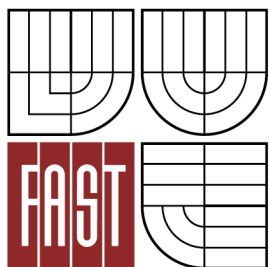




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VÍCEPODLAŽNÍ BUDOVA

MULTI-STOREY BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN HRYCÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL SÝKORA

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Martin Hrycík

Název Vícepodlažní budova

Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Sýkora

**Datum zadání
diplomové práce** 30. 9. 2013

**Datum odevzdání
diplomové práce** 17. 1. 2014

V Brně dne 30. 9. 2013

.....
doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

Podklady a literatura

1. Prostorové uspořádání vícepodlažní budovy.
2. ČSN EN 1993 (731401), Navrhování ocelových konstrukcí.
3. Literatura podle doporučení vedoucího diplomové práce.
4. Odborné publikace v časopisech a sbornících, které se vztahují k řešené problematice, podle doporučení vedoucího diplomové práce.

Zásady pro vypracování

Vypracujte návrh nosné ocelové konstrukce osmipodlažní administrativní budovy. Půdorysné rozměry administrativní budovy cca 15,0 x 54,0 m

Konstrukci navrhnete pro město Brno.

Konstrukci orientačně navrhnete v několika variantách, vybranou variantu podrobně rozpracujete.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva obsahující základní charakteristiky navržené konstrukce, požadavky na materiál, spojovací prostředky montáž a ochranu.
2. Statický výpočet hlavních nosných prvků a částí konstrukce.
3. Výkresová dokumentace obsahující zejména dispoziční výkres, výkres vybraných konstrukčních dílců, charakteristické detaily podle pokynů vedoucího diplomové práce.
4. Orientační výkaz spotřeby materiálu.
5. Specializace z oboru konstrukcí pozemních staveb.

dvanáctip

Předepsané přílohy

.....

Ing. Karel Sýkora
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem nosné ocelové konstrukce vícepodlažní administrativní budovy. Konkrétně se jedná o osmipodlažní ocelovou konstrukci obdélníkového půdorysu o rozměrech 15,4 x 54,4 metrů a výšce 29,2 metrů. Konstrukce je navržena pro lokalitu Brno. Statický výpočet je řešen kombinací ručního výpočtu a výpočtu pomocí programu Scia. Je navrženo konstrukční uspořádání, statické působení, rozbor zatížení, výpočet vnitřních sil, návrh dimenzí a řešení přípojů. Součástí práce je výkresová dokumentace. Konstrukce je navržena ve variantě s rámovými styčníky a variantě s kloubovými styčníky. Varianta s kloubovými spoji je dále podrobněji zpracována.

Klíčová slova

nosná ocelová konstrukce, vícepodlažní budova, administrativní budova, spřažený nosník, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, vnitřní síly, zatížení, statický výpočet

Abstract

Thesis deals with design of steel structure multi-storey office building. Specifically, it is the eight-storey steel structure of rectangular plan with dimensions of 15.4 x 54.4 m and a height of 29.2 meters. The structure is designed for the site Brno. Static calculation is solved by a combination of manual calculation and calculation using software Scia. It is designed structural arrangement, static action, load analysis, calculation of internal forces, the design of dimensions and connections solutions. Thesis includes drawing documentation. The structure is designed in a variant with a frame joints and in variant with articulated joints. Variant with articulated joints is further processed.

Keywords

steel construction, multi-storey building, office building, composite beam, the ultimate limit state, serviceability limit state, the internal forces, loads, structural analysis

...

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Martin Hrycík *Vícepodlažní budova*. Brno, 2014. 172 s., 13 s. příl. Diplomová práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí.
Vedoucí práce Ing. Karel Sýkora.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13.1.2014

.....
podpis autora
Bc. Martin Hrycík

Poděkování:

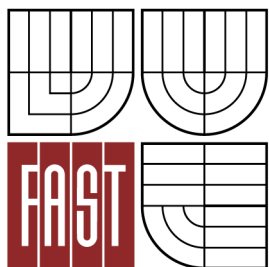
Chtěl bych poděkovat Ing. Karlu Sýkorovi za odborné vedení diplomové práce, za vstřícné jednání a cenné rady, které mi v průběhu zpracování práce podával.

Obsah diplomové práce:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet
3. Orientační výkaz materiálu
4. Specializace z pozemního stavitelství
5. Výkresová dokumentace



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VÍCEPODLAŽNÍ BUDOVA

TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN HRYCÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL SÝKORA

BRNO 2014

Obsah

Obsah.....	1
1 Obecné údaje.....	2
2 Normativní dokumenty	2
3 Předpoklady návrhu nosné konstrukce	2
4 Dispoziční řešení.....	3
5 Obecné konstrukční řešení.....	4
6 Střešní konstrukce	4
7 Stropní konstrukce	5
8 Sloupy	6
9 Kotvení sloupů	7
10 Svislá ztužidla	7
11 Materiál	7
12 Ochrana konstrukce proti korozi	8
13 Opláštění budovy a stavebně technické řešení.....	8
14 Popis statického řešení konstrukce.....	9
15 Montážní postup	9
16 Hmotnost konstrukce.....	9

1 Obecné údaje

Práce se zabývá návrhem nosné ocelové konstrukce vícepodlažní administrativní budovy. Konkrétně se jedná o osmipodlažní ocelovou konstrukci obdélníkového půdorysu o rozměrech 15,4 x 54,4 metrů a výšce 29,2 metrů. Půdorys je řešen jako podélný trojtrakt. Přesné tvarové řešení je patrné z výkresové dokumentace.

Konstrukce je navržena pro lokalitu Brno.

2 Normativní dokumenty

Nosná ocelová konstrukce vícepodlažní budovy byla navržena v souladu s těmito platnými normativní dokumenty:

- ČSN EN 1990 „Zásady navrhování konstrukcí“
- ČSN EN 1991 „Zatížení konstrukcí“
- ČSN EN 1993 „Navrhování ocelových konstrukcí“
- ČSN EN 1994 „Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí“
- ČSN 01 3483 „Výkresy kovových konstrukcí“

3 Předpoklady návrhu nosné konstrukce

- Statické posouzení objektu bylo provedeno dle ČSN EN 1993 „Navrhování ocelových konstrukcí“ na:
- **Mezní stav únosnosti** s uvažováním vlivu ztráty stability prvků na nejnepříznivější z kombinací návrhových hodnot zatížení, přičemž mezní hodnoty byly brány pro ocel S235.
- **Mezní stav použitelnosti** na nejnepříznivější hodnoty deformací z kombinací charakteristických hodnot zatížení, přičemž hodnoty materiálových vlastností byly uvažovány pro ocel S235.

Nosná ocelová konstrukce haly byla dimenzována na následující nahodilá zatížení:

- **Klimatické zatížení sněhem** s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem $s_k = 1,0$ kPa odpovídající II. sněhové oblasti ČSN EN 1991-1-3.
- **Klimatické zatížení větrem** se základní rychlostí větru $V_{b,0}=22,5$ m/s² odpovídající větrové oblasti I podle ČSN EN 1991-1-3, byla uvažována kategorie terénu III.
- **Užitné zatížení stropů** - kategorie B - kancelářské plochy, ke kterému je přičteno přídatné zatížení od přemístitelných příček
- **Užitné zatížení střechy** - kategorie H
- Žádná další nahodilá zatížení nebyla uvažována a nosné konstrukce tudíž nejsou na jejich přenos dimenzovány.

4 Dispoziční řešení

Vnější půdorysné rozměry objektu jsou 15,4 x 54,4 metrů. Dispoziční řešení je dáno modulovou sítí, kde podélné modulové osy A - B - C - D jsou ve vzdálenostech 6 metrů, 3 metry a 6 metrů. Mezi modulovými osami 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 v příčném směru je vzdálenostmi 6 metrů. Půdorys je v podélném směru rozdělen na tři trakty, kde střední trakt o šířce tři metry slouží jako hlavní chodba, krajní trakty slouží jako kancelářské a administrativní prostory. Kvůli větší variabilitě dispozice bude rozdělení administrativních prostor řešeno přemístitelnými příčkami.

Konstrukční výška jednotlivých podlaží je 3,6 metrů. Výška celé budovy s atikou je 29,2 metrů.

Objekt je osazen dvojicí výtahů samostatné nosné konstrukce s plochými lany, které nevyžadují konstrukci strojovny výtahu na střeše nebo pod úroveň nejnižšího podlaží. V objektu se nachází dvě schodiště, každé u jednoho výtahu. První schodiště s výtahem je prostoru mezi modulovými osami A - B, 3 - 4 a druhé mezi osami A - B, 7 - 8.

5 Obecné konstrukční řešení

Objekt je řešen jako ocelová konstrukce. Vodorovné prvky stropů a střechy - stropnice a průvlaky - jsou řešeny jako ocelobetonové spřažené prvky. Konstrukční systém je tvořen soustavou vzájemně kloubově připojených prvků. Prostorové ztužení objektu je navrženo pomocí soustavy trvalých ztužidel. Ke ztužení ve vodorovném směru v rovině stropní konstrukce jsou navržena vodorovná ztužidla pro montážní stav. V provozním stádiu je potom konstrukce dostatečně ztužena monolitickou spřaženou stropní deskou.

6 Střešní konstrukce

Nosná konstrukce střechy je řešena jako spřažná ocelobetonová konstrukce. Průvlaky profilu IPE 200 jsou v konstrukci umístěny v příčném směru budovy, v příčných modulových osách 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10. Průvlaky o délce 6 metrů, respektive 3 metrů ve středním traktu, jsou kloubově uloženy ke sloupům. Tyto spoje jsou řešeny pomocí kotevní čelní desky, která je přivařena k průvlaku. Kotevní deska je připojena ke konstrukci sloupu pomocí čtyř šroubů, konkrétní posudek spojů je obsažen ve statickém výpočtu. Průvlak je spřažen s monolitickou železobetonovou deskou.

V podélném směru jsou umístěny vaznice profilu IPE 120, které jsou od sebe vzdáleny 2 metry. Vaznice délky 6 metrů jsou kloubově uloženy na průvlaky, vaznice v modulové ose jsou kloubově uloženy na sloupy. Spoje jsou řešeny kotevní čelní deskou, podobně jako u průvlaků. Vaznice jsou také spřaženy s monolitickou železobetonovou deskou.

Jako bednění je použitý ocelový trapézový plech TR 60/250/0,75. Plech je posouzen na únosnost v montážním stádiu. Trapézový plech je k průvlakům a vaznicím připojen pomocí provaření kotevními ocelovými trny, které jsou k hlavím spřahovacím prvkům přivařeny pomocí el. svařování.

Monolitická železobetonová stropní deska je navržena jako spojitý nosník, kde její podpory tvoří vaznice - podrobněji ve statickém výpočtu. Je použit beton třídy C25/30, deska

je vyztužena KARI sítí z oceli B500, průměr 7 mm. Výška betonové desky nad vlnou je 60 mm.

Pro vodorovné ztužení střešní konstrukce pro montážní stádium jsou navržena ztužidla profil L 70/7. Ztužidla jsou kloubově připojena k průvlakům, rozmístění ztužidel je podrobně znázorněno ve výkresové dokumentaci.

Střešní konstrukce je řešena pomocí spádových klínů z tvrzeného extrudovaného polystyrenu EPS 100S. Odvodnění plochy střechy objektu je řešeno pomocí vnitřních vpustí navazujících na svislé interiérové dešťové svody. Spádové klíny z tvrzeného polystyrenu budou do betonové desky kotveny pomocí speciálních plastových kotev. Střešní konstrukce tohoto systému je pochůzná.

Hydroizolační vrstva střešní konstrukce je tvořena z dvou natavovaných živichých pásů Dekplan 76.

7 Stropní konstrukce

Nosná konstrukce stropu je řešena podobně jako konstrukce střechy jako spřažná ocelobetonová konstrukce. Průvlaky profilu IPE 270 jsou v konstrukci umístěny v příčném směru budovy, v příčných modulových osách 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10. Průvlaky o délce 6 metrů, respektive 3 metrů ve středním traktu, jsou kloubově uloženy ke sloupům. Tyto spoje jsou řešeny pomocí kotevní čelní desky, která je přivařena k průvlaku. Kotevní deska je připojena ke konstrukci sloupu pomocí čtyř šroubů, konkrétní posudek spojů je obsažen ve statickém výpočtu. Průvlak je spřažen s monolitickou železobetonovou deskou.

V podélném směru jsou umístěny stropnice, které jsou od sebe vzdáleny 2 metry. V konstrukci jsou navrženy dva různé profily stropnic. Pro krajní stropnici je použit profil IPE 120, Ostatní stropnice jsou profilu IPE 160. Stropnice délky 6 metrů jsou kloubově uloženy na průvlaky, vaznice v modulové ose jsou kloubově uloženy na sloupy. Spoje jsou řešeny kotevní čelní deskou, podobně jako u průvlaků. Stropnice jsou také spřaženy s monolitickou železobetonovou deskou.

Jako bednění je použitý ocelový trapézový plech TR 60/250/0,75. Plech je posouzen na únosnost v montážním stádiu. Trapézový plech je k průvlakům a vaznicím připojen

pomocí provaření kotevními ocelovými trny, které jsou k hlavním spřahovacím prvkům přivařeny pomocí el. svařování.

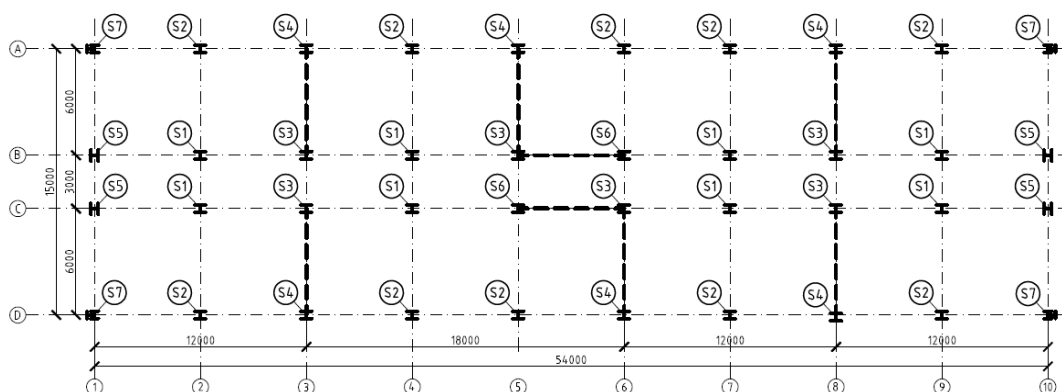
Monolitická železobetonová stropní deska je navržena jako spojitý nosník, kde její podpory tvoří stropnice - podrobněji ve statickém výpočtu. Je použit beton třídy C25/30, deska je vyztužena KARI sítí z oceli B500, průměr 7 mm. Výška betonové desky nad vlnou je 60 mm.

Pro vodorovné ztužení stropní konstrukce pro montážní stádium jsou navržena ztužidla profil L 70/7. Ztužidla jsou kloubově připojena k průvlakům, rozmístění ztužidel je podrobně znázorněno ve výkresové dokumentaci.

8 Sloupy

Hlavními nosnými prvky, které přenášejí svislá zatížení v konstrukci, jsou sloupy. Jsou navrženy jako ocelové profily HEB bez dalších úprav. Každý sloup je rozdělen na tři montážní díly. Dolní díl, který vede přes první dvě podlaží, má délku 8 metrů. Střední díl o délce 10,8 metrů protíná 3. - 5. podlaží. Horní díl mezi 6. - 8. podlažím má délku 10,1 metrů. Průřez každého sloupu je po výšce odstupňován. Montážní styky jsou umístěny 500 mm nad podlahou. Stykování sloupů je provedeno kontaktním spojením pomocí čelních desek a čtyř šroubů. Šrouby jsou pouze konstrukční.

V konstrukci je pro různá zatížení navrženo pět typů sloupů. První typ sloupu je vnitřní sloup bez ztužidla S1, který se po výšce skládá z profilů HEB 160, HEB 220 a HEB 240. Druhý sloup S2 je vnější sloup bez ztužidla složený z profilů HEB 160, HEB 180, HEB 220. Profily jsou dimenzované pro sloup na podélné straně budovy. Pro sloupy na příčné straně budovy S5 jsou použity stejné profily, které vzhledem k nižšímu zatížení nejsou ověřeny výpočtem. Další typ sloupu je vnitřní sloup s příčným ztužidlem S3, který je z profilů HEB 160, HEB 240 a HEB 300. Stejné průřezy se použijí u vnitřního sloupu s podélným ztužidlem S6.



9 Kotvení sloupů

Kotvení ocelového sloupu je navrženo klasicky pomocí patního plechu tloušťky 35 mm. Plech bude k ocelovému sloupu připojen ovařením dokola svarem o účinné výšce 5 mm. Podlité patky sloupu je navrženo v tloušťce 50 mm. Základová betonová patka je čtvercového půdorysu o rozměrech 1,8 x 1,8 metrů a výšce 0,8 metru. Beton patky je třídy C16/20. Patní plech je kotven pomocí dvou kotevních šroubů M20. Kotevní šrouby se provedou jako předem zabetonované s metrickým závitem. Kotevní šrouby jsou navrženy jako konstrukční. U všech druhů sloupů jsou použity stejné patní plechy a kotevní šrouby.

10 Svislá ztužidla

V příčném směru je navrženo šest svislých ztužidel, v podélné směru jsou dvě ztužidla. Umístění ztužidel je patrné z výkresové dokumentace. Pro diagonály ztužidel v příčném i podélném směru je navržen zdvojený profil 2 x L80/65/8. Diagonály jsou kloubově připojené k průvlaku. Spoj je realizován pomocí styčnickového plechu přivařeného k průvlaku a šroubového spoje třemi šrouby M20.

Diagonály svislého ztužidla jsou pro mezní stav únosnosti navrženy na přenos tahových sil, tlačená diagonála se neuvažuje, počítá se s jejím vybočením. Pro mezní stav použitelnosti se uvažuje jak s taženou, tak s tlačnou diagonálou.

11 Materiál

Pro návrh nosné konstrukce je použita válcovaná ocel S 235 J0 se zaručenou svařitelností.

Pro přípoje jsou navrženy šrouby jakostí 4,6 a 8,8.

12 Ochrana konstrukce proti korozi

Ocelová konstrukce musí být chráněna proti vlhkosti pomocí nátěrů. I ocelové prvky, které jsou opláštěné sádrokartonovými deskami, budou chráněny kompletním nátěrovým systémem.

- základní nátěr: HPS 3385
tloušťka suché vrstvy 90 μm , odstín šedá
- vrchní nátěr: ETERNAL ANTIKOR SPECIAL 101
tloušťka suché vrstvy 50 μm , odstín bílý
vrchní nátěr bude proveden dvakrát
- šrouby, matice a podložky budou galvanicky pozinkovány přímo ve výrobě
- trapézové plechy budou dodané v pozinkované úpravě

13 Opláštění budovy a stavebně technické řešení

Obvodový plášť je navržen ze stěnového fasádního systému Kingspan Optimo. Jedná se sendvičový panel se skrytým kotvením a jádrem z polyuretanu. Krycí vrstva panelu je z ocelového plechu tloušťky 0,7 a 0,4 mm. Tloušťka panelu je 100 mm. Nosnou konstrukci pláště tvoří tenkostěnné ocelové CW profily tl. 0,6 mm. Na straně interiéru jsou použity protipožární SDK desky Rigips RF. Prosklení obvodového pláště bude zajištěno plastovými okny s izolačním dvojsklem.

Interiérové sloupy jsou chráněny proti účinkům požáru opláštěním protipožárními sádrokartonovými deskami. Příčky v interiéru jsou lehké, přemístitelné ze sádrokartonu. Podhledy stropů jsou z protipožárních sádrokartonových desek Rigips RF 15, zavěšených na tenkostěnných R-CD profilech.

14 Popis statického řešení konstrukce

Statická analýza nosné ocelové konstrukce vícepodlažní administrativní budovy byla provedena kombinací ručního výpočtu a metodou konečných prvků programovým systémem Scia. Posouzení mezního stavu únosnosti i použitelnosti nosné konstrukce jako celku i jejich jednotlivých částí bylo provedeno podle normem ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí a ČSN EN 1994 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí, a to s uvážením globální i lokální ztráty stability prvků.

15 Montážní postup

V první fázi budou osazeny sloupy 1. PP, jejichž stabilita bude při montáži zajištěna provizorními montážními ztužidly. Následně budou osazeny průvlaky a ocelové nosníky spřažených stropnic. Poté se provede montáž stěnových ztužidel, čímž dojde k vytvoření tuhého celku. Další podlaží budou montovány obdobným způsobem. Stropní konstrukce bude pro montážní stav zajištěna vodorovnými ztužidly. Pokládka trapézového plechu a betonáž desky bude probíhat postupně v jednotlivých podlažích od spodního podlaží. Stropnice budou při betonáži podepřeny. Při montáži budou dodrženy veškeré požadavky na BOZP a všichni pracovníci budou seznámeni s pracovním postupem.

16 Hmotnost konstrukce

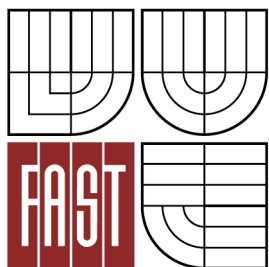
Hmotnost nosné ocelové konstrukce z oceli S235 je podle výkazu materiálu cca 214,1 t.

Tato hmotnost je pouze orientační.

Brno, prosinec 2013.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VÍCEPODLAŽNÍ BUDOVA

STATICKÝ VÝPOČET

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN HRYCÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL SÝKORA

BRNO 2014

1 Obsah

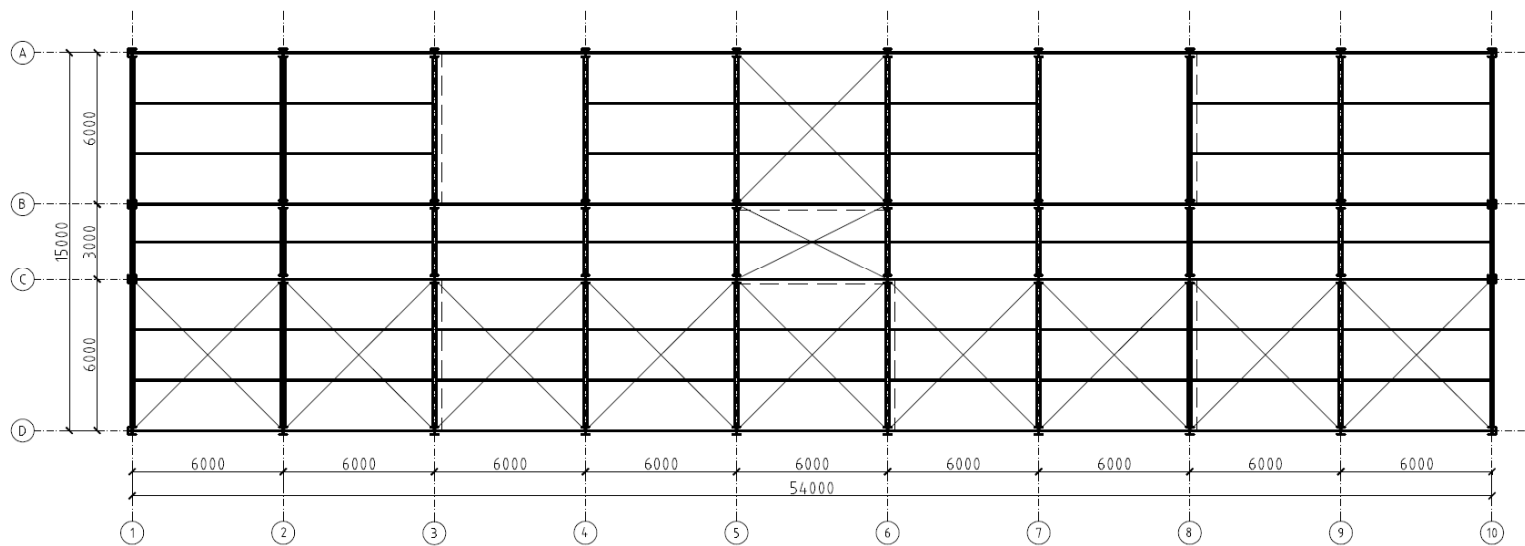
1	Obsah.....	1
2	Geometrie	4
2.1	Stropní konstrukce	4
2.2	Podélný řez	4
3	Zatížení.....	5
3.1	Stálé zatížení.....	5
3.2	Nahodilé zatížení	9
4	Stropní konstrukce.....	15
4.1	Trapézový plech	15
4.2	Stropní deska	18
4.3	Stropnice 1.....	23
4.4	Stropnice 2.....	31
4.5	Stropnice 3.....	34
4.6	Průvlak.....	39
5	Střecha.....	47
5.1	Vaznice 1	47
5.2	Vaznice 2, 3, 4	54
5.1	Vaznice 2, 3, 4	54
5.2	Průvlak.....	55
6	Sloupy.....	61
6.1	Rozdělení sloupů v půdorysu budovy	61
6.2	Vnitřní sloup S1.....	62
6.3	Krajní sloup - S2.....	71

6.4	Vnitřní sloup s příčným ztužidlem - S3.....	84
6.5	Krajní sloup s příčným ztužidlem - S4.....	88
7	Svislá ztužidla	97
7.1	Svislé ztužidlo - příčný směr	97
7.2	Svislé ztužidlo - podélný směr.....	101
8	Vodorovné ztužidlo	106
8.1	Podélné vodorovné ztužidlo - varianta 1	106
8.2	Příčné vodorovné ztužidlo - varianta 1	109
8.3	Podélné vodorovné ztužidlo - varianta 2	111
8.4	Příčné vodorovné ztužidlo - varianta 2.....	114
9	Varianta - rámy v příčném směru.....	116
9.1	Zatížení	117
9.2	Geometrie	119
9.3	Vzpěrné délky.....	121
9.4	Vnitřní síly.....	123
9.5	Posouzení únosnosti	125
9.6	Posouzení použitelnosti	131
10	Přípoje	132
10.1	Stropnice - průvlak.....	132
10.2	Průvlak - sloup	133
10.3	Sloup - sloup	134
10.4	Diagonála svislého ztužidla - sloup	135
10.5	Křížení diagonál svislého ztužidla	137
10.6	Kotvení vnitřního sloupu se ztužidlem	138
10.7	Svislé ztužidlo - pata sloupu	140

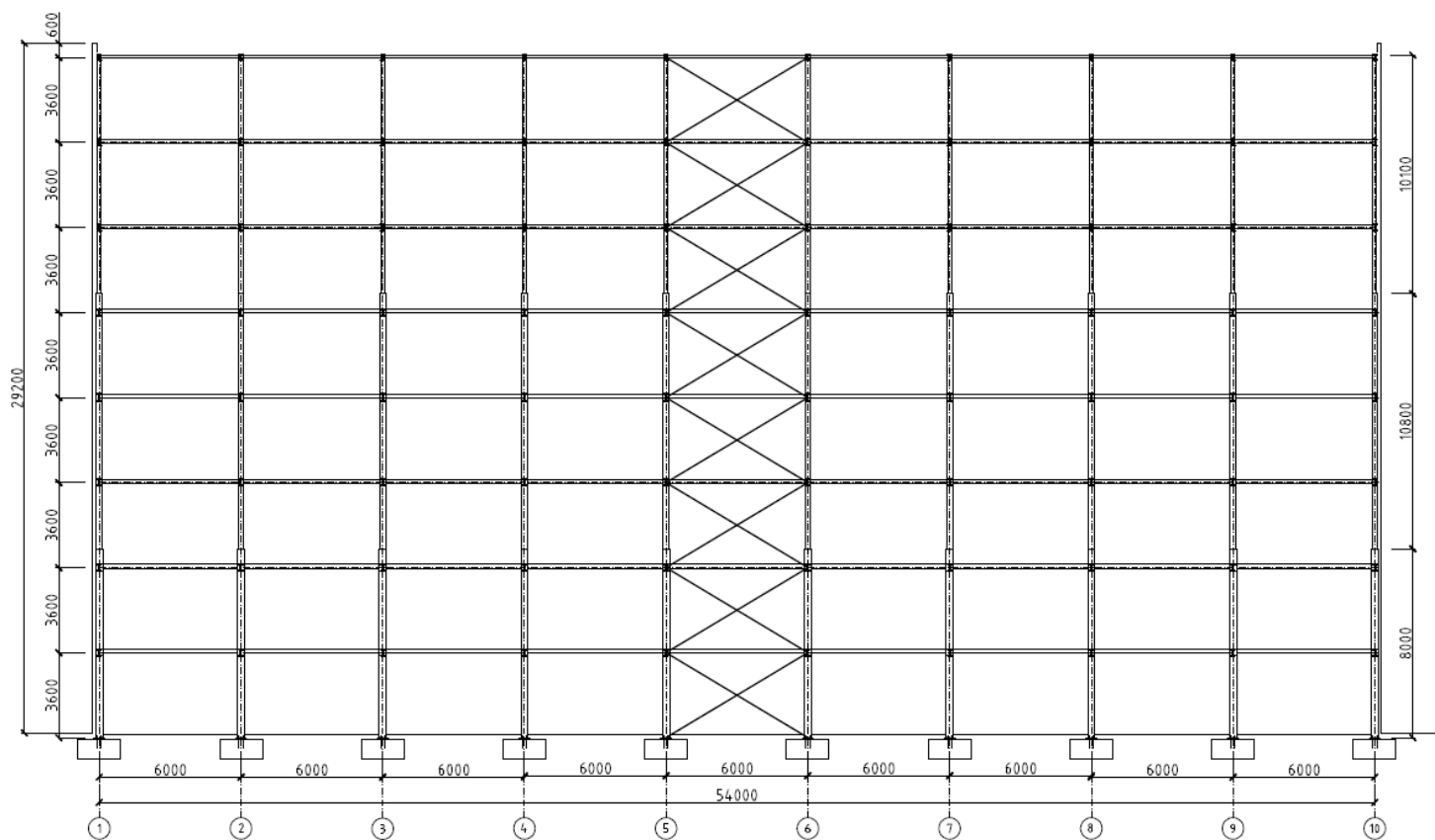
10.8	Diagonála vodorovného ztužidla - Průvlak.....	140
10.9	Křížení diagonály vodorovného ztužidla.....	142

2 Geometrie

2.1 Stropní konstrukce



2.2 Podélný řez



3 Zatížení

- Zatížení bylo počítáno podle ČSN EN 1991 „Zatížení konstrukcí“.

Bylo uvažováno 11 zatěžovacích stavů:

- Stálé zatížení

ZS1.	Vlastní tíha
ZS2.	Střešní plášť
ZS3.	Stropní konstrukce
ZS4.	Obvodový plášť
ZS5.	Příčka

- Nahodilé zatížení

ZS6.	Sníh
ZS7.	Příčný vítr
ZS8.	Podélný vítr
ZS9.	Užitné zatížení - strop
ZS10.	Užitné zatížení - střecha - osamělé břemeno
ZS11.	Užitné zatížení - střecha - plošné zatížení

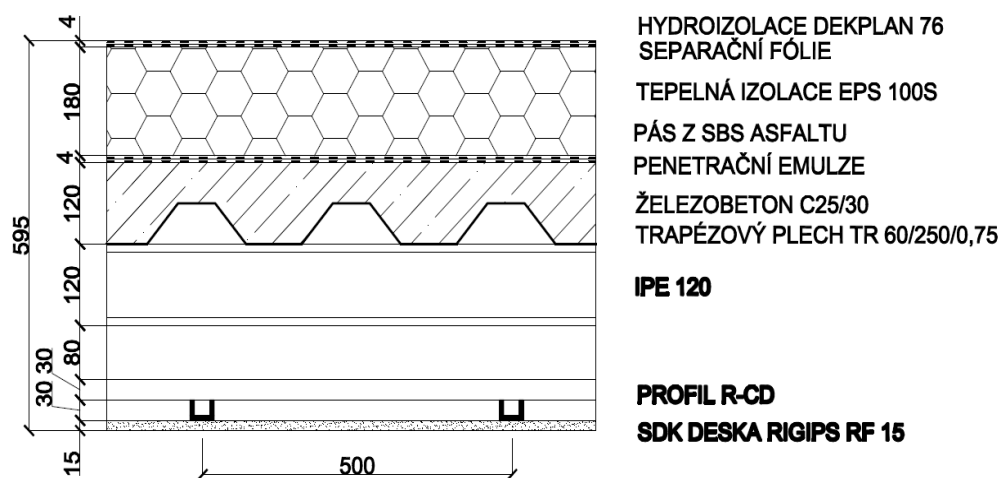
3.1 Stálé zatížení

3.1.1 ZS1 – Vlastní tíha

Zatížení od vlastní tíhy je spočítáno pro jednotlivé prvky v následujících kapitolách. Toto zatížení je uvažováno jako nepříznivé se součinitelem zatížení $\gamma_G = 1,35$ a jako příznivé se součinitelem $\gamma_G = 1,0$.

3.1.2 ZS2 – Střešní plášť

Skladba střechy

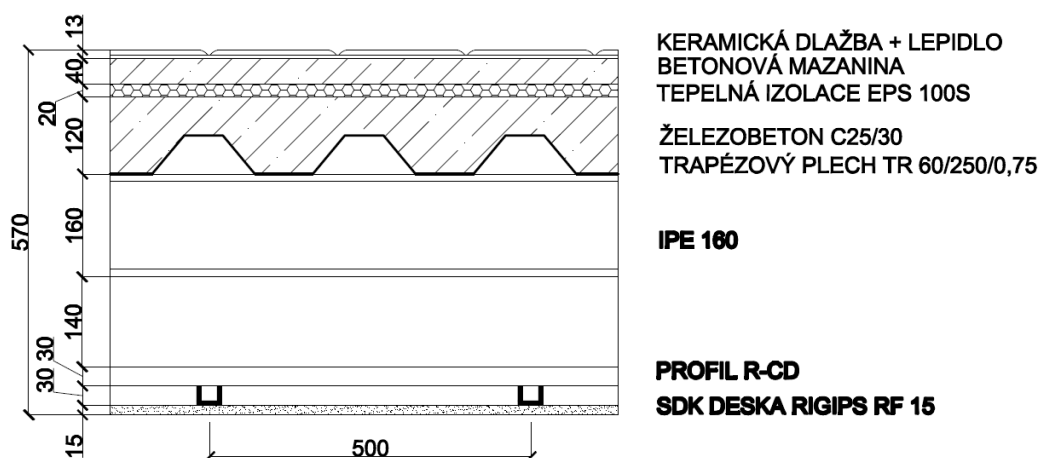


Zatížení od střešního pláště je v této kapitole spočítáno jako plošné zatížení pro jednotlivé prvky střešního pláště bez započítání nosných ocelových prvků.

	Tloušťka	Tíha	Zatížení
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
1. Střecha			
Hydroizolace	0,004	12	0,048
Tepelná izolace EPS 100S	0,18	1,5	0,27
SBS pás	0,004	11	0,044
2. Železobetonová deska			
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875
Trapézový plech TR 60/250/0,75			0,077
3. Stropnice			
4. Podhled			
TZB - odhad			0,12
Profil R-CD (0,52 kg/m)			0,015
Zavěšený podhled Rigips RF 15			0,135

3.1.3 ZS.3 - Stropní konstrukce

Skladba stropu



Zatížení od stropního pláště je v této kapitole spočítáno jako plošné zatížení pro jednotlivé prvky stropního pláště bez započítání nosných ocelových prvků.

	Tloušťka	Tíha	Zatížení
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
1. Podlaha			
Keramická dlažba	0,008	23	0,184
Lepidlo na KD	0,005	20	0,1
Betonová mazanina	0,04	23	0,92
Tepelná izolace EPS 100S	0,02	1,5	0,03
2. Železobetonová deska			
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875
Trapézový plech TR	0,00075		0,077
3. Stropnice			
4. Podhled			
TZB			0,12
Profil R-CD (0,52 kg/m)			0,015
Zavěšený podhled Rigips			0,135



3.1.4 ZS.4 - Obvodový plášť

Obvodový plášť je navržen ze stěnového fasádního systému Kingspan Optimo. Jedná se sendvičový panel se skrytým kotvením a jádrem z polyuretanu. Krycí vrstva panelu je z ocelového plechu tloušťky 0,7 a 0,4 mm.

Tloušťka panelu je 100 mm.

Váha panelu je 13 kg/m^2

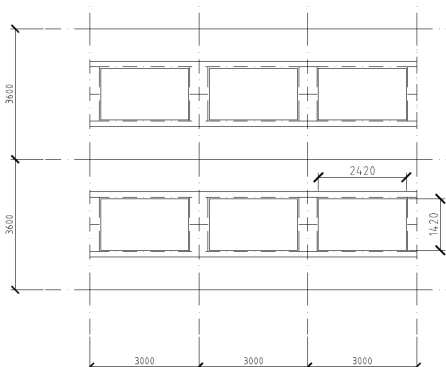
Nosnou konstrukci pláště tvoří tenkostěnné ocelové profily tl. 0,6 mm.

CW profil 120/50/0,6 mm - váha $1,13 \text{ kg/m}$

SDK deska Rigips RF - váha $13,5 \text{ kg/m}^2$

Prosklení obvodového pláště bude zajištěno plastovými okny s izolačním dvojsklem.

Zatížení je počítáno jako celková hmotnost jednoho pole obvodového pláště o rozměrech 3 x 3,6 metrů (viz obrázek) a dále rozpočítáno na jeden metr délky.



	Hmotnost	Plocha	Hm. Pole
	[kg/m ²]	[m ²]	[kg]
Panel Kingspan Optimo	13	7,44	96,72
CW profil 120/50/0,6			7,5
SDK deska Rigips RF	13,5	7,44	100,44
Plastové okno	22	3,36	73,92
Celková hmotnost pole			278,58
Hmotnost na metr délky	$m = 278,58/3 = 91,96 \text{ kg/m}$		

3.1.5 ZS.5 - Příčka

Zatížení z příčky je spočítáno jako liniové zatížení na jeden metr délky, které se získá vynásobením její tíhy na ploše jednoho metru čtverečního a výšky příčky.

	hmotnost	výška	Zat. na metr
	[kg/m ²]	[m]	[kN/m]
2 x SDK deska rigips	27	3	0,81
Profil R-CW 75 (0,54 kg/m)	1,62	3	0,0486
Tep. izolace Isover AKU 6	2,4	3	0,072
Celkem			0,9306

3.2 Nahodilé zatížení

3.2.1 ZS.6 - Sníh

Zatížení sněhem bylo zjištěno podle ČSN EN 1991-1-3. Součinitel zatížení $\gamma_s = 1,5$.

Konstrukce se nachází v Brně → II. Sněhová oblast

Charakteristická hodnota zatížení sněhem: $s_k = 1,0 \text{ kPa}$

Součinitel expozice:

Normální typ krajiny: $C_e = 1,0$

Součinitel teploty:

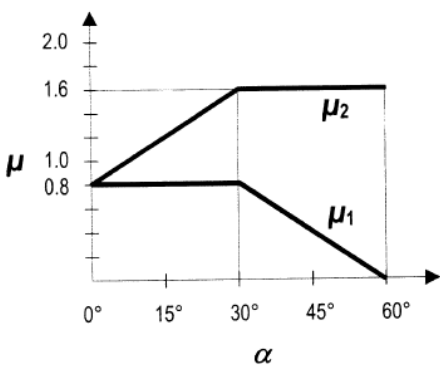
Střecha nemá vysokou tepelnou prostupnost: $C_t = 1,0$

Tvarový součinitel:

$\alpha = 5^\circ \rightarrow \mu_1 = 0,8$

Pro nenavátý sníh platí:

$$s = \mu_1 \times C_e \times C_p \times s_k = 0,8 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,8 \text{ kN} / \text{m}^2$$



3.2.2 ZS. 7 - Příčný vítr

Konstrukce se nachází v Brně

→ I. větrová oblast, kategorie terénu III.

Výchozí základní rychlost větru podle větrové oblasti:

$$V_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$$

parametr drsnosti terénu: $z_0 = 0,3 \text{ m}$

minimální výška: $z_{\min} = 5 \text{ m}$

maximální výška: $z_{\max} = 200 \text{ m}$

Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0}$$

$$v_b = 1 \times 1 \times 22,5 = 22,5 \text{ m/s}$$

Střední rychlost větru pro $z = 29,2 \text{ m}$:

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} \times c_{o(z)} \times v_b$$

$$c_{o(z)} = 1$$

$$c_{r(z)} = k_r \times \ln \frac{z}{z_0}$$

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_o}{z_{o.II}} \right)^{0,07}$$

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,2154$$

$$c_{r(z)} = 0,2154 \times \ln \frac{29,2}{0,3} = 0,9861$$

$$v_{m(z)} = 0,9861 \times 1 \times 22,5 = 22,1869 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence pro $z = 29,5$ m:

$$I_{v(z)} = \frac{k_I}{c_{o(z)} \times \ln \frac{z}{z_o}}$$
$$I_{v(z)} = \frac{1}{1 \times \ln \frac{29,2}{0,3}} = 0,2183$$

Maximální dynamický tlak pro $z = 29,5$ m:

$$q_{p(z)} = \left[1 + 7 \times I_{v(z)} \right] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_{m(z)}^2$$
$$q_{p(z)} = \left[1 + 7 \times 0,2183 \right] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 22,1869^2$$
$$q_{p(z)} = 777,7992 \text{ Pa}$$

Střední rychlost větru pro $z = 15$ m:

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} \times c_{o(z)} \times v_b$$
$$c_{o(z)} = 1$$
$$c_{r(z)} = k_r \times \ln \frac{z}{z_0}$$
$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_o}{z_{o,II}} \right)^{0,07}$$
$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,2154$$
$$c_{r(z)} = 0,2154 \times \ln \frac{15}{0,3} = 0,8426$$
$$v_{m(z)} = 0,9861 \times 1 \times 22,5 = 18,9585 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence pro $z = 15$ m:

$$I_{v(z)} = \frac{k_I}{c_{o(z)} \times \ln \frac{z}{z_o}}$$
$$I_{v(z)} = \frac{1}{1 \times \ln \frac{15}{0,3}} = 0,2556$$

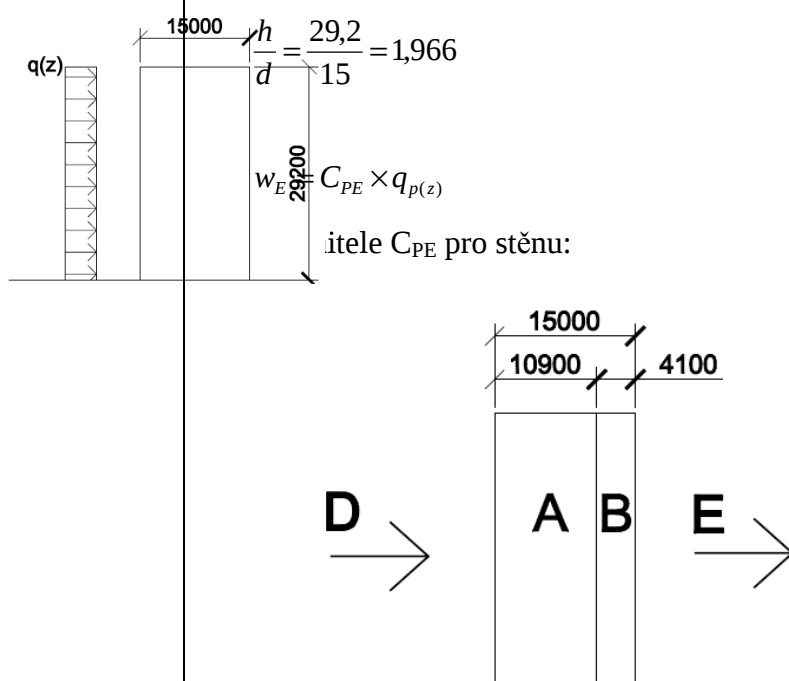
Maximální dynamický tlak pro $z = 15$ m:

$$q_{p(z)} = \left[1 + 7 \times I_{v(z)}\right] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_{m(z)}^2$$

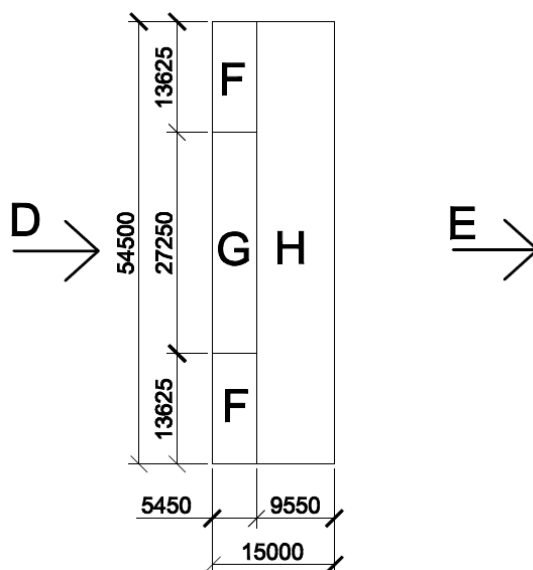
$$q_{p(z)} = [1 + 7 \times 0,2556] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 18,9585^2$$

$$q_{p(z)} = 626,6021 Pa$$

Tlak větru v příčném směru:



Součinitele C_{PE} pro střechu:



Výsledný tlak větru w_e v tabulce:

	A	B	D	E	F	G	H
C_{PE}	-1,2	-1,255	0,8	0,5483	-1,6	-1,1	-0,7
$w_e[\text{Pa}]$	-933,359	-976,138	622,2394	426,4673	-1244,48	-855,579	-544,459

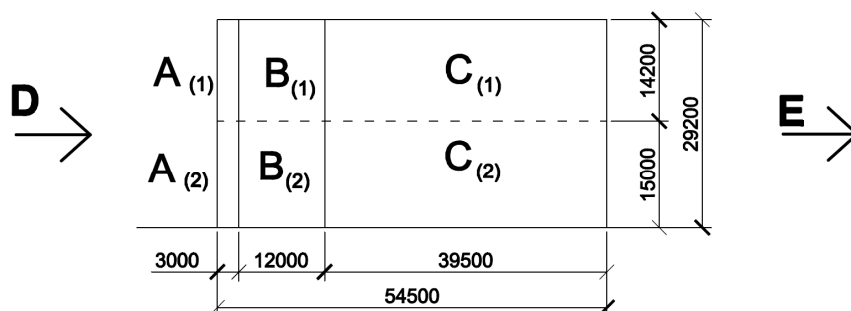
3.2.3 ZS. 8 - Podélný vítr

Tlak větru v příčném směru:

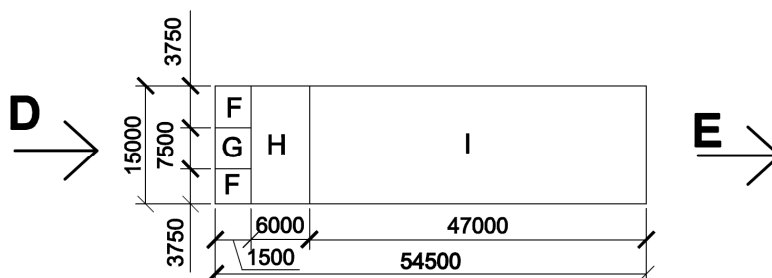
$$\frac{h}{d} = \frac{29,2}{54,5} = 0,5358$$

$$w_E = C_{PE} \times q_{p(z)}$$

Součinitele C_{PE} pro stěnu:



Součinitele C_{PE} pro střechu:



Výsledný tlak větru w_e v tabulce:

	A	B	C	D	E
C_{PE}	-1,2	-1,4	-0,5	0,7381	0,3762
$w_e(1)$ [Pa]	-933,359	-1088,92	-388,9	574,0936	292,6081
$w_e(2)$ [Pa]	-751,923	-877,243	-313,301	462,495	235,7277

	F	G	H	I	
C_{PE}	-1,6	-1,1	-0,7	0,2	-0,2
w_e [Pa]	-1244,48	-855,579	-544,459	155,5598	-155,56

3.2.4 ZS. 9 - Užité zatížení - strop

1) kategorie B - kancelářské plochy

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

2) přemístitelné příčky - vlastní tíha menší než 1 kN/m

$$q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

3.2.5 ZS. 10 - Užité zatížení na střeše - osamělé břemeno

Kategorie H

$$Q_k = 1 \text{ kN}$$

3.2.6 ZS. 11 - Užité zatížení na střeše - plošné zatížení

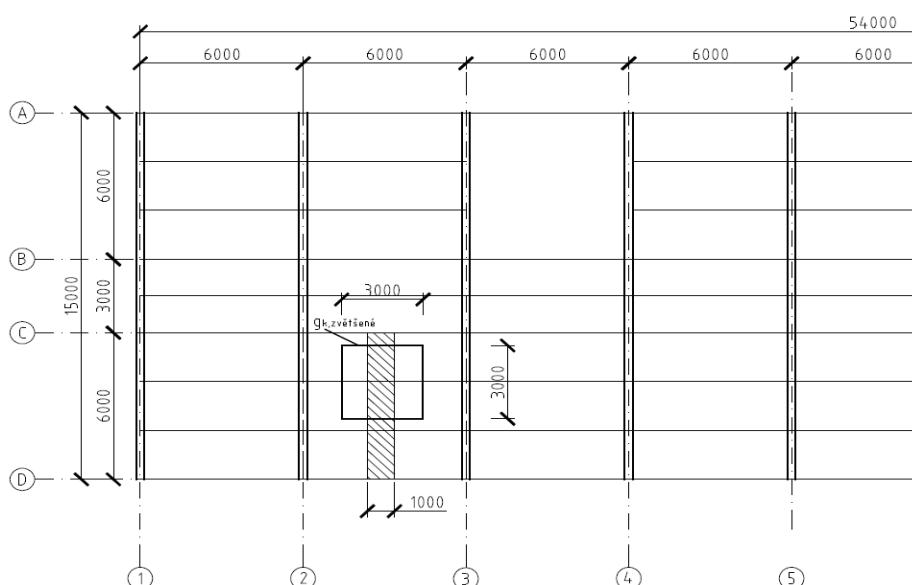
Kategorie H

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

4 Stropní konstrukce

4.1 Trapézový plech

Trapézový plech je navržen jako spojitý nosník o třech polích pro přenos zatížení v montážním stádiu. Proměnné montážní zatížení se při betonáži uvažuje podle ČSN EN 1990 a 1991-1-6. Zvětšené proměnné zatížení působí na čtverci 3 x 3 m a umisťuje se do nejnepříznivější polohy.



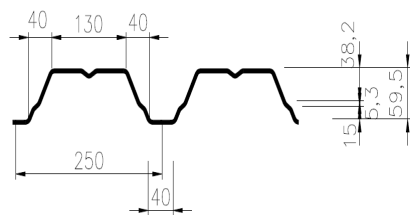
4.1.1 Zatížení

	Tloušťka	Tíha	Zatížení
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
1. Stálé			
Betonová deska	0,0835	26	2,171
Trapézový plech TR	0,00075		0,077
Celkem		$g_k =$	2,248
2. Proměnné			
Rovnoměrné		$q_k =$	0,75
Zvětšené		$q_k =$	1,5

$$g_d = \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times q_k$$

$$g_{d,rov} = 1,35 \times 2,248 + 1,5 \times 0,75 = 4,16 \text{ kN / m}$$

$$g_{d,zvěv} = 1,35 \times 2,248 + 1,5 \times 1,5 = 5,285 \text{ kN / m}$$



4.1.2 Geometrie

Navržen je trapézový plech TR60/250/0,75. Materiál a průřezové charakteristiky podle tabulek výrobce:

ocel S320G

$$m = 7,88 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$W_{eff} = 11,86 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$I_{y,eff} = 0,459 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

4.1.3 Vnitřní síly

Plech je posuzován jako spojitý nosník o třech polích o šířce 1 m.

Vnitřní síly jsou vypočítány programem Scia.

Maximální moment nad podporou pro 1.MS je:

$$M_{ed,MAX} = -2,12 \text{ kNm}$$

4.1.4 Posouzení únosnosti

Únosnost v ohybu:

$$M_{rd} = \frac{W_{eff} \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{11,86 \times 10^{-6} \times 320 \times 10^6}{1,00} = 3,795 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,MAX} = 2,12 \text{ kNm} < M_{rd} = 3,795 \text{ kNm} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

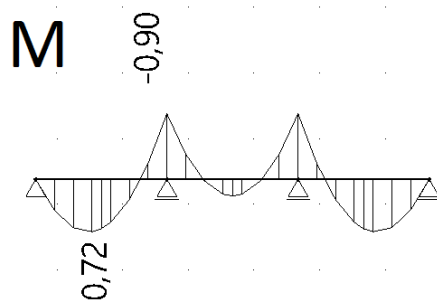
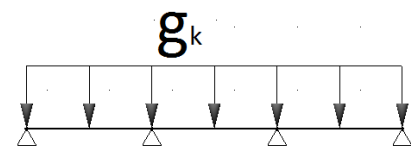
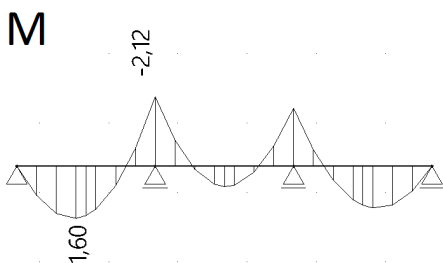
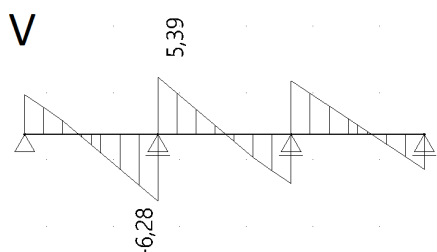
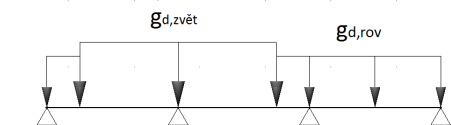
4.1.5 Posouzení průhybu

Průhyb se určí z charakteristické hodnoty stálého zatížení.

$$g_k = 2,248 \text{ kN} / \text{m}$$

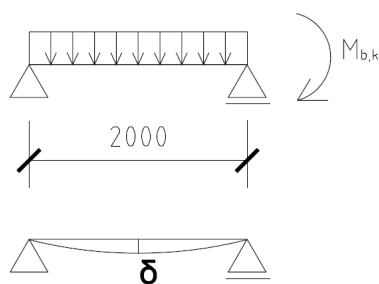
Vnitřní síly od tohoto zatížení jsou vypočítány programem Scia.

Moment nad podporou: $M_{b,k} = -0,9 \text{ kNm}$



Největší průhyb v krajním poli se určí superpozicí - součtem vlivu spojitého zatížení na prostém nosníku a vlivu momentu ve vnitřní podpoře $M_{b,k}$.

Průhyb:

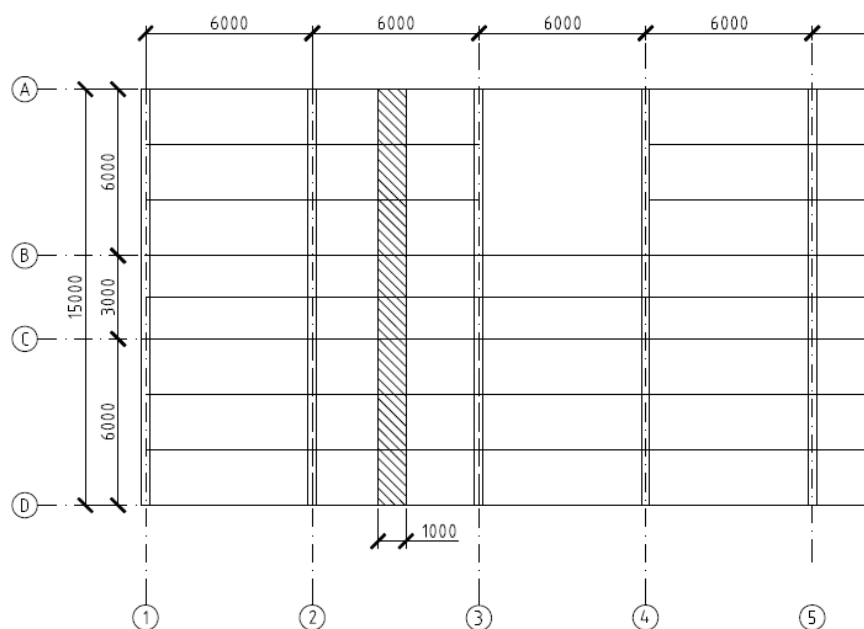


$$\begin{aligned}\delta &= \frac{1}{E \times I_{eff}} \left(\frac{5}{384} g_k \times L^4 + \frac{1}{16} M_{b,k} \times L^2 \right) = \\ &= \frac{1}{210 \times 10^9 \times 4,59 \times 10^{-7}} \left(\frac{5}{384} 2248 \times 2^4 + \frac{1}{16} \times 90 \times 2^2 \right) = \\ &= \frac{1}{96390} (468,333 + 225) = \\ &= 7,193 \times 10^{-3} m\end{aligned}$$

$$\delta = 7,2 mm < \frac{t_{deska}}{10} = \frac{83,5}{10} = 8,35 mm \Rightarrow \text{vyhoví}$$

4.2 Stropní deska

Stropní deska je posuzována jako spojitý nosník o osmi polích o šířce $b = 1\text{ m}$.



4.2.1 Zatížení

A) Stálé			
	Tloušťka	Tíha	Zatížení
	[m]	[kN/m3]	[kN/m2]
1. Podlaha			
Keramická dlažba	0,008	23	0,184
Lepidlo na KD	0,005	20	0,1
Betonová mazanina	0,04	23	0,92
Tepelná izolace EPS 100S	0,02	1,5	0,03
Celkem			1,234
2. Železobetonová deska			
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875
Trapézový plech TR	0,00075		0,077
Celkem			2,1645
		$g_k =$	3,3985
B) Proměnné			
			Zatížení
			[kN/m2]
1. Užitné - kategorie B			2,5
2. Přemístitelné přístroje			0,5
Celkem proměnné		$q_k =$	3

Kombinace:

$$K_1 = \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times \psi_0 \times q_k$$

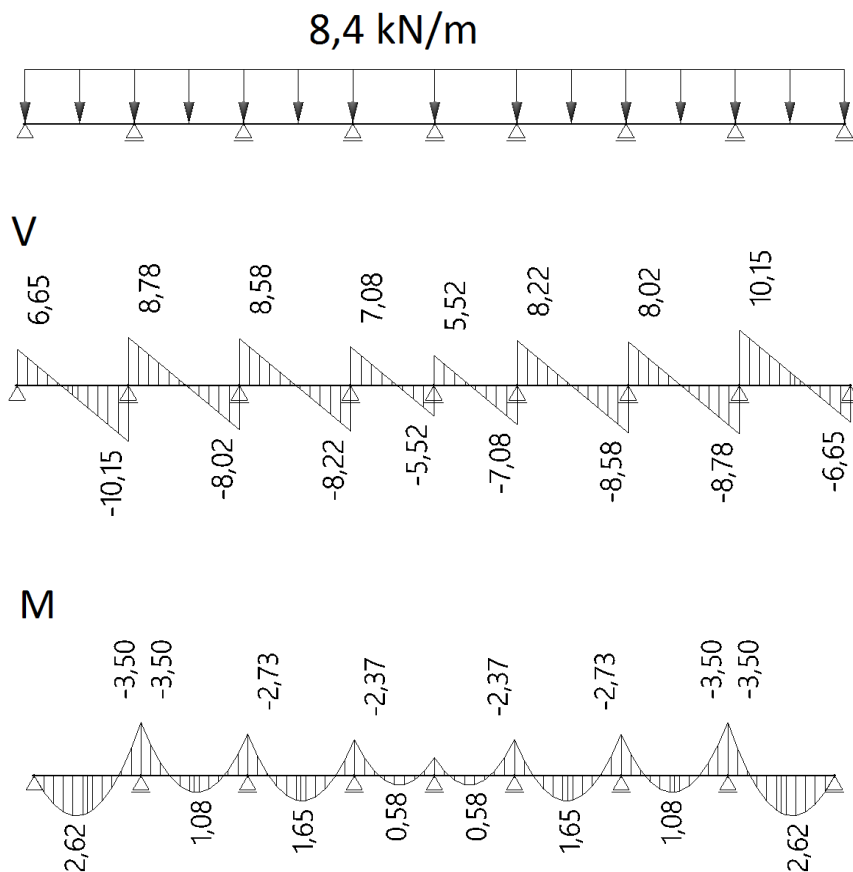
$$K_2 = \varepsilon \times \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times q_k$$

$$K_1 = 1,35 \times 3,3985 + 1,5 \times 0,7 \times 3 = 7,738 \text{ kN / m}$$

$$K_2 = 0,85 \times 1,35 \times 3,3985 + 1,5 \times 3 = 8,4 \text{ kN / m}$$

4.2.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly byly počítány programem Scia pro pruh desky o šířce jeden metr a jako spojitý nosník o osmi polích.



Maximální moment v poli:

$$M_{ed,MAX} = 2,62kNm$$

Maximální moment nad podporou:

$$M_{ed,MAX} = -3,50kNm$$

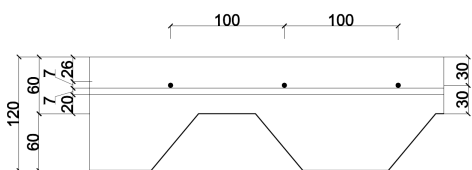
Maximální smyková síla nad podporou:

$$V_{ed,MAX} = 10,15kN$$

4.2.3 Materiál, geometrie

Návrh výztuže:

Ø 7 mm á 100 mm, ocel B500



$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_y} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

$$A_{st} = 3,848 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Beton C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,66 \text{ MPa}$$

Krytí:

$$c_{nom,sl} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

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

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

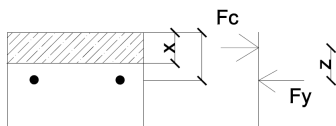
$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom,sl} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$x = \frac{A_{st} \times f_{yd}}{0,8 \times b \times \eta \times f_{cd}} = \frac{3,848 \times 10^{-4} \times 434,783}{0,8 \times 1 \times 1 \times 16,66} = 0,0125 \text{ m}$$

$$z = d - \frac{x}{2} = 30 - \frac{12,5}{2} = 23,725 \text{ mm}$$



Kontrola plochy výztuže:

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \times d = 0,26 \frac{2,6}{500} \times 1 \times 0,03 = 4,056 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \rightarrow \text{vyhoví}$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times b_t \times d = 3,9 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \rightarrow \text{vyhoví}$$

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 1 \times 0,06 = 2,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \rightarrow \text{vyhoví}$$

Kontrola tečení výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{(d - x)}{x} \times \varepsilon_{cu3} = \frac{(30 - 12,5)}{12,5} \times 0,0035 = 4,9 \times 10^{-3} \geq \varepsilon_{yd} = 1,785 \times 10^{-3}$$

$\Rightarrow$ vyhoví

4.2.4 Posouzení únosnosti

Moment únosnosti železobetonového průřezu:

$$M_{rd} = z \times f_{yd} \times A_{st}$$

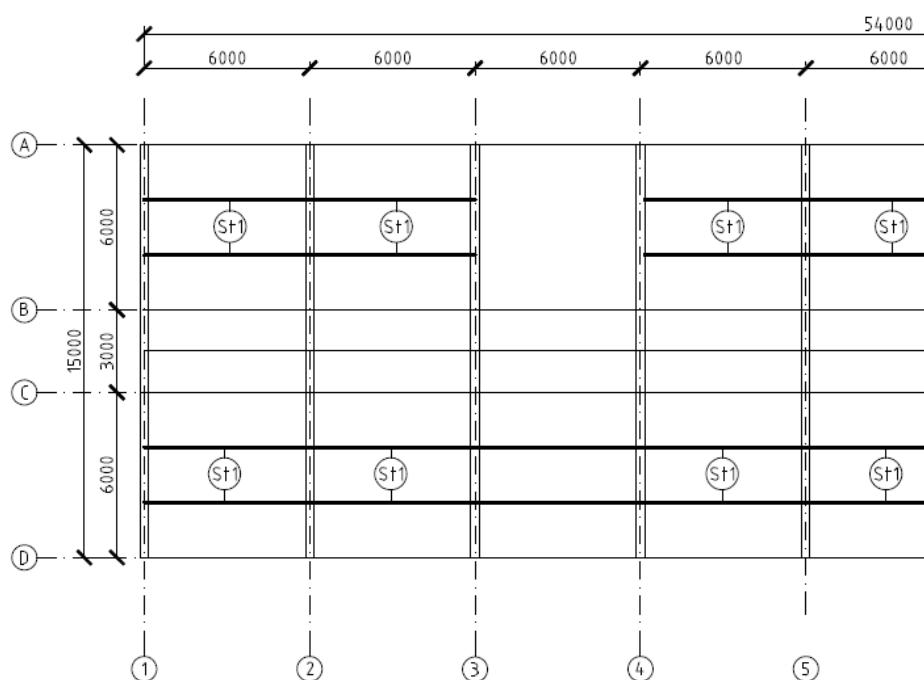
$$M_{rd} = 0,0237 \times 434,783 \times 10^6 \times 3,848 \times 10^{-4} = 3,969 kNm$$

$$M_{rd} \geq M_{ed}$$

$$3,969 kNm \geq 3,35 kNm \Rightarrow \text{vyhoví}$$

4.3 Stropnice 1

Stropnice 1 je navržena jako ocelobetonový spřažený prostý nosník o délce 6 metrů. Zatěžovací šířka stropnice je 2 m. Umístění stropnic dle obázku.



4.3.1 Zatížení

A) Stálé					
				Stropnice 1	
	Tloušťka	Tíha	Zatížení	b	Zat. stropnice
	[m]	[kN/m3]	[kN/m2]	[m]	[kN/m]
1. Podlaha					
Keramická dlažba	0,008	23	0,184		
Lepidlo na KD	0,005	20	0,1		
Betonová mazanina	0,04	23	0,92		
Tepelná izolace EPS 100S	0,02	1,5	0,03		
Celkem			1,234	2	2,468
	Tloušťka	Tíha	Zatížení	b	Zat. stropnice
	[m]	[kN/m3]	[kN/m2]	[m]	[kN/m]
2. Železobetonová deska					
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875		
Trapézový plech TR	0,00075		0,077		
Celkem			2,1645	2	4,329
	A [m ²]	Tíha	Zatížení	b	Zat. stropnice
		[kN/m3]	[kN/m]	[m]	[kN/m]
3. Stropnice					
IPE 160	0,00201	78,5	0,157785		0,157785
	Délka	Tloušťka	Zatížení	b	Zat. stropnice
	[m/m ²]	[m]	[kN/m2]	[m]	[kN/m]
4. Podhled					
TZB			0,12		
Profil R-CD (0,52 kg/m)	3		0,015		
Zavěšený podhled Rigips		0,015	0,135		
Celkem			0,27	2	0,54
					Zat. stropnice
					[kN/m]
Celkem stálé			$g_k =$		7,494785
B) Proměnné					
			Zatížení	b	Zat. stropnice
			[kN/m2]	[m]	[kN/m]
1. Užitné - kategorie B			2,5	2	5
2. Přemístitelné přístroje			0,5	2	1
Celkem proměnné				$q_k =$	6

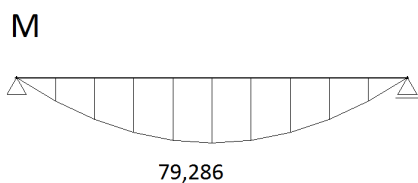
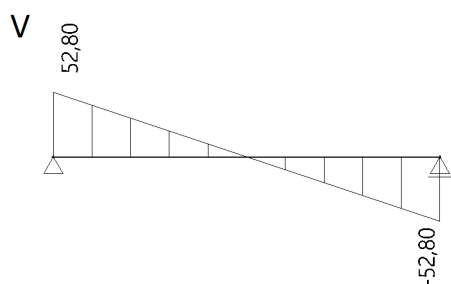
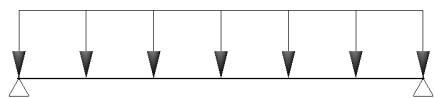
Kombinace: $K_1 = \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times \psi_0 \times q_k$

$$K_2 = \varepsilon \times \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times q_k$$

$$K_1 = 1,35 \times 7,495 + 1,5 \times 0,7 \times 6 = 16,418 \text{ kN / m}$$

$$K_2 = 0,85 \times 1,35 \times 7,495 + 1,5 \times 6 = 17,6 \text{ kN / m}$$

$$g_d = 17,6 \text{ kN/m}$$



4.3.2 Vnitřní síly

$$g_d = 17,6 \text{ kN / m}$$

$$l = 6 \text{ m}$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \times g \times l^2$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \times 17,6 \times 6^2 = 79,2855 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = \frac{1}{2} \times g \times l$$

$$V_{ed} = \frac{1}{2} \times 17,6 \times 6 = 52,8 \text{ kN}$$

4.3.3 Geometrie

Návrh průřezu:

IPE 160, ocel S235

$$A_a = 0,00201 \text{ m}^2$$

$$A_{vz} = 9,66 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_y = 8,693 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{235}{1,00} = 235 \text{ MPa}$$

Beton C25/30

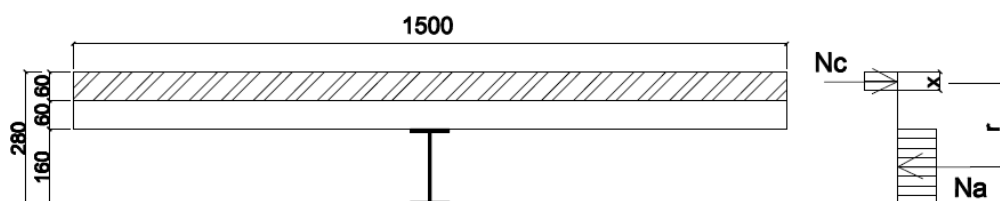
$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

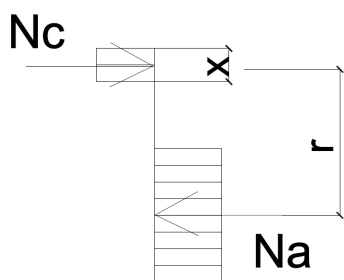
$$f_{cd} = 0,85 \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \times \frac{25}{1,5} = 14,166 \text{ MPa}$$

Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 1,5 \text{ m} \leq B = 2 \text{ m}$$





4.3.4 Posouzení únosnosti

Momentová plastická únosnost:

$$N_a = N_c$$

$$A_a \times f_{yd} = x \times b_{eff} \times f_{cd}$$

$$0,00201 \times 235 = x \times 1,5 \times 14,166$$

$$x = 0,02223m$$

$$r = \frac{160}{2} + 120 - \frac{22,23}{2} = 188,885mm$$

$$M_{pl,rd} = N_a \times r = 0,00201 \times 235 \times 10^6 \times 0,1889 = 89,227kNm$$

$$M_{ed} = 79,2855kNm \leq M_{pl,rd} = 89,227kNm \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Smyková únosnost:

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times f_{yd} / \sqrt{3}$$

$$V_{pl,Rd} = 9,66 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6 / \sqrt{3} = 131,064kN$$

$$V_{ed} = 52,8kN < V_{pl,Rd} = 131,064kN \Rightarrow \text{vyhoví}$$

4.3.5 Spřažení

přivařený trn 19/100

průměr $d = 19 \text{ mm}$

délka $h_{sc} = 100 \text{ mm}$

ocel S235

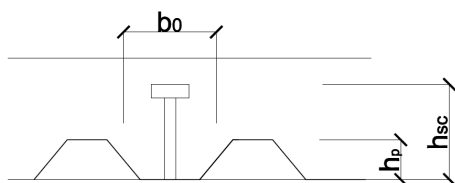
$f_u = 360 \text{ MPa}$

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd,1} = 0,8 \times f_u \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{1}{\gamma_V} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 19^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 65,325kN$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \times \alpha \times d^2 \times \sqrt{f_{ck} \times E_{cm}} \times \frac{1}{\gamma_V} = 0,29 \times 1 \times 19^2 \times \sqrt{25 \times 31000} \times \frac{1}{1,25} = 73,73kN$$

$$3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \Rightarrow \alpha = 1$$



součinitel k_t pro trn v žebrové desce s žebry kolmo na nosník:

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \frac{82,5}{60} \left(\frac{100}{60} - 1 \right) = 0,642$$

Únosnost trnu:

$$P_{Rd} = k_t \times P_{Rd,1} = 0,642 \times 65,325 = 41,939 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů:

$$F_{cf} = N_c' = N_a$$

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{0,00201 \times 235 \times 10^6}{41939} = 11,26 \Rightarrow 12 \text{ trnů}$$

Při umístění jednoho trnu do žebra je na polovinu nosníku možné umístit $3000/250 = 12$ trnů. → Úplné sprážení

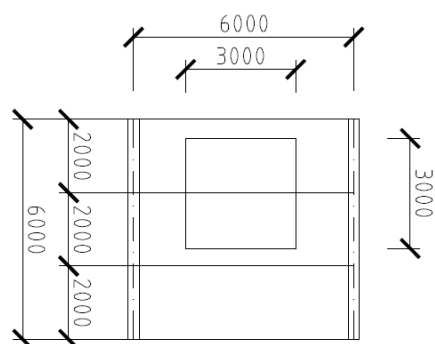
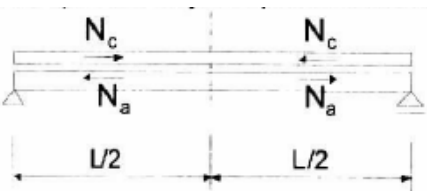
4.3.6 Stropnice - montážní stádium

IPE 160, ocel S235

$$W_{pl,rd} = 1,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

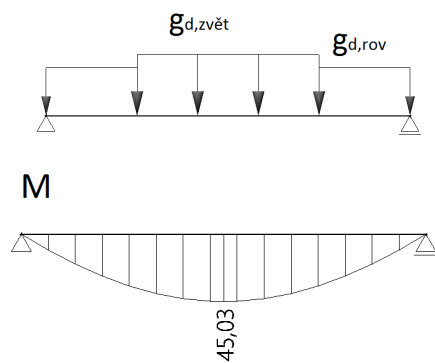
$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

Stropnice je navržena pro přenos zatížení v montážním stádiu. Proměnné montážní zatížení se při betonáži uvažuje podle ČSN EN 1990 a 1991-1-6. Zvětšené proměnné zatížení působí na čtverci 3 x 3 m a umísťuje se do nejnepříznivější polohy.



Zatížení:

	Tloušťka	Tíha	Zatížení
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
1. Stálé			
Betonová deska	0,0835	26	2,171
Trapézový plech TR	0,00075		0,077
Celkem		$g_k =$	2,248
2. Proměnné			
Rovnoměrné		$q_k =$	0,75
Zvětšené		$q_k =$	1,5



$$g_d = \gamma_g \times g_k \times b + \gamma_q \times q_k \times b$$

$$g_{d,rov} = 2 \times (1,35 \times 2,248 + 1,5 \times 0,75) = 8,32 \text{ kN / m}$$

$$g_{d,zvět} = 2 \times (1,35 \times 2,248 + 1,5 \times 1,5) = 10,57 \text{ kN / m}$$

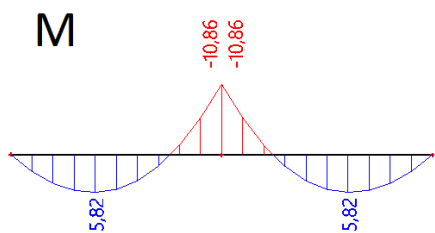
Maximální moment nad podporou je vypočítaný programem Scia:

$$M_{ed,MAX} = 45,03 \text{ kN}$$

$$M_{pl,rd} = W_{pl,rd} \times f_{yd} = 1,24 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6 = 29,14 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = 45,03 \text{ kNm} \geq M_{pl,rd} = 29,14 \text{ kNm} \Rightarrow \text{nevyhoví}$$

Stropnice nevyhoví na posouzení pro montážní stádium. Stropnice musí být při montáži podepřena.



Při podepření uprostřed nosníku je maximální moment nad podporou:

$$M_{ed,MAX} = 10,86 \text{ kN}$$

$$M_{pl,rd} = W_{pl,rd} \times f_{yd} = 1,24 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6 = 29,14 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = 10,86 \text{ kNm} \geq M_{pl,rd} = 29,14 \text{ kNm} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

4.3.7 Mezní stav použitelnosti

Zatížení:

$$g_k = 7,495 \text{ kN / m}$$

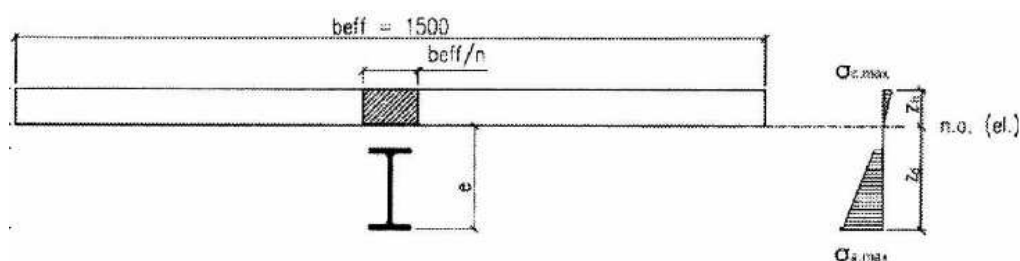
$$q_k = 6 \text{ kN / m}$$

$$g_k + q_k = 7,495 + 6 = 13,495 \text{ kN / m}$$

Vnitřní síly:

$$M_{ek} = \frac{1}{8} \times 13,495 \times 6^2 = 60,728 \text{ kNm}$$

Ideální průřez:



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování:

$$E'_c = \frac{E_m}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel:

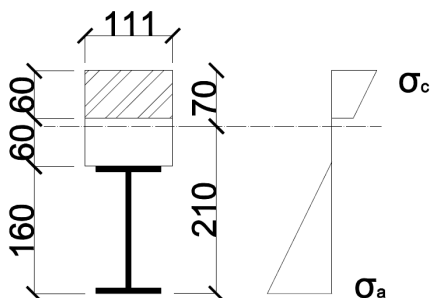
$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu:

$$A_i = 0,00201 + \frac{1,500 \times 0,060}{13,55} = 8,652 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Těžiště ideálního průřezu:

$$e = \frac{0,00201 \times \frac{0,16}{2} + \frac{1,500 \times 0,060}{13,55} \times \left(0,160 + 0,060 + \frac{0,060}{2}\right)}{8,652 \times 10^{-3}} = \frac{1,604 \times 10^{-4} + 1,661 \times 10^{-3}}{8,652 \times 10^{-3}} = 0,210 \text{ m}$$



Moment setrvačnosti ideálního průřezu:

$$I_i = \sum (I + A \times c^2)$$

$$\begin{aligned} I_i &= 8,693 \times 10^{-6} + 0,00201 \times (0,201 - 0,8)^2 + \frac{1}{12} \times 0,111 \times 0,06^3 + \\ &+ 0,111 \times 0,06 \times (0,07 - 0,03)^2 = 8,693 \times 10^{-6} + 3,397 \times 10^{-5} + 1,998 \times 10^{-6} + \\ &+ 1,066 \times 10^{-5} = 55,321 \times 10^{-6} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Posouzení pružného působení:

Maximální napětí v ocelovém profilu:

$$\sigma_{a,\max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \times z_d$$

$$\sigma_{a,\max} = \frac{60728}{55,321 \times 10^{-6}} \times 0,21 = 230,525 \text{ MPa} < f_y = 235 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

$$\sigma_{c,\max} = \frac{M_{Ek}}{n \times I_i} \times z_h$$

$$\sigma_{c,\max} = \frac{60728}{13,55 \times 55,321 \times 10^{-6}} \times 0,07 = 5,67 \text{ MPa} < 0,85 f_{ck} = 21,25 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Posouzení průhybu:

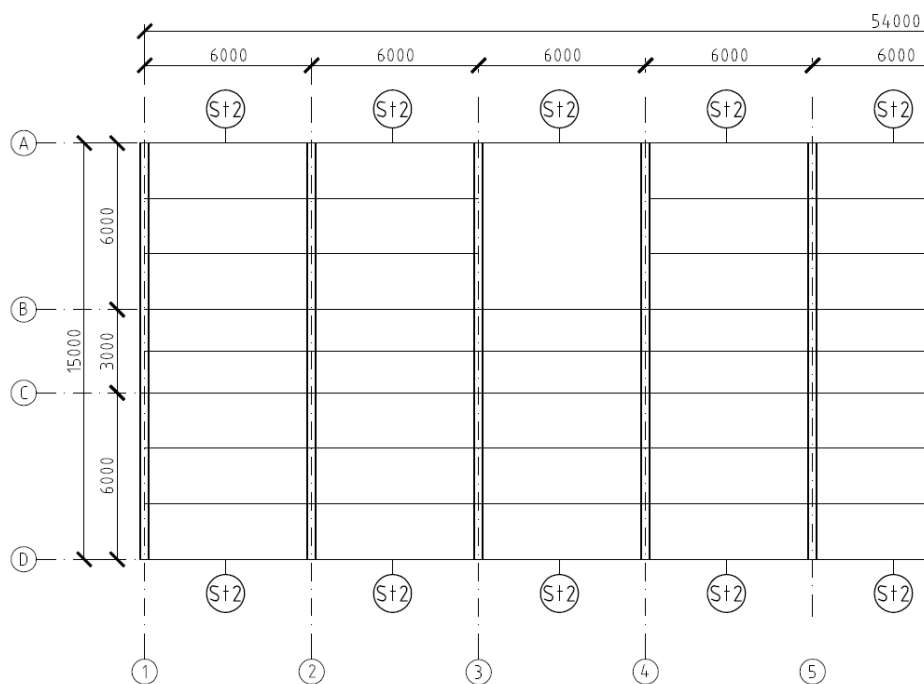
Ověření pro průhyb od proměnného zatížení.

$$\delta_2 = \frac{5}{385} \times \frac{q_k \times L^4}{E \times I_i} = \frac{5}{385} \times \frac{6000 \times 6^4}{210 \times 10^9 \times 55,321 \times 10^{-6}} = 0,00869 \text{ m}$$

$$\delta_2 = 8,69 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

4.4 Stropnice 2

Stropnice 2 je navržena jako ocelobetonový sprážený prostý nosník o délce 6 metrů. Zatěžovací šířka stropnice je 1 m. Umístění stropnic dle obázku.



	tloušťka	h	zatížení	b	zat. stropnice
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]
1. Podlaha					
Keramická dlažba	0,008	23	0,184		
Lepidlo na KD	0,005	20	0,1		
Betonová mazanina	0,04	23	0,92		
Tepelná izolace EPS 100S	0,02	1,5	0,03		
Celkem			1,234	1	1,234
2. Železobetonová deska					
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875		
Trapézový plech TR	0,00075		0,077		
Celkem			2,1645	1	2,1645
	A [m ²]				
3. Stropnice					
IPE 120	0,001321	78,5	0,103699		0,1036985
	Délka	tloušťka	Zatížení	b	Zat. stropnice
	[m/m ²]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]
4. Podhled					
TZB			0,12		
Profil R-CD (0,52 kg/m)	3		0,015		
Zavěšený podhled Rigips		0,015	0,135		
Celkem			0,27	1	0,27

Zatížení - obvodový plášť				
	hmotnost	Plocha	Hm. Pole	Zat. stropnice
	[kg/m2]	[m2]	[kg/m2]	[kN/m]
Panel Kingspan Optimo	13	13,6	176,8	
CW profil 120/50/0,6	1,13	13,6	15,368	
SDK deska Rigips RF	13,5	13,6	183,6	
Plastové okno	22	8	176	
Celkem			551,768	0,919613333

				Zat. stropnice
				[kN/m]
Celkem stálé				4,691811833

B) Proměnné					
			Zatížení	b	Zat. stropnice
			[kN/m2]	[m]	[kN/m]
1. Užitné - kategorie B			2,5	1	2,5
2. Přemístitelné příčky			0,5	1	0,5
Celkem proměnné					3

Kombinace:

$$K_1 = \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times \psi_0 \times q_k$$

$$K_2 = \varepsilon \times \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times q_k$$

$$K_1 = 1,35 \times 4,692 + 1,5 \times 0,7 \times 3 = 9,484 \text{ kN / m}$$

$$K_2 = 0,85 \times 1,35 \times 4,692 + 1,5 \times 3 = 9,884 \text{ kN / m}$$

$$g_d = 9,884 \text{ kN/m}$$

4.4.1 Vnitřní síly

$$g_d = 9,884 \text{ kN / m}$$

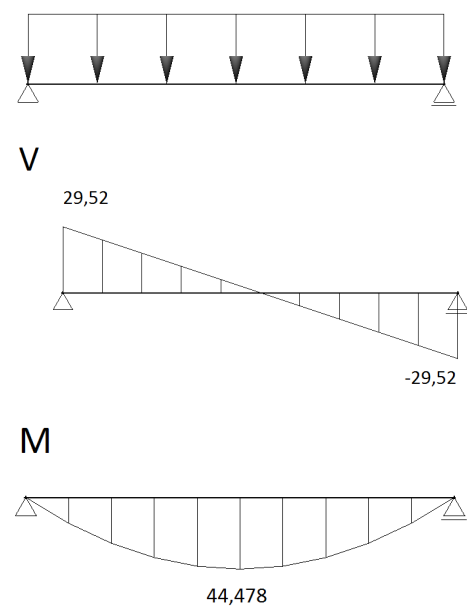
$$l = 6 \text{ m}$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \times g \times l^2$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \times 9,884 \times 6^2 = 44,478 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = \frac{1}{2} \times g \times l$$

$$V_{ed} = \frac{1}{2} \times 9,884 \times 6 = 29,52 \text{ kN}$$



4.4.2 Geometrie

Návrh průřezu:

IPE 120, ocel S235

$$A_a = 0,00132 \text{ m}^2$$

$$A_{vz} = 5,366 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_y = 3,18 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{235}{1,00} = 235 \text{ MPa}$$

Beton C25/30

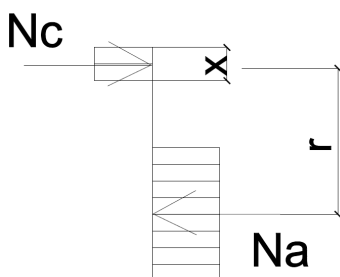
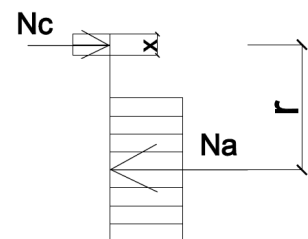
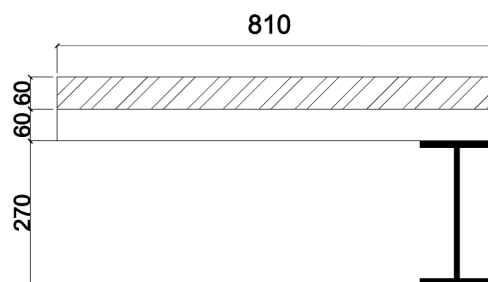
$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 0,85 \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \times \frac{25}{1,5} = 14,166 \text{ MPa}$$

Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = \frac{L}{8} + 0,06 = \frac{6}{8} + 0,06 = 0,81 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 1,5 \text{ m} \leq B = 2 \text{ m}$$



4.4.3 Posouzení únosnosti

Momentová plastická únosnost:

$$N_a = N_c$$

$$A_a \times f_{yd} = x \times b_{eff} \times f_{cd}$$

$$0,00132 \times 235 = x \times 0,81 \times 14,166$$

$$x = 0,027m$$

$$r = \frac{120}{2} + 120 - \frac{27}{2} = 166,5mm$$

$$M_{pl,rd} = N_a \times r = 0,00132 \times 235 \times 10^6 \times 0,1665 = 51,648kNm$$

$$M_{ed} = 44,478kNm \leq M_{pl,rd} = 51,648kNm \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Smyková únosnost:

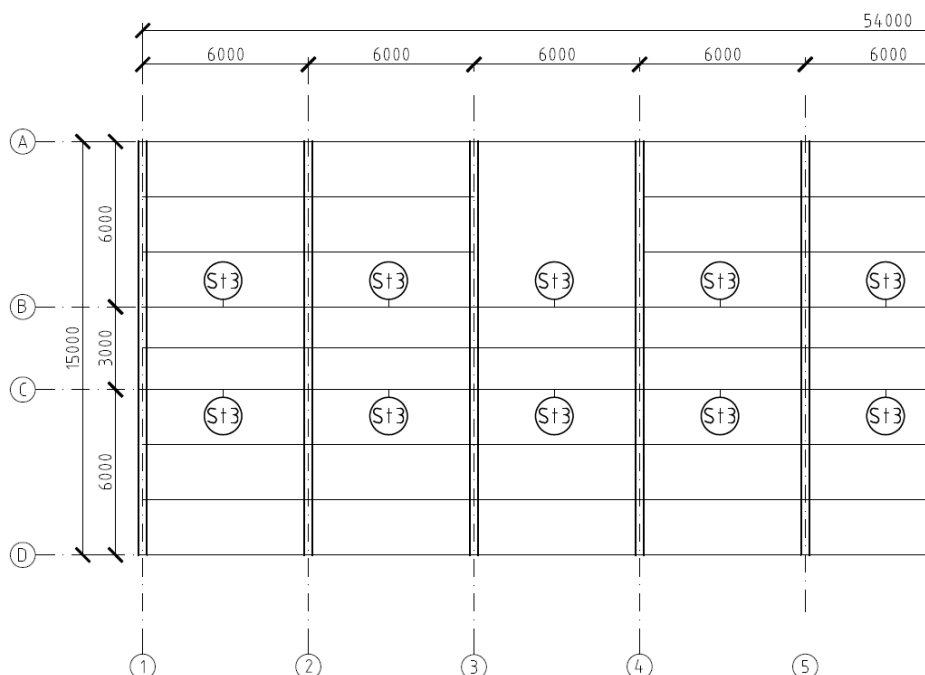
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times f_{yd} / \sqrt{3}$$

$$V_{pl,Rd} = 5,366 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6 / \sqrt{3} = 72,804kN$$

$$V_{ed} = 29,52kN < V_{pl,Rd} = 72,804kN \Rightarrow \text{vyhoví}$$

4.5 Stropnice 3

Stropnice 3 je navržena jako ocelobetonový spřažený prostý nosník o délce 6 metrů. Zatěžovací šířka stropnice je 1,75 m. Umístění stropnic dle obázku.



4.5.1 Zatížení

A) Stálé					
				Stropnice 3	
	Tloušťka	Tíha	Zatížení	b	Zat. stropnice
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]
1. Podlaha					
Keramická dlažba	0,008	23	0,184		
Lepidlo na KD	0,005	20	0,1		
Betonová mazanina	0,04	23	0,92		
Tepelná izolace EPS 100S	0,02	1,5	0,03		
Celkem			1,234	1,75	2,1595
	Tloušťka	Tíha	Zatížení	b	Zat. stropnice
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]
2. Železobetonová deska					
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875		
Trapézový plech TR	0,00075		0,077		
Celkem			2,1645	1,75	3,787875
	A [m ²]	Tíha	Zatížení	b	Zat. stropnice
		[kN/m ³]	[kN/m]	[m]	[kN/m]
3. Stropnice					
IPE 160	0,00201	78,5	0,157785		0,157785
	Délka	Tloušťka	Zatížení	b	Zat. stropnice
	[m/m ²]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]
4. Podhled					
TZB			0,12		
Profil R-CD (0,52 kg/m)	3		0,015		
Zavěšený podhled Rigips		0,015	0,135		
Celkem			0,27	1,75	0,4725

Zatížení - příčka					
	hmotnost	výška			Zat. stropnice
	[kg/m ²]	[m]			[kN/m]
2 x SDK deska rigips	27	3			0,81
Profil R-CW 75 (0,54 kg/m)	1,62	3			0,0486
Tep. izolace Isover AKU 6	2,4	3			0,072
Celkem					0,9306

					Zat. stropnice
					[kN/m]
Celkem stálé					7,50826

B) Proměnné					
			Zatížení	b	Zat. stropnice
			[kN/m ²]	[m]	[kN/m]
1. Užitné - kategorie B			2,5	1,75	4,375
2. Přemístitelné příčky			0,5	1,75	0,875
Celkem proměnné					5,25

Kombinace:

$$K_1 = \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times \psi_0 \times q_k$$

$$K_2 = \varepsilon \times \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times q_k$$

$$K_1 = 1,35 \times 7,51 + 1,5 \times 0,7 \times 5,25 = 15,651 \text{ kN} / \text{m}$$

$$K_2 = 0,85 \times 1,35 \times 7,51 + 1,5 \times 5,25 = 16,49 \text{ kN} / \text{m}$$

4.5.2 Geometrie

Zatížení u stropnice 3: $g_d = 16,49 \text{ kN/m}$ je menší, než zatížení u stropnice 1, kde $g_d = 17,6 \text{ kN/m}$. Návrh průřezu je stejný jako u stropnice 1. Vzhledem k nižšímu zatížení stropnice a stejnému postupu výpočtu není třeba průřez stropnice ověřovat výpočtem.

Návrh průřezu:

IPE 160, ocel S235

$$A_a = 0,00201 \text{ m}^2$$

$$A_{vz} = 9,66 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_y = 8,693 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{235}{1,00} = 235 \text{ MPa}$$

Beton C25/30

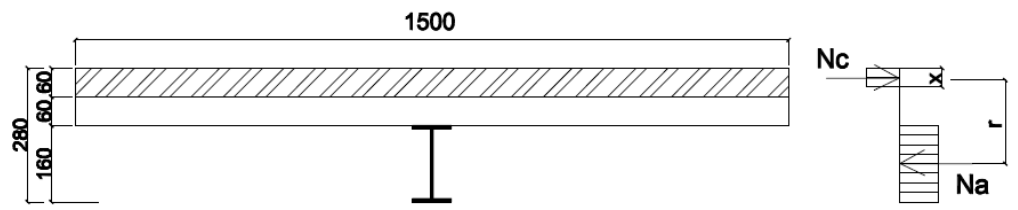
$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 0,85 \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \times \frac{25}{1,5} = 14,166 \text{ MPa}$$

Účinná šířka desky:

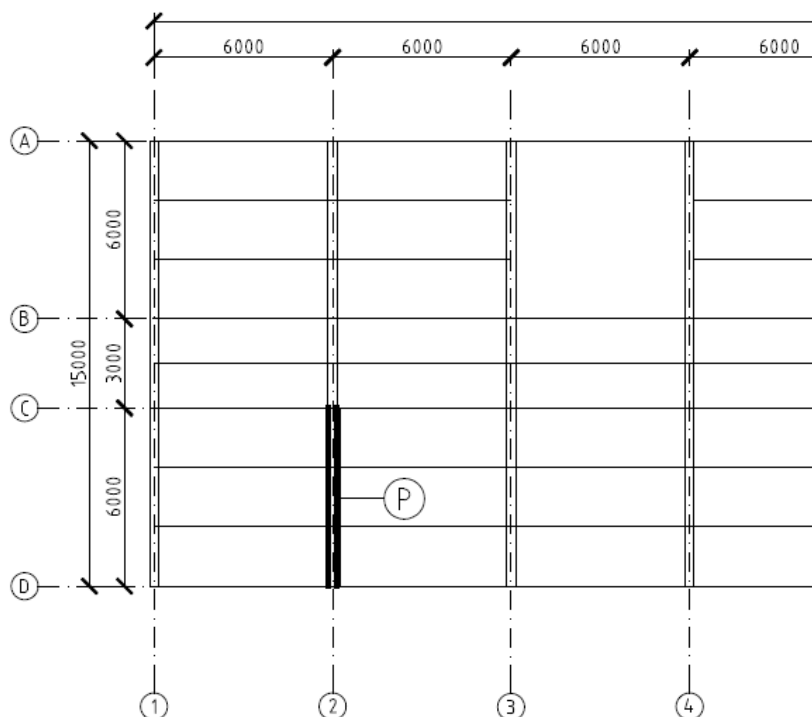
$$b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 1,5 \text{ m} \leq B = 1,75 \text{ m}$$



4.6 Průvlak

Průvlak je navržen jako spřažený ocelobetonový prostý nosník o rozpětí 6 m.



4.6.1 Zatížení

Zatížení, které působí na průvlak je součet zatížení vlastní tíhy průvlaku a zatížení, které se přenáší ze stropnic.

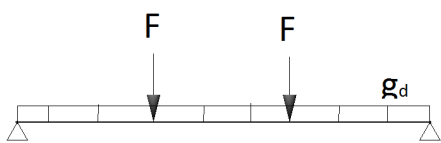
Zatížení ze stropnice:

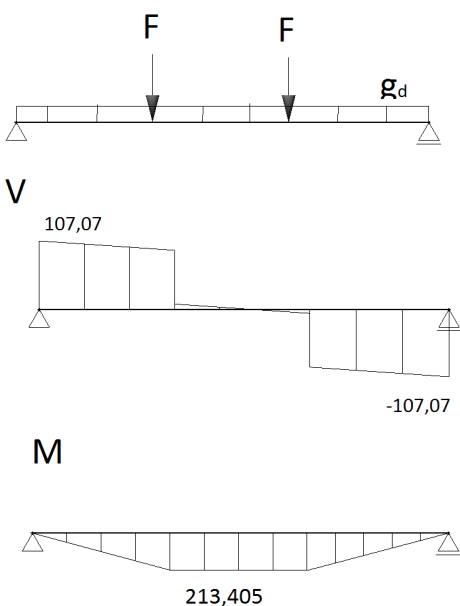
$$g_{d, \text{stropnice}} = 17,6 \text{ kN} / \text{m}$$

$$F_d = g_{d, \text{stropnice}} \times b = 17,6 \times 6 = 105,6 \text{ kN}$$

Vlastní tíha:

$$g_d = \gamma_G \times A_a \times 7850 \times 10 = 1,35 \times 0,00459 \times 7850 \times 10 = 486,425 \text{ kN}$$





4.6.2 Vnitřní síly

Posouvající síly:

$$V_{\max} = F + \frac{g_d \times L}{2}$$

$$V_{\max} = 105,6 + \frac{0,49 \times 6}{2} = 107,07 \text{ kN}$$

Maximální moment:

$$M_{\max} = G_d \times \frac{l}{2} - G_d \times \frac{l}{6} + \frac{1}{8} \times g_d \times l^2$$

$$M_{\max} = 105,6 \times \frac{6}{2} - 105,6 \times \frac{6}{6} + \frac{1}{8} \times 0,49 \times 6^2 = 213,405 \text{ kNm}$$

4.6.3 Geometrie

Návrh:

IPE 270, ocel S235

$$A_a = 0,00459 \text{ m}^2$$

$$A_{vz} = 2,214 \times 10^{-3}$$

$$I_y = 5,79 \times 10^{-5}$$

$$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$$

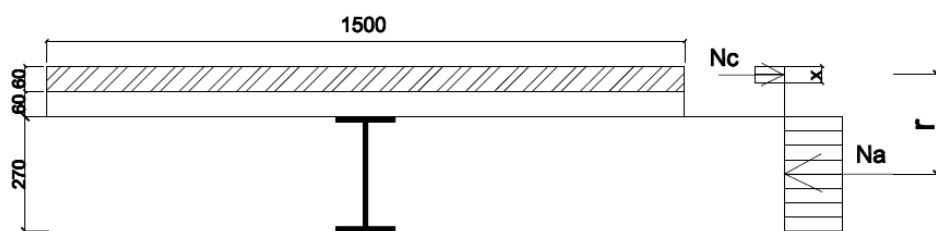
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{235}{1,00} = 235 \text{ MPa}$$

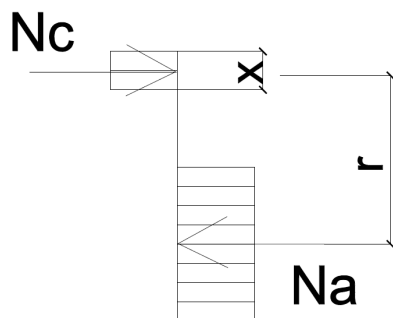
Beton C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 0,85 \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \times \frac{25}{1,5} = 14,166 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} = \frac{l}{4} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ m}$$





4.6.4 Posouzení únosnosti

Momentová únosnost:

$$N_a = N_c$$

$$A_a \times f_{yd} = x \times b_{eff} \times f_{cd}$$

$$0,00459 \times 235 = x \times 1,5 \times 14,166$$

$$x = 0,05076m$$

$$r = \frac{270}{2} + 120 - \frac{50,75}{2} = 229,62mm$$

$$M_{pl,rd} = N_a \times r = 0,00459 \times 235 \times 10^6 \times 0,22962 = 247,68kNm$$

$$M_{ed} = 213,049kNm \leq M_{pl,rd} = 247,68kNm \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Smyková únosnost:

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times f_{vd} / \sqrt{3}$$

$$V_{pl,Rd} = 2,214 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^6 / \sqrt{3} = 300,39kN$$

$$V_{ed} = 107,07kN < V_{pl,Rd} = 300,39kN \Rightarrow \text{vyhoví}$$

4.6.5 Spřažení

přivařený trn 19/100

průměr \$d = 19\$ mm

délka \$h_{sc} = 100\$ mm

ocel S235

\$f_u = 360\$ MPa

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd,1} = 0,8 \times f_u \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{1}{\gamma_v} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 19^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 65,325kN$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \times \alpha \times d^2 \times \sqrt{f_{ck} \times E_{cm}} \times \frac{1}{\gamma_v} = 0,29 \times 1 \times 19^2 \times \sqrt{25 \times 31000} \times \frac{1}{1,25} = 73,73kN$$

$$3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \Rightarrow \alpha = 1$$

součinitel k_t pro trny v žebrové desce s žebry rovnoběžnými s nosníkem:

$$k_t = 0,6 \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 0,6 \frac{82,5}{60} \left(\frac{100}{60} - 1 \right) = 0,55$$

Únosnost trnu:

$$P_{Rd} = k_t \times P_{Rd,1} = 0,55 \times 65,325 = 35,929 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů:

$$F_{cf} = N_c' = N_a$$

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{0,00459 \times 235 \times 10^6}{35929} = 30,022 \Rightarrow 32 \text{ trnů}$$

4.6.6 Mezní stav použitelnosti

Zatížení ze stropnice:

$$g_{k, \text{stropnice}} = 13,495 \text{ kN / m}$$

$$F_k = g_{k, \text{stropnice}} \times b = 13,495 \times 6 = 80,97 \text{ kN}$$

Vlastní tíha:

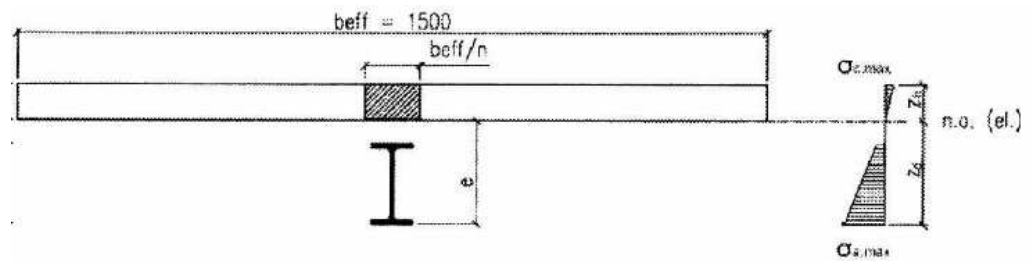
$$g_k = A_a \times 7850 \times 10 = 0,00459 \times 7850 \times 10 = 0,36 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{ek} = F_k \times \frac{l}{2} - F_k \times \frac{l}{6} + \frac{1}{8} \times g_k \times l^2$$

$$M_{ek} = 80,97 \times \frac{6}{2} - 80,97 \times \frac{6}{6} + \frac{1}{8} \times 0,36 \times 6^2 = 163,56 \text{ kNm}$$

Ideální průřez:



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování:

$$E'_c = \frac{E_m}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel:

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu:

$$A_i = 0,00459 + \frac{1,500 \times 0,060}{13,55} = 11,23 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Těžiště ideálního průřezu:

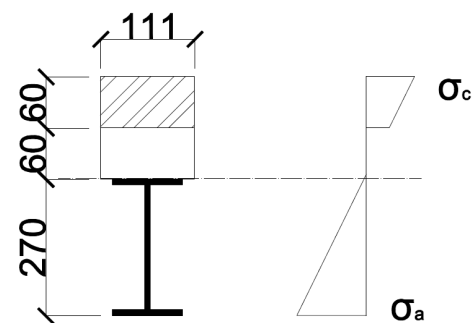
$$e = \frac{0,00459 \times \frac{0,27}{2} + \frac{1,500 \times 0,060}{13,55} \times \left(0,270 + 0,060 + \frac{0,060}{2} \right)}{11,23 \times 10^{-3}} = \frac{6,197 \times 10^{-4} + 2,391 \times 10^{-3}}{11,23 \times 10^{-3}} = 0,268 \text{ m} \approx 270 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu:

$$I_i = \sum (I + A \times c^2)$$

$$I_i = 5,79 \times 10^{-5} + 0,00459 \times \left(\frac{0,27}{2} \right)^2 + \frac{1}{12} \times 0,111 \times 0,06^3 + 0,111 \times 0,06 \times (0,09)^2 = 5,79 \times 10^{-5} + 6,098 \times 10^{-6} + 1,998 \times 10^{-6} + 5,39 \times 10^{-5} = 119,9 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

Posouzení pružného působení:



Maximální napětí v ocelovém profilu:

$$\sigma_{a,\max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \times z_d$$

$$\sigma_{a,\max} = \frac{163560}{119,9 \times 10^{-6}} \times 0,27 = 230,525 \text{ MPa} < f_y = 235 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

$$\sigma_{c,\max} = \frac{M_{Ek}}{n \times I_i} \times z_h$$

$$\sigma_{c,\max} = \frac{163560}{13,55 \times 119,9 \times 10^{-6}} \times 0,12 = 5,67 \text{ MPa} < 0,85 f_{ck} = 21,25 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Posouzení průhybu:

Ověření pro průhyb od proměnného zatížení.

$$\delta_2 = \frac{23}{648} \times \frac{F_k \times L^3}{E \times I_i} = \frac{23}{648} \times \frac{36000 \times 6^3}{210 \times 10^9 \times 119,9 \times 10^{-6}} = 0,01096 \text{ m}$$

$$\delta_2 = 10,96 \text{ mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{6000}{400} = 15 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

4.6.7 Alternativa - Ocelový průvlak

Jako alternativa pro srovnání je navržen průvlak, který není spřažen s betonovou deskou.

Návrh:

IPE 360, S235

$$A = 7,27 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_{\varpi} = 3,14 \times 10^{-7} \text{ m}^6$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$W_{el,y} = 9,04 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$W_{pl,y} = 1,019 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$I_y = 1,627 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$\varepsilon = 1$$

$$I_z = 1,043 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_t = 3,73 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Klasifikace průřezu:

Pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{81}{12,7} = 6,378 < 10\varepsilon = 10 \Rightarrow \text{tř.1}$$

Stojina $\frac{d}{t_w} = \frac{298,6}{8} = 37,325 < 72\varepsilon = 72 \Rightarrow t\check{r}.1$

Kritický moment:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_z^2} \left[\sqrt{\left(\frac{L_z}{L_\omega} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{L_z^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} + (C_2 e_z)^2 + C_2 e_z \right]$$

$$L_\omega = 6m$$

$$L_z = 2m$$

$$e_z = 0,18m$$

$$C_1 = 1,0$$

$$C_2 = 0,0$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= 1,0 \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 1,043 \times 10^{-5}}{2^2} \times \\ &\times \left[\sqrt{\left(\frac{2}{6} \right)^2 \frac{3,14 \times 10^{-7}}{1,043 \times 10^{-5}} + \frac{6^2 \times 81 \times 10^9 \times 3,73 \times 10^{-7}}{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 1,043 \times 10^{-5}}} \right] = \\ &= 5404348,63 \times \left[\sqrt{3,345 \times 10^{-3} + 0,0503} \right] = 1251,891 kN \end{aligned}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,019 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^6}{1251,891}} = 0,437$$

Součinitel imperfekce $\alpha_1 = 0,21$

Součinitel vzpěrnosti při klopení:

$$\begin{aligned} \chi_{LT} &= \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \\ \phi &= 0,5 \times \left[1 + \alpha_1 \times (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \times \left[1 + 0,21 \times (0,437 - 0,2) + 0,437^2 \right] = 0,62 \\ \chi_{LT} &= \frac{1}{0,62 + \sqrt{0,62^2 - 0,437^2}} = 0,943 \end{aligned}$$

Momentová únosnost při klopení:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \times \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M1}} = 0,943 \times \frac{1,019 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^6}{1,00} = 225,782 kN$$

$$M_{Ed} = 213,049 kN$$

$$M_{Ed} < M_{b,Rd} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

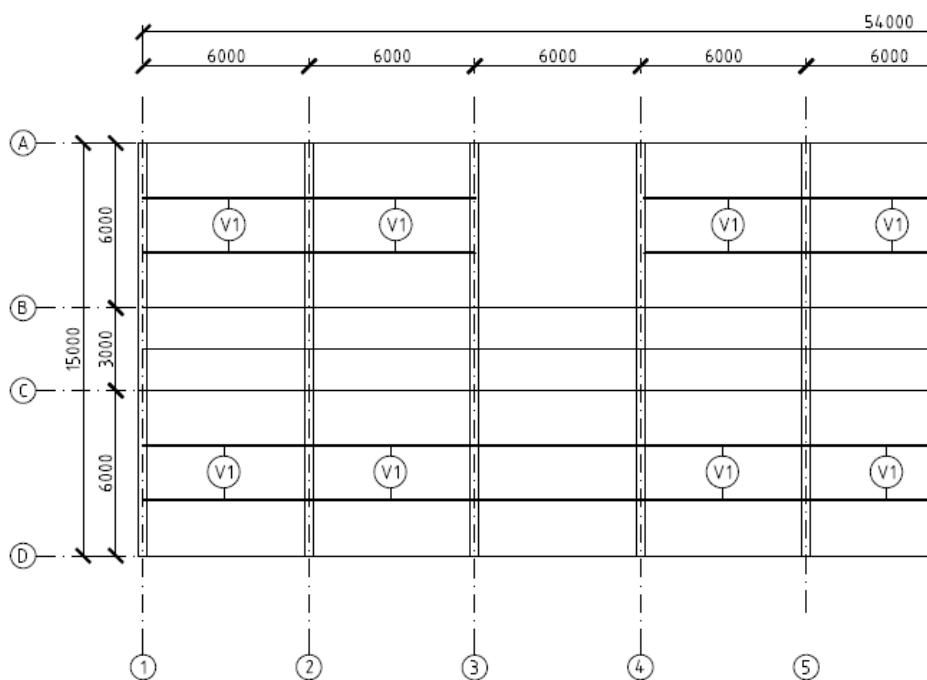
Průřez nespřaženého průvlaku IPE 360 vychází na posudek únosnosti výrazně větší než spřaženého průvlaku IPE 270. Proto bude zvolena varianta spřaženého průvlaku.

5 Střecha

Střešní konstrukce je navržena jako ocelobetonová konstrukce se spřaženými vaznicemi a průvlaky. Pro střešní konstrukci je použitý trapézový plech a železobetonová deska o stejné geometrii, jako u stropní konstrukce. Protože je zatížení střechy výrazně menší než u stropní konstrukce, není posouzení těchto prvků u střešní konstrukce dále řešeno.

5.1 Vaznice 1

Vaznice 1 je navržena jako ocelobetonový spřažený prostý nosník o délce 6 metrů. Zatěžovací šířka stropnice je 2 m. Umístění vaznic dle obázku.



5.1.1 Zatížení

A) Stálé					
			Vaznice 1		
	Tloušťka	Tíha	Zatížení	b	Zat. vaznice
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]
1. Sřecha					
Hydroizolace	0,004	12	0,048		
Tepelná izolace EPS 100S	0,18	1,5	0,27		
SBS pás	0,004	11	0,044		
Celkem			0,362	2	0,724
	Tloušťka	Tíha	Zatížení	b	Zat. vaznice
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]
2. Železobetonová deska					
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875		
Trapézový plech TR	0,00075		0,077		
Celkem			2,1645	2	4,329
	A [m ²]	Tíha	Zatížení	b	Zat. vaznice
		[kN/m ³]	[kN/m]	[m]	[kN/m]
3. Vaznice					
IPE 120	0,001321	78,5	0,103699		0,1036985
	Délka	Tloušťka	Zatížení	b	Zat. vaznice
	[m/m ²]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]
4. Podhled					
TZB			0,12		
Profil R-CD (0,52 kg/m)	3		0,015		
Zavěšený podhled Rigips		0,015	0,135		
Celkem			0,27	2	0,54
					Zat. vaznice
					[kN/m]
Celkem stálé					5,6966985
B) Proměnné					
			Zatížení	b	Zat. vaznice
			[kN/m ²]	[m]	[kN/m]
1. Užitné - kategorie H			0,75	2	1,5
2. Sníh			0,8	2	1,6
3. Vítr			0,15556	2	0,31112

Kombinace:

Jako hlavní proměnné zatížení se uvažuje zatížení sněhem, které se kombinuje s vedlejším zatížením od větru. Protože je užité zatížení menší než zatížení sněhem a se sněhem se nesčítá, nebude v žádné kombinaci rozhodovat.

$$K_1 = \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times \psi_0 \times s_k + \gamma_q \times \psi_0 \times w_k$$

$$K_2 = \varepsilon \times \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times q_k + \gamma_q \times \psi_0 \times w_k$$

$$K_1 = 1,35 \times 5,697 + 1,5 \times 0,5 \times 1,6 + 1,5 \times 0,6 \times 0,311 = 9,171 \text{ kN} / \text{m}$$

$$K_2 = 0,85 \times 5,697 + 1,5 \times 1,6 + 1,5 \times 0,6 \times 0,311 = 9,231 \text{ kN} / \text{m}$$

5.1.2 Vnitřní síly

$$g_d = 9,231 \text{ kN} / \text{m}$$

$$l = 6 \text{ m}$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \times g \times l^2$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \times 9,231 \times 6^2 = 41,54 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = \frac{1}{2} \times g \times l$$

$$V_{ed} = \frac{1}{2} \times 9,231 \times 6 = 27,69 \text{ kN}$$

5.1.3 Geometrie

Návrh průřezu:

IPE 120, ocel S235

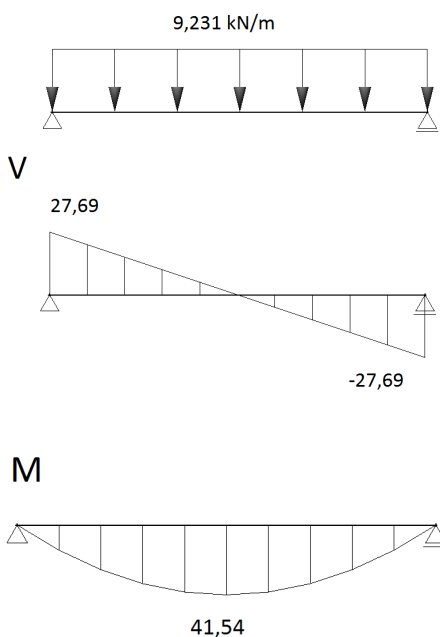
$$A_u = 0,00132 \text{ m}^2$$

$$A_{vz} = 6,31 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_y = 3,178 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{235}{1,00} = 235 \text{ MPa}$$



Beton C25/30

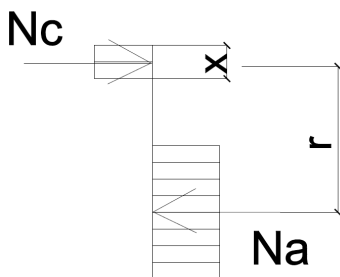
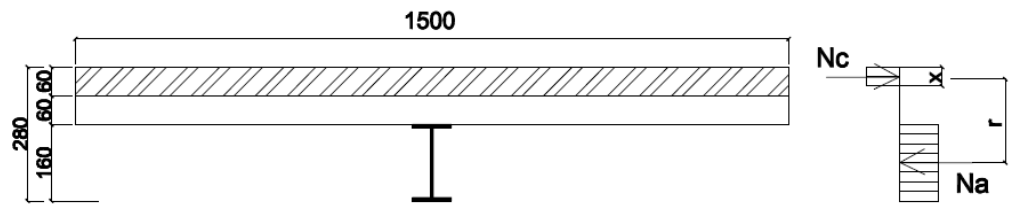
$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 0,85 \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \times \frac{25}{1,5} = 14,166 \text{ MPa}$$

Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 1,5 \text{ m} \leq B = 2 \text{ m}$$



$$N_a = N_c$$

$$A_a \times f_{yd} = x \times b_{eff} \times f_{cd}$$

$$0,00132 \times 235 = x \times 1,5 \times 14,166$$

$$x = 0,0146 \text{ m}$$

$$r = \frac{120}{2} + 120 - \frac{14,6}{2} = 172,7 \text{ mm}$$

$$M_{pl,rd} = N_a \times r = 0,00132 \times 235 \times 10^6 \times 0,1727 = 53,571 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = 41,54 \text{ kNm} \leq M_{pl,rd} = 53,571 \text{ kNm} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Smyková únosnost:

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times f_{yd} / \sqrt{3}$$

$$V_{pl,Rd} = 6,31 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6 / \sqrt{3} = 85,612 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 27,69 \text{ kN} < V_{pl,Rd} = 85,612 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

5.1.5 Spřažení

přivařený trn 19/100

průměr $d = 19 \text{ mm}$

délka $h_{sc} = 100 \text{ mm}$

ocel S235

$f_u = 360 \text{ MPa}$

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd,1} = 0,8 \times f_u \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{1}{\gamma_v} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 19^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 65,325 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \times \alpha \times d^2 \times \sqrt{f_{ck} \times E_{cm}} \times \frac{1}{\gamma_v} = 0,29 \times 1 \times 19^2 \times \sqrt{25 \times 31000} \times \frac{1}{1,25} = 73,73 \text{ kN}$$

$$3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \Rightarrow \alpha = 1$$

součinitel k_t pro trn v žebrové desce s žebry kolmo na nosník:

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \frac{82,5}{60} \left(\frac{100}{60} - 1 \right) = 0,642$$

Únosnost trnu:

$$P_{Rd} = k_t \times P_{Rd,1} = 0,642 \times 65,325 = 41,939 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů:

$$F_{cf} = N_c' = N_a$$

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{0,00132 \times 235 \times 10^6}{41939} = 7,396 \Rightarrow 8 \text{ trnů}$$

Na polovinu nosníku je možné umístit $3000/250 = 12$ trnů.

→ Úplné spřažení

5.1.6 Mezní stav použitelnosti

Zatížení:

$$g_k = 5,7 \text{ kN} / \text{m}$$

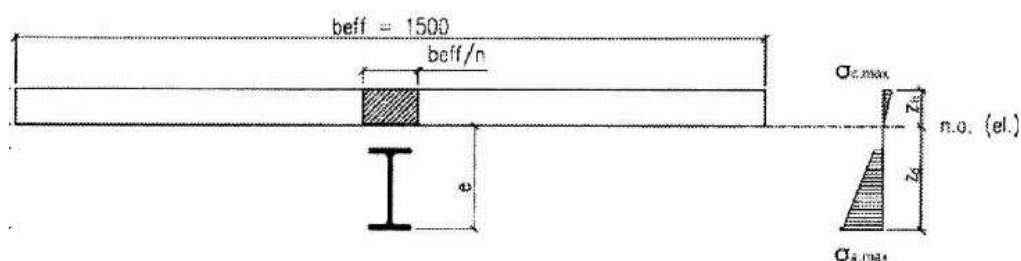
$$q_k = 1,5 \text{ kN} / \text{m}$$

$$g_k + q_k = 5,7 + 1,5 = 7,2 \text{ kN} / \text{m}$$

Vnitřní síly:

$$M_{ek} = \frac{1}{8} \times 7,2 \times 6^2 = 32,4 \text{ kNm}$$

Ideální průřez:



$$E'_c = \frac{E_m}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

$$b_{eff} = \frac{b_{eff,v}}{n} = \frac{1,5}{13,55} = 0,111 \text{ m}$$

$$A_i = 7,922 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$e = 0,185 \text{ m}$$

$$I_i = 2,99 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

Posouzení pružného působení:

Maximální napětí v ocelovém profilu:

$$\sigma_{a,\max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \times z_d$$

$$\sigma_{a,\max} = \frac{32400}{2,99 \times 10^{-5}} \times 0,185 = 200,47 \text{ MPa} < f_y = 235 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

$$\sigma_{c,\max} = \frac{M_{Ek}}{n \times I_i} \times z_h$$

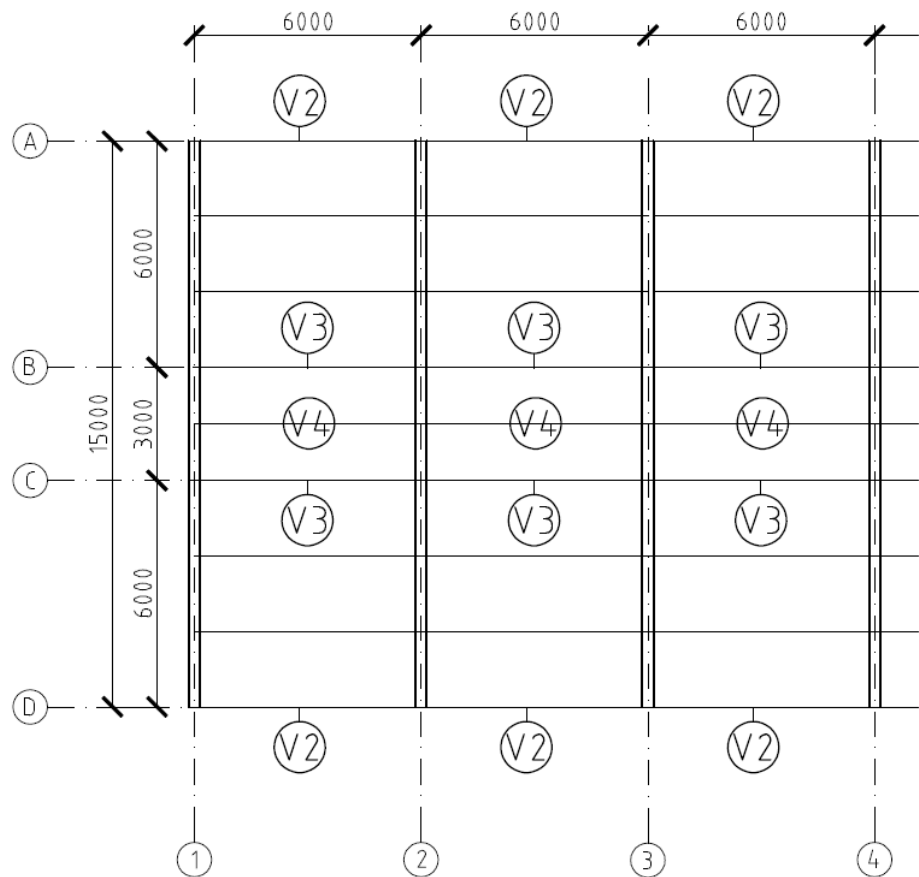
$$\sigma_{c,\max} = \frac{32400}{13,55 \times 2,99 \times 10^{-5}} \times 0,055 = 4,4 \text{ MPa} < 0,85 f_{ck} = 21,25 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Posouzení průhybu:

$$\delta_2 = \frac{5}{385} \times \frac{q_k \times L^4}{E \times I_i} = \frac{5}{385} \times \frac{1500 \times 6^4}{210 \times 10^9 \times 2,99 \times 10^{-5}} = 0,00402 \text{ m}$$

$$\delta_2 = 4 \text{ mm} \leq \frac{L}{200} = \frac{6000}{200} = 30 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

5.2 Vaznice 2, 3, 4



Vaznice 2, 3, a 4 jsou navrženy jako ocelobetonové spřažené prosté nosníky o délce 6 metrů. Umístění vaznic dle obázku.

Zatěžovací šířka vaznice 2 je 1 m.

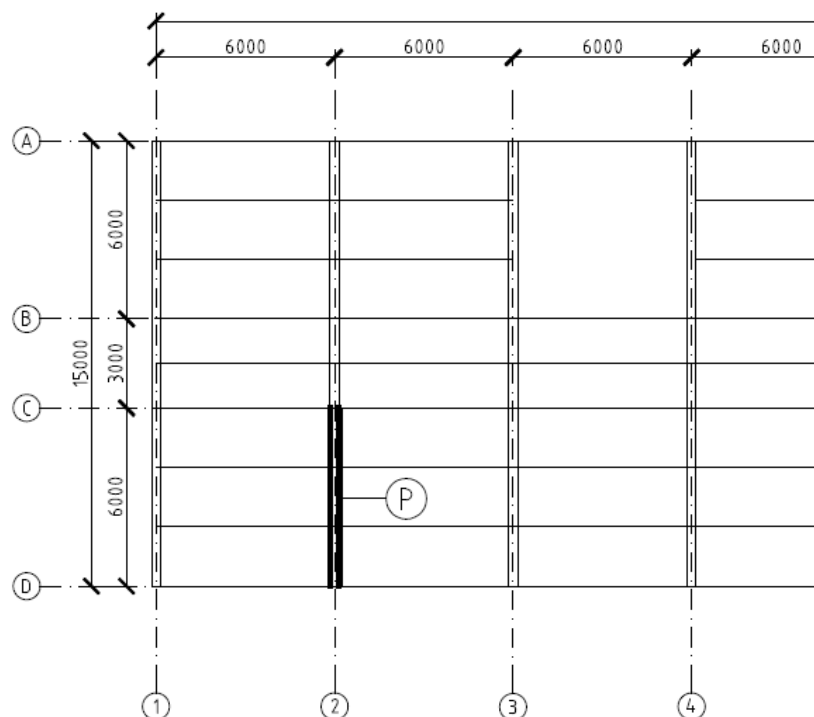
Zatěžovací šířka vaznice 3 je 1,75 m.

Zatěžovací šířka vaznice 4 je 1,5 m.

Plošné zatížení je přibližně stejné, jako u vaznice 1 a zatěžovací šířky jsou menší, než u vaznice 1, proto mohou být použity stejné profily IPE 120. Vzhledem k menšímu zatížení a stejnému postupu výpočtu není třeba průřez ověřovat výpočtem.

5.2 Průvlak

Průvlak je navržen jako spřažený ocelobetonový prostý nosník o rozpětí 6 m.



5.2.1 Zatížení

Zatížení, které působí na průvlak je součet zatížení vlastní tíhy průvlaku a zatížení, které se přenáší z vaznic.

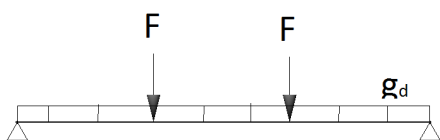
Zatížení ze stropnice:

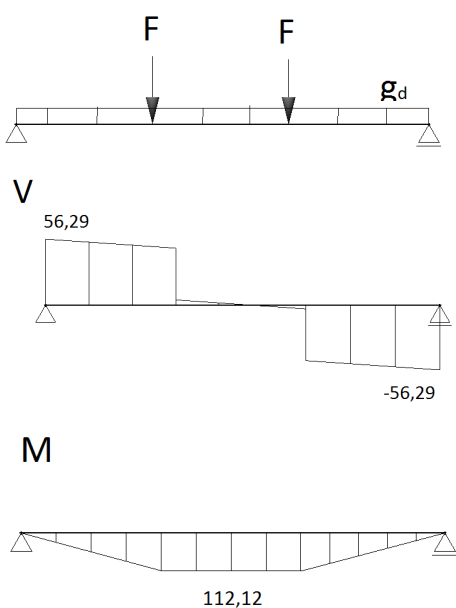
$$g_{d, \text{vaznice}} = 9,23 \text{ kN} / \text{m}$$

$$F_d = g_{d, \text{vaznice}} \times b = 9,23 \times 6 = 55,38 \text{ kN}$$

Vlastní tíha:

$$g_d = \gamma_G \times A_a \times 7850 \times 10 = 1,35 \times 0,00285 \times 7850 \times 10 = 302,03 \text{ kN}$$





5.2.2 Vnitřní síly

Posouvající síly:

$$V_{ed,max} = F + \frac{g_d \times L}{2}$$

$$V_{ed,max} = 55,38 + \frac{0,302 \times 6}{2} = 56,29 \text{ kN}$$

Maximální moment:

$$M_{max} = G_d \times \frac{l}{2} - G_d \times \frac{l}{6} + \frac{1}{8} \times g_d \times l^2$$

$$M_{max} = 55,38 \times \frac{6}{2} - 55,38 \times \frac{6}{6} + \frac{1}{8} \times 0,302 \times 6^2 = 112,12 \text{ kNm}$$

5.2.3 Geometrie

Návrh:

IPE 200, ocel S235

$$A_a = 0,00285 \text{ m}^2$$

$$A_{vz} = 1,4 \times 10^{-3}$$

$$I_y = 1,943 \times 10^{-5}$$

$$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$$

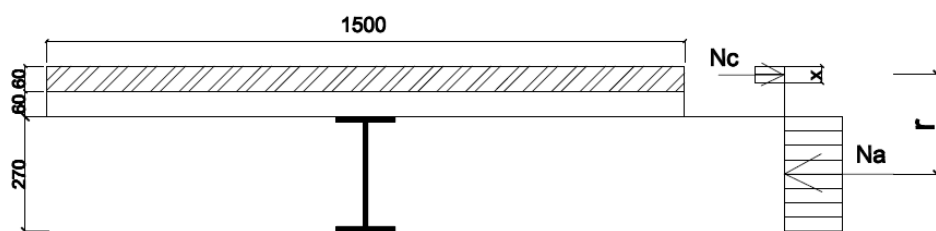
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{235}{1,00} = 235 \text{ MPa}$$

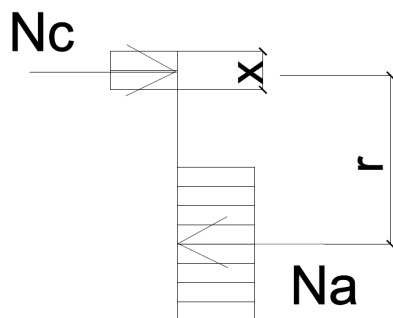
Beton C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 0,85 \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \times \frac{25}{1,5} = 14,166 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} = \frac{l}{4} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ m}$$





5.2.4 Posouzení únosnosti

Momentová únosnost:

$$N_a = N_c$$

$$A_a \times f_{yd} = x \times b_{eff} \times f_{cd}$$

$$0,00285 \times 235 = x \times 1,5 \times 14,166$$

$$x = 0,0315m$$

$$r = \frac{200}{2} + 120 - \frac{31,5}{2} = 204,25mm$$

$$M_{pl,rd} = N_a \times r = 0,00285 \times 235 \times 10^6 \times 0,204 = 136,63kNm$$

$$M_{ed} = 112,12kNm \leq M_{pl,rd} = 136,63kNm \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Smyková únosnost:

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times f_{yd} / \sqrt{3}$$

$$V_{pl,Rd} = 1,4 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^6 / \sqrt{3} = 189,95kN$$

$$V_{ed} = 56,29kN < V_{pl,Rd} = 189,95kN \Rightarrow \text{vyhoví}$$

5.2.5 Spřažení

přivařený trn 19/100

průměr $d = 19 \text{ mm}$

délka $h_{sc} = 100 \text{ mm}$

ocel S235

$f_u = 360 \text{ MPa}$

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd,1} = 0,8 \times f_u \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{1}{\gamma_v} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 19^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 65,325kN$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \times \alpha \times d^2 \times \sqrt{f_{ck} \times E_{cm}} \times \frac{1}{\gamma_v} = 0,29 \times 1 \times 19^2 \times \sqrt{25 \times 31000} \times \frac{1}{1,25} = 73,73kN$$

$$3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \Rightarrow \alpha = 1$$

součinitel k_t pro trny v žebrové desce s žebry rovnoběžnými s nosníkem:

$$k_t = 0,6 \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 0,6 \frac{82,5}{60} \left(\frac{100}{60} - 1 \right) = 0,55$$

Únosnost trnu:

$$P_{Rd} = k_t \times P_{Rd,1} = 0,55 \times 65,325 = 35,929 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů:

$$F_{cf} = N_c' = N_a$$

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{0,00285 \times 235 \times 10^6}{35929} = 18,64 \Rightarrow 19 \text{ trnů}$$

5.2.6 Mezní stav použitelnosti

Zatížení ze stropnice:

$$g_{k,vaznice} = 7,2 \text{ kN / m}$$

$$F_k = g_{k,vaznice} \times b = 7,25 \times 6 = 43,2 \text{ kN}$$

Vlastní tíha:

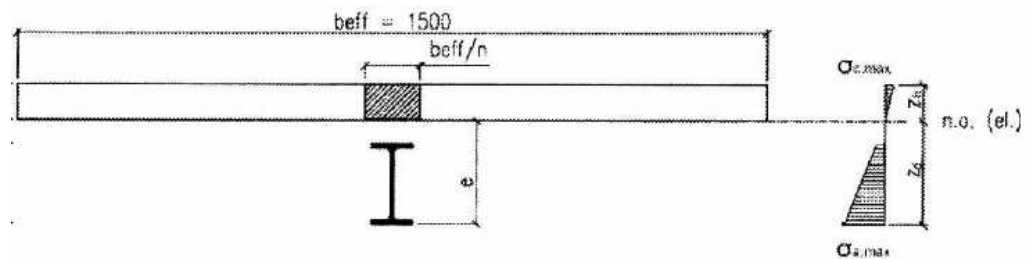
$$g_k = A_a \times 7850 \times 10 = 0,00285 \times 7850 \times 10 = 0,224 \text{ kN / m}$$

Ohybový moment:

$$M_{ek} = F_k \times \frac{l}{2} - F_k \times \frac{l}{6} + \frac{1}{8} \times g_k \times l^2$$

$$M_{ek} = 43,2 \times \frac{6}{2} - 43,2 \times \frac{6}{6} + \frac{1}{8} \times 0,224 \times 6^2 = 87,41 \text{ kNm}$$

Ideální průřez:



$$E'_c = \frac{E_m}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

Průřezové charakteristiky vypočítané v programu Scia:

$$A_i = 9,45 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$e = 0,233 \text{ m}$$

$$I_i = 9,33 \times 10^{-5}$$

Posouzení pružného působení:

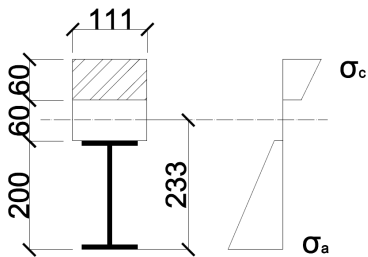
Maximální napětí v ocelovém profilu:

$$\sigma_{a,\max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \times z_d$$

$$\sigma_{a,\max} = \frac{87410}{9,33 \times 10^{-5}} \times 0,233 = 218,29 \text{ MPa} < f_y = 235 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

$$\sigma_{c,\max} = \frac{M_{Ek}}{n \times I_i} \times z_h$$

$$\sigma_{c,\max} = \frac{87410}{13,55 \times 9,33 \times 10^{-5}} \times 0,087 = 6,01 \text{ MPa} < 0,85 f_{ck} = 21,25 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhoví}$$



Posouzení průhybu:

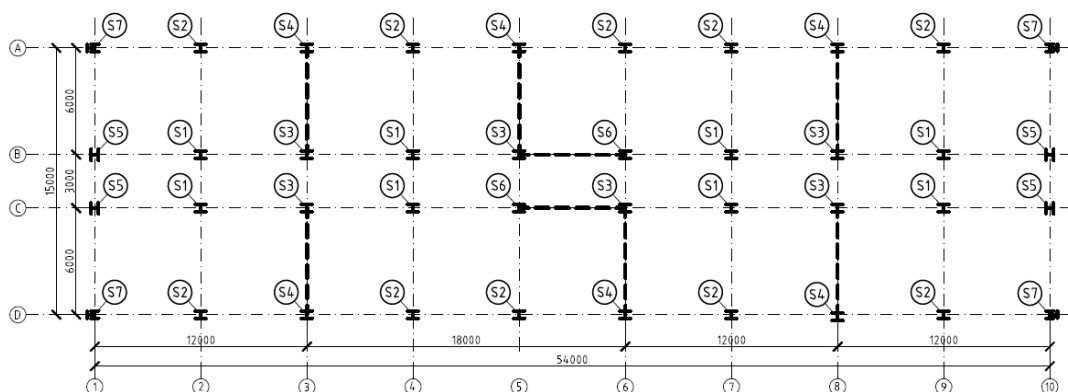
Ověření pro průhyb od proměnného zatížení.

$$\delta_2 = \frac{23}{648} \times \frac{F_k \times L^3}{E \times I_i} = \frac{23}{648} \times \frac{9000 \times 6^3}{210 \times 10^9 \times 9,33 \times 10^{-5}} = 0,0035m$$

$$\delta_2 = 3,5mm \leq \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24mm \Rightarrow \text{vyhoví}$$

6 Sloupy

6.1 Rozdělení sloupů v půdorysu budovy



S1 - Vnitřní sloup

S2 - Vnější sloup z podélné strany budovy

S3 - Vnitřní sloup s příčným ztužením

S4 - Vnější sloup s příčným ztužením

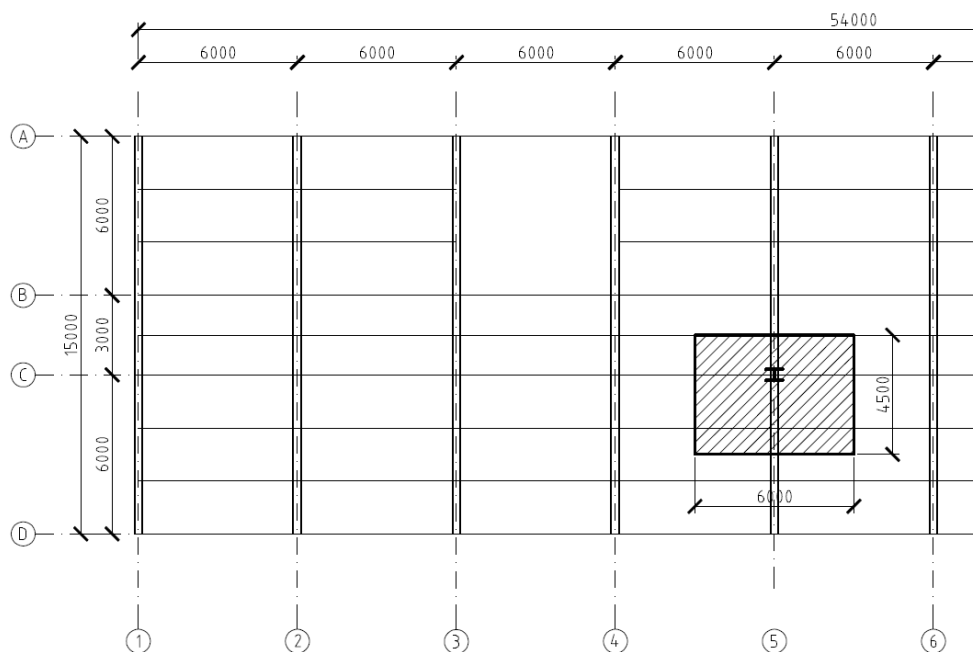
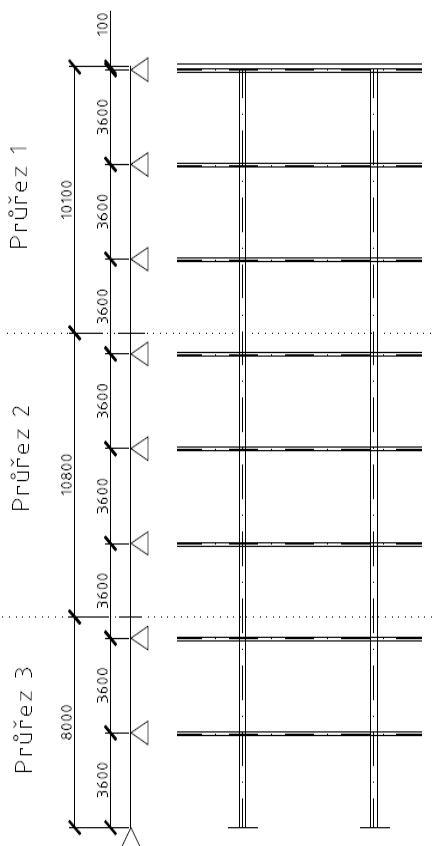
S5 - Vnější sloup z příčné strany budovy - použije se stejný průřez jako S2, působí na něj menší zatížení než na sloup S2, proto není potřeba ověřovat výpočtem

S6 - Vnitřní sloup s podélným ztužením - stejný průřez jako S3, působí na něj menší zatížení než na sloup S3, proto není potřeba ověřovat výpočtem

S7 - Rohový sloup - Svařenec průřezu HEB a poloviny průřezu IPE. Průřez HEB je stejný, jako průřez sloupu S2

6.2 Vnitřní sloup S1

Každý sloup je rozdělen na tři montážní díly. Průřez bude po výšce odstupňován. Montážní styk je umístěn 500 mm nad podlahou. Sloup je namáhán centrickým tlakem. Zatěžovací plocha střešní konstrukce je znázorněna na obrázku.



6.2.1 Zatížení

6.2.1.1 Zatížení běžného podlaží

A) Stálé

	Tloušťka	Tíha	Zatížení
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
1. Podlaha			
Keramická dlažba	0,008	23	0,184
Lepidlo na KD	0,005	20	0,1
Betonová mazanina	0,04	23	0,92
Tepelná izolace EPS 100S	0,02	1,5	0,03
2. Železobetonová deska			
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875
Trapézový plech TR	0,00075		0,077
3. Podhled			
TZB			0,12
Profil R-CD (0,52 kg/m)			0,015
Zavěšený podhled Rigips			0,135
Celkem			3,6685

1) Plošné:

Zatěžovací plocha: $A = 4,5 \times 6 = 27 \text{ m}^2$

$$G_{k1} = A \times g_1 = 27 \times 3,6685 = 99,05 \text{ kN}$$

2) Nosníky:

	délka	Plocha	Zatížení
	[m]	[m ²]	[kN]
IPE 270	4,5	0,00459	1,621418
IPE 160	15	0,00201	2,366775
Celkem			3,988193

$$G_{k2} = 3,988 \text{ kN}$$

3) Příčka

	hmotnost	výška	Zatížení
	[kg/m ²]	[m]	[kN]
2 x SDK deska rigips	27	3	4,86
Profil R-CW 75 (0,54 kg/m)	1,62	3	0,2916
Tep. izolace Isover AKU 6	2,4	3	0,432
Celkem			5,5836

$$G_{k3} = 5,584 \text{ kN}$$

$$G_{k, \text{strop}} = \sum G_{ki} = 99,05 + 3,988 + 5,584 = \mathbf{108,622 \text{ kN}}$$

B) Proměnné

			Zatížení
			[kN/m ²]
1. Užitné - kategorie B			2,5
2. Přemístitelné přičky			0,5
Celkem proměnné			3

$$Q_k = A \times q_k = 27 \times 3 = \mathbf{81 \text{ kN}}$$

6.2.1.2 Zatížení střechy

A) Stálé

1) Plošné:

	Tloušťka	Tíha	Zatížení
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
1. Sřecha			
Hydroizolace	0,004	12	0,048
Tepelná izolace EPS 100S	0,18	1,5	0,27
SBS pás	0,004	11	0,044
2. Železobetonová deska			
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875
Trapézový plech TR	0,00075		0,077
4. Podhled			
TZB			0,12
Profil R-CD (0,52 kg/m)			0,015
Zavěšený podhled Rigips			0,135
Celkem			2,7965

$$\text{Zatěžovací plocha: } A = 4,5 \times 6 = 27 \text{ m}^2$$

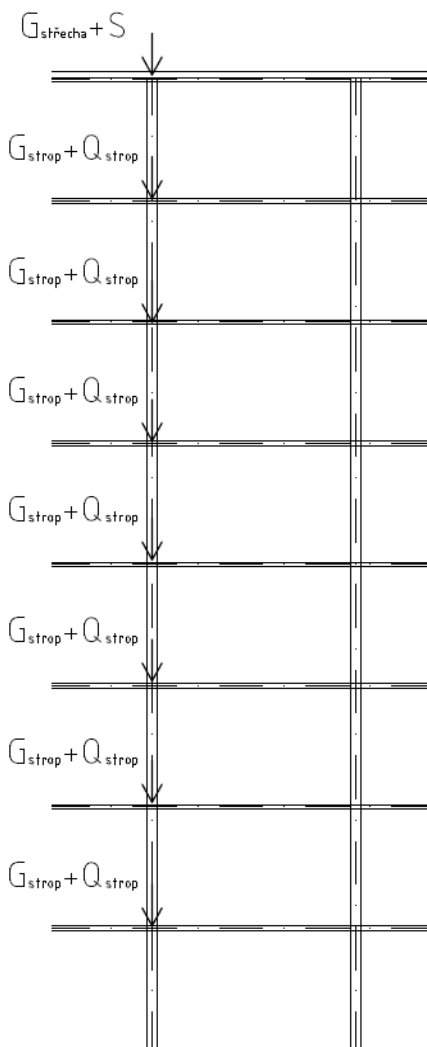
$$G_{k1} = A \times g_1 = 27 \times 2,7965 = 75,506 \text{ kN}$$

2) Nosníky:

	A [m ²]	délka	Zatížení
		[m]	[kN]
Nosníky			
IPE 120	0,001321	6	0,622191
IPE 100	0,001032	9	0,729108
IPE 200	0,00285	4,5	1,006763
Celkem			2,358062

$$G_{k2} = 2,358 \text{ kN}$$

$$G_{k,\text{střecha}} = 75,506 + 2,358 = \mathbf{77,864 \text{ kN}}$$



B) Proměnné

1) Sníh

$$s = 0,8 \text{ kN/m}$$

$$S_k = s \cdot A = 0,8 \cdot 27 = \mathbf{21,6 \text{ kN}}$$

2) Užitné - střecha

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

Užitné zatížení není dominantní zatížení, $\psi_0 = 0 \rightarrow$ zatížení se neuvažuje

6.2.2 Průřez 1

6.2.2.1 Zatížení

Vlastní tíha sloupu:

$$A = 5,425 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$l = 10,9 \text{ m}$$

$$F_{sl.k} = A \cdot l \cdot 78,5 = 4,642 \text{ kN}$$

Kombinace:

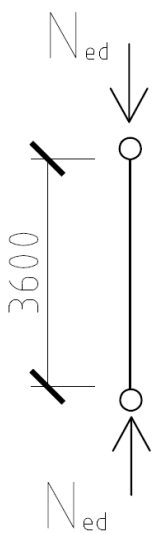
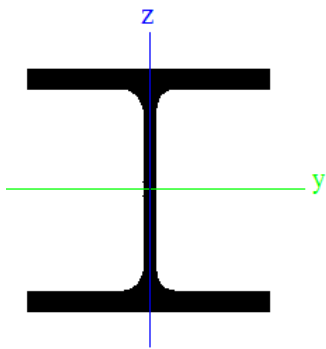
K1:

$$\begin{aligned} & \Sigma \gamma_G \times G_k + \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} = \\ & = 1,35 \times (2 \times 108,622 + 77,864 + 4,242) + 1,5 \times 0,7 \times 2 \times 81 + 1,5 \times 0,5 \times 21,6 = \\ & = 590,962 \text{ kN} \end{aligned}$$

K2:

$$\begin{aligned} & \Sigma \gamma_G \times \varepsilon \times G_k + \gamma_Q \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} = \\ & = 1,35 \times 0,85 \times (2 \times 108,622 + 77,864 + 4,242) + 1,5 \times 2 \times 81 + 1,5 \times 0,5 \times 21,6 = \\ & = 602,704 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_{ed} = 602,704 \text{ kN}$$



6.2.2.2 Geometrie

HEB 160, ocel 235

$$A = 5,425 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$I_y = 2,492 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 8,892 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$

6.2.2.3 Posouzení únosnosti

Při stejné vzpěrné délce k oběma osám bude rozhodovat vybočení k ose z.

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 8,892 \times 10^{-6}}{3,6^2} = 1422,046 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{5,425 \times 235}{1422,046}} = 0,947$$

Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h}{b} = \frac{160}{160} = 1, t_f = 13 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm} \Rightarrow c$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,49$$

Součinitel vzpěru:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\phi = 0,5 \times \left[1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\phi = 0,5 \times \left[1 + 0,49 \times (0,947 - 0,2) + 0,947^2 \right] = 1,131$$

$$\chi = \frac{1}{1,131 + \sqrt{1,131^2 - 0,947^2}} = 0,572$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,rd} = \chi \times A \times f_{yd}$$

$$N_{b,rd} = 0,572 \times 5,425 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^6 = 728,772 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 602,704 \text{ kN} \leq N_{b,rd} = 728,772 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

6.2.3 Průřez 2

6.2.3.1 Zatížení

Vlastní tíha sloupu:

$$A = 9,104 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$l = 20,9 \text{ m}$$

$$F_{sl} = A \times l_2 \times 78,5 + F_{sl1} = 14,936 \text{ kN}$$

Kombinace:

K1:

$$\begin{aligned} & \Sigma \gamma_G \times G_k + \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} = \\ & = 1,35 \times (5 \times 108,622 + 77,864 + 14,936) + 1,5 \times 0,7 \times 5 \times 81 + 1,5 \times 0,5 \times 21,6 = \\ & = 1294,033 \text{ kN} \end{aligned}$$

K2:

$$\begin{aligned} & \Sigma \gamma_G \times \varepsilon \times G_k + \gamma_Q \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} = \\ & = 1,35 \times 0,85 \times (5 \times 108,622 + 77,864 + 14,936) + 1,5 \times 5 \times 81 + 1,5 \times 0,5 \times 21,6 = \\ & = 1350,432 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_{ed} = 1350,432 \text{ kN}$$

6.2.3.2 Geometrie

HEB 220, ocel 235

$$A = 9,104 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

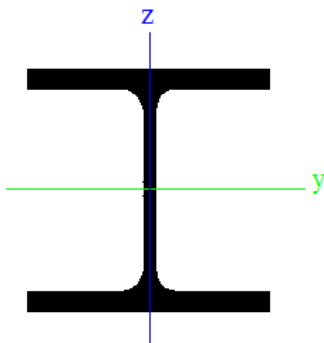
$$E = 210 \text{ GPa}$$

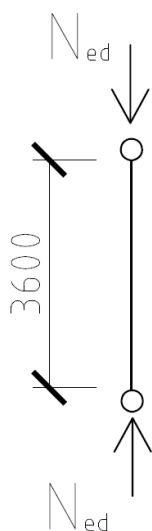
$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$I_y = 8,091 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,843 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$





6.2.3.3 Posouzení

Při stejné vzpěrné délce k oběma osám bude rozhodovat vybočení k ose z.

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 2,843 \times 10^{-5}}{3,6^2} = 4546,643 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{9,104 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^6}{4546643}} = 0,686$$

Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h}{b} = \frac{220}{220} = 1, t_f = 13 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm} \Rightarrow c$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,49$$

Součinitel vzpěru:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\phi = 0,5 \times \left[1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\phi = 0,5 \times \left[1 + 0,49 \times (0,686 - 0,2) + 0,686^2 \right] = 0,854$$

$$\chi = \frac{1}{0,854 + \sqrt{0,854^2 - 0,686^2}} = 0,734$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,rd} = \chi \times A \times f_{yd}$$

$$N_{b,rd} = 0,734 \times 9,104 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^6 = 1570,349 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 1350,432 \text{ kN} \leq N_{b,rd} = 1570,349 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

6.2.4 Průřez 3

6.2.4.1 Zatížení

Vlastní tíha sloupu:

$$A = 1,06 \times 10^{-2}$$

$$l = 20,9m$$

$$F_{sl} = A \times l_3 \times 78,5 + F_{sl1} + F_{sl2} = 21,6kN$$

Kombinace:

K1:

$$\begin{aligned} \Sigma \gamma_G \times G_k + \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} &= \\ = 1,35 \times (7 \times 108,622 + 77,864 + 4,242) + 1,5 \times 0,7 \times 7 \times 81 + 1,5 \times 0,5 \times 21,6 &= \\ = 1764,744kN \end{aligned}$$

K2:

$$\begin{aligned} \Sigma \gamma_G \times \varepsilon \times G_k + \gamma_Q \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} &= \\ = 1,35 \times 0,85 \times (7 \times 108,622 + 77,864 + 4,242) + 1,5 \times 7 \times 81 + 1,5 \times 0,5 \times 21,6 &= \\ = 1769,83kN \end{aligned}$$

$$N_{ed} = 1769,83kN$$

6.2.4.2 Geometrie

HEB 240, ocel 235

$$A = 1,06 \times 10^{-2} m^2$$

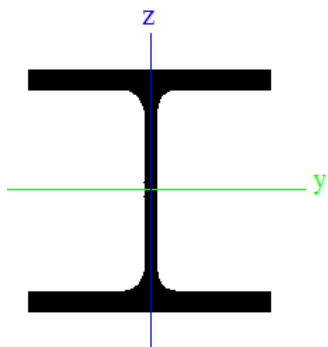
$$E = 210GPa$$

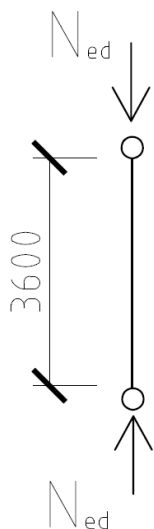
$$G = 81GPa$$

$$I_y = 1,126 \times 10^{-4} m^4$$

$$I_z = 3,923 \times 10^{-5} m^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6m$$





6.2.4.3 Posouzení

Při stejné vzpěrné délce k oběma osám bude rozhodovat vybočení k ose z.

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 3,923 \times 10^{-5}}{3,6^2} = 6273,824 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{10,6 \times 235}{6273,824}} = 0,63$$

Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h}{b} = \frac{240}{240} = 1, t_f = 13 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm} \Rightarrow c$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,49$$

Součinitel vzpěru:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\phi = 0,5 \times \left[1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\phi = 0,5 \times \left[1 + 0,49 \times (0,63 - 0,2) + 0,63^2 \right] = 0,804$$

$$\chi = \frac{1}{0,804 + \sqrt{0,804^2 - 0,63^2}} = 0,767$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,rd} = \chi \times A \times f_{yd}$$

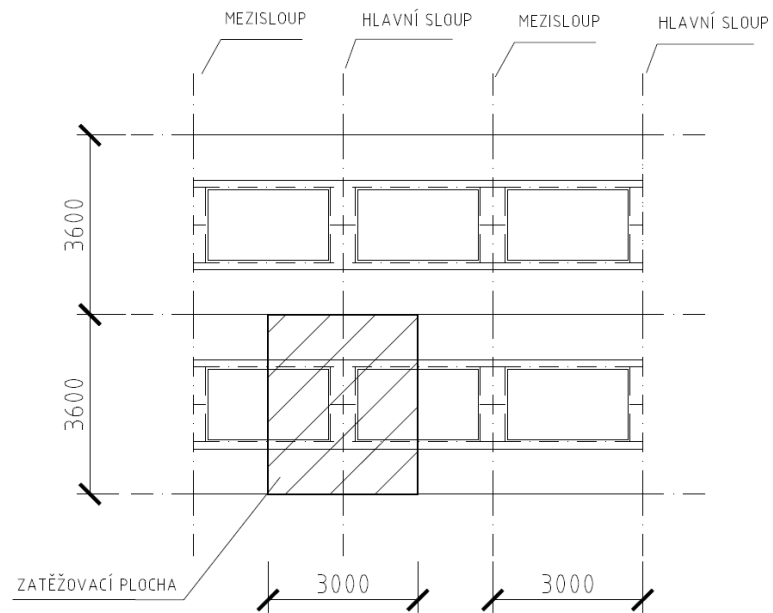
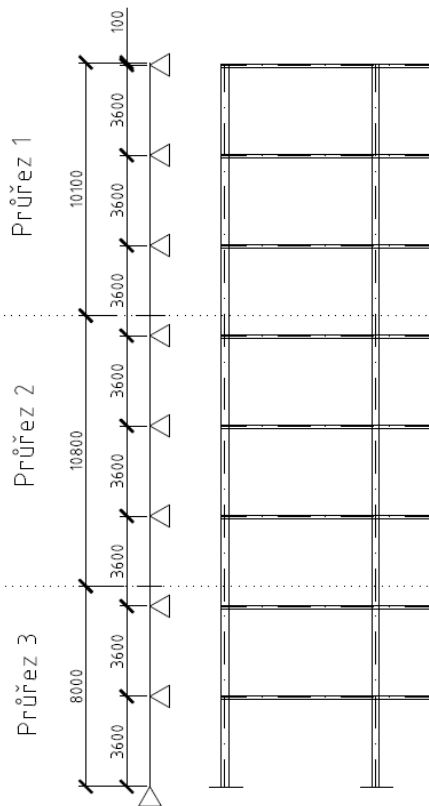
$$N_{b,rd} = 0,767 \times 1,06 \times 10^{-2} \times 235 \times 10^6 = 1910,597 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 1769,83 \text{ kN} \leq N_{b,rd} = 1910,597 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

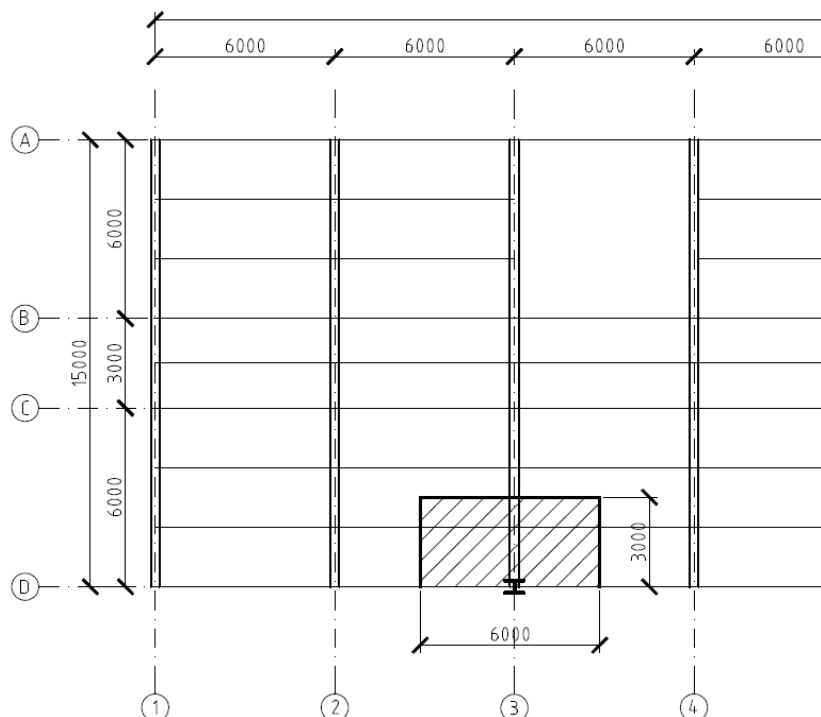
6.3 Krajní sloup - S2

Každý sloup je rozdělen na tři montážní díly. Průřez bude po výšce odstupňován. Montážní styk je umístěn 500 mm nad podlahou. Sloup je namáhán tlakem a ohybovým momentem od zatížení větrem.

Zatěžovací plocha fasády pro zatížení větrem:



Zatěžovací plocha ze stropní konstrukce:



6.3.1 Zatížení

6.3.1.1 Zatížení běžného podlaží

A) Stálé

	Tloušťka	Tíha	Zatížení
	[m]	[kN/m3]	[kN/m2]
1. Podlaha			
Keramická dlažba	0,008	23	0,184
Lepidlo na KD	0,005	20	0,1
Betonová mazanina	0,04	23	0,92
Tepelná izolace EPS 100S	0,02	1,5	0,03
2. Železobetonová deska			
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875
Trapézový plech TR	0,00075		0,077
3. Podhled			
TZB			0,12
Profil R-CD (0,52 kg/m)			0,015
Zavěšený podhled Rigips			0,135
Celkem			3,6685

1) Plošné:

Zatěžovací plocha: $A = 3 \times 6 = 18 \text{ m}^2$

$G_{k1} = A \times g_1 = 18 \times 3,6685 = 66,033 \text{ kN}$

2) Nosníky:

	A [m ²]	délka	Tíha	Zatížení
		[m]	[kN/m3]	[kN]
IPE 160	0,00201	6	78,5	0,94671
IPE 120	0,001321	6	78,5	0,622191
IPE 270	0,00201	3	78,5	0,473355
Celkem				2,042256

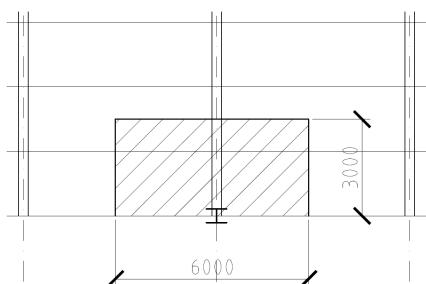
$G_{k2} = 2,042 \text{ kN}$

3) Fasáda

Zatížení na stropnici:

$g_{\text{stropnice}} = 0,92 \text{ kN/m}$

$l = 6 \text{ m}$



$$G_{k3} = g_{\text{stropnice}} \times l = 0,92 \times 6 = 5,52 \text{ kN}$$

$$G_{k,\text{strop}} = \sum G_{ki} = 66,033 + 2,042 + 5,552 = \mathbf{73,595 \text{ kN}}$$

B) Proměnné

			Zatížení
			[kN/m2]
1. Užitné - kategorie B			2,5
2. Přemístitelné příčky			0,5
Celkem proměnné			3

$$Q_k = A \times q_k = 18 \times 3 = \mathbf{54 \text{ kN}}$$

6.3.1.2 Zatížení střechy

A) Stálé

1) Plošné:

	Tloušťka	Tíha	Zatížení
	[m]	[kN/m3]	[kN/m2]
1. Sřecha			
Hydroizolace	0,004	12	0,048
Tepelná izolace EPS 100S	0,18	1,5	0,27
SBS pás	0,004	11	0,044
2. Železobetonová deska			
Železobeton C25/30	0,0835	25	2,0875
Trapézový plech TR	0,00075		0,077
4. Podhled			
TZB			0,12
Profil R-CD (0,52 kg/m)			0,015
Zavěšený podhled Rigips			0,135
Celkem			2,7965

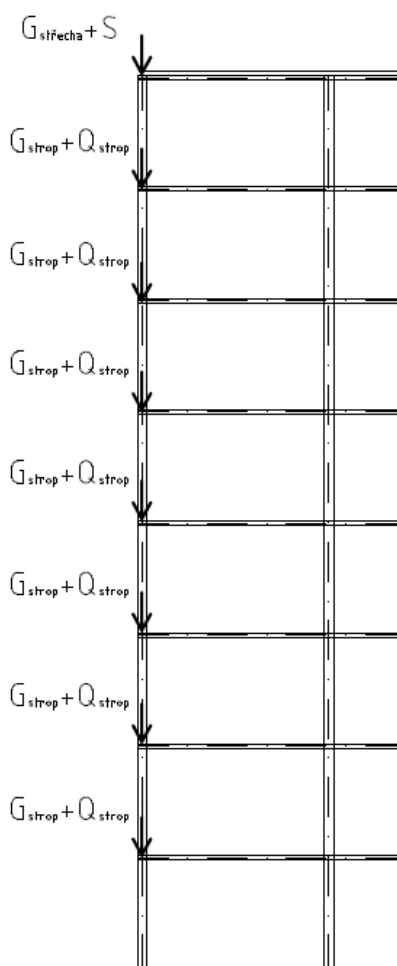
$$\text{Zatěžovací plocha: } A = 3 \times 6 = 18 \text{ m}^2$$

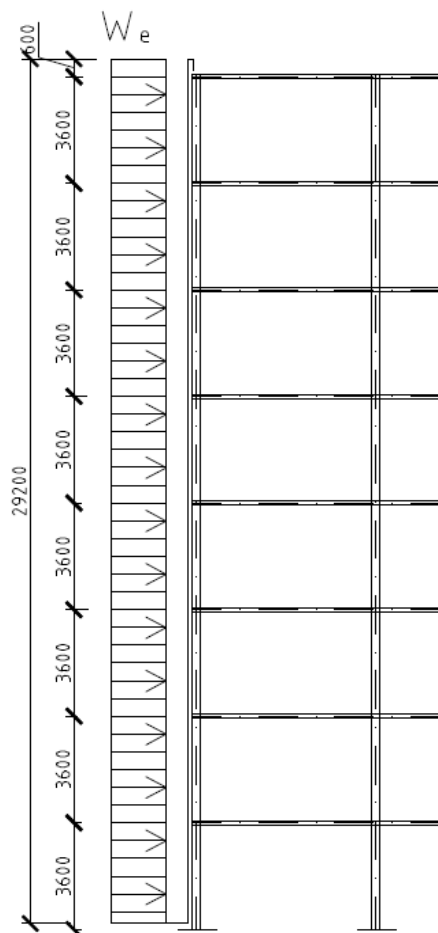
$$G_{k1} = A \times g_1 = 18 \times 2,7965 = 50,337 \text{ kN}$$

2) Nosníky:

	A [m ²]	délka	Zatížení
		[m]	[kN]
Nosníky			
IPE 120	0,001321	6	0,622191
IPE 100	0,001032	6	0,486072
IPE 200	0,00285	3	0,671175
Celkem			1,779438

$$G_{k2} = 1,779 \text{ kN}$$





$$G_{k,\text{střecha}} = 50,337 + 1,779 = \mathbf{52,116 \text{ kN}}$$

B) Proměnné

1) Sníh

$$s = 0,8 \text{ kN/m}$$

$$S_k = s * A = 0,8 * 18 = \mathbf{14,4 \text{ kN}}$$

2) Užité - střecha

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

Užitné zatížení není dominantní zatížení, $\psi_0 = 0 \rightarrow$ zatížení se neuvažuje.

6.3.1.3 Zatížení větrem

tlak větru na stěnu:

$$w_e = 622,24 \text{ N/m}^2$$

tlak větru na sloup:

$$w_{e,\text{sl}} = w_e \times b$$

$$w_{e,\text{sl}} = 622,24 \times 3 = 1,867 \text{ kN/m}$$

6.3.1 Průřez 1

6.3.1.1 Zatížení

Vlastní tíha sloupu:

$$A = 4,296 \times 10^{-3} m^2$$

$$l = 10,9m$$

$$F_{sl.k} = A \times l \times 78,5 = 3,68 kN$$

Kombinace - osová síla:

K1:

$$\begin{aligned} \Sigma \gamma_G \times G_k + \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} = \\ = 1,35 \times (2 \times 73,595 + 52,116 + 3,68) + 1,5 \times 0,7 \times 2 \times 54 + 1,5 \times 0,5 \times 14,4 = \\ = 398,231 kN \end{aligned}$$

K2:

$$\begin{aligned} \Sigma \gamma_G \times \varepsilon \times G_k + \gamma_Q \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} = \\ = 1,35 \times 0,85 \times (2 \times 73,595 + 52,116 + 3,68) + 1,5 \times 2 \times 54 + 1,5 \times 0,5 \times 14,4 = \\ = 392,27 kN \end{aligned}$$

Zatížení větrem:

$$w_{ek,sl} = 1,867 \text{ kN/m}$$

$$w_{ed,sl} = 1,5 \times 0,6 \times 1,867 = 1,68 \text{ kN/m}$$

6.3.1.2 Vnitřní síly

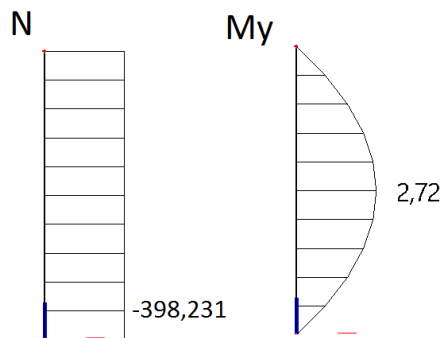
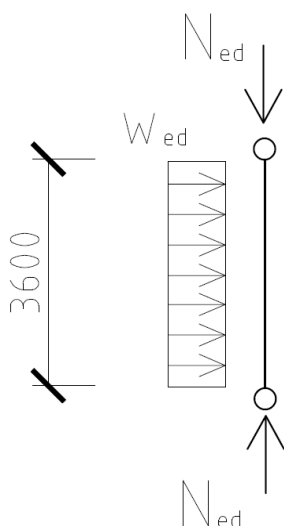
Osová síla:

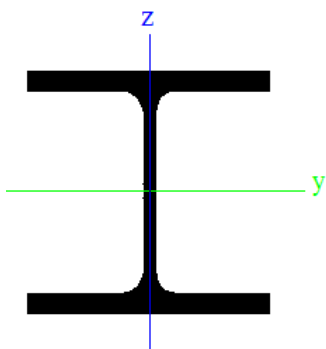
$$N_{ed} = 398,231 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{ed,max} = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_{ed,max} = \frac{1}{8} \times 1,68 \times 3,6^2 = 2,722 kNm$$





6.3.1.3 Geometrie

HEB 140, ocel 235

$$A = 4,296 \times 10^{-3} m^2$$

$$E = 210 GPa$$

$$G = 81 GPa$$

$$I_y = 1,51 \times 10^{-5} m^4$$

$$I_z = 5,497 \times 10^{-6} m^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 m$$

$$W_{el,y} = 2,156 \times 10^{-4}$$

$$W_{pl,y} = 2,46 \times 10^{-4}$$

6.3.1.4 Posouzení únosnosti

Průřez je posouzen v programu Scia na kombinaci osově síly a ohybového momentu podle EN 1993-1-1.

Posudek vzpěru:

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3.600	3.600	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka L _{cr}	3.600	3.600	m
Kritické Eulerovo zatížení N _{cr}	2413.26	879.15	kN
Štíhlost	60.74	100.64	
Relativní štíhlost Lambda	0.65	1.07	
Mezní štíhlost Lambda ₀	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0.34	0.49	
Redukční součinitel Chi	0.81	0.50	
Únosnost na vzpěr N _b ,R _d	820.66	504.34	kN
Tabulka hodnot			
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
A	4.2960e-03	m ²	
Únosnost na vzpěr N _b ,R _d	504.34	kN	
Jedn. posudek	0.78	Posudek na tlak s ohybem	

Jednotkový posudek: $0,78 < 1$... průřez vyhoví na vzpěr

Posudek na tlak s ohybem:

Posudek	Uy	Uy	Posudek na tlak s ohybem
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)			
Interakční metoda 1			
Tabulka hodnot			
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
k _y	1.735		
k _{yz}	1.536		
k _{zy}	0.966		
k _{zz}	1.749		
Delta My	0.00	kNm	
Delta Mz	0.00	kNm	
A	4.2960e-03	m ²	
Wy	2.4600e-04	m ³	
Wz	1.2000e-04	m ³	
NRk	1009.56	kN	
My,Rk	57.81	kNm	
Mz,Rk	28.20	kNm	
My,Ed	2.72	kNm	
Mz,Ed	0.00	kNm	
Interakční metoda 1			
Mcr0	131.92	kNm	
redukována štihost 0	0.66		
Psi y	1.000		
Psi z	1.000		
Cmy,0	1.005		
Cmz,0	1.108		
Cmy	1.004		
Cmz	1.108		
CmLT	1.406		
muy	0.965		
muz	0.711		
wy	1.141		
wz	1.500		
npl	0.390		
aLT	0.987		
bLT	0.000		
cLT	0.032		
dLT	0.000		
eLT	0.037		
Cyy	0.938		
Cyz	0.867		
Czy	0.650		
Czz	0.816		
Jedn. posudek (6.61) = 0.48 + 0.08 + 0.00 = 0.56			
Jedn. posudek (6.62) = 0.78 + 0.05 + 0.00 = 0.83			

Jednotkový posudek: $0,83 < 1$... průřez vyhoví na kombinaci tlaku s ohybem.

Z konstrukčních důvodů se v konstrukci místo spočítaného profilu IPE 140 použije profil IPE 160. Vzhledem k tomu, že větší profil při stejném zatížení vyhoví, nebude se již ověřovat výpočtem.

6.3.2 Průřez 2

6.3.2.1 Zatížení

Vlastní tíha sloupu:

$$A = 6,525 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$l_2 = 10,8 \text{ m}$$

$$F_{sl} = A \times l_2 \times 78,5 + F_{sl1} = 9,21 \text{ kN}$$

Kombinace - osová síla:

K1:

$$\begin{aligned} \Sigma \gamma_G \times G_k + \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} &= \\ = 1,35 \times (5 \times 73,595 + 52,116 + 9,21) + 1,5 \times 0,7 \times 5 \times 54 + 1,5 \times 0,5 \times 14,4 &= \\ = 873,86 \text{ kN} \end{aligned}$$

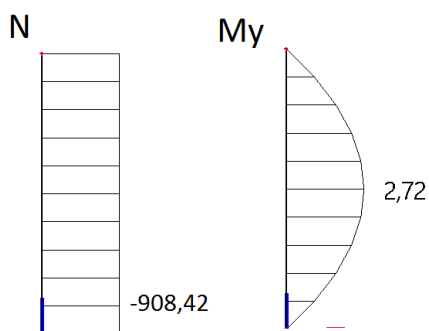
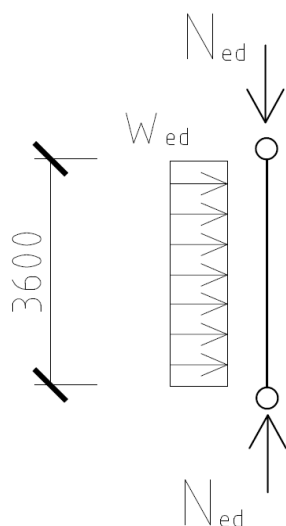
K2:

$$\begin{aligned} \Sigma \gamma_G \times \varepsilon \times G_k + \gamma_Q \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} &= \\ = 1,35 \times 0,85 \times (5 \times 73,595 + 52,116 + 9,21) + 1,5 \times 5 \times 54 + 1,5 \times 0,5 \times 14,4 &= \\ = 908,42 \text{ kN} \end{aligned}$$

Zatížení větrem:

$$w_{ek,sl} = 1,867 \text{ kN/m}$$

$$w_{ed,sl} = 1,5 \times 0,6 \times 1,867 = 1,68 \text{ kN/m}$$



6.3.2.2 Vnitřní síly

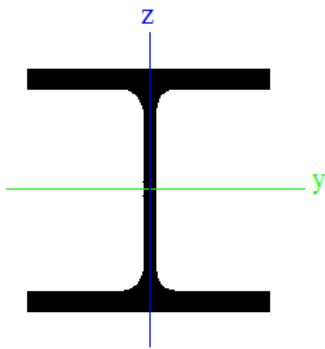
Osová síla:

$$N_{ed} = 908,42 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{ed,max} = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_{ed,max} = \frac{1}{8} \times 1,68 \times 3,6^2 = 2,722 \text{ kNm}$$



6.3.2.3 Geometrie

HEB 180, ocel 235

$$A = 6,525 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$I_y = 3,83 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 1,363 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$

$$W_{el,y} = 4,257 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 4,82 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

6.3.2.4 Posouzení únosnosti

Průřez je posouzen v programu Scia na vzpěr a na kombinaci osově síly a ohybového momentu podle EN 1993-1-1.

Posudek vzpěru:

Parametry vzpěru	yy	zz	
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
Typ posuvných styčníků	posuvně	neposuvně	
Systémová délka L	3.600	3.600	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka L _{cr}	3.600	3.600	m
Kritické Eulerovo zatížení N _{cr}	6126.69	2179.88	kN
Štíhlost	46.98	78.77	
Relativní štíhlost Lambda	0.50	0.84	
Mezní štíhlost Lambda ₀	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0.34	0.49	
Redukční součinitel Chi	0.88	0.64	
Únosnost na vzpěr N _{b,Rd}	1355.65	978.11	kN

Tabulka hodnot		
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
A	6.5250e-03	m^2
Únosnost na vzpěr N _{b,Rd}	978.11	kN
Jedn. posudek	0.93	Posudek na tlak a ohyb

Jednotkový posudek: $0,93 < 1$... průřez vyhoví na vzpěr

Posudek na tlak s ohybem:

Posudek na tlak s ohybem		
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)		
Interakční metoda 1		
Tabulka hodnot		
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
k _{yy}	1.657	
k _{yz}	1.141	
k _{zy}	0.933	
k _{zz}	1.513	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	6.5250e-03	m^2
Wy	4.8200e-04	m^3
Wz	2.3200e-04	m^3
NRk	1533.38	kN
My,Rk	113.27	kNm
Mz,Rk	54.52	kNm
My,Ed	2.72	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	326.96	kNm
redukovaná štíhlost 0	0.59	
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy,0	1.004	
Cmz,0	1.101	
Cmy	1.004	
Cmz	1.101	
CmLT	1.413	
muy	0.980	
muz	0.794	
wy	1.132	
wz	1.500	
npl	0.592	
aLT	0.989	
bLT	0.000	
cLT	0.015	
dLT	0.000	
eLT	0.040	
Cyy	0.985	
Cyz	1.120	
Czy	0.739	
Czz	0.991	
Jedn. posudek (6.61) = 0.67 + 0.04 + 0.00 = 0.71		
Jedn. posudek (6.62) = 0.93 + 0.02 + 0.00 = 0.95		

Jednotkový posudek: $0,95 < 1$... průřez vyhoví na kombinaci tlaku s ohybem

6.3.3 Průřez 3

6.3.3.1 Zatížení

Vlastní tíha sloupu:

$$A = 9,104 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$l_3 = 7,2 \text{ m}$$

$$F_{sl,k} = A \times l_3 \times 78,5 + F_{sl,2} = 14,36 \text{ kN}$$

Kombinace - osová síla:

K1:

$$\begin{aligned} \Sigma \gamma_G \times G_k + \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} = \\ = 1,35 \times (7 \times 73,595 + 52,116 + 14,36) + 1,5 \times 0,7 \times 7 \times 54 + 1,5 \times 0,5 \times 14,4 = \\ = 1192,92 \text{ kN} \end{aligned}$$

K2:

$$\begin{aligned} \Sigma \gamma_G \times \varepsilon \times G_k + \gamma_Q \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} = \\ = 1,35 \times 0,85 \times (7 \times 73,595 + 52,116 + 14,36) + 1,5 \times 7 \times 54 + 1,5 \times 0,5 \times 14,4 = \\ = 1245,23 \text{ kN} \end{aligned}$$

Zatížení větrem:

$$w_{ek,sl} = 1,867 \text{ kN/m}$$

$$w_{ed,sl} = 1,5 \times 0,6 \times 1,867 = 1,68 \text{ kN/m}$$

6.3.3.2 Vnitřní síly

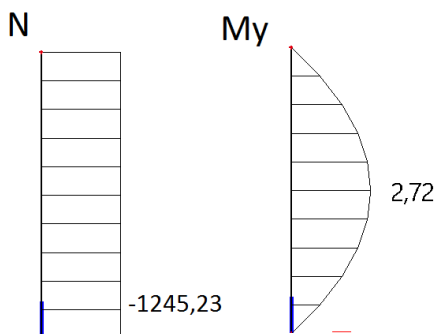
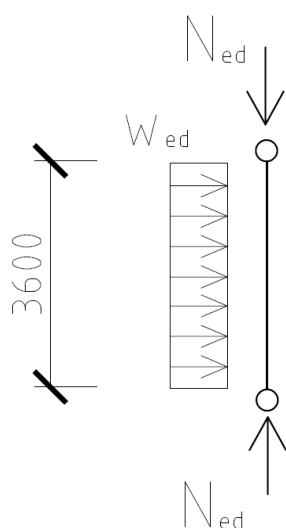
Osová síla:

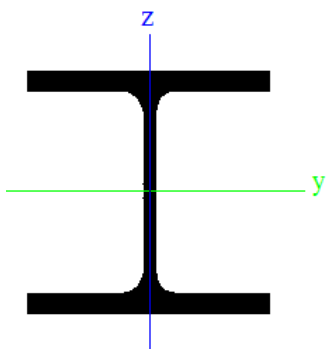
$$N_{ed} = 1245,23 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{ed,max} = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_{ed,max} = \frac{1}{8} \times 1,68 \times 3,6^2 = 2,722 \text{ kNm}$$





6.3.3.3 Geometrie

HEB 220, ocel 235

$$A = 9,104 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$I_y = 8,091 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,84 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$

$$W_{el,y} = 7,355 \times 10^{-4}$$

$$W_{pl,y} = 8,28 \times 10^{-4}$$

6.3.3.4 Posouzení únosnosti

Průřez je posouzen v programu Scia na vzpěr a na kombinaci osově síly a ohybového momentu podle EN 1993-1-1.

Posudek vzpěru:

Parametry vzpěru	yy	zz	
*Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹			
Typ posuvných stýčníků	posuvně	neposuvně	
Systémová délka L	3.600	3.600	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka L _{cr}	3.600	3.600	m
Kritické Eulerovo zatížení N _{cr}	12939.46	4546.87	kN
Štíhlost	38.19	64.42	
Relativní štíhlost Lambda	0.41	0.69	
Mezní štíhlost Lambda ₀	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0.34	0.49	
Redukční součinitel Chi	0.92	0.73	
Únosnost na vzpěr N _{b,Rd}	1975.64	1568.99	kN
Tabulka hodnot			
*Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹			
A	9.1040e-03		m²
Únosnost na vzpěr N _{b,Rd}	1568.99		kN
Jedn. posudek	0.79		Posudek na tlak s ohybem

Jednotkový posudek: $0,79 < 1$... průřez vyhoví na vzpěr

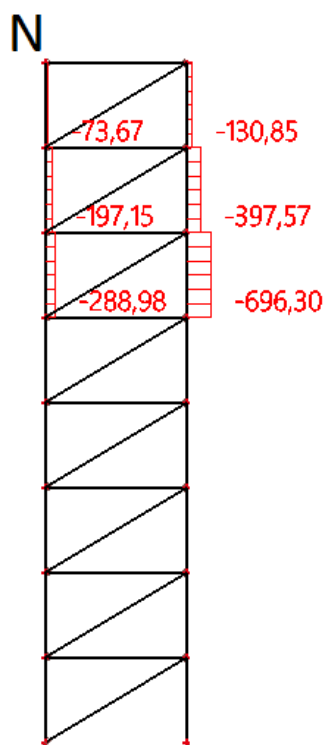
Posudek na tlak s ohybem:

Posudek na tlak s ohybem	
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)	
Interakční metoda 1	
Tabulka hodnot	
*Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹	
k _{yy}	1.349
k _{yz}	0.781
k _{zy}	0.750
k _{zz}	1.147
Delta My	0.00 kNm
Delta Mz	0.00 kNm
A	9.1040e-03 m²
Wy	8.2800e-04 m³
Wz	3.9400e-04 m³
NRk	2139.44 kN
My,Rk	194.58 kNm
Mz,Rk	92.59 kNm
My,Ed	2.72 kNm
Mz,Ed	0.00 kNm
Interakční metoda 1	
Mcr0	704.27 kNm
redukovaná štiřlost 0	0.53
Psi y	1.000
Psi z	1.000
Cmy,0	1.003
Cmz,0	1.066
Cmy	1.002
Cmz	1.066
CmLT	1.258
muy	0.992
muz	0.909
wy	1.126
wz	1.500
npl	0.582
aLT	0.991
bLT	0.000
cLT	0.007
dLT	0.000
eLT	0.038
Cyy	1.025
Cyz	1.291
Czy	0.878
Czz	1.163
Jedn. posudek (6.61) = 0.63 + 0.02 + 0.00 = 0.65	
Jedn. posudek (6.62) = 0.79 + 0.01 + 0.00 = 0.80	

Jednotkový posudek: $0,8 < 1$... průřez vyhoví na kombinaci tlaku s ohybem

6.4 Vnitřní sloup s příčným ztužidlem - S3

6.4.1 Průřez 1



6.4.1.1 Zatížení

Zatížení na vnitřní sloup s příčným ztužidlem je kombinace zatížení na vnitřní sloup z kapitoly 6.1 a přitížení od svislého ztužidla z kapitoly 7.1.

6.4.1.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly na vnitřní jsou vypočítané v programu Scia pro nejnepříznivější kombinaci zatížení.

Maximální osová síla:

$$N_{ed} = -696,3 \text{ kN}$$

6.4.1.3 Geometrie

HEB 160, ocel 235

$$A = 5,425 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

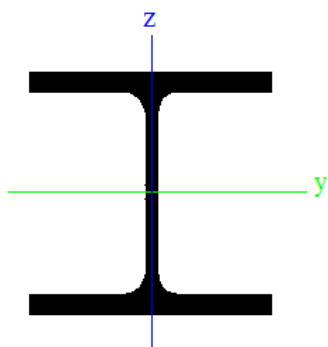
$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$I_y = 2,492 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 8,892 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$



6.4.1.4 Posouzení únosnosti

Průřez je posouzen v programu Scia na vzpěr podle EN 1993-1-1.

Posudek vzpěru:

Posudek pevnosti v prostorovém vzpěru
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
*Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹			
typ posuvných styčníků	posuvně	neposuvně	
Systémová délka L	3.600	3.600	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka Lcr	3.600	3.600	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	3985.31	1422.05	kN
Štíhlost	53.12	88.92	
Relativní štíhlost Lambda	0.57	0.95	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0.34	0.49	
Redukční součinitel Chi	0.85	0.57	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	1088.69	728.40	kN

$$N_{Ed,max} = 696,3kN \leq N_{b,Rd} = 728,4kN \rightarrow \text{vyhoví}$$

6.4.2 Průřez 2

6.4.2.1 Zatížení

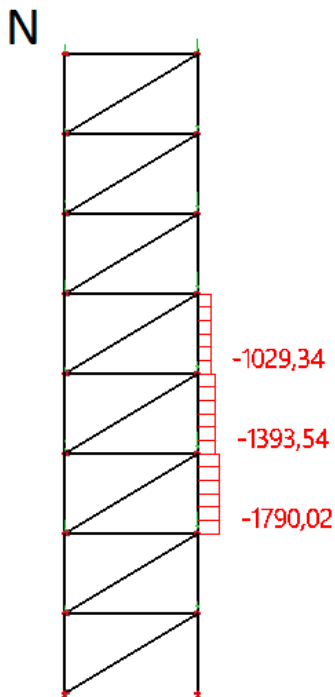
Zatížení na vnitřní sloup s příčným ztužidlem je kombinace zatížení na vnitřní sloup z kapitoly 6.1 a přitížení od svislého ztužidla z kapitoly 7.1.

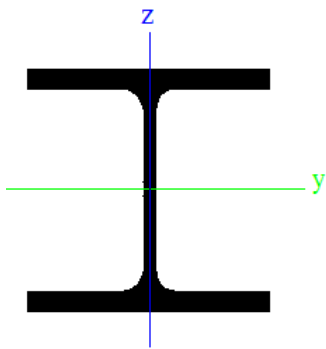
6.4.2.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly na vnitřní jsou vypočítané v programu Scia pro nejnepriznivější kombinaci zatížení.

Maximální osová síla:

$$N_{ed} = -1790,02 \text{ kN}$$





6.4.2.3 Geometrie

HEB 240, ocel 235

$$A = 1,06 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$I_y = 1,126 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = 3,923 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$

6.4.2.4 Posouzení únosnosti

Průřez je posouzen v programu Scia na vzpěr podle EN 1993-1-1.

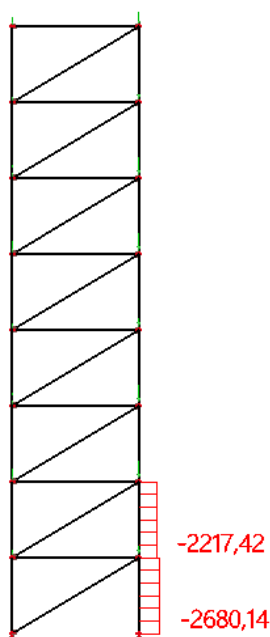
Posudek vzpěru:

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
*Studentská verze ¹	*Studentská verze ²	*Studentská verze ³	*Studentská verze ⁴
Typ posuvných styčníků	posuvně	neposuvně	
Systémová délka L	3.600	3.600	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka L _{cr}	3.600	3.600	m
Kritické Eulerovo zatížení N _{cr}	18007.46	6273.82	kN
Štíhlost	34.93	59.18	
Relativní štíhlost Lambda	0.37	0.63	
Mezní štíhlost Lambda ₀	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0.34	0.49	
Redukční součinitel Chi	0.94	0.77	
Únosnost na vzpěr N _{b,Rd}	2334.23	1911.58	kN

$$N_{Ed,max} = 1790,02 \text{ kN} \leq N_{b,Rd} = 1911,58 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

N



6.4.3 Průřez 3

6.4.3.1 Zatížení

Zatížení na vnitřní sloup s příčným ztužidlem je kombinace zatížení na vnitřní sloup z kapitoly 6.1 a přitížení od svislého ztužidla z kapitoly 7.1.

6.4.3.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly na vnitřní jsou vypočítané v programu Scia pro nejnepříznivější kombinaci zatížení.

Maximální osová síla:

$$N_{ed} = -2680,14 \text{ kN}$$

6.4.3.3 Geometrie

HEB 300, ocel 235

$$A = 1,49 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

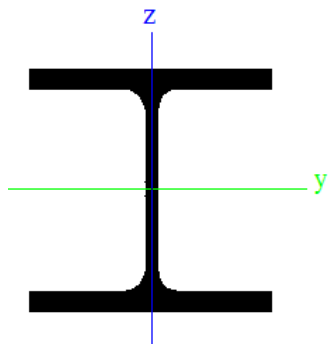
$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$I_y = 2,517 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = 8,563 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$



6.4.3.4 Posouzení únosnosti

Průřez je posouzen v programu Scia na vzpěr podle EN 1993-1-1.

Posudek vzpěru:

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3.600	3.600	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka Lcr	3.600	3.600	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	40252.91	13694.30	kN
Štíhlost	27.71	47.50	
Relativní štíhlost Lambda	0.30	0.51	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0.34	0.49	
Redukční součinitel Chi	0.97	0.84	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	3384.45	2942.28	kN

$$N_{Ed,max} = 2680,14kN \leq N_{b,Rd} = 2942,28kN \rightarrow \text{vyhoví}$$

6.5 Krajní sloup s příčným ztužidlem - S4

6.5.1 Průřez 1

6.5.1.1 Zatížení

Zatížení na krajní sloup s příčným ztužidlem je kombinace zatížení na krajní sloup z kapitoly 6.3, přitížení od svislého ztužidla z kapitoly 7.1., a zatížení od sání větrem.

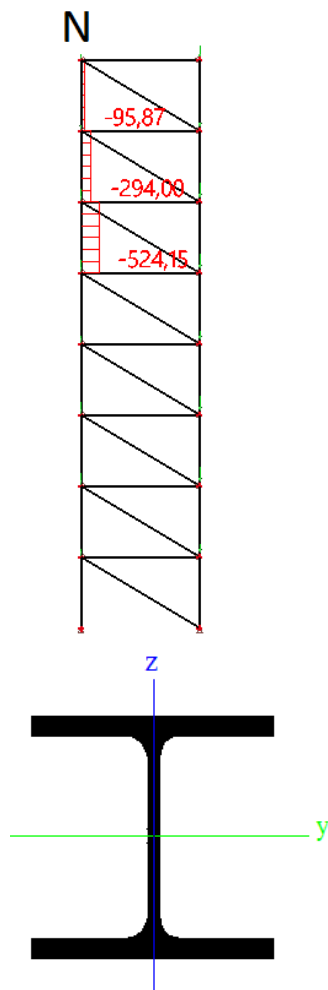
tlak větru na stěnu: $w_e = 426,467 \text{ N/m}^2$

tlak větru na sloup: $w_{e,sl} = w_e \times b$

$$w_{e,sl,d} = 426,467 \times 3 \times 1,5 = 1,919 \text{ kN/m}$$

reakce na koncích sloupu: $R = w_{e,sl} \times h / 2$

$$= 1,919 \times 3,6 / 2 = 3,454 \text{ kN}$$



6.5.1.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly na vnitřní jsou vypočítané v programu Scia pro nejnejpříznivější kombinaci zatížení.

Maximální osová síla:

$$N_{ed} = -524,15 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{ed} = 0,72 \text{ kN}$$

6.5.1.3 Geometrie

HEB 160, ocel 235

$$A = 5,425 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$I_y = 2,492 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 8,892 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$

6.5.1.4 Posouzení únosnosti

Průřez je posouzen v programu Scia na vzpěr a na kombinaci osově síly a ohybového momentu podle EN 1993-1-1.

Posudek vzpěru:

Posudek pevnosti v prostorovém vzpěru
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
Typ posuvných stýčků	posuvně	neposuvně	
Systémová délka L	3.600	3.600	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka L _{cr}	3.600	3.600	m
Kritické Eulerovo zatížení N _{cr}	3985.31	1422.05	kN
Štíhlost	53.12	88.92	
Relativní štíhlost Lambda	0.57	0.95	
Mezní štíhlost Lambda ₀	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0.34	0.49	
Redukční součinitel Chi	0.85	0.57	
Únosnost na vzpěr N _{b,Rd}	1088.69	728.40	kN

$$N_{Ed,max} = 524,15 \text{ kN} \leq N_{b,Rd} = 728,4 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Posudek kombinace tlaku a ohybu:

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
Interakční metoda 1

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>		
kyy	1.282	
kyz	1.157	
kzy	0.690	
kzz	1.484	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	5.4250e-03	m^2
Wy	3.5400e-04	m^3
Wz	1.7000e-04	m^3
NRk	1274.88	kN
My, Rk	83.19	kNm
Mz, Rk	39.95	kNm
My, Ed	-0.72	kNm
Mz, Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	216.30	kNm
redukována štiřlost 0	0.62	
Psi y	0.645	
Psi z	1.000	
Cmy, 0	0.940	
Cmz, 0	1.089	
Cmy	0.948	
Cmz	1.089	
CmLT	1.178	
muy	0.978	
muz	0.800	
wy	1.136	
wz	1.500	
npl	0.411	
aLT	0.987	
bLT	0.000	
cLT	0.006	
dLT	0.000	
eLT	0.010	
Cyy	0.981	
Cyz	1.005	
Czy	0.778	
Czz	0.930	

$$\text{Jedn. posudek (6.61)} = 0.48 + 0.01 + 0.00 = 0.49$$

$$\text{Jedn. posudek (6.62)} = 0.72 + 0.01 + 0.00 = 0.73$$

Jednotkový posudek: $0,73 < 1$... průřez vyhoví na kombinaci tlaku s ohybem

N

6.5.2 Průřez 2

6.5.2.1 Zatížení

Zatížení na krajní sloup s příčným ztužidlem je kombinace zatížení na krajní sloup z kapitoly 6.3 a přetížení od svislého ztužidla z kapitoly 7.1.

6.5.2.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly na vnitřní jsou vypočítané v programu Scia pro nejnepriznivější kombinaci zatížení.

Maximální osová síla:

$$N_{ed} = -1410,66 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{ed} = 1,83 \text{ kN}$$

6.5.2.3 Geometrie

HEB 220, ocel 235

$$A = 9,104 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

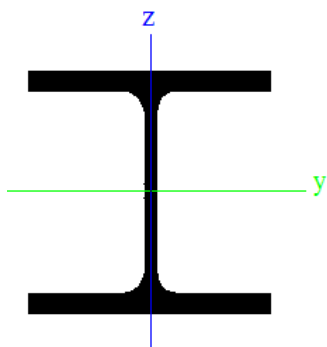
$$I_y = 8,091 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,84 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$

$$W_{el,y} = 7,355 \times 10^{-4}$$

$$W_{pl,y} = 8,28 \times 10^{-4}$$



6.5.2.4 Posouzení únosnosti

Průřez je posouzen v programu Scia na vzpěr a na kombinaci osově síly a ohybového momentu podle EN 1993-1-1.

Posudek vzpěru:

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>			
typ posuvných styčníků	posuvně	neposuvně	
Systémová délka L	3.600	3.600	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka Lcr	3.600	3.600	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	12939.46	4546.64	kN
Štíhlost	38.19	64.42	
Relativní štíhlost Lambda	0.41	0.69	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0.34	0.49	
Redukční součinitel Chi	0.92	0.73	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	1975.64	1568.97	kN

$$N_{Ed,max} = 1410,66 \text{ kN} \leq N_{b,Rd} = 1568,97 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Posouzení na kombinaci tlaku s ohybem:

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
Interakční metoda 1

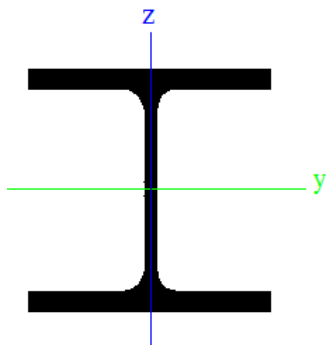
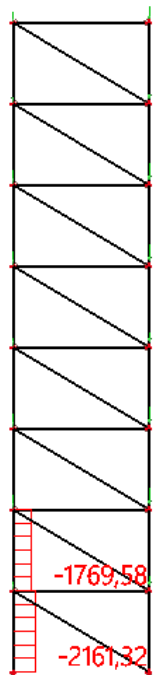
Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze</i> <i>*Studentská verze</i> <i>*Studentská verze</i> <i>*Studentská verze</i>		
k _{yy}	1.060	
k _{yz}	0.806	
k _{zy}	0.572	
k _{zz}	1.179	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	9.1040e-03	m^2
Wy	8.2800e-04	m^3
Wz	3.9400e-04	m^3
NRk	2139.44	kN
My, Rk	194.58	kNm
Mz, Rk	92.59	kNm
My, Ed	-1.83	kNm
Mz, Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	704.27	kNm
redukována štíhlost 0	0.53	
Psi y	0.521	
Psi z	1.000	
Cmy, 0	0.907	
Cmz, 0	1.075	
Cmy	0.917	
Cmz	1.075	
CmLT	1.092	
muy	0.991	
muz	0.893	
wy	1.126	
wz	1.500	
npl	0.659	
aLT	0.991	
bLT	0.000	
cLT	0.005	
dLT	0.000	
eLT	0.028	

Cyy	1.051	
Cyz	1.326	
Czy	0.912	
Czz	1.180	

Jedn. posudek (6.61) = 0.71 + 0.01 + 0.00 = 0.72

Jedn. posudek (6.62) = 0.90 + 0.01 + 0.00 = 0.90

Jednotkový posudek: $0,9 < 1$... průřez vyhoví na kombinaci tlaku s ohybem

N

6.5.3 Průřez 3

6.5.3.1 Zatížení

Zatížení na vnitřní sloup s příčným ztužidlem je kombinace zatížení na vnitřní sloup z kapitoly 6.2 a přitížení od svislého ztužidla z kapitoly 7.1.

6.5.3.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly na vnitřní jsou vypočítané v programu Scia pro nejnepříznivější kombinaci zatížení.

Maximální osová síla:

$$N_{ed} = -2161,32 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{ed} = 8,75 \text{ kN}$$

6.5.3.3 Geometrie

HEB 260, ocel 235

$$A = 1,184 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$I_y = 1,492 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = 5,135 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$

6.5.3.4 Posouzení únosnosti

Průřez je posouzen v programu Scia na kombinaci osově síly a ohybového momentu podle EN 1993-1-1.

Posudek vzpěru:

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3.600	3.600	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka Lcr	3.600	3.600	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	23860.68	8212.10	kN
Štíhlost	32.07	54.66	
Relativní štíhlost Lambda	0.34	0.58	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0.34	0.49	
Redukční součinitel Chi	0.95	0.80	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	2639.63	2214.66	kN

$$N_{Ed,max} = 2161,32kN \leq N_{b,Rd} = 2214,66kN \rightarrow \text{vyhoví}$$

Posouzení na kombinaci tlaku s ohybem:

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
Interakční metoda 1

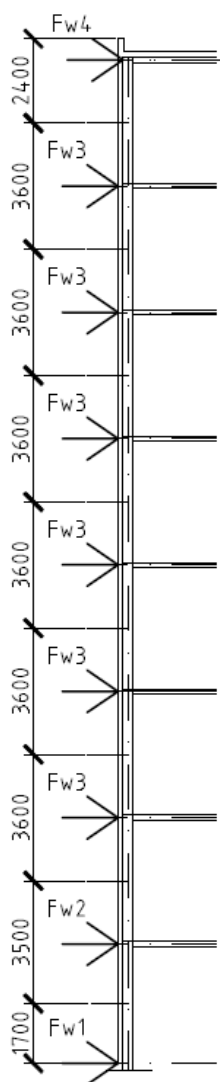
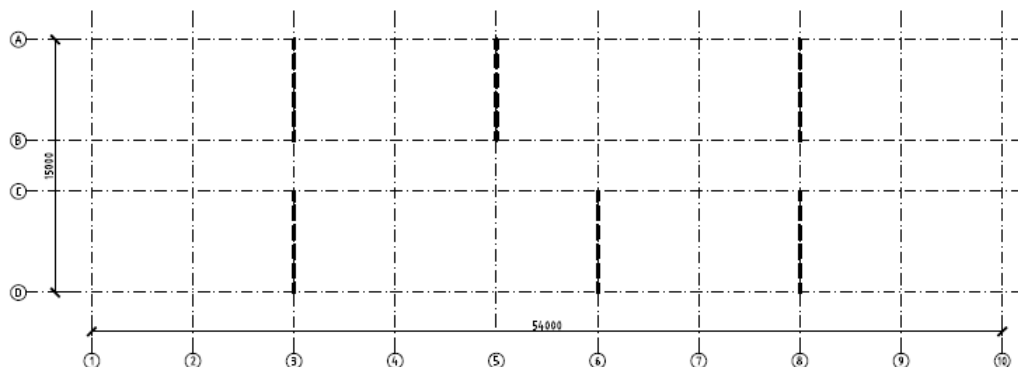
Tabulka hodnot		
	Studentská verze	*Studentská verze*
kyy	0.811	
kyy	0.668	
kzy	0.426	
kzz	1.040	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	1.1840e-02	m^2
Wy	1.2820e-03	m^3
Wz	6.0400e-04	m^3
NRk	2782.40	kN
My,Rk	301.27	kNm
Mz,Rk	141.94	kNm
My,Ed	8.75	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	1345.71	kNm
redukována štihost 0	0.47	
Psi y	0.000	
Psi z	1.000	
Cmy,0	0.779	
Cmz,0	1.063	
Cmy	0.816	
Cmz	1.063	
CmLT	1.000	
muy	0.995	
muz	0.932	
wy	1.117	
wz	1.500	
npl	0.777	
aLT	0.992	
bLT	0.000	
cLT	0.015	
dLT	0.000	
eLT	0.132	
Cyy	1.102	
Cyz	1.495	
Czy	1.016	
Czz	1.294	

Jedn. posudek (6.61) = 0.82 + 0.02 + 0.00 = 0.84
Jedn. posudek (6.62) = 0.98 + 0.01 + 0.00 = 0.99

Jednotkový posudek: $0,9 < 1$... průřez vyhoví na kombinaci tlaku s ohybem

7 Svislá ztužidla

7.1 Svislé ztužidlo - příčný směr



7.1.1 Zatížení

Zatížení větrem:

Návětrná strana:

$$w_{e,D} = 0,622 \text{ kN/m}^2$$

Návětrná strana:

$$w_{e,E} = -0,426 \text{ kN/m}^2$$

Celkový účinek na budovu:

$$q_{wk} = 0,622 + 0,426 = 1,048 \text{ kN/m}^2$$

Délka objektu - zatěžovací šířka:

$$l = 54,0 \text{ m}$$

Celkové zatížení větrem pro jednotlivá podlaží:

$$F_{w,k} = l \times h \times q_{wk}$$

$$F_{w1,k} = 54 \times 1,7 \times 1,048 = 96,206 \text{ kN}$$

$$F_{w2,k} = 54 \times 3,5 \times 1,048 = 192,413 \text{ kN}$$

$$F_{w3,k} = 54 \times 3,6 \times 1,048 = 203,731 \text{ kN}$$

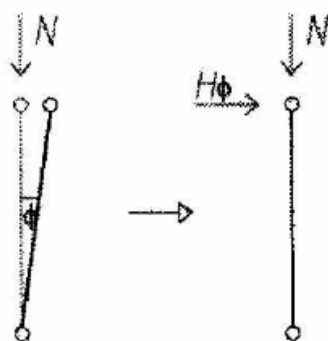
$$F_{w4,k} = 54 \times 2,4 \times 1,048 = 135,821 \text{ kN}$$

Zatížení ztužidel rámovými imperfekcemi:

Naklonění soustavy:

$$\phi = \alpha_h \times \alpha_m \times \phi_0$$

$$\phi_0 = \frac{1}{200}$$



$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)} = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{4} \right)} = 0,791$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{28,9}} = 0,372$$

$$\frac{2}{3} \geq \alpha_h \leq 1 \Rightarrow \alpha_h = \frac{2}{3}$$

$$\phi = \frac{2}{3} \times 0,791 \times \frac{1}{200} = 2,637 \times 10^{-3}$$

Celkové zatížení stropů:

(Hodnoty zatížení přebrané ze zatížení sloupů)

Stálé:

Střecha

$$\begin{aligned} F_{G1,k} &= \frac{77,964}{27} \times 54,4 \times 12,3 + 0,92 \times (2 \times 54,4 + 2 \times 12,3) = \\ &= 1932 + 122,73 = 2054,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

Strop

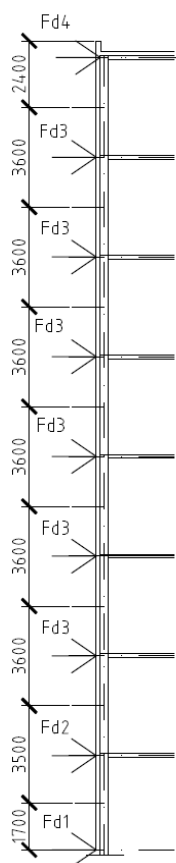
$$F_{G2,k} = \frac{103,04}{27} \times 54,4 \times 12,3 = 2553,51 \text{ kN}$$

Nahodilé - užité

$$F_{Q1,k} = 3 \times 54,4 \times 12,3 = 2007,36 \text{ kN}$$

Nahodilé - sníh

$$F_{Q2,k} = 0,8 \times 54,4 \times 12,3 = 535,3 \text{ kN}$$



Vodorovné ekvivalentní zatížení:

$$F_{\phi G,k} = F_{G,k} \times \phi$$

$$F_{\phi G1,k} = 2054,73 \times 2,637 \times 10^{-3} = 5,418 kN$$

$$F_{\phi G2,k} = 2553,5 \times 2,637 \times 10^{-3} = 6,734 kN$$

$$F_{\phi Q1,k} = 2007,36 \times 2,637 \times 10^{-3} = 5,293 kN$$

$$F_{\phi Q2,k} = 535,3 \times 2,637 \times 10^{-3} = 1,412 kN$$

Celkové návrhové zatížení:

$$F_d = \Sigma \gamma_G \times G_k + \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

$$F_{d1} = 1,5 \times 96,206 = 144,309 kN$$

$$F_{d2} = 1,35 \times 6,734 + 1,5 \times 192,413 + 1,5 \times 0,7 \times 5,293 = 303,268 kN$$

$$F_{d3} = 1,35 \times 6,734 + 1,5 \times 203,731 + 1,5 \times 0,7 \times 5,293 = 320,245 kN$$

$$F_{d4} = 1,35 \times 5,418 + 1,5 \times 135,821 + 1,5 \times 0,5 \times 1,412 = 212,105 kN$$

Navrženo je 6 ztužidel o stejné tuhosti, Zatížení na jedno ztužidlo je $F_{1,d} = F_d/6$.

Zatížení na jedno ztužidlo:

$$F_{1,d1} = \frac{144,309}{6} = 24,05 kN$$

$$F_{1,d2} = \frac{303,268}{6} = 50,545 kN$$

$$F_{1,d3} = \frac{320,245}{6} = 53,374 kN$$

$$F_{1,d4} = \frac{212,105}{6} = 35,35 kN$$

7.1.1 Geometrie

Návrh: 2 x profil L 80/65/8, a = 12mm

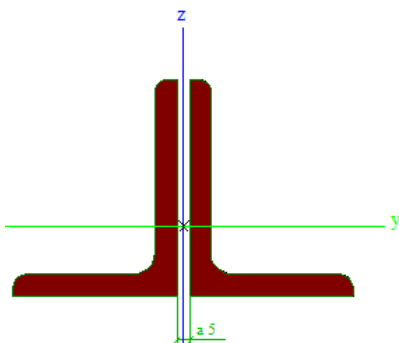
$$A = 2,21 \times 10^{-3} m^2$$

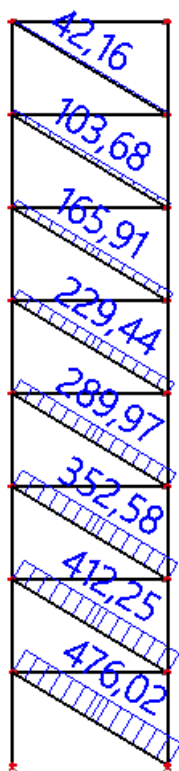
$$E = 210 GPa$$

$$f_y = 235 MPa$$

$$I_y = 1,361 \times 10^{-6} m^4$$

$$I_z = 1,668 \times 10^{-6} m^4$$



N

7.1.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly jsou vypočítány v programu Scia z nejnepříznivější kombinace zatížení. Diagonála je namáhána pouze tahovou silou. U diagonály v opačném směru namáhané tlakem se počítá s vybočením prutu.

$$N_{ed,max} = 476,02 \text{ kN}$$

7.1.3 Posouzení únosnosti

$$N_{Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{MO}}$$

$$N_{Rd} = \frac{2,21 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 519,35 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 519,035 \text{ kN} \geq N_{ed} = 476,02 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

7.1.4 Mezní stav použitelnosti

Dovolený vodorovný posun pro jedno podlaží:

$$\delta_{dov} = \frac{h}{300} = \frac{3600}{300} = 12 \text{ mm}$$

Dovolený vodorovný posun pro celou budovu:

$$\delta_{dov} = \frac{h}{500} = \frac{28800}{500} = 57,6 \text{ mm}$$

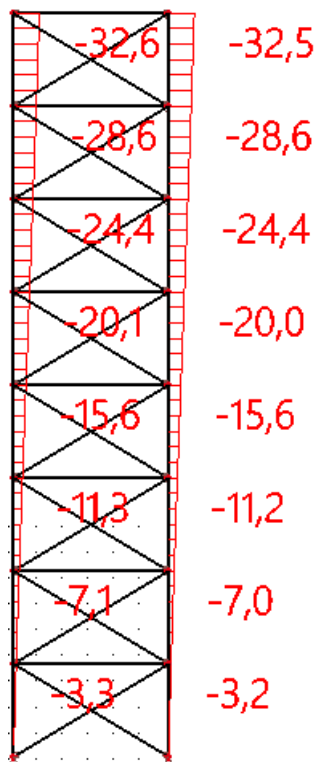
Vodorovný posun je vypočítán v programu Scia z charakteristického vodorovného zatížení.

Maximální vodorovný posun jednoho podlaží:

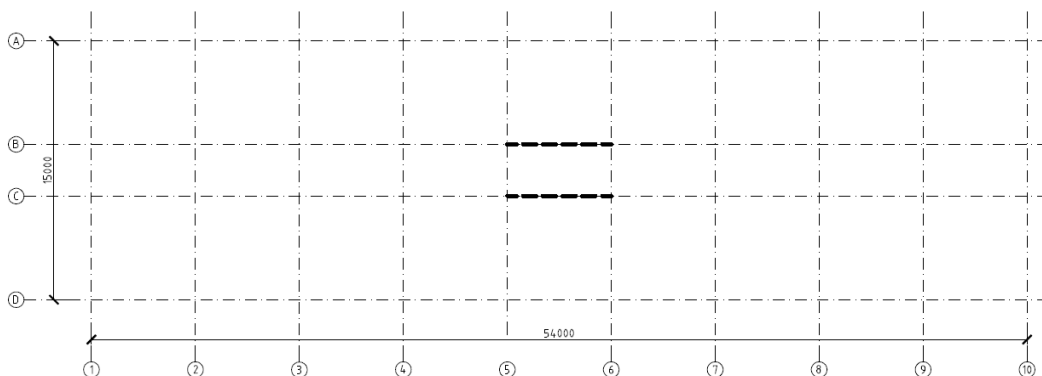
$$\delta = 4,4 \text{ mm} \leq \delta_{dov} = 12 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Vodorovný posun celé budovy:

$$\delta = 32,5 \text{ mm} \leq \delta_{dov} = 57,6 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhoví}$$



7.2 Svislé ztužidlo - podélný směr



7.2.1 Zatížení

Zatížení větrem:

Návětrná strana:

$$w_{e,D(1)} = 0,574 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,D(2)} = 0,462 \text{ kN/m}^2$$

Návětrná strana:

$$w_{e,E(1)} = 0,293 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,E(2)} = 0,236 \text{ kN/m}^2$$

Celkový účinek na budovu:

$$q_{wk(1)} = 0,574 + 0,293 = 0,867 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wk(2)} = 0,462 + 0,236 = 0,698 \text{ kN/m}^2$$

Délka objektu - zatěžovací šířka:

$$l = 15,0 \text{ m}$$

Celkové zatížení větrem pro jednotlivá podlaží:

$$F_{w,k} = l \times h \times q_{wk}$$

$$F_{w1,k} = 15 \times 1,7 \times 0,698 = 17,799 \text{ kN}$$

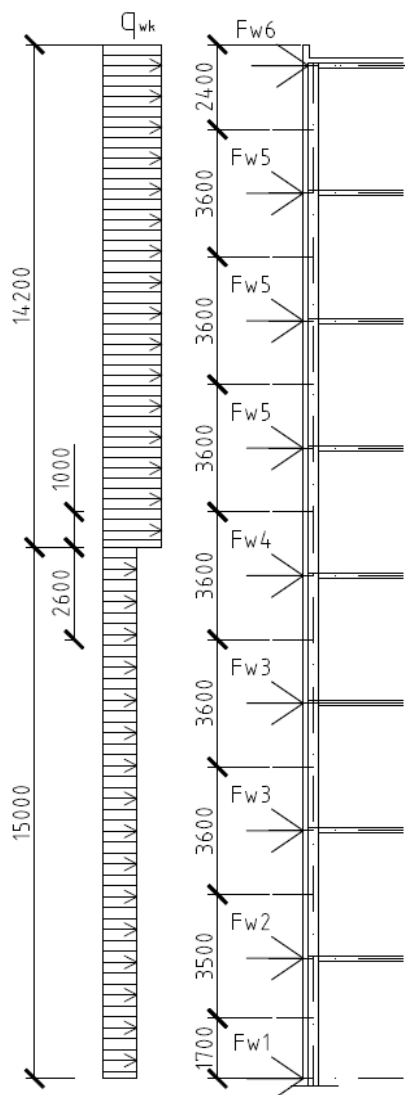
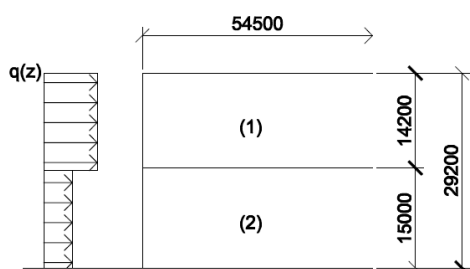
$$F_{w2,k} = 15 \times 3,5 \times 0,698 = 36,645 \text{ kN}$$

$$F_{w3,k} = 15 \times 3,6 \times 0,698 = 37,692 \text{ kN}$$

$$F_{w4,k} = 15 \times 2,6 \times 0,698 + 15 \times 1 \times 0,867 = 40,227 \text{ kN}$$

$$F_{w5,k} = 15 \times 3,6 \times 0,867 = 46,818 \text{ kN}$$

$$F_{w6,k} = 15 \times 2,4 \times 0,867 = 31,212 \text{ kN}$$

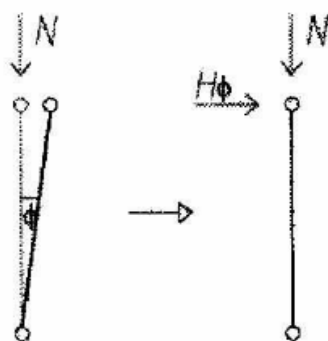


Zatížení ztužidel rámovými imperfekcemi:

Naklonění soustavy:

$$\phi = \alpha_h \times \alpha_m \times \phi_0$$

$$\phi_0 = \frac{1}{200}$$



$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)} = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{10} \right)} = 0,742$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{28,9}} = 0,372$$

$$\frac{2}{3} \geq \alpha_h \leq 1 \Rightarrow \alpha_h = \frac{2}{3}$$

$$\phi = \frac{2}{3} \times 0,742 \times \frac{1}{200} = 2,472 \times 10^{-3}$$

Celkové zatížení stropů:

(Hodnoty zatížení přebrané ze zatížení sloupů)

Stálé:

Střecha

$$\begin{aligned} F_{G1,k} &= \frac{77,864}{27} \times 54,4 \times 15,3 + 0,92 \times (2 \times 54,4 + 2 \times 15,3) = \\ &= 1932 + 122,73 = 2054,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

Strop

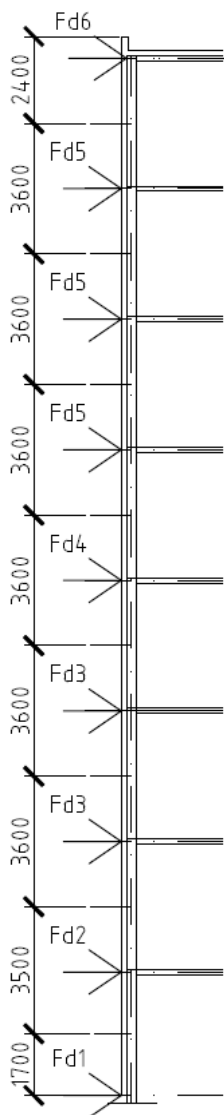
$$F_{G2,k} = \frac{103,04}{27} \times 54,4 \times 15,3 = 2553,51 \text{ kN}$$

Nahodilé - užité

$$F_{Q2,k} = 3 \times 54,4 \times 15,3 = 2007,36 \text{ kN}$$

Nahodilé - sníh

$$F_{S,k} = 0,8 \times 54,4 \times 15,3 = 535,3 \text{ kN}$$



Vodorovné ekvivalentní zatížení:

$$F_{\phi G,k} = F_{G,k} \times \phi$$

$$F_{\phi G1,k} = 2054,73 \times 2,472 \times 10^{-3} = 5,079 kN$$

$$F_{\phi G2,k} = 2553,5 \times 2,472 \times 10^{-3} = 6,312 kN$$

$$F_{\phi Q2,k} = 2007,36 \times 2,472 \times 10^{-3} = 4,962 kN$$

$$F_{\phi S,k} = 535,3 \times 2,472 \times 10^{-3} = 1,323 kN$$

Celkové návrhové zatížení:

$$F_d = \Sigma \gamma_G \times G_k + \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

$$F_{d1} = 1,5 \times 17,8 = 26,7 kN$$

$$F_{d2} = 1,35 \times 6,312 + 1,5 \times 36,645 + 1,5 \times 0,7 \times 4,962 = 68,699 kN$$

$$F_{d3} = 1,35 \times 6,312 + 1,5 \times 37,692 + 1,5 \times 0,7 \times 4,962 = 70,269 kN$$

$$F_{d4} = 1,35 \times 6,312 + 1,5 \times 40,227 + 1,5 \times 0,7 \times 4,962 = 74,072 kN$$

$$F_{d5} = 1,35 \times 6,312 + 1,5 \times 46,818 + 1,5 \times 0,5 \times 4,962 = 83,958 kN$$

$$F_{d6} = 1,35 \times 5,079 + 1,5 \times 31,212 + 1,5 \times 0,5 \times 1,323 = 54,667 kN$$

Navržena jsou 2 ztužidla o stejné tuhosti, Zatížení na jedno ztužidlo je $F_{1,d} = F_d/2$.

Zatížení na jedno ztužidlo:

$$F_{1,d1} = \frac{26,7}{2} = 13,35 kN$$

$$F_{1,d2} = \frac{68,699}{2} = 34,35 kN$$

$$F_{1,d3} = \frac{70,269}{2} = 35,135 kN$$

$$F_{1,d4} = \frac{74,072}{2} = 37,036 kN$$

$$F_{1,d5} = \frac{83,958}{2} = 41,979 kN$$

$$F_{1,d6} = \frac{54,667}{2} = 27,335 kN$$

7.2.2 Geometrie

Návrh: 2 x profil L 80/65/8, a = 12mm

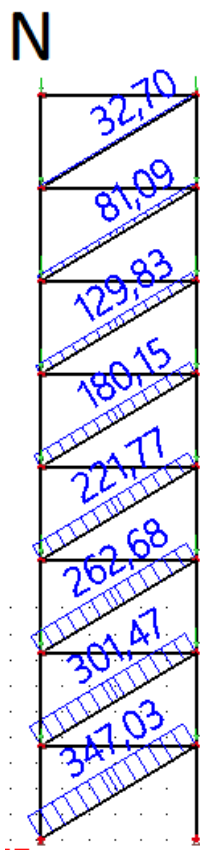
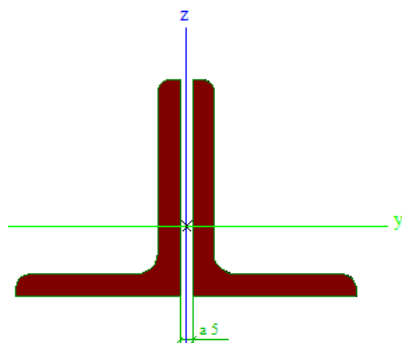
$$A = 2,21 \times 10^{-3} m^2$$

$$E = 210 GPa$$

$$f_y = 235 MPa$$

$$I_y = 1,361 \times 10^{-6} m^4$$

$$I_z = 1,668 \times 10^{-6} m^4$$



7.2.3 Vnitřní síly

Vnitřní síly jsou vypočítány v programu Scia z nejnepříznivější kombinace zatížení. Diagonála je namáhána pouze tahovou silou. U diagonály v opačném směru namáhané tlakem se počítá s vybočením prutu.

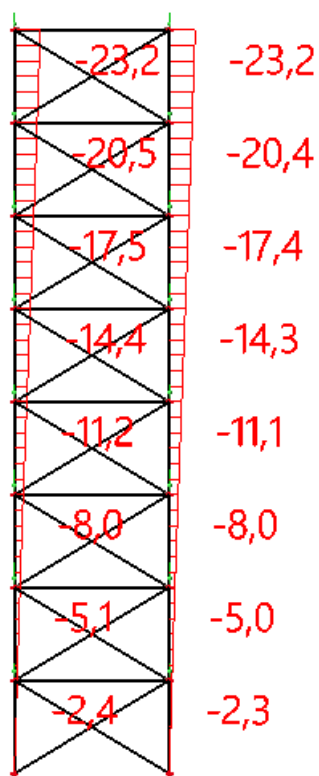
$$N_{ed,max} = 347,03 \text{ kN}$$

7.2.4 Posouzení únosnosti

$$N_{Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{MO}}$$

$$N_{Rd} = \frac{2,21 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 519,35 kN$$

$$N_{Rd} = 519,35 kN \geq N_{ed} = 347,03 kN \Rightarrow \text{vyhoví}$$



7.2.5 Mezní stav použitelnosti

Dovolený vodorovný posun pro jedno podlaží:

$$\delta_{dov} = \frac{h}{300} = \frac{3600}{300} = 12mm$$

Dovolený vodorovný posun pro celou budovu:

$$\delta_{dov} = \frac{h}{500} = \frac{28800}{500} = 57,6mm$$

Vodorovný posun je vypočítaný v programu Scia z charakteristického vodorovného zatížení.

Maximální vodorovný posun jednoho podlaží:

$$\delta = 3,2mm \leq \delta_{dov} = 12mm \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Vodorovný posun celé budovy:

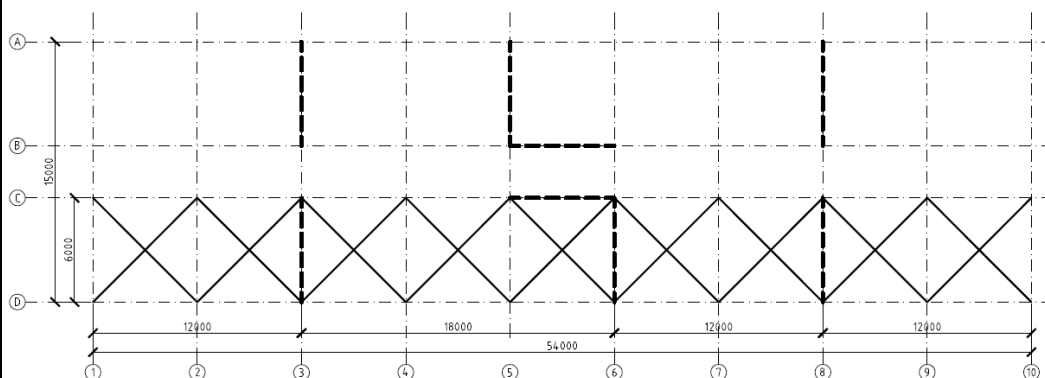
$$\delta = 23,2mm \leq \delta_{dov} = 57,6mm \Rightarrow \text{vyhoví}$$

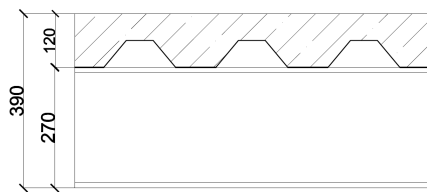
8 Vodorovné ztužidlo

Vodorovné ztužidlo bylo původně navrženo na zatížení větrem na neopláštěnou budovu. Při tomto malém zatížení pak o průřezu nerozhodoval mezní stav únosnosti, ale minimální doporučená štíhlost průřezu. Na toto zatížení byl navržen průřez L 60/5. Dále byl průřez navržen v druhé variantě při započítání plného zatížení větrem na opláštěnou budovu. Zde už je rozhodující mezní stav únosnosti a průřez je na toto zatížení navržen jako L 70/7. Vzhledem k tomu, že ve druhé variantě je průřez jen mírně větší, byla nakonec pro konstrukci zvolena tato varianta, která zaručí montážní a betonářské práce i na zakryté budově.

8.1 Podélné vodorovné ztužidlo - varianta 1

Vodorovné ztužidlo je navrženo pro montážní stav před betonáží stropní desky. Po zmonolitnění stropní a střešní konstrukce přebírá tuhá stropní a střešní deska funkci tohoto ztužidla.





8.1.1 Zatížení

Vodorovné ztužidlo je dimenzováno na zatížení větrem, které působí na neopláštěnou konstrukci v montážním stavu před ztuhnutím betonové desky.

Návětrná strana: $w_{e,D} = 0,622 \text{ kN/m}^2$

Návětrná strana: $w_{e,E} = 0,426 \text{ kN/m}^2$

Celkový účinek na budovu: $w_k = 0,622 + 0,426 = 1,048 \text{ kN/m}^2$

Délka objektu: $l = 54,4 \text{ m}$

Zatěžovací výška $h = 0,39 \text{ m}$.

Zatížení větrem na ztužidlo na metr délky:

$$q_{w,k} = h \times w_k$$

$$q_{w,k} = 0,39 \times 1,048 = 0,409 \text{ kN / m}$$

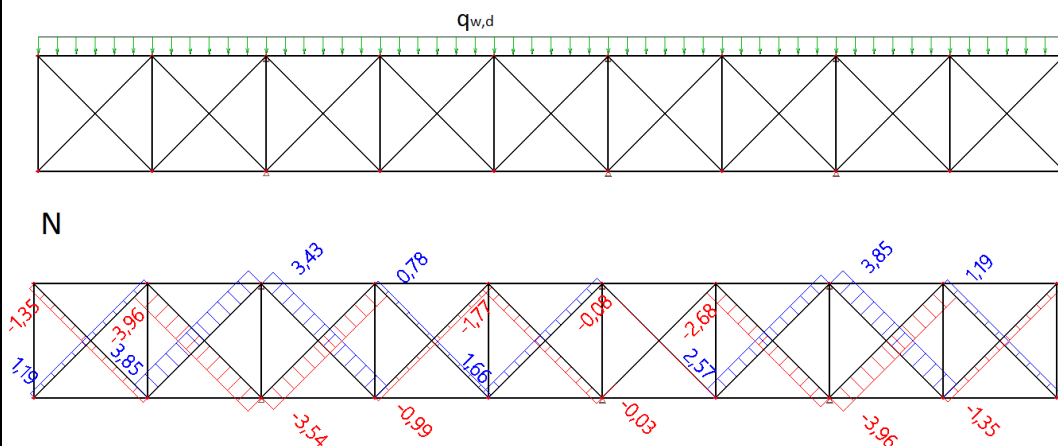
$$q_{w,d} = 1,5 \times 0,409 = 0,614 \text{ kN / m}$$

8.1.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly jsou vypočítané v programu Scia ze zatížení větrem.

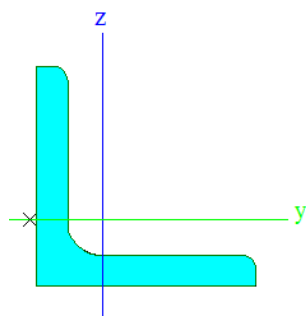
Maximální osová síla:

$$N_{ed,max} = -3,96 \text{ kN}$$



8.1.3 Geometrie

Profil: L60x5



$$A = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$I_y = I_z = 1,728 \times 10^{-7}$$

$$l_{cr} = 8,485 \text{ m}$$

8.1.4 Posouzení únosnosti

Diagonála je posouzena programem Scia na vzpěrnou pevnost.

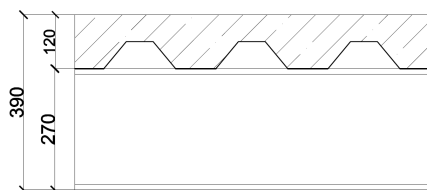
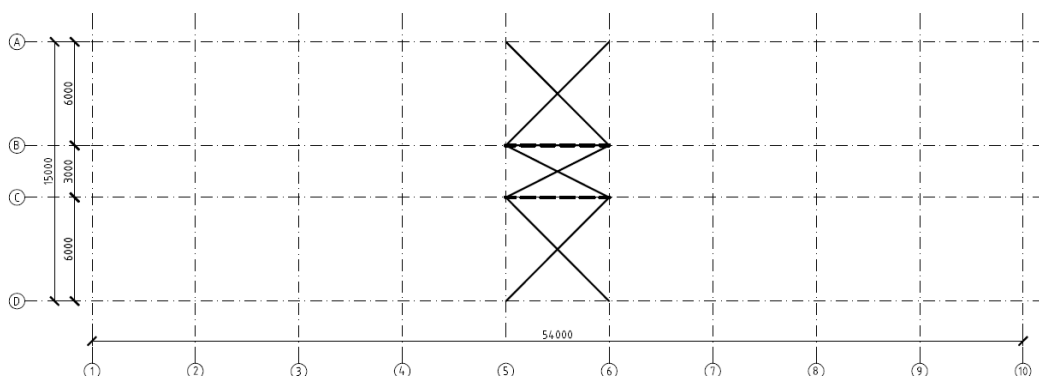
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
Typ posuvných styčníků	neposuvné	posuvné	
Systémová délka L	8.485	8.485	m
Součinitel vzpěru k	0.50	0.50	
Vzpěrná délka Lcr	4.243	4.243	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	22.29	22.29	kN
Štíhlost	232.62	232.62	
Relativní štíhlost Lambda	2.46	2.46	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	b	
Imperfekce Alfa	0.34	0.34	
Redukční součinitel Chi	0.14	0.14	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	19.42	19.42	kN

$$N_{ed,max} = -3,96 \text{ kN} < N_{b,rd} = 19,42 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

8.2 Příčné vodorovné ztužidlo - varianta 1

Vodorovné ztužidlo je navrženo pro montážní stav před betonáží stropní desky. Po zmonolitnění stropní a střešní konstrukce přebírá tuhá stropní a střešní deska funkci tohoto ztužidla.



8.2.1 Zatížení

Vodorovné ztužidlo je dimenzováno na zatížení větrem, které působí na neopláštěnou konstrukci v montážním stavu před ztuhnutím betonové desky.

Návětrná strana: $w_{e,D} = 0,574 \text{ kN/m}^2$

Návětrná strana: $w_{e,E} = 0,293 \text{ kN/m}^2$

Celkový účinek na budovu: $w_k = 0,574 + 0,293 = 0,867 \text{ kN/m}^2$

Délka objektu: $l = 15,3 \text{ m}$

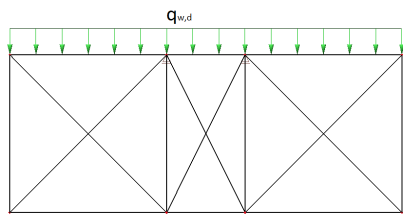
Zatěžovací výška $h = 0,39 \text{ m}$.

Zatížení větrem na ztužidlo na metr délky:

$$q_{w,k} = h \times w_k$$

$$q_{w,k} = 0,39 \times 0,867 = 0,338 \text{ kN / m}$$

$$q_{w,d} = 1,5 \times 0,338 = 0,507 \text{ kN / m}$$



8.2.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly jsou vypočítané v programu Scia ze zatížení větrem.

Maximální osová síla:

$$N_{ed,max} = -1,09 \text{ kN}$$

8.2.3 Geometrie

Profil: L 60x5

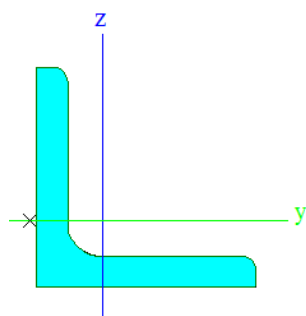
$$A = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$I_y = I_z = 1,728 \times 10^{-7}$$

$$l_{cr} = 8,485 \text{ m}$$



8.2.4 Posouzení únosnosti

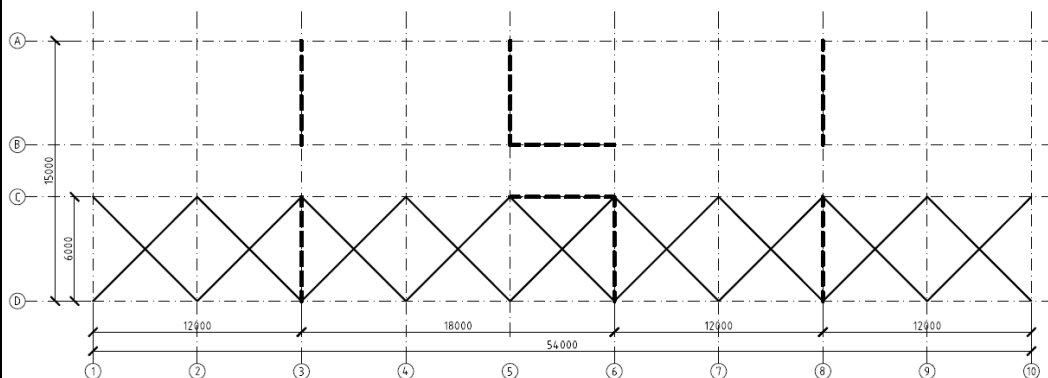
Diagonála je posouzena programem Scia na vzpěrnou pevnost.

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>
Typ posuvných styčníků	neposuvně	posuvně	
Systémová délka L	8.485	8.485	m
Součinitel vzpěru k	0.50	0.50	
Vzpěrná délka L _{cr}	4.243	4.243	m
Kritické Eulerovo zatížení N _{cr}	22.29	22.29	kN
Štíhlost	232.62	232.62	
Relativní štíhlost Lambda	2.46	2.46	
Mezní štíhlost Lambda ₀	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	b	
Imperfekce Alfa	0.34	0.34	
Redukční součinitel Chi	0.14	0.14	
Únosnost na vzpěr N _{b,rd}	19.42	19.42	kN

$$N_{ed,max} = 1,09 \text{ kN} < N_{b,rd} = 19,42 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

8.3 Podélné vodorovné ztužidlo - varianta 2

Vodorovné ztužidlo je navrženo pro montážní stav před betonáží stropní desky. Po zmonolitnění stropní a střešní konstrukce přebírá tuhá stropní a střešní deska funkci tohoto ztužidla.



8.3.1 Zatížení

Vodorovné ztužidlo je dimenzováno na zatížení větrem, které působí na opláštěnou konstrukci v montážním stavu před ztuhnutím betonové desky.

Návětrná strana: $w_{e,D} = 0,622 \text{ kN/m}^2$

Návětrná strana: $w_{e,E} = 0,426 \text{ kN/m}^2$

Celkový účinek na budovu: $w_k = 0,622 + 0,426 = 1,048 \text{ kN/m}^2$

Délka objektu: $l = 54,4 \text{ m}$

Zatěžovací výška $h = 3,6 \text{ m}$.

Zatížení větrem na ztužidlo na metr délky:

$$q_{w,k} = h \times w_k$$

$$q_{w,k} = 3,6 \times 1,048 = 3,773 \text{ kN / m}$$

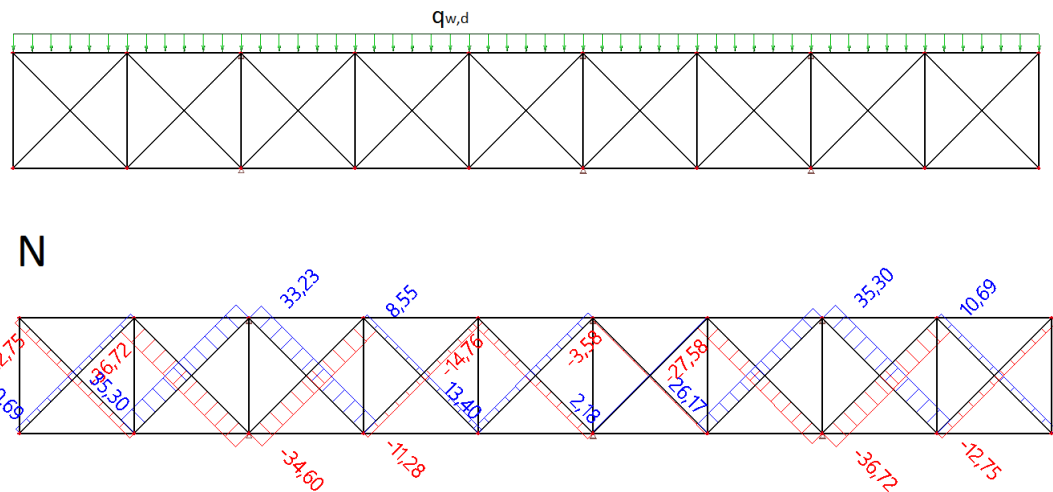
$$q_{w,d} = 1,5 \times 3,773 = 5,66 \text{ kN / m}$$

8.3.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly jsou vypočítané v programu Scia ze zatížení větrem.

Maximální osová síla:

$$N_{ed,max} = -36,72 \text{ kN}$$



8.3.3 Geometrie

Profil: L70x7

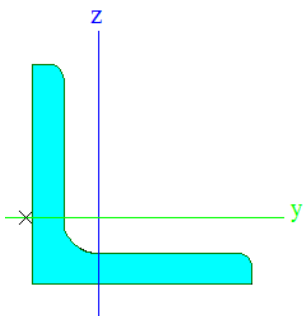
$$A = 9,4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$I_y = I_z = 4,228 \times 10^{-7}$$

$$l_{cr} = 4,24 \text{ m}$$



8.3.4 Posouzení únosnosti

Diagonála je posouzena programem Scia na vzpěrnou pevnost.

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

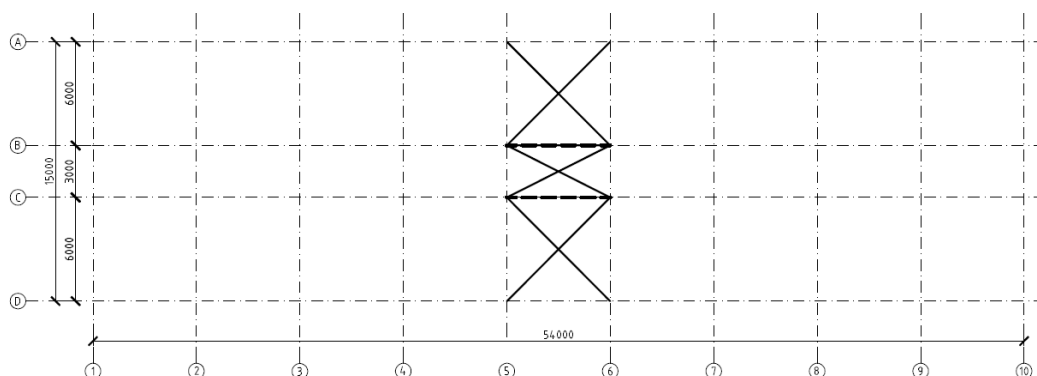
Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>			
Typ posuvných styčníků	neposuvné	posuvné	
Systémová délka L	8.485	8.485	m
Součinitel vzpěru k	0.50	0.50	
Vzpěrná délka Lcr	4.243	4.243	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	48.68	48.68	kN
Štíhlost	200.05	200.05	

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>			
Relativní štíhlost Lambda	2.13	2.13	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	b	
Imperfekce Alfa	0.34	0.34	
Redukční součinitel Chi	0.19	0.19	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	41.33	41.33	kN

$$N_{ed,max} = 36,72 \text{ kN} < N_{b,rd} = 41,33 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

8.4 Příčné vodorovné ztužidlo - varianta 2

Vodorovné ztužidlo je navrženo pro montážní stav před betonáží stropní desky. Po zmonolitnění stropní a střešní konstrukce přebírá tuhá stropní a střešní deska funkci tohoto ztužidla.



8.4.1 Zatížení

Vodorovné ztužidlo je dimenzováno na zatížení větrem, které působí na opláštěnou konstrukci v montážním stavu před ztuhnutím betonové desky.

Návětrná strana: $w_{e,D} = 0,574 \text{ kN/m}^2$

Návětrná strana: $w_{e,E} = 0,293 \text{ kN/m}^2$

Celkový účinek na budovu: $w_k = 0,574 + 0,293 = 0,867 \text{ kN/m}^2$

Délka objektu: $l = 15,3 \text{ m}$

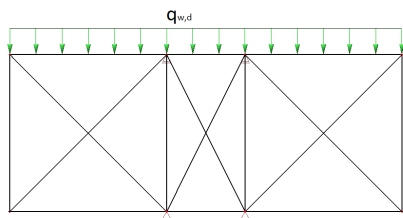
Zatěžovací výška $h = 3,6 \text{ m}$.

Zatížení větrem na ztužidlo na metr délky:

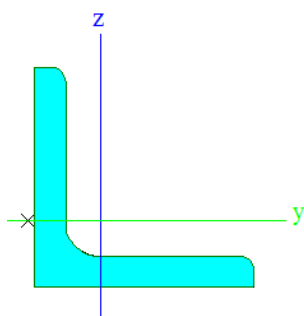
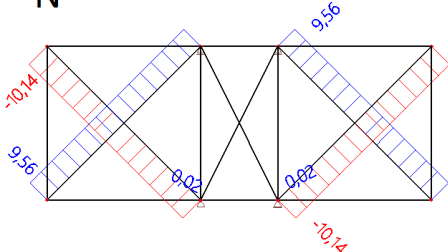
$$q_{w,k} = h \times w_k$$

$$q_{w,k} = 3,6 \times 0,867 = 3,121 \text{ kN / m}$$

$$q_{w,d} = 1,5 \times 3,121 = 4,682 \text{ kN / m}$$



N



8.4.2 Vnitřní síly

Vnitřní síly jsou vypočítané v programu Scia ze zatížení větrem.

Maximální osová síla:

$$N_{ed,max} = -10,14 \text{ kN}$$

8.4.3 Geometrie

Profil: L70x7

$$A = 9,4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$I_y = I_z = 4,228 \times 10^{-7}$$

$$l_{cr} = 4,24 \text{ m}$$

8.4.4 Posouzení únosnosti

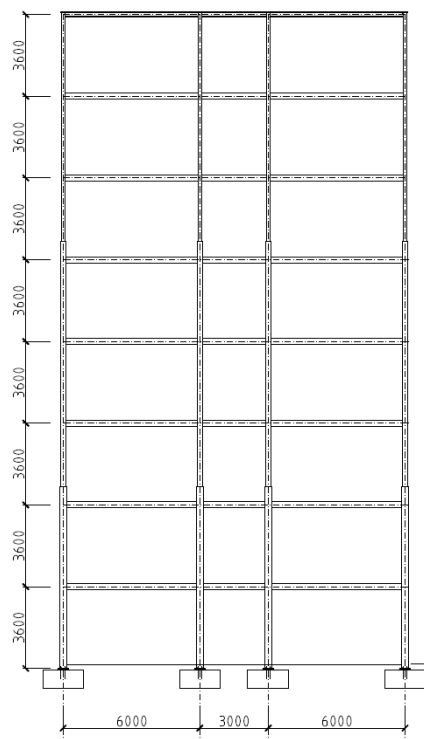
Diagonála je posouzena programem Scia na vzpěrnou pevnost.

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>			
Typ posuvných styčníků	neposuvné	posuvné	
Systémová délka L	8.485	8.485	m
Součinitel vzpěru k	0.50	0.50	
Vzpěrná délka L _{cr}	4.243	4.243	m
Kritické Eulerovo zatížení N _{cr}	48.68	48.68	kN
Štíhlost	200.05	200.05	

Relativní štíhlost Lambda	2.13	2.13	
Mezní štíhlost Lambda ₀	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	b	b	
Imperfekce Alfa	0.34	0.34	
Redukční součinitel Chi	0.19	0.19	
Únosnost na vzpěr N _{b,Rd}	41.33	41.33	kN

$$N_{ed,max} = 10,14 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 41,33 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

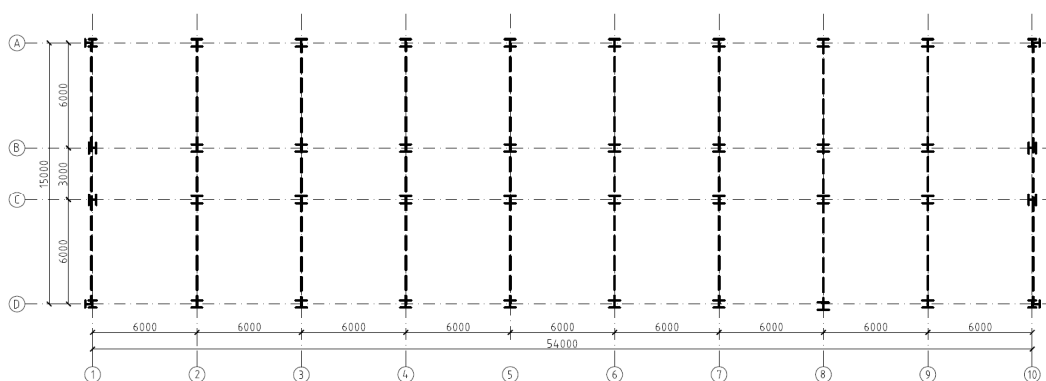


9 Varianta - rámy v příčném směru

Tato kapitola se zabývá druhou variantou řešení nosné ocelové konstrukce vícepodlažní budovy. V této variantě nosnou konstrukci objektu tvoří 10 rámových vazeb v příčném směru po osově vzdálenosti 6 metrů. Rám je tvořen sloupy, na něž jsou přes šroubový spoj připojeny průvlaky. Tuhost v podélném směru zajišťují příhradová ztužidla jako v první variantě.

Rám je posouzen jako rám s posuvnými styčníky. Globální imperfekce jsou řešeny nahrazením vodorovnými silami, lokální imperfekce se zavedou pomocí součinitele vzpěru.

Tato varianta se v porovnání s variantou první prokázala jako neekonomická a práce se jí nebude podrobněji zabývat.



9.1 Zatížení

9.1.1 Svislé zatížení

Svislé zatížení na konstrukci je počítáno jako reakce ze zatížení stropnic. Zatížení je přebráno z kapitol 4.3.1, 4.4.1, 4.5.1 - Zatížení stropnic, a z kapitol 5.1.1, 5.2 - Zatížení vaznic.

		Zatěžovací šířka [m]	Zatížení stropnice [kN/m]	Zatížení rámu [kN]
Stropnice St1	Stálé	6	7,19	43,14
	Užitné	6	6	36
Stropnice St2	Stálé	6	4,69	28,14
	Užitné	6	3	18
Stropnice St3	Stálé	6	7,51	45,06
	Užitné	6	5,25	31,5
Stropnice St4	Stálé	6	5,39	32,34
	Užitné	6	4,5	27
Vaznice V1	Stálé	6	5,7	34,2
	Sníh	6	1,6	9,6
Vaznice V2	Stálé	6	2,85	17,1
	Sníh	6	0,8	4,8
Vaznice V3	Stálé	6	4,99	29,94
	Sníh	6	1,4	8,4
Vaznice V4	Stálé	6	4,28	25,68
	Sníh	6	1,2	7,2

9.1.2 Vodorovné zatížení

1) Ekvivalentní vodorovné síly:

Vliv natočení sloupů je do výpočtového modelu zaveden pomocí ekvivalentních vodorovných sil $H_{\Phi} = \Phi \times N$. Svislé zatížení konstrukce je přebráno z kapitoly 6.2.1 a 6.3.1. - zatížení sloupů. Přepočítání vodorovných sil uvažovaných ve výpočtovém modelu je uvedeno v následující tabulce.

Naklonění soustavy:

$$\phi = \alpha_h \times \alpha_m \times \phi_0$$

$$\phi_0 = \frac{1}{200}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)} = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{4} \right)} = 0,791$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{28,9}} = 0,372$$

$$\frac{2}{3} \geq \alpha_h \leq 1 \Rightarrow \alpha_h = \frac{2}{3}$$

$$\phi = \frac{2}{3} \times 0,791 \times \frac{1}{200} = 2,637 \times 10^{-3}$$

$$H_{\phi,k} = H_{,k} \times \phi$$

	Svislé zatížení		Vodorovné zatížení	
	Vnější sloup	Vnitřní sloup	Vnější sloup	Vnitřní sloup
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Stálé - Střecha	52,11	77,86	0,137	0,205
Stálé - Strop	73,51	108,62	0,194	0,286
Proměnné - Sníh	14,4	21,6	0,038	0,057
Proměnné - Užité	54	81	0,142	0,214

2) Zatížení větrem:

Návětrná strana:

$$w_{e,D} = 0,622 \text{ kN/m}^2$$

Návětrná strana:

$$w_{e,E} = -0,426 \text{ kN/m}^2$$

Celkový účinek na budovu:

$$q_{wk} = 0,622 + 0,426 = 1,048 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací šířka:

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

Celkové zatížení větrem pro jednotlivé rámy:

$$F_{w,k} = l \times h \times q_{wk}$$

$$F_{w1,k} = 6 \times 1,7 \times 1,048 = 10,69 \text{ kN}$$

$$F_{w2,k} = 6 \times 3,5 \times 1,048 = 22,01 \text{ kN}$$

$$F_{w3,k} = 6 \times 3,6 \times 1,048 = 22,64 \text{ kN}$$

$$F_{w4,k} = 6 \times 2,4 \times 1,048 = 15,09 \text{ kN}$$

tlak větru na stěnu:

$$w_e = 622 \text{ N/m}^2$$

tlak větru na sloup:

$$w_{e,sl} = w_e \times b$$

$$w_{e,sl} = 622 \times 3 = 1,867 \text{ kN/m}$$

sání větru na stěnu:

$$w_e = 426 \text{ N/m}^2$$

sání větru na sloup:

$$w_{e,sl} = w_e \times b$$

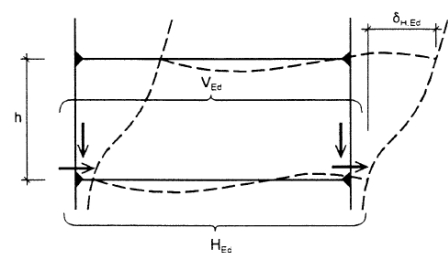
$$w_{e,sl} = 426 \times 3 = 1,278 \text{ kN/m}$$

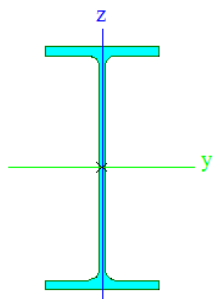
9.2 Geometrie

součinitel α_{cr} :

$$\alpha_{cr} = \left(\frac{H_{Ed}}{V_{Ed}} \right) \left(\frac{h}{\delta_{H,Ed}} \right)$$

$$\alpha_{cr} = \left(\frac{286,78}{4896} \right) \left(\frac{3,6}{0,049} \right) = 4,3$$





9.2.1 Průvlak

Ocelový profil IPE 360.

Parametry průřezu:

$$A = 7,27 \times 10^{-3} m^2$$

$$E = 210 GPa$$

$$f_y = 235 MPa$$

$$I_y = 3,29 \times 10^{-4} m^4$$

9.2.2 Sloup průřez 1

HEB 200, ocel 235

$$A = 9,104 \times 10^{-3} m^2$$

$$E = 210 GPa$$

$$G = 81 GPa$$

$$I_y = 8,091 \times 10^{-5} m^4$$

$$I_z = 2,84 \times 10^{-5} m^4$$

$$W_{el,y} = 7,355 \times 10^{-4} m^3$$

$$W_{pl,y} = 8,28 \times 10^{-4} m^3$$

9.2.3 Sloup průřez 2

HEB 240, ocel 235

$$A = 1,184 \times 10^{-2} m^2$$

$$E = 210 GPa$$

$$G = 81 GPa$$

$$I_y = 1,492 \times 10^{-4} m^4$$

$$I_z = 5,135 \times 10^{-5} m^4$$

$$W_{el,y} = 1,148 \times 10^{-3} m^3$$

$$W_{pl,y} = 3,95 \times 10^{-4} m^3$$

Průřez 1 10100	A	I	I	A
	B	J	J	B
	C	K	K	C
Průřez 2 10800	D	L	L	D
	E	M	M	E
	F	M	M	F
Průřez 3 8000	G	N	N	G
	H	O	O	H

9.2.4 Sloup průřez 3

HEB 450, ocel 235

$$A = 1,978 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

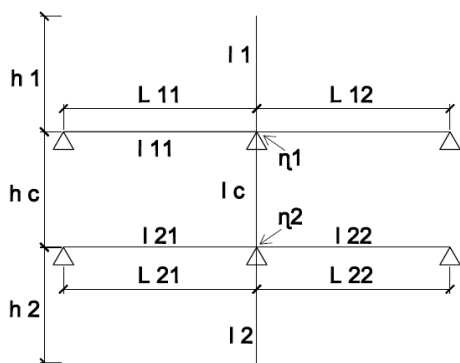
$$I_y = 5,768 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = 1,082 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$W_{el,y} = 2,884 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 3,24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

9.3 Vzpěrné délky



$$L_{cr} = \beta \times h$$

$$K_c = \frac{I}{h}$$

$$K_{ij} = \frac{I_{ij}}{h_{ij}}$$

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}}$$

$$\beta = \frac{1 + 0,145 \times (\eta_1 + \eta_2) - 0,265 \times \eta_1 \times \eta_2}{2 - 0,364 \times (\eta_1 + \eta_2) - 0,247 \times \eta_1 \times \eta_2}$$

Vzpěrné délky jsou pro jednotlivé sloupy spočítány v následující tabulce.

Sloup A

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,2908
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,4506
c	0,00008091	3,6	2,25E-05	β	0,6319
1	0	3,6	0		
2	0,00008091	3,6	2,25E-05		
11	0	6	0		
12	0,0003288	6	5,48E-05		
21	0	6	0		
22	0,0003288	6	5,48E-05		

Sloup B

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,4506
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,4506
c	0,00008091	3,6	2,25E-05	β	0,6640
1	0,00008091	3,6	2,25E-05		
2	0,00008091	3,6	2,25E-05		
11	0	6	0		
12	0,0003288	6	5,48E-05		
21	0	6	0		
22	0,0003288	6	5,48E-05		

Sloup C

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,4506
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,5384
c	0,00008091	3,6	2,25E-05	β	0,6830
1	0,00008091	3,6	2,25E-05		
2	0,0001492	3,6	4,14E-05		
11	0	6	0		
12	0,0003288	6	5,48E-05		
21	0	6	0		
22	0,0003288	6	5,48E-05		

Sloup D

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,5384
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,6020
c	0,0001492	3,6	4,14E-05	β	0,7173
1	0,00008091	3,6	2,25E-05		
2	0,0001492	3,6	4,14E-05		
11	0	6	0		
12	0,0003288	6	5,48E-05		
21	0	6	0		
22	0,0003288	6	5,48E-05		

Sloup E

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,6020
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,6020
c	0,0001492	3,6	4,14E-05	β	0,7326
1	0,0001492	3,6	4,14E-05		
2	0,0001492	3,6	4,14E-05		
11	0	6	0		
12	0,0003288	6	5,48E-05		
21	0	6	0		
22	0,0003288	6	5,48E-05		

Sloup F

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,6020
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,7863
c	0,0001492	3,6	4,14E-05	β	0,7809
1	0,0001492	3,6	4,14E-05		
2	0,0005768	3,6	0,00016		
11	0	6	0		
12	0,0003288	6	5,48E-05		
21	0	6	0		
22	0,0003288	6	5,48E-05		

Sloup G

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,7863
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,8540
c	0,0005768	3,6	0,00016	β	0,8568
1	0,0001492	3,6	4,14E-05		
2	0,0005768	3,6	0,00016		
11	0	6	0		
12	0,0003288	6	5,48E-05		
21	0	6	0		
22	0,0003288	6	5,48E-05		

Sloup H

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,8540
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	1,0000
c	0,0005768	3,6	0,00016	β	0,9356
1	0,0005768	3,6	0,00016		
2	0	3,6	0		
11	0	6	0		
12	0,0003288	6	5,48E-05		
21	0	6	0		
22	0	6	0		

Sloup I

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,1203
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,2147
c	8,09E-05	3,6	2,25E-05	β	0,5566
1	0	3,6	0		
2	8,09E-05	3,6	2,25E-05		
11	0,000329	6	5,48E-05		
12	0,000329	3	0,00011		
21	0,000329	6	5,48E-05		
22	0,000329	3	0,00011		

Sloup J

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,2147
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,2147
c	8,09E-05	3,6	2,25E-05	β	0,5731
1	8,09E-05	3,6	2,25E-05		
2	8,09E-05	3,6	2,25E-05		
11	0,000329	6	5,48E-05		
12	0,000329	3	0,00011		
21	0,000329	6	5,48E-05		
22	0,000329	3	0,00011		

Sloup K

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,2147
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,2800
c	8,09E-05	3,6	2,25E-05	β	0,5849
1	8,09E-05	3,6	2,25E-05		
2	0,000149	3,6	4,14E-05		
11	0,000329	6	5,48E-05		
12	0,000329	3	0,00011		
21	0,000329	6	5,48E-05		
22	0,000329	3	0,00011		

Sloup L

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,2800
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,3352
c	0,000149	3,6	4,14E-05	β	0,6072
1	8,09E-05	3,6	2,25E-05		
2	0,000149	3,6	4,14E-05		
11	0,000329	6	5,48E-05		
12	0,000329	3	0,00011		
21	0,000329	6	5,48E-05		
22	0,000329	3	0,00011		

Sloup E

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,3352
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,3352
c	0,000149	3,6	4,14E-05	β	0,6176
1	0,000149	3,6	4,14E-05		
2	0,000149	3,6	4,14E-05		
11	0,000329	6	5,48E-05		
12	0,000329	3	0,00011		
21	0,000329	6	5,48E-05		
22	0,000329	3	0,00011		

Sloup M

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,3352
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,5509
c	0,000149	3,6	4,14E-05	β	0,6615
1	0,000149	3,6	4,14E-05		
2	0,000577	3,6	0,00016		
11	0,000329	6	5,48E-05		
12	0,000329	3	0,00011		
21	0,000329	6	5,48E-05		
22	0,000329	3	0,00011		

Sloup N

	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,5509
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	0,6609
c	0,000577	3,6	0,00016	β	0,7347
1	0,000149	3,6	4,14E-05		
2	0,000577	3,6	0,00016		
11	0,000329	6	5,48E-05		
12	0,000329	3	0,00011		
21	0,000329	6	5,48E-05		
22	0,000329	3	0,00011		

Sloup O

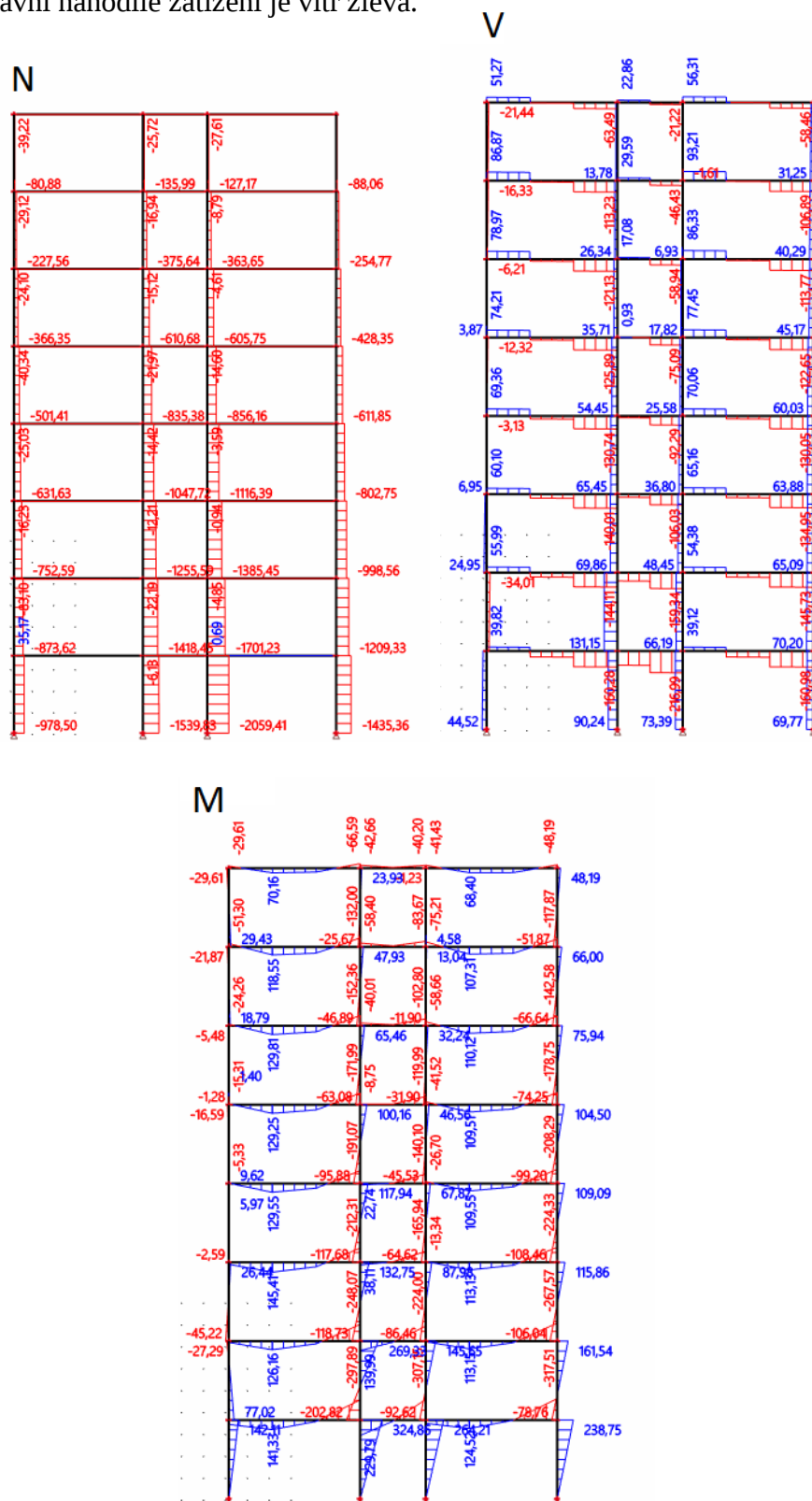
	I_{ij}	h_{ij}	K_{ij}	η_1	0,7451
ij	[m ⁴]	[m]	[m ³]	η_2	1,0000
c	0,000577	3,6	0,00016	β	0,8940
1	0,000577	3,6	0,00016		
2	0	3,6	0		
11	0,000329	6	5,48E-05		
12	0,000329	6	5,48E-05		
21	0	6	0		
22	0	6	0		

9.4 Vnitřní síly

Vnitřní síly jsou spočítány v programu Scia pro následující kombinace.

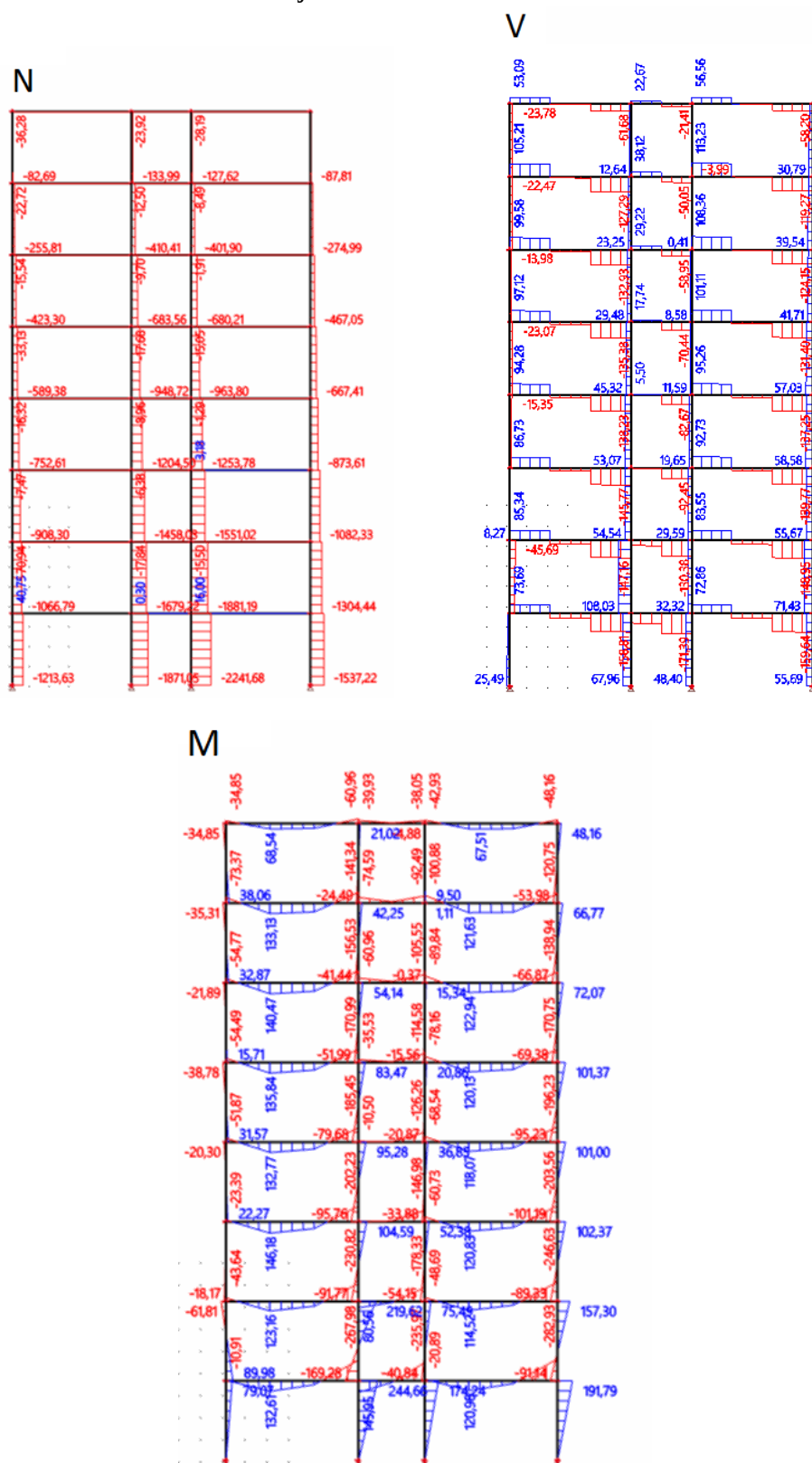
9.4.1 Kombinace 1

Tato kombinace zahrnuje zatížení stálé, vítr zleva, užité a sněh. Hlavní nahodilé zatížení je vítr zleva.



9.4.2 Kombinace 2

Tato kombinace zahrnuje zatížení stálé, vítr zleva, užité a snáh. Hlavní nahodilé zatížení je užité zatížení.



9.5 Posouzení únosnosti

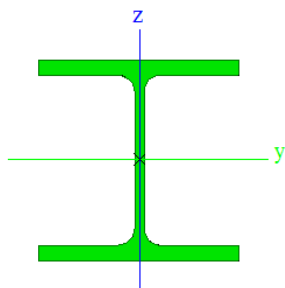
Posouzení únosnosti je spočítáno v programu Scia pro nejnepříznivější kombinaci zatížení.

9.5.1 Sloup - průřez 1

Průřez: HEB 200

Kombinace 1

Posouzení na vzpěr podle ČSN EN 1993-1-1, 6.3.1.1. a vzorce (6.46):



Parametry vzpěru	yy
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>	
typ posuvných styčníků	posuvné
Systémová délka L	3.600
Součinitel vzpěru k	0.58
Vzpěrná délka Lcr	2.106
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	26617.81
Štíhlost	24.66
Relativní štíhlost Lambda	0.26
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20
Vzpěr. křivka	b
Imperfekce Alfa	0.34
Redukční součinitel Chi	0.98
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	1793.97

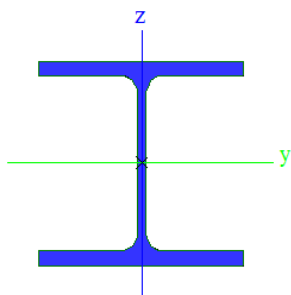
Kombinace tlaku a ohybu:

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
Interakční metoda 1

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
kyy	1.136	
kyz	0.880	
kzy	0.615	
kzz	1.315	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	7.8080e-03	m^2
Wy	6.4200e-04	m^3
Wz	3.0600e-04	m^3
NRk	1834.88	kN
My,Rk	150.87	kNm
Mz,Rk	71.91	kNm
My,Ed	65.46	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	490.96	kNm
redukována štíhlost 0	0.55	
Psi y	-0.964	
Psi z	1.000	
Cmy,0	0.981	
Cmz,0	1.046	
Cmy	0.991	
Cmz	1.046	
CmLT	1.127	
muy	0.999	
muz	0.932	
wy	1.127	
wz	1.500	
npl	0.333	
aLT	0.990	
bLT	0.000	
cLT	0.250	
dLT	0.000	
eLT	0.953	
Cyy	1.006	
Cyz	1.016	
Czy	0.901	
Czz	0.916	

$$\begin{aligned} \text{Jedn. posudek (6.61)} &= 0.34 + 0.49 + 0.00 = 0.83 \\ \text{Jedn. posudek (6.62)} &= 0.48 + 0.27 + 0.00 = 0.75 \end{aligned}$$

Jednotkový posudek: $0,83 < 1$... průřez vyhoví na kombinaci tlaku s ohybem



9.5.2 Sloup - průřez 2

Průřez: HEB 240

Kombinace 1

Posouzení na vzpěr podle ČSN EN 1993-1-1, 6.3.1.1. a vzorce (6.46):

Parametry vzpěru	yy
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Student</i>	
typ posuvných styčníků	posuvné
Systémová délka L	3.600
Součinitel vzpěru k	0.66
Vzpěrná délka Lcr	2.383
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	41090.03
Štíhlost	23.12
Relativní štíhlost Lambda	0.25
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20
Vzpěr. křivka	b
Imperfekce Alfa	0.34
Redukční součinitel Chi	0.98
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	2450.06

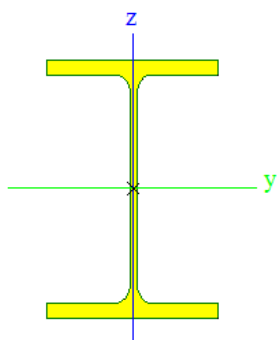
Kombinace tlaku a ohybu:

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
Interakční metoda 1

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>		
kyy	1.138	
kyz	0.752	
kzy	0.620	
kzz	1.421	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	1.0600e-02	m^2
Wy	1.0540e-03	m^3
Wz	5.0000e-04	m^3
NRk	2491.00	kN
My, Rk	247.69	kNm
Mz, Rk	117.50	kNm
My, Ed	87.98	kNm
Mz, Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	1004.48	kNm
redukována štíhlost 0	0.50	
Psi y	-0.983	
Psi z	1.000	
Cmy, 0	0.971	
Cmz, 0	1.053	
Cmy	0.984	
Cmz	1.053	
CmLT	1.162	
muy	0.999	
muz	0.938	
wy	1.123	
wz	1.500	
npl	0.556	
aLT	0.991	
bLT	0.000	
cLT	0.171	
dLT	0.000	
eLT	1.171	
Cyy	1.040	
Cyz	1.245	
Czy	0.931	
Czz	0.892	

Jedn. posudek (6.61) = 0.57 + 0.40 + 0.00 = 0.97
Jedn. posudek (6.62) = 0.72 + 0.22 + 0.00 = 0.94

Jednotkový posudek: $0.97 < 1$... průřez vyhoví na kombinaci tlaku
s ohybem



9.5.3 Sloup - průřez 3

Průřez: HEB 450

Kombinace 1

Posouzení na vzpěr podle ČSN EN 1993-1-1, 6.3.1.1. a vzorce (6.46):

Parametry vzpěru	yy
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Students</i>	
Typ posuvných styčníků	posuvné
Systémová délka L	3.600
Součinitel vzpěru k	0.89
Vzpěrná délka Lcr	3.218
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	159856.91
Štíhlost	16.81
Relativní štíhlost Lambda	0.18
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20
Vzpěr. křivka	a
Imperfekce Alfa	0.21
Redukční součinitel Chi	1.00
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	5123.00

Kombinace tlaku a ohybu:

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
Interakční metoda 1

Tabulka hodnot		
	Studentská verze	*Studentská verze*
kyy	0.853	
kyy	0.649	
kzy	0.453	
kzz	1.199	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	2.1800e-02	m^2
Wy	3.9800e-03	m^3
Wz	1.2000e-03	m^3
NRk	5123.00	kN
My,Rk	935.30	kNm
Mz,Rk	282.00	kNm
My,Ed	264.21	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	4736.10	kNm
redukována štíhlost 0	0.44	
Psi y	0.000	
Psi z	1.000	
Cmy,0	0.788	
Cmz,0	1.027	
Cmy	0.888	
Cmz	1.027	
CmLT	1.000	
muy	1.000	
muz	0.985	
wy	1.121	
wz	1.500	
npl	0.402	
aLT	0.994	
bLT	0.000	
cLT	0.123	
dLT	0.000	
eLT	1.369	
Cyy	1.054	
Cyz	1.234	
Czy	1.014	
Czz	0.947	

Jedn. posudek (6.61) = 0.40 + 0.24 + 0.00 = 0.64
Jedn. posudek (6.62) = 0.46 + 0.13 + 0.00 = 0.59

Jednotkový posudek: $0,64 < 1$... průřez vyhoví na kombinaci tlaku
s ohybem

9.6 Posouzení použitelnosti

Dovolený vodorovný posun pro jedno podlaží:

$$\delta_{dov} = \frac{h}{300} = \frac{3600}{300} = 12mm$$

Dovolený vodorovný posun pro celou budovu:

$$\delta_{dov} = \frac{h}{500} = \frac{28800}{500} = 57,6mm$$

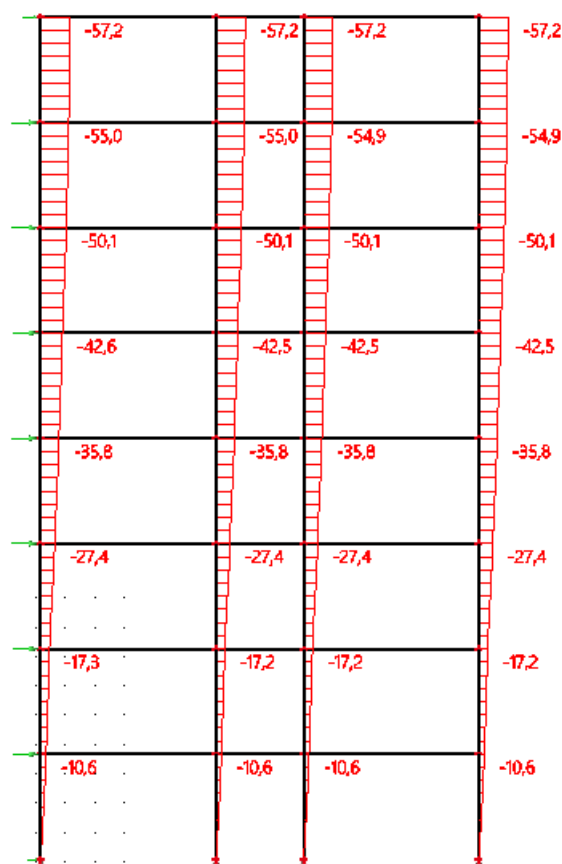
Vodorovný posun je vypočítaný v programu Scia z charakteristického vodorovného zatížení.

Maximální vodorovný posun jednoho podlaží:

$$\delta = 10,6mm \leq \delta_{dov} = 12mm \Rightarrow \text{vyhoví}$$

Vodorovný posun celé budovy:

$$\delta = 57,2mm \leq \delta_{dov} = 57,6mm \Rightarrow \text{vyhoví}$$



10 Přípoje

10.1 Stropnice - průvlak

Reakce ze stropnice:

$$R_{Ed} = 52,8 \text{ kN}$$

Návrh šroubů: M12 4,6

Počet šroubů: 4

Únosnost jednoho šroubu ve střihu

$$F_{v,Rd,1} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 84,3}{1,25} = 16,186 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = \frac{R_{Ed}}{n} = \frac{52,8}{4} = 13,2 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = 13,2 \text{ kN} \leq F_{v,Rd,1} = 16,186 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Únosnost v otláčení - plech

$$F_{b,Rd,1} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,77 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 5}{1,25} = 33,23 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \left(\frac{30}{3 \cdot 13}; \frac{50}{3 \cdot 13} - \frac{1}{4}; \frac{400}{360}; 1,0\right)$$

$$\alpha = \min(0,77; 1,032; 1,11; 1,0) = 0,77$$

$$F_{sd,1} = \frac{52,8}{4} = 13,2 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = 13,2 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 33,23 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Únosnost v otláčení - stojina průvlaku

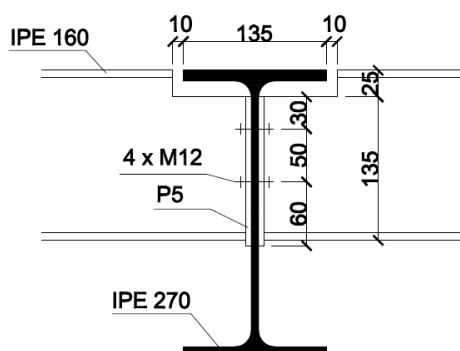
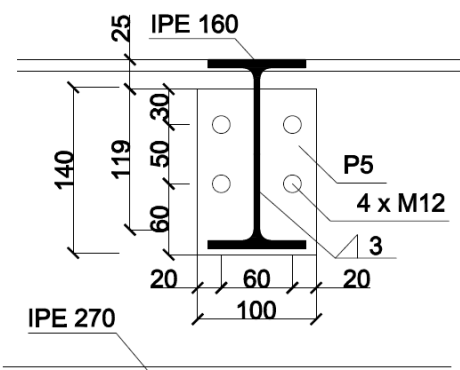
$$F_{b,Rd,1} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 7}{1,25} = 60,48 \text{ kN}$$

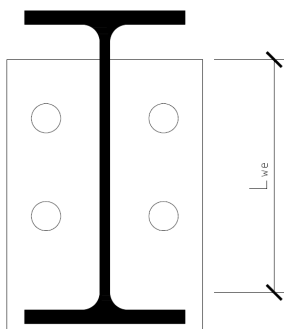
$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \left(\frac{60}{3 \cdot 13}; \frac{50}{3 \cdot 13} - \frac{1}{4}; \frac{400}{360}; 1,0\right)$$

$$\alpha = \min(1,53; 1,032; 1,11; 1,0) = 1$$

$$F_{sd,1} = \frac{52,8 \times 2}{4} = 26,4 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = 26,4 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 60,48 \text{ kN} \xrightarrow{132} \text{vyhoví}$$





Únosnost ve svaru

Návrh: $2 \times a = 3 \text{ mm}$

$L_{we} = 119 \text{ mm}$

$F_{II} = R_{ed} = 52,8 \text{ kN}$

$$\tau_{II} = \frac{F_{II}}{a \cdot l} = \frac{52,8 \cdot 10^3}{2 \times 0,003 \cdot 0,119} = 73,95 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} = \sqrt{0^2 + 3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 73,95^2} = 128,08 \text{ MPa}$$

$$128,08 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = \frac{360}{1,25 \cdot 0,8} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhoví}$$

10.2 Průvlak - sloup

Reakce z průvlaku:

$R_{Ed} = 107,07 \text{ kN}$

Návrh šroubů: M16 4,6

Počet šroubů: 4

Únosnost jednoho šrouubu ve stříhu

$$F_{v,Rd,1} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 157}{1,25} = 30,144 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = \frac{R_{Ed}}{n} = \frac{107,07}{4} = 26,77 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = 26,77 \text{ kN} \leq F_{v,Rd,1} = 30,144 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Únosnost v otláčení - plech

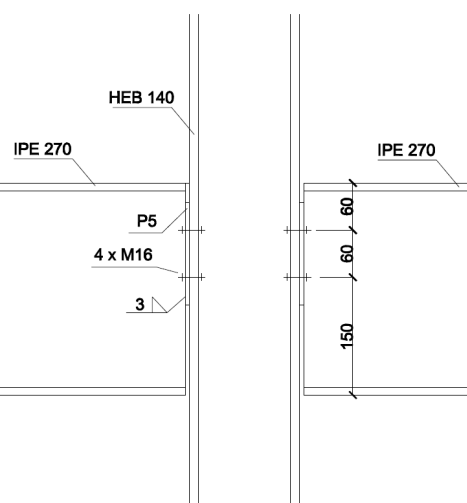
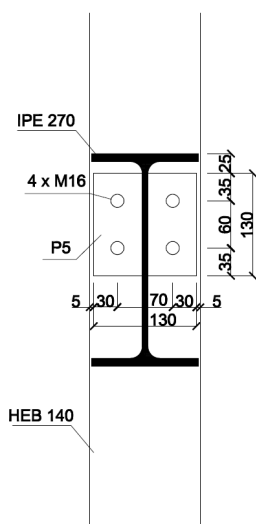
$$F_{b,Rd,1} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,686 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 5}{1,25} = 39,51 \text{ kN}$$

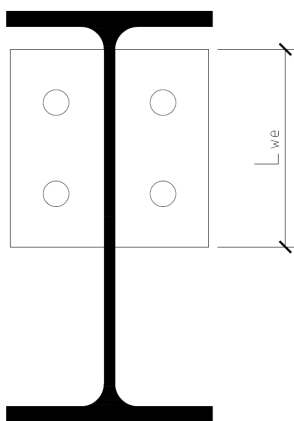
$$\alpha = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \left(\frac{35}{3 \cdot 17}; \frac{60}{3 \cdot 17} - \frac{1}{4}; \frac{400}{360}; 1,0 \right)$$

$$\alpha = \min(0,686; 0,926; 1,11; 1,0) = 0,686$$

$$F_{sd,1} = \frac{107,07}{4} = 26,77 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = 26,77 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 39,51 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$





Únosnost v otláčení - stojina průvlaku

$$F_{b,Rd,1} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,926 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 12}{1,25} = 160,09 kN$$

$$\alpha = \min\left(\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \left(\frac{60}{3 \cdot 17} - \frac{1}{4}; \frac{400}{360}; 1,0\right)$$

$$\alpha = \min(0,926; 1,11; 1,0) = 1$$

$$F_{sd,1} = \frac{107,07 \times 2}{4} = 53,54 kN$$

$$F_{sd,1} = 53,54 kN \leq F_{b,Rd} = 160,09 N \rightarrow \text{vyhoví}$$

Únosnost ve svaru

Návrh: 2 x a = 3 mm

$L_{we} = 130 \text{ mm}$

$$F_{II} = R_{ed} = 107,07 kN$$

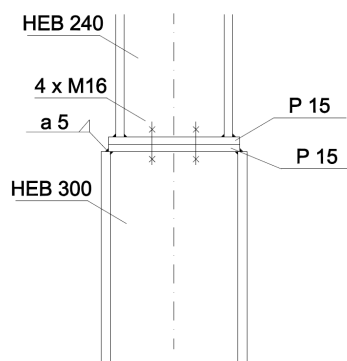
$$\tau_{II} = \frac{F_{II}}{a \cdot l} = \frac{107,07 \cdot 10^3}{2 \times 0,003 \cdot 0,130} = 137,27 MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} = \sqrt{0^2 + 3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 137,27^2} = 237,757 MPa$$

$$237,757 MPa \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = \frac{360}{1,25 \cdot 0,8} = 360 MPa \rightarrow \text{vyhoví}$$

10.3 Sloup - sloup

Stykování sloupů je provedeno kontaktním spojením pomocí čelních desek a čtyř šroubů. Šrouby jsou pouze konstrukční.



10.4 Diagonála svislého ztužidla - sloup

Osová síla v diagonále:

$$N_{Ed} = 476,02 \text{ kN}$$

Návrh šroubů: M20 8,8

Počet šroubů: 3

Plech P12

Únosnost jednoho šroubu ve střihu

$$F_{v,Rd,1} = 2 \times \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \times \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 188,16 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{476,02}{3} = 158,67 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = 158,67 \text{ kN} \leq F_{v,Rd,1} = 188,16 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Únosnost plechu v otláčení

$$F_{b,Rd,1} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,952 \cdot 360 \cdot 21 \cdot 12}{1,25} = 172,73 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \left(\frac{60}{3 \cdot 21}; \frac{90}{3 \cdot 21} - \frac{1}{4}; \frac{400}{360}; 1,0 \right)$$

$$\alpha = \min(0,952; 1,179; 1,11; 1,0) = 0,952$$

$$F_{sd,1} = \frac{476,02}{3} = 158,67 \text{ kN}$$

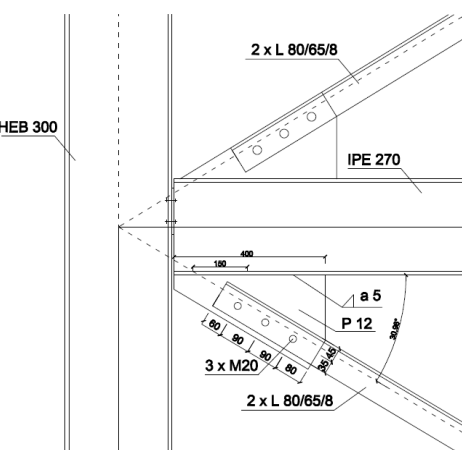
$$F_{sd,1} = 158,67 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 172,73 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

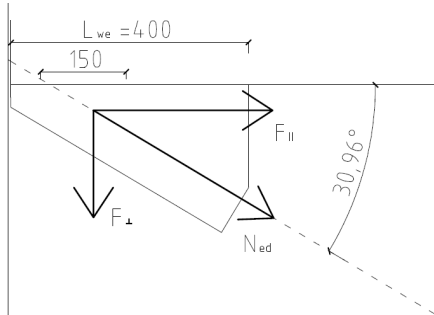
Únosnost oslabeného průřezu

$$A_{net} = 2210 - 2 \times 21 \times 8 = 1874 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 1810 \times 360}{1,25} = 485,74 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 476,02 \text{ kN} \leq N_{u,Rd} = 485,74 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$





Únosnost ve svaru

Návrh: $2 \times a = 5 \text{ mm}$, $l = 400 \text{ mm}$

$e = 150 \text{ mm}$

$L_{we} = 400 \text{ mm}$

$$F_{II} = \cos \alpha \times N_{ed} = 408,2 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{II}}{2 \times a \times l} = \frac{408,2 \cdot 10^3}{2 \times 0,005 \cdot 0,4} = 102,05 \text{ MPa}$$

$$F_{\perp} = \sin \alpha \times N_{ed} = 244,88 \text{ kN}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{\perp} \times \cos 45^\circ}{2 \times a \times l} + \frac{F_{\perp} \times \cos 45^\circ \times e}{2 \times W_{we}} =$$

$$\frac{244,88 \cdot 10^3 \times \cos 45^\circ}{2 \times 0,005 \times 0,4} + \frac{244,88 \cdot 10^3 \times \cos 45^\circ \times 0,150}{2 \times \frac{1}{6} \times 0,005 \times 0,4^2} = 140,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\perp} \times \cos 45^\circ}{2 \times a \times l} + \frac{F_{\perp} \times \cos 45^\circ \times e}{2 \times W_{we}} =$$

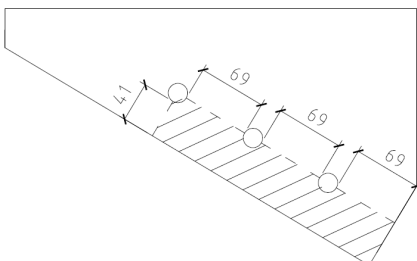
$$\frac{244,88 \cdot 10^3 \times \cos 45^\circ}{2 \times 0,005 \times 0,4} + \frac{244,88 \cdot 10^3 \times \cos 45^\circ \times 0,150}{2 \times \frac{1}{6} \times 0,005 \times 0,4^2} = 140,69 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} = \sqrt{140,69^2 + 3 \cdot 140,69^2 + 3 \cdot 102,05^2} = 332,29 \text{ MPa}$$

$$332,29 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = \frac{360}{1,25 \cdot 0,8} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Vytržení skupiny šroubů z plechu

dle ČSN EN 1998-1-8, 3.10.2



$$V_{eff,1,Rd} = \frac{f_u \times A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \times A_{nv}}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}}$$

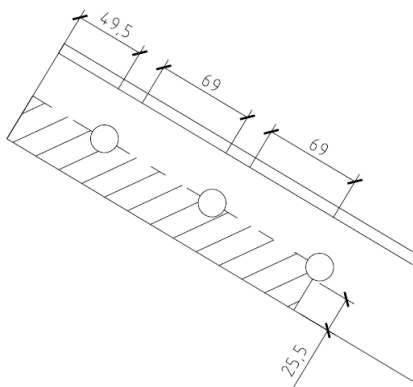
$$A_{nt} = 12 \times 41 = 492 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 12 \times 207 = 2490 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{360 \times 492}{1,25} + \frac{235 \times 2490}{\sqrt{3} \times 1,0} = 479,533 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 476,02 \text{ kN}$$

A_{nt} ...oslabená plocha při působení tahu,

A_{nv} ...oslabená plocha při působení smyku



Vytržení skupiny šroubů ze ztužidla

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{f_u \times A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \times A_{nv}}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}}$$

$$A_{nt} = 16 \times 25,5 = 408 \text{ mm}^2$$

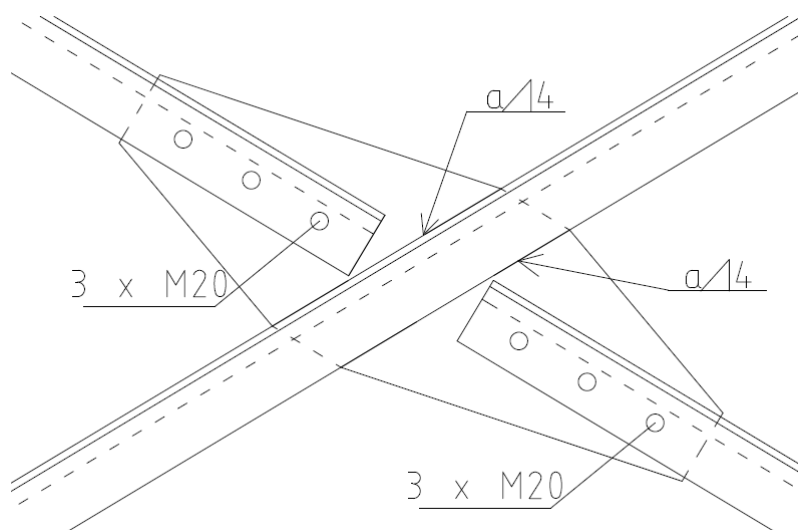
$$A_{nv} = 16 \times 187,5 = 3000 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{360 \times 408}{1,25} + \frac{235 \times 3000}{\sqrt{3} \times 1,0} = 524,536 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 476,02 \text{ kN}$$

→ vyhoví

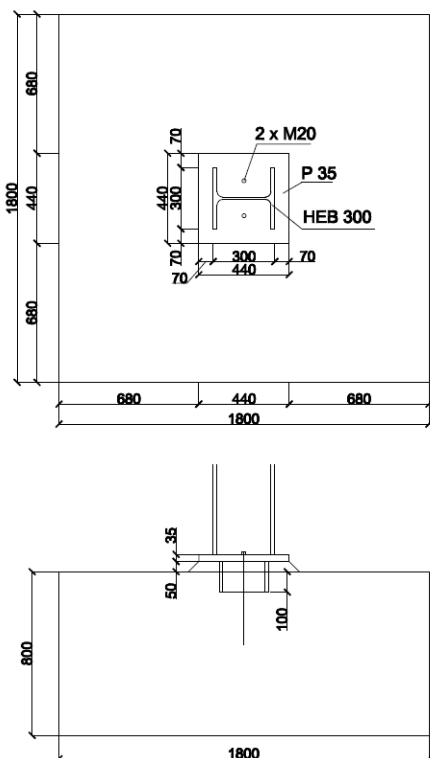
10.5 Křížení diagonál svislého ztužidla

Šroubový přípoj je navržen na stejné zatížení jako přípoj diagonály ke sloupu z odstavce 10.4. Proto jsou navrženy stejné šrouby a stejné rozteče jako v předchozím případě. Svar diagonály styčnickového plechu je konstrukční.



10.6 Kotvení vnitřního sloupu se ztužidlem

Patka je navržena jako kloubová z nevyztuženého patního plechu na přenos svislého a vodorovného zatížení. Kotevní šrouby jsou navrženy jako konstrukční, 2 x M20. Kotevní šrouby se provedou jako předem zabetonované s metrickým závitem.



Patní plech:

Tloušťka patního plechu: 35 mm

Maximální tlaková síla v patě sloupu:

$$N_{Ed} = 2680,14 \text{ kN}$$

Beton: C16/20

Započitatelné rozměry betonové patky:

$$a_1 = b_1 = \min(3 \times a_0, a_0 + h, a_c)$$

$$a_1 = b_1 = \min(3 \times 440, 440 + 800, 1800) = 440 + 800 = 1240 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí:

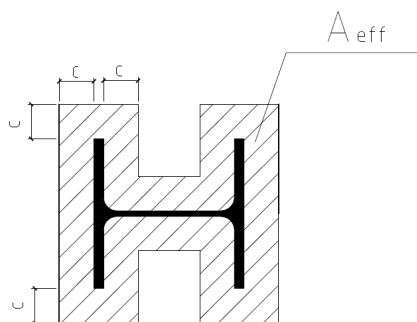
$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \times b_1}{a_0 \times b_0}} = \sqrt{\frac{1,24 \times 1,24}{0,44 \times 0,44}} = 2,818$$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \times k_j \times f_{ck}}{\gamma_C} = \frac{0,667 \times 2,818 \times 16}{1,5} = 20,04 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky:

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \times f_{jd}}} = 35 \sqrt{\frac{235}{3 \times 20,04}} = 69,2 \text{ mm}$$



Efektivní plocha:

$$A_{eff} = 156474 \text{ mm}^2 \quad (\text{podle plochy obrazce v AutoCadu})$$

Únosnost patky:

$$N_{Rd} = A_{eff} \times f_{jd} = 20,04 \times 10^6 \times 0,1565 = 3136,26 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$N_{Ed} = 2680,14 \text{ kN} < N_{Rd} = 3136,26 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Kotevní zarážka:

Maximální smyková síla:

$$V_{ed} = 215,085 \text{ kN}$$

Návrh: HEB 220, h= 100 mm

Posouzení zarážky:

$$M = V_{ed} \times h = 215,085 \times 0,15 = 32,26 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{32,26 \times 10^3}{7,355 \times 10^{-4}} = 43,89 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{235}{1,0} = 235 \text{ MPa}$$

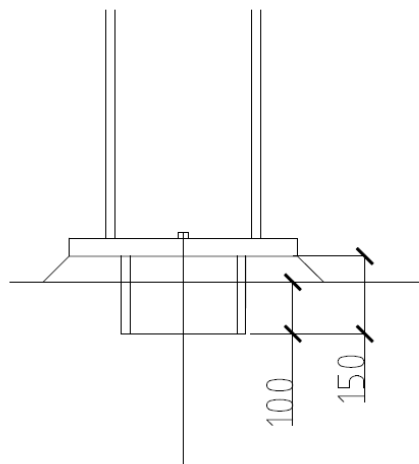
$\Rightarrow$ vyhoví

Posouzení betonu:

$$f_{cc} = \frac{V_{ed}}{b \times h} = \frac{215,085 \times 10^3}{0,22 \times 0,1} = 9,777 \text{ MPa}$$

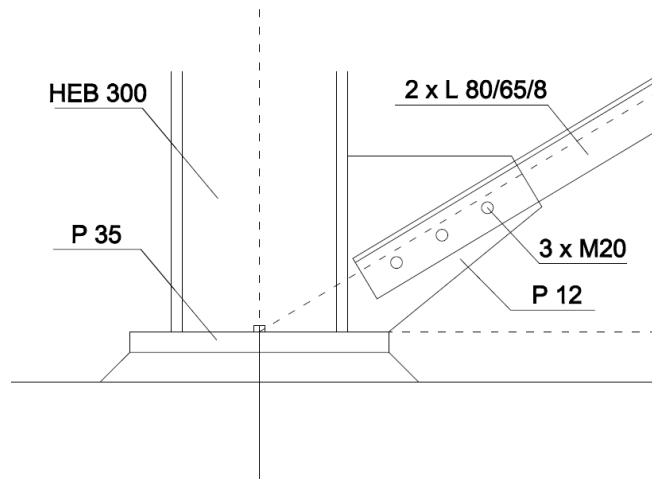
$$f_{cc} = 9,777 \text{ MPa} \leq f_{cc, \lim} = \frac{16}{1,5} = 10,66 \text{ MPa}$$

$\Rightarrow$ vyhoví



10.7 Svislé ztužidlo - pata sloupu

Šroubový přípoj je navržen na stejné zatížení jako přípoj diagonály ke sloupu z odstavce 10.4. Proto jsou navrženy stejné šrouby a stejné rozteče jako v tomto případě.



10.8 Diagonála vodorovného ztužidla - Průvlak

osová síla v diagonále:

$$N_{Ed} = 37,48 \text{ kN}$$

Návrh šroubů: M16 4,6

Počet šroubů: 2

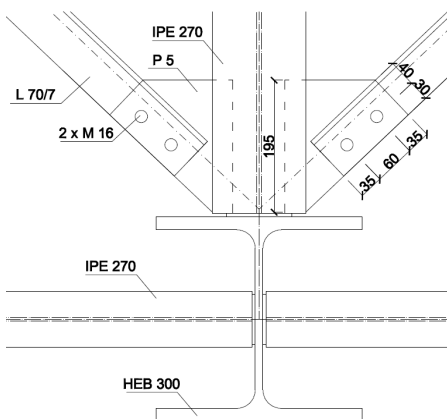
Plech P5

Únosnost jednoho šroubu ve střihu

$$F_{v,Rd,1} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 157}{1,25} = 30,144 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{37,48}{2} = 18,74 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = 18,74 \text{ kN} \leq F_{v,Rd,1} = 30,144 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$



Únosnost plechu v otláčení

$$F_{b,Rd,1} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,686 \cdot 360 \cdot 17 \cdot 5}{1,25} = 41,983 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \left(\frac{35}{3 \cdot 17}; \frac{60}{3 \cdot 17} - \frac{1}{4}; \frac{400}{360}; 1,0\right)$$

$$\alpha = \min(0,686; 0,924; 1,11; 1,0) = 0,686$$

$$F_{sd,1} = \frac{37,48}{2} = 18,74 \text{ kN}$$

$$F_{sd,1} = 18,74 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 41,983 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Únosnost nesymetrického přípoje úhelníku

$$A_{net} = 940 - 17 \times 7 = 821 \text{ mm}^2$$

$$\beta_2 = 0,4 + \frac{0,7 - 0,4}{5 - 2,5} \times 1 = 0,52$$

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,52 \times 821 \times 360}{1,25} = 122,953 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 37,48 \text{ kN} \leq N_{u,Rd} = 122,953 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Únosnost ve svaru

Návrh: 2 x a = 4 mm, l = 195 mm

e = 40 mm

L_{we} = 195 mm

$$F_{II} = \cos \alpha \times N_{ed} = \cos 46 \times 37,48 = 26,04 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{II}}{2 \times a \times l} = \frac{26,04 \cdot 10^3}{2 \times 0,004 \cdot 0,195} = 15,14 \text{ Mpa}$$

$$F_{\perp} = \sin \alpha \times N_{ed} = \sin 46 \times 37,48 = 26,96 \text{ kN}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{\perp} \times \cos 45^\circ}{2 \times a \times l} + \frac{F_{\perp} \times \cos 45^\circ \times e}{2 \times W_{we}} =$$

$$\frac{26,96 \cdot 10^3 \times \cos 45^\circ}{2 \times 0,004 \times 0,195} + \frac{26,96 \cdot 10^3 \times \cos 45^\circ \times 0,040}{2 \times \frac{1}{6} \times 0,004 \times 0,195^2} = 11,083 + 12,372 = 23,455 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\perp} \times \cos 45^\circ}{2 \times a \times l} + \frac{F_{\perp} \times \cos 45^\circ \times e}{2 \times W_{we}} =$$

$$\frac{26,96 \cdot 10^3 \times \cos 45^\circ}{2 \times 0,004 \times 0,195} + \frac{26,96 \cdot 10^3 \times \cos 45^\circ \times 0,040}{2 \times \frac{1}{6} \times 0,004 \times 0,195^2} = 11,083 + 12,372 = 23,455 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} = \sqrt{23,455^2 + 3 \cdot 23,455^2 + 3 \cdot 15,14^2} = 53,74 \text{ Mpa}$$

$$53,74 \text{ Mpa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = \frac{360}{1,25 \cdot 0,8} = 360 \text{ Mpa} \rightarrow \text{vyhoví}$$

Vytržení skupiny šroubů z plechu

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{f_u \times A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \times A_{nv}}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}}$$

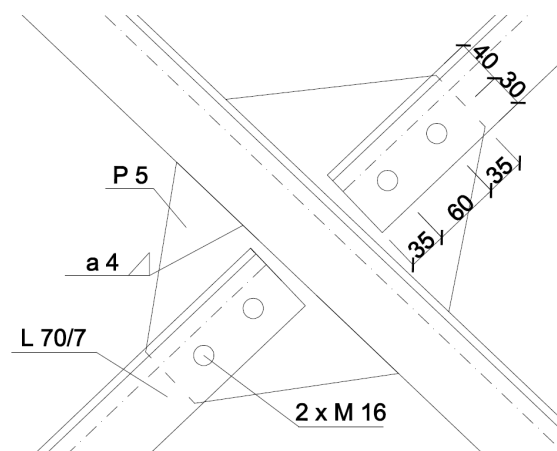
$$A_{nt} = 5 \times 21 = 105 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 5 \times 104 = 520 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{360 \times 105}{1,25} + \frac{235 \times 520}{\sqrt{3} \times 1,0} = 100,792 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 37,48 \text{ kN}$$

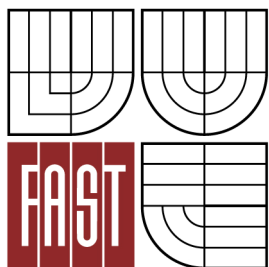
10.9 Křížení diagonály vodorovného ztužidla

Šroubový přípoj je navržen na stejné zatížení jako přípoj diagonály k průvlaku z odstavce 10.8. Proto jsou navrženy stejné šrouby a stejné rozteče jako v předchozím případě. Svar diagonály styčnickového plechu je konstrukční.





VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VÍCEPODLAŽNÍ BUDOVA

VÝKAZ MATERIÁLU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN HRYCÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL SÝKORA

BRNO 2014

Výkaz materiálu

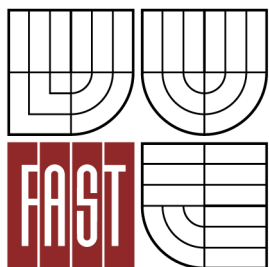
Typ	Průřez	Materiál	Plocha	Délka	Počet	Jednotková hmotnost	Hmotnost
			[m ²]	[m]	[ks]	[kg/m]	[kg]
Střešní vaznice	IPE 120	S 235	0,001321	6	81	10,370	5039,747
Střešní průvlak - 6m	IPE 200	S 235	0,00285	6	18	22,373	2416,230
Střešní průvlak - 3m	IPE 200	S 235	0,00285	3	63	22,373	4228,403
Stropnice - okrajová	IPE 120	S 235	0,001321	6	126	10,370	7839,607
Stropnice	IPE 160	S 235	0,00201	6	441	15,779	41749,911
Stropní průvlak - 6m	IPE 270	S 235	0,00459	6	126	36,032	27239,814
Stropní průvlak - 3m	IPE 270	S 235	0,00459	3	63	36,032	6809,954
Sloup horní	HEB 160	S 235	0,005425	10,1	36	42,586	15484,361
Sloup horní rohový	HEB 160, 1/2 IPE 140	S 235	0,008138	10,1	4	63,879	2580,727
Sloup střední 1	HEB 180	S 235	0,006525	10,8	12	51,221	6638,274
Sloup střední 2	HEB 220	S 235	0,009104	10,8	12	71,466	9262,045
Sloup střední 3	HEB 240	S 235	0,0106	10,8	12	83,210	10784,016
Sloup střední rohový	HEB 180, 1/2 IPE 160	S 235	0,009788	10,8	4	76,832	3319,137
Sloup dolní 1	HEB 220	S 235	0,009104	8	14	71,466	8004,237
Sloup dolní 2	HEB 240	S 235	0,0106	8	8	83,210	5325,440
Sloup dolní 3	HEB 260	S 235	0,01184	8	6	92,944	4461,312
Sloup dolní 4	HEB 300	S 235	0,0149	8	8	116,965	7485,760
Sloup dolní rohový	HEB 220, 1/2 IPE 200	S 235	0,013656	8	4	107,200	3430,387
Vodorovné ztužidlo 1	L 70/7	S 235	0,00094	8,5	160	7,379	10035,440
Vodorovné ztužidlo 2	L 70/7	S 235	0,00094	6,7	16	7,379	791,029
Svislé ztužidlo	2 x L 80/65/8	S 235	0,00221	6,9	128	17,349	15322,195
						Celkem:	198248,024

Celková hmotnost konstrukce:

Název	Hmotnost [t]
Nosné profily	198,248
3% prořez	5,947
2% výztuhy, příruby	3,965
1% svary	1,982
2% spojovací prostředky	3,965
Celková hmotnost	214,108



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VÍCEPODLAŽNÍ BUDOVA

SPECIALIZACE Z POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN HRYCÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL SÝKORA

BRNO 2014

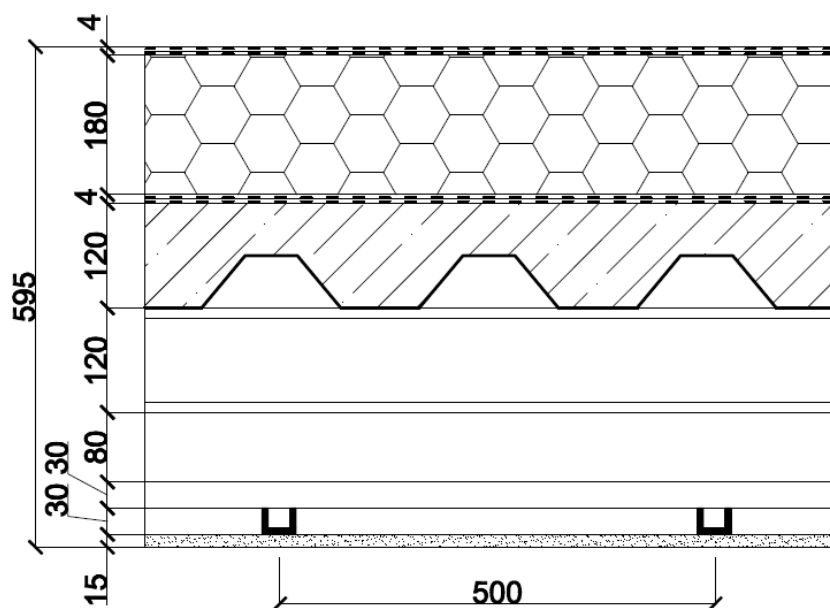
Obsah

1	Specializace z pozemního stavitelství.....	2
2	Skladba střešní konstrukce.....	2
2.1	Posouzení součinitele prostupu tepla střešní konstrukce.....	3
3	Skladba stropní konstrukce	4
3.1	Posouzení součinitele prostupu tepla stropní konstrukce	4
4	Návrh obvodového pláště.....	5
4.1	Součinitel prostupu tepla obvodového pláště	6

1 Specializace z pozemního stavitelství

Tato část práce je zaměřena na podrobnější rozbor vybraných částí konstrukce. Je zde řešena skladba střešní konstrukce, skladba stropní konstrukce, návrh obvodového pláště. Tyto konstrukce jsou dále posouzeny z hlediska tepelně-izolačních vlastností na doporučený součinitel prostupu tepla dle ČSN 70540-2.

2 Skladba střešní konstrukce



HYDROIZOLACE DEKPLAN 76
SEPARAČNÍ FÓLIE

TEPELNÁ IZOLACE EPS 100S

PÁS Z SBS ASFALTU

PENETRAČNÍ EMULZE

ŽELEZOBETON C25/30

TRAPÉZOVÝ PLECH TR 60/250/0,75

IPE 120

PROFIL R-CD

SDK DESKA RIGIPS RF 15

2.1 Posouzení součinitele prostupu tepla střešní konstrukce

Tepelný odpor:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

vrstva	tloušťka vrstvy	tepelná vodivost	tepelný odpor
	d	λ	R
	[m]	[W/(K*m)]	[m ² *K/W]
hydroizolační fólie	0,002	0,25	0,008
extrudovaný polystyren	0,16	0,037	4,324324
parotěsná vrstva	0,004	0,21	0,019048
železobeton	0,06	1,58	0,037975

Tepelný odpor na vnější straně:

$$R_{se} = 0,04 \frac{m^2 K}{W}$$

Tepelný odpor na vnitřní straně:

$$R_{si} = 0,1 \frac{m^2 K}{W}$$

Součinitel prostupu tepla:

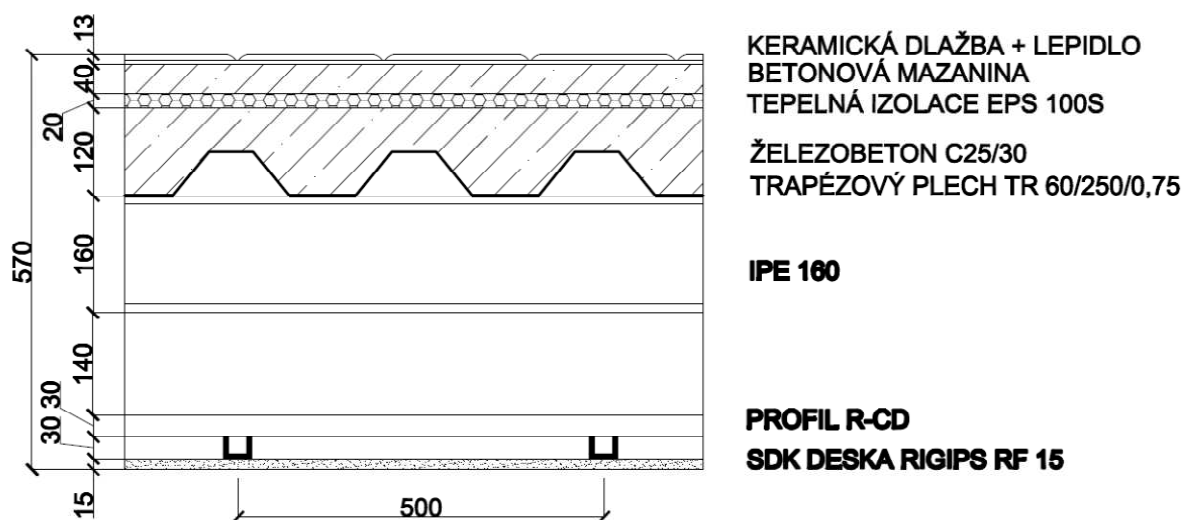
$$U = \frac{1}{\Sigma R} = \frac{1}{0,04 + 0,008 + 4,324 + 0,019 + 0,038 + 0,1} = 0,221 \frac{W}{m^2 K}$$

Požadovaný součinitel prostupu tepla:

$$U_n = 0,24 \frac{W}{m^2 K}$$

$$\geq U = 0,221 \frac{W}{m^2 K} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

3 Skladba stropní konstrukce



3.1 Posouzení součinitele prostupu tepla stropní konstrukce

Tepelný odpor:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

vrstva	tloušťka vrstvy	tepelná vodivost	tepelný odpor
	d	λ	R
	[m]	[W/(K*m)]	[m ² *K/W]
keramická dlažba	0,008	1,01	0,007921
betonová mazanina	0,04	1,3	0,030769
tepelná izolace	0,02	0,037	0,540541
železobetonová deska	0,05	1,58	0,031646

Tepelný odpor na vnitřní straně:

$$R_{si} = 0,17 \frac{m^2 K}{W}$$

Součinitel prostupu tepla:

$$U = \frac{1}{\Sigma R} = \frac{1}{0,17 + 0,008 + 0,031 + 0,541 + 0,032 + 0,17} = 1,05 \frac{W}{m^2 K}$$

Požadovaný součinitel prostupu tepla:

$$U_n = 2,2 \frac{W}{m^2 K}$$
$$\geq U = 1,05 \frac{W}{m^2 K} \Rightarrow \text{vyhoví}$$

4 Návrh obvodového pláště

Obvodový plášť je navržen ze stěnového fasádního systému Kingspan Optimo. Jedná se sendvičový panel se skrytým kotvením a jádrem z polyuretanu. Krycí vrstva panelu je z ocelového plechu tloušťky 0,7 a 0,4 mm.

Tloušťka panelu je 100 mm.

Váha panelu je 13 kg/m²

Součinitel prostupu tepla panelu je $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$

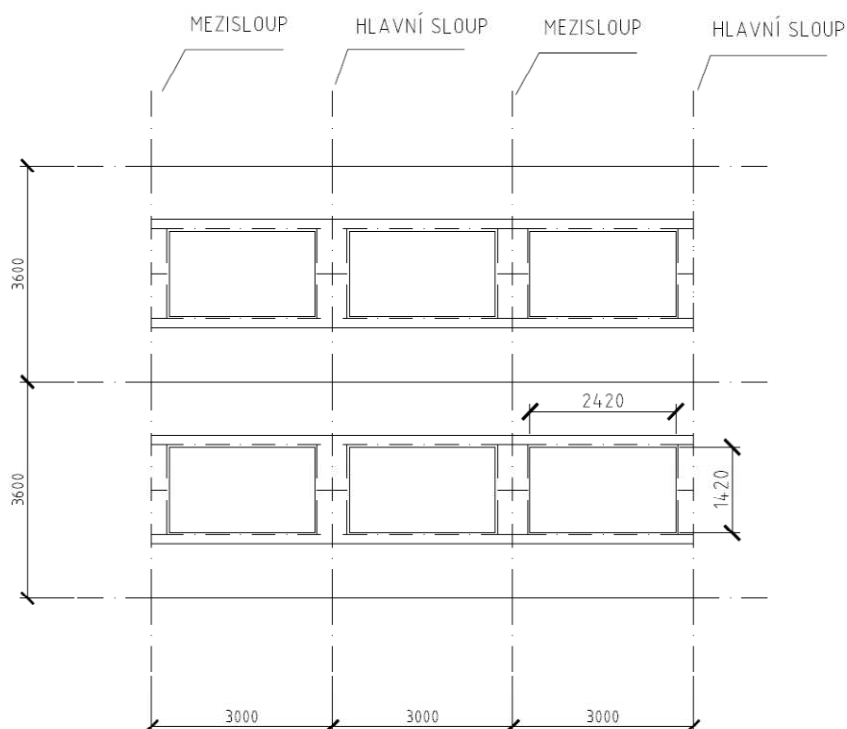
Nosnou konstrukci pláště tvoří tenkostěnné ocelové profily tl. 0,6 mm.

CW profil 120/50/0,6 mm - váha 1,13 kg/m

SDK deska Rigips RF - váha 13,5 kg/m²

Prosklení obvodového pláště bude zajištěno plastovými okny s izolačním dvojsklem.

Součinitel prostupu tepla okna je $U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$



4.1 Součinitel prostupu tepla obvodového pláště

Požadovaná hodnota U_n pro lehké obvodové pláště:

$$f_w = A_w / A,$$

kde A je celková plocha LOP v m^2 a A_w je plocha průsvitné výplně otvoru

$$f_w = (1,42 \times 2,42) / (3 \times 2,7) = 3,36 / 10,8 = 0,311$$

Pro $f_w < 0,5$ platí:

$$U_n = 0,3 + 1,4 f_w$$

$$U_n = 0,3 + 1,4 * 0,311 = 0,736 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Součinitel prostupu tepla lehkého obvodového pláště metodou celkového hodnocení:

$$U = (A_1 * U_1 + A_2 * U_2) / (A_1 + A_2)$$

$$U = (3,36 * 1,4 + 7,44 * 0,23) / (3,36 + 7,44) = 0,594 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U < U_n \quad \dots \quad 0,594 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,736 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{Vyhoví}$$

Seznam použitých zdrojů:

- [1] ČSN EN 1990 *Zásady navrhování konstrukcí*
- [2] ČSN EN 1991 *Zatížení konstrukcí*
- [3] ČSN EN 1993 *Navrhování ocelových konstrukcí*
- [4] ČSN EN 1994 *Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí*
- [5] ČSN 01 3483 *Výkresy kovových konstrukcí*
- [6] KARMAZÍNOVÁ M, PILGR M., *Ocelové konstrukce vícepodlažních budov - pomůcka pro cvičení*, skripta, Cerm, Brno, 135 str.
- [7] WALD F., *Ocelové konstrukce 10 - tabulky*, skripta, ČVUT, Praha, 128 str.
- [8] www.kingspan.cz - stěnové panely

Seznam příloh:

Výkresová dokumentace:

Výkres č. 1 - Půdorys stropní konstrukce M 1:100

Výkres č. 2 - Půdorys střešní konstrukce M 1:100

Výkres č. 3 - Podélný řez A-A M 1:100

Výkres č. 4 - Podélný řez B-B M 1:100

Výkres č. 5 - Příčný řez C-C M 1:100

Výkres č. 6 - Výrobní výkres vaznic M 1:5

Výkres č. 7 - Výrobní výkres stropnic M 1:5

Výkres č. 8 - Výrobní výkres průvlaků střešní konstrukce M 1:5

Výkres č. 9 - Výrobní výkres průvlaků stropní konstrukce M 1:5

Výkres č. 10 - Výrobní výkres diagonál svislých a vodorovných ztužidel M 1:5

Výkres č. 11 - Výrobní výkres vnitřního sloupu bez ztužidla M 1:5

Výkres č. 12 - Výrobní výkres vnitřního sloupu se ztužidlem M 1:5

Výkres č. 13 - Výkres detailů M 1:10