



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

OCELOVÁ KONSTRUKCE OBCHODNÍHO CENTRA

STEEL STRUCTURE OF A BUSINESS CENTRE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Kočí

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2017



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	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Petr Kočí
Název	Ocelová konstrukce obchodního centra
Vedoucí práce	Ing. Michal Štrba, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2016
Datum odevzdání	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.

Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Použity budou platné normy pro stanovení zatížení a navrhování ocelových, resp. spřažených ocelobetonových konstrukcí, zejména:

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnic
- [7] ČSN EN 1994-1-1 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci práce bude navržena a posouzena ocelová konstrukce obchodního centra v Brně. Objekt bude navržen jako spřažená ocelobetonová konstrukce (minimální počet pater bude 4). Minimální půdorysné rozměry objektu budou 50,0 x 70,0 m. Další rozměry vyplynou z architektonických a koncepčních požadavků na objekt, přičemž konkrétní konstrukce bude vybrána na základě optimalizovaného variantního statického řešení.

Předepsanými přílohami budou:

- statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce, včetně spojů a některých detailů (dle specifikace vedoucího),
- technická zpráva (se zahrnutím postupu montáže),
- výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce (včetně výkazu prvků).

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).

Ing. Michal Štrba, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce zpracovává návrh nosné ocelové konstrukce obchodního centra. Základní modul je 8 x 8 m, celková délka objektu je 88 m a šířka 48 m. Budova má čtyři nadzemní podlaží a dosahuje výšky 25,4 m. 1.NP – 3.NP má konstrukční výšku 5,6 m a poslední nadzemní podlaží KV 4,0 m. Na rámovou konstrukci tvořenou stropnicemi a prolamovanými průvlaky navazuje nad 4.NP konstrukce střechy. Ocelová konstrukce střechy je v práci navržena ve dvou variantách. V obou variantách je střecha tvořena plnostěnnými vaznicemi a příhradovými vazníky. Součástí práce je vizualizace objektu. Obchodní centrum se nachází v Brně.

KLÍČOVÁ SLOVA

obchodní centrum, ocelová konstrukce, patrová budova, spřažená ocelobetonová deska, vaznice, příhradový vazník, spřažený ocelobetonový sloup, ztužidlo, šroubový přípoj, svarový spoj, statický posudek prvků, vzpěrná délka sloupu

ABSTRACT

The diploma thesis elaborates on the proposal of a loadbearing steel structure of a shopping centre. Four-storey building has total length of 88 m, width 48 m and its base structural grid is 8 x 8 m. The total height of building is 25,4 m. First three floors above ground are designed with structural height of 5,6 m whilst the 4TH floor uses height of 4,0 m. Frame structure is formed by primary beams and castellated secondary beams. Above 4TH floor, the roof structure is designed in two alternative versions, both using solid purlins and truss girder. The 3D computer animation of the building is also part of thesis. The shopping centre that is subject of the final thesis is located in Brno area.

KEYWORDS

shopping centre, steel structure, multi-storey building, composite slab, purlin, truss girder, composite steel and concrete column, bracing, bolted connection, welded connection, structural design of steel elements, column buckling length

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

KOČÍ, Petr. *Ocelová konstrukce obchodního centra*. Brno, 2016. 126 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Štrba, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 27. 12. 2016

.....
podpis autora

Bc. Petr Kočí

Rád bych poděkoval svému vedoucímu, panu Ing. Michalovi Štrbovi, Ph.D. za poskytnutí důležitých rad při zpracování práce. Především bych chtěl poděkovat za umožnění konzultací v brzkých termínech a rychlé odpovědi.

Petr Kočí

OBSAH

ÚVOD	13
1 PRŮVODNÍ ZPRÁVA	14
1.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE	14
1.2 ÚDAJE O ŽADATELI A ZPRACOVATELI.....	15
1.3 ÚDAJE O ÚZEMÍ.....	15
2 SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA	17
2.1 CELKOVÝ POPIS STAVBY, MODELU KONSTRUKCE	17
2.1.1 VÝŠKOVÉ ŘEŠENÍ.....	18
2.1.2 KAPACITNÍ ÚDAJE.....	18
2.1.3 NOSNÉ KONSTRUKCE.....	18
2.1.4 OSTATNÍ KONSTRUKCE	20
2.1.5 BEZBARIÉROVÉ UŽÍVÁNÍ STAVBY.....	22
2.1.6 POUŽITÝ MATERIÁL, OCHRANA A TECHNICKÉ POŽADAVKY	23
2.2 PŘIPOJENÍ NA TECHNICKOU INFRASTRUKTURU.....	24
2.3 DOPRAVNÍ ŘEŠENÍ.....	24
2.4 POPIS VLIVŮ STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	24
2.5 ORGANIZACE VÝSTAVBY	25
2.5.1 POSTUP VÝSTAVBY	25
2.5.2 BEZPEČNOST PRÁCE.....	26
3 NÁVRH A VIZUALIZACE OBJEKTU	28
4 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY	32
4.1 OCEL.....	32
4.2 BETON.....	32
5 MODELOVÁNÍ KONSTRUKCE.....	33
5.1 MODEL V PROGRAMU SCIA ENGINEER	33
5.2 NÁHRADA STROPNÍ DESKY PŘÍHRADOVINOU.....	33

5.3	DETAILY MODELU – PROPOJENÍ PRVKŮ	34
6	ZATÍŽENÍ	35
6.1	ZATĚŽOVACÍ STAVY	35
6.2	KOMBINACE PRO MSÚ	35
6.3	STÁLÉ ZATÍŽENÍ – ZS1, ZS2	35
6.3.1	SLOŽENÍ PODLAH A STŘECH, HODNOTY ZATÍŽENÍ	36
6.4	PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	37
6.4.1	SNÍH – ZS3, ZS4	37
6.4.2	VÍTR – ZS6	39
6.4.3	UŽITNÉ – ZS5	40
7	DIMENZOVÁNÍ A POSOUZENÍ RÁMOVÉ KONSTRUKCE OBCHODNÍHO CENTRA	42
7.1	STROPNICE OC	42
7.1.1	VNITŘNÍ SÍLY	42
7.1.2	POSOUZENÍ MSÚ	43
7.1.3	POSOUZENÍ MSP	44
7.2	PRŮVLAK OC	46
7.2.1	VNITŘNÍ SÍLY	47
7.2.2	POSOUZENÍ MSÚ	47
7.2.3	POSOUZENÍ MSP	49
7.3	SPOJ STROPNICE S PRŮVLAKEM	50
7.3.1	GEOMETRIE A CHARAKTERISTIKY PŘÍPOJE	50
7.3.2	POSOUZENÍ PŘÍPOJE	51
8	FASÁDNÍ SYSTÉM, OPLÁŠTĚNÍ BUDOVY	55
9	DIMENZOVÁNÍ A POSOUZENÍ PRVKŮ STŘECHY (VARIANTA 1)	56
9.1	PLNOSTĚNNÁ VAZNICE	56
9.1.1	VNITŘNÍ SÍLY	57

9.1.2	MSP.....	58
9.1.3	MSÚ	58
9.2	PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK (VARIANTA 1)	59
9.2.1	DOLNÍ PÁS	59
9.2.2	HORNÍ PÁS	61
9.2.3	DIAGONÁLY	63
9.2.4	SVAROVÝ SPOJ DIAGONÁLY 1	64
9.2.5	SVAROVÝ SPOJ DIAGONÁL 2.....	66
9.2.6	MSP, PRŮHYB VAZNÍKU	69
9.3	STŘEŠNÍ ZTUŽIDLA	69
9.4	PODÉLNÉ ZTUŽIDLO	70
9.5	PŘÍPOJ VAZNICE NA PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK	72
10	DIMENZOVÁNÍ A POSOUZENÍ PRVKŮ STŘECHY (VARINATA 2).....	76
10.1	PLNOSTĚNNÁ VAZNICE (VARIANTA 2).....	76
10.1.1	VNITŘNÍ SÍLY.....	77
10.1.2	MSP.....	78
10.1.3	MSÚ	78
10.2	PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK (VARIANTA 2)	79
10.2.1	HORNÍ PÁS	79
10.2.2	DOLNÍ PÁS	81
10.2.3	DIAGONÁLY A SVISLICE	82
10.2.4	SVAŘOVANÝ STYČNÍK VAZNÍKU	87
10.2.5	MONTÁŽNÍ SPOJE VAZNÍKU	89
10.2.6	MSP – PRŮHYB VAZNÍKU (VARIANTA 2).....	91
10.3	STŘEŠNÍ ZTUŽIDLO (VARIANTA 2).....	92
10.4	PŘÍPOJ VAZNICE (VARIANTA 2)	92
11	POROVNÁNÍ VARIANT STŘECHY NAD CENTRÁLNÍM NÁMĚSTÍM OC	95

11.1	SPOTŘEBA OCELI	95
11.2	ROZHODUJÍCÍ NAMÁHÁNÍ PROFILŮ	96
11.3	DALŠÍ SROVNÁNÍ VARIANT	96
11.4	ZÁVĚR SROVNÁNÍ	97
12	DIMENZOVÁNÍ SLOUPY	98
12.1	VNITŘNÍ SÍLY	99
12.2	KRAJNÍ SLOUP B43	101
12.2.1	ANALÝZA VZPĚRNÉ DÉLKY KRAJNÍHO SLOUPU	101
12.2.2	POSOUZENÍ VNĚJŠÍHO SLOUPU B50 (N+M)	103
12.3	OSTATNÍ „TYPICKÉ“ SLOUPY	106
12.4	PŘÍPOJ PRŮVLAKU NA SLOUP	108
12.5	ULOŽENÍ SLOUPU	111
12.5.1	ULOŽENÍ SLOUPU B50	111
12.5.2	ULOŽENÍ SLOUPU B81	117
12.5.3	VODOROVNÁ REAKCE VNĚJŠÍCH SLOUPŮ	118
13	ULOŽENÍ VAZNÍKU NA SLOUP	119
14	ZTUŽIDLA PATROVÉ BUDOVY	120
	ZÁVĚR.....	123
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	124
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	126
	SEZNAM PŘÍLOH.....	127

ÚVOD

Tématem této diplomové práce je návrh ocelové nosné konstrukce obchodního centra. Budova bude určena pro komerční účely. Důvodem pro výběr tématu byla skutečnost, že bych se rád věnoval v budoucnosti podobnému odvětví stavebnictví a diplomová práce je vhodným případem spojení požadavků pro ukončení studia s užitečným a zajímavým tématem.

Cílem práce je, jak již bylo řečeno, vytvoření návrhu nosné ocelové konstrukce budovy, přičemž v rámci práce jsem se zabýval především následujícími částmi. Návrhem nosné střešní příhradové konstrukce, která byla v práci zpracována ve dvou variantách. Dále pak návrhem samotné rámové konstrukce složené z prolamovaných průvlaků, stropnic a spřažených sloupů. Řada prvků, které nejsou v rámci statického výpočtu spočítány, byla zvolena dle konstrukčních zásad a osvědčených návrhů dle odborné literatury.

Práce je členěna na několik částí, přičemž jádro práce spočívá ve statickém výpočtu jednotlivých prvků. Na začátku práce lze nalézt technickou zprávu a vizualizaci navrženého objektu, následuje výpočet zatížení. Vnitřní síly jsou uvedeny vždy pro vyšetřovaný dílec v příslušné kapitole. Následuje statický výpočet prvků pro MSÚ, příp. MSP. Další částí práce je pak výkresová dokumentace vybraných částí (dispozice konstrukce, řezy konstrukcí, výrobní výkres vazníku, výkresy vybraných detailů). Součástí práce jsou modely přípojí.

1 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

1.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Statický výpočet obsahuje výpočet nosné ocelové konstrukce obchodního centra v Brně. Rámová konstrukce OC je „tvořena“ půdorysným modulem 8 x 8 m. Obchodní centrum má proměnný počet pater nad jednotlivými částmi. Budova má obdélníkový půdorys 88 x 46 m a celá konstrukce tvoří jeden dilatační celek (patrové garáže tvoří oddělenou část). V centrální části OC se nachází otevřený volný prostor, který je zastřešen prosklenou střechou (dále nazýváno „centrální náměstí“). Samotná konstrukce střechy je tvořena příhradovými vazníky na rozpětí 24 m, které jsou od sebe vzdálené 8 m (jedno pole rámové konstrukce). Zatížení působící na střechu je přenášeno do příhradových vazníků přes plnostěnné vaznice.

Užitné zatížení je do základů přenášeno přes spřažené stropnice s betonovou deskou. Průvlaky nesoucí stropnice jsou tvořeny prolamovaným nosníkem na rozpětí 8 m. Průvlaky jsou následně připojeny na sloupy z kruhových trubek vyplněných betonem. Příčné a podélné ztužení budovy je zajištěno pomocí příhradových ztužidel v některých polích rámové konstrukce, umístěných s přihlédnutím na dispoziční řešení objektu.

Nejvýše položenou částí objektu je prosklená střešní konstrukce nad prostředním vnitřním centrálním náměstím výšky až 25,4 m. Konstrukční výška prvních tří pater činí 5,6 m. Poslední (čtvrté) nadzemní podlaží má KV 4 m. Nad posledním podlažím se nachází vyvýšená konstrukce střechy. Samotné navržené architektonické řešení je možné vidět na začátku této práce. Sklon střechy je 8%, přičemž při tomto sklonu zaručuje společnost WICONA vyrábějící zastřešení dostatečné odvodnění.

Předmětem práce není návrh patrových garáží, které se objevují ve vizualizaci.

Zatížení bylo rozděleno do těchto zatěžovacích stavů:

ZS1	vlastní tíha
ZS2	ostatní stálé zatížení
ZS3	sníh rovnoměrný
ZS4	sníh navátý
ZS5	užitné
ZS6	vítr

V rámci práce byla vytvořena vizualizace objektu. Dále byl vytvořen statický prutový model v programu SCIA Engineer 2013, který poskytl hodnoty vnitřních sil. Spoje byly následně vymodelovány v programu IDEA Statica, kde byly také posouzeny. Vybrané přípoje byly spočítány ručně.

Při dimenzování byly použity především tyto normy:

pro návrh konstrukce

- ČSN EN 1990 *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*

pro stanovení zatížení

- ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*
- ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*
- ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*

pro návrh a posouzení prvků

- ČSN EN 1993-1-1 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*
- ČSN EN 1993-1-8 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnicků*
- ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*
- ČSN EN 1994-1-1 *Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*

1.2 ÚDAJE O ŽADATELI A ZPRACOVATELI

Žadatel: ABC Invest s.r.o

IČO: 12345678

Brno

Zpracovatel: Petr Kočí

Brno 644 00

1.3 ÚDAJE O ÚZEMÍ

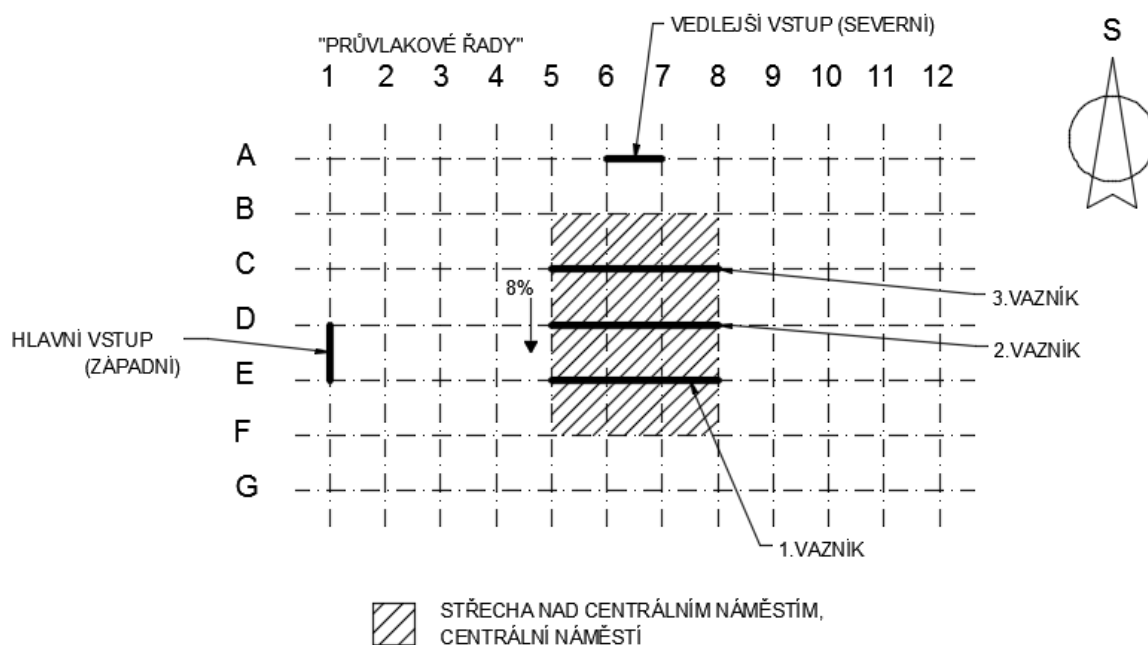
Stavba je lokalizována v Brně v jihomoravském kraji. Pozemek se nachází na okraji Brna na nezastavěném pozemku. Spádovou oblast tvoří především obyvatelstvo z okolní zástavby a vzhledem k povaze projektu obyvatelstvo dojíždějící z větších vzdáleností. K tomu jsou zajištěny dostatečné parkovací plochy včetně parkovacího domu. Území je

rovinaté a podloží je stabilní. Stavba nezasahuje do žádného speciálně chráněného území (památková rezervace, památková zóna, zvláštní chráněné území,...)

2 SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA

2.1 CELKOVÝ POPIS STAVBY, MODELU KONSTRUKCE

Objekt byl vymodelován jako prutový model v programu SCIA Engineer. Z tohoto modelu byly následně převzaty veškeré hodnoty vnitřních síly. Pro výpočet VS byl použit lineární výpočet. V případě analýz vzpěrných délek sloupů byl použit lineární stabilitní výpočet a případně srovnán s nelineárním výpočtem. Přípoje byly ve většině případů modelovány jako kloubové. Tento předpoklad byl následně ověřen při modelování samotného přípoje v programu IDEA Statica. Program poskytl hodnoty rotační tuhosti pro jednotlivé prvky přípoje.



Obr. č. 01. - Základní schéma konstrukce

Průvlaky byly navrženy ve směru číselných řad. Stropnice pak ve směru delšího rozměru centra. Vazníky jsou situovány ve směru stropnic, také rovnoběžně s delším rozměrem objektu. Pultová střecha je navržena ve sklonu 8% „směrem na jih“ (viz obr. č. 1).

Funkčním využitím objektu jsou výhradně služby, obchod a parkování. Součástí stavby jsou úpravy přilehlých veřejných prostranství a chodníků včetně jejich osvětlení, zeleně, uměleckého díla a drobné architektury (lavičky, květináče, odpadkové koše, stojan na kola,...). Podmíněnou a související investicí je dopravní řešení.

2.1.1 VÝŠKOVÉ ŘEŠENÍ

Hlavní výška objektu ($\pm 0,000 = 250,000$ m. n. m.) leží v úrovni podlahy 1.NP. Horní hrana střešní konstrukce je ve výšce 25,4 m nad úrovní podlahy 1.NP. Poslední podlaží garáží s otevřeným parkováním je ve výšce 11,2 m nad úrovní terénu (odpovídá 2.NP OC). Propojení OC a patrových garáží je zajištěno v 1.,2. a 3.NP. Konstrukční výška typického nadzemního podlaží centra činí 5,6 m. Výška 4.NP je 4 m. Terasa leží ve výšce tří nadzemních podlaží (přibližně 16,8 m nad $\pm 0,000$).

2.1.2 KAPACITNÍ ÚDAJE

Objekt se dá charakterizovat jako nákupní a volnočasové centrum. Toto obchodní a společenské centrum revitalizuje stávající prostředí. V objektu jsou umístěny převážně prostory pro obchody, z nichž největší je supermarket. Doplněny jsou tyto obchodní prostory o možnost stravování (restaurace, kavárny, cukrárna a foodcourty).

Tato skladba primárních funkcí vyvolává sekundárně potřebu zabezpečit v objektu dostatečné parkovací kapacity, zázemí pro zaměstnance (šatny, hygienické zázemí,...) a prostory pro související technologie (strojovny vzduchotechniky a chlazení, výměňkové stanice, sklady, dílny apod.)

Přibližný počet zaměstnanců:	500 osob
Předpokládaný denní počet návštěvníků:	7000 osob
Celková pronajímatelná obchodní plocha:	9 500 m ²
Přibližný počet parkovacích míst parkovacího domu:	300 stání, z toho 15 imobilních

2.1.3 NOSNÉ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce objektu je navržena jako ocelová rámová konstrukce na modulové osnově 8 x 8 m. Tloušťka železobetonových stropních desek spřažených se stropnicemi z válcovaných I profilů po 2 m bude 80 mm. Spřažení prolamovaných průvlaků bude provedeno pouze konstrukčně. Sloupy budou tvořeny vybetonovanou kruhovou trubkou. V závislosti na zatížení se liší průměr jednotlivých sloupů od 219,1/12,5 do 139,7/5. Příhradové vazníky podporující vaznice tvoří konstrukci střechy nad centrálním náměstím. Příhradová ocelová konstrukce je tady s výhodou použita s ohledem na požadované větší rozpory a přitom nižší hmotnost konstrukcí. Železobetonové desky parkovacích stání (strop nad 2.NP a 3.NP) jsou s ohledem na nutnost odvodnění provedeny ve spádu min. 1,75%.

OBVODOVÝ PLÁŠŤ A JEHO POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Obvodové pláště kotvené na nosných konstrukcích jsou řešeny převážně z lehkých hliníkových, minerální vatou zateplených, panelů od společnosti WICONA. Systém WICTEC 50 umožňuje kompletně strukturální zasklení pultové střechy spolu se sloupko - příčkovým systémem pro svislou fasádu.

STROPNICE

Stropnice jsou tvořeny z válcovaného profilu IPE 240. Stropnice jsou navrženy po 2 m. Spřažení s betonovou deskou je zajištěno navařenými trny průměru 12,7 mm délky 50 mm, které budou umístěny v ose nosníku po 80 mm. Stropnice jsou uvažovány jako prostý nosník délky 8 m, připojený pomocí dvou šroubů M20 5.8. a navařeného styčnickového plechu.

PRŮVLAKY

Průvlaky jsou tvořeny prolamovaným nosníkem. Prolamovaný nosník vznikl rozříznutím profilu HEB 360 lomeným řezem a jeho následným svařením. Výsledná výška profilu je 460 mm. Průvlak byl uvažován jako prostě uložený nosník délky 8 m. Průvlaky jsou připojeny na sloupy pomocí šroubového spoje a navařeného styčnickového plechu tl. 10 mm na kruhový profil sloupu. Spřažení průvlaků s betonovou deskou je provedeno pouze konstrukčně. Stejně trny (průměru 12,7 mm, délky 50 mm) jako v případě stropnice budou umístěny po 480 mm.

VAZNICE STŘECHY

Vaznice jsou uvažovány jako prostý nosník. Jsou navrženy z plnostěnných válcovaných I profilů IPE 200 na rozpětí přibližně 8 metrů (půdorysně). Jsou uloženy ve sklonu 8% dle pultové střechy. Připojení na příhradové vazníky v oblasti horního pásu je provedeno pomocí dvojice šroubů a styčnickového plechu. Tento přípoj v modelech je uvažován jako kloubový. Vaznice jsou zajištěny proti ztrátě stability střešní konstrukcí prosklených panelů.

VAZNÍK

Vazník je proveden jako příhradový s vodorovným spodním pásem profilu T vzniklého rozpálením I profilu (IPET 220) a horním pásem profilu IPET 330. Výplňové pruty tvoří členěné diagonály (L80x80x80) a svislice (L50x50x5) z dvou úhelníkových profilů. Spojení jednotlivých prvků je provedeno především pomocí koutových svarů o různých

účinných výškách a délkách (viz výkresová dokumentace, resp. příslušná kapitola statického výpočtu). Z důvodu velkého rozpětí vazníku je provedeno rozdělení vazníku na tři montážní celky. Šroubové spoje jsou použity pro vyjímatelnou diagonálu a montážní spoje horního a spodního pásu. Vzpěrná délka pro vybočení horního pásu z roviny střechy je rovna vzdálenosti vaznic.

SLOUPY

Sloupy jsou tvořeny kruhovou trubkou vyplněnou betonem C 30/37 (velikost profilu se liší na základě působícího zatížení od TR 219/12,5 do TR 139,7/5). Sloupy příčné vazby jsou pomocí patních desek uloženy a přikotveny do betonových základových patek z betonu C20/25. Uložení sloupů je v modelu idealizováno jako kloubové. Vybrané sloupy ztužidel, u kterých vzniká vodorovná složka v uložení sloupu, jsou opatřeny smykovou zarážkou. Kotvení do betonových základů je provedeno pomocí předem zabetonovaných závitových tyčí. Průměr je volen s ohledem na variantu kotvení a zatížení konkrétního sloupu (viz výkres kotvení). Je nutno zabezpečit dostatečnou rezervu otvorů v patním plechu.

ZTUŽIDLA

Ztužení objektu je zajištěno příhradovými ztužidly v některých polích rámové konstrukce (především po obvodu objektu). Nejvíce zatížená ztužidla v 7. a 8. Řadě jsou tvořeny kruhovou trubkou 219,1x16. Další profil použitý pro méně zatížená ztužidla je kruhová trubka 168,3x10. Uložení konstrukce je idealizováno jako kloubové. Prostorová stabilita je dále zajištěna střešními ztužidly. Podélné ztužidlo v polovině rozpětí vazníku je tvořeno dolním pásem z profilu IPET 240. Horní pás tvoří středová vaznice a výplňové pruty dvojice úhelníků L60x60x6. Táhlá v rovině střechy jsou tvořeny kruhovou ocelí průměru 25 mm.

2.1.4 OSTATNÍ KONSTRUKCE

STŘECHY

Jako hydroizolaci předpokládáme použití pružných hydroizolačních folií s malým difúzním odporem a rozlišením vlastností dle způsobu použití. Do pojížděných střech a střech zasypaných kačirkem musí být použity folie pro odpovídající zatížení, do střech s lícovou vrstvou přímo z hydroizolace budou použity omezeně pochůzí folie s ochranou proti UV záření, které musí být kotveny k podkladu, do zelených střech folie odolné proti prorůstání kořenů. Všude, kde je střecha vystavena přímo povětrnostním vlivům, tam je

chráněna před tepelnými výkyvy a UV zářením. Zeleň na konstrukce s nerezovými sítěmi vyrůstá z na střechu postavených mobilních kontejnerů - z důvodu snadného odvodnění kontejneru přímo přepadem a z požadavku minima dešťových svodů vedoucích přes obchodní plochy. Obecně budou všude použity ploché jednoplášťové střechy s konstrukcí a vlastnostmi odpovídajícími daným požadavkům dle daného místa.

PŘÍČKY

Naprostá většina příček v nadzemní části objektu bude provedena z důvodu nižšího zatížení a mobility ze sádrokartonu. Příčky mezi obchodními plochami budou provedeny rovněž jako sádrokartonové ze zdvojeného SDK tloušťky 150 mm z důvodů snadné přizpůsobivosti dispozičních řešení (až po stropní konstrukce). Zateplené příčky mezi vytápěnými a nevytápěnými prostory jsou zatepleny nenasákavým extrudovaným polystyrenem a zaklopeny voděodolnými deskami se vzduchovou mezerou. V nadzemních částech objektu jsou použity zděné příčky jen v technickém zázemí z důvodů snadného uchycení konzol pro rozvody a zařízení.

PODLAHY

Pronajimatelné plochy nebudou vybaveny lícovou vrstvou podlah, je pro ni ponechán prostor 20 mm a je věcí nájemce. Typ podlah bude majitelem centra prostřednictvím manuálu a odsouhlasování korigován s ohledem na předepsané požární zatížení a požadovanou protiskluznost ve veřejných prostorech. Převážná část podlah je provedena bez kročejové akustické izolace. V lícových vrstvách je nejběžnějším povrchem keramická dlažba, dále kamenné desky, teraso, parkety, koberce. Venkovní rampa pro výjezd na střešní parkoviště má lícovou vrstvu upravenou protiskluznou stěrkou s odolností proti UV záření, beton bude strukturován a rampa bude s ohledem na možnost namrzání vyhřívána

PODHLEDY

V technickém zázemí bez estetických nároků nejsou provedeny žádné podhledy, pod stropem vedené rozvody jsou ponechány viditelně.

V obchodních pasážích a dvoranách jsou provedeny v maximální výšce dle technologických možností sádrokartonové bezesparé podhledy se zabudovaným osvětlením a průběžnými liniovými výstky VZT.

V obchodních prostorech se předpokládá podhled ve výšce 400 cm nad podlahou, tento podhled bude věcí nájemce včetně osvětlení vzduchotechniky a případných dalších

potřebných rozvodů medií. Nájemcům budou majitelem centra určeny na probíhajících společných rozvodech nápojně body pro jednotlivá media se samostatným měřením spotřeby.

VÝTAHY, ESKALÁTORY, TRAVELÁTORY

V objektu jsou situovány 4 výtahy. Všechny výtahy mají navrhovanou rychlost 1,0 m/s, mají elektrický pohon a integrovanou strojovnu v horní části výtahové šachty (tedy bez strojovny). Vybavení výtahových kabin je rozlišeno dle účelu a tedy požadavků na standard. Nákladní výtahy jsou řešeny ve standardu zvýšení mechanické odolnosti, nejluxusnější kabina je celoprosklená pro panoramatický výtah v oblasti centrálního náměstí. V objektu je dále situováno 6 eskalátorů pro dopravu návštěvníku mezi jednotlivými podlažími.

VÝKLADCE

Nosná konstrukce pro opláštění mezi obchodní pasáží a nájemními jednotkami je navržena z uzavřených profilů typu jakl. Vodorovný prvek nadpraží je vynášen stojkami po cca 2,6 m kotvenými do spodního líce stropní konstrukce. Celá konstrukce je navržena na požární odolnost 30 min. Dodatečně se namontují závitové tyče M10 s okem a závitové spojky M10 pro zavěšení dekorací. Závitové tyče jsou z oceli S355 jsou navrženy pro svislou sílu maximálně 50 kg na rameni 50 mm. Připojované konstrukce musí umožňovat rektifikace z důvodu svislého průhybu stropní konstrukce. Celá konstrukce je natírána.

INTERIÉROVÁ SKLENĚNÁ LÁVKA

V prostoru pasáže je situována jedna lávka v úrovni 2.NP. Je řešena jako ocelová konstrukce opláštěná skleněnými tabulemi z lepeného skla. Skleněné tabule tvoří jak podlahu, tak podhled i zábradlí těchto lávek. Skleněné tabule podhledu a zábradlí jsou uchyceny bodovými úchyty, pochozí skleněné tabule jsou uloženy na rektifikovatelných ocelových terčích s pružnou podložkou.

Samotná ocelová nosná konstrukce lávky je tvořena prostými nosníky délky 8 m navazujícími na základní modul objektu.

2.1.5 BEZBARIÉROVÉ UŽÍVÁNÍ STAVBY

Budou splněny požadavky na stavbu z hlediska jejich užívání osobami s omezenou schopností pohybu a orientace, včetně řešení přístupu do těchto staveb a požadavky na komunikace, konstrukce a zařízení požadované Vyhláškou 369/2001 Sb., zejména:

- je navržen alespoň jeden vstup v úrovni komunikace pro pěší bez vyrovnávacích stupňů
- přístup do objektu bude pro zrakově postižené osoby vytýčen přirozenými nebo umělými vodícími liniemi nebo akusticky.
- na všech vyznačených odstavných a parkovacích plochách pro osobní motorová vozidla bude vyhrazeno nejméně 5 % stání pro vozidla zdravotně postižených osob
- osobám s omezenou schopností pohybu a orientace bude umožněn přístup do všech podlaží určených pro užívání veřejností
- základní informační grafické zařízení pro orientaci veřejnosti bude mít kontrastní a osvětlené nápisy a piktogramy
- nejméně jedna kabina WC v oddělení pro muže a nejméně jedna kabina WC v oddělení pro ženy je řešena v souladu s požadavky stanovenými v bodě 2.4. přílohy č. 1 k Vyhlášce 369/2001 Sb.
- stavba je navržena a bude realizována tak, aby bylo umožněno užívání osobami s omezenou schopností pohybu a orientace, zejména bude umožněn přístup nejméně k jedné z pokladen, případně přepážek s upravenou výškou
- výše uvedené prostory a zařízení budou označeny mezinárodním symbolem přístupnosti
- schodiště a šikmé rampy budou po obou stranách opatřeny madly s přesahem 150 mm přes začátek a konec rampy/schodiště.
- výška schodišťových stupňů ve schodištích určených k užívání veřejností nepřesahuje 160 mm.
- Dveře karuselového provedení musí umožnit průjezd osoby na vozíku bez dalších podmiňujících opatření, jinak musí být doplněny dalšími otvíravými dveřmi.

2.1.6 POUŽITÝ MATERIÁL, OCHRANA A TECHNICKÉ POŽADAVKY

Ocelové konstrukce jsou navrženy z oceli S355 J2, podružné konstrukce mohou být navrženy v oceli S235. Použité šrouby jsou jakosti 5.8 a 6.8. Beton pro základy C20/25. Pro betonovou desku a výplň sloupů byl použit beton C30/37. Povrchová ochrana vnitřní konstrukce bude provedena pomocí nátěru. Venkovní konstrukce jsou žárově zinkovány. Základní nosná ocelová konstrukce bude ve výrobě otryskána na stupeň čistoty Sa 2,5 a opatřena nátěrovým systémem o tl. 120 µm odpovídající stupni korozní agresivity atmosféry C2 dle ČSN EN ISO 12 944.

Objekt byl zařazen do třídy následků CC2, kategorie použitelnosti SC1 a výrobní kategorie PC2. Třída provedení objektu EXC2.

Pro kvalitu materiálu, provádění, výrobu, dodávku a montáž je povinné dodržování českých norem a technických předpisů platných v době zpracování prováděcího projektu a výrobní dokumentace.

2.2 PŘIPOJENÍ NA TECHNICKOU INFRASTRUKTURU

V místě stavby je zajištěno dostatečné připojení na technickou infrastrukturu i s ohledem na rozsah projektu.

2.3 DOPRAVNÍ ŘEŠENÍ

Předmětem této technické zprávy není dopravní řešení pro obchodní centrum. Stavba se nachází na kraji města Brna. Připojení na dopravní infrastrukturu bude zajištěno v souladu s územním plánem města.

2.4 POPIS VLIVŮ STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Stavební činnost bude mít, jako vždy, negativní vliv na okolí. Po dobu výstavby musí být zachovány veškeré funkce budov a zařízení v okolí. Bude nutné ve zvýšené míře dbát na udržování pořádku na staveništi a na dodržování všech norem ochrany životního prostředí se zvláštní pozorností na hluk a vyvážení nečistot ze stavby. Bude třeba vycházet z podmínek, které dají orgány státní správy, speciálně hygienik a odbor životního prostředí.

Stavební činnost stavebními mechanizmy a hlučné práce budou prováděny v denní době od 7.⁰⁰ - 21.⁰⁰ hod.

V průběhu realizace stavby musí být prováděna taková protihluková opatření, aby hluk ze stavební činnosti nepřekročil ve venkovním chráněném prostoru staveb hygienické limity hluku.

Odpad při výstavbě bude likvidován dle předpisů, zvláště § 10-16 zákona č.185/2001 Sb. o odpadech. Odpad může odvézt, recyklovat nebo likvidovat pouze oprávněná osoba. Na stavbě nesmí být skladovány látky škodlivé vodám a pohonné hmoty.

2.5 ORGANIZACE VÝSTAVBY

2.5.1 POSTUP VÝSTAVBY

Vlastní výstavba bude zahájena přípravou staveniště, tj. vykácením porostu a případnou demolicí zpevněných ploch. Dále bude provedeno zajištění stavební jámy pro základové konstrukce a následně budou pokračovat hrubé terénní úpravy. V půdorysu budovy budou na piloty zakotveny jeřáby, aby bylo umožněno zásobování stavby materiálem. Po vybetonování základových patek se zabetonovanými závitovými tyčemi bude výstavba pokračovat montáží sloupů, průvlaků, stropnic a ztužení 1.NP. Pro následné osazení jednotlivých sloupů musí být zajištěna dostatečná rezerva průměru děr v patní desce (± 20 mm, bude použita šablona). Sloupy příčného ztužidla budou dále opatřeny výřezem v betonu pro smykovou zarážku. U ostatních sloupů stačí pro přenos vodorovné síly tření.

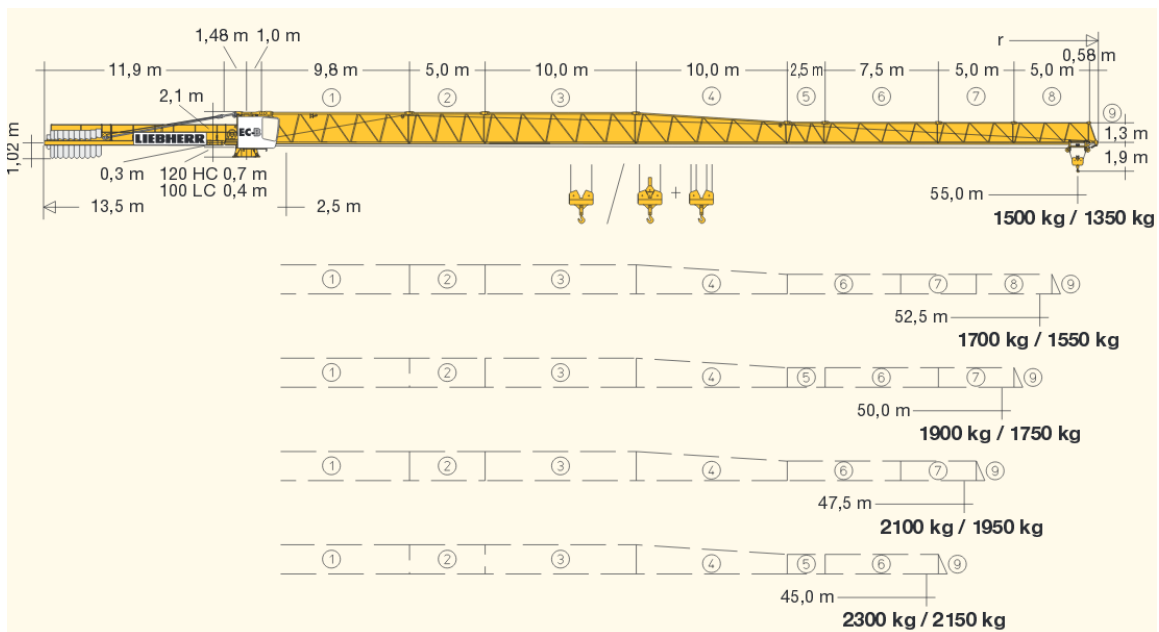
První budou osazeny sloupy 1. řady (viz schéma na začátku TZ), sloupy 2. Řady a ztužidla. Stavba bude pokračovat montáží průvlaků a stropnic těchto řad. Ztužidla umístěná v těchto řadách zajistí prostorovou stabilitu při montáži dalších polí skeletu. Montáž nosné konstrukce 1.NP skončí osazením sloupů poslední řady a vybetonováním kruhových trubek sloupů. Betonová spřažená deska bude betonována postupně.

Stavba konstrukce bude pokračovat stejným systémem montáže dalších nadzemních podlaží. V průběhu montáže dalších pater je možné provádět rozvody vzduchotechniky, chlazení, ležatých a stoupacích potrubí, rošty pro kabeláže a rozvody sprinklerů ve spodních podlažích.

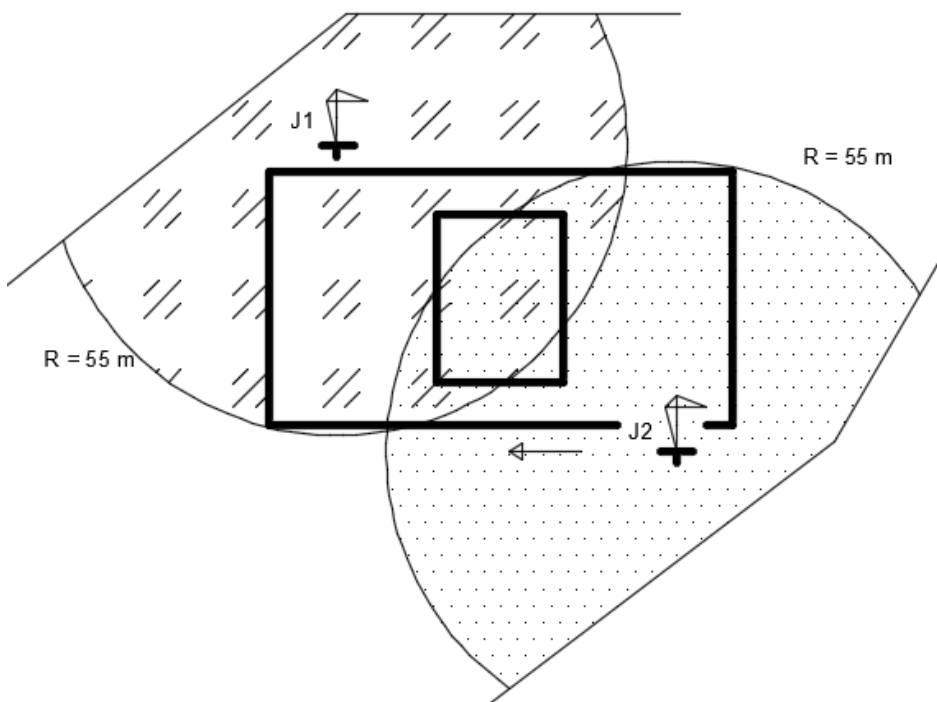
Po dokončení nosné konstrukce 4.NP bude osazena konstrukce střechy. Přivezené montážní celky vazníku budou na stavbě smontovány a celý vazník bude v celku vyzvednut na odpovídající sloupy. Přibližná hmotnost jednoho vazníku je 1,6 t (navržené jeřáby vykazují dostatečnou nosnost). První bude osazen vazník 1, následně krajní vaznice uložené na obvod pultové střechy spolu se střešním ztužidlem. Dále bude osazen vazník 2 a příslušné vaznice a nakonec vazník 3 se zbývajících vaznicemi a střešním ztužidlem.

Poslední část hlavní konstrukce bude tvořit osazení obvodového pláště spolu se strukturálním zasklením střechy.

Pro montáž rámové konstrukce OC budou použity dva věžové jeřáby Liebherr 110EC-B6, které budou sestaveny přibližně do výšky 32 m. Po sestavení skeletu konstrukce bude ponechán jeden věžový jeřáb, který bude přesunut do středové části obchodního centra pro montáž střechy.



Obr. č. 02. - Příklad nosnosti jeřábu Liebherr 110 EC-B6



Obr. č. 03. - Orientační rozmístění jeřábů na staveništi

2.5.2 BEZPEČNOST PRÁCE

Při provádění prací je třeba dodržovat základní pravidla BOZP, zvláště pak Zákon č. 65/1965 Sb. - Zákoník práce - ve znění změn a doplnění provedených následnými zákony a úplné znění zákona č. 155/2000 Sb, Zákon. č. 324/90 Sb. – Vyhláška ČÚBP o bezpečnosti práce při stavebních pracích, Zákon č. 48/82 Sb. – Vyhláška ČÚBP, základní požadavky k

zajištění bezpečnosti práce, Zákon. č. 361/2000 Sb. – Pravidla provozu na pozemních komunikacích vč. souvisejících technických norem.

Všichni zúčastnění pracovníci musí být s předpisy prokazatelně seznámeni před zahájením prací a jsou povinni používat při práci předepsané ochranné pomůcky. Veškeré práce mohou vykonávat osoby s příslušným oprávněním k výkonu jednotlivých činností. Staveniště musí být ohraničené a na všech vstupech označené výstražnými tabulkami se zákazem vstupu nepovolaným osobám.

Před zahájením všech zemních prací (výkopy, zabezpečovací práce) je třeba vytyčit za přítomnosti správců vedení inženýrských sítí a jejich přesnou polohu ověřit kopanými sondami. Lokálně nelze vyloučit ani výskyt nezavalených sklepních prostor, proto je třeba zemní práce provádět obezřetně.

Při provádění prací je nutno postupovat obezřetně. V případě výskytu nejasností nebo pokud se skutečný stav odchyluje od předpokládaného, je třeba kontaktovat projektanta.

Z požárního hlediska je nutné zachovat trvale přístupné hydranty po celou dobu výstavby a budou respektovány požární předpisy při práci s hořlavými materiály a jejich skladování.

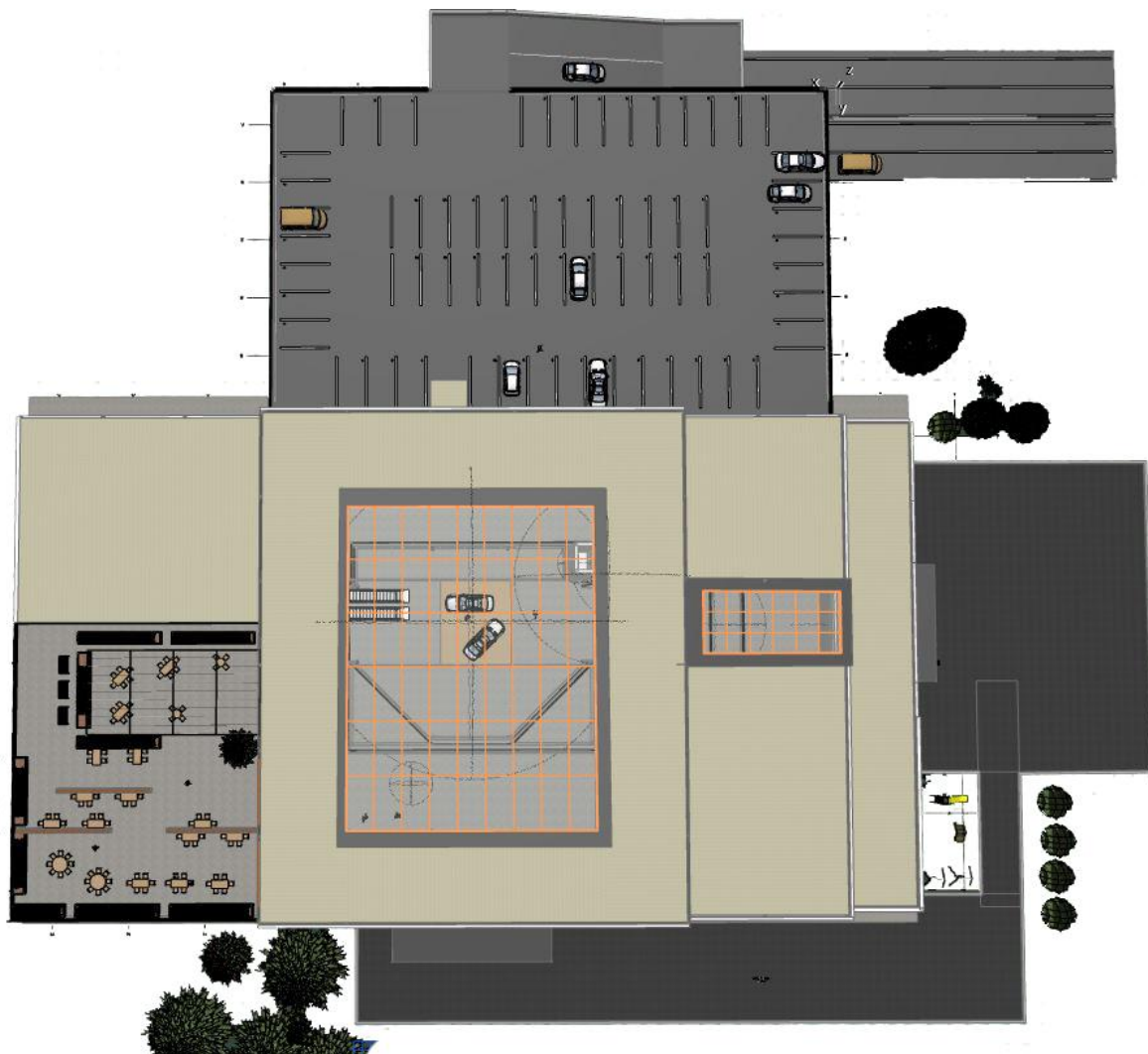
Péče o bezpečnost práce při pracovní činnosti se musí řídit bezpečnostními předpisy bezpečnosti práce a požární ochrany (BOZP a PO) pro jednotlivé činnosti (obchod, stravovací provoz, kanceláře). Technická zařízení umístěná v objektu musí splňovat požadavky na bezpečnost a obsluhu technických zařízení. Osoby zajišťující provoz, údržbu a opravy musí být odborně a zdravotně způsobilé (výměňíková stanice, chlazení, vzduchotechnika, SHZ, apod.).

3 NÁVRH A VIZUALIZACE OBJEKTU

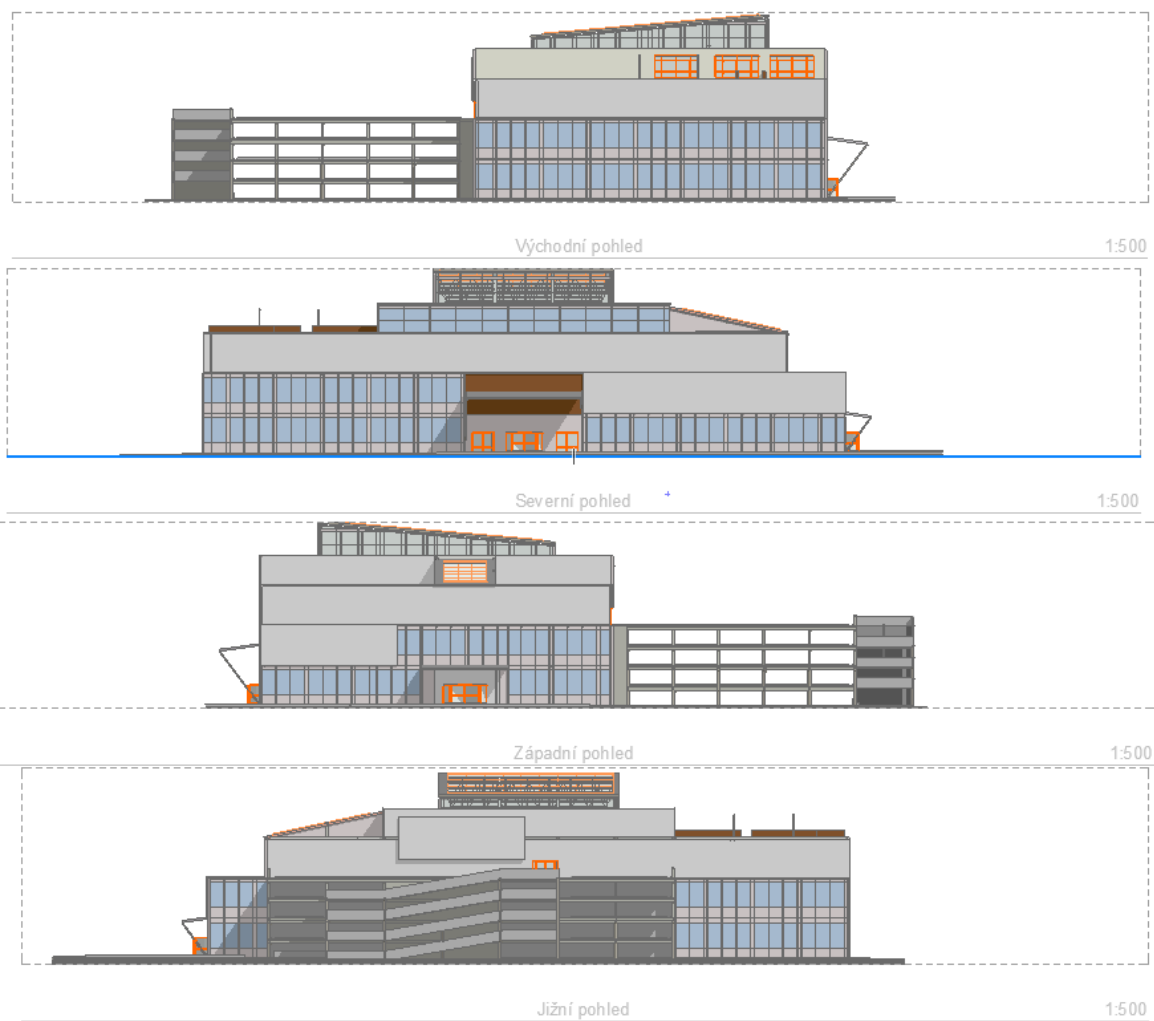
Součástí práce je vizualizace vytvořeného obchodního centra. Díky vytvoření trojrozměrného modelu objektu bylo možné vytvořit přijatelné architektonické řešení a propojit ho s vhodnou nosnou konstrukcí. Hlavním prvkem je náměstí ve středu celého objektu, kde bude docházet k hlavnímu shromažďování lidí. Centrum je celé „vytvořeno“ kolem tohoto centrálního náměstí, které prostupuje všechna patra budovy.

Vzhledem k tvorbě vizualizace na začátku práce je možné, že se finální konstrukční řešení může lehce odchylovat. Dispozice objektu spolu s hlavním konstrukčním systémem a dalšími zásadními věcmi zůstává stejná.

V hlavní části jsou uvedeny pouze ilustrativní obrázky. Celou vizualizaci je možné najít v příloze.



Obr. č. 04. - Pohled shora na model vytvořený v programu Archicad



Obr. č. 05. - Pohledy na obchodní centrum



Obr. č. 06. - Podélný řez obchodním centrem („řez B-B“)



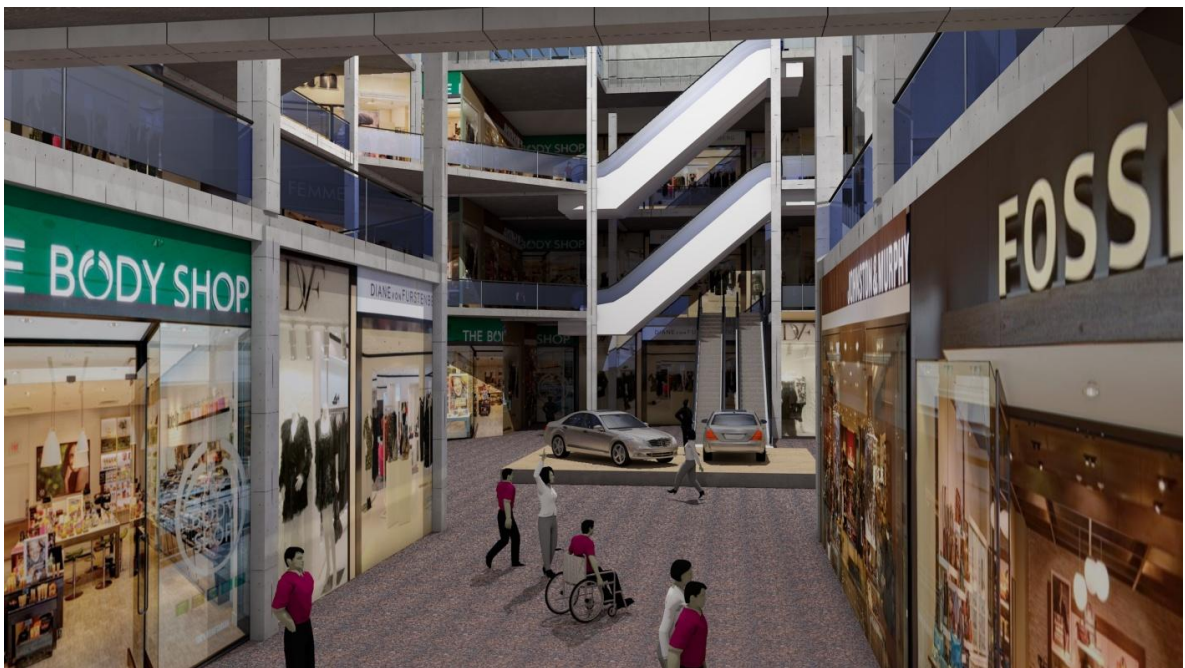
Obr. č. 07. - Perspektivní pohled na OC



Obr. č. 08. - Perspektiva po vyrendrování



Obr. č. 09. - Interiér objektu z 3.NP



Obr. č. 10. - Pohled na centrální náměstí od hlavního vstupu (západního), interiér objektu

STATICKÝ VÝPOČET

4 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY

4.1 OCEL

- S355

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \text{ GPa}, \quad G = 81 \text{ GPa}$$

4.2 BETON

Pro betonovou desku a výplň sloupů:

- C30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$$

Pro základové konstrukce:

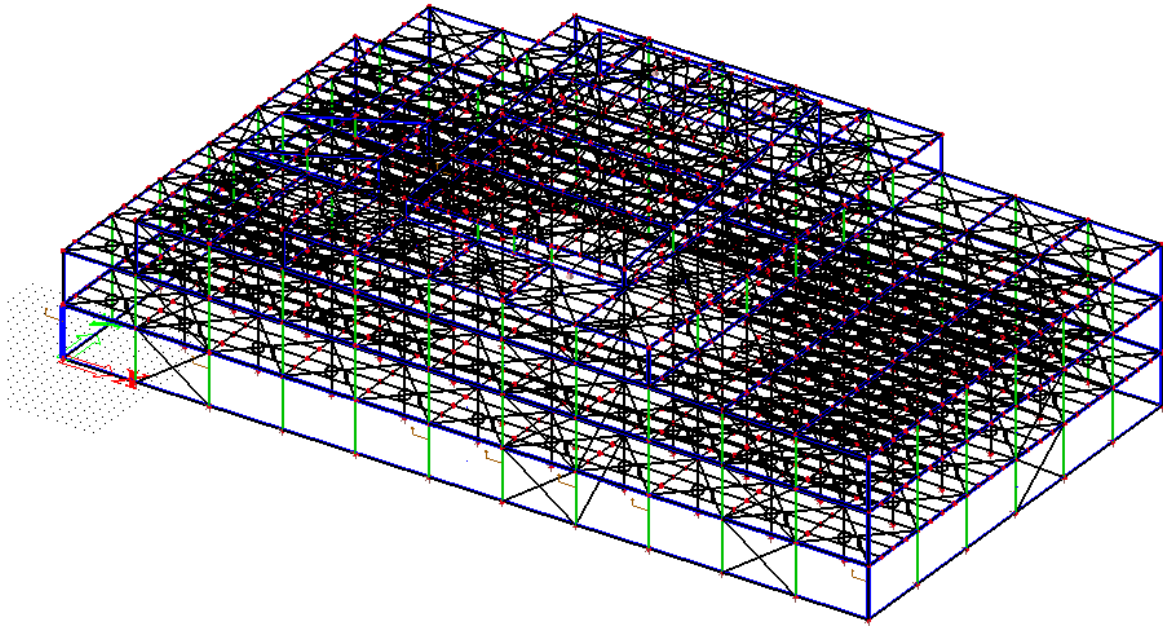
- C20/25

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

5 MODELOVÁNÍ KONSTRUKCE

5.1 MODEL V PROGRAMU SCIA ENGINEER

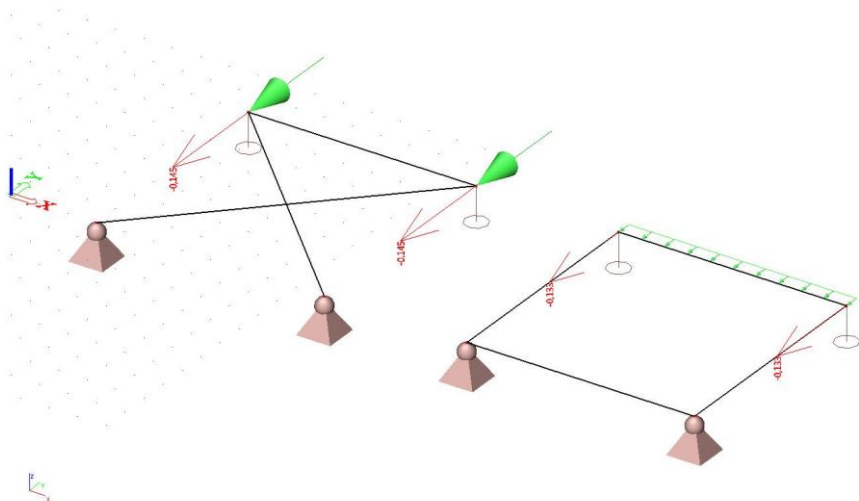


Obr. č. 11. - Celkový pohled na model konstrukce OC

5.2 NÁHRADA STROPNÍ DESKY PŘÍHRADOVINOU

- Jestliže chceme, aby platila rovnost deformací jednotlivých modelů uvedených níže, musí platit

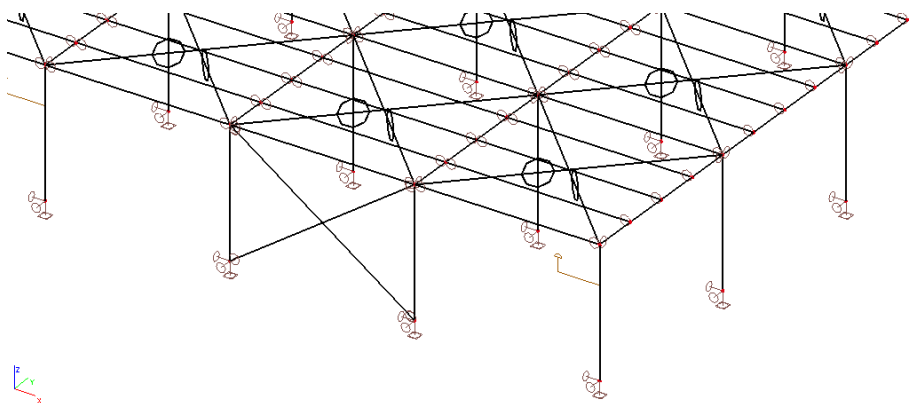
$$EA = \frac{Gt * (L_a^2 + L_b^2)^{3/2}}{2L_a L_b} \rightarrow A = \frac{Gt * (L_a^2 + L_b^2)^{3/2}}{2L_a L_b E}$$
$$= \frac{81 * 10^9 * 0,08 * (8^2 + 8^2)^{3/2}}{2 * 8 * 8 * 210 * 10^9} = 0,35 \text{ m}^2$$



- v případě nahrazení tuhosti desky pruty o průřezové ploše $2 \times 0,350 \text{ m}^2$ jsou deformace od vodorovného zatížení přibližně stejné
- deformace jsou podobné i v přibližném modelu v programu Scia, 0,145 mm pro příhradovou analogii a 0,133 v případě modelování desky o tloušťce 0,08 m (pro zadané zatížení $F_1 = F_2 = 1000 \text{ kN}$, $g = 200 \text{ kN/m}$)
- prvky nahrazující tuhost desky byly zadány jako „FEM typ“ a přenášejí v modelu pouze osové síly

5.3 DETAILS MODELU – PROPOJENÍ PRVKŮ

- Sloupy jsou modelovány po jednotlivých patrech, spojení samotných sloupů je uvažováno jako rámové (v místě spojení jednotlivých montážních celků sloupu), protože spoje budou provedeny pomocí kruhové styčnickové desky
- Uložení sloupů kloubové (podpory modelovány kloubové)
- Průvlaky a stropnice uloženy kloubově ve směru y (dle klasického systému značení, kdy osa x tvoří osu prvku), tuhost těchto připojení byla ověřena v programu IDEA Statica (viz dále)
- Ztužidla připojena kloubově



Obr. č. 12. - Detail modelu pro 1.NP, spojení jednotlivých prvků

6 ZATÍŽENÍ

6.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Na konstrukci byly uvažovány následující zatěžovací stavy:

ZS1	vlastní tíha
ZS2	ostatní stálé
ZS3	sníh rovnoměrný
ZS4	sníh navátý
ZS5	užitné
ZS6	vítr - generován dle 3D větru v programu SCIA Engineer, rozděleno na 8 zatěžovacích stavů, vzhledem k povaze fasády objektu není rozhodující velikost otvorů a ve výpočtu nebyl dále uvažován vnitřní tlak

- 3DWnd – 0, + CPE
- 3DWnd – 0, - CPE
- 3DWnd – 90, + CPE
- 3DWnd – 90, - CPE
- 3DWnd – 180, + CPE
- 3DWnd – 180, - CPE
- 3DWnd – 270, + CPE
- 3DWnd – 270, - CPE

6.2 KOMBINACE PRO MSÚ

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,35$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,00$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,50 \text{ (0 pro nepříznivé)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ (0 pro nepříznivé)}$$

$$\xi = 0,85 \text{ (takže } \xi \cdot \gamma_{Gj,sup} = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15)$$

$$\psi_0 = 0,50 \text{ (zatížení sněhem, < 1000 m.n.m.)}$$

$$0,60 \text{ (zatížení větrem)}$$

6.3 STÁLÉ ZATÍŽENÍ – ZS1, ZS2

- Vlastní tíha generována v programu Scia engineer

- některá stálá zatížení zadána dodatečně do ZS2 (především tíha desky)

6.3.1 SLOŽENÍ PODLAH A STŘECH, HODNOTY ZATÍŽENÍ

- Tloušťka ŽB desky patra

$$h_{desk} \cong \frac{L}{30} - \frac{L}{35} = 66 - 57, h_{desk,min} = 80 \text{ mm (pro světlost} \\ > 1,5 \text{ m)} \rightarrow h_{desk} = 80 \text{ mm}$$

	TL. [mm]	ZATÍŽENÍ [kN/m ³]	ZATÍŽENÍ [kN/m ²]
Keramická dlažba estetická v pasážích (PODLAHA PATRO, 2NP, 3NP)			
keramická dlažba, povrch hladký protiskluzný, protiskluznost skupina R9, spárovací malta flexibilní pro šířku spár 2-10 mm např. typu GF (LASSELSBERGER)	10	23	0,23
lepidlo flexibilní typu např. AD 530 (LASSELSBERGER)	3	17	0,051
výškové vyrovnání	2	-	-
ŽB deska	80	25	2
Σ =			2,281
Příprava pro podlahu nájemců (PODLAHA PATRO, 2NP, 3NP)			
prostor pro podlahu nájemců	15	-	-
nerovnosti žb desky přebrousit a vystěrkovat samonivelační stěrkou, rovinost 2 mm / 2m	-	-	-
ŽB deska	60	25	1,5
Σ =		
Nátěr na betonu, zatepleno (PODLAHA PŘÍZEMÍ)			
šedý protiprašný nátěr	0		
strojně hlazený (jemně drsný povrch) beton C 25/30 se sítí 2x KARI 6/150-6/150	116		
separační vrstva - PE fólie tl. min 0.1mm, přesahy 100mm	0		
extrudovaný polystyren typu např. Floormate 500-A, desky s ozubem	50		
hydroizolace proti zemní vlhkosti a radonu, např. Glastek 40 Special Mineral	4		
penetrační nátěr např. Dekprimer	0		
podkladní beton C 25/30 se sítí 1x KARI 6/150-6/150	100		
recyklát, hutněný	-		
Pochozí, nepochozí plochá střecha, zateplená (STŘECHA NAD 2NP A 3NP)			
keramická dlažba venkovní (pochozí, v oblasti restaurace)	20	23	0,46
zásyp kačírkiem, frakce 16-32	90	15	1,35
separační netkaná geotextilie cca min 300g/m2 bez organických příměsí	4	-	0,003
hydroizolační folie na bázi měkčeného PVC, mechanicky přitížená, odolná proti prorůstání kořínků např. typu ALKORPLAN 35177 tl.1,5mm	1,5	-	0,018

tepelně izolační a spádová vrstva z tepelné izolace na bázi minerální vlny typu např. ORSIL T-SD v kombinaci s ORSIL S	100	1,5	0,15
parotěsná zábrana např. typu ROOFTEK AL MINERAL	4	-	0,04
penetrační nátěr např. Dekprimer	-	-	-
žb hlazená deska	80	25	2
Σ = 4,021			
Nezateplená pojízdná střecha, betonová dlažba (GARÁŽE)			
betonová dlažba typu např. Best Klasiko 200x100 mm s drenážními spárami	80	24	1,92
hutněná kladecí vrstva - štěrk fr. 4-8 mm	48	26	1,248
hutněná roznášecí a vyrovnávací vrstva z drčeného kameniva fr. 8-16 mm	134	26	3,484
drenážní vrstva např. typu DEKDREN N8	8	-	0,003
separační netkaná geotextilie cca min 500g/m2 bez organických příměsí	4	-	0,005
hydroizolační fólie odolná proti ropným produktům typu např. homogenní hydroizolační fólie z PVC EKOPLAST 806 tl. 1,5mm	1,5	-	0,018
netkaná geotextilie cca min 300g/m2 bez organických příměsí	4	-	0,003
hlazená spádová vrstva z betonu C25/30 betonu, dilatována 4x4m, 1x KARI síť 6/150-6/150	150	25	3,75
žb hlazená deska	-	-	-
Σ = 10,431			

6.4 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

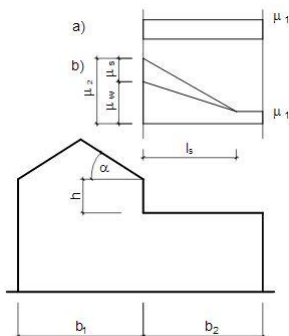
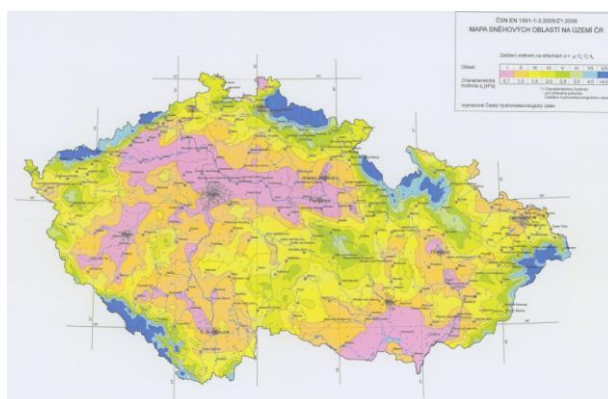
6.4.1 SNÍH – ZS3, ZS4

lokalita Brno – II. sněhová oblast $s_k = 1,0 \text{ KN/m}^2$

součinitel expozice („normální“ typ krajiny) $C_e = 1,0$

tepelný součinitel (nedochází k prostupu tepla) $C_t = 1,0$

$$s_i = \mu_i * C_e * C_t * s_k = \mu_i * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 1,0 \mu_i \text{ KN/m}^2$$



SNÍH ROVNOMĚRNÝ – ZS3

tvarový součinitel $\mu_1 = 0,8$ (pro $\alpha < 30^\circ$)

$$s_1 = s_i * \mu_1 = 1,0 * 0,8 = 0,8 \text{ KN/m}^2$$

SNÍH NAVÁTÝ – ZS4

$$l_{s1} = 2h_1 = 2 * 4 = 8 \text{ m } (5 < l_{s1} = 8 < 15 \text{ m})$$

$$l_{s, \text{střech}} = 2h_1 = 2 * \left(4,56 - \left(\frac{2,56}{2}\right)\right)$$

$$= 6,56 \text{ m } (5 < l_{s, \text{střech}} = 6,56 < 15 \text{ m})$$

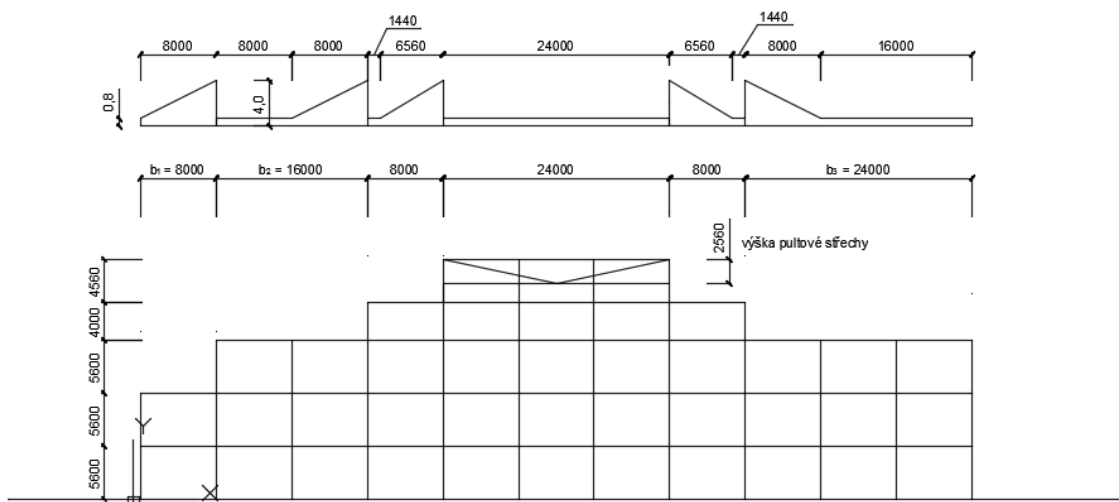
$$b_{21} = 8 \text{ m}, b_{22} = 16 \text{ m}, b_{23} = 24 \text{ m} \geq l_{s1} = 8 \text{ m}$$

$$\mu_2 = \mu_w + \mu_s = 0 + 4,0 = 4,0$$

$$\mu_{w1} = \frac{b_1 + b_{21}}{2h}$$

- Pro $b_1 > 24 \text{ m} \rightarrow \mu_w > 4 \rightarrow \mu_w = 4,0$ (doporučený rozsah)

$$\mu_s = 0 \text{ (neuvážujeme sesuv sněhu)}$$



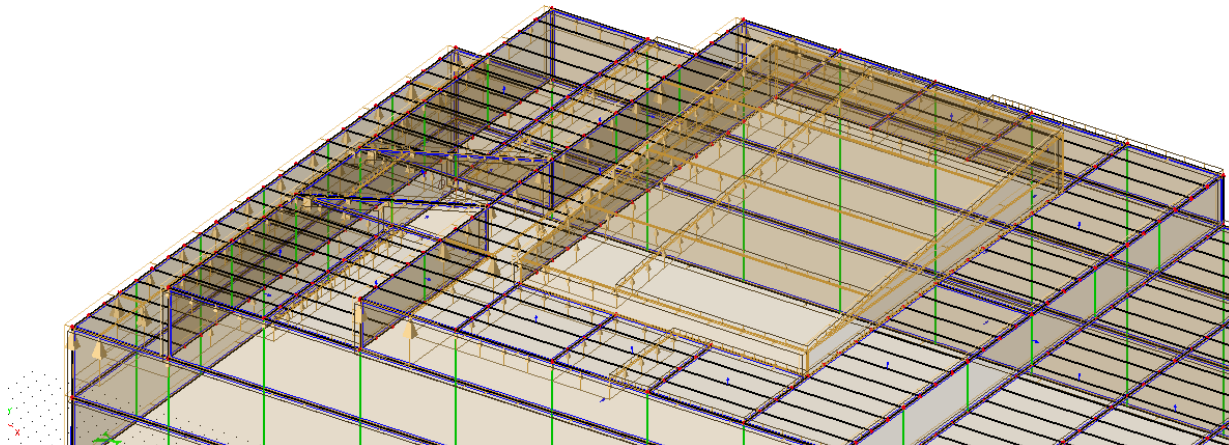
Obr. č. 13. - Průběh součinitelů pro navátý sníh v oblastech „odskoků pater“

$$s_1 = s_i * \mu_1 = 1,0 * 0,8 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = s_i * \mu_2 = 1,0 * 4,0 = 4,0 \text{ kN/m}^2$$

6.4.2 VÍTR – ZS6

- Sklon horní pultové střechy 8 %
- Nejvyšší bod pultové střechy 25,4 m
- generováno v programu Scia engineer



Obr. č. 14. - příklad zatížení od větru pro ZS 3DWnd1-0,+CPE

- v programu rozděleno na 8 zatěžovacích stavů zohledňujících směr větru a „směr“ zatížení dle normy

3DWnd1 - 0, + CPE

3DWnd1 - 0, - CPE

3DWnd1 - 90, + CPE

3DWnd1 - 90, - CPE

3DWnd1 - 180, + CPE

3DWnd1 - 180, - CPE

3DWnd1 - 270, + CPE

3DWnd1 - 270, - CPE

- Kategorie terénu II (území bez překážek,...)

výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

součinitel směru větru $c_{dir} = 1,0$

součinitel ročního období $c_{season} = 1,0$

ZÁKLADNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_b = v_{b,0} * c_{dir} * c_{season} = 25 * 1,0 * 1,0 = 25 \text{ m/s}$$

součinitel orografie	$c_0(z) = 1,0$
parametr drsnosti terénu	$z_0 = 0,05 \text{ m}$
minimální výška	$z_{\min} = 2 \text{ m}$
maximální výška	$z_{\max} = 200 \text{ m}$
výška objektu	$z = 25,4 \text{ m}$

$$z_{\min} = 5 \text{ m} < z = 25,4 \text{ m} < z_{\max} = 200 \text{ m}$$

součinitel terénu

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m} \quad \text{kategorie terénu II}$$

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

součinitel drsnosti

$$c_r(z) = k_r * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,19 * \ln \left(\frac{25,4}{0,05} \right) = 1,184$$

STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 1,184 * 1,0 * 25 = 29,6 \text{ m/s}$$

součinitel turbulence $k_1 = 1,0$

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

intenzita turbulence

$$l_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1,0}{1,0 * \ln \left(\frac{25,4}{0,05} \right)} = 0,161$$

MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$\begin{aligned} q_p(z) &= [1 + 7 * l_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m(z)^2 \\ &= [1 + 7 * 0,161] * \frac{1}{2} * 1,25 * 29,6^2 = 1,165 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

6.4.3 UŽITNÉ – ZS5

GARÁŽE

$$q_{k,2} = 2,5 \text{ kN/m}^2 \text{ (dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla, kategorie staveb F)}$$

OBCHODNÍ CENTRUM

$$q_{k,2} = 5,0 \text{ kN/m}^2 \text{ (plochy v obchodních domech, kategorie D2)}$$

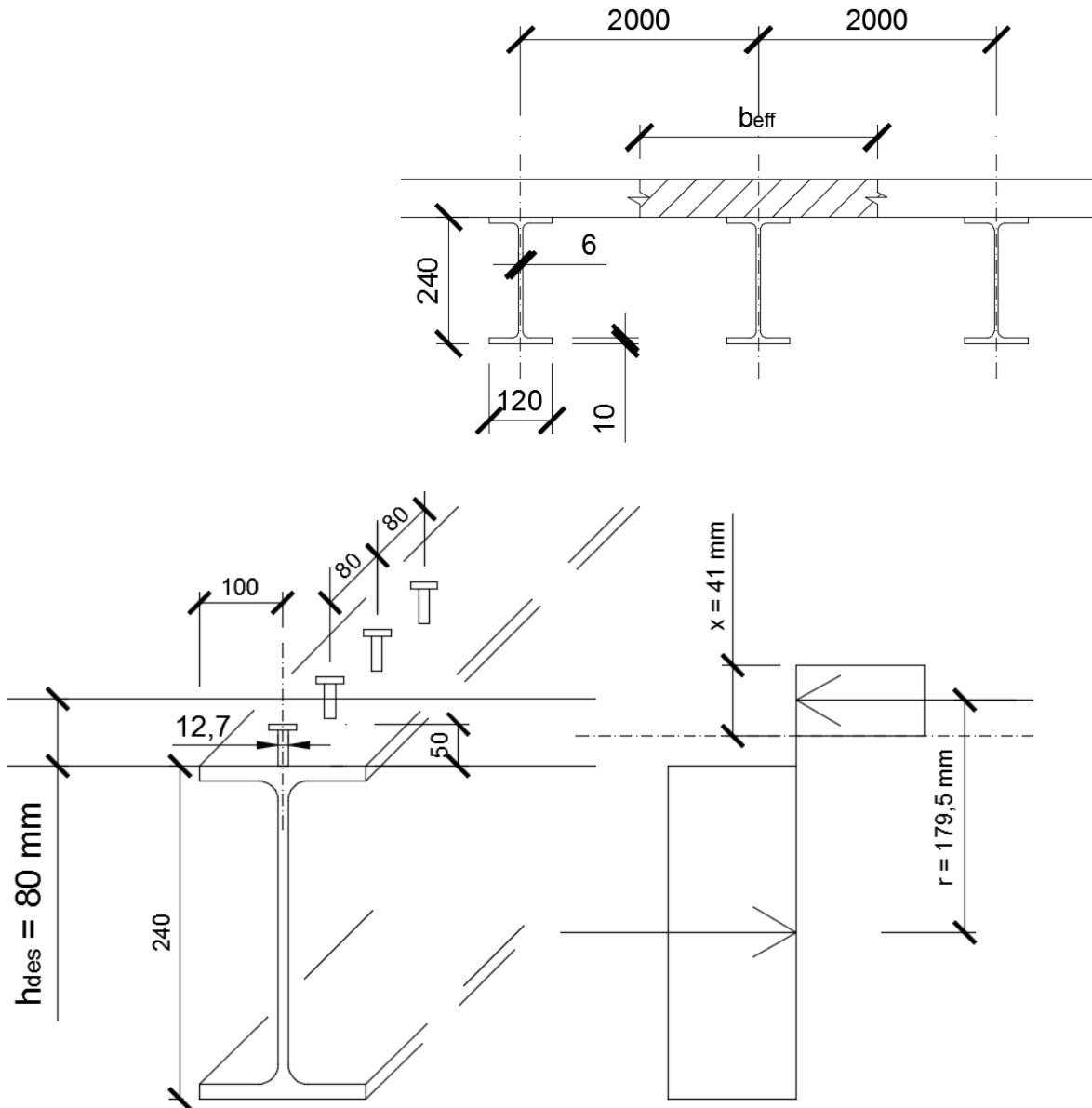
pozn.: přídavné užité zatížení za přemístitelné příčky

$$q_{k,add} = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

7 DIMENZOVÁNÍ A POSOUZENÍ RÁMOVÉ KONSTRUKCE OBCHODNÍHO CENTRA

7.1 STROPNICE OC

- spřažené stropnice IPE 240 s ŽB deskou tl. 80 mm



Obr. č. 15. - spřažení stropnice s betonovou deskou, rozmístění trnů

7.1.1 VNITŘNÍ SÍLY

$$\begin{aligned} M_{ed} &= \gamma_G * (ZS1 + ZS2) + \gamma_G * ZS5 \\ &= 1,35 * (2,06 + 24) + 1,5 * 92,8 = 174,4 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{ed} &= \gamma_G * (ZS1 + ZS2) + \gamma_G * ZS5 \\ &= 1,35 * (1,03 + 12) + 1,5 * 46,4 = 87,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

7.1.2 POSOUZENÍ MSÚ

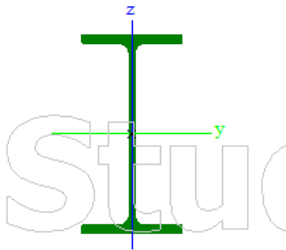
$$b_{eff} = b_{e1} + b_0 + b_{e2}$$

$$b_{e1} = b_{e2} = \frac{L}{8} = \frac{8}{8} = 1 \text{ m}$$

Návrh trnů a únosnost:

STROPNICE - OC	
Detailní	
Typ tvaru	Tenkostěnný
Typ	IPE240
Materiál	S 355
Vzpěr y-y	a
Vzpěr z-z	b
A [m ²]	3,9100e-03
Ay [m ²]	2,4315e-03
Az [m ²]	1,5295e-03
Iy [m ⁴]	3,8920e-05
Iz [m ⁴]	2,8400e-06
W _{elz} [m ³]	4,7300e-05
W _{ely} [m ³]	3,2400e-04
W _{plz} [m ³]	7,3900e-05
W _{ply} [m ³]	3,6700e-04
I _w [m ⁴]	3,7400e-08
I _t [m ⁴]	1,2900e-07
dy [mm]	0
dz [mm]	0
cY _{US} [mm]	60
cZ _{US} [mm]	120
IY _{ZLSS} [m ⁴]	
H [mm]	240
B [mm]	120
t [mm]	10
s [mm]	6
R [mm]	15

Obrázek



$$d = 12,7 \text{ mm}, f_{ut} = 340 \text{ MPa}, h_{sc} = 50 \text{ mm}$$

$$b_{t,min} = 2,5 * d = 2,5 * 12,7 = 31,75 \text{ mm}$$

$$F_c = F_a$$

$$x = \frac{A_a * f_{yd}}{b_{eff} * 0,85 * f_{cd}} = \frac{0,00391 * 355 * 10^6}{2 * 0,85 * 20 * 10^6} = 0,041 \text{ m}$$

$$r = H - \left(\frac{x}{2}\right) - \left(\frac{h_{IPE}}{2}\right) = 320 - \left(\frac{41}{2}\right) - \left(\frac{240}{2}\right) = 179,5 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = f_{yd} * A * r = 355 * 10^6 * 0,00391 * 0,1795 = 249,2 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_{yd}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{0,00153 * 355 * 10^6}{\sqrt{3} * 1,0} = 313,6 \text{ kN}$$

POSOUZENÍ OHYB

$$\frac{M_{ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{174,4}{249,2} = 0,70 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYK

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{87,2}{313,6} = 0,28 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODÉLNÁ SMYKOVÁ SÍLA

$$\begin{aligned} V_l &= \min(A_a * f_{yd}; b_{eff} * h_d * 0,85 * f_{cd}) \\ &= \min(0,00391 * 355 * 10^6; 2 * 0,06 * 0,85 * 20 \\ &\quad * 10^6) = \min(1388; 2040) = 1388 \text{ kN} \end{aligned}$$

ÚNOSNOST JEDNOHO TRNU

$$\begin{aligned} P_{Rk} &= \min \left(0,8 * f_{ut} * \pi * d^2 * \frac{1}{4}; 0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}} \right) \\ &= \min \left(0,8 * 340 * 10^6 * \pi * 0,0127^2 * \frac{1}{4}; 0,29 * 1 \right. \\ &\quad \left. * 0,0127^2 * \sqrt{30 * 10^6 * 32000 * 10^6} \right) \\ &= \min(34,46; 45,83) = 34,46 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = \frac{34,46}{1,25} = 27,57 \text{ kN}$$

POČET TRNŮ A GEOMETRIE

$$n = \frac{V_l}{P_{Rd}} * 2 = \frac{1388}{27,57} * 2 = 99,5 \rightarrow \text{potřeba } 100 \text{ trnů}$$

– Pozn. zajištěno plné spřažení

$$a = \frac{8000}{100} = 80 \text{ mm} \rightarrow \text{trny budou v jedné řadě po } 80 \text{ mm}$$

$$a_{min} = \min(6 * t_{des}; 800) = \min(6 * 80; 800) = 480 \text{ mm}$$

$$a_{min} = 480 \text{ mm} > 80 \text{ mm}$$

7.1.3 POSOUZENÍ MSP

- Posouzení průhybu spřaženého nosníku za předpokladu pružného působení
- Účinný modul pružnosti betonu je uvažován s vlivem dotvarování betonu

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{32}{2} = 16 \text{ GPa}$$

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210}{16} = 13,125$$

POLOHA NEUTRÁLNÉ OSY

$$\begin{aligned} e_{od \text{ spod okraje}} &= \frac{A_a * z_a + \frac{1}{n} * b * h_d * z_c}{A_a + \left(\frac{1}{n}\right) * A_c} \\ &= \frac{0,00391 * 0,12 + \frac{1}{13,125} * 2 * 0,08 * (0,24 + 0,040)}{0,00391 + \frac{1}{13,125} * 0,08 * 2} = 0,241 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_i &= I_{y, IPE240} + A_a * z_a^2 + \frac{1}{n} * \left(\frac{1}{12} b h^3 + A_c * z_c^2 \right) \\
&= 3,892 * 10^{-5} + 3,91 * 10^{-3} * 0,121^2 + \frac{1}{13,125} \\
&\quad * \left(\frac{1}{12} * 2 * 0,08^3 + 2 * 0,08 * 0,039^2 \right) \\
&= 1,212 * 10^{-4} m^4
\end{aligned}$$

$$w_{celk} = w_1 + w_2$$

$$\begin{aligned}
w_{1(stal)} &= \frac{5}{384} * \frac{g_{k1} * l^4}{E * I_{y, IPE240}} = \frac{5}{384} * \frac{(0,307 + 2,88) * 8^4}{210 * 10^9 * 3,892 * 10^{-5}} \\
&= 2,08 * 10^{-2} = 28 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
w_{2(prom)} &= \frac{5}{384} * \frac{q_{k1} * l^4}{E * I_i} = \frac{5}{384} * \frac{(1,781 + 5,8) * 8^4}{210 * 10^9 * 12,12 * 10^{-5}} = \\
&= 0,0159 \text{ m} = 16 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$w = w_1 + w_2 = 28 + 16 = 44 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ PRŮHYB

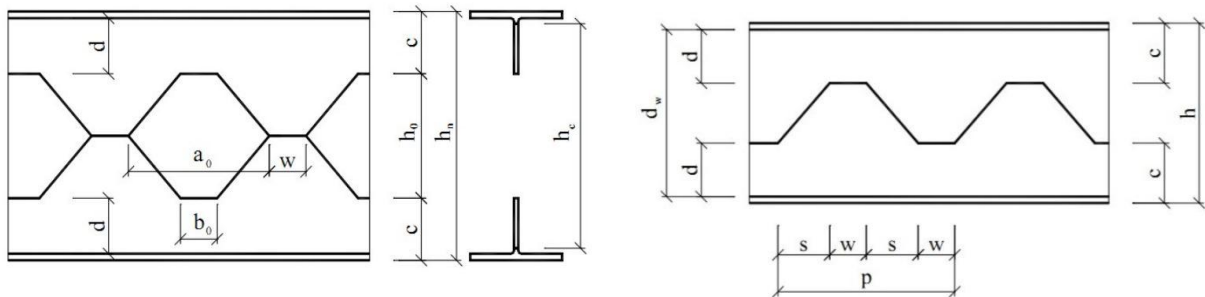
$$\delta_2 = \frac{8000}{250} = 32 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 32 \text{ mm} > \delta = 16 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

7.2 PRŮVLAK OC

- Prolamovaný nosník, vzniklý rozříznutím H profilu HEB 360 a následným svařením
- Průvlak je zajištěn proti ztrátě stability spřažením s betonovou deskou a stropnicemi po 2 m
- Navrženo konstrukční spřažení s betonovou deskou stejnými trny jako u stropnic po 480 mm

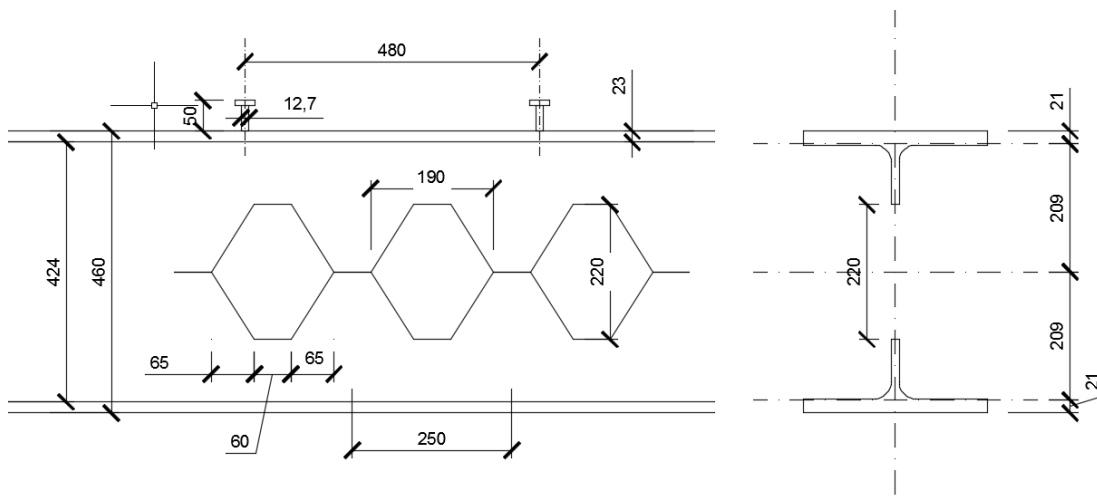
$$d = 12,7 \text{ mm}, f_{ut} = 340 \text{ MPa}, h_{sc} = 50 \text{ mm}$$



$$h_0 < 0,75 d_w = 0,75 * (360 - 2 * 23) = 235,5 \text{ mm}$$

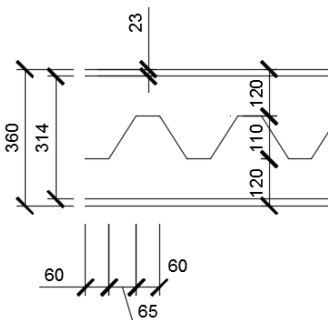
$$\frac{235,5}{2} = 117,75 \rightarrow \frac{h_0}{2} = 110 \text{ mm}$$

$$a_0 = 190 \text{ mm}$$



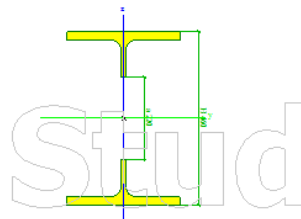
Obr. č. 16. - Detail prolamovaného průvlatku z HEB 360

$$0,25a_0 < w < 0,5a_0 \rightarrow w \in (50,95) \rightarrow w = 60 \text{ mm}$$



PRŮVLAK CELKEM	
Detailní	HEB360; 460; 220
Typ tvaru	Tenkcstěnný
Typ	I prom.
Materiál	S 355
Vzpěr y-y	b
Vzpěr z-z	b
A [m ²]	1,6575e-02
Ay [m ²]	1,2877e-02
Az [m ²]	1,1165e-02
Iy [m ⁴]	7,3580e-04
Iz [m ⁴]	1,0140e-04
Welz [m ³]	6,7597e-04
Wely [m ³]	3,1991e-03
Wplz [m ³]	1,0280e-03
Wply [m ³]	3,4684e-03
Iw [m ⁸]	0,0000e+00
It [m ⁴]	2,5404e-06
dy [mm]	0
dz [mm]	0
cYUSS [mm]	13
cZUSS [mm]	-60
IYZLSS [m ⁴]	
H [mm]	
B [mm]	
t [mm]	
s [mm]	
R [mm]	

Obrázek



ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU:

- Stojina oslabeného „T“ průřezu (tlak v celé stojině)

$$\frac{d_1}{t_w} = \frac{120 - 23 - 27}{13} = 5,38 < 33\varepsilon = 33 * 0,814 = 26,8$$

→ stojina "T" třída 1

- Stojina plného průřezu (v části tlak, v části tah)

$$\frac{d}{t_w} = \frac{460 - 2 * (27 + 23)}{10} = 36 < 72\varepsilon = 72 * 0,814 = 58,6$$

→ stojina plného průřezu třída 1

- Pásnice profilu (tlačené horní přečnávající pásnice)

$$\frac{c}{t_f} = \frac{300 - 13 - (2 * 27)}{2 * 23} = 5,06 < 9\varepsilon = 9 * 0,814 = 7,3$$

→ pásnice třída 1

- Průřez zařazen do třídy 1, lze použít plastický výpočet

7.2.1 VNITŘNÍ SÍLY

$$M_{ed,y} = \gamma_G * (ZS1 + ZS2) + \gamma_G * ZS5$$

$$= 1,35 * (24,86 + 96) + 1,5 * 371,2 = 720 \text{ kNm}$$

$$V_{ed,z} = \gamma_G * (ZS1 + ZS2) + \gamma_G * ZS5$$

$$= 1,35 * (11,4 + 36) + 1,5 * 139,2 = 272,8 \text{ kN}$$

7.2.2 POSOUZENÍ MSÚ

$$N_{M,ed} = \frac{M_{ed}}{h_c} = \frac{720 * 10^3}{0,460 - (2 * 0,021)} = 1722,5 \text{ kN}$$

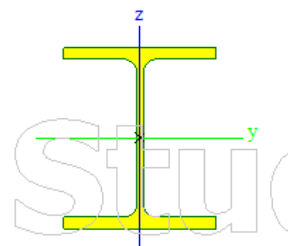
$$V_{T,ed} = \frac{V_{ed}}{2} = \frac{272,8 * 10^3}{2} = 136,4 \text{ kN}$$

$$V_{V,ed} = \frac{V_{T,ed} * p}{h_c/2} = \frac{V_{T,ed} * (2w + 2s)}{h_c/2}$$

$$= \frac{136,4 * 10^3 * (2 * 0,06 + 2 * 0,065)}{0,418/2} = 161,6 \text{ kN}$$

PRŮVLAK HEB360	
Detailní	
Typ tvaru	Tenkcstěnný
Typ	HEB360
Materiál	S 355
Vzpěr y-y	b
Vzpěr z-z	c
A [m ²]	1,8060e-02
Ay [m ²]	1,2975e-02
Az [m ²]	4,7491e-03
Iy [m ⁴]	4,3190e-04
Iz [m ⁴]	1,0140e-04
Welz [m ³]	6,7610e-04
Wely [m ³]	2,4000e-03
Wplz [m ³]	1,0300e-03
Wply [m ³]	2,6800e-03
Iw [m ⁸]	2,8833e-06
It [m ⁴]	2,9250e-06
dy [mm]	0
dz [mm]	0
cYUSS [mm]	150
cZUSS [mm]	180
IYZLSS [m ⁴]	
H [mm]	360
B [mm]	300
t [mm]	23
s [mm]	13
R [mm]	27

Obrázek



POSOUZENÍ „T“ PÁSU (VIERENDELŮV MOMENT)

$$M_{V,ed} = V_{T,ed} * \frac{w}{2} = 136,4 * 10^3 * \frac{0,06}{2} = 4,09 \text{ kNm}$$

$$M_{V,Rd} = \frac{W_{T,y} * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,14 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 40,5 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{V,Ed}}{M_{V,Rd}} = \frac{4,09}{40,5} = 0,10 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{T,Rd} = \frac{A_{T,v} * f_{yk}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{1,602 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{\sqrt{3} * 1,0} = 328,3 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{T,Ed}}{V_{T,Rd}} = \frac{136,4}{328,3} = 0,42 < 1,0 \quad (\text{příp } 0,5)$$

→ není třeba redukovat ohybovou únosnost

$$N_{T,Rd} = \frac{A_T * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{8,16 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 2896,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{M,Ed}}{N_{T,Rd}} = \frac{1722,5}{2896,8} = 0,60 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

KOMBINACE

$$\frac{M_{V,Ed}}{M_{V,Rd}} + \frac{N_{M,Ed}}{N_{T,Rd}} = \frac{4,09}{40,5} + \frac{1706,2}{2896,8} = 0,70 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{F,Ed} = 59,4 \text{ kN}$$

POSOUZENÍ SLOUPKU

$$N_{F,Rd} = \frac{A_{sw} * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{(w * t_w) * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{(0,06 * 0,013) * 355 * 10^6}{1,0} = 276,9 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{F,Ed}}{N_{F,Rd}} = \frac{87,2}{276,9} = 0,31 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$M_{v,s,Rd} = \frac{(W_s * f_{yk})}{\gamma_{M0}} = \frac{7,826 * 10^{-5} * 355 * 10^6}{1,0} = 27,78 \text{ kNm}$$

$$W_s = \frac{1}{6} * t_w * (s + w + s)^2 = \frac{1}{6} * 0,013 * (0,065 + 0,06 + 0,065)^2 = 7,826 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\frac{M_{V,Ed}}{M_{V,s,Rd}} = \frac{4,09}{27,78} = 0,15 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{V,Rd} = \frac{A_{sw} * f_{yk}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{(w * t_w) * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{(0,06 * 0,013) * 355 * 10^6}{\sqrt{3} * 1,0} = 165,9 \text{ kN}$$

$$V_{V,M,Rd} = \frac{A_{sm,w} * f_{yk}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{0,00247 * 355 * 10^6}{1 * \sqrt{3}} = 506,2 \text{ kN}$$

$$A_{sm,w} = (s + w + s) * t_w = (0,065 + 0,06 + 0,065) * 0,013 = 0,00247 \text{ m}^2$$

$$\frac{V_{V,Ed}}{V_{V,Rd}} = \frac{161,6}{165,9} = 0,97 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{V_{V,Ed}}{V_{V,Rd}} = \frac{161,6}{506,2} = 0,32 < 1,0 \text{ (příp 0,5)} \quad \text{VYHOVUJE}$$

KOMBINACE

$$\frac{N_{F,Ed}}{N_{F,Rd}} + \frac{M_{V,ed}}{M_{v,s,Rd}} = \frac{87,2}{276,9} + \frac{4,09}{27,78} = 0,46 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$A_v = (424 - 220 - (2 * 27)) * 10 = 1500 \text{ mm}^2$$

POSOUZENÍ CELÉHO NOSNÍKU

SMYK

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,osl} * f_{yk}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{(0,07 * 2 * 0,013) * 355 * 10^6}{1,0 * \sqrt{3}} = 373 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed,z}}{V_{Rd,z}} = \frac{272,8}{373} = 0,73 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Extrémní smyková síla však působí v místě podpory a nosník začíná plným profilem → výsledná rezerva pro smykovou sílu bude tak ve skutečnosti větší

OHYB

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{A_T * f_{yk} * h_c}{\gamma_{M0}} = \frac{8,287 * 10^{-3} * 355 * 10^6 * 0,418}{1,0} = 1229,7 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{720}{1229,7} = 0,59 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

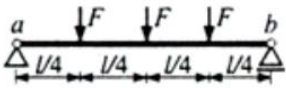
OVĚŘENÍ PRŮHYBU

$$\frac{19}{384} * \frac{F * l^3}{E * I} = \frac{19 * 2 * 59,43 * 10^3 * 8^3}{384 * 210 * 10^9 * 7,358 * 10^{-4}} = 0,019 \text{ m} = 19 \text{ mm}$$

2.3 POSOUZENÍ MSP

$$I_{plné} = I_{osl} + \frac{1}{12} b h^3 = 7,358 * 10^{-4} + \frac{1}{12} * 0,013 * 0,22^3 = 7,358 * 10^{-4} + 1,15 * 10^{-5} = 7,473 * 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_{osl} = 7,358 * 10^{-4} \text{ m}^4$$



- Prostřední „část“ průřezu příliš neovlivňuje moment setrvačnosti průřezu vzhledem k těžišti a malé tloušťce stojiny, veškerá hmota soustředěna na krajích
- Program Scia Engineer poskytl tyto hodnoty deformací průvlaku

$$w_{ZS1,vl.tiha} = 0,8 \text{ mm}; w_{ZS2,stále} = 3,7 \text{ mm}; w_{ZS5,užitné} = 14,9 \text{ mm}$$

$$w_{celk} = 0,8 + 3,7 + 14,9 = 19,4 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ PRŮHYB

$$w_{max} = \frac{L}{400} = \frac{8000}{400} = 20 \text{ mm}$$

$$w = 19,4 \text{ mm} > w_{max} = 20 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Pozn. dle normy by stačilo pouze porovnání s proměnnými složkami (v tomto případě vyhoví ovšem i pro součet se stálou složkou)

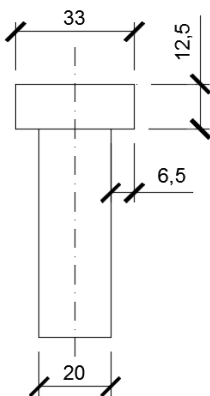
7.3 SPOJ STROPNICE S PRŮVLAKEM

7.3.1 GEOMETRIE A CHARAKTERISTIKY PŘÍPOJE

- Spoj bude proveden pomocí přivařeně čelní desky a dvojice nepředepnutých šroubů M20, průměr děr 22 mm
- Spoj namáhán ve stříhu a v otláčení (kategorie A)
- Nedochozí ke střídavému namáhání
- Pevnostní třída šroubu 5.8

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

$$f_{yb} = 400 \text{ MPa}$$



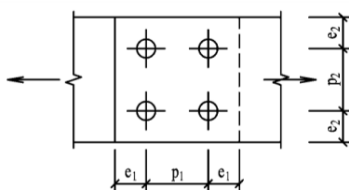
- Rozteče šroubů
- V modelu idealizováno jako kloubový přípoj

$$e_{1,min} = 1,2d_0 = 1,2 * 22 = 25,2 \text{ mm}, e_{1,dop} = 2d_0 = 42 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} = 2,2d_0 = 2,2 * 22 = 46,2 \text{ mm}, p_{1,dop} = 3,5d_0 = 73,5 \text{ mm}$$

$$e_{2,min} = 1,2d_0 = 1,2 * 22 = 25,2 \text{ mm}, e_{2,dop} = 1,5d_0 = 31,5 \text{ mm}$$

$$p_{2,min} = 2,4d_0 = 2,4 * 22 = 50,4 \text{ mm}, p_{2,dop} = 3d_0 = 63 \text{ mm}$$



7.3.2 POSOUZENÍ PŘÍPOJE

Návrhová únosnost stěny nosníku

$$V_{pl,Rd,1} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{6,3 * (80 + 2 * 3 * \sqrt{2}) * 355}{\sqrt{3} * 1,00} = 114,26 \text{ kN}$$

Únosnost čelní desky

$$V_{pl,Rd,2} = \frac{A_v * f_{yk}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{80 * 10 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = 163,9 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,6 * 500 * 245}{1,25} = 58,8 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,n=2} = n * F_{v,Rd} = 2 * 58,8 = 117,6 \text{ kN}$$

Otlačení

$$F_{b,Rd,pruvlak} = \frac{2,5 * \alpha_1 * f_u * d * t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2,5 * 1,0 * 490 * 20 * 13}{1,25} = 318,5 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd,deska} = \frac{2,5 * \alpha_2 * f_u * d * t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2,5 * 0,63 * 490 * 20 * 10}{1,25} = 123,5 \text{ kN}$$

$$\alpha_1 = 1,0 \text{ (pro navržený spoj)}$$

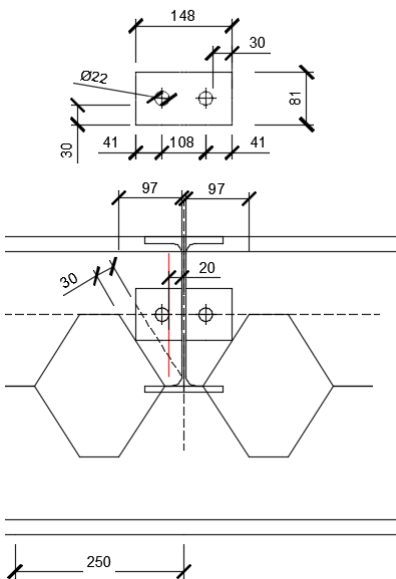
$$\begin{aligned} \alpha_{2,min} &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) \\ &= \min\left(\frac{25,2}{3 * 22}; \frac{46,2}{3 * 22} - \frac{1}{4}; \frac{500}{510}; 1,0\right) \\ &= \min(0,4; 0,48; 0,98; 1,0) \\ &= 0,4 \text{ (pro minimální hodnoty roztečí)} \end{aligned}$$

$$\alpha_{2,r} = 0,63 \text{ (pro navržený spoj)}$$

Posouzení

$$F_{min,Rd} = \min(V_{pl,Rd}; F_{v,Rd,n=2}; F_{b,Rd}) = \min(114,3; 117,6; 123,5) = 114,3 \text{ kN}$$

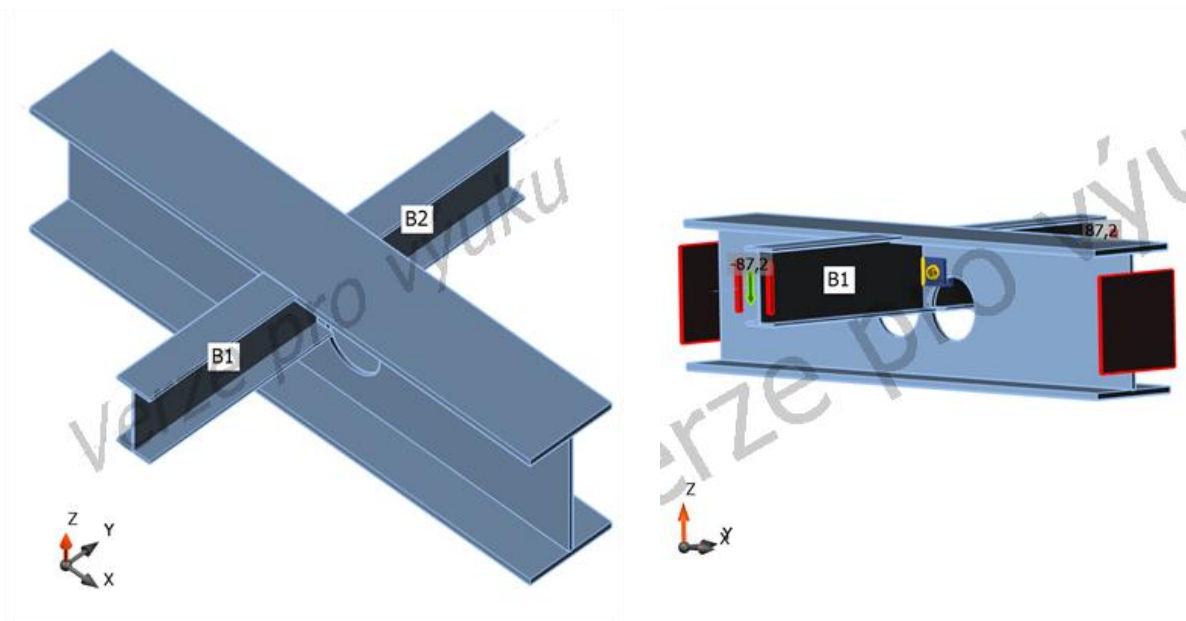
$$\frac{V_{Ed}}{F_{min,Rd}} = \frac{87,2}{114,3} = 0,76 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$



Únosnost koutového svaru

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{a * L} = \frac{87,2 * 10^3}{0,003 * 2 * 0,080} = 181,7 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 * \tau_{II}^2} = 314,7 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{Mw}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,6 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$



Obr. č. 17. - Geometrie přípoje stropnice na průvlak

Přípoj

Položka	
Jméno	SPOJ_STROPNICE
Popis	STROPNICE+PRUVLAK
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zjednodušené zatížení

Nosníky a sloupy

Jméno	Průřez	β - Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Ofset ey [mm]	Ofset ez [mm]
B	10 - Iw460x300	0,0	0,0	0,0	0	0
B1	9 - CON3(IPE240)	-90,0	0,0	0,0	0	110
B2	9 - CON3(IPE240)	90,0	0,0	0,0	0	110

Materiál

Ocel	S 355 (EN)
Šrouby	M20 5.8

Šrouby/Kotvy

Jméno	Sestava šroubů	Průměr [mm]	Fu [MPa]	Čistá plocha [mm ²]
M20 5.8	M20 5.8	20	500,0	314

Účinky zatížení

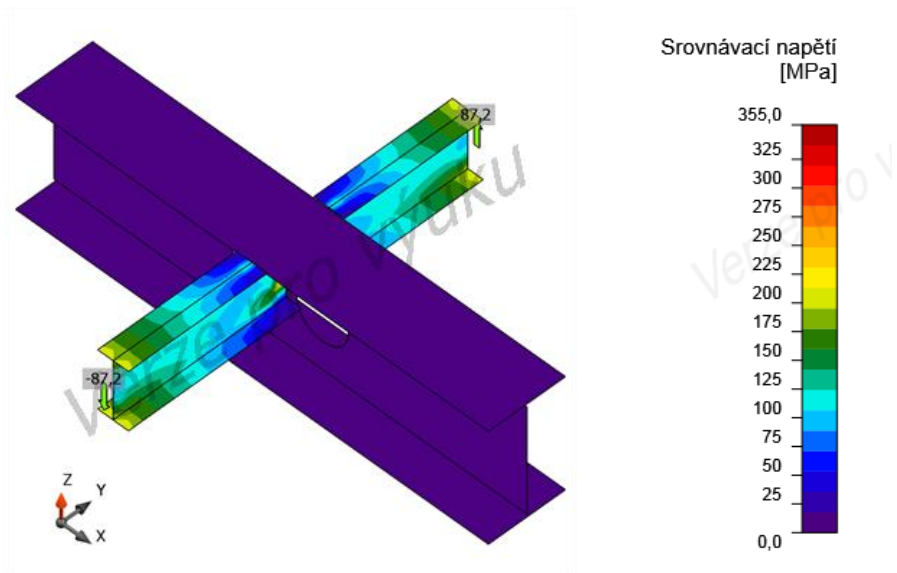
Jméno	Prvek	Poz.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B1	Konec	0,0	0,0	-87,2	0,0	0,0	0,0
	B2	Konec	0,0	0,0	87,2	0,0	0,0	0,0

Výsledky

Jméno	Hodnota	Status posudku
Aplikovaná zatížení	100,0%	OK
Plech	0,1 < 5%	OK
Šrouby	98,0 < 100%	OK
Svary	86,4 < 100%	OK

Plech

Jméno	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	Status posudku
B-tfl 1	21	LE1	2,1	0,0	OK
B-bfl 1	21	LE1	0,2	0,0	OK
B-w 1	13	LE1	80,3	0,0	OK
B1-bfl 1	10	LE1	206,2	0,0	OK
B1-tfl 1	10	LE1	206,7	0,0	OK
B1-w 1	6	LE1	281,3	0,0	OK
B2-bfl 1	10	LE1	206,2	0,0	OK
B2-tfl 1	10	LE1	206,7	0,0	OK
B2-w 1	6	LE1	282,1	0,0	OK
ČD1a	10	LE1	355,1	0,0	OK
ČD1b	10	LE1	355,2	0,1	OK



Obr. č. 18. - Srovnávací napětí, LE1

Šrouby

	Jméno	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Konstrukční zásady	Status
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 1 2 </div>	B1	LE1	11,2	43,6	12,6	89,0	98,0	OK	OK
	B2	LE1	11,1	43,6	12,6	89,0	98,0	OK	OK

Návrhová data

Jméno	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]
M20 5.8 - 1	88,2	236,4	49,0	254,8

Svary (Průměrná hodnota)

Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	U_t [%]	Status posudku
ČD1a	B1-w 1	4,0	80	LE1	376,3	66,2	-203,3	66,3	86,4	OK
ČD1b	B2-w 1	4,0	80	LE1	337,7	-65,5	179,7	65,6	77,5	OK

8 FASÁDNÍ SYSTÉM, OPLÁŠTĚNÍ BUDOVY

- Pro zasklenou konstrukci střechy použit systém WICTEC 50
- Dle technických specifikací výrobce
- Systém dodávaný společností WICONA na pultové střechy do sklonu 10%

Technické parametry:

Systémová šířka: 50 mm

Hloubka profilů: 50 – 260 mm

Tepelná izolace: U_f do 0,74 W/m²K

Tloušťky výplní: 3 – 51 mm

Hmotnosti skla: do 4 kN

Polygonální fasáda: do 45° (na každou stranu = 90° rohy)

Zvuková ochrana: testovaná do R_w 47 dB

Sklon střechy: do 10°

Systémové zkoušky / zkoušky CE dle EN 13830 / schválení:

Propustnost pro vzduch: třída AE

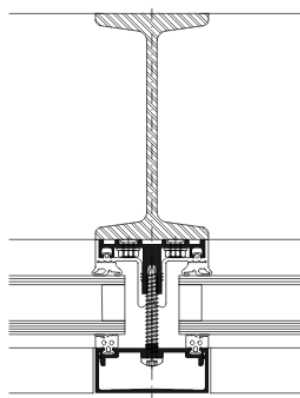
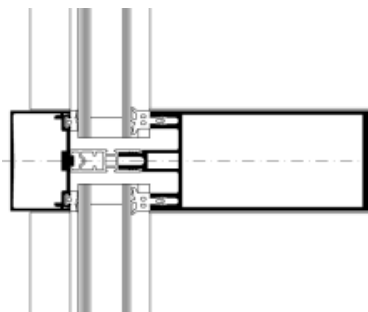
Těsnost vůči přívalovému dešti: RE 1200

Odolnost vůči větru: 2000/-3200 Pa, bezpečnostní verze 3000/-4800 Pa

Odolnost vůči nárazu: E5 / I5

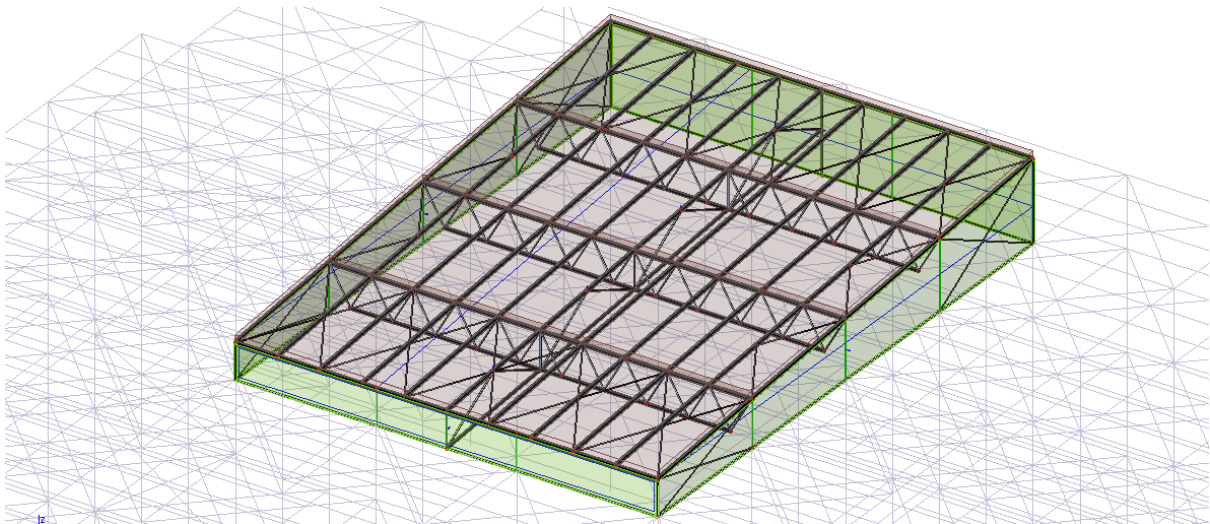
TRAV: požadavky splněné a zajištěné formou schválení

Schválení od státního stavebního dozoru: pro fasádní systémy, rámová spojení a pro svěrné spoje (zašroubování přítlačných lišt)



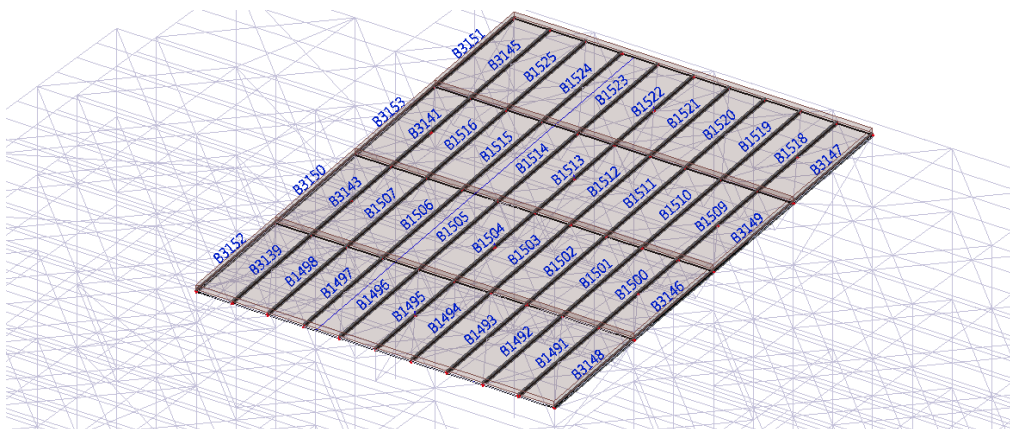
9 DIMENZOVÁNÍ A POSOUZENÍ PRVKŮ STŘECHY (VARIANTA 1)

- Konstrukce pultové střechy nad volným prostorem půdorysných rozměrů 24 m x 32 m
- Nosný systém tvořen příhradovými vazníky na kratší rozpětí 24 m a systémem vaznic po 2,4 m, na kterých jsou uloženy skleněné panely
- Skleněné střešní panely rozměrů 2400x4000 mm dle technických specifikací
- Vaznice profilu IPE 200 budou zajištěny proti vybočení pomocí konstrukce panelů
- U kombinace stálého zatížení ($\gamma = 1,0$) a větru ($\gamma = 1,5$) dochází k nadzvedávání střechy



Obr. č. 19. - Model konstrukce střechy, varianta 1

9.1 PLNOSTĚNNÁ VAZNICE

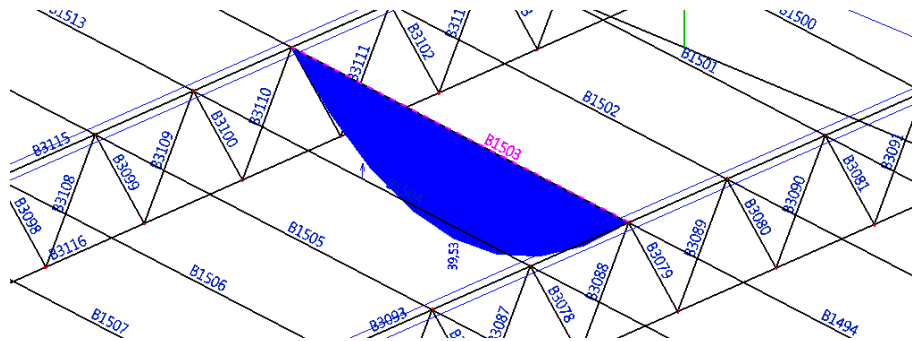


Obr. č. 20. - označení vaznic střešní konstrukce

9.1.1 VNITŘNÍ SÍLY

$M_{ed+,y,B1503, středový}$

$$\begin{aligned}
 &= \gamma_G * (ZS1 + ZS2) + \gamma_Q * ZS3 + \psi_0 * \gamma_Q \\
 &* 3DWnd1 \\
 &= 1,35 * (2,06 + 7,73) + 1,5 * 15,36 + 0,6 * 1,5 \\
 &* 3,64 = 39,5 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$



Obr č. 21. - průběh momentu na vaznici B1503

$M_{ed-,y,B3150, krajní}$

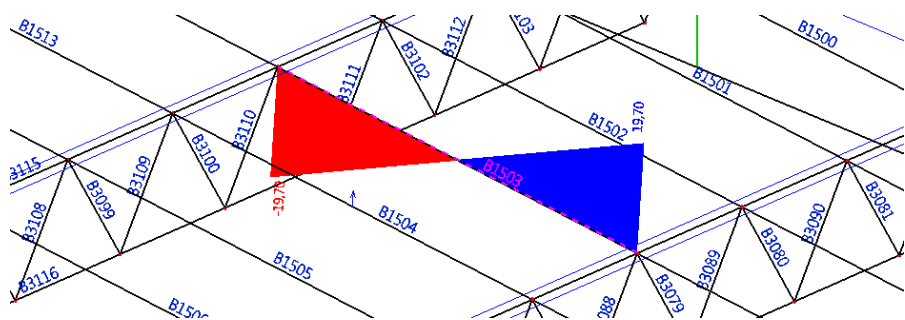
$$\begin{aligned}
 &= \gamma_G * (ZS1 + ZS2) + \gamma_Q * 3DWnd1 \\
 &= 1,00 * (2,06 + 3,86) - 1,5 * 6,37 = -3,6 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$M_{ed-,y,B3143, 2.řada}$

$$\begin{aligned}
 &= \gamma_G * (ZS1 + ZS2) + \gamma_Q * 3DWnd1 \\
 &= 1,00 * (2,06 + 7,73) - 1,5 * 12,73 = -9,3 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

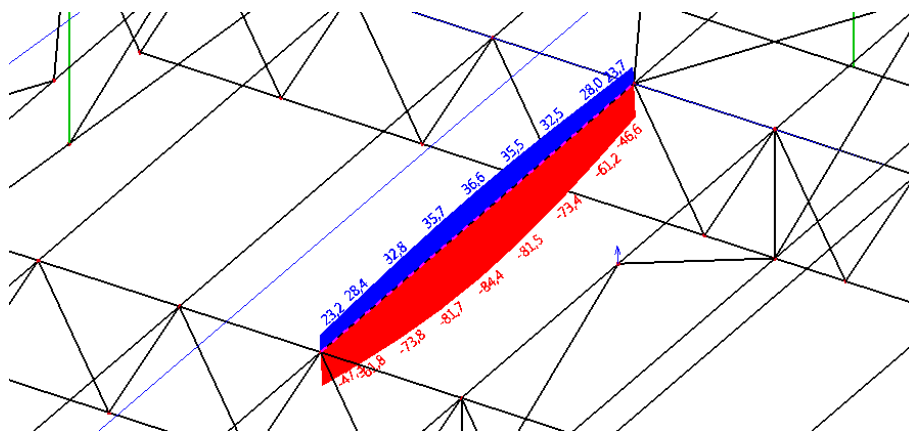
$V_{ed,max,B1503}$

$$\begin{aligned}
 &= \gamma_G * (ZS1 + ZS2) + \gamma_Q * ZS3 + \psi_0 * \gamma_Q * 3DWnd1 \\
 &= 1,35 * (1,03 + 3,85) + 1,5 * 7,66 + 0,6 * 1,5 \\
 &* 1,81 = 19,7 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Obr č. 22. - průběh posouvajících sil na vaznici B1503

9.1.2 MSP



VAZNICE STŘECHA	
Typ	IPE200
Typ tvaru	Tenkostěnný
Material	S 355
Vzpěr y-y	a
Vzpěr z-z	b
A [m ²]	2,8500e-03
Ay [m ²]	1,7729e-03
Az [m ²]	1,1448e-03
Iy [m ⁴]	1,9430e-05
Iz [m ⁴]	1,4200e-06
Wey [m ³]	2,8500e-05
Wely [m ³]	1,9400e-04
Wplz [m ³]	4,4600e-05
Wply [m ³]	2,2100e-04
Iw [m ⁶]	1,3000e-08
It [m ⁶]	6,9800e-08
dy [mm]	0
dz [mm]	0
cYUSS [mm]	50
cZUSS [mm]	100
IYZLSS [m ⁴]	
H [mm]	200
B [mm]	100
t [mm]	9
s [mm]	6
R [mm]	12

Obr. č. 23. - Průhyb vaznice B1514 dle programu SCIA Engineer od proměnných zatížení

$$\delta_2 = \frac{L}{200} = \frac{8000}{200} = 40 \text{ mm}$$

$$\delta = 84,4 - \frac{47,3 + 46,6}{2} = 37,4 \text{ mm}$$

$$\delta = 37,4 \text{ mm} < \delta_2 = 40 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

9.1.3 MSÚ

Zatřídění průřezu

- Stojina I profilu, ohýbaná

$$\frac{d}{t_w} = \frac{200 - 2 * (12 + 9)}{6} = 26,3 < 72\varepsilon = 72 * 0,814 = 58,6$$

→ stojina třídy 1

- Pásnice profilu (tlačené horní přečnívající pásnice)

$$\frac{c}{t_f} = \frac{100 - 6 - (2 * 12)}{2 * 9} = 3,89 < 9\varepsilon = 9 * 0,814 = 7,3$$

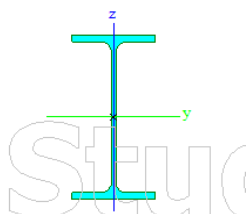
→ pásnice třída 1

- Průřez zařazen do třídy 1, lze použít plastický výpočet

Posouzení MSÚ (vaznice zajištěna proti klopení systémem proskleného zastřešení)

$$M_{Rd,y} = \frac{W_{pl,y} * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,21 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 78,45 \text{ kNm}$$

Obrázek



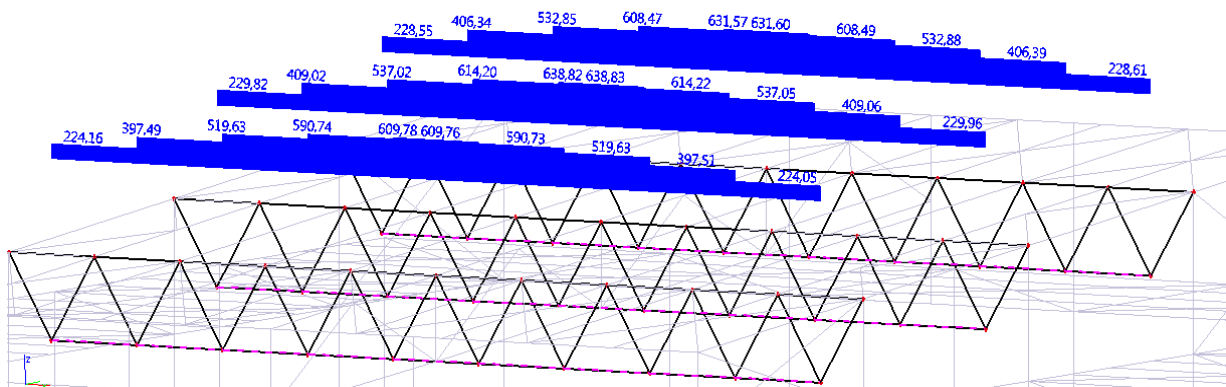
$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}} = \frac{39,5}{78,45} = 0,51 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

9.2 PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK (VARIANTA 1)

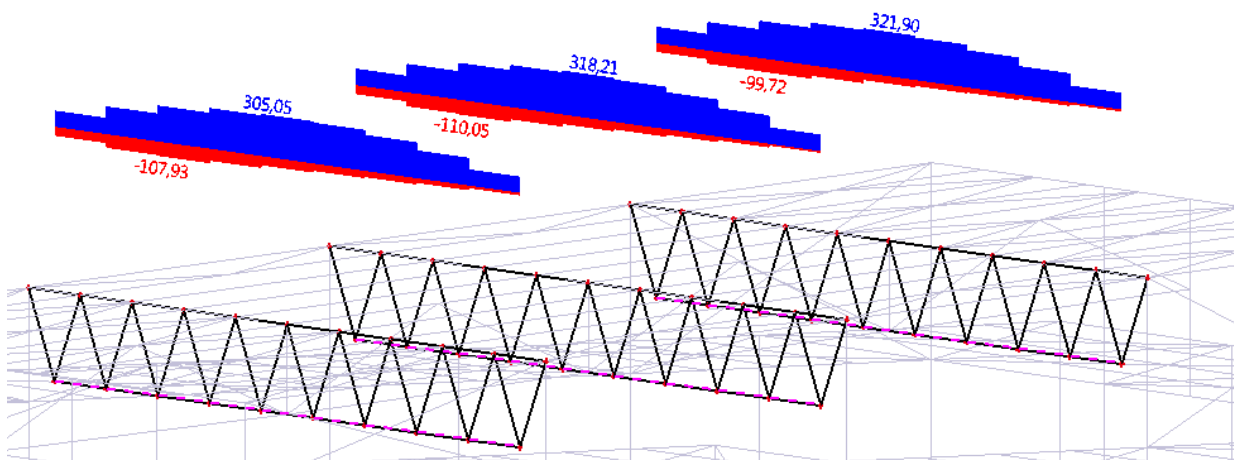
- Horní a dolní pás z H profilu
- Diagonály z čtvercových dutých trubek
- Spoje diagonál s horním a dolním pásem budu svarové
- Vzhledem k tomu, že zatížení je umístěno pouze ve styčnicích a spoje jsou idealizovány jako kloubové, tak budou vznikat pouze normálové síly ve vazníku

9.2.1 DOLNÍ PÁS

- Profil HEA 140A



Obr č. 24. - Průběh normálových sil na DP vazníku (kombinace pro největší tah)

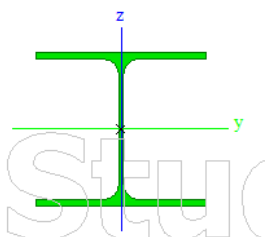


Obr č. 25. - Průběh normálových sil na DP vazníku (kombinace pro největší tlak)

$$N_{ed,max} = 638,8 \text{ kN (tah)}$$

VAZNIK - DOLNI PAS	
Typ	HEA140A
Typ tvaru	Tenkcstěnný
Materiál	S 355
Vzpěr y-y	b
Vzpěr z-z	c
A [m ²]	2,3000e-03
Ay [m ²]	1,6285e-03
Az [m ²]	5,8884e-04
Iy [m ⁴]	7,2000e-06
Iz [m ⁴]	2,7500e-06
Weiz [m ⁴]	3,9300e-05
Wely [m ⁴]	1,1200e-04
Wplz [m ⁴]	6,0000e-05
Wply [m ⁴]	1,2400e-04
Iw [m ⁴]	1,0210e-08
It [m ⁴]	3,5400e-08
dy [mm]	0
dz [mm]	0
cYUSS [mm]	70
cZUSS [mm]	64
IYZLSS [m ⁴]	
H [mm]	128
B [mm]	140
t [mm]	6
s [mm]	4
R [mm]	12

Obrázek



Posouzení MSÚ (tah)

$$N_{pl,Rd} = N_{Rk} = A * f_{yk} = 2,3 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 816,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{638,8}{816,5} = 0,78 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení MSÚ (tlak)

- Vzpěrná délka pro vybočení v rovině vazníku je rovna vzdálenosti styčnicku diagonálních prutů

$$L_{cr,y} = 2,4 \text{ m}$$

- Vzpěrná délka pro vybočení z roviny vazníku je dána vzdáleností dvou příhrad (vzdálenost připojení sloupu a podélného ztužení pomocí táhel, toto vybočení bude rozhodovat)

$$L_{cr,z} = 2,4 * 2 = 4,8 \text{ m}$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 2,3 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 816,5 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 2,75 * 10^{-6}}{4,8^2} = 247,4 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{N_{Rk}}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{816,5}{247,4}} = 1,82 \quad (t_f < 40 \text{ mm, vybočení kolmo k z})$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} * \left(GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{L_{cr,T}^2} \right)$$

$$= \frac{1}{0,035^2} * \left(81 * 10^9 * 3,54 * 10^{-8} + \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 1,021 * 10^{-8}}{2,4^2} \right) = 5340 \text{ kN}$$

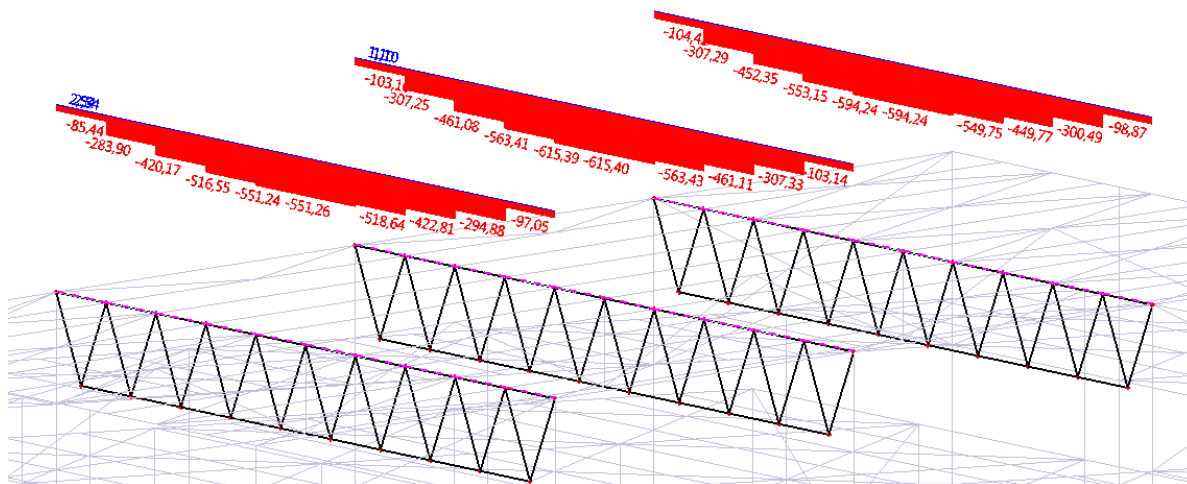
→ vzpěr zkroucením nerozhoduje

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{N_{Rk}}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{816,5}{247,4}} = 1,82 \quad (t_f < 40 \text{ mm, vybočení kolmo k z})$$

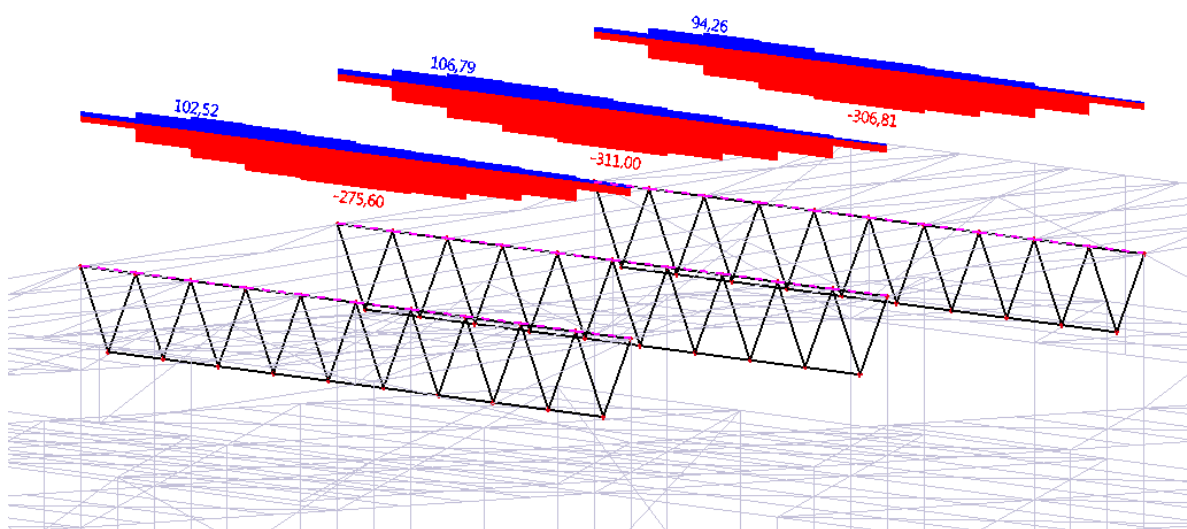
→ křivka b → $\chi_z = 0,247$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z * N_{Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{110,05}{0,247 * 816,5 / 1,0} = 0,5 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

9.2.2 HORNÍ PÁS



Obr č. 26. - Průběh normálových sil na HP vazníku (kombinace pro největší tlak)

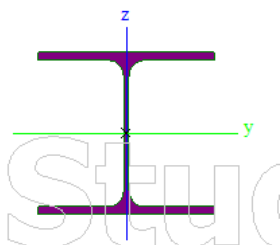


Obr č. 27. - Průběh normálových sil na HP vazníku (kombinace pro největší tah)

- Použit profil HEA 160A
- V rovině vazníku jsou vzpěrné délky rovny vzdálenosti styčnicků diagonál
- Pro vybočení z roviny vazníku je vzpěrná délka rovna vzdálenosti vaznic

VAZNIK + HORNÍ PÁS	
Typ	HEA160A
Typ tvaru	Tenkostěnný
Materiál	S 355
Vzpěr y-y	b
Vzpěr z-z	c
A [m ²]	3,0400e-03
A _y [m ²]	2,1881e-03
A _z [m ²]	7,2215e-04
I _y [m ⁴]	1,2800e-05
I _z [m ⁴]	4,7900e-06
W _{elz} [m ³]	5,9800e-05
W _{ely} [m ³]	1,7300e-04
W _{plz} [m ³]	9,1400e-05
W _{ply} [m ³]	1,9100e-04
I _w [m ⁸]	2,3751e-08
I _t [m ⁸]	6,3300e-08
dy [mm]	0
dz [mm]	0
c _{YUSS} [mm]	80
c _{ZUSS} [mm]	74
I _{YZLSS} [m ⁴]	
H [mm]	148
B [mm]	160
t [mm]	7
s [mm]	5
R [mm]	15

Obrázek



$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 2,4 \text{ m}$$

$$N_{Ed} = -615,39 \text{ kN}$$

Zatřídění průřezu:

- Stojina I profilu tlačená

$$\frac{d}{t_w} = \frac{148 - 2 * (7 + 15)}{5} = 20,8 < 72\varepsilon = 72 * 0,814 = 58,6$$

→ stojina třídy 1

- Pásnice profilu (tlačené horní přečnívající pásnice)

$$\frac{c}{t_f} = \frac{160 - 5 - (2 * 15)}{2 * 7} = 8,9 < 9\varepsilon = 9 * 0,814 = 7,3$$

→ pásnice třída 2

- Průřez zařazen do třídy 2, lze použít plastický výpočet

Posouzení MSÚ (tah)

$$N_{pl,Rd} = N_{Rk} = A * f_{yk} = 3,04 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 1079,2 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{106,8}{1079,2} = 0,10 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení MSÚ (vzpěr)

- Vzhledem k rovnosti vzpěrných délek rozhoduje menší moment setrvačnosti I_z

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 3,04 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 1079,2 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 4,79 * 10^{-6}}{2,4^2} = 1723,6 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} * \left(G I_t + \frac{\pi^2 E I_w}{L_{cr,T}^2} \right)$$

$$= \frac{1}{0,04^2}$$

$$* \left(81 * 10^9 * 3,54 * 10^{-8} + \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 1,021 * 10^{-8}}{2,4^2} \right) = 8541 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \min(N_{cr,z}; N_{cr,T}) = \min(1723,6; 8541) = 1723,6 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{N_{Rk}}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1079,2}{1723,6}}$$

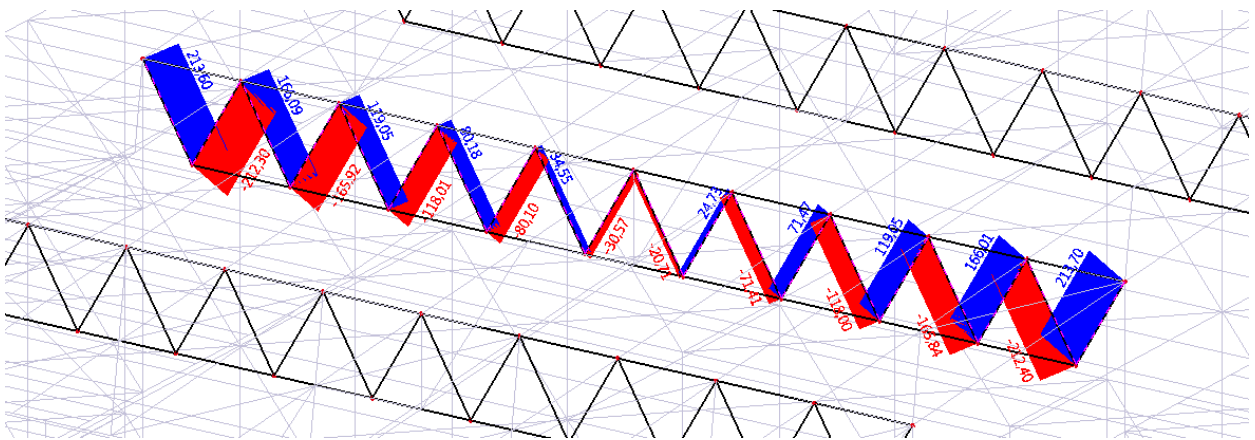
$$= 0,79 \quad (t_f < 40 \text{ mm, vybočení kolmo k z})$$

→ křivka b → $\chi_z = 0,731$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z * N_{Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{615,4}{0,731 * 1079,2 / 1,0} = 0,81 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

– Pozn. profil HEA 140A již nevyhoví na vzpěr

9.2.3 DIAGONÁLY



Obr. č. 28. - Průběh normálových sil na diagonálách vazníku

– Krajiné diagonály z čtvercové trubky VHP 70/70x5

$$N_{Ed,max+} = 213,6 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,max-} = -212,4 \text{ kN}$$

Posouzení MSÚ (tah)

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,24 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 440,2 \text{ kN}$$

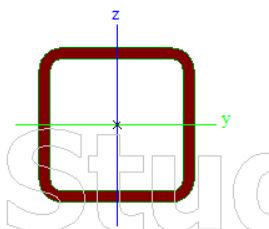
$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{213,6}{440,2} = 0,48 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení MSÚ (vzpěr)

- Vzhledem ke čtvercovému profilu a rovnosti vzpěrných délek řešíme pouze jedno vybočení
- Pro uzavřený průřez nebude rozhodovat vzpěr zkroucením

VÁZNIK + DIAGONÁLY	
Typ	VHP70/70x5.0
Typ tvaru	Tenkostěnný
Materiál	S 355
Vzpěr y-y	a
Vzpěr z-z	a
A [m ²]	1,2400e-03
Ay [m ²]	6,1721e-04
Az [m ²]	6,1721e-04
Iy [m ⁴]	8,4600e-07
Iz [m ⁴]	8,4600e-07
W _{elz} [m ³]	2,4200e-05
W _{ely} [m ³]	2,4200e-05
W _{plz} [m ³]	2,9400e-05
W _{ply} [m ³]	2,9400e-05
I _w [m ⁸]	7,0029e-10
I _t [m ⁸]	1,4100e-06
dy [mm]	0
dz [mm]	0
cYUSS [mm]	35
cZUSS [mm]	35
IYZLSS [m ⁴]	
H [mm]	70
B [mm]	70
t [mm]	
s [mm]	5
R [mm]	10

Obrázek



$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 12,4 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 440,2 \text{ kN}$$

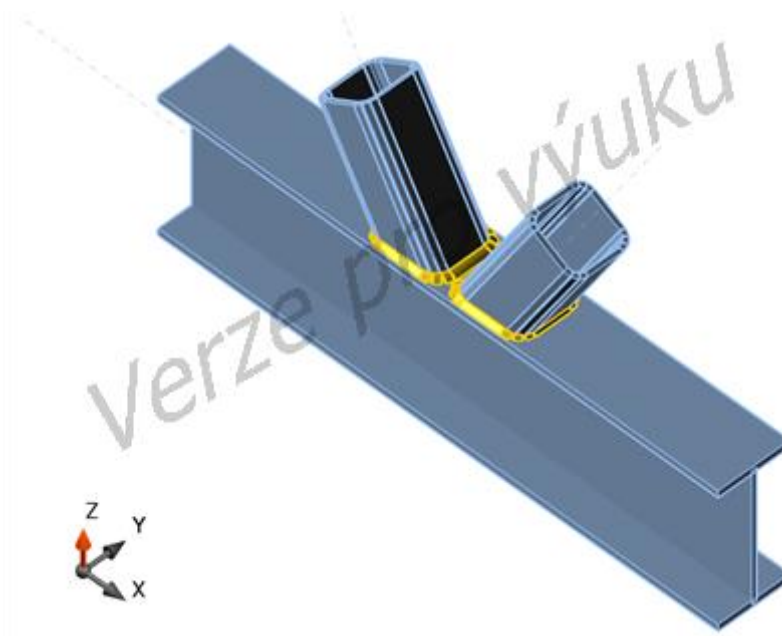
$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 8,46 * 10^{-7}}{2,4^2} = 304,4 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{N_{Rk}}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{440,2}{304,4}} = 1,20$$

→ křivka a → $\chi_y = 0,530$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{212,4}{0,530 * 440,2 / 1,0} = 0,90 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

9.2.4 SVAROVÝ SPOJ DIAGONÁLY 1



Obr. č. 29. - Geometrie svarového přípoje diagonál

Přípoj

Položka	
Jméno	SPOJ_VAZNIK1
Popis	VAZNIK-DP+DIAG
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zatížení v rovnováze

Nosníky a sloupy

Jméno	Průřez	β – Směr [°]	γ – Sklon [°]	α -Pootočení[°]
CH	1 - CON1(HEA140A)	0,0	0,0	0,0
D1	3 - VHP70/70x5.0	0,0	-60,0	0,0
D2	3 - VHP70/70x5.0	180,0	-60,0	0,0

Účinky zatížení

Jméno	Prvek	Poz.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	CH	Zač.	378,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	CH	Konec	212,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D1	Konec	165,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D2	Konec	-165,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE3	CH	Zač.	496,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	CH	Konec	378,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D1	Konec	119,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D2	Konec	-118,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Výsledky

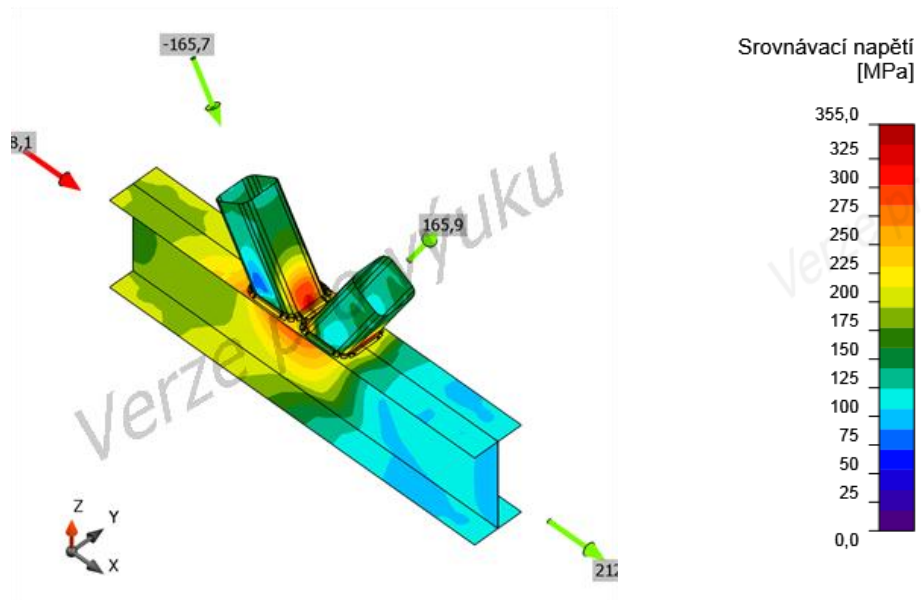
Jméno	Hodnota	Status posudku
Aplikovaná zatížení	100,0%	OK
Plechý	0,3 < 5%	OK
Svary	85,3 < 100%	OK

Plechý

Jméno	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	Status posudku
CH-bfl 1	7	LE3	271,1	0,0	OK
CH-tfl 1	7	LE3	312,4	0,0	OK
CH-w 1	5	LE2	355,1	0,1	OK
D1	5	LE2	355,7	0,3	OK
D2	5	LE2	355,5	0,2	OK

Návrhová data

Materiál	Fy [MPa]	ϵ_{lim} [1e-4]
S 355	355,0	500,0

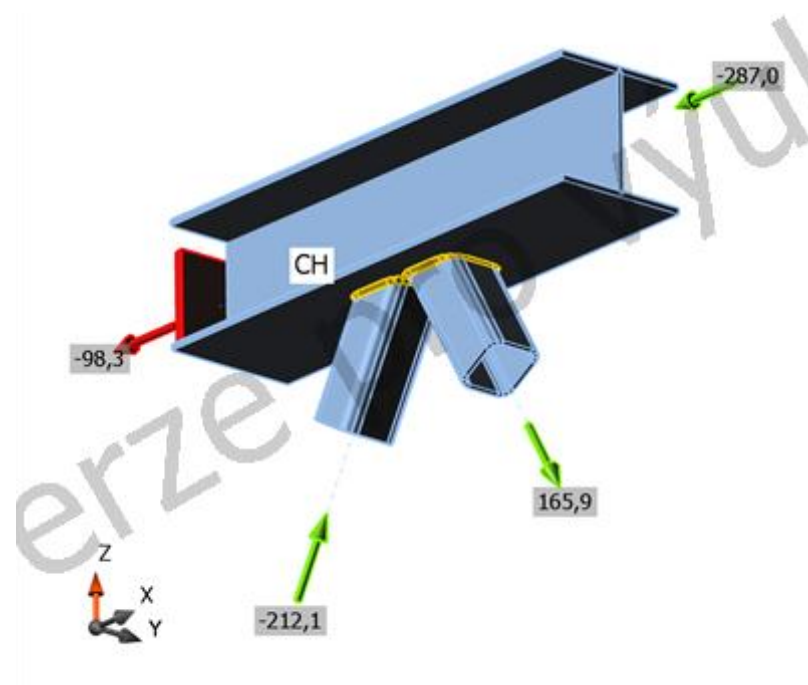


Obr. č. 30. - Srovnávací napětí, LE2

Svary (Průměrná hodnota)

Položka	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	σ_w, E_d [MPa]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Status posudku
CH-tfl 1	4,0	256	LE2	237,4	136,5	0,3	112,1	54,5	OK
CH-tfl 1	4,0	256	LE2	371,3	-180,0	0,0	-187,5	85,3	OK

9.2.5 SVAROVÝ SPOJ DIAGONÁL 2



Obr. č. 31. - Geometrie svarového přípoje diagonál („horní“)

Přípoj

Položka	
Jméno	SPOJ_VAZNIK2
Popis	VAZNIK-HP+DIAG
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zatížení v rovnováze

Nosníky a sloupy

Jméno	Průřez	β – Směr [°]	γ – Sklon [°]	α – Pootočení [°]
CH	4 - CON2(HEA160A)	0,0	0,0	0,0
D1	3 - VHP70/70x5.0	0,0	60,0	0,0
D2	3 - VHP70/70x5.0	180,0	60,0	0,0

Účinky zatížení

Jméno	Prvek	Poz.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	CH	Zač.	-98,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	CH	Konec	-287,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D1	Konec	165,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D2	Konec	-212,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Výsledky

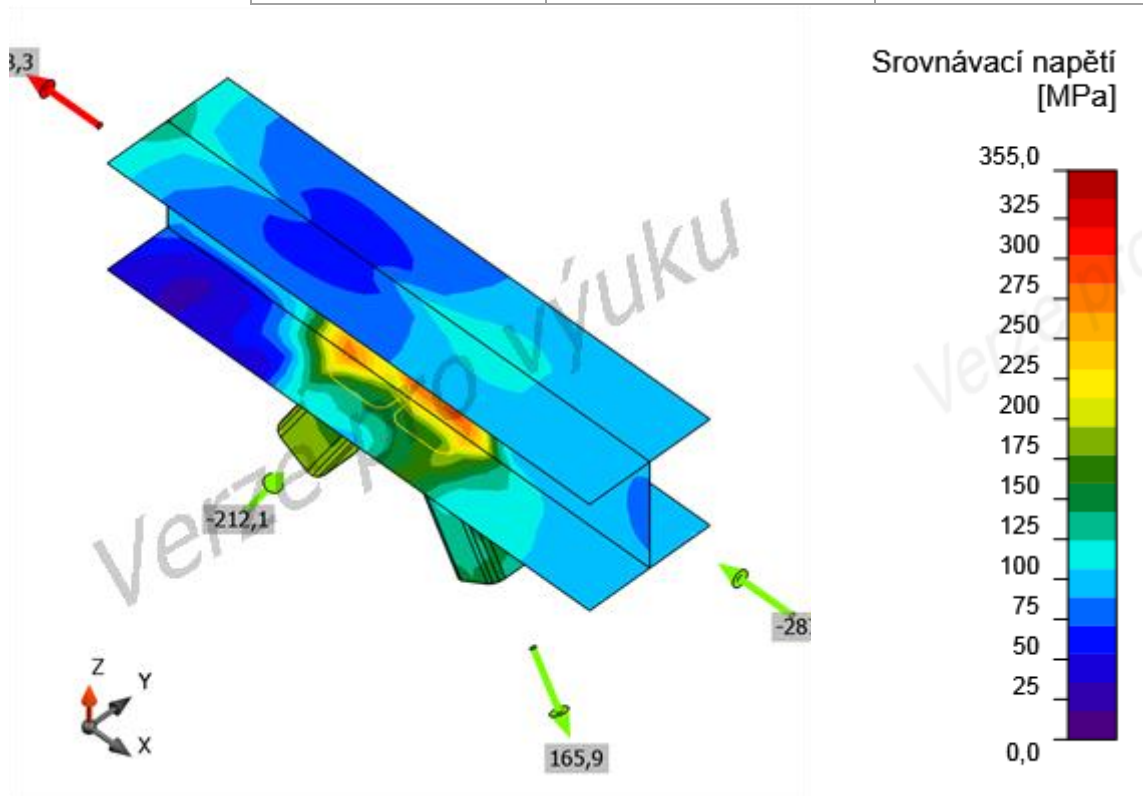
Jméno	Hodnota	Status posudku
Aplikovaná zatížení	100,0%	OK
Plech	0,8 < 5%	OK
Svary	75,0 < 100%	OK

Plech

Jméno	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	Status posudku
CH-bfl 1	7	LE1	281,4	0,0	OK
CH-tfl 1	7	LE1	144,6	0,0	OK
CH-w 1	5	LE1	355,1	0,1	OK
D1	5	LE1	355,6	0,3	OK
D2	5	LE1	356,8	0,8	OK

Návrhová data

Materiál	F _y [MPa]	ε _{lim} [1e-4]
S 355	355,0	500,0



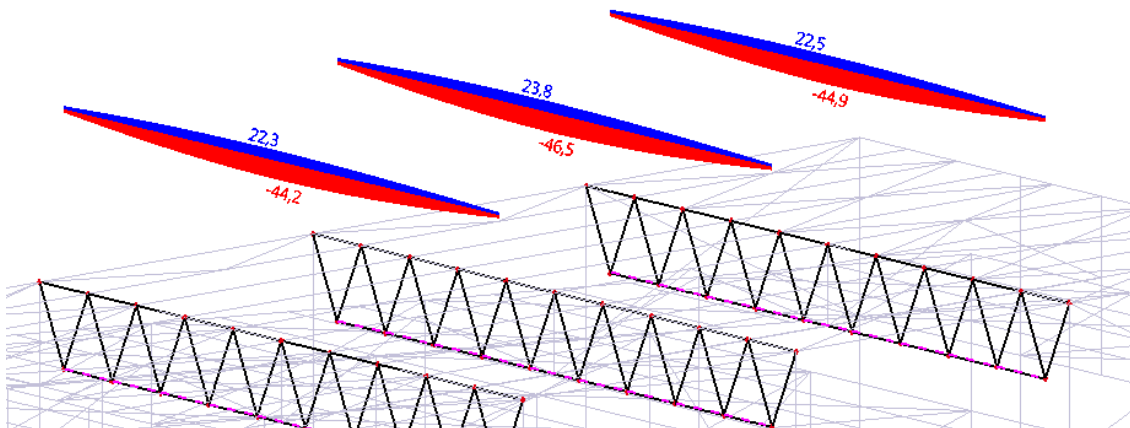
Obr. č. 32. - Srovnávací napětí, LE1

Svary (Průměrná hodnota)

Položka	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	σ _{w,Ed} [MPa]	σ _⊥ [MPa]	τ [MPa]	τ _⊥ [MPa]	U _t [%]	Status posudku
CH-bfl 1	4,0	256	LE1	261,7	-129,8	-1,6	131,2	60,1	OK
CH-bfl 1	4,0	256	LE1	326,6	153,9	0,2	-166,3	75,0	OK

9.2.6 MSP, PRŮHYB VAZNÍKU

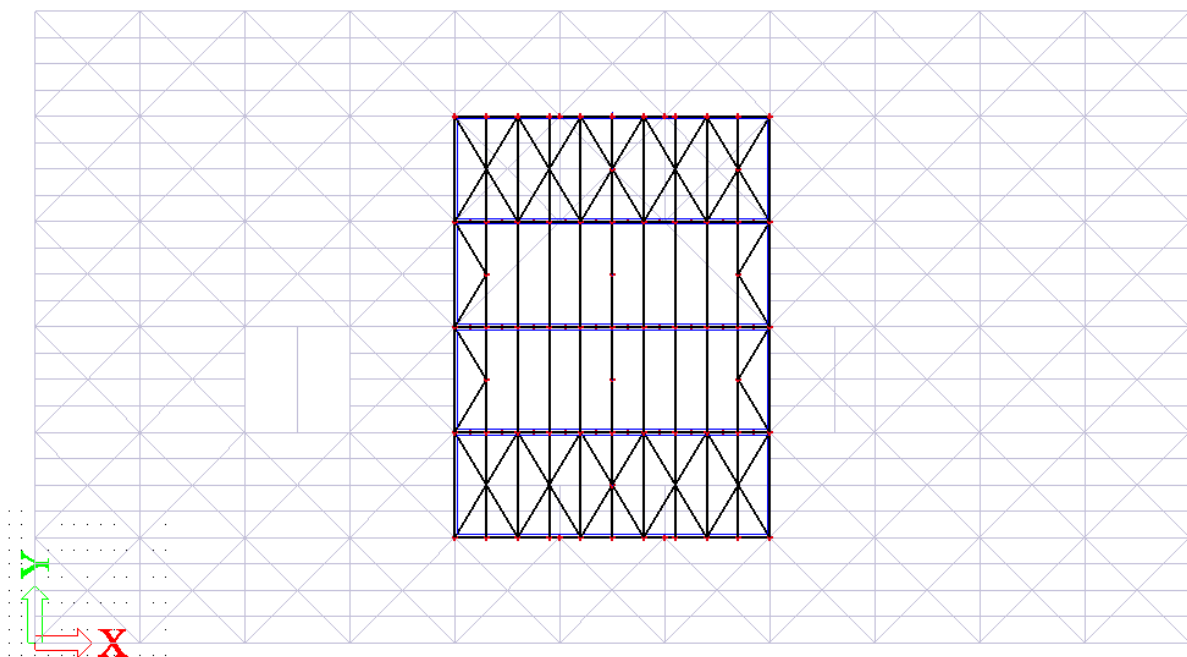
$$\delta_2 = \frac{L}{250} = \frac{24}{250} = 96 \text{ mm}$$



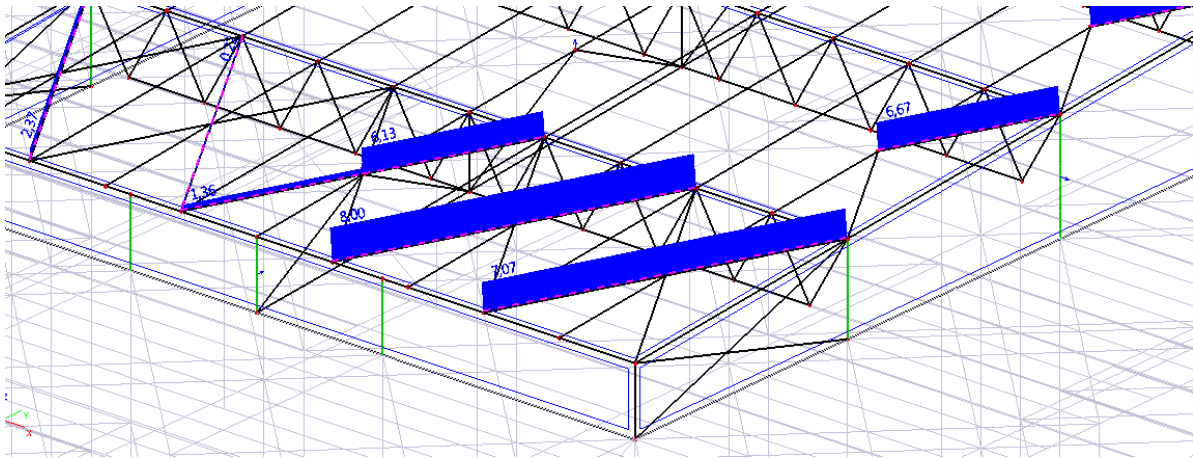
Obr. č. 33. - Průhyb vazníku od charakteristické kombinace proměnného zatížení

$$\delta_2 = 96 \text{ mm} > \delta = 46,5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

9.3 STŘEŠNÍ ZTUŽIDLA



Obr. č. 34. - Schéma vodorovných střešních ztužidel



Obr. č. 35. - Největší tahová napětí pro střešní ztužidla (vitr v charakteristické hodnotě)

- U tlačných prvků dojde vzhledem k jejich štíhlosti ke ztrátě stability → byly vyloučeny z modelu konstrukce
- Kruhové táhlo $d = 25 \text{ mm}$

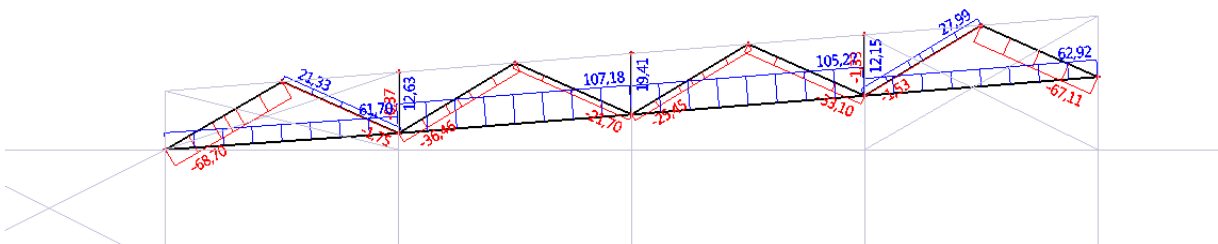
$$N_{ed,max} = 8 * 1,5 = 12 \text{ kN}$$

Posouzení MSÚ (tah)

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,91 * 10^{-5} * 355 * 10^6}{1,0} = 17,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{12}{17,8} = 0,67 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

9.4 PODÉLNÉ ZTUŽIDLO



$$N_{ed-,diag} = -67,1 \text{ kN}$$

$$N_{ed+,diag} = 62,9 \text{ kN}$$

$$N_{ed,DP} = 107,18 \text{ kN}$$

Posouzení MSÚ DP

- Spodní pás z profilu HEA 100A

- Profil zvolen z konstrukčních důvodů pro tlačnou diagonálu

$$A_{min,DP} = \frac{N_{ed,DP}}{f_{yk}} = \frac{107,18}{355 * 10^3} = 3,02 * 10^{-4} m^2$$

$$N_{pl,Rd,DP} = \frac{A * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,56 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 553,8 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{107,2}{553,8} = 0,19 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ MSÚ DIAGONÁLY

- Diagonály tvořeny čtvercovými trubkami VHP 60x60x3,5
- Vzhledem ke čtvercovému profilu a rovnosti vzpěrných délek řešíme pouze jedno vybočení
- Pro uzavřený profil nebude rozhodovat vzpěr zkroucením

$$N_{pl,Rd,DP} = \frac{A * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{7,59 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 269,5 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{62,9}{269,5} = 0,25 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(\beta * L_{cr})^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 3,95 * 10^{-7}}{(0,7 * 4,37)^2} = 87,5 kN$$

$\beta = 0,7$ (spoj vyhodnocen jako polotuhý dle IDEA Statica)

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{Rk}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{269,5}{87,5}} = 1,75$$

→ křivka b (uzavřený profil, použita základní mez kluzu → $\chi_{y,z}$)
= 0,265

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z * N_{Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{67,1}{0,265 * 269,5 / 1,0} = 0,95 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Přípoj

Položka	
Jméno	SPOJ_VAZNICE_2
Popis	VAZNICE+VAZNÍK
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zjednodušené zatížení

Nosníky a sloupy

Jméno	Průřez	β - Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Ofset ey [mm]	Ofset ez [mm]
B2	4 - CON2(HEA160A)	180,0	0,0	0,0	0	0
B3	16 - CON5(IPE220)	-90,0	0,0	0,0	0	-36
B4	16 - CON5(IPE220)	90,0	0,0	0,0	0	-36
D1	3 - VHP70/70x5.0	0,0	60,0	0,0	0	0
D2	3 - VHP70/70x5.0	180,0	60,0	0,0	0	0

Materiál

Ocel	S 355 (EN)
Šrouby	M20 6.8

Šrouby/Kotvy

Jméno	Sestava šroubů	Průměr [mm]	Fu [MPa]	Čistá plocha [mm ²]
M20 6.8	M20 6.8	20	600,0	314

Účinky zatížení

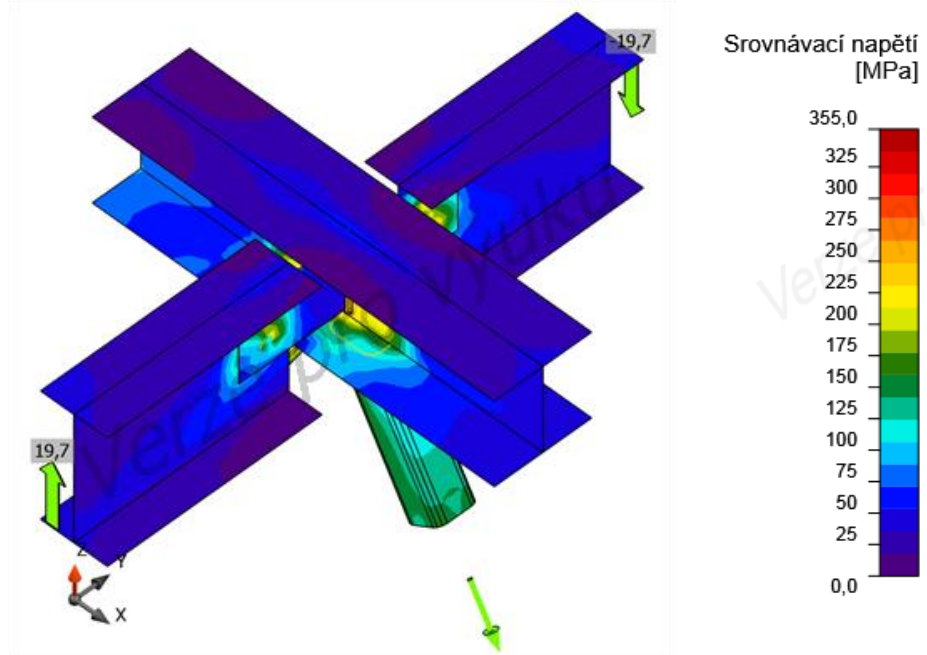
Jméno	Prvek	Poz.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B3	Konec	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0
	B4	Konec	0,0	0,0	-19,7	0,0	0,0	0,0
	D1	Konec	169,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D2	Konec	-212,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Výsledky

Jméno	Hodnota	Status posudku
Aplikovaná zatížení	100,0%	OK
Plechý	0,2 < 5%	OK
Šrouby	98,6 < 100%	OK
Svary	75,6 < 100%	OK

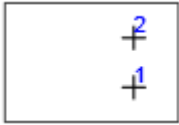
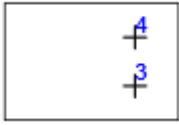
Plechý

Jméno	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pI} [%]	Status posudku
B2-bfl 1	7	LE1	194,9	0,0	OK
B2-tfl 1	7	LE1	44,4	0,0	OK
B2-w 1	5	LE1	346,4	0,0	OK
B3-bfl 1	9	LE1	49,9	0,0	OK
B3-tfl 1	9	LE1	44,8	0,0	OK
B3-w 1	6	LE1	355,1	0,0	OK
B4-bfl 1	9	LE1	53,1	0,0	OK
B4-tfl 1	9	LE1	40,5	0,0	OK
B4-w 1	6	LE1	355,3	0,1	OK
D1	5	LE1	334,2	0,0	OK
D2	5	LE1	355,4	0,2	OK
PP1	10	LE1	275,0	0,0	OK
PP2	10	LE1	298,8	0,0	OK



Obr. č. 39. - Srovnávací napětí, LE1

Šrouby

	Jméno	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	U_t [%]	U_s [%]	U_{ts} [%]	Konstrukční zásady	Status
	B1	LE1	7,5	53,0	7,1	90,2	95,3	OK	OK
	B2	LE1	6,7	53,0	6,3	90,2	94,7	OK	OK
	B3	LE1	7,6	55,0	7,2	93,5	98,6	OK	OK
	B4	LE1	6,7	55,0	6,3	93,5	98,0	OK	OK

Návrhová data

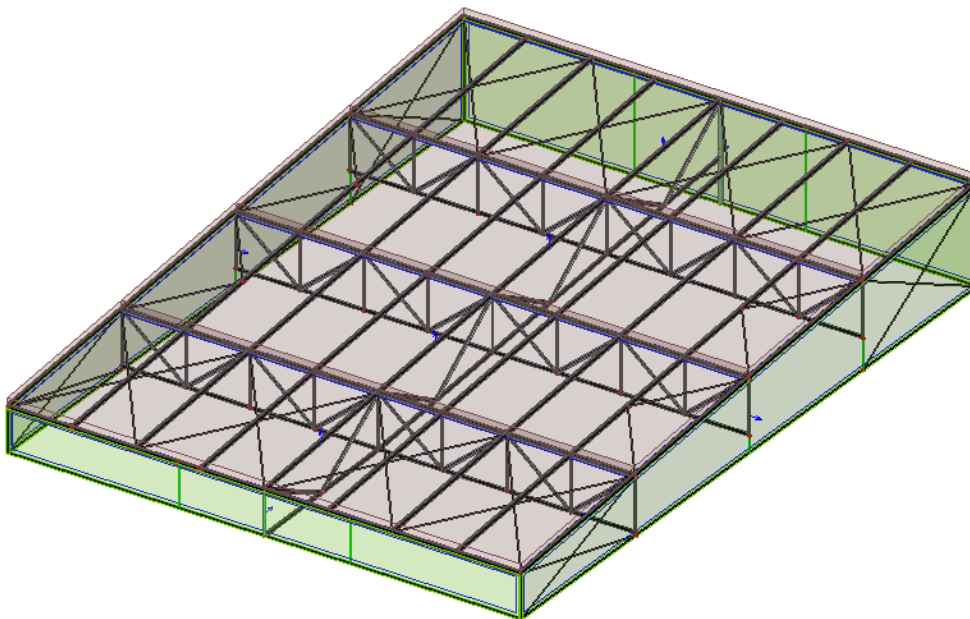
Jméno	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]
M20 6.8 - 1	105,8	139,5	58,8	115,6

Svary (Průměrná hodnota)

Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	U_t [%]	Status posudku
B2-bf1 1	D1-1	4,0	256	LE1	275,5	-118,7	0,6	143,5	63,3	OK
B2-bf1 1	D2-2	4,0	256	LE1	329,5	145,2	0,0	-170,8	75,6	OK
B2-w 1	PP1	4,0	120	LE1	49,3	0,8	-28,5	0,8	11,3	OK
B2-w 1	PP2	4,0	120	LE1	42,2	-1,9	24,3	-0,8	9,7	OK

10 DIMENZOVÁNÍ A POSOUZENÍ PRVKŮ STŘECHY (VARINATA 2)

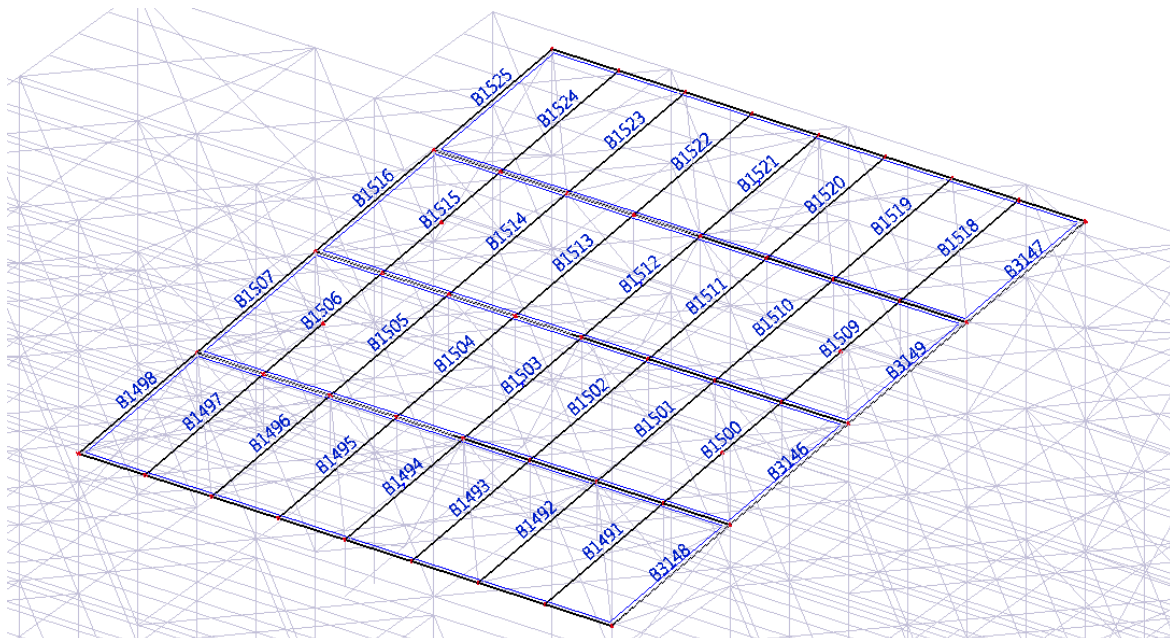
- Opět řešení konstrukce nad otevřeným prostorem pasáže obchodního centra
- Vaznice jsou umístěny po 3 m ve sklonu pultové střechy
- Skleněné strukturální zastřešení dle technických specifikací výrobce vyhovuje
- Příhradový vazník je tvořen z dvou T profilů spojených diagonálními pruty a svislicemi z dvojice úhelníků
- Spoje diagonálních prutů a svislic jsou svařované
- Montážní spoje vazníku přibližně ve třetinách



Obr č. 40. - Model střešní konstrukce pro variantu 2

10.1 PLNOSTĚNNÁ VAZNICE (VARIANTA 2)

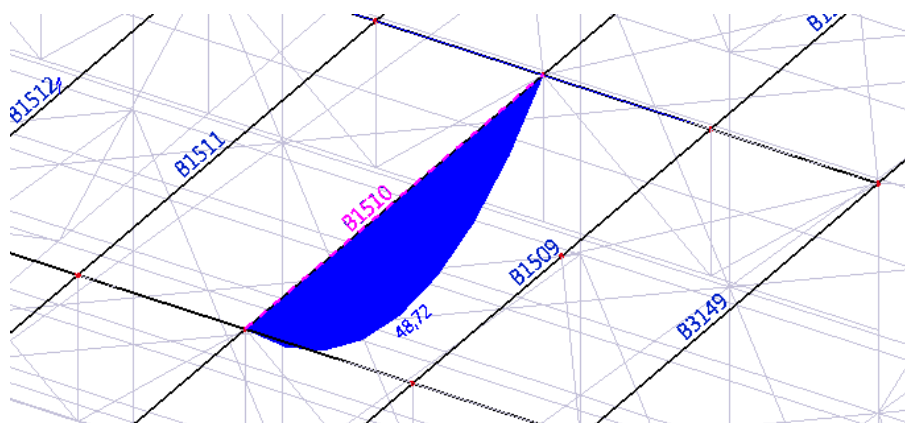
- Profil IPE 200
- Vaznice zajištěna proti ztrátě stability pomocí střešních skleněných panelů jako v první variantě
- Vaznice uložena kloubově, na rozpětí přibližně 8 m (vzdálenost příhradových vazníků)



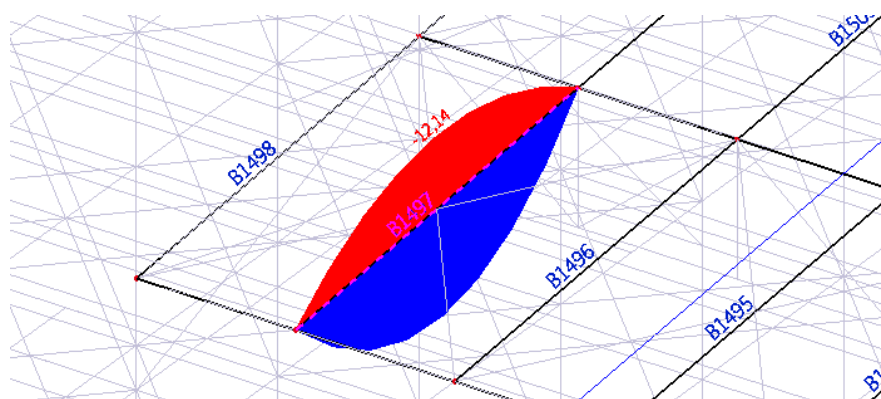
Obr. č. 41. - označení vaznic střešní konstrukce (varianta 2)

10.1.1 VNITŘNÍ SÍLY

$$M_{ed+,y,B1503, středový} = 49,0 \text{ kNm}$$



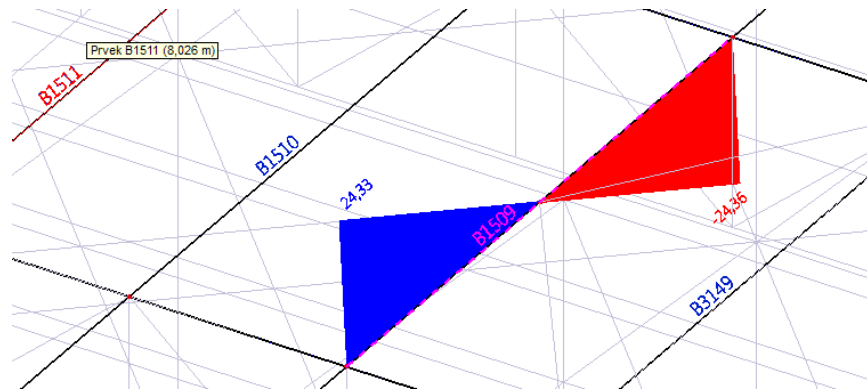
Obr. č. 42. - průběh momentu na vaznici B1510



Obr. č. 43. - průběh momentů na vaznici B1497 (maximální záporný)

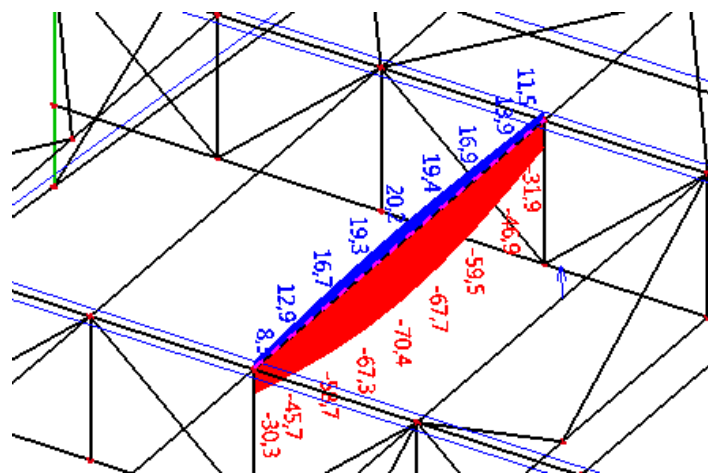
$$M_{ed-,y,B1497,krajní} = -12,14 \text{ kNm}$$

$$V_{ed,max,B1509} = 24,36 \text{ kN}$$



Obr. č. 44. - průběh posouvajících sil na vaznici B1509

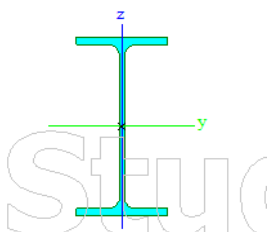
10.1.2 MSP



Obr. č. 45. - Průhyb vaznice B1512 dle programu SCIA Engineer od proměnných zatížení

VÁZNICE STŘECHA	
Typ	IPE200
Typ tvaru	Tenkostěnný
Materiál	S 355
Vzpěr y-y	a
Vzpěr z-z	b
A [m ²]	2,8500e-03
Ay [m ²]	1,7729e-03
Az [m ²]	1,1448e-03
Iy [m ⁴]	1,9430e-05
Iz [m ⁴]	1,4200e-06
Weiz [m ³]	2,8500e-05
Wely [m ³]	1,9400e-04
Wply [m ³]	4,4600e-05
Wply [m ³]	2,2100e-04
Iw [m ⁴]	1,3000e-08
It [m ⁴]	6,9800e-08
dy [mm]	0
dz [mm]	0
cYUSS [mm]	50
cZUSS [mm]	100
IYZLSS [m ⁴]	
H [mm]	200
B [mm]	100
t [mm]	9
s [mm]	6
R [mm]	12

Obrázek



$$\delta_2 = \frac{L}{200} = \frac{8000}{200} = 40 \text{ mm}$$

$$\delta = 70,4 - \frac{31,9 + 30,3}{2} = 27,6 \text{ mm}$$

$$\delta = 39,3 \text{ mm} < \delta_2 = 40 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

10.1.3 MSÚ

Zatřídění průřezu

- Stojina I profilu, ohýbaná

$$\frac{d}{t_w} = \frac{200 - 2 * (12 + 9)}{6} = 26,33 < 72\varepsilon = 72 * 0,814 = 58,6$$

→ stojina třídy 1

- Pásnice profilu (tlačené horní přečnivající pásnice)

$$\frac{c}{t_f} = \frac{100 - 6 - (2 * 12)}{2 * 9} = 3,88 < 9\varepsilon = 9 * 0,814 = 7,3$$

→ pásnice třída 1

- Průřez zařazen do třídy 1, lze použít plastický výpočet

Posouzení MSÚ

- Vaznice zajištěna jako ve variantě 1 proti klopení pomocí střešních skleněných panelů

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_{yk}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{1,14 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0 * \sqrt{3}} = 234 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,z}}{V_{pl,Rd}} = \frac{24,36}{234} = 0,11 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení MSÚ (vaznice zajištěna proti klopení systémem proskleného zastřešení)

$$M_{Rd,y} = \frac{W_{pl,y} * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,21 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 78,46 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}} = \frac{48,72}{78,46} = 0,62 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

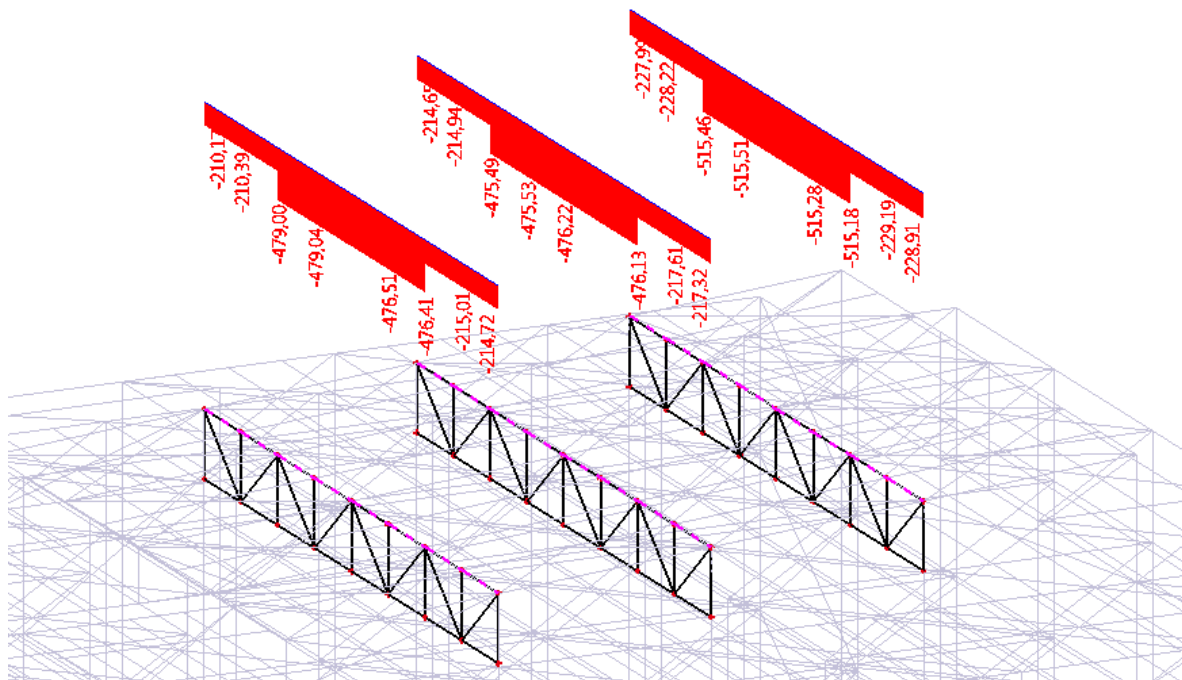
10.2 PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK (VARIANTA 2)

- V druhé variantě má vazník méně příhrad (vaznice jsou po 3 m), příhradový vazník obsahuje svislice
- Horní a dolní pás je tvořen T profily, diagonální pruty a svislice jsou tvořeny dvojicí úhelníků

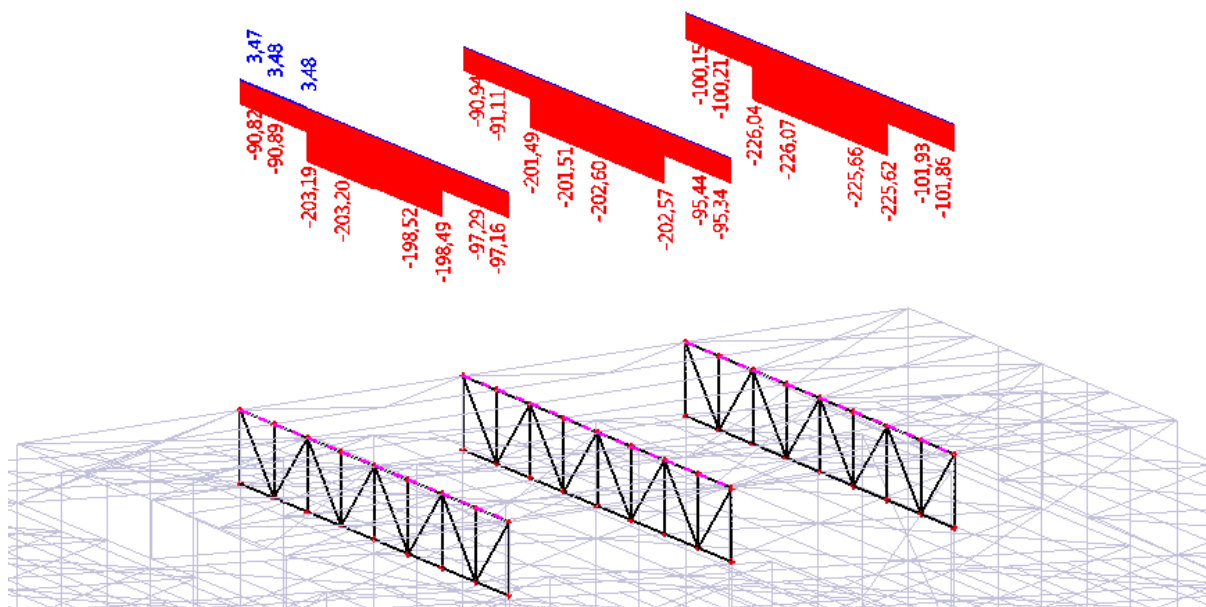
10.2.1 HORNÍ PÁS

- T Profil vzniklý z IPE330
- V rovině střechy je HP vazníku zajištěn proti vybočení vaznicemi připojenými do styčníků po 3 m

VNITŘNÍ SÍLY



Obr. č. 46. - Normálové síly HP vazníku pro kombinaci s největším tlakovým namáháním



Obr. č. 47. - Maximální tah HP příhradového vazníku

$$N_{ed,max,+} = 3,5 \text{ kN}$$

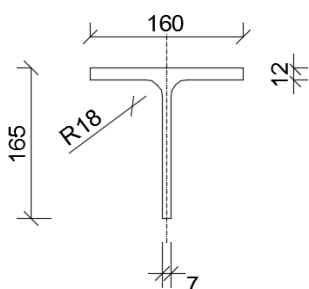
$$N_{ed,max,-} = -515,3 \text{ kN}$$

MSÚ-TAH

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,09 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1} = 741,9 \text{ kN}$$

HP – IPET 330

Kód tvaru	6 - Průřezy T
Typ tvaru	Tenkostěnný
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Vzpěr y-y	c
Vzpěr z-z	c
A [m ²]	2,8400e-03
Ay [m ²]	1,7228e-03
Az [m ²]	9,6118e-04
Iy [m ⁴]	5,6100e-06
Iz [m ⁴]	4,2300e-06
Wez [m ³]	5,1100e-05
Wey [m ³]	4,5100e-05
Wplz [m ³]	7,8871e-05
Wply [m ³]	7,9461e-05
Iw [m ⁸]	5,2656e-40
It [m ⁸]	9,4900e-08
dy [mm]	0
dz [mm]	-26
cYUSS [mm]	-83
cZUSS [mm]	32



$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{3,5}{741,9} = 0,00 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

MSÚ-VZPĚŘ

$$N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 2,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1008,2 \text{ KN}$$

- Vzhledem k rovnosti vzpěrných délek počítáme vybočení v ose menší tuhosti ($I_y > I_z$)

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

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_y}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,23 \cdot 10^{-6}}{3,0^2} = 974,1 \text{ KN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{N_{Rk}}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1008,2}{974,1}} = 1,02 \rightarrow \text{křivka c} \rightarrow \chi_z = 0,528$$

$$\frac{N_{ed,d2}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{515,3}{0,528 \cdot 1008,2 / 1} = 0,96 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

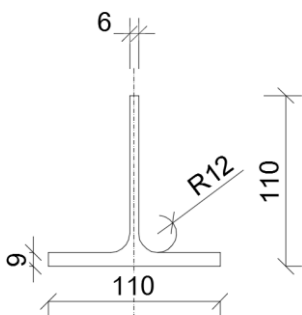
10.2.2 DOLNÍ PÁS

Pozn. v DP nevzniká tlak v žádné kombinaci

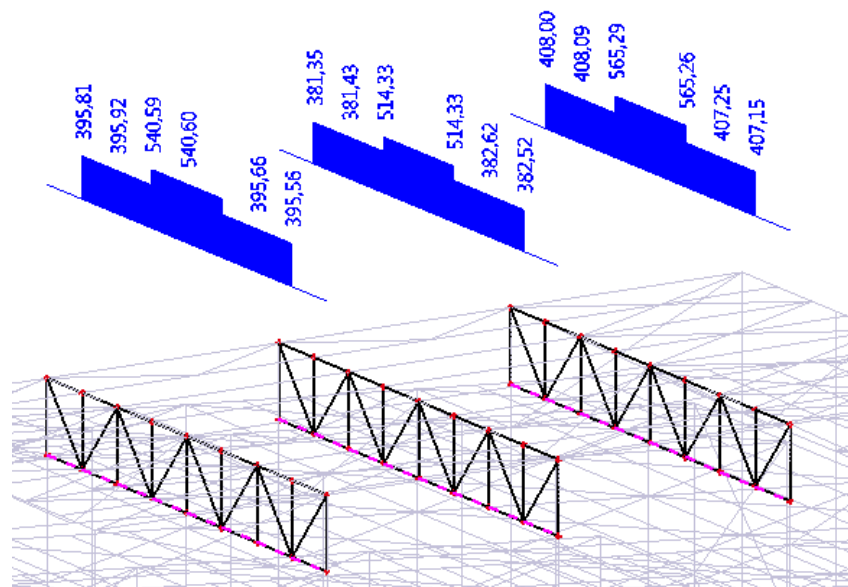
- T Profil vzniklý z IPE220

DP – IPET220

Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Vzpěr y-y	c
Vzpěr z-z	c
A [m ²]	1,6100e-03
Ay [m ²]	8,6900e-04
Az [m ²]	7,2655e-04
Iy [m ⁴]	2,5200e-06
Iz [m ⁴]	7,4100e-07
Wez [m ³]	1,4500e-05
Wey [m ³]	2,6500e-05
Wplz [m ³]	2,3081e-05
Wply [m ³]	4,7244e-05
Iw [m ⁸]	3,4705e-41
It [m ⁸]	3,2300e-08
dy [mm]	0
dz [mm]	-29
cYUSS [mm]	-51
cZUSS [mm]	33



VNITŘNÍ SÍLY



Obr. č. 48. - Maximální tah pro DP příhradového vazníku (varianta 2)

$$N_{ed,max,+} = 565,26 \text{ kN}$$

MSÚ-TAH

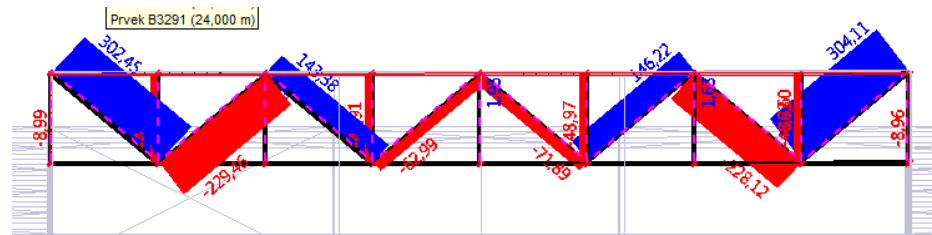
$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,61 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1} = 571,55 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{565,26}{571,55} = 0,98 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

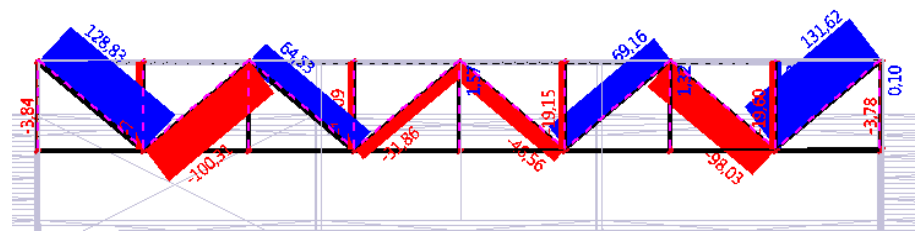
10.2.3 DIAGONÁLY A SVISLICE

- Diagonály tvořeny dvojicí úhelníků L80x80x8
- Svislice tvořeny dvojicí úhelníků L50x50x5

VNITŘNÍ SÍLY



Obr. č. 49. - Průběhy normálových sil svislic a diagonál pro kombinaci CO1, třetí vazník, který vykazuje nejvyšší namáhání



Obr. č. 50. - Průběhy normálových sil ve svislicích a diagonálách pro kombinaci CO2 (stále 1,0; vítr 1,5) na třetím vazníku

- Síly v diagonálách

$$N_{ed,max,+} = 304,1 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max,-} = -229,5 \text{ kN}$$

- Síly ve svislicích

$$N_{ed,max,+} = 10,5 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max,-} = -49,0 \text{ kN}$$

$$L_{diag} = 3,905 \text{ m} = L_{cr,y} = L_{cr,z}$$

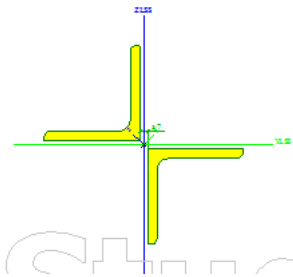
$$L_{svisl} = 2,5 \text{ m} = L_{cr,y} = L_{cr,z}$$

MSÚ DIAGONÁLY

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

VAZNIK-VAR2 diag	
Typ	2LX r
Detailní	L80X8; 7
Typ tvaru	Tenkostěnný
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Vzpěr y-y	b
Vzpěr z-z	b
A [m ²]	2,4539e-03
Ay [m ²]	2,0751e-03
Az [m ²]	6,1903e-04
Iy [m ⁴]	3,9263e-06
Iz [m ⁴]	2,2913e-06
W _{elz} [m ³]	4,0504e-05
W _{ely} [m ³]	6,0326e-05
W _{pz} [m ³]	6,4379e-05
W _{py} [m ³]	9,0379e-05
I _w [m ⁸]	0,0000e+00
I _t [m ⁸]	1,9939e-07
dy [mm]	0
dz [mm]	0
cYUSS [mm]	83
cZUSS [mm]	-3

Obrázek



$$\frac{c}{t} = \frac{80 - 8 - 10}{8} = 7,75 < 9\varepsilon = 10 * 0,814 = 8,14$$

→ pásnice třída 2

→ lze použít plastický výpočet pro únosnost

– Posouzení členěného prutu

TAH

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,454 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1} = 871,17 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{304,1}{871,17} = 0,35 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

VZPĚR ČLENĚNÉHO PRUTU

$$a = \left(\frac{3905}{3}\right) = 1302 \text{ mm} > 70 i_{min} = 70 * 16 = 1120 \text{ mm}$$

→ nelze uvažovat pruty jako celistvé ani v případě spojení dvojicemi spojek ve dvou kolmých rovinách

– Spojky provedeny pouze v jedné rovině

Posouzení kolmo k nehmotné ose z

$$\begin{aligned} I_{eff,z} &= 0,5 * h_0^2 * A_{ch} + 2 * \mu * I_{ch} \\ &= 0,5 * (0,07)^2 * 1,23 * 10^{-3} + 2 * 0,74 * 7,23 \\ &\quad * 10^{-7} = 2,86 * 10^{-6} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\mu = 2 - \frac{\lambda_v}{75} = 2 - \left(\frac{94,1}{75}\right) = 0,74$$

$$\lambda_v = \frac{L_{cr}}{i_0} = \frac{3,905}{0,0415} = 94,1$$

$$i_0 = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{3,24 * 10^{-6}}{1,88 * 10^{-3}}} = 0,0415 \text{ m} = 41,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_z &= 0,5 * h_0^2 * A_{ch} + 2 * I_{ch} \\ &= 0,5 * (0,07^2) * 1,23 * 10^{-3} + 2 * 7,23 * 10^{-7} \\ &= 3,24 * 10^{-6} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Dva profily 80x80x8

Spojené rámovými spojkami
ve třetině diagonály.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_{eff,z}}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 2,86 * 10^{-6}}{3,905^2} = 388,8 \text{ KN}$$

$$e_0 = \frac{L}{500} = \frac{3,905}{500} = 0,00781 \text{ m} = 7,8 \text{ mm}$$

Rámové spojky (P7 – 60x160)

$$s_v = \frac{24 E I_{ch}}{a^2 * \left(1 + \frac{2 I_{ch} * h_0}{n I_b * a}\right)}$$

$$= \frac{24 * 210 * 10^9 * 7,23 * 10^{-7}}{(3,905/3)^2 * \left(1 + \left(\frac{2 * 7,23 * 10^{-7} * 0,07}{2 * 6,82 * 10^{-6} * \frac{3,905}{3}}\right)\right)}$$

$$= 2145 \text{ kN}$$

$$s_{v,max} = \frac{2 \pi^2 E I_{ch}}{a^2} = \frac{2 * \pi^2 * 210 * 10^9 * 7,23 * 10^{-7}}{(3,905/3)^2} = 1768,8 \text{ KN}$$

$$I_s = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} * 0,16 * 0,08^3 = 6,82 * 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$s_v = 2145 \text{ kN} > s_{v,max} = 1768,8 \text{ kN} \rightarrow s_v = 1768,8 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = \frac{N_{ed} * e_0}{1 - \left(\frac{N_{ed}}{N_{cr,z}}\right) - \left(\frac{N_{ed}}{S_v}\right)} = \frac{229,5 * 10^3 * 0,00781}{1 - \left(\frac{229,5}{388,8}\right) - \left(\frac{229,5}{1768,8}\right)} = 6,4 \text{ kNm}$$

$$N_{ch,ed} = 0,5 * N_{ed} + \frac{M_{ed} * h_0 * A_{ch}}{2 * I_{eff,z}}$$

$$= 0,5 * 229,5 * 10^3$$

$$+ \left(\frac{6,4 * 10^3 * 0,07 * 1,23 * 10^{-3}}{2 * 2,86 * 10^{-6}}\right) = 189,1 \text{ KN}$$

$$\lambda_{ch,max} = \frac{a}{i_{f,min}} = \frac{3,905/3}{0,0177} = 73,5$$

$$\bar{\lambda}_{max} = \frac{\lambda_{f,max}}{\lambda_1} = \frac{73,5}{93,9 * 0,814} = 0,96 \rightarrow \text{křivka } c \rightarrow \chi_{min}$$

$$= 0,563$$

$$N_{ch,b,Rd} = \frac{\chi_{min} * A_{ch} * f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,563 * 1,23 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,00} =$$

$$= 245,8 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{ch,ed}}{N_{ch,b,Rd}} = \frac{189,1}{245,8} = 0,77 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kolmo k hmotné ose y (jako celistvý)

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 2,454 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 871,2 \text{ KN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 2,29 * 10^{-6}}{3,905^2} = 311,3 \text{ KN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{N_{Rk}}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{871,2}{311,3}} = 1,67 \rightarrow \text{křivka } c \rightarrow \chi_z = 0,265$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{229,5}{0,265 * 871,2 / 1} = 0,97 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

VAZNIK-VAR2_svis	
Typ	2LX r
Detailní	L50X5; 7
Typ tvaru	Tenkostěnný
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Vzpěr y-y	b
Vzpěr z-z	b
A [m ²]	9,6071e-04
Ay [m ²]	8,1451e-04
Az [m ²]	4,3004e-04
Iy [m ⁴]	6,8145e-07
Iz [m ⁴]	3,4744e-07
W _{elz} [m ³]	9,8270e-06
W _{ely} [m ³]	1,6080e-05
W _{plz} [m ³]	1,5657e-05
W _{ply} [m ³]	2,3819e-05
I _w [m ⁸]	0,0000e+00
I _t [m ⁴]	2,7842e-08
dy [mm]	0
dz [mm]	0
cYUSS [mm]	53
cZUSS [mm]	-4

Obrázek

– Z konstrukčních důvodů změněna vzdálenost průřezů diagonál na 9 mm

MSÚ SVISLICE

$$a = \left(\frac{2500}{3}\right) = 833 \text{ mm} > 70 i_{min} = 70 * 10 = 700 \text{ mm}$$

→ nelze uvažovat pruty jako celistvé ani v případě spojení dvojicemi spojek ve dvou kolmých rovinách

– Spojky pouze v jedné rovině

TAH

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{9,607 * 10^{-4} * 235 * 10^6}{1} = 225,77 \text{ KN}$$

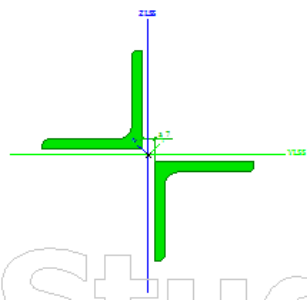
$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{10,5}{225,77} = 0,18 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

VZPĚR ČLENĚNÉHO PRUTU

Posouzení kolmo k nehmotné ose z

$$\begin{aligned} I_z &= 0,5 * h_0^2 * A_{ch} + 2 * \mu I_{ch} \\ &= 0,5 * 0,0539^2 * 4,803 * 10^{-4} + 2 * 0,79 * 4,52 \\ &\quad * 10^{-8} = 7,69 * 10^{-7} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\mu = 2 - \frac{\lambda_v}{75} = 2 - \left(\frac{90,71}{75}\right) \cong 0,79$$



$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 2,5 \text{ m}$$

Dva profily 50x50x5

Spojené rámovými spojkami ve třetině svislíce.

$$19\lambda_v = \frac{L}{i_0} \cong \frac{2,50}{0,028} = 90,71 \in (75,150)$$

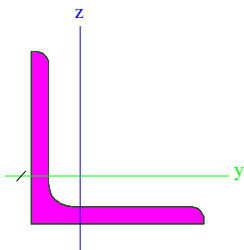
$$h_0 = 2 * c_{zg} = 2 * 0,0199 + \sqrt{0,007^2 + 0,007^2} = 0,0539 \text{ m}$$

$$i_0 = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{7,69 * 10^{-7}}{2 * 4,803 * 10^{-4}}} = 0,028 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 7,69 * 10^{-7}}{2,5^2} = 247,05 \text{ KN}$$

$$e_0 = \frac{L}{500} = \frac{2,5}{500} = 0,005 \text{ m} = 5 \text{ mm}$$

Svislice vazník - samostatný	
Typ	L50X5
Vzpěr y-y	b
Vzpěr z-z	b
A [m ²]	4,8000e-04
It [m ⁴]	4,1700e-09
Iy [m ⁴]	1,0959e-07
Iz [m ⁴]	1,0959e-07
Iw [m ⁴]	3,7224e-42
Wely [m ³]	3,0500e-06
Welz [m ³]	3,0500e-06
Wply [m ³]	5,5829e-06
Wplz [m ³]	5,5829e-06
H [mm]	50
B [mm]	50
t [mm]	5
R [mm]	7
R1 [mm]	4



Rámové spojky (P7 – 30x100)

$$S_v = \frac{2\pi^2 EI_{ch}}{a^2} = \frac{2 * \pi^2 * 210 * 10^9 * 4,52 * 10^{-8}}{(2,5/3)^2} = 261,37 \text{ KN}$$

$$\frac{n * I_s}{h_0} = \frac{2 * 8,33 * 10^{-7}}{0,0539} = 3,09 * 10^{-5} \text{ mm}^3 > \frac{10 * I_{ch}}{a}$$

$$= \frac{10 * 4,52 * 10^{-8}}{2,5/3} = 5,34 * 10^{-7}$$

$$M_{ed} = \frac{N_{ed} * e_0}{1 - \left(\frac{N_{ed}}{N_{cr,z}}\right) - \left(\frac{N_{ed}}{S_v}\right)} = \frac{49,0 * 0,005}{1 - \left(\frac{49,0}{247,05}\right) - \left(\frac{49,0}{261,37}\right)}$$

$$= 0,4 \text{ KNm}$$

$$N_{ch,ed} = 0,5 * N_{ed} + \frac{M_{ed} * h_0 * A_{ch}}{2 * I_z}$$

$$= 0,5 * 49 + \left(\frac{0,4 * 0,0539 * 4,803 * 10^{-4}}{2 * 7,69 * 10^{-7}}\right)$$

$$= 24,5 \text{ KN}$$

$$\lambda_{ch,max} = \frac{a}{i_{f,min}} = \frac{2,5/3}{0,0097} = 87,29$$

$$\bar{\lambda}_{max} = \frac{\lambda_{ch,max}}{\lambda_1} * \sqrt{\beta_a} = \frac{87,29}{93,9 * \varepsilon} * \sqrt{1} = 1,14 \rightarrow \text{křivka } c \rightarrow \chi_{min}$$

$$= 0,512$$

$$N_{ch,b,Rd} = \frac{\chi_{min} * A_{ch} * f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,512 * 4,803 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,00}$$

$$= 87,3 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{ch,ed}}{N_{ch,b,Rd}} = \frac{24,5}{87,3} = 0,28 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kolmo k hmotné ose y (jako celistvý)

$$\lambda_y = \frac{L_y}{i_y} = \frac{2,5}{0,019} = 133,68$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{133,68}{93,9 * 0,814} = 1,75 \rightarrow \text{křivka } c \rightarrow \chi_{min} = 0,246$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,246 * 2 * 4,803 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,00} = 83,9 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{49}{83,9} = 0,58 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Z konstrukčních důvodů změněna vzdálenost průřezů svislic na 9 mm

10.2.4 SVAŘOVANÝ STYČNÍK VAZNÍKU

1) SVAROVÝ SPOJ DIAGONÁLY 1

- Koutový svar
- Účinná výška svaru 4 mm

$$a_{min} = 3 \text{ mm (dle tab.)} \leq 4 \text{ mm} \leq a_{max} = 1,1t = 8,8 \text{ mm}$$

- Délka svaru

$$L_{s,D2} = 170 + 50 \text{ mm} = 220 \text{ mm}$$

$$50 \text{ mm} > \max(6a, 40 \text{ mm}) = \max(24, 40) = 40 \text{ mm}$$

→ svar lze považovat za nosný

$$N_{ed,D2} = 304,1 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed,D2}/2}{a * L_{s,D2}} = \frac{304,1 * 10^3 / 2}{0,004 * 0,220} = 172,8 \text{ MPa}$$

moment od odstávající příruby

$$M_{ed} = \frac{F_d}{4} * \frac{b}{2} = \frac{304,1 * 10^3}{4} * \frac{0,080}{2} = 3,04 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{(M_{ed} * \sqrt{2})}{\frac{1}{6} a L^2} = \frac{3040 * \sqrt{2}}{\frac{1}{6} * 0,004 * 0,220^2} = 133,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{133,3^2 + 3 * 133,3^2 + 3 * 172,8^2} = 400 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{Mw}}$$

$$= \frac{490}{0,8 * 1,25} = 490 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

2) SVAROVÝ SPOJ DIAGONÁLY 2

- Koutový svar
- Účinná výška svaru 4 mm

$$a_{min} = 3 \text{ mm (dle tab.)} \leq 4 \text{ mm} \leq a_{max} = 1,1t = 8,8 \text{ mm}$$

- Délka svaru

$$L_{s,D3} = 170 + 50 \text{ mm} = 220 \text{ mm}$$

$$50 \text{ mm} > \max(6a, 40 \text{ mm}) = \max(24, 40) = 40 \text{ mm}$$

→ svar lze považovat za nosný

$$N_{ch,ed,D1} = 229 * \left(\frac{1}{2}\right) = 114,5 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ch,ed,D1}}{a * L_{s,D1}} = \frac{114500}{0,004 * 0,220} = 130,11 \text{ MPa}$$

moment od odstávající příruby

$$M_{ed} = \frac{F_d}{4} * \frac{b}{2} = \frac{114,5 * 10^3}{4} * \frac{0,070}{2} = 1,15 \text{ kN}$$

$$\sigma_L = \tau_L = \frac{(M_{ed} * \sqrt{2})}{\frac{1}{6} a L^2} = \frac{1150 * \sqrt{2}}{\frac{1}{6} * 0,005 * 0,220^2} = 40,32 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{40,32^2 + 3 * 40,32^2 + 3 * 130,11^2} = 240 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{Mw}}$$

$$= \frac{490}{0,8 * 1,25} = 490 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

3) SVAROVÝ SPOJ SVISLICE

- Koutový svar
- Účinná výška svaru 3 mm

$$a_{min} = 3 \text{ mm (dle tab.)} \leq 3 \text{ mm} \leq a_{max} = 1,1t = 5,5 \text{ mm}$$

- Délka svaru

$$L_{s,V2} = 40 + 40 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$$

$$40 \geq \max(6a, 40 \text{ mm}) = \max(18, 40) = 40 \text{ mm}$$

→ svar lze považovat za nosný

$$N_{ed,v2} = 49 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed,v2}/2}{a * L_{s,v2}} = \frac{49000/2}{0,003 * 0,080} = 102,1 \text{ MPa}$$

moment od odstávající příruby

$$M_{ed} = \frac{F_d}{4} * \frac{b}{2} = \frac{24,5}{4} * \frac{50}{2} = 0,15 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{(M_{ed} * \sqrt{2})}{\frac{1}{6} a L^2} = \frac{0,15 * 10^3 * \sqrt{2}}{\frac{1}{6} * 0,003 * 0,080^2} = 66,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{66,3^2 + 3 * 66,3^2 + 3 * 102,1^2} = 221 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{Mw}}$$

$$= \frac{490}{0,8 * 1,25} = 490 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

10.2.5 MONTÁŽNÍ SPOJE VAZNÍKU

- V některých místech dochází ke vzniku tahu (hodnota pouze minimální mimo montážní spoje), není nutné volit přesné spoje
- Zvoleny šrouby MX 5.8.

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}, f_{yb} = 400 \text{ MPa}$$

1) MONTÁŽNÍ SPOJ HORNÍHO PÁSU

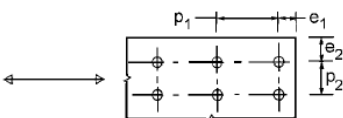
- Prostřednictvím navařených plechů na T profil horního pásu a dvou šroubů
- V místě montážního styku horního pásu nedochází k tahovému namáhání

$$N_{ed} = -460,6 \text{ kN}$$

- Styčnickový plech navržen tl. 10 mm dle KZ

2) MONTÁŽNÍ SPOJ DOLNÍHO PÁSU

- Navrženy příložky přiložené z obou stran stojiny, jednostranná příložka u pásnice
- těžiště příložek v těžišti T profilu, spojení šrouby M16 5.8.
- Rozteče šroubů



$$e_{1,min} = 1,2d_0 = 1,2 * 18 = 21,6 \text{ mm}, e_{1,dop} = 2d_0 = 32 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} = 2,2d_0 = 2,2 * 18 = 39,6 \text{ mm}, p_{1,dop} = 3,5d_0 = 56 \text{ mm}$$

$$e_{2,min} = 1,2d_0 = 1,2 * 18 = 21,6 \text{ mm}, e_{2,dop} = 1,5d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$p_{2,min} = 2,4d_0 = 2,4 * 18 = 43,2 \text{ mm}, p_{2,dop} = 3d_0 = 48 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = + 373,1 \text{ kN}$$

$$F_{střih,Rd,a} = \frac{n * 0,6 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{2 * 0,6 * 500 * 157}{1,25} = 75,36 \text{ kN}$$

$$F_{otl,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 * 0,66 * 490 * 16 * 6}{1,25} = 62,09 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0\right) = \min\left(\frac{32}{3 * 16}, \frac{56}{3 * 16}, \frac{400}{490}, 1,0\right) = \min(0,66; 1,17; 0,81; 1,0) = 0,66 \text{ (pro doporučené hodnoty roztečí)}$$

$$n_{min,1} = \frac{373,1}{75,36} = 4,9 \rightarrow 6 \text{ šroubů (pro střih)}$$

- Navrženy 3 šrouby na stojině s příložkami na obou stranách
- Navrženo 6 šroubů s jednostrannou příložkou na pásnici

$$n * F_{otl,Rd} = 9 * 62,09 = 558,0 \text{ kN} < 373,1 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

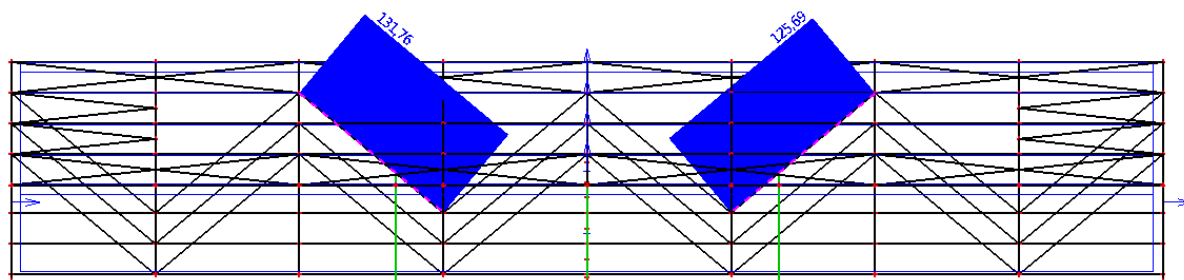
Plocha příložek

$$A_{min} = \frac{373,1}{355000} = 1,05 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A = 2,2 * 10^{-3} \text{ m}^2 (A_{net} = 1,88 * 10^{-3})$$

$A > A_{min} \rightarrow$ PŘÍLOŽKY VYHOVÍ

3) MONTÁŽNÍ SPOJ DIAGONÁL



Obr. č. 51. - Průběh normálových sil na „vyjímatelných“ diagonálách v místech montážního spoje vazníku

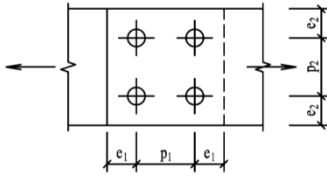
- U D3 dostatečná rezerva v průřezu pro případně oslabení průřezu otvory na šrouby, spojení šrouby M16 5.8.
- spojení navrženo bez příložek s jednou rovinou stříhu
- Rozteče šroubů

$$e_{1,min} = 1,2d_0 = 1,2 * 18 = 21,6 \text{ mm}, e_{1,dop} = 2d_0 = 32 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} = 2,2d_0 = 2,2 * 18 = 39,6 \text{ mm}, p_{1,dop} = 3,5d_0 = 56 \text{ mm}$$

$$e_{2,min} = 1,2d_0 = 1,2 * 18 = 21,6 \text{ mm}, e_{2,dop} = 1,5d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$p_{2,min} = 2,4d_0 = 2,4 * 18 = 43,2 \text{ mm}, p_{2,dop} = 3d_0 = 48 \text{ mm}$$



$$N_{ed,D3} = +131,8 \text{ kN}$$

$$F_{strijh,Rd,a} = \frac{n * 0,6 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{1 * 0,6 * 500 * 157}{1,25} = 37,68 \text{ kN}$$

$$F_{otl,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 * 0,66 * 490 * 16 * 8}{1,25} = 82,7 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0\right) = \min\left(\frac{32}{3 * 16}, \frac{56}{3 * 16}, \frac{400}{360}, 1,0\right)$$

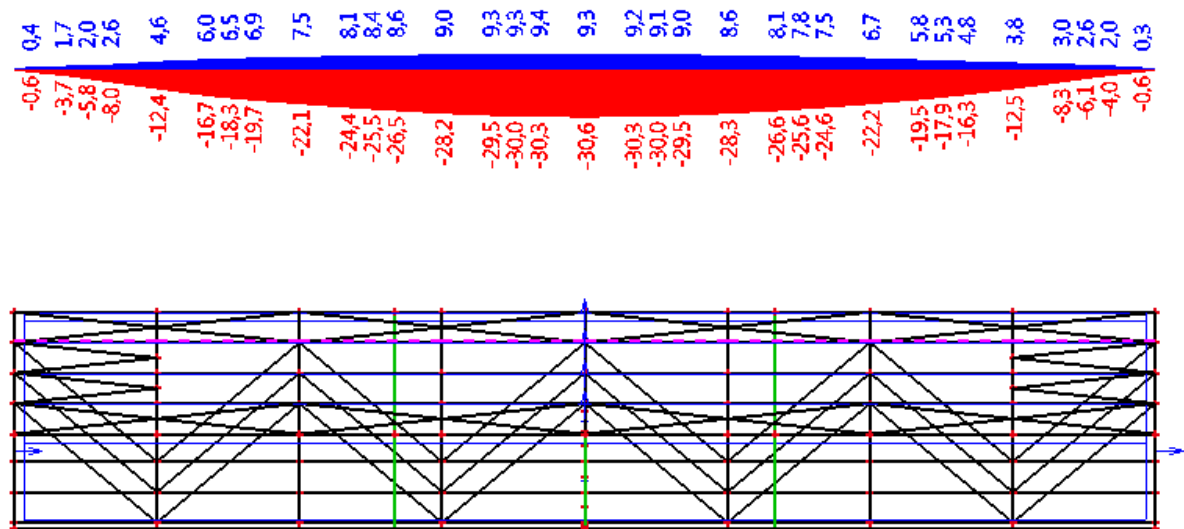
$$= \min(0,66; 1,17; 1,11; 1,0)$$

$$= 0,66 \text{ (pro doporučené hodnoty roztečí)}$$

$$n_{min} = \frac{131,8}{37,68} = 3,49 \rightarrow 4 \text{ šrouby}$$

10.2.6 MSP – PRŮHYB VAZNÍKU (VARIANTA 2)

- Posouzení bude provedeno pomocí programu scia engineer na základě modelu příčné vazby a následném srovnání s limitními hodnotami



Obr. č. 52. - Průhyb vazníku od proměnných zatížení (vítr + snih)

$$\delta_2 = \frac{L}{250} = \frac{24000}{250} = 96 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 96 \text{ mm} > \delta = 30,6 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

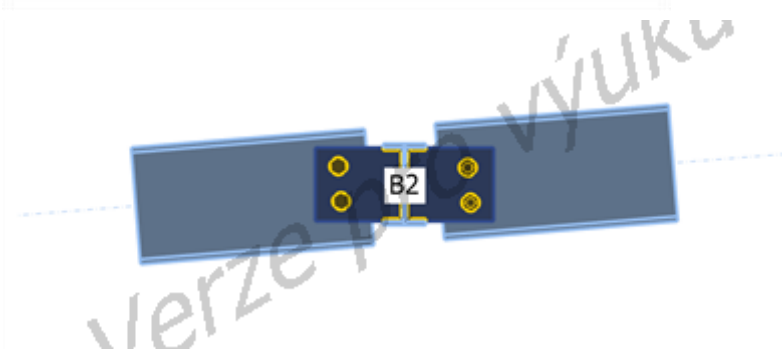
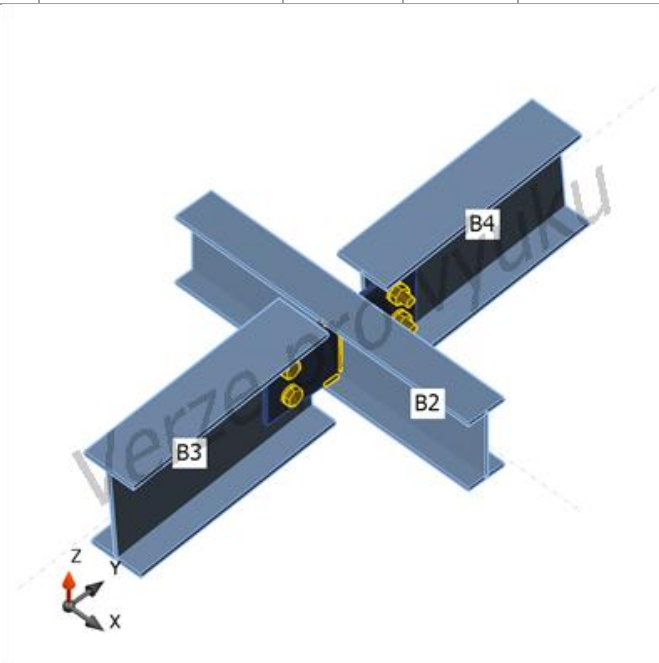
10.3 STŘEŠNÍ ZTUŽIDLO (VARIANTA 2)

- Viz první varianta, v druhé variantě nepatrně vyšší namáhání
- Profily střešního ztužidla navrženy stejné jako v první variantě
- Podélné ztužidlo bude tvořeno dolním pásem z profilu IPET 240 a diagonály budou tvořeny dvojicí úhelníků L60x60x6

10.4 PŘÍPOJ VAZNICE (VARIANTA 2)

- V modelu je použit I profil pro HP vazníku místo T profilu, protože spoj nebylo s T profilem možné vymodelovat v programu IDEA Statica
- Model slouží především k ověření samotného přípoje vaznice na styčnickový plech

Jméno	Průřez	β – Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Ofset ey [mm]	Ofset ez [mm]
B2	1 - CON1(IPE140)	180,0	0,0	0,0	0	0
B3	11 - CON4(IPE200)	-90,0	4,6	0,0	-7	0
B4	6 - CON3(IPE200)	90,0	-4,6	0,0	7	0



Šrouby/Kotvy

Jméno	Sestava šroubů	Průměr [mm]	f_u [MPa]	Čistá plocha [mm ²]
M16 5.8	M16 5.8	16	500,0	201

Účinky zatížení

Jméno	Prvek	Poz.	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
LE1	B3	Konec	0,0	0,0	-24,4	0,0	0,0	0,0
	B4	Konec	0,0	0,0	-24,4	0,0	0,0	0,0

Souhrn

Jméno	Hodnota	Status posudku
Aplikovaná zatížení	100,0%	OK
Plechý	0,0 < 5%	OK
Šrouby	79,7 < 100%	OK
Svary	9,7 < 100%	OK

- Z posudku je vidět, že ve svarech je dostatečná rezerva pro případ T profilu, kdy by nebyl proveden svar u chybějící spodní pásnice I profilu

11 POROVNÁNÍ VARIANT STŘECHY NAD CENTRÁLNÍM NÁMĚSTÍM OC

V předchozích dvou kapitolách byly navrženy a posouzeny dvě varianty ocelové příhradové konstrukce střechy. V obou variantách se podařilo nadimenzovat jednotlivé prvky ekonomicky k hranici MSÚ nebo MSP. V této kapitole budou okrajově rozebrány jednotlivé varianty spolu s jejich výhodami a nevýhodami.

11.1 SPOTŘEBA OCELI

- Ve výkazu materiálu byla porovnána samotná konstrukce střechy, střešní ztužidla nebyla s ohledem na podobnost variant, srovnatelnost profilů a rozměrů do srovnání zahrnuta

VARIANTA 1								
	HMOTNOST [kg]	POVRCH [m ²]	OBJEM [m ³]					
CELKOVÝ SOUČET	10815,3	377,324	1,38E+00					
JMÉNO	PRŮŘEZ	MATERIÁL	JEDNOTKOVÁ HMOTNOST [kg/m ³]	DÉLKA [m]	HMOTNOST [kg]	POVRCH [m ²]	OBJEMOVÁ HMOTNOST [kg/m ³]	OBJEM [m ³]
VAZNICE_STŘECHA	IPE200	S355	22,4	288,92	6463,9	221,92	7850	8,23E-01
VAZNIK-DOLNIPAS	HEA140A	S355	18,1	64,8	1170	50,998	7850	1,49E-01
VAZNIK-HORNIPAS	HEA160A	S355	23,9	72	1718,2	64,872	7850	2,19E-01
VAZNIK-DIAGONALY	VHP70/70x5.0	S355	9,7	150,32	1463,2	39,534	7850	1,86E-01
VARIANTA 2								
	HMOTNOST [kg]	POVRCH [m ²]	OBJEM [m ³]					
CELKOVÝ SOUČET	9861,2	335,848	1,26E+00					
JMÉNO	PRŮŘEZ	MATERIÁL	JEDNOTKOVÁ HMOTNOST [kg/m ³]	DÉLKA [m]	HMOTNOST [kg]	POVRCH [m ²]	OBJEMOVÁ HMOTNOST [kg/m ³]	OBJEM [m ³]
VAZNICE-STŘECHA	IPE200	S 355	22,4	224,716	5027,5	172,605	7850	6,40E-01
VAZNIK-VAR2_HP	WT155X22.25	S 355	22,3	72	1605,2	46,042	7850	2,04E-01
VAZNIK-VAR2_diag	2LX (L80X8;7)	S 355	19,3	93,723	1809,9	58,366	7850	2,31E-01
VAZNIK-VAR2_svis	2LX(L50X5;7)	S 355	7,5	67,5	508,7	26,185	7850	6,48E-02
VAZNIK-VAR2_DP	WT125X12.65	S 355	12,6	72	910	32,65	7850	1,16E-01

Obr. č. 53. - Výkaz materiálu jednotlivých variant

Podle uvedených tabulek lze konstatovat, že varianta 2 se zdá být ekonomičtější z hlediska spotřeby materiálu. Konstrukce by měla být přibližně o 1 tunu lehčí než u varianty 1 (což činí přibližně o 9,6% více oceli).

11.2 ROZHODUJÍCÍ NAMÁHÁNÍ PROFILŮ

Mezi výhody varianty 2, které lze zcela jistě uvést je, že vzniká pouze minimální tlakové namáhání v dolním pásu vazníku. Vaznice obou variant jsou z profilu IPE 200, i přes skutečnost, že v druhé variantě jsou vzdáleny dále od sebe (3 m místo 2,4 m). V obou variantách rozhoduje pro tyto prvky průhyb (kapitoly týkající se MSP). Ve variantě s vazníkem se svislicemi průhyb vyhoví, v první variantě je zde větší rezerva z hlediska MSP.

VARIANTA 1				
JMÉNO	PRŮŘEZ	MATERIÁL	ROZHODUJÍCÍ NAMÁHÁNÍ	POSUDEK
VAZNICE_STŘECHA	IPE200	S355	PRŮHYB (MSP)	37,4 mm < 40 mm
VAZNIK-DOLNIPAS	HEA140A	S355	TAH	0,78 < 1,0
VAZNIK-HORNIPAS	HEA160A	S355	VZPĚR	0,80 < 1,0
VAZNIK-DIAGONALY	VHP70/70x5.0	S355	VZPĚR	0,90 < 1,0
VARIANTA 2				
JMÉNO	PRŮŘEZ	MATERIÁL	ROZHODUJÍCÍ NAMÁHÁNÍ	POSUDEK
VAZNICE-STŘECHA	IPE200	S 355	PRŮHYB (MSP)	39,3 mm < 40 mm
VAZNIK-VAR2_HP	WT155X22.25	S 355	VZPĚR	0,96 < 1,0
VAZNIK-VAR2_diag	2LX (L80X8;7)	S 355	VZPĚR (CEL.)	0,97 < 1,0
VAZNIK-VAR2_svis	2LX(L50X5;7)	S 355	VZPĚR (CEL.)	0,58 < 1,0
VAZNIK-VAR2_DP	WT125X12.65	S 355	TAH	0,98 < 1,0

Obr. č. 54. - *Shrnutí variant z hlediska jednotlivých rozhodujících posudků prvků*

Dle uvedené tabulky je viditelné, že v druhé variantě se podařilo nadimenzovat prvky až na hranici mezních stavů (tento fakt zcela jistě přispěl i k menší spotřebě materiálu, která byla uvedena v předešlé kapitole).

11.3 DALŠÍ SROVNÁNÍ VARIANT

V obou variantách byly provedeny spoje diagonálních prutů vazníku jako svarové. Připojení vaznic bylo navrženo jako šroubové. V následující tabulce jsou uvedeny některé výhody a nevýhody jednotlivých variant.

VARIANTA 1	VARIANTA 2
Uzavřené čtvercové trubky diagonál X Diagonály tvořeny dvojicí úhelníků	
- nutnost řezat uzavřený profil na požadovaný úhel přípoje	- Nutnost navaření rámových spojek, sestavení složeného profilu
+ pro přípoj diagonál vazníku není třeba styčnickový plech	- nutnost styčnickového plechu v případě nedostatečné výšky T profilu
	- konstrukční složitost spoje obsahující jak přípoj diagonál, tak svislic
H profil HP a DP X T profil HP a DP	
Vaznice vzdáleny 2,4 m X Vaznice vzdáleny 3 m	
+ menší šířka a tíha jednotlivých skleněných polí, menší tl. skla,...	+ menší počet vaznic na motáž,...
Povrchová úprava uzavřených profilů X otevřených	
- uzavřený profil	- dvojice úhelníku komplikovanější nátěr

V tabulce výhod a nevýhod jsou jen okrajově zmíněny některé komplikace, které vznikají u variant. Hlubší rozpracování srovnání variant není předmětem této práce. Další podrobnější informace lze najít v řadě odborné literatury týkající se spojů, profilů, montáže,...

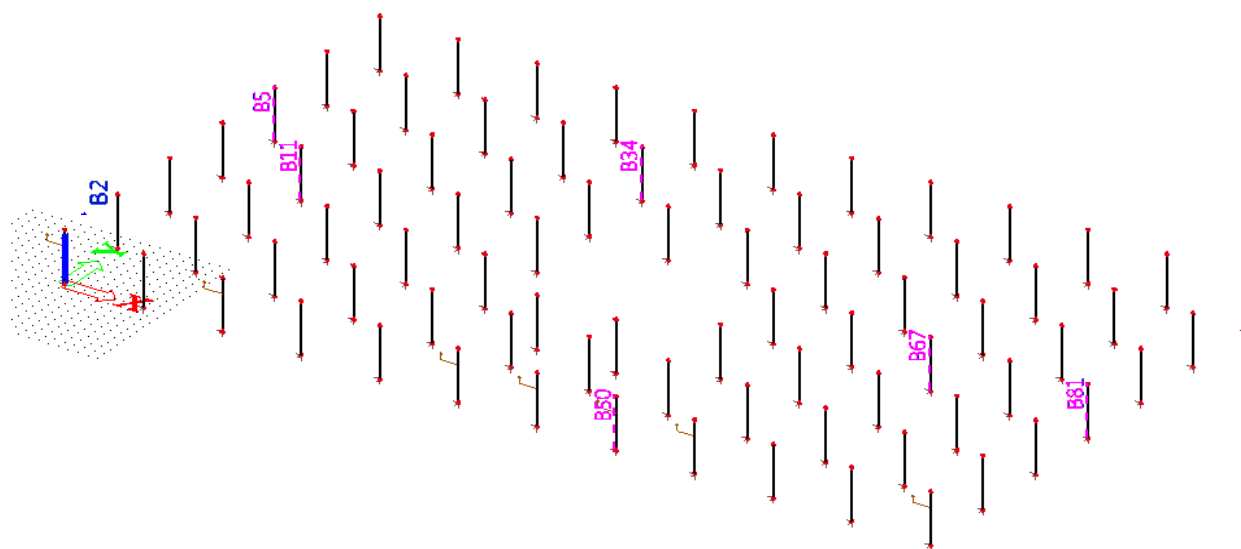
11.4 ZÁVĚR SROVNÁNÍ

Z uvedených skutečností lze konstatovat, že druhá varianta se jeví (pro zvolené návrhové rozměry vazníků) z čistě ekonomického hlediska jako výhodnější. Z hlediska provedení a montáže by bylo nutné podrobit varianty podrobnější analýze. Druhá varianta se jeví jako výhodnější i z hlediska optimalizace průřezů. Podařilo se v ní zvolit běžně dostupné profily, které jsou zatíženy až na hranici jejich mezních stavů.

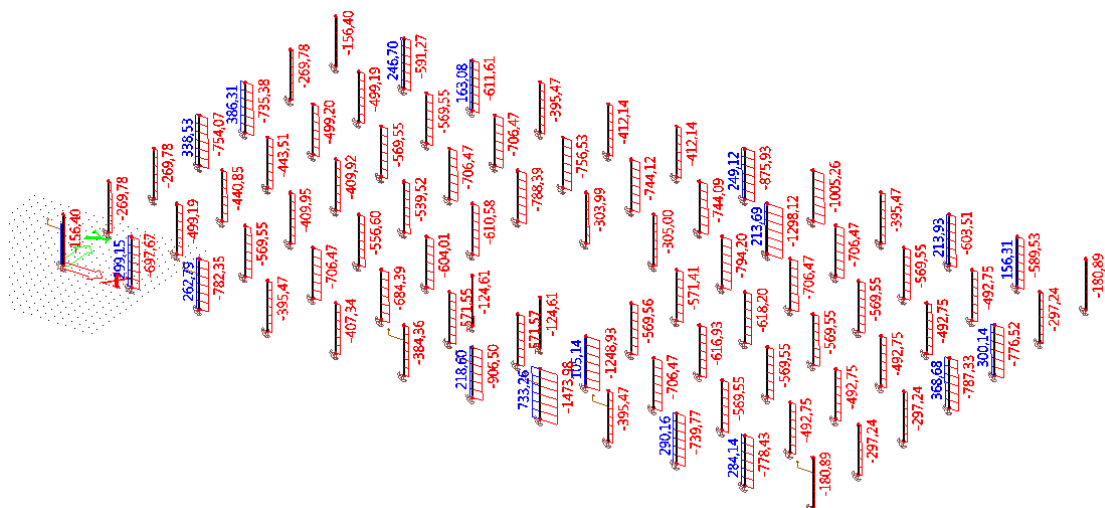
12 DIMENZOVÁNÍ SLOUPY

- Sloupy obchodního centra jsou tvořeny kruhovou dutou trubkou vyplněnou betonem C30/37
- Příhradové ztužení v polích
- Průvlaky připojeny kloubově
- Montážní celky sloupu po jednotlivých patrech v délkách 5,6 m a 4 m
- Sloupy byly rozděleny na typické skupiny

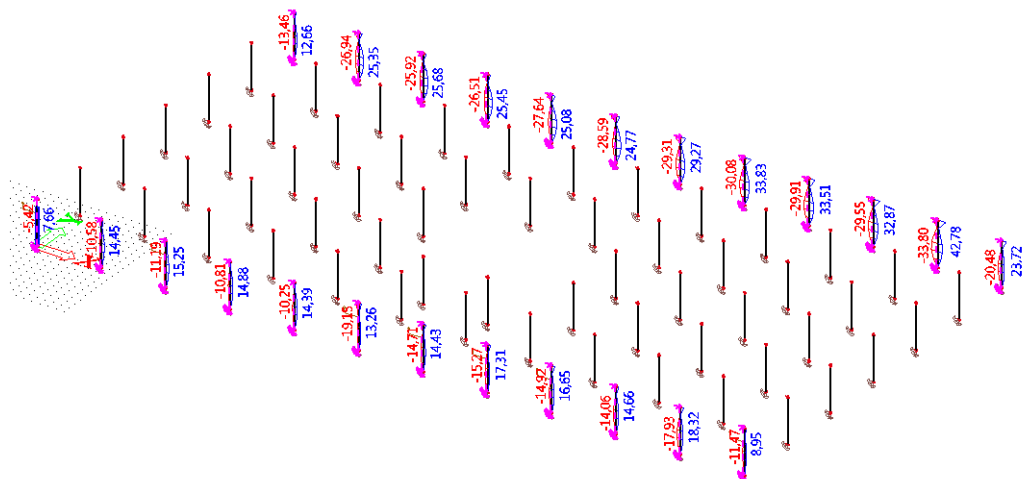
OZN.	POPIS	NAMÁHÁNÍ	MÍRA ZAT.	KOTVENÍ	NAPŘ.
1.	Sloupy ztužidel	N+V+ (M)	Více	K1,K5	B50
2.	Vnitřní sloupy	N	Méně	K2	B11
3.	Vnitřní sloupy	N	Více	K3	B34
4.	Sloupy ztužidel	N+V+ (M)	Méně	K4	B81, B5
5.	Vnější sloupy	N + M	-	-	B3



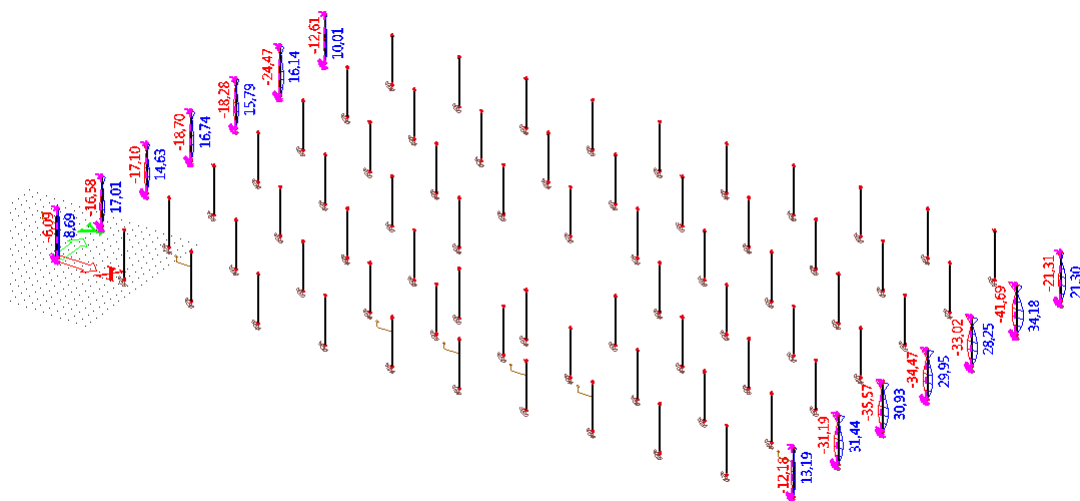
12.1 VNITŘNÍ SÍLY



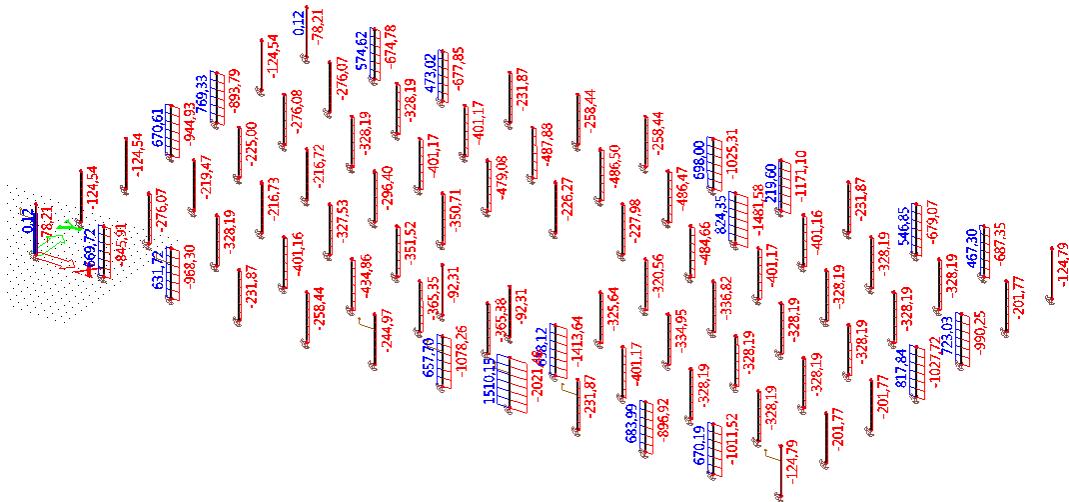
Obr. č. 55. - Sloupy v NP1 od kombinace CO1 (maximální tlakové síly)



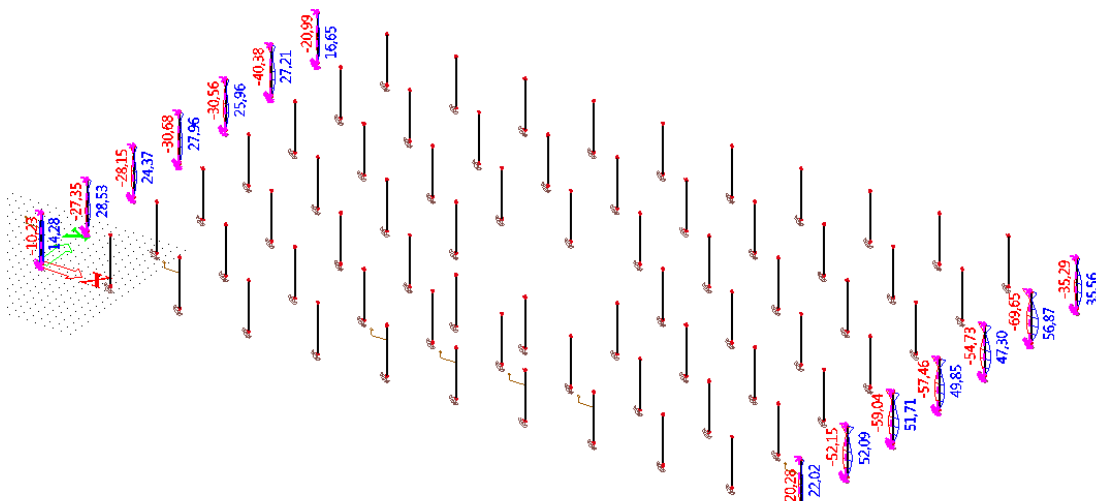
Obr. č. 56. - Průběh ohybových momentů M_z pro sloupy v NP1 od kombinace CO1



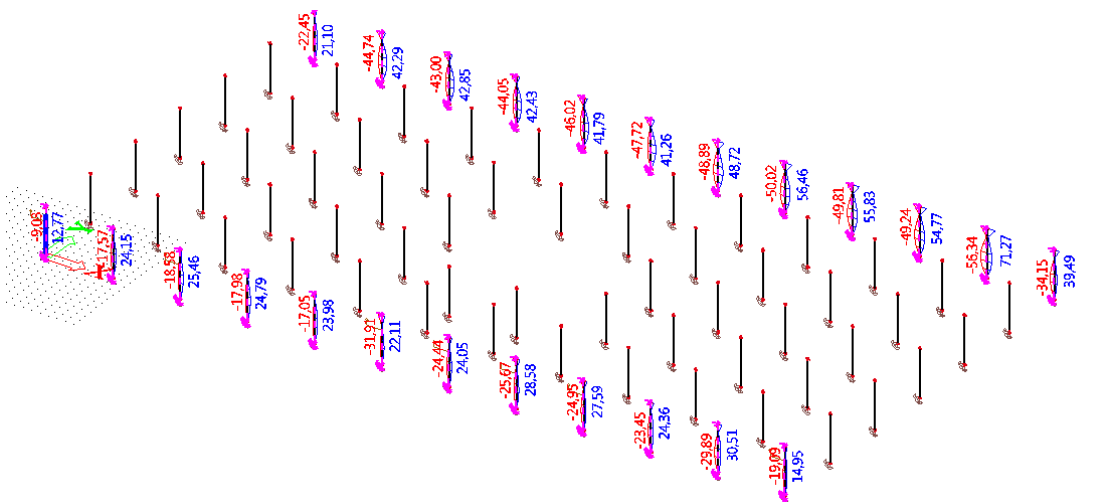
Obr. č. 57. - Průběh ohybových momentů M_y pro sloupy v NP1 od kombinace CO1



Obr. č. 58. - Sloupy v NP1 od kombinace CO2 (maximální síly v krajních sloupech, maximální tahové síly)



Obr. č. 59. - Průběh ohybových momentů My od kombinace CO2 pro sloupy v INP

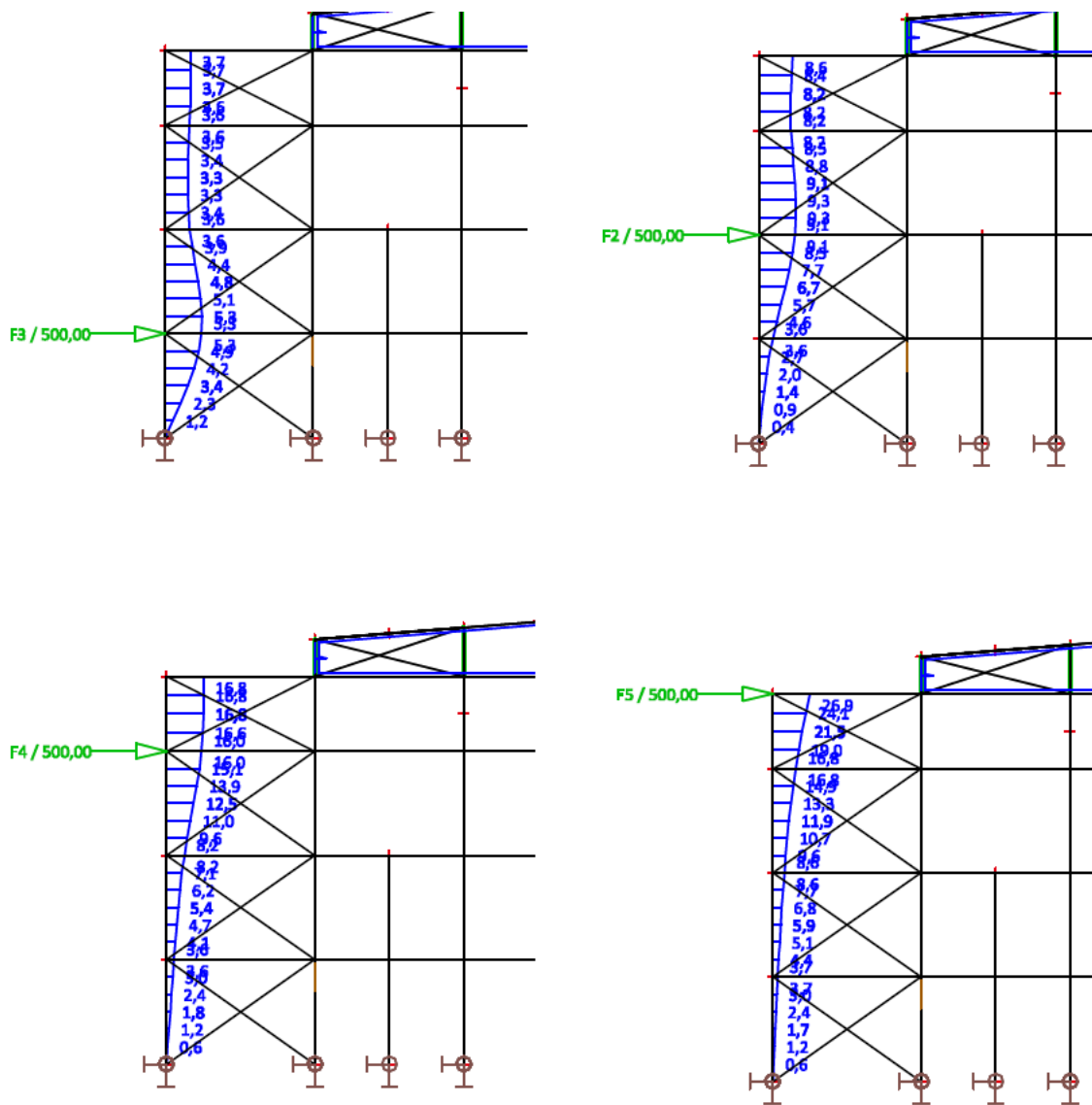


Obr. č. 60. - Průběh ohybových momentů Mz od kombinace CO2 pro sloupy v INP

12.2 KRAJNÍ SLOUP B43

- Namáhání normálovou silou, ohybovým momentem a vodorovnou silou
- CHS 193,7/6,3, vyplněná betonem C30/37
- Na tomto sloupu byla analyzována vzpěrná délka

12.2.1 ANALÝZA VZPĚRNÉ DÉLKY KRAJNÍHO SLOUPU



Obr. č. 61. - Průběh příčných deformací venkovního sloupu B43 pro „fiktivní“ zatížení

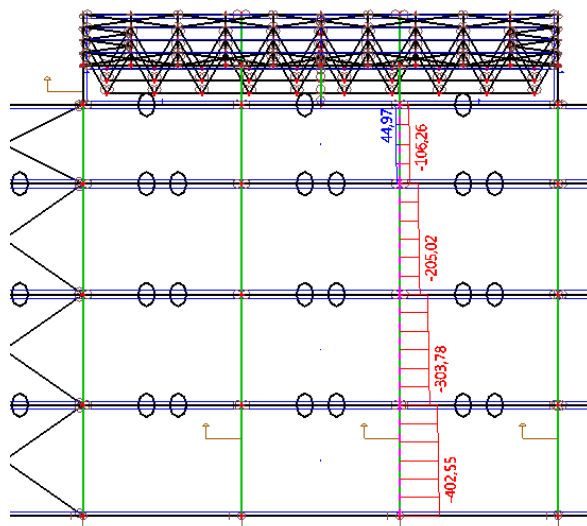
Odvozené tuhosti jednotlivých pater pro vybočení ve směru kratší strany OC (průvlaků):

$$k_1 = \frac{500 * 10^3}{5,3 * 10^{-3}} = 94,3 \text{ MN/m}$$

$$k_2 = \frac{500 * 10^3}{9,1 * 10^{-3}} = 54,9 \text{ MN/m}$$

$$k_3 = \frac{500 * 10^3}{16 * 10^{-3}} = 31,3 \text{ MN/m}$$

$$k_4 = \frac{500 * 10^3}{26,9 * 10^{-3}} = 18,6 \text{ MN/m}$$



Obr. č. 62. - Průběh normálových sil na krajním sloupu B43

- Pro daný sloup byl vytvořen samostatný model, kde byly převzaty hodnoty tuhosti podpor jednotlivých pater a zatížení dle průběhu normálových sil na modelu OC (Obr. č.18)

Stabilitní kombinace : S1	
1	58,52
2	128,99
3	209,52
4	286,76

Obr. č. 63. - Součinitele kritického zatížení f

Součinitele vzpěru			
	k_y	L_y [m]	l_y [m]
1	0,903	5,600	5,054
2	1,040	5,600	5,822
3	1,769	4,000	7,078
4	2,461	4,000	9,843

Obr. č. 64. - Součinitele vzpěru vypočtené dle lineární stability vypočtené v programu SCIA Engineer pro první kritický součinitel

	ky	Ly [m]	ly [m]
1	0,608	5,600	3,405
2	0,700	5,600	3,922
3	1,192	4,000	4,768
4	1,658	4,000	6,630

Obr. č. 65. - Součinitele vzpěru vypočtené dle lineární stability v programu SCIA Engineer pro druhý kritický součinitel

- Zjednodušení používané ve většině literatury pro patrové konstrukce ztužené příhradovým ztužením v některých polích a tuhou betonovou deskou patra lze použít v 1NP a 2NP

$$\beta_1 = 1,0$$

$$L_{cr,1} = L_{NP1} * \beta_1 = 5,6 * 1,0 = 5,6 \text{ m}$$

$$\beta_2 = 1,0$$

$$L_{cr,2} = L_{NP2} * \beta_2 = 5,6 * 1,0 = 5,6 \text{ m}$$

$$\beta_3 = 1,77$$

$$L_{cr,3} = L_{NP3} * \beta_3 = 5,6 * 1,77 = 7,08 \text{ m}$$

$$\beta_4 = 2,46$$

$$L_{cr,4} = L_{NP4} * \beta_4 = 4,0 * 1,0 = 9,84 \text{ m}$$

12.2.2 POSOUZENÍ VNĚJŠÍHO SLOUPU B50 (N+M)

- TR KR 219,1/12,5
- Vzhledem k dvojose symetrickému kruhovému profilu lze použít zjednodušený výpočet dle ČSN EN 1994-1-1 (6.7.3)

$$\max\left(\frac{d}{t}\right) = 90 * \left(\frac{235}{f_{yk}}\right) = 90 * \frac{235}{355} = 59,6$$

$$N_{ed,max-} = -2021 \text{ kN (CO 2/7)}, M_{ed,odp} = 25,7 \text{ kNm}$$

$$N_{ed,max+} = +1510 \text{ kN (CO 2/2)}, M_{ed,odp} = 28,6 \text{ kNm}$$

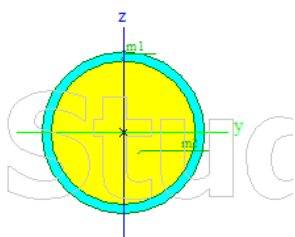
Posouzení vzpěr

$$\bar{\lambda} < 0,5; \frac{M_{ed}}{N_{ed} * d} < 0,1 \text{ (pro ovinutí)}$$

$$\bar{\lambda} < 2,0 \text{ (pro zjednodušenou metodu)}$$

SLOUP	
Detailní	CHS219.1/12.5
Typ tvaru	Tlustostěnný
Typ	typ e
Materiál	S 355
Vzpěr y-y	C30/37
Vzpěr z-z	a
A [m ²]	1,2732e-02
Ay [m ²]	1,1054e-02
Az [m ²]	1,1094e-02
Iy [m ⁴]	5,4306e-05
Iz [m ⁴]	5,4306e-05
Wely [m ³]	4,9572e-04
Wely [m ³]	4,9572e-04
Wply [m ³]	5,7376e-04
Wply [m ³]	5,7376e-04
Iw [m ⁶]	1,3667e-16
It [m ⁶]	1,0846e-04
dy [mm]	0
dz [mm]	0
cYUSS [mm]	0
cZUSS [mm]	0
IYZLSS [m ⁴]	
H [mm]	
B [mm]	
t [mm]	
s [mm]	
R [mm]	

Obrázek



Maximální příspěvek oceli:

$$\delta = \frac{A_a f_{yd}}{N_{pl,rd}} = \frac{7,37 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{3291,3 * 10^3} = \frac{2616,4}{3291,3} = 0,79$$

$$0,2 < \delta = 0,79 < 0,9$$

$$\frac{244,5}{10} = 24,45 < 59,6 \quad \text{VYHOVUJE}$$

→ lze zanetbat účinky lokálního boulení

$$\begin{aligned} N_{pl,rd} &= N_{pl,Rk} = A_a f_{yd} + 0,85 A_c f_{cd} + A_a f_{sd} \\ &= 7,37 * 10^{-3} * 355 * 10^6 + 0,85 * 3,97 * 10^{-2} * 20 \\ &\quad * 10^6 + 0 = 3291,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$A_a f_{sd} = 0$ (není počítáno s tlačnou výztuží)

$$N_{pl,rd,ovin} = \eta_a A_a f_{yd} + A_c f_{cd} \left(1 + \frac{\eta_c (t * f_y)}{d * f_{ck}} \right) + A_a f_{sd}$$

$$\eta_a = \eta_{a0} = 0,25 * (3 + 2\bar{\lambda})$$

$$\eta_c = \eta_{c0} = 4,9 - 18,5\bar{\lambda} + 17\bar{\lambda}^2$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3291,3}{4107}} = 0,89 > 0,5$$

→ nelze zahrnout zvětšení pevnosti betonu ovinutím

$\bar{\lambda} = 0,89 < 2,0$ → lze použít zjednodušenou metodu návrhu

$\bar{\lambda} = 0,89$ → vzpěrná křivka a → $\chi = 0,740$

Moment setrvačnosti kruhu

$$I = \pi r^4 / 4 = \pi d^4 / 64$$

$$\begin{aligned} (EI)_{eff} &= E_a I_a + K_e E_{cm} I_c + E_s I_s \\ &= 210 * 10^9 * 5,073 * 10^{-5} + 0,6 * 32 * 10^9 * 1,247 \\ &\quad * 10^{-4} + 0 = 13,05 \text{ MNm}^2 \end{aligned}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 (EI)_{eff}}{L_{cr,1}^2} = \frac{\pi^2 * 13,05 * 10^6}{5,6^2} = 4107,1 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi * N_{pl,Rd}} = \frac{2021}{0,740 * 3291,3} = 0,83 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kombinace tlak + ohyb

Účinky druhého řádu (zvětšení momentu součinitelem k)

$$k = \frac{\beta}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,eff}}} = \frac{1}{1 - \frac{2021}{4107,1}} = 1,97$$

$$\overline{M_{ed}} = M_{ed} * k = 25,7 * 1,97 = 50,63 \text{ kNm}$$

$$W_{pl,a} = t^3 * \left(\frac{d}{t} - 1\right)^2 = 0,010^3 * \left(\frac{0,2445}{0,010} - 1\right)^2 = 5,5 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

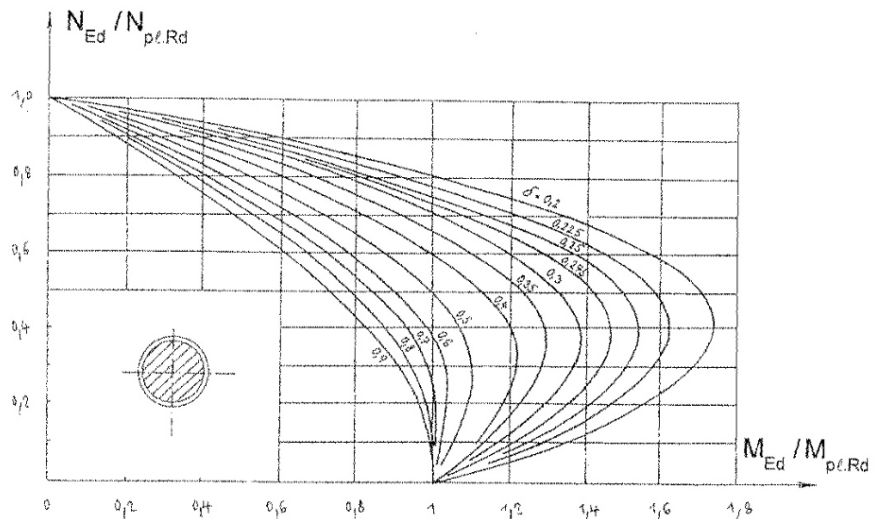
$$\frac{d}{t} = \frac{0,2445}{0,010} = 24,5$$

$$\frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{20}{355} = 0,056$$

– Dle tabulky (vlevo) $\psi = 7,6$

$$\begin{aligned} M_{pl,Rd} &= W_{pl,a} * f_{yd} * (1 + 0,01 * \psi) \\ &= 5,5 * 10^{-4} * 355 * 10^6 * (1 + 0,01 * 7,6) \\ &= 210,09 \text{ kNm} \end{aligned}$$

f_{cd}/f_{yd}	10	20	30	40
0,01	0,52	1,30	2,05	2,78
0,02	1,02	2,51	3,89	5,16
0,03	1,51	3,64	5,54	7,25
0,04	1,99	4,69	7,04	9,08
0,05	2,46	5,69	8,41	10,72
0,06	2,91	6,62	9,66	12,19
0,07	3,35	7,51	10,82	13,52



$$\frac{N_{ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{2021}{3291,3} = 0,61 \rightarrow \mu_d = 0,72$$

$$\frac{\overline{M_{ed}}}{\mu_d * M_{pl,Rd}} < \alpha_M$$

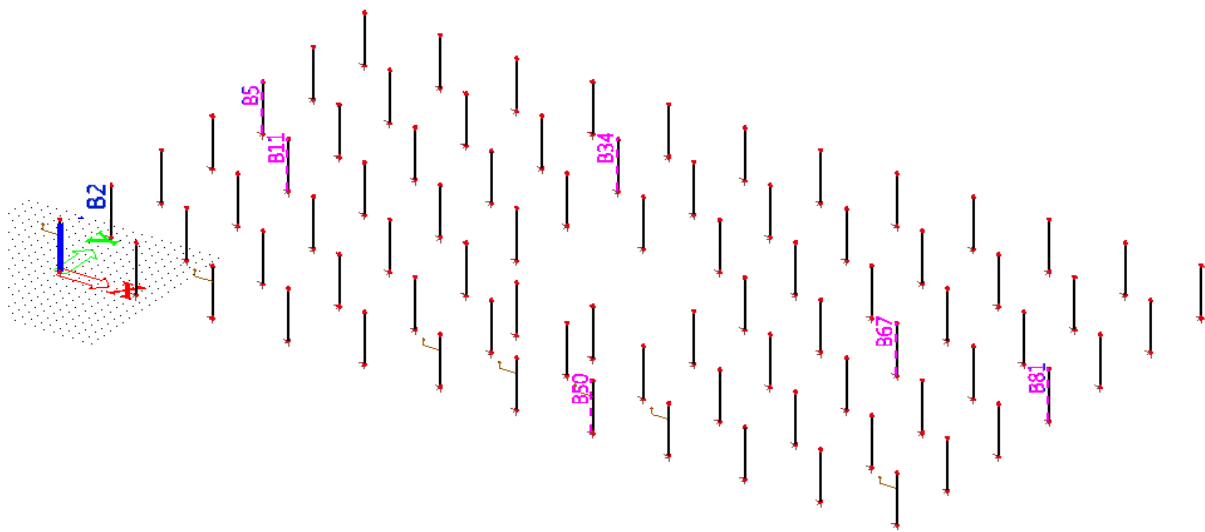
$$\frac{\overline{M_{ed}}}{\mu_d * M_{pl,Rd}} = \frac{50,63}{0,72 * 210,09} = 0,33 < 0,9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení tah

- Beton v tahu nepůsobí

$$\frac{N_{ed}}{N_{pl,a,Rd}} = \frac{N_{ed}}{A_a * f_{yd}} = \frac{1510 * 10^3}{7,37 * 10^{-3} * 355 * 10^6} = 0,58 \quad \text{VYHOVUJE}$$

12.3 OSTATNÍ „TYPICKÉ“ SLOUPY



Obr. č. 66. - Vybrané typické sloupy

	PRŮŘEZ	d [m]	t [m]	I _a [m ⁴]	I _c [m ⁴]	A _a [m ²]	A _c [m ²]	N _{pl,Rd} = N _{pl,Rk} [kN]	(EI) _{eff} [kNm ²]	N _{cr} [kN]	λ	χ	W _{pl,a} [m ³]	d/t	δ	ψ	M _{pl,Rd}
1	CHS 273/6,3	0,273	0,006	4,69E-05	0,000226	0,0053	0,0533	2 779,8	14 182,5	4 463,5	0,789	0,801	0,00045	43,3	0,67	12,49	178,9
2	CHS 244,5/10	0,2445	0,01	5,07E-05	0,000125	0,0074	0,0396	3 289,3	13 047,4	4 106,3	0,895	0,74	0,00055	24,5	0,8	7,6	210,1
3	CHS 219,1/12,5	0,2191	0,013	4,35E-05	6,97E-05	0,0081	0,0296	3 382,1	10 462,2	3 292,7	1,013	0,659	0,00053	17,5	0,85	5,02	198,9
4	CHS 219,1/8	0,2191	0,008	2,96E-05	8,35E-05	0,0053	0,0324	2 435,8	7 819,7	2 461,0	0,995	0,673	0,00036	27,4	0,77	8,1	136,8
5	CHS 193,7/6,3	0,1937	0,006	1,63E-05	5,28E-05	0,0037	0,0258	1 751,4	4 436,8	1 396,3	1,12	0,589	0,00022	30,7	0,75	8	84,8
6	CHS 139,7/5	0,1397	0,005	4,81E-06	1,39E-05	0,0021	0,0132	977,2	1 276,8	401,8	1,559	0,348	9,1E-05	27,9	0,77	8,35	34,9
7	CHS 88,9/4	0,0889	0,004	9,63E-07	2,1E-06	0,0011	0,0051	467,2	242,6	76,4	2,474	0,147	2,9E-05	22,2	0,81	6,45	10,9

Obr. č. 67. - Průřezy analyzované pro sloupy obchodního centra, průřezové charakteristiky pro posouzení spřaženého sloupu

	KOMB.	N	My	Mz	Med	ZVOLENÝ PRŮŘEZ	VZPĚR	Med/(μ *M pl,Rd)	TAH
B67	CO1/15	-395,34	2,36	2,93	2,93	5	0,38	0,03	-
B81	CO1/16	-787,33	0	0	0	5	0,76	0,00	-
B81	CO1/17	368,68	29,91	-2,19	29,91	5	-	0,35	0,28
B81	CO1/16	-767,2	-34,5	5,08	34,47	5	0,74	0,45	-
B50	CO1/19	-1473,98	0	0	0	3	0,66	0,00	-
B50	CO1/17	733,26	3,08	17,28	17,28	3	-	0,09	0,25
B50	CO1/13	-1376,78	-1,44	-15,27	15,27	3	0,62	0,10	-
B5	CO1/20	-735,38	0	0	0	5	0,71	0,00	-
B5	CO1/13	386,31	-18,2	4,33	18,23	5	-	0,21	0,29
B5	CO1/18	-680,49	15,79	-6,1	15,79	5	0,66	0,21	-
B11	CO1/20	-443,51	0	0	0	5	0,43	0,00	-
B11	CO1/12	-346,48	-3,04	-7,14	7,14	5	0,34	0,09	-
B34	CO1/20	-756,53	0	0	0	5	0,73	0,00	-
B34	CO1/14	-632,32	-1,95	-5,21	5,21	5	0,61	0,07	-
B34	CO1/23	-617,98	1,24	6,66	6,66	5	0,60	0,09	-
B67	CO2/3	-312,47	4,04	4,86	4,86	5	0,30	0,06	-
B81	CO2/1	817,84	49,85	-5,11	49,85	5	-	0,59	0,62
B81	CO2/3	-1012,82	-57,5	7,01	57,46	5	0,98	0,89	-
B50	CO2/6	-2021,48	0	0	0	3	0,91	0,00	-
B50	CO2/1	1510,15	4,1	28,58	28,58	3	-	0,14	0,52
B50	CO2/6	-2006,58	-3,44	-25,67	25,67	3	0,90	0,21	-
B5	CO2/1	-893,79	0	0	0	5	0,87	0,00	-
B5	CO2/6	769,33	-30,5	8,74	30,47	5	-	0,36	0,59
B5	CO2/5	-820,93	25,96	-8,59	25,96	5	0,80	0,38	-
B11	CO2/1	-210,09	-4,42	-11,75	11,75	6	0,62	0,34	-
B34	CO2/1	-472,97	-3,25	-8,56	8,56	5	0,46	0,11	-
B34	CO2/3	-275,61	2,15	11,07	11,07	5	0,27	0,13	-

Obr. č. 68. - Posudky ostatních vybraných sloupů na všechny rozhodující kombinace zatížení

- Posouzení bylo provedeno v programu MS Excel, kde bylo možné optimalizovat typ průřezů pro jednotlivé sloupy konstrukce na základě namáhání z jednotlivých kombinací zatížení

```

Sub prurez ()
Dim i As Integer
Dim prurez As Integer
Dim Npl As Double
Dim plocha As Double
Dim vzper As Double

prurez = 1
i = 0

Do Until prurez = 0
prurez = Cells(17 + i, 8)
Npl = Cells(prurez + 5, 10)
Cells(17 + i, 16) = Npl
vzper = Cells(prurez + 5, 14)
Cells(17 + i, 17) = vzper
Mpl = Cells(prurez + 5, 19)
Cells(17 + i, 18) = Mpl
plocha = Cells(prurez + 5, 8)
Cells(17 + i, 19) = plocha
i = i + 1
Loop

End Sub

```

Obr. č. 69. - Macro ve Visual Basicu programu MS Excel, pomocí něhož byla automatizována optimalizace zvolení odpovídajícího průřezu

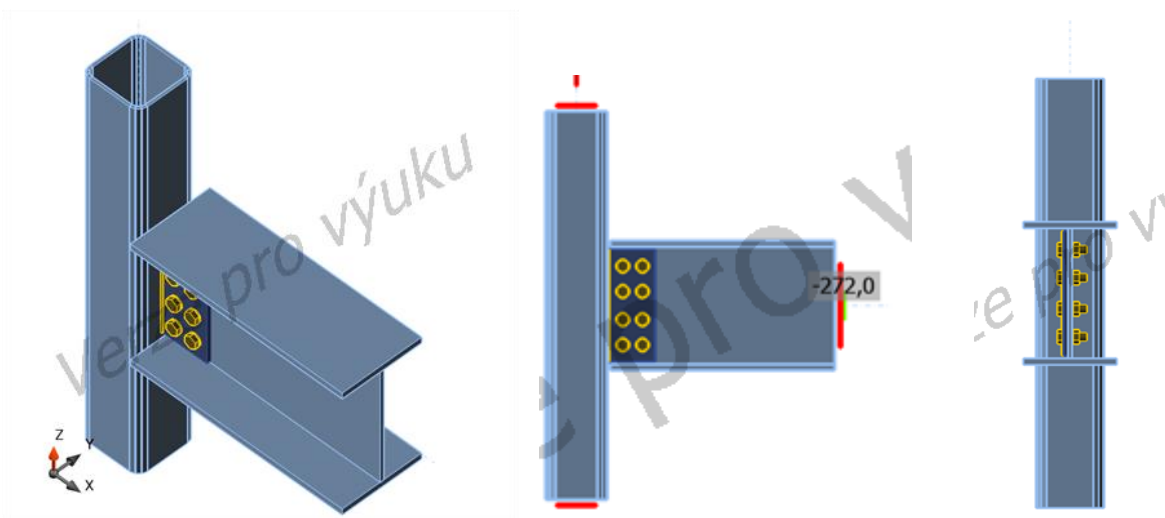
12.4 PŘÍPOJ PRŮVLAKU NA SLOUP

$$S_{j,ini}(\text{hranice tuhý}) = 25 * \frac{EI_b}{L_b} = 25 * \frac{210 * 10^9 * 7,358 * 10^{-4}}{8}$$

$$= 482,9 * 10^6 Nm$$

$$S_{j,ini}(\text{hranice kloubový}) = 0,5 * \frac{EI_b}{L_b}$$

$$= 0,5 * \frac{210 * 10^9 * 7,358 * 10^{-4}}{8} = 9,66 * 10^6 Nm$$



Obr. č. 70. - Geometrie přípoje průvlaku na sloup

- V tomto případě modelování spoje v programu IDEA Statica byl použit místo sloupu z kruhové trubky použit profil čtvercový, důvodem byl fakt, že v programu IDEA Statica nelze některé spoje na kruhové trubky namodelovat
- Analogicky bude plech přivařen na zakřivenou plochu trubky (na posudek plechu ani šroubového přípoje tento fakt nemá vliv)

Přípoj

Jméno	SPOJ_SLOUP
Popis	SLOUP+PRUVLAK
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zjednodušené zatížení

Nosníky a sloupy

Jméno	Průřez	β – Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Ofset ey [mm]	Ofset ez [mm]
C	22 - jiný	0,0	90,0	0,0	0	0
B	10 - Iw460x300	0,0	0,0	0,0	0	0

Šrouby/Kotvy

Jméno	Sestava šroubů	Průměr [mm]	f_u [MPa]	Čistá plocha [mm ²]
M24 6.8	M24 6.8	24	600,0	452

Účinky zatížení

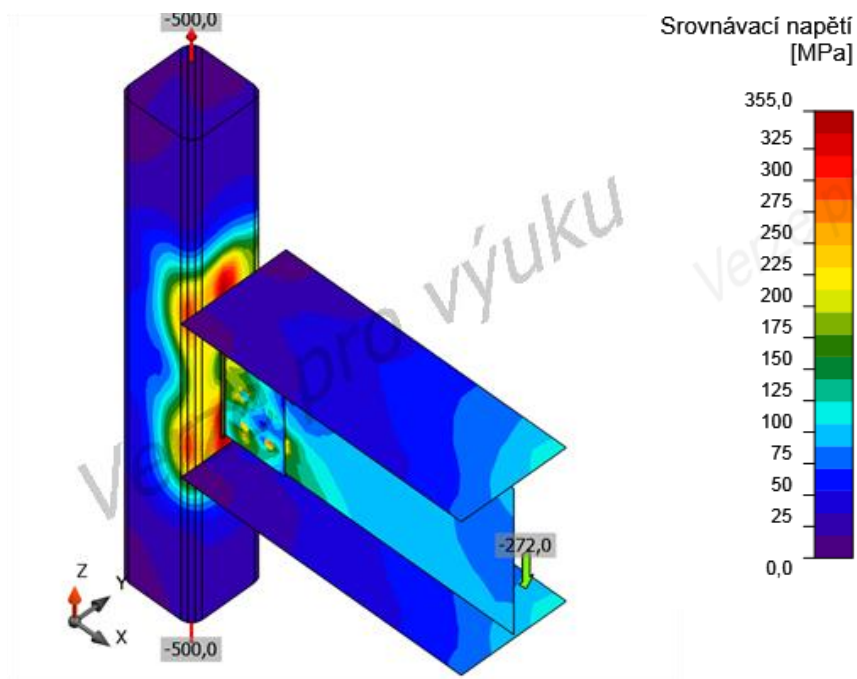
Jméno	Prvek	Poz.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B	Konec	0,0	0,0	-272,0	0,0	0,0	0,0

Výsledky

Jméno	Hodnota	Status posudku
Aplikovaná zatížení	100,0%	OK
Plech	0,3 < 5%	OK
Šrouby	99,6 < 100%	OK
Svary	39,1 < 100%	OK

Plechý

Jméno	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	Status posudku
C	10	LE1	355,7	0,3	OK
B-tfl 1	21	LE1	116,4	0,0	OK
B-bfl 1	21	LE1	116,1	0,0	OK
B-w 1	13	LE1	327,3	0,0	OK
PP1	15	LE1	275,7	0,0	OK



Obr. č. 71. - Srovnávací napětí, LE1

Šrouby

	Jméno	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Konstrukční zásady	Status
	B1	LE1	6,7	75,5	4,4	89,2	92,3	OK	OK
	B2	LE1	3,8	38,5	2,5	45,4	47,2	OK	OK
	B3	LE1	4,1	82,7	2,7	97,6	99,6	OK	OK
	B4	LE1	19,5	75,3	12,8	88,8	98,0	OK	OK
	B5	LE1	1,7	74,7	1,1	88,2	89,0	OK	OK
	B6	LE1	3,5	35,4	2,3	41,8	43,4	OK	OK
	B7	LE1	3,4	83,0	2,3	98,0	99,6	OK	OK
	B8	LE1	3,8	82,8	2,5	97,7	99,5	OK	OK

Návrhová data

Jméno	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]
M24 6.8 - 1	152,5	393,8	84,7	305,8

Svary (Průměrná hodnota)

Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Status posudku
C-w 3	PP1	44,0	400	LE1	170,4	-35,2	87,2	-40,7	39,1	OK

12.5 ULOŽENÍ SLOUPU

- Beton základů C20/25
- Patky sloupů uloženy na předem zabetonované šrouby s kotevní hlavou, uložení na stavěcí desku pro sloupy namáhané i tahem
- Pro ostatní sloupy namáhané pouze tlakem možno uložit na předem zabetonované šrouby s hákem

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa} \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

12.5.1 ULOŽENÍ SLOUPU B50

- Profil CHS 219,1/12,5
- Čtvercový patní plech tloušťky 20 mm, přesah od sloupu 100 mm

$$N_{ed,max-} = -2021 \text{ kN (CO 2/7)}$$

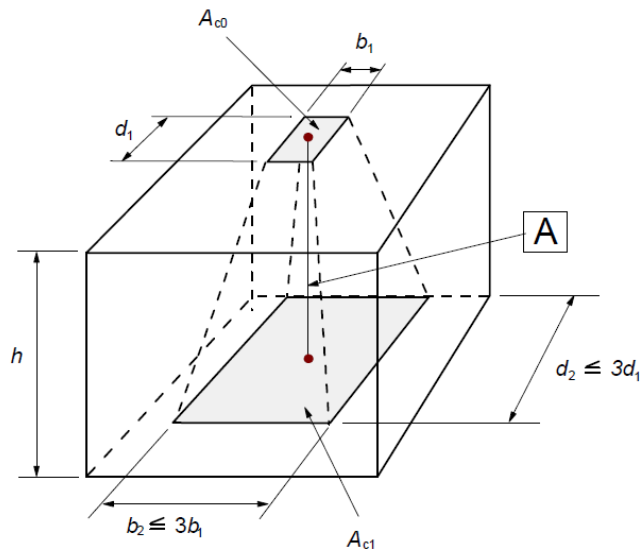
$$N_{ed,max+} = +1510 \text{ kN (CO 2/2)}$$

Napětí v betonu

$$f_{jd} = \beta_j * k_j * f_{cd} = \frac{2}{3} * 1 * 13,33 * 10^6 = 8,89 \text{ MPa}$$

- Pevnost malty větší jak 0,2 násobek charakteristické pevnosti betonového základu
- tloušťka zálivkové malty není větší než 0,2 násobek nejmenší šířky patní desky

$$\beta_j = \frac{2}{3}$$



Obr. č. 72. - návrhové roznášení pro místně zatížení plochy

$$c = t \sqrt{\frac{f_y}{3f_{jd}\gamma_{M0}}} = 0,020 * \sqrt{\frac{355 * 10^6}{3 * 8,89 * 10^6 * 1}} = 0,073 \text{ m}$$

$$d_0 = 0,2191 + 2 * 0,073 = 0,365 \text{ m}$$

$$A_{c0} = \frac{\pi d_0^2}{4} = \pi * \frac{0,365^2}{4} = 0,104 \text{ m}^2$$

$$d_1 = 3 * d_0 = 0,365 * 3 = 1,095 \text{ m}$$

$$A_{c1} = \frac{\pi d_1^2}{4} = \pi * \frac{0,9^2}{4} = 0,957 \text{ m}^2$$

$$0,0744 \text{ m} < 0,08 \text{ m}$$

→ plech přenáší tlakovou sílu do vzdálenosti c (0,0744 m)

$$\begin{aligned} \sigma_{c1} &= \frac{N_{ed}}{A_{c0}} = \frac{2021 * 10^3}{0,104} = 19,43 \text{ MPa} > f_{cd} \\ &= 13,33 \text{ MPa} \quad \text{NEVYHOVUJE} \end{aligned}$$

Navrženy výztuhy patky sloupů extrémně zatížených sloupů ztužidel

$$A_{min} = \frac{2021}{13330} = 0,152 \text{ m}^2$$

$$d_{min} = \sqrt{0,152 * \frac{4}{\pi}} = 0,44 \text{ m}$$

→ navrženy výzuthy přibližně 10 cm

KOTEVNÍ ŠROUBY

– Kotevní šrouby M48 5.8

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$ (pro třídu 5.8)

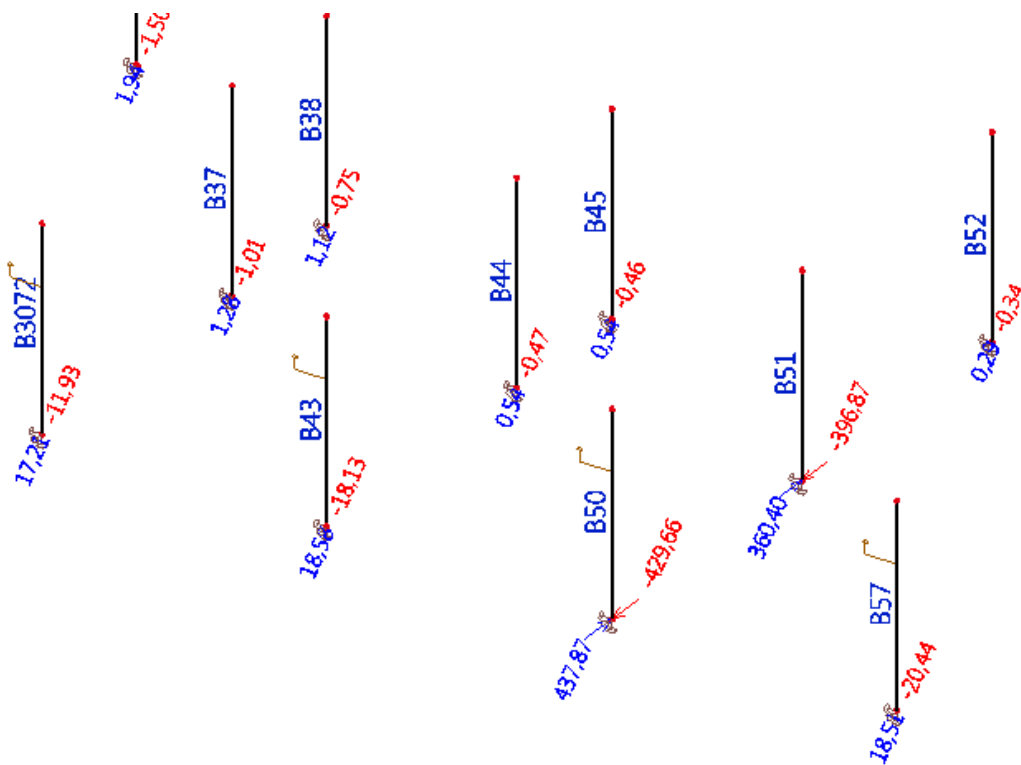
$A_s = 1810 \text{ mm}^2$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 500 * 1810}{1,25} = 651,6 \text{ kN}$$

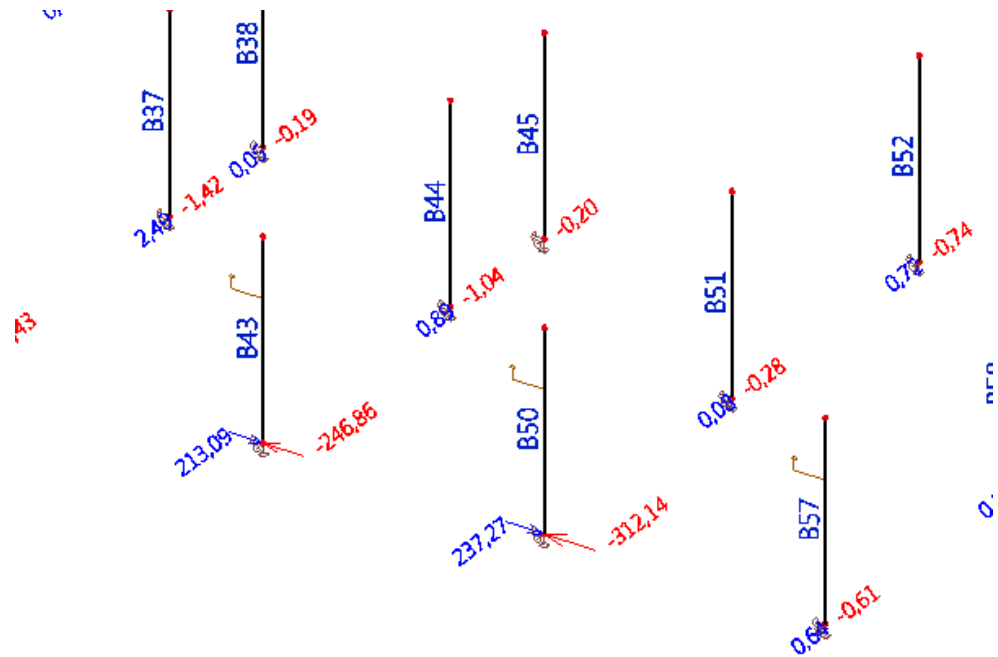
$$\frac{N_{ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{1510}{4 * 651,6} = 0,58 \rightarrow 4 \text{ šrouby} \quad \text{VYHOVÍ}$$

VODOROVNÁ REAKCE

– Přenos smykové síly pomocí smykové zarážky tvořené profilem HEA160

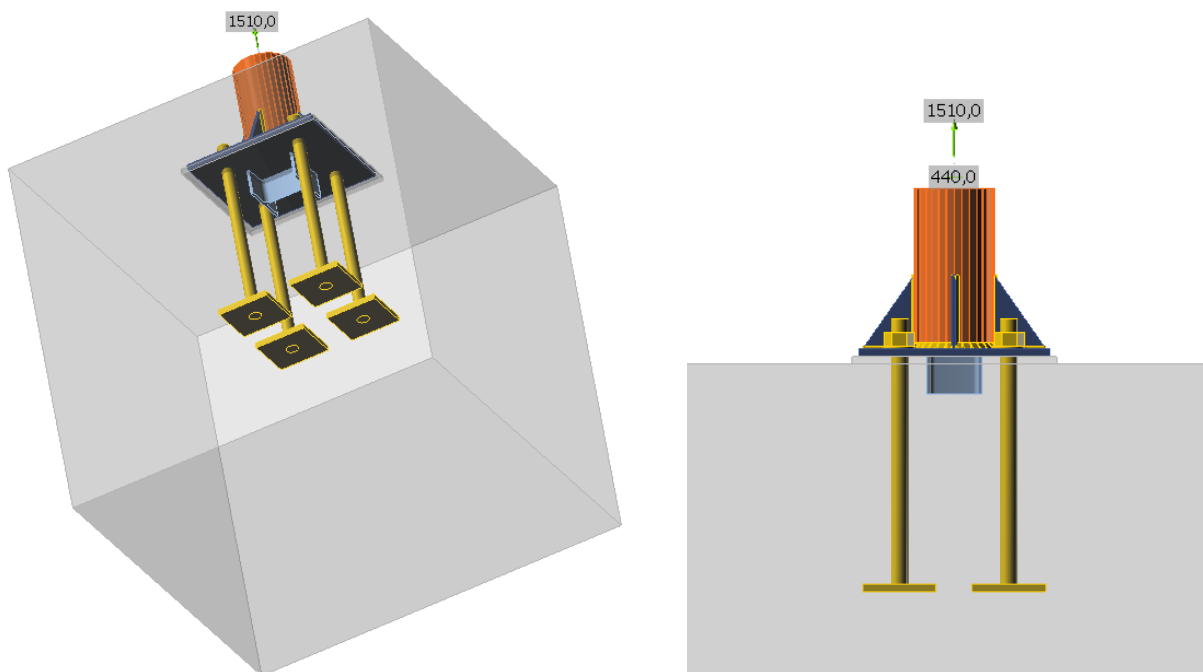


Obr. č. 73. - Průběh vodorovných reakcí R_y v patách sloupů pro oblast ztužidla



Obr. č. 74. - Průběh vodorovných reakcí R_y v patách sloupů pro oblast ztužidla

Model kotvení sloupu v idea statica



Obr. č. 75. - Geometrie modelu kotvení

Přípoj

Jméno	Kotvení sloup
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zjednodušené zatížení

Nosníky a sloupy

Jméno	Průřez	β – Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Ofset ey [mm]	Ofset ez [mm]
COL	24 - CHS219/12,5	0,0	-90,0	0,0	0	0

Materiál

Ocel	S 355 (EN)
Beton	C20/25 (EN)
Šrouby	M48 5.8

Šrouby/Kotvy

Jméno	Sestava šroubů	Průměr [mm]	fu [MPa]	Čistá plocha [mm ²]
M48 5.8	M48 5.8	48	500,0	1810

Účinky zatížení

Jméno	Prvek	Poz.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	COL	Konec	-2021,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE2	COL	Konec	1510,0	437,9	0,0	0,0	0,0	0,0
LE2	COL	Konec	1053	0	312,14	0,0	0,0	0,0

Betonová patka

Položka	Hodnota	Jednotka
Ofset	500; 500; 500; 500	mm
Výška	1500	mm
Kotva	M48 5.8	
Délka kotvení	800	mm
Přenos smykové síly	Patní zarážka	
Průřez smykové zarážky	CON8 (HEA160)	
Délka smykové zarážky	100	mm
Tloušťka podlití	20	mm

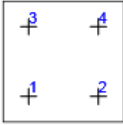
Výsledky

Jméno	Hodnota	Status posudku
Aplikovaná zatížení	100,0%	OK
Plechy	5,0 < 5%	OK
Kotvy	93,0 > 100%	OK
Svary	95,1 < 100%	OK
Betonový blok	72,2 < 100%	OK
Smyk	83,6 < 100%	OK

Plechy

Jméno	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	Status posudku
BP1	20	LE2	345,1	4,8	OK
ŽEB1a	10	LE2	345,3	0,3	OK
ŽEB1b	10	LE2	345,9	0,4	OK
ŽEB1c	10	LE2	345,5	0,3	OK
ŽEB1d	10	LE2	345,9	0,4	OK

Kotvy

	Jméno	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	N_{rkc} [kN]	U_t [%]	U_s [%]	C_{pf}	C_{ef}	KZ	
	B1	LE2	418,4	384,2	63,6	93,0	93,5	OK	OK	OK	OK
	B2	LE2	418,2	369,7	63,6	93,0	93,5	OK	OK	OK	OK
	B3	LE2	418,3	384,2	63,6	93,0	93,5	OK	OK	OK	OK
	B4	LE2	418,2	369,6	63,6	93,0	93,5	OK	OK	OK	OK

Návrhová data

Jméno	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	V_{rds} [kN]	S_{ff} [MN/m]	$F_{b,Rd}$ [kN]
M48 5.8 - 1	449,8	1108,4	294,0	34,6	0,0	940,8

Svary (Průměrná hodnota)

Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Status posudku
BP1	COL-1	13,0	624	LE2	414,2	-61,8	4,9	-236,4	95,1	OK
BP1	ŽEB1a	6,0	130	LE2	193,6	73,3	-71,8	-74,5	44,5	OK
COL-arc 1	ŽEB1a	6,0	200	LE1	132,1	30,6	-66,2	-33,5	30,3	OK
BP1	ŽEB1b	6,0	130	LE2	246,8	104,4	-70,9	-107,9	56,7	OK
COL-arc 9	ŽEB1b	6,0	200	LE2	186,5	59,1	72,5	-71,9	42,8	OK
BP1	ŽEB1c	6,0	130	LE2	196,2	73,2	-74,6	-74,0	45,0	OK
COL-arc 17	ŽEB1c	6,0	200	LE1	131,4	30,3	-66,0	-33,1	30,2	OK
BP1	ŽEB1d	6,0	130	LE2	232,6	97,2	-70,9	99,3	53,4	OK
COL-arc 25	ŽEB1d	6,0	200	LE2	152,1	63,0	44,3	-66,5	34,9	OK

Betonový blok

Položka	Zatížení	c [mm]	A_{eff} [mm ²]	σ [MPa]	Kj [-]	F_{jd} [MPa]	Ut [%]	Status posudku
C20/25	LE1	42	106575	19,3	3,00	26,8	72,2	OK

Smyk ve styčné ploše

Jméno	Zatížení	V_y [kN]	V_y [kN]	$V_{Rd,y}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Ut [%]	Status posudku
BP1	LE3	0,1	311,6	692,3	372,9	83,6	OK

12.5.2 ULOŽENÍ SLOUPU B81

$$N_{ed,max-} = -787,33 \text{ kN}$$

- Profil CHS 193,7/6,3
- Čtvercový patní plech 380x380 mm tloušťky 20 mm

Napětí v betonu

$$c = t \sqrt{\frac{f_y}{3f_{jd}\gamma_{M0}}} = 0,02 * \sqrt{\frac{355 * 10^6}{3 * 8,89 * 10^6 * 1}} = 0,073 \text{ m}$$

$$d_0 = 0,1937 + (2 * 0,06) = 0,314 \text{ m}^2$$

$$A_{c0} = \frac{\pi d_0^2}{4} = \pi * \frac{0,314^2}{4} = 0,0774 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{ed}}{A_{c0}} = \frac{787,3 * 10^3}{0,0774} = 10,17 \text{ MPa} > f_{cd}$$
$$= 13,33 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

12.5.3 VODOROVNÁ REAKCE VNĚJŠÍCH SLOUPŮ

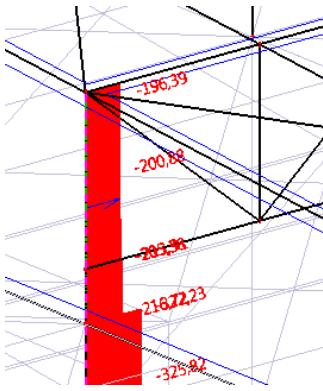
- U krajních sloupů, které nejsou součástí ztužidel, dochází ke vzniku vodorovné reakce v oblasti uložení sloupu
- u těchto sloupů nedochází k tahu → přenos třením
- U krajních sloupů nabývá maxima 30 kN

$$f_{f,Rd} = C_{f,d} * N_{c,ed,min} = 0,2 * 200 = 40 \text{ kN}$$

→ pro krajní sloupy bude stačit přenos třením

$$N_{ed} = 30 \text{ kN} < f_{f,Rd} = 40 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

13 ULOŽENÍ VAZNÍKU NA SLOUP



$$N_{ed} = -200 \text{ kN}$$

- Čepový spoj
- M50 5.8.

$$F_{v,Rd,a} = \frac{n * 0,6 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{2 * 0,6 * 500 * 1963}{1,25} = 942,2 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * f_y * d * t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 * 490 * 50 * 7}{1,25} = 206 \text{ kN}$$

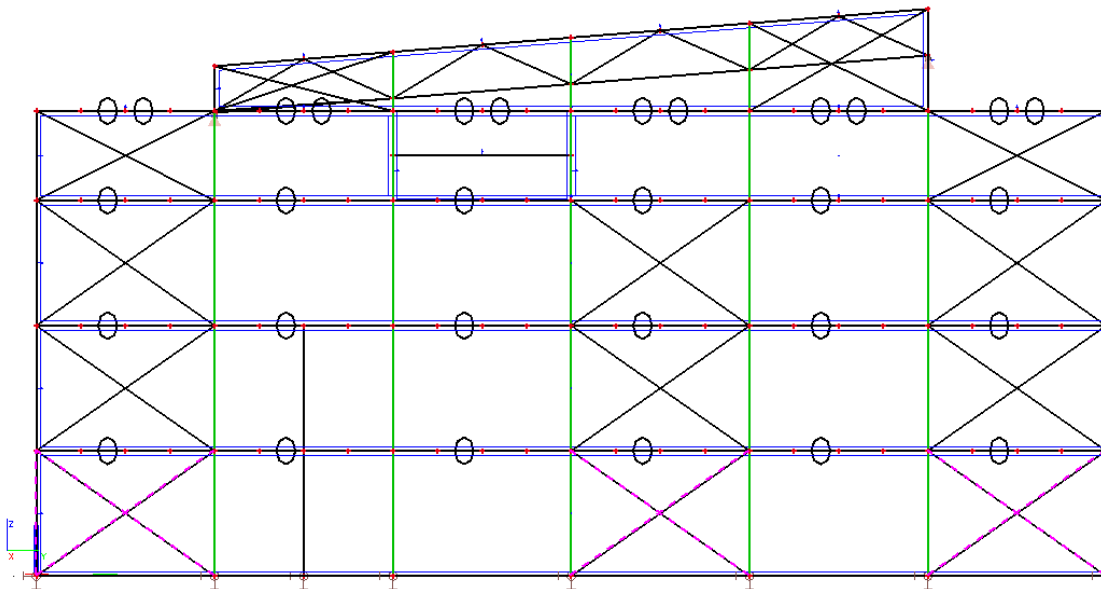
- Nevhodné řešení vzhledem k nedostatečné tl. stojiny T profilu
- Nedostatečná výška T profilu pro čepový spoj o průměru 5 cm
- Zvoleno jiné řešení (viz výkresová dokumentace)

14 ZTUŽIDLA PATROVÉ BUDOVY

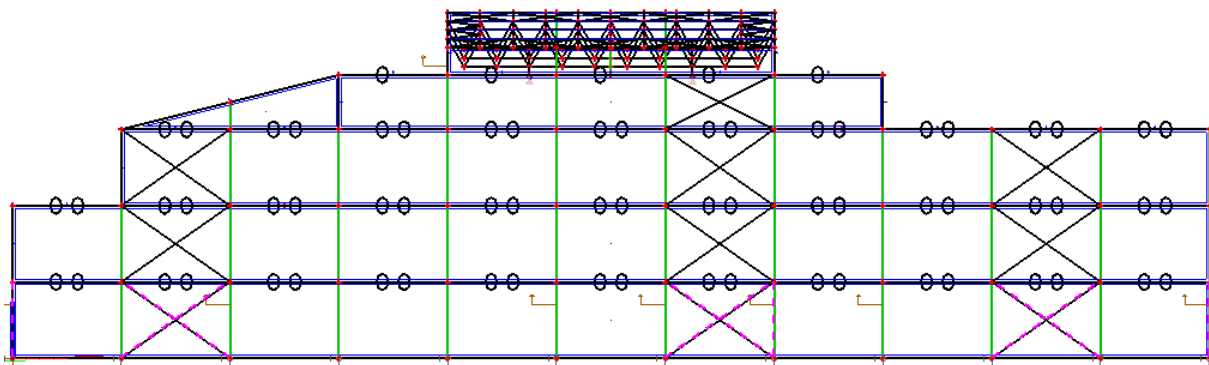
- Pozn.: střešní ztužidla byla rozebrána podrobněji v kapitolách 8 a 9

PŘÍHRADOVÉ ZTUŽIDLO PATROVÉHO RÁMU

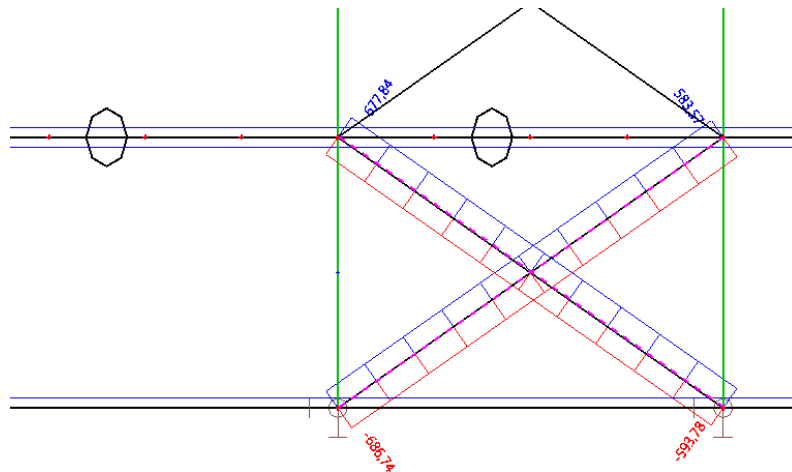
- Ztužidla umístěna symetricky dle dispozičního uspořádání budovy s ohledem na počet podlaží



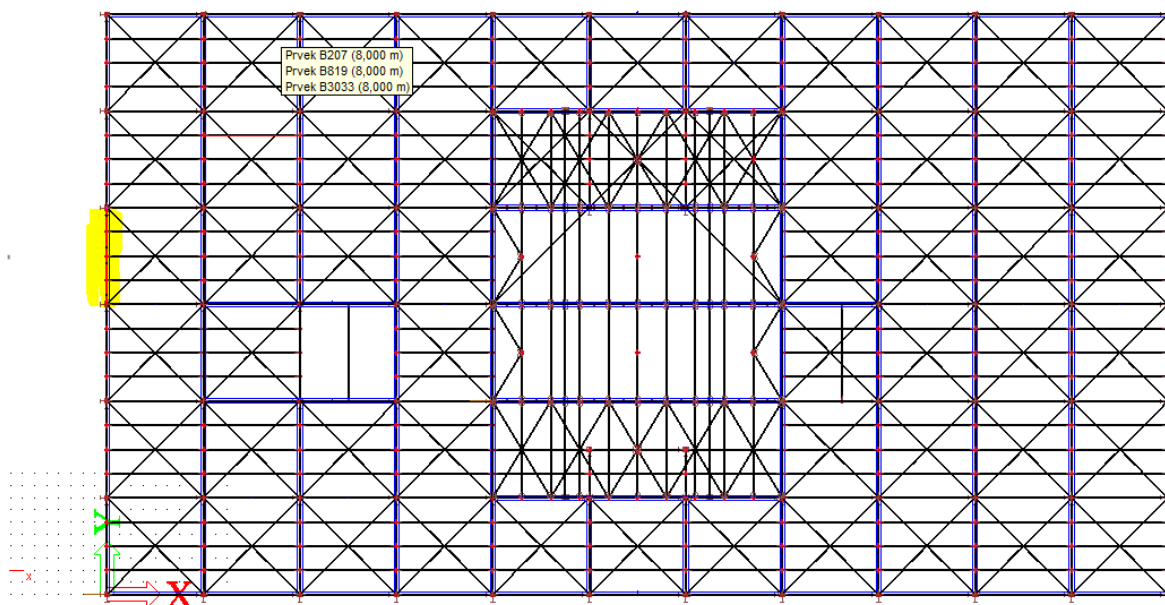
Obr č. 76. - Rozmístění ztužidel budovy ve směru X



Obr č. 77. - Rozmístění ztužidel ve směru Y



Obr. č. 78. - Nejvíce namáhané ztužidlo v 1NP



Obr. č. 79. - Půdorys OC, žlutě vyznačeno nejvíce namáhané ztužidlo

- Ostatní ztužidla v 1.NP vykazují namáhání přibližně od ± 400 kN až ± 600 kN
- Ztužidla budou v místě křížení spojena \rightarrow snížení vzpěrné délky na polovinu pro vybočení z roviny příhradoviny

$w = \frac{Fl^3}{48EI}$ (průhyb
prostě uloženého nosníku)

$$N_{ed} = -686,74 \text{ kN}, N_{ed} = +677,84 \text{ kN}$$

$$L_{sys} = 9,765 \text{ m}$$

$$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{F}{w} = \frac{48EI}{l^3} = \frac{48 * 210 * 10^9 * 1,868 * 10^{-5}}{9,765^3} = 0,2 \text{ MN/m}$$

- Profil CHS 219,1/16,0 (TR KR 219,1x16)
- Vysoká vzpěrná délka pro pruty ztužidla

- Pro uvažovaný uzavřený průřez nerozhoduje vzpěrná únosnost zkroucením

VZPĚŘ

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1,02 * 10^{-2} * 355 * 10^6 = 3621 \text{ kN}$$

Vzhledem ke kruhovému profilu počítáme vybočení s delší vzpěrnou délkou

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 5,297 * 10^{-5}}{9,765^2} = 1151,3 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{Rk}}{N_{cr,d}}} = \sqrt{\frac{3170,2}{772,5}} = 1,77 \rightarrow \text{křivka } b \rightarrow \chi = 0,259$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi * N_{Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{686,74}{0,259 * 3621 / 1} = 0,73 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

TAH

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd}} = \frac{677,8}{3621} = 0,19 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

ZÁVĚR

Na začátku práce bylo navrženo obchodní centrum. Byla vytvořena vizualizace objektu s ohledem na základní dispoziční potřeby objektu. Po optimalizaci půdorysů jednotlivých pater a úpravy dispozice objektu, byl následně vytvořen prutový model v programu SCIA Engineer. Z tohoto modelu byly následně získány hodnoty vnitřních sil.

Hlavní část práce tvoří návrh ocelové konstrukce obchodního centra v Brně v zadaném rozsahu. Byly navrženy jednotlivé dimenze prvků a následně byly posouzeny, že vyhoví pro dané zatížení. Dále byly navrženy některá spojení prvků, která vykazují největší namáhání, další spoje stejných částí je tak možné navrhnout analogicky a bude zajištěna dostatečná bezpečnost. Většina spojů byla namodelována a posouzena v programu IDEA Statica.

Konkrétní řešení spojů a samotné konstrukce bylo vytvořeno postupně s ohledem na namáhání jednotlivých prvků. Po zvolení typu profilu byla následně vybrána optimální velikost profilu. Součástí práce je návrh dvou varianty konstrukce střechy, které jsou na závěr příslušné kapitoly srovnány. V závěru práce jsou posouzeny sloupy OC spolu s analýzou vzpěrných délek dle stabilitního výpočtu.

Přečtením této práce by čtenář mohl získat rámcovou představu o návrhu ocelových konstrukcí, konkrétně konstrukce obchodního centra.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

NORMY

ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, březen 2004. 76 s.

ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, březen 2004. 44 s.

ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, červen 2005. 52 s.

ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, duben 2007. 124 s.

ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*

ČSN EN 1993-1-1 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 96 s.

ČSN EN 1993-1-8 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 128 s.

ČSN EN 1994-1-1 *Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 100 s.

OSTATNÍ LITERATURA A ZDROJE

WALD, František. *Prvky ocelových konstrukcí: příklady podle Eurokódů*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02722-8.

SOKOL, Zdeněk a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. 2., přeprac. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 9788001046555.

STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce: normy*. 2. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 9788001054895.

STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce 1*. Praha: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04800-9.

STUDNIČKA, Jiří. *Ocelobetonové konstrukce 20*. Praha: České vysoké učení technické, 2002. ISBN 80-01-02598-5.

BAŽANT, Zdeněk. *Plošné betonové konstrukce*. Brno: CERM, 1998. Učební texty vysokých škol. ISBN 8021409754.

MELCHER, Jindřich a Milan PILGR. *Kovové konstrukce I: Modul BO04 – M03 Sloupy a větrové ztužidlo*. FAST VUT v Brně, 2006, 48 s.

Česká stránka projektu Acces Steel na ČVUT v Praze. *Kritická síla pro vzpěr zkroucením a prostorový vzpěr*. Praha: České vysoké učení technické. Dostupné na: http://steel.fsv.cvut.cz/Access_Steel_CZ/SN_NCCI/SN001a-CZ-EU.pdf

ROSMANIT, Miroslav. *Hala - patky a kotvení sloupu*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava. Dostupné na: <http://homel.vsb.cz/~ros11/Ocelove%20a%20drevene%20kce/14%20Hala%20-%20patky%20a%20kotveni%20sloupu.pdf>

HRON, Lukáš. *Příloha IV. 6 Geometrie prolamovaných nosníků*. Dostupné na: http://www.fce.vutbr.cz/KDK/hron.l/Garaze/Prolamovane_nosniky.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ZS – zatěžovací stav

VS – vnitřní síly

KV – konstrukční výška

MSÚ – mezní stav únosnosti

MSP – mezní stav použitelnosti

SEZNAM PŘÍLOH

- 01 – DISPOZIČNÍ VÝKRES, PŮDORYS 2.NP A ŘEZY
- 02 – VÝROBNÍ VÝKRES VAZNÍKU, VÝKAZ SPOTŘEBY MATERIÁLU
- 03 – VÝKRES KOTVENÍ
- 04 – PŮDORYS STŘECHY
- 05 – VIZUALIZACE OBJEKTU
- 06 – POHLEDY