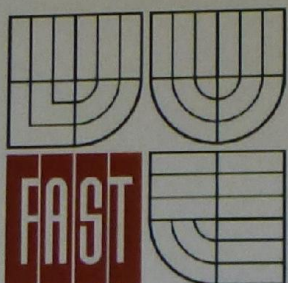


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE VÝROBNÍ HALY

STEEL STRUCTURE OF FACTORY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RICHARD JAMBOR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUKÁŠ HRON

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program

B3607 Stavební inženýrství

Typ studijního programu

Bakalářský studijní program s prezenční formou studia

Studijní obor

3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

Pracoviště

Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student

Richard Jambor

Název

Nosná ocelová konstrukce výrobní haly

Vedoucí bakalářské práce

Ing. Lukáš Hron

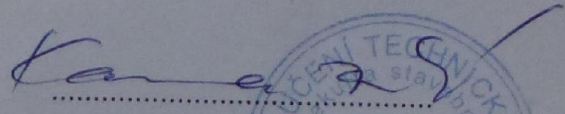
**Datum zadání
bakalářské práce**

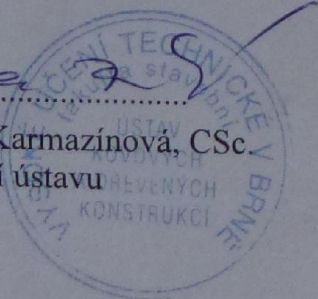
30. 11. 2013

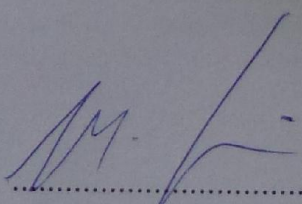
**Datum odevzdání
bakalářské práce**

30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu




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



Podklady a literatura

Platné normy pro určení účinků zatížení a pro navrhování ocelových konstrukcí:

ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem.

ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem.

ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

V rámci této práce bude vypracována nosná ocelová konstrukce výrobní a skladovací haly o rozměrech 18 x 55 m s výškou 8 m.

Pro určení klimatického zatížení bude uvažována lokalita Brno.

Při návrhu nosné konstrukce budou splněny architektonické a dispoziční požadavky.

Požadované výstupy:

Technická zpráva.

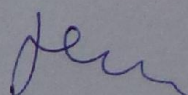
Statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce.

Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



Ing. Lukáš Hron
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem nosné ocelové konstrukce výrobní haly situované nedaleko města Brno. Hala má obdélníkový půdorys o rozměrech 54 x 18m a sedlovou střechu sklonu 5% s výškou hřebene 8m. Příčná vazba je tvořena příhradovým vazníkem o rozpětí 18m uloženým kloubově na plnostěnné sloupy vetknuté v rovině příčné vazby. Vaznice o rozpětí 6m je plnostěnná, prostě uložená na vazníky. Obvodový plášť je tvořen sendvičovými panely a střešní plášť je složen z trapézového plechu, izolace a střešní fólie.

Klíčová slova

nosná ocelová konstrukce, jednopodlažní halová budova, výrobní hala, návrh, dimenzování, posouzení, zatížení, vnitřní síly

Abstract

The thesis deals with a design of the steel structure of the factory hall situated near the city of Brno. The hall has a rectangular shape with the dimensions of 54 x 18m and the saddle roof at the angle of 5% and the roof top 8m above the ground. The transverse bond consists of a truss girder with a span of 18m placed on the columns by joints. The columns are fixed in the transverse direction. The purlin is 6m long and it is placed on the truss by joints. The curtain wall is made of sandwich panels and the roof is composed of layers of a trapezoidal steel plate, isolation and roofing foil.

Keywords

steel construction, one storey hall building, factory hall, design, assessment, check, load, internal forces

...

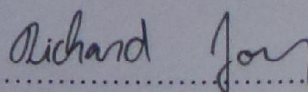
Bibliografická citace VŠKP

Richard Jambor *Nosná ocelová konstrukce výrobní haly*. Brno, 2014. 11 s., 65 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a
dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Lukáš Hron.

Prohlášení:

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

V Brně dne 15.5.2014



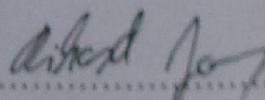
.....
podpis autora
Richard Jambor

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28.4.2014



.....
podpis autora
Richard Jambor



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA

TECHNICAL REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RICHARD JAMBOR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUKÁŠ HRON

OBSAH

1.	VŠEOBECNĚ	2
2.	STATICKE SCHÉMA PŘÍČNÉ VAZBY	2
3.	ZATÍŽENÍ	3
4.	VÝPOČET	4
5.	POPIS KONSTRUKČNÍHO SYSTÉMU	4
6.	MONTÁŽNÍ POSTUP	8
7.	POVRCHOVÁ ÚPRAVA KONSTRUKCE	8
8.	ZÁVĚR	9
9.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY	10
10.	SEZNAM PŘÍLOH	11

1. VŠEOBECNĚ

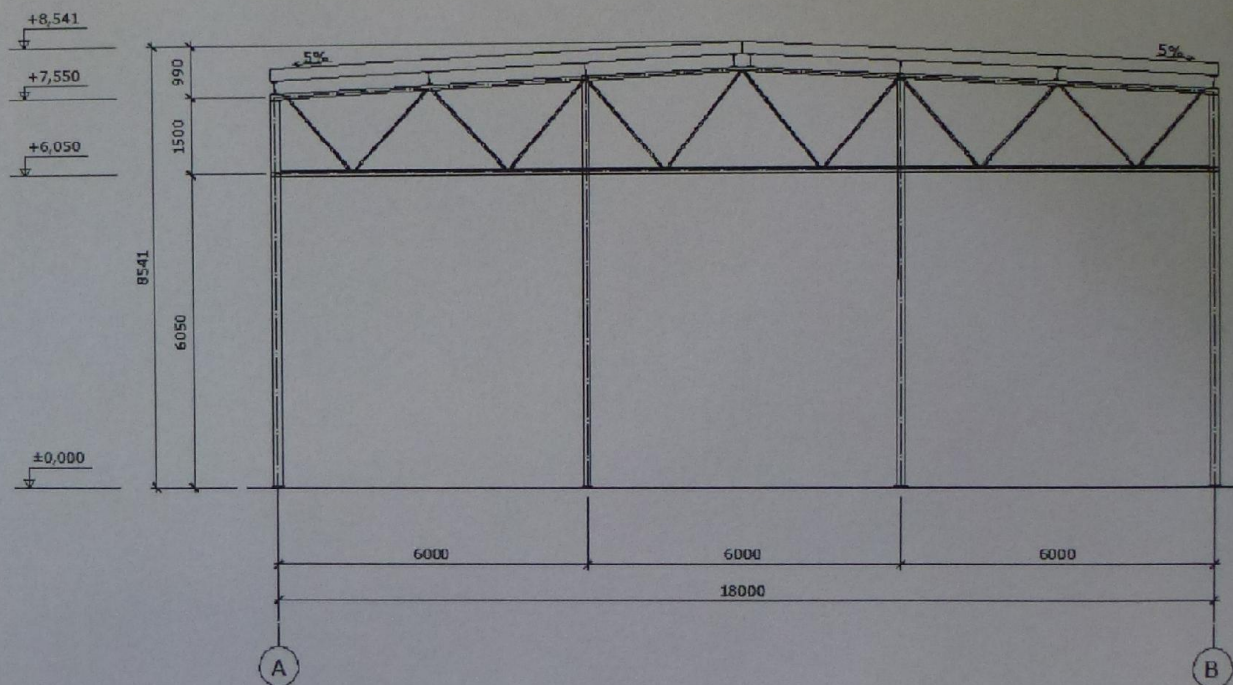
Návrh se týká nosné ocelové konstrukce průmyslové haly situované nedaleko města Brno. Sloužit bude především jako skladovací hala. Půdorysné rozměry haly jsou 54,0 x 18,0 m. Sedlová střecha ve sklonu 5% bude mít hřeben ve výšce 8,5 m. Celkové rozměry tedy jsou: délka 54,0 m, šířka 18,0 m a výška 8,5 m.

Konstrukce je řešena jako vazbový systém. Příčná vazba po 6,0 m je tvořena příhradovým vazníkem svařeným z jeklů o rozpětí 18,0 m uloženým kloubově na plnostěnné sloupy. Sloupy jsou v rovině příčné vazby vetknuty do základové konstrukce.

Prostorová tuhost je zajištěna příčným ztužením stěny a střechy v prvním a posledním poli haly. Dále se v konstrukci nachází podélné hřebenové ztužidlo sloužící především pro zkrácení vzpěrné délky dolního pásu vazníků.

Na vaznících jsou kloubově uložené plnostěnné vaznice o rozpětí 6,0 m.

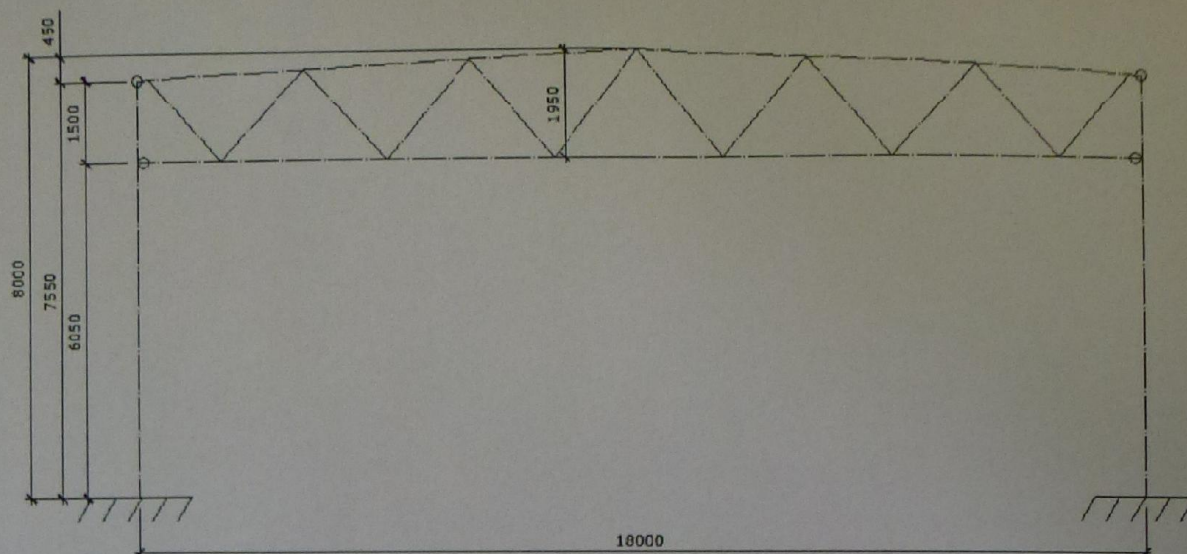
Střešní plášť je složen z nosného trapézového plechu, vrstev izolace, parozábrany a střešní PVC fólie dle požadavku investora. Obvodové stěny jsou pak tvořeny sendvičovými panely.



2. STATICKÉ SCHÉMA PŘÍČNÉ VAZBY

Příčná vazba je řešena jako celek vazníku a sloupů. Sloupy jsou vetknuty do základové desky v příčném směru. Uložení v podélném směru je kloubové. Vazník je uložen kloubově na sloupech. Dolní pás vazníku je připojen ke sloupu taktéž pevným kloubem.

STATICKÉ SCHÉMA PŘÍČNÉ VAZBY



3. ZATÍŽENÍ

STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Stálé zatížení tvoří vlastní tíha materiálu nosné konstrukce, střecha a obvodový plášť.

Vlastní tíha je uvažována automaticky v softwaru při výpočtu.

Střecha je zatížena vrstvou nosného plechu, 2 druhů izolace, parozábrany a PVC fólie o celkové hodnotě $g_k = 0,123 \text{ kNm}^{-2}$. Obvodový plášť tvořen sendvičovými panely vyvozuje zatížení $g_k = 0,129 \text{ kNm}^{-2}$.

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

Uvažováno je zatížení sněhem, větrem, osamělým břemenem na střеше a rovnoměrným plošným zatížením.

Hodnota zatížení sněhem $q_k = 0,800 \text{ kNm}^{-2}$. Zatížení sněhem uvažováno pro II. sněhovou oblast, kde je základní hodnota zatížení sněhem $q_k = 1,000 \text{ kNm}^{-2}$.

Zatížení větrem o maximálním dynamickém tlaku $q_p = 0,611 \text{ kNm}^{-2}$. Pro výpočet zatížení větrem uvažována II. větrová oblast se základní rychlostí větru $v_{b,0} = 25 \text{ ms}^{-1}$.

Osamělé břemeno a plošné rovnoměrné zatížení reprezentují například pohyb dělníků při údržbě. Hodnota zatížení osamělým břemenem $F_k = 1 \text{ kN}$ a hodnota rovnoměrného plošného zatížení $q_k = 0,750 \text{ kNm}^{-2}$ působící na ploše 10 m^2 . Obě tato zatížení byla v rámci kombinování umístěna na střechu tak, aby vyvozovala nejnepříznivější účinky.

MIMOŘÁDNÉ ZATÍŽENÍ

Při výpočtu bylo uvažováno zatížení od nárazu vysokozdvížného vozíku do sloupu.

Specifikace vysokozdvížného vozíku dodal investor, vozík byl následně zařazen do kategorie FL 2. Vozík působí nápravovou silou $Q_k = 40 \text{ kN}$ zvýšenou dynamickým součinitelem na $Q_{k,dyn} = 80 \text{ kN}$. Hodnota vodorovné síly uvažována jako 30% nápravové síly, tedy $H_{k,dyn} = 24 \text{ kN}$. Působíště nárazu bylo uvažováno ve výšce 2,0 m nad úrovní podlahy haly.

STABILITNÍ SÍLY

Stabilitní síly uvažovány při vzpěru pásů vazníku.

Hodnota určena jako 1% z maximální tlakové síly v horním nebo dolním pásu vazníku. Se zatížením se počítalo pouze v kombinacích vyvolujících tlak v příslušném pásu vazníku.

Zatížení je dále přenášeno prostřednictvím vaznic do střešního a stěnového ztužidla (při vzpěru horního pásu) nebo přes podélné ztužidlo do sloupků ve štítové stěně (při vzpěru dolního pásu) a následně do základové konstrukce.

4. VÝPOČET

Pro výpočet vnitřních sil byl vytvořen 3D model haly v programu Scia Engineer. Kombinace byly vytvořeny automaticky. Pro mezní stav únosnosti dle rovnic 6.10a a 6.10b a pro mezní stav použitelnosti byla vytvořena charakteristická kombinace.

Zatížení sněhem a větrem bylo upraveno příslušnými součiniteli (v závislosti na tvaru střechy, sklonu střechy, výšce budovy) a rozmístěno dle eurokódu. Na krajních sloupech, okapových a vrcholových vaznicích bylo zatížení uvažováno poloviční hodnotou vzhledem k poloviční zatěžovací šířce.

Výpočtem v softwaru byly zjištěny vnitřní síly a dimenzování bylo provedeno pro obálky maximálních vnitřních sil.

Dimenzování proběhlo ručním výpočtem pro mezní stav únosnosti. Hodnoty průhybů odečteny ze softwaru a ručním výpočtem (zjednodušeně) ověřeny.

Také bylo provedeno ověření hodnot některých vnitřních sil. Odchyłky byly v rozmezí 15%, což považuji za přijatelné.

5. POPIS KONSTRUKČNÍHO SYSTÉMU

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Tvořen nosným trapézovým plechem TR 60/235 uloženým kolmo na vaznice. Dále 2 vrstvami tepelné izolace, parozábranou a střešní PVC fólií o celkové tloušťce 240mm.

Trapézový plech nebyl dimenzován, ale převzat z tabulek výrobce pro dané zatížení, rozpětí a statické schéma. Plech byl uvažován jako spojitý nosník délky 9,0 m s podporami po 3,0 metrech. Pro dané zatížení vyhovuje s rezervou 38%.

Připojení plechu k vaznicím je realizováno samořeznými vruty do vln plechu. Vzhledem k umístění hydroizolace nad plechem, není třeba provádět žádné speciální opatření pro připoje vruty.

OBVODOVÝ PLÁŠŤ

Tvořen sendvičovým panelem. Jedná se o kombinaci dvou trapézových plechů a výplňové izolace celkové tloušťky 100 mm.

VAZNICE

Navržen profil IPE 240 (S235).

Vaznice je uvažována jako prostě podepřený nosník o rozpětí 6,0 m se zatěžovací šířkou 3,0 m.

Není bráněno klopení, schopnost plechu bránit klopení by musela být prokázána výpočtem.

Při rozhodující kombinaci, která vyvoluje ohyb s klopením vyhovuje s rezervou 33%. IPE 220 by již nevyhovělo.

Průhyb vaznice byl ručně stanoven na $w = 6$ mm. Hodnota průhybu ze softwaru byla $w = 5,2$ mm. Rozdíl je tedy cca 13% na stranu bezpečnou. Limitní průhyb vaznice $w_{lim} = 30,0$ mm, rezerva činí 80%.

Připojení vaznice na vazník je realizováno šroubově k plechům, které jsou přivařeny k hornímu pásu vazníku. 2x M16 8.8. pro připojení pásnice k plechu pod pásnicí a 1x M16 8.8. pro připojení stojiny vaznice k "patce" přivařené k vazníku.

VAZNÍK

Horní pás - navržen profil TR CTV 100x4 (S235).

Vybočení v rovině vazníku brání diagonály a vybočení z roviny vazníku je zajištěno vaznicemi.

Rozhodujícím namáháním je vzpěr, profil vyhovuje s rezervou 25%.

Připojení horního pásu vazníku na sloup je provedeno pomocí 2 plechů a 4x M16 8.8. Jeden z plechů je přivařen dílensky k vazníku, druhý k vaznici a šroubově se spojí během montáže.

Horní pás je dílensky svařen tupým svarem ze dvou kusů profilu.

Dolní pás - navržen profil TR CTV 100x8 (S235).

Vybočení v rovině vazníku brání diagonály a vybočení z roviny vazníku je zajištěno podélným hřebenovým ztužidlem v polovině rozpětí vazníku. Rozhodujícím namáháním je vzpěr, profil vyhovuje s rezervou 5%.

Dolní pás vazníku je přišroubován k pásnici sloupu přes čelní desku (přivařena k pásu vazníku) pomocí 2x M16 10.9. Šrouby třídy 10.9. jsou použity proto, že z konstrukčního hlediska nelze použít 4 šrouby ani větší průměr šroubu. Profil sloupu je v místě připojení vyztužen pomocí žeber z plechu.

Dále je dolní pás vazníku dílensky svařen tupým svarem ze dvou kratších kusů profilu, protože není běžně dodáván v potřebné délce.

Diagonály - navrženy jako TR CTV 50x5 (S235).

Vzpěrné délky v obou rovinách byly uvažovány stejnými hodnotami, jako jsou teoretické délky prutů. Dimenzována byla nejdelší diagonála na největší normálovou sílu. Rozhodujícím namáháním je vzpěr a pruty vyhoví s rezervou 11%.

Diagonály jsou k pásům vazníku přivařeny koutovým obvodovým svarem tloušťky $a = 3$ mm.

Vazník jako celek

Průhyb vazníku byl vypočítán ručně zjednodušenou metodou (vazník nahrazen prostým nosníkem, zanedbány diagonály a vypočítán náhradní moment setrvačnosti) a jeho hodnota $w = 17,1$ mm. Software průhyb určil jako $w = 11,5$ mm. Rozdíl tedy činí cca 33% na stranu bezpečnou. Maximální dovolený průhyb $w_{lim} = 70$ mm. Vazník tedy vyhovuje s dostatečně velkou rezervou.

Vazník nebude mít montážní spoj. Délku 18,0 m lze ještě bez větších problémů převézt. Cena přepravy se odvíjí především od hmotnosti (která je relativně nízká) a bude levnější vazníky převézt než vytvářet montážní spoj.

SLOUPY

Dimenzován byl jak krajní, tak mezilehlý sloup. Mezilehlý sloup byl navržen jako profil HEA 200 (S 235) a krajní sloup jako HEA 140 (S235). Vzhledem k malé úspoře na materiálu a možnosti provést stejné detaily zůstane i krajní sloup z profilu HEA 200 (S235).

Sloup byl řešen jako nosník délky 7,550 m vetknutý do základu v rovině příčné vazby, uložený kloubově v podélném směru a kloubově spojen s vazníkem. Není bráněno klopení. Zatěžovací šířka je 6,0 m.

Rozhodujícím namáháním byla kombinace tlaku a ohybu. Průřez vyhovuje s rezervou 7%.

Průhyb sloupu (v rovině příčné vazby) odečten ze softwaru $w = 5,8$ mm. Limitní průhyb pro sloup $w_{lim} = 12,5$ mm. Rezerva tedy činí cca 53%.

Vetknutí do základové desky je provedeno pomocí patního plechu (ke kterému je přivařen sloup) a 8x chemické kotvy RG M16-180 E 8.8. Plech je uložen na vyrovnávací vrstvě betonu C25/30. Díry do betonu budou vrtány až během montáže. Pro usnadnění provádění je v patním plechu otvor pro kotvu o průměru 20 mm namísto standardních 18 mm.

SLOUPKY

Navržen profil HEA 140 (S235).

Sloupky ve štítové stěně zajišťují vynesení obvodového pláště, přenos zatížení větrem a dále přenos sil z prutů bránících vybočení dolnímu pásu vazníku (při zatížení stabilitní silou) do základů. Rozhodující je posudek na vzpěr s ohybem a profil vyhovuje s rezervou 31%.

Kotvení k základové desce je řešeno pomocí dvou chemických kotev RG M16-180 E 8.8. a patního plechu přivařeného ke sloupku. Plech je uložen na vyrovnávací vrstvě betonu C25/30. Díry do betonu budou vrtány až během montáže. Pro usnadnění provádění je v patním plechu otvor pro kotvu o průměru 20 mm namísto standardních 18 mm.

Připojení sloupku k vazníku bude provedeno pomocí plechů a 2x M16 8.8. Plech bude přivařen k dolnímu pásu vazníku během výroby a k němu bude přišroubována pásnice sloupku během montáže.

ZTUŽENÍ

Ztužení stěny a střechy - navržen profil KR 22 (S235).

Ztužidla uvažována jako prvky působící pouze v tahu. Rozhodující bylo posouzení na tah v místě oslabení závitem (kvůli použití dopínací matice). Vyhovuje s rezervou 20%.

Přípoje ke sloupu a hornímu pásu vazníku řešeny přes styčnickový plech přivařený ke sloupu a pomocí 2xM16 8.8.

Hřebenové podélné ztužidlo - navržen profil KR 16 (S235).

Rozhodující bylo posouzení na tah v místě oslabení závitem (kvůli použití dopínací matice). Vyhovuje s rezervou 56%.

Přípoje k dolnímu a hornímu pásu vazníku řešeny přes styčnickové plechy přivařené k pásům a pomocí 2xM12 8.8.

PŘEHLED PROFILŮ, JEJICH VYUŽITÍ A ORIENTAČNÍ VÝKAZ MATERIÁLU

Prvek	Profil	Využití [%]
STŘEŠNÍ PLECH	TR. PLECH 60/235	62
VAZNICE	IPE 240	67
HORNÍ PÁS VAZNÍKU	TR CTV 100x4	75
DOLNÍ PÁS VAZNÍKU	TR CTV 100x8	95
DIAGONÁLY	TR CTV 50x5	89
MEZILEHLÉ SLOUPY	HEA 200	93
KRAJNÍ SLOUPY	HEA 120	97
SLOUPKY	HEA 140	69
ZTUŽENÍ STĚNY A STŘECHY	KR 22	80
ZTUŽENÍ DOLNÍHO PÁSU VAZNÍKU	KR16	44

OZNAČENÍ PRVKU	NÁZEV	DÉLKA [m]	kg/m	kg/ks	ks	HMOTNOST CELKEM [kg]
P	STŘEŠNÍ PLECH	9,000	6,70	60,30	120	7 236
V	VAZNICE	6,000	30,70	184,20	72	13 262
HP	HORNÍ PÁS VAZNÍKU	9,200	11,70	107,64	20	2 153
DP	DOLNÍ PÁS VAZNÍKU	18,000	21,40	385,20	10	3 852
D1	DIAGONÁLA 1	2,024	6,56	13,28	20	266
D2	DIAGONÁLA 2	2,230	6,56	14,63	20	293
D3	DIAGONÁLA 3	2,230	6,56	14,63	20	293
D4	DIAGONÁLA 4	2,343	6,56	15,37	20	307
D5	DIAGONÁLA 5	2,343	6,56	15,37	20	307
D6	DIAGONÁLA 6	2,460	6,56	16,14	20	323
S1	MEZILEHLÝ SLOUP	7,550	42,30	319,37	16	5 110
S2	KRAJNÍ SLOUP	7,550	19,90	150,25	4	601
S3	SLOUPEK	7,700	24,70	190,19	4	761
ZT 1	ZTUŽENÍ STĚNY	9,644	2,98	28,74	8	230
ZT 2	ZTUŽENÍ STŘECHY	6,710	2,98	20,00	24	480
ZT 3	ZTUŽENÍ D.P. VAZNÍKU	6,309	1,58	9,97	18	179

HMOTNOST CELÉ KONSTRUKCE [kg]

35 652

6. MONTÁŽNÍ POSTUP

Značení prvků odpovídá značení prvků a rastru dle dipozice.

Při montáži by mělo být postupováno následovně:

1. Zakotvení sloupů A1, A2, B1 a B2.
2. Montáž stěnového ztužidla mezi sloupy A1,A2 a B1,B2.
3. Připojení vazníků 1 a 2 na sloupy.
4. Montáž střešního ztužení mezi vazníky 1 a 2.
5. Montáž vaznic mezi vazníky 1 a 2.
6. Zakotvení sloupů A3 a B3.
7. Připojení vazníku 3 na sloupy.
8. Montáž vaznic mezi vazníky 2 a 3.
9. Dále postupovat dle kroků 6,7 a 8 až na konec haly.

Je možné postupovat symetricky z obou konců, montáž sloupů A9,A10,B9 a B10 provést podle kroků 1-5 a další postup podle kroků 6-9.

7. POVRCHOVÁ ÚPRAVA KONSTRUKCE

Protikorozi ochrana bude provedena nátěrem dle ČSN EN ISO 12944-5. Barva nátěru bude upřesněna investorem (v interiéru je konstrukce přiznaná).

Investor nepožaduje protipožární nátěr.

8. ZÁVĚR

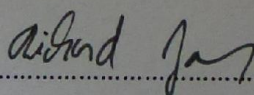
Ve své bakalářské práci jsem navrhoval hlavní nosnou ocelovou konstrukci skladovací haly umístěné nedaleko města Brno.

Během návrhu jsem postupoval co nejpečlivěji a snažil jsem se dodržet všechny platné normativní dokumenty (uvedené v seznamu použité literatury) a požadavky investora s ohledem na co nejlepší poměr ceny a bezpečnosti konstrukce.

Také jsem se snažil navrhnout konstrukci tak, aby detaily a montáž bylo možné provést pokud možno jednoduše a rychle.

Pro návrh jsem používal profily a spojovací materiál běžně dostupný, výrobce ve své práci ale nechci jmenovat.

V Brně dne 25.5.2014


.....
podpis autora
Richard Jambor

9. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY

NORMY

- [1] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ÚNMZ, 2010.
- [3] ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: ÚNMZ, 2013.
- [4] ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem. Praha: ÚNMZ, 2013.
- [5] ČSN EN 1991-1-7. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení - Mimořádná zatížení. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [6] ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [7] ČSN EN 1993-1-8. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků. Praha: ÚNMZ, 2013.
- [8] ČSN 01 3483. Výkresy stavebních konstrukcí. Výkresy kovových konstrukcí. Praha, 1986.

SKRIPTA

- [9] MELCHER, J. a B. STRAKA. Kovové konstrukce: konstrukce průmyslových budov. 1. vyd. Praha: SNTL, 1977, 217 s.

10. SEZNAM PŘÍLOH

P1 - STATICKÝ VÝPOČET, 65str.

P2 - VÝKRESOVÁ ČÁST

P 2.1. - DISPOZICE

měřítko 1:100

formát A1

P 2.2. - VÝKRES KOTVENÍ M,

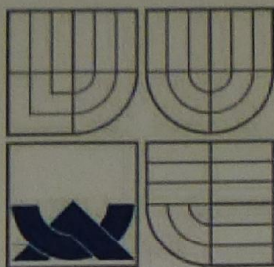
měřítko 1:100

formát 5x A4

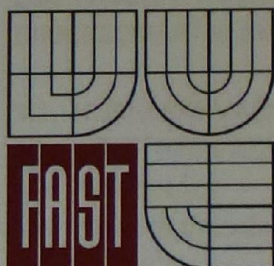
P 2.3. - VÝKRES VAZNÍKU V3

měřítko 1:100

formát A0



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

P1: STATICKÝ VÝPOČET

STRUCTURAL DESIGN ANALYSIS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RICHARD JAMBOR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUKÁŠ HRON

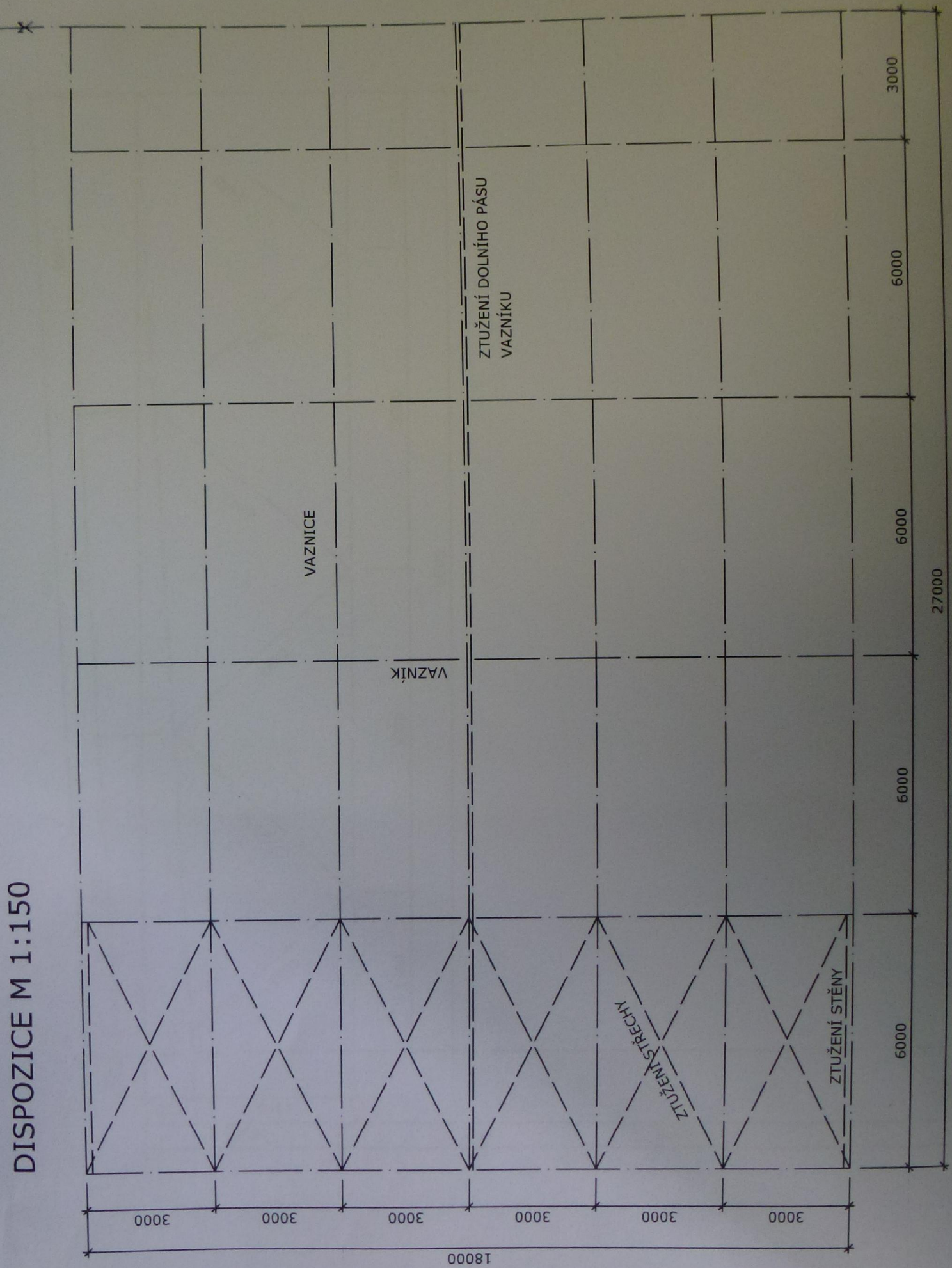
BRNO 2014

OBSAH

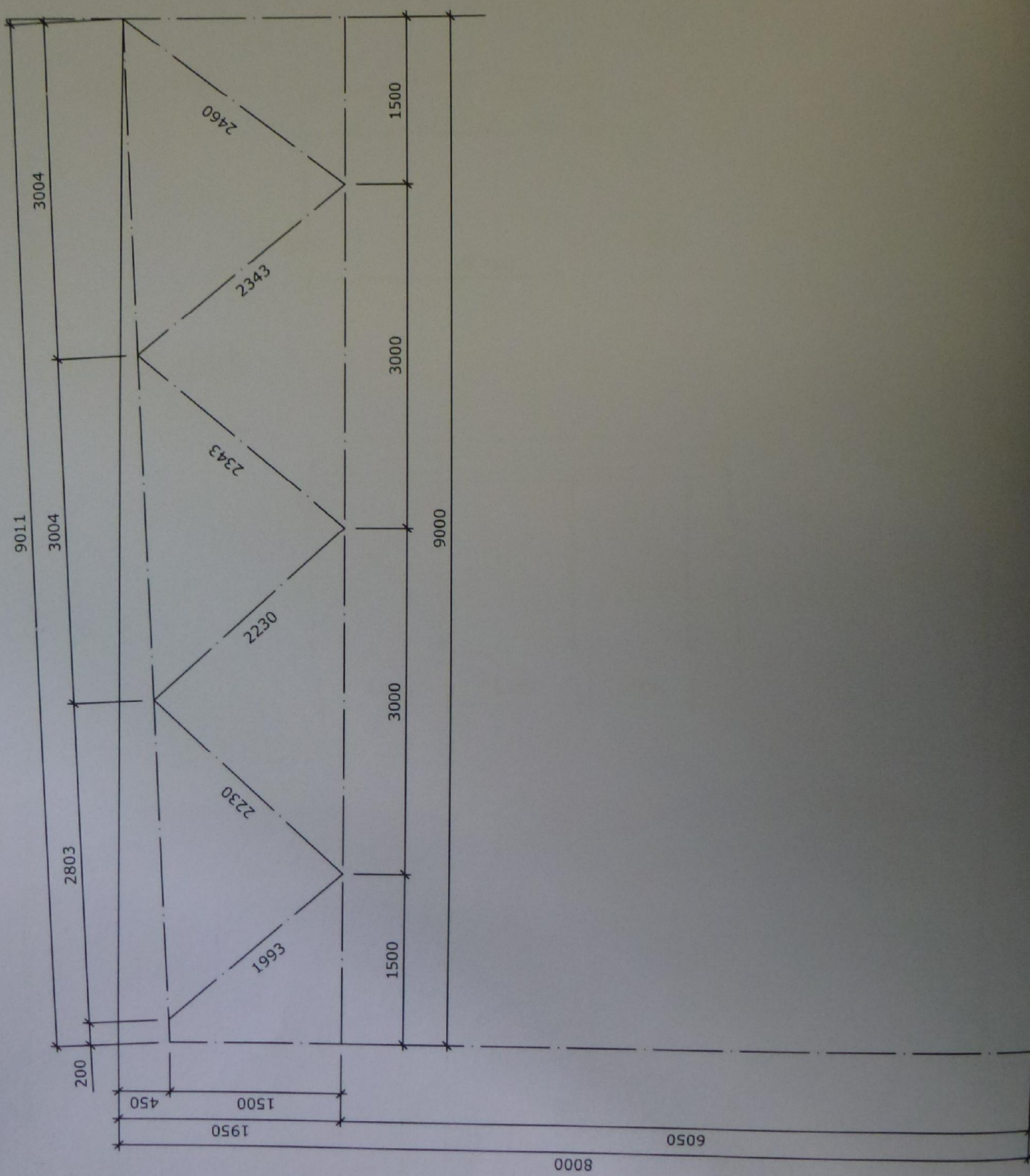
1. ROZMĚRY, SCHÉMA KONSTRUKCE, STATICKÉ SCHÉMA	2-5
2. ZATÍŽENÍ, ZATĚŽOVACÍ STAVY, VNITŘNÍ SÍLY	
2.1. ZATÍŽENÍ	6-11
2.2. ZATĚŽOVACÍ STAVY A KOMBINACE	12-14
2.3. TABULKY VNITŘNÍCH SIL	15-16
3. DIMENZOVÁNÍ HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ	
3.1. HORNÍ PÁS VAZNÍKU	18-19
3.2. DOLNÍ PÁS VAZNÍKU	20-21
3.3. DIAGONÁLY	22-23
3.4. PRŮHYB VAZNÍKU	24
3.5. VAZNICE	25-28
3.6. SLOUPEK VE ŠTÍTOVÉ STĚNĚ	29-32
3.7. MEZILEHLÝ SLOUP	33-38
3.8. KRAJNÍ SLOUP	29-45
3.9. ZTUŽENÍ STĚNY A STŘECHY	46-47
3.10. PODÉLNÉ HŘEBENOVÉ ZTUŽIDLO	48-49
3.11. NOSNÝ TRAPÉZOVÝ PLECH	50
3.12. PŘEHLED PROFILŮ A JEJICH VYUŽITÍ	51
3.13. ORIENTAČNÍ VÝPIS MATERIÁLU Z TEORETICKÝCH DÉLEK	51
4. DIMENZOVÁNÍ VYBRANÝCH DETAILŮ	
4.1. PŘÍPOJ DIAGONÁL NA PÁSY VAZNÍKU	53-55
4.2. PŘÍPOJ KRAJNÍ DIAGONÁLY K HORNÍMU PÁSU VAZNÍKU	56-58
4.3. PŘÍPOJ HORNÍHO PÁSU VAZNÍKU NA SLOUP	59-60
4.4. PŘÍPOJ DOLNÍHO PÁSU VAZNÍKU NA SLOUP	61
4.5. PŘÍPOJ STĚNOVÉHO ZTUŽIDLA NA SLOUP	62-64
4.6. KOTVENÍ SLOUPU	65

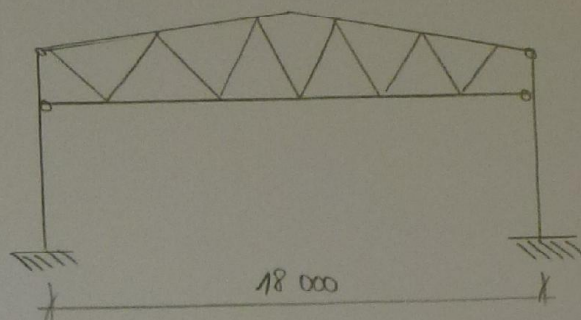
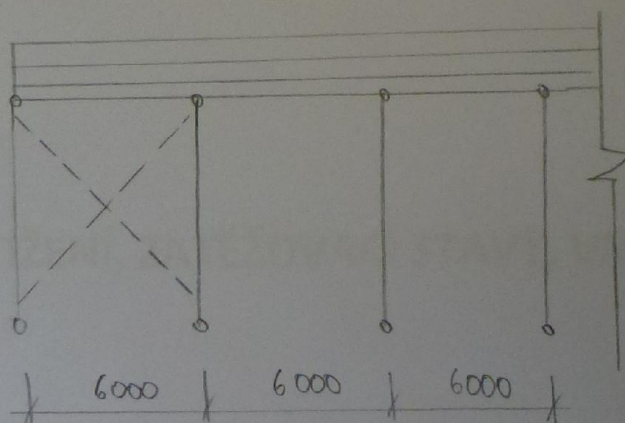
ČÁST 1: ROZMĚRY, SCHÉMA KONSTRUKCE, STATICKÁ SCHÉMATA

DISPOZICE M 1:150

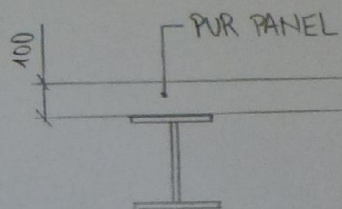
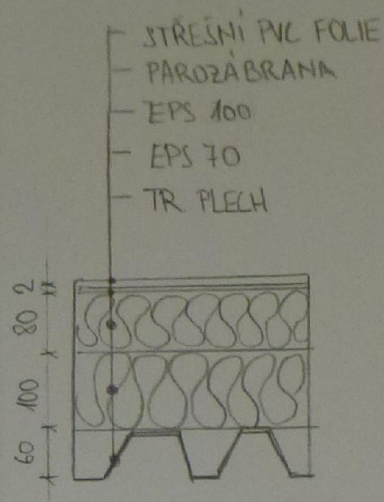


FRONT ELEVATION



STATICKÉ SCHÉMAPŘÍČNÝ SMĚRPODELNÝ SMĚR

ČÁST 2: ZATÍŽENÍ, ZATĚŽOVACÍ STAVY, VNITŘNÍ SÍLY



2.1. ZATÍŽENÍ

2.1.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

a) VL. TÍHA - VVAŽOVÁNÍ V SOFTWARE

b) STŘECHA: NOSNÝ TR. PLECH	$0,067 \text{ kNm}^{-2}$
EPS 70; tl. 100 mm	$0,015 \text{ kNm}^{-2}$
EPS 100; tl. 80 mm	$0,016 \text{ kNm}^{-2}$
PAROZÁBRANA 300 g/m^2	$0,003 \text{ kNm}^{-2}$
PVC FOLIE	$0,020 \text{ kNm}^{-2}$

STŘEŠNÍ PLAŠŤ CELKEM: $0,123 \text{ kNm}^{-2}$

c) OBVODOVÝ PLAŠŤ: PUR PANELY $0,129 \text{ kNm}^{-2}$

2.1.2. ZATÍŽENÍ NAHODILÉ

2.1.2.1. SNÍH

- SNĚHOVÁ OBLAST II. (BRNO)

$$s_k = 1,0 \text{ kPa} = 1,0 \text{ kNm}^{-2}$$

$$s = \mu_s \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k$$

$$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kNm}^{-2}$$

$$\mu_s - \text{pro } \alpha < 0; 30^\circ = 0,8$$

$$c_e - \text{NORMÁLNÍ KLASINA} = 1,0$$

$$c_t - \text{REDUKCE PROSTUPEM TEPLA} = 1,0$$

2.1.2.2. VÍTR

OBLAST II. (BRNO)

$$V_{b,0} = 25 \text{ m s}^{-1}$$

ZÁKLADNÍ RYCHLOST

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{expos} \cdot V_{b,0}$$

 $C_{dir}, C_{expos} \text{ pro } \bar{C}_R = 1,0$

$$V_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = \underline{25 \text{ m s}^{-1}}$$

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_o(z) \cdot V_b$$

KAT. TERÉNU III.

$$z_0 = 0,3 \text{ m} \quad z_{0,II} = 0,05$$

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

$$z_{max} = 200 \text{ m}$$

$$z = 8,0 \text{ m (vrchol vazníku)}$$

$$k_R = 0,19 \left(z_0 / z_{0,II} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot (0,3 / 0,05)^{0,07} = \underline{0,215}$$

$$C_r(z) = k_R \cdot \ln(z / z_0) = 0,215 \cdot \ln(8 / 0,3) = \underline{0,706}$$

$$C_o(z) - \text{SOVĚ. OROGRAFIE} = 1,0$$

$$V_m(z) = 0,706 \cdot 1,0 \cdot 25 = \underline{17,650 \text{ m s}^{-1}}$$

$$\text{max. dyn TLAK} \quad q_p(z) = [1 + 7 I_v(z)] \cdot 0,5 \rho \cdot V_m(z)^2$$

$$k_1 = 1,0 \text{ SOVĚ. TURBULENCE}$$

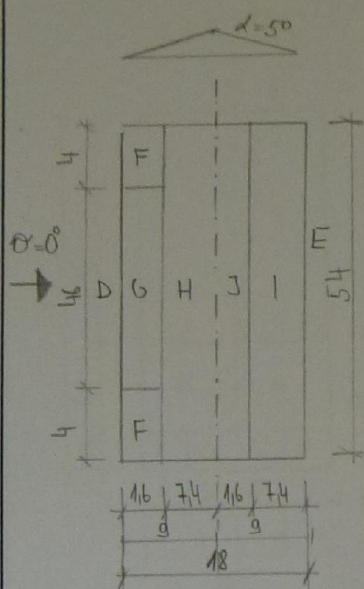
$$\rho = 1,25 \text{ kg m}^{-3} \text{ HUSTOTA VZDUCHU}$$

$$I_v(z) = \frac{k_1}{C_o(z) \cdot \ln(z / z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(8 / 0,3)} = \underline{0,305}$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,305] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 17,650^2 = 611 \text{ Pa}$$

$$= \underline{\underline{0,611 \text{ kPa}}}$$

$$\text{MAX. DYN. TLAK} \quad \underline{\underline{q_p(z) = 0,611 \text{ kPa}}}$$

PŘÍČNÝ VÍTR

$$b = 54 \text{ m}$$

$$h = 8 \text{ m}$$

$$e = \min \{ b; 2h \} = \min \{ 54; 16 \} = 16 \text{ m}$$

$$e/10 = 1,6 \text{ m}$$

$$e/4 = 4 \text{ m}$$

OBLAST	PLOCHA [m ²]	SOUČINITEL	ZATÍŽENÍ [kN/m ²]
F	6,4 < 10	c_{pe} +0	0
		-1,90	-1,161
G	73,6 > 10	$c_{pe,10}$ +0	0
		-1,7	-0,734
H	400 > 10	$c_{pe,10}$ +0	0
		-0,6	-0,367
J	87 > 10	$c_{pe,10}$ +0,2	+0,123
		-0,6	-0,367
I	400 > 10	$c_{pe,10}$ +0	0
		-0,6	-0,367

SOUČINITEL c_{pe} pro OBLAST $F, A_F < 10 \text{ m}^2$

$$c_{pe,1} = -2,5$$

$$c_{pe,10} = -1,7$$

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \log A_F$$

$$= -2,5 - (-2,5 - (-1,7)) \cdot \log 6,4 = -1,9$$

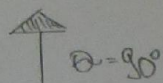
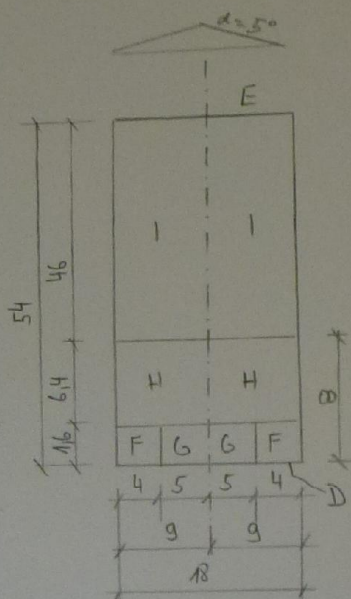
ZATÍŽENÍ: $w_s = c_{pe} \cdot q_p(z)$

$$w_s = c_{pe,10} \cdot q_p(z)$$

SVISLÉ STĚNY:

NÁVĚTRNÁ OBLAST D; $c_{pe} = 0,75$; $w_s = +0,459 \text{ kN/m}^2$

ZÁVĚTRNÁ OBLAST E; $c_{pe} = -0,35$; $w_s = -0,214 \text{ kN/m}^2$

PODELNÝ VÍTR

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

$$h = 8 \text{ m}$$

$$e = \min \{ b; 2h \} = \min \{ 18; 16 \} = 16 \text{ m}$$

$$e/10 = 1,6 \text{ m}$$

$$e/4 = 4 \text{ m}$$

$$e/2 = 8 \text{ m}$$

OBLAST	PLOCHA [m ²]	SOUČINITEL	ZATÍŽENÍ [kN/m ²]
F	6,4 < 10	C_{pe}	+ 0
			- 1,7
G	72 > 10	$C_{pe,10}$	+ 0
			- 1,3
H	58 > 10	$C_{pe,10}$	+ 0
			- 0,7
I	414 > 10	$C_{pe,10}$	+ 0
			- 0,5

SOUČINITEL C_{pe} pro OBLAST F; $A_F < 10 \text{ m}^2$

$$C_{pe,1} = -2,2$$

$$C_{pe,10} = -1,6$$

$$C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \cdot \log A_F =$$

$$= -2,2 - (-2,2 - (-1,6)) \cdot \log 6,4 = -1,7$$

ZATÍŽENÍ : $w = C_{pe} \cdot q_p(z)$

$$w = C_{pe,10} \cdot q_p(z)$$

SVISLÉ STĚNY:

NÁVĚTRNÁ OBLAST D ; $c_{pe} = 0,70$; $w = +0,428 \text{ kN/m}^2$

ZÁVĚTRNÁ OBLAST E ; $c_{pe} = -0,30$; $w = -0,184 \text{ kN/m}^2$

2.1.2.3. UŽITNÉ ZATÍŽENÍOSAMĚLÉ BŘEMENO NA STŘEŠE

- REPREZENTUJE NAPŘ. ÚDRŽBAŘE

$$F_k = 1,0 \text{ kN}$$

- UMÍSTĚNO V RÁMCI KOMBINACÍ TAK, ABY
VÝVOLALO NEJNEPŘÍZNIVĚJŠÍ ÚČINKY

SPOJITÉ ROVNOMĚRNÉ ZAT. NA STŘEŠE

$$q_k = 0,75 \text{ kNm}^{-2} \quad \text{NA PLOŠE } 10 \text{ m}^2$$

- UMÍSTĚNO V RÁMCI KOMBINACÍ TAK, ABY
VÝVOLALO NEJNEPŘÍZNIVĚJŠÍ ÚČINKY

2.1.3. ZATÍŽENÍ MIMOŘÁDNÉNÁRAZ VYSOKOZDVIŽNÉHO VOZÍKU DO SLOUPU

TRÍDA FL2 : VL. TÍHA : 31 kN

ZATÍŽENÍ : 15 kN

NÁPRAVOVÁ SÍLA $Q_k = 40 \text{ kN}$

DYN SOUČINITEL (PLNĚ PNEUMATIKY) $\varphi = 2,0$

$$Q_{k,dyn} = \varphi \cdot Q_k = 2,0 \cdot 40 = 80 \text{ kN}$$

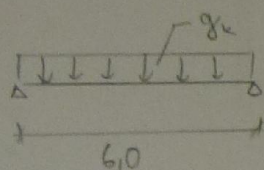
$$H_{k,dyn} = 0,3 \cdot Q_{k,dyn} = 0,3 \cdot 80 = 24 \text{ kN}$$

H_k VODROVNÁ SÍLA OD NÁRAZU

POZN.:

- TYP VOZÍKU UPŘESNĚN INVESTOREM

- PŮSOBIŠTĚ $H_{k,dyn}$ BUDE UVAŽOVÁNO VE VÝŠCE 2,0 m

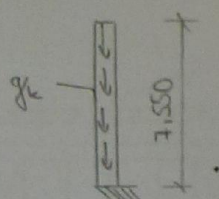
2.2. ZATĚŽOVACÍ STAVY2.2.1. ZS 1 - STÁLÉ

VAZNICE : $z_s = 3,0 \text{ m}$

$$g_k = 0,123 \cdot 3,0 = \underline{0,369 \text{ kNm}^{-1}}$$

OKRAJOVÁ VAZNICE : $z_s = 1,5 \text{ m}$

$$g_k = 0,123 \cdot 1,5 = \underline{0,185 \text{ kNm}^{-1}}$$



SLOUPY : $z_s = 6,0 \text{ m}$

$$g_k = 0,123 \cdot 6,0 = \underline{0,774 \text{ kNm}^{-1}}$$

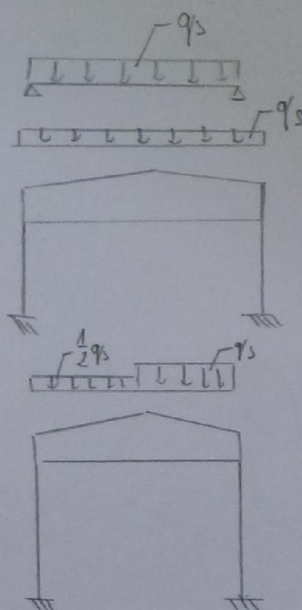
2.2.2. ZS 2 - SNÍH PLNÝ

VAZNICE : $z_s = 3,0 \text{ m}$

$$q_s = 0,8 \cdot 3 = \underline{2,4 \text{ kNm}^{-1}}$$

OKRAJOVÁ VAZNICE : $z_s = 1,5 \text{ m}$

$$q_s = \underline{1,2 \text{ kNm}^{-1}}$$

2.2.3. ZS 3 - SNÍH NESÝMETRICKÝ

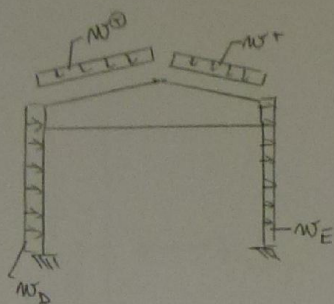
a) LEVÝ

$$q_s = 2,4 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\frac{1}{2}q_s = 1,2 \text{ kNm}^{-1}$$

b) PRAVÝ

- JAKO LEVÝ, ALE NAOPAK



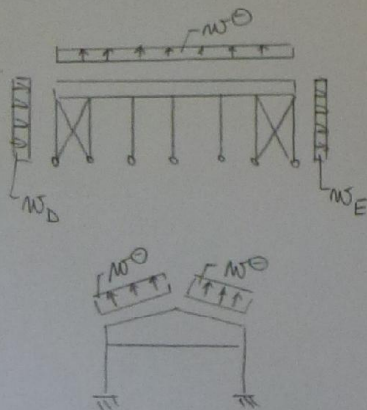
2.2.4. PŘÍČNÝ VÍTR - ZS 4

a) TLAK

HODNOTY A ROZMÍSTĚNÍ ZATÍŽENÍ
VĚTREM VÍZ. KAPITOLA 2.1.2.2.

b) SÁNÍ

- JAKO TLAK, ALE S HODNOTAMI w_S
- VÍZ. KAPITOLA 2.1.2.2.

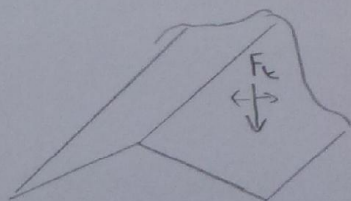


2.2.5. ZS 5 - PODELNÝ VÍTR

HODNOTY A ROZMÍSTĚNÍ NA KONSTRUKCI
VÍZ. KAPITOLA 2.1.2.2.

2.2.6. ZS 6 - OSAMĚLÉ BŘEMENO NA STŘEŠE

- $F_k = 1 \text{ kN}$
- UMÍSTIT TAK, ABY VYVOLALO NEJMÉNĚ
PŘÍZNIVÝ ÚČINEK

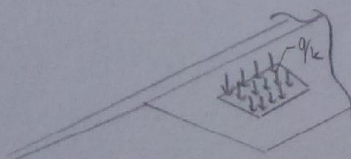


2.2.7. ZS 7 - SPOJITÉ ROVNOMĚRNÉ ZAT. NA STŘEŠE

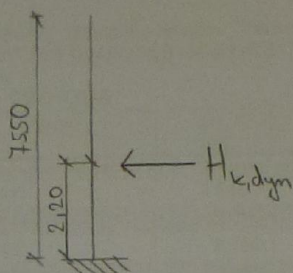
$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

NA PLOŠE 10 m^2

- UMÍSTIT DO NEJMÉNĚ PŘÍZNIVÉ POLOHY



2.2.8. ZS 8 - NÁRAZ VISOLOZDVÍŽNÉHO VOZÍKU DO SLOUPU



$$H_{k,dyn} = 24 \text{ kN}$$

PŮSOBIŠTĚ 2,0 m NAD PODLAHOU

2.2.9. ZS 9 - STABILITNÍ SÍLY

a) PŘI VZPĚRU HORNÍHO PÁSU VAZNÍKU

- UVAŽOVÁNY JAKO 1/2 TLAKOVÉ SÍLY V HORNÍM PÁSU
- PŘENESENÝ ZTUŽIDLY

b) PŘI VZPĚRU DOLNÍHO PÁSU VAZNÍKU

- UVAŽOVÁNY JAKO 1/2 TLAKOVÉ SÍLY V DOLNÍM PÁSU
- PŘENESENÝ ZTUŽIDLY

2.2.10. KOMBINACE ZS

- KOMBINACE VYTVOŘENY V SOFTWARE DLE PLATNÉHO EUROKÓDU. ZKOMBINOVÁNY VŠECHNY ZAT. STAVY DLE ROVNIC 6.10.a A 6.10.b S PŘÍSLUŠNÝMI SOUČINITELI
- NÁSLEDNĚ PROVEDEN VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL A DIMENZOVÁNÍ NA OBÁLKY VNITŘNÍCH SIL

1. Horní pás vazníku

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
výběr : B6,B7,B40,B41,B93,B94,B134,B135,B175,B176,B216,B217,B257,B258,B298,B299,B339,B340,B380,B381
Třída : Všechny MSU
Průřez : Horní pás - QRO100X8

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	My [kNm]
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*				
B298	CO1/1	6,007	-191,79	1,23
B40	CO1/2	6,007	107,83	-0,69
B40	CO1/2	0,150	10,02	-5,60
B299	CO1/1	8,861	-43,19	10,87

2. Dolní pás vazníku

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B4,B38,B91,B132,B173,B214,B255,B296,B337,B378
Třída : Všechny MSU
Průřez : Dolní pás - QRO100X4

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
B38	CO1/2	7,500	-90,38
B296	CO1/3	7,500	191,99

3. Diagonály

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B5,B25..B34,B39,B53..B62,B92,B106..B115,B133,B147..B156,B174,B188..B197,B215,B229..B238,B256,B270..B279,
B297,B311..B320,B338,B352..B361,B379,B393..B402
Třída : Všechny MSU
Průřez : svislice a dia - QRO50X5

Prvek	Stav	Δx [m]	N [kN]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
B320	CO1/1	0,000	-100,35
B319	CO398/1	0,000	52,82

4. Vaznice

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B64,B66,B68..B72,B117..B123,B158..B164,B199..B205,B240..B246,B281..B287,B322..B328,B363..B369,B404..B410,
Třída : Všechny MSU
Průřez : vaznice - IPE240

Průřez : vaznice - IPE24							
Prvek	Stav	dx [m]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	
B70	CO1/5	6,000	-0,66	-13,05	0,00	0,00	
B70	CO1/1	0,000	0,66	13,05	0,00	0,00	
B69	CO1/6	6,000	0,00	-18,82	0,00	0,00	
B69	CO1/1	0,000	0,00	18,82	0,00	0,00	
B66	CO1/7	3,000	0,00	0,00	-19,35	0,98	
B69	CO1/8	3,000	0,00	0,00	28,23	0,00	
B71	CO1/9	3,000	0,00	0,00	-19,35	-0,98	
B70	CO1/10	3,000	0,00	0,00	19,58	0,99	

5. Krajní sloup

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B1,B2,B376,B377
Třída : Všechny MSU
Průřez : SLOUP KRAJNÍ - HEA120

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*							
B376	CO1/1	0,000	-47,57	0,00	5,37	-9,11	0,00
B1	CO1/11	7,550	64,23	8,06	-0,68	0,00	5,79

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
B1	CO1/11	0,000	58,57	-6,49	0,28	-0,68	0,00
B2	CO1/12	7,550	43,18	8,09	0,46	0,00	5,98
B2	CO1/13	7,550	-21,06	-0,01	-5,22	0,00	-0,06
B1	CO1/14	0,000	15,89	-0,02	9,64	-16,84	0,00
B2	CO1/13	6,050	-22,51	-0,01	0,42	6,75	-0,06
B1	CO1/11	3,092	60,97	-0,47	0,28	0,19	-10,76
B2	CO598/4	7,550	40,01	8,09	0,35	0,00	5,98

6. Mezilehlý sloup

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B36,B37,B89,B90,B130,B131,B171,B172,B212,B213,B253,B254,B294,B295,B335,B336
Třída : Všechny MSU
Průřez : Sloup VNITŘNÍ - HEA200

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
B37	CO1/15	0,000	-91,74	-0,12	16,33	-43,23	0,00
B335	CO1/14	7,550	43,14	0,01	-30,16	0,00	6,00
B36	CO1/16	6,050	-4,33	-0,81	-0,04	0,08	-4,29
B336	CO398/1	6,050	-76,26	0,15	-24,55	38,12	0,69
B37	CO1/17	7,550	-56,87	-0,11	-34,51	0,00	-0,77
B36	CO1/18	0,000	32,61	0,02	31,26	-72,53	0,00
B37	CO1/17	6,050	-58,42	-0,11	13,49	49,60	-0,66
B36	CO1/16	7,550	-3,00	-0,81	0,04	0,02	-5,50
B336	CO1/1	7,550	-74,93	0,15	-26,28	0,60	0,91

7. Podélné ztužidlo stěny

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B77,B78,B83,B84,B411..B414
Třída : Všechny MSU
Průřez : Podélné ztužení stěny - RD25

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
B77	CO1/16	0,000	-37,56
B412	CO1/11	0,000	19,30

8. Ztužení střechy

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B85..B88,B417..B436
Třída : Všechny MSU
Průřez : Podélné ztužení střechy - RD20

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
B421	CO651/16	0,000	-32,17
B86	CO1/11	0,000	16,32

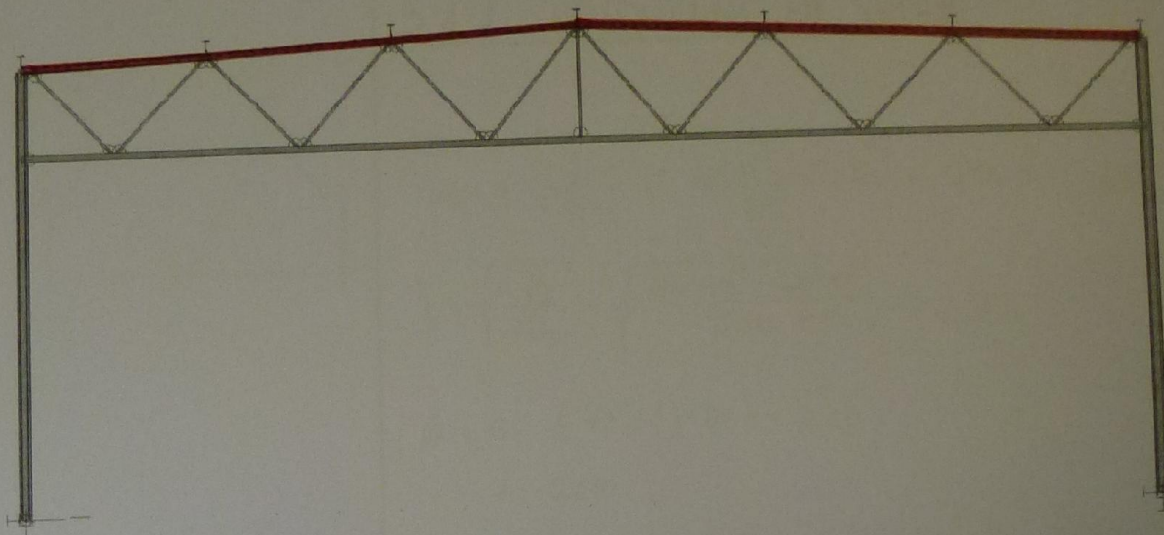
9. Ztužení vazníku-zkrácení vzp. délky dolního pásu

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B87,B88,B128,B129,B169,B170,B210,B211,B251,B252,B292,B293,B333,B334,B374,B375,B415,B416
Třída : Všechny MSU
Průřez : Ztužení vazníku-vzpěr DP - RD20

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
B87	CO1/19	0,000	-14,54
B88	CO1/20	0,000	6,24

ČÁST 3: DIMENZOVÁNÍ HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ

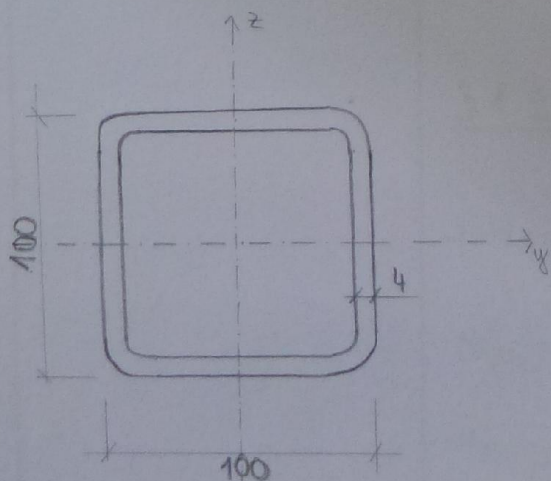
3.1. HORNÍ PÁS VAZNIKU



VNITŘNÍ SILY

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	My [kNm]
B298	CO1/1	6,007	-191,79	1,23
B40	CO1/2	6,007	107,83	-0,69
B40	CO1/2	0,150	10,02	-5,60
B299	CO1/1	8,861	-43,19	10,87

PRŮŘEZ - TRCTV 100x4



$$G = 11,700 \text{ kg/m}$$

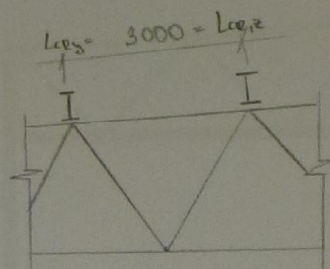
$$A = 1,520 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = I_z = 2,330 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_y = I_z = 3,900 \cdot 10^{-2} \text{ m}^4$$

TRÍDA: 1

KŘIVKA VZPĚR: a



3.1.1. POSOUŽENÍ NA VZPĚR

$$L_{eq1} = L_{eq2} = 3000 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{E \cdot I}{L_{eq}^2} = \pi^2 \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,33 \cdot 10^{-6}}{3,0^2} = 5,366 \cdot 10^5 \text{ N} = \underline{536,60 \text{ kN}}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,520 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{5,366 \cdot 10^5}} = \underline{0,812}$$

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

$$\alpha = 0,210$$

$$\phi = 0,5 [1 + 0,210 (0,812 - 0,2) + 0,812^2] = \underline{0,862}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,862 + \sqrt{0,862^2 - 0,812^2}} = \underline{0,722}$$

$$N_{B,ED} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,722 \cdot 1,520 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = \underline{257,83 \text{ kN}}$$

$$\frac{N_{C,ED}}{N_{B,ED}} = \frac{191,79}{257,83} = \underline{0,75 \leq 1,00}$$

VYHOVUJE !

3.1.2. POSOUŽENÍ NA TAH

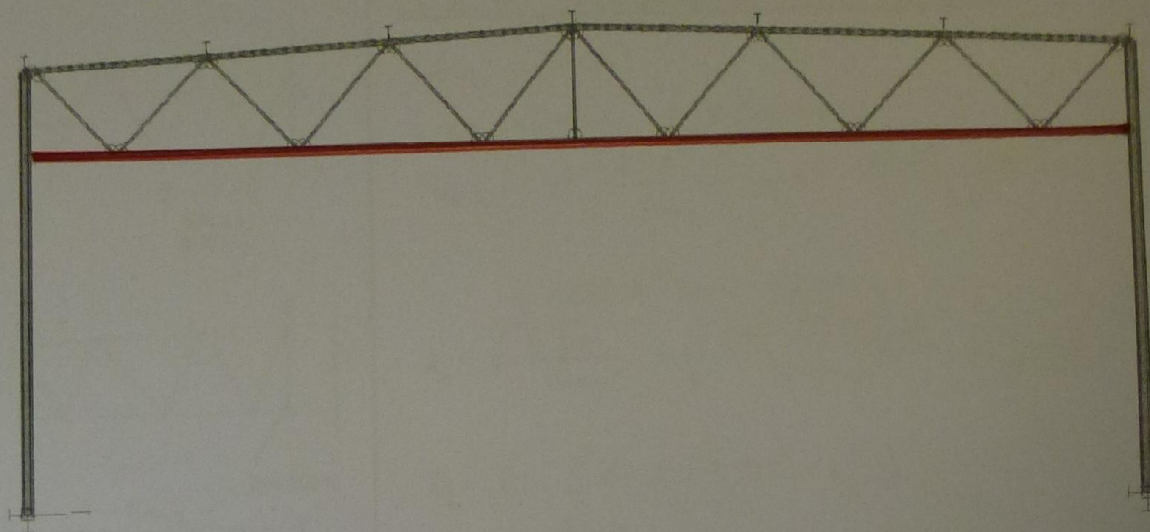
$$\text{stíhlost} \quad \lambda = \frac{L}{i} = \frac{3,000}{3,9 \cdot 10^{-2}} = 77 \leq \lambda_{lim} = 400$$

$$N_{T,ED} = \frac{A \cdot f_t}{\gamma_{m0}} = \frac{1,520 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 3,572 \cdot 10^5 = \underline{357,20 \text{ kN}}$$

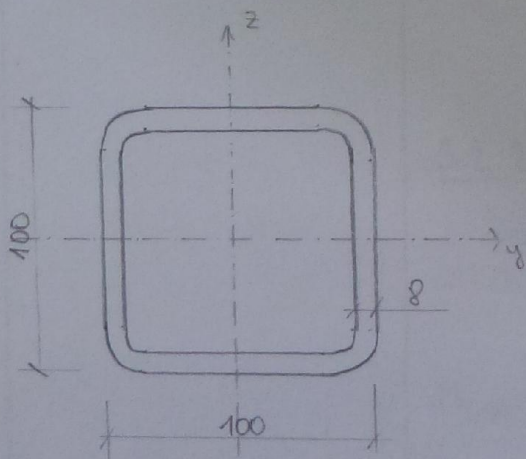
$$\frac{N_{T,ED}}{N_{T,ED}} = \frac{107,83}{357,20} = \underline{0,31 \leq 1,00}$$

VYHOVUJE !

POZN.: OHYBOVÉ MOMENTY ZANEDBÁNY

3.2. DOLNÍ PÁS VAZNIKUVNITŘNÍ SÍLY

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]
B38	CO1/2	7,500	-90,38
B296	CO1/3	7,500	191,99

PRŮŘEZ - TRCTV 100x8

$$G = 21,400 \text{ kg/m}$$

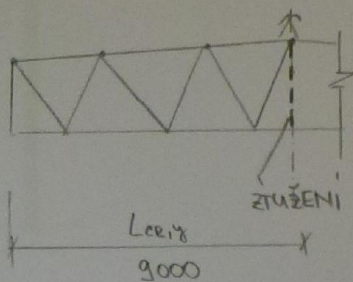
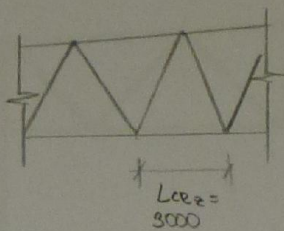
$$A = 2,890 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = I_z = 4,060 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$i_y = i_z = 37 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$$

TRÍDA: 1

KŘÍVKA VZPĚRY: ω



3.2.1. POSOUŽENÍ NA VZPĚR

$$L_{cr,y} = 3,000 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 9,000 \text{ m} \Rightarrow \text{ROZHODUJE}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \frac{EI}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 4,060 \cdot 10^{-3}}{9,0^2} =$$

$$= 1,038 \cdot 10^{-5} \text{ N} = 103,80 \text{ kN}$$

$$\bar{\eta}_z = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,830 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,038 \cdot 10^{-5}}} = 2,558$$

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

$$\lambda = 0,210$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,210 (2,558 - 0,2) + 2,558^2] = 4,019$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\eta}_z^2}} = \frac{1}{4,019 + \sqrt{4,019^2 - 2,558^2}} = 0,140$$

$$N_{t,red} = \frac{\chi_z \cdot A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,140 \cdot 2,830 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 95,08 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,ED}}{N_{t,red}} = \frac{90,38}{95,08} = 0,95 \leq 1,00$$

VYHOVUJE 8

3.2.2. POSOUŽENÍ NA TAH

$$\text{ŠTÍHLOST: } \lambda = \frac{L}{i} = \frac{9,0}{37 \cdot 10^{-2}} = 244 \leq \lambda_{lim} = 400$$

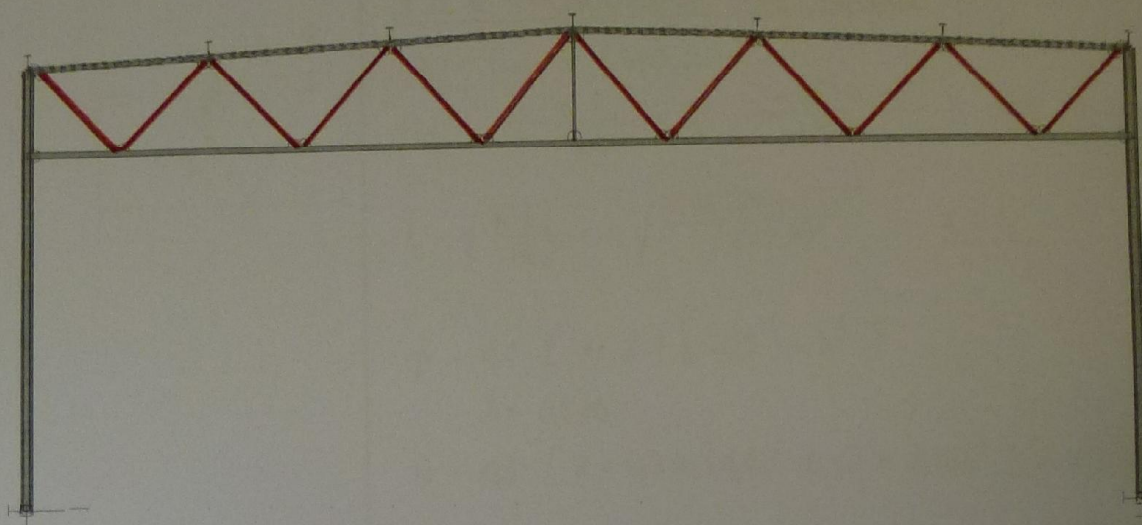
$$N_{t,red} = \frac{A f_{to}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,830 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 679,10 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,ED}}{N_{t,red}} = \frac{191,99}{679,10} = 0,30 \leq 1,00$$

VYHOVUJE 8

POZN. CHYBOVÉ MOMENTY ZANEDBÁNY

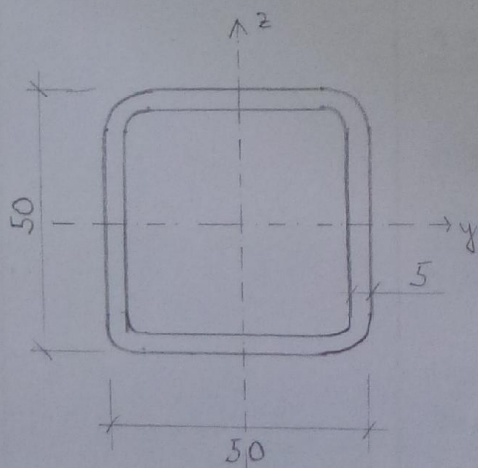
3.3. DIAGONÁLY



VNITŘNÍ SÍLY

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]
B320	CO1/1	0,000	-100,35
B319	CO398/1	0,000	52,82

PRŮŘEZ - TRCTV 50x5



$$G = 6,560 \text{ kg/m}$$

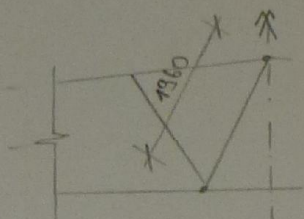
$$A = 8,360 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_y = I_z = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$i_y = i_z = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

TRÍDA: 1

KŘIVKA VZPĚRU: 0



3.3.1. POSOUZENÍ NA VZPĚR

$$L_{ce,y} = L_{ce,z} = 1,960 \text{ m}$$

$$N_{ce} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{ce}^2} = \pi^2 \cdot \frac{21 \cdot 10^{11} \cdot 27 \cdot 10^{-7}}{1,960^2} = 155,02 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{ce}}} = \sqrt{\frac{8,360 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,550 \cdot 10^5}} = 1,126$$

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

$$\alpha = 0,210$$

$$\phi = 0,5 [1 + 0,210 (1,126 - 0,2) + 1,126^2] = 1,231$$

$$\kappa = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,231 + \sqrt{1,231^2 - 1,126^2}} = 0,579$$

$$N_{B,ED} = \frac{\kappa \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,579 \cdot 8,360 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 113,75 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,ED}}{N_{B,ED}} = \frac{100,35}{113,75} = 0,89 \leq 1,00$$

VYHOVUJE 8

3.3.2. POSOUZENÍ NA TAH

$$\text{ŠTIHLOST: } \lambda = \frac{L}{i} = \frac{1,960}{1,8 \cdot 10^{-2}} = 112 \leq \lambda_{lim} = 400$$

$$N_{t,ED} = \frac{A \cdot f_t}{\gamma_{m0}} = \frac{8,360 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 1,964 \cdot 10^5 = 196,40 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,ED}}{N_{t,ED}} = \frac{52,82}{196,40} = 0,27 \leq 1,00$$

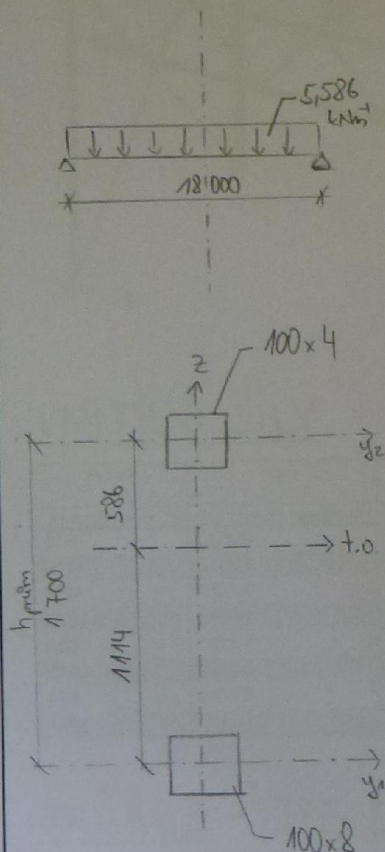
VYHOVUJE 8

POZN. - OHYBOVÉ MOMENTY ZANEDBÁNY

- DIMENZOVÁNA NEJDELEŠÍ DIAGONÁLA
NA NEJVĚTŠÍ SILU

3.4. ZJEDNODUJENÍ VÝPOČET PRŮHYBU VAZNIKU

PŘEDPOKLADY: - STANOVENÍ PRŮM VÝŠKÍ VAZNIKU
 - NÁHRADNÍ MOMENT SETRVAČNOSTI
 - ZANEDBÁNÍ DIAGONÁL



ZATÍŽENÍ: $\left. \begin{array}{l} \text{STÁLÉ} = 0,056 \text{ kNm}^{-2} \\ \text{SNÍH} = 0,800 \text{ kNm}^{-2} \\ \text{TLAK VĚTRU} = 0,075 \text{ kNm}^{-2} \end{array} \right\} \Sigma = 0,931 \text{ kNm}^{-2}$

ZAT. ŠÍŘKA = 6,000 m $\Rightarrow q = 6,000 \cdot 0,931 = 5,586 \text{ kNm}^{-1}$

TĚŽIŠTĚ: $z = \frac{A_{\text{sp}} \cdot z_1 + A_{\text{up}} \cdot z_2}{\Sigma A} = \frac{1,520 \cdot 10^{-3} \cdot 0 + 2,830 \cdot 10^{-3} \cdot 1,7}{(1,520 + 2,830) \cdot 10^{-3}} =$

$$z = 1,114 \text{ m}$$

MOM. SETRVAČNOSTI: $I_{\text{D}} = I_{\text{sp}} + I_{\text{up}} + A_{\text{sp}} \cdot z_{\text{sp}}^2 + A_{\text{up}} \cdot z_{\text{up}}^2 =$

$$I_{\text{D}} = 2,330 \cdot 10^{-6} + 4,060 \cdot 10^{-3} + 1,520 \cdot 10^{-3} \cdot 0,586^2 + 2,830 \cdot 10^{-3} \cdot 1,114^2 =$$

$$I_{\text{D}} = 8,171 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

PRŮHYB: $w = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_{\text{D}}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5,586 \cdot 18^4}{21 \cdot 10^{11} \cdot 8,171 \cdot 10^{-4}} =$

$$w = 17,1 \text{ mm}$$

$$w_{\text{LIM}} = 72 \text{ mm}$$

$$w < w_{\text{LIM}}$$

$$17,1 < 72$$

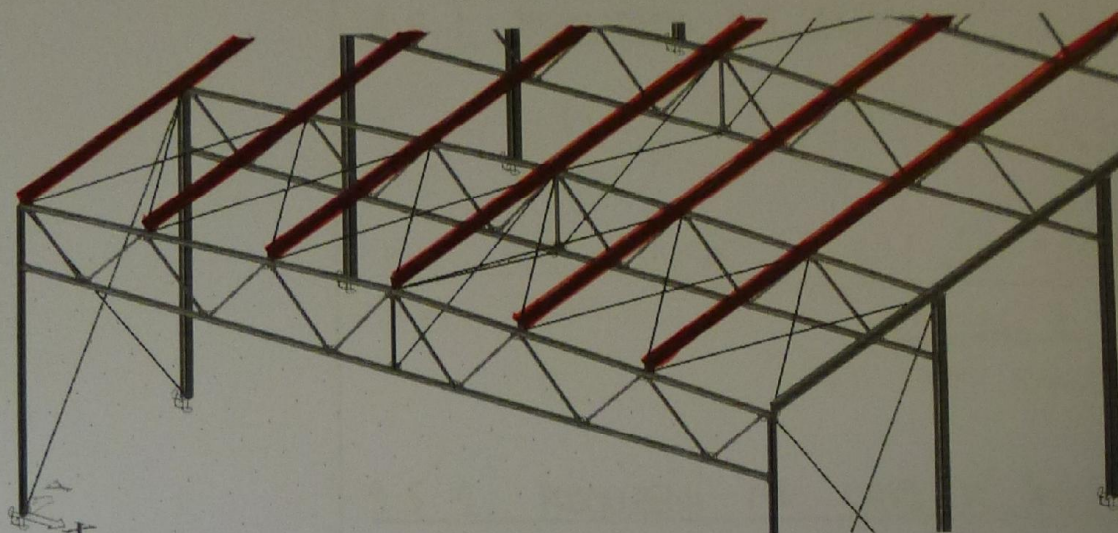
VÝHOVUJE

POZN:

HODNOTA PRŮHYBU ZE SOFTWARE $w = 11,5 \text{ mm}$

ROZDÍL JE cca 30%, NA STRANU BEZPEČNOSTI

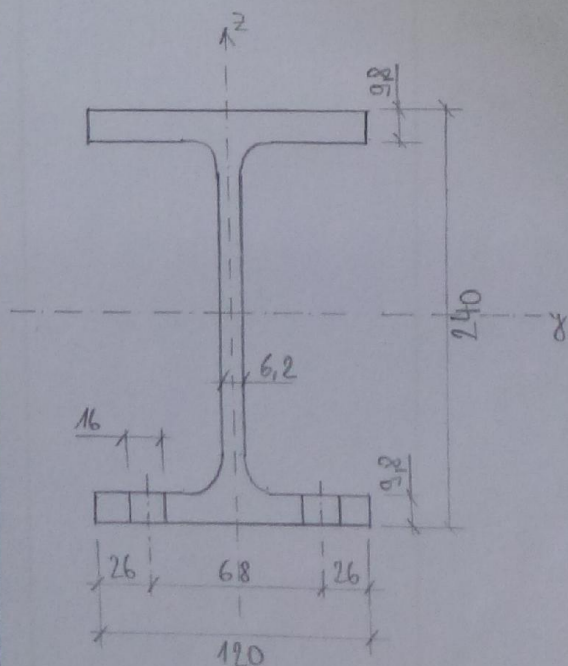
3.5. VAZNICE



VNITŘNÍ SÍLY

Prvek	Stav	dx [m]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B70	CO1/5	6,000	-0,66	-13,05	0,00	0,00
B70	CO1/1	0,000	0,66	13,05	0,00	0,00
B69	CO1/6	6,000	0,00	-18,82	0,00	0,00
B69	CO1/1	0,000	0,00	18,82	0,00	0,00
B66	CO1/7	3,000	0,00	0,00	-19,35	0,98
B69	CO1/8	3,000	0,00	0,00	28,23	0,00
B71	CO1/9	3,000	0,00	0,00	-19,35	-0,98
B70	CO1/10	3,000	0,00	0,00	19,58	0,99

PRŮŘEZ - IPE 240



$$G = 30,700 \text{ kg/m}$$

$$A = 3,340 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{v,z} = 1,530 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 3,832 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,840 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_w = 3,740 \cdot 10^{-8} \text{ m}^6$$

$$I_t = 1,23 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 3,670 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 7,330 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M_{pl,y,ex} = 8,620 \cdot 10^4 \text{ Nm} = 8,20 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,z,ex} = 1,740 \cdot 10^4 \text{ Nm} = 1,740 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = 9,188 \cdot 10^5 \text{ N} = 918,80 \text{ kN}$$

TRÍDA: 1

KŘÍMKA VZPĚRU y-y : a

KŘÍMKA VZPĚRU z-z : b

3.5.1. POSOUZENÍ NA SMYK

$$V_{R,ED} = \frac{A_v \cdot f_z}{\sqrt{3} \cdot f_{mz}} = \frac{1,530 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = \underline{207,50 \text{ kN}}$$

$$\frac{V_{ED}}{V_{R,ED}} = \frac{18,82}{207,50} = \underline{[0,10 \leq 1,0]}, [0,1 \leq 0,5]$$

VÝHODNĚ 8

NENÍ NUTNÝ POSUDEK M4V

3.5.2. POSOUZENÍ NA OHYB VČ. KLOPENÍ

$$\begin{array}{c} \Delta \\ \hline 6000 \\ \hline \Delta \end{array}$$

$$k_w = k_y = k_z = 1,0$$

$$f_d = 0$$

$$z_g = 0,120 \text{ m}$$

$$f_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,120}{1,0 \cdot 6,0} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,840 \cdot 10^{-6}}{8,1 \cdot 10^{10} \cdot 1,27 \cdot 10^{-4}}} = \underline{0,475}$$

$$I_w = (1 - \psi_F)^2 \cdot I_z \cdot (h_d/2)^2$$

$$\psi_F = 0 \quad (\text{SYM. PRŮŘEZ})$$

$$I_w = (1 - 0)^2 \cdot 2,840 \cdot 10^{-6} \cdot (0,24/2)^2 = \underline{4,00 \cdot 10^{-8}}$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 6,0} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 10^{-8}}{8,1 \cdot 10^{10} \cdot 1,27 \cdot 10^{-4}}} = \underline{0,469}$$

$$c_1 = 1,13$$

$$c_2 = 0,46$$

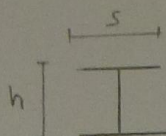
$$\omega_{cc} = \frac{c_1}{k_z} \cdot \left[\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (c_2 \cdot f_g)^2} - c_2 \cdot f_g \right] =$$

$$= \frac{1,13}{1,0} \cdot \left[\sqrt{1 + 0,469^2 + (0,46 \cdot 0,475)^2} - 0,46 \cdot 0,475 \right] = \underline{1,026}$$

$$M_{cc} = \omega_{cc} \cdot \pi \cdot \frac{\sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} =$$

$$= 1,026 \cdot \pi \cdot \frac{\sqrt{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,840 \cdot 10^{-6} \cdot 8,1 \cdot 10^{10} \cdot 1,27 \cdot 10^{-4}}}{6,0} =$$

$$= \underline{42,30 \text{ kNm}}$$



$$\frac{h}{s} = \frac{240}{120} = 2,0 \Rightarrow \lambda_{LT} = 0,21, \text{ křivka A}$$

$$\bar{\eta}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{y,Ed}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{86,20}{42,30}} = 1,428$$

$$\bar{\eta}_{LT0} = 0,4$$

$$\beta = 0,75$$

$$\begin{aligned} \Phi_{LT} &= 0,5 \cdot [1 + \lambda_{LT} (\bar{\eta}_{LT} - \bar{\eta}_{LT0}) + \beta \bar{\eta}_{LT}^2] = \\ &= 0,5 [1 + 0,21 (1,428 - 0,4) + 0,75 \cdot 1,428^2] = 1,373 \end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - 3 \cdot \bar{\eta}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,373 + \sqrt{1,373^2 - 3 \cdot 1,428^2}} = 0,508$$

$$[\chi_{LT} < 1,0] \wedge [\chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\eta}_{LT}^2} = 0,490]$$

$$\underline{\chi_{LT} = 0,490}$$

$$k_{yy} = 0,95$$

$$k_{zz} = 0,95$$

$$k_{yz} = k_{zy} = 0,57$$

$$\left[\frac{M_{y,Ed} \cdot k_{yy}}{\chi_{LT} M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right] \leq 1,0$$

$$\left[k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right] \leq 1,0$$

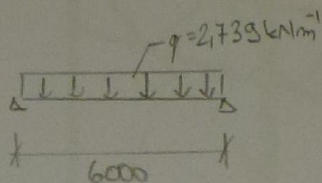
$$\left[\frac{0,95 \cdot 28,23}{0,49 \cdot 86,20} + 0,57 \cdot \frac{0,99}{17,40} \right] = 0,64 + 0,03 = 0,67 \leq 1,0$$

$$\left[\frac{0,57 \cdot 28,23}{0,49 \cdot 86,20} + 0,95 \cdot \frac{0,99}{17,40} \right] = 0,39 + 0,06 = 0,45 \leq 1,0$$

VYHOVUJE !

POZN.: $M_{x,Ed} \approx 0 \text{ kNm}$, KROUČENÍ ZANEDBÁNO

3.5.3. PRŮHYB VAZNICE



$$\begin{aligned}
 \text{ZATÍŽENÍ} \quad & \left. \begin{aligned} \text{STÁLE} &= 0,056 \text{ kNm}^2 \\ \text{SNÍH} &= 0,800 \text{ kNm}^2 \\ \text{TLAK VĚTRU} &= 0,075 \text{ kNm}^2 \end{aligned} \right\} Z = 0,931 \text{ kNm}^2 \\
 \text{ZAT. ŠÍŘKA} &= 3,000 \text{ m} \\
 q &= 0,931 \cdot 3 = 2,739 \text{ kNm}^{-1}
 \end{aligned}$$

$$\text{PRŮHYB: } w = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I}$$

$$w = \frac{5 \cdot 2,739 \cdot 6^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 3,892 \cdot 10^{-5}}$$

$$w = \underline{6,0 \text{ mm}}$$

$$w_{\text{LIM}} = \underline{30 \text{ mm}}$$

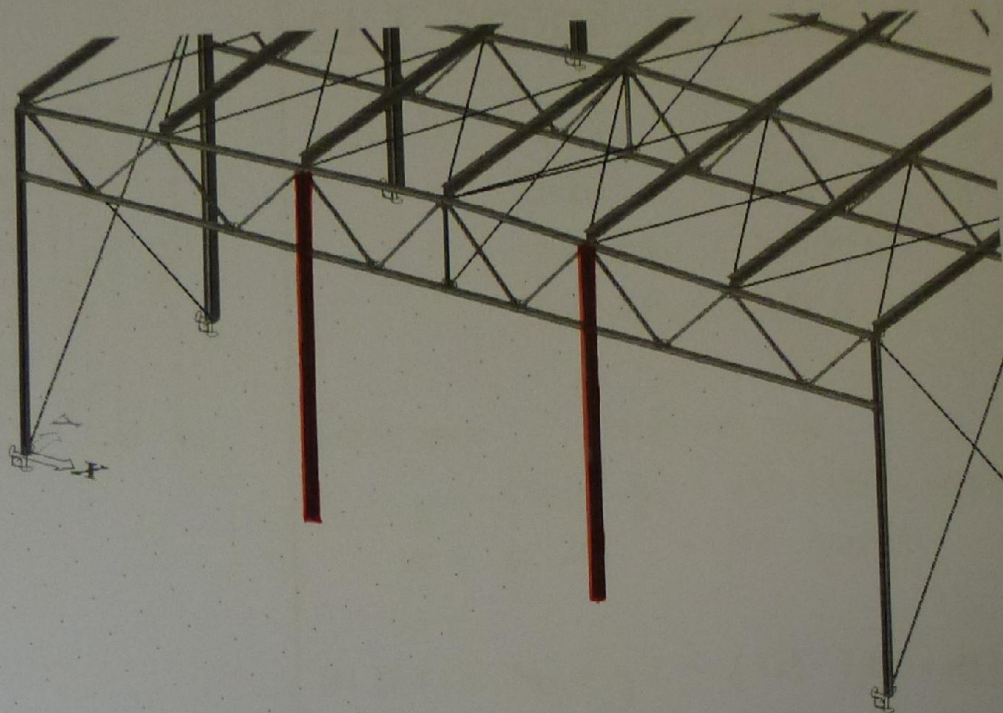
$$w < w_{\text{LIM}}$$

$$\underline{6,0 < 30,0}$$

VYHOVUJE !

POZN: HODNOTA PRŮHYBU ZE SOFTWARE $w = 5,2 \text{ mm}$
ROZDÍL JE cca 15%

3.6. SLOUPEK VĚ ŠTÍTOVÉ STĚNĚ

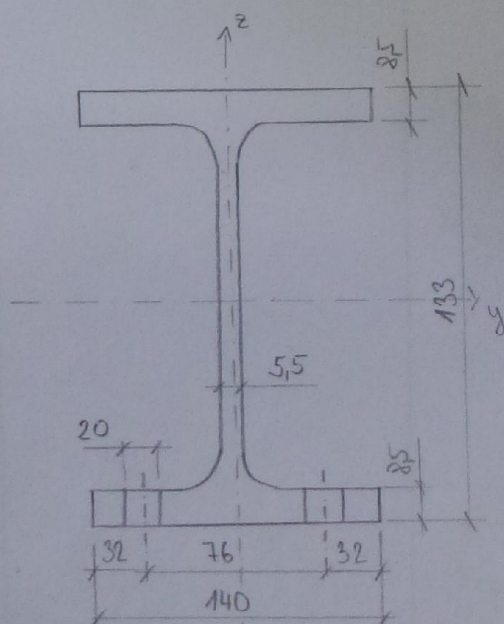


VNITŘNÍ SILY

N_{ED}	$M_{y,ED}$	$V_{y,ED}$
10,83	29,65	15,11

[kN], [kNm]

PRŮŘEZ - HEA 140



TRÍDA : 1

KŘIVKA VZPĚRU y-y : b

KŘIVKA VZPĚRU z-z : c

$$G = 24,700 \text{ kg/m}$$

$$A = 3,140 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{y,z} = 1,010 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 1,030 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 3,890 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_w = 1,506 \cdot 10^{-7} \text{ m}^6$$

$$I_t = 8,130 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

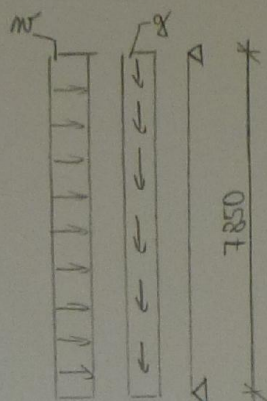
$$W_{pl,y} = 1,733 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 8,500 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M_{pl,y,ek} = 4,800 \cdot 10^4 \text{ Nm} = 48,00 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,z,ek} = 1,990 \cdot 10^4 \text{ Nm} = 19,90 \text{ kNm}$$

$$N_{ec} = 7,379 \cdot 10^5 \text{ N} = 737,90 \text{ kN}$$



3.6.1. ZATÍŽENÍ, KOMBINACE, VN. SÍLY

ZATÍŽENÍ

$$\begin{aligned} \text{VL. TÍHA} &= 0,247 \text{ kNm}^{-1} = g_0 \\ \text{STĚLE} &= 0,129 \text{ kNm}^{-2} = g_1 \\ \text{TLAK VĚTRU} &= 0,428 \text{ kNm}^{-2} = w \\ \text{ZAT. ŠÍŘKA} &= 6,000 \text{ m} \end{aligned}$$

KOMBINACE : STĚLE + VL. TÍHA

$$\begin{aligned} g &= 1,35 (g_0 + g_1) = 1,35 \cdot (0,247 + 0,129 \cdot 6) = 1,379 \text{ kNm}^{-1} \\ w &= 1,5 \cdot w = 1,5 \cdot 0,428 \cdot 6 = 3,852 \text{ kNm}^{-1} \end{aligned}$$

VN. SÍLY

$$\begin{aligned} N_{ED} &= g \cdot L = 1,379 \cdot 7,850 = 10,83 \text{ kN} \\ V_{ED} &= \frac{1}{2} w \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 3,852 \cdot 7,850 = 15,11 \text{ kN} \\ M_{ED} &= \frac{1}{8} w \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,852 \cdot 7,850^2 = 29,65 \text{ kNm} \end{aligned}$$

3.6.2. POSOUZENÍ NA VZPĚR + OHYB

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L_{cr,w} = 7,850 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \cdot \frac{21 \cdot 10^{11} \cdot 3,89 \cdot 10^{-6}}{7,850^2} = 130,80 \text{ kN}$$

$$N_{cr,w} = \frac{1}{i_k^2} \cdot \left(\pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_w}{L_{cr,w}^2} + G \cdot I_t \right)$$

$$w = \sqrt{a_y^2 + a_z^2} = 0 \quad (e_g \equiv c_s)$$

$$i_k^2 = \frac{I_p}{A} = \frac{I_y + I_z + A \cdot a^2}{A} = \frac{1,030 \cdot 10^{-5} + 3,890 \cdot 10^{-6}}{3,140 \cdot 10^{-3}}$$

$$i_k^2 = 4,510 \cdot 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned} N_{cr,w} &= \frac{1}{4,510 \cdot 10^{-2}} \cdot \left(\pi^2 \cdot \frac{21 \cdot 10^{11} \cdot 1,506 \cdot 10^{-7}}{7,850^2} + 2,1 \cdot 10^{10} \cdot 8,130 \cdot 10^{-3} \right) \\ &= 2580,30 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\bar{\eta}_z = \sqrt{\frac{A \cdot I_z}{N_{eq,z}}} = \sqrt{\frac{2,140 \cdot 10^3 \cdot 2,35 \cdot 10^6}{2,583 \cdot 10^3}} = 2,375$$

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

$$\alpha = 0,49$$

$$\phi_z = 0,5 [1 + 0,49 (2,375 - 0,2) + 2,375^2] = 3,853$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\eta}_z^2}} = \frac{1}{3,853 + \sqrt{3,853^2 - 2,375^2}} = 0,145$$

$$N_{eq,y} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{eq,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,030 \cdot 10^5}{7,850^2} = 346,40 \text{ kN}$$

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

$$\alpha = 0,34 ; \bar{\eta}_y = 1,460$$

$$\phi_y = 0,5 [1 + 0,34 (1,460 - 0,2) + 1,460^2] = 1,876$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\eta}_y^2}} = \frac{1}{1,876 + \sqrt{1,876^2 - 1,460^2}} = 0,323$$

$$c_{my} = c_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 1,0 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = c_{my} \left(1 + (\bar{\eta}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{ed}} \right) =$$

$$= 1,0 \cdot \left(1 + (1,460 - 0,2) \cdot \frac{10,83}{0,323 \cdot 737,90} \right) = 1,036$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,036 = 0,622$$

$$\left[\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{ed}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,ED}}{M_{y,ED}} \right] \leq 1,0$$

$$\left[\frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{ed}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,ED}}{M_{y,ED}} \right] \leq 1,0$$

$$\left[\frac{10,83}{0,323 \cdot 737,90} + 1,036 \cdot \frac{29,65}{48,00} \right] = [0,05 + 0,64] = 0,69 \leq 1,0$$

$$\left[\frac{10,83}{0,145 \cdot 737,90} + 0,622 \cdot \frac{29,65}{48,00} \right] = [0,10 + 0,38] = 0,48 \leq 1,0$$

VÝHODUJE 8

POZN.: - VÝPOČET SE ODÁVÁ DO SYSTÉMU
 VÝPOČETI ČASU TRÁŽE, $T_{tr} = 40$
 - ZARUČIL INVESTOR

3.6.3. POSOUZENÍ NA SMYK

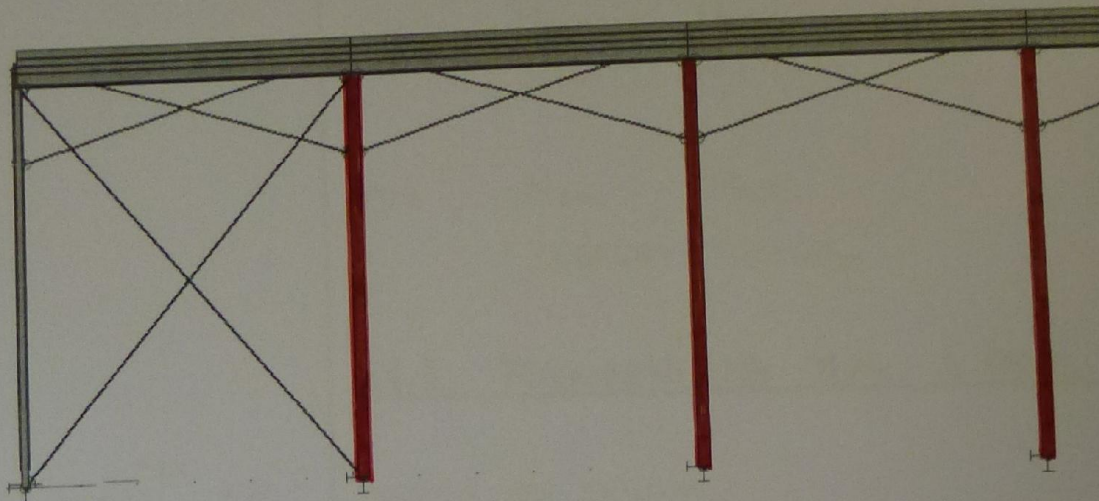
$$V_{p,ob} = \frac{A_v \cdot f_d}{f_b \cdot q_n} = \frac{1000 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot 10^3}{f_b \cdot 40} = 25,80 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{tr}}{V_{p,ob}} = \frac{15,11}{25,80} = \underline{0,58} < 1,0 \quad \wedge \quad \underline{0,18} \leq 0,5$$

VÝHODNĚ 8

NENÍ NUTNÝ POSUDEK MHV

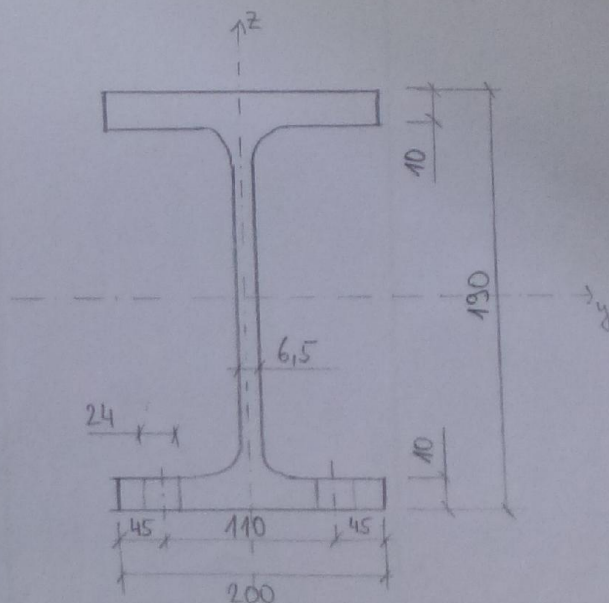
3.7. MEZILEHLÝ SLOUP



VNITŘNÍ SÍLY

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B37	CO1/15	0,000	-91,74	-0,12	16,33	-43,23	0,00
B335	CO1/14	7,550	43,14	0,01	-30,16	0,00	0,00
B36	CO1/16	6,050	-4,33	-0,81	-0,04	0,08	-4,29
B336	CO393/1	6,050	-76,26	0,15	-24,55	38,12	0,69
B37	CO1/17	7,550	-56,87	-0,11	-34,51	0,00	-0,77
B36	CO1/18	0,000	32,61	0,02	31,26	-72,53	0,00
B37	CO1/17	6,050	-58,42	-0,11	13,49	49,60	-0,66
B36	CO1/16	7,550	-3,00	-0,81	-0,04	0,02	-5,50
B336	CO1/1	7,550	-74,93	0,15	-26,28	0,00	0,91

PRŮŘEZ - HEA 200



$$G = 42,300 \text{ kg/m}$$

$$A = 5,380 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{yz} = 1,810 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 5,630 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 1,340 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_w = 1,080 \cdot 10^{-6} \text{ m}^6$$

$$I_{+} = 2,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I_{p,y} = 4,232 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_{p,z} = 2,037 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$M_{d,y,ex} = 1,003 \cdot 10^5 \text{ Nm} = 100,30 \text{ kNm}$$

$$M_{d,z,ex} = 4,787 \cdot 10^4 \text{ Nm} = 47,87 \text{ kNm}$$

$$N_{d,ex} = 1,264 \cdot 10^6 \text{ N} = 1264,00 \text{ kN}$$

TRÍDA: 1

VZPĚR y-y: b

VZPĚR z-z: c

$$\underline{\underline{X_{LT} = 1,0}}$$

$$N_{ed,y} = \pi^2 \frac{E \cdot I_y}{L_{ed,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 3,630 \cdot 10^{-5}}{6,050^2} = \underline{2083,20 \text{ kN}}$$

$$N_{ed,z} = \pi^2 \frac{E \cdot I_z}{L_{ed,z}^2} = \pi^2 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,340 \cdot 10^{-5}}{7,550^2} = \underline{487,23 \text{ kN}}$$

$$\bar{\eta}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_d}{N_{ed,y}}} = \sqrt{\frac{5,380 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{2083,20 \cdot 10^3}} = \underline{0,545}$$

$$\bar{\eta}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_d}{N_{ed,z}}} = \sqrt{\frac{5,380 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{487,23 \cdot 10^3}} = \underline{1,291}$$

$$L_{y-y} = 0,34$$

$$L_{z-z} = 0,49$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot [1 + L_{yy} (\bar{\eta}_y - 0,2) + \bar{\eta}_y^2] = \\ &= 0,5 [1 + 0,34 (0,545 - 0,2) + 0,545^2] = \underline{0,707} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 [1 + L_{zz} (\bar{\eta}_z - 0,2) + \bar{\eta}_z^2] = \\ &= 0,5 [1 + 0,49 (1,291 - 0,2) + 1,291^2] = \underline{1,601} \end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\eta}_y^2}} = \frac{1}{0,707 + \sqrt{0,707^2 - 0,545^2}} = \underline{0,864}$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\eta}_z^2}} = \frac{1}{1,601 + \sqrt{1,601^2 - 1,291^2}} = \underline{0,392}$$

$$C_{my} = C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = \underline{1,0} \quad \geq 0,4$$

$$\begin{aligned} k_{yy} &= C_{my} \cdot (1 + (\bar{\eta}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{ed}}) = \\ &= 1,0 (1 + (0,545 - 0,2) \cdot \frac{31,74}{0,864 \cdot 1264}) = \underline{1,029} \end{aligned}$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{ed}})$$

$$1,029 \leq 1,0 (1 + 0,8 \cdot 31,74 / 0,864 \cdot 1264)$$

$$1,029 \leq 1,067 \Rightarrow \underline{k_{yy} = 1,029}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,029 = \underline{0,617}$$

$$\left[\frac{N_{ED}}{\gamma_g \cdot N_{RD}} + k_{y18} \frac{M_{ED,18}}{F_{LT} \cdot M_{y,ED}} \right] \leq 1,0$$

1

$$\left[\frac{N_{ED}}{\gamma_g \cdot N_{RD}} + k_{z18} \frac{M_{ED,18}}{F_{LT} \cdot M_{y,ED}} \right] \leq 1,0$$

$$\left[\frac{31,74}{0,864 \cdot 1264} + 1,029 \frac{43,23}{1,0 \cdot 100,90} \right] = 0,08 + 0,44 = 0,52 \leq 1,0$$

1

$$\left[\frac{31,74}{0,332 \cdot 1264} + 0,617 \frac{43,23}{1,0 \cdot 100,90} \right] = 0,19 + 0,26 = 0,45 \leq 1,0$$

VÝHOVUJE ?3.7.3. POSOUZENÍ NA TLAK A OHYB CO2

$$f_g = 0$$

$$f_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot (190/2)}{1,0 \cdot 7,550} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,240 \cdot 10^{-5}}{8,1 \cdot 10^{10} \cdot 2,1 \cdot 10^{-7}}} = 0,568$$

$$I_w = (1 - \psi_r)^2 \cdot I_z \cdot (\beta_s/2)^2 = (1 - 0)^2 \cdot 1,240 \cdot 10^{-5} \cdot (0,190/2)^2 = 9,6 \cdot 10^{-8}$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 6,050} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,080 \cdot 10^{-7}}{8,1 \cdot 10^{10} \cdot 2,1 \cdot 10^{-7}}} = 0,801$$

$$C_1 = 1,0$$

$$C_2 = 0,41$$

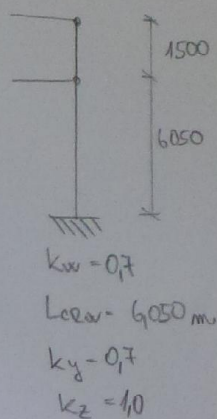
$$\chi_{wco2} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 f_g)^2} - C_2 f_g \right] =$$

$$= \frac{1,0}{1,0} \left[\sqrt{1 + 0,801^2 + (0,41 \cdot 0,568)^2} - 0,41 \cdot 0,568 \right] = 1,069$$

$$M_{co2} = \chi_{wco2} \cdot \pi \cdot \frac{\sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L_{co2}} =$$

$$= 1,069 \cdot \pi \cdot \frac{\sqrt{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8,1 \cdot 10^{10} \cdot 1,240 \cdot 10^{-5} \cdot 2,1 \cdot 10^{-7}}}{6,050} =$$

$$M_{co2} = 1,214 \cdot 10^5 = \underline{\underline{121,40 \text{ kNm}}}$$



$$\frac{a}{b} = \frac{150}{200} = 0,75 \leq 2,0, \text{ křivka } (\alpha)$$

$$\lambda_{LT} = 0,21$$

$$\bar{\eta}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{y,Ed}}{M_{Ed}}} = \sqrt{\frac{100,90}{121,40}} = 0,912$$

$$\bar{\eta}_{LT,0} = 0,4$$

$$\beta = 0,75$$

$$\begin{aligned} \phi_{LT} &= 0,5 \cdot \left[1 + \lambda_{LT} \left(\bar{\eta}_{LT} - \bar{\eta}_{LT,0} \right) + \beta \cdot \bar{\eta}_{LT}^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \left(0,912 - 0,4 \right) + 0,75 \cdot 0,912^2 \right] = 0,866 \end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\eta}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,866 + \sqrt{0,866^2 - 0,75 \cdot 0,912^2}} = 0,819$$

$$\chi_{LT} < 1,0$$

$$\chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\eta}_{LT}^2} = \frac{1}{0,912^2} = 1,036$$

$$c_{my} = 1,0 \geq 0,4$$

$$\begin{aligned} k_{yy} &= c_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\eta}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{x_y \cdot N_{Ed}} \right) = \\ &= 1,0 \cdot \left(1 + 0,545 - 0,2 \right) \cdot \frac{32,61}{0,864 \cdot 1264} = 1,020 \end{aligned}$$

$$k_{yy} \leq c_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{x_y \cdot N_{Ed}} \right) = 1,0 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{32,61}{0,864 \cdot 1264} \right) = 1,024$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,020 = 0,612$$

$$\left[\frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot N_{Ed}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,ED}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,ED}} \right] \leq 1,0$$

^

$$\left[\frac{N_{ED}}{\chi_z \cdot N_{Ed}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{z,ED}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,ED}} \right] \leq 1,0$$

$$\left[\frac{32,61}{0,864 \cdot 1264} + 1,020 \cdot \frac{72,53}{0,819 \cdot 100,90} \right] = (0,03 + 0,90) = 0,93$$

$$\left[\frac{32,61}{0,332 \cdot 1264} + 0,612 \cdot \frac{72,53}{0,819 \cdot 100,90} \right] = (0,07 + 0,54) = 0,61$$

$$[0,93 < 1,0]$$

$$[0,61 < 1,0]$$

VYHOVUJE 83.7.4. POSOUZENÍ NA SMYK

$$V_{R,ED} = \frac{A_v f_t}{\gamma_{M_0} \sqrt{3}} = \frac{1,810 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = \underline{\underline{245,60 \text{ kN}}}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{R,ED}} = \frac{34,51}{245,60} = 0,14 < 1,0$$

$$0,14 < 0,5$$

VYHOVUJE 8NENÍ NUTNÝ POSUDEK M+V3.7.5. POSOUZENÍ PRŮHYBU

$$\text{ODEČTENO ZE SOFTWARE: } w = 5,8 \text{ mm}$$

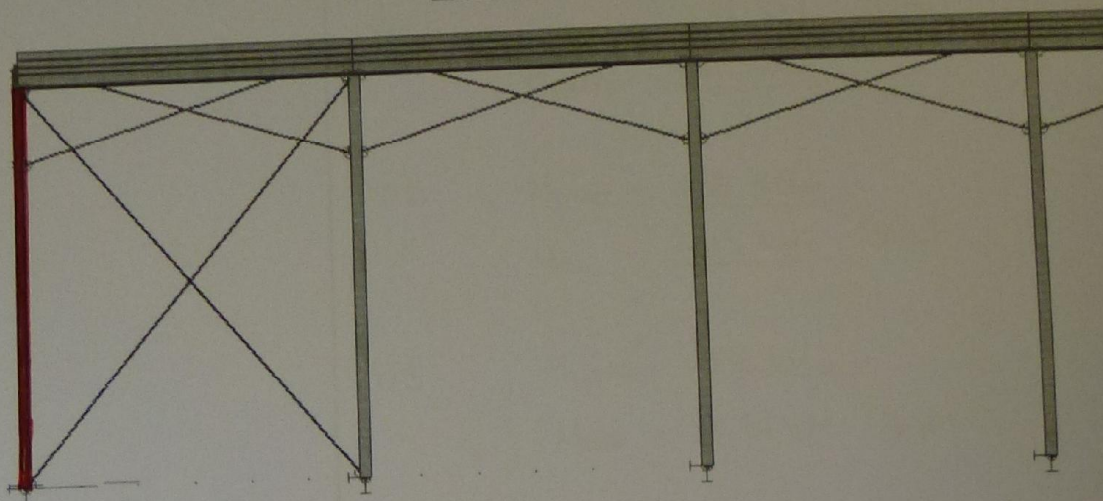
$$w_{LIM} = \frac{L}{600} = \frac{7550}{600} = 12,5 \text{ mm}$$

$$w < w_{LIM}$$

$$\underline{\underline{5,8 < 12,5 \text{ mm}}}$$

VYHOVUJE !

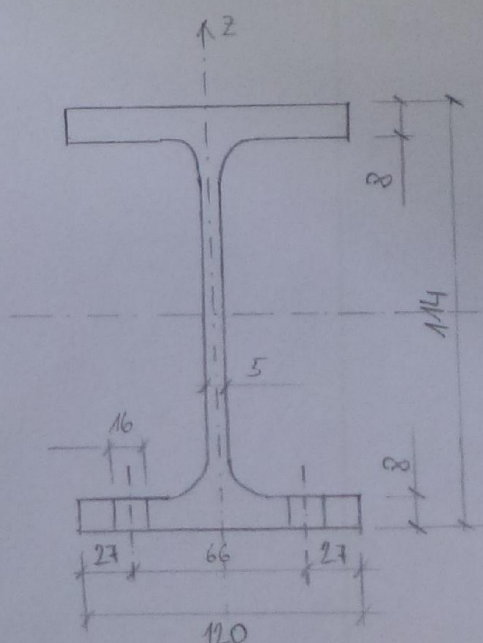
3.8. KRAJNÍ SLOUP



VNITŘNÍ SÍLY

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentůva verze *Studentůva verze* *Studentůva verze* *Studentůva verze* *Studentůva verze* *Studentůva verze* *Studentůva verze* *Studentůva verze*							
B376	CO1/1	0,000	-47,57	0,00	5,37	-9,11	0,00
B1	CO1/11	7,550	64,23	8,06	-0,68	0,00	5,79
B1	CO1/11	0,000	58,57	-6,49	0,28	-0,68	0,00
B2	CO1/12	7,550	43,18	8,09	0,46	0,00	5,98
B2	CO1/13	7,550	-21,06	-0,01	-5,22	0,00	-0,06
B1	CO1/14	0,000	15,89	-0,02	9,64	-16,84	0,00
B2	CO1/13	6,050	-22,51	-0,01	0,42	6,75	-0,06
B1	CO1/11	3,092	60,97	-0,47	0,28	0,19	-10,76
B2	CO598/4	7,550	40,01	8,09	0,35	0,00	5,98

PRŮŘEZ - HEA 120



$$G = 19,900 \text{ kg/m}$$

$$A = 2,530 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{vz} = 8,460 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_y = 6,060 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,310 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_w = 6,472 \cdot 10^{-8} \text{ m}^6$$

$$I_{y+} = 5,930 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$W_{ply} = 1,196 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{plz} = 5,875 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M_{pzy,ed} = 2,811 \cdot 10^4 \text{ Nm} = 28,11 \text{ kNm}$$

$$M_{pzy,ed} = 1,381 \cdot 10^4 \text{ Nm} = 13,81 \text{ kNm}$$

$$N_{ex} = 5,945 \cdot 10^5 \text{ N} = 594,50 \text{ kN}$$

TRÍDA: 1

VZPĚR y-y: b

VZPĚR z-z: c

3.8.1. KOMBINACE PRO POSUDKY N+M

$$CO1: \quad N_{MAX} = -47,57 \text{ kN (TLAK)}$$

$$M_{y, OBP} = 9,11 \text{ kNm}$$

$$CO2: \quad M_{y, MAX} = 16,84 \text{ kNm}$$

$$N_{OOP} = 15,89 \text{ kN (TAH)}$$

$$CO3: \quad M_{z, MAX} = 10,76 \text{ kNm}$$

$$N_{OOP} = 60,97 \text{ kN (TAH)}$$

3.8.2. POSOUZENÍ NA SMYK

$$V_{p, red, y} = \frac{A_{vy} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot f_{td}} = \frac{4,877 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 254,70 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed, y}}{V_{p, red, y}} = \frac{8,09}{254,70} = 0,04 < 1,0$$

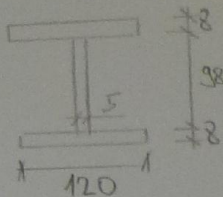
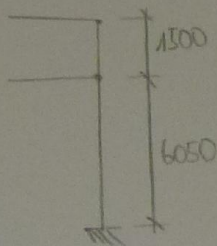
$$V_{p, red, z} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot f_{td}} = \frac{6,170 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 48,30 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed, z}}{V_{p, red, z}} = \frac{9,64}{48,30} = 0,20 < 1,0$$

$$0,20 < 0,5$$

VÝHODUSE !NENÍ NUTNÝ POSUDEK M+V

3.8.3. POSOUZENÍ NA TLAK A OHYB CO1



OVĚŘENÍ ZDA NEKLOPÍ:

$$I_{fz} = \frac{1}{12} \cdot 9008 \cdot 0,120^3 + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{12} \cdot 9038 \cdot 0,005^3 = 1,152 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A_{fz} = 0,008 \cdot 0,120 + \frac{1}{3} \cdot 9038 \cdot 0,005 = 1,123 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{1,152 \cdot 10^{-6}}{1,123 \cdot 10^{-3}}} = 3,203 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$k_c = 1 - 0,7$$

$$\lambda_1 = 93,3 \cdot E = 93,3$$

$$\bar{\lambda}_F = \frac{k_c \cdot l_c}{i_{fz} \cdot \lambda_1} = \frac{0,7 \cdot 6,050}{3,203 \cdot 10^{-2} \cdot 93,3} = 1,417$$

$$\lambda_{LTO} = 0,4$$

$$\bar{\lambda}_{c0} = \lambda_{LTO} + 0,1 = 0,4 + 0,1 = 0,5$$

$$\text{KDYŽ } \left[\bar{\lambda}_F < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c0k}}{M_{Ed}} \right] \text{ NEKLOPÍ}$$

$$\left[1,417 < 0,5 \cdot \frac{28,11}{9,11} \right]$$

$$\left[1,417 < 1,546 \right] \Rightarrow \underline{\underline{\text{NEKLOPÍ}}}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 6,060 \cdot 10^{-6}}{(7,6050)^2} = 700,30 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,310 \cdot 10^{-6}}{(7,550)^2} = 130,80 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A_{fz}}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2,530 \cdot 10^{-3} \cdot 2,35 \cdot 10^6}{130,80 \cdot 10^3}} = 0,921$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A_{fz}}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,530 \cdot 10^{-3} \cdot 2,35 \cdot 10^6}{700,30 \cdot 10^3}} = 2,132$$

$$\phi_{yy} = 0,34$$

$$\phi_{zz} = 0,49$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left[1 + \frac{1}{\phi_{yy}} (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,34(0,921 - 0,2) + 0,921^2 \right] = 1,047$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot \left[1 + \frac{1}{\phi_{zz}} (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,49(2,132 - 0,2) + 2,132^2 \right] = 3,246$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,047 + \sqrt{1,047^2 - 0,921^2}} = 0,647$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{3,246 + \sqrt{3,246^2 - 2,132^2}} = 0,176$$

$$c_{my} = c_{mz} = 1,0$$

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left(1 + (\eta_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ed}}{I_y \cdot N_{cr}} \right) =$$

$$= 1,0 \cdot \left(1 + (0,921 - 0,2) \cdot \frac{47,57}{9647 \cdot 594,50} \right) = 1,030$$

$$k_{yy} \leq c_{my} \cdot \left(1 + \frac{0,8 \cdot N_{ed}}{I_y \cdot N_{cr}} \right) \leq 1,0 \cdot \left(1 + \frac{0,8 \cdot 47,57}{9647 \cdot 594,50} \right) \leq 1,033$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,030 = 0,654$$

$$\left[\frac{N_{ed}}{I_y \cdot N_{cr}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,ed}}{I_{Ly} \cdot M_{y,cr}} \right] \leq 1,0$$

$$\left[\frac{N_{ed}}{I_z \cdot N_{cr}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{z,ed}}{I_{Lz} \cdot M_{z,cr}} \right] \leq 1,0$$

$$\left[\frac{47,57}{9647 \cdot 594,50} + 1,030 \cdot \frac{3,11}{110 \cdot 28,11} \right] = [0,13 + 0,36] = 0,49 < 1,0$$

$$\left[\frac{47,57}{9647 \cdot 594,50} + 0,654 \cdot \frac{3,11}{110 \cdot 28,11} \right] = [0,13 + 0,22] = 0,68 < 1,0$$

VYHODNĚNÍ

3.8.4. POSOUZENÍ NA TAH A OHYB CO2

$$f_d = 0$$

$$f_2 = \frac{1 - \alpha_2}{k_2 \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{1 - 0,057}{1,0 \cdot 7,550} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,310 \cdot 10^{-6}}{8,1 \cdot 10^{10} \cdot 5,990 \cdot 10^{-8}}} = 0,711$$

$$I_w = (1 - \psi_F)^2 \cdot I_z \cdot (h_A/2)^2 = (1 - 0)^2 \cdot 2,310 \cdot 10^{-6} \cdot (0,092/2)^2 = 2,1 \cdot 10^{-8}$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 6,050} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,1 \cdot 10^{-8}}{8,1 \cdot 10^{10} \cdot 5,990 \cdot 10^{-8}}} = 0,707$$

$$c_1 = 1,0$$

$$c_2 = 0,41$$

$$\begin{aligned} \omega_{ce} &= \frac{c_1}{k_2} \cdot \left[\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (c_2 \cdot f_2)^2} - c_2 \cdot f_2 \right] = \\ &= \frac{1,0}{1,0} \cdot \left[\sqrt{1 + 0,707^2 + (0,41 \cdot 0,711)^2} - 0,41 \cdot 0,711 \right] = 0,967 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ce2} &= \omega_{ce} \cdot \pi \cdot \frac{\sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L_{ce}} = \\ &= 0,967 \cdot \pi \cdot \frac{\sqrt{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8,1 \cdot 10^{10} \cdot 2,310 \cdot 10^{-6} \cdot 5,990 \cdot 10^{-8}}}{6,050} = 24,30 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\bar{\eta}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot A^2}{M_{ce}}} = \sqrt{\frac{28,11}{24,30}} = 1,075$$

$$\bar{\eta}_{LT0} = 0,4$$

$$\beta = 0,75$$

$$h/b = \frac{114}{120} < 2,0 \Rightarrow \alpha = 0,21$$

$$\begin{aligned} \Phi_{LT} &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\eta}_{LT} - \bar{\eta}_{LT0}) + \beta \cdot \bar{\eta}_{LT}^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 (1,075 - 0,4) + 0,75 \cdot 1,075^2 \right] = 1,004 \end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\eta}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,004 + \sqrt{1,004^2 - 0,75 \cdot 1,075^2}} = 0,725$$

$$\chi_{LT} \leq 1,0$$

$$\chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\eta}_{LT}^2} = \frac{1}{1,075^2} = 0,865$$

$$C_{my} = C_{mz} = 1,0$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + \left(\bar{\eta} - 0,2 \right) \cdot \frac{M_{Ed}}{X_{y, Ned}} \right)$$

$$= 1,0 \cdot \left(1 + (0,921 - 0,2) \cdot \frac{15,83}{1,0 \cdot 594,50} \right) = 1,012$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{M_{Ed}}{X_{y, Ned}} \right) = 1,0 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{15,83}{1,0 \cdot 594,50} \right) = 1,021$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,012 = 0,613$$

$$\left[\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT, My, Rk}} \right] \leq 1,0$$

$$\left[\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT, My, Rk}} \right] \leq 1,0$$

$$\left[\frac{15,83}{594,50} + 1,021 \cdot \frac{16,84}{28,11} \right] = (0,03 + 0,84) = 0,87 < 1,0$$

$$\left[\frac{15,83}{594,50} + 0,613 \cdot \frac{16,84}{28,11} \right] = (0,03 + 0,51) = 0,54 < 1,0$$

VÝHODUSE !

3.8.5. POSOUŽENÍ NA TAH A OHYB CO3POZN.: - OHYB NA MĚKKOU OSU + TAH $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \chi_{LT} = \chi_y = \chi_z = 1,0$$

$$c_{mz} = 1,0$$

$$k_{zz} = c_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\chi}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{ED}}{N_{0ED}} \right) =$$

$$= 1,0 \cdot \left(1 + (2 \cdot 2,132 - 0,6) \cdot \frac{60,97}{594,50} \right) = 1,377$$

$$k_{zz} \leq c_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{ED}}{N_{0ED}} \right) = 1,0 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{60,97}{594,50} \right) =$$

$$= 1,142 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \underline{k_{zz} = 1,142}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,142 = 0,685$$

$$\left[\frac{N_{ED}}{N_{0ED}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,ED}}{M_{z,0ED}} \right] \leq 1,0$$

^

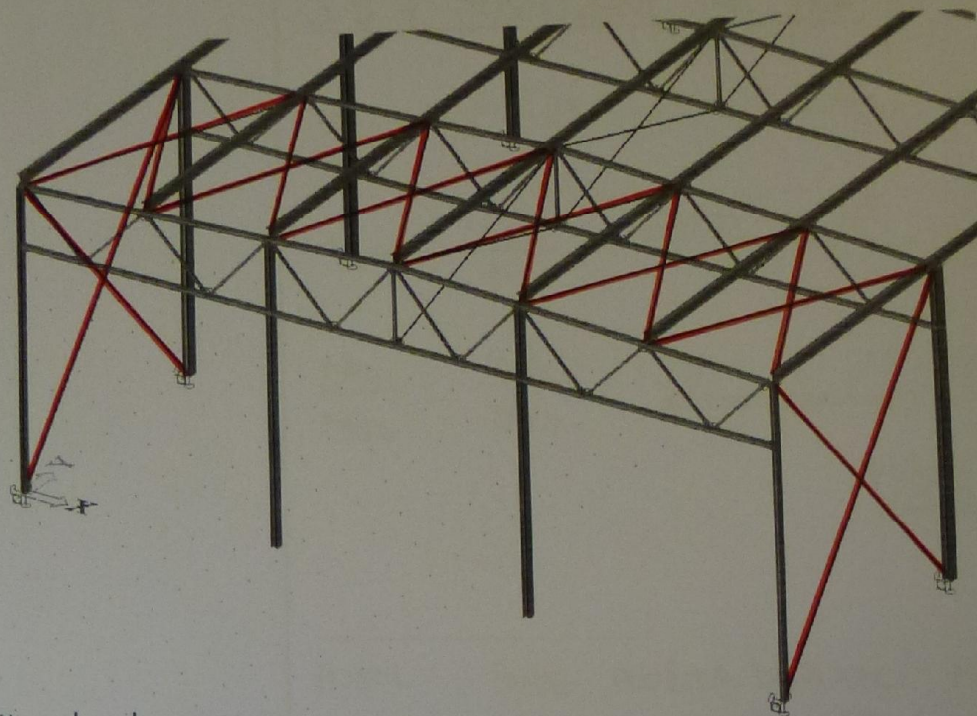
$$\left[\frac{N_{ED}}{N_{0ED}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,ED}}{M_{z,0ED}} \right] \leq 1,0$$

$$\left[\frac{60,97}{594,50} + 0,685 \cdot \frac{10,76}{13,81} \right] = (0,11 + 0,86) = 0,97 < 1,0$$

$$\left[\frac{60,97}{594,50} + 1,142 \cdot \frac{10,76}{13,81} \right] = (0,11 + 0,53) = 0,64 < 1,0$$

VÝHODUSE 8

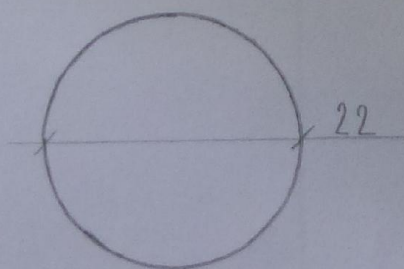
3.9. ZTUŽENÍ STĚNY A STŘECHY



VNITŘNÍ SÍLY

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
B77	CO1/16	0,000	-37,56
B412	CO1/11	0,000	19,30
B421	CO651/16	0,000	-32,17
B86	CO1/11	0,000	16,32

PRŮŘEZ - KR 22



$$A = 3,800 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_s = 3,030 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$G = 2,98 \text{ kg/m}$$

3.9.1. POSOUŽENÍ NA TAH

$$N_{ED} = |N^{\oplus}| + |N^{\ominus}| = 37,56 + 19,30 = \underline{56,86 \text{ kN}}$$

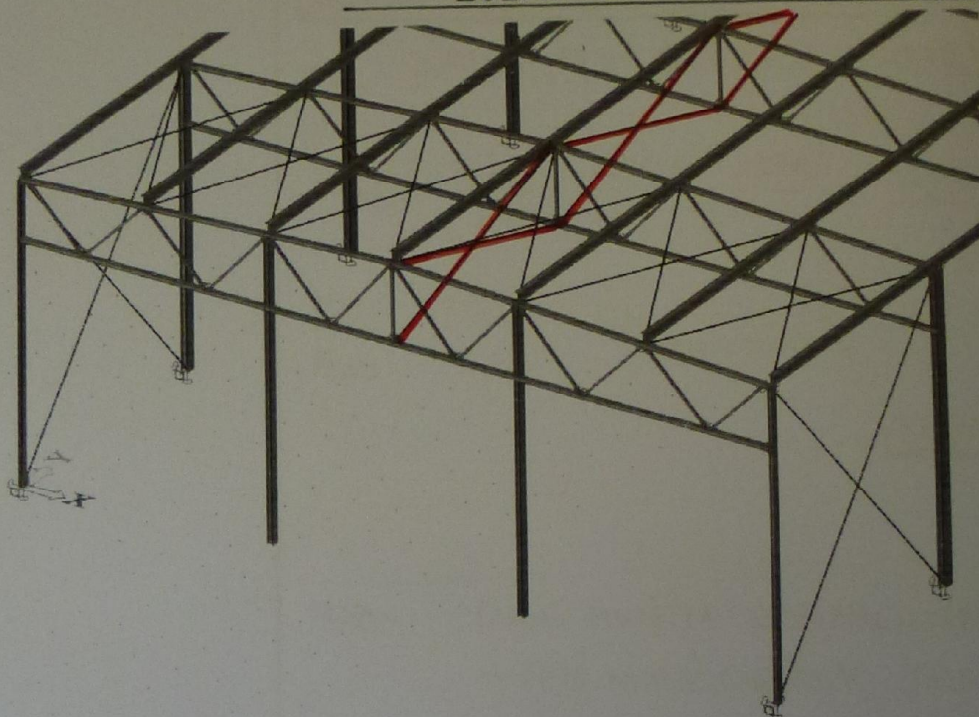
$$N_{t, RD} = \frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{3,030 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = \underline{71,20 \text{ kN}}$$

$$\frac{N_{ED}}{N_{t, RD}} = \frac{56,86}{71,20} = \underline{0,80} < 1,0$$

VÝHODUJE !

- POZN. : - BUDE POUŽITA DOPÍNAJÍCÍ MATICE →
→ NENÍ NUTNÉ OVĚŘOVAT ŠTÍHLOST
- POSUDEK PROVEDEN V MÍSTĚ
OSLABENÍ ZÁVITEM
- VÝLOUČENÍ TLAK A PRŮŘEZ POSOUŽEN
NA SOUČET ABSOLUTNÍCH HODNOT
VNITŘNÍCH SIL

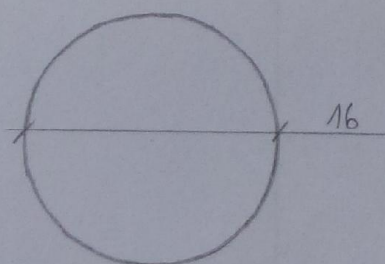
3.10. PRUTY PRO ZKRÁČENÍ VZP. DÉLKY DOLNÍHO PÁSU VAZNIKU



VNITŘNÍ SÍLY

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]
B87	CO1/19	0,000	-14,54
B88	CO1/20	0,000	6,24

PRŮŘEZ - KR 16



$$A = 2,010 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_s = 1,570 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$G = 1,58 \text{ kg/m}$$

3.10.1. POSOUZENÍ NA TAH

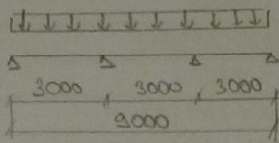
$$N_{ED} = |N^{\oplus}| + |N^{\ominus}| = 14,54 + 6,24 = \underline{20,78 \text{ kN}}$$

$$N_{T,ED} = \frac{A_s f_{tk}}{f_{td}} = \frac{1,570 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = \underline{47,23 \text{ kN}}$$

$$\frac{N_{ED}}{N_{T,ED}} = \frac{20,78}{47,23} = \underline{\underline{0,44}} < 1,0$$

VYHOVUJE !

POZN.: - BUDE POUŽITA DOPÍNAČÍ MATICE →
→ NENÍ NUTNÉ OVĚŘOVAT ŠTIHLOST
- POSUDEK PROVEDEN V MÍSTĚ
OSLABENÍ ZÁVITEM
- VYLOUČEN TLAK A PRŮŘEZ POSOUZEN
NA SOUČET ABSOLUTNÍCH HODNOT
VNITŘNÍCH SIL

3.11. STŘEŠNÍ PLECH3.11.1. ZATÍŽENÍ, KOMBINACE

ZATÍŽENÍ: VL. TÍHA - UVAŽUJE VÝROBCE

STŘEŠNÍ PLAŠT : $0,056 \text{ kN/m}^2$

MAX. TLAK VĚTRU : $0,123 \text{ kN/m}^2$

MAX. SÁNÍ VĚTRU : $-1,161 \text{ kN/m}^2$

SNÍH : $0,8 \text{ kN/m}^2$

CO1 : STÁLE + SNÍH + TLAK VĚTRU

$$q_{d1} = 1,35 \cdot 0,056 + 1,5 (0,8 + 0,123) = 1,461 \text{ kN/m}^2$$

CO2 : STÁLE + SÁNÍ VĚTRU

$$q_{d2} = 1,0 \cdot 0,056 - 1,5 \cdot 1,161 = -1,689 \text{ kN/m}^2$$

ROZHODUJE CO2 = SÁNÍ $1,689 \text{ kN/m}^2$

3.11.2. NÁVRH PLECHU

POZN.: - PŘEVZATO Z TABULEK VÝROBCE

- TABELOVÁNO PRO PLECH, ZATÍŽENÍ,
 STATICKÉ SCHÉMA A ULOŽENÍ

- VL. TÍHA UVAŽOVÁNA V TABULKÁCH

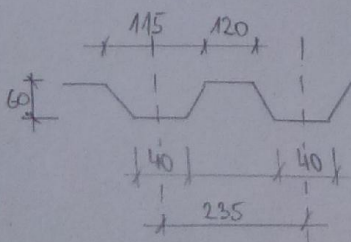
PLECH: TR 60/235

ÚNOSNOST : $2,76 \text{ kN/m}^2$

VL. TÍHA : $6,7 \text{ kg/m}^2$

TLOUŠŤKA : $0,630 \text{ mm}$

VYUŽITÍ : 62%



3.12. PŘEHLED POUŽITÝCH PROFILŮ A JEJICH VYUŽITÍ

Prvek	Profil	Využití [%]
STŘEŠNÍ PLECH	TR. PLECH 60/235	62
VAZNICE	IPE 240	67
HORNÍ PÁS VAZNÍKU	TR CTV 100x4	75
DOLNÍ PÁS VAZNÍKU	TR CTV 100x8	95
DIAGONÁLY	TR CTV 50x5	89
MEZILEHLÉ SLOUPY	HEA 200	93
KRAJNÍ SLOUPY	HEA 120	97
SLOUPKY	HEA 140	69
ZTUŽENÍ STĚNY A STŘECHY	KR 22	80
ZTUŽENÍ DOLNÍHO PÁSU VAZNÍKU	KR16	44

3.13. ORIENTAČNÍ VÝPIS MATERIÁLU A HMOTNOST KONSTRUKCE Z TEORETICKÝCH DÉLEK

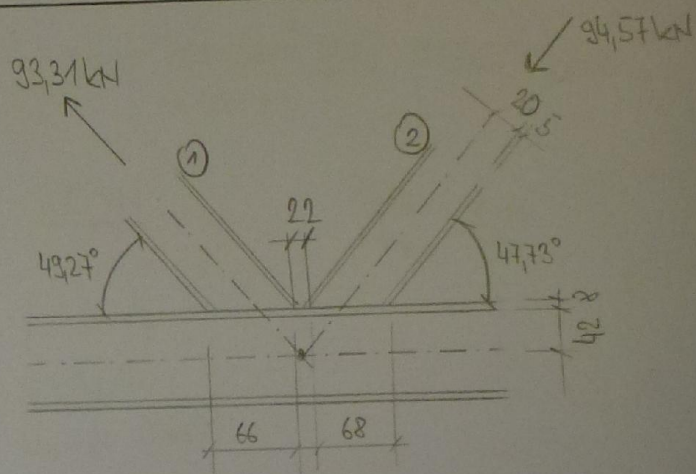
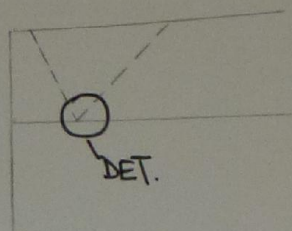
OZNAČENÍ PRVKU	NÁZEV	DÉLKA [m]	kg/m	kg/ks	ks	HMOTNOST CELKEM [kg]
P	STŘEŠNÍ PLECH	9,000	6,70	60,30	120	7 236
V	VAZNICE	6,000	30,70	184,20	72	13 262
HP	HORNÍ PÁS VAZNÍKU	9,200	11,70	107,64	20	2 153
DP	DOLNÍ PÁS VAZNÍKU	18,000	21,40	385,20	10	3 852
D1	DIAGONÁLA 1	2,024	6,56	13,28	20	266
D2	DIAGONÁLA 2	2,230	6,56	14,63	20	293
D3	DIAGONÁLA 3	2,230	6,56	14,63	20	293
D4	DIAGONÁLA 4	2,343	6,56	15,37	20	307
D5	DIAGONÁLA 5	2,343	6,56	15,37	20	307
D6	DIAGONÁLA 6	2,460	6,56	16,14	20	323
S1	MEZILEHLÝ SLOUP	7,550	42,30	319,37	16	5 110
S2	KRAJNÍ SLOUP	7,550	19,90	150,25	4	601
S3	SLOUPEK	7,700	24,70	190,19	4	761
ZT 1	ZTUŽENÍ STĚNY	9,644	2,98	28,74	8	230
ZT 2	ZTUŽENÍ STŘECHY	6,710	2,98	20,00	24	480
ZT 3	ZTUŽENÍ D.P. VAZNÍKU	6,309	1,58	9,97	18	179

HMOTNOST CELÉ KONSTRUKCE [kg]

35 652

ČÁST 4: DIMENZOVÁNÍ VYBRANÝCH DETAILŮ

4.1. PŘÍPOJ NEJVÍCE NAMÁHANÝCH DIAGONÁL NA DOLNÍ PÁS VAZNIKU



4.1.1. OVĚŘENÍ ÚNOSNOSTI STYČNÍKU

= STYČNÍK "K"

$$N_1 = +93,31 \text{ kN}$$

$$N_2 = -94,57 \text{ kN}$$

$$\phi_1 = 49,27^\circ$$

$$\phi_2 = 47,73^\circ$$

$$b_1 = 50 \text{ mm}$$

$$b_2 = 50 \text{ mm}$$

$$t_1 = 5 \text{ mm}$$

$$t_2 = 5 \text{ mm}$$

$$g = 22 \text{ mm}$$

$$b_0 = 100 \text{ mm}$$

$$t_0 = 8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\text{red}} &= \frac{8,98^{0,5} \text{ kN} \cdot 100 \cdot t_0^2}{\text{mm} \phi_1} \cdot \left(\frac{b_1 + b_2}{2b_0} \right) / f_{\text{ms}} = \\
 &= \frac{8,98^{0,5} \cdot 10 \cdot 235 \cdot 10^{-6} \cdot 0,008^2}{\text{mm} 49,27} \cdot \left(\frac{0,05 + 0,05}{2 \cdot 0,1} \right) / 1,0 = \\
 &= \underline{\underline{242 \text{ kN}}}
 \end{aligned}$$

$$\frac{N_{\text{ed}}}{N_{\text{red}}} = \frac{93,31}{242} = \underline{\underline{0,38}}$$

VÝHODUSE

$$N_{2,ED} = -94,57 \text{ kN}$$

$$N_{2,ED} = \frac{8,9 \cdot 8^{0,5} \text{ km} \cdot \sqrt{40 \cdot 10^2}}{\sin 47,73} \cdot \left(\frac{L_1 + L_2}{b_0 \cdot 2} \right) / \gamma_{mc} =$$

$$= \frac{8,9 \cdot 7,5^{0,5} \cdot 0,9 \cdot 235 \cdot 10 \cdot 0,002}{\sin 47,73} \cdot \left(\frac{0,05 + 0,05}{2 \cdot 0,1} \right) / 1,1 =$$

$$= \underline{\underline{215 \text{ kN}}}$$

$$\frac{N_{ed,2}}{N_{0d,2}} = \underline{\underline{0,44}}$$

$$k_{dy}: \quad p = b_0 / h_0$$

$$\beta = L_1 / b_0$$

$$k_m = 1,0 \text{ (TAH)}$$

$$k_m = 1,3 - 0,4m / \beta$$

$$m = \sqrt{E/E_s} / \gamma_{s,0}$$

$$\sigma_{0,ED} = \frac{N_{ED}}{A_0}$$

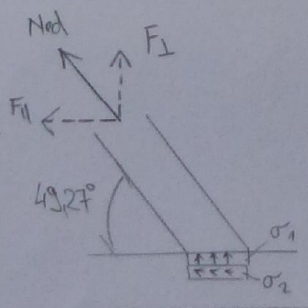
POZN. :- OVEŘENÍ PROVEDENO DLE TAB. 6-10.

ČSN EN 1993-1-8.

- VŠECHNY PODMÍNKY SPLNĚNY

STÝČNÍK VYHOVUJE

4.1.2. SVARÝ STÝČNÍK



$$N_{ED} = 93,31 \text{ kN} ; \quad \phi = 49,27^\circ$$

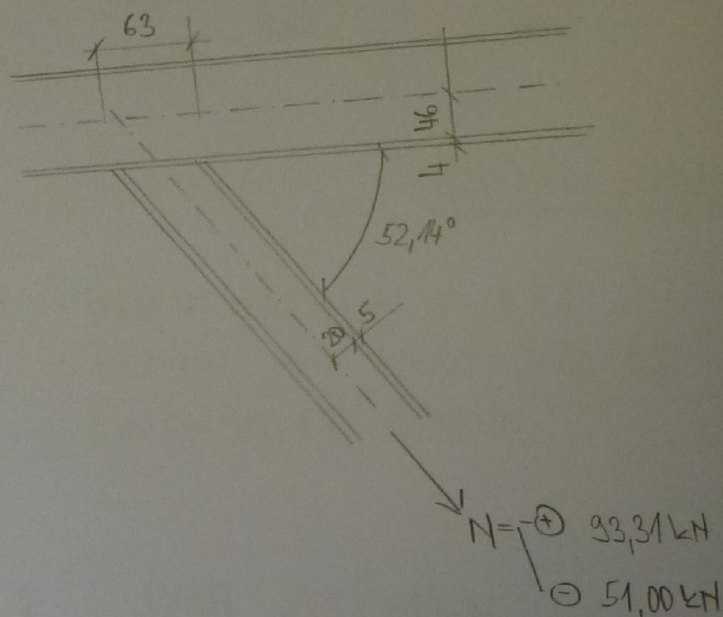
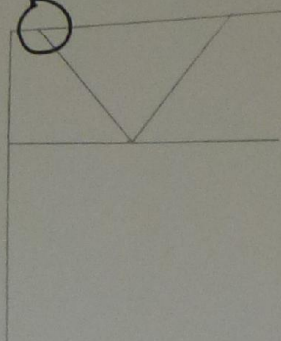
$$\text{NÁVRH} : \text{KATOVÝ SVAR} ; \quad a = \underline{\underline{3 \text{ mm}}}$$

$$\text{DĚLKA SVARU} \quad l = 2(66 - 5) = \underline{\underline{121 \text{ mm}}}$$

Bakalářská práce	STATICKÝ VÝPOČET	Richard Jambor
	$F_{11} = N_{ed} \cdot \cos \phi = 93,31 \cdot \cos 49,27^\circ = 60,88 \text{ kN}$ $F_{12} = N_{ed} \cdot \sin \phi = 93,31 \cdot \sin 49,27^\circ = 70,71 \text{ kN}$ $\sigma_1 = \frac{F_{12}}{a \cdot l} = \frac{70710}{9003 \cdot 0,121} = 178,38 \text{ MPa}$ $\sigma_2 = \frac{F_{11}}{a \cdot l} = \frac{60880}{9003 \cdot 0,121} = 154,65 \text{ MPa}$ $\tau_{11} = \sigma_2 = 154,65 \text{ MPa}$ $\sigma_1 - \tau_{11} = \sigma_1 / \sqrt{2} = 178,38 / \sqrt{2} = 125,82 \text{ kN}$ POSOUDZENÍ: $1) \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_{11}^2 + 3\tau_{12}^2} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \gamma_w}$ $\sqrt{4 \cdot 125,82^2 + 3 \cdot 154,65^2} \leq \frac{360}{1,25 \cdot 0,8}$ $\underline{\underline{355 < 360}}$ $2) \sigma_1 < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$ $125,82 < \frac{0,9 \cdot 360}{1,25}$ $\underline{\underline{125,82 < 259,20}}$ VÝHODNÍ SVARY II S DOLNÍM PÁSEM ! POZN: BUDE ALE PROVEDEN OBVODOVÝ KOUTOVÝ SVAR $a = 3 \text{ mm}$	

4.2. PŘÍPOJ KRAJNÍ DIAGONÁLY A HORNÍHO PÁSU VAZNÍKU

DET.



4.2.1. OVEŘENÍ ÚNOSNOSTI STYČNÍKU

STYČNÍK Y''

$$\phi_1 = 52,14^\circ$$

$$b_1 = 50 \text{ mm}$$

$$b_0 = 100 \text{ mm}$$

$$t_1 = 5 \text{ mm}$$

$$t_0 = 4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} N_{1, \text{RED}} &= \frac{k_n f_{yk} \cdot t_0^2}{(1-\beta) \cdot \sin \phi} \left(\frac{2\beta}{\sin \phi} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5} = \\ &= \frac{0,84 \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,004^2}{(1-0,5) \sin 52,14} \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,5}{\sin 52,14} + 4 \cdot \sqrt{1-0,5} \right) / 1,0 = \\ &= \underline{\underline{137,17 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{1, \text{RED}} &= \frac{k_n f_{yk} \cdot t_0^2}{(1-\beta) \cdot \sin \phi} \left(\frac{2\beta}{\sin \phi} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5} = \\ &= \frac{1,0 \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,004^2}{(1-0,5) \cdot \sin \phi} \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,5}{\sin 52,14} + 4 \cdot \sqrt{0,5} \right) / 1,0 = \\ &= \underline{\underline{144,39 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

STATICKÝ VÝPOČET

Bakalářská práce

$$\frac{N_{ED}^{\oplus}}{N_{t,RED}} = \frac{93,31}{144,33} = \underline{0,65}$$

$$\frac{N_{ED}^{\ominus}}{N_{t,RED}} = \frac{51,00}{137,14} = \underline{0,38}$$

STYČNÍK VYHOUŠE

POZN.: - VELICINÝ VYSVĚTLENÝ V 4.1.1.
 - PODMÍNKY PRO POUŽITÍ 6.10. DLE
 ČSN EN1993-1-8 SPLNĚNÝ

4.2.2. SVAR STYČNÍKU

$$N_{ed} = 93,31 \text{ kN}$$

$$\phi = 52,14^\circ$$

$$a = 3 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot (63 - 5) = 116 \text{ mm}$$

$$F_{II} = N_{ed} \cdot \cos \phi = 93,31 \cdot \cos 52,14^\circ = \underline{57,27 \text{ kN}}$$

$$F_I = N_{ed} \cdot \sin \phi = 93,31 \cdot \sin 52,14^\circ = \underline{73,67 \text{ kN}}$$

$$\sigma_1 = \frac{F_I}{a \cdot l} = \frac{73670}{0,003 \cdot 0,116} = \underline{191,70 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_2 = \frac{F_{II}}{a \cdot l} = \frac{57270}{0,003 \cdot 0,116} = \underline{144,57 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{II} = \sigma_2 = 144,57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 - \tau_1 = \sigma_1 / \sqrt{2} = \underline{135 \text{ MPa}}$$

POSOUZENÍ

$$1) \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2 + 3\tau_n^2} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

$$\sqrt{4 \cdot 135^2 + 3 \cdot 141,5^2} < \frac{360}{1,25 \cdot 0,8}$$

$$357 < 360$$

$$2) \sigma_1 < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$135 < \frac{0,9 \cdot 360}{1,25}$$

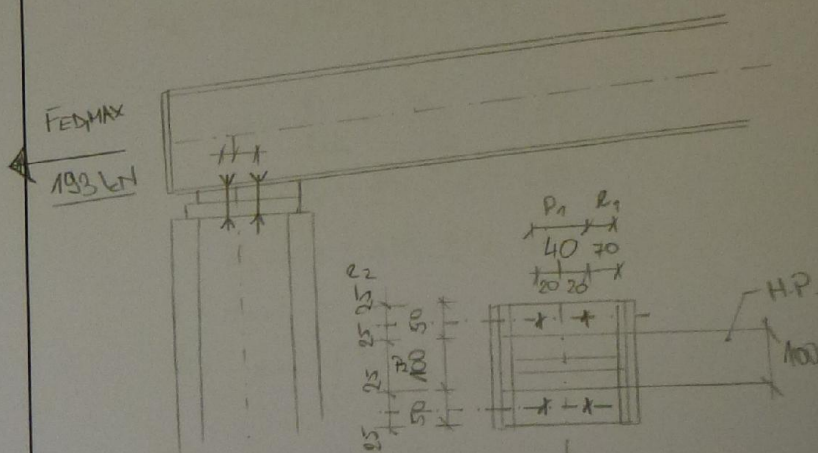
$$135 < 259$$

VÝHODNÍ SVARY
II S HORNÍM PÁSEM

POZN:

BUDE PROVEDEN OBVODOVÝ KOUTOVÝ

SVAR $a = 3 \text{ mm}$


$$F_{EDMAX} = 193 \text{ kN}$$

- ZÁVIT NEPROCHÁZÍ DŘÍLKEM

$$- A_1 = 2,017 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

- 1 ROVINA STŘÍHU

$$F_{V, RD} = 4 \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{u3} \cdot A_1}{A_{H2}} \quad ; \quad \alpha_v = 0,6$$

$$F_{\text{res}} = 4 \cdot \frac{0,6 \cdot 640 \cdot 10^6 \cdot 2,011 \cdot 10^{-4}}{1,25} = \underline{\underline{247 \text{ kN}}}$$

$$\frac{F_{EDMAX}}{F_{ED}} = \frac{193}{247} = \underline{\underline{0.78}}$$

WITHOUT ?

4.3.2. POSOUZENÍ V OTLAČENÍ

$$F_{b,rd} = \frac{4 \cdot k_1 \cdot d_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$d_b = \min \left\{ d_1, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\}$$

$$d_1 = \frac{a_1}{3 \cdot d_0} = \frac{70}{3 \cdot 18} = 1,30$$

$$f_{ub}/f_u = 800/360 = 2,22$$

$$d_b = \min \{ 1,30; 2,22; 1,0 \} = 1,0$$

$$t = t_{min} = 10 \text{ mm}$$

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_1^2}{d_0} + 1,7; 2,5 \right\}$$

$$= \min \left\{ \frac{2,8 \cdot 25}{18} + 1,7; 2,5 \right\} = \min \{ 2,2; 2,5 \} = 2,2$$

$$F_{b,rd} = \frac{4 \cdot 2,2 \cdot 1,0 \cdot 360 \cdot 10^5 \cdot 0,016 \cdot 0,01}{1,25} = \underline{\underline{405 \text{ kN}}}$$

$$\frac{F_{ed,max}}{F_{b,rd}} = \frac{193}{405} = \underline{\underline{0,48}}$$

VÝHOVUSE !4.3.3. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$p_1 = 40 \text{ mm}$$

$$e_1 = 70 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$e_2 = 25 \text{ mm}$$

$$33,6 \leq p_1 \leq 140$$

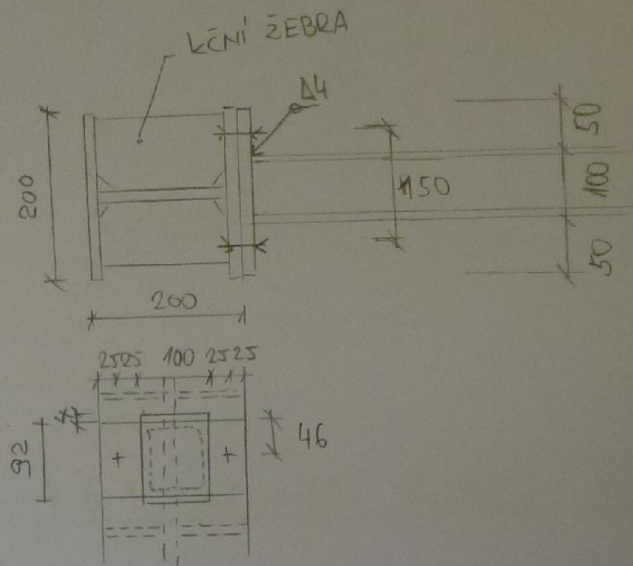
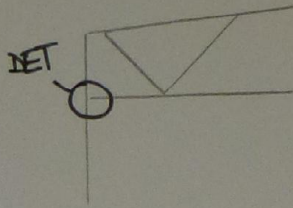
$$21,6 \leq e_1 \leq 80$$

$$43,2 \leq p_2 \leq 140$$

$$21,6 \leq e_2 \leq 80$$

VÝHOVUSE !VÝHOVUSE 4x M16 8.8.

4.4. PŘÍPOJ DOLNÍHO PÁSU VAZNIKU NA SLOUP



4.4.1. POSOUZENÍ ŠROUBŮ NA TAH

$$F_{T, \text{MAX, ED}} = 192 \text{ kN}$$

$$\text{NÁVRH: } 2 \times M16 \quad 10.9.$$

$$A_s = 1,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F_{T, \text{RD}} = 2 \cdot \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M_2}}$$

$$k_2 = 0,9 \quad f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$$

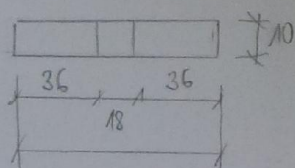
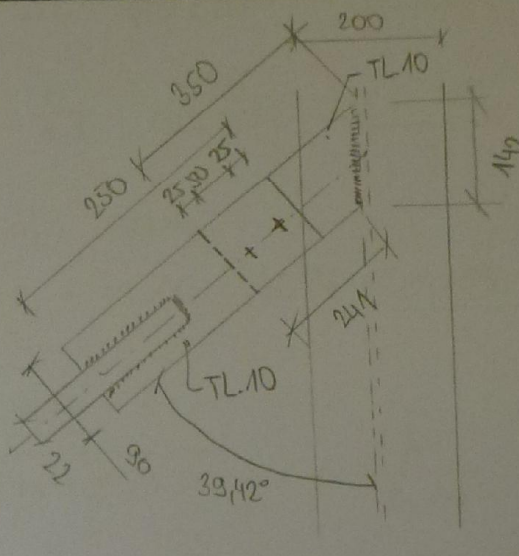
$$\bar{F}_{T, \text{RD}} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 10^6 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4}}{1,25} = \underline{\underline{226 \text{ kN}}}$$

$$\frac{F_{ed}}{F_{T, \text{RD}}} = \frac{192}{226} = \underline{\underline{0,85}}$$

VÝHOVUJE !

VÝHOVUJE 2x M16
10.9.

4.5. PŘÍPOJ STĚNOVÉHO ZTUŽIDLA



4.5.1 ÚNOSNOST PLECHU V TAHU

$$A_{\text{NET}} = 0,036 \cdot 0,01 \cdot 2 = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F_{\text{red}} = \frac{A \cdot f_t}{\gamma_{M_2}} = \frac{7,2 \cdot 10^{-4} \cdot 360 \cdot 10^6}{1,10} = \underline{\underline{259,20 \text{ kN}}}$$

POZN: TL 10 KVŮLI KŘÍŽENÍ ZTUŽIDEL

$$\frac{F_{\text{ed}}}{F_{\text{red}}} = \frac{57}{259} = \underline{\underline{0,22}}$$

PLECH VÝHRADE

4.5.2. ÚNOSNOST SVARU

- ZATÍŽENÍ CENTRICKY $\Rightarrow M=0$

$$l = 3 \cdot (142 - 10) = 262 \text{ mm}$$

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$N_{\text{MAX}} = 57 \text{ kN}$$

$$F_{\parallel} = N_{\text{ed}} \cdot \cos \phi = 57 \cdot \cos 33,42 = \underline{\underline{44,04 \text{ kN}}}$$

$$T_{\perp} = N_{\text{ed}} \cdot \sin \phi = 57 \cdot \sin 33,42 = \underline{\underline{36,20 \text{ kN}}}$$

$$\sigma_1 = \frac{\bar{F}_1}{a \cdot l} = \frac{36200}{9003 \cdot 0,262} = \underline{47 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_2 = \frac{\bar{F}_2}{a \cdot l} = \frac{44040}{9008 \cdot 0,262} = \underline{57 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{11} = \sigma_2 = 57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = \tau_{11} = \sigma_1 / \sqrt{2} = 47 / \sqrt{2} = \underline{34 \text{ MPa}}$$

POSOUZENÍ

$$1) \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_{11}^2 + 3\tau_{22}^2} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \gamma_w}$$

$$\sqrt{4 \cdot 34^2 + 3 \cdot 57^2} \leq \frac{360}{1,25 \cdot 0,8}$$

$$\underline{120} \leq \underline{360}$$

$$2) \sigma_1 \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\underline{34} \leq \underline{259}$$

SVARY VYHOVUJÍ

4.5.3. ÚNOSNOST ŠROUBŮ VE SMYKU

2x M16 8.8.

$F_{p,ED} = 123 \text{ kN}$ (viz. KAP. 4.3.1)

$F_{v,ED} = 57 \text{ kN}$

$$\frac{F_{v,ED}}{F_{p,ED}} = \frac{57}{123} = \underline{0,46}$$

VÝHOVUJE !

4.5.4. ÚNOSNOST ŠROUBŮ V OTLAČENÍ

$$F_{b,ED} = \frac{2 \cdot k_1 \cdot d_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$d_b = \min \left\{ d_d, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{25}{3,48}; 800/360; 1,0 \right\} = \underline{0,467}$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7; 2,5 \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 5,3; 2,5 \end{array} \right\} = \underline{2,5}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$d_b = 16 \text{ mm}$$

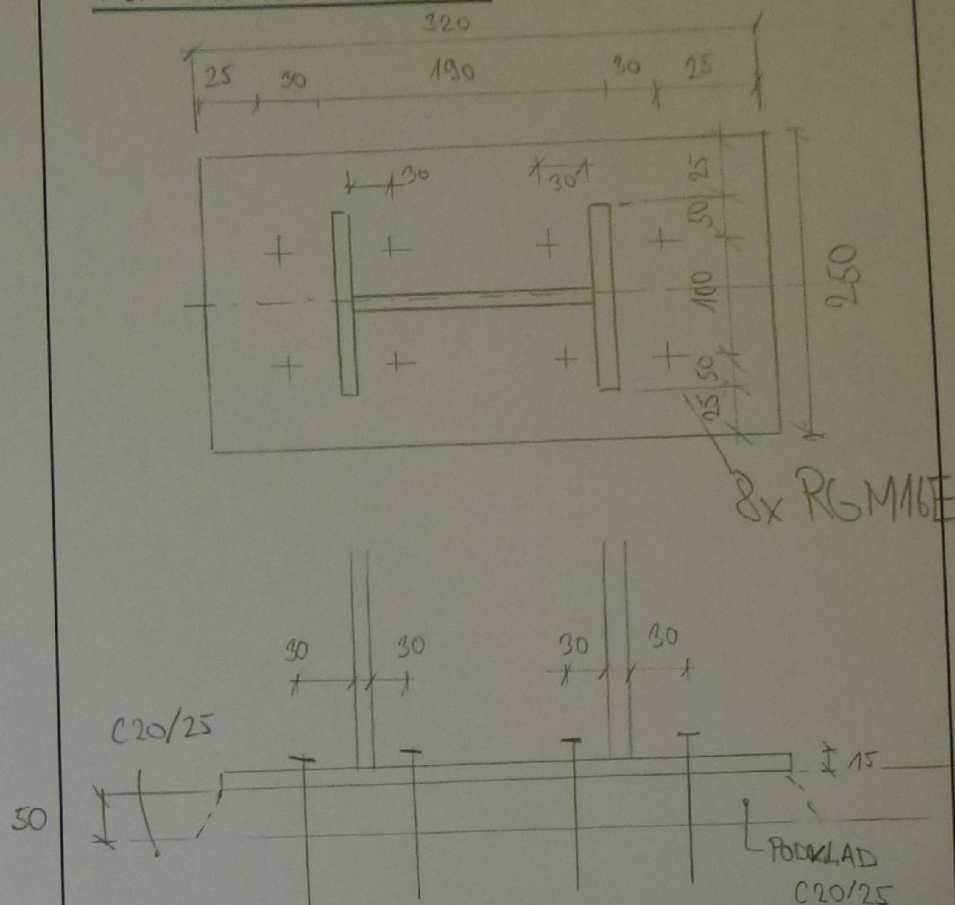
$$F_{b,ED} = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 0,467 \cdot 360 \cdot 10^6 \cdot 0,016 \cdot 0,01}{1,25} = \underline{\underline{107 \text{ kN}}}$$

$$\frac{F_{ed}}{F_{b,ED}} = \frac{57}{107} = \underline{\underline{0,54}}$$

VÝHODUSE
2x M16 8.8. !

POZN:

KĚNÍ ZÁSADY VIZ 4.3.3.

4.6. KOTVENÍ SLOUPU

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST TABELOVÁNA VÝROBKEM
 PRO PROFIL, PÁŤNÍ PLECH, TYP CHEM.
 KOTEV A HLoubKU KOTVENÍ. NUTNO
 DODRŽET KONSTRUKČNÍ ZÁSADY.

TYP KOTVY: RG M 16 E; 8.8.
 TAH 345 kN; PRO C 20/25
 SMYK 252 kN
 OH. MOM. 604 kN

MAX. VÝPOČTENÉ ZATÍŽENÍ: $N_{ed} = 43 \text{ kN}$
 $V_{ed} = 35 \text{ kN}$
 $M_{ed} = 73 \text{ kN/m}$

VÝHODUJE!