



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ADMINISTRATIVNÍ CENTRUM

ADMINISTRATIVE CENTRE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Markéta Rádlová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2018



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

Student	Bc. Markéta Rádlová
Název	Administrativní centrum
Vedoucí práce	prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Ferjenčík, P., Schun, J., Melcher, J., Voříšek, V., Chladný, E.,: Navrhovanie ocelových konštrukcií 1. časť + 2. časť, SNTL Alfa, Praha, 1986

Marek, P. a kol.: Kovové konstrukce pozemních staveb, SNTL Alfa, Bratistava, 1985

Skripta zabývající se danou problematikou

Normativní dokumenty z dané problematiky

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné ocelové konstrukce administrativního centra podle předané dispozice. Objekt se nachází v lokalitě Svitavy.

Technická zpráva se zhodnocením variant řešení.

Statický výpočet hlavních nosných částí, návrh a výpočet směrných detailů.

Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím diplomové práce.

Výkaz materiálu.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením ocelové konstrukce administrativní budovy. Budova se nachází ve městě Svitavy. Konstrukce je řešena jako několikapatrový objekt s půdorysem tvaru písmene L. Ve vyšších patrech má budova pouze tvar obdélníkový. Vnější půdorysné rozměry objektu jsou 55,2 m × 72 m. Objekt je terasovitý, členěný do tří výškových úrovní. V první výškové úrovni dosahuje budova 5 pater, ve druhé 7 pater a v nejvyšší 9 pater. Jako hlavní materiál bude na konstrukci použita ocel S235.

PREFACE

This diploma thesis deals with the design and assessment of the steel structure of the administrative building. The building is situated in Svitavy. The construction has several floors, the ground plan is L-shaped. Other floors have a rectangular ground plan. The external ground plan dimensions of the building are 55.2 m × 72 m. The building has terraces and three height levels occupied. At the first height level the building reaches 5 floors, the other 7 floors and the top 9 floors. the main material will be S235 steel on the construction.

KLÍČOVÁ SLOVA

Administrativní budova, ocelová konstrukce, spřažená deska, sloup, průvlak, stropnice, šrouby

KEY WORDS

administrative building, steel structure, composite slab, column, primary beam, secondary beam, bolt

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Markéta Rádlová *Administrativní centrum*. Brno, 2018. 140 s., 328 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 11. 1. 2018

Bc. Markéta Rádlová
autor práce

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Miroslavu Bajerovi, CSc. za pomoc při vypracování diplomové práce, za odborné rady, ochotu a vstřícný přístup. Dále bych ráda poděkovala své rodině a příteli za podporu v celém mém studiu



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ADMINISTRATIVNÍ CENTRUM

ADMINISTRATIVE CENTRE

POROVNÁNÍ VARIANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Markéta Rádlová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2018

OBSAH

1	OBECNÉ ÚDAJE	10
2	VARIANTA A	10
3	VARIANTA B	10
4	ZHODNOCENÍ VARIANT	11
4.1	HMOTNOST KONSTRUKCE	11
4.2	PRACNOST VÝROBY A MONTÁŽE	11
4.3	CENA KONSTRUKCE	11
4.4	NÁTĚROVÁ PLOCHA	11
4.5	ESTETICKÉ HLEDISKO	11
5	ZÁVĚR	11

1 OBECNÉ ÚDAJE

Cílem diplomové práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce administrativního centra, které se nachází v lokalitě Svitavy. Konstrukce je řešena jako několikapatrový objekt s půdorysem tvaru písmene L. Ve vyšších patrech už pouze tvar obdélníkový. Vnější půdorysné rozměry objektu jsou 55,2 m × 72 m. Objekt je terasovitý, členěný do tří výškových úrovní. V první výškové úrovni dosahuje budova 5 pater, ve druhé 7 pater a v nejvyšší 9 pater. Jako hlavní materiál bude na konstrukci použita ocel S235.

Pro další zpracování byly navrženy dvě varianty – A, B. Pro obě alternativy byl vytvořen model v programu Scia Engineer 16.1. Zatížení i celková geometrie zůstávají pro obě varianty stejné. Mimo zatížení, které je zadáváno sloupy. To se mění vzhledem k různým dimenzím profilů. V programu byly jednotlivé prvky posouzeny a nakonec obě varianty zhodnoceny. Dimenze profilů jsou voleny tak, aby vyhovovaly na posouzení podle 1. i 2. mezního stavu a splňovaly požadavky na zvolené konstrukční řešení. Pro vítěznou variantu je zpracován podrobnější statický výpočet. Byly ručně ověřeny některé prvky a navrženy spoje.

2 VARIANTA A

Konstrukce této varianty je v příčném směru ve všech patrech navržena jako rámová. Ve směru podélném je navržena jako kyvná soustava. Uložení sloupů je kloubové a stabilita v podélném směru je zajištěna pomocí ztužidel na okrajích objektu. Nezasahují tedy nijak do dispozice objektu. Jsou použita systémová táhla Macalloy. Nosnou kostru budovy tvoří sloupy a k nim připojované průvlaky. Osová vzdálenost sloupů v podélném i příčném směru je 6 m. Část objektu, kde se nachází prostor schodiště a výtahu má rozpětí 7,2 m. Průvlaky se nachází pouze v příčném směru mezi sloupy a budou připojeny pomocí tuhých spojů k pásnicím sloupů. Od 1.NP je část průvlaků navrhována o rozpětí 12 m nebo 13,2 m. Tyto dlouhé prvky byly voleny na základě uvolnění prostoru dispozice. Ve směru podélném jsou k průvlakům kloubově připevněny stropnice s osovou vzdáleností 2 m. Na stropnice je pokládán trapézový plech, ke kterému jsou přivařeny spřahovací trny. Po zalití betonem C25/30 budou vyvářet spřaženou ocelobetonovou desku, která slouží jako stropní deska. Tím bude zajištěna tuhost ve vodorovné rovině.

3 VARIANTA B

Hlavním rozdílem od varianty A je absence ztužidel. Tuhost konstrukce je zajištěna tuhými vazbami, které vytváří prostorový rám. Sloupy jsou opět ukládány kloubově. Průřez sloupu je tvořen ze dvou profilů k sobě kolmo svařených a umožní tak snadnější připojení průvlaků k pásnicím profilů. Průvlaky jsou tentokrát v příčném i podélném směru. Mezi sloupy jsou připojovány pomocí čelní desky. Osová vzdálenost sloupů v podélném i příčném směru zůstává 6 m. Část objektu, kde se nachází prostor schodiště a výtahu má rozpětí 7,2 m. V podélném směru jsou na příčné průvlaky připojeny opět stropnice s osovou vzdáleností 2m. Tyto příčné průvlaky mají rozpětí 6 m. V objektu se opět nachází i dlouhé průvlaky 12 m a 13,2 m, které jsou zvoleny na základě uvolnění dispozice. Na stropnice je pokládán trapézový plech, ke kterému jsou přivařeny spřahovací trny. Po zalití betonem C25/30 budou vyvářet spřaženou ocelobetonovou desku, která slouží jako stropní deska. Tím bude zajištěna tuhost ve vodorovné rovině.

4 ZHODNOCENÍ VARIANT

Úkolem zhodnocení variant je vybrat tu, která je vhodnější. V úvahu může přijít několik kritérií. Hlavním kritériem bude hmotnost celé konstrukce, pracnost výroby a montáže a z nich vycházející následná cena. Dále může rozhodovat nátěrová plocha profilů a estetika.

4.1 Hmotnost konstrukce

K hmotnosti konstrukce, která byla spočítána programem, je připočteno několik procent na prořez a spoje. Hmotnostně vychází lépe varianta A. U varianty B byly z důvodu lepšího připojení průvlaků ke sloupům voleny profily svařované. Tím se hmotnost zvětšila. K navýšení přispěly i průvlaků, které jsou v podélném směru mezi sloupy místo stropnic.

4.2 Pracnost výroby a montáže

Pracnost výroby a montáže je určena na základě různých konstrukčních řešení. Kotvení sloupů je v obou případech stejné a nebude tedy rozhodovat. Varianta A je řešena v příčném směru jako tuhý rám a v podélném jako soustava kyvných stojek. Varianta B je konstruována jako prostorový rám. Zde je tedy více tuhých spojů, které jsou náročnější než spoje kloubové. Naopak u druhé varianty nemusíme zohledňovat při montáži ztužidlové pole. Montáž může postupovat z jednoho konce postupně.

4.3 Cena konstrukce

Liší se dle použitého materiálu a dále se odvíjí od pracnosti výroby a montáže.

4.4 Nátěrová plocha

Vychází z velikosti použitých profilů v konstrukci. U varianty A vychází menší nátěrová plocha než u varianty druhé.

4.5 Estetické hledisko

Estetickému hledisku bych přikládala nejmenší pozornost. Jde o subjektivní pohled na konstrukci. Za neestetické mohou být považována ztužidla ve variantě A, která jsou ve druhé variantě nahrazena prostorovým rámem.

5 ZÁVĚR

Na základě uvedených kritérií byla zvolena varianta A pro podrobnější zpracování statického výpočtu. Hlavním důvodem je menší hmotnost a četnost tuhých spojů v konstrukci.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ADMINISTRATIVNÍ CENTRUM

ADMINISTRATIVE CENTRE

VARIANTA A – TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Markéta Rádlová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2018

OBSAH

1	OBECNÉ ÚDAJE	9
2	NORMATIVNÍ DOKUMENTY	9
3	PŘEDPOKLADY NÁVRHU NOSNÉ KONSTRUKCE.....	10
3.1	MEZNÍ STAVY	10
3.2	ZATÍŽENÍ.....	10
4	POPIS KONSTRUKCE.....	10
4.1	SLOUPY.....	11
4.2	PRŮVLAKY	11
4.3	STROPNICE A SPŘAŽENÁ STROPNÍ DESKA	11
4.4	STĚNOVÁ ZTUŽIDLA	12
4.5	KOTVENÍ A ZÁKLADY.....	12
5	MATERIÁL	12
6	STATICKE ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	12
7	OCHRANA KONSTRUKCE	13
8	DOPRAVA A MONTÁŽ.....	13
9	ZÁVĚR.....	13

1 OBECNÉ ÚDAJE

Obsahem diplomové práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce administrativního centra, které se nachází v lokalitě Svitavy. Návrh a statický výpočet je počítán pro vítěznou variantu A. Konstrukce je řešena jako několikapatrový objekt s půdorysem tvaru písmene L. Ve vyšších patrech má budova pouze tvar obdélníkový. Vnější půdorysné rozměry objektu jsou 55,2 m × 72 m. Objekt je terasovitý, členěný do tří výškových úrovní. V první výškové úrovni dosahuje budova 5 pater, ve druhé 7 pater a v nejvyšší 9 pater. Jako hlavní materiál bude na konstrukci použita ocel S235.

2 NORMATIVNÍ DOKUMENTY

Návrh ocelové konstrukce byl proveden v souladu s těmito platnými dokumenty:

- ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. 2004.
- ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. 2004.
- ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. 2005.
- ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. 2007.
- ČSN EN 1991-1-6. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení - Zatížení během provádění*. 2006.
- ČSN EN 1993-1-1. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. 2007
- ČSN EN 1994-1-1. *Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. 2006.
- ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnic*. 2007.
- ČSN 74 3305. *Ochranná zábradlí*. 2017.
- ČSN 73 6110. *Projektování místních komunikací*. 2006.
- ČSN 73 5305. *Administrativní budovy a prostory*. 2005.
- ČSN 73 6058. *Jednotlivé, řadové a hromadné garáže*. 2011.
- ČSN 73 6056. *Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel*. 2011.
- ČSN 73 4130. *Schodiště a šikmé rampy - Základní požadavky*. 2010.
- ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty*. 2009.
- ČSN 73 0804. *Požární bezpečnost staveb - Výrobní objekty*. 2010.
- ČSN 01 3483. *Výkresy stavebních konstrukcí. Výkresy kovových konstrukcí*. 1987-2010
- WALD, František. *Patky sloupů*. 1.vydání. Praha 6: Ediční středisko VUT, 1995. 138s. ISBN 80-01-01337-5
- *Vyhláška č. 398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb*. In: . 2009.

3 PŘEDPOKLADY NÁVRHU NOSNÉ KONSTRUKCE

3.1 Mezní stavy

Statické posouzení objektu v rámci práce bylo provedeno dle ČSN EN 1993 „Navrhování ocelových konstrukcí“ na:

- Mezní stav únosnosti – objekt byl navržen na nejnepříznivější kombinaci návrhových hodnot zatížení
- Mezní stav použitelnosti – na nejnepříznivější hodnoty deformací z charakteristických hodnot zatížení

3.2 Zatížení

Umístění stavby je navrženo do lokality, která se nachází ve městě Svitavy. Odtud byly také stanoveny charakteristické hodnoty pro stanovení klimatického zatížení. Ocelová konstrukce byla dimenzována na následující zatížení za pomoci programu SCIA Engineer 16.1 (podrobnější popis jednotlivých zatěžovacích stavů je uveden ve statickém výpočtu) :

- vlastní tíha konstrukce – vygenerována programem
- vlastní tíha střešního pláště – hodnoty se liší podle navrženého zatížení,
- vlastní tíha atiky, zábradlí na střeších, vzduchotechniky
- vlastní tíha stěnového pláště
- vlastní tíha podlah a uvažovaných příček
- zatížení sněhem – sněhová oblast III.
- zatížení větrem – větrná oblast III.
- zatížení užitná – podlahy a střechy

Zatížení na konstrukční prvky bylo počítáno i na základě části požárního posouzení (viz příloha).

4 POPIS KONSTRUKCE

Navrhovaný objekt pro administrativní centrum je uvažován jako terasovitá budova. Ve spodních třech patrech má konstrukce půdorys tvaru písmene L. V podzemním podlaží -2.S a -1.S se nachází garáže s několika parkovacími stáními. Je navrženo několik stání pro osoby se sníženou pohyblivostí a pro osoby doprovázející dítě v kočárku. Do obou dvou pater je uvažován samostatný vjezd z venku budovy, kde se nachází příjezdová rampa. Uvnitř garáží se tedy nenachází žádná rampa, která by umožnila jízdu mezi patry. V prvním nadzemním podlaží je umístěno několik obchodních ploch a jedna část je vyhrazena pro restaurační zařízení. Tyto plochy se nachází pouze v tomto jediném podlaží. Další podlaží jsou navržena pro administrativní a kancelářské účely. Od druhého nadzemního podlaží má budova pouze obdélníkový půdorys, který se s každým druhým patrem zmenší o 18 m. V těchto místech je na střeše vytvořen prostor pro terasy, které mohou být využívány. Jsou z části navrženy jako pochůzné. Ve zbytku budou uvažovány jako nepochůzné vegetační střechy. Na objektu se nachází tedy pouze ploché střechy. Opláštění

objektu z větší části tvoří sloupko-paždíková prosklená fasáda. V garážích je místo zasklení připevněn tahokov tak, aby bylo umožněno dostatečné odvětrání obou pater garáží.

V příčném směru je objekt ve všech patrech navržen jako rámová konstrukce. Ve směru podélném je konstrukce navržená jako kyvná soustava. Prvky jsou tedy ukládány kloubově a stabilita konstrukce je zajištěna pomocí ztužidel. Nosná kostra budovy je tvořena sloupy, ty jsou ve všech případech kloubově uloženy. K jednotlivým sloupům jsou v příčném směru připojovány průvlaky pomocí tuhých spojů a ve směru podélném stropnice, jejich připevnění je kloubové. Stropnice jsou dále individuálně připojovány k průvlakům, následně spřaženy s betonovou deskou a tvoří tak tuhou stropní desku v jednotlivých patrech objektu. Veškeré prvky v konstrukci jsou z běžně dostupných profilů.

4.1 Sloupy

V objektu se vyskytuje několik druhů sloupů. Všechny jsou kloubově uloženy. Kotveny jsou do základových patek přes přivařené čelní desky. Na sloupy jsou použité běžně dostupné válcované profily HEB 300, HEB 400, HEB 500 a HEB 600. Na sloupy je použita ocel S235. Na nejvíce namáhané sloupy, které se nachází uvnitř objektu pod 12m a 13m průvlaky, jsou použité profily svařované. Vzhledem k výšce budovy se zde nachází i několik montážních spojů po výšce konstrukce a dělí tak sloupy na několik montážních celků. Většina je průběžná přes tři podlaží. Spojení sloupů je provedeno přes čelní desky, které jsou přivařeny ke sloupu a na stavbě budou přišroubovány navrženými šrouby s jakostí 8.8 a 10.9. Rozpětí sloupů je přibližně 12 m, nejdelší prvek dosahuje délky 15,23 m. Délky montážních celků jsou uzpůsobeny dopravě i jednodušší manipulaci při montáži. V případě prvních tří pater -2.S, -1.S a 1.NP jsou sloupy obetonovány. Beton okolo sloupů má pouze funkci ochrannou. V dalších patrech je jako požární i estetická ochrana použit obklad z SDK desek.

4.2 Průvlaky

Průvlaky tvoří v příčném směru část nosné stropní konstrukce. Žádný z průvlaků není spřažen s betonovou deskou. Tyto prvky jsou řešeny jako vetknuté plnostěnné nosníky, které jsou připojovány k jednotlivým sloupům. Spojení je provedeno přes přivařenou čelní desku tupým svarem k průvlaků. Deska je připojena navrženými šrouby k pásnici sloupu. Jakost použitých šroubů je 8.8 a 10.9. Veškeré průvlaky jsou z válcovaných profilů HEB či IPE. Profily byly voleny na základě zatížení a délky jednotlivých prvků. V celém objektu se nachází několik druhů průvlaků s různým rozpětím. V garážích jsou umístěny průvlaky o rozpětí 6 m a 7,2 m. Ve vyšších patrech se tyto průvlaky nachází taktéž a jsou doplněny prvky o rozpětí 12 m a 13,2 m. Ty byly zvoleny na základě uvolnění dispozice uvnitř objektu. K průvlakům jsou kloubově připojovány stropnice. Na všechny průvlaky byla použita ocel S235.

4.3 Stropnice a spřažená stropní deska

Zbytek stropní konstrukce tvoří stropnice a s nimi spřažená stropní deska. Stropnice jsou kloubově uloženy na průvlaky. Délka všech prvků je 6 m. Osová vzdálenost je ve většině případů 2 m, pouze v místě 7,2m a 13,2m průvlaků je ve zbytku části osová vzdálenost 1,6 m. Na stropnice byly opět použity válcované profily IPE 220 a IPE 240. Spojení stropnic a průvlaků je pomocí přivařené čelní desky k čelu stropnice a následně je deska připojena dvojicí šroubů k průvlakům.

Účinná výška koutových svarů je 3 mm. Jakost použitých šroubů je 5.8 a velikost spojovacích prostředků je M16 nebo M20. Materiál stropnic je ocel S235.

Ke spřažení je použit trapézový plech, který zároveň slouží i jako ztracené bednění pro betonáž. K trapézovému plechu a stropnici jsou přivařeny spráhovací trny. Trny mají $\varnothing 16$ mm a délku 75 mm. Trapézový plech je tl. 1 mm a je kladen v šířce 1 m. Na stropní desku je použitý beton C25/30. Tloušťka spřažené desky je 100 mm. Stropnice nejsou při montáži podepřeny.

4.4 Stěnová ztužidla

Ztužidla jsou konstruována pouze na přenos tahové síly. Jsou navržena z tyčových táhel MACALLOY z pevnostní oceli S460. Umístění ztužidel je pouze v podélném směru objektu v krajních částech. Byly použity dva průměry. V patrech -2.S až 3.NP je průměr ztužidla $\varnothing 34$ mm, v ostatních patrech je $\varnothing 22$ mm. Ztužidla jsou připojována přes systémové koncovky a čepy, které jsou navrženy pro připojení k plechu jakosti S355.

4.5 Kotvení a základy

V konstrukci je navrženo 5 druhů kotvení. Všechny sloupy se uvažují jako kloubově uložené. Patky jsou z betonu C20/25 mimo kotvení K1, kde je navržen beton třídy C25/30. Vždy je navrženo podlití cementovou maltou o třídu vyšší pevnosti než je beton patky v tloušťce 20mm.

Kotvení budou realizována pomocí přivařené patní desky o tl. 30 mm, kromě kotvení K1, kde je navržena patní deska tl. 35 mm. Patní desky jsou navrženy z materiálu S355. Spojení bude realizováno pomocí tupého svaru okolo celého profilu. Kotvení K1 až K4 mají stejné kotevní šrouby, byly navrženy pouze konstrukčně, a to šrouby HILTI HAS-E-R M20×300 5.8 do chemické kotvy. Kotvení K5 je navrženo na tahovou sílu, která vzniká ve sloupu. Zde jsou z důvodu tahových sil navrženy předem zabetonované kotevní šrouby s kotevní hlavou. Šrouby 2×M20 5.8 s hloubkou zabetonování 335 mm. U všech typů kotvení je také konstrukčně navržena smyková zarážka z profilu IPE 120. Zarážka je přivařena ke spodní části patní desky pomocí koutového svaru o velikosti 4 mm. Bude z oceli S235.

5 MATERIÁL

Hlavní materiálem pro většinu nosných částí konstrukce je navržena ocel S235. Výjimku tvoří ztužidla, patní desky, trapézový plech a plech pro přípoj ztužidla. Na ztužidla MACALLOY je použita ocel s pevností S460. Patní desky a plech pro připojení ztužidla jsou z oceli S355. Trapézový plech pro spřažení stropní desky je z oceli S320.

Dále jsou v konstrukci použity šrouby různých jakostí. Nejčastěji se vyskytuje jakost 5.8, 8.8 a 10.9. Jakost použitých šroubů je vždy uvedena u výpočtu a následně u detailu prvku. Dále jsou používány spoje svařované – koutové i tupé.

6 STATICKÉ ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Statické řešení bylo provedeno za pomoci studentské verze programu SCIA Engineer 2016. Výpočtem byl analyzován prostorový model konstrukce se zatížením působícím na konstrukci. Posouzení konstrukce na mezní stav únosnosti a použitelnosti byl proveden v souladu s ČSN EN

7 OCHRANA KONSTRUKCE

Provedením povrchové úpravy chceme konstrukci zvýšit odolnost proti korozi a požáru. Ochrana proti korozi bude provedena na celé konstrukci antikorozním nátěrem dle platných norem a požadavků investora. Protipožární ochrana bude řešena dle požadavků investora a požadavků požární zprávy. Část protipožárních úprav bude vyřešena uvnitř objektu pomocí příslušných SDK obkladů. Obklady budou použity na sloupy a na podhledy v části administrativy, od 2.NP do 7.NP. Ve spodních patrech budou sloupy obetonovány navrženou minimální tloušťkou betonu. Beton bude mít pouze ochrannou funkci před požárem, nikoliv nosnou. Ve vyšších patrech jsou sloupy chráněny sádkartonovými deskami. Zároveň mají i estetickou funkci.

8 DOPRAVA A MONTÁŽ

Montáž ocelové konstrukce začne nejdříve po vytvrdnutí betonových patek. Na ně mohou být následně osazeny patřičné sloupy. Celá montáž prvků začne od ztužidlového pole. Po osazení sloupů budou připojeny průvlaky, které jsou v příčném směru a jsou připojeny tuhými spoji. V podélném směru budou kloubově připevněny stropnice. Abychom zajistili tuhost v podélném směru, musíme připojit ztužidla. Ta se budou připojovat k horní nebo spodní pásnici stropnice. Jakmile budou sestavena ztužidlová pole, montáž bude pokračovat v mezilehlých polích. Na uložené stropnice bude pomocí spřahovacích trnů připevněn trapézový plech, trny musí být použity v každé vlně plechu. Ten zároveň slouží i jako ztracené bednění a ve chvíli montáže zajistí i tuhost ve vodorovném směru. V této fázi je konstrukce připravena k betonáži stropní desky. Je použit beton C25/30. Tento postup připevnění prvků a následná betonáž se bude opakovat až do posledního patra konstrukce. Dále budou na stavbě provedeny montážní spoje sloupů. Ve výrobě bude ke sloupu přivařena čelní deska tl. 20 mm. Spojení čelní desky a sloupu bude realizováno pomocí tupého svaru. Tyto čelní desky budou následně na stavbě spojeny k sobě prostřednictvím navržených šroubových spojů s patřičnou jakostí šroubů. Dílenské svařované spoje budou provedeny ve výrobě. Vše proběhne v souladu s ČSN EN 1090-2 +A1 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce. Celá montáž bude probíhat podle předepsané montážní dokumentace a v souladu s bezpečností práce.

Maximální délka použitého prvku je 15,23 m. Jedná se o profily sloupů HEB 500. Hmotnost takového sloupu je 2,9 t. Nejtěžším prvkem konstrukce je svařovaný sloup. Je svařen ze dvou pásnic šířky 320 mm a tloušťky 35 mm. Stojina průřezu je dlouhá 580 mm a tloušťku má 20 mm. Hmotnost prvku je 3,1 t a jeho délka je 11,78 m.

9 ZÁVĚR

Byla navržena nosná ocelová konstrukce administrativního centra s půdorysnými rozměry 55,2 m × 72 m. Výpočet byl proveden za pomoci programu SCIA Engineer. Následně byly vybrány prvky pro ruční ověření výpočtů. Dále byly navrženy vybrané spoje a zpracována výkresová dokumentace pro zvolenou variantu, která je vybrána jako vyhovující.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ADMINISTRATIVNÍ CENTRUM

ADMINISTRATIVE CENTRE

VARIANTA A – STATICKÝ VÝPOČET

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Markéta Rádlová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2018

OBSAH

1 POPIS KONSTRUKCE.....	12
2 GEOMETRIE KONSTRUKCE.....	12
2.1 PŮDORYSNÉ ROZMĚRY.....	12
2.2 PODÉLNÝ ŘEZ.....	14
2.3 3D MODEL.....	15
3 ZATÍŽENÍ.....	16
3.1 ZATÍŽENÍ STÁLÉ.....	16
3.1.1 VLASTNÍ TÍHA.....	16
3.2 OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	16
3.2.1 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ.....	16
3.2.1.1 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ 7.NP.....	16
3.2.1.2 VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA.....	17
3.2.1.3 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ 5.NP, 3.NP - VEGETAČNÍ STŘECHA.....	17
3.2.1.4 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ 1.NP - VEGETAČNÍ STŘECHA.....	18
3.2.1.5 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ 5.NP, 3.NP - POCHOZÍ ČÁST - TERASA.....	19
3.2.1.6 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ 1.NP - POCHOZÍ ČÁST - TERASA.....	19
3.2.2 ZATÍŽENÍ OD ZÁBRADLÍ.....	20
3.2.3 ZATÍŽENÍ OD ATIKY.....	20
3.2.4 ZATÍŽENÍ OD PŘÍČEK.....	20
3.2.5 ZATÍŽENÍ OD STROPNÍ KONSTRUKCE - PRO STROPY OD 1.NP DO 6.NP, -1.S.....	20
3.2.6 ZATÍŽENÍ OD STROPNÍ KONSTRUKCE - PRO STROP NAD -2.S.....	22
3.2.7 ZATÍŽENÍ OD BETONU NA SLOUPY V -2.S, -1.S A 1.NP.....	22
3.2.8 ZATÍŽENÍ OD SDK OBKLADU NA SLOUPY OD 2.NP DO 7.NP.....	23
3.2.9 ZATÍŽENÍ OD OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ.....	23
3.3 ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ.....	23
3.3.1 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – STŘECHA 7.NP.....	23
3.3.2 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – STŘECHA 5.NP, 3.NP, 1.NP.....	24
3.3.3 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – PODLAHY.....	24
3.3.4 ZATÍŽENÍ SNĚHEM.....	25
3.3.4.1 ZATÍŽENÍ PLOCHÉ STŘECHY (PRO 1.NP; 3.NP; 5.NP; 7.NP).....	25
3.3.4.2 ZATÍŽENÍ OD NÁVĚJÍ ZA ATIKOU.....	25
3.3.4.3 NÁVĚJE NA PŘILÉHAJÍCÍCH TERASÁCH (TERASA NAD 5.NP).....	26
3.3.4.4 NÁVĚJE NA PŘILÉHAJÍCÍCH TERASÁCH (TERASA NAD 3.NP).....	26
3.3.4.5 NÁVĚJE NA PŘILÉHAJÍCÍCH TERASÁCH (TERASA NAD 1.NP).....	27
3.3.5 ZATÍŽENÍ VĚTREM.....	27
3.3.5.1 VÍTR ČELNÍ (SVISLÉ STĚNY).....	29
3.3.5.2 VÍTR BOČNÍ (SVISLÉ STĚNY).....	31
3.3.5.3 VÍTR ČELNÍ, BOČNÍ STĚNY.....	32
3.3.5.4 VÍTR NA PLOCHÉ STŘECHY.....	33
3.3.5.5 ZATÍŽENÍ VĚTREM NA ATIKY.....	37
4 ZATĚŽOVACÍ STAVY.....	39
5 KOMBINACE.....	39

6	EKVIVALENTNÍ ZTUŽENÍ.....	40
7	POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ - MSÚ.....	42
7.1	TRAPÉZOVÝ PLECH	42
7.2	STROPNICE A SPŘAŽENÁ BETONOVÁ DESKA.....	44
7.2.1	STROPNICE BĚŽNÁ.....	45
7.2.1.1	CHARAKTERISTIKY POUŽITÝCH MATERIÁLŮ	45
7.2.1.2	ZATÍŽENÍ	46
7.2.1.3	POSOUZENÍ MONTÁŽNÍ FÁZE STROPNICE.....	46
7.2.1.4	POSOUZENÍ PROVOZNÍ FÁZE STROPNICE - OHYB V MSÚ.....	46
7.2.1.5	POSOUZENÍ PROVOZNÍ FÁZE STROPNICE - SMYK V MSÚ.....	47
7.2.1.6	NÁVRH SPŘAŽENÍ POMOCÍ SPŘAHOVACÍCH TRNŮ.....	48
7.2.1.7	POSOUZENÍ MSP – MONTÁŽNÍ FÁZE	50
7.2.2	STROPNICE – STŘEŠNÍ NAD 7.NP.....	51
7.2.2.1	CHARAKTERISTIKY POUŽITÝCH MATERIÁLŮ	51
7.2.2.2	ZATÍŽENÍ	52
7.2.2.3	POSOUZENÍ MONTÁŽNÍ FÁZE STROPNICE.....	52
7.2.2.4	POSOUZENÍ PROVOZNÍ FÁZE STROPNICE - OHYB V MSÚ.....	53
7.2.2.5	POSOUZENÍ PROVOZNÍ FÁZE STROPNICE - SMYK V MSÚ.....	53
7.2.2.6	NÁVRH SPŘAŽENÍ POMOCÍ SPŘAHOVACÍCH TRNŮ.....	54
7.2.2.7	POSOUZENÍ MSP – MONTÁŽNÍ FÁZE	56
7.2.3	STROPNICE – STŘEŠNÍ NAD 5.NP.....	57
7.2.3.1	CHARAKTERISTIKY POUŽITÝCH MATERIÁLŮ	57
7.2.3.2	ZATÍŽENÍ	57
7.2.3.3	POSOUZENÍ MONTÁŽNÍ FÁZE STROPNICE.....	58
7.2.3.4	POSOUZENÍ PROVOZNÍ FÁZE STROPNICE – OHYB V MSÚ.....	58
7.2.3.5	POSOUZENÍ PROVOZNÍ FÁZE STROPNICE - SMYK V MSÚ.....	59
7.2.3.6	NÁVRH SPŘAŽENÍ POMOCÍ SPŘAHOVACÍCH TRNŮ.....	60
7.2.3.7	POSOUZENÍ MSP – MONTÁŽNÍ FÁZE	63
7.2.4	STROPNICE – STŘEŠNÍ NAD 1.NP.....	64
7.2.4.1	CHARAKTERISTIKY POUŽITÝCH MATERIÁLŮ	64
7.2.4.2	ZATÍŽENÍ	64
7.2.4.3	POSOUZENÍ MONTÁŽNÍ FÁZE STROPNICE.....	65
7.2.4.4	POSOUZENÍ PROVOZNÍ FÁZE STROPNICE – OHYB V MSÚ.....	65
7.2.4.5	POSOUZENÍ PROVOZNÍ FÁZE STROPNICE – SMYK V MSÚ.....	66
7.2.4.6	NÁVRH SPŘAŽENÍ POMOCÍ SPŘAHOVACÍCH TRNŮ.....	67
7.2.4.7	POSOUZENÍ MSP – MONTÁŽNÍ FÁZE	69
7.3	PRŮVLAK.....	70
7.3.1	ZATÍŽENÍ	70
7.3.2	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY	72
7.3.3	KLASIFIKACE PRŮŘEZU	72
7.3.4	POSOUZENÍ NA OHYB.....	72
7.3.5	POSOUZENÍ NA SMYK.....	73
7.3.6	POSOUZENÍ ROVINNÉHO VZPĚRU	73
7.3.7	POSOUZENÍ OHYBU A OSOVÉ SÍLY	74
7.3.8	POSOUZENÍ KLOPENÍ.....	75
7.3.9	POSOUZENÍ OHYBU A OSOVÉHO TLAKU	76
7.4	SLOUP	78
7.4.1	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY	78

7.4.2	KLASIFIKACE PRŮŘEZU	78
7.4.3	POSOUZENÍ TLAKU.....	79
7.4.4	POSOUZENÍ ROVINNÉHO VZPĚRU	79
7.5	ZTUŽIDLA	80
7.5.1	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY	81
8	POSOUZENÍ PRVKŮ- MSP	81
8.1	STROPNICE.....	81
8.2	PRŮVLAKY.....	82
8.3	SLOUPY.....	82
9	NÁVRH A POSOUZENÍ SPOJŮ.....	83
9.1	PŘIPOJENÍ BĚŽNÉ STROPNICE K PRŮVLAKU	83
9.2	PŘIPOJENÍ STŘEŠNÍ STROPNICE K PRŮVLAKU NAD 7.NP	85
9.3	PŘIPOJENÍ STŘEŠNÍ STROPNICE K PRŮVLAKU NAD 5.NP	87
9.4	PŘIPOJENÍ STŘEŠNÍ STROPNICE K PRŮVLAKU NAD 1.NP	91
9.5	PŘIPOJENÍ STŘEŠNÍ STROPNICE K PRŮVLAKU NAD -1.S.....	93
9.6	PŘIPOJENÍ PRŮVLAKU HEB 400 KE SLOUPU HEB 300	95
9.7	PŘIPOJENÍ PRŮVLAKU HEB 550 KE SLOUPU HEB 500	97
9.8	PŘIPOJENÍ ZTUŽIDLA KE STROPNICI.....	100
9.9	PŘIPOJENÍ ZTUŽIDLA K PATNÍ DESCE	101
9.10	MONTÁŽNÍ SPOJ SLOUPU HEB 300 NA HEB 400.....	103
9.11	MONTÁŽNÍ SPOJ SLOUPU HEB 300 NA HEB 400.....	105
9.12	MONTÁŽNÍ SPOJ SLOUPU HEB 300 NA HEB 500.....	107
9.13	MONTÁŽNÍ SPOJ SLOUPU HEB 500 NA HEB 600.....	110
9.14	MONTÁŽNÍ SPOJ SLOUPU HEB 500 NA SVAŘOVANÝ PROFIL.....	112
10	KOTVENÍ	114
10.1	KOTVENÍ K1	114
10.2	KOTVENÍ K2	116
10.3	KOTVENÍ K3	117
10.4	KOTVENÍ K4	119
10.5	KOTVENÍ K5	120
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	124

1 POPIS KONSTRUKCE

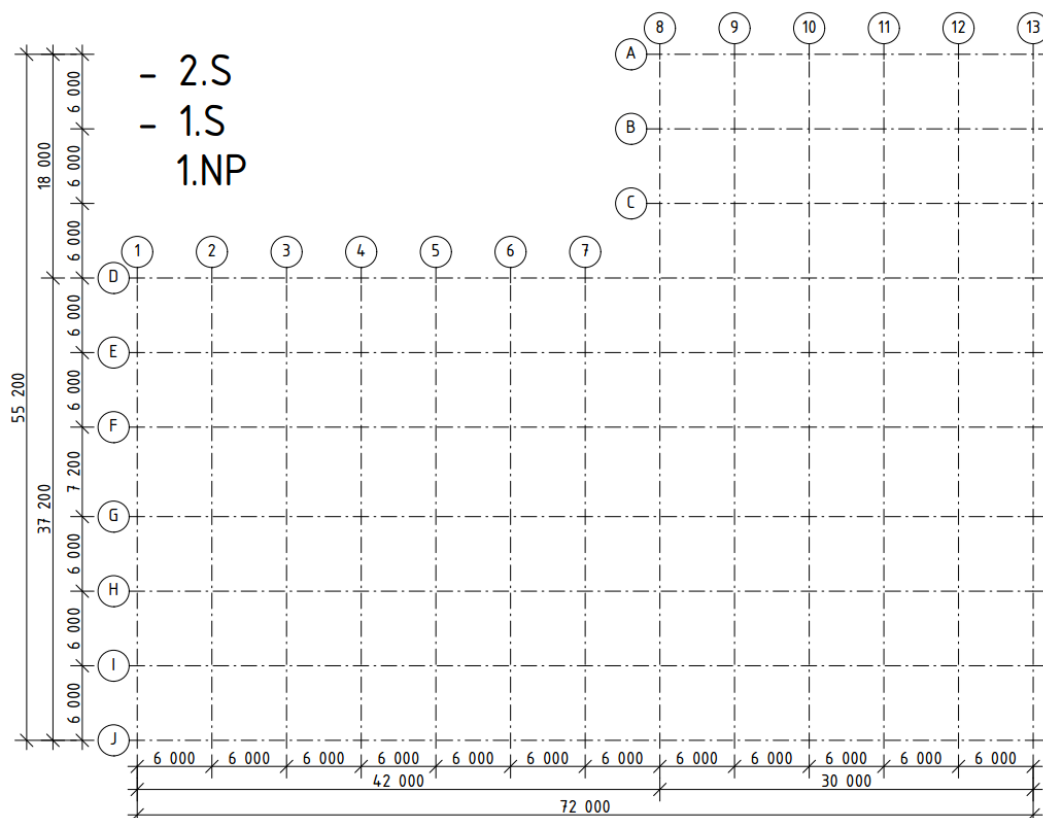
Navrhovaný objekt pro administrativní centrum je uvažován jako několikapatrový s půdorysem tvaru písmene L. Ve vyšších patrech už pouze tvar obdélníkový. Objekt je terasovitý, členěný do tří výškových úrovní. Vnější půdorysné rozměry objektu jsou $55,2 \text{ m} \times 72 \text{ m}$. K části jižního úseku administrativního centra náleží ještě tři podlaží. Na objektu se nachází pouze ploché střechy. Opláštění objektu je pomocí lehkého proskleného pláště. Ten je tvořen z jednotlivých hliníkových profilů - sloupků a pažďíků a je kotven v úrovni stropní desky.

V příčném směru je objekt ve všech patrech tvořen jako rámová konstrukce. Ve směru podélném je konstrukce tvořena jako kyvná vazba. Prvky jsou tedy ukládány kloubově a stabilita konstrukce je zjištěna pomocí ztužidel. Nosná kostra budovy je tvořena sloupy, ty jsou ve všech případech kloubově uloženy. K jednotlivým sloupům jsou v příčném směru připojovány průvlaky pomocí tuhých spojů a ve směru podélném stropnice, ty jsou připojovány jako kloubové. Stropnice jsou dále individuálně připojovány k průvlakům, následně sprážen s betonovou deskou a tvoří tak tuhou stropní desku v jednotlivých patrech objektu. Veškeré prvky v konstrukci jsou z běžně dostupných profilů.

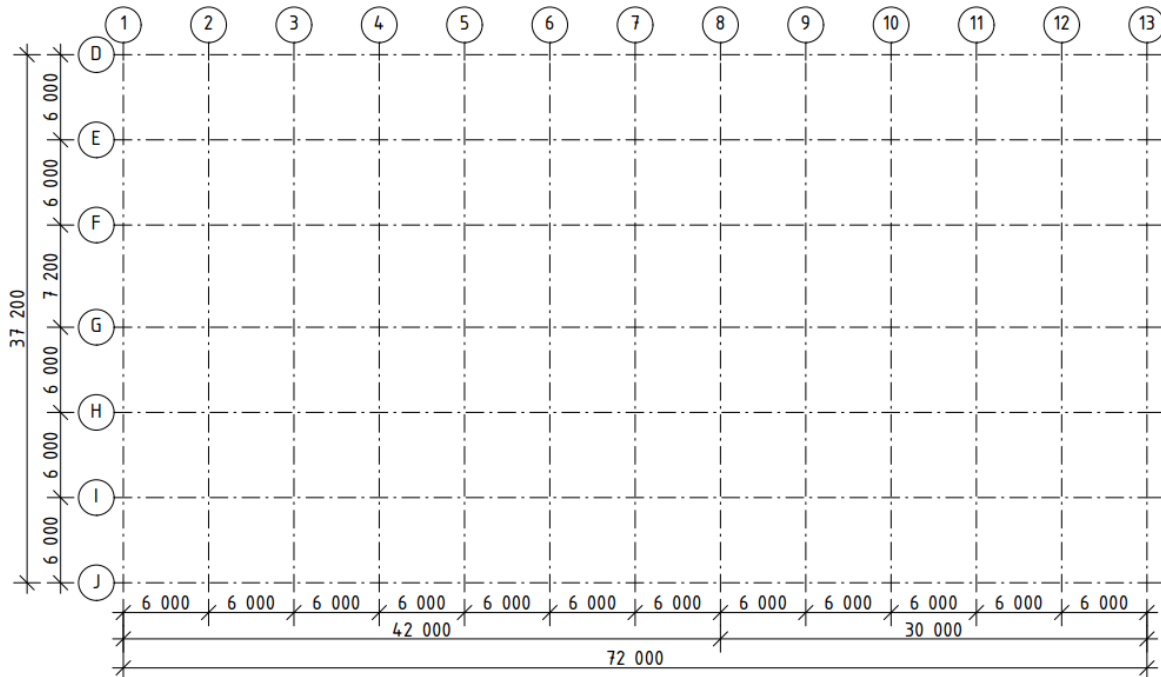
2 GEOMETRIE KONSTRUKCE

2.1 Půdorysné rozměry

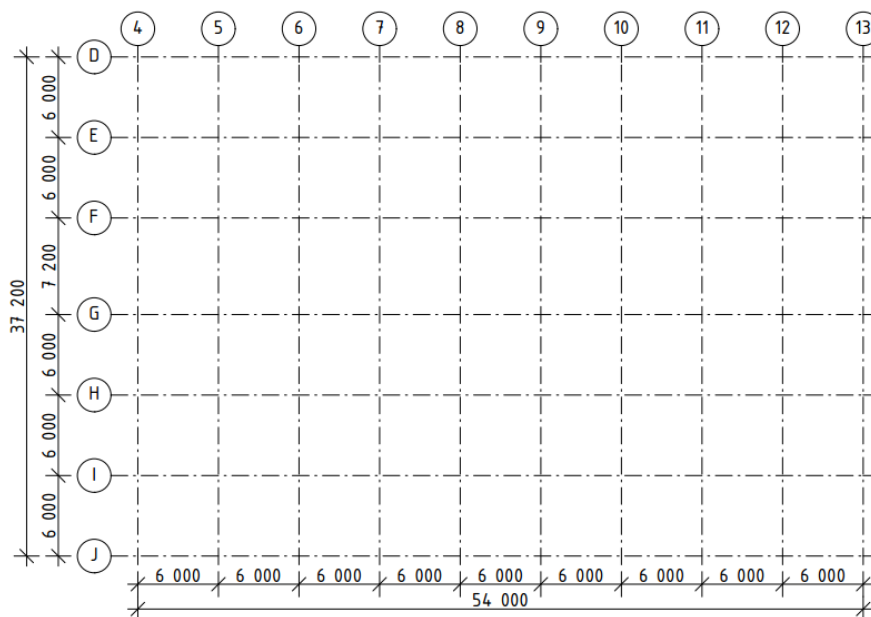
Tím, že je objekt terasovitý, je členěn na čtyři různé velikosti půdorysů. Dvě patra garáží a 1.NP, kde se nachází obchodní část má tvar písmene L. Další patra jsou pouze obdélníkového půdorysu, které se s výškou objektu zmenšují.



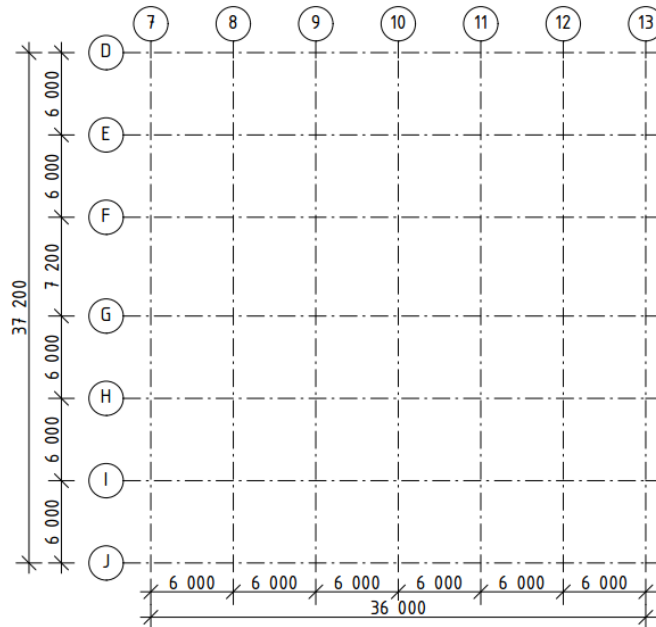
2.NP
3.NP



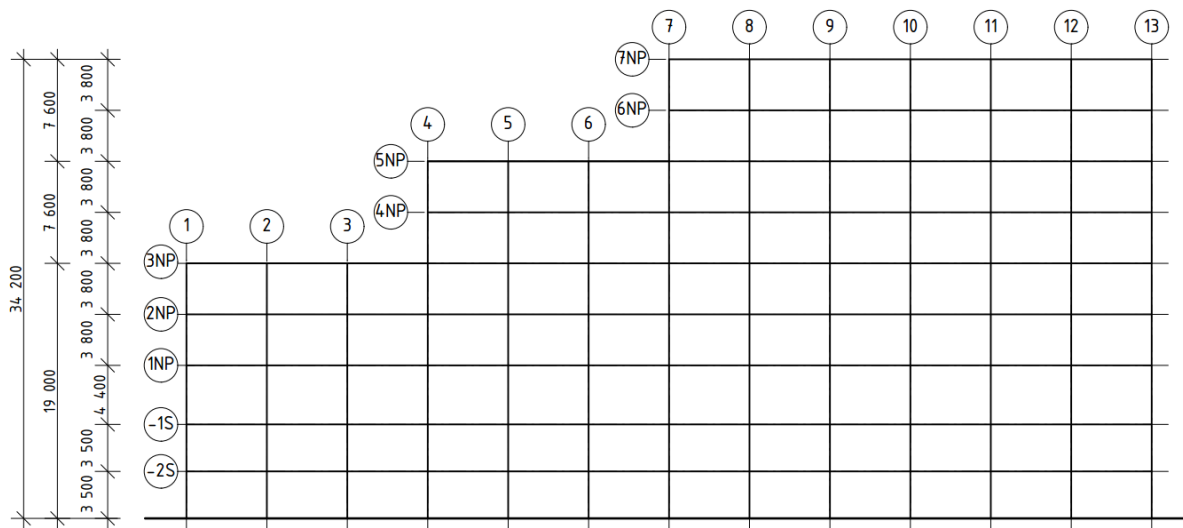
4.NP
5.NP



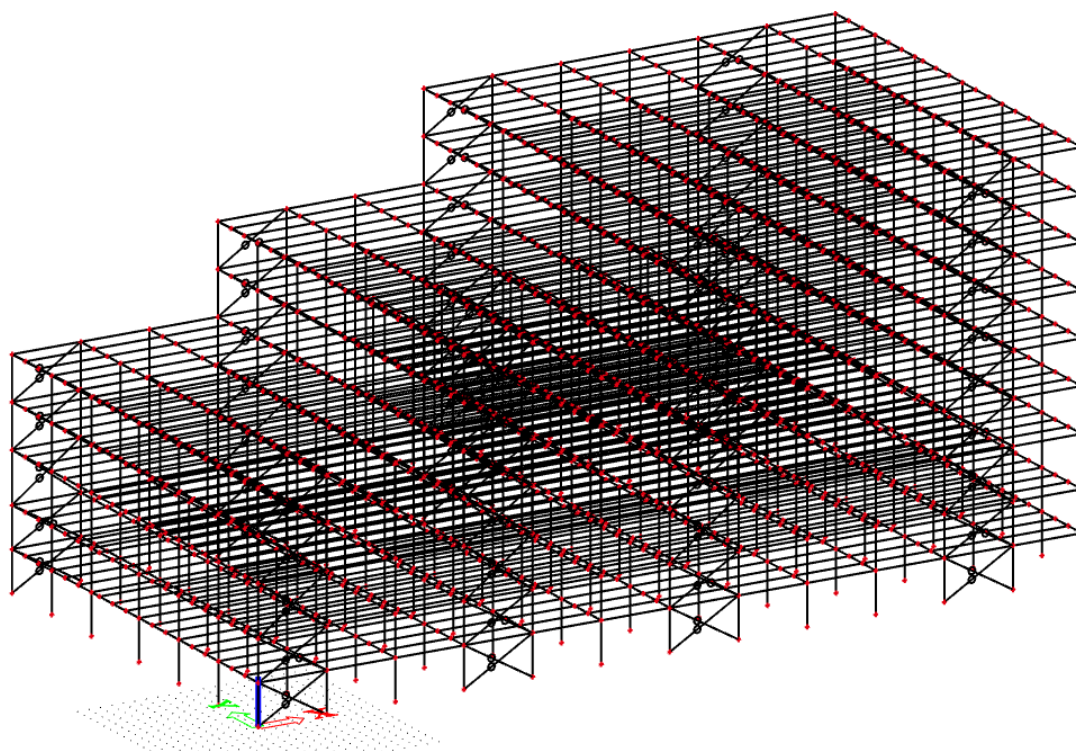
6.NP
7.NP



2.2 Podélný řez



2.3 3D model



3 ZATÍŽENÍ

3.1 Zatížení stálé

3.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha konstrukce je generována za pomoci programu studentské verze Scia Engineer 16.1

3.2 Ostatní stálé zatížení

3.2.1 Střešní plášť

Konstrukce objektu má 4 různé úrovně střešních pláštů. Jedná se o střešní pláště nad 1.NP, 3.NP, 5.NP a 7.NP. Na uvedených střešních pláštích bude vždy v jedné části přístupná pochozí terasa, v další části bude pokračovat pouze vegetační plášť střechy, mimo 7.NP. V tomto posledním podlaží bude použita skladba nepochozí, pouze s hydroizolační vrstvou asfaltového pásu.

Do skladby střešního pláště je započítána i tíha podhledu.

3.2.1.1 Střešní plášť 7.NP

	navrhovaný materiál	tl. [m]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	kN/m	REI 120 kN/m ²
exteriér	ELASTEK 40 GRAPHITE	0,0045			0,028		0,028
	GLASTEK 30 STICKER ULTRA G.B	0,003			0,037		0,037
	spádové klíny EPS 100	0,35	20	0,2	0,070		0,070
	INSTA-STIK STD (PUK 3D)	-	-	-	-		-
	GLASTEK AL 40 MINERAL	0,004			0,045		0,045
	DEKPRIMER - přípravný nátěr podkladu	-	-	-	-		-
<<<	masivní silikátová vrstva = nosná spřažená ocelobetová konstrukce (beton; trapezový plech; ocelový profil)						
interiér	betonová vrstva **	0,080	2500	25	1,989		1,989
	trapezový plech tl. 1,0 mm	0,001			0,098		0,098
	ocelový nosník - profil (vl. tíha viz SCIA)						
	SDK rošt - (REI 60 >>>2×15 mm; REI 120>>>2×25mm)	0,03			0,330		0,420
	celkem:				2,60		2,69

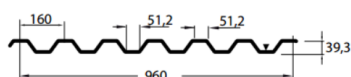
Zatěžovací šířky:

w _e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w _{e1} [kN/m]	w _{e2} [kN/m]	w _{e3} [kN/m]	poznámky
2,60	1	1,6	2	2,60	4,15	5,19	REI 60
2,69	1	1,6	2	2,69	4,30	5,37	REI 120
0,7	-	1,6	2	-	1,12	1,40	VZT

Poznámky:

- výška tepelné izolace je přibližně odhadnuta
- ** výpočet průměrné výšky betonu ve vlnách trapezového plechu [m]

$$h_{\emptyset} = \frac{\left(b_d + \frac{b_h - b_d}{2}\right) \cdot h_p \cdot n}{1000} = \frac{\left(51,2 + \frac{108,8 - 51,2}{2}\right) \cdot 39,3 \cdot 6}{1000}$$

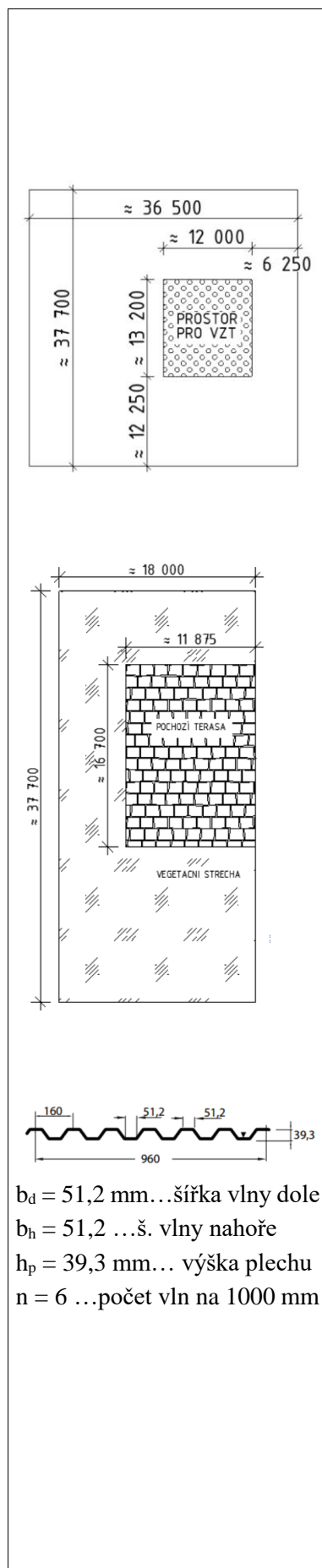


b_d = 51,2 mm...šířka vlny dole

b_h = 51,2 mm...š. vlny nahoře

h_p = 39,3 mm... výška plechu

n = 6 ...počet vln na 1000 mm



$h_\emptyset = 0,019$ m
 tloušťka desky $H = 100$ mm
 výška betonu nad žebry $h_b = H - h_p = 100 - 39,3 = 60,7$ mm
 celková výška betonu pro výpočet zatížení $h_z = 0,080$ m

3.2.1.2 Vzduchotechnická jednotka

Na střešním pláští v posledním nadzemním podlaží je uvažováno s umístěním vzduchotechnické jednotky.

$g_{k,VZT} = 0,7$ kN/m²

3.2.1.3 Střešní plášť 5.NP, 3.NP - vegetační střecha

	navrhovaný materiál	tl. [m]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	kN/m
exteriér	DEK RNSO 80 substrát pro suchomilné rostliny	0,08	850	8,5	0,68	
	FILTEK 200 - netkaná textilie	-	-	-	-	-
	DEKDREN T20 GARDEN - nopová fólie s perforacemi na horním povrchu	0,02				0,01
	FILTEK 300 - netkaná textilie					
	ELASTEK 50 GARDEN	0,0053				0,0628
	GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	0,004				0,0454
	GLASTEK 30 STICKER PLUS	0,003				0,035
	EPS 150	0,2	25	0,25	0,05	
	INSTA-STIK STD (PUK 3D) - polyuretanové lepidlo	-	-	-	-	-
	GLASTEK AL 40 MINERAL	0,004				0,0427
interiér	DEKPRIMER - přípravný nátěr podkladu	-				
	masivní silikátová vrstva ve spádu = nosná sprážená ocelobetová konstrukce (beton; trapézový plech: ocelový profil)					
	betonová vrstva ve spádu	0,35	1200	12	4,2	
	betonová vrstva **	0,080	2500	25	1,9891	
	trapézový plech tl. 1.0 mm	0,001				0,098
	ocelový nosník - profil (vl. tíha viz SCIA)					
	SDK rošt - (pro REI 60)	0,03				0,33
	celkem					7,54

Zatěžovací šířky:

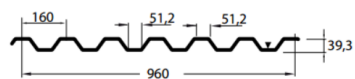
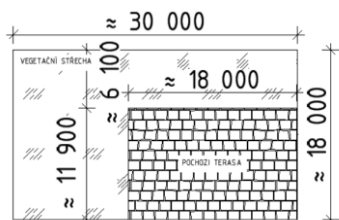
w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	poznámky
7,54	1	1,6	2	7,54	12,07	15,09	

Poznámky:

- výška tepelné izolace je přibližně odhadnuta
- výška spádového betonu taktéž odhadnuta
- ** výpočet průměrné výšky betonu ve vlnách trapézového plechu [m]

$$h_\emptyset = \frac{\left(b_d + \frac{b_h - b_d}{2}\right) \cdot h_p \cdot n}{1000} = \frac{\left(51,2 + \frac{51,2 - 51,2}{2}\right) \cdot 39,3 \cdot 6}{1000}$$

$h_\emptyset = 0,019$ m
 tloušťka desky $H = 100$ mm
 výška betonu nad žebry $h_b = H - h_p = 100 - 39,3 = 60,7$ mm
 celková výška betonu pro výpočet zatížení $h_z = 0,080$ m



$b_d = 51,2$ mm...šířka vlny dole
 $b_h = 51,2$ mm...š. vlny nahoře
 $h_p = 39,3$ mm... výška plechu
 $n = 6$...počet vln na 1000 mm

3.2.1.4 Střešní plášť 1.NP - vegetační střecha

	navrhovaný materiál	tl. [m]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	kN/m
exteriér <<<	DEK RNSO 80 substrát pro suchomilné rostliny	0,08	850	8,5	0,68	
	FILTEK 200 - netkaná textilie	-	-	-	-	-
	DEKDREN T20 GARDEN - nopová fólie s perforacemi na horním povrchu	0,02			0,01	
	FILTEK 300 - netkaná textilie					
	ELASTEK 50 GARDEN	0,0053			0,0628	
	GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	0,004			0,0454	
	GLASTEK 30 STICKER PLUS	0,003			0,035	
	EPS 150	0,2	25	0,25	0,05	
	INSTA-STIK STD (PUK 3D) - polyuretanové lepidlo	-	-	-	-	-
	GLASTEK AL 40 MINERAL	0,004			0,0427	
interiér >>>	DEKPRIMER - přípravný nátěr podkladu	-				
	masivní silikátová vrstva ve spádu = nosná sprážená ocelobetová konstrukce (beton; trapézový plech: ocelový profil)					
	betonová vrstva ve spádu	0,35	1200	12	4,2	
	betonová vrstva **	0,080	2500	25	1,9891	
	trapézový plech tl. 1,0 mm	0,001			0,098	
	ocelový nosník - profil (vl. tíha viz SCIA)					
	SDK rošt - (pro REI 60)	0,03			0,33	
	celkem				7,54	

Zatěžovací šířky:

w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	poznámky
7,54	1		2	7,54		15,09	

Poznámky:

- výška tepelné izolace je přibližně odhadnuta
- výška spádového betonu taktéž odhadnuta
- ** výpočet průměrné výšky betonu ve vlnách trapézového plechu [m]

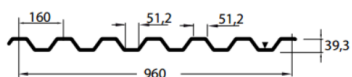
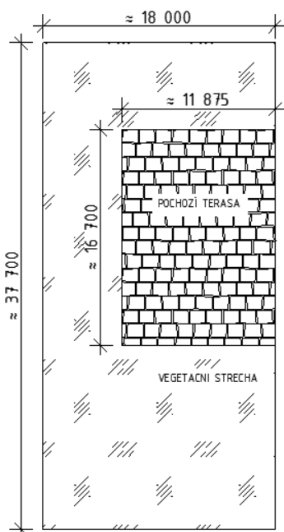
$$h_{\emptyset} = \frac{\left(b_d + \frac{b_h - b_d}{2}\right) \cdot h_p \cdot n}{1000} = \frac{\left(51,2 + \frac{51,2 - 51,2}{2}\right) \cdot 39,3 \cdot 6}{1000}$$

$$h_{\emptyset} = 0,019 \text{ m}$$

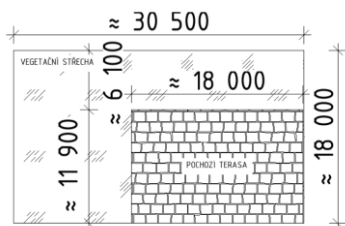
tloušťka desky $H = 100$ mm

výška betonu nad žebry $h_b = H - h_p = 100 - 39,3 = 60,7$ mm

celková výška betonu pro výpočet zatížení $h_z = 0,080$ m



$b_d = 51,2$ mm...šířka vlny dole
 $b_h = 51,2$ mm...š. vlny nahoře
 $h_p = 39,3$ mm... výška plechu
 $n = 6$...počet vln na 1000 mm



3.2.1.5 Střešní plášť 5.NP, 3.NP - pochozí část - terasa

	navrhovaný materiál	tl. [m]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	kN/m
exteriér	betonová terasová dlažba na podložkách				1,1	
	přírez fólie DEKPLAN 77				-	
	DEKPLAN 77	0,0018			0,0215	
	Kingspan Therma TR26 FM	0,1	30	0,3	0,03	
	spádové klíny EPS 150	0,35	25	0,25	0,0875	
	GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL				0,045	
interiér	DEKPRIMER - přípravný nátěr podkladu	-	-	-	-	
	masivní silikátová vrstva = nosná spřažená ocelobetová konstrukce (beton; trapezový plech; ocelový profil)					
	betonová vrstva	0,080	2500	25	1,989	
	trapezový plech tl. 1,0 mm	0,001			0,098	
	ocelový nosník - profil (vl. tíha viz SCIA)					
	SDK rošt - Fireboard (pro REI 60)	0,015				0,18
	celkem:				3,55	

Zatěžovací šířky:

w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	poznámky
3,55	1	1,6	2	3,55	5,68	7,10	

Poznámky:

- výška tepelné izolace je přibližně odhadnuta
- ** výpočet průměrné výšky betonu ve vlnách trapezového plechu [m]

$$h_{\emptyset} = \frac{\left(b_d + \frac{b_h - b_d}{2}\right) \cdot h_p \cdot n}{1000} = \frac{\left(51,2 + \frac{51,2 - 51,2}{2}\right) \cdot 39,3 \cdot 6}{1000}$$

$h_{\emptyset} = 0,019$ m

tloušťka desky $H = 100$ mm

výška betonu nad žebry $h_b = H - h_p = 100 - 39,3 = 60,7$ mm

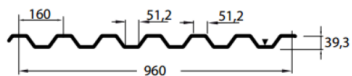
celková výška betonu pro výpočet zatížení $h_z = 0,080$ m

3.2.1.6 Střešní plášť 1.NP - pochozí část - terasa

	navrhovaný materiál	tl. [m]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	kN/m
exteriér	betonová terasová dlažba na podložkách				1,1	
	přírez fólie DEKPLAN 77				-	
	DEKPLAN 77	0,0018			0,0215	
	Kingspan Therma TR26 FM	0,1	30	0,3	0,03	
	spádové klíny EPS 150	0,35	25	0,25	0,0875	
	GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL				0,045	
interiér	DEKPRIMER - přípravný nátěr podkladu	-	-	-	-	
	masivní silikátová vrstva = nosná spřažená ocelobetová konstrukce (beton; trapezový plech; ocelový profil)					
	betonová vrstva	0,080	2500	25	1,989	
	trapezový plech tl. 1,0 mm	0,001			0,098	
	ocelový nosník - profil (vl. tíha viz SCIA)					
	SDK rošt - Fireboard (pro REI 90)	0,015				0,18
	celkem:				3,55	

Zatěžovací šířky:

w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	poznámky
3,55	1	1,6	2	3,55	5,68	7,10	



$b_d = 51,2$ mm...šířka vlny dole
 $b_h = 51,2$ mm...š. vlny nahoře
 $h_p = 39,3$ mm... výška plechu
 $n = 6$...počet vln na 1000 mm



Poznámky:

- výška tepelné izolace je přibližně odhadnuta
- ** výpočet průměrné výšky betonu ve vlnách trapézového plechu [m]

$$h_{\emptyset} = \frac{\left(b_d + \frac{b_h - b_d}{2}\right) \cdot h_p \cdot n}{1000} = \frac{\left(51,2 + \frac{51,2 - 51,2}{2}\right) \cdot 39,3 \cdot 6}{1000}$$

$h_{\emptyset} = 0,019$ m

tloušťka desky $H = 100$ mm

výška betonu nad žebry $h_b = H - h_p = 100 - 39,3 = 60,7$ mm

celková výška betonu pro výpočet zatížení $h_z = 80$ mm

3.2.2 Zatížení od zábradlí

Zábradlí bude umístěno na střešní části terasy. Výška zábradlí je všude 1 100 mm (určeno dle ČSN 74 3305 Ochranná zábradlí – dle tab. 2) Zábradlí bude sloupkové se skleněnou výplní.

$g_{k,z} = 0,5$ kN/m

3.2.3 Zatížení od atiky

navrhovaný materiál	A [m ²]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	kN/m
železobeton	0,084	2500	25		2,1
výška = 0,70 m					
šířka = 0,12 m					
				celkem:	2,1

3.2.4 Zatížení od příček

navrhovaný materiál	tl. [m]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	
SDK desky, izolace, hliníková konstrukce	0,1	450	4,5	0,45	
				celkem:	0,45

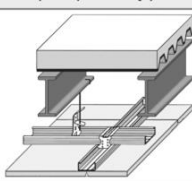
Zatěžovací šířky:

w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	poznámky
0,45	1	1,6	2	0,45	0,72	0,90	

3.2.5 Zatížení od stropní konstrukce

- pro stropy od 1.NP do 6.NP, -1.S

V projektu je počítáno s největším zatížením, které nastane od podlahy s keramickou dlažbou. Do stropní konstrukce je započítán i SDK podhled, který byl zvolen na základě požárního posouzení. Musí být splněna požární odolnost REI 60, REI 90 a REI 120. Zde je požadavek na minimální nadbetonávku 60 mm při použití SDK desek 1×15 mm. Stejná skladba stropní konstrukce je použita i pro strop v garáži nad -1.S.

Schematický náčrt Další údaje viz technické listy	Požární odolnost REI	Souč. průřezu Am/V (1/m)	Tloušťka nabetonávky minimálně (mm)	Konstrukční systém Knauf	
				Opláštění	
				Druh	Tloušťka (mm)
D 112 (K 215) Zavěšený podhled z desek Knauf RED (Fireboard) na konstrukci z CD profilů ve dvou úrovních					
	30	0-700	40	Desky Knauf RED	1 x 12,5
	45	≤50	40	Desky Knauf RED	1 x 12,5
	45	50-700	40	Desky Knauf RED	1 x 15,0
	60	≤50	50	Desky Knauf RED	1 x 15,0
	60	50-700	30	Desky Knauf RED	2 x 15,0
	90	0-300	60	Desky Knauf Fireboard	1 x 15,0

	navrhovaný materiál	tl. [m]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	REI 90 kN/m ²	REI 120 kN/m ²
interiér	keramická dlažba	0,01	2000	20	0,2	0,2	0,2
	lepící tmel	0,006	1500	15	0,09	0,09	0,09
	penetrace	-					
	roznášecí betonová mazanina	0,05	2400	24	1,2	1,2	1,2
	DEKSEPAR - separační polyethylenová fólie	-					
interiér	RIGIFLOOR 4000 TI - desky s kročejovým útlumem	0,05	13	0,13	0,0065	0,0065	0,0065
	masivní silikátová vrstva = nosná spřažená ocelobetová konstrukce (beton; trapezový plech; ocelový profil)						
	betonová vrstva **	0,080	2500	25	1,989	1,989	1,989
	trapezový plech tl. 1,0 mm	0,001			0,098	0,098	0,098
	ocelový nosník - profil (vl. tíha viz SCIA)						
SDK rošt - (pro REI 60, 2×15 mm, ostatní 1×15 mm)	0,03				0,33	0,15	0,42
celkem:					3,91	3,73	4,00

Zatěžovací šířky:

w _e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w _{e1} [kN/m]	w _{e2} [kN/m]	w _{e3} [kN/m]	poznámky
3,91	1	1,6	2	3,91	6,26	7,83	REI 60
3,73	1	1,6	2	3,73	5,97	7,47	REI 90
4,00	1	1,6	2	4,00	6,40	8,01	REI 120

Poznámky:

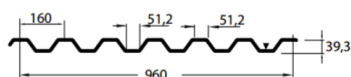
- ** výpočet průměrné výšky betonu ve vlnách trapezového plechu [m]

$$h_{\emptyset} = \frac{\left(b_d + \frac{b_h - b_d}{2}\right) \cdot h_p \cdot n}{1000}$$

$$= \frac{\left(51,2 + \frac{51,2 - 51,2}{2}\right) \cdot 39,3 \cdot 6}{1000}$$

$$h_{\emptyset} = 0,019 \text{ m}$$

tloušťka desky H = 100 mm
 výška betonu nad žebry h_b = H - h_p = 100 - 37,8 = 62,2 mm
 celková výška betonu pro výpočet zatížení h_z = 0,080 m



b_d = 51,2 mm...šířka vlny dole
 b_h = 51,2 mm...š. vlny nahoře
 h_p = 39,3 mm... výška plechu
 n = 6 ...počet vln na 1000 mm

3.2.6 Zatížení od stropní konstrukce - pro strop nad -2.S

	navrhovaný materiál	tl. [m]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	kN/m
interiér	finální nátěr AST 202				0,002	
	nosná vrstva - stěrka AST 302 (+písek zrnitost 0,1-0,4 mm)				0,012	
	penetrace (pro běžné povrchy) AST 105				0,005	
	betonová vrstva	0,05	2400	24	1,2	
<<<	masivní silikátová vrstva = nosná sprážená ocelobetová konstrukce (beton; trapezový plech: ocelový profil)					
interiér	betonová vrstva	0,080	2500	25	1,9891	
	trapezový plech tl. 1.0 mm	0,001			0,098	
	ocelový nosník - profil (vl. tíha viz SCIA)					
	SDK rošt - (pro REI 60)	0,03				0,33
				celkem:	3,64	

Zatěžovací šířky:

w _e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w _{e1} [kN/m]	w _{e2} [kN/m]	w _{e3} [kN/m]	poznámky
3,64	1	1,6	2	3,64	5,82	7,27	

Poznámky:

- ** výpočet průměrné výšky betonu ve vlnách trapezového plechu [m]

$$h_{\emptyset} = \frac{\left(b_d + \frac{b_h - b_d}{2}\right) \cdot h_p \cdot n}{1000}$$

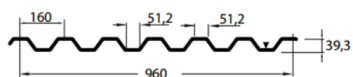
$$= \frac{\left(51,2 + \frac{51,2 - 51,2}{2}\right) \cdot 39,3 \cdot 6}{1000}$$

$$h_{\emptyset} = 0,019 \text{ m}$$

tloušťka desky H = 100 mm

výška betonu nad žebry h_b = H - h_p = 100 - 39,3 = 60,7 mm

celková výška betonu pro výpočet zatížení h_z = 0,080 m



b_d = 51,2 mm...šířka vlny dole

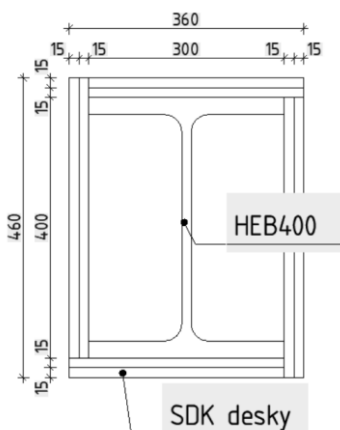
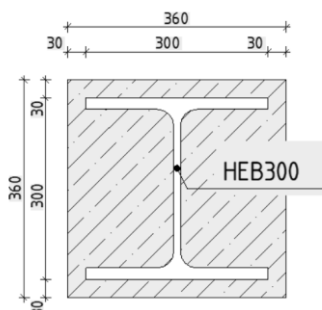
b_h = 51,2 mm...š. vlny nahoře

h_p = 39,3 mm... výška plechu

n = 6 ...počet vln na 1000 mm

3.2.7 Zatížení od betonu na sloupy v -2.S, -1.S a 1.NP

V těchto podlažích budou ocelové sloupy obetonovány. Krycí vrstva betonu je 30 mm a je zvolena na základě požární odolnosti R90 dle publikace Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů. Beton okolo sloupu slouží pouze jako izolace a ochrana proti požáru, nemá nosnou funkci a sloupy nejsou sprážené. Pro příklad uveden výpočet pro sloup HEB300, ostatní byly zavedeny dle ploch sloupů do programu Scia Engineer 16.1.



	Požární odolnost R [min]					
	30	45	60	90	120	180
Minimální krytí betonem c [mm] ¹⁾	0	20	25	30	40	50

materiál	A [m ²]	obj. hmotnost kg/m ³	kN/m ³	h [m]	kN
ocelový sloup	0,0149	vl. tíha - generuje Scia			
beton	0,115	2500	25	3,5	10,04
beton	0,115	2500	25	4,4	12,62

3.2.8 Zatížení od SDK obkladu na sloupy od 2.NP do 7.NP

Sloupy nacházející se v části administrativy, tedy od 2.NP do 7.NP budou chráněny SDK deskami tloušťky 30 mm (2×15 mm) a to podle požadavků požární odolnosti. Pro příklad uveden výpočet pro sloup HEB400, ostatní byly zavedeny dle ploch sloupů do programu Scia Engineer 16.1.

materiál	A [m ²]	obj. hmotnost kg/m ³	kN/m ²	h [m]	kN
ocelový sloup	0,0198	vl. tíha - generuje Scia			
SDK obklad 2.NP pro HEB400	0,046	1350	13,5	3,8	2,34
					0,00

3.2.9 Zatížení od obvodového pláště

Zatížení od LOP (bude použit hliníkový rošt se skleněnou výplní). Rastr fasády je složen ze sloupků a paždíků. Tloušťka skel 6 – 6 mm.

$$g_{\text{sklo}} = 2 \text{ 600 kg/m}^3 = 26 \text{ kN/m}^3 \gg 26 \times 0,012 = 0,312 \text{ kN/m}^2$$

K hmotnosti skla bude připočítána hmotnost na kotvicí rošt. Odhadovaná hmotnost obvodového pláště $g_{\text{LOP}} = 0,50 \text{ kN/m}^2$. Obvodový plášť je kotven v místě stropní konstrukce.

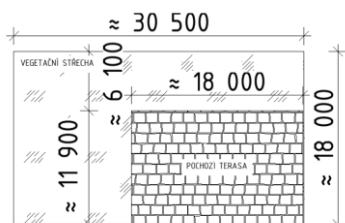
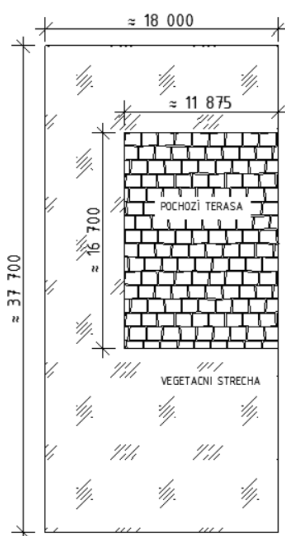
V dolní části objektu, přímo v místě garáží, bude jako obvodový plášť použit tahokov s 60% otvorů kvůli odvětrání garáží.

$$g_{\text{tahokov}} = 3 \text{ kg/m}^2 = 0,03 \text{ kN/m}^2 \gg 0,03 \times Z.Š.$$

3.3 Zatížení proměnné

3.3.1 Užité zatížení – střecha 7.NP

Tato střecha nad posledním podlažím je nepochozí. Je zařazena do kategorie H, tedy střecha nepřístupná s výjimkou běžné údržby a oprav.



Tabulka 6.10(CZ) – Užiténá zatížení střech kategorie H

Střecha	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategorie H	0,75	1,0

$$q_{k,7NP} = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	poznámky
0,75	1	1,6	2	0,75	1,20	1,5	kat. H

3.3.2 Užiténá zatížení – střecha 5.NP, 3.NP, 1.NP

Střecha nad těmito podlažími je rozdělena na dvě části. Na část terasy a zbytek zaujímá pouze vegetační střecha se zelení. Pochozí terasa je zařazena do kategorie střech I, ty jsou přístupné s užíváním dle kat. A-D. Terasa spadá do kategorie C5. Druhá část se zelení je opět zařazena do kategorie H, tedy střecha nepřístupná s výjimkou běžné údržby a oprav.

Tabulka 6.10(CZ) – Užiténá zatížení střech kategorie H

Střecha	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategorie H	0,75	1,0

C5: plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí, např. budovy pro veřejné akce jako koncertní síně, sportovní haly, včetně tribun, terasy a přístupové plochy, železniční nástupiště.

$$q_{k,H} = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k,C5} = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	poznámky
0,75	1	1,6	2	0,75	1,20	1,5	kat. H

w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	poznámky
5,00	1	1,6	2	5	8,00	10	kat. C5

3.3.3 Užiténá zatížení – podlahy

Užiténá zatížení podlah je v objektu rozdělena do několika kategorií. Od podlaží 2.NP – 7.NP, kde se nachází administrativní část objektu je zahrnuto do kategorie B – kancelářské plochy.

V 1.NP se nachází obchodní plochy, ty spadají do kategorie D2 – plochy v obchodních domech.

Poslední užiténá zatížení se nachází na stropní konstrukci nad -2.S. V tomto podlaží se nachází hromadná garáž. Ta spadá do kategorie F – dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla.

$$q_{k,B} = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k,D2} = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

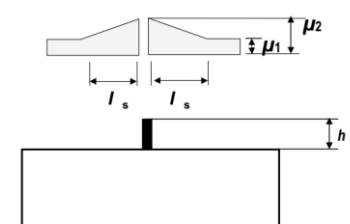
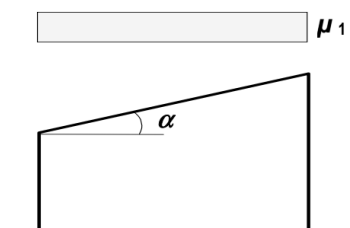
$$q_{k,F} = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací šířky:

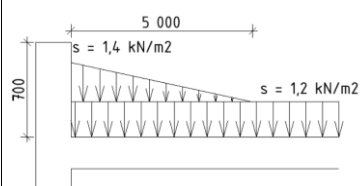
w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	poznámky
2,5	1	1,6	2	2,5	4,00	5,00	kat. B
5	1	1,6	2	5	8,00	10,00	kat. D2
2,5	1	1,6	2	2,5	4,00	5,00	kat. F

3.3.4 Zatížení sněhem

3.3.4.1 Zatížení ploché střechy (pro 1.NP; 3.NP; 5.NP; 7.NP)



$h = 700 \text{ mm}$
 $\mu_1 = 0,8$



Lokalita	Svitavy
Sněhová oblast	III.
Charakteristické hodnoty zatížení sněhem na zemi s_k [kN/m ²]	1,5
Součinitel expozice C_e	1,0
Tepelný součinitel C_t	1,0
Tvarový součinitel $\mu_i = \mu_1$	0,8

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5$$

$$s = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

[kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	poznámky
1,2	1	1,6	2	1,20	1,92	2,40	

3.3.4.2 Zatížení od návějí za atikou

Tvarový součinitel $\mu_i = \mu_1$	0,8
Charakteristické hodnoty zatížení sněhem na zemi s_k [kN/m ²]	1,5
Objemová tíha sněhu γ [kN/m ³]	2,0

$$\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k \quad 0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$$

$$\mu_2 = 2 \cdot 0,7 / 1,5$$

$$\mu_2 = 0,93$$

$$l_s = 2h \quad 5\text{m} \leq l_s \leq 15\text{m}$$

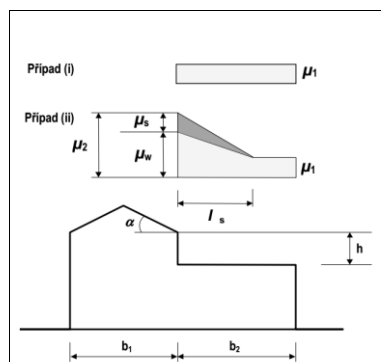
$$l_s = 2 \cdot 0,7$$

$$l_s = 1,4 \text{ m} \quad l_s \rightarrow 5 \text{ m}$$

$$s = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

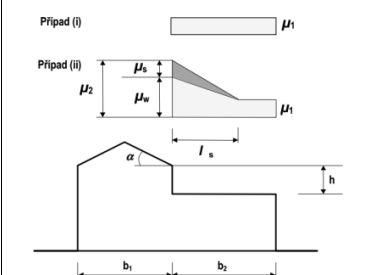
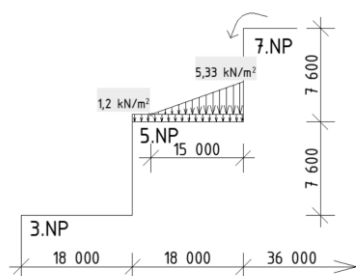
$$s = 0,93 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5$$

$$s = 1,4 \text{ kN/m}^2$$



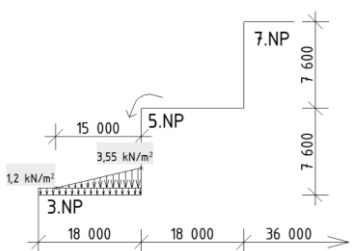
$h = 7,6 \text{ m}$
 $b_1 = 36 \text{ m}; b_2 = 18 \text{ m}$

μ_w ... tvarový součinitel zohledňující směr větru
 μ_2 ... tvarový součinitel zatížení sněhem



$h = 7,6 \text{ m}$
 $b_1 = 36 \text{ m}; b_2 = 18 \text{ m}$

μ_w ... tvarový součinitel zohledňující směr větru
 μ_2 ... tvarový součinitel zatížení sněhem



3.3.4.3 Návěje na přiléhajících terasách (terasa nad 5.NP)

Tvarový součinitel	$\mu_1 = \mu_1$	0,8
Charakteristické hodnoty zatížení sněhem na zemi	$s_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$	1,5
Objemová tíha sněhu	$\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]}$	2,0

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad \mu_s = 0 \text{ pro } \alpha \leq 15^\circ$$

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} \leq \gamma h / s_k$$

$$\mu_w = \frac{36 + 18}{2 \cdot 7,6} \leq 2 \cdot 7,6 / 1,5$$

$$\mu_w = 3,55 \leq 10,13$$

$$0,8 \leq \mu_2 \leq 4,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$l_s = 2h \quad 5\text{m} \leq l_s \leq 15\text{m}$$

$$l_s = 2 \cdot 7,6$$

$$l_s = 15,2 \text{ m} \quad l_s \rightarrow 15 \text{ m}$$

$$s = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s = 3,55 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5$$

$$s = 5,33 \text{ kN/m}^2$$

3.3.4.4 Návěje na přiléhajících terasách (terasa nad 3.NP)

Tvarový součinitel	$\mu_1 = \mu_1$	0,8
Charakteristické hodnoty zatížení sněhem na zemi	$s_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$	1,5
Objemová tíha sněhu	$\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]}$	2,0

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad \mu_s = 0 \text{ pro } \alpha \leq 15^\circ$$

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} \leq \gamma h / s_k$$

$$\mu_w = \frac{18 + 18}{2 \cdot 7,6} \leq 2 \cdot 7,6 / 1,5$$

$$\mu_w = 2,37 \leq 10,13$$

$$0,8 \leq \mu_2 \leq 4,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$l_s = 2h \quad 5\text{m} \leq l_s \leq 15\text{m}$$

$$l_s = 2 \cdot 7,6$$

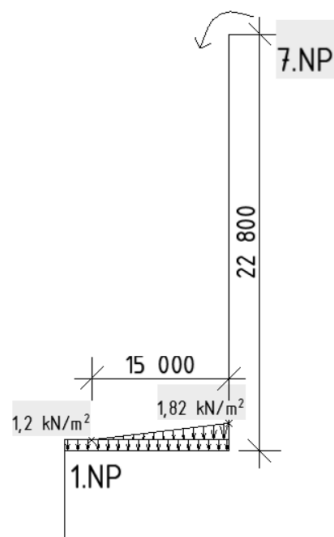
$$l_s = 15,2 \text{ m} \quad l_s \rightarrow 15 \text{ m}$$

$$s = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

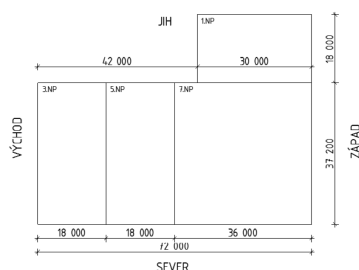
$$s = 2,37 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5$$

$$s = 3,55 \text{ kN/m}^2$$

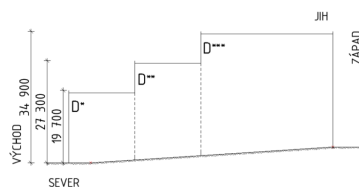
μ_w ... tvarový součinitel zohledňující směr větru
 μ_2 ... tvarový součinitel zatížení sněhem



půdorys objektu:



pohled od severu:



3.3.4.5 Návěje na přiléhajících terasách (terasa nad 1.NP)

Tvarový součinitel	$\mu_t = \mu_1$	0,8
Charakteristické hodnoty zatížení sněhem na zemi	s_k [kN/m ²]	1,5
Objemová tíha sněhu	γ [kN/m ³]	2,0

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad \mu_s = 0 \text{ pro } \alpha \leq 15^\circ$$

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} \leq \gamma h / s_k$$

$$\mu_w = \frac{37,2 + 18}{2 \cdot 22,8} \leq 2 \cdot 22,8 / 1,5$$

$$\mu_w = 1,21 \leq 30,40$$

$$0,8 \leq \mu_2 \leq 4,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$l_s = 2h \quad 5\text{m} \leq l_s \leq 15\text{m}$$

$$l_s = 2 \cdot 22,8$$

$$l_s = 45,6 \text{ m} \quad l_s \rightarrow 15 \text{ m}$$

$$s = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s = 1,21 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5$$

$$s = 1,82 \text{ kN/m}^2$$

3.3.5 Zatížení větrem

Lokalita	Svitavy
Větrná oblast	III.
Základní rychlost větru	$v_{b,0}$ [m/s] 27,5
Kategorie terénu	IV.
Součinitel směru větru	c_{dir} 1,0
Součinitel ročního období	c_{season} 1,0
Součinitel orografie	$c_o(z)$ 1,0
Součinitel turbulence	k_1 1,0
Parametr drsnosti terénu	z_0 1,0
Minimální výška	z_{min} [m] 10,0
Maximální výška	z_{max} [m] 200,0
Součinitel terénu (viz. výpočet)	k_r 0,234

V následujících krocích bude proveden jeden názorný výpočet pro jednu referenční výšku. Ostatní hodnoty budou uvedeny v tabulkách.

Výpočet je proveden pro první tabulku – čelní vítr od severu pro oblast D* (oblast vyznačena ve schématu, $z = b = 18 \text{ m}$).

Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = 27,5 \text{ m/s}$$

Střední rychlost větru

součinitel drsnosti:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,234 \cdot \ln\left(\frac{18}{1,0}\right) = 0,676$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{1,0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,234$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,676 \cdot 1 \cdot 27,5$$

$$v_m(z) = 18,59 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$... měrná hmotnost vzduchu

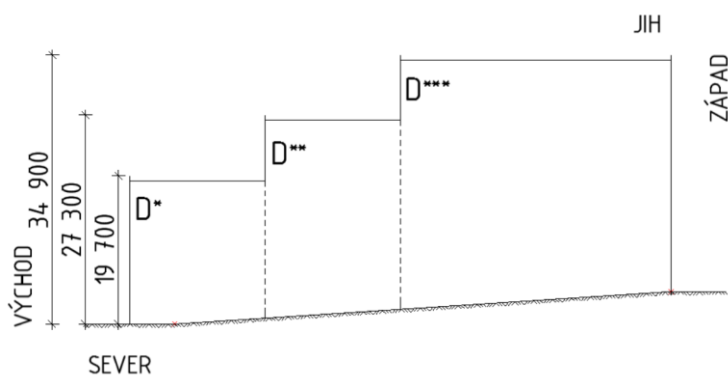
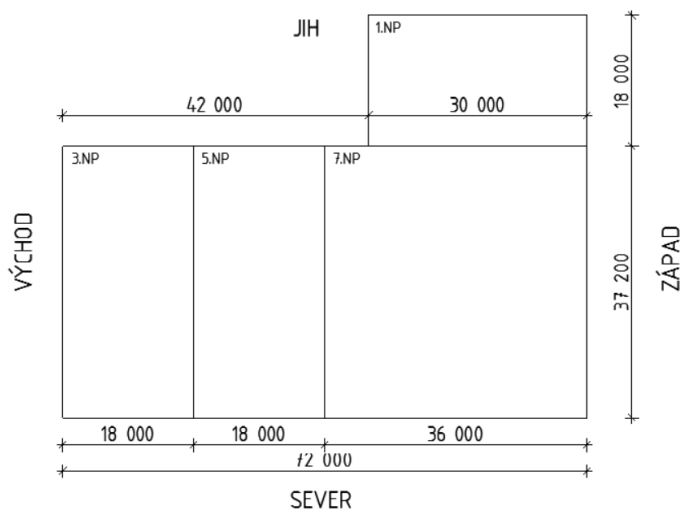
vliv turbulencí:

$$l_v(z) = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{19,7}{1,0}\right)} = 0,346$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,346] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 18,59^2$$

$$q_p(z) = 0,739 \text{ kN/m}^2$$



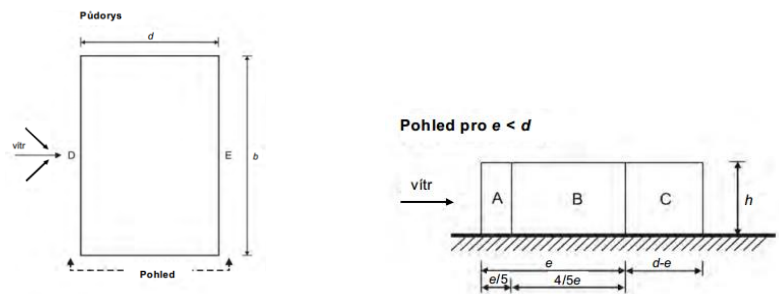
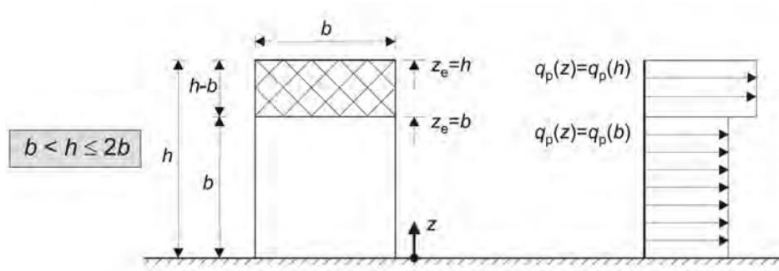
$b < h < 2b$
 $18 < 19,7 < 36$

$b = 18 \text{ m}$
 $h = 19,7 \text{ m}$
 $d = 37,2 \text{ m}$
 $e = \min(b; 2h) = (18; 2 \cdot 19,7) = (18; 39,4) = 18 \text{ m}$
 $\frac{e}{5} = \frac{18}{5} = 3,6 \text{ m}$
 $\frac{4e}{5} = \frac{4 \cdot 18}{5} = 14,4 \text{ m}$
 Poměr h/d :
 h/d pro b (nižší výška):
 $18/37,2 = 0,48$

h/d pro h (vyšší výška):
 $19,7/37,2 = 0,53$
 $q_p(z) = 0,739 \text{ kN/m}^2$ pro b
 $q_p(z) = 0,772 \text{ kN/m}^2$ pro h

- vítr foukající od severu

Referenční výška z_e , závisující na h a b , a odpovídající profil dynamického tlaku. Výška $z_e = b = 18 \text{ m}$.



Tabulka 7.1 – Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny pozemních staveb s pravouhlým půdorysem

Oblast	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,7		
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,5		
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,7	+1,0	-0,3		

$c_{pe} = 0,73$ pro b
 $c_{pe} = 0,74$ pro h
 $q_p(z) = 0,739 \text{ kN/m}^2$
 $w_e = 0,739 \cdot 0,73 = 0,542 \text{ kN/m}^2$ pro b
 $w_e = 0,772 \cdot 0,74 = 0,571 \text{ kN/m}^2$ pro h

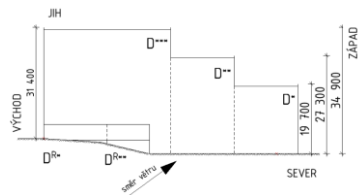
Hodnoty w_e jsou následně přepočítány na jednotlivé zatěžovací šířky a zadány do programu.

V následujících tabulkách jsou uvedeny další hodnoty pro různé referenční výšky a jednotlivé směry. Tabulky jsou doplněny o schémata.

3.3.5.1 Vítr čelní (svislé stěny)

V tabulce jsou uvedeny hodnoty pro čelní vítr (pro vítr foukající od severu, v druhé polovině pro vítr foukající od jihu). Objekt je rozdělen na několik referenčních výšek dle terénu okolo objektu.

Na schématech jsou vyznačeny jednotlivé oblasti. Oblast E se nachází vždy na druhé straně objektu příslušné oblasti D (vzniká tak sání).



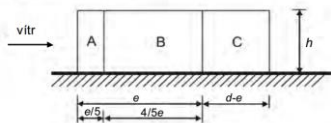
- vítr foukající od jihu

	oblast	z [m]	c _r (z)	v _m (z) [m/s]	I _r (z)	q _p (z) [kN/m ²]	h/d	c _{pe}	w _e [kN/m ²]	poznámky
vitr foukající od severu	*	18,0	0,677	18,626	0,346	0,742	0,48	0,73	0,542	
	D ₁₋₄ sever	19,7	0,698	19,207	0,336	0,772	0,53	0,74	0,571	tlak
	*	18,0	0,677	18,626	0,346	0,742	0,48	-0,367	-0,272	
	E ₁₋₄	19,7	0,698	19,207	0,336	0,772	0,53	-0,38	-0,293	sání
	**	18,0	0,677	18,626	0,346	0,742	0,48	0,73	0,542	
	D ₄₋₇ sever	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,73	0,768	0,679	tlak
	**	18,0	0,677	18,626	0,346	0,742	0,50	-0,367	-0,272	
	E ₄₋₇	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,76	-0,436	-0,386	sání
	***	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,87	0,783	0,732	tlak
	D ₇₋₁₃ sever	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,87	-0,465	-0,435	sání
vitr foukající od jihu	E ₇₋₁₃	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,87	-0,465	-0,435	sání
	*R	5,1	0,382	10,499	0,614	0,365	0,09	0,7	0,255	tlak část restaurace
	D _{13-10ih}	12,1	0,584	16,066	0,401	0,614	0,67	0,756	0,464	tlak část restaurace
	**R	12,1	0,584	16,066	0,401	0,614	0,67	0,756	0,464	tlak
	D _{10-8ih}	34,9	0,832	22,892	0,281	0,973	0,94	0,792	0,771	tlak
	***	34,9	0,832	22,892	0,281	0,973	0,94	0,792	0,771	tlak
	D _{13-7ih}	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,84	0,457	0,427	sání
	E ₁₃₋₇	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,84	0,457	0,427	sání
	**	18	0,677	18,626	0,346	0,742	0,5	0,73	0,542	tlak **D4-7sever
	D _{7-4ih}	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,76	0,768	0,679	(stejně)
	**	18	0,677	18,626	0,346	0,742	0,5	-0,367	-0,272	sání ***E7-13
	E ₇₋₄	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,76	-0,436	-0,386	(stejně)
	*									
D _{4-1ih}										(stejně)
*										*E1-4
E ₄₋₁										(stejně)

Zatěžovací šířky:

	oblast	w _e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	ZŠ4 [m]	ZŠ5 [m]	w _{e1} [kN/m]	w _{e2} [kN/m]	w _{e3} [kN/m]	w _{e3} [kN/m]	w _{e3} [kN/m]
vitr foukající od severu	*	0,542		3,5	3,8	3,95	4,1		1,90	2,06	2,14	2,22
	D ₁₋₄ sever	0,571	1,9					1,09				
	*	-0,272		3,5	3,8	3,95	4,1		-0,95	-1,03	-1,08	-1,12
	E ₁₋₄	-0,293	1,9					-0,56				
	**	0,542		3,5	3,8	3,95	4,1	0,00	1,90	2,06	2,14	2,22
	D ₄₋₇ sever	0,679	1,9					1,29		2,58		
	**	-0,272		3,5	3,8	3,95	4,1		-0,95	-1,03	-1,08	-1,12
	E ₄₋₇	-0,386	1,9					-0,73		-1,47		
	***	0,732	3,5	3,8	4,1	2,561	2,781	3,000	zš 3,95	zš 4,1	zš 1,9	
	D ₇₋₁₃ sever	0,732	3,5	3,8	4,1	2,561	2,781	3,000	zš 3,95	zš 4,1	zš 1,9	
vitr foukající od jihu	***	-0,435	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-0,83	-1,52	-1,65	-1,72	-1,78
	E ₇₋₁₃	-0,435	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-0,83	-1,52	-1,65	-1,72	-1,78
	*R	0,255	2,2	-	-	-	-	0,56				
	D _{13-10ih}	0,255	2,2	-	-	-	-	0,56				
	**R	0,464	2,2	3,5	3,95	-	-	1,02	1,63	1,83		
	D _{10-8ih}	0,464	2,2	3,5	3,95	-	-	1,02	1,63	1,83		
	***	0,771	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	1,46	2,70	2,93	3,04	3,16
	D _{13-7ih}	0,771	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	1,46	2,70	2,93	3,04	3,16
	***	0,427	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	0,81	1,49	1,62	1,69	1,75
	E ₁₃₋₇	0,427	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	0,81	1,49	1,62	1,69	1,75
	**	0,542		3,5	3,8	3,95	4,1		1,90	2,06	2,14	2,22
	D _{7-4ih}	0,679	1,9					1,29		2,58		
	**	-0,272		3,5	3,8	3,95	4,1		-0,95	-1,03	-1,08	-1,12
E ₇₋₄	-0,386	1,9					-0,73		-1,47			
*			3,5	3,8	3,95	4,1		1,90	2,06	2,14	2,22	
D _{4-1ih}	(stejně)	1,9					1,09					
*	(stejně)		3,5	3,8	3,95	4,1		-0,95	-1,03	-1,08	-1,12	
E ₄₋₁	(stejně)	1,9					-0,56					

Pohled pro $e < d$



pro $S \gg J$

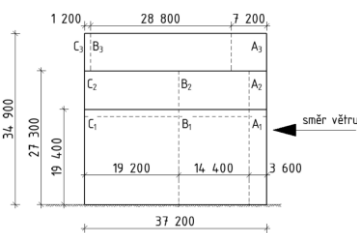
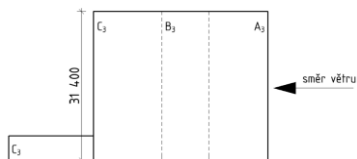
$$e1 \min(b; 2h) = (18; 2 \cdot 18)$$

$$= 18 \text{ m} = e_2$$

$$e3 \min(b; 2h)$$

$$= (36; 2 \cdot 31,4)$$

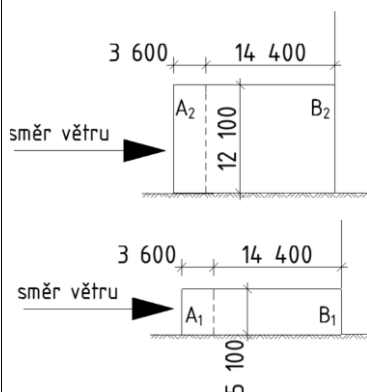
$$= 36 \text{ m}$$



pro hodnoty $J \gg S$ budou vzdálenosti e pouze zrcadlově obrácené.

$$e = 18 \text{ m}$$

$$d = 18 \text{ m} \gg e = d$$



3.3.5.2 Vítr boční (svislé stěny)

$S \gg J$	oblast	z [m]	$c_f(z)$	$v_m(z)$ [m/s]	$I_v(z)$	$q_p(z)$ [kN/m ²]	h/d	c_{pe}	w_e [kN/m ²]	poznámky
vítr foukající od severu	A ₁	18	0,677	18,626	0,346	0,742	0,48	-1,2	-0,890	sání = J >> S (stejně)
	B ₁							-0,8	-0,594	sání = J >> S (stejně)
	C ₁							-0,5	-0,371	sání = J >> S (stejně)
	A ₁	19,7	0,698	19,207	0,336	0,772	0,53	-1,2	-0,926	sání = J >> S (stejně)
	B ₁							-0,8	-0,618	sání = J >> S (stejně)
	C ₁							-0,5	-0,386	sání = J >> S (stejně)
	A ₂	18	0,677	18,626	0,346	0,742	0,48	-1,2	-0,890	sání = J >> S (stejně)
	B ₂							-0,8	-0,594	sání = J >> S (stejně)
	C ₂							-0,5	-0,371	sání = J >> S (stejně)
	A ₂	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,73	-1,2	-1,062	sání = J >> S (stejně)
	B ₂							-0,8	-0,708	sání = J >> S (stejně)
	C ₂							-0,5	-0,442	sání = J >> S (stejně)
A ₃	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,84	-1,2	-1,121	sání = J >> S (stejně)	
B ₃							-0,8	-0,748	sání = J >> S (stejně)	
C ₃							-0,5	-0,467	sání = J >> S (stejně)	

$J \gg S$	část restaurace	z [m]	$c_f(z)$	$v_m(z)$ [m/s]	$I_v(z)$	$q_p(z)$ [kN/m ²]	h/d	c_{pe}	w_e [kN/m ²]	poznámky	
vítr foukající od jihu	A ₁	5,1	0,382	10,499	0,614	0,365	0,28	-1,2	-0,438	sání	
	B ₁							-0,8	-0,292	sání	
	A ₂	12,1	0,584	16,066	0,401	0,614	0,67	0,000	-0,737	sání	
	B ₂							-0,8	-0,491	sání	
									0,000		

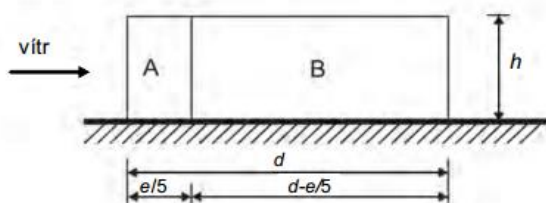
Zde jsou vypočítány hodnoty pro boční stěny od předchozí větru (viz 3.3.5.1).

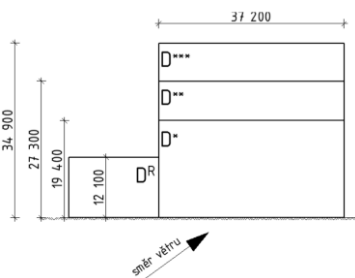
Zatěžovací šířky:

$S \gg J$	oblast	w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	ZŠ4 [m]	ZŠ5 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]	w_{e4} [kN/m]	w_{e5} [kN/m]
vítr foukající od severu	A ₁	-0,890							-3,12	-3,38	-3,52	-3,65
	B ₁	-0,594	-	3,5	3,8	3,95	4,1		-2,08	-2,26	-2,34	-2,43
	C ₁	-0,371							-1,30	-1,41	-1,47	-1,52
	A ₁	-0,926						-1,76				
	B ₁	-0,618	1,9					-1,17				
	C ₁	-0,386						-0,73				
	A ₂	-0,890										
	B ₂	-0,594	-	-	-	-	-					
	C ₂	-0,371										
	A ₂	-1,062						-2,02		-4,03		
	B ₂	-0,708	1,9	-	3,8	-	-	-1,34		-2,69		-
	C ₂	-0,442						-0,84		-1,68		
	A ₃	-1,121						-2,13	-3,93	-4,26	-4,43	-4,60
	B ₃	-0,748	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-1,42	-2,62	-2,84	-2,95	-3,07
	C ₃	-0,467						-0,89	-1,64	-1,78	-1,85	-1,92
$J \gg S$	A ₁	-0,438						-0,96	-1,53	-1,73		
	B ₁	-0,292						-0,64	-1,02	-1,15		
		0,000	2,2	3,5	3,95	-	-	0,00	0,00	0,00		
	A ₂	-0,737						-1,62	-2,58	-2,91		
	B ₂	-0,491						-1,08	-1,72	-1,94		
		0,000	2,2	3,5	3,95	-	-	0,00	0,00	0,00		

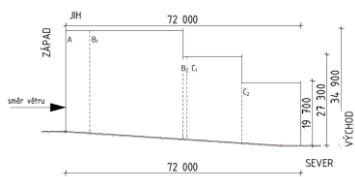
Pro část restaurace bylo použito schéma s následujícím rozdělením:

Pohled pro $e \geq d$





oblast E (na druhé straně počítána pro výšku 31,4 m z důvodu jiné výšky terénu.



směr větru od západu

- pro směr větru od jihu; z každé strany části restaurace je jiná výška přílehlého terénu, proto se budou mírně lišit hodnoty sání v oblastech A₁, A₂, B₁, B₂.

3.3.5.3 Vítr čelní, boční stěny

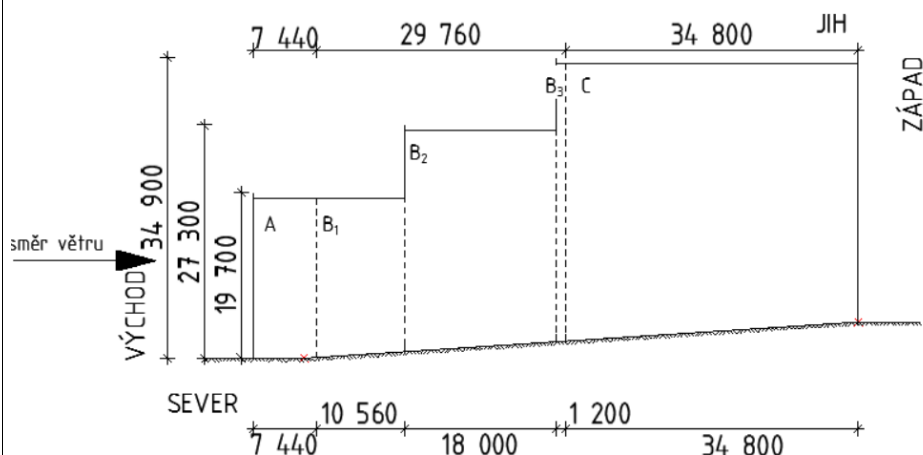
Vítr foukající od západu, v druhé části vítr foukající od východu. V tabulce jsou shrnuty hodnoty pro čelní vítr (oblasti D a E). Následují hodnoty pro boční sání od čelního větru (oblasti A, B, C). Tabulka je opět doplněna schématickými obrázky.

Z >> V	oblast	z [m]	c _e (z)	V _m (z) [m/s]	I _t (z)	q _p (z) [kN/m ²]	h/d	c _{pe}	w _e [kN/m ²]	poznámky
vítr foukající od západu	D	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,44	0,725	0,678	tlak
	E	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,44	-0,361	-0,337	sání
	D ^R	5,1	0,382	10,499	0,614	0,365	0,28	0,704	0,257	tlak, část restaurace
	E ^R	12,1	0,584	16,066	0,401	0,614	0,67	-0,412	-0,253	sání, část restaurace
	A	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,44	-1,2	-1,121	sání
	B ₁	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,44	-0,8	-0,748	sání
	B ₂	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,38	-0,8	-0,708	sání
	C ₁	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,38	-0,5	-0,442	sání
	C ₂	19,7	0,698	19,207	0,336	0,772	0,27	-0,5	-0,386	sání
	A ^R	5,1	0,382	10,499	0,614	0,365	0,07	-1,2	-0,438	sání, část restaurace
B ^R	5,1	0,382	10,499	0,614	0,365	0,07	-0,8	-0,292	sání, část restaurace	
V >> Z										
vítr foukající od východu	D*	19,7	0,698	19,207	0,336	0,772	0,27	0,703	0,543	tlak
	D**	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,38	0,717	0,634	tlak
	D***	34,9	0,832	22,892	0,281	0,973	0,48	0,731	0,711	tlak
	D ^R	12,1	0,584	16,066	0,401	0,614	0,40	0,72	0,442	tlak, část restaurace
	E ^R	5,1	0,382	10,499	0,614	0,365	0,17	-0,3	-0,109	sání, část restaurace
	E	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,44	-0,35	-0,327	sání
	A	19,7	0,698	19,207	0,336	0,772	0,27	-1,2	-0,926	sání
	B ₁	19,7	0,698	19,207	0,336	0,772	0,27	-0,8	-0,618	sání
	B ₂	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,38	-0,8	-0,708	sání
	B ₃	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,44	-0,8	-0,748	sání
	C	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,44	-0,5	-0,467	sání
	A ^R	12,1	0,584	16,066	0,401	0,614	0,17	-1,2	-0,737	sání, část restaurace
	B ^R	5,1	0,382	10,499	0,614	0,365	0,07	-0,8	-0,292	sání, část restaurace
	C ^R	5,1	0,382	10,499	0,614	0,365	0,07	-0,5	-0,182	sání, část restaurace

Zatěžovací šířky:

Z >> V	oblast	w _e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	ZŠ4 [m]	ZŠ5 [m]	w _{e1} [kN/m]	w _{e2} [kN/m]	w _{e3} [kN/m]	w _{e4} [kN/m]	w _{e5} [kN/m]
vítr foukající od západu	D	0,678						1,29	2,37	2,57	2,68	2,78
	E	-0,337	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-0,64	-1,18	-1,28	-1,33	-1,38
	D ^R	0,257						0,57	0,90	1,01		
	E ^R	-0,253	2,2	3,5	3,95	-	-	-0,56	-0,89	-1,00		
	A	-1,121	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-2,13	-3,93	-4,26	-4,43	-4,60
	B ₁	-0,748	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-1,42	-2,62	-2,84	-2,95	-3,07
	B ₂	-0,708	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-1,34	-2,48	-2,69	-2,80	-2,90
	C ₁	-0,442	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-0,84	-1,55	-1,68	-1,75	-1,81
	C ₂	-0,386	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-0,73	-1,35	-1,47	-1,52	-1,58
	A ^R	-0,438	2,2	3,5	-	3,95	-	-0,96	-1,53		-1,73	
B ^R	-0,292	2,2	3,5	-	3,95	-	-0,64	-1,02		-1,15		
V >> Z												
vítr foukající od východu	D*	0,543	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	1,03	1,90	2,06	2,14	2,23
	D**	0,634	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	1,21	2,22	2,41	2,51	2,60
	D***	0,711	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	1,35	2,49	2,70	2,81	2,92
	D ^R	0,442	2,2	3,5	-	3,95	-	0,97	1,55		1,75	
	E ^R	-0,109	2,2	-	-	-	-	-0,24				
	E	-0,327	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-0,62	-1,14	-1,24	-1,29	-1,34
	A	-0,926	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-1,76	-3,24	-3,52	-3,66	-3,80
	B ₁	-0,618	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-1,17	-2,16	-2,35	-2,44	-2,53
	B ₂	-0,708	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-1,34	-2,48	-2,69	-2,80	-2,90
	B ₃	-0,748	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-1,42	-2,62	-2,84	-2,95	-3,07
	C	-0,467	1,9	3,5	3,8	3,95	4,1	-0,89	-1,64	-1,78	-1,85	-1,92
	A ^R	-0,737	2,2	3,5	-	3,95	-	-1,62	-2,58		-2,91	
	B ^R	-0,292	2,2	3,5	-	3,95	-	-0,64	-1,02		-1,15	

Schéma pro směr větru od východu (vlevo pro směr větru od západu).



3.3.5.4 Vitr na ploché střechy

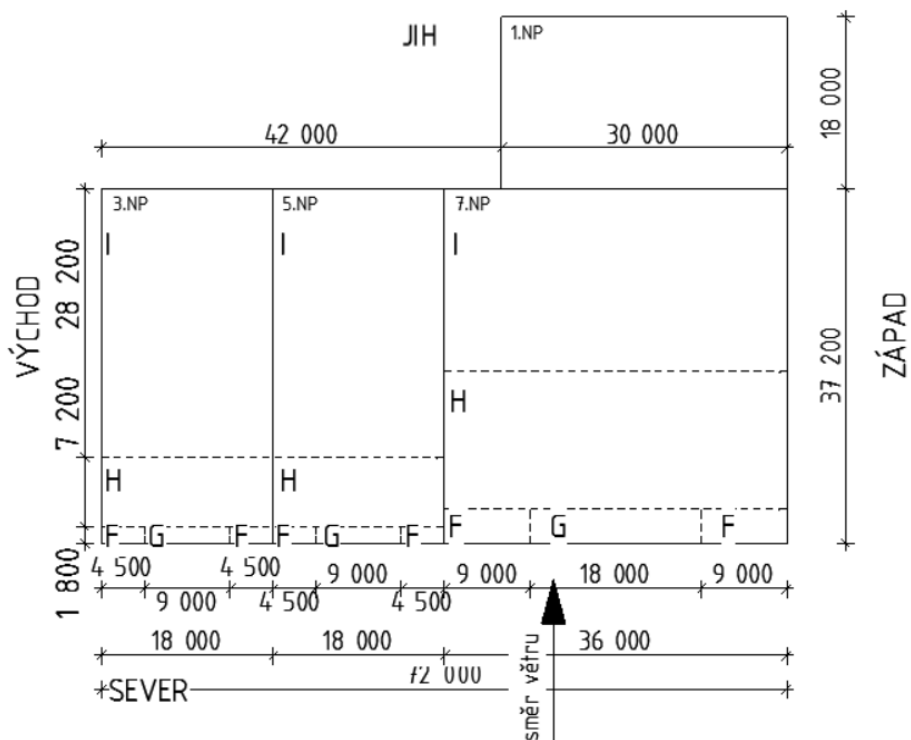
Jednotlivé plochy střech jsou rozděleny na oblasti F,G,H a I, kde se má uvažovat jak tlak, tak i sání. Objekt má tři různé výškové úrovně, kde se nachází ploché střechy. Hodnoty pro vítr foukající od severu a naopak.

S >> J	oblast	z [m]	$c_e(z)$	$v_m(z)$ [m/s]	$I_e(z)$	$q_p(z)$ [kN/m ²]	h_p/h	c_{pe}	w_e [kN/m ²]	poznámky
vitr foukající od severu	F*	19,7	0,698	19,207	0,336	0,772	0,04	-1,48	-1,143	(stejně pro vítr J>>S)
	G*						0,04	-0,98	-0,757	(stejně pro vítr J>>S)
	H*						0,04	-0,7	-0,540	(stejně pro vítr J>>S)
	I*						0,04	0,2	0,154	tlak (stejně pro vítr J>>S)
	I*						0,04	-0,2	-0,154	sání (stejně pro vítr J>>S)
	F**	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,03	-1,56	-1,380	(stejně pro vítr J>>S)
	G**						0,03	-1,06	-0,938	(stejně pro vítr J>>S)
	H**						0,03	-0,7	-0,619	(stejně pro vítr J>>S)
	I**						0,03	0,2	0,177	tlak (stejně pro vítr J>>S)
	I**						0,03	-0,2	-0,177	sání (stejně pro vítr J>>S)
	F***	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,02	-1,6	-1,495	(stejně pro vítr J>>S)
	G***						0,02	-1,1	-1,028	(stejně pro vítr J>>S)
	H***						0,02	-0,7	-0,654	(stejně pro vítr J>>S)
	I***						0,02	0,2	0,187	tlak (stejně pro vítr J>>S)
	I***						0,02	-0,2	-0,187	sání (stejně pro vítr J>>S)

Zatěžovací šířky:

S >> J	oblast	w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]
vitr foukající od severu	F*	-1,14	1		2	-1,14		-2,29
	G*	-0,76	1		2	-0,76		-1,51
	H*	-0,54	1		2	-0,54		-1,08
	I*	0,15	1	1,2	2	0,15	0,19	0,31
	I*	-0,15	1	1,2	2	-0,15	-0,19	-0,31
	F**	-1,38	1		2	-1,38		-2,76
	G**	-0,94	1		2	-0,94		-1,88
	H**	-0,62	1		2	-0,62		-1,24
	I**	0,18	1	1,2	2	0,18	0,21	0,35
	I**	-0,18	1	1,2	2	-0,18	-0,21	-0,35
	F***	-1,50	1		2	-1,50		-2,99
	G***	-1,03	1		2	-1,03		-2,06
	H***	-0,65	1	1,2	2	-0,65	-0,79	-1,31
	I***	0,19	1	1,2	2	0,19	0,22	0,37
	I***	-0,19	1	1,2	2	-0,19	-0,22	-0,37

Schéma pro vítr $J \gg S$ pouze zrcadlově obrácený.

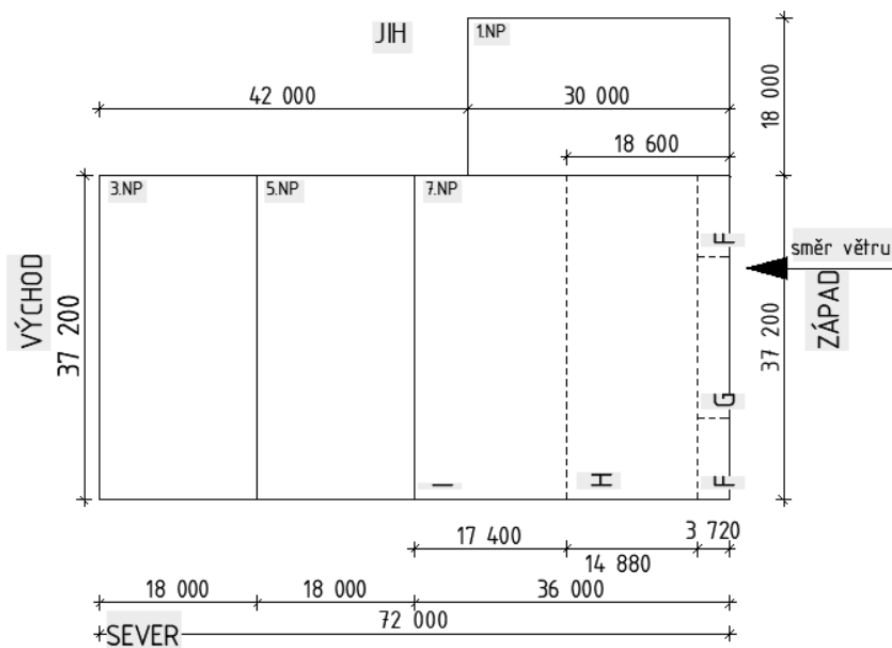


Vítr foukající od západu k východu. Do výpočtů byla zahrnuta pouze nejvyšší referenční výška objektu.

Z >> V	oblast	z [m]	$c_e(z)$	$v_m(z)$ [m/s]	$I_L(z)$	$q_p(z)$ [kN/m ²]	h_p/h	c_{pe}	w_e [kN/m ²]	poznámky
Z >> V	F	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,02	-1,6	-1,495	
	G						0,02	-1,1	-1,028	
	H						0,02	-0,7	-0,654	
	I						0,02	0,2	0,187	tlak
	I						0,02	-0,2	-0,187	sání

Zatěžovací šířky:

Z >> V	oblast	w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]
Z >> V	F	-1,50	1	1,2	2	-1,50	-1,79	-2,99
	G	-1,03	1	1,2	2	-1,03	-1,23	-2,06
	H	-0,65	1	1,2	2	-0,65	-0,79	-1,31
	I	0,19	1	1,2	2	0,19	0,22	0,37
	I	-0,19	1	1,2	2	-0,19	-0,22	-0,37

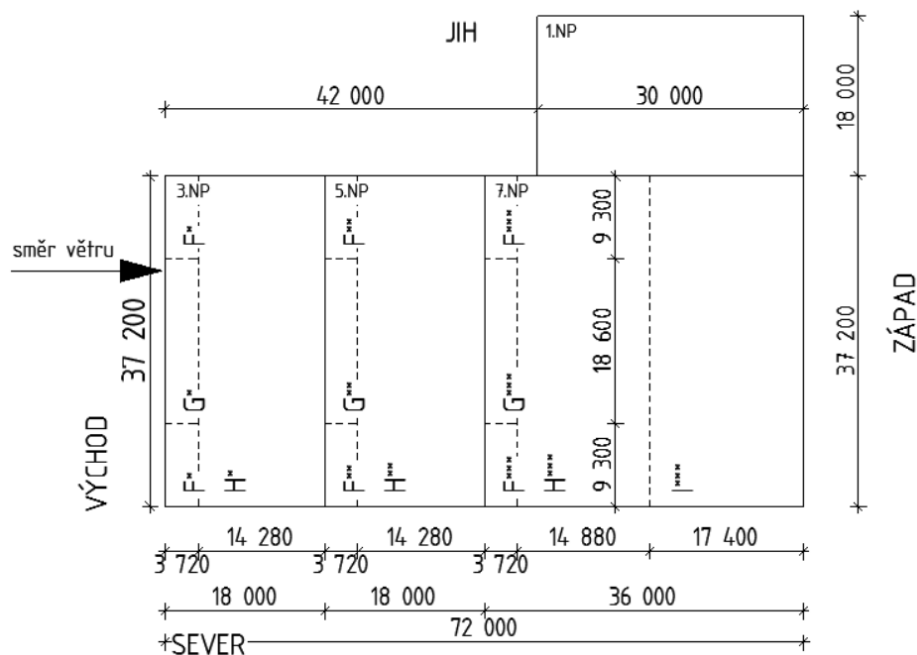


Zatížení na střechy od větru foukajícího od východu.

V >> Z	oblast	z [m]	c _e (z)	v _m (z) [m/s]	I _v (z)	q _p (z) [kN/m ²]	h _p /h	c _{pe}	w _e [kN/m ²]	poznámky	
vítr foukající od východu	F*	19,7	0,698	19,207	0,336	0,772	0,04	-1,48	-1,143		
	G*						0,04	-0,98	-0,757		
	H*						0,04	-0,7	-0,540		
	I*						0,04	0,2	0,154		
	F**	27,3	0,775	21,310	0,302	0,885	0,04	-0,2	-0,154		
	G**						0,03	-1,56	-1,380		
	H**						0,03	-1,06	-0,938		
	I**						0,03	-0,7	-0,619		
	F***	31,4	0,808	22,211	0,290	0,935	0,03	0,2	0,177		
	G***						0,03	-0,2	-0,177		
	H***						0,02	-1,6	-1,495		
	I***						0,02	-1,1	-1,028		

Zatěžovací šířky:

V >> Z	oblast	w _e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w _{e1} [kN/m]	w _{e2} [kN/m]	w _{e3} [kN/m]
vítr foukající od východu	F*	-1,14	1	1,2	2	-1,14	-1,37	-2,29
	G*	-0,76	1	1,2	2	-0,76	-0,91	-1,51
	H*	-0,54	1	1,2	2	-0,54	-0,65	-1,08
	I*	0,15	1	1,2	2	0,15	0,19	0,31
	F**	-0,15	1	1,2	2	-0,15	-0,19	-0,31
	G**	-1,38	1	1,2	2	-1,38	-1,66	-2,76
	H**	-0,94	1	1,2	2	-0,94	-1,13	-1,88
	I**	-0,62	1	1,2	2	-0,62	-0,74	-1,24
	F***	0,18	1	1,2	2	0,18	0,21	0,35
	G***	-0,18	1	1,2	2	-0,18	-0,21	-0,35
	H***	-1,50	1	1,2	2	-1,50	-1,79	-2,99
	I***	-1,03	1	1,2	2	-1,03	-1,23	-2,06
		-0,65	1	1,2	2	-0,65	-0,79	-1,31
		0,19	1	1,2	2	0,19	0,22	0,37
	-0,19	1	1,2	2	-0,19	-0,22	-0,37	

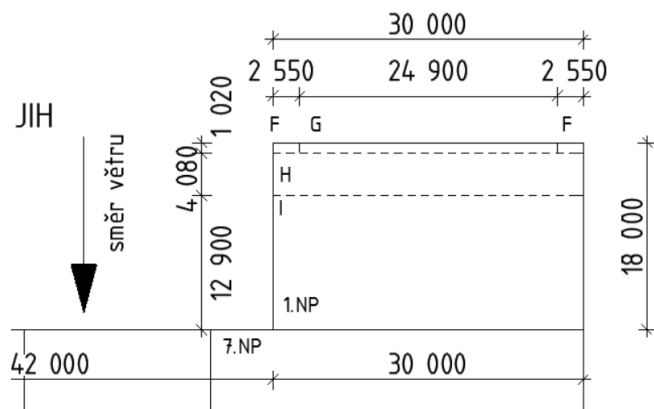


V následující části jsou uvedeny hodnoty pro část, kde se nachází restaurace. Zatížení na střechu restaurace od větru foukajícího od jihu.

J >> S	oblast	z [m]	c _p (z)	v _m (z) [m/s]	I _t (z)	q _p (z) [kN/m ²]	h _p /h	c _{pe}	w _e [kN/m ²]	poznámky
	F1	5.1	0.382	10.499	0.614	0.365	0.16	-1.2	-0.438	
	F2	12.1	0.584	16.066	0.401	0.614	0.06	-1.16	-0.713	
	G	7	0.456	12.540	0.514	0.452	0.11	-0.8	-0.361	přibližná hodnota průměrné výšky
	H	12.1	0.584	16.066	0.401	0.614	0.06	-0.7	-0.430	
	I	12.1	0.584	16.066	0.401	0.614	0.06	0.2	0.123	tlak
	I	12.1	0.584	16.066	0.401	0.614	0.06	-0.2	-0.123	sání

Zatěžovací šířky:

J >> S	oblast	w _e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w _{e1} [kN/m]	w _{e2} [kN/m]	w _{e3} [kN/m]
	F1	-0,44	1	-	2	-0,44	-	-0,88
	F2	-0,71	1	-	2	-0,71	-	-1,43
	G	-0,36	1	-	2	-0,36	-	-0,72
	H	-0,43	1	-	2	-0,43	-	-0,86
	I	0,12	1	-	2	0,12	-	0,25
	I	-0,12	1	-	2	-0,12	-	-0,25



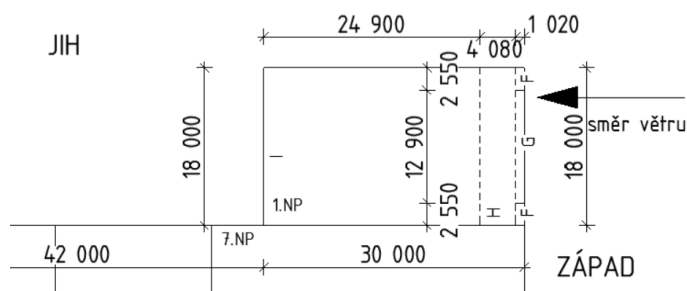
Zatížení na střechu restaurace od větru foukajícího směrem od západu k východu a obráceně.

	oblast	z [m]	$c_p(z)$	$v_m(z)$ [m/s]	$I_v(z)$	$q_p(z)$ [kN/m ²]	h_p/h	c_{pe}	w_e [kN/m ²]	poznámky
Z >> V	F	5,1	0,382	10,499	0,614	0,365		0,16	-1,2	-0,438
	G							0,16	-0,8	-0,292
	H							0,16	-0,7	-0,255
	I							0,16	0,2	0,073 tlak
	I							0,16	-0,2	-0,073 sání
V >> Z	F	12,1	0,584	16,066	0,401	0,614		0,06	-1,36	-0,496
	G							0,06	-0,88	-0,321
	H							0,06	-0,7	-0,255
	I							0,06	0,2	0,073 tlak
	I							0,06	-0,2	-0,073 sání

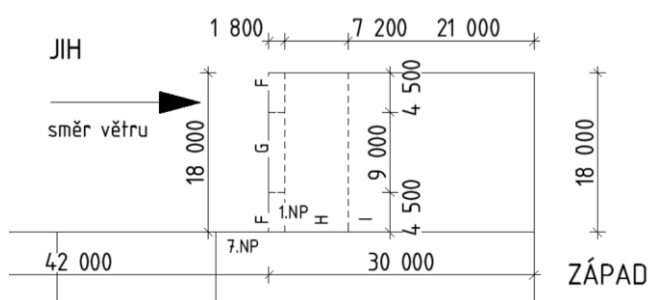
Zatěžovací šířky:

	oblast	w_e [kN/m ²]	ZŠ1 [m]	ZŠ2 [m]	ZŠ3 [m]	w_{e1} [kN/m]	w_{e2} [kN/m]	w_{e3} [kN/m]
Z >> V	F	-0,44	1	-	2	-0,44		-0,88
	G	-0,29	1	-	2	-0,29		-0,58
	H	-0,26	1	-	2	-0,26		-0,51
	I	0,07	1	-	2	0,07		0,15
	I	-0,07	1	-	2	-0,07		-0,15
V >> Z	F	-0,50	1	-	2	-0,50		-0,99
	G	-0,32	1	-	2	-0,32		-0,64
	H	-0,26	1	-	2	-0,26		-0,51
	I	0,07	1	-	2	0,07		0,15
	I	-0,07	1	-	2	-0,07		-0,15

- vítr od západu:



- vítr od východu:



3.3.5.5 Zatížení větrem na atiky

- vítr foukající od západu

atika	oblast	z [m]	l [m]	A_1 [m]	B_1 [m]	$q_p(z)$ [kN/m ²]	c_{pe}	$w_{e,atika}$ [kN/m ²]	$w_{e,atika}$ [kN/m]	poznámky
Z >> V	A	31,4	37,2	9,42	-	0,935	2,1	1,963	1,374	
	B	31,4	37,2	-	27,78	0,935	1,8	1,682	1,178	

- vítr foukající od severu k jihu a obráceně

atika	oblast	z [m]	l [m]	A ₁ [m]	B ₁ [m]	q _p (z) [kN/m ²]	c _{pe}	W _{e,atika} [kN/m ²]	W _{e,atika} [kN/m]	poznámky
S >> J	A***	31,4	36	9,42	-	0,935	2,1	1,963	1,374	stejně pro J >> S
	B***	31,4	36	-	26,58	0,935	1,8	1,682	1,178	stejně pro J >> S
	A**	27,3	18	8,19	-	0,885	2,1	1,858	1,300	stejně pro J >> S
	B**	27,3	18	-	9,81	0,885	1,8	1,592	1,115	stejně pro J >> S
	A*	19,7	18	5,91	-	0,772	2,1	1,621	1,135	stejně pro J >> S
B*	19,7	18	-	12,09	0,772	1,8	1,390	0,973	stejně pro J >> S	

- vítr foukající od východu k západu

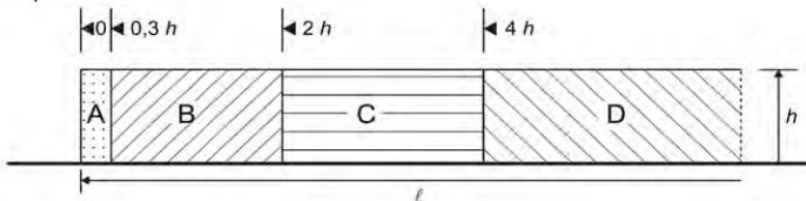
atika	oblast	z [m]	l [m]	A ₁ [m]	B ₁ [m]	q _p (z) [kN/m ²]	c _{pe}	W _{e,atika} [kN/m ²]	W _{e,atika} [kN/m]	poznámky
V >> Z	A*	19,7	37,2	5,91	-	0,772	2,1	1,621	1,135	
	B*	19,7	37,2	-	31,29	0,772	1,8	1,390	0,973	
	A**	27,3	37,2	8,19	-	0,885	2,1	1,858	1,300	
	B**	27,3	37,2	-	29,01	0,885	1,8	1,592	1,115	
	A***	34,9	37,2	10,47	-	0,973	2,1	2,043	1,430	
B***	34,9	37,2	-	26,73	0,973	1,8	1,751	1,226		

- hodnoty pro vítr nad částí restaurace

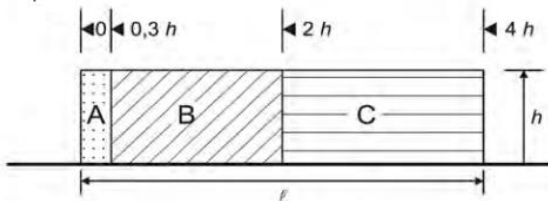
atika	oblast	z [m]	l [m]	A ₁ [m]	B ₁ [m]	C ₁ [m]	D ₁ [m]	q _p (z) [kN/m ²]	c _{pe}	W _{e,atika} [kN/m ²]	poznámky	W _{e,atika} [kN/m]
část restaurace	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	od severu - není	-
	A	5,1	30	1,53	-	-	-	0,365	2,1	0,766	od jihu	0,536
	B	5,1	30	-	8,67	-	-	0,365	1,8	0,657		0,460
	C	12,1	30	-	-	10,2	-	0,614	1,4	0,860		0,602
	D	12,1	30	-	-	-	9,6	0,614	1,2	0,737		0,516
	A	12,1	18	3,63	-	-	-	0,614	2,1	1,290	východ	0,903
	B	12,1	18	-	14,37	-	-	0,614	1,2	0,737	0,516	
	A	5,1	18	1,53	-	-	-	0,365	2,1	0,766	západ	0,536
	B	5,1	18	-	8,67	-	-	0,365	1,8	0,657		0,460
	C	5,1	18	-	-	7,8	-	0,365	1,4	0,511		0,358

- veškeré hodnoty byly počítány na základě těchto schémat

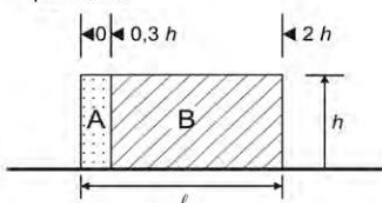
pro $l > 4h$



pro $l \leq 4h$



pro $l \leq 2h$



4 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Jednotlivá zatížení jsou rozdělena do následujících zatěžovacích stavů. Ty jsou následně kombinovány, tak aby byl nalezen nejnepríznivější účinek zatížení za pomoci programu.

číslo ZS	název	poznámky
ZS 1	Vlastní tíha konstrukce	zatížení stálé
ZS 2	Ostatní stálé	střechy + VZT
ZS 3	Ostatní stálé	podlahy + stropní konstrukce
ZS 4	Ostatní stálé	příčky
ZS 5	Ostatní stálé	atiky + zábradlí
ZS 6	Ostatní stálé	beton na sloupech + SDK na sloupech
ZS 7	Ostatní stálé	obvodový plášť
ZS 8	Proměnné - užitné	střechy H
ZS 9	Proměnné - užitné	podlahy C
ZS 10	Proměnné - užitné	podlahy B
ZS 11	Proměnné - užitné	podlahy D
ZS 12	Proměnné - užitné	podlahy F
ZS 13	Proměnné - sníh	plný
ZS 14	Proměnné - sníh - návěj za atikou	vítr od severu
ZS 15	Proměnné - sníh - návěj za atikou	vítr od jihu
ZS 16	Proměnné - sníh - návěj za atikou	vítr od východu
ZS 17	Proměnné - sníh - návěj za atikou	vítr od západu
ZS 18	Proměnné - sníh - návěj od přilehlé budovy	vítr od severu
ZS 19	Proměnné - sníh - návěj od přilehlé budovy	vítr od západu
ZS 20	Proměnné - vítr	od severu (tlak)
ZS 21	Proměnné - vítr	od jihu (tlak)
ZS 22	Proměnné - vítr	od západu (tlak)
ZS 23	Proměnné - vítr	od východu (tlak)
ZS 24	Proměnné - vítr	od severu (sání)
ZS 25	Proměnné - vítr	od jihu (sání)
ZS 26	Proměnné - vítr	od západu (sání)
ZS 27	Proměnné - vítr	od východu (sání)

5 KOMBINACE

Klíč kombinace je přiložen v příloze programového řešení.

- Kombinace pro MSÚ:

6.10:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \delta_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Kombinace pro MSP:

6.14:

$$\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

6 EKVIVALENTNÍ ZTUŽENÍ

Stropní konstrukce jsou ve všech podlažích tvořené spřaženou ocelobetonovou konstrukcí. V konstrukci se nachází jedna tloušťka desky. Byla spočítána průměrná výška betonu v žebrech a přičtena k výšce nad plechem. Desky jsou betonované do trapézových plechů, které slouží zároveň i jako ztracené bednění a následně jsou spřaženy se stropnicemi. V modelu je tuhá stropní deska nahrazena pomocí ekvivalentní příhradové soustavy. Byly spočítány přibližné plochy s průměry průřezů, které budou použité v modelu konstrukce pouze pro zajištění tuhosti. Ve skutečnosti se v konstrukci nenachází.

Následně je uveden postup pro výpočet jedné soustavy. Ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce.

○ Materiálové charakteristiky:

- BETON C25/30
 - $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$
 - $t = 80 \text{ mm}$
 - $G = 0,42 \times E_{cm} = 0,42 \times 31 = 13,02 \text{ GPa}$
- OCEL S235
 - $E = 210 \text{ GPa}$

Stropní ŽB deska:

$$\tau = G \cdot \gamma = \frac{F}{L_a \cdot t} \gg \text{smýkové napětí}$$

$$\gamma = \delta_{zB} / L_b \gg \text{poměrné zkosení}$$

$$\delta_{zB} = L_b \cdot \gamma$$

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{F \cdot L_b}{G \cdot L_a \cdot t}$$

Příhradové vodorovné ztužidlo (princip virtuálních prací):

$$\delta_{OC} = \frac{2 \cdot N_D \cdot \overline{N_D} \cdot L_D}{EA}$$

$$N_D = \frac{F}{2 \cdot \cos \alpha}$$

$$\overline{N_D} = \frac{1}{2 \cdot \cos \alpha}$$

$$L_D = L_a / \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{L_a}{\sqrt{L_a^2 + L_b^2}}$$

$$\delta_{OC} = \frac{F \cdot L_a}{2 \cdot \cos \alpha \cdot EA}$$

$$\delta_{OC} = \frac{F \cdot L_a}{2 \cdot EA} \cdot \frac{(L_a^2 + L_b^2)^{\frac{3}{2}}}{L_a^2}$$

$$\delta_{OC} = \frac{F \cdot (L_a^2 + L_b^2)^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot EA \cdot L_a^2}$$

$$\delta_{\check{Z}B} = \delta_{OC}$$

$$\frac{F \cdot L_b}{G \cdot L_a \cdot t} = \frac{F \cdot (L_a^2 + L_b^2)^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot EA \cdot L_a^2} \rightarrow \text{vyjádříme } A$$

$$A = \frac{G \cdot t \cdot (L_a^2 + L_b^2)^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot L_a \cdot L_b \cdot E} = \frac{13,02 \times 10^9 \cdot 0,080 \cdot (6^2 + 13,2^2)^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot 6 \cdot 13,2 \cdot 210 \times 10^9} = 0,0095 \text{ m}^2$$

→ v jednom řezu se nachází 2 pruty, proto A/2

$$A_1 = \frac{A}{2} = \frac{95\,500}{2} = 47\,750 \text{ mm}^2$$

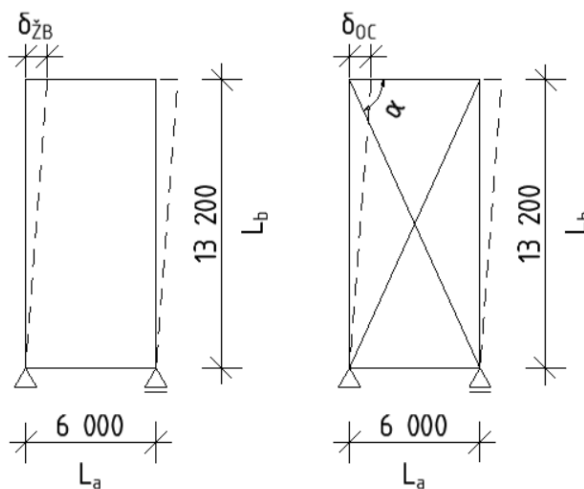
$$S = \frac{\pi d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{47\,750 \cdot 4}{\pi}} = 246,60 \text{ mm}$$

→ pro pole 6 × 13,2 m a tl. desky 80 mm
 budou použity dva plné kruhové profily o Ø247 mm

- stejný výpočet je použitý pro ostatní návrhy ztužidel, které jsou uvedeny v následující tabulce

E [Pa]	2,10E+11		
E _{cm} [Pa]	3,10E+10		
G [Pa]	1,30E+10		
La × Lb [m]	6 × 13,2	6 × 12	6 × 6
t [m]	0,08		
La [m]	6	6	6
Lb [m]	13,2	12	6
A [m ²]	9,55E-02	8,32E-02	4,21E-02
A/2 [m ²]	4,77E-02	4,16E-02	2,10E-02
d [m]	0,2465	0,2301	0,1637
d [mm]	247	230	164

ŽB deska × ekvivaletní příhradové ztužení

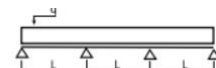


7 POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ - MSÚ

7.1 Trapézový plech

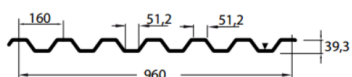
V objektu je použit jeden typ trapezového plechu. Rozměry jsou uvedeny v obrázku. Výpočtové charakteristiky trapezového plechu jsou uvedeny v tabulce.

SPOJITÝ NOSNÍK SE TŘEMI SHODNÝMI POLI
 - SYMETRICKÝ PLECH



tN (mm)	g (kN/m ²)	rozpětí pole L [m]																
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
0,55	q _{kl} (c<1,5h)	12,87	9,07	6,75	5,23	4,17	3,41	2,84	2,40	2,06	1,78	1,55	1,35	1,18	1,05	0,94	0,84	0,76
	q _{kl} (ca>1,5h)	12,87	9,07	6,75	5,23	4,17	3,41	2,84	2,40	2,06	1,78	1,55	1,35	1,18	1,05	0,94	0,84	0,76
	q _{kl} (δ<L/200)	21,36	10,94	6,33	3,99	2,67	1,88	1,37	1,03	0,79	0,62	0,50	0,41	0,33	0,28	0,23	0,20	0,17
0,63	q _{kl} (c<1,5h)	16,09	11,31	8,41	6,51	5,19	4,24	3,52	2,98	2,55	2,21	1,91	1,66	1,46	1,29	1,15	1,04	0,94
	q _{kl} (ca>1,5h)	16,09	11,31	8,41	6,51	5,19	4,24	3,52	2,98	2,55	2,21	1,91	1,66	1,46	1,29	1,15	1,04	0,94
	q _{kl} (δ<L/200)	25,70	13,16	7,62	4,80	3,21	2,26	1,65	1,24	0,95	0,75	0,60	0,49	0,40	0,33	0,28	0,24	0,21
0,75	q _{kl} (c<1,5h)	21,07	14,77	10,95	8,45	6,73	5,48	4,56	3,85	3,29	2,82	2,43	2,12	1,86	1,65	1,47	1,47	1,19
	q _{kl} (ca>1,5h)	21,07	14,77	10,95	8,45	6,73	5,48	4,56	3,85	3,29	2,82	2,43	2,12	1,86	1,65	1,47	1,47	1,19
	q _{kl} (δ<L/200)	32,07	16,42	9,50	5,98	4,01	2,82	2,05	1,54	1,19	0,93	0,75	0,61	0,50	0,42	0,35	0,35	0,26
0,88	q _{kl} (c<1,5h)	26,97	18,84	13,94	10,74	8,53	6,95	5,77	4,87	4,13	3,52	3,04	2,64	2,32	2,06	1,84	1,65	1,49
	q _{kl} (ca>1,5h)	26,97	18,84	13,94	10,74	8,53	6,95	5,77	4,87	4,13	3,52	3,04	2,64	2,32	2,06	1,84	1,65	1,49
	q _{kl} (δ<L/200)	39,29	20,11	11,64	7,33	4,91	3,45	2,51	1,89	1,46	1,14	0,92	0,74	0,61	0,51	0,43	0,37	0,31
1,00	q _{kl} (c<1,5h)	32,81	22,87	16,88	12,99	10,31	8,39	6,96	5,86	4,93	4,20	3,63	3,16	2,78	2,46	2,19	1,97	1,78
	q _{kl} (ca>1,5h)	32,81	22,87	16,88	12,99	10,31	8,39	6,96	5,86	4,93	4,20	3,63	3,16	2,78	2,46	2,19	1,97	1,78
	q _{kl} (δ<L/200)	46,17	23,64	13,68	8,62	5,77	4,05	2,96	2,22	1,71	1,35	1,08	0,88	0,72	0,60	0,51	0,43	0,37
1,25	q _{kl} (c<1,5h)	46,00	31,93	23,50	18,03	14,28	11,60	9,61	7,97	6,70	5,71	4,92	4,29	3,77	3,34	2,98	2,67	2,41
	q _{kl} (ca>1,5h)	46,00	31,93	23,50	18,03	14,28	11,60	9,61	7,97	6,70	5,71	4,92	4,29	3,77	3,34	2,98	2,67	2,41
	q _{kl} (δ<L/200)	61,01	31,24	18,08	11,38	7,63	5,36	3,90	2,93	2,26	1,78	1,42	1,16	0,95	0,79	0,67	0,57	0,49

t [mm]	m [kg/m ²]	plný průřez				efektivní průřez - symetrický průřez			
		A _s [mm ² /m]	I _s [mm ⁴ /m]	z [mm]	W _{el} [mm ³ /m]	A _{ef} [mm ² /m]	I _{ef} [mm ⁴ /m]	z _{ef} [mm]	W _{ef} [mm ³ /m]
0,55	5,36	683,23	181248,30	19,93	9096,53	580,05	137756,92	23,26	5922,71
0,63	6,14	782,61	207614,64	19,97	10398,93	687,38	165745,07	22,69	7305,59
0,75	7,31	931,68	247166,45	20,03	12342,89	837,72	206811,84	22,23	9303,69
0,88	8,58	1093,17	290017,88	20,09	14435,93	1005,76	253328,25	21,80	11621,76
1,00	9,75	1242,24	329576,96	20,15	16356,18	1164,94	297744,27	21,45	13878,38
1,25	12,19	1552,80	412006,08	20,28	20320,89	1506,14	393424,30	20,88	18838,74



- Zatížení stálé:

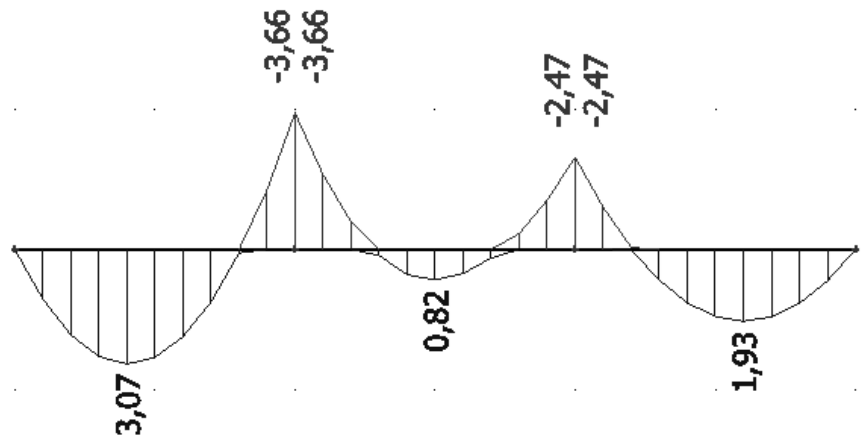
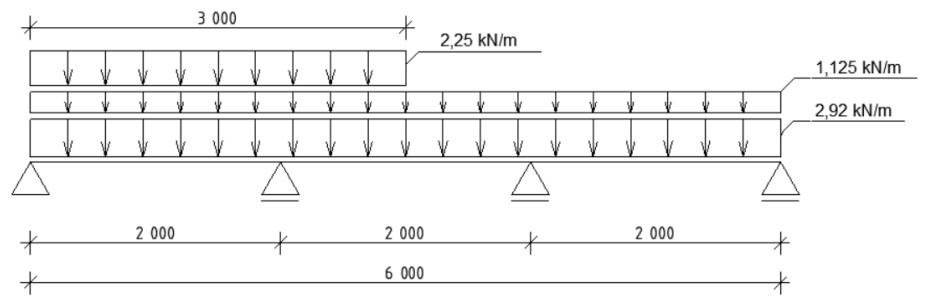
navrhovaný materiál	tl. [m]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	ZŠ [m]	g _k kN/m	g _d kN/m
čerstvá betonová směs	0,080	2600	26	2,069	1,0	2,069	2,793
trapezový plech	0,001			0,098	1,0	0,0975	0,132
celkem				2,166		2,166	2,92

- Zatížení montážní

navrhovaný materiál	tl. [m]	obj. hmotnost kg/m ³	obj. tíha kN/m ³	kN/m ²	ZŠ [m]	q _k kN/m	q _d kN/m
rovnorné montážní zatížení				0,75	1,0	0,75	1,125
soustředěné montážní zatížení - 3 m				1,50	1,0	1,5	2,25
celkem				2,25		2,25	3,38

$$q_{Ek,tab} \geq q_k$$

5,77 kN/m² ≥ 4,416 kN/m² ... vyhovuje



- Posouzení MSÚ:

Maximální moment v poli $+M_{max}$:

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{1,39 \times 10^{-5} \cdot 320 \times 10^6}{1,0} = 4,45 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 2,05 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

3,07 ≤ 4,45 [kNm] ... vyhovuje

Maximální moment nad podporou $-M_{max}$:

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{1,39 \times 10^{-5} \cdot 320 \times 10^6}{1,0} = 4,45 \text{ kNm}$$

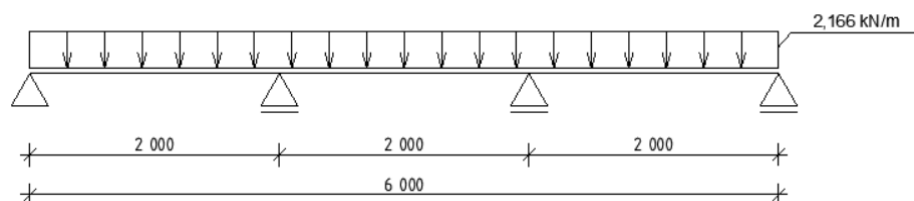
$$M_{Ed} = 2,44 \text{ kNm}$$

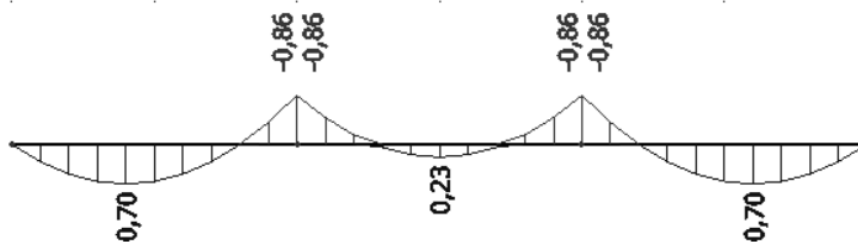
$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

3,66 ≤ 4,45 [kNm] ... vyhovuje

- Posouzení MSP:

Do výpočtu bereme zatížení od vl. tíhy trapézu a čerstvého betonu v charakteristických hodnotách.





$$\delta = \frac{1}{E \cdot I_{\text{eff}}} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot q \cdot L^4 - \frac{1}{16} \cdot M \cdot L^2 \right)$$

$$\delta = \frac{1}{210 \times 10^3 \cdot 2,98 \times 10^5} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 2,166 \cdot 2000^4 - \frac{1}{16} \cdot 0,86 \times 10^6 \cdot 2000^2 \right)$$

$$\delta = 3,78 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{2000}{250} = 8 \text{ mm}$$

$$\delta \leq \delta_{\text{lim}}$$

$$3,78 \leq 8 \text{ [mm]} \dots \text{vyhovuje}$$

- Posouzení rybníkového efektu:

$$\delta \leq \frac{1}{10} \cdot h = \frac{100}{10} = 10, \text{ kde } h \text{ je celková výška betonové desky}$$

$$3,78 \leq 10 \text{ [mm]} \dots \text{vyhovuje, uvažujeme bez rybníkového efektu}$$

7.2 Stropnice a sprážená betonová deska

Všechny stropnice, které se nachází v objektu, jsou kloubově uloženy k průvlakům nebo sloupům. Osová vzdálenost většiny stropnic je 2,0 m a délka je 6,0 m. Následně budou stropnice spráženy s betonovou deskou. Tloušťka desky je 100 mm v každém podlaží. Betonová deska bude provedena z betonu pevností třídy C25/30. Sprážení je dosaženo pomocí spráhovacích trnů. Při montáži není stropnice podepřena a posouzení je provedeno ve dvou fázích a to ve fázi montážní a fázi provozní.

Následně jsou podrobněji navrženy stropnice běžné, stropnice nad podlažím -1.S a stropnice střešní nad podlažními 7.NP, 5.NP a 1.NP. Ostatní uvedeno v tabulce (výpočty se liší pouze jinou hodnotou v zatížení).

	stropnice - umístění	profil	MEd [kNm]	≤	Mpl,Rd [kNm]	posouzení	trny		δ _{celk} [m]	≤	δ _{LIM} [m]
							φ [m]	h _{sc} [m]			
stropnice	7.NP střešní stropnice	IPE220	64,24	≤	150,71	0,43	0,016	0,075	0,022	≤	0,030
	6.NP běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45		150,71	0,59	0,016	0,075	0,025		0,030
	5.NP střešní stropnice	IPE240	154,32		182,80	0,84	0,016	0,075	0,025		0,030
	5.NP běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45		150,71	0,59	0,016	0,075	0,025		0,030
	4.NP běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45		150,71	0,59	0,016	0,075	0,025		0,030
	3.NP střešní stropnice	IPE240	135,08		182,80	0,74	0,016	0,075	0,024		0,030
	3.NP běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45		150,71	0,59	0,016	0,075	0,025		0,030
	2.NP běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45		150,71	0,59	0,016	0,075	0,025		0,030
	1.NP střešní stropnice	IPE240	117,00		182,80	0,64	0,016	0,075	0,022		0,030
	1.NP běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45		150,71	0,59	0,016	0,075	0,025		0,030
	-1.S běžná stropnice - podlaha	IPE240	122,38		182,80	0,67	0,016	0,075	0,028		0,030
	-2.S běžná stropnice - podlaha	IPE220	79,51		150,71	0,53	0,016	0,075	0,029		0,030

7.2.1 Stropnice běžná

Stropnice vyskytující se v běžném podlaží. Pro názornost je navržena stropnice ze stropní konstrukce nad 6.NP.

7.2.1.1 Charakteristiky použitých materiálů

použitý profil stropnice **IPE220**
 délka stropnice L [m] 6

charakteristiky ocelového profilu	
materiál	S235
mez kluzu f_y [Pa]	2,35E+08
modul pružnosti E_a [Pa]	2,1E+11
plocha průřezu A [m ²]	3,34E-03
výška průřezu h_a [m]	0,22
šířka průřezu b [m]	0,11
tloušťka pásnice t_f [m]	0,092
tloušťka stojiny t_w [m]	0,0059
třída průřezu	1
pl. průřezový modul $W_{pl,y}$ [m ³]	2,85E-04
moment setrvačnosti I_y [m ⁴]	2,77E-05

betonová deska	
beton C25/30	
char. pevnost betonu v tlaku f_{ck} [MPa]	25
návrh. pevnost betonu v tlaku f_{cd} [MPa]	16,67
γ_c	1,5
modul pružnosti E_{cm} [MPa]	31000
objemová hmotnost betonu - čerstvého [kg/m ³]	2600
objemová hmotnost betonu - ztvrdlého [kg/m ³]	2500
tloušťka betonové desky [m]	0,1

trapézový plech	
mez kluzu f_y [MPa]	320
mez pevnosti f_u [MPa]	390
modul pružnosti E [MPa]	210000
ef. moment setrvačnosti I_{eff} [m ⁴]	2,98E-07
ef. plocha A_{eff} [m ²]	1,16E-03
ef. průřezový modul W_{eff} [m ³]	1,39E-05

zatížení
 montážní fáze (působení ocelového nosníku a trapézového plechu)
 provozní fáze (působení spřaženého nosníku s deskou)

7.2.1.2 Zatížení

montážní fáze (stálé)		g_k [kN/m]	γ	g_d
ocelový IPE220 profil		0,262	1,35	0,354
trapezový plech		0,195		0,263
čerstvý beton		4,137		5,585
Z.Š. [m]	2	Σ	4,594	6,202

provozní fáze (stálé)		g_k	γ	g_d
ocelový IPE220 profil		0,262	1,35	0,354
celá stropní kce		8,006		10,808
příčky		0,900		1,215
Z.Š. [m]	2	Σ	9,168	12,377

provozní fáze (proměnné)		q_k	γ	q_d
užitné kanceláře B			5	1,5
Z.Š. [m]	2	Σ	5	7,5

7.2.1.3 Posouzení montážní fáze stropnice

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,202 \cdot 6^2$$

$$M_{Ed} \text{ [kNm]} \quad 27,91$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,85 \times 10^{-4} \cdot 235 \times 10^6}{1,0} = 66\,975 \text{ Nm} = 66,975 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \text{ [Nm]} \quad 66975 \quad M_{Rd} \text{ [kNm]} \quad 66,975$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$27,91 \leq 66,975$$

$$\frac{27,91}{66,975}$$

$$0,42 \quad \dots \text{vyhoví}$$

7.2.1.4 Posouzení provozní fáze stropnice - ohyb v MSÚ

účinná šířka b_{eff}

$$b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei}$$

$$b_0 \text{ [m]} \quad 0,04$$

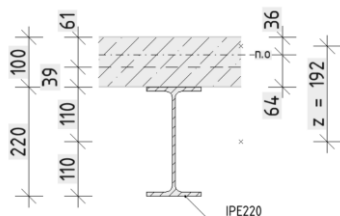
$$L \text{ [m]} \quad 6$$

$$b_{e1} \text{ [m]} \quad 0,75$$

$$b_{e2} \text{ [m]} \quad 0,75$$

$$b_{eff} \text{ [m]} \quad 1,54$$

$$b_{e1} = b_{e2} = \frac{L}{8} = \frac{6}{8}$$



poloha neutrálné osy

$$F_a = F_c$$

$$F_a = A_a \cdot f_{yd} = 3,34 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6$$

F_a [N]	784900	F_a [kN]	784,9
-----------	--------	------------	-------

$$F_c = A_c \cdot 0,5 \cdot f_{cd} =$$

F_c [N]	784900	F_c [kN]	784,9
-----------	--------	------------	-------

$$x = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}} = \frac{3,34 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6}{0,85 \cdot 1,54 \cdot 16,67 \times 10^6}$$

x [m]	0,036
---------	-------

rameno vnitřních sil z

$x/2$ [m]	0,018
-----------	-------

$h_d/2$ [m]	0,11
-------------	------

h_d [m]	0,1
-----------	-----

y [m]	0,064
---------	-------

z [m]	0,192
---------	-------

Plastický nárhový moment únosnosti

$$M_{pl,Rd} = F_a \cdot z = F_c \cdot z = 784,9 \cdot 0,192$$

$M_{pl,Rd}$ [kNm]	150,710
-------------------	---------

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (12,377 + 7,5) \cdot 6^2$$

M_{Ed} [kNm]	89,447
----------------	--------

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$89,447 \leq 150,71$$

$$\frac{89,447}{150,71}$$

0,59	...vyhoví
------	-----------

7.2.1.5 Posouzení provozní fáze stropnice - smyk v MSÚ

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (g_d + q_d) \cdot L = \frac{1}{2} \cdot (12,377 + 7,5) \cdot 6$$

V_{Ed} [kN]	59,63
---------------	-------

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,001 \cdot 235 \times 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$$

$$A_v = h_a \cdot t_w = 0,22 \cdot 0,006$$

A_v [m ²]	0,0013
-------------------------	--------

$V_{pl,Rd}$ [N]	176109,153	$V_{pl,Rd}$ [kN]	176,109
-----------------	------------	------------------	---------

$$\frac{59,63}{176,109} \leq 1,0$$

0,34	...vyhovuje
------	-------------

7.2.1.6 Návrh spřažení pomocí spřahovacích trnů

charakteristiky spřahovacího trnu

průměr hlavy trnu [m]	0,032
průměr dřívku trnu [m]	0,016
výška hlavy trnu [m]	0,008
délka trnu [m]	-
délka trnu po přivaření [m]	0,075
mez pevnosti f_u [MPa]	360

Podélná smyková síla

$$N_{cf} = \min \left\{ \begin{array}{l} A_a \cdot f_{yd} \\ A_c \cdot 0,85 \cdot f_{cd} + (A_s \cdot f_{sd}) \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 3,34 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6 \\ 1,54 \cdot 0,036 \cdot 0,85 \cdot 16,67 \times 10^6 \end{array} \right\}$$

N_{cf1} [N]	784900	N_{cf1} [kN]	784,9	$N_{cf,min}$	784,9
N_{cf2} [N]	784900	N_{cf2} [kN]	784,9	[kN]	

únosnost 1 trnu

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = \frac{57,906}{1,25}$$

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot 360 \times 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,016^2}{4} \\ 0,29 \cdot 1 \cdot 0,01^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31000} \end{array} \right\}$$

$P_{rk,1}$ [N]	57905,836	$P_{rk,1}$ [kN]	57,906	$P_{rk,min}$	57,906
$P_{rk,2}$ [N]	65356,50419	$P_{rk,2}$ [kN]	65,357	[kN]	

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \\ 1 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left(\frac{0,075}{0,016} + 1 \right) \\ 1 \end{array} \right\}$$

α_1	1,1375	α_{min}	1
α_2	1		

$\frac{h_{sc}}{d} \geq 4$	>>	4,6875		
$\frac{h_{sc}}{d} = 3$	>>			
P_{Rd} [kN]		46,325		
redukční součinitel - žebra kolmo k ose nosníku				
$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_o}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,08}{0,039} \cdot \left(\frac{0,075}{0,039} - 1 \right)$				
b0 [m]		0,08		
h _p		0,039		
k _t		0,915	$k_t \leq k_{t,max}$	k_t 0,70
k _{t,max}		0,7		
redukovaná únosnost trnu				
$P_{Rd,red} = k_t \cdot P_{Rd} = 0,7 \cdot 46,325$				
P _{Rd,red} [kN]		32,427		
Potřebný počet trnů				
$n_f = \frac{N_{cf}}{P_{Rd,red}} = \frac{784,9}{32,427}$				
n _f		24,20	25	nutný počet spřahovacích trnů na polovině nosníku
n		18,75	18	počet žebek na polovině nosníku
v každém žebku dva trny > 2×18 = 36 (na polovině nosníku bude max 36 trnů)				
$\eta = \frac{n}{n_f} = \frac{36}{25}$				
η [-]		1,44	...úplné spřažení	
η ≥ 1,0 ... úplné spřažení				
η < 1,0 ... částečné spřažení				
konstrukční zásady spřahovacích trnů				
min rozteč trnů				
$b \geq \min 2,5d$...vyhovuje				
b [m]		0,04		
d [m]		0,016		
2,5d [m]		0,04		
max průměr trnu				
$d \leq 2,5t$...vyhovuje				
d [m]		0,016		
t _f [m]		0,092		
2,5t _f [m]		0,23		
vzdálenost trnu k okraji pásnice				
$e = \min 20 \text{ mm}$...nevyhovuje				
e _{min} [m]		0,02		
e _{skut} [m]				

	výška trnu			
	$h \geq 4d$	vyhovuje		
	d [m]	0,016		
	h [m]	0,08		
	vzálenost mezi vlnami plechu			
	$s_1 \leq \min \begin{cases} 6h_d \\ 800 \end{cases}$	...vyhovuje		
	h_d [m]	0,1		
	$6h_d$ [m]	0,6	min	0,6
	800	0,8		
	s_1 [m]	0,16		
	$s_1 \geq 5d$	...vyhovuje		
	d [m]	0,016		
	$5d$ [m]	0,08		
	tl. pásnice oc. profilu			
	$t_f \geq 0,4d$	vyhovuje		
	t_f [m]	0,092		
	d [m]	0,016		
	7.2.1.7 Posouzení MSP - montážní fáze			
	$\delta_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_a \cdot I_a} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,594 \cdot 6^4}{210000 \times 10^6 \cdot 2,77 \times 10^{-5}}$			
	δ_1 [m]	0,013		
	$\delta_{\max} = \frac{L}{200} = \frac{6}{200}$			
	δ_{\max} [m]	0,03		
	$\delta_1 \leq \delta_{\max}$			
	0,013 ≤ 0,030 ...vyhovuje			
	Průřezové charakteristiky ideálního průřezu			
n ... pracovní součinitel	$n = \frac{E_a}{E_c} = \frac{210 \times 10^6}{15,5 \times 10^6}$			
	n [-]	13,548		
	$E_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31\ 000}{2}$			
	E_c [MPa]	15500		
	$A_c = b_{\text{eff}} \cdot x$			
	A_c [m ²]	0,055		
	$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 3,34 \times 10^{-3} + \frac{0,055}{13,548}$			
	A_i [m ²]	0,007		
	$S_i = A_a \cdot c_a + \frac{A_c \cdot c_c}{n} = 3,34 \times 10^{-3} \cdot 0,21 + \frac{0,055 \cdot 0,018}{13,548}$			
	S_i [m ²]	0,0008		

$$c_i = \frac{S_i}{A_i} = \frac{0,00044}{0,007}$$

c_i [m] 0,104
 z_a [m] 0,106
 z_c [m] 0,086
 $I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + \frac{1}{n} \cdot (I_c + A_c \cdot z_c^2) =$
 $= 2,77 \times 10^{-5} + 3,34 \times 10^{-3} \cdot 0,151^2 + \frac{1}{13,548} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1,54 \cdot 0,036 + 0,055 \cdot 0,086^2 \right)$
 I_i [m⁴] 0,00010
 $\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_a \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(9,168 + 5) \cdot 6^4}{210 \times 10^6 \cdot 1,0 \times 10^{-4}}$
 δ_2 [m] 0,012
 $\delta_{\text{celk}} = \delta_1 + \delta_2 = 0,012 + 0,013$
 δ_{celk} [m] **0,025** ... vyhoví

7.2.2 Stropnice – střešní nad 7.NP

Stropnice se nachází ve stropní konstrukci nad 7.NP

7.2.2.1 Charakteristiky použitých materiálů

použitý profil stropnice	IPE220
délka stropnice L [m]	6
charakteristiky ocelového profilu	
materiál	S235
mez kluzu f_y [Pa]	2,35E+08
modul pružnosti E_a [Pa]	2,1E+11
plocha průřezu A_a [m ²]	3,34E-03
výška průřezu h_a [m]	0,22
šířka průřezu b [m]	0,11
tloušťka pásnice t_f [m]	0,092
tloušťka stojiny t_w [m]	0,0059
třída průřezu	1
pl. průřezový modul $W_{pl,y}$ [m ³]	2,85E-04
moment setrvačnosti I_y [m ⁴]	2,77E-05
betonová deska	
beton C25/30	
char. pevnost betonu v tlaku f_{ck} [MPa]	25
návrh. pevnost betonu v tlaku f_{cd} [MPa]	16,67
γ_c	1,5
modul pružnosti E_{cm} [MPa]	31000
objemová hmotnost betonu - čerstvého [kg/m ³]	2600
objemová hmotnost betonu - ztvrdlého [kg/m ³]	2500
tloušťka betonové desky	0,1

trapézový plech			
mez kluzu f_y [MPa]			320
mez pevnosti f_u [MPa]			390
modul pružnosti E [MPa]			210000
ef. moment setrvačnosti I_{eff} [m ⁴]			2,98E-07
ef. plocha A_{eff} [m ²]			1,16E-03
ef. průřezový modul W_{eff} [m ³]			1,39E-05
7.2.2.2 Zatížení			
zatížení			
montážní fáze (působení ocelového nosníku a trapézového plechu)			
provozní fáze (působení spřaženého nosníku s deskou)			
<i>montážní fáze (stálé)</i>			
	g_k [kN/m]	γ	g_d
ocelový IPE220 profil	0,262	1,35	0,354
trapézový plech	0,195		0,263
čerstvý beton	4,137		5,585
Z.Š. [m]	2	Σ	6,202
<i>provozní fáze (stálé)</i>			
	g_k	γ	g_d
ocelový IPE220 profil	0,262	1,35	0,354
celá stropní kce	5,373		7,254
VZT	1,400		1,890
Z.Š. [m]	2	Σ	9,498
<i>provozní fáze (proměnné)</i>			
	q_k	γ	q_d
sníh	2,400	1,5	3,6
vítr	1,308	0,9	1,18
Z.Š. [m]	2	Σ	4,778
7.2.2.3 Posouzení montážní fáze stropnice			
$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$			
$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,202 \cdot 6^2$			
M_{Ed} [kNm]	27,91		
$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{2,85 \times 10^{-4} \cdot 235 \times 10^6}{1,0} = 66\,975 \text{ Nm} = 66,975 \text{ kNm}$			
M_{Rd} [Nm]	66975	M_{Rd} [kNm]	66,975
$M_{Ed} \leq M_{Rd}$			
27,91 ≤ 66,975			
$\frac{27,91}{66,975}$			
0,42 ...vyhoví			

7.2.2.4 Posouzení provozní fáze stropnice - ohyb v MSÚ

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum b_{ei}$$

b_0 [m]	0,04	
L [m]	6	
b_{e1} [m]	0,75	$b_{e1} = b_{e2} = \frac{L}{8} = \frac{6}{8}$
b_{e2} [m]	0,75	
b_{eff} [m]	1,54	

poloha neutrálné osy

$$F_a = F_c$$

$$F_a = A_a \cdot f_{yd} = 3,34 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6$$

F_a [N]	784900	F_a [kN]	784,9
-----------	--------	------------	-------

$$F_c = A_c \cdot 0,5 \cdot f_{cd} =$$

F_c [N]	784900	F_c [kN]	784,9
-----------	--------	------------	-------

$$x = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{0,85 \cdot b_{\text{eff}} \cdot f_{cd}} = \frac{3,34 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6}{0,85 \cdot 1,54 \cdot 16,67 \times 10^6}$$

x [m]	0,036
---------	--------------

rameno vnitřních sil z

$x/2$ [m]	0,018
-----------	-------

$h_a/2$ [m]	0,11
-------------	------

h_d [m]	0,1
-----------	-----

y [m]	0,064
---------	-------

z [m]	0,192
---------	-------

Plastický nárhový moment únosnosti

$$M_{\text{pl,Rd}} = F_a \cdot z = F_c \cdot z = 784,9 \cdot 0,192$$

$M_{\text{pl,Rd}}$ [kNm]	150,710
--------------------------	----------------

$$M_{\text{Ed}} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (9,498 + 4,778) \cdot 6^2$$

M_{Ed} [kNm]	64,238
-----------------------	---------------

$$M_{\text{Ed}} \leq M_{\text{Rd}}$$

$$64,238 \leq 150,71$$

$$\frac{64,238}{150,71}$$

$$0,43$$

vyhoví

7.2.2.5 Posouzení provozní fáze stropnice - smyk v MSÚ

$$\frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{pl,Rd}}} \leq 1,0$$

$$V_{\text{Ed}} = \frac{1}{2} \cdot (g_d + q_d) \cdot L = \frac{1}{2} \cdot (9,498 + 4,778) \cdot 6$$

V_{Ed} [kN]	42,83
----------------------	--------------

$$V_{\text{pl,Rd}} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,0013 \cdot 235 \times 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$$

$$A_v = h_a \cdot t_w = 0,22 \cdot 0,006$$

A_v [m ²]	0,0013
-------------------------	--------

$V_{pl,Rd} [N]$	176109,153	$V_{pl,Rd} [kN]$	176,109
$\frac{42,83}{176,109} \leq 1,0$			
0,24	...vyhovuje		
7.2.2.6 Návrh sprážení pomocí spráhovacích trnů			
<u>průměr hlavy trnu [m]</u>			0,032
<u>průměr dřívku trnu [m]</u>			0,016
<u>výška hlavy trnu [m]</u>			0,008
<u>délka trnu [m]</u>			-
<u>délka trnu po přivaření [m]</u>			0,075
<u>mez pevnosti f_u [MPa]</u>			360
Podélná smyková síla			
$N_{cf} = \min \left\{ \begin{array}{l} A_a \cdot f_{yd} \\ A_c \cdot 0,85 \cdot f_{cd} + (A_s \cdot f_{sd}) \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 3,34 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6 \\ 1,54 \cdot 0,036 \cdot 0,85 \cdot 16,67 \times 10^6 \end{array} \right\}$			
$N_{cf1} [N]$	784900	$N_{cf1} [kN]$	784,9
$N_{cf2} [N]$	784900	$N_{cf2} [kN]$	784,9
		$N_{cf,min}$	784,9
Únosnost 1 trnu			
$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = \frac{57,906}{1,25}$			
$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot 360 \times 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,016^2}{4} \\ 0,29 \cdot 1 \cdot 0,016^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31000} \end{array} \right\}$			
$P_{rk,1} [N]$	57905,836	$P_{rk,1} [kN]$	57,906
$P_{rk,2} [N]$	65356,50419	$P_{rk,2} [kN]$	65,357
		$P_{rk,min}$	57,906
$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \\ 1 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left(\frac{0,075}{0,016} + 1 \right) \\ 1 \end{array} \right\}$			
α_1	1,1375		
α_2	1	α_{min}	1
$\frac{h_{sc}}{d} \geq 4 \gg 4,6875$			
$\frac{h_{sc}}{d} = 3 \gg$			
$P_{Rd} [kN]$	46,325		
redukční součinitel - žebra kolmo k ose nosníku			
$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_o}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,08}{0,039} \cdot \left(\frac{0,075}{0,039} - 1 \right)$			
$b_o [m]$	0,08		
h_p	0,039		
k_t	0,915	$k_t \leq k_{t,max}$	k_t
$k_{t,max}$	0,7		0,70

redukováná únosnost spřahovacích trnů			
$P_{Rd,red} = k_t \cdot P_{Rd} = 0,7 \cdot 46,325$			
$P_{Rd,red}$ [kN]	32,427		
Potřebný počet trnů			
$n_f = \frac{N_{cf}}{P_{Rd,red}} = \frac{784,9}{32,427}$			
n_f	24,20	25	nutný počet spřahovacích trnů na polovině nosníku
n	18,75	18	počet žeber na polovině nosníku
v každém žeburu dva trny $> 2 \times 18 = 36$ (na polovině nosníku bude max 36 trnů)			
$\eta = \frac{n}{n_f} = \frac{36}{25}$			
η [-]	1,44	...úplné spřažení	
$\eta \geq 1,0$... úplné spřažení			
$\eta < 1,0$... částečné spřažení			
konstrukční zásady spřahovacích trnů			
min rozteč trnů			
$b \geq \min 2,5d$...vyhovuje			
b [m]	0,04		
d [m]	0,016		
$2,5d$ [m]	0,04		
max průměr trnu			
$d \leq 2,5t_f$...vyhovuje			
d [m]	0,016		
t_f [m]	0,092		
$2,5t_f$ [m]	0,23		
vzdálenost trnu k okraji pásnice			
$e = \min 20 \text{ mm}$...vyhovuje			
e_{\min} [m]	0,02		
e_{skut} [m]	0,027		
výška trnu			
$h \geq 4d$...vyhovuje			
d [m]	0,016		
h [m]	0,08		
vzálenost mezi vlnami plechu			
$s_1 \leq \min \left\{ \begin{matrix} 6h_d \\ 800 \end{matrix} \right\}$...vyhovuje			
h_d [m]	0,1		
$6h_d$ [m]	0,6	min	0,6
800	0,8		
s_1 [m]	0,16		
$s_1 \geq 5d$...vyhovuje			
d [m]	0,016		
$5d$ [m]	0,08		

tl. pásnice oc. profilu
 $t_f \geq 0,4d$...vyhovuje
 t_f [m] 0,092
 d [m] 0,016

7.2.2.7 Posouzení MSP - montážní fáze

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_a \cdot I_a} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,594 \cdot 6^4}{210000 \times 10^6 \cdot 2,77 \times 10^{-5}}$$

δ_1 [m] 0,013

$$\delta_{\max} = \frac{L}{200} = \frac{6}{200}$$

δ_{\max} [m] 0,03

$\delta_1 \leq \delta_{\max}$

0,013 ≤ 0,030 ...vyhovuje

Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

$$n = \frac{E_a}{E_c} = \frac{210 \times 10^6}{15,5 \times 10^6}$$

n [-] 13,548

$$E_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31\,000}{2}$$

E_c [MPa] 15500

$A_c = b_{\text{eff}} \cdot x$

A_c [m²] 0,055

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 3,34 \times 10^{-3} + \frac{0,055}{13,548}$$

A_i [m²] 0,007

$$S_i = A_a \cdot c_a + \frac{A_c \cdot c_c}{n} = 3,34 \times 10^{-3} \cdot 0,21 + \frac{0,055 \cdot 0,018}{13,548}$$

S_i [m²] 0,0008

$$c_i = \frac{S_i}{A_i} = \frac{0,0008}{0,007}$$

c_i [m] 0,104

z_a [m] 0,106

z_c [m] 0,086

$$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + \frac{1}{n} \cdot (I_c + A_c \cdot z_c^2) =$$

$$= 2,77 \times 10^{-5} + 3,34 \times 10^{-3} \cdot 0,106^2 + \frac{1}{13,548} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1,54 \cdot 0,036 + 0,055 \right)$$

I_i [m⁴] 0,00010

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_a \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(7,035 + 3,708) \cdot 6^4}{210 \times 10^6 \cdot 1,0 \times 10^{-4}}$$

δ_2 [m] 0,009

$\delta_{\text{celk}} = \delta_1 + \delta_2 = 0,013 + 0,009$

δ_{celk} [m] 0,022 ... vyhoví

7.2.3 Stropnice - střešní nad 5.NP

Stropnice se nachází ve stropní konstrukci nad 5.NP

7.2.3.1 Charakteristiky použitých materiálů

použitý profil stropnice **IPE240**
 délka stropnice L [m] 6

charakteristiky ocelového profilu	
materiál	S235
mez kluzu f_y [Pa]	2,35E+08
modul pružnosti E_a [Pa]	2,1E+11
plocha průřezu A_a [m ²]	3,91E-03
výška průřezu h_a [m]	0,24
šířka průřezu b [m]	0,12
tloušťka pásnice t_f [m]	0,010
tloušťka stojiny t_w [m]	0,006
třída průřezu	
pl. průřezový modul $W_{pl,y}$ [m ³]	3,66E-04
moment setrvačnosti I_y [m ⁴]	3,89E-05

betonová deska	
beton C25/30	
char. pevnost betonu v tlaku f_{ck} [MPa]	25
návrh. pevnost betonu v tlaku f_{cd} [MPa]	16,67
γ_c	1,5
modul pružnosti E_{cm} [MPa]	31000
objemová hmotnost betonu - čerstvého [kg/m ³]	2600
objemová hmotnost betonu - ztvrdlého [kg/m ³]	2500
tloušťka betonové desky	0,1

trapézový plech	
mez kluzu f_y [MPa]	320
mez pevnosti f_u [MPa]	390
modul pružnosti E [MPa]	210000
ef. moment setrvačnosti I_{eff} [m ⁴]	2,98E-07
ef. plocha A_{eff} [m ²]	1,16E-03
ef. průřezový modul W_{eff} [m ³]	1,39E-05

7.2.3.2 Zatížení

zatížení
 montážní fáze (působení ocelového nosníku a trapézového plechu)
 provozní fáze (působení spřaženého nosníku s deskou)

	<i>montážní fáze (stálé)</i>		g_k [kN/m]	γ	g_d
			0,307	1,35	0,414
			0,195		0,263
			4,137		5,585
	Z.Š. [m]	2	Σ	4,639	6,263
	<i>provozní fáze (stálé)</i>		g_k	γ	g_d
			0,307	1,35	0,414
			15,085		20,365
					0,000
	Z.Š. [m]	2	Σ	15,392	20,779
	<i>provozní fáze (proměnné)</i>		q_k	γ	q_d
sníh (navátý) q_k				1,5	0
7,36				0,9	0,00
10,66					
sníh (navátý) q_d					
11,04					
15,99					
	Z.Š. [m]	2	Σ	0,000	0,000
	7.2.3.3 Posouzení montážní fáze stropnice				
	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$ $M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,263 \cdot 6^2$ <p>M_{Ed} [kNm] 28,18</p> $M_{Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{3,66 \times 10^{-4} \cdot 235 \times 10^6}{1,0} = 86\,010\text{Nm} = 86,01\text{ kNm}$ <p>M_{Rd} [Nm] 86010 M_{Rd} [kNm] 86,01</p> $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ $28,18 \leq 86,01$ $\frac{28,18}{86,01}$ <p>0,33 ...vyhoví</p>				
	7.2.3.4 Posouzení provozní fáze stropnice – ohyb v MSÚ				
	účinná šířka b_{eff}				
	$b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei}$				
	b_0 [m]		0,04		
	L [m]		6		
	b_{e1} [m]		0,75	$b_{e1} = b_{e2} = \frac{L}{8} = \frac{6}{8}$	
	b_{e2} [m]		0,75		
	b_{eff} [m]		1,54		

	<p>poloha neutrálné osy</p> $F_a = F_c$ $F_a = A_a \cdot f_{yd} = 3,91 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6$ <table border="0"> <tr> <td>F_a [N]</td> <td>918850</td> <td>F_a [kN]</td> <td>918,85</td> </tr> <tr> <td>$F_c = A_c \cdot 0,5 \cdot f_{cd} =$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F_c [N]</td> <td>918850</td> <td>F_c [kN]</td> <td>918,85</td> </tr> </table> $x = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}} = \frac{3,91 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6}{0,85 \cdot 1,54 \cdot 16,67 \times 10^6}$ <table border="0"> <tr> <td>x [m]</td> <td>0,042</td> </tr> </table> <p>rameno vnitřních sil z</p> <table border="0"> <tr> <td>$x/2$ [m]</td> <td>0,021</td> </tr> <tr> <td>$h_a/2$ [m]</td> <td>0,12</td> </tr> <tr> <td>h_d [m]</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>y [m]</td> <td>0,058</td> </tr> <tr> <td>z [m]</td> <td>0,199</td> </tr> </table> <p>Plastický nárhový moment únosnosti</p> $M_{pl,Rd} = F_a \cdot z = F_c \cdot z = 918,85 \cdot 0,199$ <table border="0"> <tr> <td>$M_{pl,Rd}$ [kNm]</td> <td>182,797</td> </tr> </table> <p>$M_{Ed} = 154,32$</p> <table border="0"> <tr> <td>M_{Ed} [kNm]</td> <td>154,320</td> </tr> </table> $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ $154,32 \leq 182,797$ <table border="0"> <tr> <td>$\frac{154,32}{182,797}$</td> <td>0,84</td> <td>...vyhoví</td> </tr> </table>	F_a [N]	918850	F_a [kN]	918,85	$F_c = A_c \cdot 0,5 \cdot f_{cd} =$				F_c [N]	918850	F_c [kN]	918,85	x [m]	0,042	$x/2$ [m]	0,021	$h_a/2$ [m]	0,12	h_d [m]	0,1	y [m]	0,058	z [m]	0,199	$M_{pl,Rd}$ [kNm]	182,797	M_{Ed} [kNm]	154,320	$\frac{154,32}{182,797}$	0,84	...vyhoví
F_a [N]	918850	F_a [kN]	918,85																													
$F_c = A_c \cdot 0,5 \cdot f_{cd} =$																																
F_c [N]	918850	F_c [kN]	918,85																													
x [m]	0,042																															
$x/2$ [m]	0,021																															
$h_a/2$ [m]	0,12																															
h_d [m]	0,1																															
y [m]	0,058																															
z [m]	0,199																															
$M_{pl,Rd}$ [kNm]	182,797																															
M_{Ed} [kNm]	154,320																															
$\frac{154,32}{182,797}$	0,84	...vyhoví																														
	<p>7.2.3.5 Posouzení provozní fáze stropnice - smyk v MSÚ</p> $\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$ $V_{Ed} = 105,35$ <table border="0"> <tr> <td>V_{Ed} [kN]</td> <td>105,35</td> </tr> </table> $V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,0015 \cdot 235 \times 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$ $A_v = h_a \cdot t_w = 0,24 \cdot 0,006$ <table border="0"> <tr> <td>A_v [m²]</td> <td>0,0015</td> </tr> <tr> <td>$V_{pl,Rd}$ [N]</td> <td>201887,842</td> <td>$V_{pl,Rd}$ [kN]</td> <td>201,888</td> </tr> </table> $\frac{105,35}{201,888} \leq 1,0$ <table border="0"> <tr> <td>$\frac{105,35}{201,888}$</td> <td>0,52</td> <td>...vyhovuje</td> </tr> </table>	V_{Ed} [kN]	105,35	A_v [m ²]	0,0015	$V_{pl,Rd}$ [N]	201887,842	$V_{pl,Rd}$ [kN]	201,888	$\frac{105,35}{201,888}$	0,52	...vyhovuje																				
V_{Ed} [kN]	105,35																															
A_v [m ²]	0,0015																															
$V_{pl,Rd}$ [N]	201887,842	$V_{pl,Rd}$ [kN]	201,888																													
$\frac{105,35}{201,888}$	0,52	...vyhovuje																														

7.2.3.6 Návrh sprážení pomocí spráhovacích trnů

charakteristiky spráhovacího trnu

průměr hlavy trnu [m]	0,032
průměr dřívku trnu [m]	0,016
výška hlavy trnu [m]	0,008
délka trnu [m]	-
délka trnu po přivaření [m]	0,075
mez pevnosti f_u [MPa]	360

Podélná smyková síla

$$N_{cf} = \min \left\{ \begin{array}{l} A_a \cdot f_{yd} \\ A_c \cdot 0,85 \cdot f_{cd} + (A_s \cdot f_{sd}) \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 3,91 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6 \\ 1,54 \cdot 0,042 \cdot 0,85 \cdot 16,67 \times 10^6 \end{array} \right\}$$

N_{cf1} [N]	918850	N_{cf1} [kN]	918,85	$N_{cf,min}$	918,85
N_{cf2} [N]	918850	N_{cf2} [kN]	918,85	[kN]	

únosnost 1 trnu

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = \frac{57,906}{1,25}$$

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot 360 \times 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,016^2}{4} \\ 0,29 \cdot 1 \cdot 0,016^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31000} \end{array} \right\}$$

$P_{rk,1}$ [N]	57905,836	$P_{rk,1}$ [kN]	57,906	$P_{rk,min}$	57,906
$P_{rk,2}$ [N]	65356,50419	$P_{rk,2}$ [kN]	65,357	[kN]	

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \\ 1 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left(\frac{0,075}{0,016} + 1 \right) \\ 1 \end{array} \right\}$$

α_1	1,1375	α_{min}	1
α_2	1		

$$\frac{h_{sc}}{d} \geq 4 \gg 4,6875$$

$$\frac{h_{sc}}{d} = 3 \gg$$

P_{Rd} [kN]	46,325
---------------	---------------

redukční součinitel - žebra kolmo k ose nosníku

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_o}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,08}{0,039} \cdot \left(\frac{0,075}{0,039} - 1 \right)$$

b_o [m]	0,08			
h_p	0,039			
k_t	0,915	$k_t \leq k_{t,max}$	k_t	0,70
$k_{t,max}$	0,7			

--	--

redukovaná únosnost			
$P_{Rd,red} = k_t \cdot P_{Rd} = 0,7 \cdot 46,325$			
$P_{Rd,red}$ [kN]	32,427		
Potřebný počet trnů			
$n_f = \frac{N_{cf}}{P_{Rd,red}} = \frac{918,8}{32,427}$			
n_f	28,34	29	nutný počet spřahovacích trnů na polovině nosníku
n	18,75	18	počet žeber na polovině nosníku
v každém žebru dva trny $> 2 \times 18 = 36$ (na polovině nosníku bude max 36 trnů)			
$\eta = \frac{n}{n_f} = \frac{36}{29}$			
η [-]	1,241	...úplné spřažení	
$\eta \geq 1,0$... úplné spřažení			
$\eta < 1,0$... částečné spřažení			
konstrukční zásady spřahovacích trnů			
min rozteč trnů			
$b \geq \min 2,5d$	...vyhovuje		
b [m]	0,04		
d [m]	0,016		
$2,5d$ [m]	0,04		
max průměr trnu			
$d \leq 2,5t$	...vyhovuje		
d [m]	0,016		
t_f [m]	0,0098		
$2,5t_f$ [m]	0,0245		
vzdálenost trnu k okraji pásnice			
$e = \min 20 \text{ mm}$	...vyhovuje		
e_{min} [m]	0,02		
e_{skut} [m]	0,027		
výška trnu			
$h \geq 4d$	...vyhovuje		
d [m]	0,016		
h [m]	0,08		
vzálenost mezi vlnami plechu			
$s_1 \leq \min \left\{ \begin{matrix} 6h_d \\ 800 \end{matrix} \right\}$	...vyhovuje		
h_d [m]	0,1		
$6h_d$ [m]	0,6	min	0,6
800	0,8		
s_1 [m]	0,16		
$s_1 \geq 5d$	...vyhovuje		
d [m]	0,016		
$5d$ [m]	0,08		

tl. pásnice oc. profilu		
$t_f \geq 0,4d$	...vyhovuje	
t_f [m]	0,010	
d [m]	0,016	
7.2.3.7 Posouzení MSP - montážní fáze		
$\delta_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_a \cdot I_a} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,639 \cdot 6^4}{210000 \times 10^6 \cdot 2,77 \times 10^{-5}}$		
δ_1 [m]	0,0096	
$\delta_{\max} = \frac{L}{200} = \frac{6}{200}$		
δ_{\max} [m]	0,03	
$\delta_1 \leq \delta_{\max}$		
0,010 ≤ 0,030	...vyhovuje	
Průřezové charakteristiky ideálního průřezu		
$n = \frac{E_a}{E_c} = \frac{210 \times 10^6}{15,5 \times 10^6}$		
n [-]	13,548	
$E_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31\,000}{2}$		
E_c [MPa]	15500	
$A_c = b_{\text{eff}} \cdot x = 1,54 \cdot 0,042$		
A_c [m ²]	0,065	
$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 3,91 \times 10^{-3} + \frac{0,065}{13,548}$		
A_i [m ²]	0,009	
$S_i = A_a \cdot c_a + \frac{A_c \cdot c_c}{n} = 3,91 \times 10^{-3} \cdot 0,22 + \frac{0,065 \cdot 0,021}{13,548}$		
S_i [m ²]	0,0010	
$c_i = \frac{S_i}{A_i} = \frac{0,0010}{0,009}$		
c_i [m]	0,1105	
z_a [m]	0,1095	
z_c [m]	0,089	
$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + \frac{1}{n} \cdot (I_c + A_c \cdot z_c^2) =$		
$= 3,89 \times 10^{-5} + 3,91 \times 10^{-3} \cdot 0,11^2 + \frac{1}{13,548} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1,54 \cdot 0,042 + 0,065 \cdot$		
I_i [m ⁴]	0,00012	
$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_a \cdot I_i} + \frac{5}{768} \cdot \frac{(q_a + q_b) \cdot L^4}{E_a \cdot I_i} =$		
$= \frac{5}{384} \cdot \frac{15,392 \cdot 6^4}{210 \times 10^6 \cdot 1,2 \times 10^{-4}} + \frac{5}{768} \cdot \frac{(7,36 + 10,66) \cdot 6^4}{210 \times 10^6 \cdot 1,2 \times 10^{-4}} =$		
δ_2 [m]	0,0157	
$\delta_{\text{celk}} = \delta_1 + \delta_2 = 0,010 + 0,016$		
δ_{celk} [m]	0,025	... vyhoví

7.2.4 Stropnice - střešní nad 1.NP

Stropnice se nachází ve stropní konstrukci nad 1.NP (nad částí objektu, kde je restaurace)

7.2.4.1 Charakteristiky použitých materiálů

použitý profil stropnice **IPE240**
 délka stropnice L [m] 6

charakteristiky ocelového profilu	
materiál	S235
mez kluzu f_y [Pa]	2,35E+08
modul pružnosti E_a [Pa]	2,1E+11
plocha průřezu A_a [m ²]	3,91E-03
výška průřezu h_a [m]	0,24
šířka průřezu b [m]	0,12
tloušťka pásnice t_f [m]	0,010
tloušťka stojiny t_w [m]	0,006
třída průřezu	1
pl. průřezový modul W_{ply} [m ³]	3,66E-04
moment setrvačnosti I_y [m ⁴]	3,89E-05

betonová deska	
beton C25/30	
char. pevnost betonu v tlaku f_{ck} [MPa]	25
návrh. pevnost betonu v tlaku f_{cd} [MPa]	16,67
γ_c	1,5
modul pružnosti E_{cm} [MPa]	31000
objemová hmotnost betonu - čerstvého [kg/m ³]	2600
objemová hmotnost betonu - ztvrdlého [kg/m ³]	2500
tloušťka betonové desky	0,1

trapézový plech	
mez kluzu f_y [MPa]	320
mez pevnosti f_u [MPa]	390
modul pružnosti E [MPa]	210000
ef. moment setrvačnosti I_{eff} [m ⁴]	2,98E-07
ef. plocha A_{eff} [m ²]	1,16E-03
ef. průřezový modul W_{eff} [m ³]	1,39E-05

7.2.4.2 Zatížení

zatížení
 montážní fáze (působení ocelového nosníku a trapézového plechu)
 provozní fáze (působení spřaženého nosníku s deskou)

<i>montážní fáze (stálé)</i>		g_k [kN/m]	γ	g_d
ocelový IPE240 profil		0,307	1,35	0,414
trapézový plech		0,195		0,263
čerstvý beton		4,137		5,585
Z.Š. [m]	2	Σ	4,639	6,263
<i>provozní fáze (stálé)</i>		g_k	γ	g_d
ocelový IPE240 profil		0,307	1,35	0,414
celá stropní kce		15,085		20,365
				0,000
Z.Š. [m]	2	Σ	15,392	20,779
<i>provozní fáze (proměnné)</i>		q_k	γ	q_d
sníh (navátý od budovy)		3,480	1,5	5,22
			0,9	0,00
Z.Š. [m]	2	Σ	3,480	5,220

7.2.4.3 Posouzení montážní fáze stropnice

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,263 \cdot 6^2$$

$$M_{Ed} \text{ [kNm]} \quad 28,18$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{3,66 \times 10^{-4} \cdot 235 \times 10^6}{1,0} = 86\,010 \text{ Nm} = 86,01 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \text{ [Nm]} \quad 86010 \quad M_{Rd} \text{ [kNm]} \quad 86,01$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$28,18 \leq 86,01$$

$$\frac{28,18}{86,01}$$

0,33 ...vyhoví

7.2.4.4 Posouzení provozní fáze stropnice – ohyb v MSÚ

účinná šířka b_{eff}

$$b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei}$$

b_0 [m]	0,04	$b_{e1} = b_{e2} = \frac{L}{8} = \frac{6}{8}$
L [m]	6	
b_{e1} [m]	0,75	
b_{e2} [m]	0,75	
b_{eff} [m]	1,54	

poloha neutrálné osy

$$F_a = F_c$$

$$F_a = A_a \cdot f_{yd} = 3,91 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6$$

F_a [N]	918850	F_a [kN]	918,85
$F_c = A_c \cdot 0,5 \cdot f_{cd} =$			
F_c [N]	918850	F_c [kN]	918,85
$x = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}} = \frac{3,91 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6}{0,85 \cdot 1,54 \cdot 16,67 \times 10^6}$			
x [m]	0,042		
rameno vnitřních sil z			
$x/2$ [m]	0,021		
$h_a/2$ [m]	0,12		
h_d [m]	0,1		
y [m]	0,058		
z [m]	0,199		
Plastický nárhový moment únosnosti			
$M_{pl,Rd} = F_a \cdot z = F_c \cdot z = 918,85 \cdot 0,199$			
$M_{pl,Rd}$ [kNm]	182,797		
$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot (20,779 + 5,22) \cdot 6^2$			
M_{Ed} [kNm]	116,996		
$M_{Ed} \leq M_{Rd}$			
$116,996 \leq 182,797$			
$\frac{116,996}{182,797}$			
0,64	...vyhoví		
7.2.4.5 Posouzení provozní fáze stropnice – smyk v MSÚ			
$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$			
$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (g_d + q_d) \cdot L = \frac{1}{2} \cdot (20,779 + 5,22) \cdot 6$			
V_{Ed} [kN]	78,00		
$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,0015 \cdot 235 \times 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$			
$A_v = h_a \cdot t_w = 0,24 \cdot 0,006$			
A_v [m²]	0,0015		
$V_{pl,Rd}$ [N]	201887,842	$V_{pl,Rd}$ [kN]	201,888
$\frac{78,00}{201,888} \leq 1,0$			
0,39	...vyhovuje		

7.2.4.6 Návrh sprážení pomocí spráhovacích trnů

charakteristiky spráhovacího trnu

průměr hlavy trnu [m]	0,032
průměr dřívku trnu [m]	0,016
výška hlavy trnu [m]	0,008
délka trnu [m]	-
délka trnu po přivaření [m]	0,075
mez pevnosti f_u [MPa]	360

Podélná smyková síla

$$N_{cf} = \min \left\{ \begin{array}{l} A_a \cdot f_{yd} \\ A_c \cdot 0,85 \cdot f_{cd} + (A_s \cdot f_{sd}) \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 3,91 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6 \\ 1,54 \cdot 0,042 \cdot 0,85 \cdot 16,67 \times 10^6 \end{array} \right\}$$

N_{cf1} [N]	918850	N_{cf1} [kN]	918,85	$N_{cf,min}$	918,85
N_{cf2} [N]	918850	N_{cf2} [kN]	918,85	[kN]	

únosnost 1 trnu

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = \frac{57,906}{1,25}$$

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot 360 \times 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,016^2}{4} \\ 0,29 \cdot 1 \cdot 0,016^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31000} \end{array} \right\}$$

$P_{rk,1}$ [N]	57905,836	$P_{rk,1}$ [kN]	57,906	$P_{rk,min}$	57,906
$P_{rk,2}$ [N]	65356,50419	$P_{rk,2}$ [kN]	65,357	[kN]	

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \\ 1 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left(\frac{0,075}{0,016} + 1 \right) \\ 1 \end{array} \right\}$$

α_1	1,1375	α_{min}	1
α_2	1		

$$\frac{h_{sc}}{d} \geq 4 \quad \gg \quad 4,6875$$

$$\frac{h_{sc}}{d} = 3 \quad \gg$$

P_{Rd} [kN]	46,325
---------------	---------------

redukční součinitel - žebra kolmo k ose nosníku

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_o}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,08}{0,039} \cdot \left(\frac{0,075}{0,039} - 1 \right)$$

b_o [m]	0,08		
h_p	0,039		
k_t	0,915	$k_t \leq k_{t,max}$	k_t 0,70
$k_{t,max}$	0,7		

redukována únosnost			
$P_{Rd,red} = k_t \cdot P_{Rd} = 0,7 \cdot 46,325$			
$P_{Rd,red}$ [kN]	32,427		
Potřebný počet trnů			
$n_f = \frac{N_{cf}}{P_{Rd,red}} = \frac{918,85}{32,427}$			
n_f	28,34	29	nutný počet spřahovacích trnů na polovině nosníku
n	18,75	18	počet žeber na polovině nosníku
v každém žebru dva trny $> 2 \times 18 = 36$ (na polovině nosníku bude max 36 trnů)			
$\eta = \frac{n}{n_f} = \frac{36}{29}$			
η [-]	1,241	...úplné spřažení	
$\eta \geq 1,0$... úplné spřažení			
$\eta < 1,0$... částečné spřažení			
konstrukční zásady spřahovacích trnů			
min rozteč trnů			
$b \geq \min 2,5d$	...vyhovuje		
b [m]	0,04		
d [m]	0,016		
$2,5d$ [m]	0,04		
max průměr trnu			
$d \leq 2,5t$	...vyhovuje		
d [m]	0,016		
t_f [m]	0,0098		
$2,5t_f$ [m]	0,0245		
vzdálenost trnu k okraji pásnice			
$e = \min 20 \text{ mm}$	...vyhovuje		
e_{min} [m]	0,02		
e_{skut} [m]	0,027		
výška trnu			
$h \geq 4d$	...vyhovuje		
d [m]	0,016		
h [m]	0,08		
vzálenost mezi vlnami plechu			
$s_1 \leq \min \left\{ \begin{matrix} 6h_d \\ 800 \end{matrix} \right\}$	...vyhovuje		
h_d [m]	0,1		
$6h_d$ [m]	0,6	min	0,6
800	0,8		
s_1 [m]	0,16		
$s_1 \geq 5d$	...vyhovuje		
d [m]	0,016		
$5d$ [m]	0,08		

tl. pásnice oc. profilu
 $t_f \geq 0,4d$...vyhovuje
 t_f [m] 0,010
 d [m] 0,016

7.2.4.7 Posouzení MSP – montážní fáze

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_a \cdot I_a} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,639 \cdot 6^4}{210000 \times 10^6 \cdot 2,77 \times 10^{-5}}$$

δ_1 [m] 0,0096

$$\delta_{\max} = \frac{L}{200} = \frac{6}{200}$$

δ_{\max} [m] **0,03**

$\delta_1 \leq \delta_{\max}$

0,010 ≤ 0,030 ...vyhovuje

Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

$$n = \frac{E_a}{E_c} = \frac{210 \times 10^6}{15,5 \times 10^6}$$

n [-] 13,548

$$E_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31\,000}{2}$$

E_c [MPa] 15500

$$A_c = b_{\text{eff}} \cdot x = 1,54 \cdot 0,042$$

A_c [m²] 0,065

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 3,91 \times 10^{-3} + \frac{0,065}{13,548}$$

A_i [m²] 0,009

$$S_i = A_a \cdot c_a + \frac{A_c \cdot c_c}{n} = 3,91 \times 10^{-3} \cdot 0,22 + \frac{0,065 \cdot 0,021}{13,548}$$

S_i [m²] 0,0010

$$c_i = \frac{S_i}{A_i} = \frac{0,0010}{0,009}$$

c_i [m] 0,1105

z_a [m] 0,1095

z_c [m] 0,089

$$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + \frac{1}{n} \cdot (I_c + A_c \cdot z_c^2) =$$

$$= 3,89 \times 10^{-5} + 3,91 \times 10^{-3} \cdot 0,11^2 + \frac{1}{13,548} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1,54 \cdot 0,042 + 0,065 \cdot 0,089^2 \right)$$

I_i [m⁴] 0,00012

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_a \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(15,392 + 3,48) \cdot 6^4}{210 \times 10^6 \cdot 1,2 \times 10^{-4}}$$

δ_2 [m] 0,012

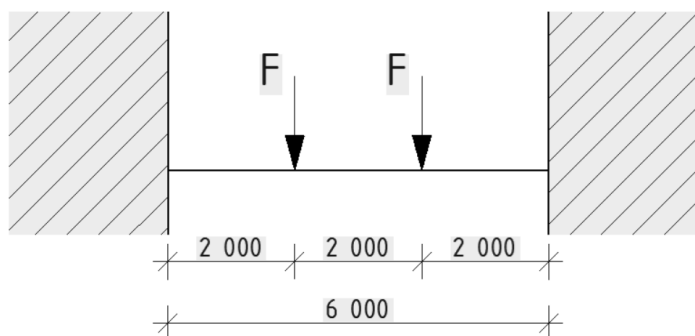
$\delta_{\text{celk}} = \delta_1 + \delta_2 = 0,010 + 0,012$

δ_{celk} [m] **0,022**

7.3 Průvlak

Pro ruční ověření programového řešení byl vybrán prvek B1241. Ostatní průvlaky posouzeny za pomoci programu. Prvek se nachází ve stropní konstrukci nad 6.NP. Průvlak je připojen ke sloupům a není spřažen s betonovou deskou. Posuzovaný průvlak je z běžného profilu IPE330. Délka průvlaku je 6,0 m, po 2 m jsou k průvlaku kloubově připojeny stropnice.

7.3.1 Zatížení



<i>stálé</i>	g_k [kN/m ²]	Z.Š. [m]	g_d [kN/m]
ocelový IPE220 profil			0,262
podlaha [kN/m]	3,910	2	7,820
příčky	0,450		0,900
Σ	4,360		8,982

<i>proměnné</i>	g_k [kN/m ²]	Z.Š. [m]	g_d [kN/m]
užitné - podlahy B	2,5	2	5,000
Σ	2,500		5,000

Výpočet síly F na nosníku:

- délka stropnice L = 6 m
- zatěžovací šířka stropnice X = 2 m
- zatěžovací šířka průvlaku Y = 6 m

$$F_{k, \text{stálé}} = (3,91 + 0,45) \cdot X \cdot Y + 0,262 \cdot L$$

$$F_{k, \text{stálé}} = (3,91 + 0,45) \cdot 2 \cdot 6 + 0,262 \cdot 6$$

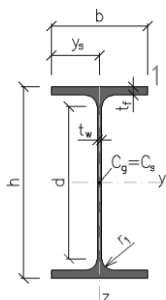
$$F_{k, \text{stálé}} = 53,892 \text{ kN}$$

$$F_{k, \text{užitné}} = 2,5 \cdot X \cdot Y$$

$$F_{k, \text{užitné}} = 2,5 \cdot 2 \cdot 6$$

$$F_{k, \text{užitné}} = 30 \text{ kN}$$

- ZS1 – vlastní tíha IPE nosníku
- ZS2 – $F_{k, \text{stálé}}$

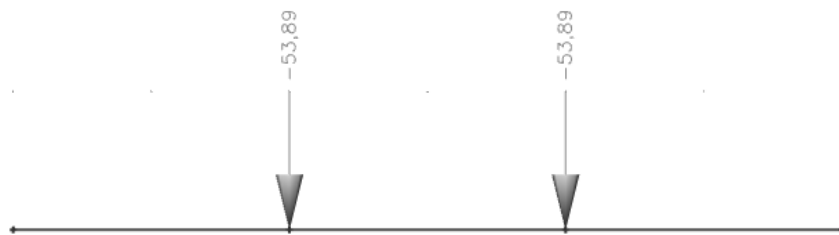


- Pásnice
- $$c_p = \frac{160}{2} - 18 - 4$$
- $$c_p = 58 \text{ mm}$$
- $$t_p = 12 \text{ mm}$$

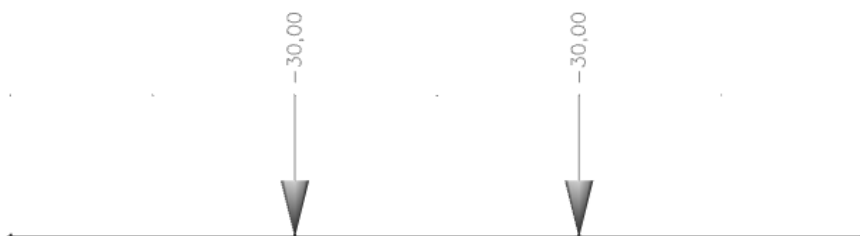
- stojina
- $$c_s = 330 - 2 \cdot (12 + 18)$$
- $$c_s = 270 \text{ mm}$$
- $$t_s = 8 \text{ mm}$$

- ZS3 – $F_{k, \text{užitné}}$

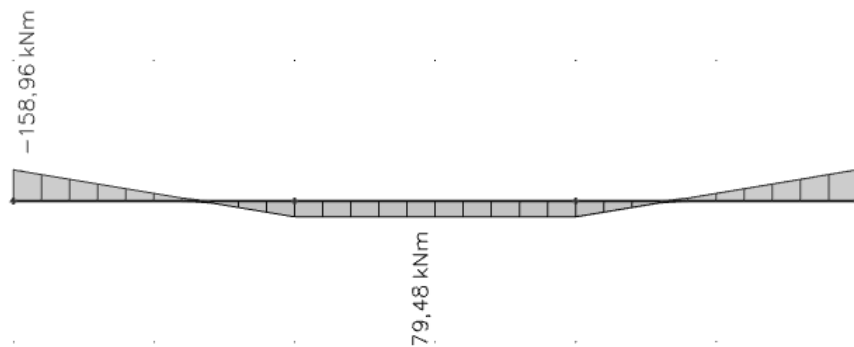
ZS2:



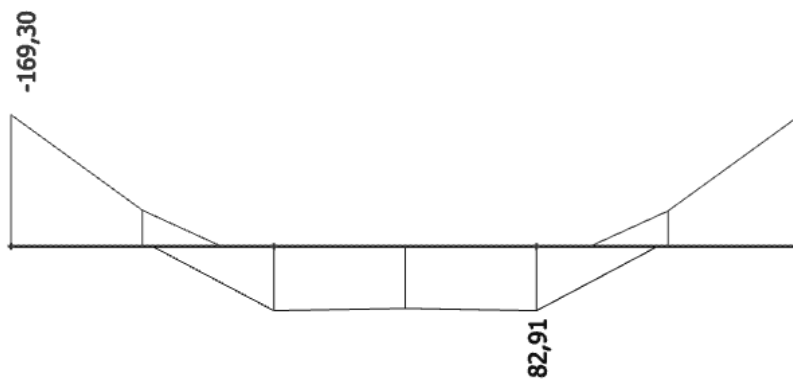
ZS3:



Výsledný moment na nosníku:



Moment na nosníku z celé konstrukce (pro porovnání):



7.3.2 Průřezové charakteristiky

materiál	S235
mez kluzu f_y [Pa]	2,35E+08
modul pružnosti E_a [Pa]	2,1E+11
plocha průřezu A [m ²]	6,26E-03
výška průřezu h_a [m]	0,33
šířka průřezu b [m]	0,16
tloušťka pásnice t_f [m]	0,012
tloušťka stojiny t_w [m]	0,008
třída průřezu	1
pl. průřezový modul $W_{pl,y}$ [m ³]	8,04E-04
pl. průřezový modul $W_{pl,z}$ [m ³]	1,54E-04
moment setrvačnosti I_y [m ⁴]	1,18E-04
moment setrvačnosti I_z [m ⁴]	7,88E-06

7.3.3 Klasifikace průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

- pásnice

$$\frac{c}{t} = \frac{58}{12} = 4,83 \leq 9\varepsilon = 9 \cdot 1 = 9 \checkmark$$

- stojina

$$\frac{c}{t} = \frac{270}{8} = 33,75 \leq 72\varepsilon = 72 \cdot 1 = 72 \checkmark$$

→ průřez klasifikován jako třída 1

7.3.4 Posouzení na ohyb

Vstupní hodnoty:

$$M_{y,Ed} = 169,30 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{8,04 \times 10^{-4} \cdot 235 \times 10^6}{1,0}$$

$$M_{pl,Rd} = 188,94 \text{ kNm}$$

Posouzení:

$$\frac{169,30}{188,94} \leq 1,0$$

0,90 < 1,0 ... vyhoví

7.3.5 Posouzení na smyk

- Ve směru z

Vstupní hodnoty:

$$V_{z,Ed} = 123,27 \text{ kNm}$$

Podmínka:

$$\frac{V_{Ed,z}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$A_v = 6,26 \times 10^{-3} - 2 \cdot 0,160 \cdot 0,012 + (0,008 + 2 \cdot 0,018) \cdot 0,012$$

$$\geq 1,0 \cdot 0,27 \cdot 0,008$$

$$A_v = 2,968 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \geq 2,16 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \checkmark$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{M0}} = \frac{2,968 \times 10^{-3} \cdot \left(235 \times \frac{10^6}{\sqrt{3}}\right)}{1,00} = 402,69 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{123,27}{402,69} \leq 1,0$$

0,29 < 1,0 ... vyhoví

→ z programu Scia 0,29

7.3.6 Posouzení rovinného vzpěru

Vstupní hodnoty:

- délka průvltaku $L = 6,0 \text{ m}$

- $\beta = 1,0$

- vzpěrná délka $L_{cr} = \beta \cdot L = 1,0 \cdot 6,0 = 6,0 \text{ m}$

- $N_{Ed} = 3,48 \text{ kN}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \times 10^9 \cdot 1,18 \times 10^{-4}}{6,0^2} = 6\,793,58 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{6,26 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6}{6793,58 \times 10^3}} = 0,47$$

pokud:

$$\frac{\gamma_M \cdot N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$$

$$\frac{1,0 \cdot 3,48}{6793,58} \leq 0,04$$

0,0005 ≤ 0,04 ... vyhoví → můžeme zanedbat účinky rovinného vzpěru

7.3.7 Posouzení ohybu a osové síly

Podmínka:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1,0$$

Pokud jsou splněny obě následující podmínky, není nutné uvažovat účinek osové síly na pl. moment únosnosti při ohybu okolo osy y-y:

$$N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{pl,Rd}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,26 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6}{1,0} = 1471,1 \text{ kN}$$

$$3,48 \leq 0,25 \cdot 1471,1 = 367,775 \text{ kN} \dots \text{vyhoví}$$

$$3,48 \leq \frac{0,5 \cdot 0,27 \cdot 0,008 \cdot 235}{1,0} = 253,8 \text{ kN} \dots \text{vyhoví}$$

- pokud je splněna následující podmínka, není nutné uvažovat účinek osové síly na pl. moment únosnosti při ohybu okolo osy z-z:

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$3,48 \leq \frac{0,27 \cdot 0,008 \cdot 235}{1,0} = 507,6 \text{ kN} \dots \text{vyhoví}$$

→ v obou případech můžeme zanedbat působení osové síly

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - 0,5a)$$

kde

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{3,48}{1471,1} = 0,002$$

$$a = \frac{(A - 2bt_f)}{A} = \frac{(6,26 \times 10^{-3} - 2 \cdot 0,16 \cdot 0,012)}{6,26 \times 10^{-3}} = 0,387$$

$$M_{pl,Rd} = 188,94 \text{ kNm}$$

$$M_{N,y,Rd} = 188,94 \cdot \frac{1 - 0,002}{1 - 0,5 \cdot 0,387} = 233,37 \text{ kNm}$$

Posouzení (osa y):

$$\frac{169,30}{233,37} \leq 1,0$$

0,73 ≤ 1,0 ... vyhoví

SCIA = 1872,79 kNm

pro $n < a$: $M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = 36,19 \text{ kNm}$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{1,54 \times 10^{-4} \cdot 235 \times 10^6}{1,0}$$

<p>Interakční součinitelé: $C_{m,y} = 0,90$ $C_{m,z} = 0,95$ $C_{m,LT} = 0,42$</p>	<p>$M_{p1,z,Rd} = 36,19 \text{ kNm}$</p> <p>Posouzení (osa z): $\frac{0,12}{36,19} \leq 1,0$ 0,003 ≤ 1,0 ... vyhoví</p> <p>7.3.8 Posouzení klopení Podmínka: $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$ $M_{Ed} = 169,30 \text{ kNm}$</p> <ul style="list-style-type: none"> bezrozměrný parametr kroucení $\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1 \cdot 2,0} \cdot \sqrt{\frac{210 \times 10^9 \cdot 1,99 \times 10^{-7}}{81 \times 10^9 \cdot 2,82 \times 10^{-7}}}$ $\kappa_{wt} = 2,12$ bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku $\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = 0$ bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu $\xi_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = 0$ <p>$C_1 = 2,61$ $C_2 = 0$ $C_3 = 0,68$</p> <ul style="list-style-type: none"> bezrozměrný kritický moment: $\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \xi_g - C_3 \xi_j)^2} - (C_2 \xi_g - C_3 \xi_j) \right]$ $\mu_{cr} = \frac{2,61}{1,0} \cdot \left[\sqrt{1 + 2,12^2 + (0 - 0,68 \cdot 0)^2} - (0 - 0) \right] = 6,118$ pružný kritický moment: $M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$ $= 6,118 \cdot \frac{\pi \sqrt{210 \times 10^9 \cdot 7,88 \times 10^{-6} \cdot 81 \times 10^9 \cdot 2,82 \times 10^{-7}}}{2,0}$ $= 1\,868\,397 \text{ Nm} = 1\,868,39 \text{ kNm}$
--	--

- pokud je splněna následující podmínka, můžeme zanedbat účinky klopení

$$\frac{\gamma_M \cdot M_{Ed}}{M_{cr}} \leq \bar{\lambda}_{LT,0}^2$$

$$\frac{1,0 \cdot 169,30}{1868,397} \leq 0,4^2$$

0,09 ≤ 0,16 ... vyhoví

→ můžeme zanedbat účinky klopení a posuzovat pouze únosnost průřezu

7.3.9 Posouzení ohybu a osového tlaku

použití alt. metody č. 2

Vstupní hodnoty:

$$M_{y,Ed} = 169,30 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,13 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 3,48 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \times 10^9 \cdot 1,18 \times 10^{-4}}{6,0^2} = 6\,793,58 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \times 10^9 \cdot 7,88 \times 10^{-4}}{2,0^2} = 4\,083,06 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{6,26 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6}{6\,793,58 \times 10^3}} = 0,47$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{6,26 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6}{4\,083,06 \times 10^3}} = 0,60$$

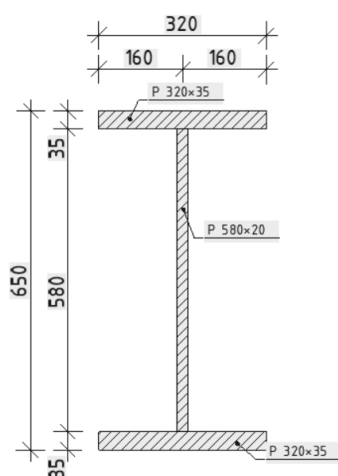
$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{6,26 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6}{1868,397 \times 10^3}} = 0,32$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,47 - 0,2) + 0,47^2] = 0,64$$

SCIA = 0,81

SCIA = 0,49



- Pásnice

$$c_p = \frac{320}{2} - 10 - 5$$

$$c_p = 145 \text{ mm}$$

$$t_p = 35 \text{ mm}$$

- stojina

$$c_s = 580 - 2 \cdot 5$$

$$c_s = 570 \text{ mm}$$

$$t_s = 20 \text{ mm}$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,6 - 0,2) + 0,6^2] = 0,75$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_T - 0,2) + \bar{\lambda}_T^2]$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,32 - 0,2) + 0,32^2] = 0,57$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,64 + \sqrt{0,64^2 - 0,47^2}} = 0,93$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,75 + \sqrt{0,75^2 - 0,60^2}} = 0,83$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,57 + \sqrt{0,57^2 - 0,32^2}} = 0,96$$

$$N_{Rk} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,26 \times 10^{-3} \cdot 235 \times 10^6}{1,0} = 1471,1 \text{ kN}$$

Interakční součinitelé:

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \leq c_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,47 - 0,2) \frac{3,48}{0,93 \cdot 1471,1 / 1,0}\right) \leq$$

$$\leq 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{3,48}{0,93 \cdot 1471,1 / 1,0}\right)$$

$$k_{yy} = 0,9 = 0,9$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,90 = 0,54$$

$$k_{zz} = c_{mz} \cdot \left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \leq c_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{zz} = 0,95 \cdot \left(1 + (2 \cdot 0,6 - 0,6) \frac{3,48}{0,83 \cdot 1471,1 / 1,0}\right)$$

$$\leq 0,95 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{3,48}{0,83 \cdot 1471,1 / 1,0}\right)$$

$$k_{zz} = 0,952 < 0,954$$

$$k_{zz} = 0,952$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,952 = 0,571$$

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_y = 235 \times 10^6 \cdot 8,04 \times 10^{-4} = 188,94 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_z = 235 \times 10^6 \cdot 1,54 \times 10^{-4} = 36,19 \text{ kN}$$

SCIA = 0,75

Většina sloupů je navržena se součinitelem $\beta = 1$. U některých sloupů jsou konstrukčně navrženy distanční profily. Ty budou zkracovat vzpěrnou délku sloupu. Profily budou schované mezi SDK deskami pouze v místech příček (umístění příček je přibližně vidět na výkrese DISPOZICE OBJEKTU v příloze požárního posouzení).

Posouzení:

$$\frac{3,48 \times 10^3}{0,93 \cdot 1471,1 \times 10^3} + 0,9 \cdot \frac{169,3 \times 10^3 + 0}{0,96 \cdot 188,94 \times 10^3} + 0,571 \cdot \frac{0,13 \times 10^3 + 0}{36,19 \times 10^3} < 1,0$$

0,84 < 1,0 ... vyhoví

$$\frac{3,48 \times 10^3}{0,83 \cdot 1471,1 \times 10^3} + 0,54 \cdot \frac{169,3 \times 10^3 + 0}{0,96 \cdot 188,94 \times 10^3} + 0,952 \cdot \frac{0,13 \times 10^3 + 0}{36,19 \times 10^3} < 1,0$$

0,51 < 1,0 ... vyhoví

7.4 Sloup

Pro ruční ověření programového řešení byl vybrán prvek B112, který je nejvíce namáhaný. Prvek se nachází na osách F – 11. Ostatní sloupy byly posouzeny v programu a výsledky posudků jsou uvedeny v programovém řešení.

7.4.1 Průřezové charakteristiky

materiál	S235
mez kluzu f_y [Pa]	2,35E+08
modul pružnosti E_a [Pa]	2,1E+11
plocha průřezu A [m ²]	0,034
výška průřez h_a [m]	0,65
šířka průřezu b [m]	0,32
tloušťka pásnice t_f [m]	0,035
tloušťka stojiny t_w [m]	0,02
třída průřezu	1
pl. průřezový modul W_{ply} [m ³]	8,57E-03
pl. průřezový modul W_{plz} [m ³]	1,85E-03
moment setrvačnosti I_y [m ⁴]	2,45E-03
moment setrvačnosti I_z [m ⁴]	1,92E-04

7.4.2 Klasifikace průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

- pásnice

$$\frac{c}{t} = \frac{145}{35} = 4,14 \leq 9\varepsilon = 9 \cdot 1 = 9 \checkmark$$

- stojina

$$\frac{c}{t} = \frac{570}{20} = 28,5 \leq 33\varepsilon = 33 \cdot 1 = 33 \checkmark$$

→ průřez klasifikován jako třída 1

7.4.3 Posouzení tlaku

Vstupní hodnoty:

$$N_{Ed} = 6\,003,93 \text{ kN}$$

Podmínka:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_M} = \frac{0,034 \cdot 235 \times 10^6}{1,0} = 7\,990 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{6\,003,93}{7\,990} \leq 1,0$$

0,75 < 1,0 ... vyhoví

7.4.4 Posouzení rovinného vzpěru

Podmínka:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 6\,003,93 \text{ kN}$$

Vybočení kolmo k ose y:

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L = 1,0 \cdot 3,5 = 3,5 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \times 10^9 \cdot 2,45 \times 10^{-3}}{3,5^2} = 414\,523,38 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,034 \cdot 235 \times 10^6}{414\,523 \times 10^3}} = 0,14$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,34 \cdot (0,14 - 0,2) + 0,14^2 \right] = 0,51 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\begin{aligned} \chi_y &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,51 + \sqrt{0,51^2 - 0,14^2}} \\ &= 1,0 \leq 1,0 \checkmark \end{aligned}$$

SCIA = 0,88

SCIA = 0,36

Vybočení kolmo k ose z:

$$L_{cr,z} = \beta \cdot L = 1,0 \cdot 3,5 = 3,5 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \times 10^9 \cdot 1,92 \times 10^{-4}}{3,5^2} = 32\,485,10 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,034 \cdot 235 \times 10^6}{32\,485,10 \times 10^3}} = 0,50$$

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,5 - 0,2) + 0,5^2] = 0,7 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\begin{aligned} \chi_z &= \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,7 + \sqrt{0,7^2 - 0,5^2}} \\ &= 0,84 \leq 1,0 \checkmark \end{aligned}$$

$$\chi = \min\{\chi_y, \chi_z\} = \{1,0; 0,84\} \rightarrow 0,84$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$\begin{aligned} N_{b,Rd} &= \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,84 \cdot 0,034 \cdot 235 \times 10^6}{1,00} \\ &= 6\,711,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{6\,003,93}{6\,711,6} \leq 1,0$$

0,89 < 1,0 ... vyhoví

7.5 Ztužidla

Pro ruční ověření programového řešení byl vybrán prvek B4230. Tento prvek je nejvíce namáhaný a byl pro něho navržen i svarový přípoj. Průměr tohoto posuzovaného prvku je $\varnothing 36$ mm. Ve vyšších patrech konstrukce se nachází ještě druhý profil ztužidla a to s průměrem profilu $\varnothing 22$ mm. Na ztužidla jsou použita systémová táhla Macalloy z oceli s mezí kluzu 460 MPa. Ztužidla jsou navržena pouze pro přenos tahových sil.

7.5.1 Průřezové charakteristiky

materiál	S460
mez kluzu f_y [Pa]	4,60E+08
modul pružnosti E_a [Pa]	2,05E+11
plocha průřezu A [m ²]	9,08E-04
průměr průřezu d [m]	0,034

Podmínka:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 126,89 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_M} = \frac{9,08 \times 10^{-4} \cdot 460 \times 10^6}{1,0} = 417,68 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{126,89}{417,68} \leq 1,0$$

$$0,30 \leq 1,0 \dots \text{vyhoví}$$

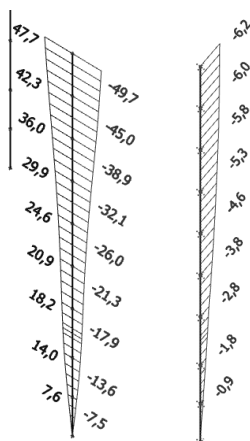
8 POSOUZENÍ PRVKŮ- MSP

8.1 Stropnice

V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené deformace spřažených stropnic. Limitní hodnota je stanovena z:

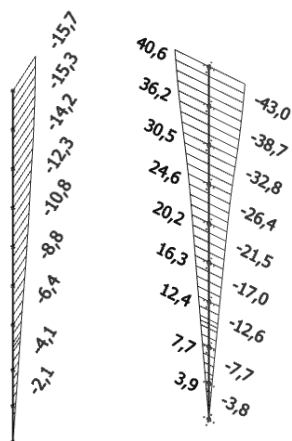
$$\delta_{LIM} = \frac{L}{200} = \frac{6000}{200} = 30 \text{ mm}$$

směr y



směr x

směr x



směr y

	stropnice - umístění	profil	MEd [kNm]	≤	Mpl,Rd [kNm]	posouzení	trny		δ _{celk} [m]	≤	δ _{LIM} [m]	
							φ [m]	h _{sc} [m]				
stropnice	7.NP střešní stropnice	IPE220	64,24	≤	150,71	0,43	0,016	0,075	0,022	≤	0,030	
	6.NP běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45		150,71	0,59	0,016	0,075	0,025		0,030	
	5.NP	střešní stropnice	IPE240	154,32	≤	182,80	0,84	0,016	0,075	0,025	≤	0,030
		běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45		150,71	0,59	0,016	0,075	0,025		0,030
	4.NP	běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45	≤	150,71	0,59	0,016	0,075	0,025	≤	0,030
	3.NP	střešní stropnice	IPE240	135,08		182,80	0,74	0,016	0,075	0,024		0,030
		běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45	150,71	0,59	0,016	0,075	0,025	0,030		
	2.NP	běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45	≤	150,71	0,59	0,016	0,075	0,025	≤	0,030
	1.NP	střešní stropnice	IPE240	117,00		182,80	0,64	0,016	0,075	0,022		0,030
		běžná stropnice - podlaha	IPE220	89,45	150,71	0,59	0,016	0,075	0,025	0,030		
	-1.S	běžná stropnice - podlaha	IPE240	122,38	≤	182,80	0,67	0,016	0,075	0,028	≤	0,030
	-2.S	běžná stropnice - podlaha	IPE220	79,51		150,71	0,53	0,016	0,075	0,029		0,030

8.2 Průvlaky

Průvlaky byly posouzeny v programu. Hodnoty deformací budou uvedeny v programovém řešení. Limitní hodnota je stanovena pro plnostěnný nosník z:

$$\delta_{LIM} = \frac{L}{200} = \frac{6000}{200} = 30 \text{ mm}$$

8.3 Sloupy

Vodorovné deformace sloupů jsou uvedeny v následující tabulce. Limitní hodnota je stanovena z:

- pro jednotlivá podlaží:

$$\delta_{LIM,3,5} = \frac{h}{300} = \frac{3\,500}{300} = 11,67 \text{ mm}$$

$$\delta_{LIM,3,8} = \frac{h}{300} = \frac{3\,800}{300} = 12,67 \text{ mm}$$

$$\delta_{LIM,4,4} = \frac{h}{300} = \frac{4\,400}{300} = 14,67 \text{ mm}$$

- pro konstrukci jako celek:

$$\delta_{LIM,0} = \frac{h_0}{500} = \frac{34\,200}{500} = 68,40 \text{ mm}$$

max. posun sloupu ve směru y a jemu odpovídající posun ve směru x

	profil	h _{NP} [m]	h ₀ [m]	u _x [mm]	u _{x,NP} [mm]	u _y [mm]	u _{y,NP} [mm]	u _{xy,LIM} [mm]	u _{0,LIM} [mm]	posouzení směr x	posouzení směr y	posouzení celkové
7.NP	HEB300	3,8	34,2	0,2	6,2	4,7	49,7	12,67	68,4	... vyhoví	... vyhoví	... vyhoví
6.NP	HEB300	3,8		0,2	6,0	6,1	45,0	12,67		... vyhoví	... vyhoví	
5.NP	HEB300	3,8		0,5	5,8	6,8	38,9	12,67		... vyhoví	... vyhoví	
4.NP	HEB300	3,8		0,7	5,3	6,1	32,1	12,67		... vyhoví	... vyhoví	
3.NP	HEB300	3,8		0,8	4,6	4,7	26,0	12,67		... vyhoví	... vyhoví	
2.NP	HEB300	3,8		1,0	3,8	3,4	21,3	12,67		... vyhoví	... vyhoví	
1.NP	HEB400	4,4		1,0	2,8	4,3	17,9	14,67		... vyhoví	... vyhoví	
-1.S	HEB400	3,5		0,9	1,8	6,1	13,6	11,67		... vyhoví	... vyhoví	
-2.S	HEB400	3,5		0,9	0,9	7,5	7,5	11,67		... vyhoví	... vyhoví	

max. posun sloupu ve směru x a jemu odpovídající posun ve směru y

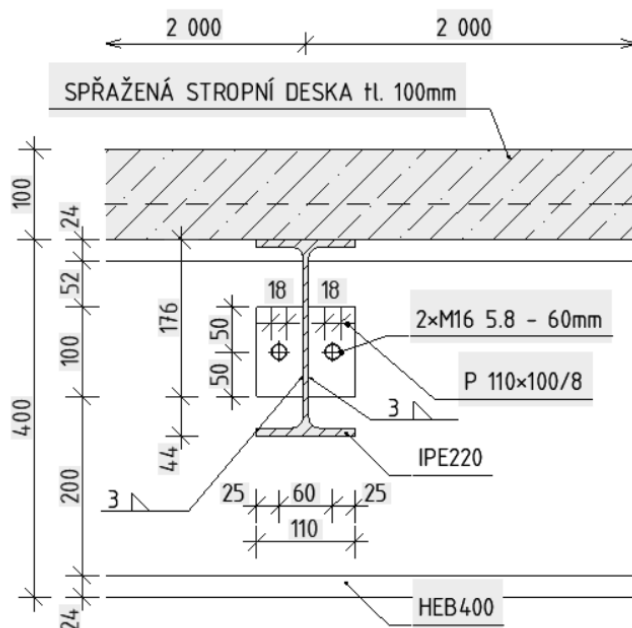
	profil	h _{NP} [m]	h ₀ [m]	u _x [mm]	u _{x,NP} [mm]	u _y [mm]	u _{y,NP} [mm]	u _{xy,LIM} [mm]	u _{0,LIM} [mm]	posouzení směr x	posouzení směr y	posouzení celkové
7.NP	HEB300	3,8	34,2	0,4	15,7	4,3	43,0	12,67	68,4	... vyhoví	... vyhoví	... vyhoví
6.NP	HEB300	3,8		1,1	15,3	5,9	38,7	12,67		... vyhoví	... vyhoví	
5.NP	HEB300	3,8		1,9	14,2	6,4	32,8	12,67		... vyhoví	... vyhoví	
4.NP	HEB500	3,8		1,5	12,3	4,9	26,4	12,67		... vyhoví	... vyhoví	
3.NP	HEB500	3,8		2,0	10,8	4,5	21,5	12,67		... vyhoví	... vyhoví	
2.NP	HEB500	3,8		2,4	8,8	4,4	17,0	12,67		... vyhoví	... vyhoví	
1.NP	svar650	4,4		2,3	6,4	4,9	12,6	14,67		... vyhoví	... vyhoví	
-1.S	svar650	3,5		2,0	4,1	3,9	7,7	11,67		... vyhoví	... vyhoví	
-2.S	svar650	3,5		2,1	2,1	3,8	3,8	11,67		... vyhoví	... vyhoví	

$\alpha_v = 0,6$

9 NÁVRH A POSOUZENÍ SPOJŮ

9.1 Připojení běžné stropnice k průvlaku

Připojení stropnice k průvlaku bude realizováno pomocí přivařené čelní desky ke stropnici. Tl. čelní desky je 8 mm. Deska bude následně přiroubována navrženými šrouby k průvlaku. Jsou navrženy dva šrouby M16 s jakostí 5.8. Jejich délka je 60 mm. Návrh spoje je počítán v místě připojení stropnice IPE 220 a průvlaku HEB 400. Jedná se o kloubový spoj. Spoj je posuzován na max hodnoty $V_{z,Ed}$.

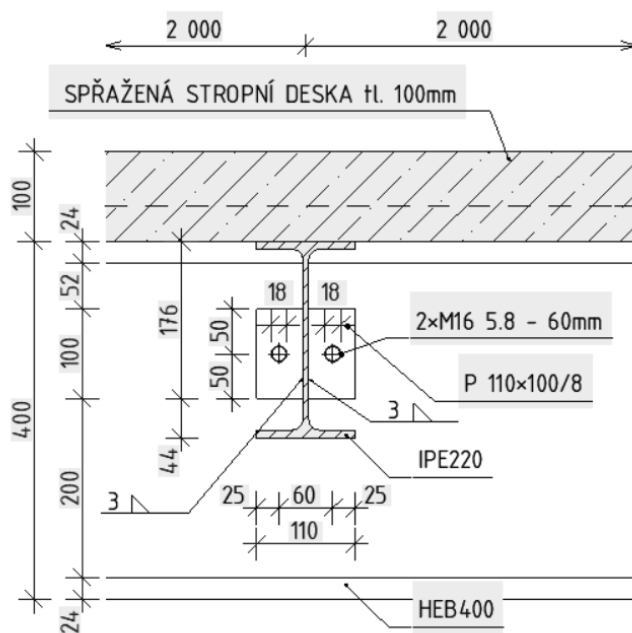


Vstupní údaje

šrouby	M16 5.8
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	400
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	500
plná průřezová plocha dříku šroubu A [mm ²]	157
průměr šroubu d [mm]	16
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	18
mez pevnosti základního materiálu f_y [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	2
$V_{z,Ed}$ [kN]	59,63
$2V_{z,Ed}$ [kN]	119,26
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25

Únosnost ve střihu pro 1 šroub			
$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 157 \cdot 500}{1,25}$			
$F_{V,Rd,1}$ [N]	75360	$F_{V,Rd,1}$ [kN]	75,36
$F_{V,Ed}$ [kN] = $V_{Z,Ed}$ [kN]			
$F_{V,Rd,2} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 2 \cdot 75,36$			
$F_{V,Rd,2}$ [N]	150,72		
Posouzení únosnosti ve střihu (pro 2 šrouby)			
$F_{V,Rd} \geq 2F_{V,Ed}$			
$150,72 > 119,26$			
0,79 ... vyhoví			
Únosnost šroubového přípoje v otláčení			
minimální rozteče šroubů			
$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18$			
e_1 [mm]	21,6	e_1 [mm]	50
$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18$			
e_2 [mm]	21,6	e_2 [mm]	25
$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18$			
p_1 [mm]	39,6	p_1 [mm]	
$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 18$			
p_2 [mm]	43,2	p_2 [mm]	
$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7, \frac{2,8 \cdot 25}{18} - 1,7 \right\} = \left\{ \frac{2,8 \cdot 25}{18} - 1,7 \right\}$			
$k_{1,1}$	2,189	k_1	2,189
$k_{1,2}$	2,5		
$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{e_1}{3d_0}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{500}{360}, \frac{50}{3 \cdot 18}, 1,0 \right\}$			
$\alpha_{b,1}$	1,389		
$\alpha_{b,2}$	0,926	α_b	0,926
$\alpha_{b,3}$	1,0		
$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,189 \cdot 0,926 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 14}{1,25}$			
$F_{b,Rd,1}$ [N]	130749,63	$F_{b,Rd,1}$ [kN]	130,75
$F_{V,Ed}$ [kN] = $V_{Z,Ed}$ [kN]			
$F_{b,Rd,2} = n \cdot F_{b,Rd,1} = 2 \cdot 130,75$			
$F_{b,Rd,2}$ [N]	261,50		
Posouzení únosnosti v otláčení (pro 2 šrouby)			
$F_{b,Rd} \geq 2F_{V,Ed}$			
$261,50 > 119,29$			
0,46 ... vyhoví			

Svarový přípoj	
účinná tloušťka svaru a [mm]	3
účinná délka svaru L [mm]	94
součinitel korelace β_w pro S235	0,8
metoda srovnávacího napětí	
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$	
pouze τ_{\parallel}	
$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{59,63 \times 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 94}$	
τ_{\parallel} [MPa]	105,73
$\sqrt{3 \cdot 105,72^2} < \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$	
183,12	< 360
183,12 < 360 ... vyhoví	
9.2 Připojení střešní stropnice k průvlaku nad 7.NP	
<p>Připojení stropnice k průvlaku bude realizováno pomocí přivařené čelní desky ke stropnici. Tl. čelní desky je 8 mm. Deska bude následně přiroubována navrženými šrouby k průvlaku. Jsou navrženy dva šrouby M16 s jakostí 5.8. Jejich délka je 60 mm. Návrh spoje je počítán v místě připojení stropnice IPE 220 a průvlaku HEB 400. Jedná se o kloubový spoj. Spoj je posuzován na max hodnoty $V_{z,Ed}$. Tento navržený spoj je stejný jako pro běžnou stropnici, liší se pouze v hodnotách $V_{z,Ed}$.</p>	
Vstupní údaje	
šrouby	M16 5.8
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	400
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	500
plná průřezová plocha dřívku šroubu A [mm ²]	157
průměr šroubu d [mm]	16
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	18
mez pevnosti základního materiálu f_u [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	2
$V_{z,Ed}$ [kN]	42,8
$2V_{z,Ed}$ [kN]	85,6
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu γ_{M2}	1,25



Únosnost ve stříhu pro 1 šroub

$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 157 \cdot 500}{1,25}$$

$F_{V,Rd,1}$ [N] 75360 $F_{V,Rd,1}$ [kN] 75,36

$F_{V,Ed}$ [kN] = $V_{Z,Ed}$ [kN]

$F_{V,Rd,2} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 2 \cdot 75,36$

$F_{V,Rd,2}$ [N] 150,72

Posouzení únosnosti ve stříhu (pro 2 šrouby)

$F_{V,Rd} \geq 2F_{V,Ed}$

$150,72 > 85,6$

0,57 ... vyhoví

Únosnost šroubového přípoje v otláčení

minimální rozteče šroubů

$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18$

e_1 [mm] 21,6 e_1 [mm] 50

$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18$

e_2 [mm] 21,6 e_2 [mm] 25

$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18$

p_1 [mm] 39,6 p_1 [mm]

$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 18$

p_2 [mm] 43,2 p_2 [mm]

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7; \frac{2,8 \cdot 25}{18} - 1,7 \right\} = \left\{ \frac{2,8 \cdot 25}{18} - 1,7 \right\}$$

$k_{1,1}$ 2,189 k_1 2,189

$k_{1,2}$ 2,5

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{ub}}{f_u} \\ e_1 \\ 3d_0 \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{500}{360} \\ 50 \\ 3 \cdot 18 \\ 1,0 \end{array} \right\}$$

$$\alpha_{b,1} = 1,389$$

$$\alpha_{b,2} = 0,926$$

$$\alpha_{b,3} = 1,0$$

$$\alpha_b = 0,926$$

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,189 \cdot 0,926 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 14}{1,25}$$

$$F_{b,Rd,1} [N] = 130749,63$$

$$F_{b,Rd,1} [kN] = 130,75$$

$$F_{V,Ed} [kN] = V_{Z,Ed} [kN]$$

$$F_{b,Rd,2} = n \cdot F_{b,Rd,1} = 2 \cdot 130,75$$

$$F_{b,Rd,2} [kN] = 261,50$$

Posouzení únosnosti v otláčení (pro 2 šrouby)

$$F_{b,Rd} \geq 2F_{V,Ed}$$

$$261,50 > 85,6$$

$$0,33 \quad \dots \text{vyhoví}$$

Svarový přípoj

účinná tloušťka svaru a [mm]	3
------------------------------	---

účinná délka svaru L [mm]	94
---------------------------	----

součinitel korelace β_w pro S235	0,8
--	-----

metoda srovnávacího napětí

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

pouze τ_{\parallel}

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Z,Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{42,8 \times 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 94}$$

$$\tau_{\parallel} [MPa] = 75,89$$

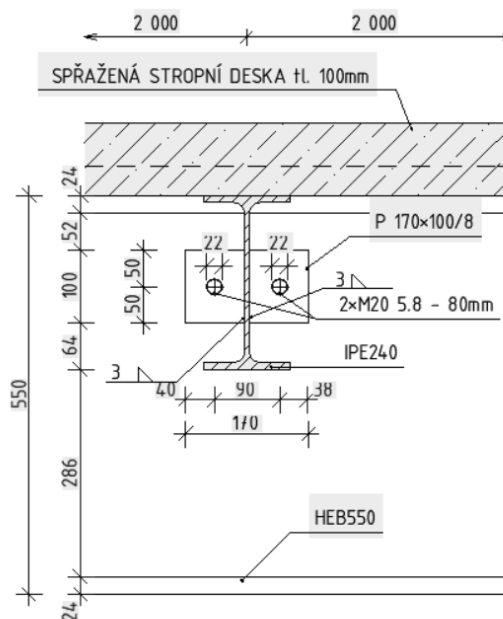
$$\sqrt{3 \cdot 75,89^2} < \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$131,44 < 360$$

$$131,44 < 360 \quad \dots \text{vyhoví}$$

9.3 Připojení střešní stropnice k průvlaku nad 5.NP

Připojení stropnice k průvlaku bude realizováno pomocí přivařeně čelní desky ke stropnici. Tl. čelní desky je 8 mm. Deska bude následně přirubována navrženými šrouby k průvlaku. Jsou navrženy dva šrouby M20 s jakostí 5.8. Jejich délka je 80 mm. Návrh spoje je počítán v místě připojení stropnice IPE 240 a průvlaku HEB 550. Jedná se o kloubový spoj. Spoj je posuzován na max hodnoty $V_{z,Ed}$.



Vstupní údaje

šrouby	M20 5.8
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	400
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	500
plná průřezová plocha dříku šroubu A [mm ²]	245
průměr šroubu d [mm]	20
průměr šroubu $d + vřle$ 2mm [mm]	22
mez pevnosti základního materiálu f_v [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	2
$V_{Z,Ed}$ [kN]	105,35
$2V_{Z,Ed}$ [kN]	210,7
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25

Únosnost ve střihu pro 1 šroub

$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 245 \cdot 500}{1,25}$$

$$F_{V,Rd,1} \text{ [N]} \quad 117600 \quad F_{V,Rd,1} \text{ [kN]} \quad 117,6$$

$$F_{V,Ed} \text{ [kN]} = V_{Z,Ed} \text{ [kN]}$$

$$F_{V,Rd,2} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 2 \cdot 117,6$$

$$F_{V,Rd,2} \text{ [N]} \quad 235,2$$

Posouzení únosnosti ve střihu (pro 2 šrouby)

$$F_{V,Rd} \geq 2F_{V,Ed}$$

$$235,2 > 210,7$$

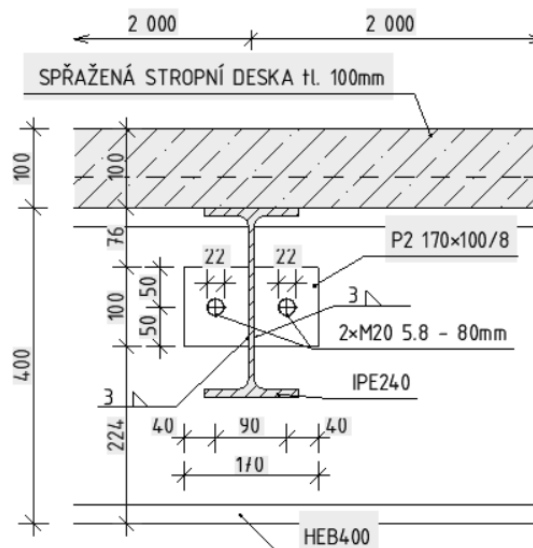
0,90 ... vyhoví

--	--

Únosnost šroubového přípoje v otláčení			
minimální rozteče šroubů			
$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22$			
e_1 [mm]	26,4	e_1 [mm]	50
$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22$			
e_2 [mm]	26,4	e_2 [mm]	40
$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22$			
p_1 [mm]	48,4	p_1 [mm]	
$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 22$			
p_2 [mm]	52,8	p_2 [mm]	
$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 \right\} = \left\{ \frac{2,8 \cdot 40}{22} - 1,7 \right\}$			
$k_{1,1}$	3,391	k_1	2,500
$k_{1,2}$	2,5		
$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u} \right\} = \left\{ \frac{500}{360} \right\}$			
$\alpha_{b,1}$	1,389	α_b	0,758
$\alpha_{b,2}$	0,758		
$\alpha_{b,3}$	1,0		
$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,5 \cdot 0,758 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 15}{1,25}$			
$F_{b,Rd,1}$ [N]	163636,36	$F_{b,Rd,1}$ [kN]	163,64
$F_{V,Ed}$ [kN] = $V_{Z,Ed}$ [kN]			
$F_{b,Rd,4} = n \cdot F_{b,Rd,1} = 2 \cdot 163,64$			
$F_{b,Rd,4}$ [N]	327,27		
Posouzení únosnosti v otláčení (pro 2 šrouby)			
$F_{b,Rd} \geq 2F_{V,Ed}$			
$327,27 > 210,70$			
0,64	... vyhoví		
Svarový přípoj			
účinná tloušťka svaru a [mm]			3
účinná délka svaru L [mm]			94
součinitel korelace β_w pro S235			0,8
metoda srovnávacího napětí			
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$			
pouze τ_{\parallel}			
$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Z,Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{105,35 \times 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 94}$			
τ_{\parallel} [MPa]	186,79		
$\sqrt{3 \cdot 186,79^2} < \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$			
323,53	<	360	
323,53 < 360	... vyhoví		

9.4 Připojení střešní stropnice k průvlaku nad 1.NP

Připojení stropnice k průvlaku bude realizováno pomocí přivařené čelní desky ke stropnici. Tl. čelní desky je 8 mm. Deska bude následně přiroubována navrženými šrouby k průvlaku. Jsou navrženy dva šrouby M20 s jakostí 5.8. Jejich délka je 80 mm. Návrh spoje je počítán v místě připojení stropnice IPE 240 a průvlaku HEB 400. Jedná se o kloubový spoj. Spoj je posuzován na max hodnoty $V_{z,Ed}$.



Vstupní údaje

šrouby	M20 5.8
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	400
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	500
plná průřezová plocha dřívku šroubu A [mm ²]	245
průměr šroubu d [mm]	20
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	22
mez pevnosti základního materiálu f_u [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	2
$V_{z,Ed}$ [kN]	78,00
$2V_{z,Ed}$ [kN]	156,00
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25

Únosnost ve stříhu pro 1 šroub

$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 245 \cdot 500}{1,25}$$

$$F_{V,Rd,1} \text{ [N]} \quad 117600 \quad F_{V,Rd,1} \text{ [kN]} \quad 117,6$$

$$F_{V,Ed} \text{ [kN]} = V_{z,Ed} \text{ [kN]}$$

$$F_{V,Rd,2} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 2 \cdot 117,6$$

$$F_{V,Rd,2} \text{ [N]} \quad 235,2$$

Posouzení únosnosti ve stříhu (pro 2 šrouby)

$$F_{V,Rd} \geq 2F_{V,Ed}$$

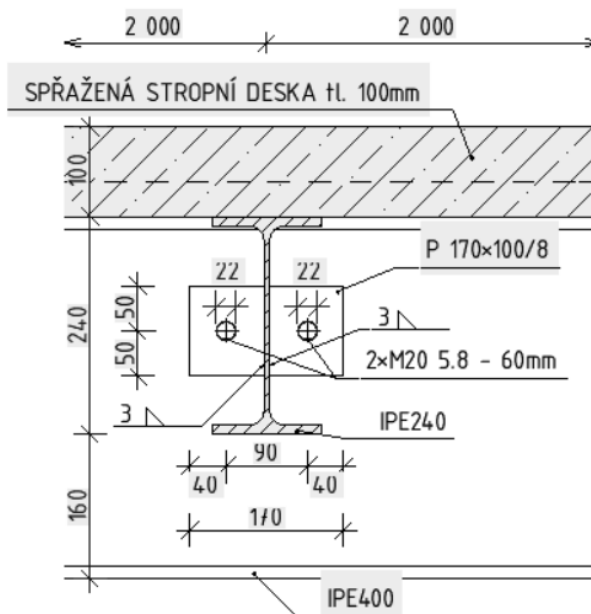
$$235,2 > 156,00$$

$$0,66 \quad \dots \text{ vyhoví}$$

Únosnost šroubového přípoje v otláčení			
minimální rozteče šroubů			
$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22$			
e_1 [mm]	26,4	e_1 [mm]	50
$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22$			
e_2 [mm]	26,4	e_2 [mm]	40
$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22$			
p_1 [mm]	48,4	p_1 [mm]	
$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 22$			
p_2 [mm]	52,8	p_2 [mm]	
$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 \right\} = \left\{ \frac{2,8 \cdot 40}{22} - 1,7 \right\}$			
$k_{1,1}$	3,391	k_1	2,500
$k_{1,2}$	2,5		
$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u} \right\} = \left\{ \frac{500}{360} \right\}$			
$\alpha_{b,1}$	1,389	α_b	0,758
$\alpha_{b,2}$	0,758		
$\alpha_{b,3}$	1,0		
$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,5 \cdot 0,758 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 14}{1,25}$			
$F_{b,Rd,1}$ [N]	163636,36	$F_{b,Rd,1}$ [kN]	163,64
$F_{V,Ed} \text{ [kN]} = V_{Z,Ed} \text{ [kN]}$			
$F_{b,Rd,2} = n \cdot F_{b,Rd,1} = 2 \cdot 163,64$			
$F_{b,Rd,2}$ [N]	327,27		
Posouzení únosnosti v otláčení (pro 2 šrouby)			
$F_{b,Rd} \geq 2F_{V,Ed}$			
$327,27 > 156,00$			
0,48	... vyhoví		
Svarový přípoj			
účinná tloušťka svaru a [mm]			3
účinná délka svaru L [mm]			94
součinitel korelace β_w pro S235			0,8
metoda srovnávacího napětí			
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$			
pouze τ_{\parallel}			
$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Z,Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{78,0 \times 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 94}$			
τ_{\parallel} [MPa]	138,30		
$\sqrt{3 \cdot 138,30^2} < \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$			
239,54	<	360	
239,54 < 360	... vyhoví		

9.5 Připojení střešní stropnice k průvlaku nad -1.S

Připojení stropnice k průvlaku bude realizováno pomocí přivařené čelní desky ke stropnici. Tl. čelní desky je 8 mm. Deska bude následně přiroubována navrženými šrouby k průvlaku. Jsou navrženy dva šrouby M20 s jakostí 5.8. Jejich délka je 60 mm. Návrh spoje je počítán v místě připojení stropnice IPE 240 a průvlaku IPE 400. Jedná se o kloubový spoj. Spoj je posuzován na max hodnoty $V_{z,Ed}$.



Vstupní údaje

šrouby	M20 5.8
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	400
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	500
plná průřezová plocha dříku šroubu A [mm ²]	245
průměr šroubu d [mm]	20
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	22
mez pevnosti základního materiálu f_u [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	2
$V_{z,Ed}$ [kN]	81,58
$2V_{z,Ed}$ [kN]	163,16
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25

Únosnost ve stříhu pro 1 šroub

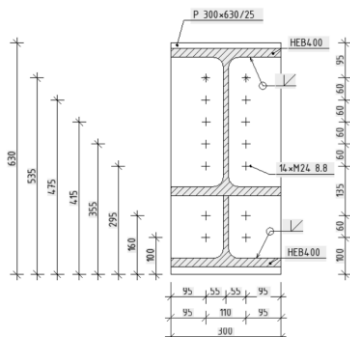
$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 157 \cdot 500}{1,25}$$

$$F_{V,Rd,1} \text{ [N]} \quad 117600 \quad \quad \quad F_{V,Rd,1} \text{ [kN]} \quad 117,6$$

$$F_{V,Ed} \text{ [kN]} = V_{z,Ed} \text{ [kN]}$$

$$F_{V,Rd,2} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 2 \cdot 117,6$$

$$F_{V,Rd,2} \text{ [N]} \quad 235,2$$



Posouzení únosnosti ve stříhu (pro 2 šrouby)

$$F_{V,Rd} \geq 2F_{V,Ed}$$

$$235,2 > 163,16$$

0,69 ... vyhoví

Únosnost šroubového přípoje v otačení
 minimální rozteče šroubů

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22$$

e_1 [mm]	26,4	e_1 [mm]	50
------------	------	------------	-----------

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22$$

e_2 [mm]	26,4	e_2 [mm]	40
------------	------	------------	-----------

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22$$

p_1 [mm]	48,4	p_1 [mm]	
------------	------	------------	--

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 22$$

p_2 [mm]	52,8	p_2 [mm]	
------------	------	------------	--

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7, \frac{2,8 \cdot 40}{22} - 1,7 \right\} = \left\{ \frac{2,8 \cdot 40}{2,5} - 1,7 \right\}$$

$k_{1,1}$	3,391	k_1	2,500
-----------	-------	-------	--------------

$k_{1,2}$	2,5		
-----------	-----	--	--

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{500}{360}, \frac{e_1}{3d_0}, \frac{50}{3 \cdot 22}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{500}{360}, \frac{50}{3 \cdot 22}, 1,0 \right\}$$

$\alpha_{b,1}$	1,389	α_b	0,758
----------------	-------	------------	--------------

$\alpha_{b,2}$	0,758		
----------------	-------	--	--

$\alpha_{b,3}$	1,0		
----------------	-----	--	--

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,5 \cdot 0,758 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 14}{1,25}$$

$F_{b,Rd,1}$ [N]	152727,27	$F_{b,Rd,1}$ [kN]	152,73
------------------	-----------	-------------------	---------------

$$F_{V,Ed} \text{ [kN]} = V_{Z,Ed} \text{ [kN]}$$

$$F_{b,Rd,2} = n \cdot F_{b,Rd,1} = 2 \cdot 152,73$$

$F_{b,Rd,2}$ [N]	305,45
------------------	---------------

Posouzení únosnosti v otačení (pro 2 šrouby)

$$F_{b,Rd} \geq 2F_{V,Ed}$$

$$305,45 > 163,16$$

0,53 ... vyhoví

Svarový přípoj

účinná tloušťka svaru a [mm]	3
------------------------------	---

účinná délka svaru L [mm]	94
---------------------------	----

součinitel korelace β_w pro S235	0,8
--	-----

metoda srovnávacího napětí

$$\sqrt{\sigma_{||}^2 + 3\tau_{||}^2 + 3\tau_{\perp}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M,2}}$$

pouze $\tau_{||}$

$$\tau_{||} = \frac{V_{Z,Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{81,58 \times 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 94}$$

$\tau_{||}$ [MPa]	144,65
-------------------	--------

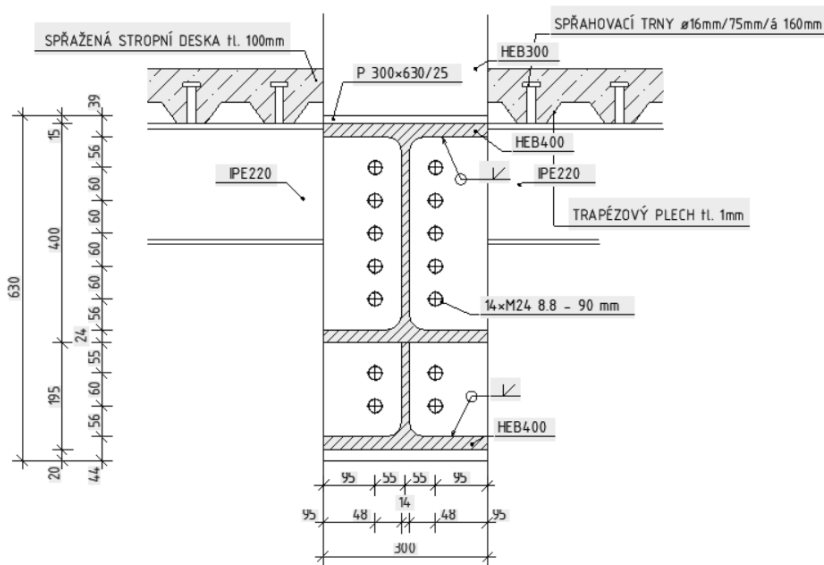
$$\sqrt{3 \cdot 144,65^2} < \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

250,53	<	360
--------	---	-----

250,53 < 360 ... vyhoví

9.6 Připojení průvlaku HEB 400 ke sloupu HEB 300

Přípoj průvlaku na sloup bude proveden pomocí čelní desky, která bude přišroubována k pásnici sloupu. Čelní deska má tl. 25 mm. Průvlak bude přivařen tupým svarem k této desce. Při montáži bude průvlak s deskou přišroubován k pásnici sloupu. Je navrženo 14 ks šroubů M24 s jakostí 8.8 o délce 90 mm. Návrh spoje je počítán v místě připojení průvlaku HEB 400 na sloup HEB 300. Jedná se o tuhý spoj, kde jsou navíc konstrukčně navrženy výztuhy.



Vstupní údaje

šrouby	M24 8.8
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	640
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	800
plná průřezová plocha dřívku šroubu A [mm ²]	353
průměr šroubu d [mm]	24
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	26
mez pevnosti základního materiálu f_b [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	14
$V_{Z,Ed}$ [kN]	267,28
$M_{Y,Ed}$ [kNm]	617,44
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25
sloup HEB300	
tloušťka pásnice sloupu [mm]	19
průvlak HEB400	
tloušťka připojovaného plechu	25

Únosnost ve stříhu pro 1 šroub

$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{1 \cdot 0,6 \cdot 345 \cdot 800}{1,25}$$

$$F_{V,Rd,1} [N] \quad 135552 \quad F_{V,Rd,1} [kN] \quad 135,552$$

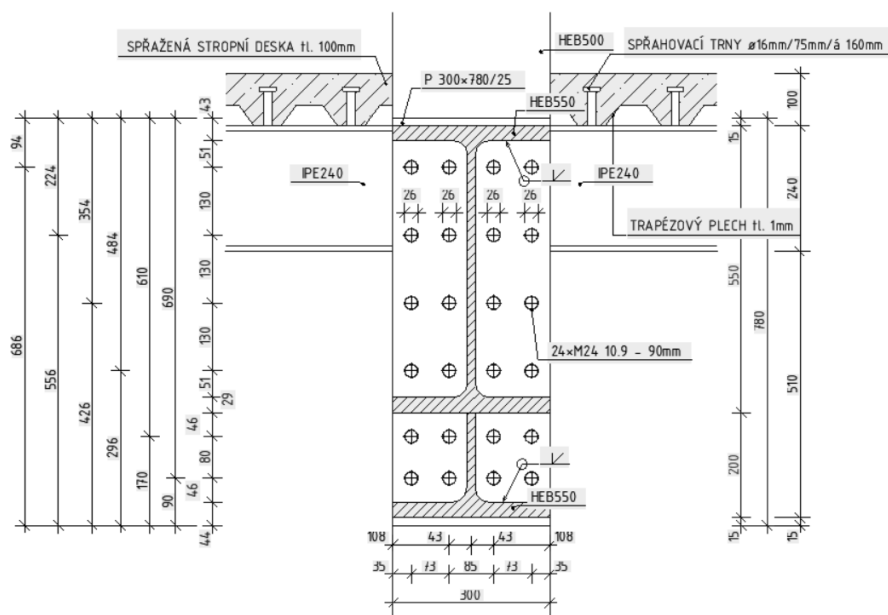
$$F_{V,Ed} [kN] = V_{Z,Ed} [kN]$$

$$F_{V,Rd,14} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 14 \cdot 135,55$$

$$F_{V,Rd,14} [kN] \quad 1897,728$$

Posouzení únosnosti ve střihu (pro 14 šroubů)			
$F_{V,Rd} \geq F_{V,Ed}$			
$1897,73 > 267,28$			
0,33 ... vyhoví			
Únosnost šroubového přípoje v otláčení			
minimální rozteče šroubů			
$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26$			
e_1 [mm]	31,2	e_1 [mm]	56
$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26$			
e_2 [mm]	31,2	e_2 [mm]	95
$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 26$			
p_1 [mm]	57,2	p_1 [mm]	60
$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 26$			
p_2 [mm]	62,4	p_2 [mm]	
$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7, \frac{2,8 \cdot 95}{26} - 1,7 \right\}$			
$k_{1,1}$	8,531	k_1	2,500
$k_{1,2}$	2,5		
$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{e_1}{3d_0}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{500}{360}, \frac{56}{3 \cdot 26}, 1,0 \right\}$			
$\alpha_{b,1}$	2,222	α_b	0,718
$\alpha_{b,2}$	0,718		
$\alpha_{b,3}$	1,0		
$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,5 \cdot 0,718 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 19}{1,25}$			
$F_{b,Rd,1}$ [N]	186092,31	$F_{b,Rd,1}$ [kN]	186,09
$F_{b,Ed} = \frac{V_{Z,Ed}}{n} = \frac{267,28}{14}$			
$F_{b,Ed}$ [kN]	19,09		
$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{19,09}{186,09} < 1,0$			
0,10 ...vyhoví			
Posouzení únosnosti v tahu			
na tah - nejvzdálenější šroub od bodu otáčení			
$\overline{F}_{M,Ed}$	- působící síla bez vlivu páčení		
r	- rameno síly $F_{M,Ed}$		
r [mm]	535		
$\overline{F}_{M,Ed} = \frac{M_{Ed} \cdot r}{\sum \Gamma_i} = \frac{617,44 \cdot 535}{(100^2 + 160^2 + 295^2 + 355^2 + 415^2 + 475^2 + 535^2) \cdot 2}$			
$\overline{F}_{M,Ed}$ [kN]	177,08		
minimální tl. desky při které nevznikne páčení			
$t_{min} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{m \cdot d^2}{e}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{55 \cdot 24^2}{95}}$			
t_{min} [mm]	29,82	→ bude docházet k páčení (tl. pásnice sloupu, ke které připojují průvlak je 19 mm)	

	<p>součinitel páčení γ_p</p> $\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_{\min}^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{29,82^3 - 19^3}{24^2}$ <p>$\gamma_p = 1,00$</p> <p>vodorovná síla s vlivem páčení</p> $F_{M,Ed} = \gamma_p \cdot \overline{F_{M,Ed}} = 1,00 \cdot 17,08$ <p>$F_{M,Ed}$ [kN] 177,22</p> <p>Únosnost v tahu pro jeden šroub</p> $F_{T,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 353}{1,25}$ <p>$F_{T,Rd}$ [kN] 203,328</p> <p>posouzení</p> $\frac{F_{M,Ed}}{F_{T,Rd}} = \frac{177,22}{203,33} < 1,0$ <p>0,87 ... vyhoví</p> <p>Únosnost v protlačení</p> $B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 38,8 \cdot 19 \cdot 360}{1,25}$ <p>$B_{p,Rd}$ [N] 400201,7076 $B_{p,Rd}$ [kN] 400,20</p> $\frac{F_{M,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{177,22}{400,20} < 1,0$ <p>0,44 ... vyhoví</p> <p>Kombinace střih a tahu</p> $\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{M,Ed}}{1,4 \cdot F_{T,Rd}} \leq 1,0$ $\frac{19,09}{135,55} + \frac{177,22}{1,4 \cdot 203,33} \leq 1,0$ <p>0,76 ... vyhoví</p> <p>9.7 Připojení průvlatku HEB 550 ke sloupu HEB 500</p> <p>Přípoj průvlatku na sloup bude proveden pomocí čelní desky, která bude přišroubována k pásnici sloupu. Čelní deska má tl. 25 mm. Průvlak bude přivařen tupým svarem k této desce. Při montáži bude průvlak s deskou přišroubován k pásnici sloupu. Je navrženo 24 ks šroubů M24 s jakostí 10.9 o délce 90 mm. Návrh spoje je počítán v místě připojení průvlatku HEB 550 na sloup HEB 500. Jedná se o tuhý spoj, kde jsou navíc konstrukčně navrženy výztuhy.</p>
--	---



Vstupní údaje

šrouby	M24 10.9
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	1000
plná průřezová plocha dřívku šroubu A [mm ²]	353
průměr šroubu d [mm]	24
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	26
mez pevnosti základního materiálu f_u [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	24
$V_{Z,Ed}$ [kN]	542,09
$M_{Y,Ed}$ [kNm]	1255,48
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25
sloup HE500	
tloušťka pásnice sloupu [mm]	28
průvlek HE500	
tloušťka připojovaného plechu	25

Únosnost ve střihu pro 1 šroub

$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{1 \cdot 0,6 \cdot 353 \cdot 1000}{1,25}$$

$$F_{V,Rd,1} [N] \quad 169440 \quad F_{V,Rd,1} [kN] \quad 169,44$$

$$F_{V,Ed} [kN] = V_{Z,Ed} [kN]$$

$$F_{V,Rd,24} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 24 \cdot 169,44$$

$$F_{V,Rd,24} [N] \quad 4066,56$$

Posouzení únosnosti ve střihu (pro 24 šroubů)

$$F_{V,Rd} \geq F_{V,Ed}$$

$$4066,65 > 542,09$$

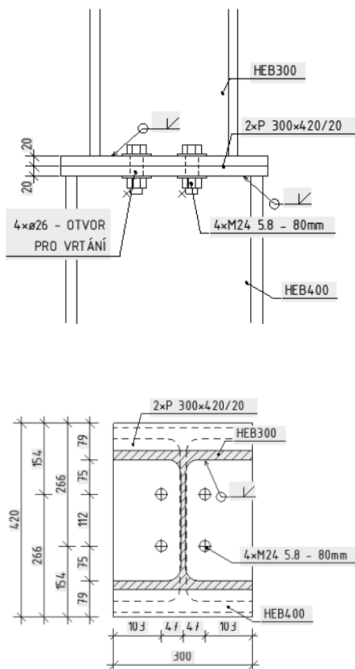
0,31 ... vyhoví

<p>α 30,26</p>	<p>Únosnost šroubového přípoje v otláčení minimální rozteče šroubů $e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26$ e_1 [mm] 31,2 e_1 [mm] 51 $e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26$ e_2 [mm] 31,2 e_2 [mm] 35 $p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 26$ p_1 [mm] 57,2 p_1 [mm] 130 $p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 26$ p_2 [mm] 62,4 p_2 [mm] 73</p> $k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7, \frac{2,8 \cdot 35}{26} - 1,7 \right\}$ <p>$k_{1,1}$ 2,069 k_1 2,069 $k_{1,2}$ 2,5</p> $\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{e_1}{3d_0}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{500}{360}, \frac{46}{3 \cdot 26}, 1,0 \right\}$ <p>$\alpha_{b,1}$ 2,778 $\alpha_{b,2}$ 0,654 α_b 0,654 $\alpha_{b,3}$ 1,0</p> $F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,5 \cdot 0,654 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 25}{1,25}$ <p>$F_{b,Rd,1}$ [N] 233791,24 $F_{b,Rd,1}$ [kN] 233,79</p> $F_{b,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{n} = \frac{542,9}{24}$ <p>$F_{b,Ed}$ [kN] 22,59 $\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{22,59}{233,79} < 1,0$ 0,10 ...vyhoví</p> <p>Posouzení únosnosti v tahu na tah - nejvzdálenější šroub od bodu otáčení $\overline{F}_{M,Ed}$ - působící síla bez vlivu páčení r - rameno síly $F_{M,Ed}$ r [mm] 686</p> $\overline{F}_{M,Ed} = \frac{M_{Ed} \cdot r}{\sum r_i} = \frac{1255,48 \cdot 686}{(90^2 + 170^2 + 296^2 + 426^2 + 556^2 + 686^2) \cdot 4}$ <p>$\overline{F}_{M,Ed}$ [kN] 198,30 minimální tl. desky při které nevznikne páčení</p> $t_{min} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{m \cdot d^2}{e}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{43 \cdot 25^2}{108}}$ <p>t_{min} [mm] 26,26 → bude docházet k páčení (tl. připojovaného plechu je 25 mm)</p>
---	--

				<p>součinitel páčení γ_p</p> $\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_{\min}^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{26,26^3 - 25^3}{24^2}$ <p>$\gamma_p = 0,97$</p> <p>vodorovná síla s vlivem páčení</p> $F_{M,Ed} = \gamma_p \cdot \overline{F_{M,Ed}} = 0,97 \cdot 198,30$ <p>$F_{M,Ed}$ [kN] 191,68</p> <p>únosnost v tahu pro jeden šroub</p> $F_{T,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 353}{1,25}$ <p>$F_{T,Rd}$ [kN] 254,160</p> <p>posouzení</p> $\frac{F_{M,Ed}}{F_{T,Rd}} = \frac{191,68}{254,16} < 1,0$ <p>0,75 ... vyhoví</p> <p>Únosnost v protlačení</p> $B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 38,8 \cdot 24 \cdot 360}{1,25}$ <p>$B_{p,Rd}$ [N] 589770,9375 $B_{p,Rd}$ [kN] 589,77</p> $\frac{F_{M,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{191,68}{589,77} < 1,0$ <p>0,32 ... vyhoví</p> <p>Kobinace střih a tahu</p> $\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{M,Ed}}{1,4 \cdot F_{T,Rd}} \leq 1,0$ $\frac{22,59}{169,44} + \frac{191,68}{1,4 \cdot 254,16} \leq 1,0$ <p>0,67 ... vyhoví</p> <p>9.8 Připojení ztužidla ke stropnici</p> <p>K zajištění stability objektu jsou použita ztužidla, která se nachází v podélném směru budovy. Jsou použity tyčové profily – táhla Macalloy. Navržené plechy, ke kterým se následně pomocí čepů a spojek připojí samotný profil ztužidla, musí být navrženy z oceli S355. Je navržen svar připojované desky ke spodní pánsnici stropnice. Je posouzen spoj, kde se vyskytuje největší tahová síla.</p>
--	--	--	--	--

α

30,26



Vstupní údaje

N_{ed}^+ [kN]	126,89
profil - kruhová tyč - průměr d [mm]	34
tl. plechu [mm]	30,00
materiál plechu S355 f_y [MPa]	355,000
rozměr E_{min} [mm]	62
rozměr H_{min} [mm]	95
účinná výška svaru a [mm]	3
účinná délka svaru L [mm]	207
stropnice S235 f_y [MPa]	235

$$F_1 = \cos \alpha \cdot N_{Ed} = \cos 30,26 \cdot 126,89$$

$$F_2 = \sin \alpha \cdot N_{Ed} = \sin 30,26 \cdot 126,89$$

$$F_1 \text{ [kN]} \quad 109,60$$

$$F_2 \text{ [kN]} \quad 63,94$$

$$\tau_{F1} = \frac{F_1}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{109,60 \times 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 207}$$

$$\tau_{F2} = \frac{F_2}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{63,94 \times 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 207}$$

$$\tau_{F1} \text{ [MPa]} \quad 88,25$$

$$\tau_{F2} \text{ [MPa]} \quad 51,48$$

$$\tau_{||} = \tau_{F1} \text{ [MPa]} \quad 88,25$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\tau_{F2}}{\sqrt{2}} = \frac{51,48 \times 10^3}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{\perp} \text{ [MPa]} \quad 36,40$$

metoda srovnávacího napětí

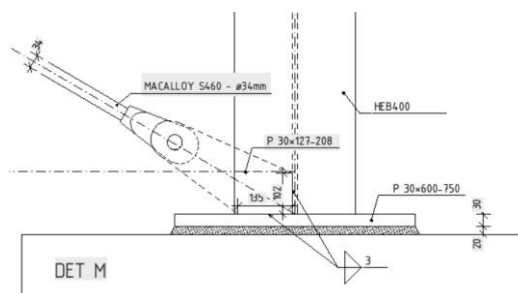
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{||}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{36,40^2 + 3 \cdot 36,40^2 + 3 \cdot 88,25^2} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$169,30 < 360 \quad \dots \text{ vyhoví}$$

9.9 Připojení ztužidla k patní desce

K zajištění stability objektu jsou použita ztužidla, která se nachází v podélném směru budovy. Jsou použity tyčové profily – táhla Macalloy. Navržené plechy, ke kterým se následně pomocí čepů připojí samotný profil ztužidla, musí být navrženy z oceli S355. Je navržen svar připojované desky k patní desce sloupu. Je posouzen spoj, kde se vyskytuje největší tahová síla.



Vstupní údaje	
N_{ed}^+ [kN]	126,89
profil - kruhová tyč - průměr d [mm]	34
tl. plechu [mm]	30
materiál plechu S355 f_y [MPa]	355
rozměr E_{min} [mm]	62
rozměr H_{min} [mm]	95
účinná výška svaru a [mm]	3
účinná délka svaru L [mm]	231
sloup HEB400 S235 f_y [MPa]	235
$F_1 = \cos \alpha \cdot N_{Ed} = \cos 30,89 \cdot 126,89$ $F_2 = \sin \alpha \cdot N_{Ed} = \sin 30,89 \cdot 126,89$ F_1 [kN] 109,60 F_2 [kN] 63,94	
$\tau_{F1} = \frac{F_1}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{109,60 \times 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 231}$ $\tau_{F2} = \frac{F_2}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{63,94 \times 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 231}$ τ_{F1} [MPa] 79,08 τ_{F2} [MPa] 46,13	
svar a:	
$\tau_{\parallel} = \tau_{F1}$ [MPa] 79,08 $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\tau_{F2}}{\sqrt{2}} = \frac{46,13 \times 10^3}{\sqrt{2}} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25}$ σ_{\perp} [MPa] 32,62 < 259,2	
metoda srovnávacího napětí	
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$ $\sqrt{36,62^2 + 3 \cdot 32,62^2 + 3 \cdot 79,08^2} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$ <p style="text-align: center;">151,71 < 360 ... vyhoví</p>	
svar b:	
$\tau_{\parallel} = \tau_{F2}$ [MPa] 46,13 $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\tau_{F1}}{\sqrt{2}} = \frac{107,45 \times 10^3}{\sqrt{2}} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25}$ σ_{\perp} [MPa] 55,92	
metoda srovnávacího napětí	
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$ $\sqrt{55,92^2 + 3 \cdot 55,92^2 + 3 \cdot 46,13^2} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$ <p style="text-align: center;">137,45 < 360 ... vyhoví</p>	

9.10 Montážní spoj sloupu HEB 300 na HEB 400

Vzhledem k výšce budovy a následné dopravě prvků bylo nutné navrhnout několik montážních spojů. Ve výrobě bude k patě sloupu tupým svarem přivařena čelní deska o tl. 20 mm. Oba sloupy i s čelními deskami se na stavbě sešroubují předepsanými šrouby. V tomto spoji jsou navrženy 4 šrouby M24 s jakostí 5.8. Navržená délka šroubů je 80 mm.

Tento montážní spoj je navržen pro max $V_{z,Ed}$ a jí odpovídající $M_{y,Ed}$

Vstupní údaje

šrouby	M24 5.8
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	400
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	500
plná průřezová plocha dříku šroubu A [mm ²]	353
průměr šroubu d [mm]	24
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	26
mez pevnosti základního materiálu f_u [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	4
$V_{z,Ed}$ [kN]	45,35
$M_{y,Ed}$ [kNm]	71,75
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25
sloup HEB300	
tloušťka připojovaného plechu [mm]	20
sloup HEB400	
tloušťka připojovaného plechu	20

Únosnost ve stříhu pro 1 šroub

$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{1 \cdot 0,6 \cdot 353 \cdot 500}{1,25}$$

$$F_{V,Rd,1} [N] \quad 84720 \quad F_{V,Rd,1} [kN] \quad 84,72$$

$$F_{V,Ed} [kN] = V_{z,Ed} [kN]$$

$$F_{V,Rd,4} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 4 \cdot 84,72$$

$$F_{V,Rd,4} [N] \quad 338,88$$

Posouzení únosnosti ve stříhu (pro 4 šrouby)

$$F_{V,Rd} \geq F_{V,Ed}$$

$$338,88 > 45,35$$

0,21 ... vyhoví

Únosnost šroubového připoje v otláčení

minimální rozteče šroubů

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 20$$

$$e_1 [mm] \quad 31,2 \quad e_1 [mm] \quad 75$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 20$$

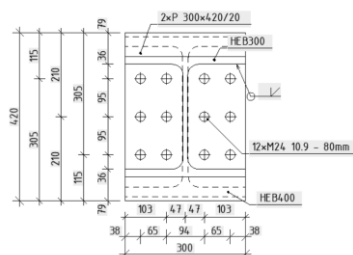
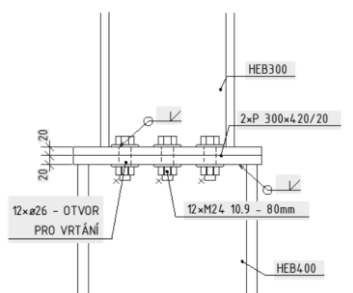
$$e_2 [mm] \quad 31,2 \quad e_2 [mm] \quad 103$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 20$$

$$p_1 [mm] \quad 57,2 \quad p_1 [mm] \quad 112$$

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 20$$

$$p_2 [mm] \quad 62,4 \quad p_2 [mm]$$



	$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 \right\} = \left\{ \frac{2,8 \cdot 103}{22} - 1,7 \right\}$		
$k_{1,1}$	9,392	k_1	2,500
$k_{1,2}$	2,5		
	$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u} \right\} = \left\{ \frac{500}{360} \right\}$		
	$\left\{ \frac{e_1}{3d_0} \right\} = \left\{ \frac{75}{3 \cdot 26} \right\}$		
	$\left\{ 1,0 \right\}$		
$\alpha_{b,1}$	1,389	α_b	0,962
$\alpha_{b,2}$	0,962		
$\alpha_{b,3}$	1,0		
	$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,5 \cdot 0,962 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 20}{1,25}$		
$F_{b,Rd,1}$ [N]	332307,69	$F_{b,Rd,1}$ [kN]	332,31
	$F_{b,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{n} = \frac{45,35}{4}$		
$F_{b,Ed}$ [kN]	11,34		
	$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{11,34}{332,31} < 1,0$		
	0,03		...vyhoví
	Posouzení únosnosti v tahu		
	na tah - nejvzdálenější šroub od bodu otáčení		
$\overline{F_{M,Ed}}$	- působící síla bez vlivu páčení		
r	- rameno síly $F_{M,Ed}$		
r [mm]	266		
	$\overline{F_{M,Ed}} = \frac{M_{Ed} \cdot r}{\sum r_i} = \frac{71,75 \cdot 266}{(154^2 + 266^2) \cdot 2}$		
$\overline{F_{M,Ed}}$ [kN]	101,01		
	minimální tl. desky při které nevznikne páčení		
	$t_{min} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{m \cdot d^2}{e}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{47 \cdot 24^2}{103}}$		
t_{min} [mm]	27,54	→ bude docházet k páčení (tl. čelní desky, které budou připojovat je 20 mm)	
	součinitel páčení γ_p		
	$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_{min}^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{27,54^3 - 20^3}{24^2}$		
γ_p	1,11		
	vodorovná síla s vlivem páčení		
$F_{M,Ed}$	$F_{M,Ed} = \gamma_p \cdot \overline{F_{M,Ed}} = 1,11 \cdot 101,01$		
$F_{M,Ed}$ [kN]	112,32		
	Únosnost v tahu pro jeden šroub		
	$F_{T,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 500 \cdot 245}{1,25}$		
$F_{T,Rd}$ [kN]	127,08		

posouzení

$$\frac{F_{M,Ed}}{F_{T,Rd}} = \frac{112,32}{127,08} < 1,0$$

0,88 ... vyhoví

Únosnost v protlačení

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 38,8 \cdot 20 \cdot 360}{1,25}$$

$$B_{p,Rd} [N] \quad 421264,9554 \quad B_{p,Rd} [kN] \quad 421,26$$

$$\frac{F_{M,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{112,32}{421,26} < 1,0$$

0,27 ... vyhoví

Kombinace střih a tahu

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{M,Ed}}{1,4 \cdot F_{T,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{45,35}{338,88} + \frac{112,32}{1,4 \cdot 127,08} \leq 1,0$$

0,77 ... vyhoví

9.11 Montážní spoj sloupu HEB 300 na HEB 400

Vzhledem k výšce budovy a následné dopravě prvků bylo nutné navrhnout několik montážních spojů. Ve výrobě bude k patě sloupu tupým svarem přivařena čelní deska o tl. 20 mm. Oba sloupy i s čelními deskami se na stavbě sešroubují předepsanými šrouby. V tomto spoji je navrženo 12šroubů M24 s jakostí 10.9. Navržená délka šroubů je 80 mm.

Tento montážní spoj je navržen pro max $M_{y,Ed}$ a jemu odpovídající $V_{z,Ed}$

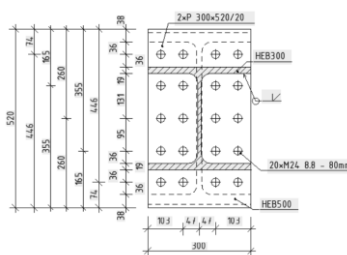
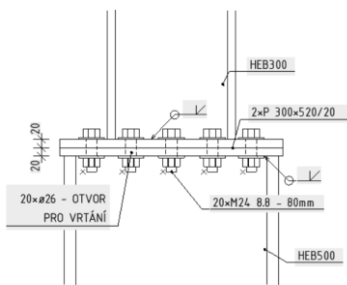
Vstupní údaje

šrouby	M24 10.9
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	900
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	1000
plná průřezová plocha dřívku šroubu A [mm ²]	353
průměr šroubu d [mm]	24
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	26
mez pevnosti základního materiálu f_u [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	12
$V_{z,Ed}$ [kN]	127,31
$M_{y,Ed}$ [kNm]	407,76
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25
sloup HEB300	
tloušťka připojovaného plechu [mm]	20
sloup HEB400	
tloušťka připojovaného pechu	20

Únosnost ve střihu pro 1 šroub

$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{1 \cdot 0,6 \cdot 353 \cdot 1000}{1,25}$$

$$F_{V,Rd,1} [N] \quad 169440 \quad F_{V,Rd,1} [kN] \quad 169,44$$



$$F_{V,Ed} [kN] = V_{Z,Ed} [kN]$$

$$F_{V,Rd,12} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 12 \cdot 169,44$$

$$F_{V,Rd,12} [N] \quad \quad \quad 2033,28$$

Posouzení únosnosti ve střihu (pro 12 šroubů)

$$F_{V,Rd} \geq F_{V,Ed}$$

$$2033,28 > 127,31$$

0,20 ... vyhoví

Únosnost šroubového přípoje v otačení

minimální rozteče šroubů

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 24$$

$$e_1 [mm] \quad \quad \quad 31,2 \quad \quad \quad e_1 [mm] \quad \quad \quad 36$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 24$$

$$e_2 [mm] \quad \quad \quad 31,2 \quad \quad \quad e_2 [mm] \quad \quad \quad 38$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 24$$

$$p_1 [mm] \quad \quad \quad 57,2 \quad \quad \quad p_1 [mm] \quad \quad \quad 95$$

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 24$$

$$p_2 [mm] \quad \quad \quad 62,4 \quad \quad \quad p_2 [mm] \quad \quad \quad 65$$

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7, \frac{2,8 \cdot 38}{26} - 1,7 \right\}$$

$$k_{1,1} \quad \quad \quad 2,392$$

$$k_{1,2} \quad \quad \quad 2,5$$

$$k_1 \quad \quad \quad 2,392$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{e_1}{3d_0}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{1000}{360}, \frac{36}{3 \cdot 26}, 1,0 \right\}$$

$$\alpha_{b,1} \quad \quad \quad 2,778$$

$$\alpha_{b,2} \quad \quad \quad 0,462$$

$$\alpha_{b,3} \quad \quad \quad 1,0$$

$$\alpha_b \quad \quad \quad 0,462$$

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,392 \cdot 0,462 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 20}{1,25}$$

$$F_{b,Rd,1} [N] \quad \quad \quad 152636,59$$

$$F_{b,Rd,1} [kN] \quad \quad \quad 152,64$$

$$F_{b,Ed} = \frac{V_{Z,Ed}}{n} = \frac{127,31}{12}$$

$$F_{b,Ed} [kN] \quad \quad \quad 10,61$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{10,61}{152,64} < 1,0$$

0,07 ...vyhoví

Posouzení únosnosti v tahu

na tah - nejbzdálenější šroub od bodu otáčení

$\overline{F}_{M,Ed}$ - působící síla bez vlivu páčení

r - rameno síly $F_{M,Ed}$

$$r [mm] \quad \quad \quad 305$$

$$\overline{F}_{M,Ed} = \frac{M_{Ed} \cdot r}{\sum r_i} = \frac{407,76 \cdot 305}{(115^2 + 210^2 + 305^2) \cdot 4}$$

$$\overline{F}_{M,Ed} [kN] \quad \quad \quad 206,80$$

minimální tl. desky při které nevznikne páčení

$$t_{\min} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{m \cdot d^2}{e}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{47 \cdot 24^2}{103}}$$

t_{\min} [mm] 27,54 → bude docházet k páčení (tl. čelní desky, které budou připojovat je 20 mm)

součinitel páčení γ_p

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_{\min}^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{27,54^3 - 20^3}{24^2}$$

γ_p 1,11

vodorovná síla s vlivem páčení

$$F_{M,Ed} = \gamma_p \cdot \overline{F_{M,Ed}} = 1,11 \cdot 206,80$$

$F_{M,Ed}$ [kN] 229,95

Únosnost v tahu pro jeden šroub

$$F_{T,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 353}{1,25}$$

$F_{T,Rd}$ [kN] 254,16

posouzení

$$\frac{F_{M,Ed}}{F_{T,Rd}} = \frac{229,95}{254,16} < 1,0$$

0,90 ... vyhoví

Únosnost v protlačení

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 38,8 \cdot 20 \cdot 360}{1,25}$$

$B_{p,Rd}$ [N] 421264,9554 $B_{p,Rd}$ [kN] 421,26

$$\frac{F_{M,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{229,95}{421,26} < 1,0$$

0,55 ... vyhoví

Kombinace střih a tahu

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{M,Ed}}{1,4 \cdot F_{T,Rd}} \leq 1,0$$

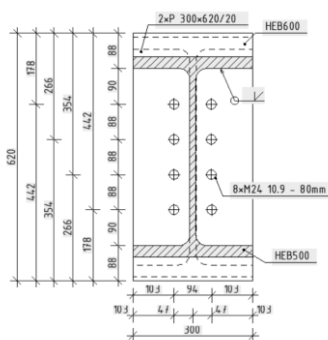
$$\frac{10,61}{169,44} + \frac{229,95}{1,4 \cdot 254,16} \leq 1,0$$

0,71 ... vyhoví

9.12 Montážní spoj sloupu HEB 300 na HEB 500

Vzhledem k výšce budovy a následné dopravě prvků bylo nutné navrhnout několik montážních spojů. Ve výrobě bude k patě sloupu tupým svarem přivařena čelní deska o tl. 20 mm. Oba sloupy i s čelními deskami se na stavbě sešroubují předepsanými šrouby. V tomto spoji je navrženo 20 šroubů M24 s jakostí 8.8. Navržená délka šroubů je 80 mm.

Tento montážní spoj je navržen pro max $V_{z,Ed}$ a jí odpovídající $M_{y,Ed}$



Vstupní údaje

šrouby	M24 8.8
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	900
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	800
plná průřezová plocha dřívku šroubu A [mm ²]	353
průměr šroubu d [mm]	24
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	26
mez pevnosti základního materiálu f_u [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	20
$V_{Z,Ed}$ [kN]	235,76
$M_{Y,Ed}$ [kNm]	389,89
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25
sloup HEB300	
tloušťka připojovaného plechu [mm]	20
sloup HEB500	
tloušťka připojovaného plechu	20

Únosnost ve stříhu pro 1 šroub

$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{1 \cdot 0,6 \cdot 353 \cdot 800}{1,25}$$

$$F_{V,Rd,1} \text{ [N]} \quad 135552 \quad F_{V,Rd,1} \text{ [kN]} \quad 135,552$$

$$F_{V,Ed} \text{ [kN]} = V_{Z,Ed} \text{ [kN]}$$

$$F_{V,Rd,4} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 20 \cdot 135,55$$

$$F_{V,Rd,14} \text{ [N]} \quad 2711,04$$

Posouzení únosnosti ve stříhu (pro 12 šroubů)

$$F_{V,Rd} \geq F_{V,Ed}$$

$$2711,04 > 235,76$$

0,14 ... vyhoví

Únosnost šroubového přípoje v otláčení

minimální rozteče šroubů

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26$$

$$e_1 \text{ [mm]} \quad 31,2 \quad e_1 \text{ [mm]} \quad 36$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26$$

$$e_2 \text{ [mm]} \quad 31,2 \quad e_2 \text{ [mm]} \quad 38$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 26$$

$$p_1 \text{ [mm]} \quad 57,2 \quad p_1 \text{ [mm]} \quad 95$$

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 26$$

$$p_2 \text{ [mm]} \quad 62,4 \quad p_2 \text{ [mm]} \quad 65$$

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7, \frac{2,8 \cdot 38}{26} - 1,7 \right\}$$

$$k_{1,1} \quad 2,392 \quad k_1 \quad 2,392$$

$$k_{1,2} \quad 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{e_1}{3d_0}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{800}{360}, \frac{36}{3 \cdot 26}, 1,0 \right\}$$

$a_{b,1}$	2,222		
$a_{b,2}$	0,462	α_b	0,462
$a_{b,3}$	1,0		
$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,392 \cdot 0,462 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 20}{1,25}$			
$F_{b,Rd,1}$ [N]	152636,59	$F_{b,Rd,1}$ [kN]	152,64
$F_{b,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{n} = \frac{235,76}{20}$			
$F_{b,Ed}$ [kN]	11,79		
$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{11,79}{152,64} < 1,0$			
	0,08		...vyhoví
Posouzení únosnosti v tahu			
na tah - nejvzdálenější šroub od bodu otáčení			
$\overline{F_{M,Ed}}$	- působící síla bez vlivu páčení		
r	- rameno síly $F_{M,Ed}$		
r [mm]	446		
$\overline{F_{M,Ed}} = \frac{M_{Ed} \cdot r}{\sum r_i} = \frac{389,89 \cdot 446}{(74^2 + 165^2 + 260^2 + 355^2 + 446^2) \cdot 4}$			
$\overline{F_{M,Ed}}$ [kN]	102,23		
minimální tl. desky při které nevznikne páčení			
$t_{min} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{m \cdot d^2}{e}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{43 \cdot 24^2}{103}}$			
t_{min} [mm]	27,54 → bude docházet k páčení (tl. čelní desky, které budu připojovat je 20 mm)		
součinitel páčení γ_p			
$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_{min}^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{27,54^3 - 20^3}{24^2}$			
γ_p	1,11		
vodorovná síla s vlivem páčení			
$F_{M,Ed} = \gamma_p \cdot \overline{F_{M,Ed}} = 1,11 \cdot 102,23$			
$F_{M,Ed}$ [kN]	113,68		
Únosnost v tahu pro jeden šroub			
$F_{T,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 353}{1,25}$			
$F_{T,Rd}$ [kN]	203,33		
posouzení			
$\frac{F_{M,Ed}}{F_{T,Rd}} = \frac{113,68}{203,33} < 1,0$			
	0,56		... vyhoví
Únosnost v protlačení			
$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 38,8 \cdot 20 \cdot 360}{1,25}$			
$B_{p,Rd}$ [N]	421264,9554	$B_{p,Rd}$ [kN]	421,26
$\frac{F_{M,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{113,68}{421,26} < 1,0$			
	0,27		... vyhoví

Kobinace střih a tahu

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{M,Ed}}{1,4 \cdot F_{T,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{11,79}{152,64} + \frac{113,68}{1,4 \cdot 254,16} \leq 1,0$$

0,49 ... vyhoví

9.13 Montážní spoj sloupu HEB 500 na HEB 600

Vzhledem k výšce budovy a následně dopravě prvků bylo nutné navrhnout několik montážních spojů. Ve výrobě bude k patě sloupu tupým svarem přivařena čelní deska o tl. 20 mm. Oba sloupy i s čelními deskami se na stavbě sešroubují předepsanými šrouby. V tomto spoji je navrženo 8 šroubů M24 s jakostí 10.9. Navržená délka šroubů je 80 mm.

Tento montážní spoj je navržen pro max $V_{z,Ed}$ a jí odpovídající $M_{y,Ed}$

Vstupní údaje

šrouby	M24 10.9
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	900
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	1000
plná průřezová plocha dříku šroubu A [mm ²]	353
průměr šroubu d [mm]	24
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	26
mez pevnosti základního materiálu f_u [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	8
$V_{z,Ed}$ [kN]	197,18
$M_{y,Ed}$ [kNm]	364,74
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25
sloup HEB500	
tloušťka připojovaného plechu [mm]	20
sloup HEB600	
tloušťka připojovaného pechu	20

Únosnost ve střihu pro 1 šroub

$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{1 \cdot 0,6 \cdot 353 \cdot 1000}{1,25}$$

$$F_{V,Rd,1} [\text{N}] \quad 169440 \quad F_{V,Rd,1} [\text{kN}] \quad 169,44$$

$$F_{V,Ed} [\text{kN}] = V_{z,Ed} [\text{kN}]$$

$$F_{V,Rd,4} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 8 \cdot 169,44$$

$$F_{V,Rd,14} [\text{N}] \quad 1355,52$$

Posouzení únosnosti ve střihu (pro 8 šroubů)

$$F_{V,Rd} \geq F_{V,Ed}$$

$$1355,52 > 197,18$$

0,27 ... vyhoví

Únosnost šroubového přípoje v otláčení			
minimální rozteče šroubů			
$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26$			
e_1 [mm]	31,2	e_1 [mm]	90
$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26$			
e_2 [mm]	31,2	e_2 [mm]	103
$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 26$			
p_1 [mm]	57,2	p_1 [mm]	88
$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 26$			
p_2 [mm]	62,4	p_2 [mm]	
$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7, \frac{2,8 \cdot 103}{26} - 1,7 \right\}$			
$k_{1,1}$	9,392	k_1	2,500
$k_{1,2}$	2,5		
$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{e_1}{3d_0}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{1000}{360}, \frac{36}{3 \cdot 26}, 1,0 \right\}$			
$\alpha_{b,1}$	2,778	α_b	1,000
$\alpha_{b,2}$	1,154		
$\alpha_{b,3}$	1,0		
$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 20}{1,25}$			
$F_{b,Rd,1}$ [N]	345600,00	$F_{b,Rd,1}$ [kN]	345,60
$F_{b,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{n} = \frac{197,18}{8}$			
$F_{b,Ed}$ [kN]	24,65		
$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{24,65}{345,60} < 1,0$			
	0,07		...vyhoví
Posouzení únosnosti v tahu			
na tah - nejvzdálenější šroub od bodu otáčení			
$\overline{F_{M,Ed}}$			- působící síla bez vlivu páčení
r			- rameno síly $F_{M,Ed}$
r [mm]	442		
$\overline{F_{M,Ed}} = \frac{M_{Ed} \cdot r}{\sum r_i} = \frac{364,74 \cdot 442}{(178^2 + 266^2 + 354^2 + 442^2) \cdot 2}$			
$\overline{F_{M,Ed}}$ [kN]	190,51		
minimální tl. desky při které nevznikne páčení			
$t_{min} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{m \cdot d^2}{e}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{47 \cdot 24^2}{103}}$			
t_{min} [mm]	27,54	→ bude docházet k páčení (tl. čelní desky, které budou připojovat je 20 mm)	
součinitel páčení γ_p			
$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_{min}^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{27,54^3 - 20^3}{24^2}$			
γ_p	1,11		

9.14 Montážní spoj sloupu HEB 500 na svařovaný profil

Vzhledem k výšce budovy a následné dopravě prvků bylo nutné navrhnout několik montážních spojů. Ve výrobě bude k patě sloupu tupým svarem přivařena čelní deska o tl. 20 mm. Oba sloupy i s čelními deskami se na stavbě sešroubují předepsanými šrouby. V tomto spoji jsou navrženy 4 šrouby M24 s jakostí 10.9. Navržená délka šroubů je 80 mm.

Tento montážní spoj je navržen pro max $V_{z,Ed}$ a jí odpovídající $M_{y,Ed}$

Vstupní údaje

šrouby	M24 10.9
mez kluzu šroubu f_{yb} [MPa]	900
mez kluzu šroubu f_{ub} [MPa]	1000
plná průřezová plocha dřívku šroubu A [mm ²]	353
průměr šroubu d [mm]	24
průměr šroubu d + vůle 2mm [mm]	26
mez pevnosti základního materiálu f_u [MPa]	360
počet šroubů n [ks]	4
$V_{z,Ed}$ [kN]	124,06
$M_{y,Ed}$ [kNm]	226,97
dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,2}$	1,25
sloup HEB500	
tloušťka připojovaného plechu [mm]	20
sloup svařovaný 650	
tloušťka připojovaného pechu	20

Únosnost ve stříhu pro 1 šroub

$$F_{V,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M,2}} = \frac{1 \cdot 0,6 \cdot 353 \cdot 1000}{1,25}$$

$$F_{V,Rd,1} \text{ [N]} \quad 169440 \quad F_{V,Rd,1} \text{ [kN]} \quad 169,44$$

$$F_{V,Ed} \text{ [kN]} = V_{z,Ed} \text{ [kN]}$$

$$F_{V,Rd,4} = n \cdot F_{V,Rd,1} = 4 \cdot 169,44$$

$$F_{V,Rd,4} \text{ [N]} \quad 677,76$$

Posouzení únosnosti ve stříhu (pro 12 šroubů)

$$F_{V,Rd} \geq F_{V,Ed}$$

$$677,76 > 169,44$$

0,33 ... vyhoví

Únosnost šroubového přípoje v otláčení

minimální rozteče šroubů

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26$$

$$e_1 \text{ [mm]} \quad 31,2 \quad e_1 \text{ [mm]} \quad 166$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26$$

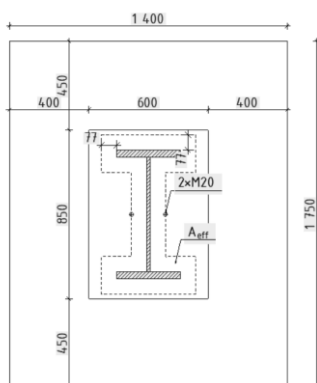
$$e_2 \text{ [mm]} \quad 31,2 \quad e_2 \text{ [mm]} \quad 103$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 26$$

$$p_1 \text{ [mm]} \quad 57,2 \quad p_1 \text{ [mm]} \quad 112$$

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 26$$

$$p_2 \text{ [mm]} \quad 62,4 \quad p_2 \text{ [mm]}$$



$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 \right\} = \left\{ \frac{2,8 \cdot 103}{26} - 1,7 \right\}$$

$$k_{1,1} = 9,392 \quad k_{1,2} = 2,5 \quad k_1 = 2,500$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{e_1}{3d_0}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{1000}{360}, \frac{36}{3 \cdot 26}, 1,0 \right\}$$

$$\alpha_{b,1} = 2,778 \quad \alpha_{b,2} = 2,128 \quad \alpha_{b,3} = 1,0 \quad \alpha_b = 1,000$$

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 20}{1,25}$$

$$F_{b,Rd,1} [N] = 345600,00 \quad F_{b,Rd,1} [kN] = 345,60$$

$$F_{b,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{n} = \frac{124,06}{4}$$

$$F_{b,Ed} [kN] = 31,02$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{31,02}{345,60} < 1,0$$

0,09 ...vyhoví

Posouzení únosnosti v tahu

na tah - nejvzdálenější šroub od bodu otáčení

$\overline{F}_{M,Ed}$ - působící síla bez vlivu páčení

r - rameno síly $F_{M,Ed}$

r [mm] = 391

$$\overline{F}_{M,Ed} = \frac{M_{Ed} \cdot r}{\sum r_i} = \frac{226,97 \cdot 391}{(279^2 + 391^2) \cdot 2}$$

$$\overline{F}_{M,Ed} [kN] = 192,32$$

minimální tl. desky při které nevznikne páčení

$$t_{min} = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{m \cdot d^2}{e}} = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{57 \cdot 24^2}{103}}$$

$$t_{min} [mm] = 29,37 \rightarrow \text{bude docházet k páčení (tl. čelní desky, které budu připojovat je 20 mm)}$$

součinitel páčení γ_p

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_{min}^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{29,37^3 - 20^3}{24^2}$$

$$\gamma_p = 1,15$$

vodorovná síla s vlivem páčení

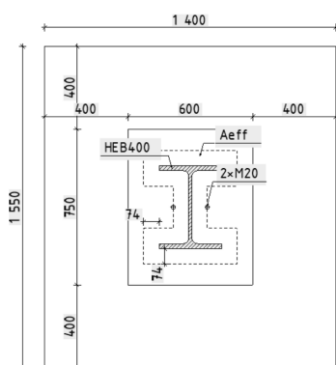
$$F_{M,Ed} = \gamma_p \cdot \overline{F}_{M,Ed} = 1,15 \cdot 192,32$$

$$F_{M,Ed} [kN] = 221,27$$

Únosnost v tahu pro jeden šroub

$$F_{T,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 353}{1,25}$$

$$F_{T,Rd} [kN] = 254,16$$



posouzení

$$\frac{F_{M,Ed}}{F_{T,Rd}} = \frac{221,27}{254,16} < 1,0$$

0,87 ... vyhoví

Únosnost v protlačení

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 38,8 \cdot 20 \cdot 360}{1,25}$$

$$B_{p,Rd} \text{ [N]} \quad 421264,9554 \quad \mathbf{B_{p,Rd} \text{ [kN]}} \quad \mathbf{421,26}$$

$$\frac{F_{M,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{221,27}{421,26} < 1,0$$

0,53 ... vyhoví

Kombinace stříh a tahu

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{M,Ed}}{1,4 \cdot F_{T,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{31,02}{169,44} + \frac{221,27}{1,4 \cdot 254,16} \leq 1,0$$

0,80 ... vyhoví

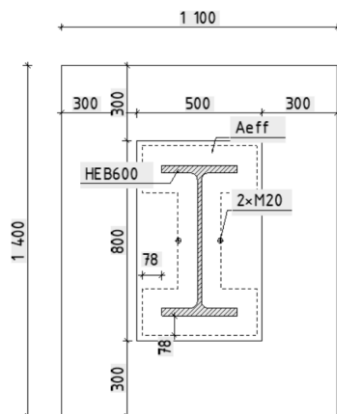
10 KOTVENÍ

V konstrukci je navrženo 5 druhů kotvení. Všechny sloupy se uvažují jako kloubově uložené. Patky jsou z betonu C20/25 mimo kotvení K1, kde je navržen beton třídy C25/30. Vždy je navrženo podlité cementovou maltou o třídu vyšší pevnosti než je beton patky v tloušťce 20 mm. Kotvení budou realizována pomocí přivařené patní desky o tl. 30 mm, kromě kotvení K1, kde je navržena patní deska tl. 35 mm. Spojení bude realizováno za pomoci tupého svaru okolo celého profilu. Kotvení K1 až K4 mají stejné kotevní šrouby, byly navrženy pouze konstrukčně a to šrouby HILTI HAS-E-R M20X300 5.8 do chemické kotvy. U kotvení K5 jsou navrženy předem zabetonované kotevní šrouby s kotevní hlavou. Šrouby 2x M20 s hloubkou zabetonování 335 mm. U všech kotvení je konstrukčně navržena smyková zarážka.

10.1 Kotvení K1

Vstupní údaje

N_{Ed} [kN]	6003,93
beton patky C25/30 f_{ck} [MPa]	25
beton patky C25/30 f_{cd} [MPa]	16,67
součinitel koncentrace	2,192
uvažují jako poddajnou patní desku	
rozměr patní desky a [mm]	850
rozměr patní desky b [mm]	600
a_r [mm]	450
b_r [mm]	400
výška patky h [mm]	1200
tloušťka patní desky [mm]	35
materiál patní desky S355 f_y [MPa]	355



návrh smykové zarážky pro zachycení posouvající síly

$$f_{cd} = \frac{V_{Ed}}{h_{min} \cdot b} \rightarrow h_{min} = \frac{V_{Ed}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{84,53 \times 10^3}{64 \cdot 13,33 \times 10^3}$$

h_{min} [m]	0,079	h_{min} [mm]	79,28
zvoleno \rightarrow + podliti		h_{min} [mm]	100,00

\rightarrow navržen úpalek IPE120 výšky 120 mm, k patní desce přivařen

10.2 Kotvení K2

Vstupní údaje

N_{Ed} [kN]	3485,96
beton patky C20/25 f_{ck} [MPa]	20
beton patky C20/25 f_{cd} [MPa]	13,33
součinitel koncentrace	2,196
uvažují jako poddajnou patní desku	
rozměr patní desky a [mm]	750
rozměr patní desky b [mm]	600
a_r [mm]	400
b_r [mm]	400
výška patky h [mm]	1000
tloušťka patní desky [mm]	30
materiál patní desky S355 f_y [MPa]	355

$a_1 = \min:$	$a+2a_r$	1550		
	$5a$	3750		
	$h+a$	1750	a_1	1550
	$5b_r$	2000		

$b_1 = \min:$	$b+2b_r$	1400		
	$5b$	3000		
	$h+b$	1600	b_1	1400
	$5a_r$	2000		

součinitel koncentrace k_j

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1550 \cdot 1400}{750 \cdot 600}}$$

$$k_j = 2,196$$

návrhová pevnost betonu f_j

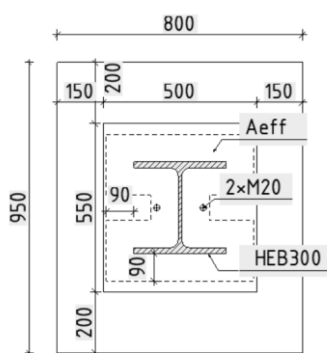
$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_C} = \frac{0,67 \cdot 2,196 \cdot 20}{1,5}$$

$$f_j = 19,617$$

přesah k výpočtu plochy

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 19,617 \cdot 1,0}}$$

$$c \text{ [mm]} = 73,68$$



$$A_{eff} [mm^2] \quad 186512$$

$$A_{eff} [m^2] \quad 0,187$$

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 0,187 \cdot 19,617$$

$$N_{Rd} [kN] \quad 3658,84$$

posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{3485,96}{3658,84} \leq 1,0$$

0,95 ... vyhoví

šrouby navrženy pouze konstrukčně (v posuzovaném místě nedochází k tahu)
 zvoleny 2 šrouby
 KOTEVNÍ ŠROUB HAS-E-R M20X300

Přenos vodorovné síly

součinitel tření μ	0,2
podliti [mm]	20
vodorovná reakce V_{Ed} [kN]	37,74
profil IPE120 - výška h [mm]	120
profil IPE120 - šířka b [mm]	64

$$\frac{V_{Ed}}{\mu \cdot N_{Ed}} \leq 1$$

0,05 ... vyhoví

návrh smykové zarážky pro zachycení posouvající síly

$$f_{cd} = \frac{V_{Ed}}{h_{min} \cdot b} \rightarrow h_{min} = \frac{V_{Ed}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{37,74 \times 10^3}{64 \cdot 13,33 \times 10^3}$$

h_{min} [m]	0,044	h_{min} [mm]	44,23
zvoleno \rightarrow + podliti		h_{min} [mm]	65,00

\rightarrow navržen úpalek IPE120 výšky 65 mm, k patní desce přivařen

10.3 Kotvení K3

Vstupní údaje

N_{Ed} [kN]	3938,24
beton patky C20/25 f_{ck} [MPa]	20
beton patky C20/25 f_{cd} [MPa]	13,33
součinitel koncentrace	1,962
uvažují jako poddajnou patní desku	
rozměr patní desky a [mm]	800
rozměr patní desky b [mm]	500
a_r [mm]	300
b_r [mm]	300
výška patky h [mm]	1000
tloušťka patní desky [mm]	30
materiál patní desky S355 f_y [MPa]	355

	$a_1 = \min:$	$a+2a_r$ 1400 $5a$ 4000 $h+a$ 1800 $5b_r$ 1500	a_1 1400	
	$b_1 = \min:$	$b+2b_r$ 1100 $5b$ 2500 $h+b$ 1500 $5a_r$ 1500	b_1 1100	
	součinitel koncentrace k_j			
	$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1400 \cdot 1100}{800 \cdot 500}}$			
	k_j 1,962			
	návrhová pevnost betonu f_j			
	$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 1,962 \cdot 20}{1,5}$			
	f_j 17,528			
	přesah k výpočtu plochy			
	$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{Mo}}} = \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 17,528 \cdot 1,0}}$			
	c [mm] 77,95			
	A_{eff} [mm ²] 235680			
	A_{eff} [m ²] 0,236			
	$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 0,236 \cdot 17,528$			
	N_{Rd} [kN] 4131,11			
posouzení				
$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$				
$\frac{3938,24}{4131,11} \leq 1,0$				
<p style="text-align: center;">0,95 ... vyhoví</p>				
šrouby navrženy pouze konstrukčně (v posuzovaném místě nedochází k tahu) zvoleny 2 šrouby KOTEVNÍ ŠROUB HAS-E-R M20X300				
Přenos vodorovné síly				
součinitel tření μ			0,2	
podlité [mm]			20	
vodorovná reakce V_{Ed} [kN]			59,82	
profil IPE120 - výška h [mm]			120	
profil IPE120 - šířka b [mm]			64	
$\frac{V_{Ed}}{\mu \cdot N_{Ed}} \leq 1$				
<p style="text-align: center;">0,08 ... vyhoví</p>				

10.4 Kotvení K4

Vstupní údaje

N_{Ed} [kN]	2049,62
beton patky C20/25 f_{ck} [MPa]	20
beton patky C20/25 f_{cd} [MPa]	13,33
součinitel koncentrace	1,477
uvažují jako poddajnou patní desku	
rozměr patní desky a [mm]	550
rozměr patní desky b [mm]	500
a_r [mm]	200
b_r [mm]	150
výška patky h [mm]	1000
tloušťka patní desky [mm]	30
materiál patní desky S355 f_y [MPa]	355

$a_1 = \min:$	$a+2a_r$	950	a_1	750
	5a	2750		
	h+a	1550		
	$5b_r$	750		
$b_1 = \min:$	$b+2b_r$	800	b_1	800
	5b	2500		
	h+b	1500		
	$5a_r$	1000		

součinitel koncentrace k_j

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{750 \cdot 800}{550 \cdot 500}}$$

$$k_j = 1,477$$

návrhová pevnost betonu f_j

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 1,477 \cdot 20}{1,5}$$

$$f_j = 13,195$$

přesah k výpočtu plochy

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 13,195 \cdot 1,0}}$$

$$c \text{ [mm]} = 89,84$$

$$A_{eff} \text{ [mm}^2\text{]} = 191422$$

$$A_{eff} \text{ [m}^2\text{]} = 0,191$$

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 0,191 \cdot 13,195$$

$$N_{Rd} \text{ [kN]} = 2525,89$$

posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{2049,26}{2525,89} \leq 1,0$$

0,81 ... vyhoví

šrouby navrženy pouze konstrukčně (v posuzovaném místě nedochází k tahu)
 zvoleny 2 šrouby
 KOTEVNÍ ŠROUB HAS-E-R M20X300

Přenos vodorovné síly

součinitel tření μ	0,2
podliti [mm]	20
vodorovná reakce V_{Ed} [kN]	25,10
profil IPE120 - výška h [mm]	120
profil IPE120 - šířka b [mm]	64

$$\frac{V_{Ed}}{\mu \cdot N_{Ed}} \leq 1$$

0,06 ... vyhoví

návrh smykové zarážky pro zachycení posouvající síly

$$f_{cd} = \frac{V_{Ed}}{h_{min} \cdot b} \rightarrow h_{min} = \frac{V_{Ed}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{25,104 \times 10^3}{64 \cdot 13,33 \times 10^3}$$

h_{min} [m]	0,029	h_{min} [mm]	29,41
zvoleno \rightarrow + podliti		h_{min} [mm]	50,00

\rightarrow navržen úpalek IPE120 výšky 50 mm, k patní desce přivařen

10.5 Kotvení K5

Vstupní údaje

N_{Ed} [kN]	1087,89
N_{Ed}^+ [kN]	142,53
beton patky C20/25 f_{ck} [MPa]	20
beton patky C20/25 f_{cd} [MPa]	13,33
součinitel koncentrace	1,477
uvážuji jako poddajnou patní desku	
rozměr patní desky a [mm]	550
rozměr patní desky b [mm]	500
a_r [mm]	200
b_r [mm]	150
výška patky h [mm]	1000
tloušťka patní desky [mm]	30
materiál patní desky S355 f_y [MPa]	355
mez pevnosti šroubů f_{ub} [MPa]	500

$a_1 = \min:$	$a+2a_r$	950	a_1	750
	$5a$	2750		
	$h+a$	1550		
	$5b_r$	750		

$b_1 = \min:$	$b+2b_r$	800	b_1	800
	$5b$	2500		
	$h+b$	1500		
	$5a_r$	1000		

součinitel koncentrace k_j

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{750 \cdot 800}{550 \cdot 500}}$$

$$k_j = 1,477$$

návrhová pevnost betonu f_j

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 1,477 \cdot 20}{1,5}$$

$$f_j = 13,195$$

přesah k výpočtu plochy

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 13,195 \cdot 1,0}}$$

$$c \text{ [mm]} = 89,84$$

$$A_{eff} \text{ [mm}^2\text{]} = 191422$$

$$A_{eff} \text{ [m}^2\text{]} = 0,191$$

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 0,191 \cdot 13,195$$

$$N_{Rd} \text{ [kN]} = 2525,89$$

posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1087,89}{2525,89} \leq 1,0$$

0,43 ... vyhoví

Posouzení únosnosti v tahu

minimální tl. desky, při které nedochází k páčení

$$t_{min} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{m \cdot d^2}{e}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{76 \cdot 20^2}{175}}$$

$$t_{min} \text{ [mm]} = 23,99 \rightarrow \text{nebude docházet k páčení (tl. patní desky je 30 mm)}$$

únosnost kotevních šroubů v tahu

únosnost v tahu pro jeden šroub

$$F_{T,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 500 \cdot 245}{1,25}$$

$$F_{T,Rd} \text{ [kN]} = 88,200$$

síla působící na jeden šroub

$$F_{N,Ed} \text{ [kN]} = 142,530$$

$$F_{N,Ed,1} \text{ [kN]} = 71,265$$

posouzení

$$\frac{F_{N,Ed,1}}{F_{T,Rd}} = \frac{71,27}{88,2} < 1,0$$

0,81 ... vyhoví

Posouzení vytržení šroubu z patky

- předem zabetonované šrouby s kotevní hlavou

- mechanické kotvení

$$N_{Rd,c} = \frac{k_1 \cdot f_{ck} \cdot \pi \cdot (a^2 - d^2)/4}{\gamma_{Mp}} = \frac{11 \cdot 20 \cdot \pi \cdot (120^2 - 20^2)/4}{2,16}$$

$$N_{Rd,c} \text{ [N]} = 1119919,603 \quad N_{Rd,c} \text{ [kN]} = 1119,92$$

<p>posouzení</p> $\frac{F_{N,Ed,1}}{N_{Rd,c}} = \frac{71,27}{1119,92} < 1,0$ <p>0,06 ... vyhoví</p>			
<p>Posouzení na vytržení kůže z betonu z patky</p> $N_{Rd,c} = \frac{k_1 \cdot f_{ck}^{0,5} \cdot h_{ef}^{1,5} \cdot \Psi}{\gamma_c} = \frac{11 \cdot 20^{0,5} \cdot 400^{1,5} \cdot 1,0}{1,5}$			
N_{Rd} [N]	262365,3094	N_{Rd} [kN]	262,37
<p>posouzení</p> $\frac{F_{N,Ed,1}}{N_{Rd}} = \frac{71,27}{262,37} < 1,0$ <p>0,27 ... vyhoví</p>			
<p>Přenos vodorovné síly</p>			
součinitel tření μ			0,2
podlité [mm]			20
vodorovná reakce V_{Ed} [kN]			122,63
profil IPE120 - výška h [mm]			120
profil IPE120 - šířka b [mm]			64
$\frac{V_{Ed}}{\mu \cdot N_{Ed}} \leq 1$ <p>4,30 ... nevyhoví</p>			
<p>návrh smykové zarážky pro zachycení posouvající síly</p> $f_{cd} = \frac{V_{Ed}}{h_{min} \cdot b} \rightarrow h_{min} = \frac{V_{Ed}}{f_{cd} \cdot h} = \frac{122,63 \times 10^3}{120 \cdot 13,33 \times 10^3}$			
h_{min} [m]	0,077	h_{min} [mm]	76,64
zvoleno \rightarrow + podlité		h_{min} [mm]	100,00
<p>\rightarrow navržen úpalek IPE120 výšky 100 mm, k patní desce přivařen</p>			
<p>Posouzení svarů smykové zarážky k patní desce</p>			
<p>svary stojiny \rightarrow samotná posouvající síla</p>			
délka svaru L [mm]			86
účinná tloušťka svaru a [mm]			4
součinitel korelace β_w pro S235			0,8
<p>metoda srovnávacího napětí</p> $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$			
<p>pouze τ_{\parallel}</p> $\tau_{\parallel} = \frac{V_{Z,Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{122,63 \times 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 86}$			
τ_{\parallel} [MPa]			178,24
$\sqrt{3 \cdot 178,24^2} < \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$			
	308,72		360
<p>308,72 < 360 ... vyhoví</p>			

svary pásnic → moment od posouvající síly	
délka svaru L [mm]	172
účinná tloušťka svaru a [mm]	4
součinitel korelace β_w pro S235	0,8
rameno z [mm]	50
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{V_{Ed} \cdot z}{a \cdot L} = \frac{122,63 \cdot 0,05}{4 \cdot 172} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25}$	
σ_{\perp} [MPa]	8,91 < 259,2 ... vyhoví
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$	
	$\sqrt{8,91^2 + 3 \cdot 8,91^2} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$
	17,82 < 360
17,82 < 360 ... vyhoví	
Posouzení svaru čelní desky a sloupu stojina	
délka svaru L [mm]	400
účinná tloušťka svaru a [mm]	4
součinitel korelace β_w pro S235	0,8
$\tau_{||} = \frac{V_{z,Ed}}{a \cdot L} = \frac{11,45 \times 10^3}{4 \cdot 400}$	
$\tau_{||}$ [MPa]	7,16
pásnice	
délka svaru L [mm]	584
účinná tloušťka svaru a [mm]	4
součinitel korelace β_w pro S235	0,8
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{a \cdot L} = \frac{142,53}{4 \cdot 1052} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25}$	
σ_{\perp} [MPa]	0,061 < 259,2 ... vyhoví
$\sqrt{0,06^2 + 3 \cdot 0,06^2 + 3 \cdot 7,16^2} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$	
	12,40 < 360 ... vyhoví

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Velká písmena

A	plná průřezová plocha šroubu
A	průřezová plocha
A_{eff}	účinná plocha patního plechu
A_s	plocha šroubu účinná v tahu
A_w	průřezová plocha stojiny
$B_{p,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v protlačení
C_1	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C_2	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C_3	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{1,0}$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{1,1}$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C_{dir}	součinitel směru
C_e	součinitel expozice
C_{mLT}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{my}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{mz}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
$C_{0(z)}$	součinitel orografie
$C_{pe,10}$	součinitel vnějšího tlaku
$C_{r(z)}$	součinitel drsnosti
C_{season}	součinitel ročního období
C_t	tepelný součinitel
$F_{b,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v otláčení
F_{Ed}	návrhová působící síla
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnost šroub v tahu
$F_{V,Ed}$	návrhová smyková síla ve šroubu v mezním stavu únosnosti
$F_{V,Rd}$	návrhová únosnost šroubu ve střihu
E	modul pružnosti v tahu, tlaku
G	modul pružnosti ve smyku
I_t	moment setrvačnosti v kroucení
$I_{V(z)}$	intenzita turbulence
I_w	výsečový moment setrvačnosti
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z
L	délka svaru
L	rozpětí
$L_{cr,y}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose z
$M_{b,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu při klopení
$M_{c,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu
M_{cr}	pružný kritický moment při klopení
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
$M_{el,Rd}$	návrhová elastická momentová únosnost
M_{Rk}	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu v ohybu
$N_{b,Rd}$	vzpěrná únosnost
N_{cr}	kritická síla
$N_{cr,y}$	pružná kritická síla při rovinném vzpěru k ose y
$N_{cr,z}$	pružná kritická síla při rovinném vzpěru k ose z

$N_{c,Rd}$	návrhová únosnost v tlaku
N_{Ed}	návrhová hodnota osově síly
$N_{pl,Rd}$	návrhová únosnost neoslabeného průřezu
N_{Rk}	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu při působení osově síly
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
S	statický moment
V_{Ed}	návrhová smyková síla
$V_{pl,Rd}$	plastická smyková únosnost
$W_{el,y}$	elastický modul průřezu k ose z
$W_{el,z}$	elastický průřezový modul k ose z
$W_{pl,y}$	plastický modul průřezu k ose y
$W_{pl,z}$	plastický průřezový modul k ose z

Malá písmena

a	účinná výška svaru
b	šířka průřezu
b_f	šířka pásnice
c	přesah desky
d	hloubka konstrukce (délka povrchu rovnoběžného se směrem větru)
d	jmenovitý průměr šroubu
d_0	průměr otvoru pro šroub
d_m	střední průměr kružnice opsané a vepsané do šestihranu hlavy šroubu
e	excentricita normálové síly
e_1	vzdálenost šroubu od okraje
e_2	vzdálenost šroubu od okraje
f_{cd}	návrhová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_j	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_y	mez kluzu
f_u	mez pevnosti
f_{ub}	mez pevnosti materiálu šroubu
h	výška průřezu
h	výška konstrukce
h_w	výška stojiny
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z
k_j	součinitel koncentrace
k_r	součinitel terénu
k_w	součinitel vzpěrné délky
k_{yy}	součinitel interakce
k_{yz}	součinitel interakce
k_z	součinitel vzpěrné délky
k_{zy}	součinitel interakce
k_{zz}	součinitel interakce
l_s	délka návěje
n	počet stříhových rovin
p_1	rozteč mezi šrouby
p_2	rozteč mezi šrouby
q_b	základní dynamický tlak větru
$q_{p(z)}$	maximální hodnota dynamického tlaku větru

r	poloměr zaoblení
r	rameno sil
s	charakteristická hodnota zatížení sněhem (rovnoměrné spojité zatížení)
s_k	základní tíha sněhu
t	tloušťka
$t_{e,min}$	minimální tloušťka čelní desky
t_f	tloušťka pásnice
t_p	minimální tloušťka spojovaného prvku
t_w	tloušťka stojiny
$v_{b,0}$	výchozí hodnota základní rychlosti větru
v_b	základní rychlost větru
v_m	střední rychlost větru
w	průhyb
w	tlak větru (rovnoměrné spojité zatížení)
z_0	parametr drsnosti terénu
$z_{0,II}$	parametr drsnosti terénu
z	výška nad zemí
z_c	referenční výška
z_g	souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

Velká řecká písmena

Φ	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
Φ_{LT}	hodnota pro výpočet součinitele klopení

Malá řecká písmena

α	součinitel
α	úhel sklonu střechy
α_{LT}	součinitel imperfekce pro klopení
β	součinitel vzpěrné délky
β_w	korelační součinitel pro svary závislý na druhu oceli
γ_{M0}	dílčí součinitel spolehlivosti
γ_{M1}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M2}	dílčí součinitel spolehlivosti pro spoje
γ_P	součinitel páčení
ε	součinitel závislý na mezi kluzu
ζ_g	bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
ζ_j	bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu
κ_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
λ	štíhlost
λ_y	štíhlost k ose y
λ_z	štíhlost k ose z
$\bar{\lambda}_{LT}$	poměrná štíhlost při klopení
$\bar{\lambda}_y$	poměrná štíhlost k ose y
$\bar{\lambda}_z$	poměrná štíhlost k ose z
μ_{cr}	bezrozměrný kritický moment
μ_i	tvárový součinitel zatížení sněhem
μ_s	součinitel zohledňující sesuv sněhu z horní střechy
μ_w	součinitel zohledňující působení větru

π	Ludolfovo číslo
ρ	měrná hmotnost vzduchu
τ	smykové napětí
χ_{LT}	součinitel klopení
χ_y	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose y
χ_z	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose z