ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

ZÁVĚREČNÁ
PRÁCE

2018

VÁCLAV
DYNTAR

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra mechaniky

Stavební inženýrství

Konstrukce pozemních staveb

Konstrukční řešení nástavby na historický objekt

Bakalářská práce

Vypracoval: Václav Dyntar

Vedoucí: Ing. Arch., Ing. František Denk, Ph.D.

2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Dyntar Jméno: Václav Osobní číslo: 459490

Zadávající katedra: katedra mechaniky

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NÁSTAVBY NA HISTORICKÝ OBJEKT

Název bakalářské práce anglicky: STRUCTURAL DESIGN OF THE SUPERSTRUCTURE ON THE HISTORICAL BUILDING

Pokyny pro vypracování:

- REŠERŠE KONSTRUKCÍ NÁSTAVEB
- CELKOVÝ POPIS KONKRÉTNÍHO PROJEKTU VČ. SCHÉMAT
- VARIANTY ŘEŠENÍ, SCHÉMATA, VÝBĚR FINÁLNÍ VARIANTY
- NÁVRH A STATICKÝ VÝPOČET FINÁLNÍHO ŘEŠENÍ
- VÝKRESOVÁ ČÁST - DISPOZICE KONSTRUKCÍ

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: ING. ARCH., ING. FRANTIŠEK DENK, PH.D.

Datum zadání bakalářské práce: 19. 2. 2018 Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5. 2018

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".

19. 2. 2018

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci na téma „Konstrukční řešení nástavby na historický objekt“ zpracoval samostatně za pomocí svých znalostí a uvedených zdrojů.

V Praze dne 26.3.2018 Václav Dyntar

Poděkování

Děkuji panu Ing. arch. Ing. Františku Denkovi, Ph.D. za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích a vypracovávání bakalářské práce.

Anotace

Předmětem této bakalářské práce je návrh konstrukčního systému nástavby nad historickým objektem. Architektonická studie firmy Petr Hájek Architekti s názvem Bytový dům Valentinka slouží jako základ pro tuto práci. Cílem je navrhnout konstrukční varianty řešení, porovnat je a u vybrané verze posoudit základní nosné prvky. Konečný výběr konstrukčního systému zahrnuje výkresovou dokumentaci.

Klíčová slova

nástavba, příhradový nosník, stěnový nosník, dutinové panely, ocelový vazník, ocelový skelet

Annotation

The subject of this bachelor thesis is the design of a superstructure system over a historical object. The architectural study of the company Petr Hájek Architects which is called Apartment House Valentinka serves as the base for this work. The aim is to design the different variants of the solution, to compare them and to evaluate the basic supporting elements in the selected version. The final selection of construction system includes drawing documentation.

Key words

extension, truss, wall girder, hollow panels, steel truss, steel skeleton

Obsah

Úvod ... 9

1 Zadání ... 10

2 Cíle ... 16

3 Rešerše ... 17

3.1 Přístavní dům ... 17

3.2 Středisko umění ... 22

4 Varianty řešení ... 28

4.1 Úvod ... 28

4.2 Zvýšení únosnosti stávajícího zdiva ... 28

4.3 Zabudování ocelového skeletu do budovy ... 29

4.4 Ocelová konstrukce uložená na stěnových nosnících ... 30

5 Výběr finální varianty ... 33

6 Návrh a statický výpočet finálního řešení ... 34

6.1 Půdorys střechy ... 34

6.2 Zatížení sněhem ... 35

6.3 Zatížení větrem ... 36

6.4 Zatížení konstrukcí ... 41

6.4.1 Strop ... 41

6.4.2 MSÚ průvlaku ... 41

6.4.3 MSP průvlaku ... 41

6.4.4 Prosklená fasáda ... 42

6.4.5 Ocelové sloupky ... 42

6.4.6 Ocelová táhla ... 42

6.5 Střední vazník ... 43

6.6 Krajní vazník - ulice ... 47

6.7 Krajní vazník - dvůr ... 51

6.8 Uložení ocelových vazníků ... 55

6.8.1 Uložení na čep ... 55

6.8.2 Uložení na šrouby ... 55

6.8.3 Uložení na elastomerové ložisko ... 56

6.8.4 Finální varianta uložení ... 56

6.8.5 Návrh a statické posouzení uložení ... 57

6.9 Stěnový nosník 58
6.9.1 Maximální zatížení 59
6.9.2 Snížené zatížení 66
7 Výkresová část 71
7.1 Půdorys 6.NP 72
7.2 Příčný řez 73
7.3 Podélný řez 74
7.4 Detail uložení vazníku 75
Závěr 76
Zdroje 77
Zadávací studie 77
Použité normy 77
Použitá literatura 77
Použitý software 79

Úvod

Předmětem této bakalářské práce je zpracovat statické řešení nástavby bytového domu na místě stávajícího bytového domu z konce 19. století. Jedná se o dvoupodlažní dům s kompletně podsklepeným půdorysem. Zděná budova tvoří součást uliční zástavby v ulici Na Valentince 6 v Praze 5.

Součástí práce je porovnat řešení nástavby pomocí vyztužení stěn ve spodních podlažích pro přenesení dodatečného zatížení od nových pater, zabudování ocelového skeletu do stávající budovy a jeho využití pro přenesení přitížení a vytvoření stěnových nosníků, které vynesou horní patra objektu, aby nedošlo k zatížení stávající budovy hmotností ani pracemi.

Pro další zpracování jsem vybral variantu železobetonových stěnových nosníků s nástavbou řešenou lehkou ocelovou konstrukcí z příhradových vazníků. Volbu jsem provedl na základě dispoziční volnosti v patrech nástavby a oddělení stávajících prostor objektu od stavby.

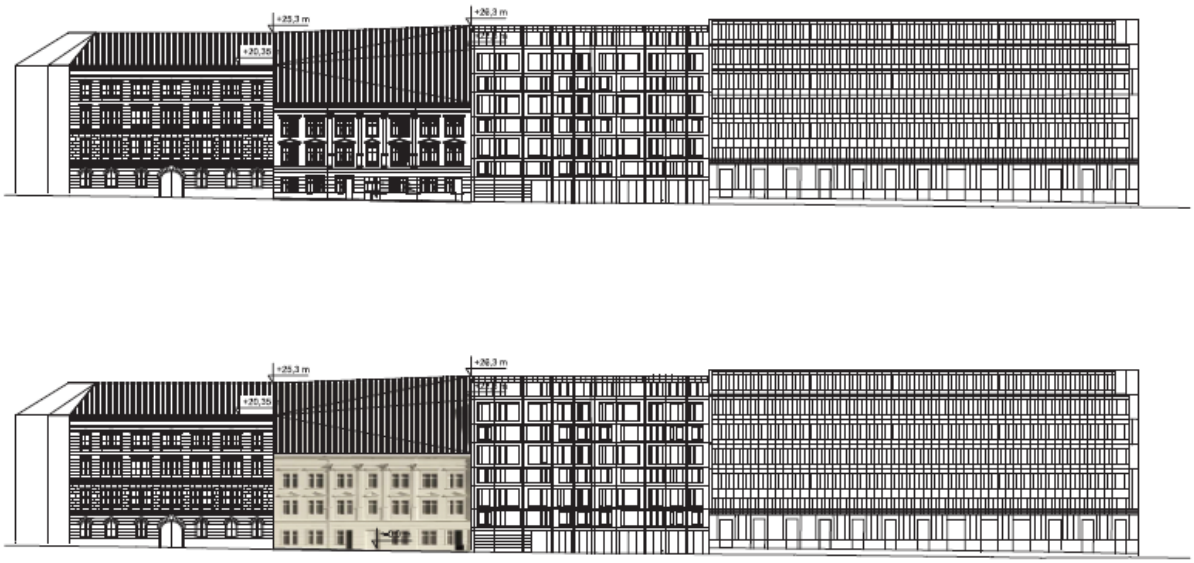
Stěžejní částí mé práce je posouzení všech příhradových nosníků, které přenesou zatížení celé nástavby a následně základní posouzení stěnových nosníků, do kterých se příhradové nosníky zabudují.

Téma bakalářské práce jsem si vybral pro využití dosavadních znalostí na reálné konstrukci.

1 Zadání

K dispozici mám architektonickou studii, jejímž autorem je firma PETR HÁJEK ARCHITEKTI. Studie zachycuje dispozici nových podlaží a jejich využití, možný výsledný vzhled a varianty řešení nástavby, které porovnává z hlediska ceny i náročnosti.

Zde jsem vycházel z předpokladu využití prostor v nástavbě pro bydlení a proměnné zatížení jsem uvažoval 1,5 kN/m^2. Využil jsem uspořádání místností pro výpočet zatížení od příček a z půdorysů jsem vypočítal zatěžovací plochu. Díky zpracování pohledů, půdorysů a řezů jsem napočítal zatížení od opláštění konstrukce. To mi také umožnilo určit zatížení od větru a sněhu.



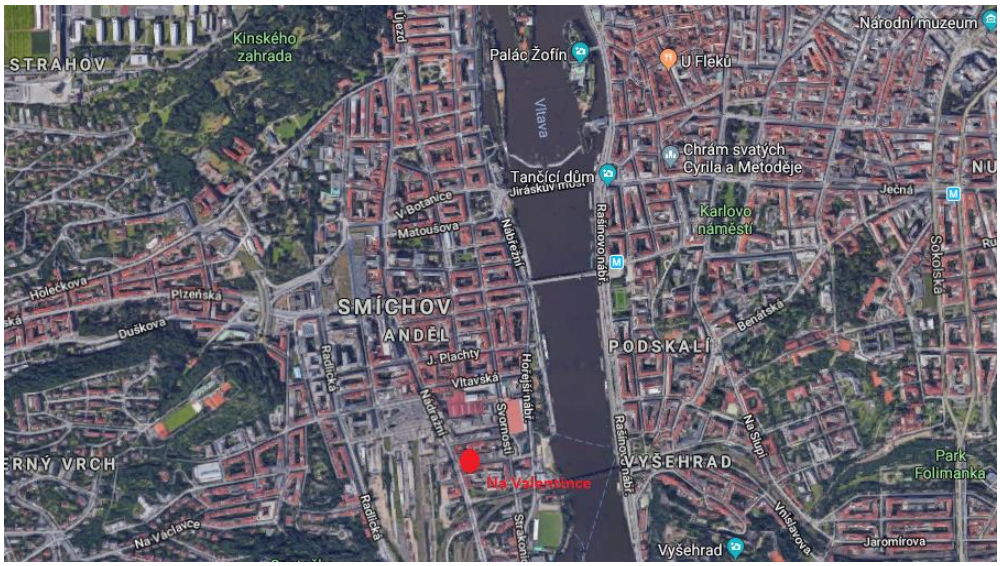
Obr. 2.1 Zobrazující pohled na budovu z ulice Na Valentince (studie PETR HÁJEK ARCHITEKTI)

Úkolem bylo navrhnout bytový dům s racionální dispozicí na místě stávajícího dvoupodlažního bytového domu z konce 19. století. Ten není již schopen svou dispozicí, technickým stavem ani velikostí naplňovat kvalitativní ani ekonomická kritéria, která jsou od něj v dnešní době žádána.

Obr. 2.2 Zobrazující zadání pro studii (studie PETR HÁJEK ARCHITEKTI)

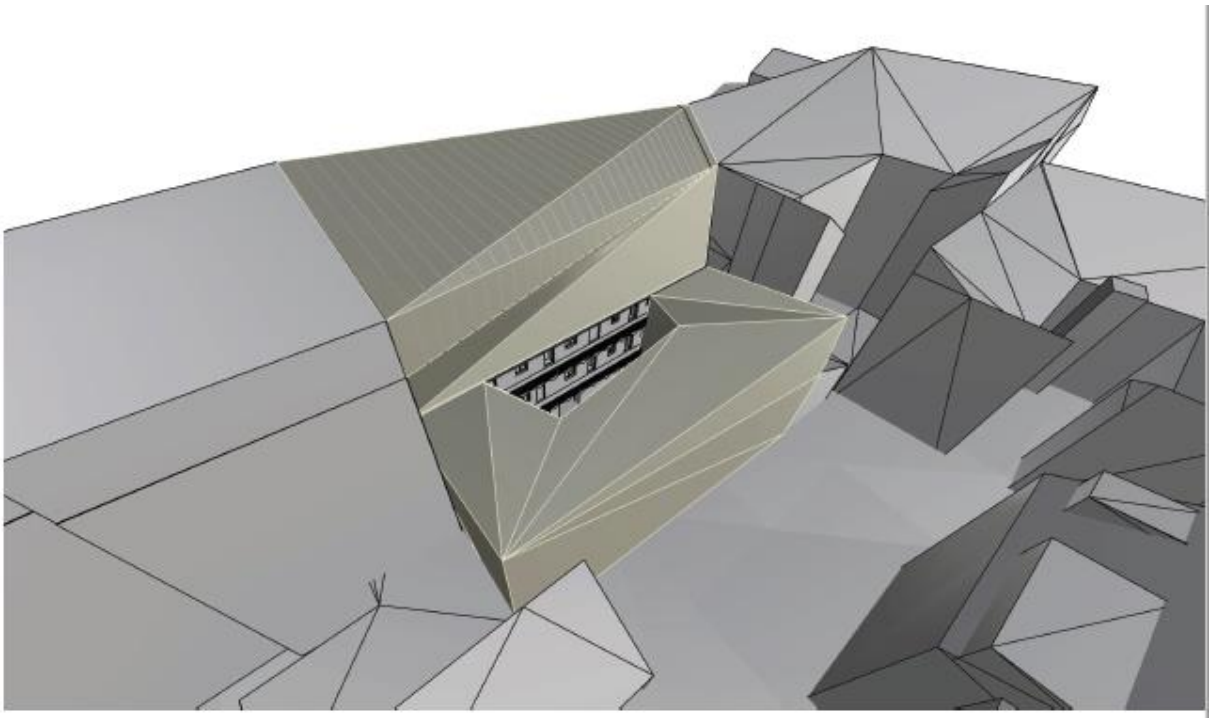
Parcela pro stavbu domu se nachází v Praze 5 – Smíchově v ulici Na Valentince. Jde o perspektivní lokalitu v širším centru, s výbornou dostupností MHD i automobilem na Pražský okruh. V místě se v docházkové vzdálenosti nacházejí veškeré potřebné služby a instituce.

Obr. 2.3 Situace (studie PETR HÁJEK ARCHITEKTI)

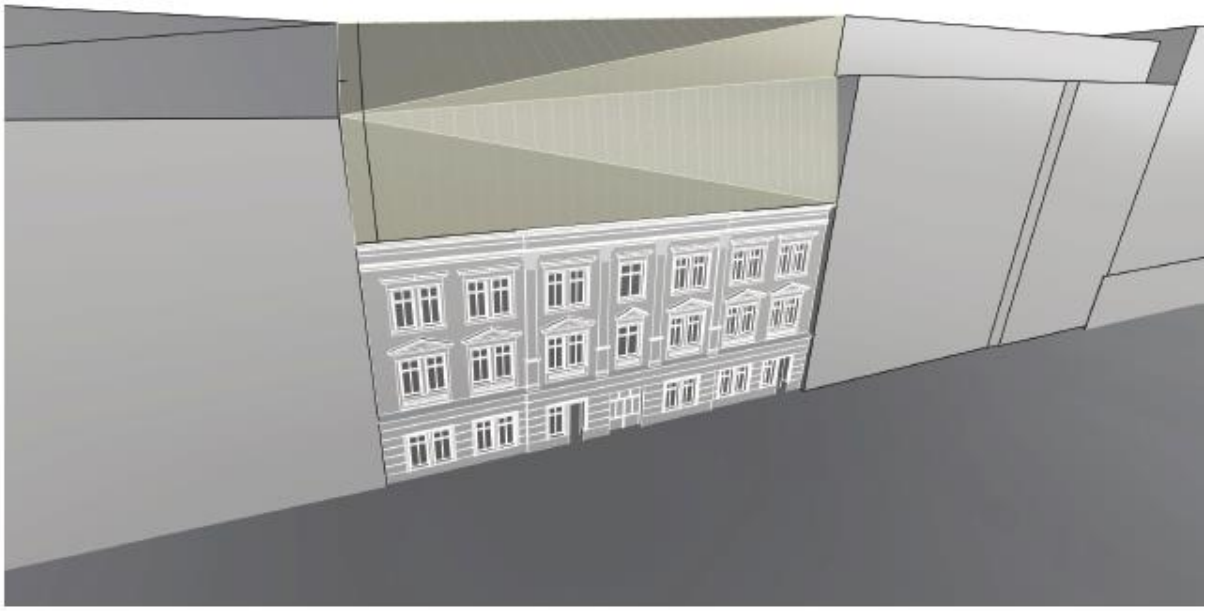


Obr. 2.4 Zobrazující polohu objektu v širším centru (studie PETR HÁJEK ARCHITEKTI)

Obr. 2.5 Zobrazující vizualizaci nástavby z ulice (studie PETR HÁJEK ARCHITEKTI)

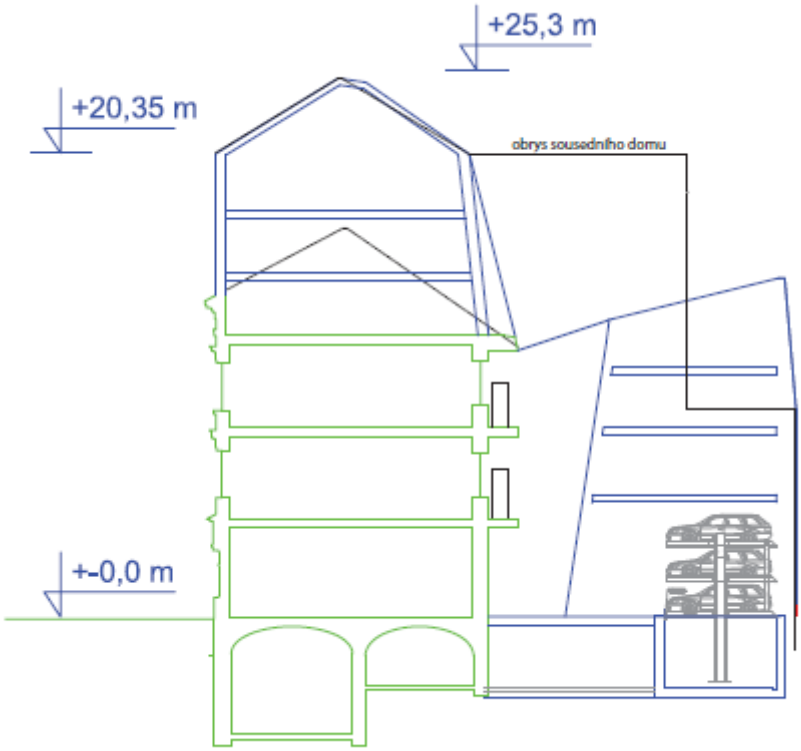


Obr. 2.6 Zobrazující perspektivu směrem ze dvora (studie PETR HÁJEK ARCHITEKTI)

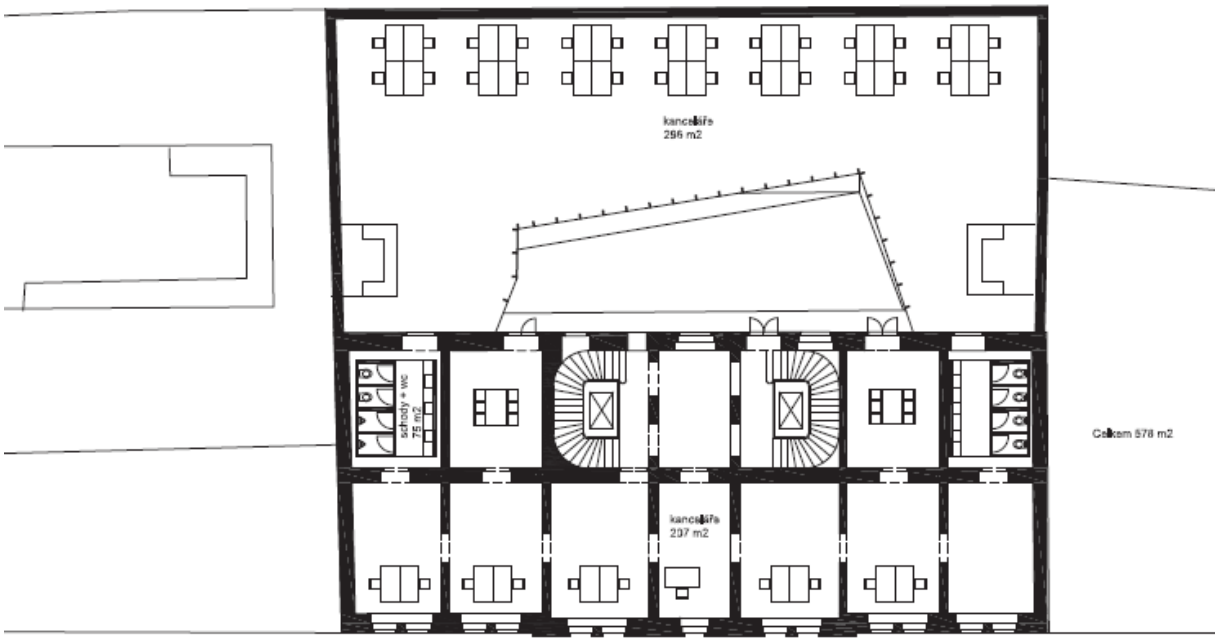


Obr. 2.7 Zobrazující perspektivu směrem z ulice (studie PETR HÁJEK ARCHITEKTI)

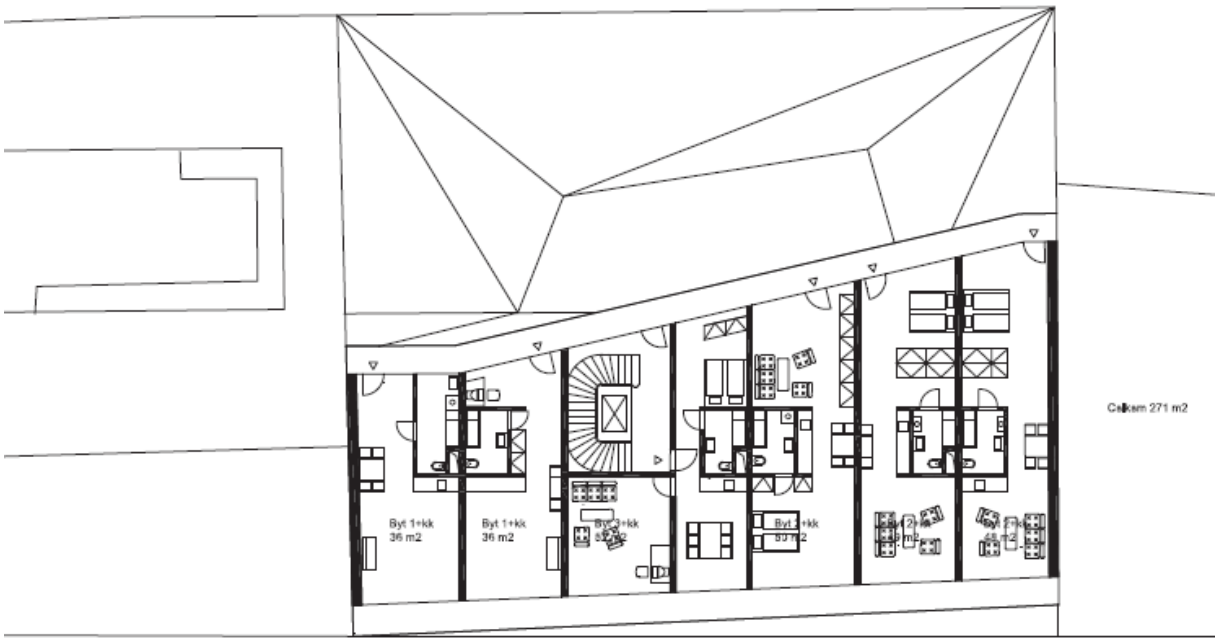
V příčném řezu zelená barva zachycuje stávající konstrukce objektu, modrá vykresluje nástavbu na současný objekt, kde budou nové bytové jednotky a přístavbu ve dvoře pro parkování automobilů a kancelářské prostory.



Obr. 2.8 Řez (studie PETR HÁJEK ARCHITEKTI)



Obr. 2.9 Půdorys 2.NP (studie PETR HÁJEK ARCHITEKTI)



Obr. 2.10 Půdorys 6.NP (studie PETR HÁJEK ARCHITEKTI)

2 Cíle

Prvním úkolem je nalézt vhodné objekty, u kterých se problematika nástavby vyřešila způsobem, který by se mohl využít při zpracování této bakalářské práce a zpracovat o nich rešerše. Dalším bodem je navrhnout konstrukční varianty řešení, porovnat je a vytvořit jejich schémata a vybrat finální alternativu. Pro toto řešení se provede návrh a statické posouzení. Závěrem zpracování finální varianty se stane výkresová dokumentace.

3 Rešerše

Cílem rešerší bylo vybrat objekty, u nichž je řešena problematika nástavby, najít u nich společné rysy s objektem, který je zpracován v této práci a využít vhodné konstrukční prvky.

3.1 Přístavní dům

Název:	Přístavní dům
Architekti:	Zaha Hadid Architects
Umístění:	Antverpy, Belgie
Návrh:	Zaha Hadid a Patrik Schumacher
Plocha:	12 800,0 m^2
Rok projektu:	2016

Nový přístavní dům v Antverpách obnovuje, renovuje a rozšiřuje opuštěnou hasičskou stanici na nové sídlo přístavu. Spojuje 500 zaměstnanců přístavu, kteří dříve pracovali v samostatných budovách po celém městě.

Původní budova:	délka:	63,0 m
	šířka:	78,5 m
	výška:	21,5 m
Nástavba:	délka:	111,0 m
	šířka:	24,0 m
	výška:	21,0 m

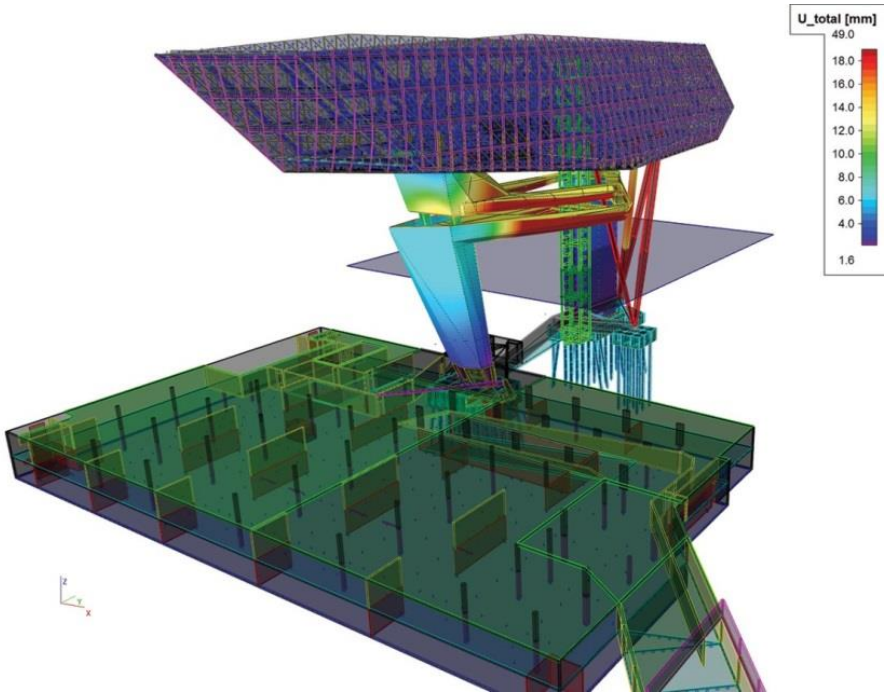
Projekt spojuje novou konstrukci ve tvaru paprsku s bývalou hasičskou stanicí, která se plně obnovila pro zachování historické památky. Nová konstrukce je postavena na třech vyřezaných betonových pilířích. V těchto pilířích jsou zabudována schodiště a výtahy. Dva z nich stojí v krytém vnitřku nádvoří domu Hansa, zatímco třetí je umístěn vně budovy.

Vnější povrch nástavby tvoří skleněná fasáda, symbolizuje tak diamant jako součást historie Antverp.

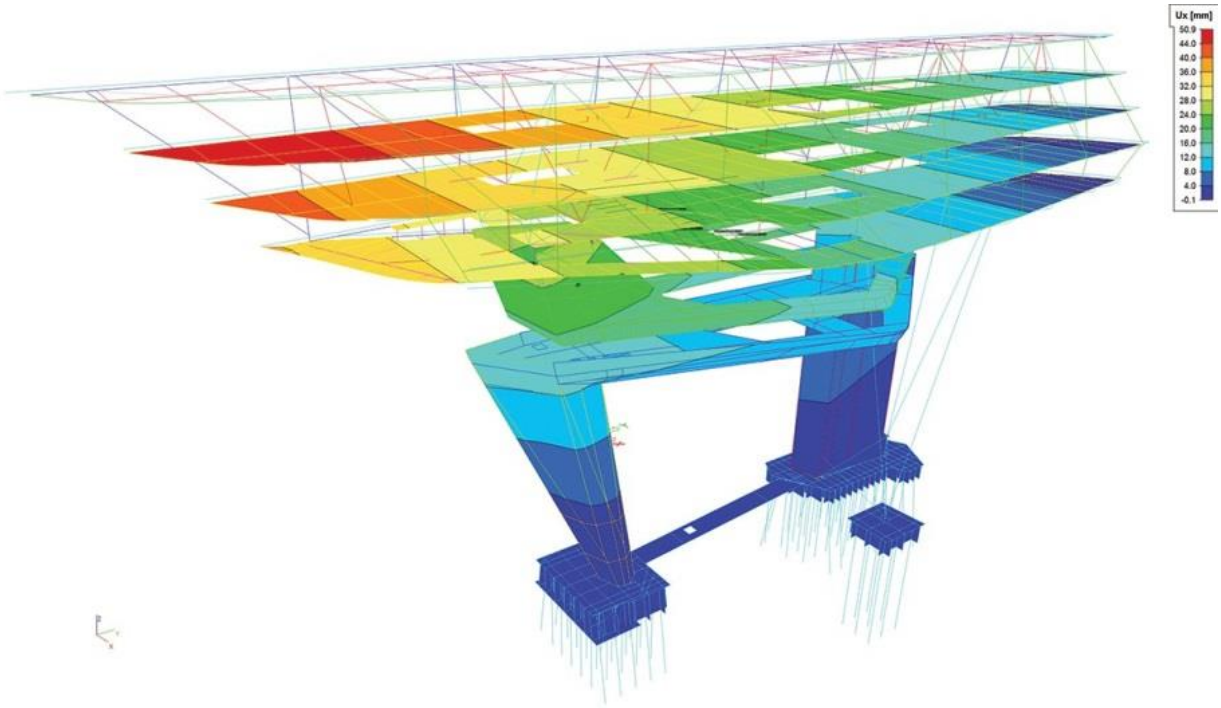
Nástavba je tvořena modulárním způsobem, ze šesti velkých ocelových dílů. Ty byly předmontovány v továrně Wondelgem a převezeny do Antverp přes ponton. Tento přístup maximálně zkrátil dobu instalace.

Tento objekt mě inspiroval třemi prvky. Zaprvé svou prefabrikací, kdy se na staveniště transportovaly obří, předem vyrobené dílce. Zadruhé nástavba vynášená pomocí betonových pilířů je oddělena od spodní stavby, která byla zachována a nová konstrukce ji nezatěžuje. A nakonec prolamovaná fasáda, která obaluje celou nástavbu, při čemž každé podlaží má jiný půdorys.

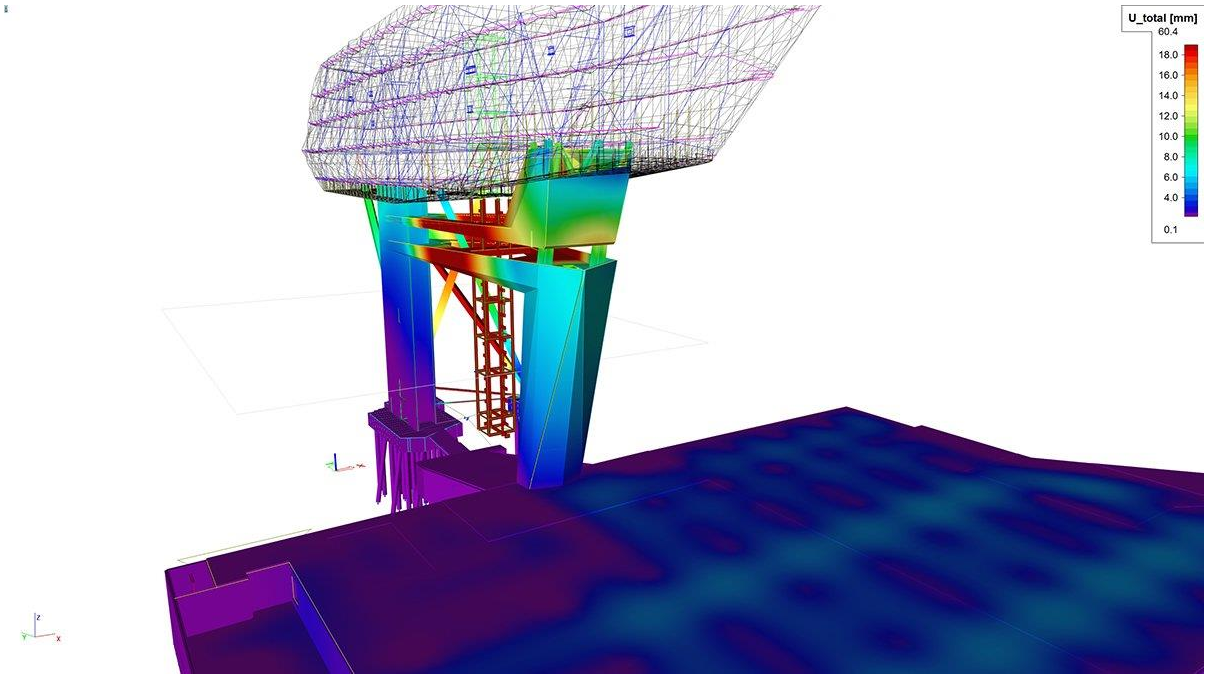
Obr. 3.1.1 Zobrazující pohled na budovu (Zaha Hadid Architects, Fabrice Fouillet Port House Divisare . Divisare Atlas of Architecture [online]. Dostupné z: https://divisare.com/projects/346316-zaha-hadid-architects-fabrice-fouillet-port-house)



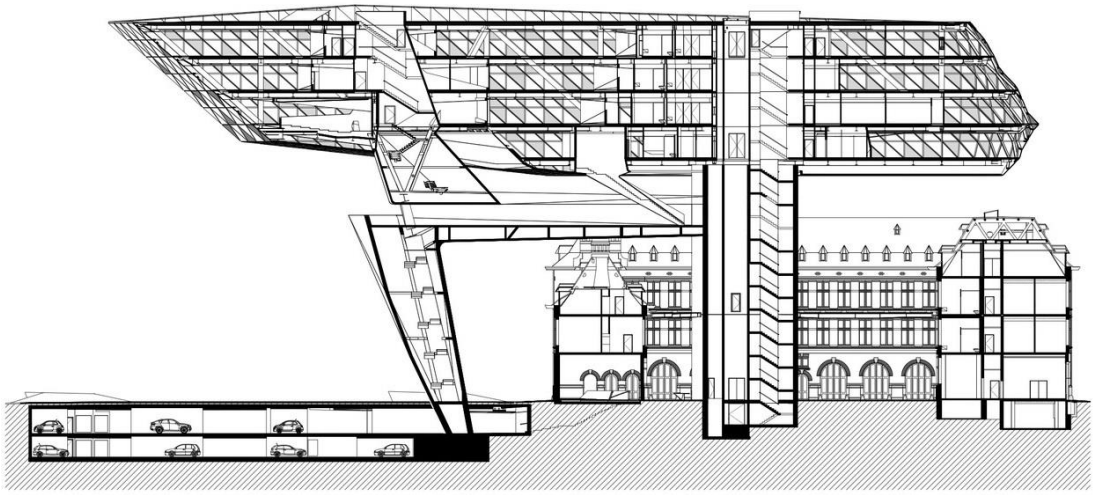
Obr. 3.1.2 Zobrazující model Přístavního domu ve scii; U_total určuje výsledné přemístění vláken (Port House - Antwerp, Belgium. [online]. Dostupné z: https://www.scia.net/en/company/references/projects/port-house-antwerp-belgium)



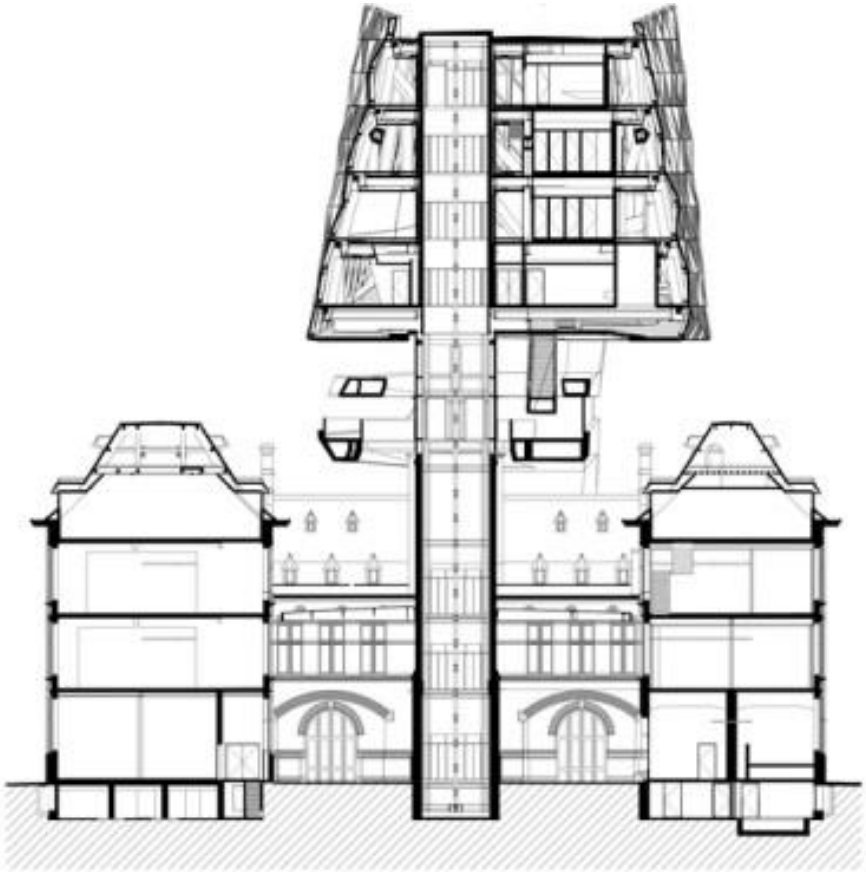
Obr. 3.1.3 Zobrazující; U_total určuje výsledné přemístění vláken
(Port House - Antwerp, Belgium [online]. Dostupné z: https://www.scia.net/en/company/references/projects/port-house-antwerp-belgium)



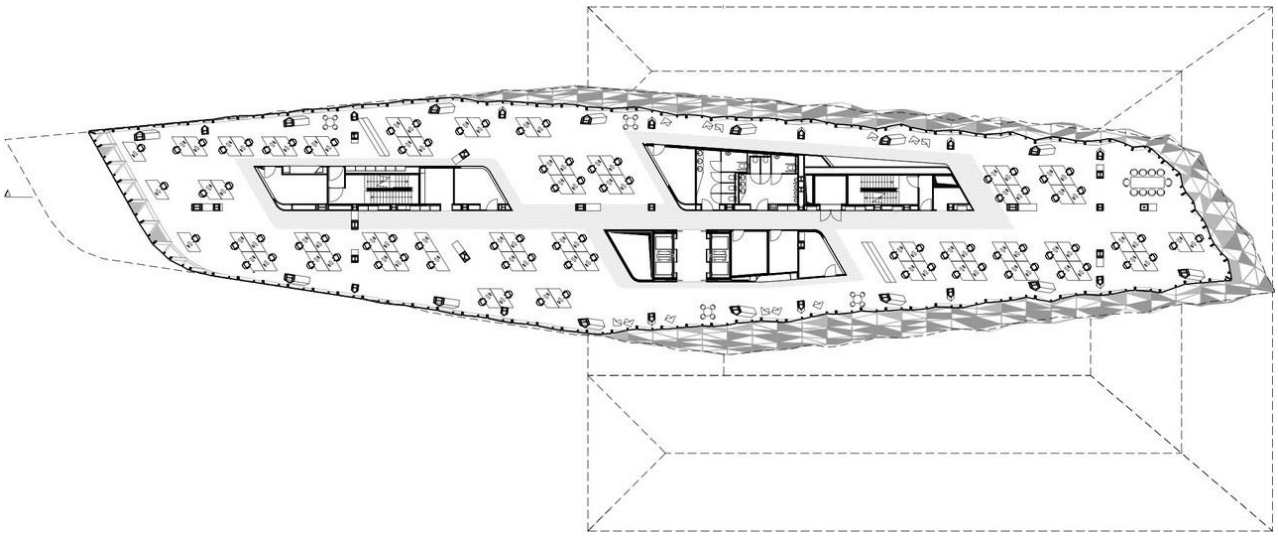
Obr. 3.1.4 Zobrazující; Ux určuje přemístění jednotlivých vláken v lokálním souřadném systému dílce (Port House - Antwerp, Belgium [online]. Dostupné z: https://www.scia.net/en/company/references/projects/port-house-antwerp-belgium)



Obr. 3.1.5 Zobrazující podélný řez Přístavního domu (Port House - Antwerp, Belgium [online]. Dostupné z: https://www.archdaily.com/795832/antwerp-port-house-zaha-hadid-architects/57e41d25e58ecef8b400051d-antwerp-port-house-zaha-hadid-architects-east-elevation)



Obr. 3.1.6 Zobrazující příčný řez Přístavního domu (Port House - Antwerp, Belgium [online] Dostupné z: https://www.archdaily.com/795832/antwerp-port-house-zaha-hadid-architects/57e41d25e58ecef8b400051d-antwerp-port-house-zaha-hadid-architects-east-elevation)



Obr. 3.1.7 Zobrazující půdorys 8.NP Přístavního domu (Port House - Antwerp, Belgium [online]. Dostupné z: https://www.archdaily.com/795832/antwerp-port-house-zaha-hadid-architects/57e41d25e58ecef8b400051d-antwerp-port-house-zaha-hadid-architects-east-elevation)

Obr. 3.1.8 Zobrazující montáž podlažního dílu (Victor Buyck Steel Construction, Steel at work. [online]. Dostupné z: http://www.victorbuyck.be/en/new-projects)

3.2 Středisko umění

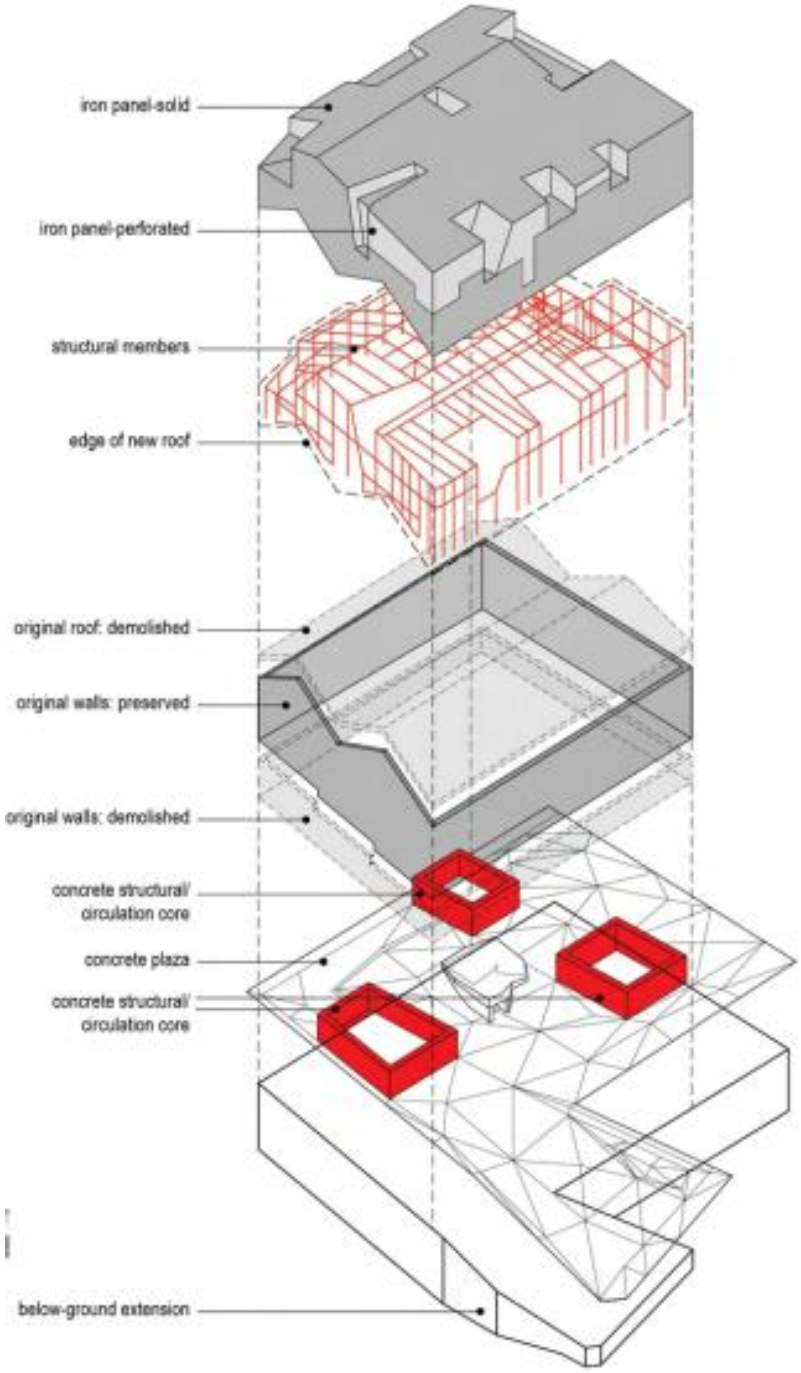
Název: Caixa Forum
Architekti: Herzog & de Meuron
Umístění: Madrid, Španělsko
Projekt: 2001 – 2003
Realizace: 2003 – 2008

Středisko umění CaixaForum obsahuje stěny z elektrárny, která předtím obývala lokalitu. Zahrnuje galerie, administrativní kanceláře a restauraci ve vyšších podlažích, pod úrovní terénu ukrývá hlediště.

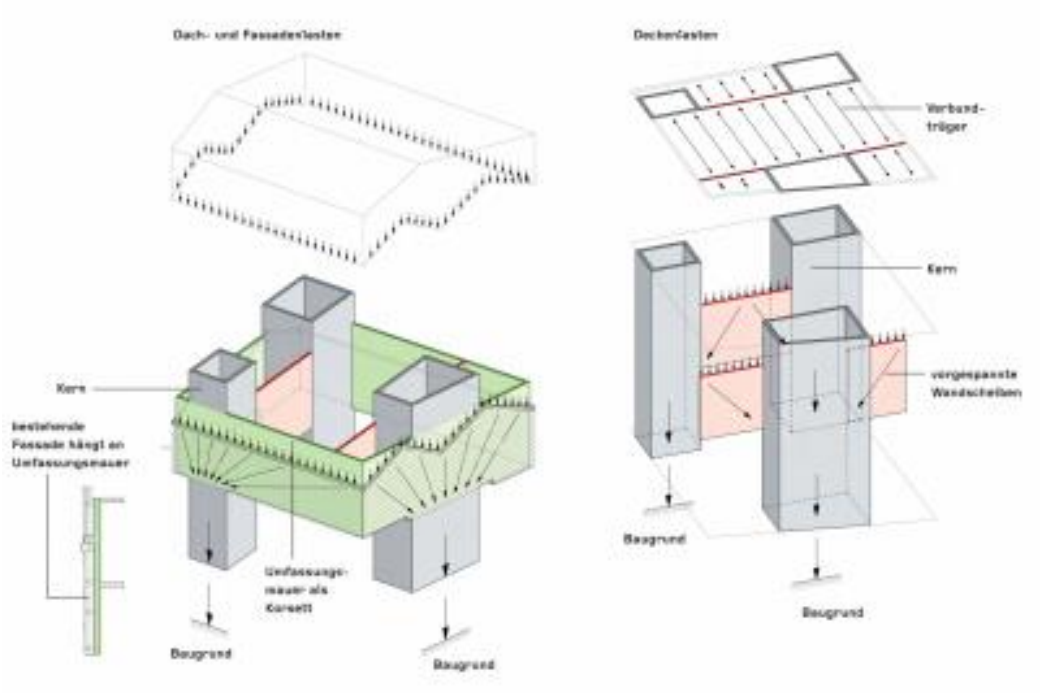
Pro poskytnutí chráněného prostoru shromažďujícím se návštěvníkům centra a kolemjdoucích vytvořili architekti Herzog a de Meuron kryté náměstí na vstupní úrovni pomocí tří nosných pilířů, na které je zavěšena celá konstrukce střediska umění.

Přínosem se mi tento objekt stal tím, že na několika nosných prvcích, v tomto případě třech pilířích, je vynášena celá konstrukce. Toto řešení a zavěšení stropu pomocí táhel nad krytým náměstím umožnilo plně uvolnit dispozici a zvolit ideální výšku prostoru.

Obr. 3.2.1 Zobrazující pohled na budovu Caixa Forum (CaixaForum, Madrid - Herzog & de Meuron - Modern Extension - Rusted Steel - Interior Designer Antonia Lowe. Interior Designer Antonia Lowe - Interior Designer Antonia Lowe [online]. Dostupné z: http://antonialoweinteriors.com/caixaforum-madrid-herzog-de-meuron-modern-extension)

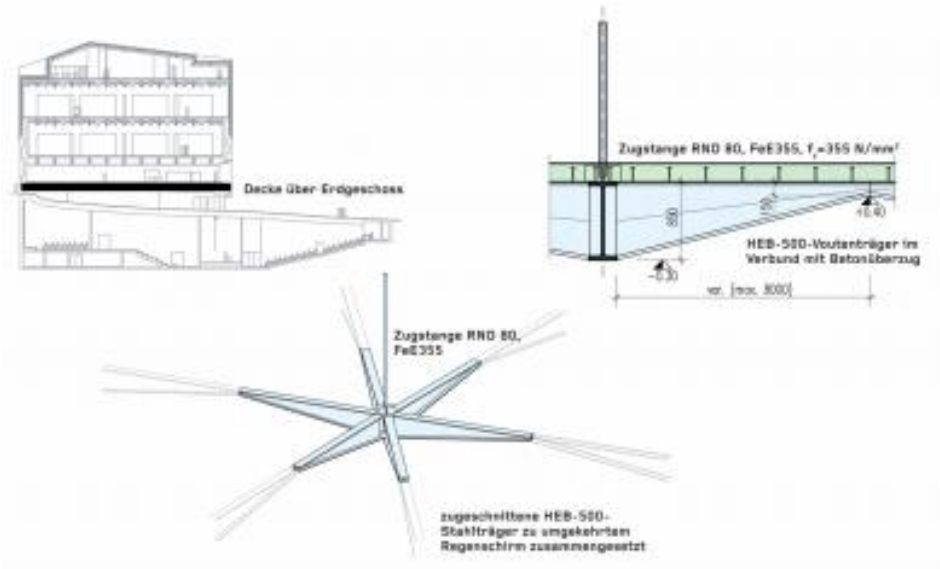


Obr. 3.2.2 Zobrazující konstrukční systém budovy Caixa Forum (Poster Caixa Forum [online]. Dostupné z: http://mech.fsv.cvut.cz/xkpa/wp-content/uploads/posters/poster01.pdf)



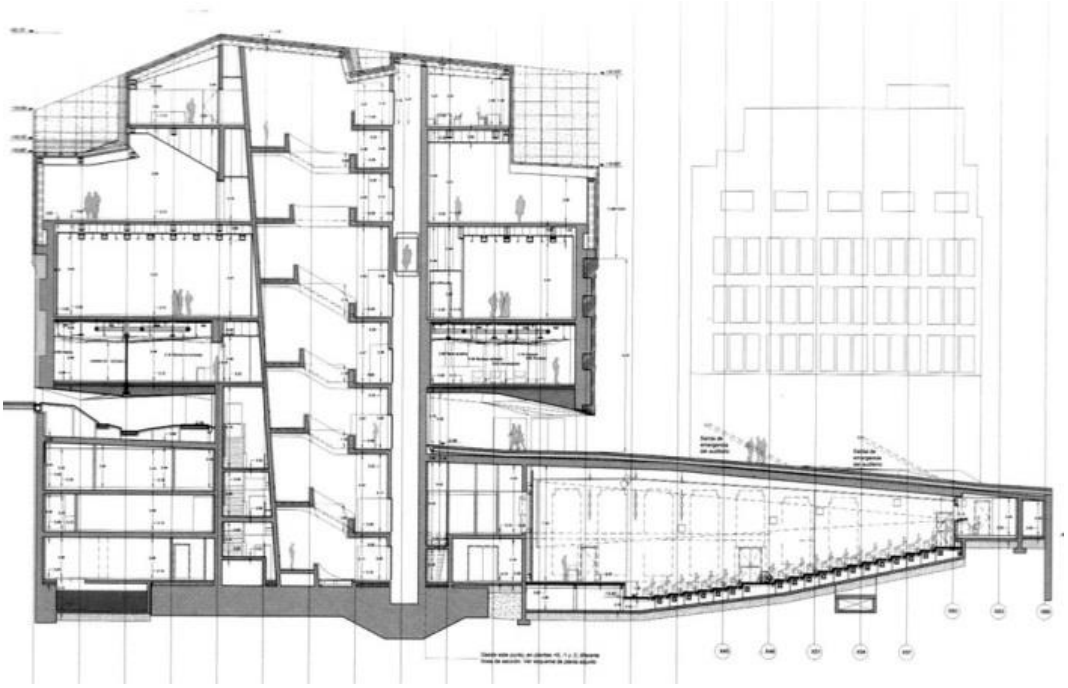
Obr. 3.2.3 Zobrazující základní stavebně konstrukční systém budovy, princip přenosu zatížení do základů
(Poster Caixa Forum [online]. Dostupné z:
http://mech.fsv.cvut.cz/xkpa/wp- content/uploads/posters/poster01.pdf)

Obr. 3.2.4 Zobrazující předpětí obvodových stěn zavěšených na nosných tubusech (Poster Caixa Forum [online]. Dostupné z:
http://mech.fsv.cvut.cz/xkpa/wp-content/uploads/posters/poster01.pdf)

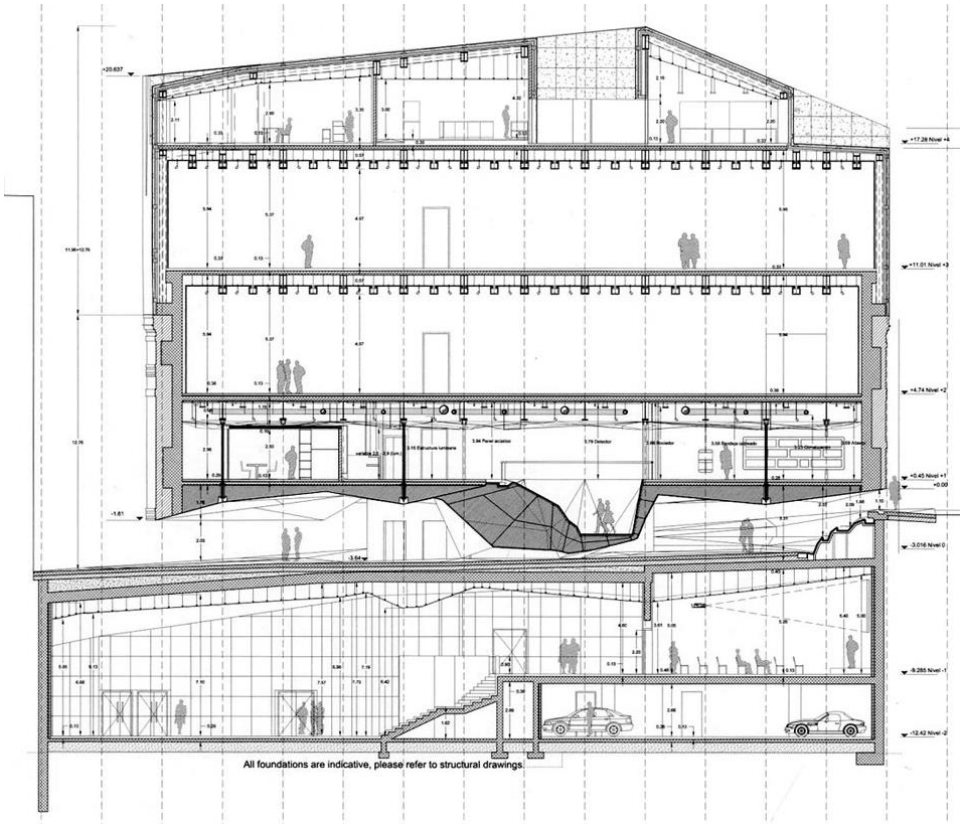


Obr. 3.2.5 Zobrazující konstrukční řešení zavěšeného stropu nad volným prostorem (krytým náměstím) 1.NP
(Poster Caixa Forum [online]. Dostupné z: http://mech.fsv.cvut.cz/xkpa/wp-content/uploads/posters/poster01.pdf)

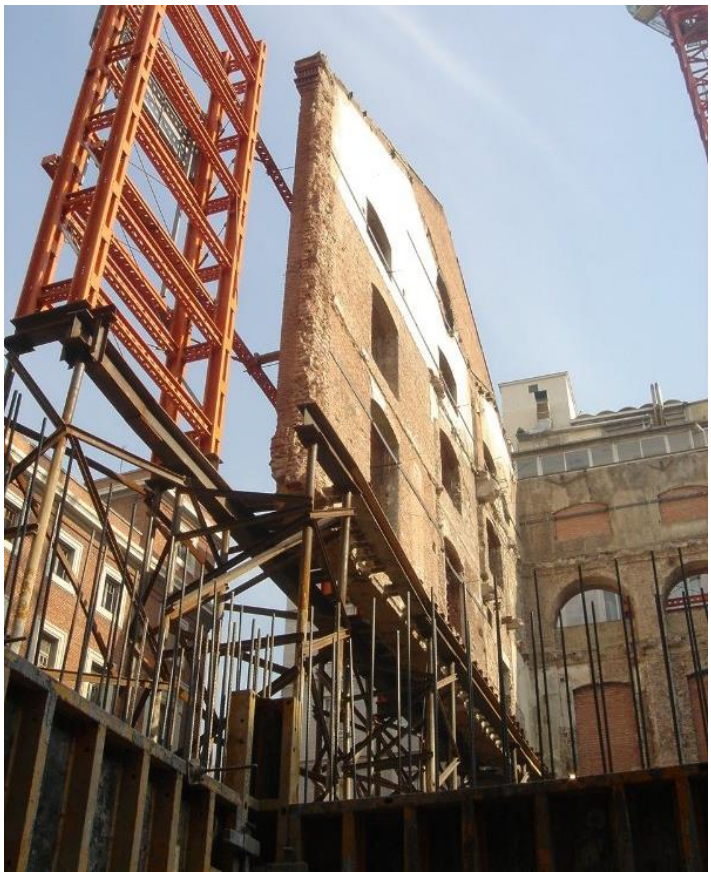
Obr. 3.2.6 Zobrazující půdorys 4.NP budovy Caixa Forum (CaixaForum Madrid - art center - Herzog & de Meuron. Inexhibit [online]. Dostupné z: https://www.inexhibit.com/mymuseum/caixaforum-madrid-herzog-de-meuron/)



Obr. 3.2.7 Zobrazující podélný řez budovy Caixa Forum (CaixaForum Madrid - art center - Herzog & de Meuron. Inexhibit [online]. Dostupné z: https://www.inexhibit.com/mymuseum/caixaforum-madrid-herzog-de-meuron/)



Obr. 3.2.8 Zobrazující příčný řez budovy Caixa Forum (CaixaForum Madrid - art center - Herzog & de Meuron. Inexhibit [online]. Dostupné z: https://www.inexhibit.com/mymuseum/caixaforum-madrid-herzog-de-meuron/



3.2.9 Zobrazující Caixa Forum ve fázi výstavby (La Caixa Forum Madrid|Schnetzer Puskas Ingenieure. [online]. Dostupné z: http://www.schnetzerpuskas.com/en/project-selection/international-projects/la-caixa-madrid.html)

Obr. 3.2.10 Zobrazující průběh výstavby na muzeu Forum Caixa (Poster Caixa Forum [online]. Dostupné z: http://mech.fsv.cvut.cz/xkpa/wp-content/uploads/posters/poster01.pdf)

4 Varianty řešení

4.1 Úvod

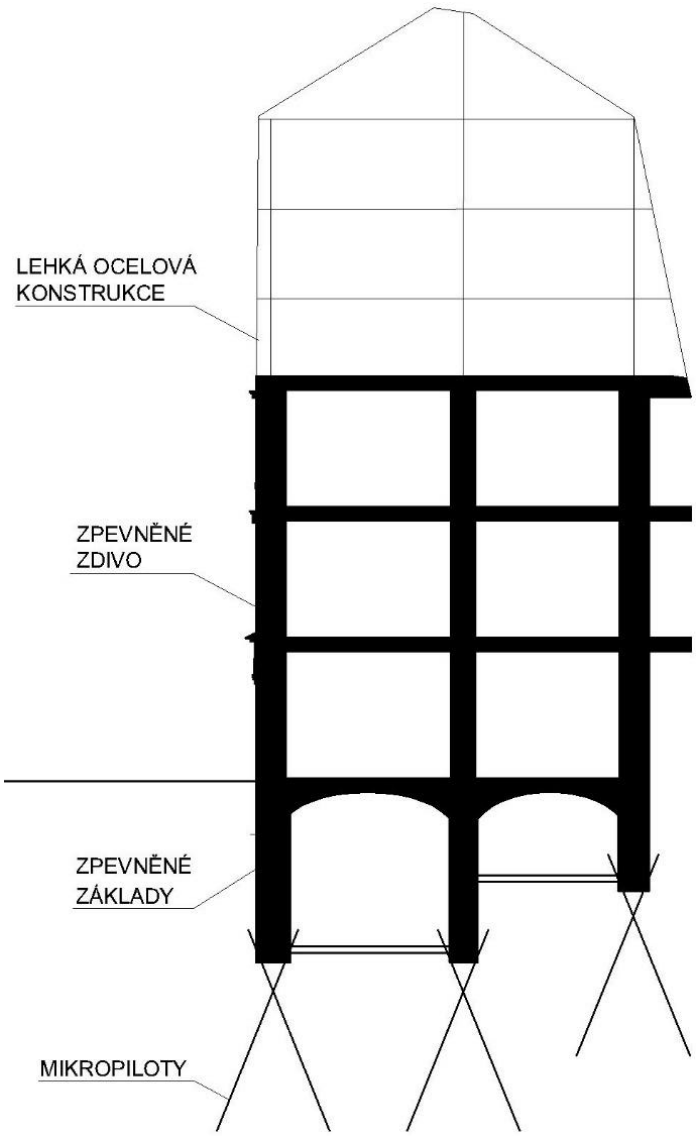
Zvýšení stávajícího objektu nelze řešit zbouráním a výstavbou celé nové budovy, protože budova i pozemek se nacházejí v památkové zóně. Z toho důvodu se přidání dalších pater musí řešit pomocí nástavby.

4.2 Zvýšení únosnosti stávajícího zdiva

Hlavní problém u této varianty spočívá v tom, že je neznámá únosnost zdiva, které tvoří současnou konstrukci budovy. Zpevnění zdiva se provede plošným zesílením nosných stěn ve všech podlažích pomocí torkretu, stříkaného betonu. To ale znamená zásah do konstrukce celého objektu, kde tak vznikne nežádoucí mokrý proces. Touto technologií se lze vyztužit i klenby v 1. PP.

Ten proces ztužení povede k ještě většímu přitížení a společně s nástavbou vyvolají síly, které budou působit na nedostatečně únosné základy. Jejich sanace se uskuteční vytvořením železobetonového věnce, který bude podepřen systémem mikropilot. Zde se ale naráží na další problém spojený s přístupem ke spodní stavbě. Pod chodníkem jsou položeny sítě TZB a nelze tedy z této strany provést mikropilotáž. Pod úrovní terénu v objektu je manipulace se stroji ztížena omezeným prostorem, bude však možné mikropilotáž uskutečnit. Aby se kompenzovalo provádění mikropilot pouze z jedné strany, budou provedeny alespoň pod dvěma různými úhly.

Nástavba se postaví z lehké ocelové konstrukce pro nejnižší možné přitížení spodní části budovy. Negativní položku činí omezení konstrukce nástavby, která musí zachovat rastr nosných stěn.



4.3 Zabudování ocelového skeletu do budovy

Jako další možnost řešení nástavby připadá v úvahu vyztužení objektu pomocí ocelových profilů. Ty by se zabudovaly v blízkosti nosných stěn a v úrovni stropní konstrukce by se provedla jejich stabilizace pro snížení vzpěrné délky. To umožní použít profily menších rozměrů.

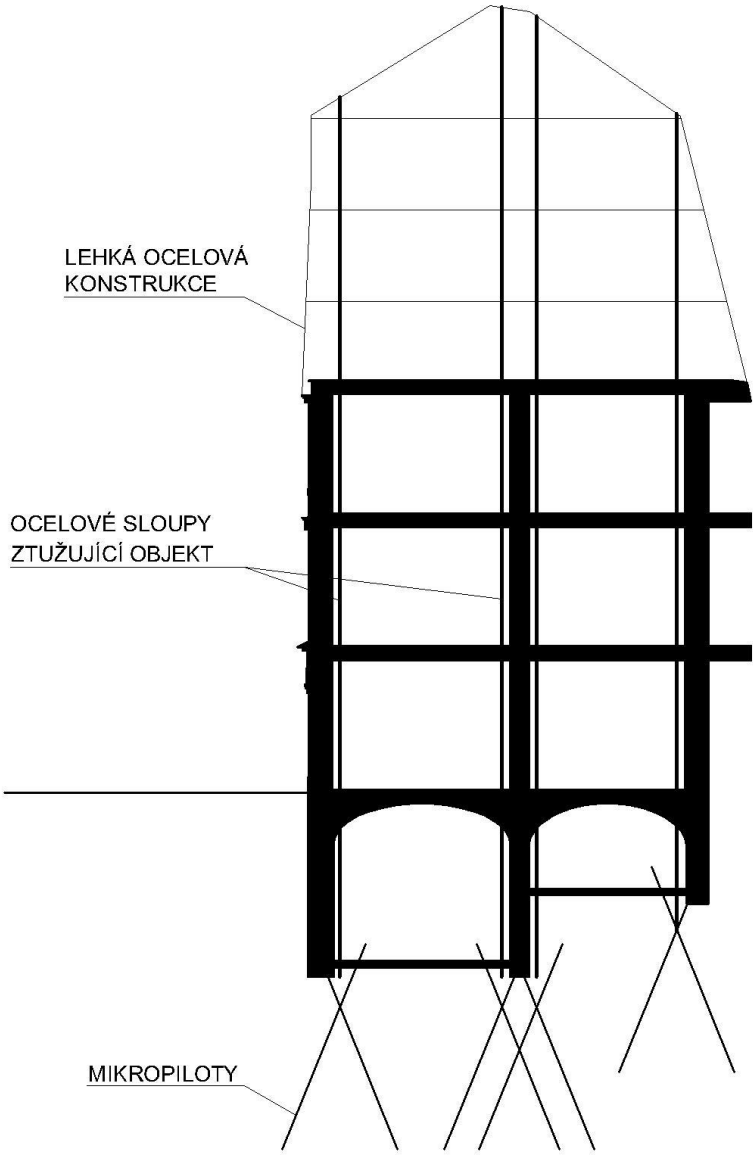
Při této variantě by odpadl problém s neznámou únosností zdiva, protože nová konstrukce nástavby bude nesena pouze dodatečně vybudovanými ocelovými prvky a zdivo tedy nebude nijak přitíženo.

Základy musí být v místech uložení ocelových sloupů provedeny ve formě železobetonových patek podepřených mikropilotami. Mikropilotáž přináší stejná omezení při provedení jako v přechozí variantě řešení.

Tato varianta také zasáhne současnou konstrukci, protože se skrze všechny stropy celého objektu vytvoří otvory pro ocelové profily. Mokrý proces se však výrazně sníží.

Dispozice ve všech nově přistavěných podlažích bude omezena těmito ocelovými sloupy. Ty ale na druhou stranu nejsou plně vázány na nosné zdivo ve spodních patrech.

I v tomto řešení se nástavba postaví z lehké ocelové konstrukce pro nejnižší možné přitížení spodní části budovy.



4.4 Ocelová konstrukce uložená na stěnových nosnících

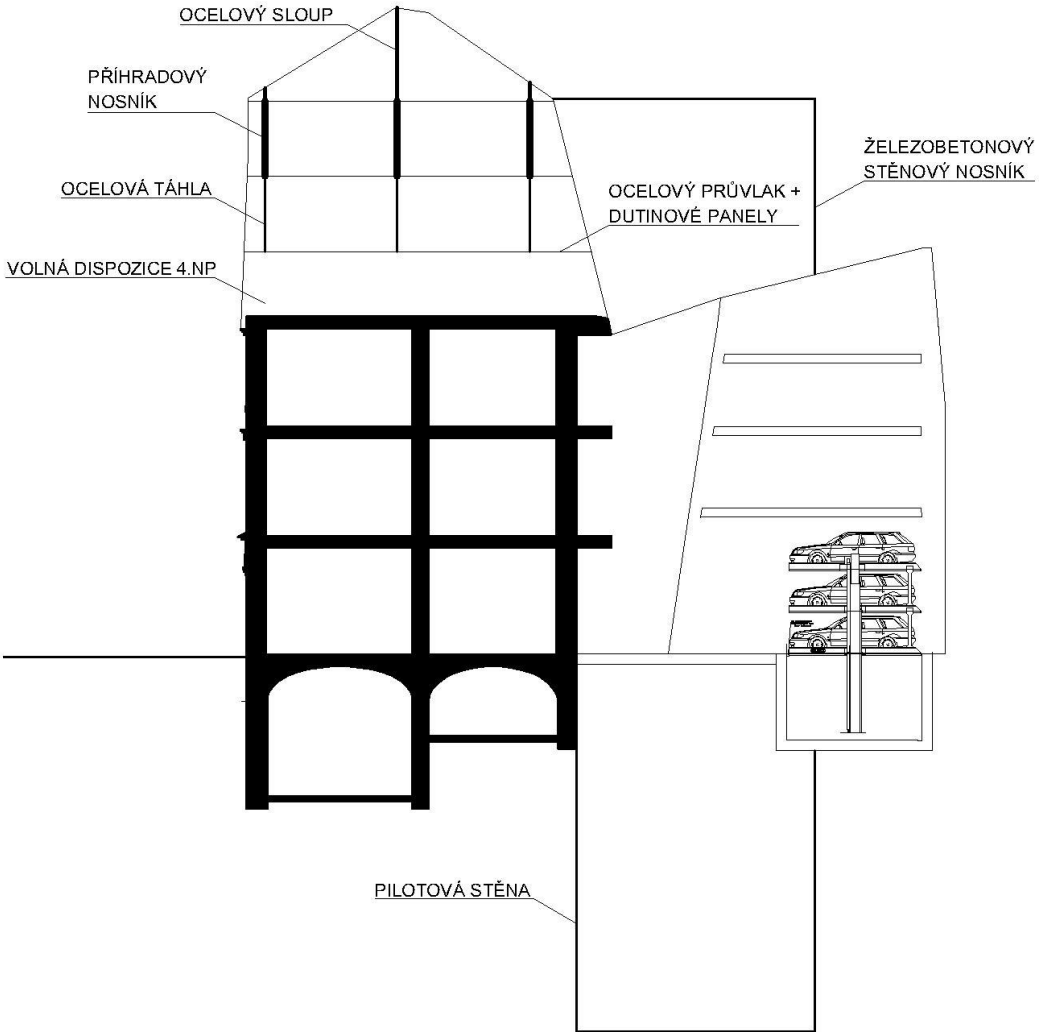
Tato varianta visuté krabice, oproti předchozím, nezatěžuje stávající konstrukci a veškeré stavební práce budou prováděny mimo užívaný prostor. Její založení bude jednodušší v tom, že bude řešeno mimo stávající budovu na volném prostranství jejího dvorku. Na druhou stranu zde budou působit velké síly, na které se musí navrhnout

základové prvky navrhnout. Těmi v tomto případě budou velkoprůměrové piloty uspořádané do pilotové stěny.

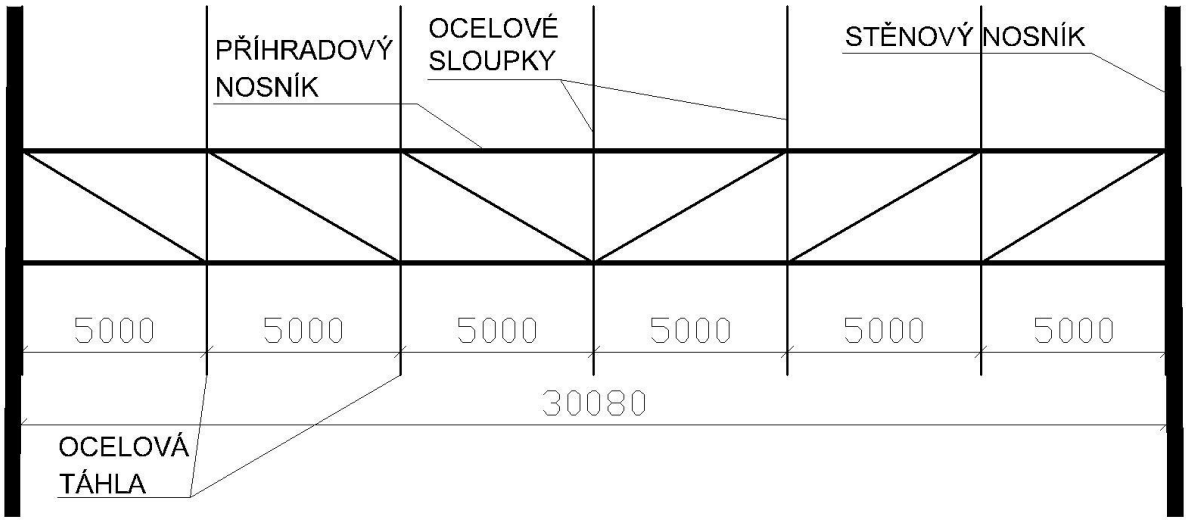
Nevýhodu zde představuje mimostředné zatížení od nástavby, kterou budou vyvažovat garáže pro automobily a kancelářské prostory na opačné straně konstrukce. Návrh spodní stavby musí řešit únosnost i překlopení.

Nástavba bude provedena z lehké ocelové konstrukce tvořené třemi příhradovými vazníky přes výšku celého 6. NP. V tomto podlaží bude dispozice značně omezena, ale umožní tak téměř uvolnit prostor ve všech ostatních.

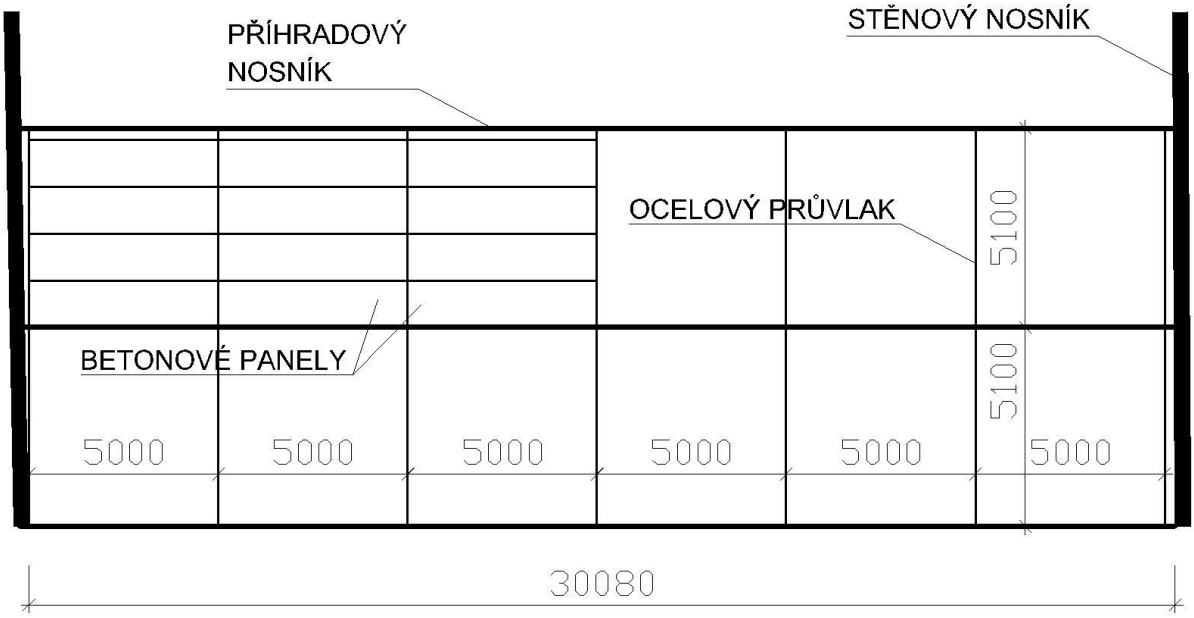
V 7. NP budou pouze sloupy vynášející stření konstrukci, jejich rozměry tedy nijak zásadně prostor neovlivní. Stropní konstrukce mezi 4. NP a 5. NP bude zavěšena na ocelových táhlech, která nebudou mít na úbytek obytné plochy téměř žádný dopad. Ve 4. NP bude plně uvolněná dispozice, čistá výška podlaží může být libovolně veliká díky tomu, že strop nebudou vynášet žádné prvky v tomto podlaží.



Podélný řez – skladba nosných prvků



Půdorys 6.NP – skladba nosných prvků



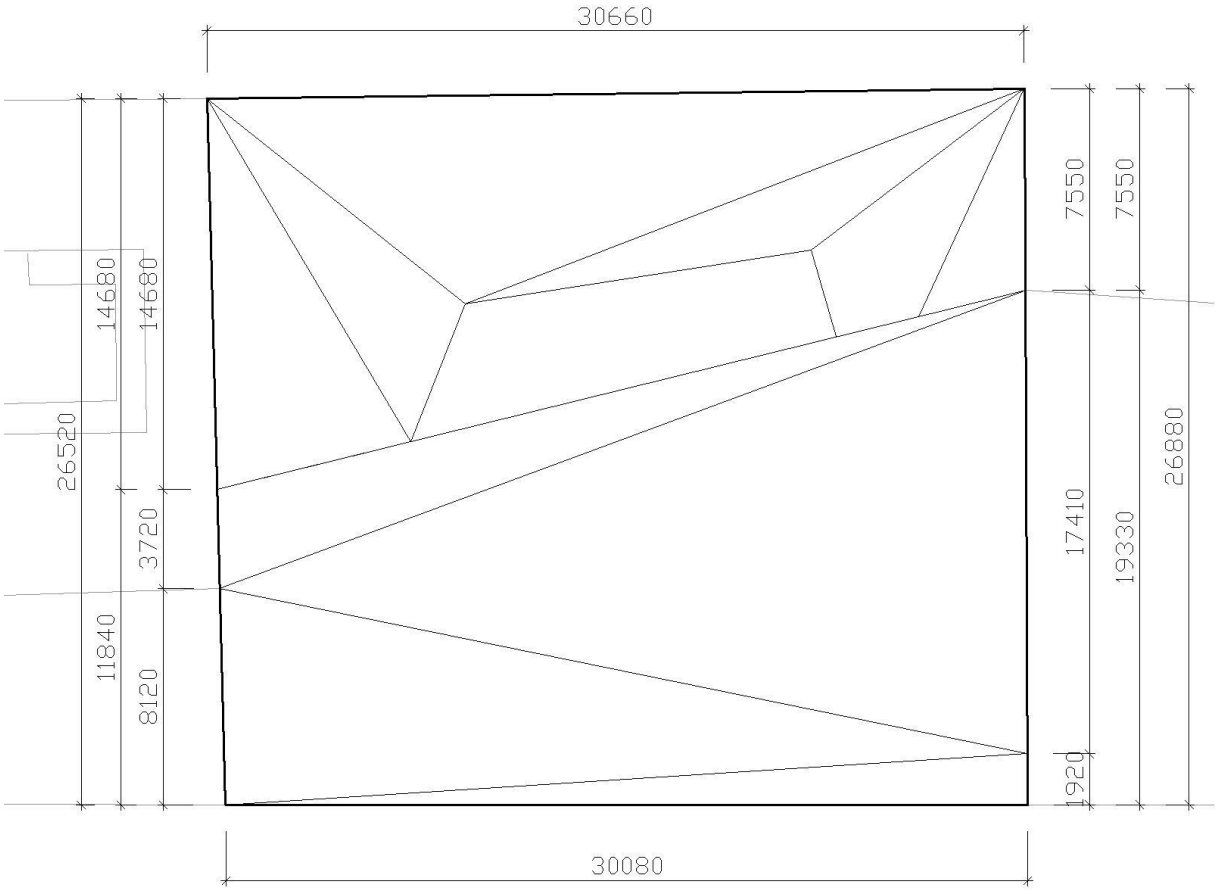
5 Výběr finální varianty

Rozhodl jsem se zpracovat variantu lehké ocelové konstrukce uložené na stěnových železobetonových nosnících z těchto důvodů:

- stávající objekt nebude zatížen pracemi na podpůrných konstrukcích pro nástavbu
- založení celé konstrukce bude řešeno na volném prostranství vnitřního dvorku
- samotná nástavba díky své maximální prefabrikaci bude velmi rychle zhotovena
- všechna podlaží, kromě 6. NP, ve kterém jsou umístěny příhradové nosníky, budou mít velmi uvolněnou dispozici
- 4. NP nebude mít žádné svislé nosné konstrukce a mohlo by se potencionálně využít jako tělocvična či jiný užitný prostor s podobnými nároky

6 Návrh a statický výpočet finálního řešení

6.1 Půdorys střechy

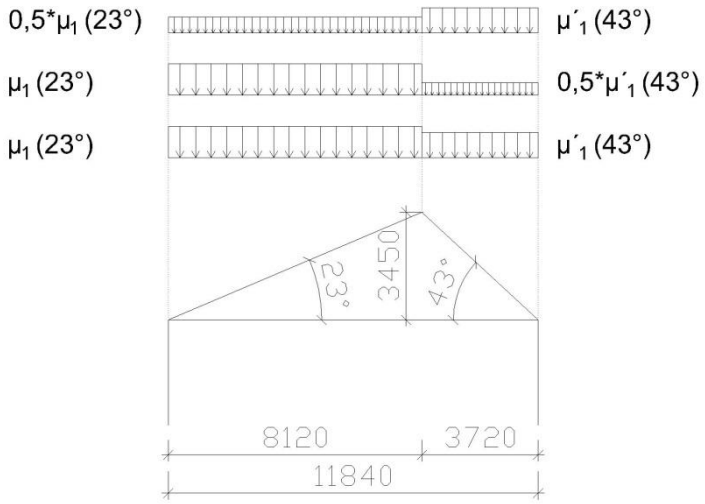


Střecha nástavby navazuje na střechy sousedních budov a plynule přechází ze sedlové na plochou s mansardou v uliční části. Kvůli tomuto komplikovanému tvaru, který nelze podle normy přesně spočítat na zatížení sněhem ani větrem, jsem pro výpočet uvažoval sklony střechy na jejích zakončeních a mezi nimi pak interpoloval. Pro výpočet zatížení větrem jsem využil toho, že tento objekt tvoří uliční zástavbu, a jelikož není na jejím okraji, některé zatěžovací oblasti nezasahují do půdorysu mé střechy ani nezatíží boční stěny.

6.2 Zatížení sněhem

lokalita: Praha 5 -> I. sněhová oblast - s_k = 0,75 kN/m^2

a) sedlová střecha



$S = \mu_1 * Ce * Ct * Sn$

$\alpha_1 = 23°$

$\alpha_2 = 43°$

$\mu_1 = 0{,}8$

$\mu'_1 = \frac{0{,}8 * (60 - 43)}{30} = 0{,}45$

C_e = 1,0 – součinitel expozice ..... typ krajiny: normální

C_t = 1,0 – tepelný součinitel

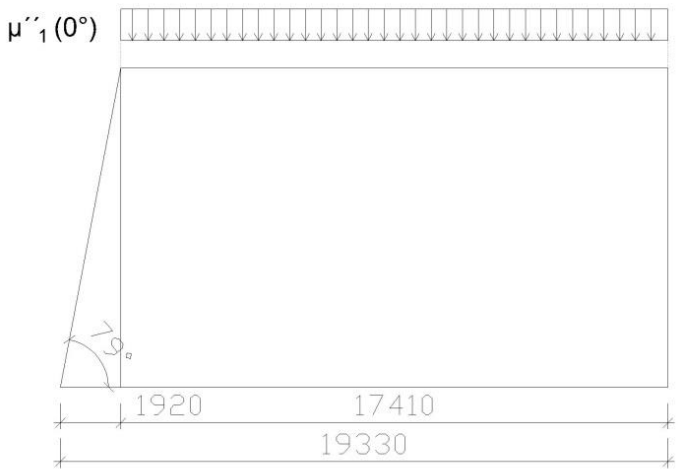
$SI = \mu_1 * Ce * Ct * Sk = 0{,}8 * 1{,}0 * 1{,}0 * 0{,}75 = 0{,}6kN/m^2$

$SII = 0{,}5 * \mu_1 * Ce * Ct * Sk = 0{,}5 * 0{,}8 * 1{,}0 * 1{,}0 * 0{,}75 = 0{,}3kN/m^2$

$S'I = \mu'_1 * Ce * Ct * Sk = 0{,}45 * 1{,}0 * 1{,}0 * 0{,}75 = 0{,}3375kN/m^2$

$S'II = 0{,}5 * \mu'_1 * Ce * Ct * Sk = 0{,}5 * 0{,}45 * 1{,}0 * 1{,}0 * 0{,}75 = 0{,}16875kN/m^2$

b) plochá střecha s mansardou na uliční straně



$\alpha_3 = 0°$

$\mu''_1 = 0{,}8$

$S'' = \mu''_1 * Ce * Ct * Sk = 0{,}8 * 1{,}0 * 1{,}0 * 0{,}75 = 0{,}6kN/m^2$

Inženýrským odhadem budu uvažovat celoplošně zatížení sněhem 0,6 kN/m^2.

6.3 Zatížení větrem

lokalita: Praha 5 -> I. větrná oblast – $v_{b,0}$ = 22,5 m/s

základní rychlost větru

$$Vb = Cdir * Cseason * Vb,o = 1{,}0 * 1{,}0 * 22{,}5 = 22{,}5m/s$$

C_{dir} = 1,0 – součinitel směru větru

C_{season} = 1,0 – součinitel ročního období

základní tlak větru

$$qb = \frac{1}{2} * \rho * Vb^2 = \frac{1}{2} * 1{,}25 * 22{,}5^2 = 316{,}4N/m^2 = 0{,}32kN/m^2$$

ρ = 1,25 kg/m³

kategorie terénu IV. – alespoň 15% povrchu s průměrnou výškou 15 m a více

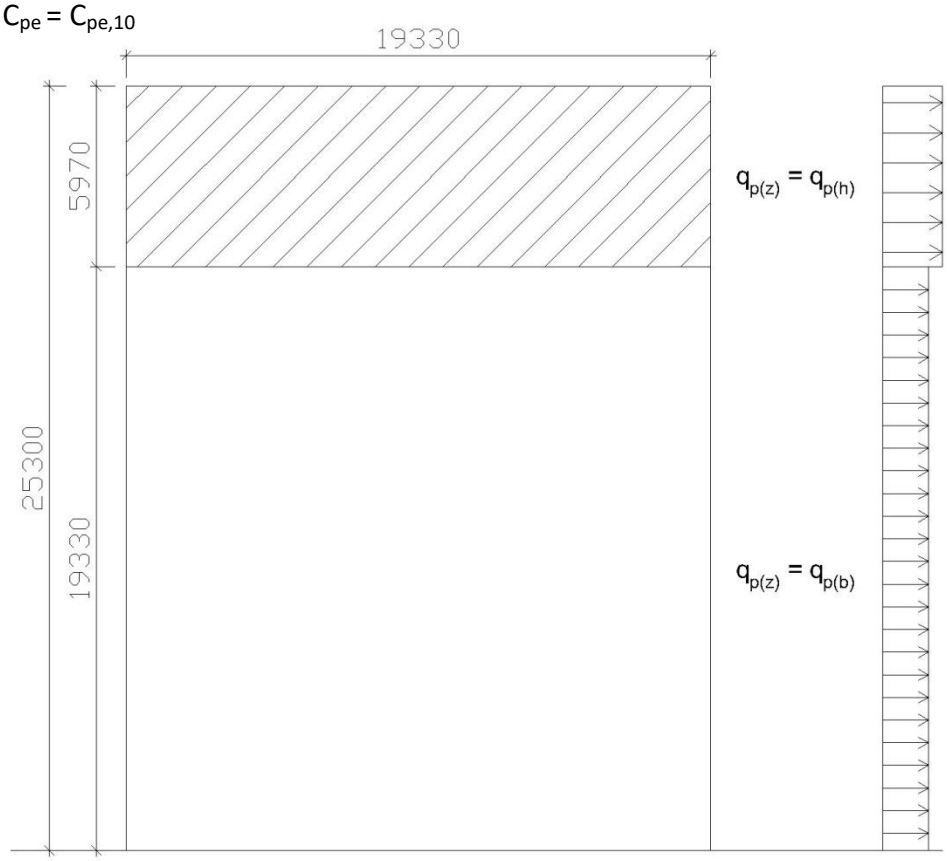
$$\left.\begin{matrix} Z0 = 1{,}0m \\ Zmin = 10m \end{matrix}\right\} Ce(z)_1 = 1{,}8\ pro\ h = 25{,}3m; Ce(z)_2 = 1{,}635\ pro\ b = 19{,}33m$$

maximální dynamický tlak

$$qp(ze)_1 = qb * Ce(z)_1 = 0{,}32 * 1{,}8 = 0{,}576kN/m^2$$

$$qp(ze)_2 = qb * Ce(z)_2 = 0{,}32 * 1{,}635 = 0{,}5232kN/m^2$$

$A \geq 10m^2$ …… $C_{pe} = C_{pe,10}$



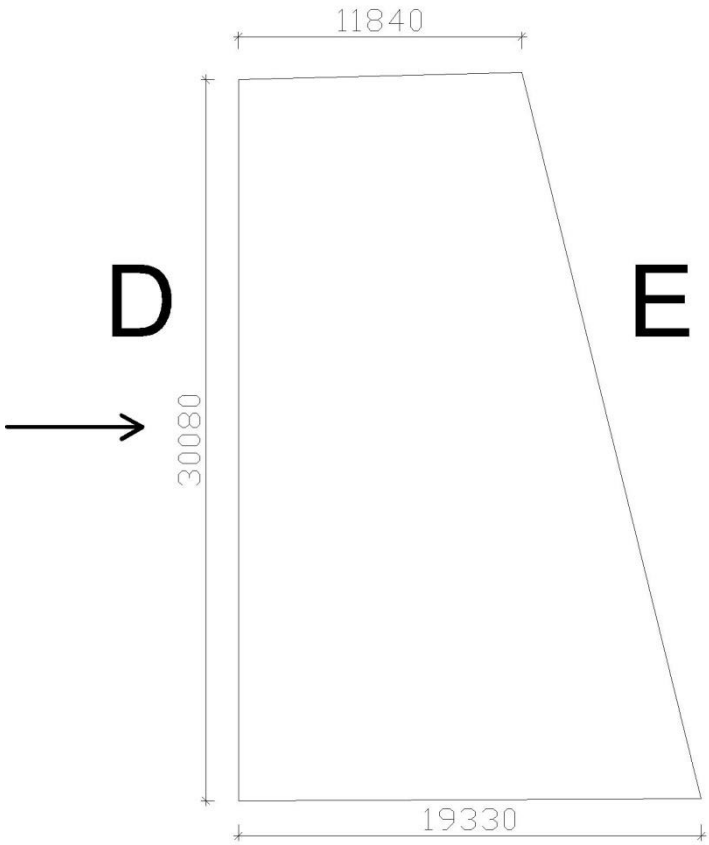
stěny – příčný vítr

$e = min\{b; 2h\} = \{165; 2 * 25{,}3\} = \{165; 50{,}6\} = 50{,}6m$

$\frac{h}{d} = \frac{25{,}3}{19{,}3} = 1{,}3$

$e \geq d$

$b = 165m - délka\ ulice$



stěny – podélný vítr

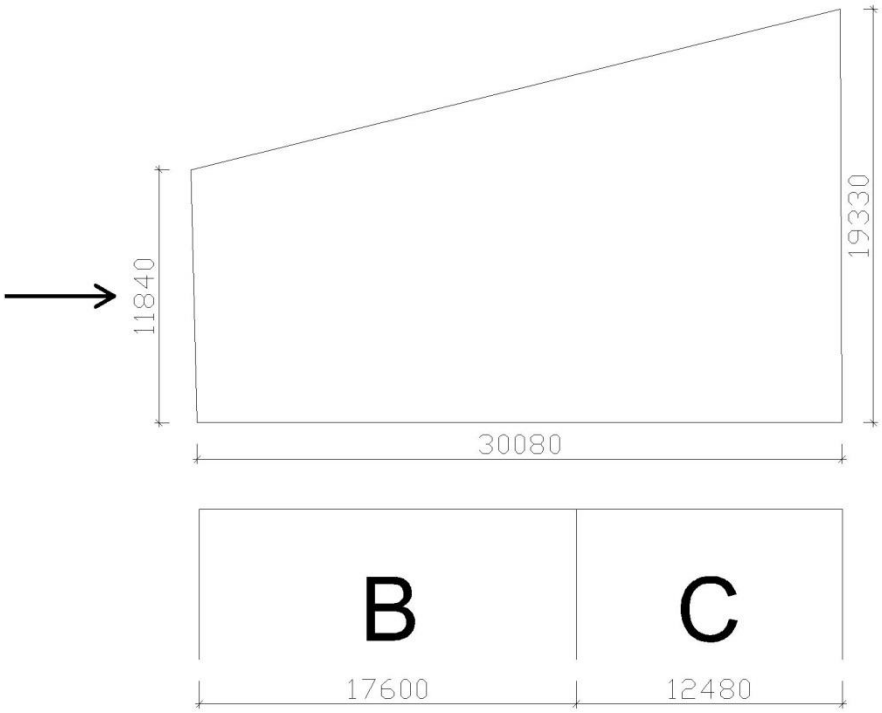
$e = min\{b; 2h\} = \{55; 2 * 25{,}3\} = \{55; 50{,}6\} = 50{,}6m$

$\frac{h}{d} = \frac{25{,}3}{165} = 0{,}84$

$e < d$

$d = 165m - délka\ ulice$

$b = 55m - šířka\ bloku$

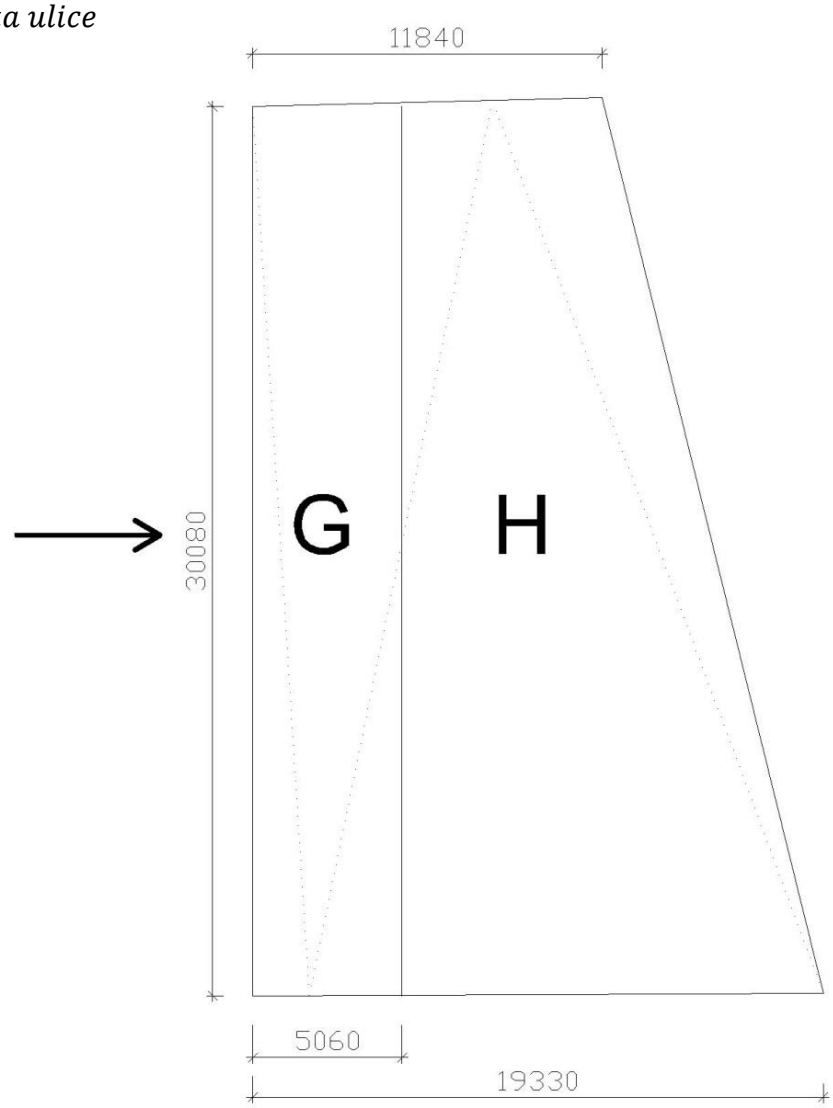


střecha – plochá střech

mansardová hrana v uliční části

$e = min\{b; 2h\} = \{165; 2 * 25{,}3\} = \{165; 50{,}6\} = 50{,}6m$

$b = 165m - délka\ ulice$

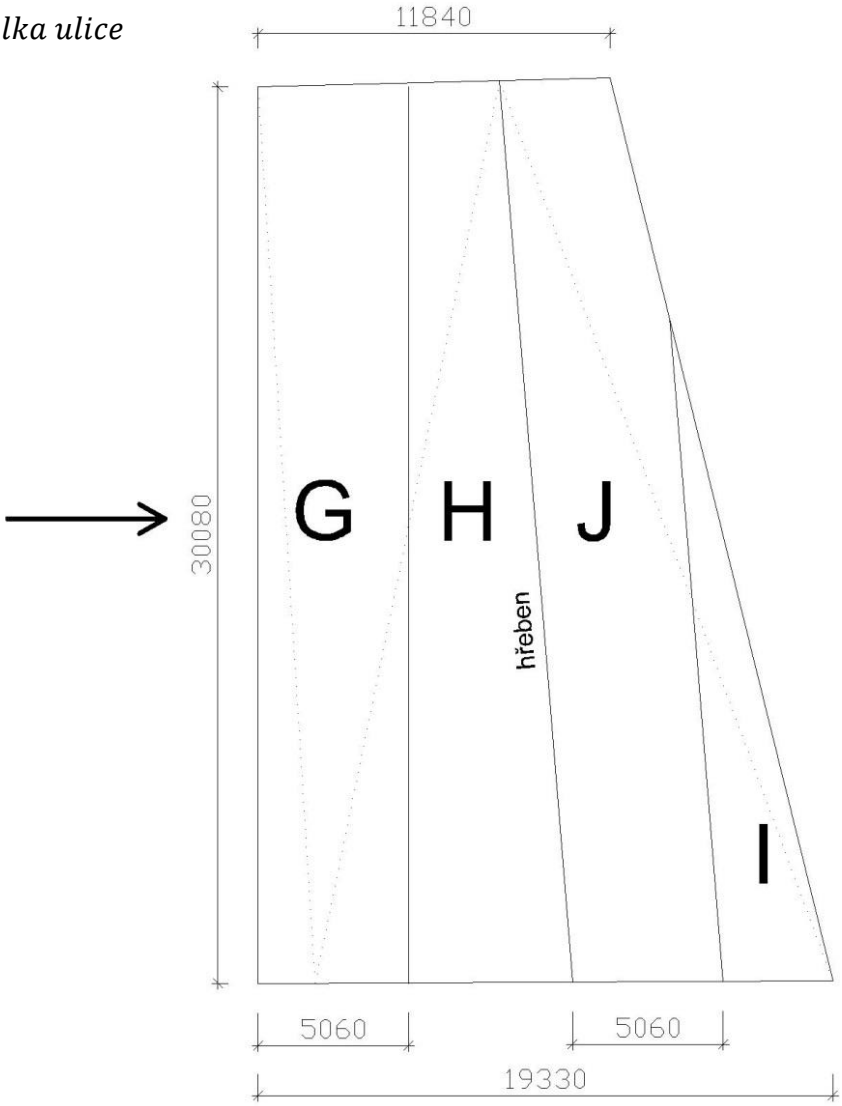


střecha – sedlová střech

příčný vítr

$e = min\{b; 2h\} = \{165; 2 * 25{,}3\} = \{165; 50{,}6\} = 50{,}6m$

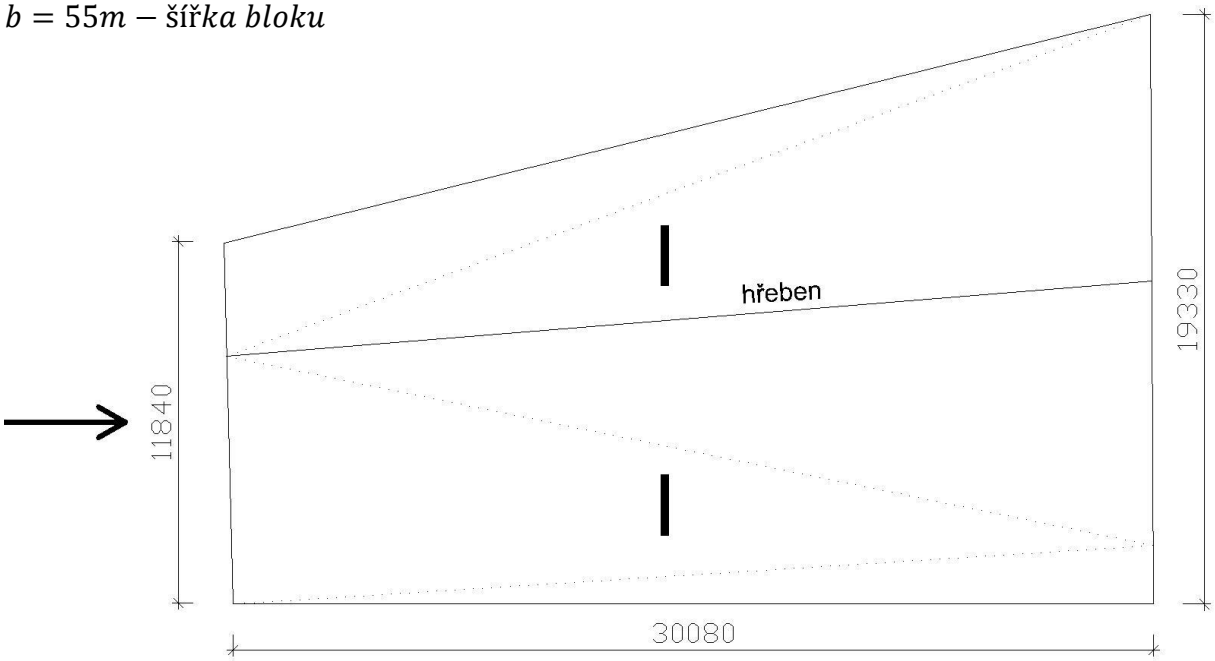
$b = 165m - délka\ ulice$



podélný vítr

$e = min\{b; 2h\} = \{55; 2 * 25{,}3\} = \{55; 50{,}6\} = 50{,}6m$

$b = 55m - \check{s}\acute{\imath}\check{r}ka\ bloku$



Pro výpočty zatížení větrem budu uvažovat vyšší hodnotu maximálního dynamického tlaku 0,576 kN/m^2. Potřebuji určit především zatížení střešní konstrukce, která se v tomto pásmu nachází v plném rozsahu.

Oblast	Vítr příčný		Vítr podélný	
	$C_{pe,10}$	$W_{e,k}$ [kN/m^2]	$C_{pe,10}$	$W_{e,k}$ [kN/m^2]
B	-	-	- 1,272	- 0,73
C	-	-	- 0,5	- 0,29
D	0,8	0,46	-	-
E	-0,515	- 0,3	-	-
G	*- 1,3/- 0,64/0,467	*- 0,75/- 0,37/0,27	-	-
H	*- 0,5/- 0,247/0,307	*- 0,29/- 0,14/0,18	-	-
I	-0,4	- 0,23	- 0,5	- 0,29
J	- 0,733	- 0,42	-	-

* hodnoty mansardové hrany v uliční části

Inženýrským odhadem budu uvažovat celoplošně zatížení větrem 0,2 kN/m^2 pro tlak a - 0,4 kN/m^2 pro sání.

6.4 Zatížení konstrukcí

6.4.1 Strop

Zatížení		Charakteristické zatížení [kN/m^2]		Návrhové zatížení [kN/m^2]	Rozpětí s = 5m [kN/m]
Stálé	Zalité spiroly	2,17	1,35	2,93	14,65
	Příčky	1,5	1,35	2,025	10,125
	Podlaha	1,5	1,35	2,025	10,125
Proměnné	Užitné	1,5	1,5	2,25	11,25
Celkem		6,67		9,23	46,15

V části nástavby se jedná o bytové jednotky, zvolil jsem pro normou doporučenou hodnotu 1,5 kN/m^2.

Sádrokartonové příčky zachovávají prefabrikovaný charakter celé nástavby. Pro jedno typické podlaží jsem spočítal plochu příček, rozdělil jsem je na mezibytové a bytové a vynásobil koeficientem plošné hmotnosti. Výslednou hodnotu jsem poté spočítal na náhradní plošné zatížení od příček 1,5 kN/m^2.

Do skladby podlahy jsem započítal 50 mm betonové mazaniny, 50 mm izolačních materiálů a PVC či dlažbu. Výslednou hodnotu zatížení podlahou uvažuji 1,5 kN/m^2.

Dutinový panel Partek tl. 150 mm HCE 150-0/7X – délka 5 m – maximální charakteristické zatížení 7,14 kN/m^2 > 6,67 kN/m^2. Podmínka splněna.

Spiroly uloženy na ocelové profily HEA 260. Minimální uložení 100 mm splněno. Zatížení od průvlaku 68,2 kg/m = 0,68 kN/m. Délka 5 m -> 3,4 kN.

6.4.2 MSÚ průvlaku

$Med = \frac{1}{8} * f * l^2 = \frac{1}{8} * 46{,}15 * 5{,}1^2 = 150{,}05kNm$ … prosté klubové uložení

$Med = 129{,}68kNm$ … vetknutí, výpočet v programu scia

$Mrd = Wy * fyd = 9{,}2083 * 10^{-4} * 355 = 326{,}9kNm$ … podmínka splněna

6.4.3 MSP průvlaku

$\delta = 10{,}7mm$ … kloubové uložení, výpočet v programu scia

$\delta = 4{,}7mm$ … vetknutí, výpočet v programu scia

$\delta_2 = \frac{L}{400} = \frac{5100}{400} = 12{,}75mm$ … podmínka splněna

6.4.4 Prosklená fasáda

Izolační panel Slim Wall

- tloušťka panelu 34 nebo 39 mm

Roletové lamely

Celkem 1,0 kN/m^2

6.4.5 Ocelové sloupky

- vynášející střechu v 7. NP
- zatížení prosklenou fasádou, tlakem větru a sněhem

HEA 100 16,7 kg/m délka 2,9 m 0,5 kN

$$Ned = 1 * 5{,}1 * 5 * 1{,}35 + 0{,}5 * 1{,}35 + 0{,}2 * 5{,}1 * 5 * 1{,}5 + 0{,}6 * 5{,}1 * 5 * 1{,}5 = 65{,}7\ kN$$

$A = 2120\ mm^2$

$L = 2{,}9m$

$iy = 41mm \ldots Nb, Rd, y = 485kN \ldots \frac{Ned}{Nb,Rd,y} = 0{,}14$

$iz = 25mm \ldots Nb, Rd, z = 75{,}3kN \ldots \frac{Ned}{Nb,Rd,z} = 0{,}88$

6.4.6 Ocelová táhla

- vynášející strop v 5. NP
- výpočet nejvíce namáhaného táhla
- zatížení stropem a užitným zatížením

$Ned = (2{,}17 + 1{,}5 * 2) * 5{,}1 * 5 * 1{,}35 + 3{,}4 * 1{,}35 + 1{,}5 * 5{,}1 * 5 * 1{,}5 = 240\ kN$

$fyd = 460MPa$

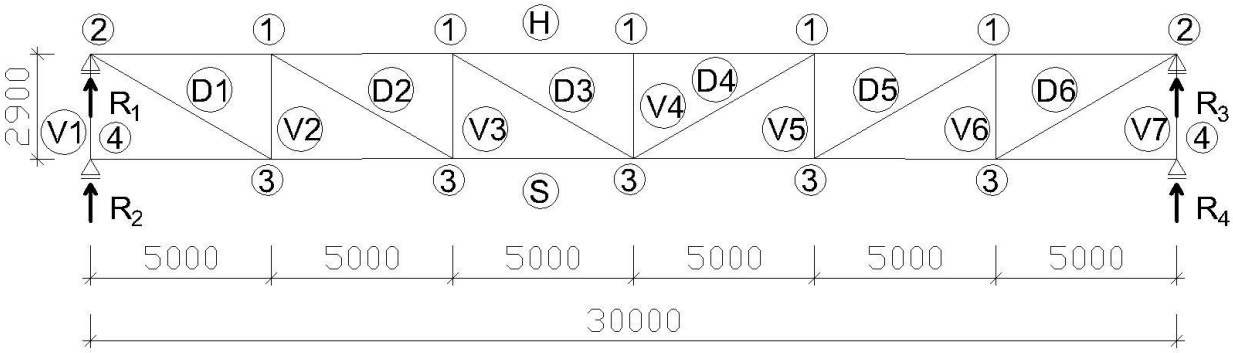
$A = \frac{Ned}{fyd} = \frac{240000}{460} = 522\ mm^2$ -> $d = \sqrt{\frac{4*A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4*522}{\pi}} = 25{,}8mm$ -> $d = 27mm$

$Nrd = Aprov.* fyd = \pi * r^2 * fyd = \pi * 13{,}5^2 * 460 = 263kN \geq 240kN = Ned$

Podmínka splněna

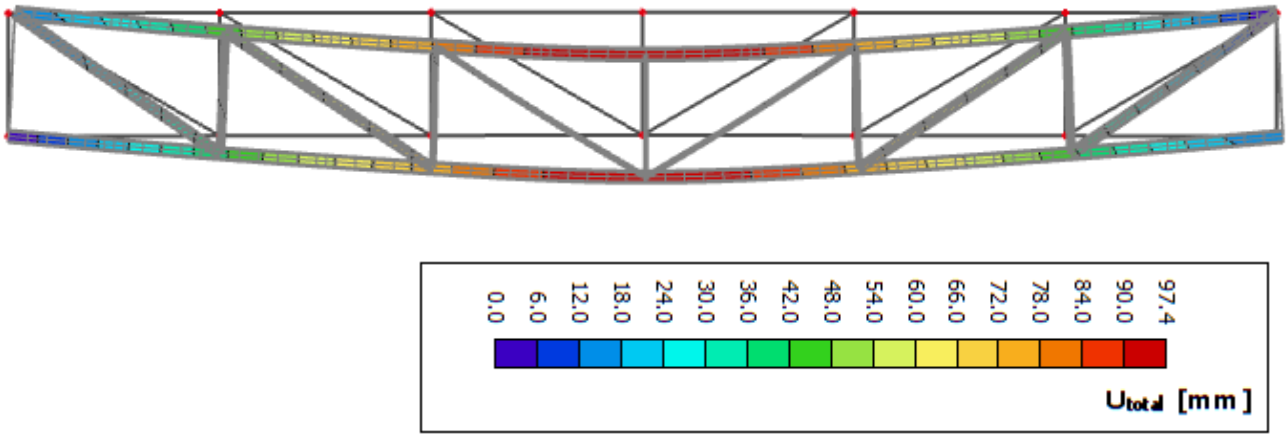
Vazník s diagonálami namáhanými v tahu jsem zvolil, abych dosáhl menších průřezů, neboť při namáhání na tlak bych je kvůli vybočení musel navrhnout s mohutnějšími profily.

6.5 Střední vazník



Vzdálenost mezi vazníky	5,1 m		
Nadvýšení vazníku	25 mm		
Vše v charakteristických hodnotách			
Zatížení v uzlech: stálé:	1) (2,17+1,5+1,5+1,0)*5,1*5+0,5+3,4 =	162,0	kN
	2) (2,17+1,5+1,5+1,0)*5,1*2,5+0,5+3,4 =	81,0	kN
	3) (2,17+1,5+1,5)*5,1*5*2+3,4*2 =	265,0	kN
	4) (2,17+1,5+1,5)*5,1*2,5*2+3,4*2 =	132,5	kN
proměnné:	1) 1,5*5,1*5 =	40,0	kN
	2) 1,5*5,1*2,5 =	20,0	kN
	3) 1,5*5,1*5*2 =	80,0	kN
	4) 1,5*5,1*2,5*2 =	40,0	kN
vítr (sání):	1) -0,4*5,1*5 =	-11,0	kN
	2) -0,4*5,1*2,5 =	-5,5	kN
vítr (tlak):	1) 0,2*5,1*5 =	5,5	kN
	2) 0,2*5,1*2,5 =	2,75	kN
sníh:	1) 0,6*5,1*5 =	15,5	kN
	2) 0,6*5,1*2,5 =	7,75	kN

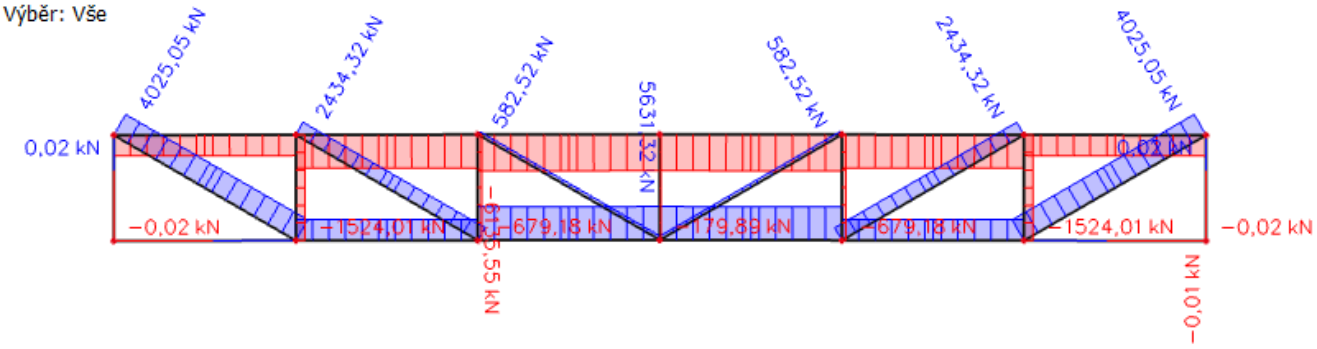
3D přemístění
Hodnoty: **U total**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSP - EN
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na
makro. Systém: LSS prvku sítě



$$\delta max = \frac{30000}{350} = 85{,}7mm \geq 72{,}4 = 97{,}4 - 25 = \delta výpočotvé$$

Podmínka splněna

1D vnitřní síly
Hodnoty: **N**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



Všechny diagonály a vertikály jsou kulaté trubky

Posouzení prvků namáhaných na tah

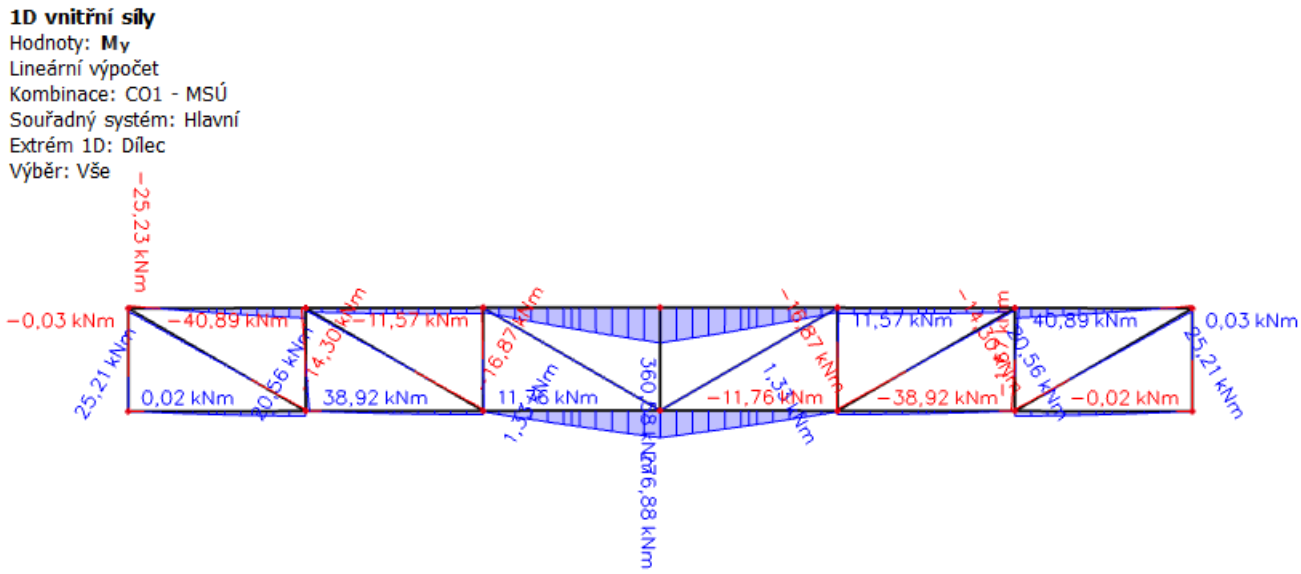
	N_{Ed} (tah)	Profil	A	i	fy	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	
	kN		mm²	mm	MPa	kN		
S	5635,00	HEC300	22510	135	355	7991,05	0,705	< 1,0
D1	4030,00	CHS(Ce)273,0X14,2	11500	92	355	4082,50	0,987	< 1,0
D2	2435,00	CFCHS244.5X10	7367	83	355	2615,29	0,931	< 1,0
D3	585,00	CFCHS127X5	1916	43	355	680,18	0,860	< 1,0
D4	585,00	CFCHS127X5	1916	43	355	680,18	0,860	< 1,0
D5	2435,00	CFCHS244.5X10	7367	83	355	2615,29	0,931	< 1,0
D6	4030,00	CHS(Ce)273.0X14.2	11500	92	355	4082,50	0,987	< 1,0

Posouzení prvků namáhaných na tlak

	N_{Ed} (tlak)	Profil	A	Způsob vybočení	L_{cr}	i_y; i_z	χ_y; χ_z	$N_{b,Rd,y}$; $N_{b,Rd,z}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
	kN		mm²		m	m		kN		
H	6140	HEM300	30310	v rovině (y)	3,75	0,14	0,944	10157,49	0,604	< 1,0
				z roviny (z)	0	0,08	1,000	10760,05	0,571	< 1,0
V1	0,02	CFCHS26.9X2	156	v rovině (y)	2,35	0,009	0,081	4,49	0,004	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,009	0,040	2,22	0,009	< 1,0
V2	1525	CFCHS193.7X10	5770	v rovině (y)	2,35	0,065	0,932	1909,06	0,799	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,065	0,895	1833,27	0,832	< 1,0
V3	680	CFCHS139.7X6	2520	v rovině (y)	2,35	0,047	0,868	776,51	0,876	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,047	0,791	707,63	0,961	< 1,0
V4	180	CFCHS88.9X5	1318	v rovině (y)	2,35	0,03	0,648	303,19	0,594	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,03	0,480	224,59	0,801	< 1,0
V5	680	CFCHS139.7X6	2520	v rovině (y)	2,35	0,047	0,868	776,51	0,876	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,047	0,791	707,63	0,961	< 1,0
V6	1525	CFCHS193.7X10	5770	v rovině (y)	2,35	0,065	0,932	1909,06	0,799	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,065	0,895	1833,27	0,832	< 1,0
V7	0,02	CFCHS26.9X2	156	v rovině (y)	2,35	0,009	0,081	4,49	0,004	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,009	0,040	2,22	0,009	< 1,0

Pro vybočení z roviny (z) uvažuji nulovou vzpěrnou délku, protože vybočení zabrání tuhá stropní deska ze spirolových panelů.

V principu by příhradový vazník měl kloubové připojení diagonál a vertikál pomocí styčníkových plechů na obě pásnice, avšak vzhledem k velkému rozponu vazníku, značnému zatížení a masivním prvkům musí být spoje provedeny svarem a jedná se tak o spoj mezi kloubem a vetknutím. Vazník je tak rámovou konstrukcí. V rovině nosníku (y) pro snižuji vzpěrnou délku koeficientem 0,75.



Ohybová únosnost

$Med, y, 1 = 360{,}58\ kNm \ldots horní\ pásnice \ldots HEM300$

$Med, y, 2 = 276{,}88\ kNm \ldots dolní\ pásnice \ldots HEC300$

$Wpl, y, 1 = 4078 * 10^3 mm^3 \ldots HEM300$

$Wpl, y, 2 = 2926{,}7 * 10^3 mm^3 \ldots HEC300$

$fy = 355\ MPa$

$Mrd, y, 1 = \frac{Wpl,y,1*fy}{\gamma Mo} = \frac{4078*10^3*355}{1{,}0} = 1448\ kNm$

$Mrd, y, 2 = \frac{Wpl,y,2*fy}{\gamma Mo} = \frac{2926{,}7*10^3*355}{1{,}0} = 1039\ kNm$

$Med, y, 1 \leq Mrd, y, 1 \ldots podmínka\ splněna$

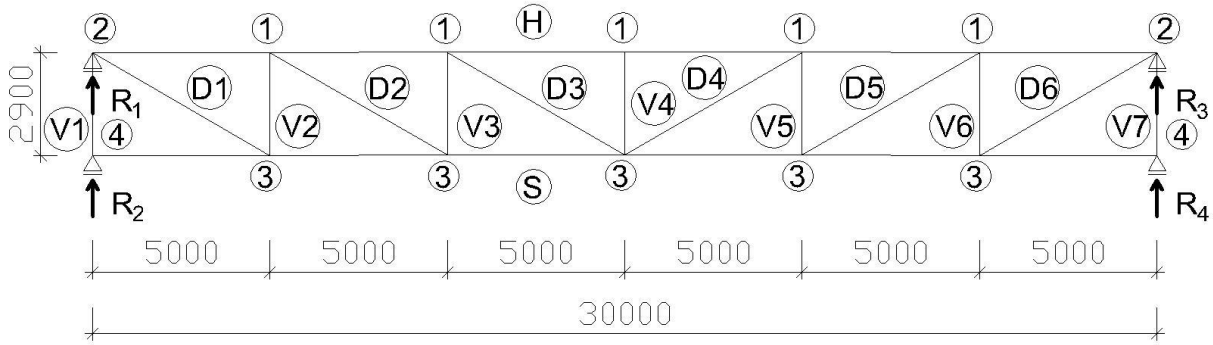
$Med, y, 2 \leq Mrd, y, 2 \ldots podmínka\ splněna$

Únosnost na ohyb a tlak – horní pásnice

$\frac{Ned}{Nb,rd,y} + \frac{Med,y,1}{Mrd,y,1} = \frac{6140}{10157{,}5} + \frac{360{,}6}{1448} = 0{,}85 \leq 1{,}0 \ldots podmínka\ splněna$

Rozhodující pro dimenzi příhradového vazníku je únosnost horní pásnice na kombinaci ohybu a tlaku.

6.6 Krajní vazník - ulice



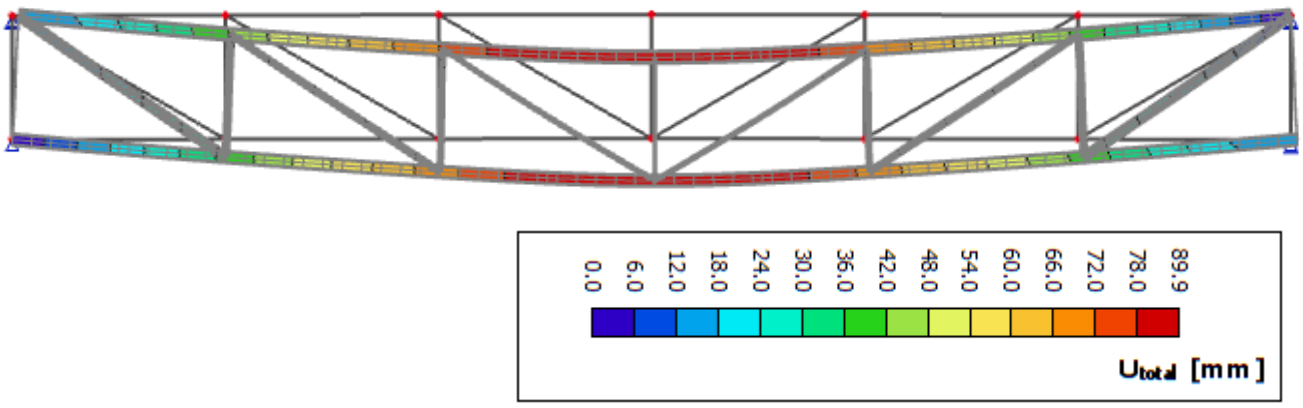
Vzdálenost mezi vazníky 5,1 m

Nadvýšení vazníku 25 mm

Vše v charakteristických hodnotách

Zatížení v uzlech: stálé:	1) (2,17+1,5+1,5+1,0)*2,5*5+0,5+1,7 =	80,0	kN
	2) (2,17+1,5+1,5+1,0)*2,5*2,5+0,5+1,7 =	40,0	kN
	3) (2,17+1,5+1,5)*3*5*2+1,7*2+0,9*8,7*5 =	200,0	kN
	4) (2,17+1,5+1,5)*3*2,5*2+1,7*2+0,9*8,7*2,5 =	101,0	kN
proměnné:	1) 1,5*2,5*5 =	20,0	kN
	2) 1,5*2,5*2,5 =	10,0	kN
	3) 1,5*3*5*2 =	45,0	kN
	4) 1,5*3*2,5*2 =	22,5	kN
vítr (sání):	1) -0,4*2,5*5 =	-5,0	kN
	2) -0,4*2,5*2,5 =	-2,5	kN
vítr (tlak):	1) 0,2*2,5*5 =	2,5	kN
	2) 0,2*2,5*2,5 =	1,25	kN
sníh:	1) 0,6*2,5*5 =	7,5	kN
	2) 0,6*2,5*2,5 =	3,75	kN

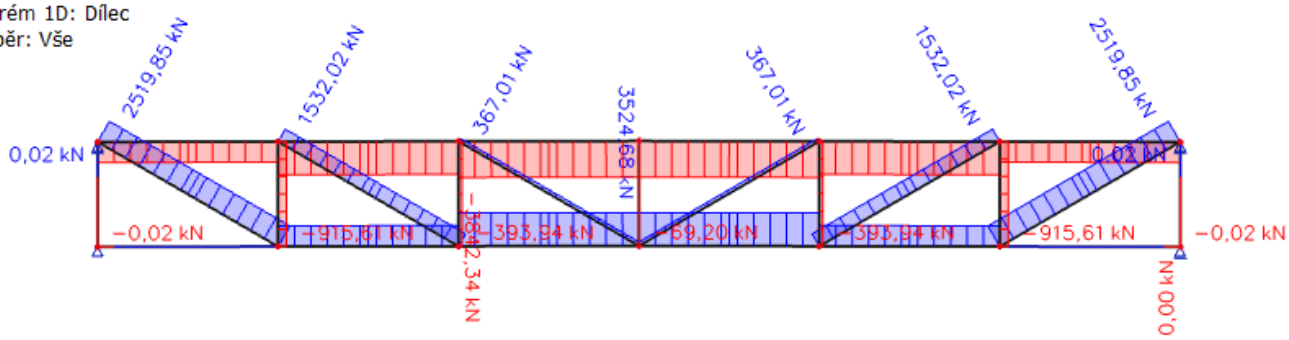
3D přemístění
Hodnoty: **U total**
Lineární výpočet
Kombinace: CO3 - MSP - EN
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na
makro. Systém: LSS prvku sítě



$$\delta max = \frac{30000}{350} = 85{,}7mm \geq 64{,}7 = 89{,}7 - 25 = \delta výpočtové$$

Podmínka splněna

1D vnitřní síly
Hodnoty: **N**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



Všechny vertikály a diagonály jsou kulaté trubky.

Posouzení prvků namáhaných na tah

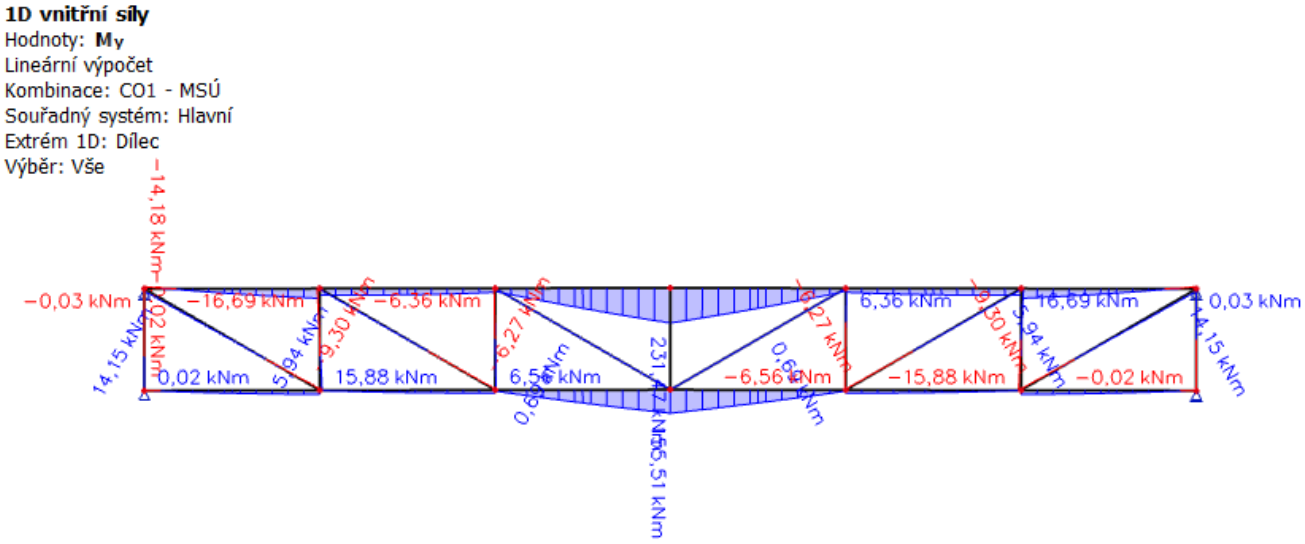
	N_{Ed}(tah)	Profil	A	i	fy	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	
	kN		mm²	mm	MPa	kN		
S	3530,00	HEB300	14910	130	355	5293,05	0,667	< 1,0
D1	2520,00	CFCHS244.5X10	7367	83	355	2615,285	0,964	< 1,0
D2	1535,00	CFCHS168.3X10	4973	56	355	1765,415	0,869	< 1,0
D3	370,00	CFCHS114.3X3.6	1252	39	355	444,46	0,832	< 1,0
D4	370,00	CFCHS114.3X3.6	1252	39	355	444,46	0,832	< 1,0
D5	1535,00	CFCHS168.3X10	4973	56	355	1765,415	0,869	< 1,0
D6	2520,00	CFCHS244.5X10	7367	83	355	2615,285	0,964	< 1,0

Posouzení prvků namáhaných na tlak

	N_{Ed} (tlak)	Profil	A	Způsob vybočení	L_{cr}	i_y; i_z	χ_y; χ_z	$N_{b,Rd,y}$; $N_{b,Rd,z}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
	kN		mm²		m	m		kN		
H	3845	HEC300	22510	v rovině (y)	3,75	0,135	0,940	7511,587	0,512	< 1,0
				z roviny (z)	0	0,078	1,000	7991,050	0,481	< 1,0
V1	0,02	CFCHS26.9X2	156	v rovině (y)	2,35	0,009	0,081	4,486	0,004	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,009	0,040	2,215	0,009	< 1,0
V2	920	CFCHS168.3X6	3059	v rovině (y)	2,35	0,057	0,911	989,296	0,930	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,057	0,862	936,085	0,983	< 1,0
V3	395	CFCHS133X4	1621	v rovině (y)	2,35	0,046	0,862	496,042	0,796	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,046	0,781	449,430	0,879	< 1,0
V4	70	CFCHS76.1X2.5	578	v rovině (y)	2,35	0,026	0,540	110,803	0,632	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,026	0,390	80,024	0,875	< 1,0
V5	395	CFCHS133X4	1621	v rovině (y)	2,35	0,046	0,862	496,042	0,796	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,046	0,781	449,430	0,879	< 1,0
V6	920	CFCHS168.3X6	3059	v rovině (y)	2,35	0,057	0,911	989,296	0,930	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,057	0,862	936,085	0,983	< 1,0
V7	0,02	CFCHS26.9X2	156	v rovině (y)	2,35	0,009	0,081	4,486	0,004	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,009	0,040	2,215	0,009	< 1,0

Pro vybočení z roviny (z) uvažuji nulovou vzpěrnou délku, protože vybočení zabrání tuhá stropní deska ze spirolových panelů.

V principu by příhradový vazník měl kloubové připojení diagonál a vertikál pomocí styčníkových plechů na obě pásnice, avšak vzhledem k velkému rozponu vazníku, značnému zatížení a masivním prvkům musí být spoje provedeny svarem a jedná se tak o spoj mezi kloubem a vetknutím. Vazník je tak rámovou konstrukcí. V rovině nosníku (y) pro snižuji vzpěrnou délku koeficientem 0,75



Ohybová únosnost

$Med, y, 1 = 231{,}47\ kNm \ldots horní\ pásnice \ldots HEC300$

$Med, y, 2 = 155{,}51\ kNm \ldots dolní\ pásnice \ldots HEB300$

$Wpl, y, 1 = 2926{,}7 * 10^3 mm^3 \ldots HEC300$

$Wpl, y, 2 = 1869 * 10^3 mm^3 \ldots HEB300$

$fy = 355\ MPa$

$Mrd, y, 1 = \frac{Wpl,y,1*fy}{\gamma Mo} = \frac{2926{,}7*10^3*355}{1{,}0} = 1039\ kNm$

$Mrd, y, 2 = \frac{Wpl,y,2*fy}{\gamma Mo} = \frac{1869*10^3*355}{1{,}0} = 663{,}5\ kNm$

$Med, y, 1 \leq Mrd, y, 1 \ldots podmínka\ splněna$

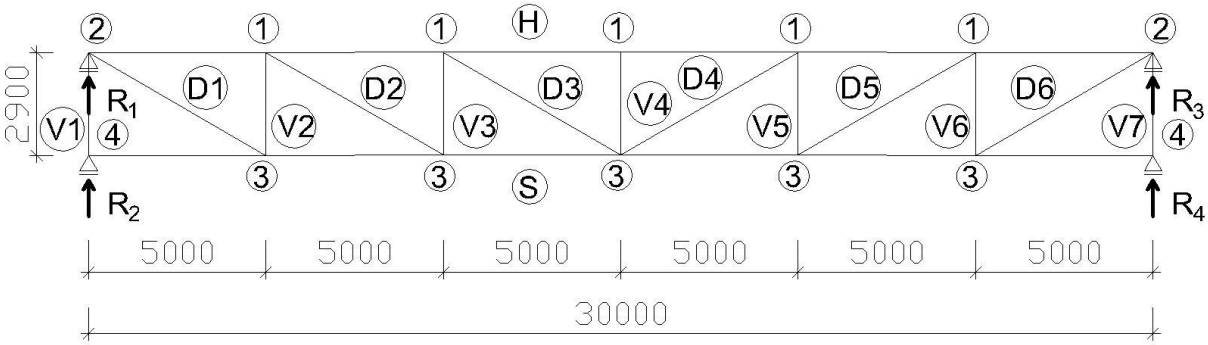
$Med, y, 2 \leq Mrd, y, 2 \ldots podmínka\ splněna$

Únosnost na ohyb a tlak – horní pásnice

$\frac{Ned}{Nb,rd,y} + \frac{Med,y}{Mrd,y} = \frac{3845}{7512} + \frac{231{,}5}{1039} = 0{,}73 \leq 1{,}0 \ldots podmínka\ splněna$

Rozhodující pro dimenzi příhradového vazníku je únosnost horní pásnice na kombinaci ohybu a tlaku.

6.7 Krajní vazník - dvůr



Vzdálenost mezi vazníky 5,1 m

Nadvýšení vazníku 25 mm

Vše v charakteristických hodnotách

Zatížení v uzlech: stálé: 1) (2,17+1,5+1,5+1,0)*5*5+0,5+3,4+1,0*3,8*5 = 178,0 kN

2) (2,17+1,5+1,5+1,0)*5*2,5+0,5+3,4+1,0*3,8*2,5 =89,0 kN

3) (2,17+1,5+1,5)*5,2*5*2+3,4*2+1,0*8,7*5 = 320,0 kN

4) (2,17+1,5+1,5)*5,2*2,5*2+3,4*2+1,0*8,7*2,5 = 160,0 kN

proměnné: 1) 1,5*5*5 = 40,0 kN

2) 1,5*5*2,5 = 20,0 kN

3) 1,5*5,2*5*2 = 80,0 kN

4) 1,5*5,2*2,5*2 = 40,0 kN

vítr (sání): 1) -0,4*5*5 = -10,0 kN

2) -0,4*5*2,5 = -5,0 kN

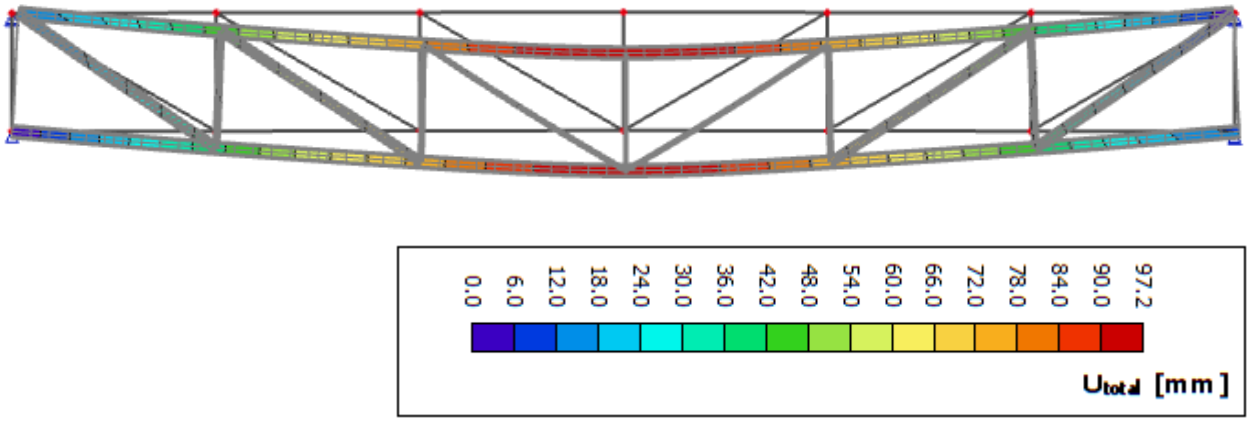
vítr (tlak): 1) 0,2*5*5 = 5,0 kN

2) 0,2*5*2,5 = 2,5 kN

sníh: 1) 0,6*5*5 = 15,0 kN

2) 0,6*5*2,5 = 7,5 kN

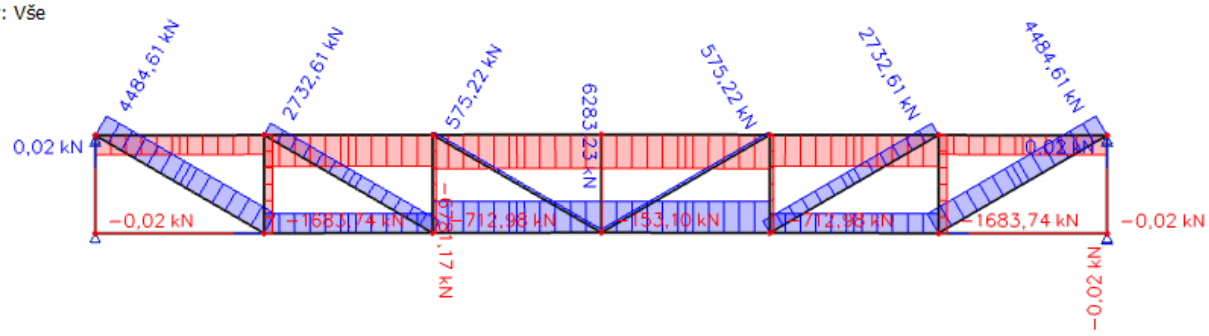
3D přemístění
Hodnoty: **U total**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSP - EN
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na
makro. Systém: LSS prvku sítě



$$\delta max = \frac{30000}{350} = 85{,}7mm \geq 72{,}2 = 97{,}2 - 25 = \delta výpočtové$$

Podmínka splněna

1D vnitřní síly
Hodnoty: **N**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



Všechny vertikály a diagonály jsou kulaté trubky

Posouzení prvků namáhaných na tah

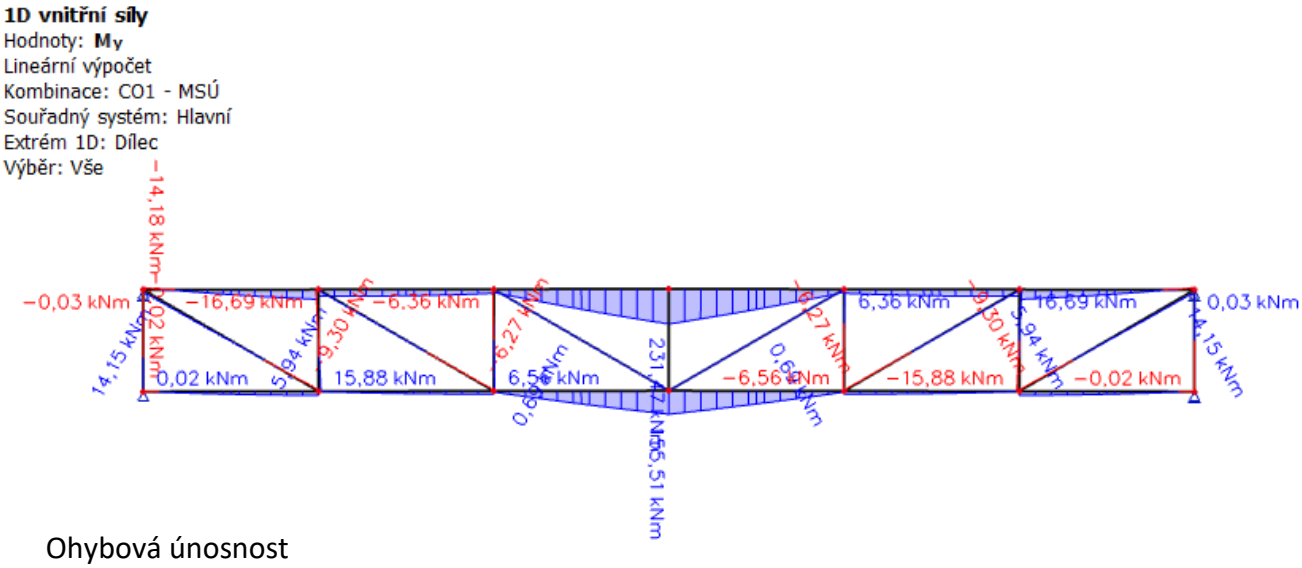
	N_{Ed} (tah)	Profil	A	i	fy	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	
	kN		mm²	mm	MPa	kN		
S	6285,00	HEM300	30310	135	355	10760,05	0,584	< 1,0
D1	4485,00	CHS(Ce)273.0X16	12900	91	355	4579,50	0,979	< 1,0
D2	2735,00	CHSCF(Hy)244.5X12	8770	82	355	3113,35	0,878	< 1,0
D3	580,00	CFCHS127X5	1916	43	355	680,18	0,853	< 1,0
D4	580,00	CFCHS127X5	1916	43	355	680,18	0,853	< 1,0
D5	2735,00	CHSCF(Hy)244.5X12	8770	82	355	3113,35	0,878	< 1,0
D6	4485,00	CHS(Ce)273.0X16	12900	91	355	4579,50	0,979	< 1,0

Posouzení prvků namáhaných na tlak

	N_{Ed} (tlak)	Profil	A	Způsob vybočení	L_{cr}	i_y; i_z	χ_y; χ_z	$N_{b,Rd,y}$; $N_{b,Rd,z}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
	kN		mm²		m	m		kN		
H	6785	HEM300	30310	v rovině (y)	3,75	0,13	0,940	10114,447	0,671	< 1,0
				z roviny (z)	0	0,076	1,000	10760,050	0,631	< 1,0
V1	0,02	CFCHS26.9X2	156	v rovině (y)	2,35	0,009	0,081	4,486	0,004	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,009	0,040	2,215	0,009	< 1,0
V2	1685	CHS(Ce)168.3X12.5	6120	v rovině (y)	2,35	0,055	0,905	1966,203	0,857	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,055	0,852	1851,055	0,910	< 1,0
V3	715	CFCHS139.7X6.3	2640	v rovině (y)	2,35	0,047	0,868	813,490	0,879	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,047	0,791	741,325	0,964	< 1,0
V4	155	CHSCF(Hy)88.9X3.5	939	v rovině (y)	2,35	0,03	0,648	216,008	0,718	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,03	0,490	163,339	0,949	< 1,0
V5	715	CFCHS139.7X6.3	2640	v rovině (y)	2,35	0,047	0,868	813,490	0,879	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,047	0,791	741,325	0,964	< 1,0
V6	1685	CHS(Ce)168.3X12.5	6120	v rovině (y)	2,35	0,055	0,905	1966,203	0,857	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,055	0,852	1851,055	0,910	< 1,0
V7	0,02	CFCHS26.9X2	156	v rovině (y)	2,35	0,009	0,081	4,486	0,004	< 1,0
				z roviny (z)	2,90	0,009	0,040	2,215	0,009	< 1,0

Pro vybočení z roviny (z) uvažuji nulovou vzpěrnou délku, protože vybočení zabrání tuhá stropní deska ze spirolových panelů.

V principu by příhradový vazník měl kloubové připojení diagonál a vertikál pomocí styčníkových plechů na obě pásnice, avšak vzhledem k velkému rozponu vazníku, značnému zatížení a masivním prvkům musí být spoje provedeny svarem a jedná se tak o spoj mezi kloubem a vetknutím. Vazník je tak rámovou konstrukcí. V rovině nosníku (y) pro snižuji vzpěrnou délku koeficientem 0,75.



Ohybová únosnost

$Med, y, 1 = 386{,}96\ kNm \ldots horní\ pásnice \ldots HEM300$

$Med, y, 2 = 418{,}42\ kNm \ldots dolní\ pásnice \ldots HEM300$

$Wpl, y = 4078 * 10^3 mm^3 \ldots HEM300$

$fy = 355\ MPa$

$Mrd, y = \frac{Wpl,y*fy}{\gamma Mo} = \frac{4078*10^3*355}{1{,}0} = 1448\ kNm$

$Med, y, 1 \leq Mrd, y \ldots podmínka\ splněna$

$Med, y, 2 \leq Mrd, y \ldots podmínka\ splněna$

Únosnost na ohyb a tlak – horní pásnice

$\frac{Ned}{Nb,rd,y} + \frac{Med,y,1}{Mrd,y,1} = \frac{6785}{10115} + \frac{387}{1448} = 0{,}94 \leq 1{,}0 \ldots podmínka\ splněna$

Rozhodující pro dimenzi příhradového vazníku je únosnost horní pásnice na kombinaci ohybu a tlaku.

6.8 Uložení ocelových vazníků

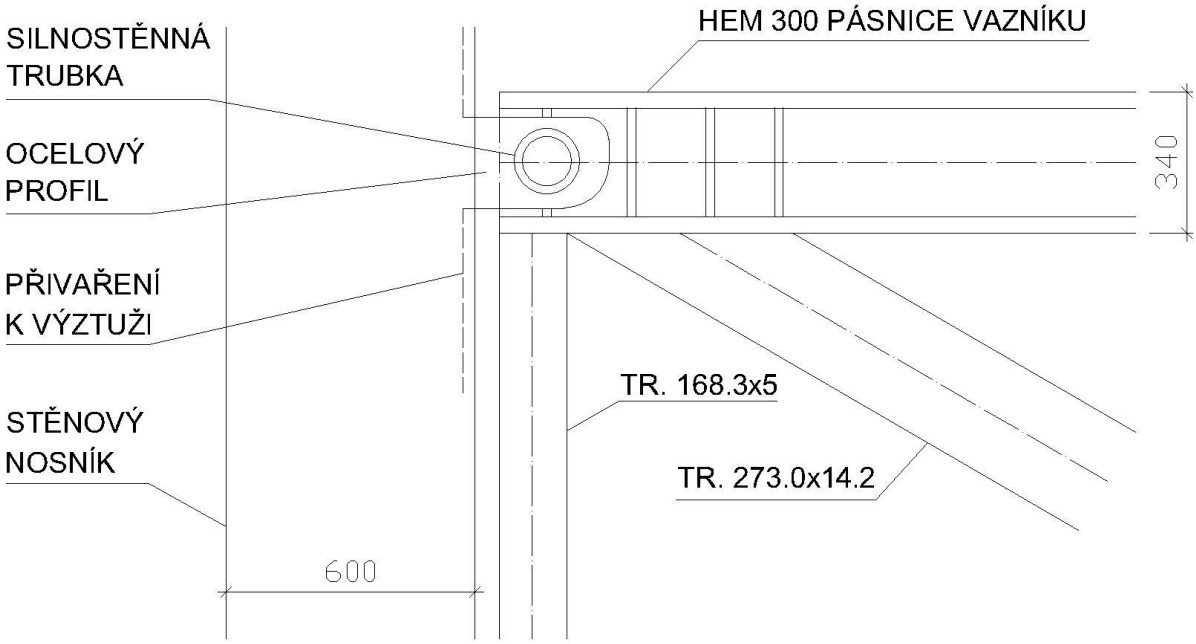
Ocelové vazníky zatěžují stěnový nosník reakcemi dosahujícími hodnot až 2,5 MN, proto musí být jejich uložení dostatečně únosné, aby nedošlo k porušení podpory, jejímu vytržení, vylomení či usmysknutí nebo kolapsu celého stěnového vazníku.

Tato problematika by vyžadovala přesnější posouzení pomocí výpočtů, aby se přesně navrhly jednotlivé prvky s reálnými hodnotami půdorysných rozměrů, tloušťkách materiálů a délkách náběhů.

Pro základní představu řešení uložení ocelových příhradových vazníků zde jsou představeny následující varianty.

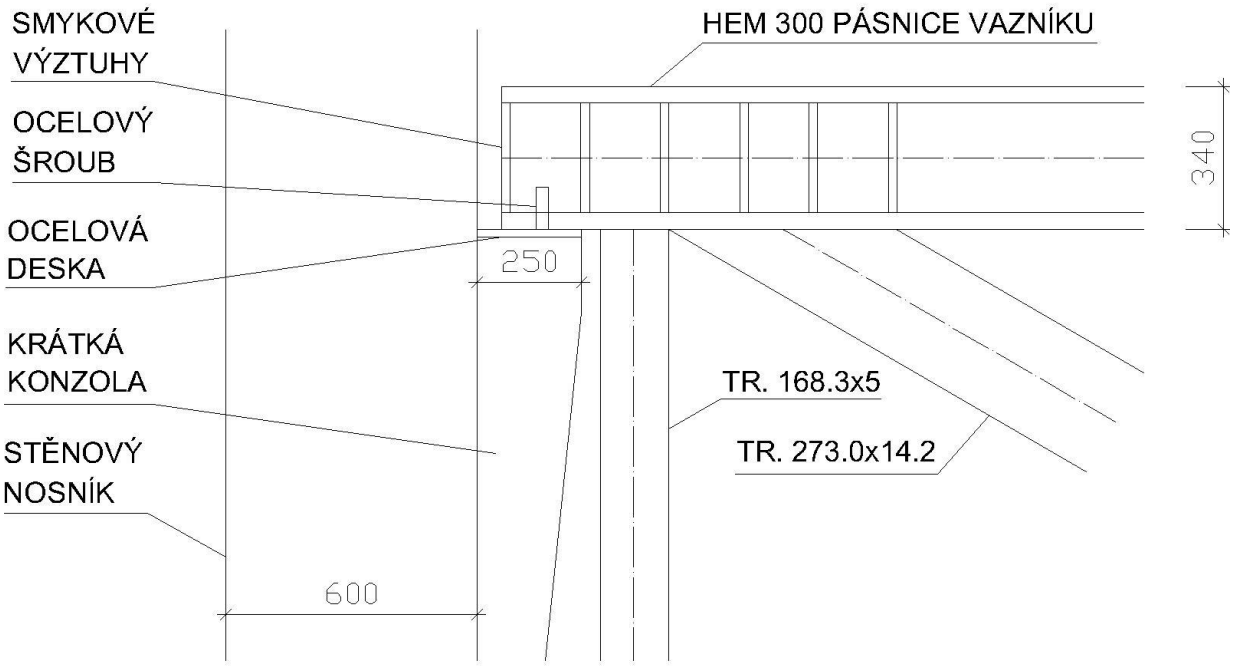
6.8.1 Uložení na čep

V místě uložení horní pásnice vazníku se silně vyarmuje rozsáhlá oblast ve stěnovém nosníku. K výztuži stěnového nosníku se přivaří ocelový profil umožňující čepový spoj mezi konstrukcemi, na který se uchytí pásnice vazníku. Pokud by tloušťka stojiny profilu HEM 300 nebyla dostatečná, provedlo by se lokální zesílení v blízkosti čepového spoje. Ocelový plech vystupující ze železobetonového nosníku by se zkonstruoval jako dvoustřižný, aby konstrukci nenamáhalo kroucení vlivem imperfektního uložení.



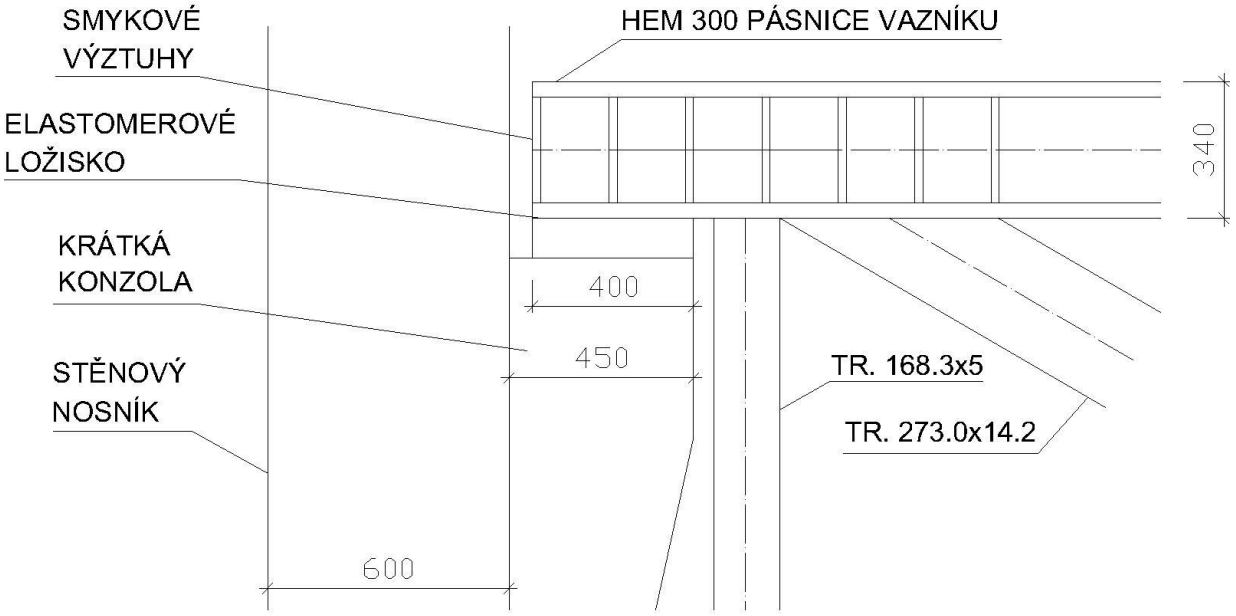
6.8.2 Uložení na šrouby

Pásnice se uloží na krátkou konzolu, ta pro přenesení zatížení bude vybetonovaná přes celou výšku 6. NP. Směrem k uložení se konzola rozšíří a na její vrchní stranu se do betonu pomocí chemického kotvení osadí dva ocelové šrouby, které budou zajišťovat polohu vazníku. Pásnice se osadí na ocelovou desku uchycenou na betonové konzoli, aby se zatížení roznášelo rovnoměrně a nedošlo k lokálnímu drcení betonu.



6.8.3 Uložení na elastomerové ložisko

Elastomerové ložisko by bylo uloženo opět krátké konzole a ta by se i v tomto případě betonovala přes celé podlaží. Vzhledem k vysokému zatížení musí ložisko mít půdorysné rozměry 400x500 mm a tloušťku přibližně 100 mm.

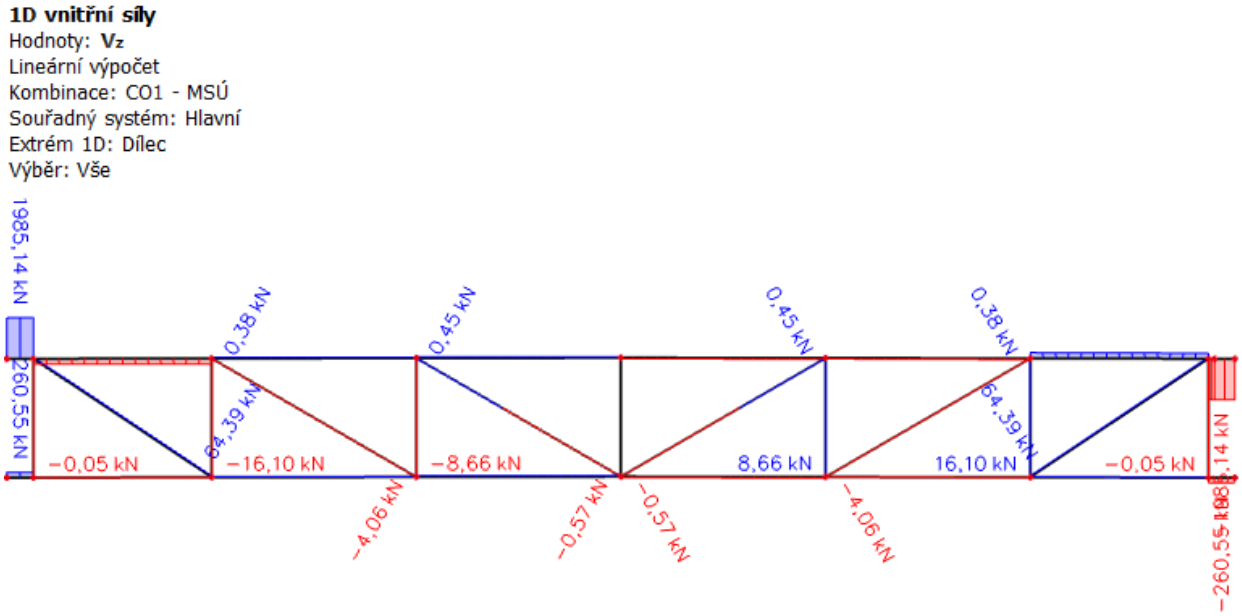


6.8.4 Finální varianta uložení

Pro podrobnější zpracování jsem vybral způsob uložení na elastomerové ložisko osazené na krátké konzole.

6.8.5 Návrh a statické posouzení uložení

Elastomerové vrstvené ložisko příčně pevné pro přenesení zatížení hodnot 2,5 MPa dosahuje půdorysných rozměrů 400x500 mm. Hlavní rozměry pak jsou 500x600 mm. V důsledku uložení vazníku na krátkou konzolu a velikosti elastomerového ložiska se krajní vertikála a diagonála posunou ke středu vazníku o 650 mm. Tím vzniknou posouvající a ohybové síly, které se musí posoudit.



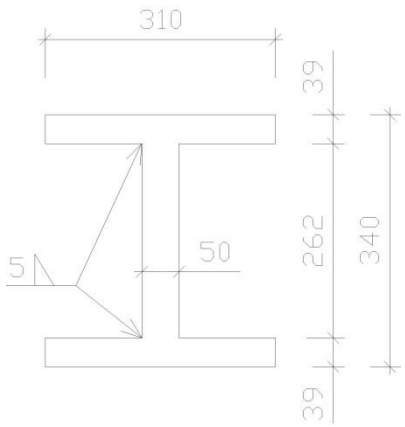
Posouzení na smyk

$$Ved = 2007{,}05\ kN \ldots horní\ pásnice \ldots HEM300$$

$$Vpl,rd = \frac{Av,1*(fy/\sqrt{3})}{\gamma M0} = \frac{7596{,}2*(355/\sqrt{3})}{1{,}0} = 1557\ kN \leq 2007\ kN = Ved$$

Podmínka není splněna

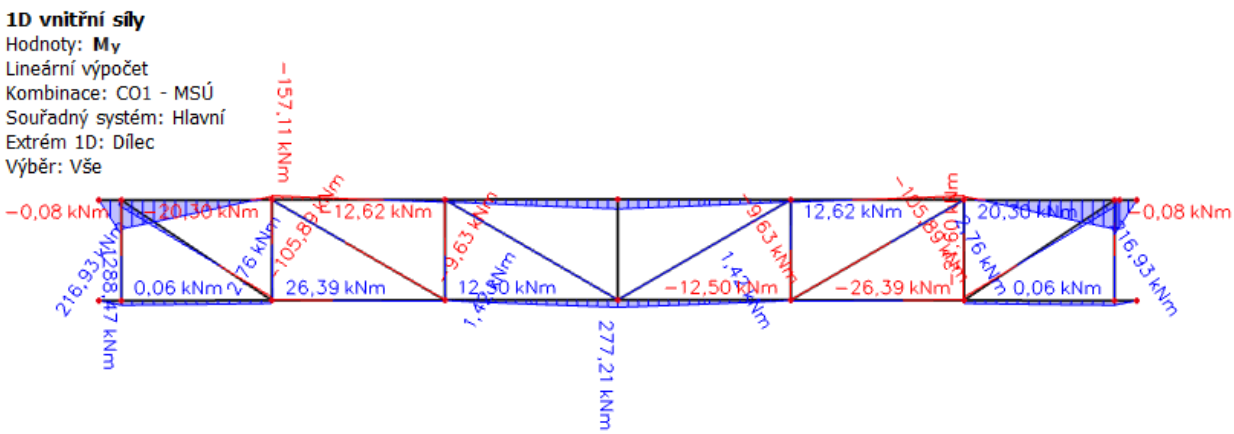
Na konzolu příhradové vazníku navrhuji svařovaný profil, který zachová výšku profilu HEM 300 i tloušťku pásnic, stojina bude zesílena, aby zajistila dostatečnou smykovou i redukovanou ohybovou únosnost. U prvků jejichž tloušťka překračuje hodnotu 40 mm, se uvažuje redukovaná mez kluz oceli. V tomto případě se jedná o redukci z fy = 355 MPa na fy = 335 MPa.



$$Av,2 = hw * tw = 340 * 50 = 17000mm^2$$

$$Vpl,rd = \frac{Av,2*(fy/\sqrt{3})}{\gamma M0} = \frac{17000*(335/\sqrt{3})}{1,0} = 3288\ kN \geq 1985,14\ kN = Ved$$

Podmínka splněna



Posouzení redukované ohybové únosnosti

$$Med = 1288,5\ kNm$$

$$Mpl,rd = \frac{Wpl*(1-\rho)*fy}{\gamma M0} = \frac{4497140*(1-0,043)*335}{1,0} = 1441,8\ kNm$$

$$Mpl,rd = 1441,8\ kNm \geq 1288,5\ kNm = Med$$

Podmínka splněna

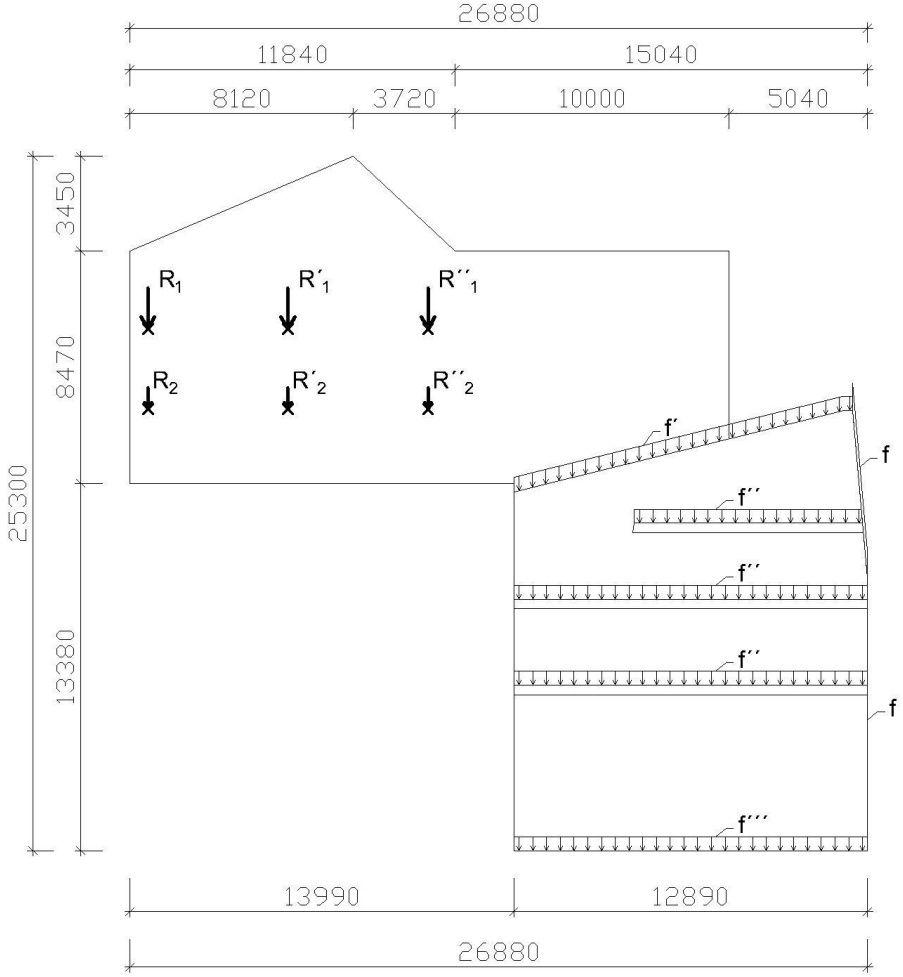
$$Wpl,y = \frac{b*h^2}{4} + bw * tf * (hw - tf) = \frac{50*262^2}{4} + 310 * 39 * (340 - 39) = 4497140mm^3$$

$$\rho = \left(\frac{2*Ved}{Vpl,rd} - 1\right)^2 = \left(\frac{2*1985,14}{3288} - 1\right)^2 = 0,043$$

6.9 Stěnový nosník

Tvar stěnového nosníku jsem zvolil tak, aby kopíroval obrys sousedního objektu, a jeho tloušťka činí 600 mm. Tuto hodnotu jsem zvolil inženýrským odhadem. Třída betonu by se určila na základě podrobného dimenzování, určitě by se však jednalo o vysokopevnostní beton. Pro následující výpočet jsem použil beton C35/45.

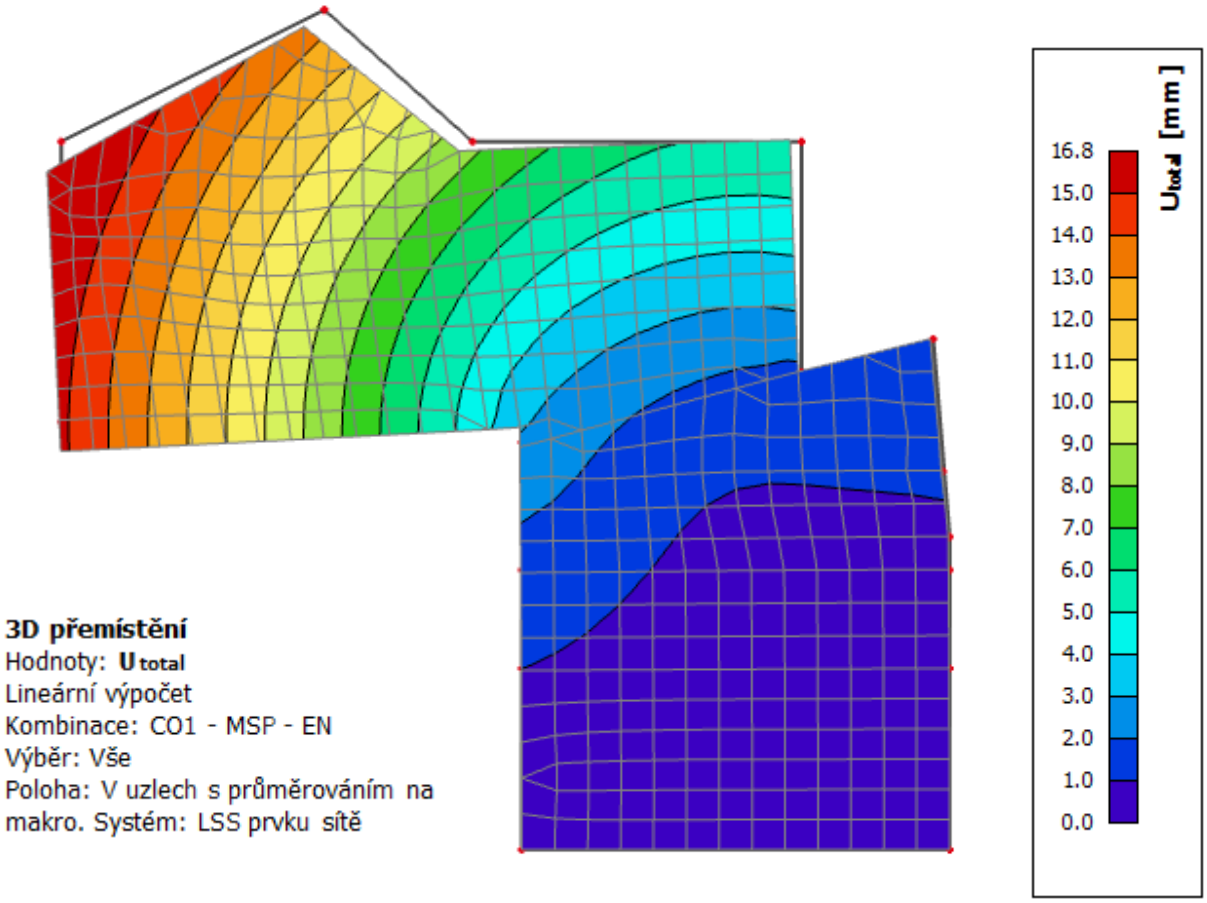
6.9.1 Maximální zatížení



Reakce od příhradových vazníků (charakteristické hodnoty):

Stálé:	R_1 = 785 kN	R'_1 = 1215 kN	R''_1 = 1400 kN
	R_2 = 110 kN	R'_2 = 145 kN	R''_2 = 175 kN
Proměnné:	R_1 = 172 kN	R'_1 = 320 kN	R''_1 = 320 kN
	R_2 = 24 kN	R'_2 = 45 kN	R''_2 = 45 kN
Vítr sání:	R_1 = -15 kN	R'_1 = -33 kN	R''_1 = -30 kN
	R_2 = -0,1 kN	R'_2 = -0,2 kN	R''_2 = -0,2 kN
Vítr tlak:	R_1 = 7,5 kN	R'_1 = 17 kN	R''_1 = 15 kN
	R_2 = 0,05 kN	R'_2 = 0,1 kN	R''_2 = 0,1 kN
Sníh:	R_1 = 23 kN	R'_1 = 47 kN	R''_1 = 45 kN
	R_2 = 0,1 kN	R'_2 = 0,3 kN	R''_2 = 0,25 kN

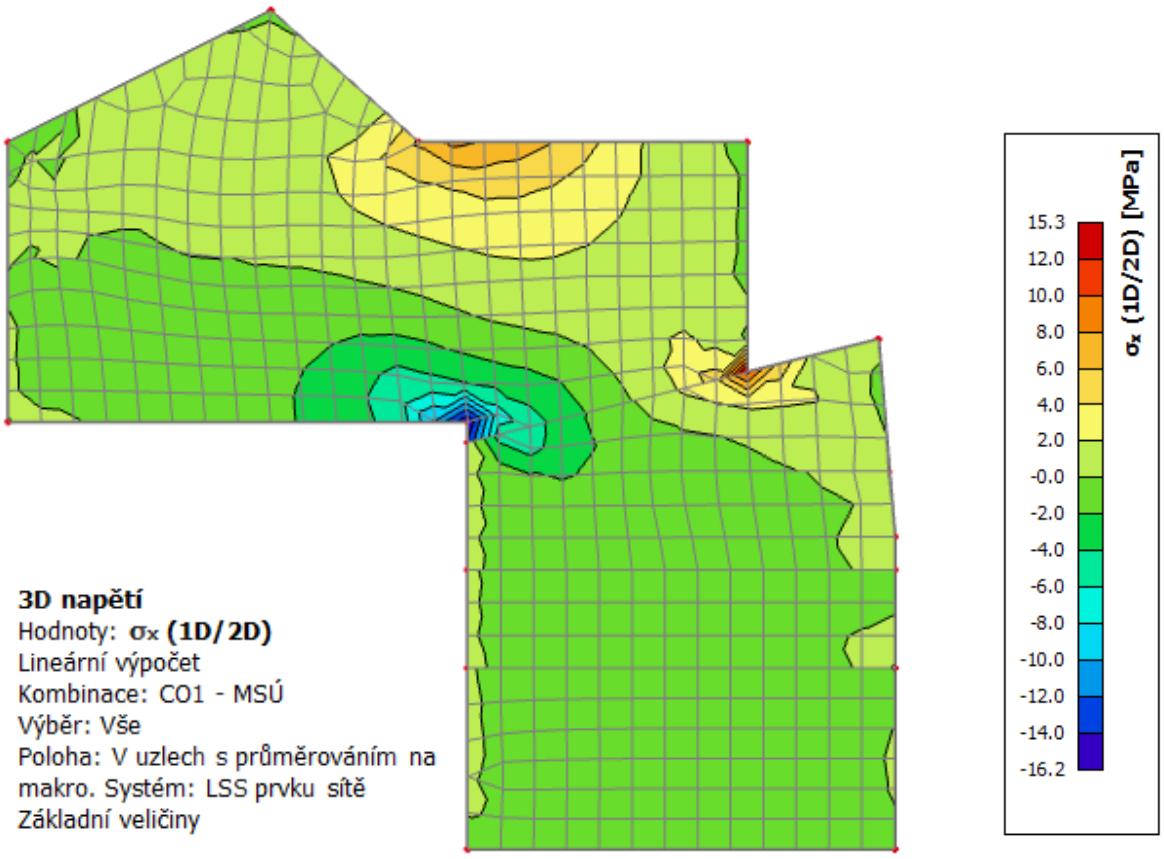
Zatížení stěnového vazníku vahou přístavby ve dvoře, užitným zatížením a větrem a sněhem.

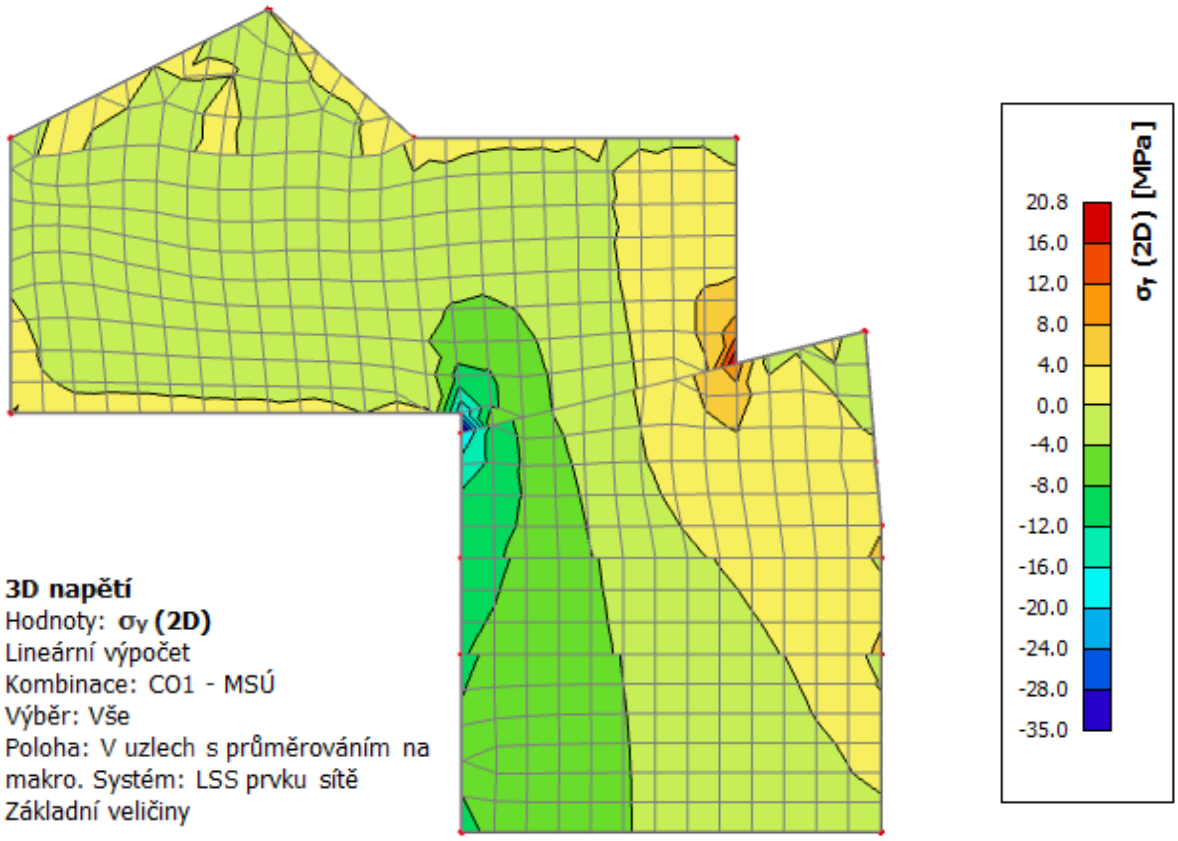


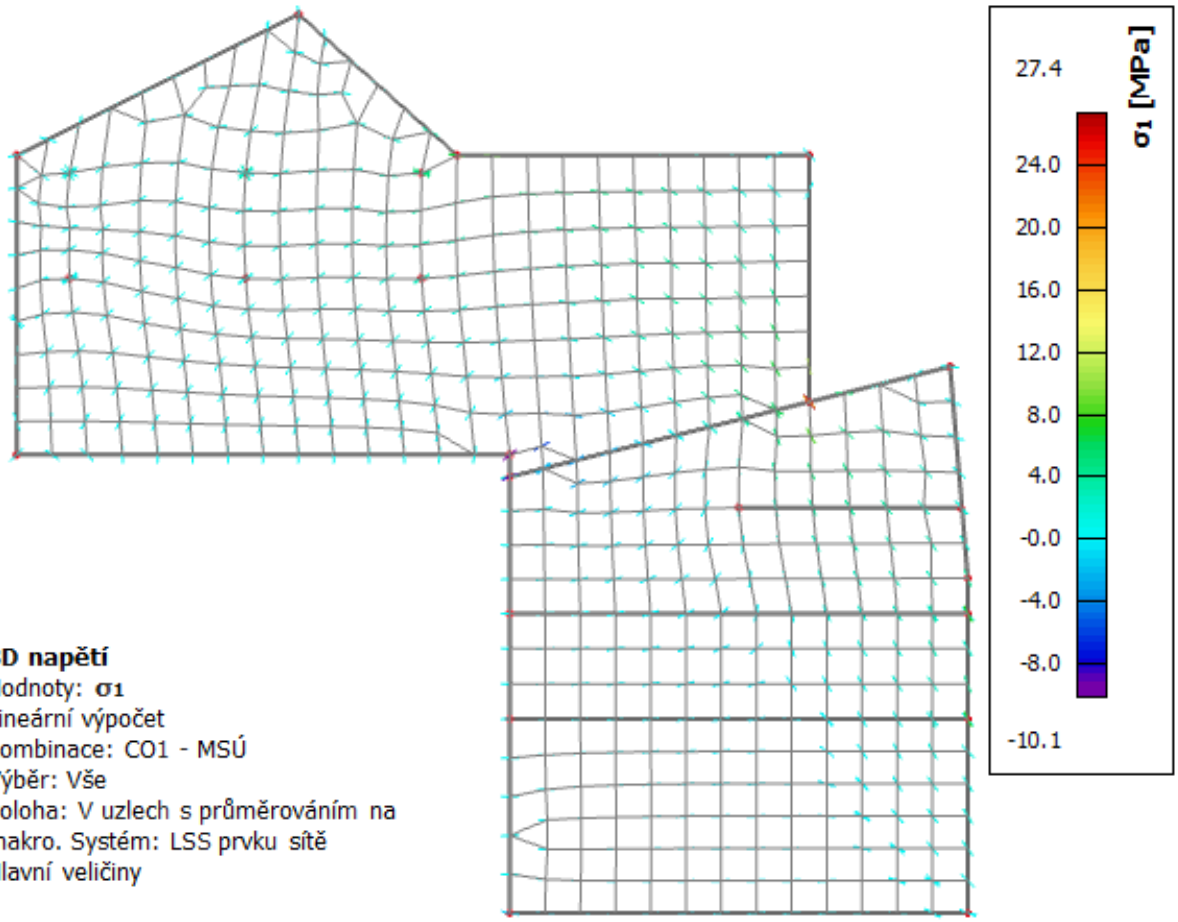
Posouzení MSP

$$\delta 2 = \frac{L}{600} = \frac{13990}{600} = 23{,}3mm \geq 16{,}8mm = \delta výpočtové$$

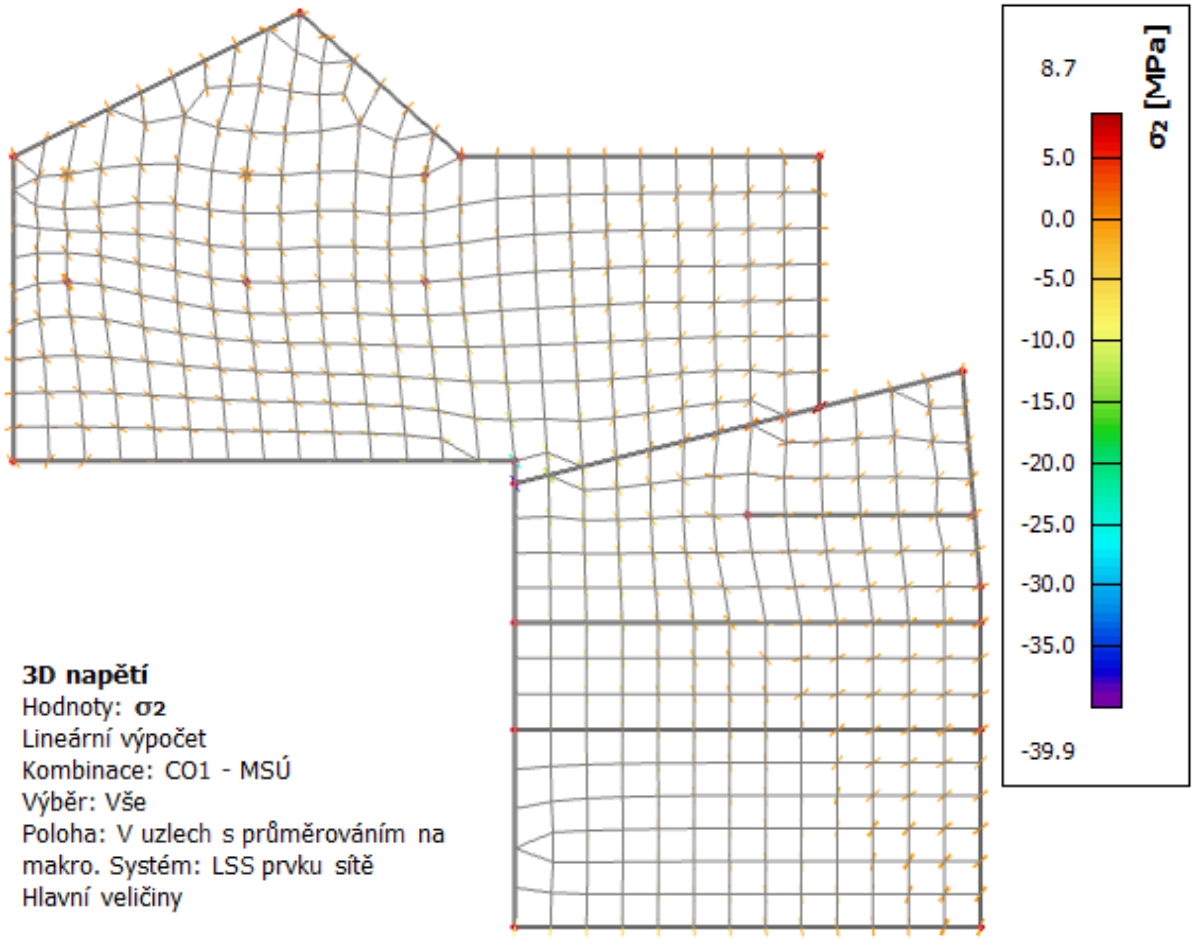
Podmínka je splněna


3D napětí
Hodnoty: σx (1D/2D)
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na
makro. Systém: LSS prvku sítě
Základní veličiny
σx (1D/2D) [MPa]
15.3
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
-0.0
-2.0
-4.0
-6.0
-8.0
-10.0
-12.0
-14.0
-16.2

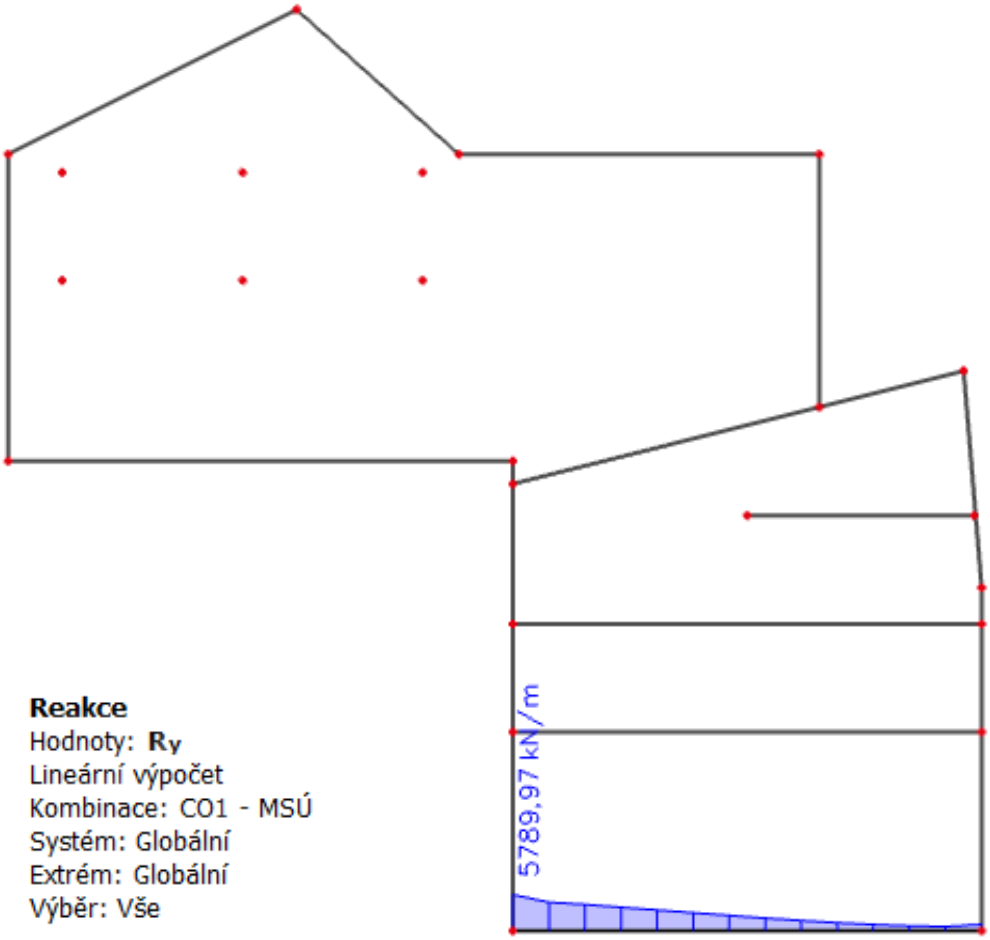

3D napětí
Hodnoty: σy (2D)
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na
makro. Systém: LSS prvku sítě
Základní veličiny
σy (2D) [MPa]
20.8
16.0
12.0
8.0
4.0
0.0
-4.0
-8.0
-12.0
-16.0
-20.0
-24.0
-28.0
-35.0



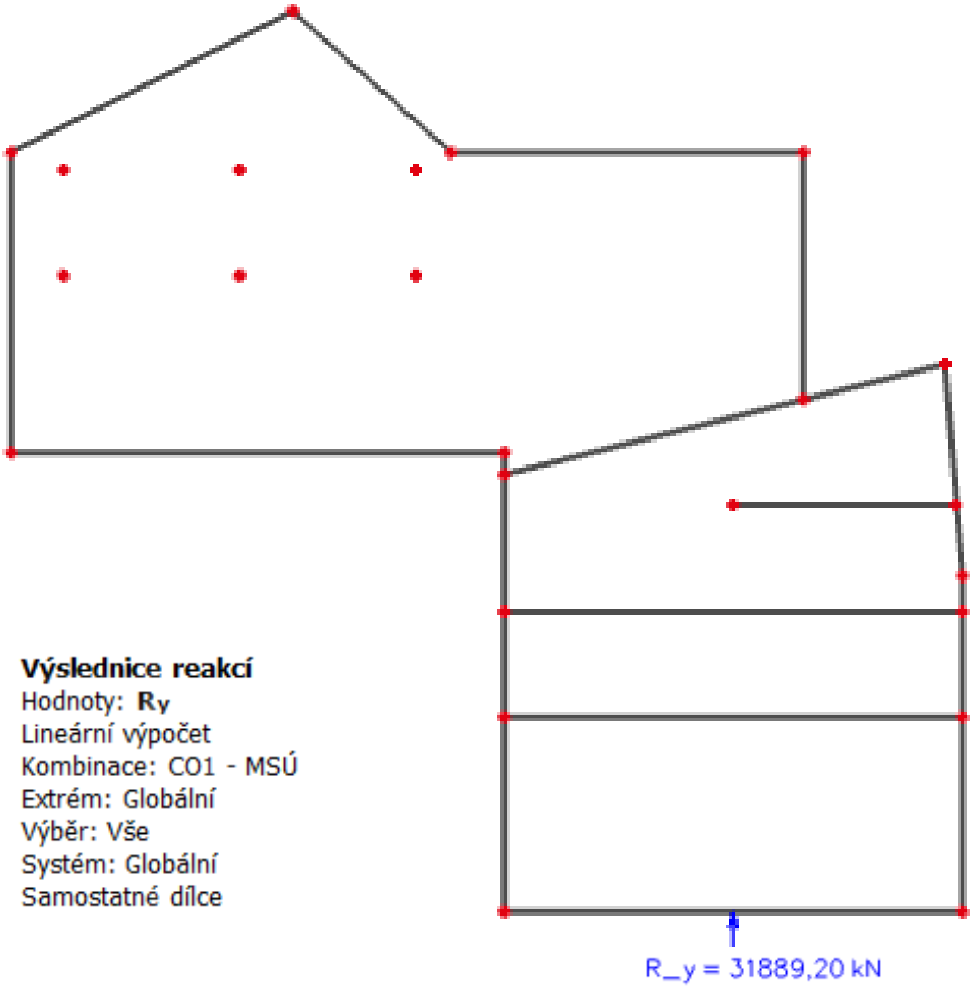
3D napětí
Hodnoty: **σ1**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
Hlavní veličiny



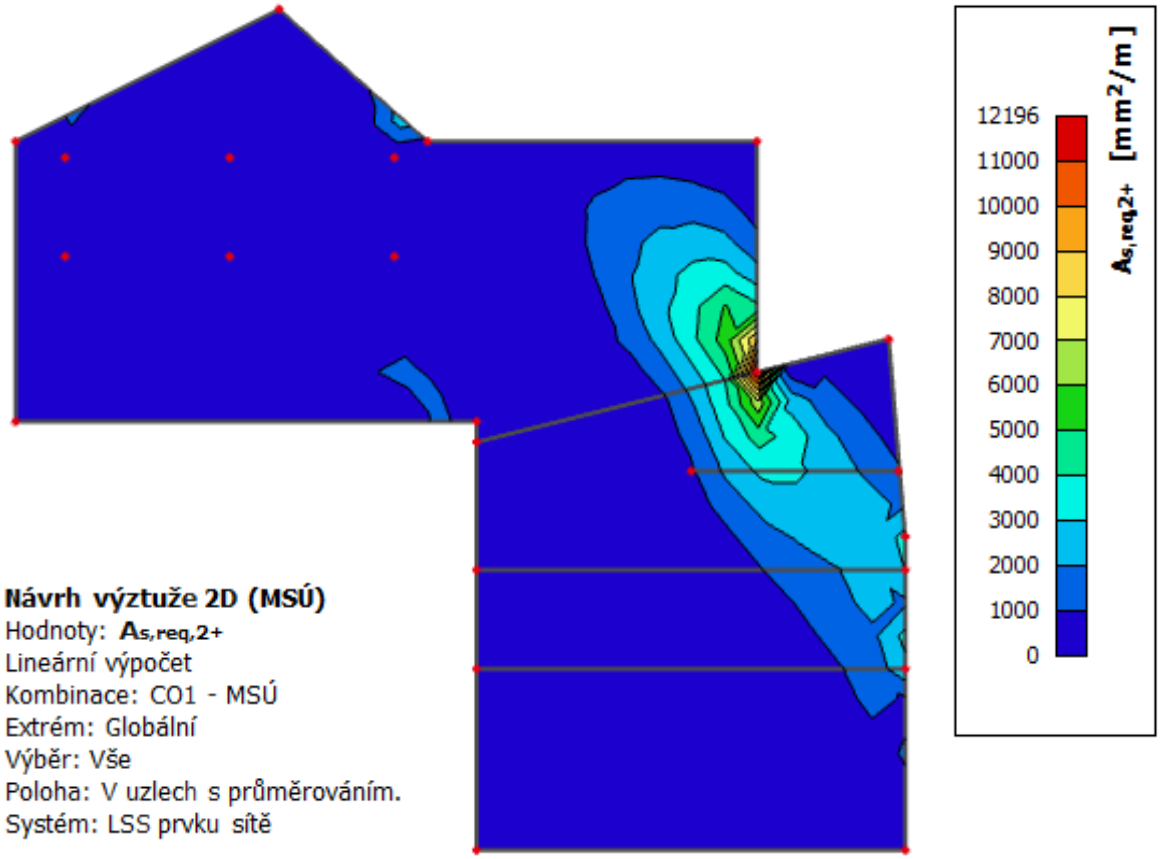
3D napětí
Hodnoty: **σ2**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
Hlavní veličiny



Reakce
Hodnoty: **Ry**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše



Výslednice reakcí
Hodnoty: **Ry**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Systém: Globální
Samostatné dílce



Konstrukční zásady pro stěny

Svislá výztuž

Minimální plocha výztuže $\geq 0{,}002Ac = 0{,}002 * 600 * 1000 = 1200mm^2/m$

Podmínka splněna

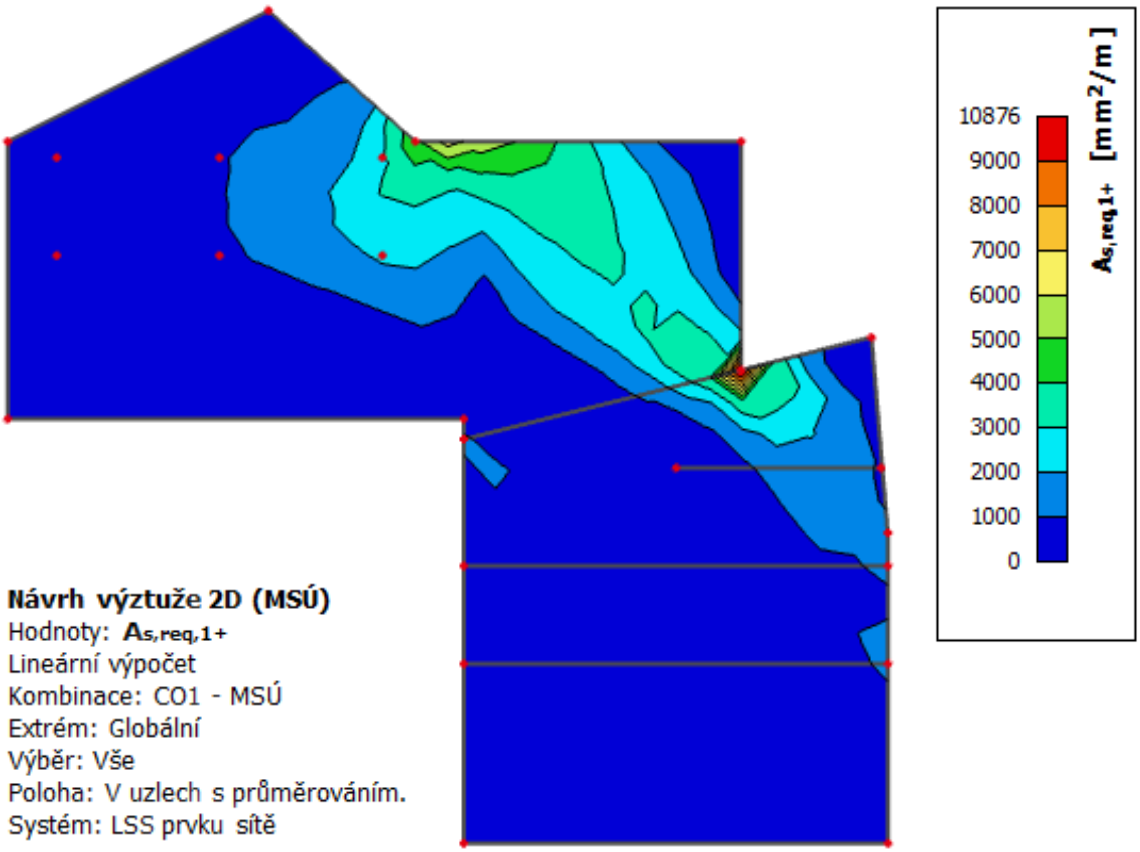
Maximální plocha výztuže $= 0{,}04Ac = 0{,}04 * 600 * 1000 = 24000mm^2/m$

Podmínka není splněna, požadavek na množství výztuže je pouze pro „horní“ stranu stěnového vazníku. Při „spodním“ je hodnota stejná. Norma však předepisuje celkové možné množství. Nosník by bylo nutné upravit, aby vyhověl.

Osová vzdálenost $\leq 3t = 3 * 600 = 1800mm$

$\leq 400mm$

Podmínka splněna



Konstrukční zásady pro stěny

Vodorovná výztuž

Minimální plocha výztuže $= 25\%\ plochy\ sv.výzt. = 0{,}25 * 1200 = 300mm^2/m$

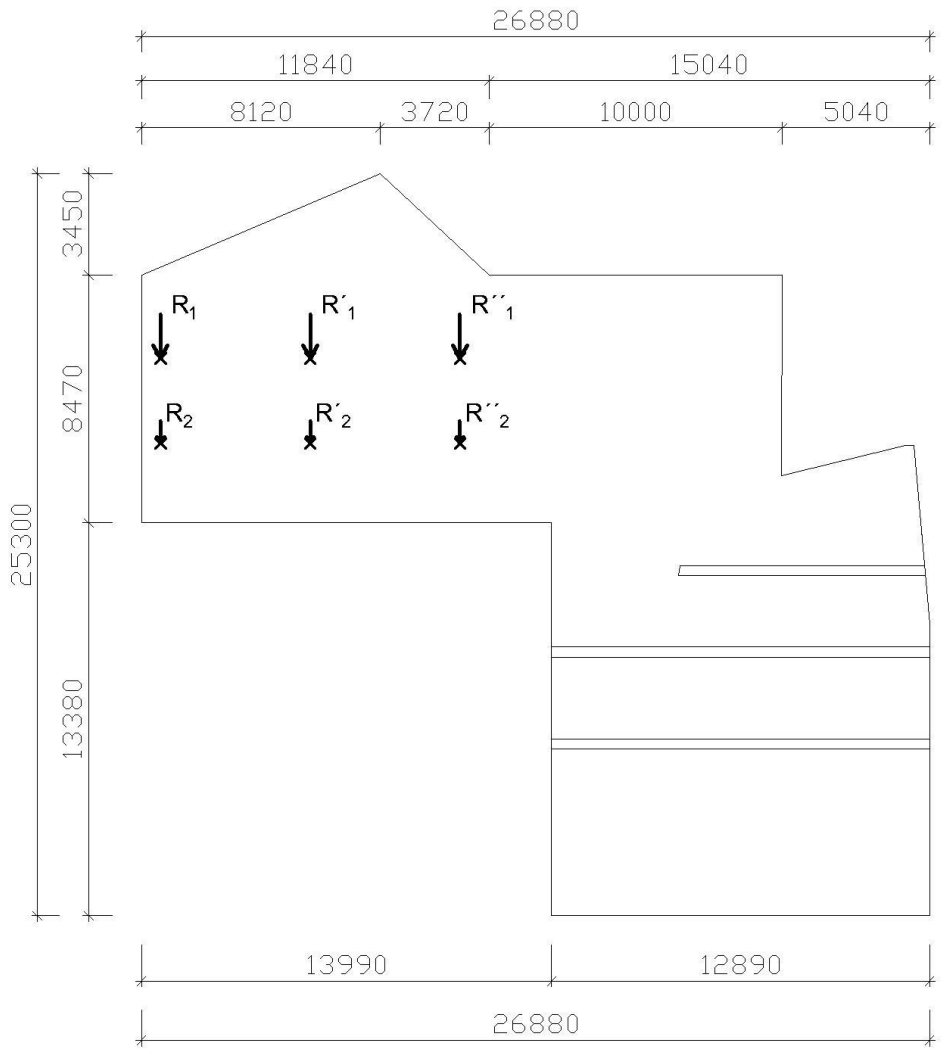
$\geq 0{,}001Ac = 0{,}001 * 600 * 1000 = 600mm^2/m$

Podmínka splněna

Osová vzdálenost $\leq 400mm$

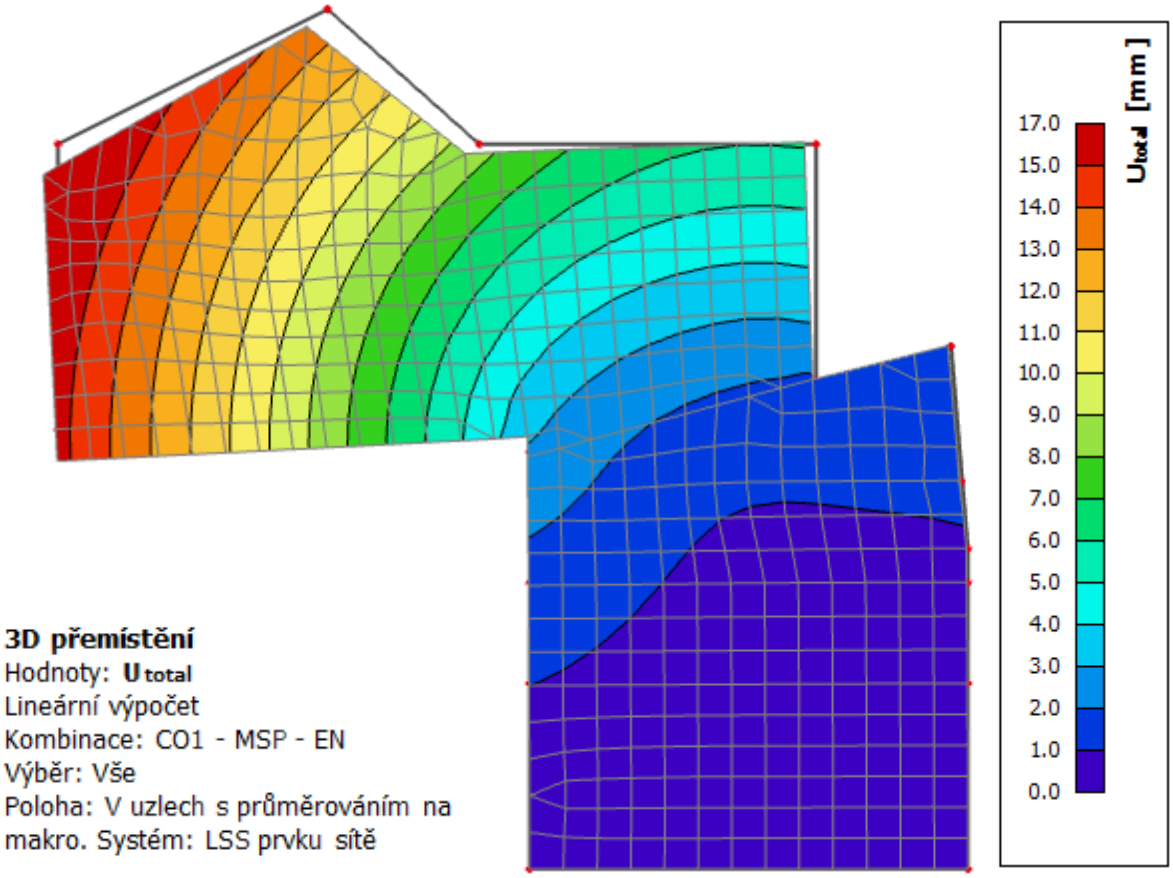
Podmínka splněna

6.9.2 Snížené zatížení



Velikosti reakcí od příhradových vazníků zůstávají na stejných hodnotách jako při plném zatížení stěnového nosníku.

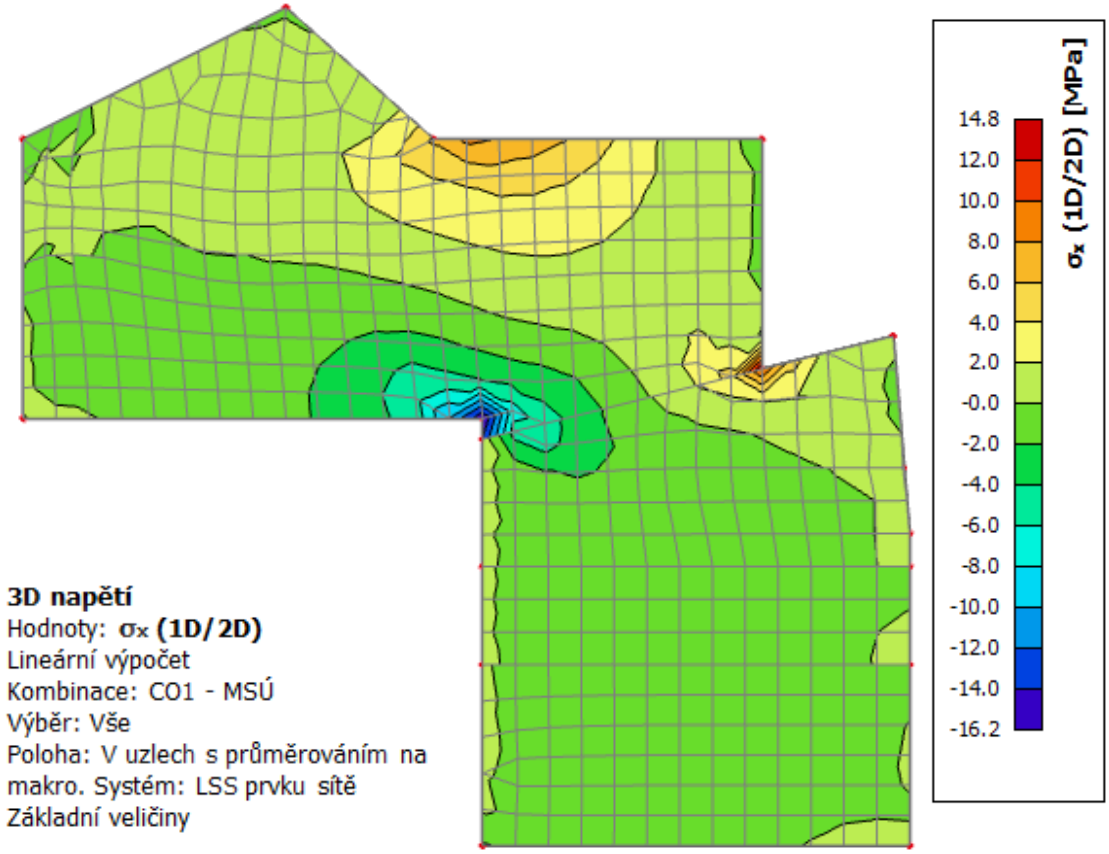
Stěnový nosník je dále zatížen pouze vahou přístavby ve dvoře, která je pro stálé zatížení působící příznivě zmenšena koeficientem 0,90.



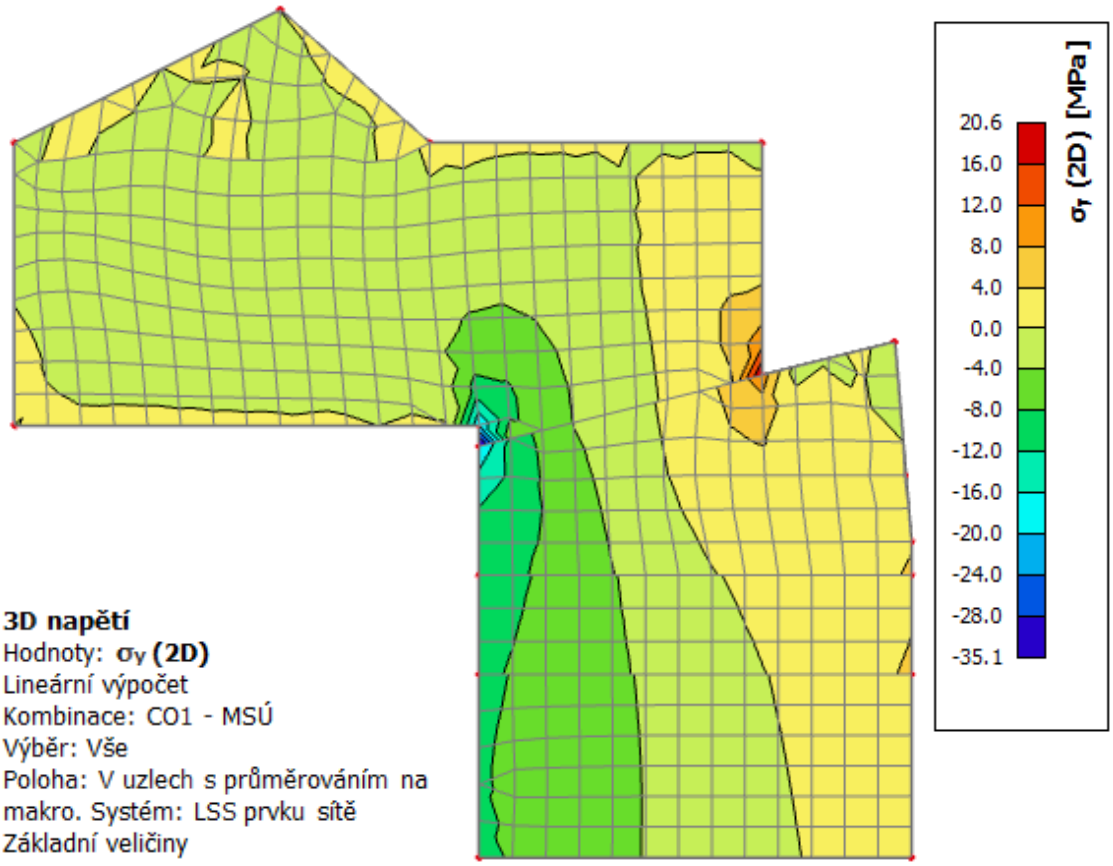
Posouzení MSP

$$\delta 2 = \frac{L}{600} = \frac{13990}{600} = 23{,}3mm \geq 17{,}0mm = \delta výpočtové$$

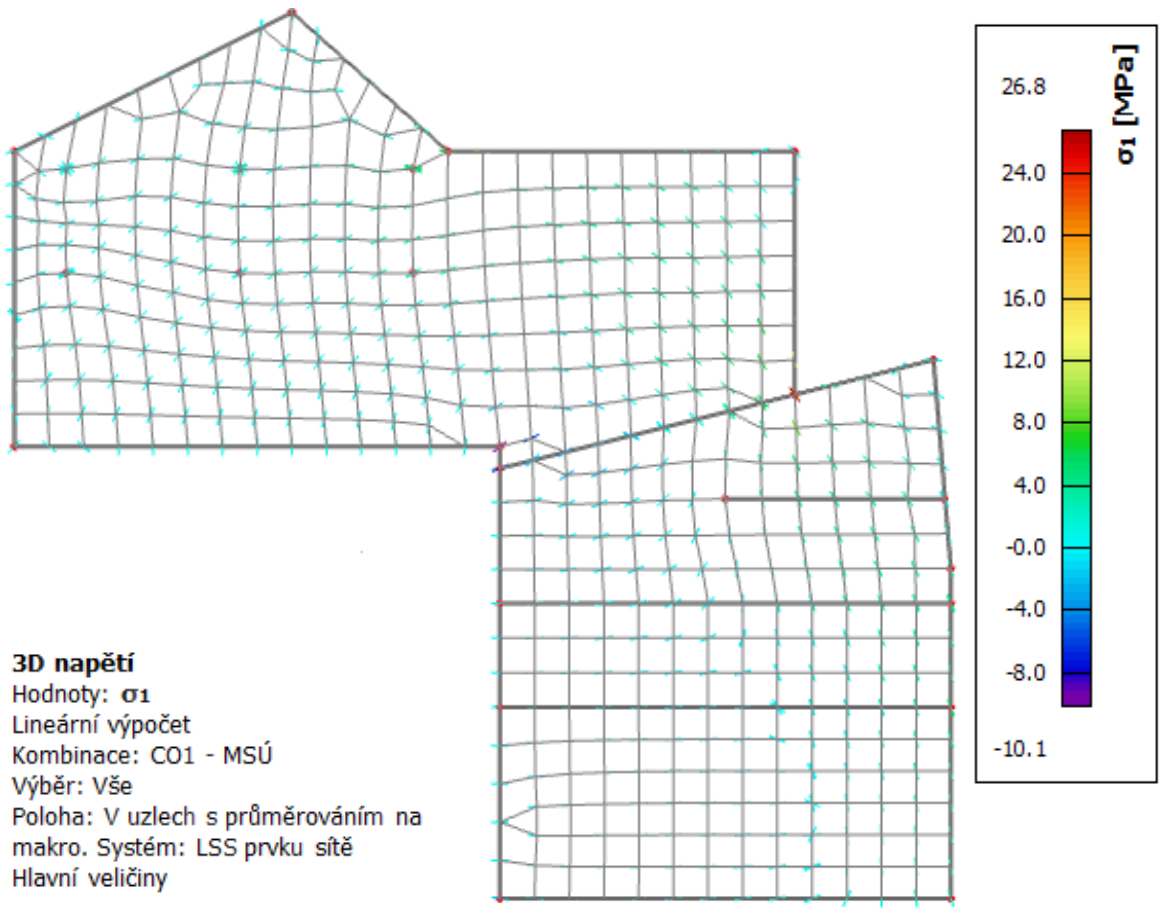
Podmínka je splněna



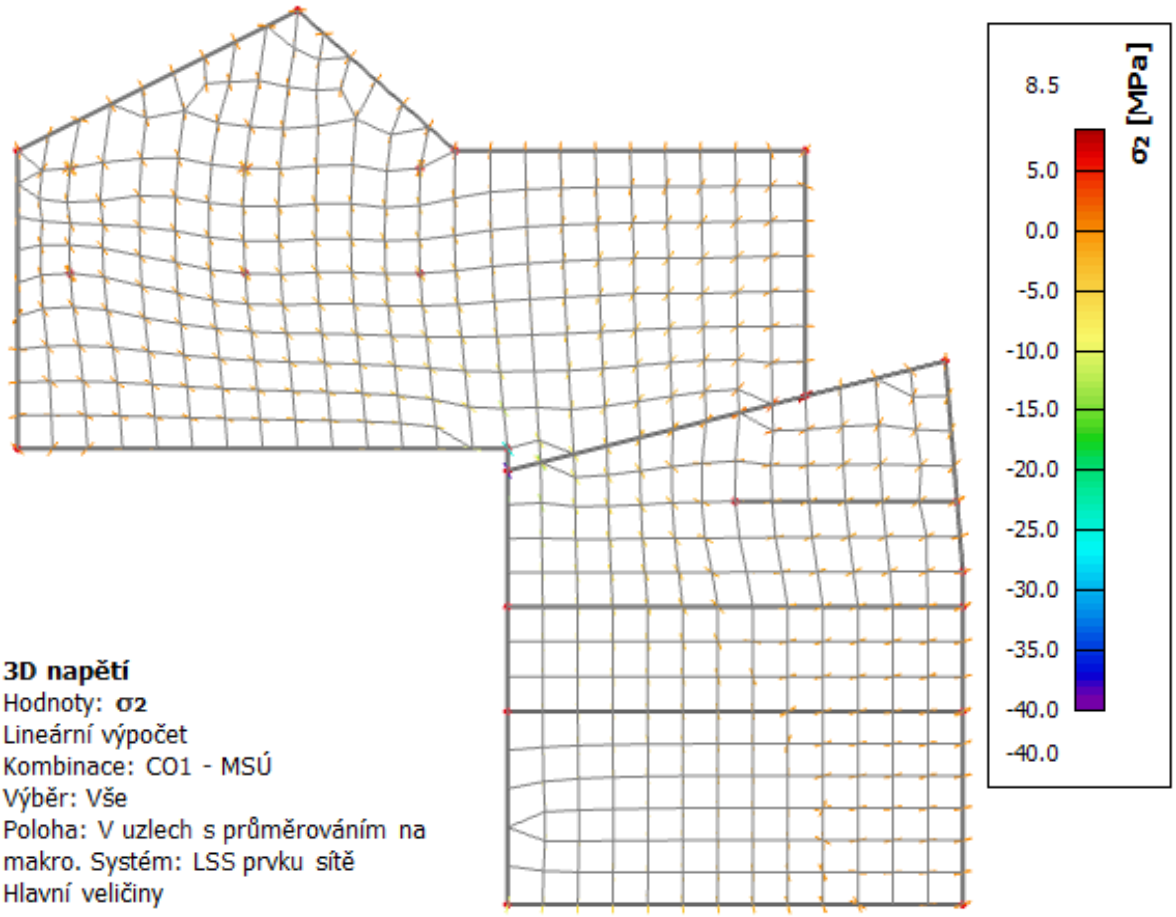
3D napětí
Hodnoty: **σx (1D/2D)**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
Základní veličiny



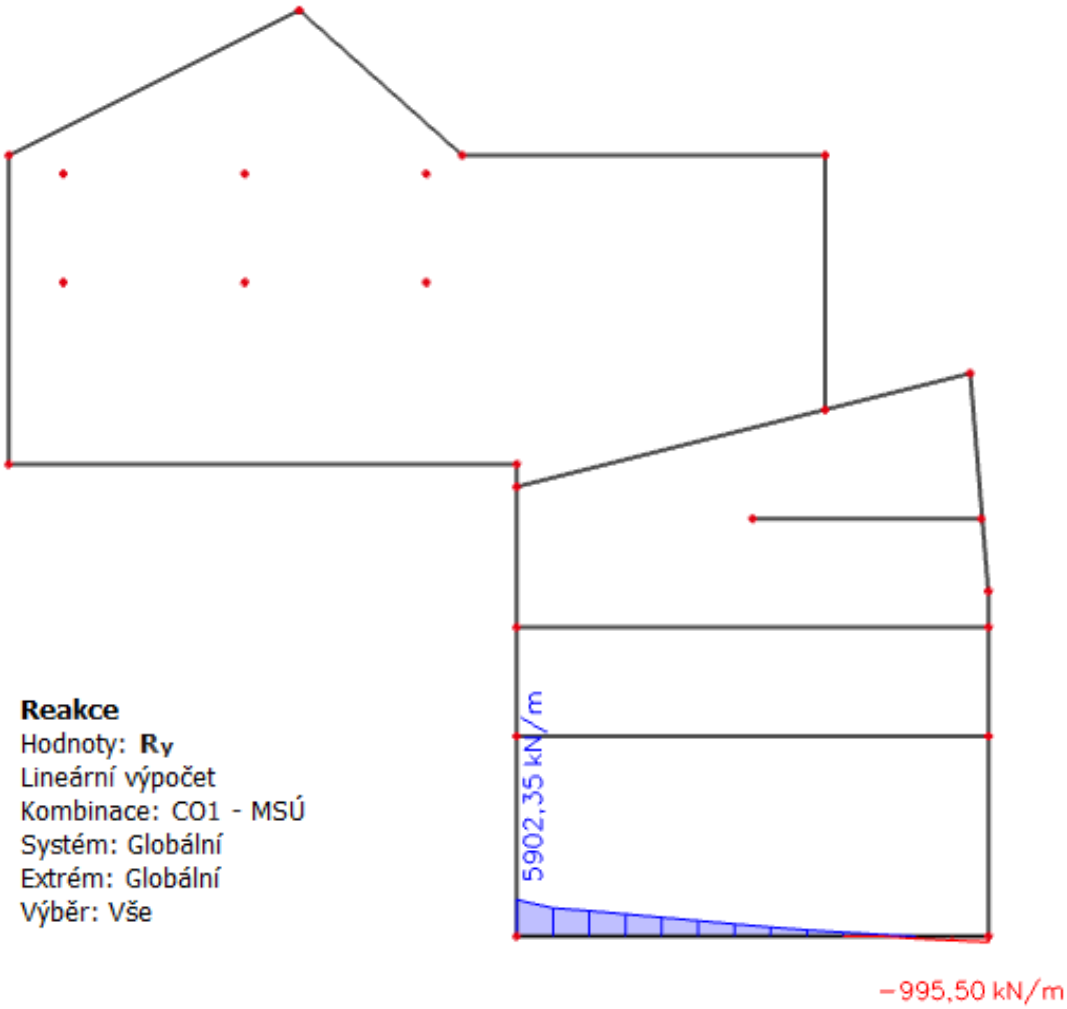
3D napětí
Hodnoty: **σy (2D)**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
Základní veličiny

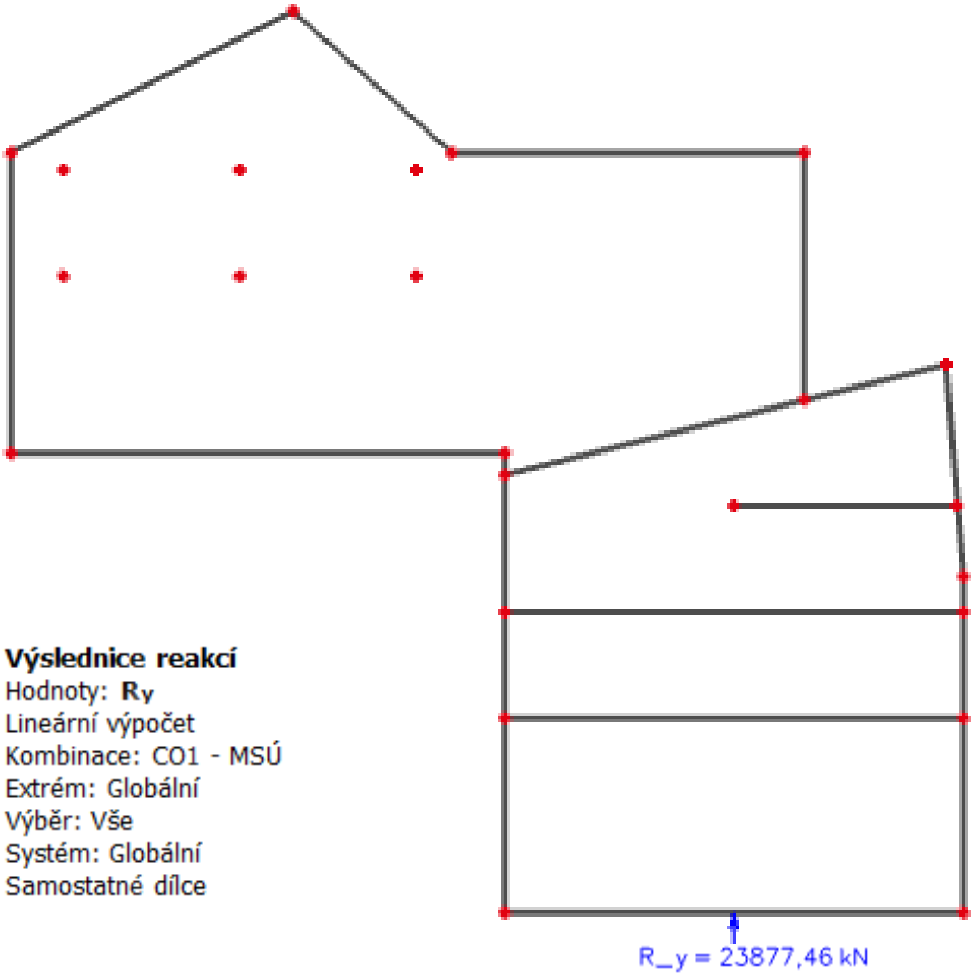


3D napětí
Hodnoty: σ_1
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
Hlavní veličiny



3D napětí
Hodnoty: σ_2
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
Hlavní veličiny


Reakce
Hodnoty: Ry
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše
5902,35 kN/m
−995,50 kN/m


Výslednice reakcí
Hodnoty: Ry
Lineární výpočet
Kombinace: CO1 - MSÚ
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Systém: Globální
Samostatné dílce
R_y = 23877,46 kN

7 Výkresová část

7.1 Půdorys 6.NP

7.2 Příčný řez

7.3 Podélný řez

7.4 Detail uložení vazníku

Závěr

V této práci jsem zpracoval rešerše konstrukcí nástaveb, jejichž dílčí části jsem využil při řešení nástavby objektu v ulici Na Valentince.

Představil jsem varianty provedení nástaveb s jejich výhodami a nevýhodami. Pro vybranou variantu jsem navrhl a posoudil hlavní nosné prvky. Stěžením bodem bylo dimenzování ocelových vazníků, které vynášejí celou konstrukci nad původními podlažími.

Výkresová část zahrnuje půdorys typického podlaží, příčný a podélný řez. Všechny řeší dispozici konstrukcí.

Ocelové vazníky by se dopravily k objektu v jednotlivých komponentech a na místě by se provedlo svaření prvků do požadované konstrukce.

Konstrukce stěnového vazníku by přinášela komplikace už při jeho zakládání. Vzhledem k významným zatěžovacím silám by bylo nutné založení na pilotové stěně, jednotlivé piloty by byly bezpochyby velkoprůměrové. Posuzovalo by se sedání, které by mělo negativní vliv na okolní budovy a možnost překlopení. Piloty na straně vzdálenější od nástavby by byly dimenzovány i na tahové síly. Pro zlepšení vlastností nosníku by se použil vysokopevnostní beton, nežádoucí průhyb konstrukce by se vyřešil pomocí nadvýšení konzoly stěnového nosníku a namáhání na tah by kompenzovalo předepnutí konstrukce v potřebných úsecích. Železobetonový stěnový nosník by mohl být v místě zalomení nad stávající objekt nahrazen ocelovou příhradovou konstrukcí s mohutnými diagonálními a vertikálními prvky. Tato ocelová konstrukce by byla uchycena na ocelové sloupy vetknuté do spodní části stěnového nosníku. Došlo by tak k odlehčení celé konstrukce nástavby a změně například uložení příhradových vazníků.

Založení a dimenzování stěnového nosníku se zde podrobně nevěnuji, to by bylo předmětem samostatné práce.

Prvky projektu, který jsem posoudil ve své práci, lze zrealizovat.

Zdroje

Zadávací studie

[1] Studie Bytový dům Valentinka, Petr Hájek Architekti, zájmová lokalita Praha 5, 2017

Použité normy

[2] ČSN EN 1990 ed. 2 (73 0002). *Eurokód 1: Zásady navrhován konstrukcí.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

[3] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.* Praha: Český normalizační institut, 2004.

[4] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.

[5] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.

[6] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2 (73 1201). *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

[7] ČSN EN 1993-1-1 ed. 2 (73 1401). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

[8] ČSN EN 1997-1 (73 1000). *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla.* Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.

Použitá literatura

[9] Antwerp Port House / Zaha Hadid Architects [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: https://www.archdaily.com/795832/antwerp-port-house-zaha-hadid-architects

[10] CaixaForum Madrid - art center - Herzog & de Meuron. Inexhibit [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: https://www.inexhibit.com/mymuseum/caixaforum-madrid-herzog-de-meuron/

[11] CaixaForum, Madrid - Herzog & de Meuron - Modern Extension - Rusted Steel - Interior Designer Antonia Lowe. Interior Designer Antonia Lowe - Interior Designer Antonia Lowe [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: http://antonialoweinteriors.com/caixaforum-madrid-herzog-de-meuron-modern-extension

[12] Construction underway at zaha hadid port house in antwerp. designboom magazine | your first source for architecture, design & art news [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: https://www.designboom.com/architecture/zaha-hadid-port-house-antwerp-nieuw-havenhuis-construction-12-03-2014/

[13] H.A.N.S. prefa, a.s. [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: http://www.hansprefa.cz/files/technicky-list-hce150.pdf

[14] Informace o objektu | Nahlížení do katastru nemovitostí. Nahlížení do katastru nemovitostí | Nahlížení do katastru nemovitostí [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: http://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=tbIr13y0d9cXB7YujFog5dhN15s4smnAtX0FaqhyyA97-e8VCDMDV-T9aSXiy9WYKLX57a6Jet1DZvyoooAE9ERLqqPZPNht9Q9ABTT5gAKT8hksN01h3OczzNPI1Qk8

[15] Izolační panel SLIM WALL® | Glassolutions. Redirecting to http://glassolutions.cz/cs [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: http://glassolutions.cz/cs/produkty/slim-wall-fasadni-panel ¨

[16] La Caixa Forum Madrid|Schnetzer Puskas Ingenieure. [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: http://www.schnetzerpuskas.com/en/project-selection/international-projects/la-caixa-madrid.html

[17] Listela s vlnkami HABITAT Waves Noce 7x50 cm | Keramika Soukup. Keramika Soukup - obklady a dlažby, koupelnové vybavení [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: https://www.keramikasoukup.cz/obklady-a-dlazby/listela-s-vlnkami-habitat-waves-noce-7x50-cm

[18] Nadokenní rolety Stakusit - kvalitní zastínění zejména pro novostavby. Isotra.cz - žaluzie a rolety ISOTRA [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: https://www.isotra.cz/nadokenni-rolety-stakusit

[19] Poster Caixa Forum [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: http://mech.fsv.cvut.cz/xkpa/wp-content/uploads/posters/poster01.pdf)

[20] Reuzegrote kraan moet Havenhuis mee vorm geven | Antwerpen | Regio | HLN. Home | HLN [online]. De Persgroep Publishing. Alle rechten voorbehouden [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: https://www.hln.be/regio/antwerpen/reuzegrote-kraan-moet-havenhuis-mee-vorm-geven~a7b4e779/

[21] Selektor - Rigips.cz. [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: http://www.rigips.cz/selektor/ [15] https://online.ferona.cz/detail/26293/profil-hea-valcovany-za-tepla-din-1025-3-hea-100

[22] Stříkaný beton (TORKRET) | NOVAKRAFT s.r.o.. Úvod | NOVAKRAFT s.r.o. [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: https://www.nova-kraft.cz/strikany-beton-torkret

[23] Victor Buyck Steel Construction, Steel at work. [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: http://www.victorbuyck.be/en/new-projects

[24] Zaha Hadid Architects, Fabrice Fouillet Port House Divisare . Divisare Atlas of Architecture [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: https://divisare.com/projects/346316-zaha-hadid-architects-fabrice-fouillet-port-house)

[25] Systém táhel DETAN | HALFEN s.r.o.[online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: http://www.halfen.com/cz/2156/produkty/system-tahel/system-tahel-detan/informace-o-produktech/?category=20

[26] Elastomerová ložiska | HELMOS [online]. [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: http://helmos.cz/produkty/elastomerova-loziska

Použitý software

[27] Autocad 2018

[28] SCIA Engineer 17.1

[29] Microsoft Office 2010