200000	d2 (mm)	228
Ec (MPa)	30500			cnom (mm)	40
				ϕ (mm)	12

Vnitřní síla

$$M_{yED} = 40 \text{ kNm}$$

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s, req} = \frac{b \times d \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ED}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s, req} = 349.04 \text{ mm}^2$$

$$s = 125 \text{ mm}$$

$$A_{s, prov} = 754 \text{ mm}^2$$

ϕ12 á 150m

Posouzení na ohybovou únosnost

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}; z = d - 0.4 \times x$$

$$x = 24.60 \text{ mm}$$

$$z = 258.16 \text{ mm}$$

$$MRd = A_{s, prov} \times f_{yd} \times z$$

$$MRd = 84.67 \text{ kNm}$$

vyhovuje

Konstrukční zásady

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s, min} = \min \left(0.26 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \times d \times b; 0.0013 \times b \times d \right)$$

$$A_{s, min} = 478.95 \text{ mm}^2$$

$$348.4 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

Maximální plocha vyztužení

$$A_{s, max} = 0.04 \times b \times d$$

$$A_{s, max} = 10720 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

B) MSP - posouzení šířky trhlín

Vnitřní síla

$$M_{yEk, kvaz} = 30 \text{ kNm}$$

Geometrické charakteristiky průřezu bez trhlín

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}$$

$$x = 25 \text{ mm}$$

$$\alpha_s = \frac{Es}{Ec}$$

$$\alpha_s = 6.56$$

$$A_i = A_c + \alpha_s \times A_s$$

$$A_i = 3.05E+05 \text{ mm}^2$$

Vzdálenost těžišť

$$z_{i,h} = \frac{A_c \times z_c + \alpha_s \times A_s \times d}{A_i}$$

$$z_c = 0.5 \times h = 150 \text{ mm}$$

$$z_{i,h} = 151.26 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_c + A_c \times (z_{i,h} - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_{i,h})^2]$$

$$I_i = 2.32E+09 \text{ mm}^4$$

Ohybový moment při vzniku trhlín

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{I_i}{h - z_{i,h}}$$

$$M_{cr} = 41 \text{ kNm}$$

nevznikají trhliny



11.3.4. Návrh a posouzení vodorovné výztuže ve styku se stěnou na ose L, řez x

A) MSU - dimenzování svislé výztuže

Material				Geometrie	
Beton		Ocel		b (mm)	1000
fck (MPa)	25	fyk (MPa)	500	h (mm)	300
fcd (MPa)	16.66666667	fyd (MPa)	435	d1 (mm)	264
fctm (MPa)	2.6	Es (MPa)	200000	d2 (mm)	224
Ec (MPa)	30500			cnom (mm)	40
				∅ (mm)	16

Vnitřní síla

$M_{ED} = 41 \text{ kNm}$

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s, req} = \frac{b \times d \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ED}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

$A_{s, req} = 357.93 \text{ mm}^2$

$s = 125 \text{ mm}$

$A_{s, prov} = 754 \text{ mm}^2$

∅12 á 150m

Posouzení na ohybovou únosnost

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}; z = d - 0.4 \times x$$

$x = 24.60 \text{ mm}$

$z = 218.16 \text{ mm}$

$M_{Rd} = A_s \times f_{yd} \times z$

$M_{Rd} = 71.55 \text{ kNm}$

vyhovuje

Konstrukční zásady

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s, min} = \min \left(0.26 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \times b \times d; 0.0013 \times b \times d \right)$$

$A_{s, min} = 478.95 \text{ mm}^2$

348.4 mm^2

vyhovuje

Maximální plocha vyztužení

$A_{s, max} = 0.04 \times b \times d$

$A_{s, max} = 10720 \text{ mm}^2$

vyhovuje

B) MSP - posouzení šířky trhlin

Vnitřní síla

$M_{yEk, kvaz} = 25 \text{ kNm}$

Geometrické charakteristiky průřezu bez trhlin

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}$$

$x = 25 \text{ mm}$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c}$$

$\alpha_s = 6.56$

$A_i = A_c + \alpha_s \times A_s$

$A_i = 3.05E+05 \text{ mm}^2$

Vzdálenost těžišť

$$z_{i,h} = \frac{A_c \times z_c + \alpha_s \times A_s \times d}{A_i}$$

$z_c = 0.5 \times h = 150 \text{ mm}$

$z_{i,h} = 151.85 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$I_i = I_c + A_c \times (z_{i,h} - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_{i,h})^2]$

$I_i = 2.31E+09 \text{ mm}^4$

Ohybový moment při vzniku trhlin

$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{I_i}{h - z_{i,h}}$

$M_{cr} = 41 \text{ kNm}$

nevznikají trhliny



11.3.5. Dimenzování vodorovné výztuže v dolní púlce.

Výztuž v dolní púlce se navrhne dle omezení raných trhlin přímým výpočtem.

Omezení raných trhlin přímým výpočtem

Material		Geometrie		Jiné parametry, součinitele	
Beton		b (m)	1	Φ (m)	0.016
fctm (kPa)	2600	h (m)	0.3	cnom (m)	0.04
fcteff (kPa)	1300	d (m)	0.252	s3	0.10
Ocek		Act (m2)	0.15	k	1
Es (kPa)	2.00E+08	heff (m)	0.12	k3	2.49
		Aceff (m2)	0.12	požadavek na omezení	
				wk	0.0002

$$1) A_{s, \min 1} = \frac{s_3 \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{2 \times E_s \times w_k} \pm$$

$$\sqrt{\left(\frac{s_3 \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{2 \times E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,17 \times \Phi \times A_{c, \text{eff}} \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{E_s \times w_k}}$$

Asmin1 =	1218 mm2
mezivýsledky	1 část 165 mm2
	2 část 1053 mm2

$$2) A_{s, \min 2} = \frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \pm \sqrt{\left(\frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,204 \times \Phi \times A_{c, \text{eff}} \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k}}$$

Asmin2	1535 mm2
mezivýsledky	1 část 145 mm2
	2 část 1389 mm2

Asmin =	1535 mm2	- maximální hodnota
---------	----------	---------------------

Dle omezení šířky raných trhlin se navržená výztuž je **ø16 á 125mm**, plocha výztuže $A_{s, \min} = 1608 \text{mm}^2$



11.3.6. Závěr

Svislá výztuž:

Základní výztuž bude proveden z **ø12 á 100mm**, tato výztuž odpovídá na mez únosnosti a mez šířky trhlin v místech styku se základovou deskou a stropní deskou nad 1.PP.

Vodorovná výztuž:

Vodorovná výztuž v dolní půlce bude provedena z **ø16 á 125mm** dle omezení raných trhlin. V ostatních místech bude provedena výztuž **ø12 á 150mm**, která bude odpovídat na mez únosnosti a mez šířky trhlin v místech styku s ostatními stěnami.

ČSN EN 1992-1-1 udává, že pro trhliny vyvozené převážně přímým zatížením musí být splněna podmínka maximálního průměru prutu nebo maximální vzdáleností prutů dle tabulek 7.2N a 7.3N. Lze předpokládat, že stěna bude namáhána převážně přímým zatížením, a postačí splnění jedné z těchto podmínek.



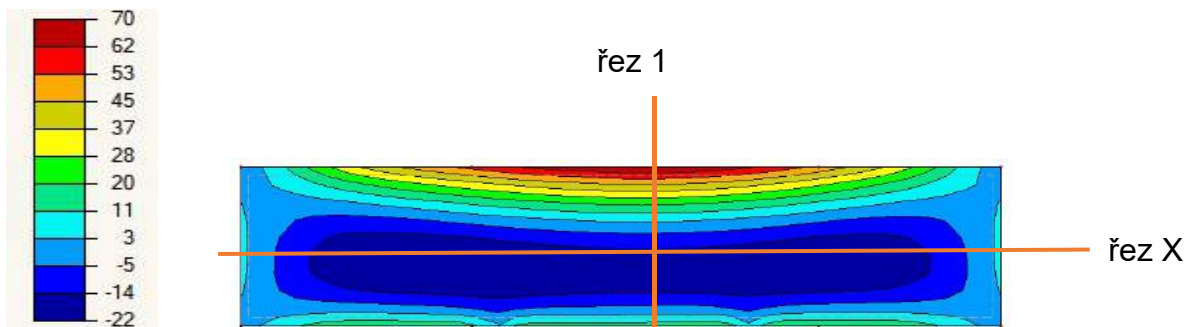
11.4. Stěna na ose A

11.4.1. Vnitřní síly

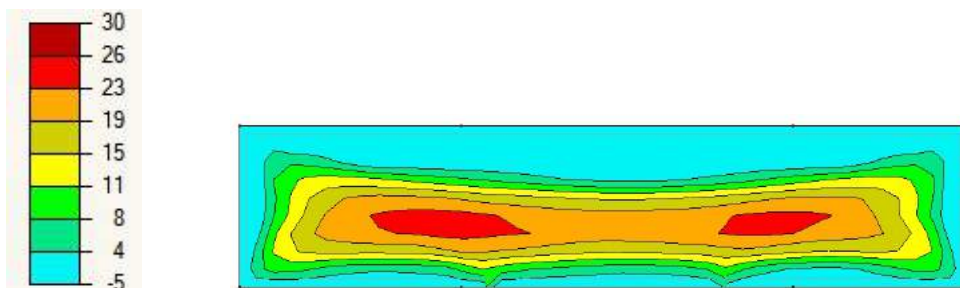
B) Vnitřní síly při kombinaci MSU - Fáze 1

Výsledky na ploše.

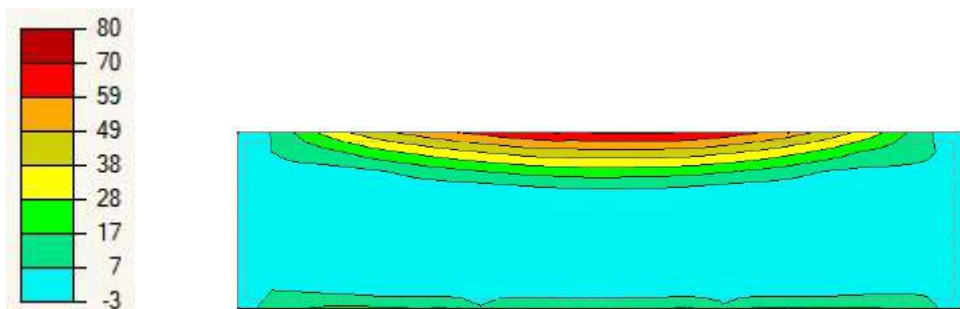
my



myD- Vnitřní povrch

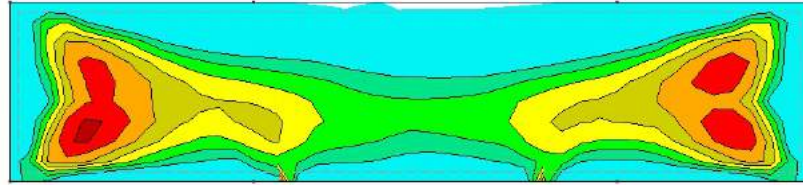
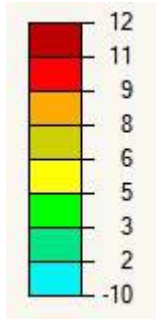


myD+ Vnější povrch

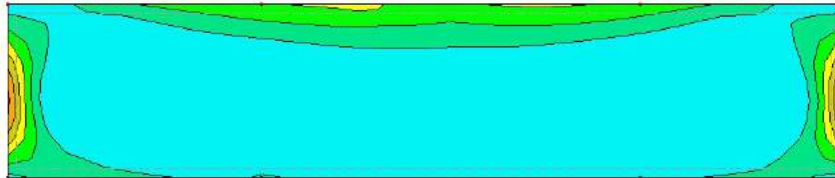
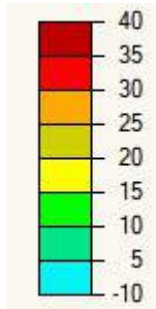




mxD- Vnitřní povrch

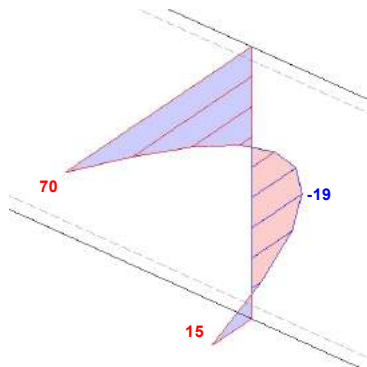


mxD+ Vnější povrch

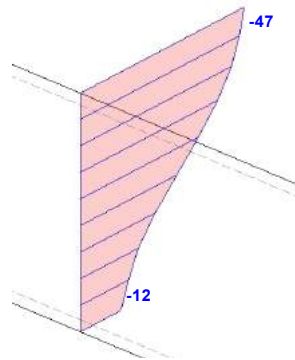


Výsledky Řezu 1.

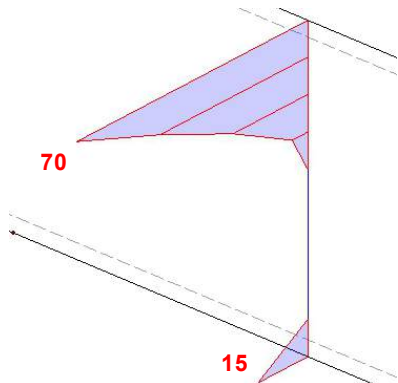
Průběh momentu m_y :



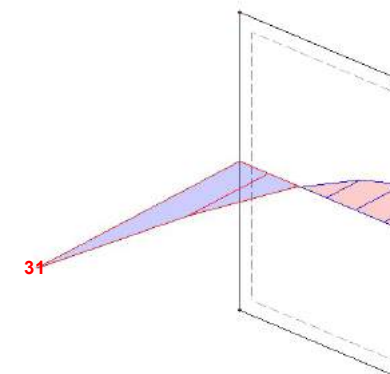
Průběh normálové síly n_{yD} :



Moment $m_{yD+} = 91 \text{ kNm/m}$



Výsledky Řezu X





11.4.2. Návrh a posouzení svislé výztuže, řez 1

C) MSU - dimenzování svislé výztuže

Material				Geometrie	
Beton		Ocel		b (mm)	1000
fck (MPa)	25	fyk (MPa)	500	h (mm)	300
fcd (MPa)	16.66666667	fyd (MPa)	435	d1 (mm)	268
fctm (MPa)	2.6	Es (MPa)	200000	d2 (mm)	228
Ec (MPa)	30500			cnom (mm)	40
				∅ (mm)	12

Vnitřní síla

$M_{yED} = 70 \text{ kNm}$

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s, req} = \frac{b \times d \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ED}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

$A_{s, req} = 736.87 \text{ mm}^2$

$s = 125 \text{ mm}$

$A_{s, prov} = 1131 \text{ mm}^2$

∅12 á 100mm

Posouzení na ohybovou únosnost

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}; z = d - 0.4 \times x$$

$x = 36.90 \text{ mm}$

$z = 213.24 \text{ mm}$

$M_{Rd} = A_s \times f_{yd} \times z$

$M_{Rd} = 104.91 \text{ kNm}$

vyhovuje

Konstrukční zásady

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s, min} = \min \left(0.26 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \times d \times b; 0.0013 \times b \times d \right)$$

$A_{s, min} = 407.46 \text{ mm}^2$

348.4 mm^2

vyhovuje

Maximální plocha vyztužení

$A_{s, max} = 0.04 \times b \times d$

$A_{s, max} = 10720 \text{ mm}^2$

vyhovuje

D) MSP - posouzení šířky trhlin

Vnitřní síla

$M_{yEk, kvaz} = 51 \text{ kNm}$

Geometrické charakteristiky průřezu bez trhlin

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}}$$

$x = 37 \text{ mm}$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c}$$

$\alpha_s = 6.56$

$A_i = A_c + \alpha_s \times A_s$

$A_i = 3.07E+05 \text{ mm}^2$

Vzdálenost těžišť

$$z_{i, h} = \frac{A_c \times z_c + \alpha_s \times A_s \times d}{A_i}$$

$z_c = 0.5 \times h = 150 \text{ mm}$

$z_{i, h} = 151.88 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_c + A_c \times (z_i, h - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_i, h)^2]$$

$I_i = 2.35E+09 \text{ mm}^4$

Ohybový moment při vzniku trhlin

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{I_i}{h - z_i, h}$$

$M_{cr} = 41 \text{ kNm}$

trhliny vznikají při kvazistálé kombinaci zatížení



Geometrické charakteristiky průřezu s trhlinami

$$x \times b \times \frac{x}{2} - as \times As \times (d - x) = 0$$

$$x_{cr} = \frac{as}{b} \times As \times \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times b}{ae} \times \frac{As \times d}{As^2}} \right]$$

xcr = 56.07 mm

$$A_{i,cr} = xcr \times b + as \times As$$

Ai.cr = 63484 mm²

$$S_{i,cr} = b \times 0,5 \times xcr^2 + as \times As \times d$$

Si.cr = 3262713.38 mm³

$$z_{i,cr} = S_{i,cr} / A_{i,cr}$$

zi.cr = 51.39 mm

Moment setrvačnosti ideálního průřezu s trhlinami

$$I_{i,cr} = Icr + Acr \times (z_i - zc)^2 + as [As \times (d - z_i)^2]$$

Ii.cr = 9.08E+08 mm⁴

Šířka trhlin

$$\sigma_s = as \times \frac{Mek, kvaz}{I_{i,cr}} (d - z_{i,cr})$$

σs = 80 MPa

$$wk = sr, \max \times (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$* \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} - kt \times \varepsilon_{sr} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left(1 - kt \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right) = \left[\sigma_s - kt \frac{fct, eff}{\rho_p, eff} (1 + as \times \rho_p, eff) \right] / E_s \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

kt pro dlouhodobé zatážení

kt = 0.4
fct,eff = 2.6 MPa

$$heff = \min [2,5 \times (h - d); (h - x) / 3; 0,5 \times h]$$

hc,eff = 80 mm

$$Ac, eff = b \times heff$$

Ac,eff = 80000 mm²

$$\rho_p, eff = As / Ac, eff$$

pp,eff = 0.0141375

0.6σs/Es = 0.00024 < εsm-εcm = 0.00000 nevyhovuje
fct,eff = fctm

$$* sr, \max = 3,4 \times cnom + 0,425 \times k1 \times k2 \times \Phi / \rho_p, eff$$

sr,max = 328.39611 mm
cnom = 40 mm
Pro žebrikovou výztuž k1 = 0.8
Pro ohybané prvky k2 = 0.5
Φ = 20 mm

$$wk = 0.079 \text{ mm} < wlim = 0.20 \text{ mm}$$

vyhovuje



11.4.3. Návrh a posouzení vodorovné výztuže ve styku se stěnou na ose 7, řez x

C) MSU - dimenzování svislé výztuže

Material				Geometrie	
Beton		Ocel		b (mm)	1000
fck (MPa)	25	fyk (MPa)	500	h (mm)	300
fcd (MPa)	16.6666667	fyd (MPa)	435	d1 (mm)	264
fctm (MPa)	2.6	Es (MPa)	200000	d2 (mm)	224
Ec (MPa)	30500			cnom (mm)	40
				ϕ (mm)	16

Vnitřní síla

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s, req} = \frac{b \times d \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ED}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

Posouzení na ohybovou únosnost

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}}; z = d - 0,4 \times x$$

$$MRd = A_s \times f_{yd} \times z$$

Konstrukční zásady

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s, min} = \min \left(0,26 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \times d \times b; 0,0013 \times b \times d \right)$$

Maximální plocha vyztužení

$$A_{s, max} = 0,04 \times b \times d$$

$$M_{xED} = 31 \text{ kNm}$$

$$A_{s, req} = 269.45 \text{ mm}^2$$

$$s = 125 \text{ mm}$$

$$A_{s, prov} = 754 \text{ mm}^2$$

ϕ12 á 150m

$$x = 24.60 \text{ mm}$$

$$z = 218.16 \text{ mm}$$

$$MRd = 71.55 \text{ kNm}$$

vyhovuje

$$A_{s, min} = 478.95 \text{ mm}^2$$

$$348.4 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

$$A_{s, max} = 10720 \text{ mm}^2$$

vyhovuje

D) MSP - posouzení šířky trhlin

Vnitřní síla

Geometrické charakteristiky průřezu bez trhlin

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}}$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c}$$

$$A_i = A_c + \alpha_s \times A_s$$

Vzdálenost těžišť

$$z_{i, h} = \frac{A_c \times z_c + \alpha_s \times A_s \times d}{A_i}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_c + A_c \times (z_i, h - z_c)^2 + \alpha_s [A_s \times (d - z_i, h)^2]$$

Ohybový moment při vzniku trhlin

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{I_i}{h - z_i, h}$$

$$M_{yEk, kvaz} = 23 \text{ kNm}$$

$$x = 25 \text{ mm}$$

$$\alpha_s = 6.56$$

$$A_i = 3.05E+05 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 0.5 \times h = 150 \text{ mm}$$

$$z_{i, h} = 151.85 \text{ mm}$$

$$I_i = 2.31E+09 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = 41 \text{ kNm}$$

nevznikají trhliny



11.4.4. Dimenzování vodorovné výztuže v dolní púlce.

Výztuž v dolní púlce se navrhne dle omezení raných trhlin přímým výpočtem.

Omezení raných trhlin přímým výpočtem

Material		Geometrie		Jiné parametry, součinitele	
Beton		b (m)	1	Φ (m)	0.016
fctm (kPa)	2600	h (m)	0.3	cnom (m)	0.04
fcteff (kPa)	1300	d (m)	0.252	s3	0.10
Ocek		Act (m2)	0.15	k	1
Es (kPa)	2.00E+08	heff (m)	0.12	k3	2.49
		Aceff (m2)	0.12	požadavek na omezení	
				wk	0.0002

$$1) A_{s, \min 1} = \frac{s3 \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{2 \times E_s \times w_k} \pm$$

$$\sqrt{\left(\frac{s3 \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{2 \times E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,17 \times \Phi \times A_{c, \text{eff}} \times f_{ct, \text{eff}} (k \times A_{ct} - 0,4 \times A_{c, \text{eff}})}{E_s \times w_k}}$$

Asmin1 =	1218 mm2
mezivýsledky	1 část 165 mm2
	2 část 1053 mm2

$$2) A_{s, \min 2} = \frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \pm \sqrt{\left(\frac{0,3 \times s_3 \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k} \right)^2 + \frac{0,204 \times \Phi \times A_{c, \text{eff}} \times f_{ct, \text{eff}} \times k \times A_{ct}}{E_s \times w_k}}$$

Asmin2	1535 mm2
mezivýsledky	1 část 145 mm2
	2 část 1389 mm2

Asmin =	1535 mm2	- maximální hodnota
---------	----------	---------------------

Dle omezení šířky raných trhlin se navržená výztuž je **ø16 á 125mm**, plocha výztuže $A_{s, \min} = 1608 \text{mm}^2$



11.4.5. Závěr

Svislá výztuž:

Základní výztuž bude proveden z **ø12 á 100mm**, tato výztuž odpovídá na mez únosnosti a mez šířky trhlin v místech styku se základovou deskou a stropní deskou nad 1.PP.

Vodorovná výztuž:

Vodorovná výztuž v dolní půlce bude provedena z **ø16 á 125mm** dle omezení raných trhlin. V ostatních místech bude provedena výztuž **ø12 á 150mm**, která bude odpovídat na mez únosnosti a mez šířky trhlin v místech styku s ostatními stěnami.

ČSN EN 1992-1-1 udává, že pro trhliny vyvozené převážně přímým zatížením musí být splněna podmínka maximálního průměru prutu nebo maximální vzdáleností prutů dle tabulek 7.2N a 7.3N. Lze předpokládat, že stěna bude namáhána převážně přímým zatížením, a postačí splnění jedné z těchto podmínek.



11.5. Výpočet kotevní délky výztuže suterénních stěn.

11.5.1. Svislá výztuž.

Beton C25/30, Ocel B500B , vyztužení $\varnothing 12$ á 150mm,

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd})$$

$$f_{bd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,8 / 1,5 = 2,7 \text{ MPa}$$

Výztuž má využití 50%. Napětí ve výztuži bude uvažována v poměru tohoto využití:

$$\sigma_{sd} = 0,50 \times f_{yd} = 0,50 \times 435 \text{ MPa} = 218 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd}) = 12\text{mm} \times 218\text{MPa} / (4 \times 2,7\text{MPa}) = 242\text{mm}$$

Kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 242\text{mm} = 206\text{mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \times (cd - \varnothing) / \varnothing = 1 - 0,15 \times (40 - 12) / 12 = 0,65$$

$$l_{min} = \max(0,3 \times l_{b,rqd} ; 10\varnothing ; 100\text{mm}) = \max(72\text{mm}; 120\text{mm}; 100\text{mm}) = 120\text{mm}$$

$$l_{bd} = 206\text{mm} > l_{min} = 120\text{mm}$$

Délka přesahu pro stykování:

$$l_0 = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_5 \times a_6 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,85 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,4 \times 242\text{mm} = 288\text{mm}$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 \times a_6 \times l_{b,rqd} ; 15\varnothing ; 200\text{mm}) =$$

$$\max(101\text{mm}; 180\text{mm}; 200\text{mm}) = 200\text{mm}$$

$$l_0 = 288\text{mm} > l_{0,min} = 200\text{mm}$$

Závěr

Kotevní délka $l_{bd} = 300 \text{ mm}$

Stykovací délka $1,4 \times l_{bd} = 400 \text{ mm}$

**11.5.2. Vodorovná výztuž dolní půlka - vynucené namáhání.**

Beton C25/30, Ocel B500B , vyztužení $\varnothing 16$ á 125mm,

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd})$$

$$f_{bd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,8 / 1,5 = 2,7 \text{ MPa}$$

Za napětí ve výztuži bude uvažována maximálně přípustná hodnota dle tabulek pro omezení raných trhlin :

$$\sigma_{sd} = 360 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd}) = 16\text{mm} \times 360\text{MPa} / (4 \times 2,7\text{MPa}) = 533\text{mm}$$

Kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,775 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 533\text{mm} = 413\text{mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \times (cd - \varnothing) / \varnothing = 1 - 0,15 \times (40 - 16) / 16 = 0,775$$

$$l_{min} = \max(0,3 \times l_{b,rqd} ; 10\varnothing ; 100\text{mm}) = \max(160\text{mm}; 160\text{mm}; 100\text{mm}) = 160\text{mm}$$

$$l_{bd} = 413\text{mm} > l_{min} = 160\text{mm}$$

Délka přesahu pro stykování:

$$l_0 = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_5 \times a_6 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,775 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,4 \times 533\text{mm} = 578\text{mm}$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 \times a_6 \times l_{b,rqd} ; 15\varnothing ; 200\text{mm}) =$$

$$\max(224\text{mm}; 240\text{mm}; 200\text{mm}) = 240\text{mm}$$

$$l_0 = 578\text{mm} > l_{0,min} = 240\text{mm}$$

Závěr

Kotevní délka $l_{bd} = 500 \text{ mm}$

Stykovací délka $1,4 \times l_{bd} = 700 \text{ mm}$



11.5.3. Vodorovná výztuž horní půlka.

Beton C25/30, Ocel B500B , výztužení $\varnothing 12$ á 150mm,

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd})$$

$$f_{bd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,8 / 1,5 = 2,7 \text{ MPa}$$

Výztuž má využití 40%. Napětí ve výztuži bude uvažována v poměru tohoto využití:

$$\sigma_{sd} = 0,40 \times f_{yd} = 0,40 \times 435 \text{ MPa} = 174 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \varnothing \times \sigma_{sd} / (4 \times f_{bd}) = 12\text{mm} \times 174\text{MPa} / (4 \times 2,7\text{MPa}) = 193\text{mm}$$

Kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,65 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 193\text{mm} = 126\text{mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \times (cd - \varnothing) / \varnothing = 1 - 0,15 \times (40 - 12) / 12 = 0,65$$

$$l_{min} = \max(0,3 \times l_{b,rqd} ; 10\varnothing ; 100\text{mm}) = \max(58\text{mm}; 120\text{mm}; 100\text{mm}) = 120\text{mm}$$

$$l_{bd} = 126\text{mm} > l_{min} = 120\text{mm}$$

Délka přesahu pro stykování:

$$l_0 = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_5 \times a_6 \times l_{b,rqd} = 1,0 \times 0,65 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,4 \times 193\text{mm} = 175,6\text{mm}$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 \times a_6 \times l_{b,rqd} ; 15\varnothing ; 200\text{mm}) = \\ \max(74\text{mm}; 180\text{mm}; 200\text{mm}) = 200\text{mm}$$

$$l_0 = 175,6\text{mm} < l_{0,min} = 200\text{mm}$$

Závěr

Kotevní délka $l_{bd} = 300 \text{ mm}$

Stykovací délka $1,4 \times l_{bd} = 400 \text{ mm}$



12. LITERATURA

- [1] Navrhování železobetonových konstrukcí *prof.Ing. Jaroslav Procházka, CSc., prof.Ing. Alena Kohoutková, CSc. , doc.Ing. Jitka Vašková, CSc*
- [2] <https://www.betontks.cz> NAVRHOVÁNÍ NA MEZNÍ STAV PORUŠENÍ PROTlačENÍM. Prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc. ,Ing. Hana Hanzlová, CSc., Ing. Jiří Šmejkal, CSc
- [3] Modelování betonových konstrukcí budov. *doc.Ing.Jaroslava Navrátila, CSc a Ing. Viktora Borzoviče, PhD*
- [4] <https://www.dlubal.com> online manuals - RFEM
- [5] Plošné betonové konstrukce, nadřže a zásobníky. *Ing.Miloš Zich PhD, Doc. Ing.Zděnek Bažant Csc.*
- [6] Analýza metod výpočtu železobetonových lokálně podepřených desek. *Ing. Martin Típka a Ing. Josef Novák*
- [7] ČBS 02 - Bílé vany, vodonepropustné betonové konstrukce
- [8] BETONOVÉ A ZDĚNÉ KONSTRUKCE 1. *Ing. Hana Hanzlová, CSc. , Ing. Jiří Šmejkal, PhD. CSc.*
- [9] *Masopust Jan. Nvrhování základových a pažicích konstrukcí: příručka k ČSN EN 1997*
- [10] http://www.leonardo.cvut.cz/download/4b_Zatizeni-klimaticka-vitr.pdf
- [11] https://www.betontks.cz/sites/default/files/2014-5-60_0.pdf
- [12] *Zakládání staveb 1. doc.Ing.Jan Masopust, CSc.*
- [13] <https://www.betontks.cz> NÁVRH VÝZTUŽE BÍLÉ VANY S OHLEDEM NA ŠÍŘKU TRHLINY Prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc. Ing.Marek Vinkler, PhD.
- [14] <http://www.kornbrno.cz/produkty/tesnici-prvky>