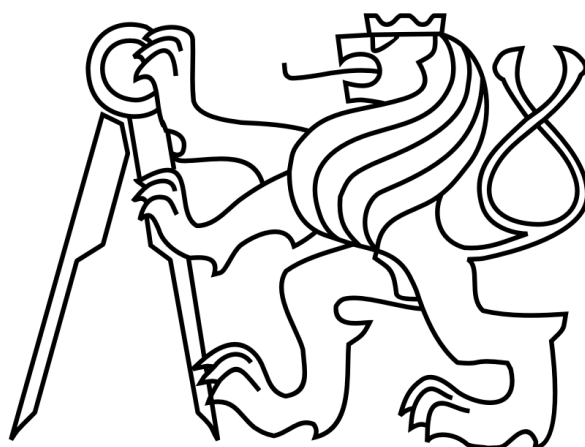


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční řešení bytového domu Krásnopolská

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce: Ing. Josef Novák, Ph. D.
Vypracoval: David Meloun

Praha 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Meloun Jméno: David Osobní číslo: 458798

Zadávací katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství

Studijní obor: (3608R008) Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Konstrukční řešení bytového domu Krásnopolská

Název bakalářské práce anglicky: Structural Design of Apartment Block Krásnopolská

Pokyny pro vypracování:

Pro zadaný objekt bytového domu vypracujte variantní řešení konstrukčního systému s vyhodnocením a podrobnější dokumentaci vybrané varianty.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Josef Novák, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019

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 bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.

21.2.2019
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Ing. Josefa Nováka, Ph. D.

Použitá literatura a programy jsou uvedené v seznamu použitých zdrojů.

V Praze 26. 5. 2019

David Meloun

Poděkování

Děkuji Ing. Josefu Novákovi, Ph. D. za odborné vedení, cenné rady a hlavně za velmi milý a osobní přístup během konzultací.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat variantní řešení konstrukčního systému a podrobnější dokumentaci vybrané varianty bytového domu Krásnopolská. Zpracován byl rozbor konstrukčních variant dílčích částí nosné konstrukce. Pro navržené konstrukční řešení byl proveden podrobný statický návrh vybraných prvků 2.NP. Pro tyto účely byl zpracován trojrozměrný model v programu SCIA Engineer. Mezi hlavní výstupy práce patří základní výkresová dokumentace, statický výpočet a technická zpráva.

Abstract

The aim of the bachelor thesis was to carry out variants on a structural system of the Krasnopolská apartment block including a detailed structural design of a selected variant. The structural system analysis of structure was performed. The detailed structural design of selected elements in the second floor was carried out based on the results obtained from the numerical simulation on three-dimensional model in the SCIA Engineer software. The main outcomes of the thesis are structural drawings, a structural design report and a technical report.

Klíčová slova

Konstrukční řešení, Vyhodnocení variant, Železobetonová konstrukce, Návrh prvku, Vyztužování

Key words

Structural Design, Variant Analysis, Reinforced Concrete Structure, Design of Structure, Reinforcement

Obsah

Úvod

Statický výpočet

1. Předběžný návrh konstrukčního řešení zadaného objektu	8
1.1. Výchozí architektonicko – stavební výkresy	8
1.2. Navržený konstrukční systém	11
1.2.1. Studie konstrukčního řešení dílčích konstrukcí	14
2. Předběžný statický výpočet	22
2.1. Použité materiály	22
2.2. Přehled zatížení	22
2.2.1. Stálé zatížení	22
2.2.2. Proměnné zatížení	25
2.3. Předběžný návrh a posouzení nosných prvků	26
2.3.1. Předběžný návrh a posouzení nosných prvků	26
2.3.2. Vnitřní železobetonový sloup	27
2.3.3. Ověření části stropní desky z hlediska protlačení	30
2.3.4. Železobetonové stěny	33
3. Podrobný statický výpočet	34
3.2. Trojrozměrný model	34
3.1. Posouzení desky na protlačení	36
3.2. Obvodové žebro	38
3.3. Posouzení MSP na průhyb	39
3.4. Stropní deska	40
3.4.1. Ohybové momenty na desce	40
3.4.2. Návrh výztuže stropní desky	42
3.4.3. Posouzení výztuže desky	47
3.5. Posouzení desky na protlačení	49
3.6. Návrh sloupu	51
3.6.1. Vnitřní síly	51
3.6.2. Vzorový výpočet štíhlosti sloupu A3 ve směru z	52
3.6.3. Návrh výztuže sloupu v programu FIN EC 2019 Beton	54
3.7. Návrh výztuže obvodového žebra	56
3.8. Návrh smykové výztuže	59
3.9. Návrh výztuže železobetonové stěny	60
3.10. Kotevní délka	62
4. Závěr	64
5. Webové zdroje	65
6. Použitý software	65

Přílohy

Výkresy

1. Výkres tvaru 1.PP
2. Výkres tvaru 1.NP
3. Výkres tvaru 2.NP
4. Výkres tvaru 3.NP
5. Výkres výztuže desky horní
6. Výkres výztuže desky spodní
7. Výkres výztuže sloupu
8. Výkres výztuže stěny
9. Výkres výztuže žebra

Technická zpráva

Úvod

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením bytového domu Krasnopolská. Cílem práce bylo navrhnout varianty konstrukčního systému zadaného objektu a u vybrané varianty zpracovat podrobný statický návrh dílčích konstrukčních prvků. Hlavním motivem výběru tohoto tématu bylo zpracování stavebně-konstrukční části projektové dokumentace při uplatnění moderních výpočetních nástrojů.



Obr. 1: Architektonická vizualizace (zdroj: archiweb.cz)

V první části práce je zpracováno konstrukční řešení zadaného objektu včetně analýzy variantního řešení dílčích prvků konstrukce. Jedná se zejména o železobetonové stropní konstrukce, návaznosti svislých nosných prvků a mezibytové stěny. Při zvážení různých variant byla zohledněna i náročnost výstavby konstrukce a její návaznost na ostatní části konstrukce.

V druhé části práce byl zpracován předběžný návrh základních prvků vybrané varianty konstrukčního řešení zadaného objektu a podrobný statický výpočet vybraných částí konstrukce druhého nadzemního podlaží. Jedná se zejména o návrh výztuže typického sloupu, stěny a stropní desky. Pro podrobný statický návrh se využily výsledky z lineární analýzy modelu objektu vytvořeném v programu SCIA Engineer. Výstupem práce jsou výkresy tvaru jednotlivých podlaží, výkresy výztuže dílčích prvků konstrukce, statický výpočet a technická zpráva.

Statický výpočet

1. Předběžný návrh konstrukčního řešení zadaného objektu

1. 1. Výchozí architektonicko – stavební výkresy

Vzorové půdorysy, které sloužily jako podklad pro zpracování konstrukčního řešení zadaného objektu.

1.PP



Obr. 2: Půdorys 1.PP (zdroj: archiweb.cz)

1.NP



Obr. 3: Půdorys 1.NP (zdroj: archiweb.cz)

2.NP



Obr. 4: Půdorys 2.NP (zdroj: archiweb.cz)

3.NP



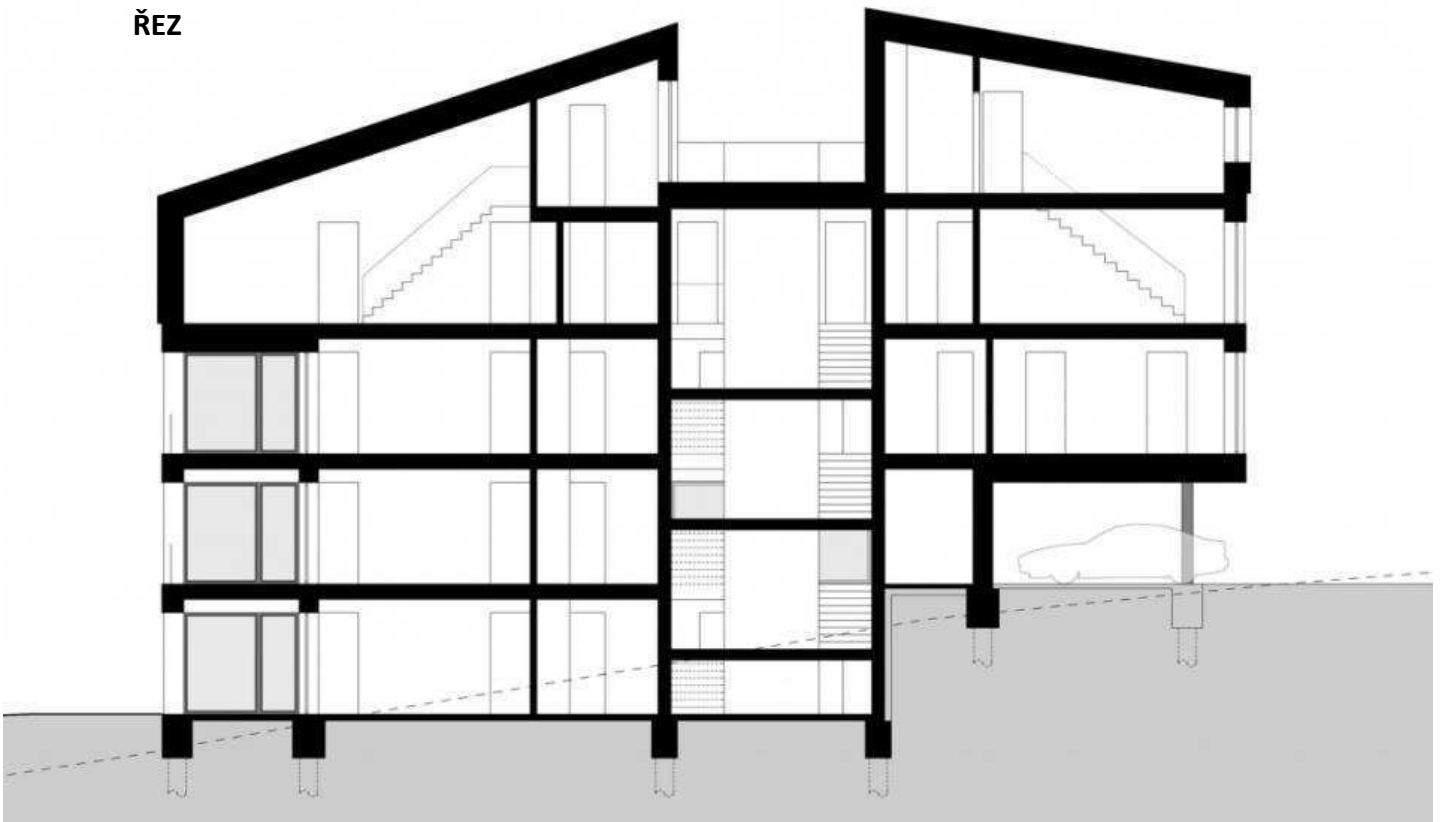
Obr. 5: Půdorys 3.NP (zdroj: archiweb.cz)

4.NP



Obr. 6: Půdorys 4.NP (zdroj: archiweb.cz)

ŘEZ

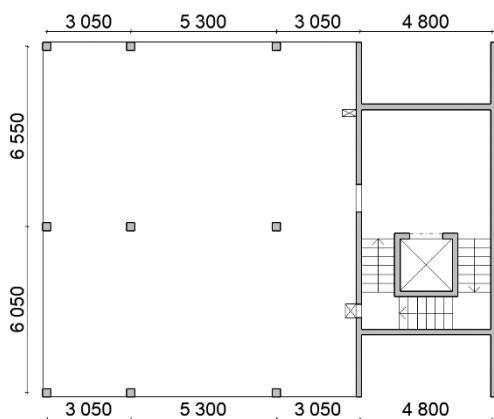


Obr. 7: Řez (zdroj: archiweb.cz)

1.2. Navržený konstrukční systém

Zobrazena půdorysná konstrukční schémata jednotlivých podlaží (svislé nosné konstrukce daného podlaží a vodorovné nosné konstrukce nad daným podlažím)

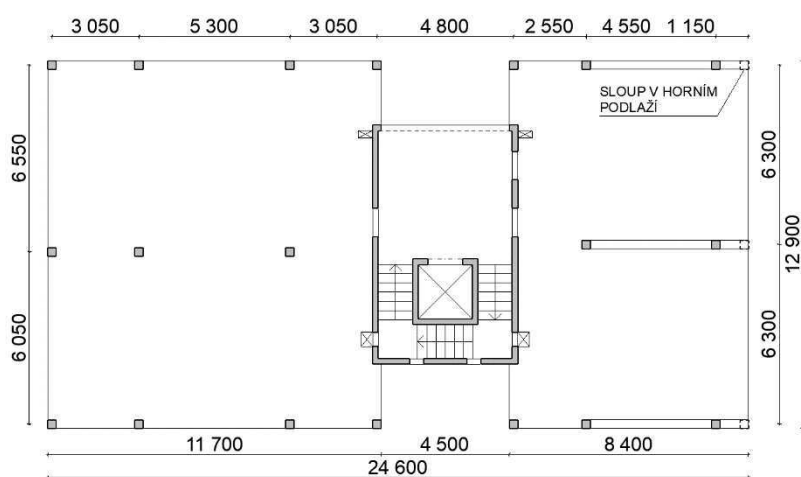
Konstrukční schéma 1.PP:



Obr. 8: Schéma půdorys 1.PP

Konstrukční výška podlaží:	3,22 m
Účel využití podlaží:	technické zázemí objektu, sklady, schodiště, bytová jednotka
Svislé konstrukce:	železobetonové sloupy a stěny
Vodorovné nosné konstrukce:	lokálně podepřená ŽB deska
Schodiště:	tříramenné ŽB schodiště

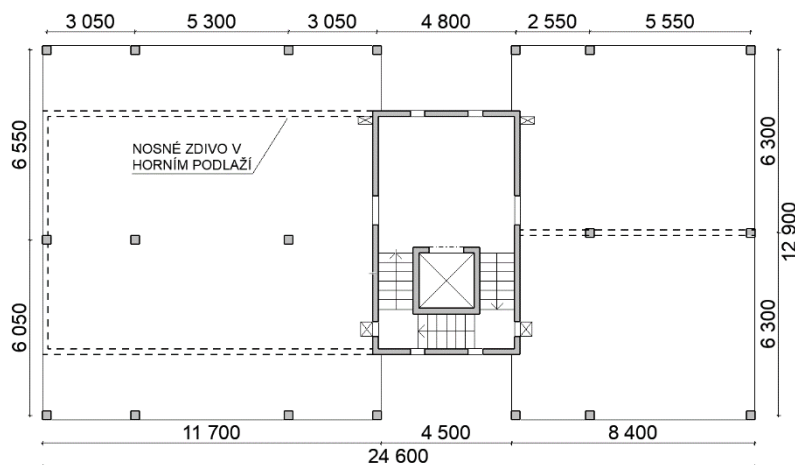
Konstrukční schéma 1.NP:



Obr. 9: Schéma půdorys 1.NP

Konstrukční výška podlaží:	3,22 m
Účel využití podlaží:	parkoviště, schodiště, bytová jednotka
Svislé konstrukce:	železobetonové sloupy a stěny
Vodorovné nosné konstrukce:	lokálně podepřená ŽB deska
Schodiště:	tříramenné ŽB schodiště

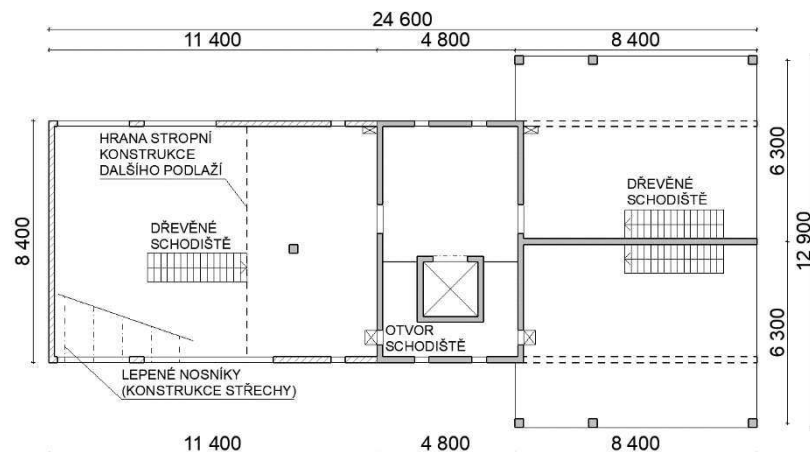
Konstrukční schéma 2.NP:



Obr. 10: Schéma půdorys 2.NP

Konstrukční výška podlaží:	3,22 m
Účel využití podlaží:	schodiště, bytové jednotky
Svislé konstrukce:	železobetonové sloupy a stěny
Vodorovné nosné konstrukce:	lokálně podepřená ŽB deska
Schodiště:	tříramenné ŽB schodiště

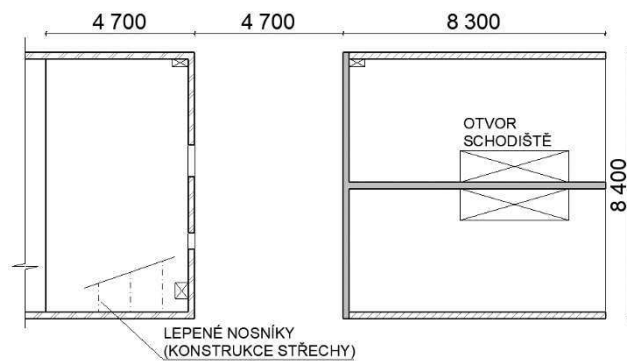
Konstrukční schéma 3.NP:



Obr. 11: Schéma půdorys 3.NP

Konstrukční výška podlaží:	3,22 m
Účel využití podlaží:	schodiště, bytové jednotky
Svislé konstrukce:	železobetonové sloupy a stěny, zdivo z Porotherm 19 AKU
Vodorovné nosné konstrukce:	lokálně podepřená ŽB deska
Schodiště:	jednoramenné dřevěné schodiště
Střecha:	Sendvičové panely na lepených dřevěných nosnících

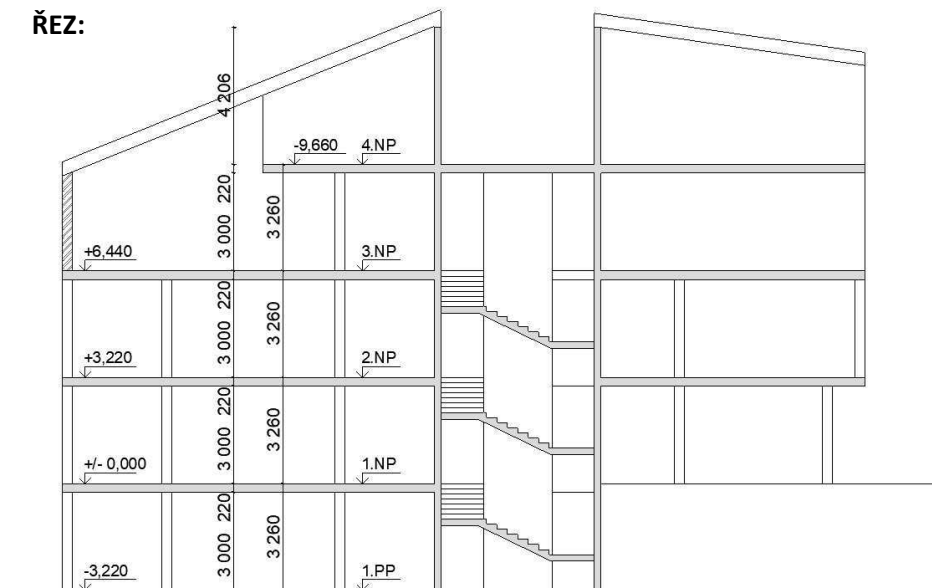
Konstrukční schéma 4.NP:



Obr. 12: Schéma půdorys 4.NP

Konstrukční výška podlaží:	3,22 m
Účel využití podlaží:	schodiště, bytové jednotky
Svislé konstrukce:	železobetonové sloupy a stěny, zdivo z Porotherm 19 AKU
Vodorovné nosné konstrukce:	lokálně podepřená ŽB deska
Schodiště:	tříramenné ŽB schodiště
Střecha:	Sendvičové panely na lepených dřevěných nosnících

ŘEZ:



Popis konstrukce:

Stropní konstrukce byla navržena jako lokálně podepřená deska. Svislé nosné konstrukce v návrhu obsahují železobetonové sloupy čtvercového průřezu a v prostřední části budovy železobetonové stěny kolem výtahového prostoru a kolem schodiště a přilehlého prostoru. Ve třetím a čtvrtém nadzemním podlaží jsou v určitých místech nahrazeny železobetonové dílce nosnými zděnými stěnami z Porotherm 19 AKU.

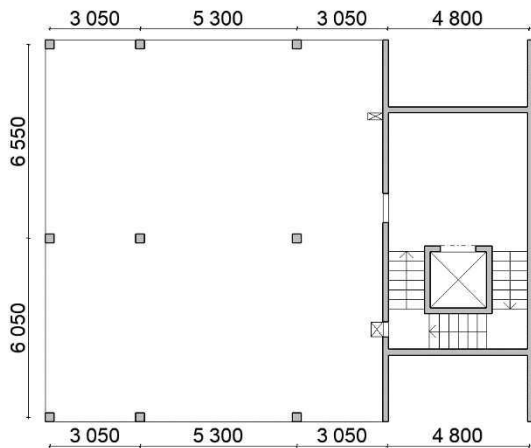
1.2.1. Studie konstrukčního řešení dílčích konstrukcí

Při zpracování návrhu konstrukčního řešení zadaného objektu se nabízela možnost uplatnit různé varianty řešení dílčích částí konstrukce. Následující kapitola popisuje zhodnocení navrženého řešení a porovnání z dalšími variantami, které přicházely v úvahu.

Stropní konstrukce:

1) Lokálně podepřená deska: (zvolené řešení)

1.PP



Výhody:

- rovný podhled

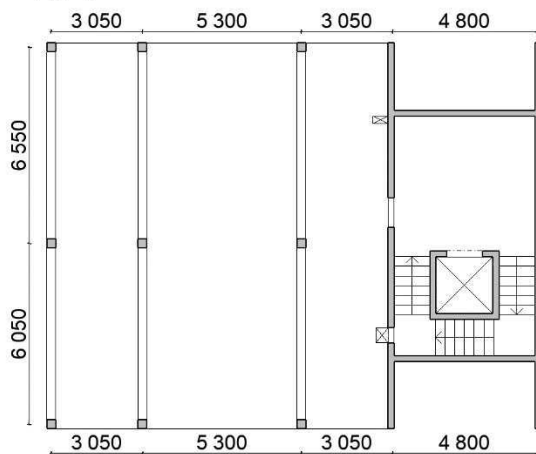
Nevýhody:

- větší tloušťka stropní konstrukce
- nebezpečí protlačení
- při stejném průhybu, jakou u průvlakové varianty, větší spotřeba materiálu pro konstrukci desky

Obr. 14: Schéma půdorys 1.PP lokálně podepřená deska

2) Alternativa: stropní deska jednosměrně pnutá uložená na průvlaky:

1.PP



Výhody:

- Není nutné řešit protlačení
- Menší spotřeba materiálu než u lokálně podepřené desky

Nevýhody:

- Složitost bednění
- Nerovný podhled, průvlaky viditelné, komplikované vedení instalací
- Pracné vázání výztuže

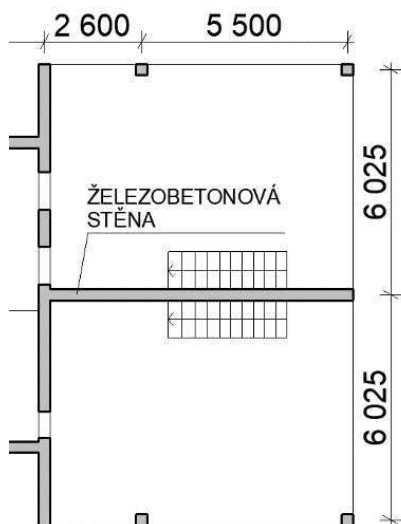
Obr. 15: Schéma půdorys 1.PP jednosměrně pnutá deska

Vyhodnocení: Pro konstrukci stropní desky se použila varianta lokálně podepřené desky zejména z důvodu rovného podhledu. Ačkoli se lze domnívat, že náklady za materiál u takové to konstrukce budou vyšší, jednodušší návrh a rychlejší položení výztuže včetně instalace bednění umožní snížit náklady spojené s výstavbou stropní desky. Navíc v případě lokálně podepřené desky bude snazší vést instalace technického zařízení budov při zachování stejné konstrukční výšky podlaží.

Mezibytová stěna ve 3.NP a 4.NP

1) Železobetonová stěna (zvolené řešení)

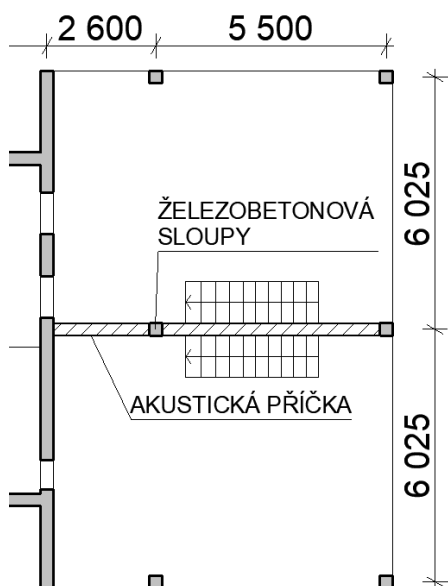
Železobetonová nosná stěna bude mít velice dobré akustické vlastnosti a zároveň bude vytvářet podpurný prvek stropní konstrukce. Zatížení od stěny a závislých konstrukcí předá do stěnového jádra budovy a sloupů v nižších podlaží. Dále vyřeší problematiku přenosu zatížení a vyztužování, která vznikla dvěma blízkými otvory pro konstrukce schodiště.



Obr. 16: Schéma půdorys 2.NP železobetonová stěna

2) Alternativa: Akustická příčka z bloků Porotherm 19 AKU

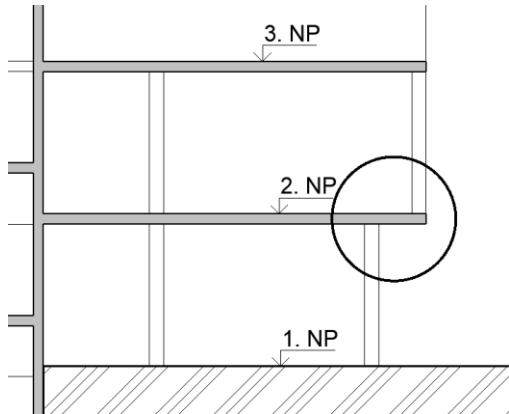
Akustická příčka by musela být dostatečně masivní, aby pokryla akustické požadavky a to by znamenalo velké zatížení pro stropní konstrukci pod příčkou. Užití zděné příčky by vyžadovalo provést průvlak v nižším podlaží, který by anuloval výhody lokálně podepřené desky. Z důvodu přilehlých otvorů pro schodiště by došlo k velmi složitému přenosu zatížení ze stropní desky do sloupů. Výhodou této varianty je ne definitivní změna dispozice. Příčka by nebyla nosná.



Obr. 17: Schéma půdorys 2.NP akustická příčka

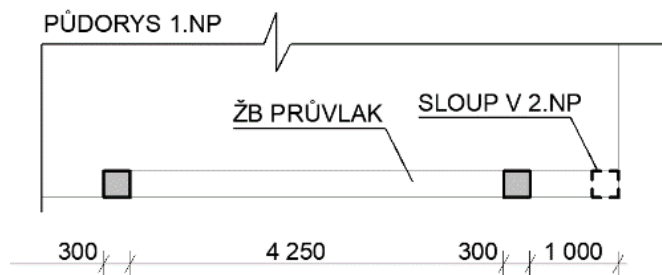
Řešení stropních a svislých konstrukcí v oblasti parkoviště:

V oblasti parkoviště vznikl problém z důvodu posunutých sloupů v 1. NP. Docházelo by zde k velkému namáhání stropní konstrukce. Sloupy umístěné více v hloubce objektu umožní snadnější parkování i větším vozidlům.

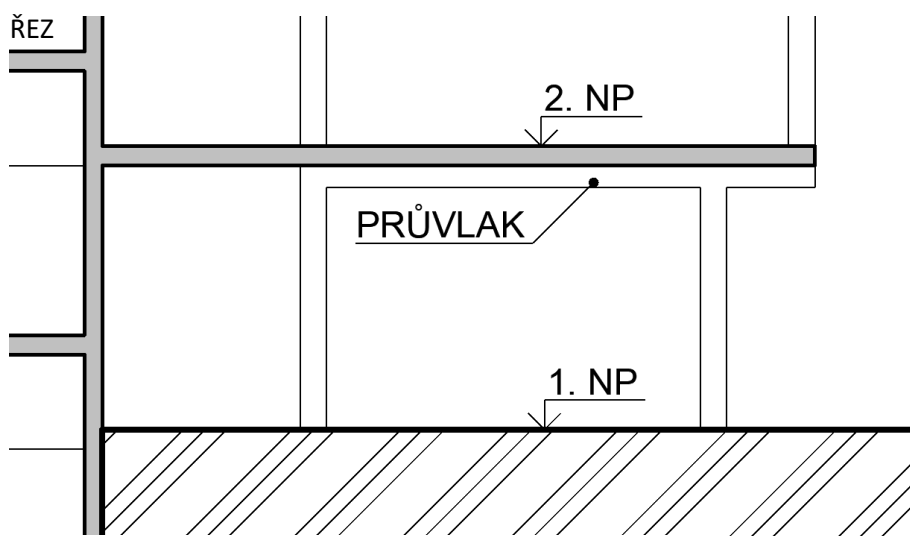


Obr. 18: Schéma řez – oblast parkoviště

Výsledným řešením je navržení průvlastů, které přenesou zatížení z vrchního sloupu do spodního, a nevznikne problém s protlačení sloupů stropní deskou. V místě parkoviště nevedí horší estetický vzhled stropní konstrukce.



Obr. 19: Schéma půdorys 1.NP průvlast

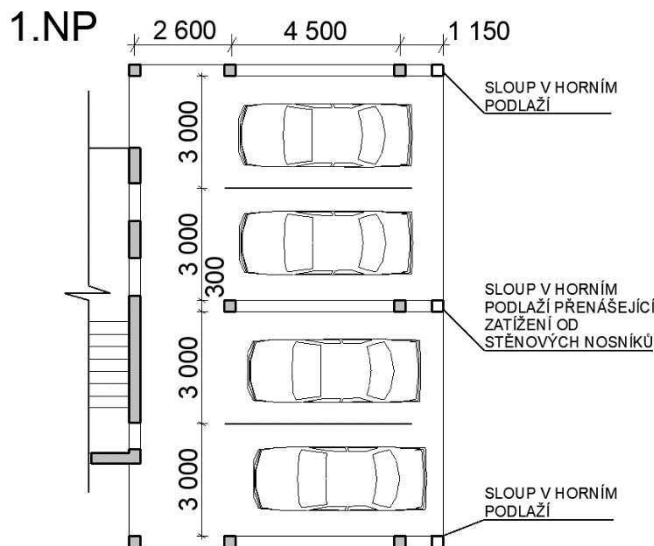


Obr. 20: Schéma řez – oblast parkoviště s trámem

Řešení prostřední oblasti parkoviště:

- 1) **Konstrukční varianta se čtyřmi parkovacími místy. Prostřední sloupy se nachází v prostřední ose objektu (Zvolené řešení)**

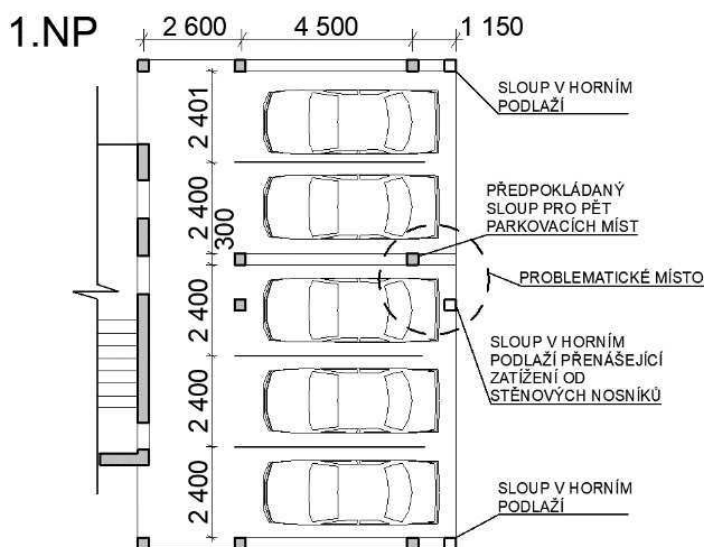
Zvolená varianta obsahuje pouze čtyři parkovací místa, ale budou však dostatečně prostorná. Bylo zde dosaženo umístění horního a spodního prostředního sloupu v jedné ose na průvzlaku viz. předešlá kapitola. Výhodou tohoto řešení je spolehlivý přenos svislého zatížení z vrchních sloupů přes průvzlaky do spodních sloupů.



Obr. 21: Schéma půdorys 1.NP oblast parkoviště

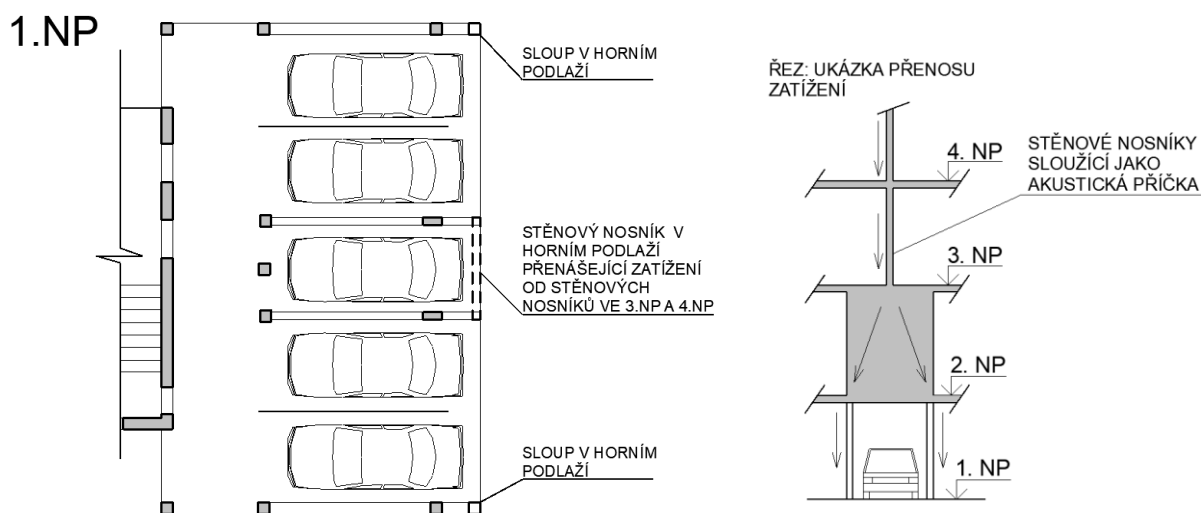
- 2) **Alternativa: Dle původního návrhu bylo počítáno s parkovištěm pro pět osobních aut. Prostřední sloup je mimo osu objektu**

Velkou nevýhodou tohoto řešení je velké zatížení, které přenáší sloup z horního podlaží. Toto zatížení by způsobilo složité namáhání stropní konstrukce, které spočívá v působení dvou osových sil v odlišném směru a na krátké vzdálenost. Docházelo by k protlačení stropní konstrukce.



Obr. 22: Schéma půdorys 1.NP alternativa 1

3) Alternativa: Vytvoření dvou sloupů v místě parkoviště, jako podpory pro stěnový nosník ve 2. NP, který přebere zatížení od stěnových nosníků ve 3. NP a 4. NP



Obr. 23: Schéma půdorys 1.NP alternativa 2

Výhody: dobré statické vlastnosti navržených konstrukcí a přesun zatížení do základových konstrukcí. Zachováno pět parkovacích míst.

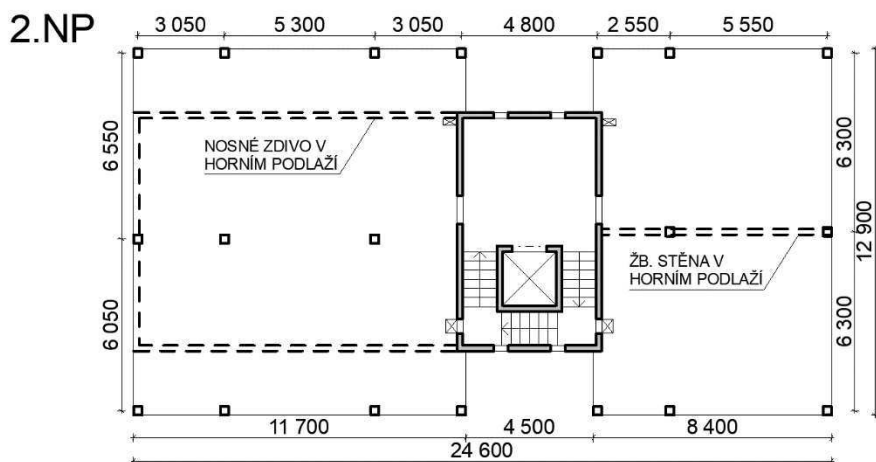
Nevýhody: parkovací místa nejsou dostatečně široká pro pohodlné parkování. Pro rozšíření parkovacích míst by se musela změnit celá šířka objektu, což by vedlo k větším rozponům stropní konstrukce.

Vyhodnocení: Objekt a vzdálenosti svislých konstrukcí (sloupů) neumožňují vytvoření pěti dostatečně širokých parkovacích míst. Proto budou navržena čtyři parkovací místa. Zbylá parkovací místa budou řešena na pozemku objektu. Toto řešení umožní spolehlivé napojení svislých konstrukcí.

Konstrukční řešení 3.NP a 4.NP

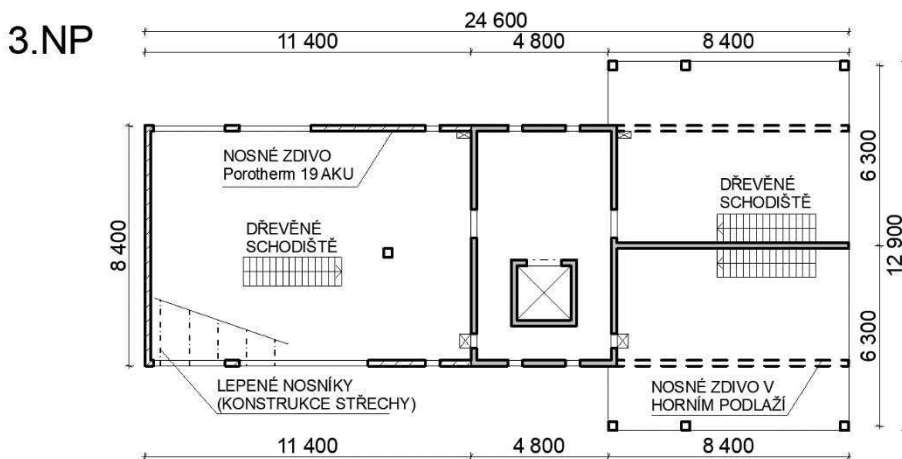
1) 3.NP a 4.NP řešeno pomocí nosných zděných konstrukcí (zvolené řešení)

Střešní konstrukce je vytvořena ze sendvičových panelů, které jsou podepřeny lepenými dřevěnými vazníky. Nosníky jsou uloženy na železobetonový věnec, který poskytuje vodorovné ztužení zděné konstrukci. Zdivo je navrženo z Porotherm 19 AKU profi, v místě velkých otvorů budou osazeny překlady z ocelových profilů. Výhodou zděné konstrukce bude lepší rozložení zatížení do stropní desky nad 2.NP na místo velkého bodového zatížení od sloupů v nadcházející variantě.

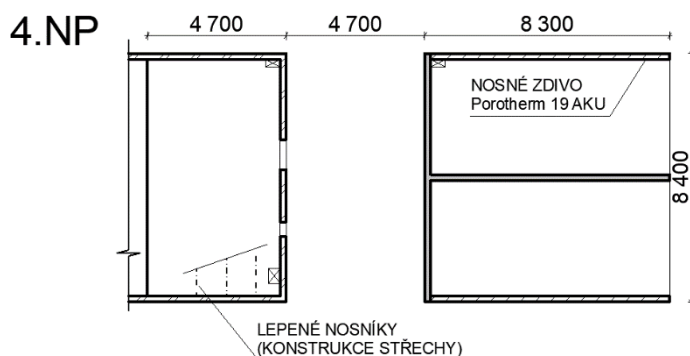


Obr. 23: Schéma půdorys 2.NP

Stropní konstrukci 3.NP v levé části podpírá železobetonový sloup a zděná konstrukce.



Obr. 24: Schéma půdorys 3.NP



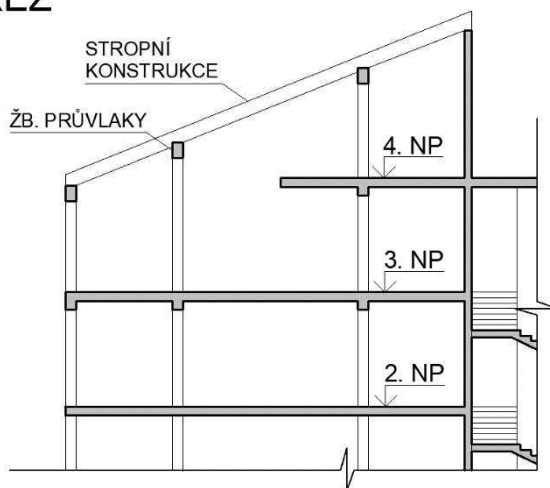
Obr. 25: Schéma půdorys 4.NP

2) Alternativa: Železobetonový skelet obdobně navržen jako zbytek budovy

Nevýhodou tohoto řešení jsou nutné průvlaky ve 2. NP které neumožňují rovný podhled, který je navržený ve zbytku budovy. Průvlaky jsou zde z důvodu velkého bodového zatížení od sloupů ve 3.NP, které nejsou nad sloupy ze 2.NP.

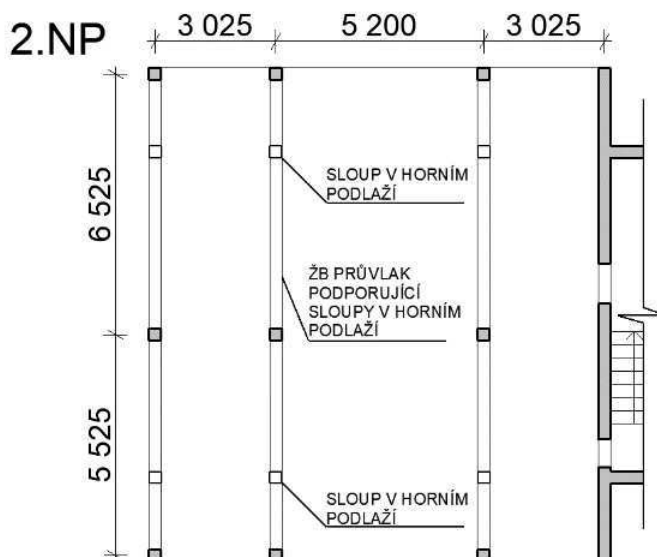
Střešní konstrukce je uložena na železobetonové průvlaky.

ŘEZ



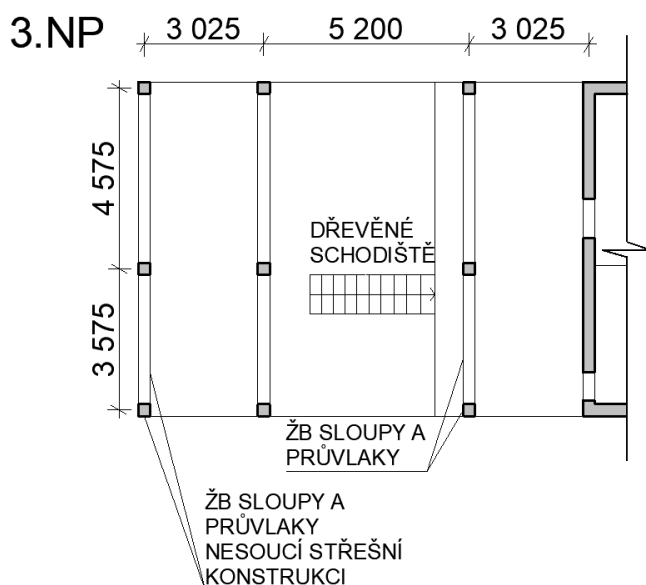
Obr. 26: Schéma řezu alternativa

Ve 2.NP by navržené průvlaky přebrali zatížení od sloupů ze 3. NP a zabránili protlačení sloupů.



Obr. 26: Schéma řezu alternativa

Svislé nosné konstrukce ve 3.NP by tvořily železobetonové sloupy. V místě, kde již není stropní konstrukce dalšího nadzemního podlaží, jsou průvlaky, které nesou střešní konstrukci. Mezi sloupy by bylo použito výplňové zdivo Porotherm 19 AKU.



Obr. 28: Schéma půdorys 3.NP alternativa 1

Ve 4. NP by byla navržena železobetonová stěna, která spolu s železobetonovým trámem nese stropní konstrukci.



Obr. 29: Schéma půdorys 4.NP alternativa 1

2. Předběžný statický výpočet

2.1. Použité materiály

Beton: základy: C 25/30 XC2 (CZ) CI 0,2 – D_{max} 16 – S3

Ostatní nosné konstrukce: C 30/37 XC1 (CZ) CI 0,2 – D_{max} 16 – S3

Ocel: B 500 B

Nosné zdivo: keramické bloky Porotherm 19 AKU Profi P15 na M10, keramické okenní a dveřní překlady

2.2. Přehled zatížení

2.2.1. Stálé zatížení

Nosné konstrukce

Vlastní tíha nosných prvků – viz předběžný návrh prvků, kapitola 2.3.

Ostatní stálé zatížení

Podlaha A – přízemí

	tl. (mm)	obj. tíha (kg/m ³)	g _k (kN/m ²)
Keramická dlažba	8	2400	0,192
Tmel	4	1800	0,072
Betonová mazanina	50	2300	1,15
Tepl. izolace – min. vlna	140	20	0,028
			1,44

Podlaha B – nadzemní podlaží

	tl. (mm)	obj. tíha (kg/m ³)	g _k (kN/m ²)
Keramická dlažba	8	2400	0,192
Tmel	4	1800	0,072
Betonová mazanina	50	2300	1,15
Aku. izolace – Isover TDPS	90	150	0,135
			1,55

Podlaha C – schodiště

	tl. (mm)	obj. tíha (kg/m ³)	g _k (kN/m ²)
Keramická dlažba	15	2400	0,36
Tmel	4	1800	0,072
			0,43

Podlaha D – lodžie, terasy

	tl. (mm)	obj. tíha (kg/m ³)	g _k (kN/m ²)
Keramická dlažba	8	2400	0,192
Vodotěsný tmel	4	1800	0,072
Systém schluter	-	-	0
Spádová vrstva	60	2300	1,61
PE folie	-	-	0
XPS	150	35	0,0525
			1,93

Střešní plášť

Střecha pultová jednoplášťová vytvořena dřevěnými lepenými vazníky, které ponесou střešní izolační panely KS 1000 RW Kingspan

tl. = 140 mm $g_k = 0,136 \text{ kN/m}^2$ $U = 0,149 \text{ W/m}^2\text{K}$

zatížení střechy bude nahrazeno předpokládaným plošným zatížením: $g_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$

Obvodový plášť

Nosnou část konstrukce obvodového pláště tvoří železobetonové sloupy, stěny – zatížení viz předběžný návrh prvků. Obvodový plášť je navržen z keramických bloků Porotherm 30 T Profi

Poslední dvě podlaží jsou obvodové stěny nosné z keramických bloků Porotherm 19 AKU Profi

Na všechny obvodové konstrukce je použit kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací Isover TOPSIL (čedičová vlna)

Porotherm 19 AKU

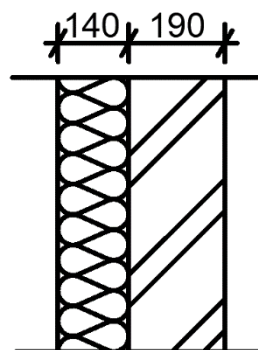
$R_p = 0,65 \text{ m}^2\text{K/W}$

Tloušťka zdiva = 190 mm

Hmotnost zdiva včetně omítek = $2,03 \text{ kN/m}^2$

Isover TOPSIL

tloušťka = 140 mm



Obr. 30: Složení obvodové stěny

Stálé zatížení stěny 3.NP a 4.NP

	tl. (mm)	obj. tíha (kg/m^3)	g_k (kN/m^2)
Porotherm 19 AKU Profi	190	-	2,03
Isover TOPSIL	140	60	0,08
			2,12

Liniové zatížení:

$2,12 \cdot 3 = 6,36 \text{ kN/m}$

Stálé zatížení od výplňového zdiva:

	tl. (mm)	obj. tíha (kg/m^3)	g_k (kN/m^2)
Porotherm 30 AKU Profi	190	-	2,35
Isover TOPSIL	140	60	0,08
			2,43

Liniové zatížení:

$2,43 \cdot 3 = 7,29 \text{ kN/m}$

Příčky

Příčky v objektu jsou zděné tl. 100 a 150 mm.

Porotherm 14 Profi

Hmotnost zdiva včetně omítek = 1,63 kN/m²

Liniové zatížení:

Příčka Porotherm 14 Profi = 1,63 kN/m²

1,63 · 3 = 4,89 kN/m

Světlná výška podlaží bez podlahové konstrukce 3 m.

Zatížení od příček je uvažováno jako podíl celkového zatížení všech příček jednoho podlaží a plochu daného podlaží.

Patra	délka příček (m)	celk. síla (kN)	plocha patra (m ²)	zatížení (kN/m ²)
1.NP	49	239,61	225,5	1,1
2.NP	80	391,2	296,5	1,4
3.NP	65	317,85	244,4	1,3
4.NP	40	195,6	122,2	1,6

Schodišťové stupně

Hlavní schodiště v objektu

Konstrukční výška podlaží: 3,22 m

Počet stupňů v podlaží 3 x 7

Šířka schod. stupně: 324 mm

Výška schod. stupně: $\frac{3220}{3 \cdot 7} = 153 \text{ mm}$

Náhradní spojité zatížení schodišťových stupňů:

$$g_k = \frac{1}{2} * 0,155 * 25 = 1,91 \text{ kN/m}^2$$

Celkové plošné zatížení: schodišťové stupně a podlaha

1,91 + 0,43 = 2,34 kN/m²

2.2.2. Proměnné zatížení

Užitné zatížení

Parkovací plochy pro lehká vozidla – kategorie F:

$$q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

1.PP, 1.NP, 2.NP, 3.NP, 4.NP – kategorie A:

Stropní konstrukce: $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

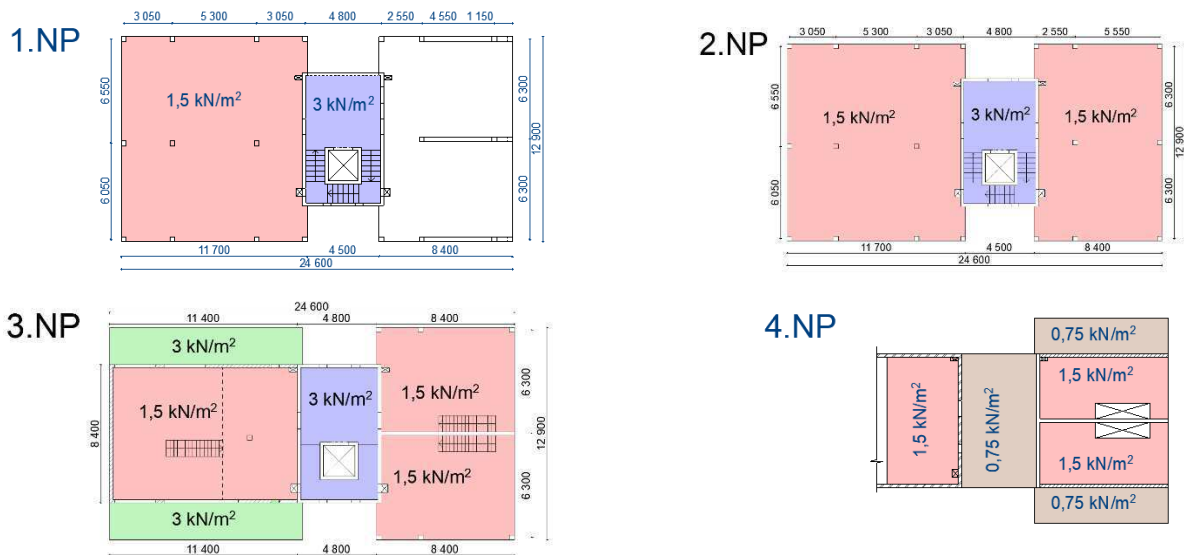
Schodiště: $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$

Terasy: $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$

Nepřístupná střecha s výjimkou běžné úpravy a oprav – kategorie H

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

0,75 kN/m ²
3,0 kN/m ²
3,0 kN/m ²
1,5 kN/m ²



Obr. 31: užitné zatížení

Zatížení sněhem

Tvarový součinitel $\alpha < 30^\circ \rightarrow \mu_1 = 0,8$

Součinitel expozice: $C_e = 1$

Součinitel tepla: $C_t = 1$

Ostrava – sněhová oblast II \rightarrow charakteristické zatížení sněhem: $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

$$\text{Průměrné zatížení sněhem: } s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem

Ostrava – větrná oblast II

Kategorie terénu III – plocha rovnoměrně pokrytá vegetací, budovami a překážkami

Výška objektu je do 15 m. Zatížení od větru nebude pro zjednodušení uvažováno z důvodů menších rozměrů objektu a množství železobetonových stěn, které bezpečně zatížení od větru přenesou do základových konstrukcí.

2.3. Předběžný návrh a posouzení nosných prvků

2.3.1. Stropní deska

Stropní desky budou provedeny v celém objektu jako monolitické, železobetonové. Vzhledem k podobnému rozpětí i zatížení jednotlivých částí budou navrženy v jednotné tloušťce.

$$\text{Beton C 30/37} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Ocel B 500 B} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

Empirický návrh tloušťky desky:

Lokálně podepřená deska 6,550 x 5,3 m

$$h_d \geq \frac{1}{30} \cdot L_2 = \frac{1}{30} \cdot 6,550 = 0,22 \text{ m}$$

Návrh na základě splnění podmínky ohybové štíhlosti desky:

$$\lambda = \frac{L}{d} < \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{dtab} \quad \rightarrow \quad d \geq \frac{L}{\lambda_d}$$

$$\kappa_{c1} = 1$$

$$\kappa_{c2} = 1$$

$$\kappa_{c3} = 1,25 \quad \text{odhad součinitele napětí tahové výztuže}$$

Předpokládaný stupeň vyztužení desem $\rho < 0,5\%$

Předpokládaný profil výztuže: 12 mm

Předpokládané krytí výztuže: 25 mm

$$d = L / (\kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{dtab})$$

$$d = 0,213 \text{ m}$$

$$d = 6,55 / (1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 24,6)$$

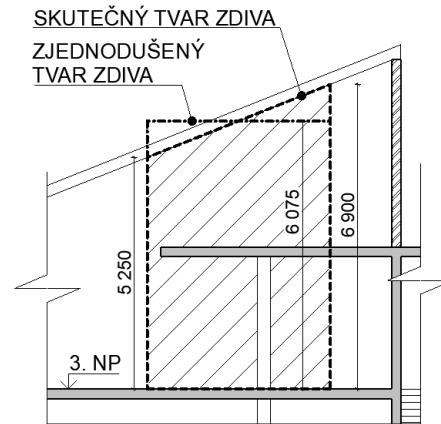
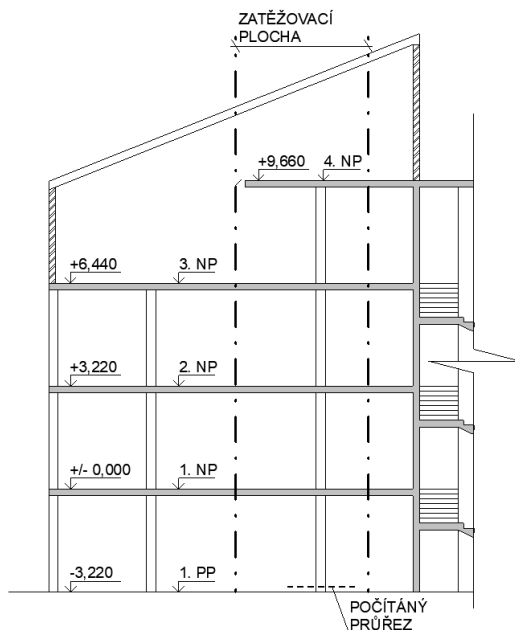
$$h_2 = d + c_{nom} + \frac{\emptyset}{2} \quad h_2 = 213 + 25 + \frac{12}{2} \quad h_2 = 244 \text{ mm}$$

Návrh tloušťky stropní konstrukce $h = 220 \text{ mm}$

Návrh tloušťky stropní konstrukce byl poupraven z důvodu menších zatížení plynoucích z účelů budovy. Jelikož navržená tloušťka nesplňuje podmínku ohybové štíhlosti, bude podrobně ověřen průhyb v programu SCIA Enginner.

2.3.2 Vnitřní železobetonový sloupy

Vnitřní ŽB sloupy jsou navrženy jednotného průřezu – návrh proveden na normálovou sílu v patě sloupu 1.PP



Zatížení od vyznačeného nosného zdiva:

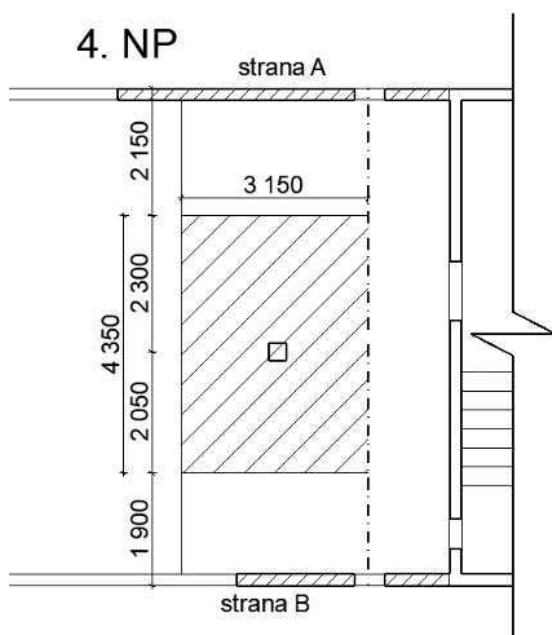
$$G_k = 6,075 \cdot 2,12 \cdot 4,175 = 53,8 \text{ kN}$$

Obr. 32: Zatížení sloupu - řez

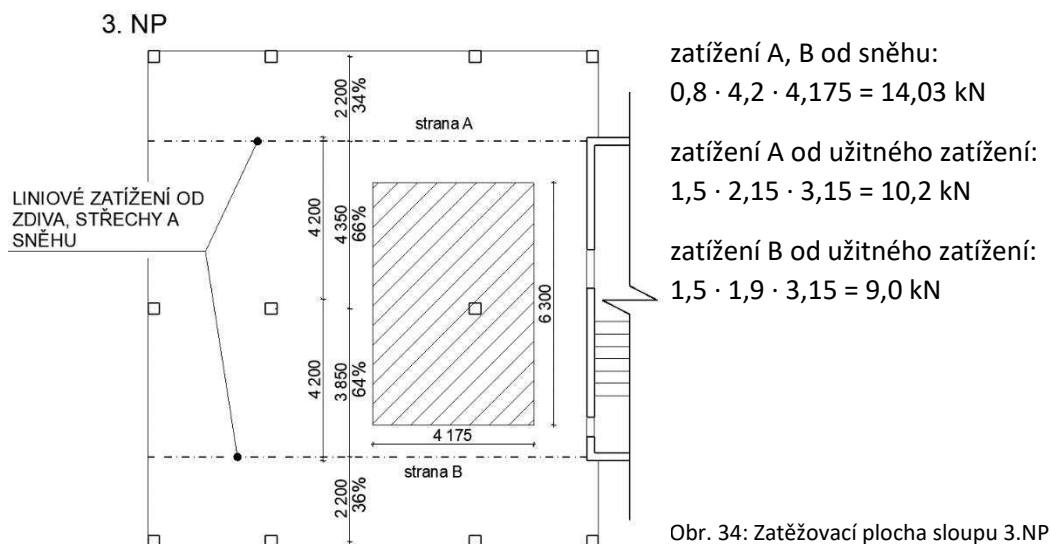
Zatěžovací plocha sloupu ve 4.NP: $4,35 \cdot 3,15 = 13,7 \text{ m}^2$

zatížení strany A od stropní konstrukce, příček a podlahy:
 $[(25 \cdot 0,22) + 1,55 + 1,6] \cdot 2,15 \cdot 3,15 = 58,6 \text{ kN}$

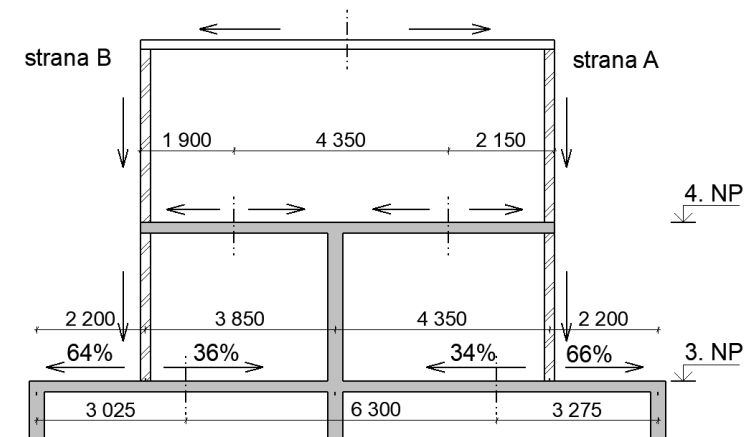
zatížení strany B od stropní konstrukce, příček a podlahy:
 $[(25 \cdot 0,22) + 1,55 + 1,6] \cdot 1,9 \cdot 3,15 = 51,8 \text{ kN}$



Obr. 33: Zatěžovací plocha sloupu 4.NP



Ukázka působení sil v posledních podlaží a následné procentuální rozložení liniového zatížení ve 3.NP.



Obr. 35: Rozložení sil

Celkové stálé zatížení strany A:
 $53,8 + 58,6 = 112,4 \text{ kN}$

Celkové stálé zatížení strany B:
 $53,8 + 51,8 = 105,6 \text{ kN}$

Celkové proměnné zatížení strany A:
 $14,03 + 10,2 = 24,23 \text{ kN}$

Celkové proměnné zatížení strany B:
 $14,03 + 9,0 = 23,03 \text{ kN}$

Rozložení síl (viz obrázky) - ze strany A bude na sloup působit 34 %
 - ze strany B bude na sloup působit 36 %

Výsledné hodnoty přerozdělení sil od vrchních podlaží:

Stálé zatížení: $112,4 \cdot 0,34 + 105,6 \cdot 0,36 = 76,1 \text{ kN}$

Proměnné zatížení: $24,23 \cdot 0,34 + 23,03 \cdot 0,36 = 16,53 \text{ kN}$

Návrh rozměrů průřezu sloupu 300 x 300 mm

Zatěžovací plocha: $A_{zat} = 4,175 \cdot 6,3 = 26,3 \text{ m}^2$

Výška sloupů: 3 m

Normálové zatížení paty sloupu:

	Počet	tl.	kg/m ³	kN/m ²	zat.š. (m ²)	1.patro (kN)	celkem (kN)
ŽB stropní deska	3	0,22	2500	5,5	26,3	144,7	434,1
ŽB stropní deska 4.NP	1	0,22	2500	5,5	13,7	75,35	75,35
Podlaha	3			1,55	26,3	40,78	122,3
Podlaha v 4.NP	1			1,55	13,7	21,2	21,2
ŽB sloup	4	3	2500	75,0	0,09	6,75	27
Příčky 1.NP	1			1,1	26,3	57,9	57,9
Příčky 2.NP	1			1,4	26,3	36,9	36,9
Příčky 3.NP	1			1,3	26,3	34,2	34,2
Příčky 4.NP	1			1,6	13,7	21,9	21,9
<u>Stálé zatížení od vrchních podlaží</u>							<u>76,1</u>

Stálé zatížení:

907,0 kN

$\gamma = 1,35$

Celkem: 1224,4 kN

Užitné	3			1,5	26,3	39,5	118,4
Užitné 4.NP	1			1,5	13,7	20,55	20,55

Proměnné zatížení od vrchních podlaží 16,23

Proměnné zatížení:

156,0

$\gamma = 1,5$

Celkem: 234,0 kN

CELKEM:

1458,45 kN

Normálové únosnost sloupu (z přibližného vztahu pro dostředný tlak):

$$A_c = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ m}^2$$

$$P = 0,005$$

$$\sigma_s = 400 \text{ MPa}$$

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_c \cdot \rho \cdot \sigma_s$$

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot 0,09 \cdot 20 + 0,09 \cdot 0,02 \cdot 400$$

$$N_{Rd} = 2160 \text{ kN} > N_{Ed} = 1458,45 \text{ kN}$$

Vyhovuje

2.3.3. Ověření části stropní desky z hlediska protlačení

Posouzení vnitřního sloupu

Tloušťka stropní desky = 220 mm

Rozměry sloupu = 300/300 mm

Krytí výztuže = 25 mm

$$d_1 = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} \quad d_1 = 220 - 25 - \frac{12}{2} \quad d_1 = 189 \text{ mm}$$

$$d_2 = h + c_{nom} + \emptyset + \frac{\emptyset}{2} \quad d_2 = 220 - 25 - 12 - \frac{12}{2} \quad d_2 = 177 \text{ mm}$$

Průměrná hodnota:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad d = \frac{189 + 177}{2} \quad d = 183 \text{ mm}$$

zatěžovací plocha sloupu $A = 6,3 \cdot 4,175 = 26,3025 \text{ m}^2$

Stálé zatížení:

	tl.(m)	kg/m ³	kN/m ²
Příčka	-	-	1,6
Podlaha	-	-	1,55
<u>VI. Tíha</u>	<u>0,22</u>	<u>2500</u>	<u>5,5</u>
		$g_k =$	8,65
		$\gamma =$	1,35
		$g_d =$	11,68

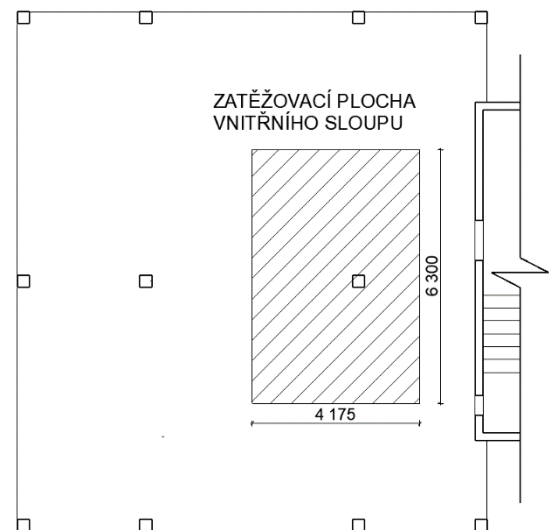
Proměnné zatížení:

	kN/m ²	kN/m ²
<u>užitné</u>	<u>1,5</u>	<u>1,5</u>
	$q_k =$	1,5
	$\gamma =$	1,5
	$q_d =$	2,25

zatížení celkem:

$$(g+q)_d = 11,68 + 2,25 = 13,928 \text{ kN/m}^2$$

max. posouvající síly v desce: $V_{ed} = A \cdot (g+q)_d = 26,3025 \cdot 13,93 = 368,1 \text{ kN}$



Obr. 36: Zatěžovací plocha sloupu

kontrolované obvody: $u_0 = 1200 \text{ mm}$ v líci podpory $u_1 = 3500 \text{ mm}$ 2d za lícem podporyodhad součinitele $\beta = 1,15$ vnitřní sloup

účinek zatížení v kontrolních obvodech:

$$v_{Ed0} = \frac{\beta \cdot V_{ed}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 368\,100}{1200 \cdot 183} = 1,928 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Ed1} = \frac{\beta \cdot V_{ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 368\,100}{3500 \cdot 183} = 0,661 \text{ N/mm}^2$$

Únosnost tlakové diagonály:

$$v_{rdc,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$v_{rd,max} = 4,22 \text{ MPa} > v_{Ed,1} = 1,928 \text{ MPa}$	<i>Vyhovuje</i>
--	-----------------

Podmínka omezení maximálního vyztužení konstrukce:

$k_{max} = 1,46$

$\gamma_c = 1,5$

$$k = \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}\right) \quad k = \left(1 + \sqrt{\frac{200}{220}}\right) \quad k = 2,045 \quad \text{ovažuj} k = 2,0$$

$$v_{rdc} = k_{max} \cdot C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}$$

$$v_{rdc} = 1,46 \cdot \frac{0,18}{\gamma} \cdot 2 \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}$$

$$v_{rdc} = 1,46 \cdot 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,005 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} = 0,864 \text{ MPa}$$

$v_{rd,1} = 0,864 \text{ MPa} > v_{Ed,1} = 0,661 \text{ MPa}$	<i>Vyhovuje</i>
---	-----------------

Posouzení rohového sloupu

Tloušťka stropní desky = 220 mm

Rozměry sloupu = 300/300 mm

Krytí výztuže = 25 mm

$d = 183 \text{ mm}$ viz. předchozí

zatěžovací plocha sloupu $A = 3,425 \cdot 1,675 = 5,737 \text{ m}^2$

zatěžovací plocha sloupu minus půdorysná plocha obvodového pláště:

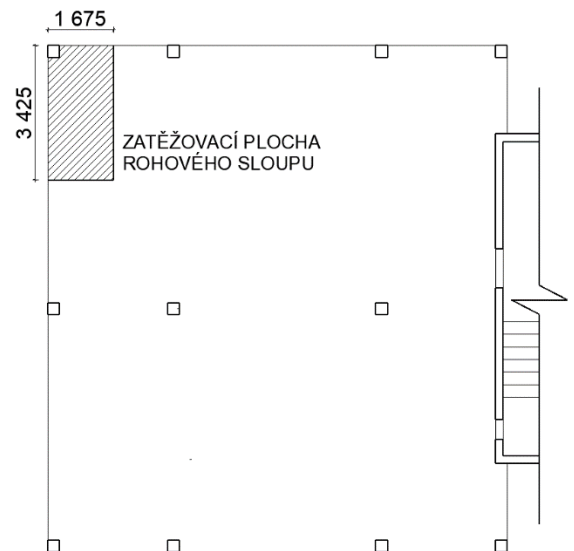
$B = (3,425 - 0,3) \cdot (1,675 - 0,3) = 4,3 \text{ m}$

Stálé zatížení:

	tl.(m)	kg/m ³	kN/m ²	·1,35
Příčka	-	-	1,6	2,16
Podlaha	-	-	1,55	2,09
Vl. Tíha	0,22	2500	5,5	7,43

Proměnné zatížení:

	kN/m ²	kN/m ²
užitné	1,5	1,5
	$q_k =$	1,5
	$\gamma =$	1,5
	$q_d =$	2,25



Obr. 37: Zatěžovací plocha sloupu

Zatížení od obvodového pláště:

Liniové zatížení = 7,29 kN/m

Síla od obvodového pláště $S = (3,425 + 2,275 - 0,3 - 0,3) \cdot 7,29 \cdot 1,35 = 50,19 \text{ kN}$

max. posouvající síly v desce: $V_{ed} = A \cdot \text{vl.tíha} + B \cdot (\text{podlaha} + \text{příčka}) + B \cdot (\text{užitné}) + S$

$V_{ed} = 5,737 \cdot 7,43 + 4,3 \cdot (2,16 + 2,09 + 2,25) + 50,19 = 120,76 \text{ kN}$

kontrolované obvody:

$u_0 = 600 \text{ mm}$ v líci podpory

$u_1 = 1175 \text{ mm}$ 2d za lícem podpory

odhad součinitele $\beta = 1,5$ rohový sloup

účinek zatížení v kontrolních obvodech:

$$v_{Ed0} = \frac{\beta \cdot V_{ed}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,5 \cdot 120\,760}{600 \cdot 183} = 1,65 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Ed1} = \frac{\beta \cdot V_{ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,5 \cdot 120\,760}{1175 \cdot 183} = 0,84 \text{ N/mm}^2$$

Únosnost tlakové diagonály:

$$v_{rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$v_{rd,max} = 4,22 \text{ MPa} > v_{Ed,1} = 1,65 \text{ MPa}$ Vyhovuje
--

Podmínka omezení maximálního vyztužení konstrukce:

$$k_{max} = 1,46$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$k = \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}\right) \quad k = \left(1 + \sqrt{\frac{200}{220}}\right) \quad k = 2,045 \quad \text{ovažuj} k = 2,0$$

$$v_{rdc} = k_{max} \cdot C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}$$

$$v_{rdc} = 1,46 \cdot \frac{0,18}{\gamma} \cdot 2 \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}$$

$$v_{rdc} = 1,46 \cdot 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,005 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} = 0,864 \text{ MPa}$$

$v_{rd,1} = 0,864 \text{ MPa} > v_{Ed,1} = 0,84 \text{ MPa}$ Vyhovuje

2.3.4. Železobetonové stěny

Železobetonové nosné stěny jsou v tl. 200 mm – Jedná se o bytový objekt pouze o 4 podlaží a s malým užitným zatížením, proto únosnost železobetonových stěn není potřeba prokazovat.

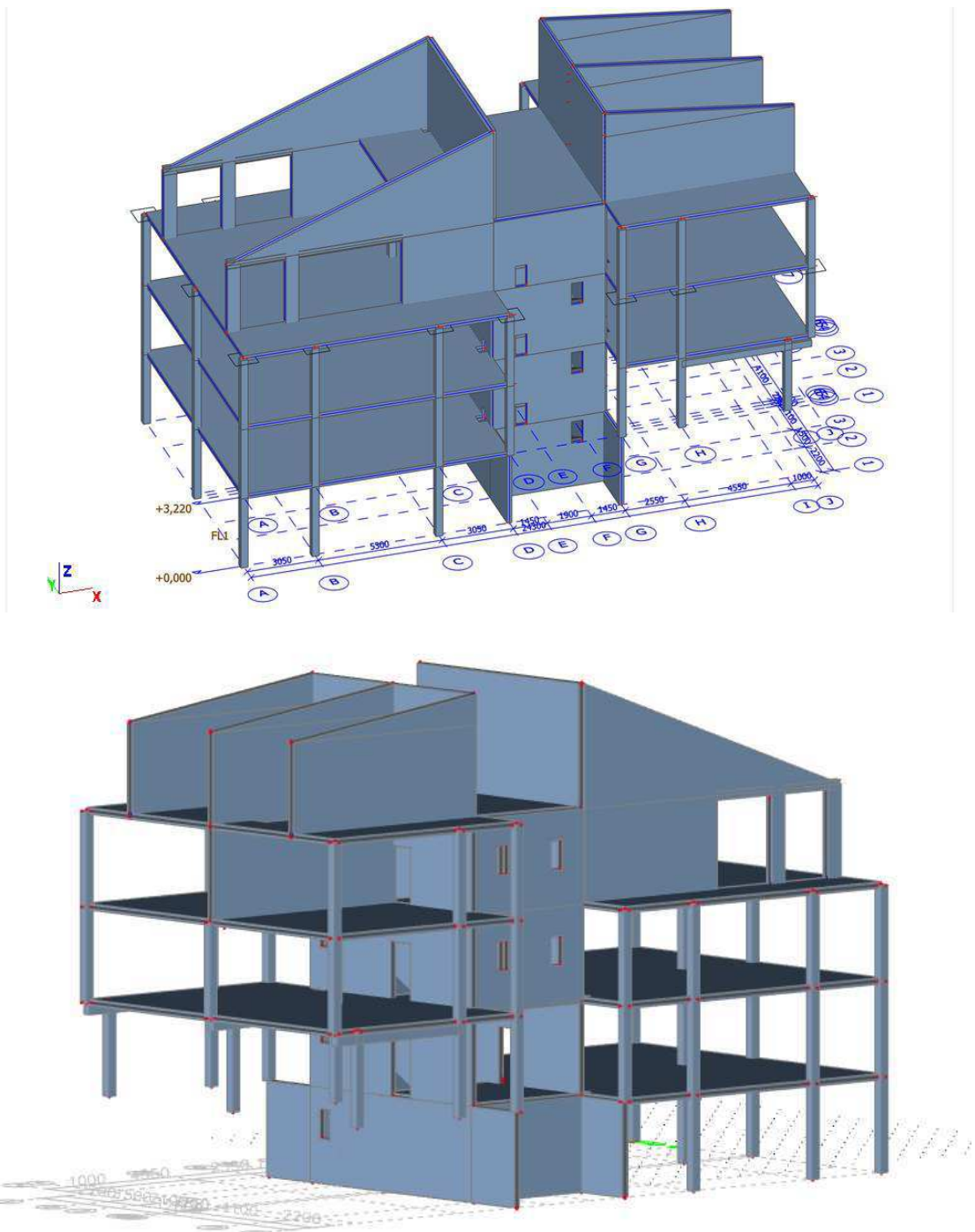
$G_{0,k} = 0,2 \cdot 25 = 5,0 \text{ kN/m}^2$

3. Podrobný statický výpočet

3.1. Trojrozměrný model

Statický výpočtový model ve SCIA engineer 18.1.

Pro navrhování konstrukcí byla využita kombinace MSÚ sada. Je to normová obálková kombinace, která obsahuje kombinace ze zatěžovacích stavů podle ČSN EN 1990 tab. A1-2 (B)(CZ) a A1-2 (C)(CZ) podle vztahů (6.10), (6.10a) a (6.10b)

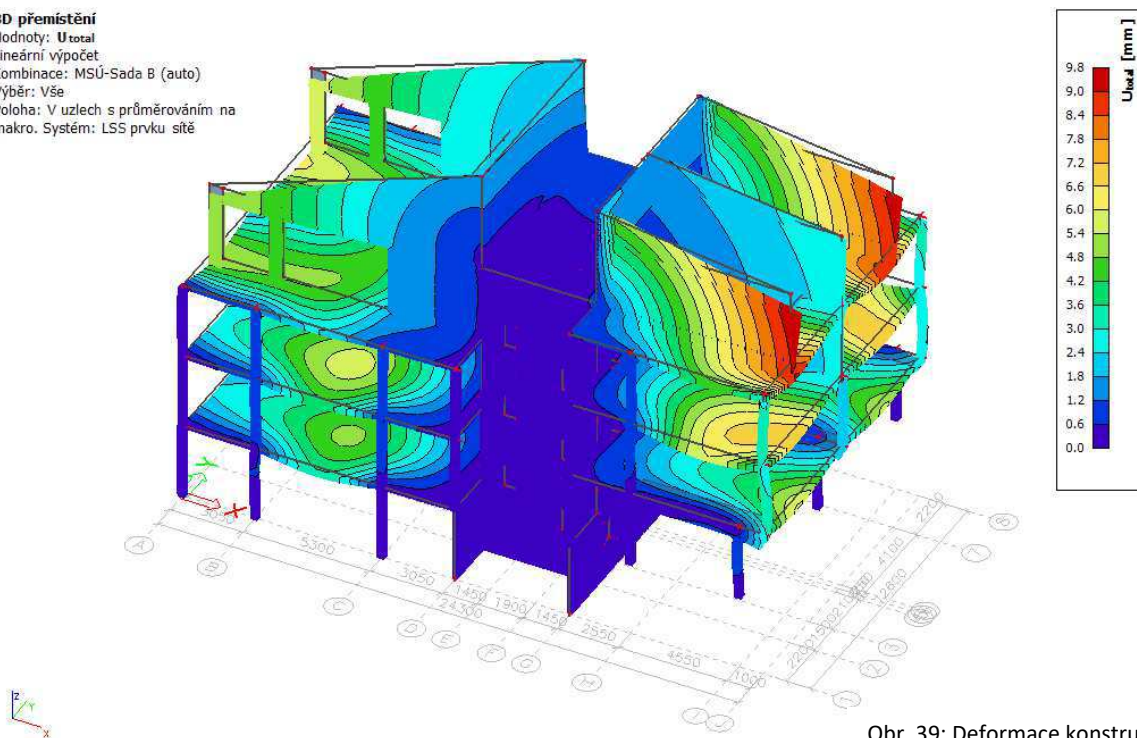


Obr. 38: Model konstrukce

Tvar deformace objektu – kontrola návaznosti jednotlivých konstrukčních prvků a předpokládaných deformací.

3D přemístění

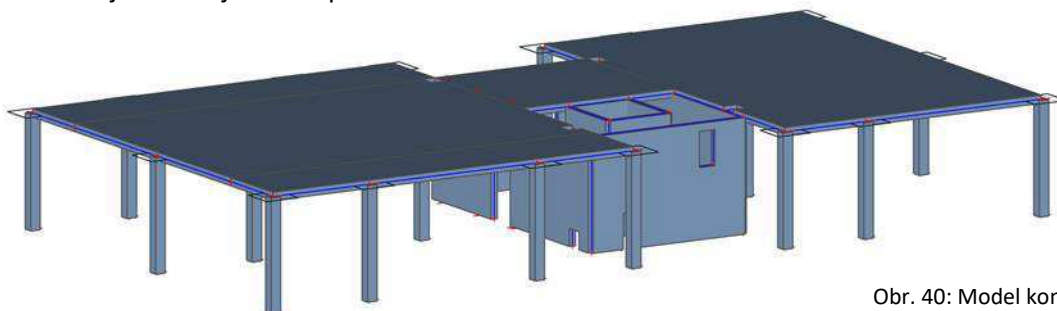
Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obr. 39: Deformace konstrukce

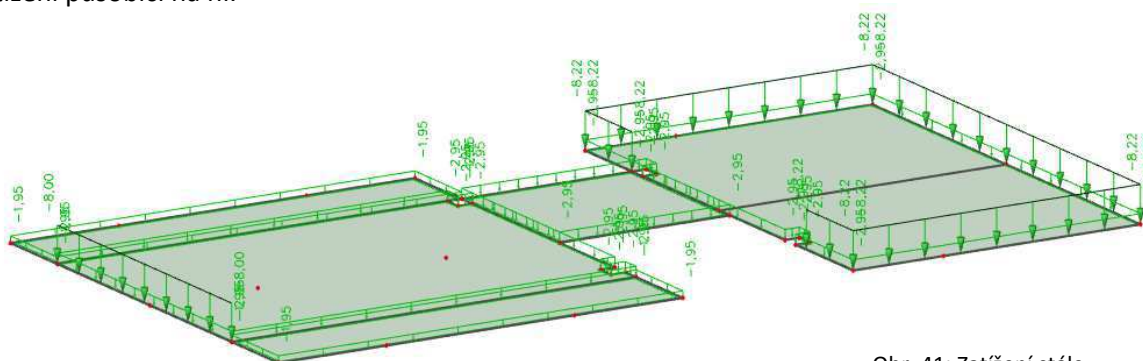
Vyhodnocení: Objekt se chová dle předpokladů. Průběh a místa průhybu jsou v předpokládaných hodnotách (v řádech milimetrů) a místech.

Řešená část je 2.NP a jeho stropní konstrukce



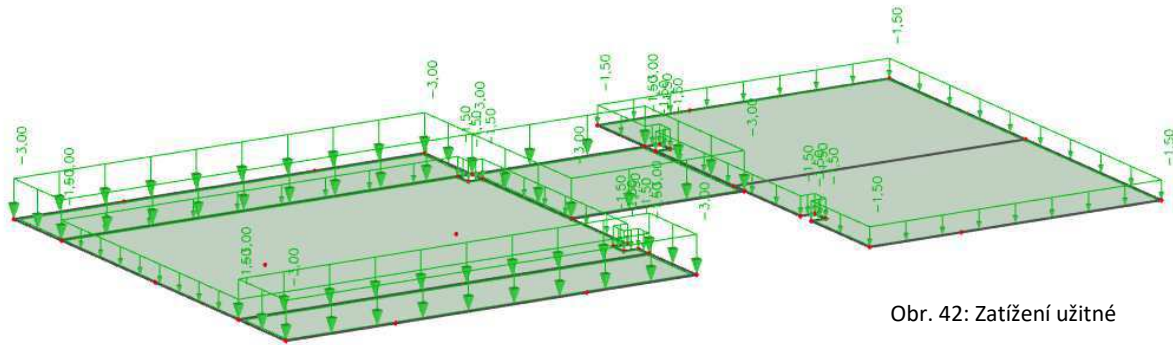
Obr. 40: Model konstrukce 2.NP

Stálé zatížení, působící na stropní konstrukci, není zde zobrazena vlastní tíha horní konstrukce a zatížení působící na ni.



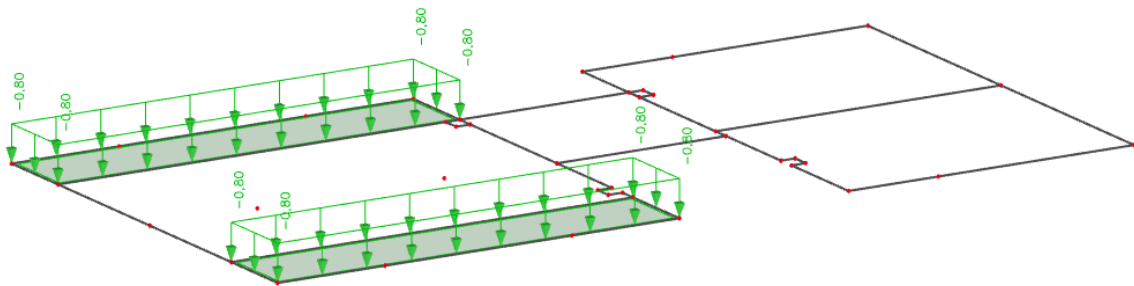
Obr. 41: Zatížení stálé

Užitné zatížení, působící na stropní konstrukci, není zde zobrazeno užité zatížení na horní konstrukce.



Obr. 42: Zatížení užité

Zatížení od sněhu, na stropní konstrukci, není zde zobrazeno zatížení sněhem na horní konstrukce.

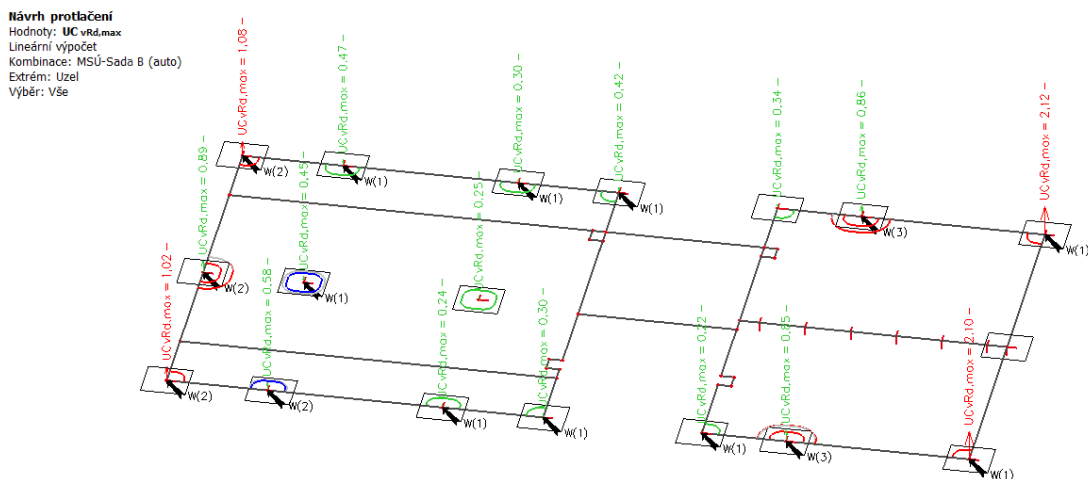


Obr. 43: Zatížení od sněhu

3.2. Posouzení desky na protlačení

Pokud pro UC vyjde hodnota větší než 1 (červený popisek), posudek nevyhověl. Hodnota menší než 1 (zelený popisek) znamená, že posudek vyhověl

UCvRdmax – Jednotkový posudek únosnosti tláčené diagonály, $V_{Ed,0}/V_{Rd,max}$



Obr. 44: Sloup únosnost tláčené diagonály

UCvRdc – jednotkový posudek únosnosti desky bez výztuže v základním kontrolovaném obvodu

$$V_{Ed,1}/V_{Rd,c}$$

Návrh protlačení

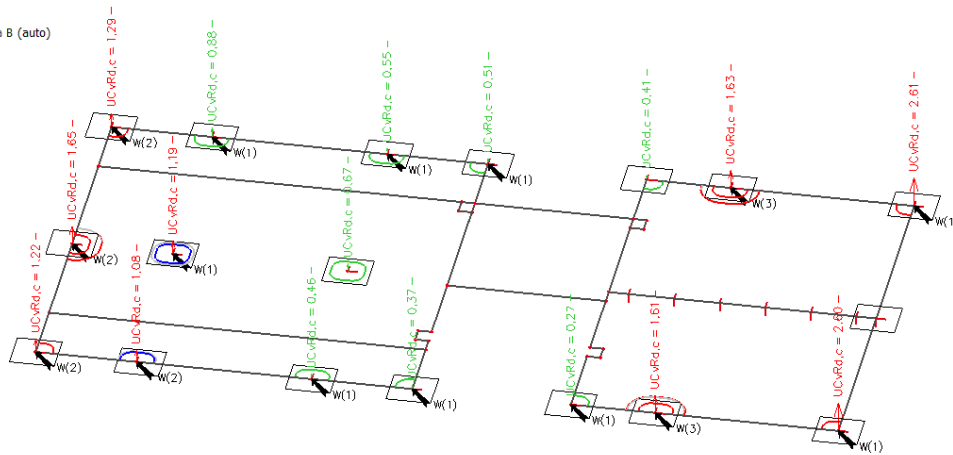
Hodnoty: UCvRdc

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Uzel

Výběr: Vše



Obr. 45: Sloup únosnosti desky bez výztuže v základním kontrolovaném obvodu

UCvRdcs – jednotkový posudek únosnosti desky s výztuží v základním kontrolovaném obvodu

$$V_{Ed,1}/V_{Rd,cs,1}$$

Návrh protlačení

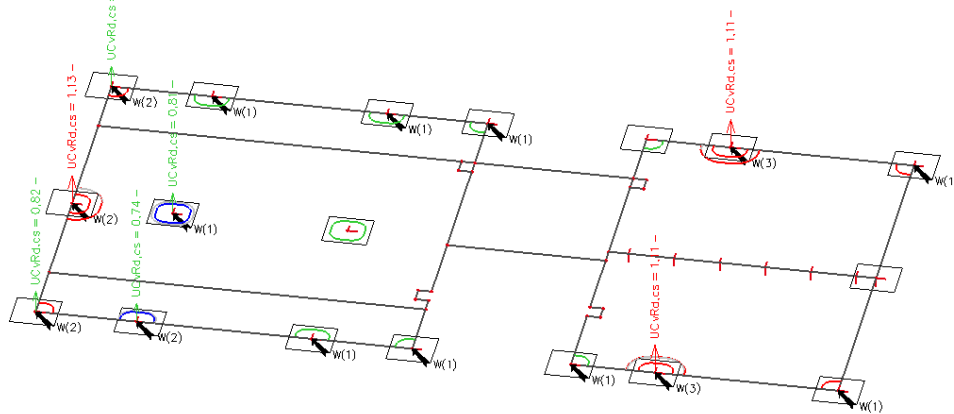
Hodnoty: UCvRdcs

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Uzel

Výběr: Vše



Obr. 46: Sloup únosnosti desky s výztuží v základním kontrolovaném obvodu

UC – celkový jednotkový posudek protlačení

Návrh protlačení

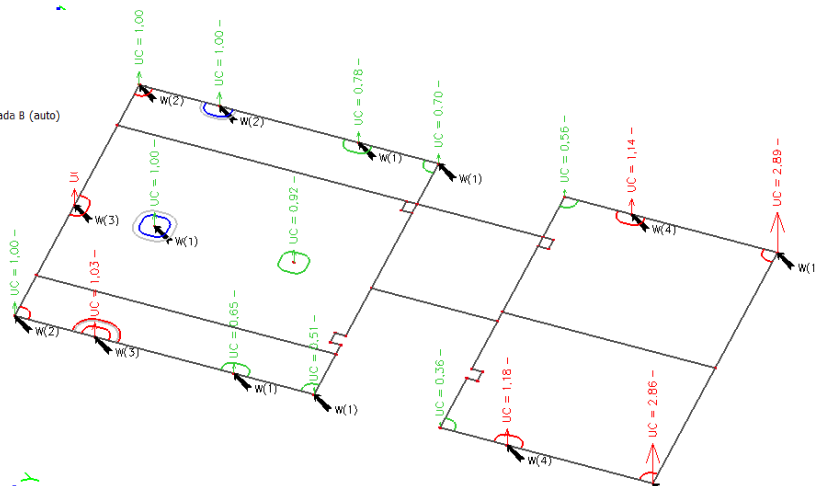
Hodnoty: UC

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Uzel

Výběr: Vše



Obr. 47: Sloup celkový posudek protlačení

Vyhodnocení:

Konstrukce na protlačení nevyhovuje. Ukázalo se, že v předběžném návrhu nebyla ideálně zvolená místa pro předběžné posouzení protlačení stropní konstrukce. K protlačení by došlo na několika místech desky, proto bude provedeno opatření. Po obvodu stropních desek se navrhne průvlak, který protlačení eliminuje. Deska v místě žebra není lokálně podepřena a zatížení se do sloupu přeneše přes žebro.

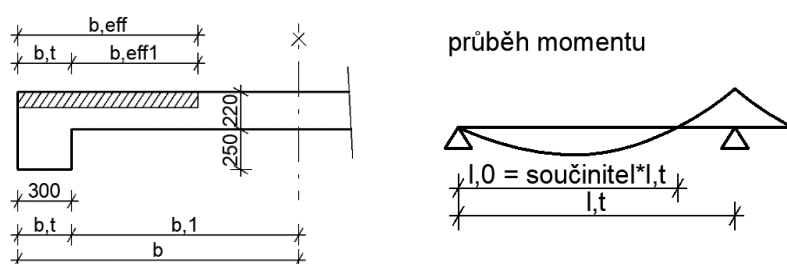
3.2. Obvodové žebro

Žebro navrženo o rozměrech $h = 470 \text{ mm}$, $\bar{s} = 300 \text{ mm}$

Efektivní šířky žeber

Efektivní šířka byla spočítána ručně a zadána do SCIA engineer

Schématu výpočtu efektivní šířky



Obr. 48: Výpočet efektivní šířky

$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_t$$

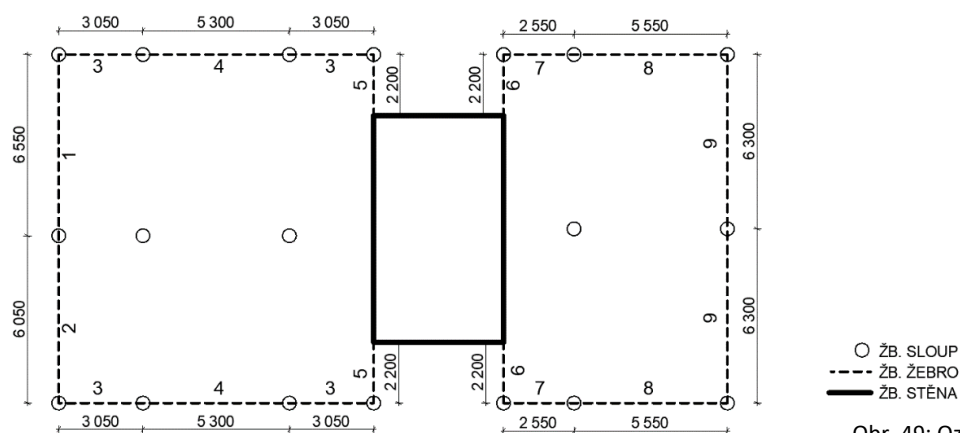
$$b_{\text{eff},1} = 0,2b_1 + 0,1l_0 + b \leq \min(0,2l_0; b_1)$$

Výpočet efektivní šířky žebra

	l,t (mm)	b,t (mm)	součinitel	b (mm)	$b,1$ (mm)	$l,0$ (mm)	$b_{\text{eff},1}$ (mm)	minima $b_{\text{eff},1}$			b_{eff} (mm)
								$0,2 * l,0$ (mm)	$b,1$ (mm)	$b_{\text{eff},1}$ (mm)	
1	6550	300	0,7	1525	1375	4585	1034	917	1375	917	1217
2	6050	300	0,7	1525	1375	4235	999	847	1375	847	1147
3	3050	300	0,7	3025	2875	2135	1089	427	2875	427	727
4	5300	300	0,7	3025	2875	3710	1246	742	2875	742	1042
5	2200	300	0,7	1525	1375	1540	729	308	1375	308	608
6	2200	300	0,7	1275	1125	1540	679	308	1125	308	608
7	2550	300	0,7	3650	3500	1785	1179	357	3500	357	657
8	5550	300	0,7	3650	3500	3885	1389	777	3500	777	1077
9	6300	300	0,7	2775	2625	4410	1266	882	2625	882	1182

Součinitel byl zvolen 0,7 pro všechny žebra i žebra na krajních polích z důvodu okrajových podmínek, které se více blíží vetknutí než kloubovému uložení.

SCHÉMA KONSTRUKCE - OZNAČENÍ ŽEBER



Obr. 49: Označení žeber

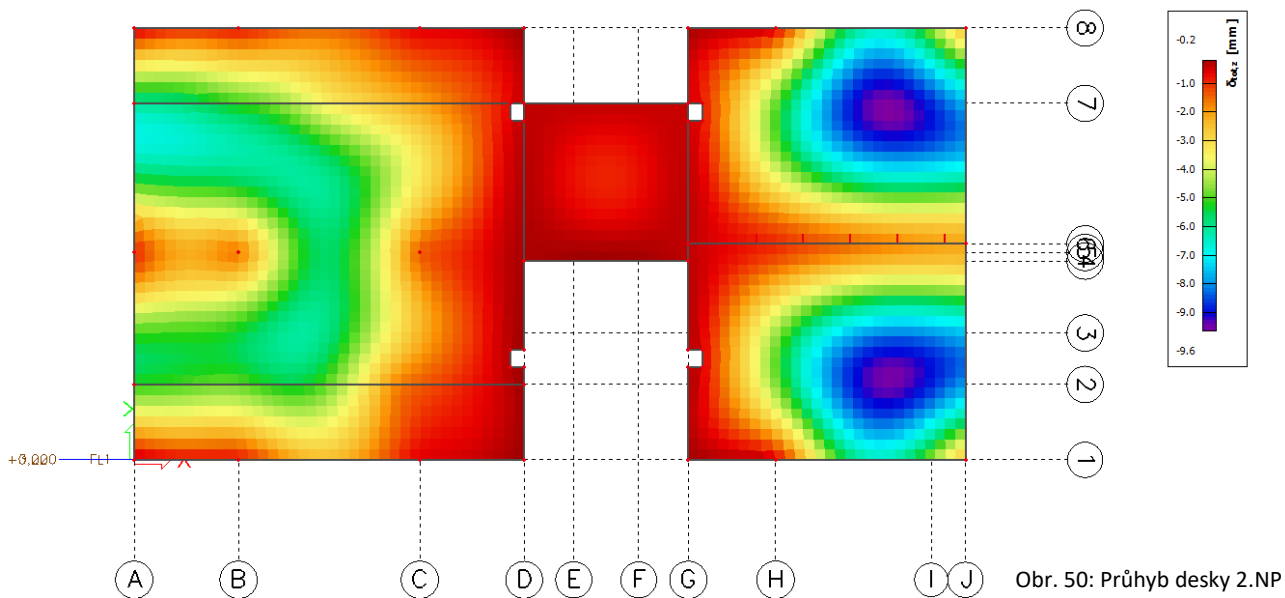
3.3. Posouzení MSP na průhyb

$$L/250 = 6300/250 = 25,2 \text{ mm}$$

Průhyb posouzen v programu SCIA engineer – jedná se o nelineární analýzu na konci životnosti konstrukce. Není zde započítané smršťování betonu.

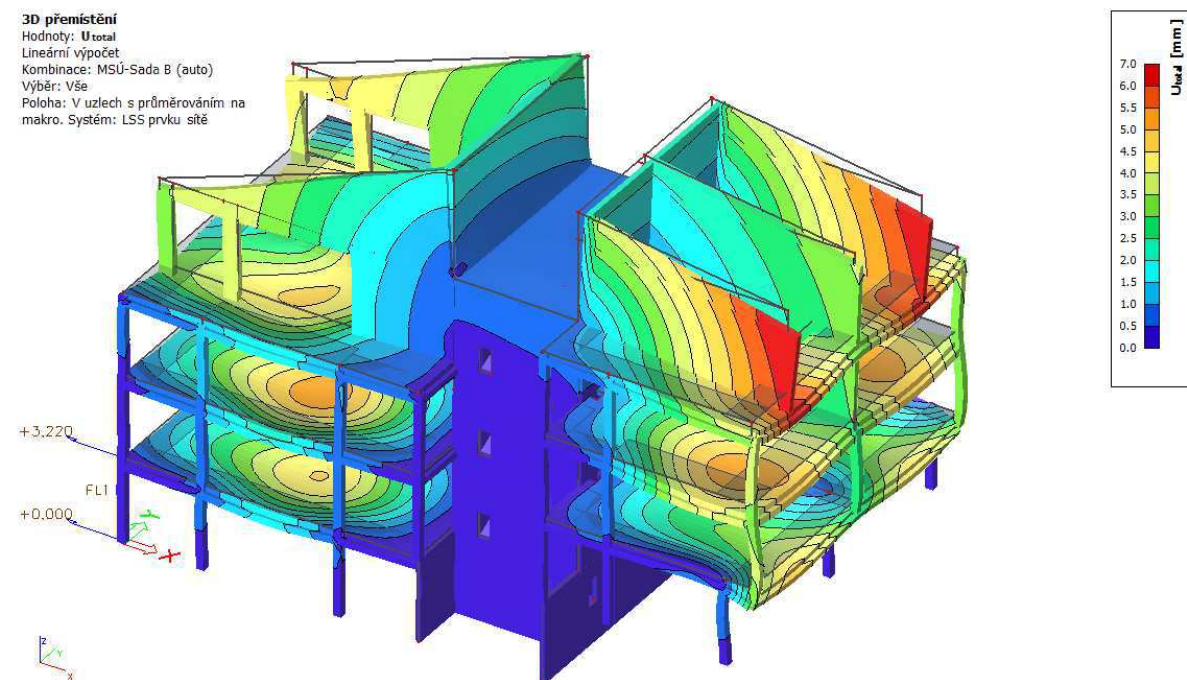
Zatěžovací kombinace: MSP kvazistálá

Kombinace pro návrh výztuže: MSÚ sada B



K průhybu stanoveného programem připočtem 5 mm jako předpoklad smršťování betonu $9,6 + 5 = 14,6 \text{ mm}$. Výsledný průhyb nepřekročil limitní hodnotu.

Tvar deformace objektu:

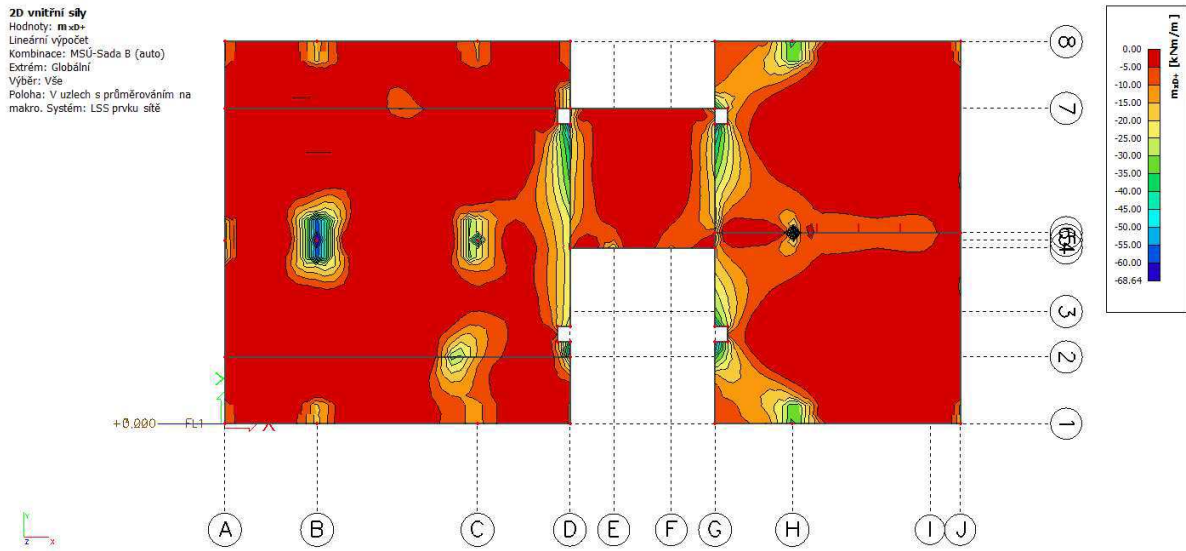


3.4. Stropní deska

3.4.1. Ohybové momenty na desce

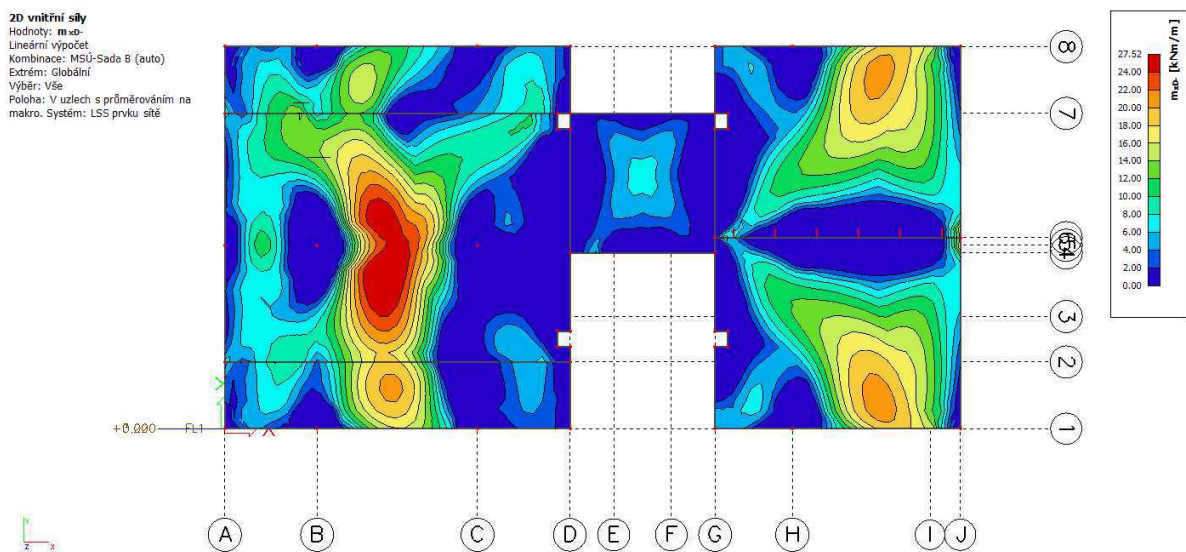
Hodnoty ohybových momentů ve směrech x a y, které zahrnují i vliv krouticích momentů

m_{xD+} – návrhový moment ve směru x na horním povrchu



Obr. 52: Průběh momentů m_{xD+}

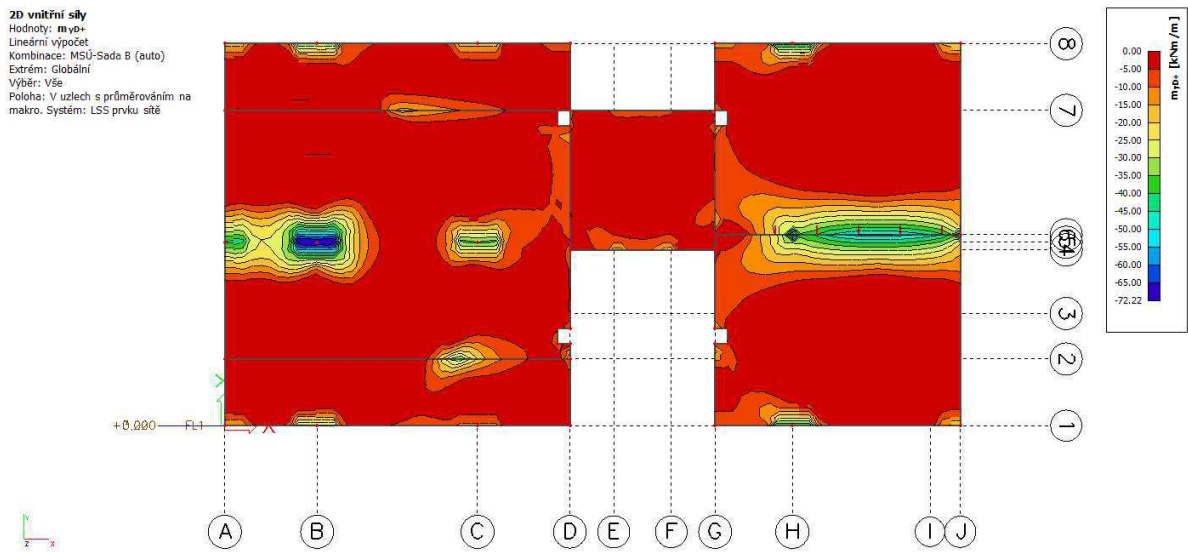
m_{xD-} – návrhový moment ve směru x na spodním povrchu



Obr. 53: Průběh momentů m_{xD-}

m_{yD+}

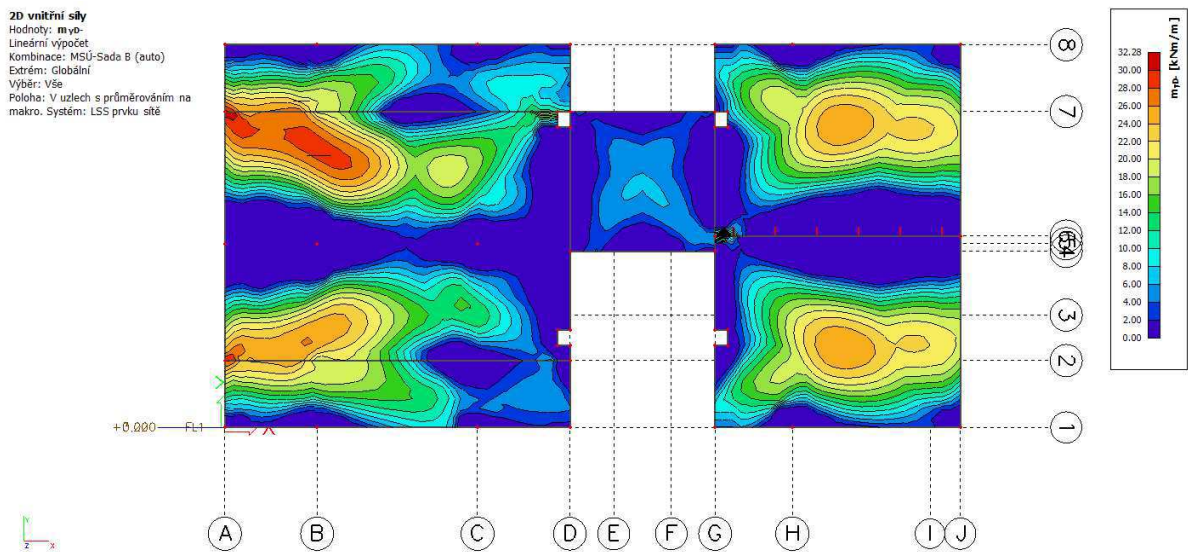
– návrhový moment ve směru y na horním povrchu



Obr. 54: Průběh momentů m_{yD+}

m_{yD-}

– návrhový moment ve směru y na spodním povrchu

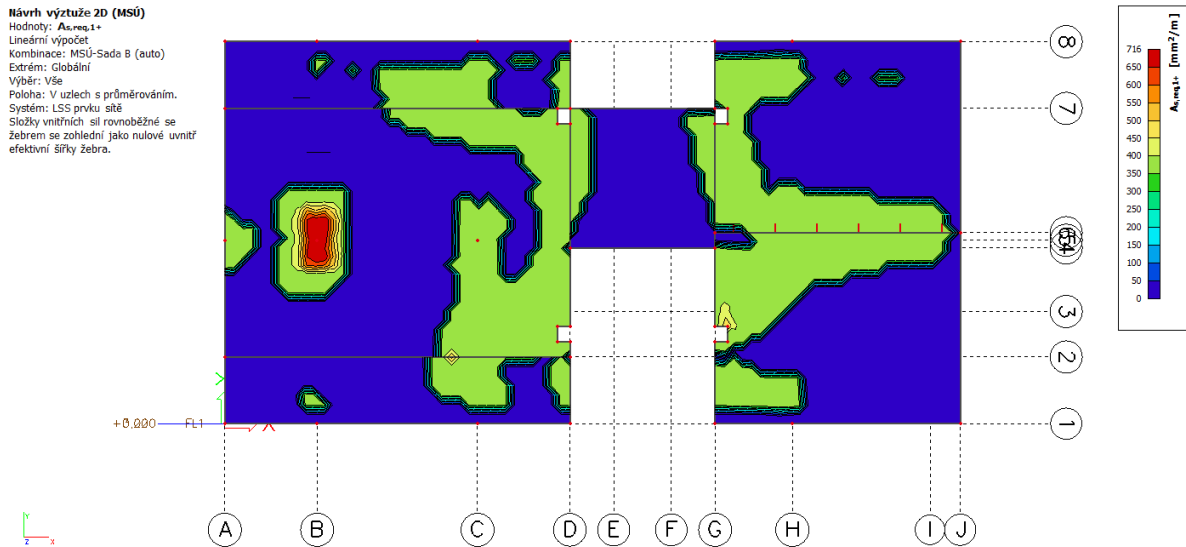


Obr. 55: Průběh momentů m_{xD+}

3.4.2. Návrh výztuže stropní desky

Výsledek z návrhové kombinace zatížení $a_{s,req} 1 +$ (ve směru x, horní povrch)

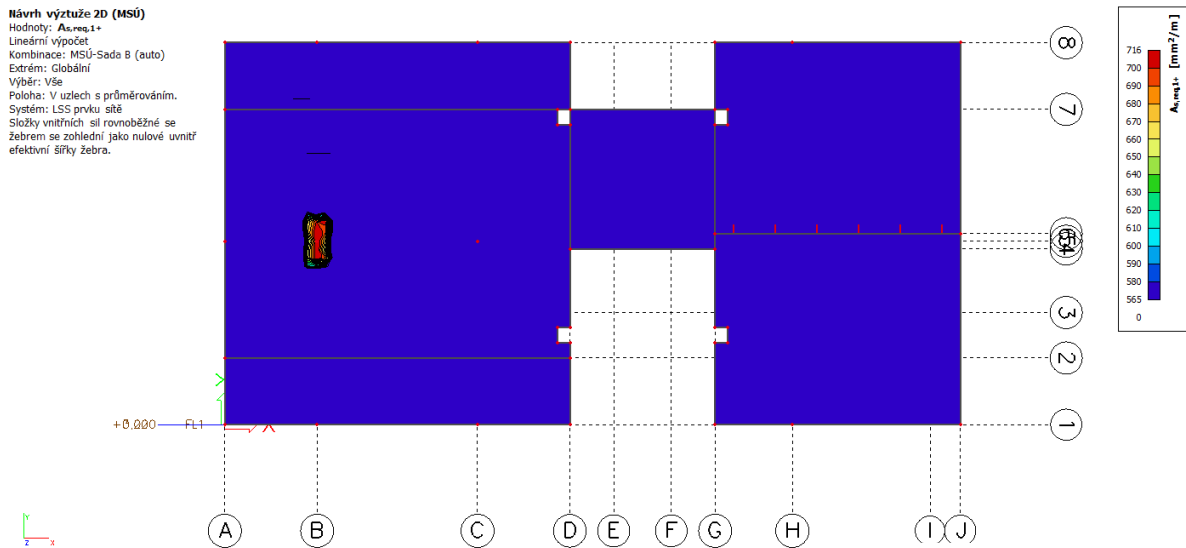
Návrh výztuže 2D (MSÚ)
 Hodnoty: $A_{s,req,1+}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Položka: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



Návrh: $\phi 12$ á 200 mm $a_{s,prov} = 565 \text{ mm}^2$

Obr. 56: Návrh výztuže horní x

Návrh výztuže 2D (MSÚ)
 Hodnoty: $A_{s,req,1+}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Položka: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



Obr. 57: Návrh výztuže horní x 2

V potřebných míst bude přidána výztuž – potřebná $a_s = 716 - 565 = 151$

Výztuž bude umístěna tak, že prut přidávané výztuže bude uprostřed mezi stávající výztuží.

Návrh: $\phi 10$ á 200 mm $a_{s,prov} = 393 \text{ mm}^2$

V místě další vložené výztuže se lehce změní účinná výška, tento rozdíl zanedbáme.

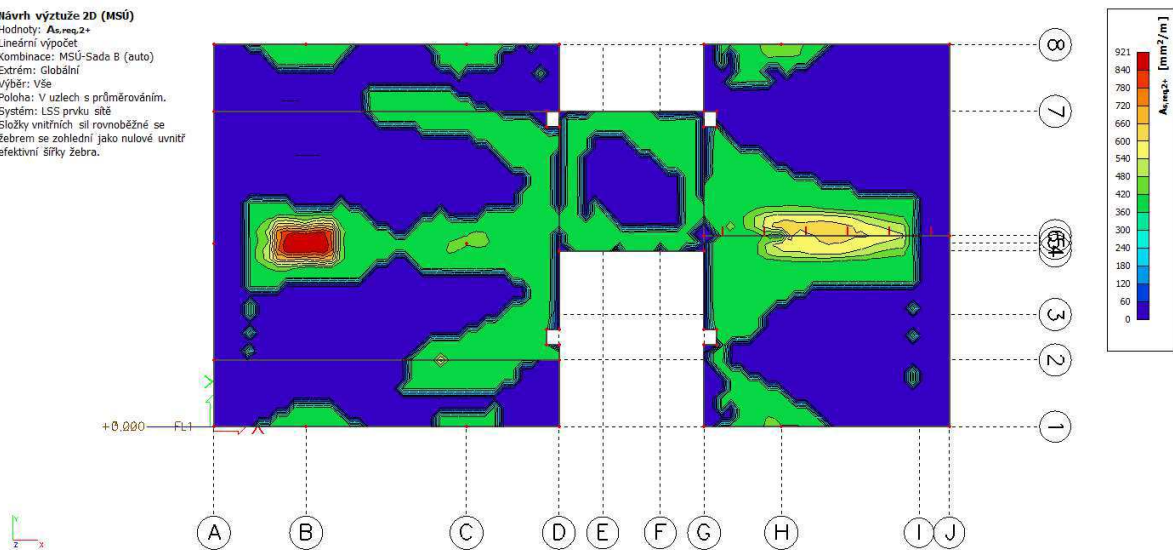
Celková plocha výztuže v místě obou navržených výztuží:

$a_{s,prov} = 958 \text{ mm}^2$

Výsledek z návrhové kombinace zatížení $a_{s,req} 2 +$ (ve směru y, horní povrch)

Návrh výztuže 2D (MSÚ)

Hodnoty: $A_{s,req,2+}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

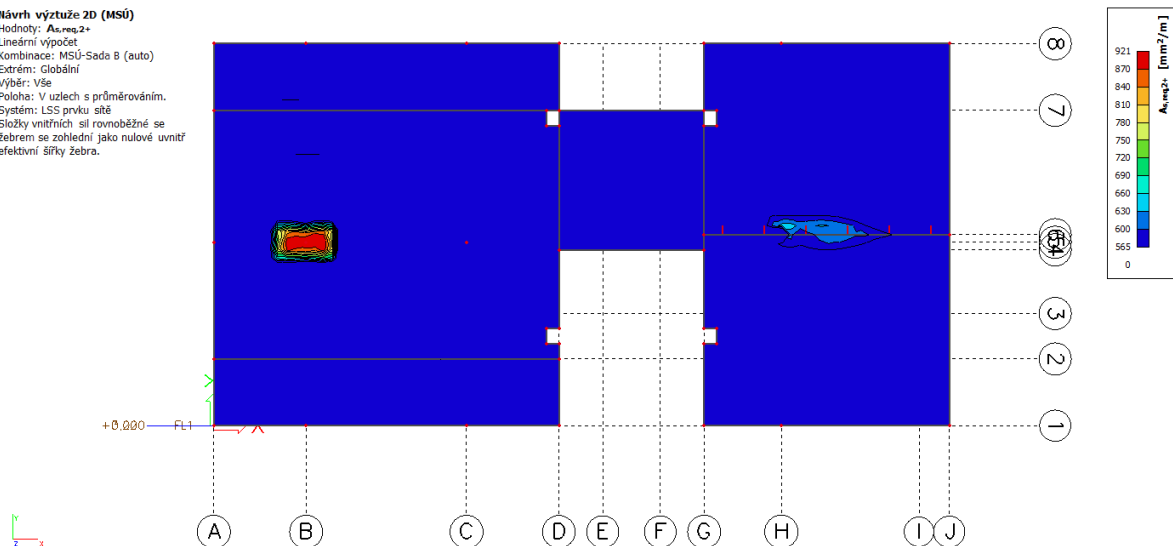


Obr. 58: Návrh výztuže horní y

Návrh: $\phi 12$ á 200 mm $a_{s,prov} = 565 \text{ mm}^2$

Návrh výztuže 2D (MSÚ)

Hodnoty: $A_{s,req,2+}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



Obr. 59: Návrh výztuže horní y 2

V potřebných míst bude přidána výztuž – potřebná $a_s = 921 - 565 = 356$

Výztuž bude umístěna tak, že prut přidané výztuže bude uprostřed mezi stávající výztuží.

Návrh: $\phi 10$ á 200 mm $a_{s,prov} = 393 \text{ mm}^2$

V místě další vložené výztuže se lehce změní účinná výška, tento rozdíl zanedbáme.

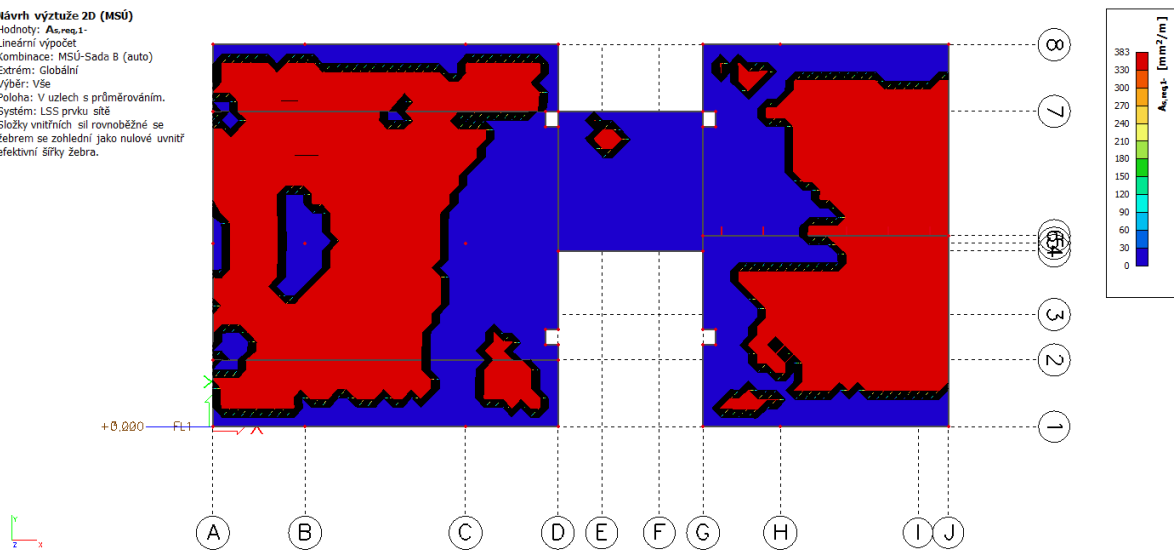
Celková plocha výztuže v místě obou navržených výztuží:

$$a_{s,prov} = 958 \text{ mm}^2$$

Výsledek z návrhové kombinace zatížení $a_{s,req} 1$ - (ve směru x, dolní povrch)

Návrh výztuže 2D (MSÚ)

Hodnoty: $A_{s,req1}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

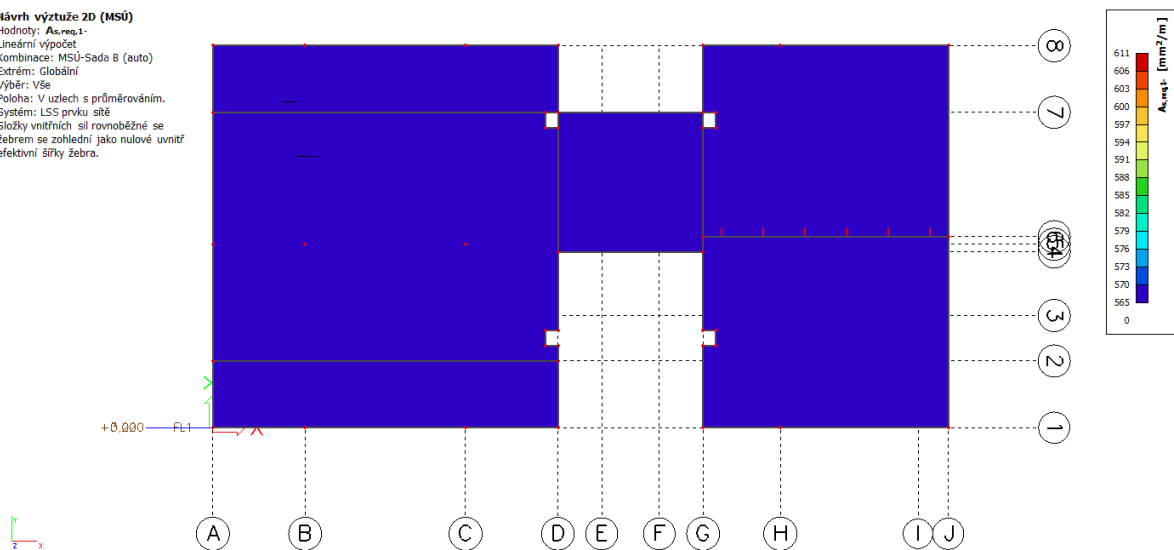


Obr. 60: Návrh výztuže spodní x

Návrh: $\phi 12$ á 200 mm $a_{s,prov} = 565 \text{ mm}^2$

Návrh výztuže 2D (MSÚ)

Hodnoty: $A_{s,req1}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

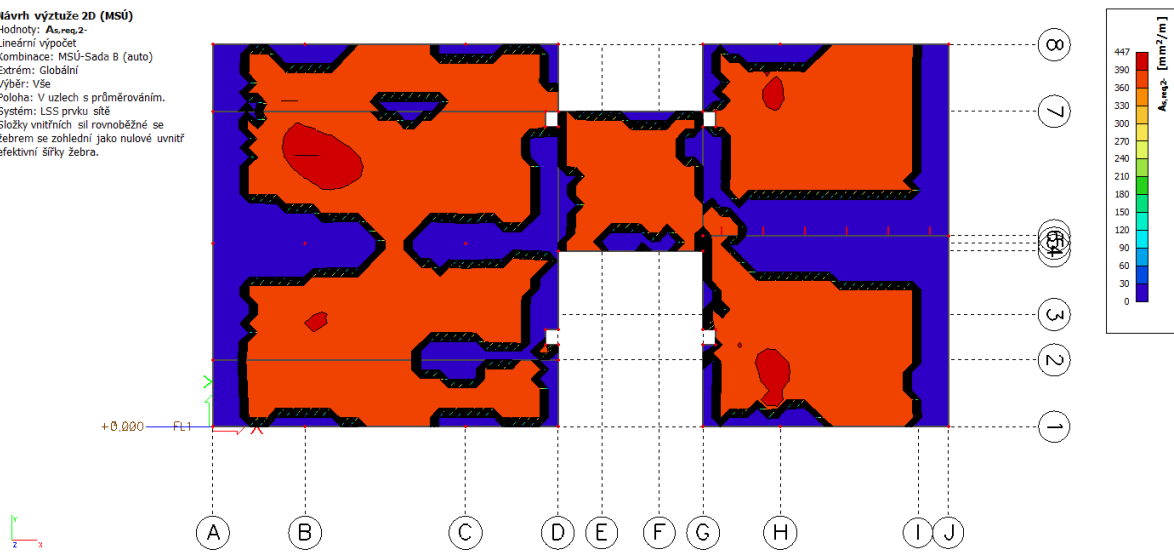


Obr. 61: Návrh výztuže spodní x 2

Výztuž dostatečně pokryje celou plochu, není potřeba přidávat další výztuž.

Výsledek z návrhové kombinace zatížení $a_{s,req} 2$ - (ve směru y, dolní povrch)

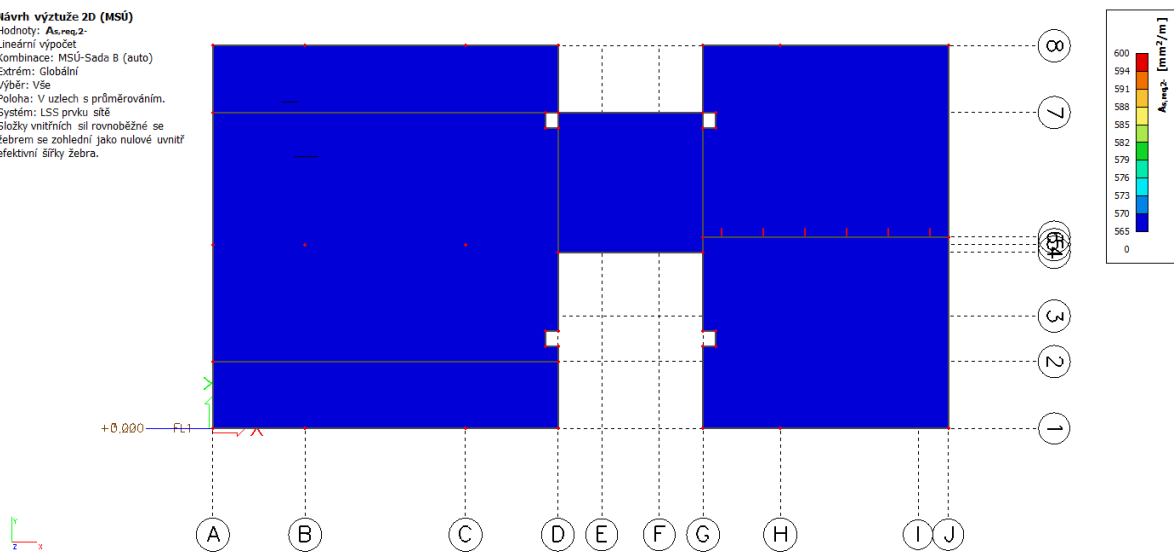
Návrh výztuže 2D (MSÚ)
 Hodnoty: $A_{s,req,2}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



Obr. 62: Návrh výztuže spodní y

Návrh: $\phi 12$ á 200 mm $a_{s,prov} = 565 \text{ mm}^2$

Návrh výztuže 2D (MSÚ)
 Hodnoty: $A_{s,req,2}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



Obr. 63: Návrh výztuže spodní y 2

Výztuž dostatečně pokryje celou plochu, není potřeba přidávat další výztuž.

Stanovení krytí výztuže betonu

Nominální hodnota krycí vrstvy

$$c_{\min,b} = 12 \text{ mm}$$

$$c_{\min,dur}$$

Stupeň vlivu prostředí XC1

S4 pro návrhovou životnost 50 let

Pevnostní třída C30/37 – zmenšit o 1

Desková konstrukce – zmenšit o 1

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

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$$

$$c_{\min} = \max(12; 10 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm})$$

$$c_{\min} = 12 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$c_{nom} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 12 + 10 = 22 \text{ mm}$ navržená $c_{nom} = 25 \text{ mm}$
--

Výpočet plochy výztuže pro porovnání se SCIA engineer

Beton C 30/37 $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$

Ocel B 500 B $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$

Tloušťka desky: $h = 220 \text{ mm}$

$M_{yD+} = m_{ed} = 72,22 \text{ kNm}$ horní povrch, směr y

Předpokládána výztuž: $\varnothing 12 \text{ mm}$

$$d = h - c - \varnothing - \frac{\varnothing}{2} \qquad d = 220 - 25 - 12 - \frac{12}{2} \qquad d = 177 \text{ mm}$$

$$a_{s,req} = \frac{b d f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m_{Ed}}{b d^2 f_{cd}}} \right)$$

$$a_{s,req} = \frac{1 \cdot 0,177 \cdot 20}{435} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 72,22}{1 \cdot 0,177^2 \cdot 20000}} \right)$$

$$a_{s,req} = 928 \text{ mm}^2$$

Software na moment 72,22 kNm navrhl 921 mm². Výsledek odpovídá odhadnuté ploše výztuže vypočítané ručně.

3.4.3. Posouzení výztuže desky

Vzorový výpočet $a_{s,prov}$ 2 – směr y, dolní povrch

Návrh: $\varnothing 12$ á 200 mm $a_{s,prov} = 565 \text{ mm}^2$

$$d = 177 \text{ mm}$$

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,min1} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d$$

$$a_{s,min1} = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1 \cdot 0,177$$

$$a_{s,min1} = 267 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min1} < a_{s,prov}$$

$$a_{s,min2} = 0,0013 \cdot b \cdot d$$

$$a_{s,min2} = 0,0013 \cdot 1 \cdot 0,177$$

$$a_{s,min2} = 230 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min2} < a_{s,prov}$$

Minimální plocha výztuže pro omezení šířky trhlin:

k_c - součinitel zohledňující rozdělení napětí v průřezu těsně před vznikem trhlin

$$k_c = 0,4$$

k - součinitel vyjadřující nerovnoměrnost rozdělení napětí

$$k = 1,0$$

$f_{ct,eff}$ - průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu v okamžiku vzniku trhlin

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

a_{ct} - plocha tažené části betonu těsně před vznikem trhlin

$$a_{ct} = b \cdot h_d / 2 \quad a_{ct} = 1 \cdot 0,22 / 2 \quad a_{ct} = 0,11 \text{ m}^2$$

σ_s - hodnota napětí ve výztuži těsně po vzniku trhlin

$$\sigma_s = f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$a_{s,min3} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot a_{ct}}{\sigma_s}$$

$$a_{s,min3} = \frac{0,4 \cdot 1 \cdot 2,9 \cdot 0,11}{400}$$

$$a_{s,min3} = 319 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min3}$$

Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h \quad a_{s,max} = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,22 \quad a_{s,max} = 8800 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

Minimální světlá vzdálenost:

$$s > \max (20 \text{ mm}; 1,2 \varnothing; D_{\max} + 5 \text{ mm})$$

$$188 > \max (20; 14,4 ; 27)$$

Maximální osová vzdálenost:

$$s \leq \min (2h; 250 \text{ mm})$$

$$200 \leq \min (460; 250)$$

Posouzení navržené výztuže desky**Výška tlačené oblasti:**

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} \quad x = \frac{565 \cdot 10^{-9} \cdot 434}{0,8 \cdot 1 \cdot 20} \quad x = 0,015 \text{ m}$$

Velikost ramene vnitřních sil:

$$z = d - 0,4x \quad z = 0,187 - 0,4 \cdot 0,015 \quad z = 0,182 \text{ m}$$

Limitní hodnota poměrné výšky tlačené oblasti $\xi_{bal,1} = 0,617$ bezpečně uvažuji 0,45

Poměrná výška tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} \quad \xi = \frac{0,012}{0,187} \quad \xi = 0,082 < \xi_{\max} = 0,45$$

Moment únosnosti:

$$m_{rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z$$

$$m_{rd} = 565 \cdot 10^{-9} \cdot 434 \cdot 10^6 \cdot 0,182$$

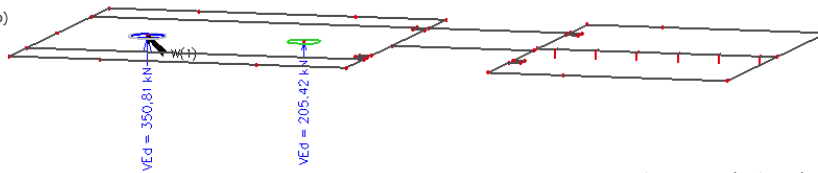
$$m_{rd} = 44,9 \text{ kNm}$$

$$m_{Rd} = 44,9 \geq m_{Ed} = 32,28$$

3.5. Posouzení desky na protlačení

V_{Ed} návrhová síla na protlačení = (350,8 kN; 205,4 kN)

Návrh protlačení
Hodnoty: V_{Ed}
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Uzel
Výběr: Vše



Obr. 64: Návrhová síla na protlačení

Průměrná hodnota staticky účinné výšky stropní desky:

$$d_1 = 177 \text{ mm}$$

$$d_2 = 189 \text{ mm}$$

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$d = \frac{177 + 189}{2}$$

$$d = 183 \text{ mm}$$

kontrolované obvody:

$$u_0 = 1200 \text{ mm}$$

v líci podpory

$$u_1 = 3500 \text{ mm}$$

2d za lícem podpory

odhad součinitele $\beta = 1,15$ vnitřní sloup

účinek zatížení v kontrolních obvodech:

$$v_{Ed0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 350\,810}{1200 \cdot 183} = 1,838 \text{ N/mm}^2$$

Únosnost tlakové diagonály:

$$v_{rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$v_{rd,max} = 4,22 \text{ MPa} > v_{Ed,1} = 1,838 \text{ MPa}$	Vyhovuje
--	----------

Výztuž na protlačení

Únosnost bez výztuže na protlačení v kontrolovaném obvodu u_1

$$v_{Ed1} = \frac{\beta \cdot V_{ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 350\,081}{3500 \cdot 183} = 0,630 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{max} = 1,46$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{183}} \quad k = 2,04 \quad \text{počítám s: } k = 2$$

Stupeň vyztužení průřezu ohybovou výztuží:

$$\rho_{lx} = \frac{a_{sx}}{1000 \cdot d_x} \quad \rho_{lx} = \frac{958}{1000 \cdot 189} \quad \rho_{lx} = 0,0054$$

$$\rho_{ly} = \frac{a_{sy}}{1000 \cdot d_y} \quad \rho_{ly} = \frac{958}{1000 \cdot 177} \quad \rho_{ly} = 0,0051$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \quad \rho_1 = \sqrt{0,0054 \cdot 0,0051} \quad \rho_1 = 0,00524 < 0,02$$

$$v_{rdc} = \left[k_{max} \cdot C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}; 0,035 \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}} \right]$$

$$v_{rdc} = \left[\frac{0,18}{\gamma} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}; 0,035 \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}} \right]$$

$$v_{rdc} = \left[1,46 \cdot 0,12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,00524 \cdot 30)^{\frac{1}{3}}; 0,035 \cdot \sqrt{2^3 \cdot 30} \right]$$

$$v_{rdc} = \underline{0,878}; 0,54 \text{ kN}$$

$$v_{rdc} = 0,878 \text{ kN} \geq v_{ed1} = 0,630 \text{ kN}$$

Není potřeba navrhovat výztuž na protlačení. Přesto se navrhnou alespoň smykové kozlíky ve dvojicích v obou směrech $\varnothing 14$ nad sloupem.

3.6. Návrh sloupů

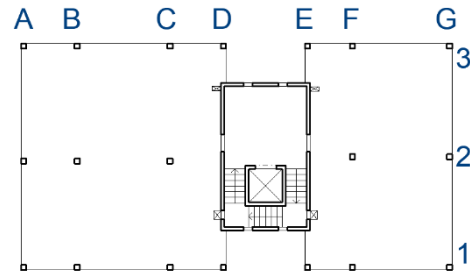
3.6.1. Vnitřní síly

Předběžný návrh: 300/300 mm

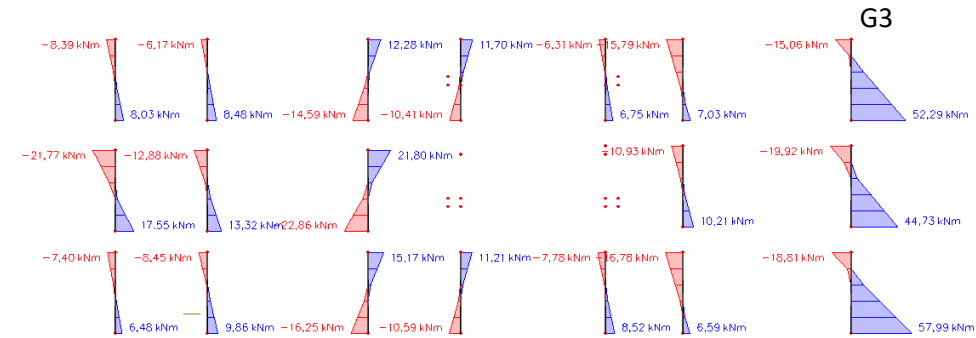
L = 3000 mm

Označení sloupů:

My



Obr. 65: Označení sloupů

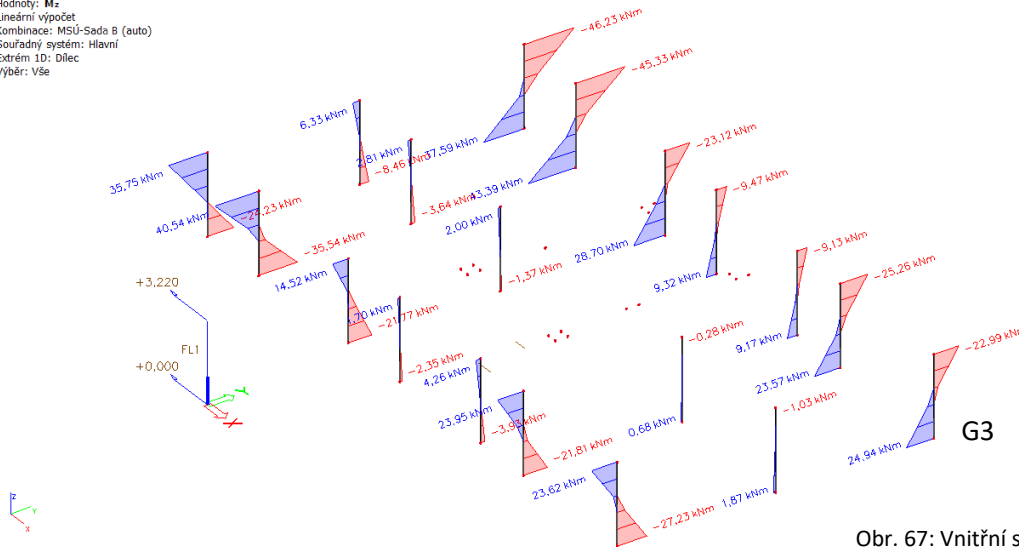


G3

Obr. 66: Vnitřní síly na sloupech My

Mz

1D vnitřní síly
 Hodnoty: Mz
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém ID: Dílec
 Výběr: Vše

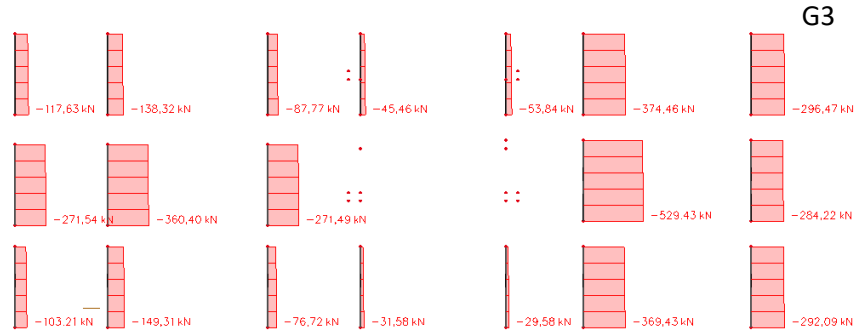


G3

Obr. 67: Vnitřní síly na sloupech Mz

N

1D vnitřní síly
 Hodnoty: N
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém ID: Dílec
 Výběr: Vše



G3

Obr. 68: Vnitřní síly na sloupech N

3.6.2. Vzorový výpočet štíhlosti sloupu A3 ve směru z

Základní hodnotu úhlu odklonu od svislice uvažujeme (doporučená hodnota dle ČSN EN 1992-1-1):

$$\theta_0 = \frac{1}{200}$$

Redukční součinitel zohledňující výšku sloupu h :

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \quad \alpha_h = \frac{2}{\sqrt{3}} \quad \alpha_h = 1,154 \quad \text{bereme hodnotu} \quad \alpha_h = 1$$

Redukční součinitel zohledňující počet sloupů m v řadě:

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} \quad \alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{3}\right)} \quad \alpha_m = 0,82$$

Účinná délka:

$$l_0 = 0,8 \cdot 3 \quad l_0 = 2,4 \text{ m}$$

Geometrická imperfekce:

$$e_i = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m \cdot \frac{l_0}{2} \quad e_i = 0,005 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot \frac{2,4}{2} \quad e_i = 0,0049$$

Ohybový moment od geometrické imperfekce:

$$M_{\text{imp}} = N_{\text{Ed}} \cdot e_i \quad M_{\text{imp}} = -117,63 \cdot 0,0049 \quad M_{\text{imp}} = 0,58$$

Ohybový moment I. řádu

$$\text{Hlava sloupu: } M_{\text{Ed},I} = M_{\text{Ed}} + M_{\text{imp}} \quad M_{\text{Ed},I} = -46,23 - 0,58 \quad M_{\text{Ed},I} = -46,81 \text{ kNm}$$

$$\text{Pata sloupu: } M_{\text{Ed},I} = M_{\text{Ed}} + M_{\text{imp}} \quad M_{\text{Ed},I} = 37,59 + 0,58 \quad M_{\text{Ed},I} = 38,17 \text{ kNm}$$

poloměr setrvačnosti průřezu:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_c}} \quad i = \sqrt{\frac{0,000675}{0,3 \cdot 0,3}} \quad i = 0,0866$$

Štíhlost navrženého sloupu:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad \lambda = \frac{2,4}{0,0866} \quad \lambda = 27,71$$

limitní štíhlosti λ_{lim} :

vliv dotvarování betonu: $A = 0,7$

vliv stupně vyztužení podélnou výztuží: $B = 1,1$

vliv ohybových momentů:

$$C = 1,7 - \frac{M_{01}}{M_{02}} \quad C = 1,7 - \frac{38,17}{-46,81} \quad C = 2,52$$

poměrná normálová síla:

$$n = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd}) \quad n = 117,63 / (0,09 \cdot 20000) \quad n = 0,065$$

$$\lambda_{lim} = \frac{20ABC}{\sqrt{n}} \quad \lambda_{lim} = \frac{20 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 2,52}{\sqrt{0,065}} \quad \lambda_{lim} = 152 \quad \text{omezení} \quad \lambda_{lim} = 75$$

$$\lambda = 27,71 \leq \lambda_{lim} = 75 \quad \text{sloup je masivní}$$

Posouzení ostatních sloupů:

ozn. sloup	N (kN)	Mz.hlava (kNm)	Mz.pata (kNm)	My,hlava (kNm)	My,pata (kNm)	Zjištění kritické kombinace	Mimp (kNm)	Mz.hlava (kNm)	Mz.pata (kNm)	My,hlava (kNm)	My,pata (kNm)	n	Cz	Cy	$\lambda_{lim z}$	$\lambda_{lim y}$
1 a3	117,63	-46,23	37,59	-8,39	8,03	0,81 0,96	0,58	-46,81	38,17	-8,97	8,61	0,065	2,52	2,66	75,00	75,00
2 a2	271,54	6,33	-8,46	-21,77	17,55	0,75 0,81	1,33	7,66	-9,79	-23,10	18,88	0,151	2,48	2,52	75,00	75,00
3 a1	103,21	35,75	-24,23	-7,4	6,48	0,68 0,88	0,51	36,26	-24,74	-7,91	6,99	0,057	2,38	2,58	75,00	75,00
4 b3	138,32	-45,33	43,39	-6,17	8,48	0,96 0,73	0,68	-46,01	44,07	-6,85	9,16	0,077	2,66	2,45	75,00	75,00
5 b2	360,4	2,81	-3,64	-12,88	13,32	0,77 0,97	1,77	4,58	-5,41	-14,65	15,09	0,200	2,55	2,67	75,00	75,00
6 b1	149,31	40,54	-35,54	-8,45	9,86	0,88 0,86	0,73	41,27	-36,27	-9,18	10,59	0,083	2,58	2,57	75,00	75,00
7 c3	87,77	-23,12	28,7	12,28	-14,59	0,81 0,84	0,43	-23,55	29,13	12,71	-15,02	0,049	1,26	2,55	75,00	75,00
8 c2	271,49	2	-1,37	21,8	-22,86	0,69 0,95	1,33	3,33	-2,70	23,13	-24,19	0,151	1,82	2,66	72,04	75,00
9 c1	76,72	14,52	-21,77	15,17	-16,25	0,67 0,93	0,38	14,90	-22,15	15,55	-16,63	0,043	2,40	2,64	75,00	75,00
10 d3	45,46	-9,47	9,32	11,7	-10,41	0,98 0,89	0,22	-9,69	9,54	11,92	-10,63	0,025	2,68	2,59	75,00	75,00
11 d1	31,58	1,7	-2,35	11,21	-10,59	0,72 0,94	0,15	1,85	-2,50	11,36	-10,74	0,018	2,44	2,65	75,00	75,00
12 e3	53,84	-9,13	9,17	-6,31	6,75	1,00 0,93	0,26	-9,39	9,43	-6,57	7,01	0,030	2,70	2,64	75,00	75,00
13 e1	29,58	4,26	-3,93	-7,78	8,52	0,92 0,91	0,14	4,40	-4,07	-7,92	8,66	0,016	2,63	2,61	75,00	75,00
14 f3	374,46	-25,26	23,57	-15,79	7,03	0,93 0,45	1,83	-27,09	25,40	-17,62	8,86	0,208	2,64	2,20	75,00	74,38
15 f2	529,43	-0,28	0,68	-10,93	10,21	0,41 0,93	2,59	-2,87	3,27	-13,52	12,80	0,294	2,58	2,65	73,20	75,00
16 f1	369,43	23,95	-21,81	-6,78	6,59	0,91 0,97	1,81	22,14	-23,62	-8,59	8,40	0,205	2,64	2,68	75,00	75,00
17 g3	296,47	-22,99	24,94	-15,06	52,29	0,92 0,29	1,45	-24,44	26,39	-16,51	53,74	0,165	2,63	2,01	75,00	75,00
18 g2	284,22	-1,03	1,87	-19,92	44,73	0,55 0,45	1,39	-2,42	3,26	-21,31	46,12	0,158	2,44	2,16	75,00	75,00
19 g1	292,09	23,62	-27,23	-18,81	55,99	0,87 0,34	1,43	25,05	-28,66	-20,24	57,42	0,162	2,57	2,05	75,00	75,00

Všechny sloupy jsou masivní

3.6.3. Návrh výztuže sloupu v programu FIN EC 2019 Beton

Sloup: 300/300 mm

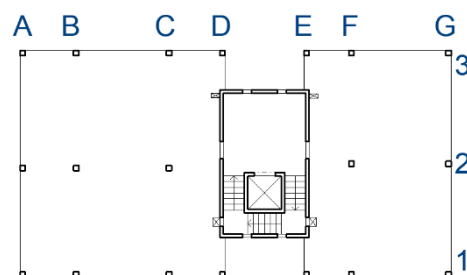
Výška sloupu: 3000 mm

Návrh výztuže: 4x $\varnothing 14$ mm

Návrh třmínku: $\varnothing 6$ mm \acute{a} = 200 mm

Výsledky

ozn	N (kN)	My (kNm)	Mz (kNm)	Využití (%)	
1	a3	-117,63	-8,39	-46,23	96,6
2	a2	-271,54	-21,77	-8,46	37,9
3	a1	-103,21	-7,4	35,75	77,6
4	b3	-138,32	8,48	-45,33	90,9
5	b2	-360,4	13,32	-3,64	22,2
6	b1	-149,31	9,86	40,54	80,2
7	c3	-87,77	-14,59	28,7	67,3
8	c2	-271,49	-22,86	2	36,9
9	c1	-76,72	-16,25	-21,77	55,1
10	d3	-45,46	11,7	9,32	31,7
11	d1	-31,58	11,21	-2,35	28,6
12	e3	-53,84	6,75	-9,13	24,6
13	e1	-29,58	8,52	4,26	22,7
14	f3	-374,46	-15,79	-25,26	46,1
15	f2	-529,43	-10,93	0,68	25,9
16	f1	-369,43	-6,78	23,95	37,6
17	g3	-296,47	52,29	-22,99	86,2
18	g2	-284,22	44,73	1,87	67,7
19	g1	-292,09	55,99	23,62	91,8

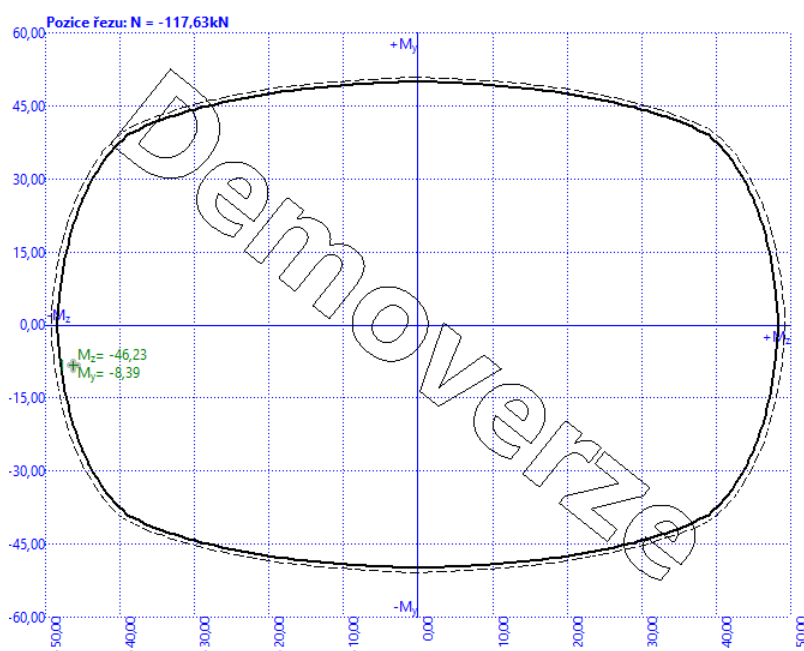


Obr. 69: Označení sloupů

Navržený sloup s výztuží vyhověl.

Interakční diagram My – Mz

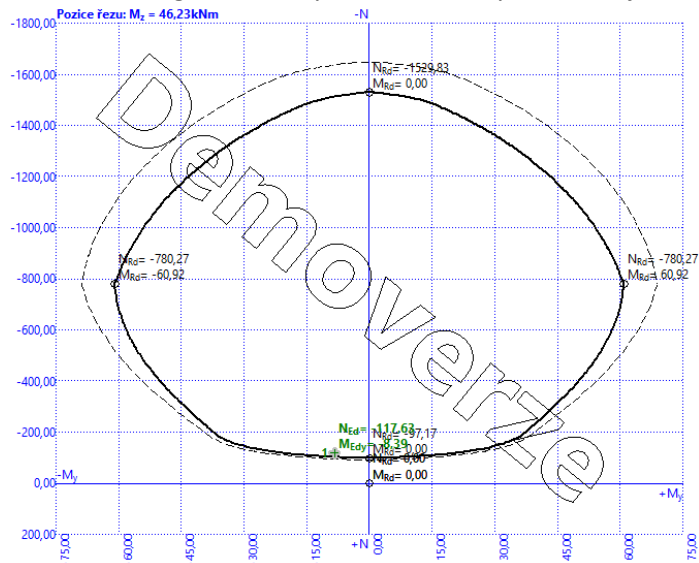
vyznačen nejvíce namáhaný sloup: 1



Obr. 70: Interakční diagram My - Mz

Interakční diagram N – My

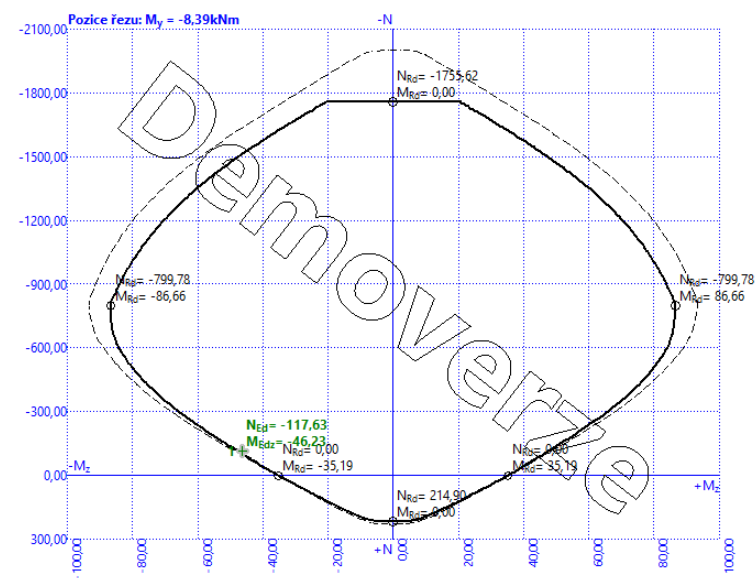
vyznačen nejvíce namáhaný sloup: 1



Obr. 71: Interakční diagram N - My

Interakční diagram N – Mz

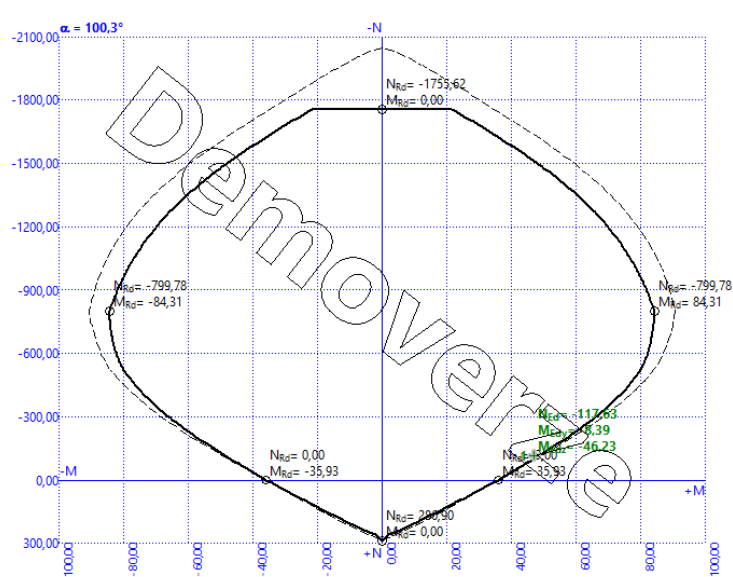
vyznačen nejvíce namáhaný sloup: 1



Obr. 72: Interakční diagram N - Mz

Interakční diagram N – M

vyznačen nejvíce namáhaný sloup: 1



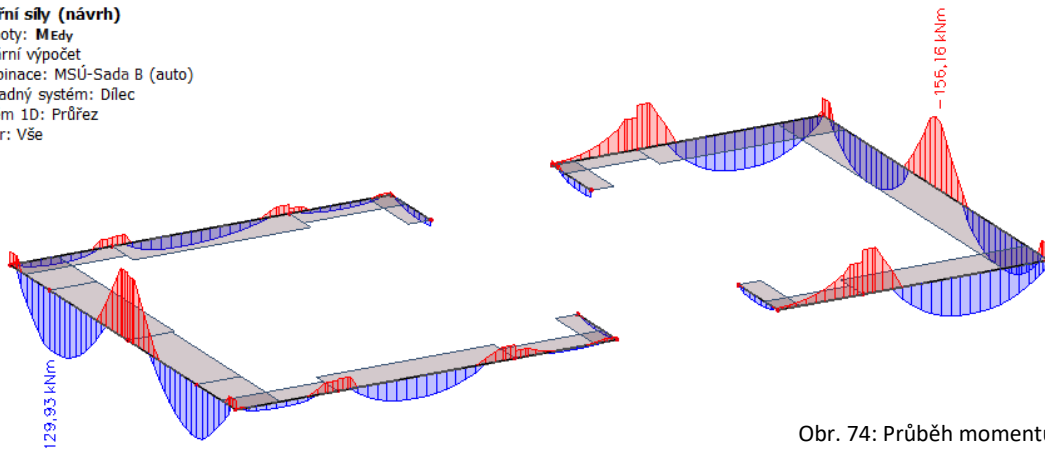
Obr. 73: Interakční diagram N - M

3.7. Návrh výztuže obvodového žebra

Horní a spodní výztuž bude navržena na největší momenty a použita po celé délce žebra.

Vnitřní síly (návrh)

Hodnoty: M_{Ed}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Průřez
 Výběr: Vše



Obr. 74: Průběh momentu na žebrech

Horní $M_{Ed,max}=159,16$ kNm

Spodní $M_{Ed,max}=129,93$ kNm

Návrh spodní výztuže

Předpokládána výztuž: $\phi 18$ mm

Předpokládána smyková výztuž: $\phi 6$ mm

$$d = h - c - \phi - \frac{\phi}{2} \quad d = 470 - 25 - 6 - \frac{18}{2} \quad d = 436 \text{ mm}$$

$$a_{s,req} = \frac{b d f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m_{Ed}}{b d^2 f_{cd}}} \right)$$

$$a_{s,req} = \frac{0,608 \cdot 0,436 \cdot 20}{435} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 129,93}{0,608 \cdot 0,436^2 \cdot 20000}} \right)$$

$$a_{s,req} = 705,8 \text{ mm}^2$$

$b = 0,608$ m, efektivní šířka je uvažována jako ta nejmenší ze všech žebor.

Návrh: 4x $\phi 18$ $A_{s,prov} = 1018 \text{ mm}^2$

Minimální plocha výztuže:

$$A_{s,min1} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \quad A_{s,min1} = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 0,3 \cdot 0,436 \quad A_{s,min1} = 197 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min1} < A_{s,prov}$$

$$A_{s,min2} = 0,0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s,min2} = 0,0013 \cdot 0,3 \cdot 0,436 \quad A_{s,min2} = 170 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min2} < A_{s,prov}$$

Maximální plocha výztuže:

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h \quad A_{s,max} = 0,04 \cdot 0,3 \cdot 0,47 \quad A_{s,max} = 5640 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max}$$

Posouzení navržené výztuže:

Výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} \quad x = \frac{1018 \cdot 10^{-6} \cdot 434}{0,8 \cdot 0,608 \cdot 20} \quad x = 0,041 \text{ m}$$

Velikost ramene vnitřních sil:

$$z = d - 0,4x \quad z = 0,436 - 0,4 \cdot 0,041 \quad z = 0,42 \text{ m}$$

Limitní hodnota poměrné výšky tlačené oblasti $\xi_{bal,1} = 0,617$ bezpečně uvažují 0,45

Poměrná výška tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} \quad \xi = \frac{0,041}{0,42} \quad \xi = 0,094 < \xi_{max} = 0,45$$

Moment únosnosti:

$$M_{rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z$$

$$M_{rd} = 1018 \cdot 10^{-6} \cdot 434 \cdot 10^6 \cdot 0,42$$

$$M_{rd} = 185,7 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 185,7 \geq M_{Ed} = 129,93$$

Návrh horní výztuže

Předpokládána výztuž: $\emptyset 18$ mm

Předpokládána smyková výztuž: $\emptyset 6$ mm

$$d = h - c - \emptyset - \frac{\emptyset}{2} \quad d = 470 - 25 - 6 - \frac{18}{2} \quad d = 436 \text{ mm}$$

$$a_{s,req} = \frac{b d f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m_{Ed}}{b d^2 f_{cd}}} \right) 15$$

$$a_{s,req} = \frac{0,3 \cdot 0,436 \cdot 20}{435} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 159,16}{0,3 \cdot 0,436^2 \cdot 20000}} \right)$$

$$a_{s,req} = 908,1 \text{ mm}^2$$

Návrh: 4x $\emptyset 18$ $A_{s,prov} = 1018 \text{ mm}^2$

Minimální plocha výztuže:

$$A_{s,min1} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \quad A_{s,min1} = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 0,3 \cdot 0,436 \quad A_{s,min1} = 197 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min1} < A_{s,prov}$$

$$A_{s,min2} = 0,0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s,min2} = 0,0013 \cdot 0,3 \cdot 0,431 \quad A_{s,min2} = 170 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min2} < A_{s,prov}$$

Maximální plocha výztuže:

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h \quad A_{s,max} = 0,04 \cdot 0,3 \cdot 0,47 \quad A_{s,max} = 5640 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max}$$

Posouzení navržené výztuže:

Výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} \quad x = \frac{1005 \cdot 10^{-6} \cdot 434}{0,8 \cdot 0,3 \cdot 20} \quad x = 0,092 \text{ m}$$

Velikost ramene vnitřních sil:

$$z = d - 0,4x \quad z = 0,436 - 0,4 \cdot 0,092 \quad z = 0,399 \text{ m}$$

Limitní hodnota poměrné výšky tlačené oblasti $\xi_{bal,1} = 0,617$ bezpečně uvažují 0,45

Poměrná výška tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} \quad \xi = \frac{0,092}{0,436} \quad \xi = 0,21 < \xi_{max} = 0,45$$

Moment únosnosti:

$$M_{rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z$$

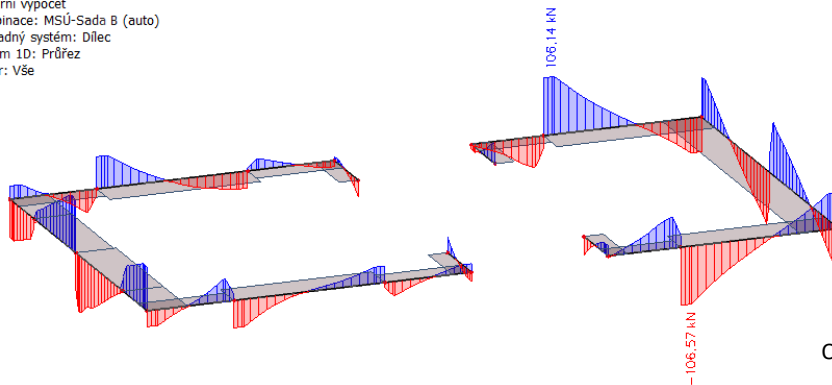
$$M_{rd} = 1018 \cdot 10^{-6} \cdot 434 \cdot 10^6 \cdot 0,399$$

$$M_{rd} = 176,6 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 176,6 \geq M_{Ed} = 159,16$$

3.8. Návrh smykové výztuže

Vnitřní síly (návrh)
 Hodnoty: VEdz
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Průřez
 Výběr: Vše



Obr. 75: Průběh posouvacích sil na žebrech

$$V_{Ed} = 106,57 \text{ kN}$$

Smyková výztuž bude navržena na maximální posouvající sílu a bude využita po celé délce žebra.

Únosnost tlačené diagonály:

Součinitel přidavných namáhání:

$$v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \quad v = 0,6 \left(1 - \frac{30}{250} \right) \quad v = 0,528$$

$$z = (z_1 + z_2) / 2 \quad z = (0,42 + 0,404) / 2 \quad z = 0,412$$

úhel sklonu smykových trhlin: $\cot\theta = 2$

$$V_{Rdmax} = v \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z \cdot \frac{\cot\theta}{1 + \cot\theta^2} \quad V_{Rdmax} = 0,528 \cdot 20000 \cdot 0,3 \cdot 0,412 \cdot \frac{2}{1 + 4} \quad V_{Rdmax} = 602 \text{ kN}$$

Tlačená diagonála vyhový

Návrh třmínků:

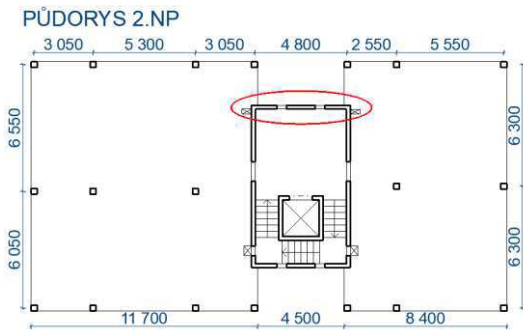
$$\boxed{\varnothing 6 \text{ dvoustřížný } A_s = 57 \text{ mm}^2}$$

Potřebná osová vzdálenost třmínků:

$$s = A_{sw} \cdot \frac{f_{yd}}{V_{Ed}} \cdot z \cdot \cot\theta \quad s = 57 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{435\,000\,000}{106\,570} \cdot 0,412 \cdot 2 \quad s = 0,192$$

$$\boxed{\text{Návrh: třmínek dvoustřížný } \varnothing 6 \text{ } \grave{a} = 190 \text{ mm}}$$

3.9. Návrh výztuže železobetonové stěny:



Obr. 75: Označení řešené stěny

Svislá výztuž:

$$t = 200 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Celková délka stěny } b_c = 4500 \text{ mm}$$

$$A_c = b \cdot t \quad A_c = 1000 \cdot 200 \quad A_c = 200\,000 \text{ mm}^2$$

Minimální plocha výztuže:

$$A_{s,\min} = 0,002 \cdot A_c \quad A_{s,\min} = 0,002 \cdot 200\,000 \quad A_{s,\min} = 400 \text{ mm}^2$$

Maximální osová vzdálenost:

$$s_{\max} = \min(3 \cdot t; 400) \quad s_{\max} = \min(3 \cdot 200; 400) \quad s_{\max} = \min(600; 400)$$

Maximální plocha výztuže:

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot A_c \quad A_{s,\max} = 0,04 \cdot 200\,000 \quad A_{s,\max} = 8\,000 \text{ mm}^2$$

Vodorovná výztuž:

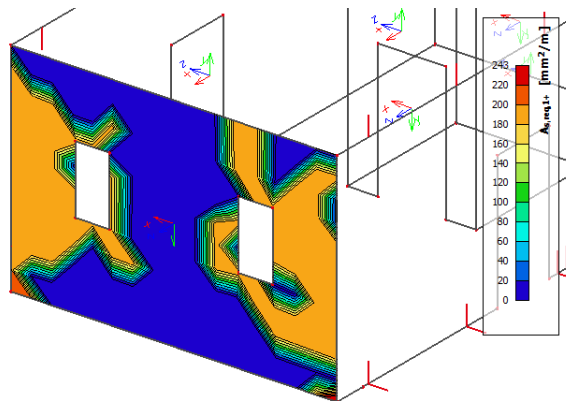
$$A_s = 0,25 \cdot A_{s,\text{svislá}} \quad A_s = 0,25 \cdot 534 \quad A_s = 0,25 \cdot 133,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\min} = 0,001 \cdot A_c \quad A_{s,\min} = 0,001 \cdot 200\,000 \quad A_{s,\min} = 200 \text{ mm}^2$$

Návrh proveden v programu SCIA Engineer:

Výsledek z návrhové kombinace zatížení $a_{s,\text{req}} 1 +$ (ve směru x, exteriér)

Návrh výztuže 2D (MSÚ)
 Hodnoty: $A_{s,\text{req}} 1 +$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: S145
 Poloha: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku síť
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

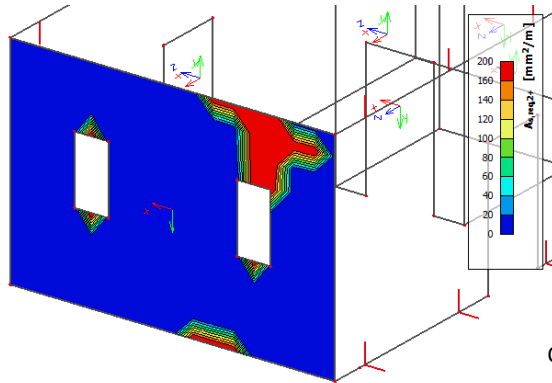


76: Návrh výztuže stěny exteriér x

$$\text{Návrh: } \varnothing 8 \text{ á } 200 \text{ mm} \quad a_{s,\text{prov}} = 251 \text{ mm}^2$$

Výsledek z návrhové kombinace zatížení $a_{s,req} 2 +$ (ve směru y, exteriér)

Návrh výztuže 2D (MSÚ)
 Hodnoty: $A_{s,req,2+}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: S145
 Poloha: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

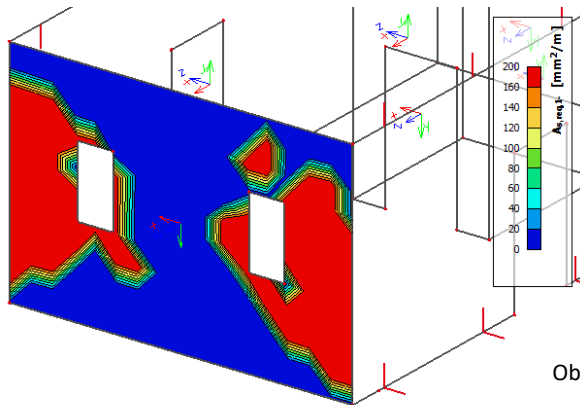


Obr. 77: Návrh výztuže stěny exteriér y

Návrh: $\varnothing 8$ á 200 mm $a_{s,prov} = 251 \text{ mm}^2$

Výsledek z návrhové kombinace zatížení $a_{s,req} 1 +$ (ve směru x, interiér)

Návrh výztuže 2D (MSÚ)
 Hodnoty: $A_{s,req,1-}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: S145
 Poloha: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

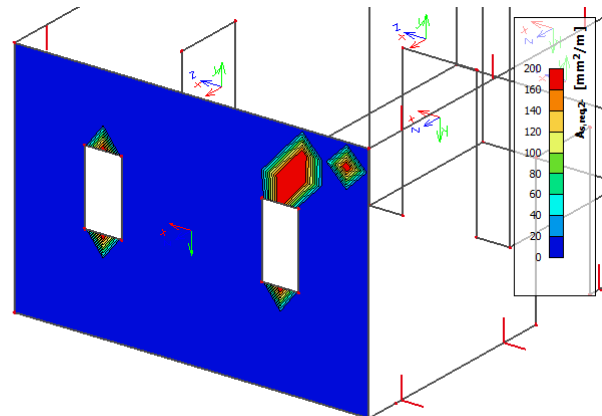


Obr. 78: Návrh výztuže stěny interiér x

Návrh: $\varnothing 8$ á 200 mm $a_{s,prov} = 251 \text{ mm}^2$

Výsledek z návrhové kombinace zatížení $a_{s,req} 1 +$ (ve směru y, interiér)

Návrh výztuže 2D (MSÚ)
 Hodnoty: $A_{s,req,2-}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: S145
 Poloha: V uzlech s průměrováním.
 Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř .. efektivní šířky žebra.



Návrh: $\varnothing 8$ á 200 mm $a_{s,prov} = 251 \text{ mm}^2$

Obr. 79: Návrh výztuže stěny interiér y

3.10. Kotevní délka

Návrhová pevnost betonu v tahu:

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} \quad f_{ctd} = 0,8 \cdot \frac{2,0}{1,5} \quad f_{ctd} = 1,07$$

součinitel spolehlivosti betonu: $\gamma_c = 1,5$

součinitel vlastností prostého betonu: $\alpha_{ct} = 0,8$

$f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ MPa}$

Mezní napětí v soudržnosti:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad f_{bd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,07 \quad f_{bd} = 2,41 \text{ MPa}$$

součinitel zohledňující kvalitu podmínek: dobré podmínky: $\eta_1 = 1$

součinitel zahrnující průměr prutu: průměr do 32 mm: $\eta_2 = 1$

Základní kotevní délka: vzorový výpočet pro $\emptyset 12$

$$l_{brqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \quad l_{brqd} = \frac{12}{4} \cdot \frac{435}{2,41} \quad l_{brqd} = 541 \text{ mm}$$

Návrhová kotevní délka:

součinitel zohledňující vliv tvaru prutu za předpokladu přiměření tloušťky krytí: $\alpha_1 = 1$

vliv tloušťky krycí vrstvy a velikosti mezer mezi jednotlivými pruty výztuže: $\alpha_2 = 1$

vliv ohraničení příčnou výztuží: $\alpha_3 = 1$

vliv jednoho nebo více přivařených příčných prutů: $\alpha_4 = 1$

vliv příčného tlaku kolmého k rovině trhlin podél návrhové kotevní délky: $\alpha_5 = 1$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,req}$$

$$l_{bd} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 541$$

$$l_{bd} = 541 \text{ mm}$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \cdot l_{b,req}; 10\emptyset; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \cdot 541; 120; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,min} = 162 \text{ mm}$$

$$l_{bd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{bd} = 550 \text{ mm pro } \emptyset 12 \text{ mm}$$

$$\emptyset 8: \quad l_{bd} = 370 \text{ mm}$$

$$\emptyset 10: \quad l_{bd} = 460 \text{ mm}$$

$$\emptyset 14: \quad l_{bd} = 640 \text{ mm}$$

$$\emptyset 18: \quad l_{bd} = 820 \text{ mm}$$

Stykovací délka: vzorový výpočet pro $\varnothing 12$

$$l_{0,\min} = \max(0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,\text{req}}; 15 \varnothing; 200 \text{ mm})$$

$$l_{0,\min} = \max(231; 180; 200 \text{ mm}) = 231 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,\text{reqd}}$$

$$l_0 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 541$$

$$l_0 \geq l_{0,\min}$$

$$l_0 = 760 \text{ mm} \quad \text{pro } \varnothing 12 \text{ mm}$$

$$\varnothing 8: \quad l_0 = 510 \text{ mm}$$

$$\varnothing 10: \quad l_0 = 640 \text{ mm}$$

$$\varnothing 14: \quad l_0 = 890 \text{ mm}$$

$$\varnothing 18: \quad l_0 = 1150 \text{ mm}$$

4. Závěr

Cílem bakalářské práce byl návrh nosné konstrukce bytového domu Krásnopolská. Geometrie objektu byla převzata ze stavebně-architektonického řešení z webu archiweb.cz. Prvním krokem bylo navržení konstrukčního schématu. Hlavním materiálem pro navrhování byl zvolen železobeton. Během vytváření konstrukčního schématu připadala v úvahu různá řešení. Cílem bylo zvolit nejvhodnější variantu z hlediska přenosu zatížení a provádění výstavby.

Stropní konstrukce byla navržena jako lokálně podepřená deska pro její výhodu rovného podhledu v místech bytových prostor. Od původní dokumentace se návrh liší především v oblasti parkoviště, kde pro spolehlivý přenos zatížení byly sloupy navrženy pod sebou a doplněny průvlakem. Toto řešení ubralo sice jedno parkovací místo, ale zbylá parkovací stání jsou mnohem prostornější. Dále byl vložen ve třetím a čtvrtém nadzemním podlaží stěnový nosník ze železobetonu, který kromě dobrých statických vlastností a snazšího vyztužení stropní desky v místě otvorů zároveň splňuje potřebné akustické požadavky. V posledních dvou nadzemních podlažích byly navrženy nosné zděné zdi z keramických bloků, doplněné systémovými překlady. Nad většími otvory by byly použity ocelové nosníky.

V předběžném statickém výpočtu byly navrženy základní konstrukční dílce z železobetonu. Stropní deska v tloušťce 220 milimetrů, sloup a posudek protlačení. Výsledné navržené prvky byly použity pro vymodelování trojrozměrného modelu v programu Scia Engineer. Software byl nadále využit pro výpočet vnitřních sil a ploch výztuže desky a stěn. Nejprve však bylo zjištěno, že u stropní konstrukce by došlo k protlačení sloupu na některých místech na okraji desky. Tento nedostatek nebyl odhalen při předběžném návrhu, protože nebyla ideálně zvolena místa k ověření protlačení. Zvoleným řešením bylo umístění obvodového žebra ve stropní desce, které protlačení desky vyloučilo. Po obvodu konstrukce žebro nevedí z důvodu jeho stejné šířky se zdívkem použitým do obvodového pláště.

Pomocí programu byl ověřen průhyb desky, který nepřekročil limitní hodnotu, a následně byla navržena výztuž desky v obou směrech při obou okrajích. V místě kde základní navržená výztuž nepokryla vnitřní síly, byla přidána další výztuž. U sloupu se vyhodnotila jeho štíhlost a byla navržena jednotná výztuž pro všechny sloupy daného podlaží. Výztuž dostatečně pokryla vnitřní síly, které na sloup působí. K tomuto procesu byl použit software FIN EC. V místech, kde by mohlo dojít k protlačení, bylo vypočítáno, že není potřeba přidávat speciální výztuž. Jelikož se jedná o riziková místa, byly navrženy smykové kozlíky.

Návrh smykové a ohybové výztuže žebra byl proveden na maximální hodnoty a výsledná navržená výztuž byla použita po celé délce žebra. Toto řešení se může zdát neekonomické s ohledem na spotřebovaný materiál, ale podstatně se zrychlí proces výstavby, který převáží i větší spotřebu materiálu.

Na závěr byla vytvořena výkresová dokumentace. Výkresy tvaru všech podlaží, výkresy horní a spodní výztuže desky, výztuže sloupu, stěny a obvodového žebra.

5. Webové zdroje

Katalog Porotherm, Wienerberger cihlářský průmysl, a.s.

<https://wienerberger.cz/sluzby/dokumenty-porotherm#collapse-collapse1366428128689>

Vzor, Technická zpráva ke statické části projektu. FSV ČVUT

<http://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/rpmt2015.php>

Návrh stropní desky v programu SCIA Engineer Ing. Petr Bílý, Ph. D.

http://people.fsv.cvut.cz/~stefarad/vyuka/133YBKC/YBKC_Deska.pdf

Bytové domy Krásnopolská, archiweb.cz

<https://www.archiweb.cz/b/bytove-domy-krasnopolska>

Podklady ke cvičením z předmětů NNK, BK01

<http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133NNKB.html#Cviceni>

<http://people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1/133BK01.htm>

6. Použitý software

SCIA Engineer 18

ArchiCAD 21

Microsoft Excel 2013

FIN EC 2018

Microsoft Word 2016

Seznam obrázků

Obr. 1: Architektonická vizualizace (zdroj: archiweb.cz).....	7
Obr. 2: Půdorys 1.PP (zdroj: archiweb.cz)	8
Obr. 3: Půdorys 1.NP (zdroj: archiweb.cz)	8
Obr. 4: Půdorys 2.NP (zdroj: archiweb.cz)	9
Obr. 5: Půdorys 3.NP (zdroj: archiweb.cz)	9
Obr. 6: Půdorys 4.NP (zdroj: archiweb.cz)	10
Obr. 7: Řez (zdroj: archiweb.cz)	10
Obr. 8: Schéma půdorys 1.PP.....	11
Obr. 9: Schéma půdorys 1.NP.....	11
Obr. 10: Schéma půdorys 2.NP.....	12
Obr. 11: Schéma půdorys 3.NP.....	12
Obr. 12: Schéma půdorys 4.NP.....	13
Obr. 13: Schéma řezu.....	13
Obr. 14: Schéma půdorys 1.PP lokálně podepřená deska.....	14
Obr. 15: Schéma půdorys 1.PP jednosměrně pnutá deska.....	14
Obr. 16: Schéma půdorys 2.NP železobetonová stěna.....	15
Obr. 17: Schéma půdorys 2.NP akustická příčka.....	15
Obr. 18: Schéma řez – oblast parkoviště.....	16
Obr. 19: Schéma půdorys 1.NP průvlak.....	16
Obr. 20: Schéma řez – oblast parkoviště s trámem.....	16
Obr. 21: Schéma půdorys 1.NP oblast parkoviště.....	17
Obr. 22: Schéma půdorys 1.NP alternativa 1.....	17
Obr. 23: Schéma půdorys 1.NP alternativa 2.....	18
Obr. 23: Schéma půdorys 2.NP	19
Obr. 24: Schéma půdorys 3.NP.....	19
Obr. 25: Schéma půdorys 4.NP.....	19
Obr. 26: Schéma řezu alternativa	20
Obr. 26: Schéma řezu alternativa	20
Obr. 28: Schéma půdorys 3.NP alternativa 1.....	21
Obr. 29: Schéma půdorys 4.NP alternativa 1.....	21
Obr. 30: Složení zděné obvodové stěny.....	23
Obr. 31: užité zatížení.....	25
Obr. 32: Zatížení sloupu - řez.....	27
Obr. 33: Zatěžovací plocha sloupu 4.NP.....	27
Obr. 34: Zatěžovací plocha sloupu 3.NP.....	28
Obr. 35: Rozložení sil.....	28
Obr. 36: Zatěžovací plocha sloupu.....	30
Obr. 37: Zatěžovací plocha sloupu.....	32
Obr. 38: Model konstrukce.....	34
Obr. 39: Deformace konstrukce.....	35

Obr. 40: Model konstrukce 2.NP.....	35
Obr. 41: Zatížení stále.....	35
Obr. 42: Zatížení užité.....	36
Obr. 43: Zatížení od sněhu.....	36
Obr. 44: Sloup únosnost tlačené diagonály.....	36
Obr. 45: Sloup únosnosti desky bez výztuže v základním kontrolovaném obvodu.....	37
Obr. 46: Sloup únosnosti desky s výztuží v základním kontrolovaném obvodu.....	37
Obr. 47: Sloup celkový posudek protlačení.....	37
Obr. 48: Výpočet efektivní šířky.....	38
Obr. 49: Označení žeber.....	38
Obr. 50: Průhyb desky 2.NP.....	39
Obr. 51: Tvar deformace modelu.....	39
Obr. 52: Průběh momentů $mxD+$	40
Obr. 53: Průběh momentů $mxD-$	40
Obr. 54: Průběh momentů $myD+$	41
Obr. 55: Průběh momentů $mxD+$	41
Obr. 56: Návrh výztuže horní x.....	42
Obr. 57: Návrh výztuže horní x 2.....	42
Obr. 58: Návrh výztuže horní y.....	43
Obr. 59: Návrh výztuže horní y 2.....	43
Obr. 60: Návrh výztuže spodní x.....	44
Obr. 61: Návrh výztuže spodní x 2.....	44
Obr. 62: Návrh výztuže spodní y.....	45
Obr. 63: Návrh výztuže spodní y 2.....	45
Obr. 64: Návrhová síla na protlačení.....	49
Obr. 65: Označení sloupů.....	51
Obr. 66: Vnitřní síly na sloupech M_y	51
Obr. 67: Vnitřní síly na sloupech M_z	51
Obr. 68: Vnitřní síly na sloupech N.....	51
Obr. 69: Označení sloupů.....	54
Obr. 70: Interakční diagram $M_y - M_z$	54
Obr. 71: Interakční diagram N - M_y	55
Obr. 72: Interakční diagram N - M_z	55
Obr. 73: Interakční diagram N - M.....	55
Obr. 74: Průběh momentu na žebrech.....	56
Obr. 75: Průběh posouvacích sil na žebrech.....	59
Obr. 75: Označení řešené stěny.....	62
Obr. 76: Návrh výztuže stěny exteriér x.....	62
Obr. 77: Návrh výztuže stěny exteriér y.....	63
Obr. 78: Návrh výztuže stěny interiér x.....	63
Obr. 79: Návrh výztuže stěny interiér y.....	63