

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2022

BC. PETR BRODEC


NÁDRAŽNÍ HALA BRNO

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: Brodec	Jméno: Petr	Osobní číslo: 468525
Zadávající katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Nádražní hala Brno	
Název diplomové práce anglicky: Railway station hall Brno	
Pokyny pro vypracování: Návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce nádražní haly - zpracování statického výpočtu hlavních prvků OK, ztužidel včetně posouzení významných detailů, zpracování výkresové dokumentace - dispoziční výkresy v měřítku 1:100 a 1:200, výkresy řešených detailů 1:10, technická zpráva.	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.	
Datum zadání diplomové práce: 22.9.2021	Termín odevzdání diplomové práce: 2.1.2022 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

22.09.2021 Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
-------------------------------------	--

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Petr BRODEC

Název diplomové práce: Nádražní hala Brno

Základní část: *OK* podíl: *100* %

Formulace úkolů: *návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce -*
příčná, vodorovná, vertikální + posouzení vybraných
detailů ocelové konstrukce: dispoziční výkres (výhledy + kresby) +
výhledy detailů 1:10 / 1:5; technická specifikace

Podpis vedoucího DP: *Eliaš*

Datum: *22. 9. 2021*

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s odbornou konzultací vedoucí diplomové práce doc. Ing. Martinou Eliášovou, CSc., a veškeré použité podklady, ze kterých jsem při psaní čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 2.1. 2020

Petr Brodec

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval paní doc. Ing. Martině Eliášové CSc., za konzultace, rady a trpělivost během psaní této práce.

Dále bych chtěl poděkovat všem blízkým a zejména rodičům za jejich nekonečnou podporu.

ABSTRAKT:

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním a statickým návrhem ocelové konstrukce nádražní haly. Na základě předběžného výpočtu 4 variant je vybráno výsledné řešení, pro který je zpracován podrobný statický výpočet. Hlavní typická příčná vazba je tvořena prostorovým příhradovým rámem s obloukovou příčlím. Střešní plášť je přichycen k příhradovým vaznicím uloženým na vazbách jako prosté nosníky. Vybrané konstrukční detaily jsou posouzeny ručním výpočtem a pomocí metody CBFEM v softwaru IDEA Statica. Statický výpočet je doplněn technickou zprávou a projektovou dokumentací ocelové konstrukce.

Klíčová slova: ocelová konstrukce, oblouková hala, nádraží, 3D výpočetní model

ABSTRACT:

This master thesis focuses on the structural and static design of the steel structure of a train station hall. A final solution is picked based on a tentative calculation of 4 variants. The typical main frame consists of 3D truss frame with an arc cross beam. Roofing is attached to truss purlins, pin-supported by the main frame. Selected construction details are assessed manually and with Component-based finite elements method in software IDEA Statica. To a static assessment a technical report and project documentation of the steel structure is added.

Klíčová slova: steel structure, arch hall, train station, 3D computing model

OBSAH

1. TECHNICKÁ ZPRÁVA

2. STATICKÝ POSUDEK

PŘÍLOHA A – PŘEDBĚŽNÝ VÝPOČET

PŘÍLOHA B – ZATĚŽOVACÍ STAVY

PŘÍLOHA C – VÝPOČET ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍ

3. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

PŮDORYS STŘECHY KONSTRUKCE M 1:300

PŮDORYS STŘECHY M 1:300

ŘEZ AA' (ŠTÍTOVÁ VAZBA JIH) M 1:150 1:100

ŘEZ BB' (TYPICKÁ VAZBA) M 1:250 1:150 1:100

ŘEZ CC' (ŠTÍTOVÁ VAZBA SEVER) M 1:150 1:100

ŘEZ DD', GEOMETRIE VAZNICE M 1:100 1:50

DETAIL 1 – PŘIPOJENÍ VAZNIC K PŘÍČNÉ VAZBĚ M 1:10

DETAIL 2 – KLOUBOVÉ PŘIPOJENÍ KRAJNÍHO SLOUPU ŠTÍTOVÉ VAZBY M 1:15 1:10 1:5

DETAIL 3 – KLOUBOVÉ PŘIPOJENÍ KRAJNÍHO SLOUPU TYPICKÉ VAZBY M 1:15 1:10 1:5

DETAIL 4 – KLOUBOVÉ PŘIPOJENÍ STŘEDNÍHO SLOUPU TYPICKÉ VAZBY M 1:15 1:10

1:5

DETAIL 5, 6 – MONTÁŽNÍ PŘÍLOŽKOVÉ STYKY PRUTŮ TYPICKÉ VAZBY M 1:5

DETAIL 7 – PŘÍPOJ SVISLÉ PŘÍHRADY K VODOROVNÉ PŘÍHRADĚ ŠTÍTOVÉ STĚNY M

1:10

DETAIL 8 – PŘÍPOJ VODOROVNÉ PŘÍHRADY BOČNÍ STĚNY K SLOUPKU TYPICKÉ VAZBY

M 1:10

DETAIL 9, 10, 11 – PŘIPOJENÍ STABILIZAČNÍCH PRUTŮ K VAZNICI M 1:10

DETAIL 12 – PŘIPOJENÍ HLAVNÍHO PODÉLNÉHO ZTUŽIDLA K ŠTÍTOVÉ VAZBĚ M 1:10

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



TECHNICKÁ ZPRÁVA

Obsah

1. ZÁKLADNÍ INFORACE O PROJEKTU	1
1.1. OBECNÉ INFORMACE	1
1.2. POUŽITÉ NORMY A PODKLADY	1
1.3. POUŽITÝ SOFTWARE	2
1.4. METODY VÝPOČTU.....	2
2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA KONSTRUKCE	2
2.1. URBANISTICKÉ, ARCHITEKTONICKÉ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ STAVBY	2
2.2. MATERIÁLOVÉ ŘEŠENÍ STAVBY	3
3. ZATÍŽENÍ	3
4. ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE	4
5. NOSNÁ KONSTRUKCE.....	4
6. ZTUŽENÍ HALY	5
7. MONTÁŽ OCELOVÉ KONSTRUKCE	6
8. PROTIKOROZNÍ OCHRANA	7

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O PROJEKTU

1.1. OBECNÉ INFORMACE

Řešenou konstrukcí je ocelová nádražní hala s předpokládaným umístěním v Brně. Objekt je spojením dopravního uzlu železniční dráhy a městské hromadné dopravy. Nalézá se v I. sněhové oblasti a v I. větrné oblasti v kategorii terénu III.

Objekt je navržen vedle stávající budovy nádraží, která vstupuje do jeho půdorysného prostoru. Zároveň stávající budova převyšuje navrhovanou konstrukci přibližně o 4 metry.

1.2. POUŽITÉ NORMY A PODKLADY

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- 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
- ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-5 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1.5: Boulení stěn
- ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1.8: Navrhování styčnicků
- ČVUT - OCELOVÉ KONSTRUKCE – Tabulky (Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D., prof. Ing. František Wald, CSc.

1.3. POUŽITÝ SOFTWARE

- AUTOCAD 2021
- Microsoft Office Word
- Microsoft office Excel
- SCIA Engineer 20
- PTC Mathcad Prime
- IDEA Statica
- TEKLA structures
- GEO5 2021

1.4. METODY VÝPOČTU

Pro výpočet vnitřních sil bylo použito metody konečných prvků, kterou používá software SCIA Engineer. V tomto softwaru byly vytvořeny dva 3D výpočetní modely konstrukce (jeden pro každý dilatační celek), které byly zatíženy dle vypočítaného normového zatížení. Vypočítané vnitřní síly byly následně použity k ručnímu posouzení vybraných částí a prvků konstrukce na 1. mezní stav a 2. mezní stav. Pro automatizaci ručního výpočtu bylo použito tabulkového procesoru Microsoft Excel a výpočetního procesoru PTC Mathcad. Vnitřní síly byly dále využity pro ruční výpočet únosnosti konstrukčních styků prvků a pro zatížení modelovaných konstrukčních styků v softwaru IDEA Statica, který únosnost styků posuzuje tzv. CBFEM (Component-based finite element method, neboli metodou konečných prvků založenou na metodě komponent).

2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA KONSTRUKCE

2.1. URBANISTICKÉ, ARCHITEKTONICKÉ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

STAVBY

Předmětem projektu diplomové práce je návrh konstrukce jednopodlažní dvoulodní ocelové haly, sloužící jako dopravní uzel železniční sítě a městské hromadné dopravy. Jedná se o objekt nacházející se v centru města Brno. Konstrukce je navržena vedle stávající budovy nádraží, kterou konstrukce obklopuje ze západní a jižní strany. Tvarově se jedná o dvoulodní

příhradovou halu s obloukovou příčlí, která má délku 205 m, výšku v místě ukončení sloupů 17 m a v nejvyšším bodě 27,6 m. Rozpon jednotlivých lodí je 70 m.

Opláštění konstrukce je navrženo kombinací skleněných a plechových panelů přichycených k systému vaznic a paždíků.

2.2. MATERIÁLOVÉ ŘEŠENÍ STAVBY

- ocel: S235 JR, S355 JR
- šrouby: M10 4.6, M12 5.6, M20 8.8, M16 5.6
- beton: C 20/25-XC2-CI0,1-D/max22-S3 - ZÁKLADOVÉ PATKY
(NENÍ SOUČÁSTÍ ŘEŠENÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE)

3. ZATÍŽENÍ

Při výpočtu byly uvažovány následující zatěžovací stavy:

- Vlastní tíha – působení implementováno do výpočtu softwarem SCIA Engineer
- Opláštění – tíha plechů a skleněných tabulí
- Užité zatížení – technické užité zatížení
- Zatížení sněhem
 - Konstantní zatížení
 - Konstantní zatížení + návěje v úžlabí a z vedlejší střechy
 - Návěje sleva
 - Návěje zprava
- Zatížení větrem
 - Vítr příčný x+
 - Vítr příčný x-
 - Vítr podélný y+
 - Vítr podélný y-
 - Vítr podélný y+ s vnitřními účinky
 - Vítr podélný y- s vnitřními účinky

4. ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Patky sloupků příhradových sloupů vazníku jsou navrženy kloubové. Takové připojení k základovým patkám je vyřešeno čepovým spojem. V rámci podrobného posouzení jsou navrženy tři varianty čepového připojení pro různé míry namáhání základu. Pro nejvíce namáhané čepy je navržen šestistřížný čep o průměru 80 mm z oceli S355, s plechy 20 a 25 mm. Pro méně namáhané připojení je navržen čtyřstřížný čep o průměru 70 mm z oceli S355 s plechy 20 a 20 mm.

Betonové základové patky o rozměrech 1,9 x 1,9 m a výšce 2 m, jsou navrženy z betonu C20/25. Návrh betonových základů není součástí zadání diplomové práce, pro přibližné rozměry je proveden jednoduchý návrh pomocí softwaru GEO (viz příloha statického posudku)

5. NOSNÁ KONSTRUKCE

Z konstrukčního hlediska se jedná o dvoulodní příhradovou halu, jejíž typické vazby jsou tvořeny prostorovým příhradovým rámem s obloukovou příčílí. Štítové a zdvojené dilatační vazby jsou navrženy jako rovinná příhrada stejného tvaru. Osová vzdálenost jednotlivých vazeb je 20,5 metru (v dilatačním zdvojení konstrukce 20 m). Vzepětí obloukové příčle je 9 metrů, tedy poloměr zakřivení je 72,5 m.

Příčníky rámu o výšce přibližně 5 metrů jsou navrženy z dutých profilů kruhového průřezu. Pruty pásů příčle jsou navrženy s konstantním průřezem po celé délce. Z důvodu optimalizace konstrukce byly navrženy tři varianty profilů diagonál podle míry zatížení působícího na daný prvek.

Vaznice jsou kloubově připojené k vazníkům v každém poli jako prosté nosníky, jsou rovněž příhradové a sklonem kopírují zaoblení příčle. Pásky vaznic jsou z profilu CHS 114,3/6,3, diagonály z CHS 76,1/5,0. Jejich osazení je stabilizováno systémem táhel ukotvených ve třetinách délky spodního a horního pásu vaznic.

Příhradové sloupy o výšce 17 m jsou také rovině příhradové, respektive prostorově příhradové. V obou variantách je vnější prut ukončen ve výšce poslední vodorovné diagonály nad základem a síla z něj je svedena šikmou diagonálou do hlavního nosného sloupku, který je kloubově uložen k základové konstrukci.

Štítová stěna je vytvořena z dvou hlavních příhradových nosníků v každé lodi, které jsou podepřeny v každém styčnicku diagonál vertikálními příhradami, připojenými k horním pásnicím vaznic. Mezi svislicemi jsou připojené přidavné paždíky, které spolu s předními pásnicemi vertikálních příhrad roznášejí zatížení z pláště budovy.

Hlavním nosným prvkem bočních stěn jsou vodorovné příhrady, navazující na příhrady štítové stěny. Ty fungují zároveň jako podélné ztužení objektu a zároveň se o ně opírají sloupky s paždíky, které roznášejí zatížení z pláště budovy.

6. ZTUŽENÍ HALY

Tuhost střešní roviny je zajištěna příčnými ztužidly v rovině střechy z prutů CHS 168,3/10, která jsou rozmístěna maximálně po 36 metrech a zároveň jsou umístěna vždy u štítových a zdvojených dilatačních vazeb. Dále je tuhost zajištěna okapovými podélnými ztužidly z prutů CHS 114,3/6,3, probíhajícími po celé délce objektu a v úžlabí mezi loděmi.

Podélné ztužení objektu je zajištěno hlavními podélnými ztužidly umístěnými ve střední stěně haly, která jsou prostorová a respektují tvar středního sloupu hlavní nosné vazby a zároveň jsou tvarově uzpůsobena tak, aby nezasahovala do volně průchozího prostoru.

Podélné ztužení bočních stěn je zajištěno vodorovnými příhradovými nosníky v bočních stěnách konstrukce. Tyto nosníky navazují ve dvou výškových úrovních na vodorovné nosníky ve štítové stěně. Tyto vodorovné příhradové nosníky jsou podepírány sloupky a vertikální příhradou ve čtvrtinách rozponu každého nosníku. Jsou navrženy z dutých čtvercových průřezů SHS 150/150/8

7. MONTÁŽ OCELOVÉ KONSTRUKCE

Konstrukce je montována kombinací šroubování celých prvků, tak svařováním částí konstrukce na stavbě. Vzhledem k rozměrům objektu je potřeba zajistit možnou dopravu nadměrných dílců na stavbu, které budou dovezeny pravděpodobně pomocí železniční dopravy.

Nejprve bude vztyčen střední sloup štítové vazby. Ten se osadí do čepové patky a vhodně se zajistí. Stejně tak budou vztyčeny krajní sloupy. Následně se přivaří k sloupům část příčle, která bude zakončena připravenými plechy pro příložkový montážní styk. Příčle bude rozdělena na pět částí, které se se dohromady sešroubují pomocí těchto montážních styků. Obdobným způsobem se provede montáž další vazby.

Po montáži dvou sousedících nosných vazeb se mezi ně připojí příhradové vaznice. Ty jsou navrženy jako prosté nosníky, které kopírují zakřivení obloukové příčle. Postup osazování vaznic je tedy navržen symetricky, od střední vaznice dané lodi k okrajům. Během osazování budou zároveň připojovány stabilizační příhradové pruty k hornímu a dolnímu pásu vaznic. Stabilizační pruty jsou připojeny pomocí čepových spojů. Během montáže vaznic budou zároveň montovány pruty ztužení střešní roviny. Pruty příčných ztužidel v rovině střechy budou montovány spolu se stabilizačními pruty. Po montáži všech vaznic se přišroubují pruty podélného okapového ztužení. Následně se ukotví boční sloupky a vertikální příhrada, které podepírají dva vodorovné příhradové nosníky v boční stěně. Dále se provede montáž hlavního podélného ztužidla ve střední stěně.

Obdobný postup bude použit i pro montáž všech následujících polí objektu.

Po montáži všech hlavních nosných vazeb, ztužidel a bočních stěn bude montována jižní štítová stěna. Nejprve se přichytí vertikální příhrady k vykonzolovaným horním pásům vaznic. K těm se následně přišroubují vodorovné příhradové nosníky, které jsou na krajích připojeny ke krajním sloupům. Posledním krokem je připojení paždíků a stabilizačních prutů. Montáž severní štítové stěny bude probíhat stejným způsobem.

Po sestavení ocelové konstrukce bude instalován střešní plášť. Střešní krytina z trapézového plechu bude připojena pomocí plechů, připravených na horních pásech

vaznic. K těm budou jednotlivé pásy plechu přišroubovány. Obvodový plášť ze skleněných tabulí bude montážně připojen dle manuálu výrobce k systému paždíků a vodorovných příhrad.

Během montáže celé konstrukce je nutné průběžně kontrolovat zajištění všech dílců konstrukce a podepření ve všech montážních stádiích.

(Pro účely diplomové práce je montáž konstrukce popsána pouze touto stručnou formou. Pro reálnou konstrukci by bylo potřebné provést podrobný montážní plán a jednotlivé fáze montáže ověřit statickým výpočtem. Umístění objektu je zároveň vybráno pouze orientačně a uvažuje se, že pro transport velkých dílců bude možné využít železniční dopravu. Největší předpokládaný dílec, který bude muset být převezen je sloup štítové vazby, který bude dlouhý necelých 17 metrů.)

8. PROTİKOROZNÍ OCHRANA

Stupeň agresivity = C3 (Průmyslové a městské ovzduší s mírným znečištěním oxidem siřičitým). Konstrukce je opláštěna, nicméně jedná se o otevřenou konstrukci, jejíž některé části nebudou plně chráněny. Je navržen protikorozní SB Zinkeoxidový nátěr Hempadur Avantguard 750. Ten je nanesen po přípravě povrchu, dle dokumentace dodavatele Sa 2 ½ - velmi důkladným otryskáním. Tloušťka je navržena 200 μm (pro odhadovanou dobu životnosti > 25 let).

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



STATICKÝ POSUDEK

2022

BC. PETR BRODEC

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK	1
1. POPIS KONSTRUKCE A VÝPOČET ZATÍŽENÍ	3
1.1. POPIS KONSTRUKCE	3
1.1.1. SCHÉMA – PŮDORYS KONSTRUKCE	3
1.1.2. SCHÉMA – ŘEZY KONSTRUKCÍ	4
1.2. ZATÍŽENÍ	5
1.2.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ	5
1.2.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	5
2. PODROBNÉ POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ	14
2.1. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY A SOUČINITELE	14
2.2. POSOUZENÍ VAZNICE	15
2.2.1. POSOUZENÍ MSP	15
2.2.2. POSOUZENÍ MSÚ	16
2.3. POSOUZENÍ ŠTÍTOVÉ VAZBY	23
2.3.1. POSOUZENÍ MSP	23
2.3.2. POSOUZENÍ MSÚ	24
2.4. POSOUZENÍ TYPICKÉ VAZBY	51
2.4.1. POSOUZENÍ MSP	51
2.4.2. POSOUZENÍ MSÚ	52
2.5. POSOUZENÍ KRÁTKÉ VAZBY	74
2.5.1. POSOUZENÍ MSP	74
2.5.2. POSOUZENÍ MSÚ	75
2.6. POSOUZENÍ ŠTÍTOVÉ STĚNY	81
2.6.1. POSOUZENÍ MSP	81
2.6.2. POSOUZENÍ MSÚ	81
2.7. POSOUZENÍ BOČNÍ STĚNY	93
2.7.1. POSOUZENÍ MSP	93
2.7.2. POSOUZENÍ MSÚ	94
2.8. POSOUZENÍ ZTUŽIDEL	99
3. POSOUZENÍ VYBRANÝCH DETAILŮ KONSTRUKCE	107

3.1.	PŘIPOJENÍ VAZNICE K HORNÍMU PÁSU PŘÍČNÉ VAZBY	107
3.2.	KLOUBOVÉ ULOŽENÍ KRAJNÍHO SLOUPKU ŠTÍTOVÉ VAZBY.....	110
3.3.	KLOUBOVÉ ULOŽENÍ KRAJNÍHO SLOUPKU TYPICKÉ VAZBY	113
3.4.	KLOUBOVÉ ULOŽENÍ STŘEDNÍHO SLOUPKU TYPICKÉ VAZBY	116
3.5.	MONTÁŽNÍ SPOJ DIAGONÁL V PROSTOROVÉ PŘÍHRADOVÉ PŘÍČLI.....	119
3.5.1.	TAŽENÁ DIAGONÁLA.....	119
3.5.2.	SPODNÍ PÁS.....	123
3.6.	PŘIPOJ SVISLÉ PŘÍHRADY K VODOROVNÉ PŘÍHRAHADOVÉ KONSTRUKCI ŠTÍTOVÉ STĚNY	127
3.7.	PŘIPOJ VODOROVNÉ PŘÍHRADY BOČNÍ STĚNY K SLOUPU	131
5.8.	SVAŘOVANÝ SPOJ DIAGONÁLY VAZNICE	135
5.9.	SVAŘOVANÝ SPOJ DIAGONÁLY VAZNICE (CBFEM).....	139
5.9.	SVAŘOVANÝ SPOJ DIAGONÁL PROSTOROVÉ PŘÍHRADOVÉ VAZBY (CBFEM)	142
5.10.	PŘIPOJENÍ PAŽDÍKU KE SLOUPKU BOČNÍ STĚNY (CBFEM)	146
6.	ZÁVĚR	152
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	154
	SEZNAM OBRÁZKŮ	155

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK

(seznam symbolů a značek, které nejsou vysvětleny ve výpočtu)

E	modul pružnosti v tlaku a tahu
G	modul pružnosti ve smyku
f_y	mez kluzu
f_u	mez pevnosti
$\gamma_{M1}, \gamma_{M2}, \gamma_{M0}$	součinitele spolehlivosti materiálu
δ	deformace
A	plocha průřezu
A_{vz}	smyková plocha
I	moment setrvačnosti
W	průřezový modul (pružný)
W_{pl}	průřezový modul (plastický)
d	průměr
t	tloušťka
i	poloměr setrvačnosti
ε	součinitel meze kluzu
N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly od zatížení
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu od zatížení
k	součinitel vzpěrné délky
L_{teor}	teoretická délka
L_{cr}	kritická délka
λ	štíhlost
λ_1	relativní štíhlost
$\bar{\lambda}$	poměrná štíhlost
χ	součinitel vzpěru
χ_{LT}	součinitel klopení
N_{Rd}	návrhová normálová síla
ψ	součinitel koncových momentů

C_m	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
$k_{yy}, k_{zy}, k_{yz}, k_{zz}$	interakční součinitele
N_{Rk}	charakteristická normálová síla
M_{Rk}	charakteristický ohybový moment

posouzení styků

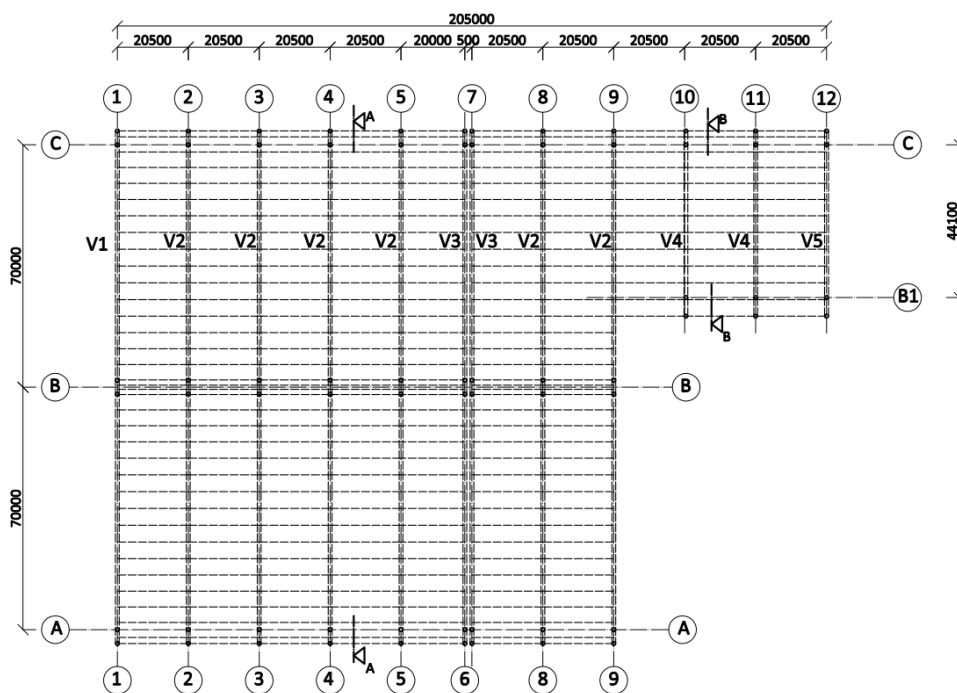
f_{ub}	mez pevnosti šroubu
A_s	plocha průřezu šroubu v závitě
d	průměr
d_0	průměr otvoru
$F_{v,Rd}$	návrhová hodnota síly ve stříhu
$F_{b,Rd}$	návrhová hodnota síly v otláčení
n	počet šroubů
a_w	účinná tloušťka svaru
L_w	délka svaru

1. POPIS KONSTRUKCE A VÝPOČET ZATÍŽENÍ

1.1. POPIS KONSTRUKCE

Řešeným objektem je dvoulodní hala o půdorysných rozměrech 148 x 205 m, stojící v Brně v 1. sněhové a 1. větrné oblasti. Jedná se o jednopodlažní budovu, která v nejvyšším bodě dosahuje výšky 27,7 metru. Hlavním nosným prvkem haly je obloukový příhradový rám se sloupy v osové vzdálenosti 70 m. Objekt se nachází vedle stávající historické budovy nádraží, která navrhovanou konstrukci převyšuje o přibližně 4 metry. Konstrukce je z části otevřená, a to do výšky 7 metrů v obou štítových stěnách. Sloupy objektu jsou rovněž příhradové a tvoří s vazníkem systém dvou dvou-kloubových rámu.

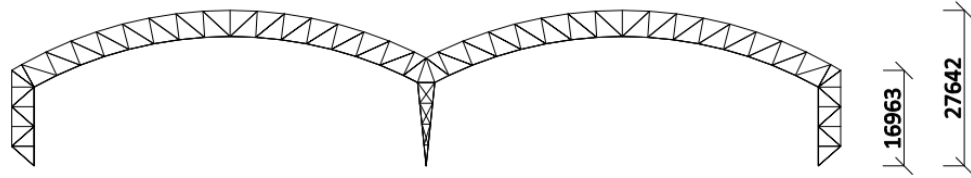
1.1.1 SCHÉMA – PŮDORYS KONSTRUKCE



Obr. 1: Schéma – půdorys konstrukce

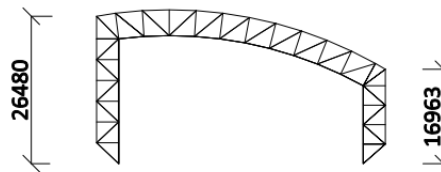
1.1.2. SCHÉMA – ŘEZY KONSTRUKCÍ

ŘEZ A-A'



Obr. 2: Schéma – řez konstrukcí A-A'

ŘEZ B-B'



Obr. 3: Schéma – řez konstrukcí B-B'

Hlavní nosné vazby haly, které jsou kloubově podepřené se objevují v pěti variantách:

V1 – štítová rovinná příhradová vazba

V2 – prostorová příhradová vazba

V3 – rovinná příhradová vazba v místě dilatace

V4 – prostorová příhradová vazba zkrácená v místě návaznosti na stávající budovu

V5 – zkrácená varianta štítové vazby

Vaznice jsou rovněž rovinné příhrady, kloubově uložené v jednotlivých polích. Jejich polohu kopírující zakřivení příčle v dané pozici zajišťují táhla upevněná ve třetinách rozponu vaznic k oběma pásům vaznice.

Podélnou tuhost zajišťují v bočních stěnách vodorovné příhrady, které také slouží k upevnění nosného systému pláště. Mezi jednotlivými loděmi zajišťuje podélnou tuhost hlavní stěnové ztužidlo a boční příhradové nosníky.

1.2. ZATÍŽENÍ

1.2.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

OPLÁŠTĚNÍ KONSTRUKCE

Předpokládaná střešní krytina je skleněná a plechová se stínícími lištami.

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

1.2.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Nepřístupná střecha s uvažovaným pouze technickým užitným zatížením. [2]

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

ZATÍŽENÍ SNĚHEM [3]

Sněhová oblast I

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

$$\beta \leq 60^\circ$$

$$h = 17 \text{ m}$$

$$b = 74 \text{ m}$$

součinitel expozice $C_e = 1,0$

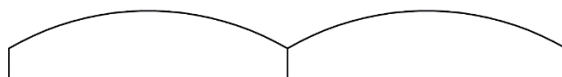
tepelný součinitel $C_t = 1,0$

tvarový součinitel

$$\mu_{3,i} = 0,8$$


- pro nenavátý sníh

$$\mu_{3,i} = 0,8$$



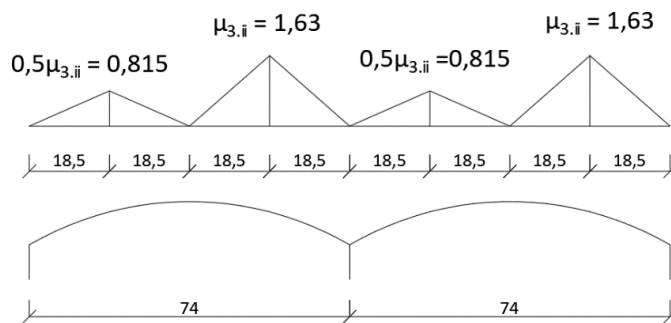
$$s_{3,i} = \mu_{3,i} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

- pro navátý sních

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \frac{10,6}{74} = 1,63$$

$$s_{3,ii} = \mu_{3,ii} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,63 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 1,223 \frac{kN}{m^2}$$

$$0,5 s_{3,ii} = 0,5 \cdot 1,223 = 0,612 \frac{kN}{m^2}$$



- návěj z vedlejší budovy

Vedlejší objekt je budova s plochou střechou, převyšující navrhovanou konstrukci o 4 metry.

šířka navazující části $b_1 = 53,491$ m

šířka sousedního vyššího objektu $b_2 = 45$ m

$$\mu_1 = 0,8$$

Pro $\alpha < 15^\circ$ je $\mu_s = 0$

$$\mu_w = \frac{(b_1 + b_2)}{2h_{rozdl}} = \frac{(53,491 + 45)}{2 \cdot 4} = 12,311$$

$$\mu_w \leq \frac{2 \frac{kN}{m^3} h_{rozdl}}{s_k} = \frac{2 \cdot 4}{0,75} = 10,66 \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

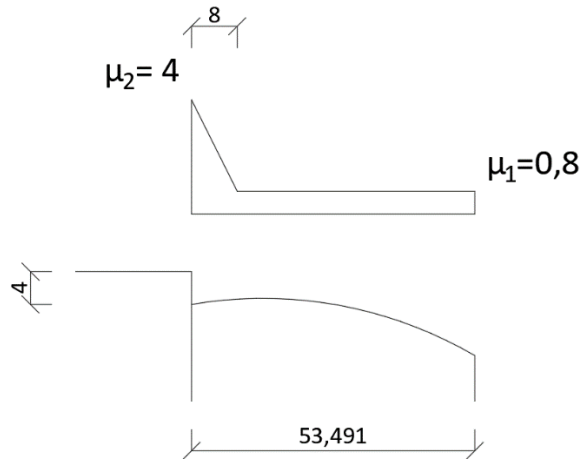
(dle doporučení národní přílohy 20 v [3] je zvolena maximální doporučená hodnota)

$$\mu_w = 4$$

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

$$s_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 3 \frac{kN}{m^2}$$

$$s_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,6 \frac{kN}{m^2}$$



- návěj v úžlabí

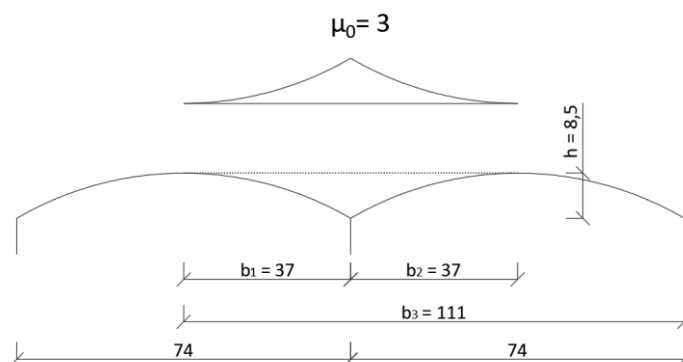
výška úžlabí $h = 8,5 \text{ m}$

šířka levé části $b_1 = 37 \text{ m} = l_{s1}$

šířka pravé části $b_2 = 37 \text{ m} = l_{s2}$

$$\mu_0 = \min\left(\frac{2 \cdot h}{s_k}, \frac{2 \cdot b_3}{(l_{s1} + l_{s2})}, 5\right) = \min\left(\frac{2 \cdot 4}{0,75}, \frac{2 \cdot 111}{(37 + 37)}, 5\right) = 3$$

$$s_0 = \mu_0 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 2,25 \frac{kN}{m^2}$$



ZATÍŽENÍ VĚTREM [4]Větrná oblast I

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

Kategorie terénu III

$$\text{Výška budovy} \quad h = 27,7 \text{ m}$$

$$\text{Šířka budovy} \quad b = 148 \text{ m}$$

$$\text{Délka budovy} \quad d = 205 \text{ m}$$

$$\text{součinitel směru větru} \quad C_{dir} = 1,0$$

$$\text{součinitel ročního období} \quad C_{season} = 1,0$$

střední rychlost větru

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

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

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

$$z = 27,7 \text{ m}$$

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

součinitel terénu k_r

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \frac{0,3}{0,05}^{0,07} = 0,2154$$

$$z \in (z_{min}; z_{max})$$

součinitel drsnosti C_r

$$C_r(z) = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,2154 \cdot \ln \left(\frac{27,7}{0,3} \right) = 0,975$$

$$\text{součinitel orografie } C_0(z) = 1,0$$

střední rychlost větru $v_m(z)$

$$v_m(z) = C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot v_b = 0,975 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 21,931 \text{ m/s}$$

součinitel turbulence $K_I = 1,0$

intenzita turbulence

$$I_v = \frac{K_I}{C_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{27,7}{0,3}\right)} = 0,221$$

maximální dynamický tlak

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

$$q_p = (1 + 7 \cdot I_v) \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v_m(z) = (1 + 7 \cdot 0,221) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 21,931$$

$$q_p = 0,79 \text{ kPa}$$

referenční výška objektu

$h < b$ – referenční výška $z_e = h$

$$z_e = 27,7 \text{ m}$$

VNĚJŠÍ TLAK VĚTRU

- TLAK VĚTRU NA STĚNY – VÍTR X

$$b = 205 \text{ m}$$

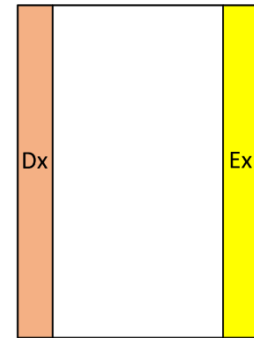
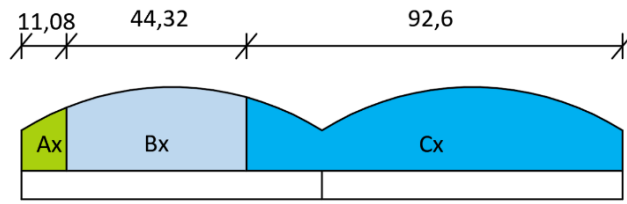
$$d = 148 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(205; 55,4) = 55,4 \text{ m}$$

$$h/d = 0,187$$

$$W_{i,j,k} = c_{pe,i} \cdot q_p$$

c_{pe}	W [kPa]
A = -1,2	$W_{e,wall,Ax} = -0,948$
B = -0,8	$W_{e,wall,Bx} = -0,632$
C = -0,5	$W_{e,wall,Cx} = -0,395$
D = 0,7	$W_{e,wall,Dx} = 0,553$
E = -0,3	$W_{e,wall,Ex} = -0,237$



- TLAK VĚTRU NA STĚNY – VÍTR Y

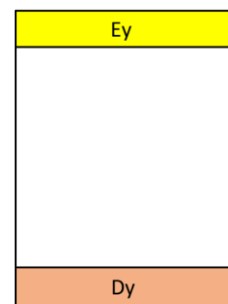
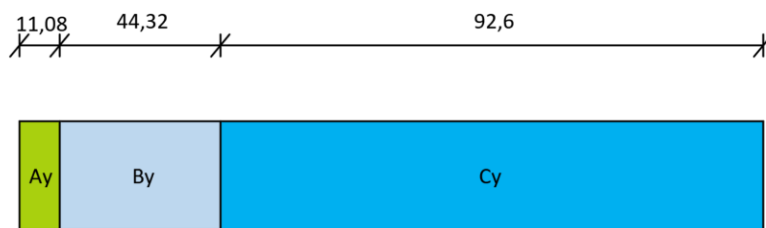
$b = 148 \text{ m}$

$d = 205 \text{ m}$

$e = \min(b; 2h) = \min(205; 55,4) = 55,4 \text{ m}$

$h/d = 0,135$

C_{pe}	$W \text{ [kPa]}$
A = -1,2	$W_{e,wall,Ay} = -0,948$
B = -0,8	$W_{e,wall,By} = -0,632$
C = -0,5	$W_{e,wall,Cy} = -0,395$
D = 0,7	$W_{e,wall,Dy} = 0,553$
E = -0,3	$W_{e,wall,Ey} = -0,237$



- TLAK VĚTRU NA STŘECHU – VÍTR X

$$h = 16,96 \text{ m}$$

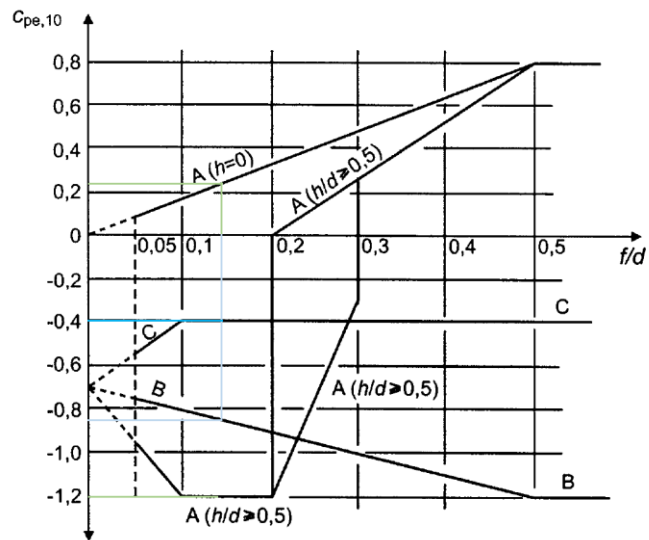
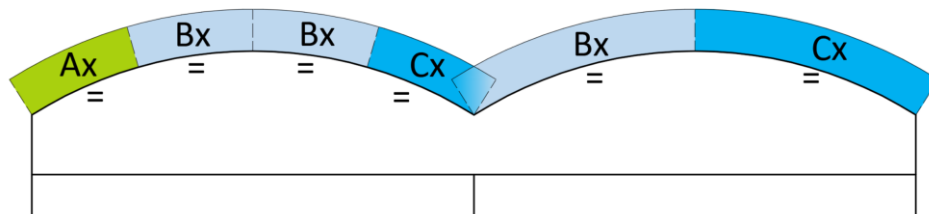
$$f = 10,74 \text{ m}$$

$$d = 74 \text{ m}$$

$$h/d = 0,229 \quad f/d = 0,145$$

C_{pe}
A = -0,414
B = -0,85
C = -0,4

W [kPa]	
$W_{e,roof,Ax}$	= -0,327
$W_{e,roof,Bx}$	= -0,672
$W_{e,roof,Cx}$	= -0,316

Obr. 4: Diagram výpočtu součinitelů $C_{pe,10}$ [4]

- TLAK VĚTRU NA STŘECHU – VÍTR Y

Výpočet jako pro sedlovou střechu se sklonem 24°

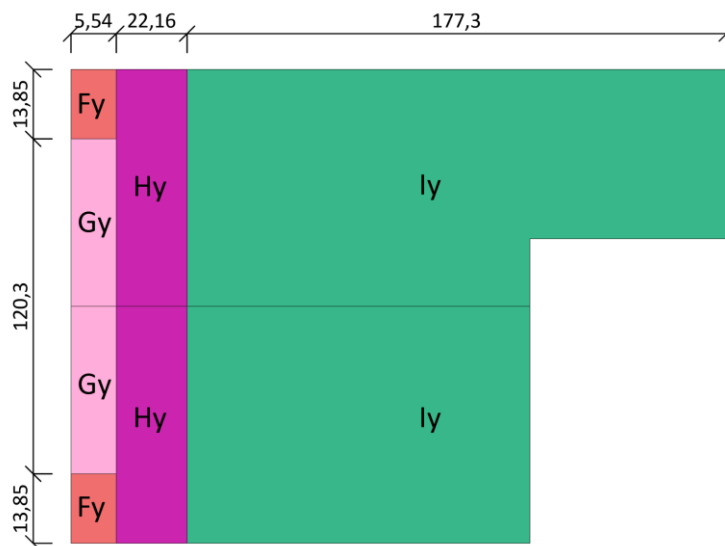
$$b = 148 \text{ m}$$

$$d = 205 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(148; 55,4) = 55,4 \text{ m}$$

$$\alpha = 24^\circ$$

C_{pe}	W [kPa]
$F = -0,414$	$W_{e,roof,Fy} = -0,327$
$G = -0,85$	$W_{e,roof,Gy} = -0,672$
$H = -0,4$	$W_{e,roof,Hy} = -0,316$
$I = -0,4$	$W_{e,roof,Iy} = -0,316$

VNITŘNÍ TLAK VĚTRU

Objekt má na obou kratších stranách dva velké otvory, jejichž plocha však nepřesahuje 30% celkové plochy stěny. Vnitřní tlak je tedy počítán jako pro běžnou pozemní stavbu.

$$A_{\text{otvorů,jih}} = 1036 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{otvorů,sever}} = 374,4 \text{ m}^2$$

Objekt má rozhodující fasádu jižní. Obsah plochy otvorů je dvakrát větší než plocha otvorů na zbývajících fasádách.

- VNITŘNÍ TLAK VĚTRU – VÍTR Y JIH

$$c_{pi,y,jih} = 0,75 \cdot c_{pe,wall,Dy} = 0,75 \cdot 0,7 = 0,525$$

$$w_{i,y,jih} = c_{pi,y,jih} \cdot q_p = 0,525 \cdot 0,79 = 0,415 \text{ kPa}$$

- VNITŘNÍ TLAK VĚTRU – VÍTR Y SEVER

$$c_{pi,y,sever} = 0,75 \cdot c_{pe,wall,Ey} = 0,75 \cdot (-0,3) = -0,225$$

$$w_{i,y,sever} = c_{pi,y,sever} \cdot q_p = -0,225 \cdot 0,79 = -0,178 \text{ kPa}$$

2. PODROBNÉ POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ

2.1. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY A SOUČINITELE

Veškeré nosné prvky konstrukce jsou navrženy z oceli S355. V části posuzování styků jsou používány různé materiály, jejichž vlastnosti jsou uvedeny vždy na začátku daného posudku.

ocel S355

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

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

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

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

součinitele spolehlivosti

$$\gamma_{M0} = 1,0 \quad \gamma_{M1} = 1,0$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \gamma_{M5} = 1,0$$

(Tab. 1.1 a 1.3 v [8])

2.2. POSOUZENÍ VAZNICE

V celé konstrukci jsou navrženy všechny vaznice stejné, tedy se stejnými prvky, pouze v jednom poli s mírnou geometrickou odchylkou. V rámci podrobného posouzení je posouzena vaznice s největší mírou zatížení.

2.2.1. POSOUZENÍ MSP

1D deformace

Hodnoty: uz

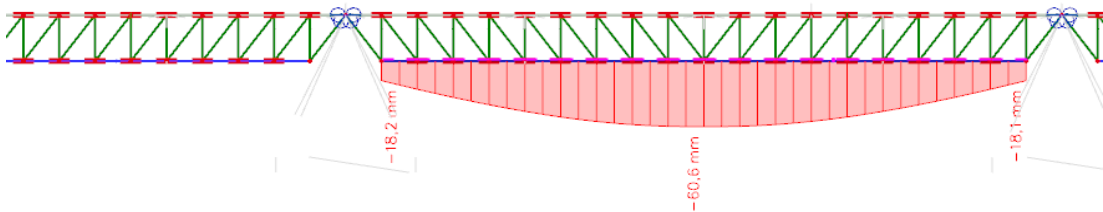
Lineární výpočet

Kombinace: SLS-Char (auto)

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B50322



Obr. 5: Svislá deformace vaznice (všechny kombinace MSP)

$$\delta \leq \delta_{lim} = \frac{L}{250}$$

$$42,5 \leq \frac{20500}{250} = 82 \text{ mm}$$

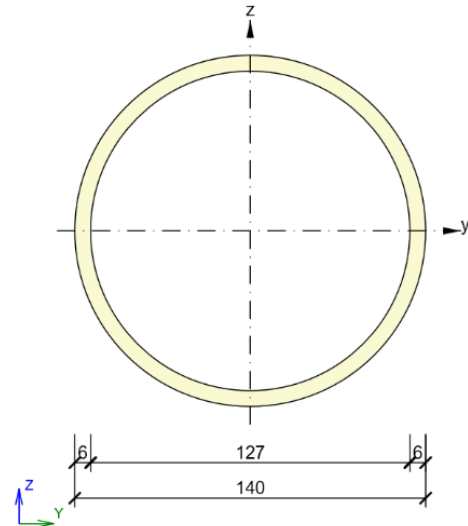
VYHOVUJE

2.2.2. POSOUZENÍ MSÚ

Jednotlivé části vaznice jsou posuzovány na účinky osových sil. Horní pásnice na tlak se vzpěrem a dolní pásnice na tah. Dále jsou vybrány dvě nejmíce zatížené diagonály, které jsou rovněž posouzeny na tah a tlak se vzpěrem.

horní pás

PRŮŘEZ	CHS 139,7/6,3	
A	= 2646 mm ²	d = 139,7 mm
A _{vz}	= 1685 mm ²	t = 6,3 mm
I	= 593·10 ⁴ mm ⁴	i = 47,3 mm
W	= 84,7·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 113·10 ³ mm ³	



1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**

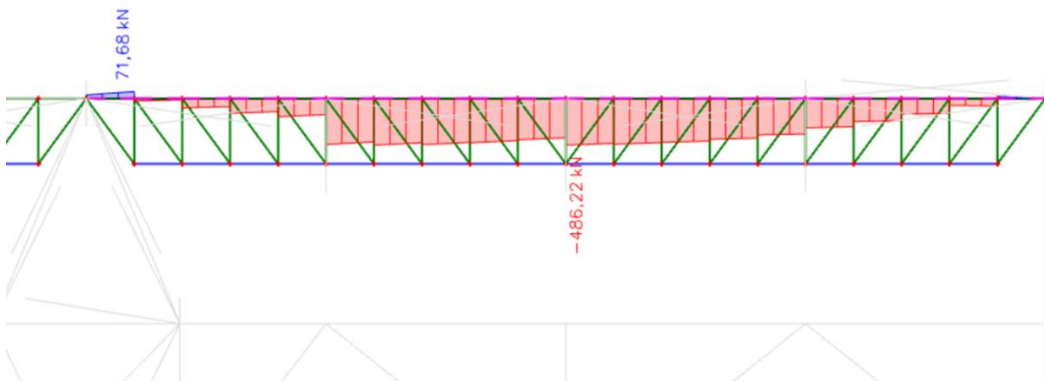
Lineární výpočet

Kombinace: ULS-Set B (auto)28

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: B49680



Obr. 6: Obálka normálových sil v horním pásu vaznice

- tlačný prvek

- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{139,7}{6,3} = 22,175 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -486,23 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky
 - z roviny vaznice je prut držen po celé délce pláštěm
 - v rovině vaznice je vzpěrná délka mezi styčníky diagonál

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 1025 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 1025 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{1025}{47,3} = 21,708$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\overline{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{21,708}{76,409} = 0,284$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y - $y =$ křivka c (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,96$$

- posouzení

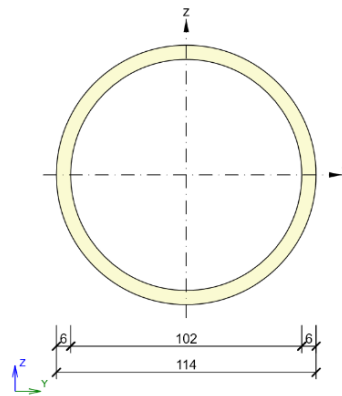
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,96 \cdot 2646 \cdot 355}{1,00} = 897,218 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{486,23}{897,218} = 0,541$$

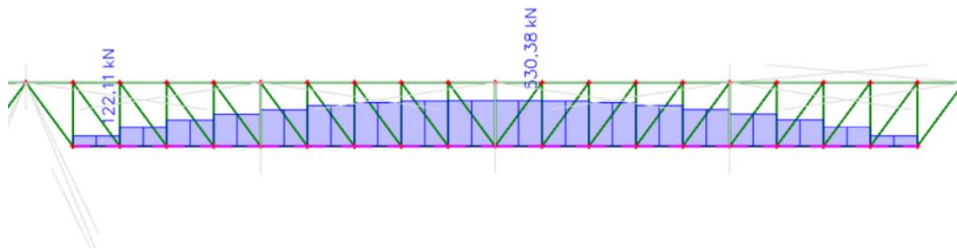
HORNÍ PÁS VYHOVUJE

dolní pás

PRŮŘEZ	CHS 114/6,3	
A	= 2132 mm ²	d = 114 mm
A _{vz}	= 1357 mm ²	t = 6,3 mm
I	= 310·10 ⁴ mm ⁴	i = 38,1 mm
W	= 54,4·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 73,2·10 ³ mm ³	



1D vnitřní síly
 Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS-Set B (auto)28
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B49681



Obr. 7: Průběh normálových sil v dolním pásu vaznice (kombinace 28)

- tažený prvek
- maximální osová síla (kombinace 28)

$$N_{t,Ed} = 530,4 \text{ kN}$$

- posouzení

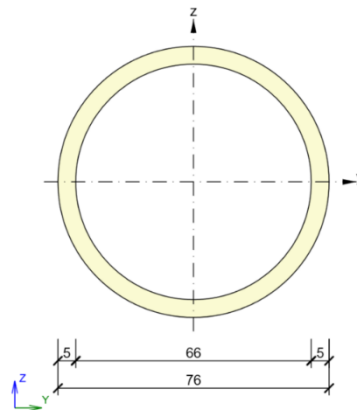
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2132 \cdot 355}{1,00} = 756,719 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \frac{530,4}{756,719} = 0,701$$

DOLNÍ PÁS VYHOVUJE

krajní diagonála 1

PRŮŘEZ	CHS 76,1/5,0	
A	= 1117 mm ²	d = 76,1 mm
A _{vz}	= 710 mm ²	t = 5,0 mm
I	= 70,6·10 ⁴ mm ⁴	i = 25,2 mm
W	= 18,6·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 25,2·10 ³ mm ³	

**1D vnitřní síly**Hodnoty: **N**

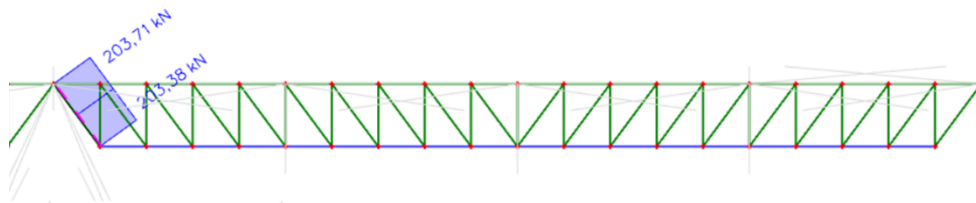
Lineární výpočet

Kombinace: ULS-Set B (auto)28

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: B49701



Obr. 8: Průběh normálové síly v krajní diagonále vaznice (kombinace 28)

- tažený prvek
- maximální osová síla (kombinace 28)

$$N_{t,Ed} = 203,71 \text{ kN}$$

- posouzení

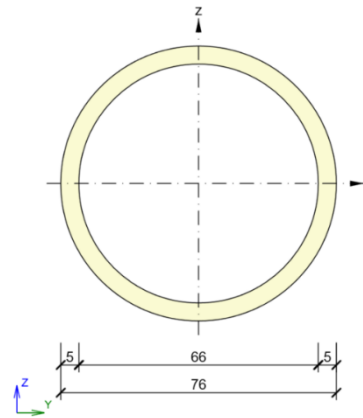
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1117 \cdot 355}{1,00} = 396,477 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \frac{203,71}{396,477} = 0,513$$

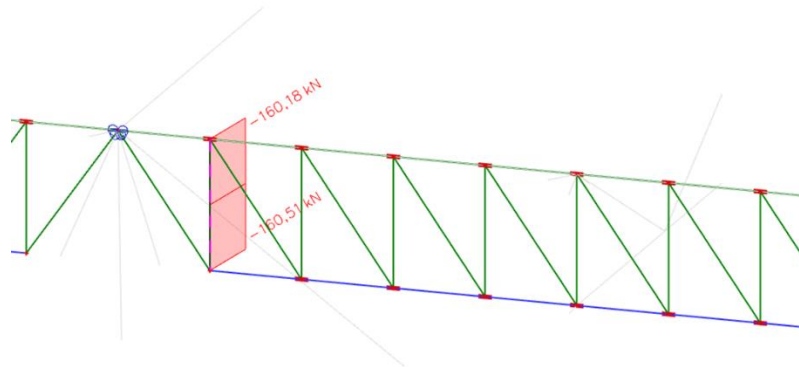
KRAJNÍ DIAGONÁLA 1 VYHOVUJE

krajní diagonála 2

PRŮŘEZ	CHS 76,1/5,0	
A	= 1117 mm ²	d = 76,1 mm
A _{vz}	= 710 mm ²	t = 5,0 mm
I	= 70,6·10 ⁴ mm ⁴	i = 25,2 mm
W	= 18,6·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 25,2·10 ³ mm ³	

**1D vnitřní síly**

Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS-Set B (auto)28
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: B49700



Obr. 9: Průběh normálové síly v krajní svislé diagonále vaznice (kombinace 28)

- tlačенý prvek
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{76,1}{5,0} = 15,22 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z kombinace 28)

$$N_{Ed} = -160,51 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- v obou směrech je vzpěrná délka konzervativně uvažována rovná délce prutu

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 1400 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 1400 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{1400}{25,2} = 55,556$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{55,556}{76,409} = 0,727$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = křivka c (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,708$$

- posouzení

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot fy}{\gamma_{M0}} = \frac{0,708 \cdot 1117 \cdot 355}{1,00} = 280,648 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{160,51}{280,648} = 0,541$$

KRAJNÍ DIAGONÁLA 2 VYHOVUJE

2.3. POSOUZENÍ ŠTÍTOVÉ VAZBY

2.3.1. POSOUZENÍ MSP

1D deformace

Hodnoty: u_z

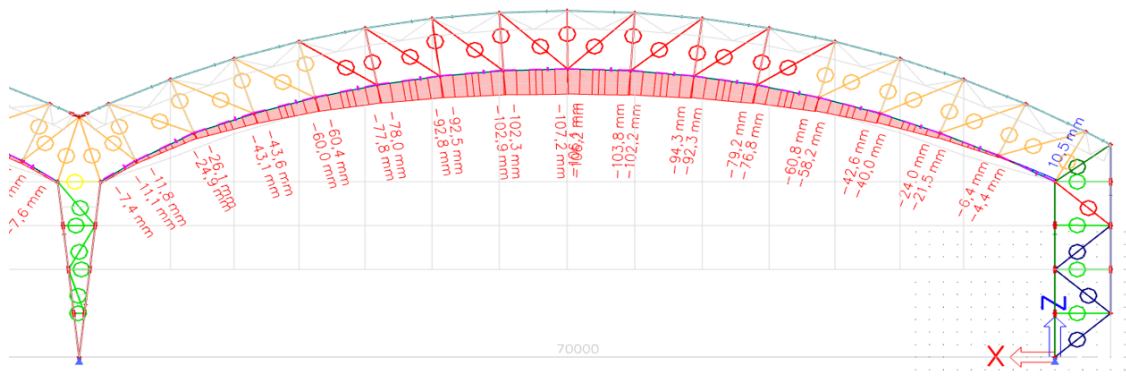
Lineární výpočet

Kombinace: SLS-Char (auto)

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B42205, B42207..B42220,
B42224, B42291, B42293..B42307



Obr. 10: Svislá deformace příčle štítové vazby (všechny kombinace MSP)

1D deformace

Hodnoty: u_x

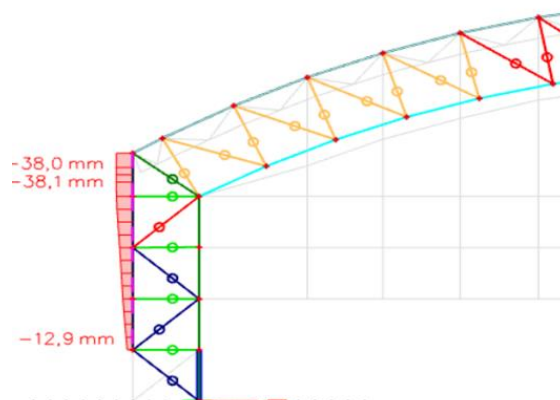
Lineární výpočet

Třída: All SLS

Souřadný systém: Globální

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B42204, B42290



Obr. 11: Vodorovná deformace sloupu štítové vazby (všechny kombinace MSP)

$$\delta \leq \delta_{lim} = \frac{L}{250}$$

$$107,2 \leq \frac{70000}{250} = 280 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$\delta \leq \delta_{lim} = \frac{H}{300}$$

$$38,1 \leq \frac{17000}{300} = 56,6 \text{ mm}$$

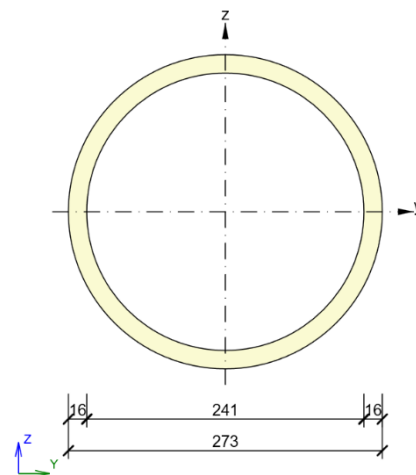
VYHOVUJE

2.3.2. POSOUZENÍ MSÚ

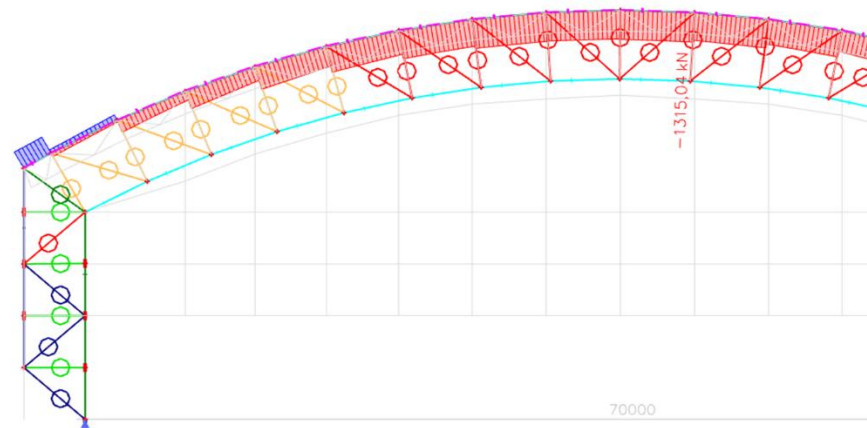
Horní pás je posouzen na maximální tah a maximální tlak se vzpěrem. Spodní pás je posouzen na maximální tlak v kombinaci s ohybem. V příčli se objevují dva typy průřezů diagonál, pro které jsou vybrány dva nejvíce zatížené prvky tahem a tlakem. Dále je posouzen jeden z prutů krajního a vnitřního sloupku pro nejvíce namáhající kombinaci momentu a normálové síly.

horní pás

PRŮŘEZ	CHS 273/16,0	
A	= 12920 mm ²	d = 273 mm
A _{vz}	= 8224 mm ²	t = 16 mm
I	= 10700·10 ⁴ mm ⁴	i = 91 mm
W	= 784·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 1060·10 ³ mm ³	



1D vnitřní síly
 Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Třída: All ULS
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B42187..B42203,
 B42273..B42281, B42284..B42289,
 B43219, B43220



Obr. 12: Obálka normálových sil v horním pásu štítové vazby (levá loď)

- tlačný prvek
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{273}{16,0} = 17,06 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -1315,04 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky
 - z roviny vazby je vzpěrná délka mezi vaznicemi uchycenými ve styčnicích

- v rovině vazby je vzpěrná délka mezi styčníky diagonál

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 4859 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 4859 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4859}{91} = 53,373$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{53,373}{76,409} = 0,727$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y-y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,726$$

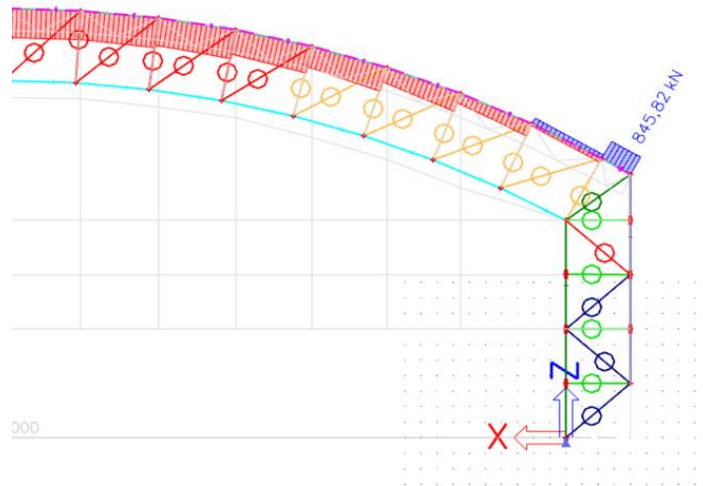
- posouzení

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot fy}{\gamma_{M0}} = \frac{0,726 \cdot 12920 \cdot 355}{1,00} = 3327,628 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{1315,04}{3327,628} = 0,395$$

HORNÍ PÁS VYHOVUJE

1D vnitřní síly
 Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Třída: All ULS
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B42187..B42203,
 B42273..B42281, B42284..B42289,
 B43219, B43220



Obr. 13: Obálka normálových sil v horním pásu štitové vazby (pravá loď)

- tažený prvek
- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{t,Ed} = 845,82 \text{ kN}$$

- posouzení

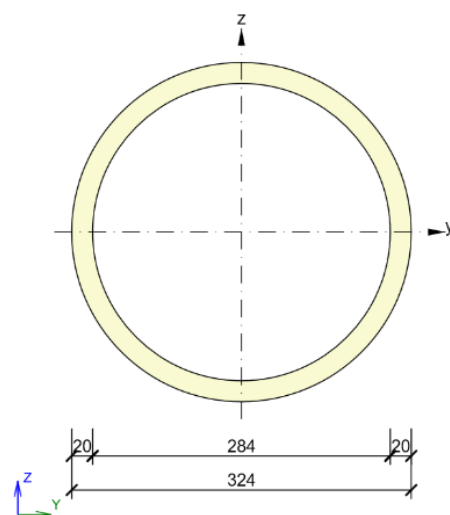
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{12920 \cdot 355}{1,00} = 4585,97 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{845,82}{4585,97} = 0,184$$

HORNÍ PÁS VYHOVUJE

dolní pás

PRŮŘEZ	CHS 323,9/20,0	
A	= 19100 mm ²	d = 323,9 mm
A _{vz}	= 12160 mm ²	t = 20 mm
I	= 22200·10 ⁴ mm ⁴	i = 108 mm
W	= 1370·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 1850·10 ³ mm ³	

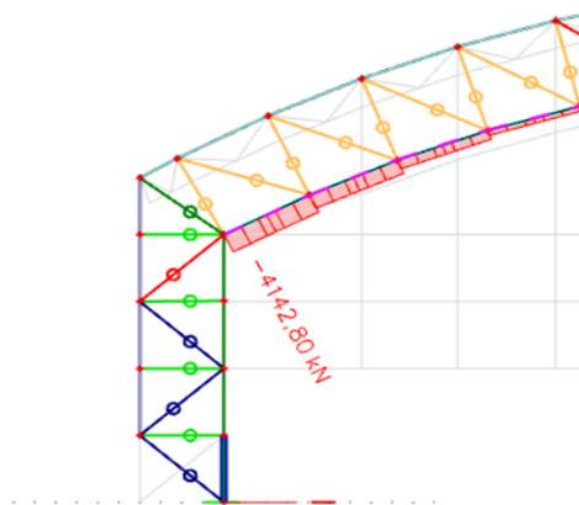
**1D vnitřní síly**Hodnoty: **N**

Lineární výpočet

Kombinace: ULS-Set B (auto)3

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: B42205, B42207..B42220,
B42224, B42291, B42293..B42307

Obr. 14: Průběh normálové síly ve spodním pásu štítové vazby (kombinace 3)

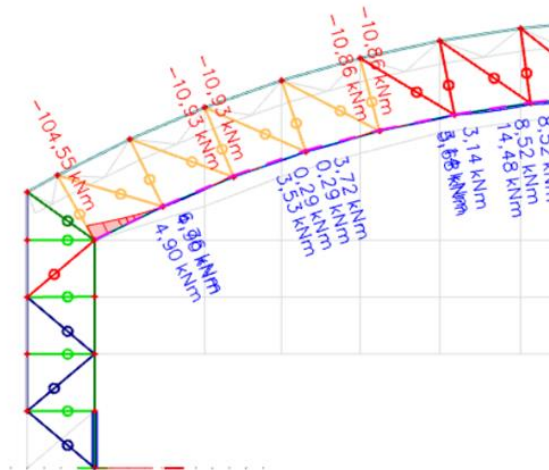
1D vnitřní sílyHodnoty: M_y

Lineární výpočet

Kombinace: ULS-Set B (auto)3

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

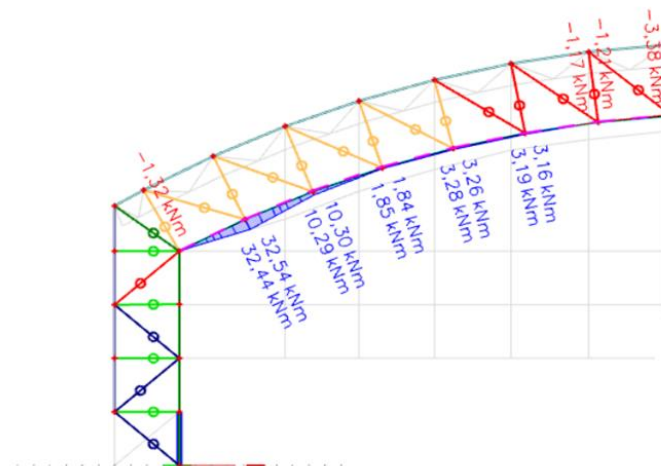
Výběr: B42205, B42207..B42220,
B42224, B42291, B42293..B42307Obr. 15: Průběh ohybového momentu y ve spodním pásu štítové vazby (kombinace 3)**1D vnitřní síly**Hodnoty: M_z

Lineární výpočet

Kombinace: ULS-Set B (auto)3

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B42205, B42207..B42220,
B42224, B42291, B42293..B42307Obr. 16: Průběh ohybového momentu z ve spodním pásu štítové vazby (kombinace 3)

- prvek zatížený kombinací tlaku a momentů
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{323,9}{20} = 16,195 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální vnitřní síly

$$N_{Ed} = -4142,8 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -104,55 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 32,44 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- z roviny vazby je pás držen v každém styčnicku diagonál pruty, připojenými k spodnímu pásu vaznic

- v rovině vazby je vzpěrná délka mezi styčníky diagonál

$$k_y = 1$$

$$L_{y,teor} = 4565 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = k_y \cdot L_{y,teor} = 4565 \text{ mm}$$

$$k_z = 1$$

$$L_{z,teor} = 4565 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = k_z \cdot L_{z,teor} = 4565 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{4565}{108} = 42,395$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{4565}{108} = 42,395$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{42,395}{76,409} = 0,55$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{42,395}{76,409} = 0,55$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,812$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose z-z = *křivka c*


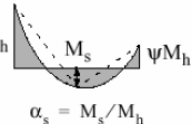
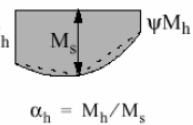
$$\chi_z = 0,812$$

- pro uzavřený průřez uvažují

$$\chi_{LT} = 1$$

- určení součinitele C_{my} , C_{mz}

Tabulka B.3 – Součinitele C_m ekvivalentního konstantního momentu v tabulkách B.1 a B.2

Průběh momentu	Rozsah		C_{my} a C_{mz} a C_{mLT}	
			rovnomměrné zatížení	soustředěné zatížení
 ψM	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
 $\alpha_s = M_s/M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
$-1 \leq \psi < 0$		$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	
 $\alpha_h = M_h/M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
$-1 \leq \psi < 0$		$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$	$0,90 + 0,10\alpha_h(1+2\psi)^{NP}$	
Součinitel ekvivalentního konstantního momentu při vybočení s posuvem styčniců se má uvažovat $C_{my} = 0,9$ nebo $C_{mz} = 0,9$.				
C_{my} , C_{mz} a C_{mLT} se mají stanovovat v závislosti na průběhu momentu mezi příslušnými body podepření následovně:				
Součinitel:	osa ohybu:	body podepřené ve směru:		
C_{my}	y-y	z-z		
C_{mz}	z-z	y-y		
C_{mLT}	y-y	y-y		

Obr. 17: Tabulka pro určení součinitelů C_{my} , C_{mz} , C_{mLT} [5]

$$\psi_y = -0,057$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,577$$

$$\psi_z = -0,041$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4\psi_z = 0,583$$

- určení součinitelů k_{yy} , k_{zy} , k_{zz} , k_{yy}

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 19100 \cdot 355 = 6778,583 \text{ kN}$$

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

$$k_{yy} = 0,577 \left(1 + (0,55 - 0,2) \frac{4142,8}{0,812 \cdot 6778,58 / 1,0} \right) \\ \leq 0,58 \left(1 + 0,8 \frac{4142,8}{0,812 \cdot 6778,58 / 1,0} \right)$$

$$k_{yy} = 0,731 \leq 0,924$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,583 \left(1 + (0,55 - 0,2) \frac{4142,8}{0,812 \cdot 6778,58 / 1,0} \right) \\ \leq 0,58 \left(1 + 0,8 \frac{4142,8}{0,812 \cdot 6778,58 / 1,0} \right)$$

$$k_{zz} = 0,739 \leq 0,935$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 \cdot 0,739 = 0,444$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 \cdot 0,731 = 0,439$$

- posouzení

$$M_{Rk} = W_{pl} \cdot f_y = 1850 \cdot 10^3 \cdot 355 = 656,75 \text{ kN}$$

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

$$\frac{4142,8}{0,812 \cdot 6778,583} + 0,731 \frac{104,55}{1 \cdot 656,75} + 0,444 \frac{32,44}{1 \cdot 656,75} = 0,89 \leq 1$$

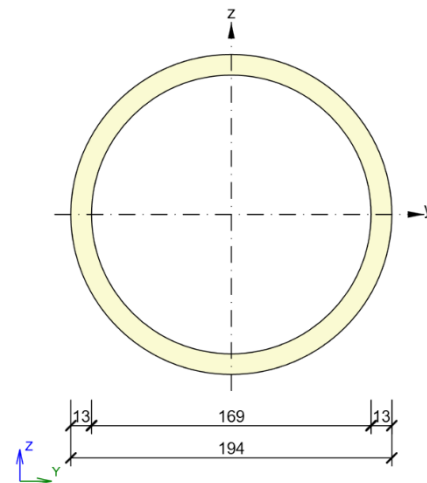
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{Rk}} \leq 1$$

$$\frac{4142,8}{0,812 \cdot 6778,583} + 0,439 \frac{104,55}{1 \cdot 656,75} + 0,739 \frac{32,44}{1 \cdot 656,75} = 0,859 \leq 1$$

SPODNÍ PÁS VYHOVUJE

diagonála – průřez 1

PRŮŘEZ	CHS 193,7/12,5		
A	=	7127 mm ²	d = 193,7 mm
A _{vz}	=	4538 mm ²	t = 12,5 mm
I	=	2950·10 ⁴ mm ⁴	i = 64,3 mm
W	=	304·10 ³ mm ³	
W _{pl}	=	412·10 ³ mm ³	

**1D vnitřní síly**Hodnoty: **N**

Lineární výpočet

Třída: All ULS

Souřadný systém: Hlavní

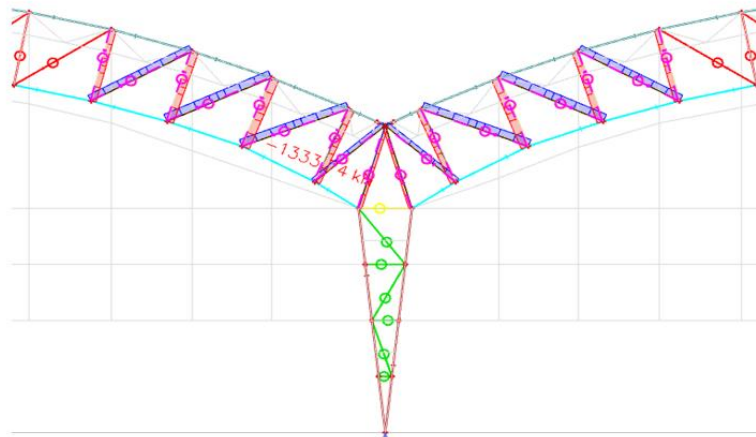
Extrém 1D: Globální

Výběr: B42232..B42236,

B42244..B42248, B42257..B42260,

B42265..B42268, B42309..B42313,

...



Obr. 18: Obálka normálových sil v diagonálách 1 štitové vazby (střední část)

- tlačný prvek
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{193,7}{12,5} = 15,49 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -1331,14 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky
 - v obou směrech je vzpěrná délka konzervativně uvažována rovná délce prutu

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 4955 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 4955 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4955}{64,3} = 77,161$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{77,161}{76,409} = 1,00$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y-y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,534$$

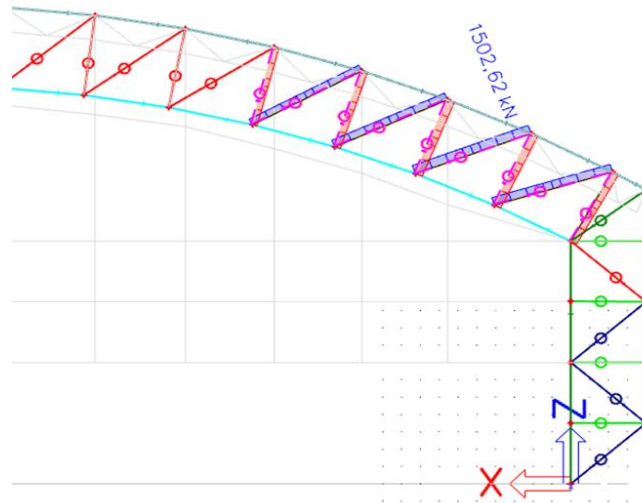
- posouzení

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot fy}{\gamma_{M0}} = \frac{0,534 \cdot 7127 \cdot 355}{1,00} = 1349,55 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{1331,14}{1349,55} = 0,987$$

DIAGONÁLA – PRŮŘEZ 1 VYHOVUJE

1D vnitřní síly
 Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Třída: All ULS
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B42232..B42236,
 B42244..B42248, B42257..B42260,
 B42265..B42268, B42309..B42313,



Obr. 19: Obálka normálových sil diagonál 1 štítové vazby (krajní část)

- tažený prvek
- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{t,Ed} = 1502,62 \text{ kN}$$

- posouzení

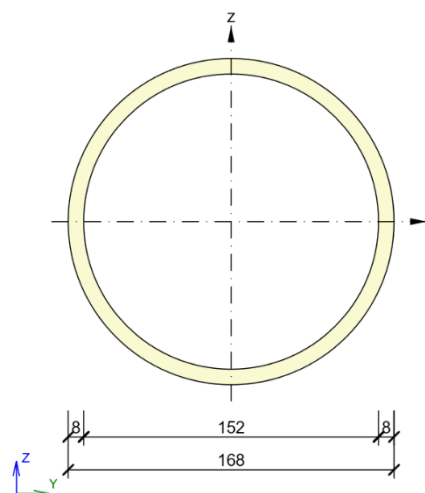
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7127 \cdot 355}{1,00} = 2526,08 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \frac{1502,62}{2526,08} = 0,594$$

DIAGONÁLA – PRŮŘEZ 1 VYHOVUJE

diagonála – průřez 2

PRŮŘEZ	CHS 168,3/8	
A	= 4021 mm ²	d = 168,3 mm
A _{vz}	= 2560 mm ²	t = 8,0 mm
I	= 1290·10 ⁴ mm ⁴	i = 56,6 mm
W	= 154·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 205·10 ³ mm ³	

**1D vnitřní síly**Hodnoty: **N**

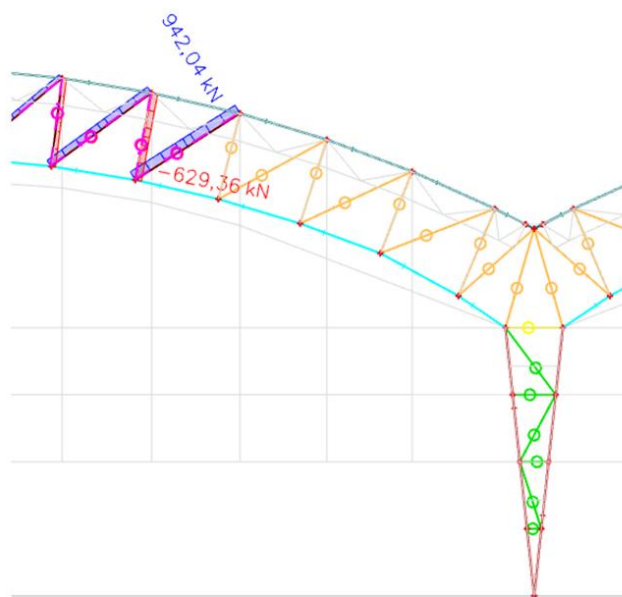
Lineární výpočet

Třída: All ULS

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: B42237..B42243,
 B42253..B42256, B42261..B42264,
 B42314..B42320, B42330..B42333,
 B42338..B42341



Obr. 20: Obálka normálových sil diagonál 2 štitové vazby (střední část)

- tlačení prvek

- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{168,3}{8} = 21,04 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -1331,14 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- v obou směrech je vzpěrná délka konzervativně uvažována rovná délce prutu

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 4631 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 4631 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4631}{56,6} = 81,61$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{81,61}{76,409} = 1,07$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y-y = křivka c (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,501$$

- posouzení

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,501 \cdot 4021 \cdot 355}{1,00} = 717,245 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{629,36}{717,245} = 0,87$$

DIAGONÁLA – PRŮŘEZ 2 VYHOVUJE

1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**

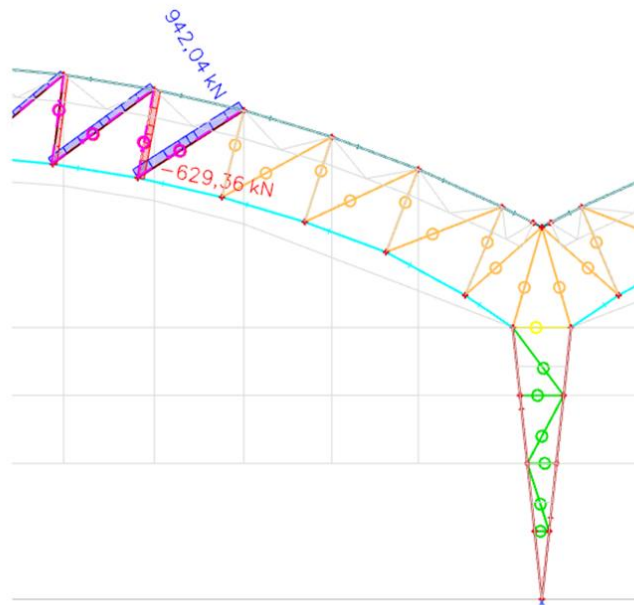
Lineární výpočet

Třída: All ULS

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: B42237..B42243,
B42253..B42256, B42261..B42264,
B42314..B42320, B42330..B42333,
B42338..B42341



Obr. 21: Obálka normálových sil diagonál 2 štítové vazby (střední část)

- tažený prvek
- maximální osová síla (kombinace 28)

$$N_{t,Ed} = 942,04 \text{ kN}$$

- posouzení

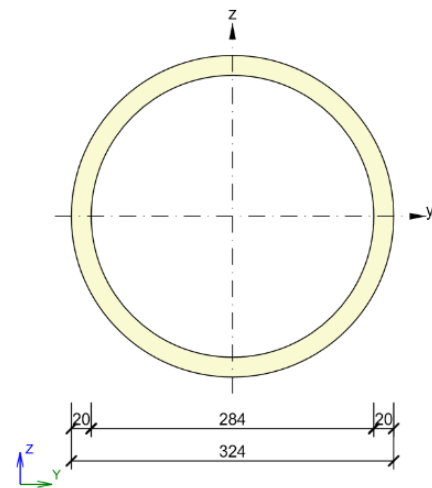
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4021 \cdot 355}{1,00} = 1430,22 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \frac{942,04}{1430,22} = 0,659$$

DIAGONÁLA – PRŮŘEZ 2 VYHOVUJE

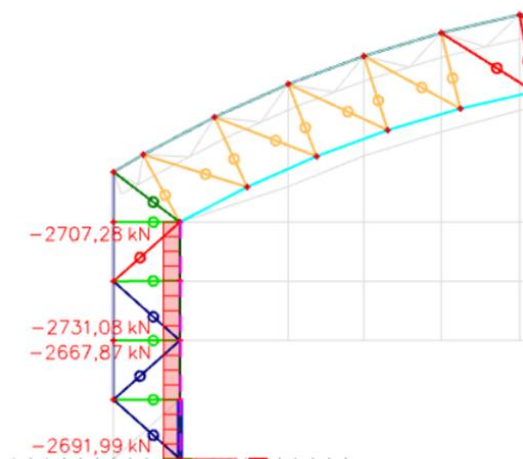
krajní sloupek

PRŮŘEZ	CHS 323,9/20,0	
A	= 19100 mm ²	d = 323,9 mm
A _{vz}	= 12160 mm ²	t = 20 mm
I	= 22200·10 ⁴ mm ⁴	i = 108 mm
W	= 1370·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 1850·10 ³ mm ³	



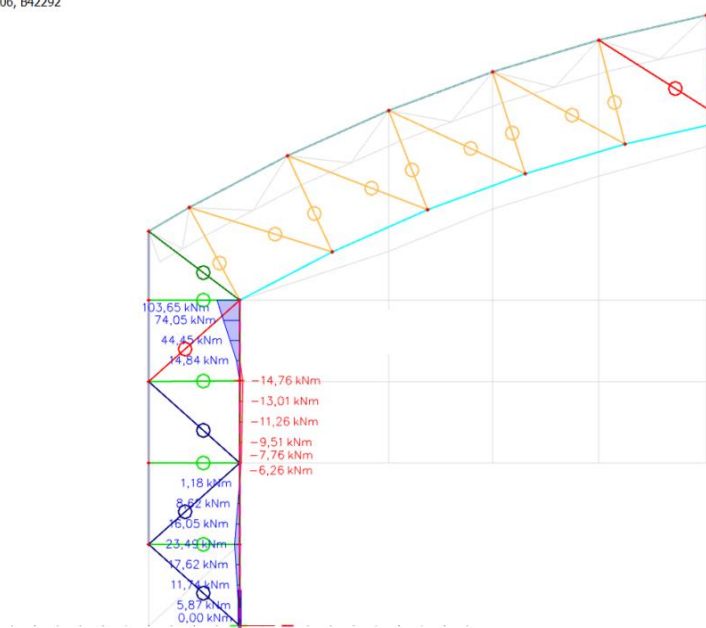
1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS-Set B (auto)3
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: B42206, B42292



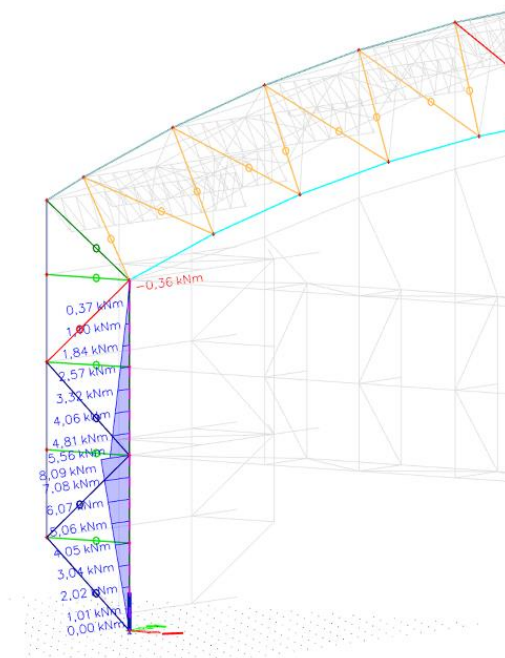
Obr. 22: Průběh normálové síly v krajním sloupku štítové vazby (kombinace 3)

1D vnitřní síly
 Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS-Set B (auto)3
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Řez
 Výběr: B42206, B42292



Obr. 23: Průběh ohybového momentu y v krajním sloupku štítové vazby (kombinace 3)

1D vnitřní síly
 Hodnoty: M_z
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS-Set B (auto)3
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Řez
 Výběr: B42292



Obr. 24: Průběh ohybového momentu z v krajním sloupku štítové vazby (kombinace 3)

- prvek zatížený kombinací tlaku a momentů (kombinace 3)
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{323,9}{20} = 16,195 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální vnitřní síly

$$N_{Ed} = -2731,08 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 103,65 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 5,56 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- z roviny vazby je prut držen dvěma vodorovnými příhradami v boční stěně ve výšce

7 m a 14 m

- v rovině vazby prut držen diagonálami

$$k_y = 1$$

$$L_{y,teor} = 7000 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = k_y \cdot L_{y,teor} = 7000 \text{ mm}$$

$$k_z = 1$$

$$L_{z,teor} = 3500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = k_z \cdot L_{z,teor} = 3500 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{7000}{108} = 65,0$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{3500}{108} = 32,179$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{65,0}{76,409} = 0,851$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{32,179}{76,409} = 0,421$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,63$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose z-z = *křivka c*

$$\chi_z = 0,89$$

- pro uzavřený průřez uvažují

$$\chi_{LT} = 1$$

- určení součinitele C_{my} , C_{mz}

(podle tabulky B.3) [5]

$$\psi_y = -0,143$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,543$$

$$\psi_z = -0,0647$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,574$$

- určení součinitelů k_{yy} , k_{zy} , k_{zz} , k_{yy}

$$N_{Rk} = A \cdot fy = 19100 \cdot 355 = 6778,583 \text{ kN}$$

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

$$k_{yy} = 0,543 \left(1 + (0,851 - 0,2) \frac{2731,08}{0,63 \cdot 6778,58 / 1,0} \right) \\ \leq 0,543 \left(1 + 0,8 \frac{2731,08}{0,63 \cdot 6778,58 / 1,0} \right)$$

$$k_{yy} = 0,769 \leq 0,82$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,574 \left(1 + (0,421 - 0,2) \frac{2731,08}{0,89 \cdot 6778,58 / 1,0} \right) \\ \leq 0,574 \left(1 + 0,8 \frac{2731,08}{0,89 \cdot 6778,58 / 1,0} \right)$$

$$k_{zz} = 0,632 \leq 0,868$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 \cdot 0,632 = 0,379$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 \cdot 0,769 = 0,461$$

- posouzení

$$M_{Rk} = W_{pl} \cdot fy = 1850 \cdot 10^3 \cdot 355 = 656,75 \text{ kN}$$

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

$$\frac{2731,08}{0,63 \cdot 6778,583} + 0,769 \frac{103,65}{1 \cdot 656,75} + 0,379 \frac{5,56}{1 \cdot 656,75} = 0,763 \leq 1$$

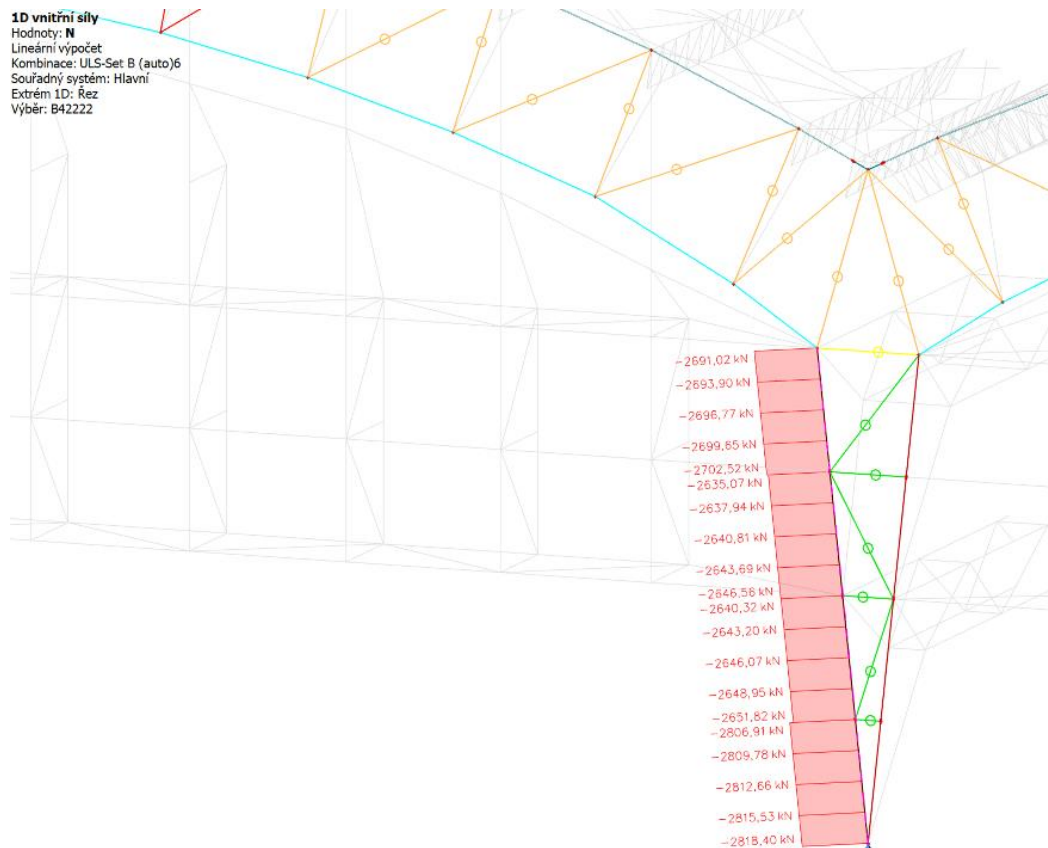
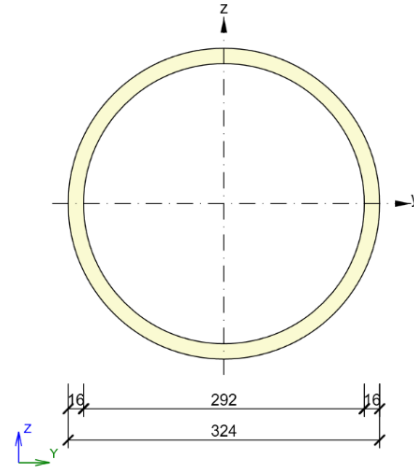
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{Rk}} \leq 1$$

$$\frac{2731,08}{0,89 \cdot 6778,583} + 0,461 \frac{103,65}{1 \cdot 656,75} + 0,632 \frac{5,56}{1 \cdot 656,75} = 0,533 \leq 1$$

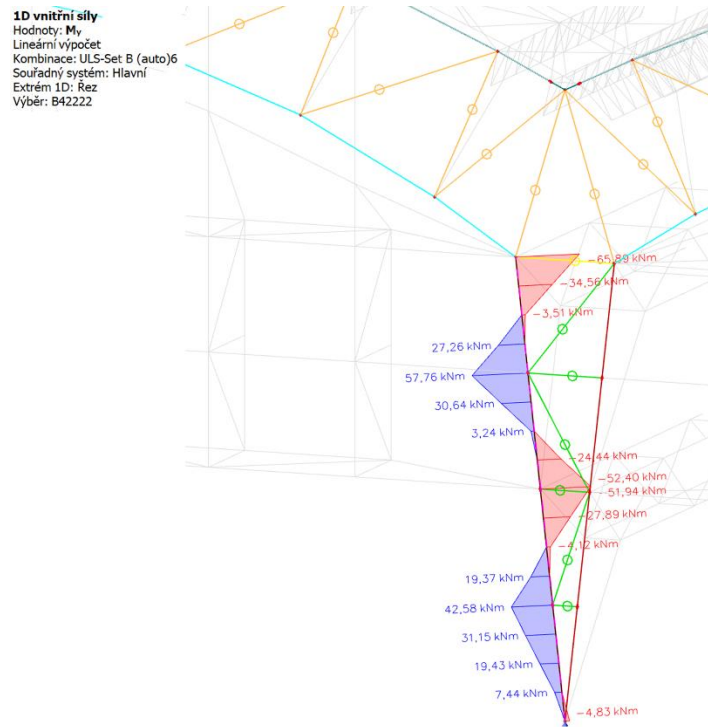
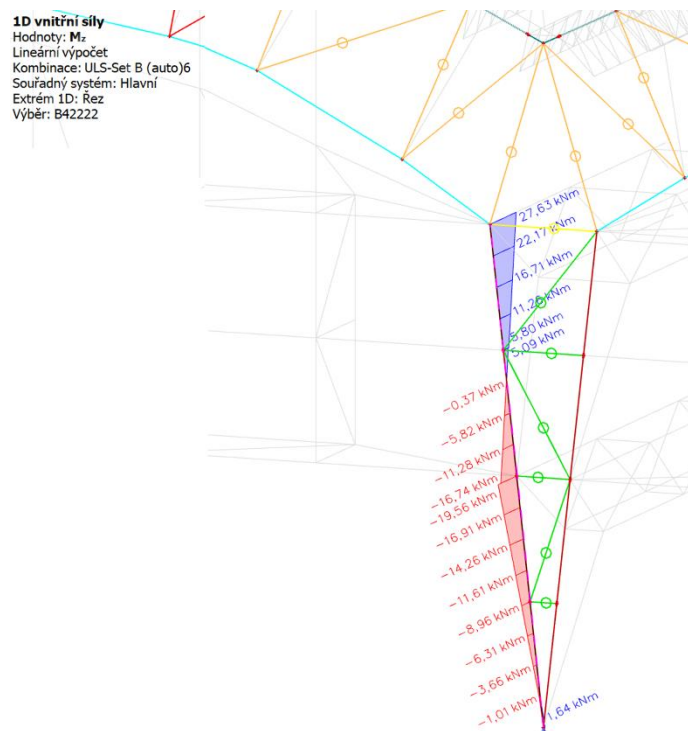
SLOUPEK VYHOVUJE

střední sloupek

PRŮŘEZ	CHS 323,9/16,0	
A	= 15480 mm ²	d = 323,9 mm
A _{vz}	= 9856 mm ²	t = 16 mm
I	= 18400·10 ⁴ mm ⁴	i = 109 mm
W	= 1140·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 1520·10 ³ mm ³	



Obr. 25: Průběh normálové síly ve středním sloupku štítové vazby (kombinace 6)

Obr. 26: Průběh ohybového momentu y ve středním sloupu štítové vazby (kombinace 6)Obr. 27: Průběh ohybového momentu z ve středním sloupu štítové vazby (kombinace 6)

- prvek zatížený kombinací tlaku a momentů
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{323,9}{16} = 20,243 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální vnitřní síly (kombinace 6)

$$N_{Ed} = -2818,04 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 42,58 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = -19,56 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky
 - z roviny vazby je prut držen v podpoře a v polovině délky ztužidly
 - v rovině vazby je prut držen diagonálami

$$k_y = 1$$

$$L_{y,teor} = 7042 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = k_y \cdot L_{y,teor} = 7042 \text{ mm}$$

$$k_z = 1$$

$$L_{z,teor} = 3521 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = k_z \cdot L_{z,teor} = 3521 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{7042}{109} = 64,79$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{3500}{109} = 32,395$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{64,79}{76,409} = 0,848$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{32,395}{76,409} = 0,424$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,63$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose z-z = *křivka c*

$$\chi_z = 0,89$$

- pro uzavřený průřez uvažují

$$\chi_{LT} = 1$$

- určení součinitele C_{my} , C_{mz}

(podle tabulky B.3) [5]

$$\psi_y = -0,113$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,604$$

$$\psi_z = -0,084$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,566$$

- určení součinitelů k_{yy} , k_{zy} , k_{zz} , k_{yy}

$$N_{Rk} = A \cdot fy = 15480 \cdot 355 = 5478,183 \text{ kN}$$

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

$$k_{yy} = 0,604 \left(1 + (0,848 - 0,2) \frac{2818,04}{0,63 \cdot 5478,183 / 1,0} \right) \\ \leq 0,604 \left(1 + 0,8 \frac{2818,04}{0,63 \cdot 5478,183 / 1,0} \right)$$

$$k_{yy} = 0,923 \leq 0,998$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,566 \left(1 + (0,424 - 0,2) \frac{2818,04}{0,89 \cdot 5478,183 / 1,0} \right) \\ \leq 0,566 \left(1 + 0,8 \frac{2818,04}{0,89 \cdot 5478,183 / 1,0} \right)$$

$$k_{zz} = 0,640 \leq 0,935$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 \cdot 0,640 = 0,384$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 \cdot 0,769 = 0,554$$

- posouzení

$$M_{Rk} = W_{pl} \cdot fy = 1520 \cdot 10^3 \cdot 355 = 479,25 \text{ kN}$$

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

$$\frac{2818,04}{0,63 \cdot 5478,183} + 0,923 \frac{42,58}{1 \cdot 479,25} + 0,384 \frac{19,56}{1 \cdot 479,25} = 0,912 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{2818,04}{\frac{0,89 \cdot 5478,183}{1,0}} + 0,554 \frac{42,58}{\frac{1 \cdot 479,25}{1,0}} + 0,640 \frac{19,56}{\frac{1 \cdot 479,25}{1,0}} = 0,657 \leq 1$$

SLOUPEK VYHOVUJE

2.4. POSOUZENÍ TYPICKÉ VAZBY

2.4.1. POSOUZENÍ MSP

1D deformace

Hodnoty: u_z

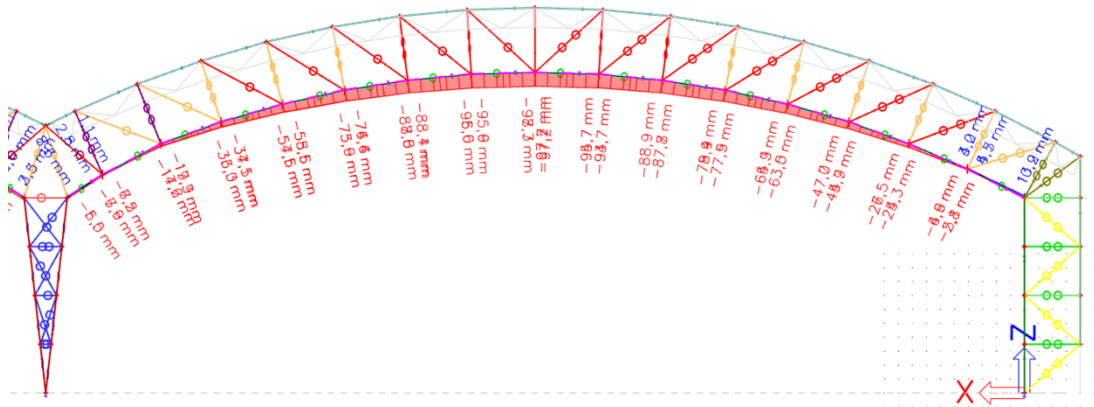
Lineární výpočet

Kombinace: SLS-Char (auto)

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B46169, B46171,
B46173..B46202, B46330, B46332,
B46334..B46363



Obr. 28: Svislá deformace příčle typické vazby (všechny kombinace MSP)

$$\delta \leq \delta_{lim} = \frac{L}{250}$$

$$98,7 \leq \frac{70000}{250} = 280 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

1D deformaceHodnoty: u_x

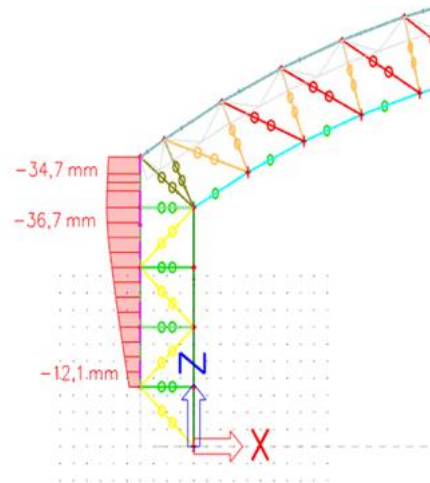
Lineární výpočet

Kombinace: SLS-Char (auto)

Souřadný systém: Globální

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B46168, B46329



Obr. 29: Vodorovná deformace sloupu typické vazby (všechny kombinace MSP)

$$\delta \leq \delta_{lim} = \frac{H}{300}$$

$$36,7 \leq \frac{17000}{300} = 57 \text{ mm}$$

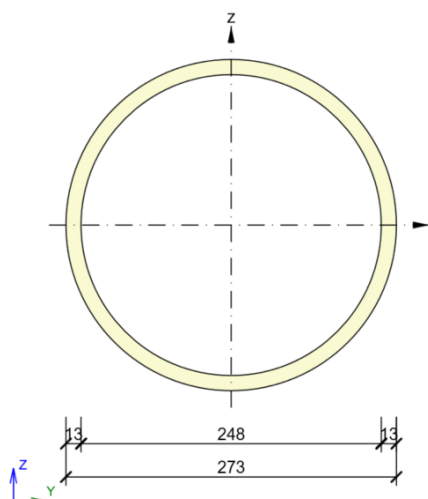
VYHOVUJE

2.4.2. POSOUZENÍ MSÚ

Horní pás je posouzen na maximální tah a maximální tlak se vzpěrem. Spodní pás je posouzen na maximální tlak v kombinaci s ohybem. V příčli se objevují dva typy průřezů diagonál, pro které jsou vybrány dva nejvíce zatížené prvky tahem a tlakem. Dále je posouzena horní diagonála středního sloupku na tlak se vzpěrem a jeden z prutů krajního sloupku pro nejvíce namáhající kombinaci momentu a normálové síly.

horní pás

PRŮŘEZ	CHS 273/12,5	
A	= 10230 mm ²	d = 273 mm
A _{vz}	= 6513 mm ²	t = 12,5 mm
I	= 8700·10 ⁴ mm ⁴	i = 92,2 mm
W	= 637·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 849·10 ³ mm ³	

**1D vnitřní síly**Hodnoty: **N**

Lineární výpočet

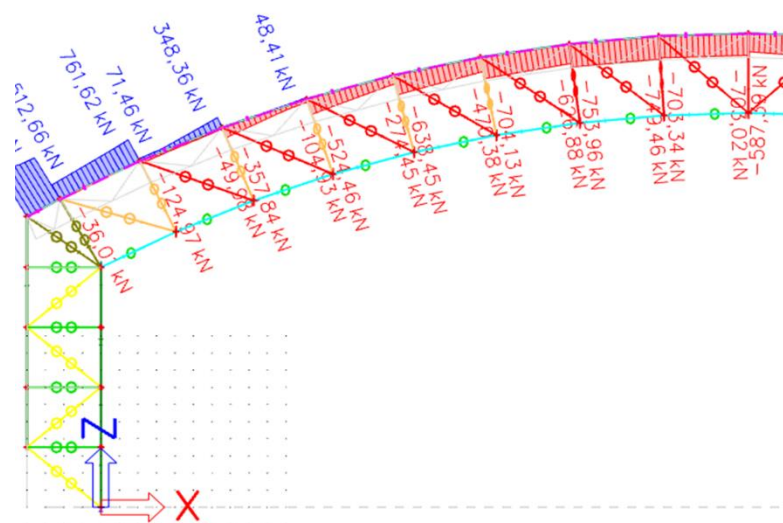
Třída: All ULS

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B46151..B46167,

B46312..B46328



Obr. 30: Obálka normálových sil v horním pásu typické vazby (levá loď)

- tlačení prvek
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{273}{12,5} = 21,84 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -753,96 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- vzpěrnou délku je rovna vzdálenosti mezi styčníky diagonál prostorové příhrady

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 4859 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 4859 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4859}{92,2} = 52,7$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{52,7}{76,409} = 0,689$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,73$$

- posouzení

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,73 \cdot 10230 \cdot 355}{1,00} = 2654,96 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{753,96}{2654,96} = 0,284$$

HORNÍ PÁS VYHOVUJE

1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**

Lineární výpočet

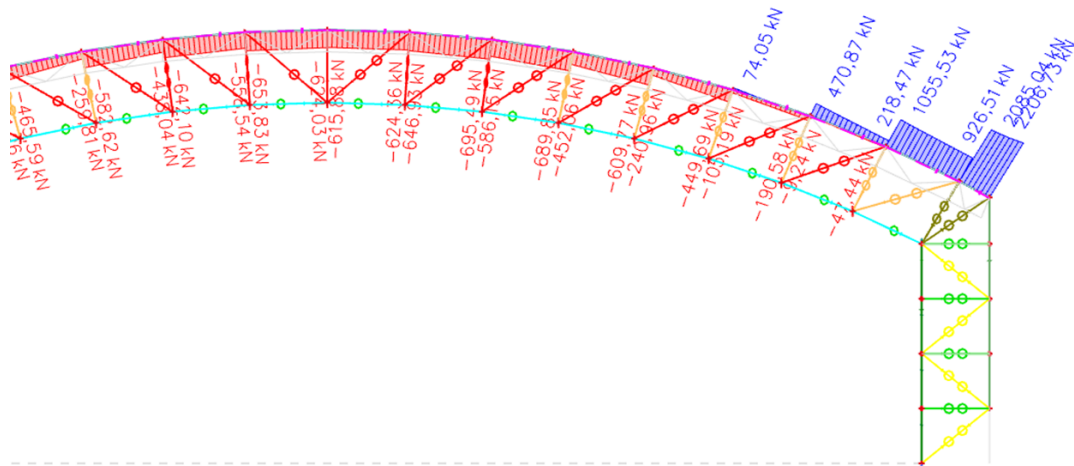
Třída: All ULS

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B46151..B46167,

B46312..B46328



Obr. 31: Obálka normálových sil v horním pásu typické vazby (pravá loď)

- tažený prvek
- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{t,Ed} = 2206,73 \text{ kN}$$

- posouzení

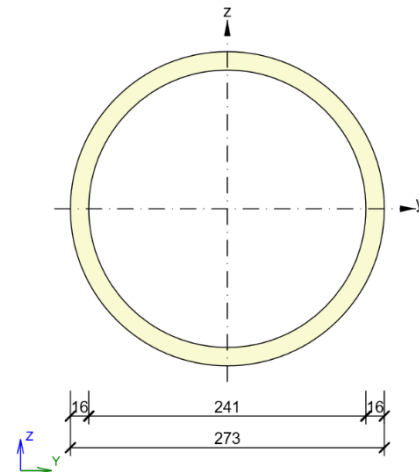
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10230 \cdot 355}{1,00} = 3631,583 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{2206,73}{3631,583} = 0,608$$

HORNÍ PÁS VYHOVUJE

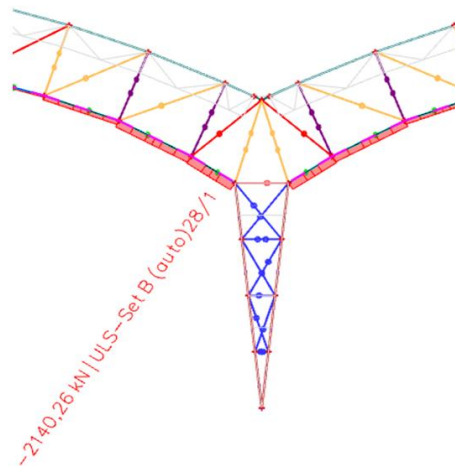
dolní pás

PRŮŘEZ	CHS 273/16,0	
A	= 12920 mm ²	d = 273 mm
A _{vz}	= 8224 mm ²	t = 16 mm
I	= 10700·10 ⁴ mm ⁴	i = 91 mm
W	= 784·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 1060·10 ³ mm ³	

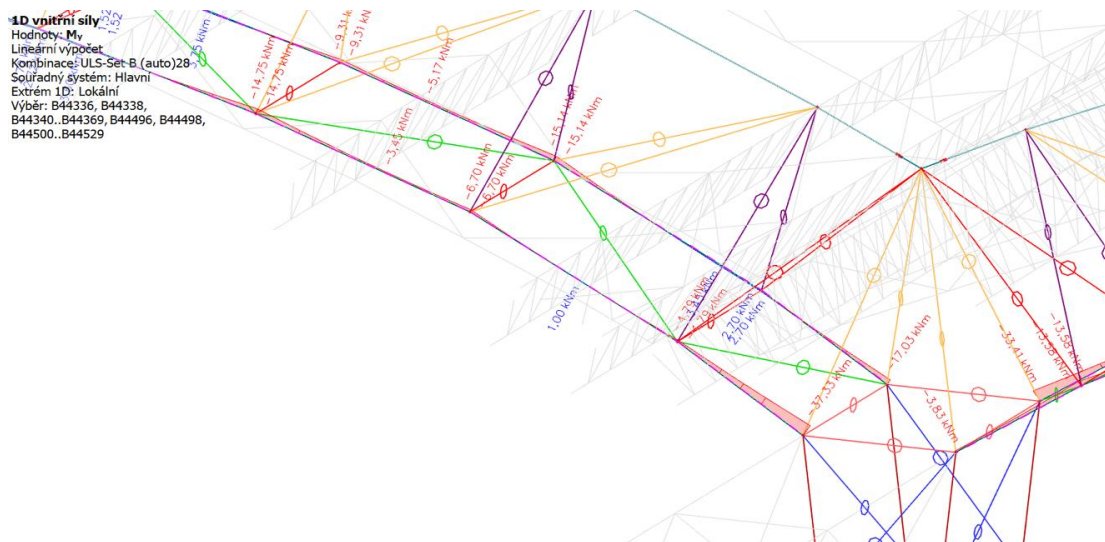
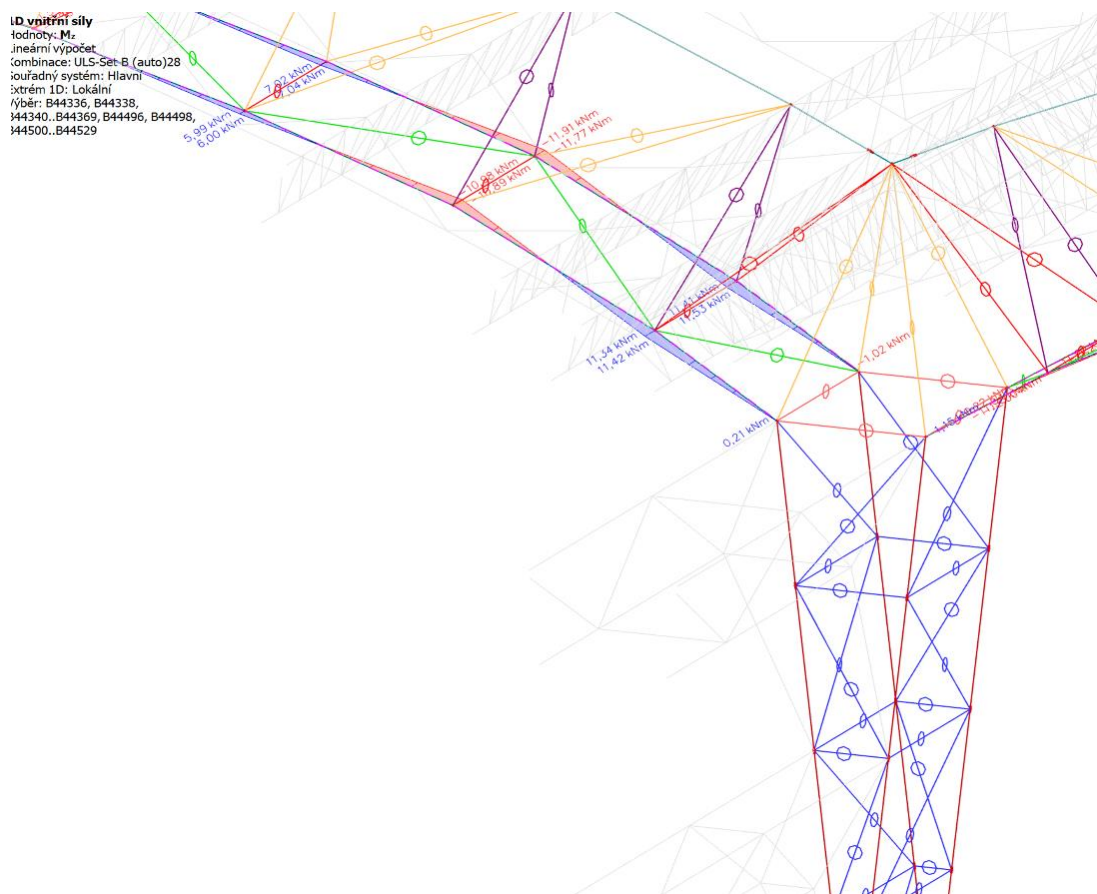


1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Třída: všechny ULS
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B44336, B44338,
 B44340..B44369, B44496, B44498,
 B44500..B44529



Obr. 32: Průběh normálové síly v dolním pásu typické vazby (kombinace 28)

Obr. 33: Průběh ohybového momentu y ve spodním pásu typické vazby (kombinace 28)Obr. 34: Průběh ohybového momentu z ve spodním pásu typické vazby (kombinace 28)

- prvek zatížený kombinací tlaku a momentů

- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{273}{16} = 17,06 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální vnitřní síly

$$N_{Ed} = -2140,26 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -37,33 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 11,42 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- vzpěrnou délku je rovna vzdálenosti mezi styčníky diagonál prostorové příhrady

$$k_y = 1$$

$$L_{y,teor} = 3026 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = k_y \cdot L_{y,teor} = 3026 \text{ mm}$$

$$k_z = 1$$

$$L_{z,teor} = 3026 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = k_z \cdot L_{z,teor} = 3026 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{3026}{91} = 33,238$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{3026}{91} = 33,328$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{33,328}{76,409} = 0,435$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{33,328}{76,409} = 0,435$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y-y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,879$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose z-z = *křivka c*

$$\chi_z = 0,879$$

- pro uzavřený průřez uvažují

$$\chi_{LT} = 1$$

- určení součinitele C_{my} , C_{mz} (dle tab. B3 z [5])

$$\psi_y = 0,128$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,651$$

$$\psi_z = 0,018$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,607$$

- určení součinitelů k_{yy} , k_{zy} , k_{zz} , k_{yy}

$$N_{Rk} = A \cdot fy = 12920 \cdot 355 = 4586,6 \text{ kN}$$

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

$$k_{yy} = 0,654 \left(1 + (0,435 - 0,2) \frac{2140,26}{0,812 \cdot 4586,6/1,0} \right)$$

$$\leq 0,654 \left(1 + 0,8 \frac{2140,26}{0,812 \cdot 4586,6/1,0} \right)$$

$$k_{yy} = 0,733 \leq 0,928$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,607 \left(1 + (0,435 - 0,2) \frac{2140,26}{0,812 \cdot 4586,6/1,0} \right)$$

$$\leq 0,607 \left(1 + 0,8 \frac{2140,26}{0,812 \cdot 4586,6/1,0} \right)$$

$$k_{zz} = 0,683 \leq 0,865$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \cdot 0,683 = 0,409$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 \cdot 0,733 = 0,439$$

- posouzení

$$M_{Rk} = W_{pl} \cdot f_y = 1060 \cdot 10^3 \cdot 355 = 376,3 \text{ kN}$$

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

$$\frac{2140,26}{0,812 \cdot 4586,6} + 0,733 \frac{37,33}{1 \cdot 376,3} + 0,409 \frac{11,42}{1 \cdot 376,3} = 0,604 \leq 1$$

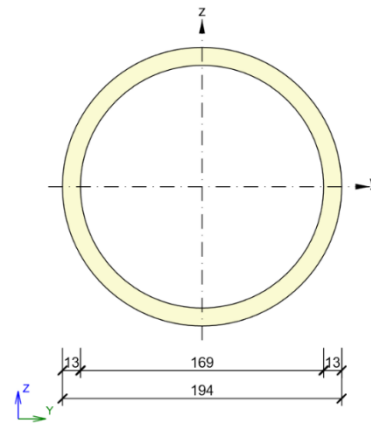
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{Rk}} \leq 1$$

$$\frac{2140,26}{0,812 \cdot 4586,6} + 0,439 \frac{37,33}{1 \cdot 376,3} + 0,683 \frac{11,42}{1 \cdot 376,3} = 0,575 \leq 1$$

DOLNÍ PÁS VYHOVUJE

diagonála – průřez 1

PRŮŘEZ	CHS 193,7/12,5		
A	=	7127 mm ²	d = 193,7 mm
A _{vz}	=	4538 mm ²	t = 12,5 mm
I	=	2950·10 ⁴ mm ⁴	i = 64,3 mm
W	=	304·10 ³ mm ³	
W _{pl}	=	412·10 ³ mm ³	

**1D vnitřní síly**Hodnoty: **N**

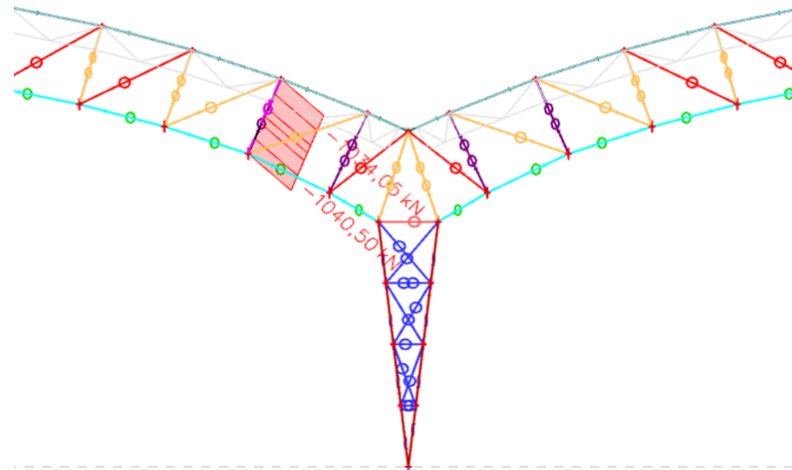
Lineární výpočet

Třída: All ULS

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B46412



Obr. 35: Obálka normálových sil v diagonále 1 typické vazby

- tlačení prvek
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{193,7}{12,5} = 15,49 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -1040,5 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- v obou směrech je vzpěrná délka konzervativně uvažována rovná délce prutu

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 5013 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 5013 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{5013}{64,3} = 77,963$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{77,963}{76,409} = 1,00$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = křivka c (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,528$$

- posouzení

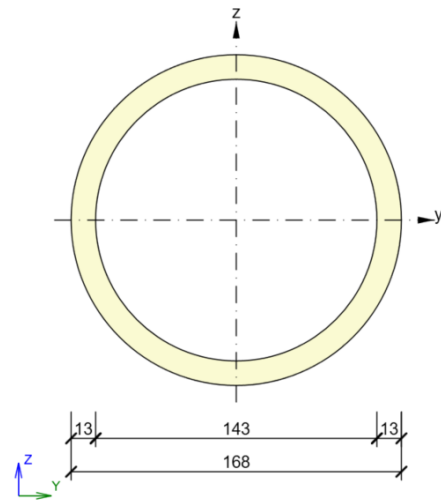
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot fy}{\gamma_{M0}} = \frac{0,528 \cdot 7127 \cdot 355}{1,00} = 1334,352 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{1040,5}{1334,352} = 0,78$$

DIAGONÁLA – PRŮŘEZ 1 VYHOVUJE

diagonála – průřez 2

PRŮŘEZ	CHS 168,3/12,5		
A	=	6106 mm ²	d = 168,3 mm
A _{vz}	=	3888 mm ²	t = 12,5 mm
I	=	1860·10 ⁴ mm ⁴	i = 55,2 mm
W	=	221·10 ³ mm ³	
W _{pl}	=	303·10 ³ mm ³	

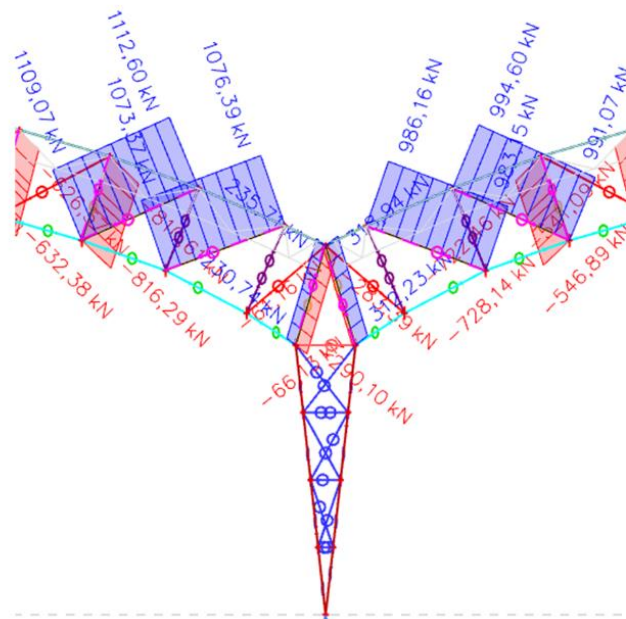
**1D vnitřní síly**Hodnoty: **N**

Lineární výpočet

Třída: All ULS

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B46210, B46213, B46216,
B46219, B46222, B46240, B46245,
B46248, B46255, B46258, B46287,
...

Obr. 36: Obálka normálových sil v diagonálách 2 typické vazby

- tlačенý prvek

- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{168,3}{12,5} = 13,46 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -816,29 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- v obou směrech je vzpěrná délka konzervativně uvažována rovná délce prutu

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 5025 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 5025 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{5025}{55,2} = 90,933$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{90,93}{76,409} = 1,00$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = křivka c (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,439$$

- posouzení

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,439 \cdot 6106 \cdot 355}{1,00} = 952,483 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{816,29}{952,483} = 0,857$$

DIAGONÁLA – PRŮŘEZ 2 VYHOVUJE

1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**

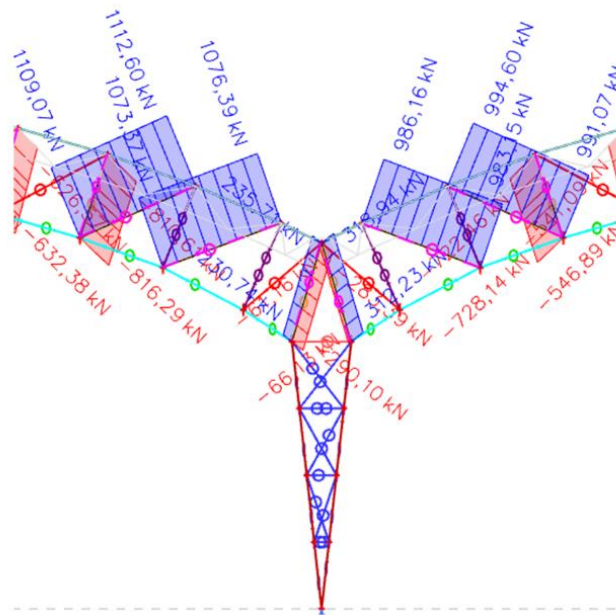
Lineární výpočet

Třída: All ULS

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B46210, B46213, B46216,
B46219, B46222, B46240, B46245,
B46248, B46255, B46258, B46287,
...



Obr. 37: Obálka normálových sil v diagonálách 2 typické vazby

- tažený prvek
- maximální osová síla (kombinace 28)

$$N_{t,Ed} = 1112,6 \text{ kN}$$

- posouzení

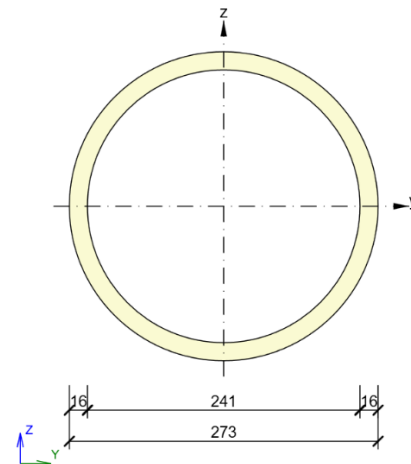
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6106 \cdot 355}{1,00} = 2171,98 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \frac{1112,6}{2171,98} = 0,512$$

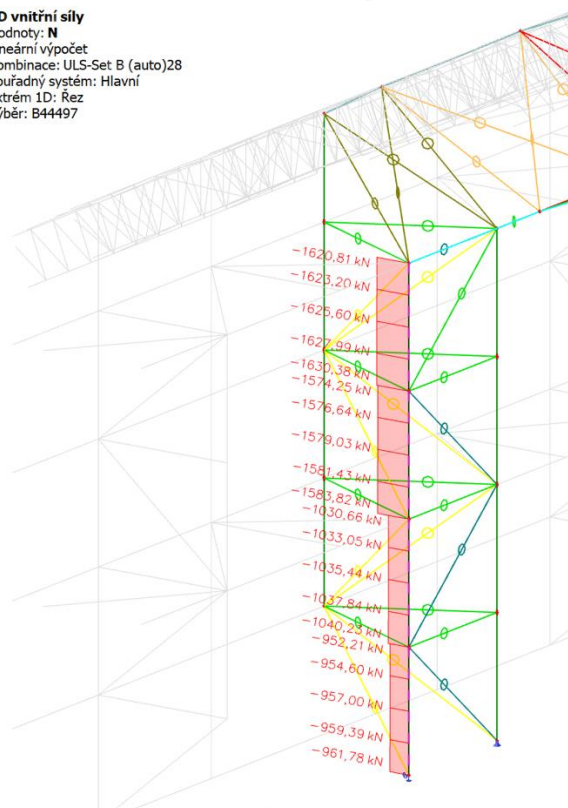
DIAGONÁLA – PRŮŘEZ 2 VYHOVUJE

krajní sloupek

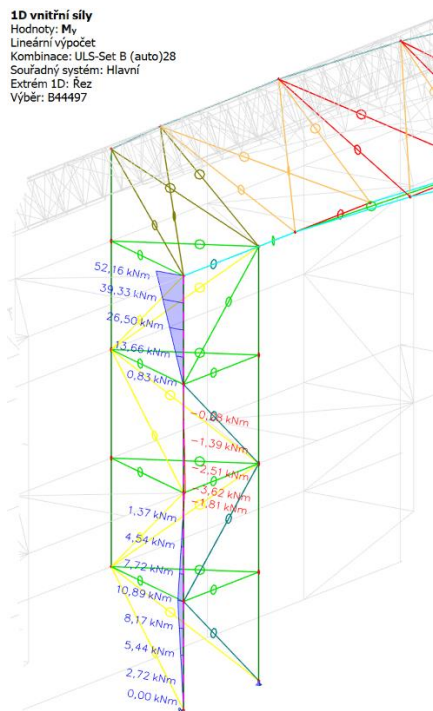
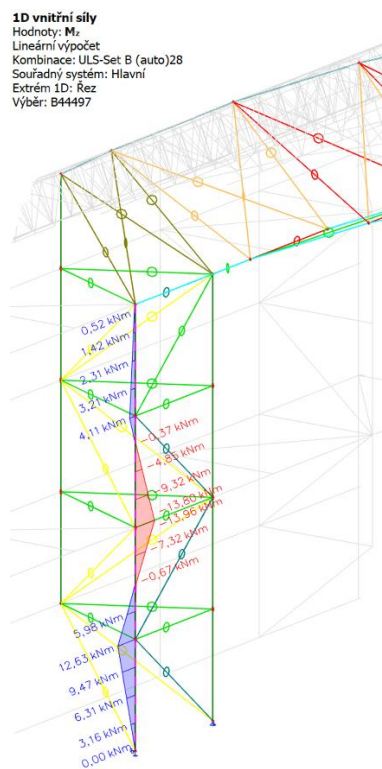
PRŮŘEZ	CHS 273/16,0	
A	= 12920 mm ²	d = 273 mm
A _{vz}	= 8224 mm ²	t = 16 mm
I	= 10700·10 ⁴ mm ⁴	i = 91 mm
W	= 784·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 1060·10 ³ mm ³	



1D vnitřní síly
 Hodnoty: N
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS-Set B (auto)28
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Řez
 Výběr: B44497



Obr. 38: Průběh normálové síly ve sloupku typické vazby (kombinace 28)

Obr. 39: Průběh ohybového momentu y ve sloupku typické vazby (kombinace 28)Obr. 40: Průběh ohybového momentu z ve sloupku typické vazby (kombinace 28)

- prvek zatížený kombinací tlaku a momentů (kombinace 28)
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{323,9}{20} = 16,195 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální vnitřní síly – v hlavě sloupku

$$N_{Ed} = -1616,76 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 52,91 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 4,11 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky
- prut je držen diagonálami prostorové příhrady

$$k_y = 1$$

$$L_{y,teor} = 3500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = k_y \cdot L_{y,teor} = 3500 \text{ mm}$$

$$k_z = 1$$

$$L_{z,teor} = 3500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = k_z \cdot L_{z,teor} = 3500 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{3500}{91} = 38,445$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{3500}{91} = 38,445$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{38,445}{76,409} = 0,503$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{38,445}{76,409} = 0,503$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y-y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,84$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose z-z = *křivka c*

$$\chi_z = 0,84$$

- pro uzavřený průřez uvažují

$$\chi_{LT} = 1$$

- určení součinitele C_{my} , C_{mz}

(podle tabulky B.3) [5]

$$\psi_y = 0,0159$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,606$$

$$\psi_z = 0,127$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,651$$

- určení součinitelů k_{yy} , k_{zy} , k_{zz} , k_{yy}

$$N_{Rk} = A \cdot fy = 12920 \cdot 355 = 4585,971 \text{ kN}$$

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

$$k_{yy} = 0,606 \left(1 + (0,503 - 0,2) \frac{1616,76}{0,84 \cdot 4585,971 / 1,0} \right) \\ \leq 0,606 \left(1 + 0,8 \frac{1616,76}{0,84 \cdot 4585,971 / 1,0} \right)$$

$$k_{yy} = 0,684 \leq 0,811$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,651 \left(1 + (0,503 - 0,2) \frac{1616,76}{0,84 \cdot 4585,971 / 1,0} \right) \\ \leq 0,651 \left(1 + 0,8 \frac{1616,76}{0,84 \cdot 4585,971 / 1,0} \right)$$

$$k_{zz} = 0,734 \leq 0,871$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \cdot 0,734 = 0,441$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 \cdot 0,684 = 0,410$$

- posouzení

$$M_{Rk} = W_{pl} \cdot f_y = 1060 \cdot 10^3 \cdot 355 = 376,3 \text{ kN}$$

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

$$\frac{1616,76}{0,63 \cdot 4585,971} + 0,684 \frac{52,91}{1 \cdot 376,3} + 0,441 \frac{4,11}{1 \cdot 376,3} = 0,429 \leq 1$$

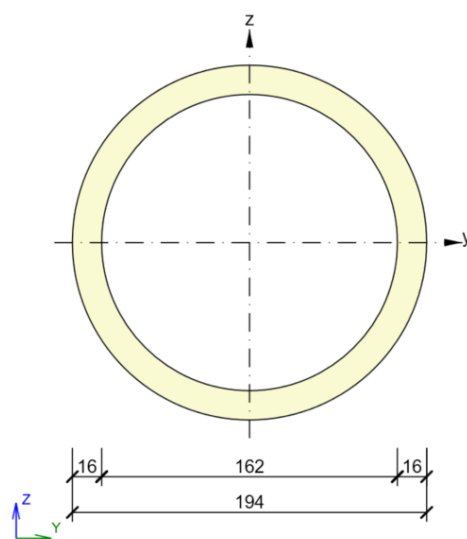
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{Rk}} \leq 1$$

$$\frac{1616,76}{0,89 \cdot 4585,971} + 0,410 \frac{52,91}{1 \cdot 376,3} + 0,734 \frac{4,11}{1 \cdot 376,3} = 0,432 \leq 1$$

SLOUPEK VYHOVUJE

horní diagonála

PRŮŘEZ	CHS 193,7/16,0		
A	=	8947 mm ²	d = 193,7 mm
A _{vz}	=	5696 mm ²	t = 16 mm
I	=	3570·10 ⁴ mm ⁴	i = 63,2 mm
W	=	368·10 ³ mm ³	
W _{pl}	=	508·10 ³ mm ³	

**1D vnitřní síly**Hodnoty: **N**

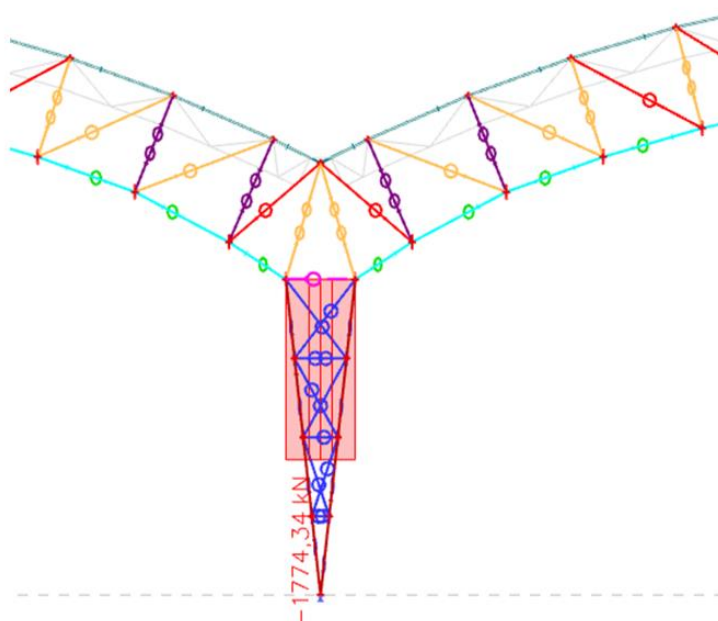
Lineární výpočet

Třída: All ULS

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: B48611



Obr. 41: Obálka normálových sil ve vrchní diagonále typické vazby

- tlačенý prvek

- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{193,7}{16,0} = 12,106 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -1774,34 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- prut je držen na obou koncích dalšími diagonálami prostorově příhradové systému

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 3076 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 3076 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3076}{63,2} = 44,374$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{44,374}{76,409} = 0,581$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = křivka c (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,796$$

- posouzení

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,796 \cdot 8947 \cdot 355}{1,00} = 2526,39 \text{ kN}$$

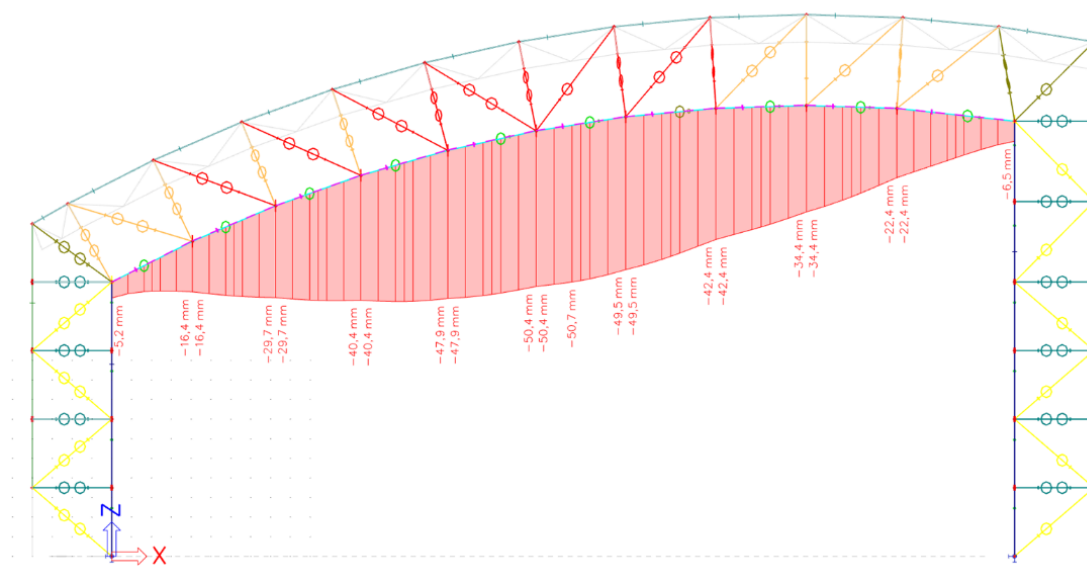
$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{1774,34}{2526,39} = 0,702$$

VRCHNÍ DIAGONÁLA VYHOVUJE

2.5. POSOUZENÍ KRÁTKÉ VAZBY

2.5.1. POSOUZENÍ MSP

1D deformace
Hodnoty: u_z
Lineární výpočet
Kombinace: SLS-Char (auto)
Souřadný systém: Globální
Extrém ID: Lokální
Výběr: B4157, B4168..B4176

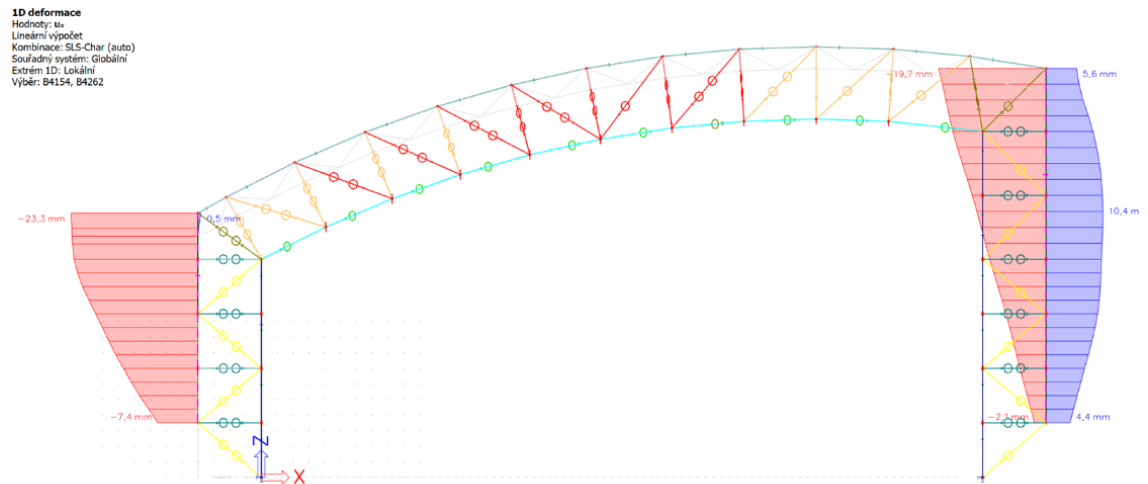


Obr. 42: Svislá deformace příčle krátké vazby

$$\delta \leq \delta_{lim} = \frac{L}{250}$$

$$50,7 \leq \frac{45500}{250} = 182 \text{ mm}$$

VYHOVUJE



Obr. 43: Vodorovná deformace sloupků krátké vazby

$$\delta \leq \delta_{lim} = \frac{H}{300}$$

$$23,3 \leq \frac{17000}{300} = 56,6 \text{ mm}$$

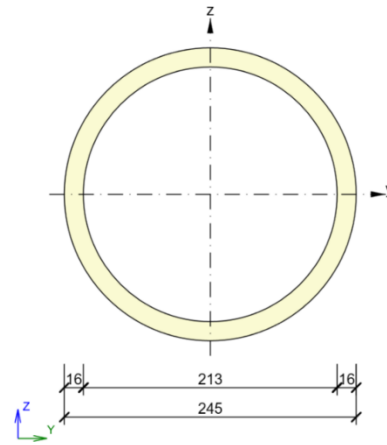
VYHOVUJE

2.5.2. POSOUZENÍ MSÚ

Výpočet jednotlivých prvků probíhá analogicky s výpočtem předchozích částí konstrukce. Je posouzen krajní sloup vazby v místě, kde dále navazuje sousední konstrukce, který je výškou výrazně větší než ostatní sloupky, a to na kombinaci normálové síly a momentů v kombinaci s největším namáháním.

krajní sloupek

PRŮŘEZ	CHS 244,5/16,0	
A	= 11510 mm ²	d = 244,5 mm
A _{vz}	= 7328 mm ²	t = 16 mm
I	= 7580·10 ⁴ mm ⁴	i = 81,2 mm
W	= 619·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 840·10 ³ mm ³	

**1D vnitřní síly**Hodnoty: **N**

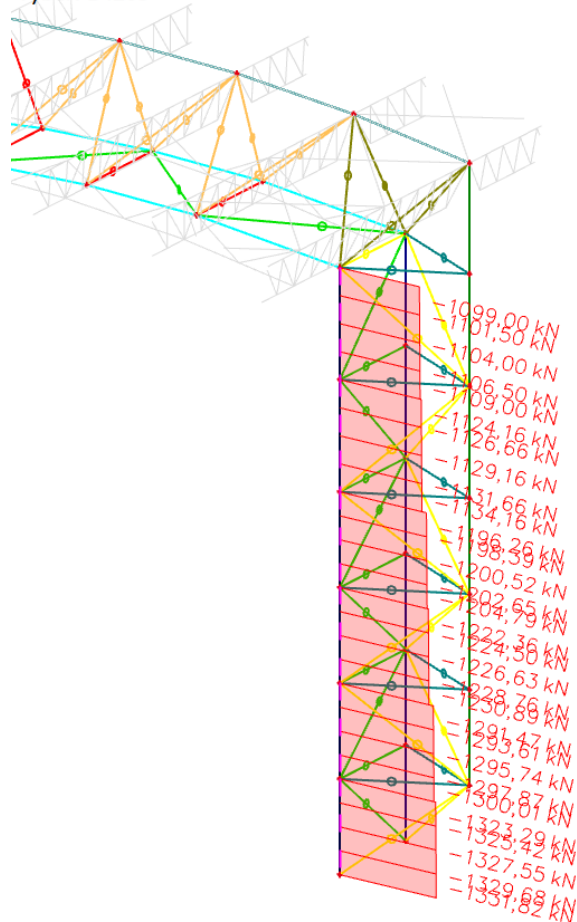
Lineární výpočet

Kombinace: ULS-Set B (auto)28

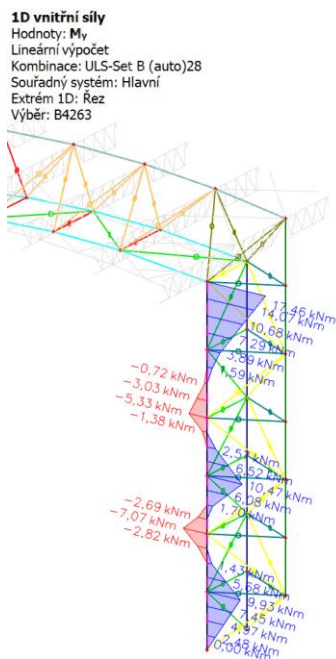
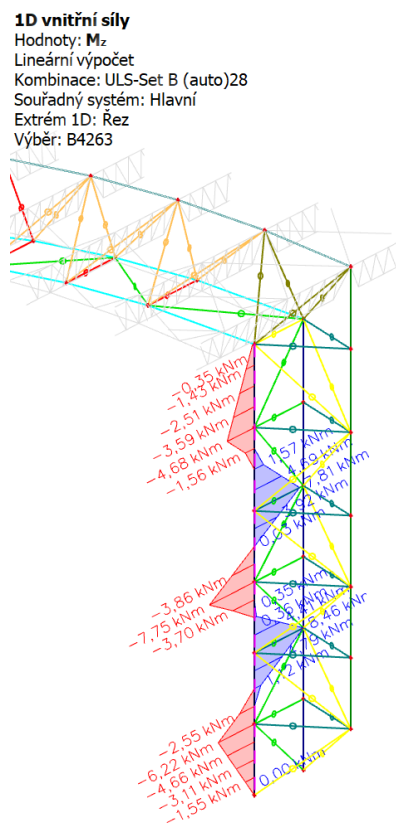
Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Řez

Výběr: B4263



Obr. 44: Průběh normálové síly v delším sloupku krátké vazby (kombinace 28)

Obr. 45: Průběh ohybového momentu y v delším sloupku krátké vazby (kombinace 28)Obr. 46: Průběh ohybového momentu z v delším sloupku krátké vazby (kombinace 28)

- prvek zatížený kombinací tlaku a momentů (kombinace 28)
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{244,5}{16} = 15,281 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální vnitřní síly – v patě sloupku

$$N_{Ed} = -1323,29 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 9,93 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = -6,22 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky
- prut je držen diagonálami prostorové příhrady

$$k_y = 1$$

$$L_{y,teor} = 3500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = k_y \cdot L_{y,teor} = 3500 \text{ mm}$$

$$k_z = 1$$

$$L_{z,teor} = 3500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = k_z \cdot L_{z,teor} = 3500 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{3500}{81,2} = 43,218$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{3500}{81,2} = 43,218$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{43,218}{76,409} = 0,566$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{43,218}{76,409} = 0,566$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,806$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose z-z = *křivka c*

$$\chi_z = 0,806$$

- pro uzavřený průřez uvažují

$$\chi_{LT} = 1$$

- určení součinitele C_{my} , C_{mz}

(podle tabulky B.3) [5]

$$\psi_y = 0$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,6$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,6$$

- určení součinitelů k_{yy} , k_{zy} , k_{zz} , k_{yy}

$$N_{Rk} = A \cdot fy = 11510 \cdot 355 = 4077,41 \text{ kN}$$

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

$$k_{yy} = 0,6 \left(1 + (0,566 - 0,2) \frac{1323,29}{0,806 \cdot 4077,41 / 1,0} \right) \leq 0,6 \left(1 + 0,8 \frac{1323,29}{0,806 \cdot 4077,41 / 1,0} \right)$$

$$k_{yy} = 0,688 \leq 0,793$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,6 \left(1 + (0,566 - 0,2) \frac{1323,29}{0,806 \cdot 4077,41 / 1,0} \right) \leq 0,6 \left(1 + 0,8 \frac{1323,29}{0,806 \cdot 4077,41 / 1,0} \right)$$

$$k_{zz} = 0,688 \leq 0,793$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \cdot 0,688 = 0,413$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 \cdot 0,688 = 0,413$$

- posouzení

$$M_{Rk} = W_{pl} \cdot f_y = 1060 \cdot 10^3 \cdot 355 = 298,2 \text{ kN}$$

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

$$\frac{1323,29}{0,806 \cdot 4585,971} + 0,688 \frac{9,93}{1 \cdot 298,2} + 0,413 \frac{6,22}{1 \cdot 298,2} = 0,434 \leq 1$$

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

$$\frac{1323,29}{0,806 \cdot 4585,971} + 0,413 \frac{9,93}{1 \cdot 298,2} + 0,688 \frac{6,22}{1 \cdot 298,2} = 0,43 \leq 1$$

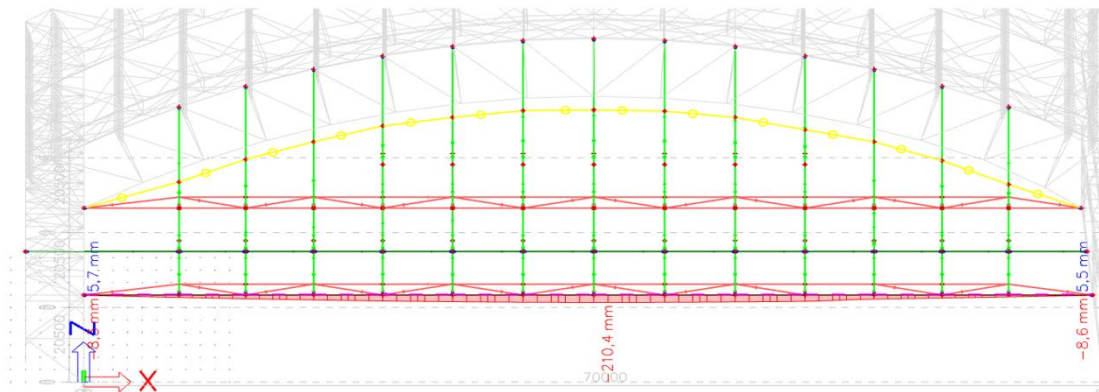
SLOUPEK VYHOVUJE

2.6. POSOUZENÍ ŠTÍTOVÉ STĚNY

2.6.1. POSOUZENÍ MSP

1D deformace

Hodnoty: u_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: SLS-Char (auto)
 Souřadný systém: Globální
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: B43524, B43564



Obr. 47: Deformace štítové stěny (všechny kombinace MSP)

$$\delta \leq \delta_{lim} = \frac{L}{250}$$

$$210,4 \leq \frac{70000}{300} = 233,3 \text{ mm}$$

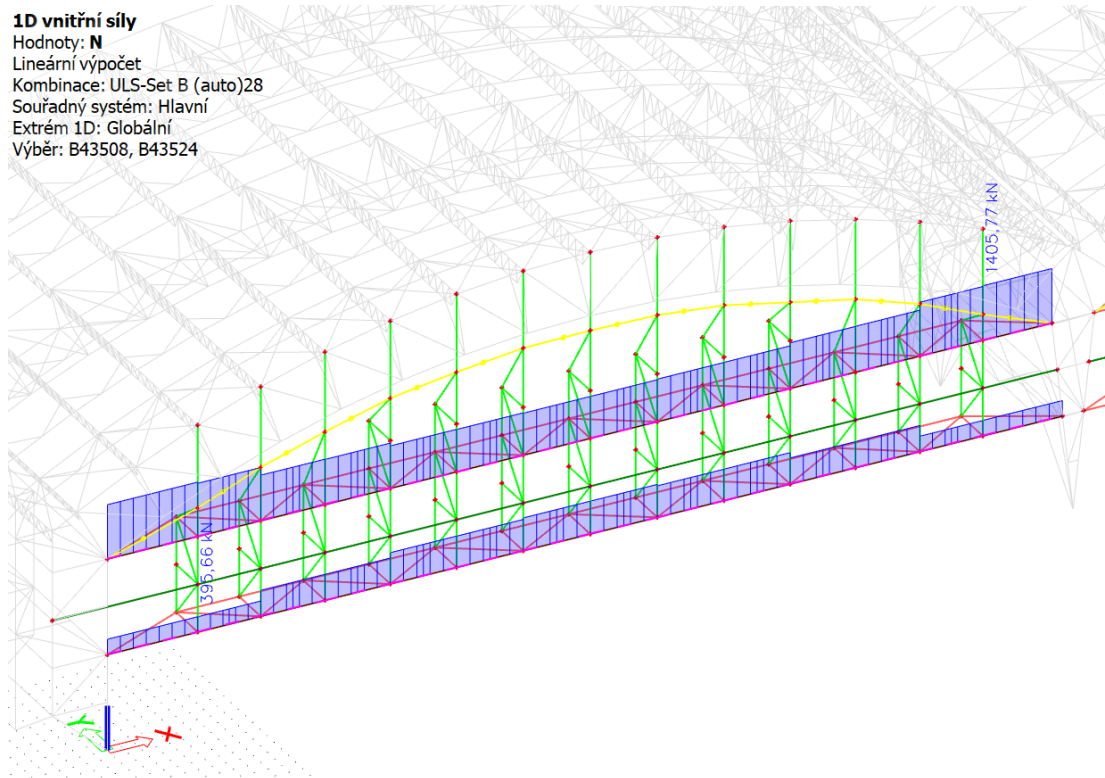
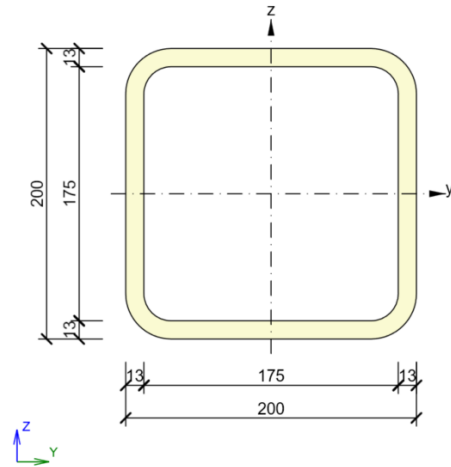
VYHOVUJE

2.6.2. POSOUZENÍ MSÚ

Štítová stěna se skládá z dvou vodorovných příhradových nosníků, jejichž pásy jsou posouzeny na tah a na kombinaci tlaku a ohybu, jakožto nejdominantnější typ namáhání. Dále je vybrána nejvíce zatížená tlačena diagonála, která je také posouzena na maximální tlak se vzpěrem. Vodorovné příhrady jsou přichyceny sloupkem podepřeným příhradou ke štítové vazbě. Ten je namáhán primárně tahem a ohybem. Poslední součástí štítové stěny jsou stabilizační pruty přichycené k svislým příhradám, které jsou posouzeny na tlak.

vodorovná příhrada – přední pás

PRŮŘEZ	SHS 200/200/12,5	
A	= 9210 mm ²	a = 200 mm
I	= 5340·10 ⁴ mm ⁴	t = 12,5 mm
I _t	= 8490·10 ⁴ mm ⁴	i = 76,1 mm
W	= 534·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 643·10 ³ mm ³	



Obr. 48: Obálka normálových sil v předním pásu vodorovné příhrady štitové stěny

- tažený prvek
- maximální osová síla (z obálky normálových sil)

$$N_{t,Ed} = 1753,35 \text{ kN}$$

- posouzení

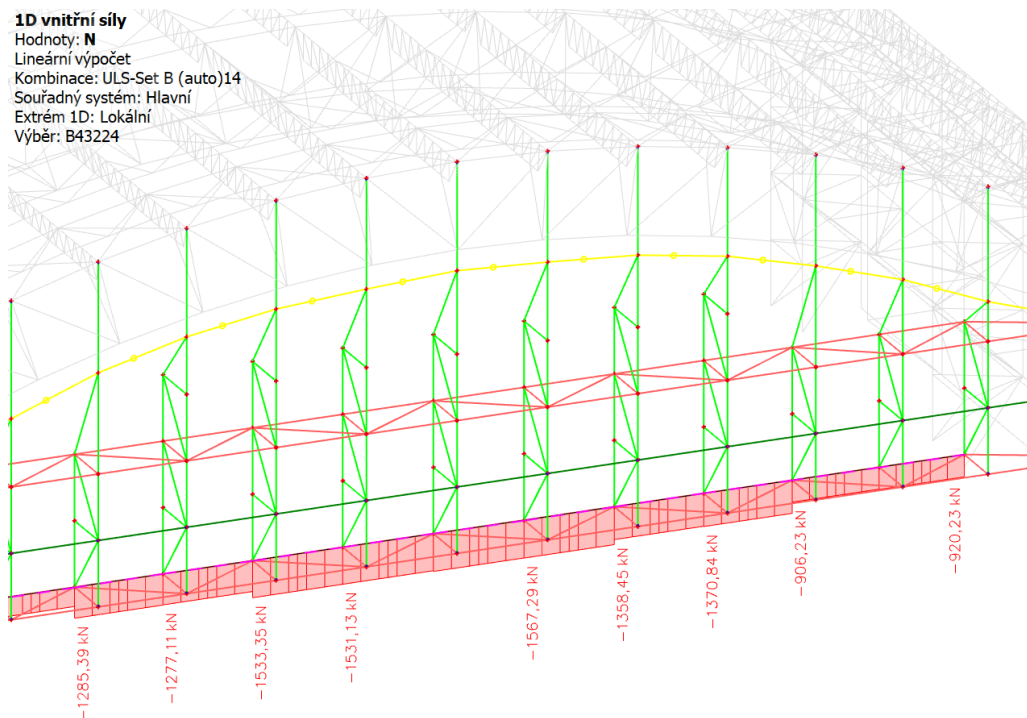
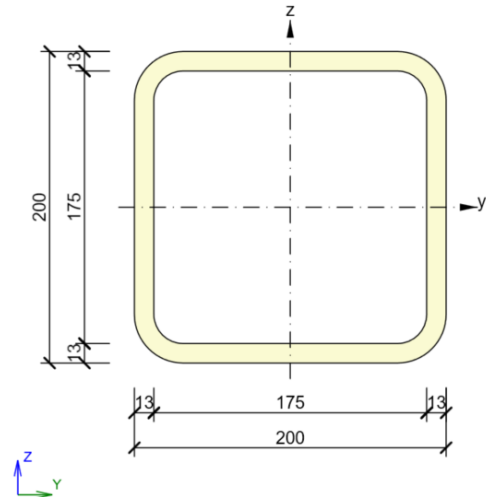
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9210 \cdot 355}{1,00} = 3269,55 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \frac{1753,35}{3269,55} = 0,54$$

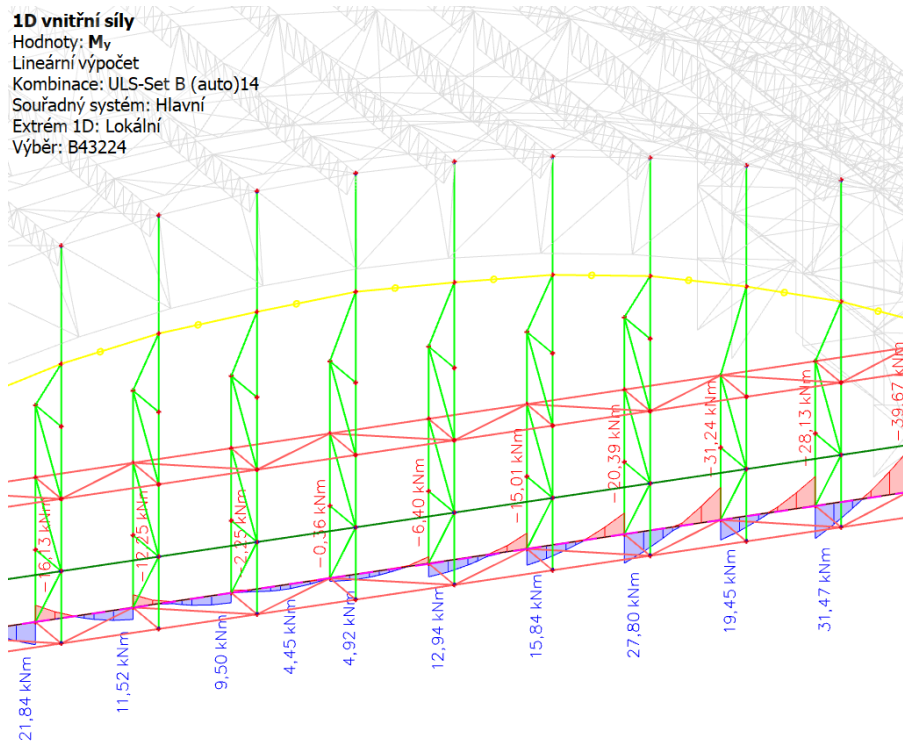
PŘEDNÍ PÁS VYHOVUJE

vodorovná příhrada – zadní pás

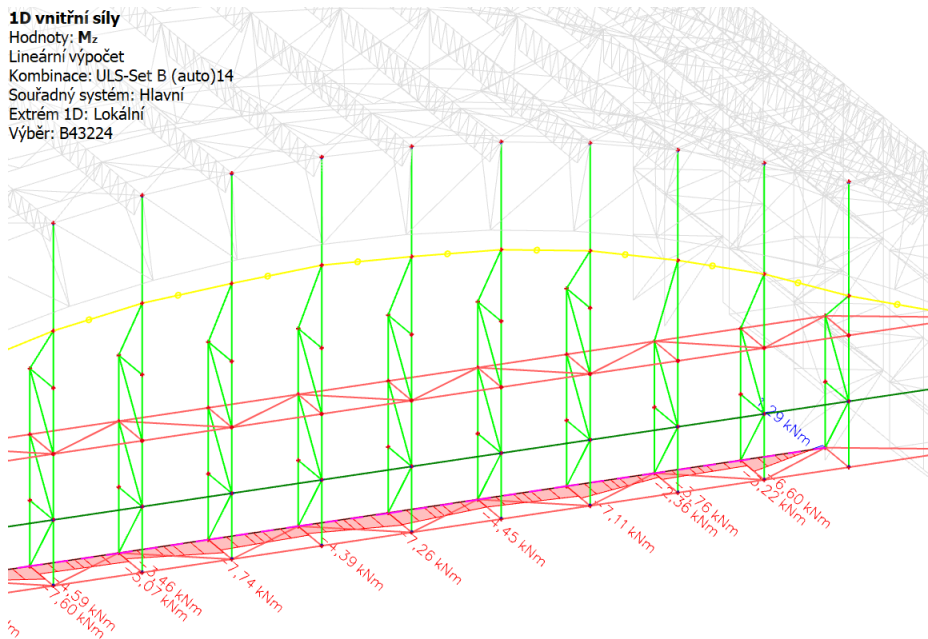
PRŮŘEZ	SHS 200/200/12,5	
A	= 9210 mm ²	a = 200 mm
I	= 5340·10 ⁴ mm ⁴	t = 12,5 mm
I _t	= 8490·10 ⁴ mm ⁴	i = 76,1 mm
W	= 534·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 643·10 ³ mm ³	



Obr. 49: Průběh normálové síly v zadním pásu vodorovné příhrady štítové stěny (kombinace 14)



Obr. 50: Průběh ohybového momentu y v zadním pásu vodorovné příhrady štitové stěny (kombinace 14)



Obr. 51: Průběh ohybového momentu z v zadním pásu vodorovné příhrady štitové stěny (kombinace 14)

- prvek zatížený kombinací tlaku a momentů (kombinace 14)

- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{200}{12,5} = 16,0 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální vnitřní síly – u sloupku 5

$$N_{Ed} = -1567,29 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -15,01 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = -7,26 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- prut je držen v rovině příhrady diagonálami, z roviny příhrady je držen svislou příhradou

$$k_y = 1$$

$$L_{y,teor} = 4837 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = k_y \cdot L_{y,teor} = 4837 \text{ mm}$$

$$k_z = 1$$

$$L_{z,teor} = 4837 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = k_z \cdot L_{z,teor} = 4837 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{4837}{76,1} = 63,56$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{4837}{76,1} = 63,56$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{63,56}{76,409} = 0,832$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{63,56}{76,409} = 0,832$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y-y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,642$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose z-z = *křivka c*

$$\chi_z = 0,642$$

- pro uzavřený průřez uvažují

$$\chi_{LT} = 1$$

- určení součinitele C_{my} , C_{mz}

(podle tabulky B.3) [5]

$$\psi_y = -0,862$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,255 \rightarrow 0,4$$

$$\psi_z = 0,626$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,85$$

- určení součinitelů k_{yy} , k_{zy} , k_{zz} , k_{yy}

$$N_{Rk} = A \cdot fy = 9210 \cdot 355 = 3269,55 \text{ kN}$$

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

$$k_{yy} = 0,4 \left(1 + (0,832 - 0,2) \frac{1567,29}{0,642 \cdot 3269,55/1,0} \right) \leq 0,4 \left(1 + 0,8 \frac{1567,29}{0,642 \cdot 3269,55/1,0} \right)$$

$$k_{yy} = 0,589 \leq 0,639$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,85 \left(1 + (0,832 - 0,2) \frac{1567,29}{0,642 \cdot 3269,55/1,0} \right) \\ \leq 0,85 \left(1 + 0,8 \frac{1567,29}{0,642 \cdot 3269,55/1,0} \right)$$

$$k_{zz} = 1,25 \leq 1,36$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \cdot 1,25 = 0,751$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 \cdot 0,589 = 0,353$$

- posouzení

$$M_{Rk} = W_{pl} \cdot f_y = 643 \cdot 10^3 \cdot 355 = 228,265 \text{ kN}$$

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

$$\frac{1567,29}{\frac{0,642 \cdot 4585,971}{1,0}} + 0,589 \frac{15,01}{\frac{1 \cdot 376,3}{1,0}} + 0,751 \frac{7,26}{\frac{1 \cdot 376,3}{1,0}} = 0,809 \leq 1$$

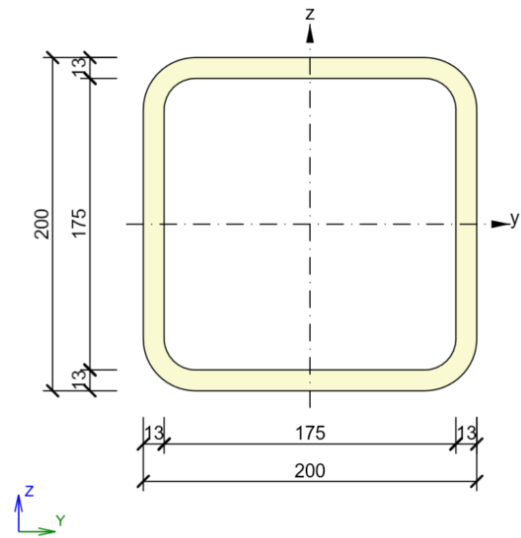
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{Rk}} \leq 1$$

$$\frac{1567,29}{\frac{0,642 \cdot 4585,971}{1,0}} + 0,353 \frac{15,01}{\frac{1 \cdot 376,3}{1,0}} + 1,25 \frac{7,26}{\frac{1 \cdot 376,3}{1,0}} = 0,809 \leq 1$$

PÁS VYHOVUJE

vodorovná příhrada – diagonála

PRŮŘEZ	SHS 200/200/12,5	
A	= 9210 mm ²	a = 200 mm
I	= 5340·10 ⁴ mm ⁴	t = 12,5 mm
I _t	= 8490·10 ⁴ mm ⁴	i = 76,1 mm
W	= 534·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 643·10 ³ mm ³	

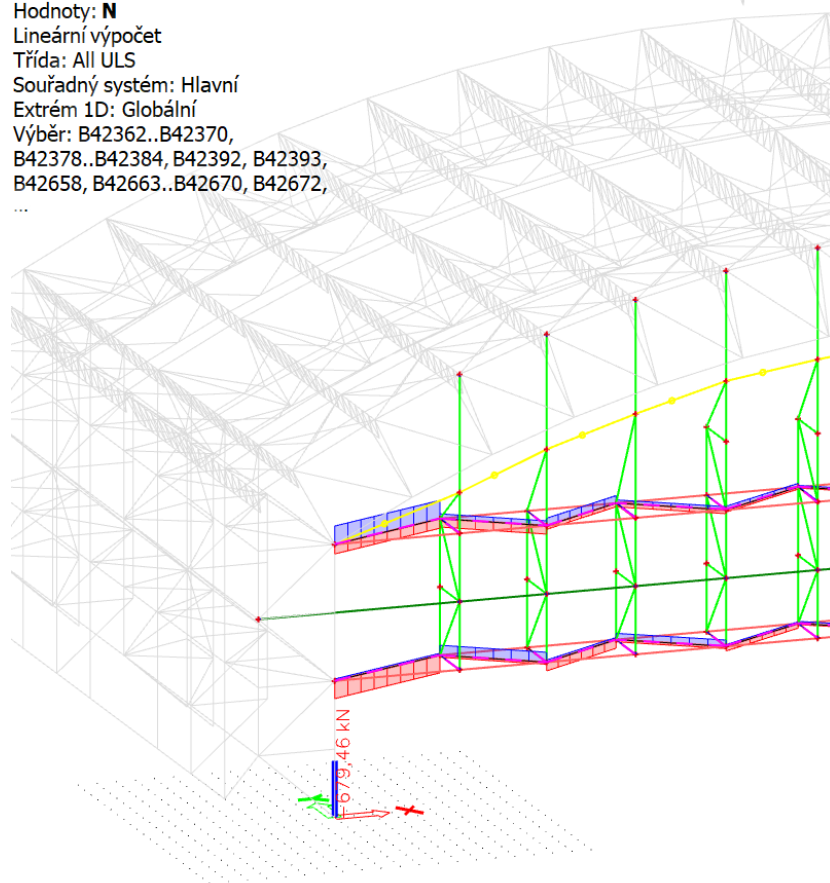
**1D vnitřní síly**Hodnoty: **N**

Lineární výpočet

Třída: All ULS

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: B42362..B42370,
B42378..B42384, B42392, B42393,
B42658, B42663..B42670, B42672,
...

Obr. 52: Obálka normálových sil v diagonálách vodorovné příhrady štítové stěny

- tlačný prvek

- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{200}{12,5} = 16 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -679,46 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- v obou směrech je vzpěrná délka konzervativně uvažována rovná délce prutu

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 7200 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 7200 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{7200}{76,1} = 94,612$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{94,612}{76,409} = 1,238$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = křivka c (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,416$$

- posouzení

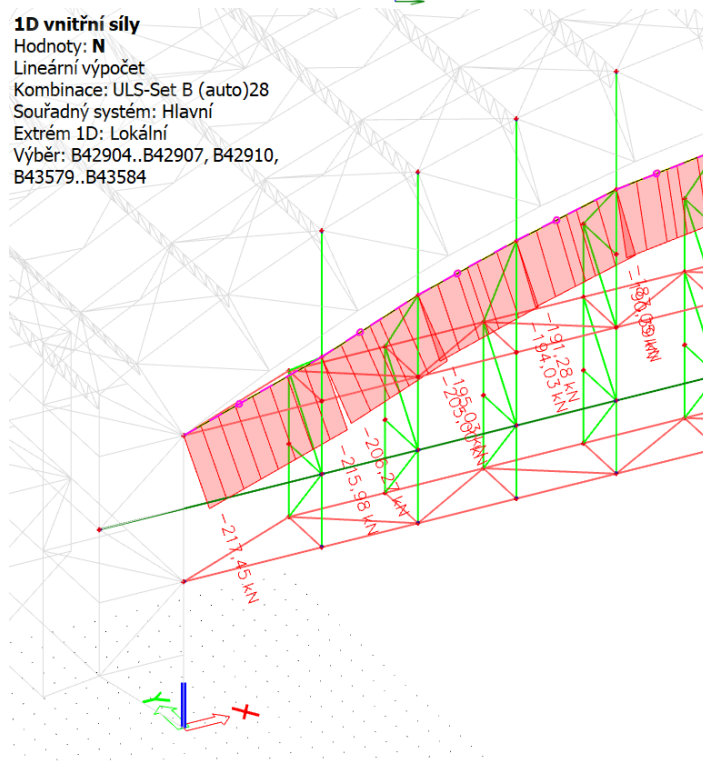
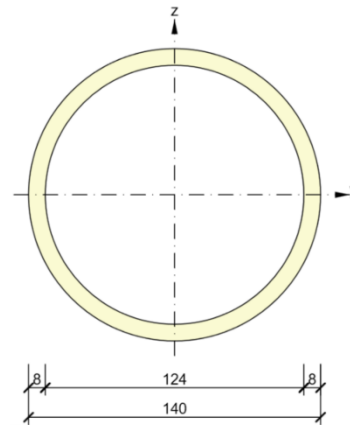
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,416 \cdot 9210 \cdot 355}{1,00} = 1359,91 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{649,46}{1359,91} = 0,499$$

DIAGONÁLA VYHOVUJE

stabilizační pruty

PRŮŘEZ	CHS 139,7/8,0	
A	= 3318 mm ²	d = 139,7 mm
A _{vz}	= 2112 mm ²	t = 8,0 mm
I	= 725·10 ⁴ mm ⁴	i = 46,8 mm
W	= 104·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 140·10 ³ mm ³	



Obr. 53: Obálka normálových sil ve stabilizačních prutech štítové stěny

- tlačný prvek

- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{139,7}{8,0} = 17,46 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -238,67 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- v obou směrech je vzpěrná délka konzervativně uvažována rovná délce prutu

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 6874 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 6874 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{6874}{46,8} = 147,36$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{147,36}{76,409} = 1,929$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = křivka c (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,201$$

- posouzení

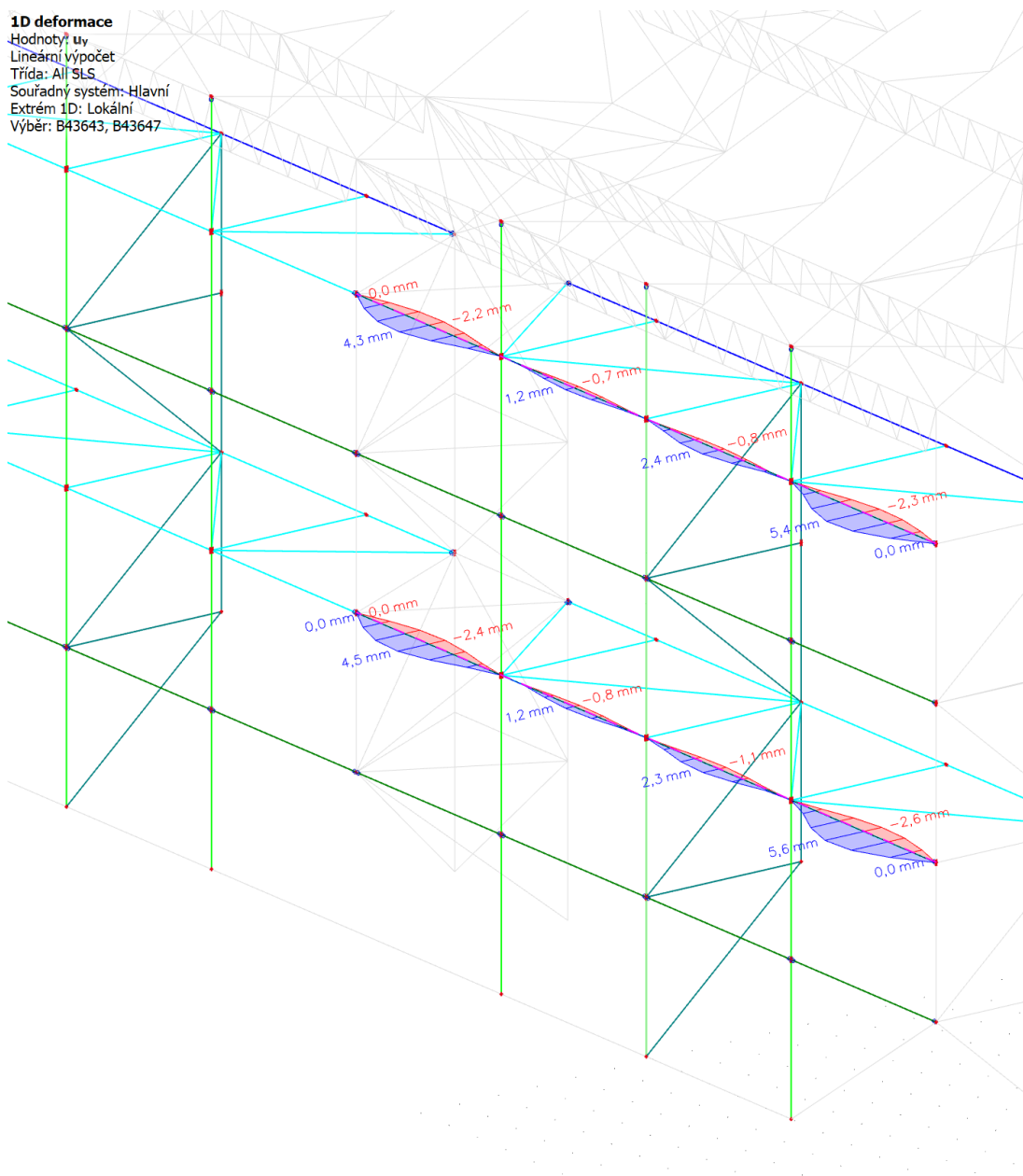
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,201 \cdot 3318 \cdot 355}{1,00} = 245,33 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{237,68}{245,33} = 0,96$$

PRUT VYHOVUJE

2.7. POSOUZENÍ BOČNÍ STĚNY

2.7.1. POSOUZENÍ MSP



Obr. 54: Vodorovné deformace vodorovných příhrad boční stěny

$$\delta \leq \delta_{lim} = \frac{L}{250}$$

$$5,6 \leq \frac{5125}{250} = 20,5 \text{ mm}$$

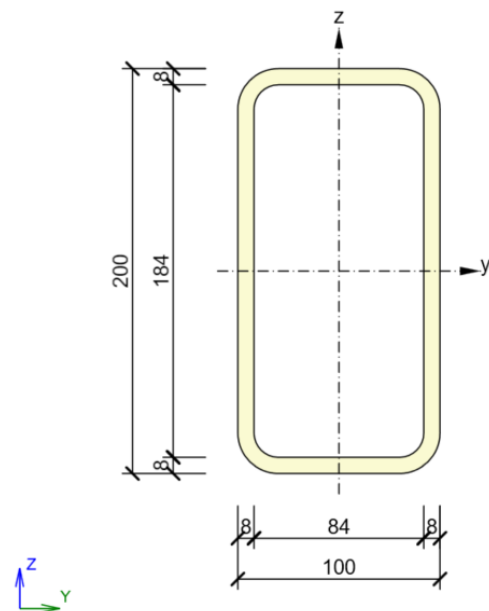
VYHOVUJE

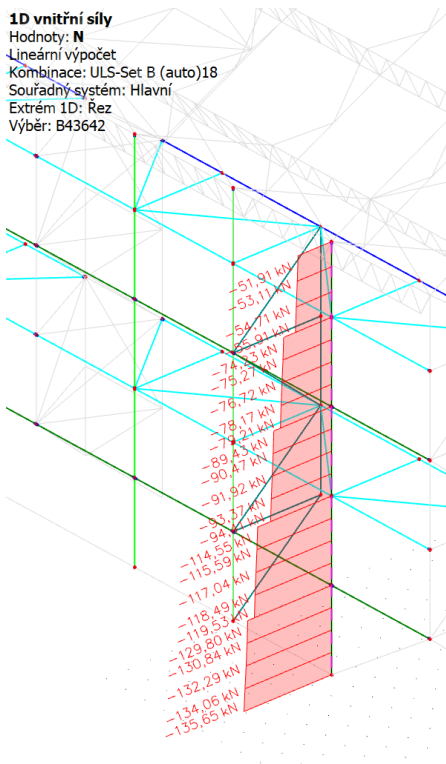
2.7.2. POSOUZENÍ MSÚ

Posouzení prvků boční stěny probíhá analogicky s posouzením již řešených prvků. V rámci posouzení MSÚ je tedy posouzen nejvíce namáhaný sloupek u nároží objektu, který je namáhán kombinací tlaku a ohybu.

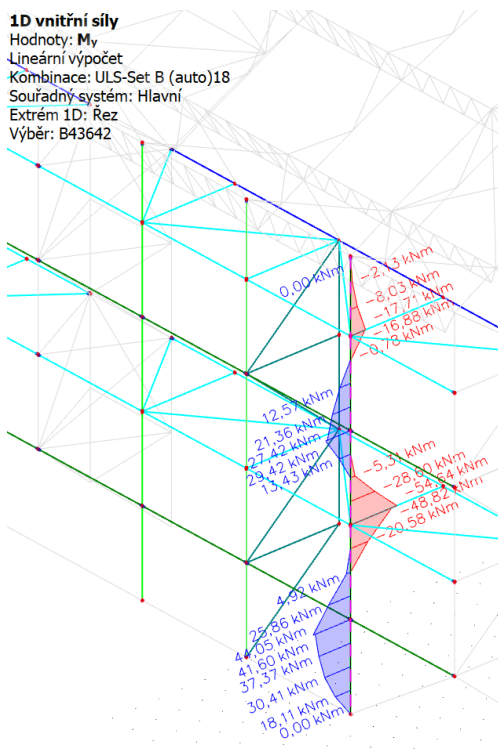
sloupek

PRŮŘEZ	RHS 200/100/8
$A = 4480 \text{ mm}^2$	$h = 200 \text{ mm}$
$I_y = 2230 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$b = 100 \text{ mm}$
$W_y = 223 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	$t = 8 \text{ mm}$
$W_{pL,y} = 282 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	$i_y = 70,6 \text{ mm}$
$I_z = 739 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$i_z = 40,6 \text{ mm}$
$W_z = 148 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	
$W_{pL,z} = 172 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	

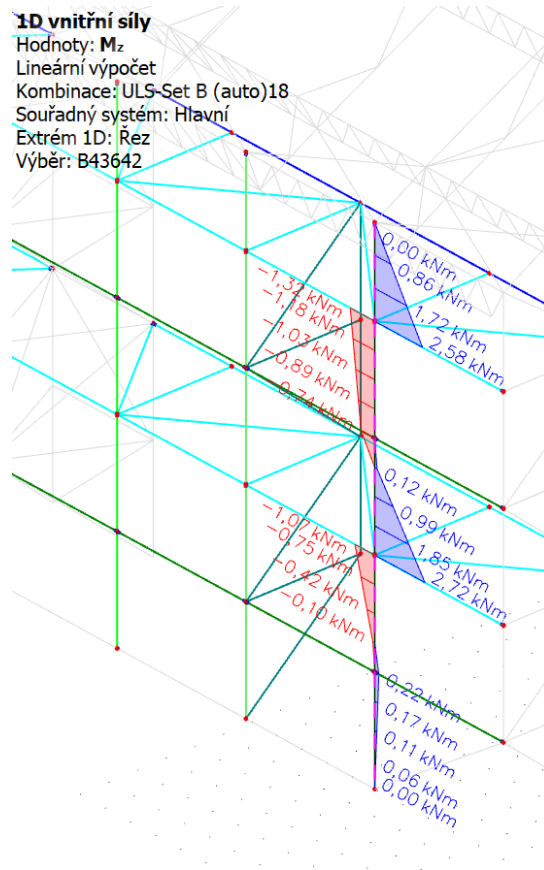




Obr. 55: Průběh normálové síly ve sloupku boční stěny (kombinace 18)



Obr. 56: Průběh ohybového momentu y ve sloupku boční stěny (kombinace 18)



Obr. 57: Průběh ohybového momentu z ve sloupku boční stěny (kombinace 18)

- prvek zatížený kombinací tlaku a momentů (kombinace 18)
- maximální vnitřní síly – v patě sloupku

$$N_{Ed} = -135,65 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -48,82 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,22 \text{ kNm}$$

- vzpěrné délky
 - z roviny stěny je prut držen pouze vodorovnými příhradami ve výšce 7 a 14 m
 - v rovině stěny je prut držen příhradami a pažďíky po 3,5 m

$$k_y = 1$$

$$L_{y,teor} = 7000 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = k_y \cdot L_{y,teor} = 7000 \text{ mm}$$

$$k_z = 1$$

$$L_{z,teor} = 3500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = k_z \cdot L_{z,teor} = 3500 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{7000}{70,6} = 99,15$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{3500}{40,6} = 74,138$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{99,15}{76,409} = 1,298$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{74,138}{76,409} = 0,97$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y-y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

$$\chi_y = 0,39$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose z-z = *křivka c*

$$\chi_z = 0,56$$

- pro uzavřený průřez uvažují

$$\chi_{LT} = 1$$

- určení součinitele C_{my} , C_{mz}

(podle tabulky B.3) [5]

$$\psi_y = 0$$

$$a_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{44,5}{-48,82} = -0,902$$

$$C_{m,y} = 0,1 - 0,8a_s = 0,822$$

$$\psi_z = -0,206$$

$$C_{m,z} = 0,6 + 0,4\psi_y = 0,518$$

- určení součinitelů k_{yy} , k_{zy} , k_{zz} , k_{yy}

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 4480 \cdot 355 = 1590,4 \text{ kN}$$

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

$$k_{yy} = 0,822 \left(1 + (1,298 - 0,2) \frac{135,65}{0,39 \cdot 1590,4/1,0} \right) \leq 0,822 \left(1 + 0,8 \frac{135,65}{0,39 \cdot 1590,4/1,0} \right)$$

$$k_{yy} = 1,019 \leq 0,966 \rightarrow 0,966$$

$$k_{zz} = C_{m,z} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{m,z} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,85 \left(1 + (0,832 - 0,2) \frac{135,65}{0,642 \cdot 1590,4/1,0} \right) \leq 0,85 \left(1 + 0,8 \frac{135,65}{0,642 \cdot 1590,4/1,0} \right)$$

$$k_{zz} = 0,579 \leq 0,608$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \cdot 0,579 = 0,347$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 \cdot 0,966 = 0,612$$

- posouzení

$$M_{Rk,y} = W_{pl,y} \cdot f_y = 282 \cdot 10^3 \cdot 355 = 100,11 \text{ kNm}$$

$$M_{Rk,z} = W_{pl,z} \cdot f_y = 172 \cdot 10^3 \cdot 355 = 61,06 \text{ kNm}$$

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

$$\frac{135,65}{0,39 \cdot 4585,971} + 0,966 \frac{48,82}{1 \cdot 100,11} + 0,347 \frac{0,22}{1 \cdot 376,3} = 0,717 \leq 1$$

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

$$\frac{135,65}{0,642 \cdot 4585,971} + 0,612 \frac{48,82}{1 \cdot 100,11} + 0,579 \frac{0,22}{1 \cdot 61,06} = 0,453 \leq 1$$

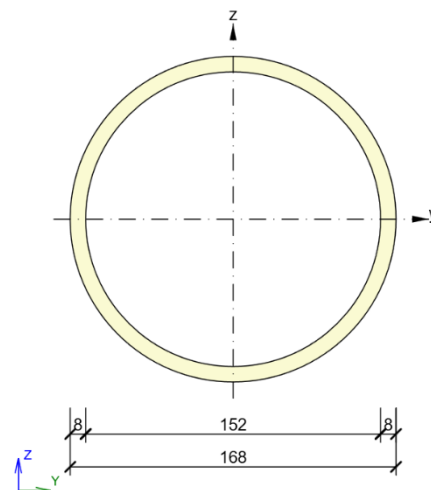
SLOUPEK VYHOVUJE

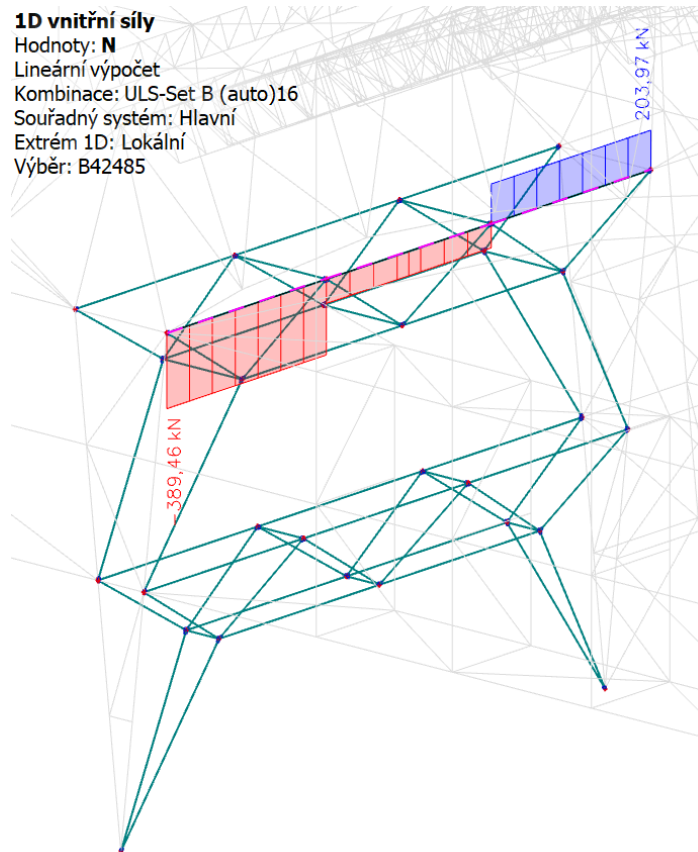
2.8. POSOUZENÍ ZTUŽIDEL

Ztužení objektu je zajištěno systémem kloubově připojených prvků a příhrad v bočních stěnách. Princip posouzení příhrad byl řešen v předchozích kapitolách. Ze zbývajících prvků byla vybrána prostá prutová ztužidla stěny procházející na rozhraní obou lodí řešené konstrukce a ztužidla v rovině střechy pro které byl posouzen mezní stav únosnosti pro tahové a tlakové namáhání se vzpěrem.

stěnové ztužidlo

PRŮŘEZ	CHS 168,3/8	
A	= 4021 mm ²	d = 168,3 mm
A _{vz}	= 2560 mm ²	t = 8,0 mm
I	= 1290·10 ⁴ mm ⁴	i = 56,6 mm
W	= 154·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 205·10 ³ mm ³	





Obr. 58: Průběh normálových sil v prutu ztužidla (kombinace 16)

- tlačení prvek
- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{168,3}{8} = 21,038 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -389,46 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- ve svislém směru i vodorovném směru je prut držen uchycením ke sloupu a diagonálami v systému ztužidla ve vzdálenosti 6,102 m

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 6102 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 6102 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{6102}{56,6} = 107,43$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{107,43}{76,409} = 1,406$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y-y = *křivka c* (dle tab. 5.5 v [8])

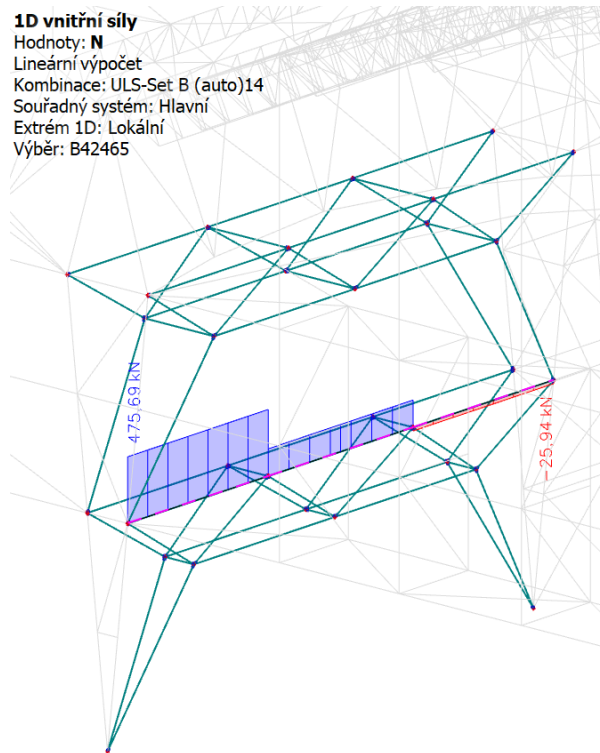
$$\chi_y = 0,347$$

- posouzení

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot fy}{\gamma_{M0}} = \frac{0,347 \cdot 4021 \cdot 355}{1,00} = 495,345 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{389,46}{495,345} = 0,78$$

STĚNOVÉ ZTUŽIDLO VYHOVUJE



Obr. 59: Průběh normálové síly v prutu stěnového ztužidla (kombinace 5)

- tažený prvek
- maximální osová síla (kombinace 14)

$$N_{t,Ed} = 222,71 \text{ kN}$$

- posouzení

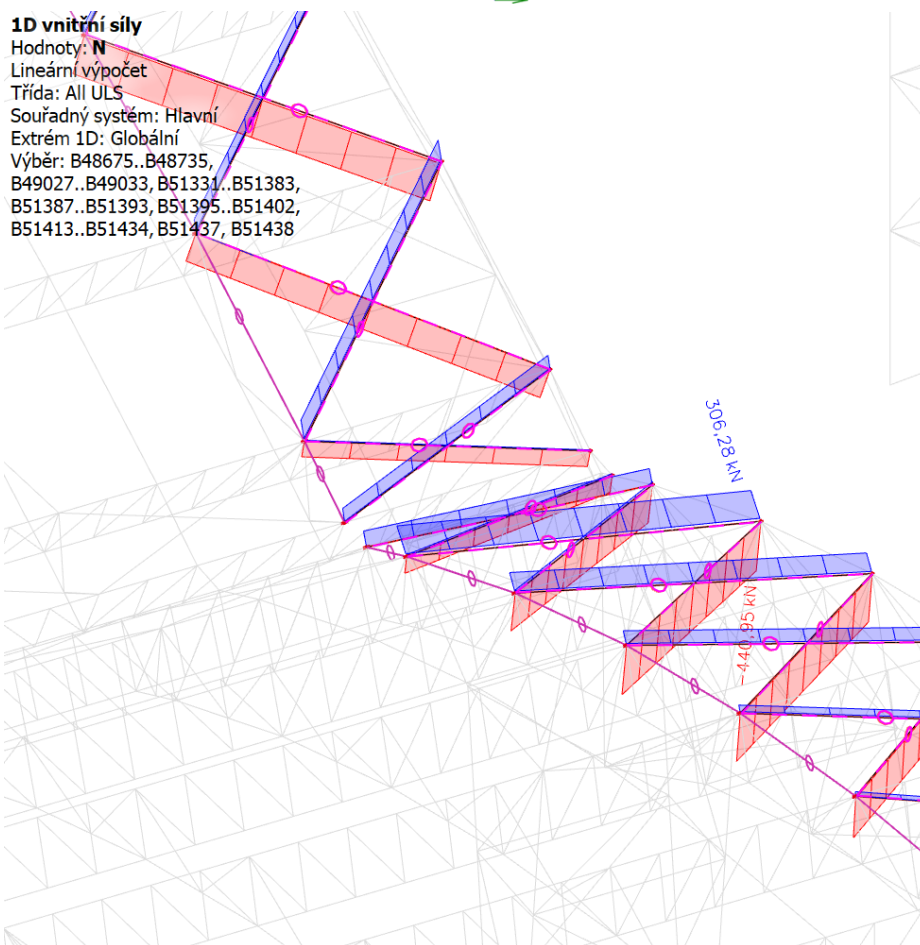
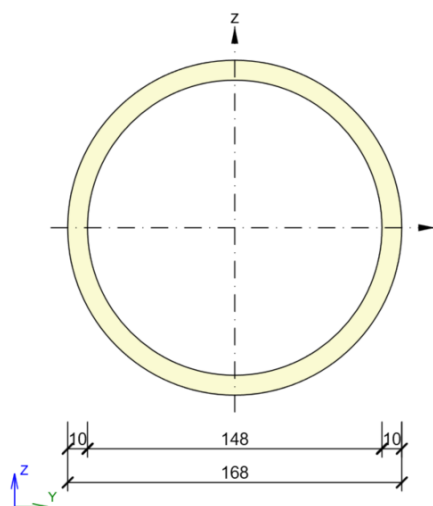
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4021 \cdot 355}{1,00} = 1427,46 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \frac{475,69}{1427,6} = 0,33$$

STĚNOVÉ ZTUŽIDLO VYHOVUJE

střešní ztužidlo

PRŮŘEZ	CHS 168,3/10	
A	= 4964 mm ²	d = 168,3 mm
A _{vz}	= 3160 mm ²	t = 10,0 mm
I	= 1560·10 ⁴ mm ⁴	i = 56,0 mm
W	= 185·10 ³ mm ³	
W _{pl}	= 250·10 ³ mm ³	



Obr. 60: Obálka normálových sil v prutech ztužidla ve střešní rovině

- tlačení prvek

- zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,813^2 = 33,048$$

$$\frac{168,3}{10} = 16,8 < 33,048$$

TŘÍDA 1

- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{Ed} = -440,95 \text{ kN}$$

- vzpěrné délky

- vzpěrná délka je uvažována rovná délce prutu

$$k = 1$$

$$L_{teor} = 7061 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = k \cdot L_{teor} = 7061 \text{ mm}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{7061}{56,0} = 125,79$$

- relativní štíhlost

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,4091$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{125,79}{76,409} = 1,646$$

- křivka vzpěrnosti pro vybočení kolmo k ose y -y = křivka c (dle tab. 5.5 v [8])

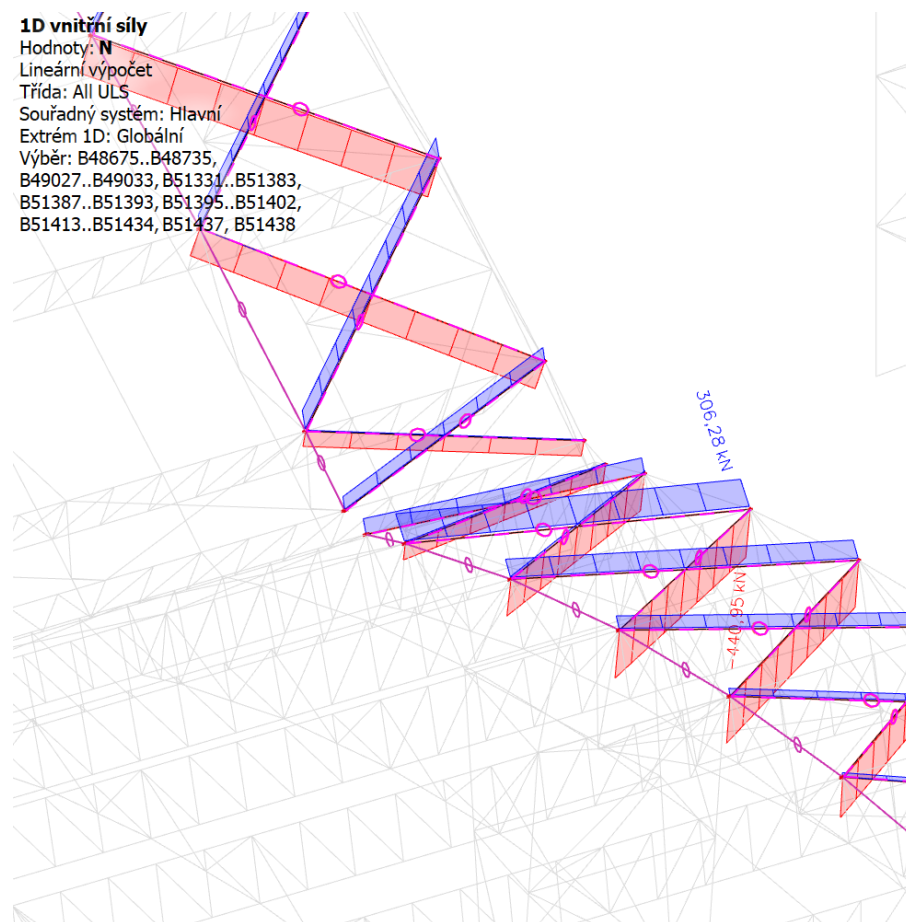
$$\chi_y = 0,271$$

- posouzení

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,271 \cdot 4964 \cdot 355}{1,00} = 478,438 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{440,95}{478,438} = 0,922$$

STŘEŠNÍ ZTUŽIDLO VYHOVUJE



Obr. 61: Obálka normálových sil v prutech ztužidla ve střešní rovině

- tažený prvek
- maximální osová síla (hodnota z obálky normálových sil)

$$N_{t,Ed} = 306,28 \text{ kN}$$

- posouzení

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4964 \cdot 355}{1,00} = 1762,22 \text{ kN}$$

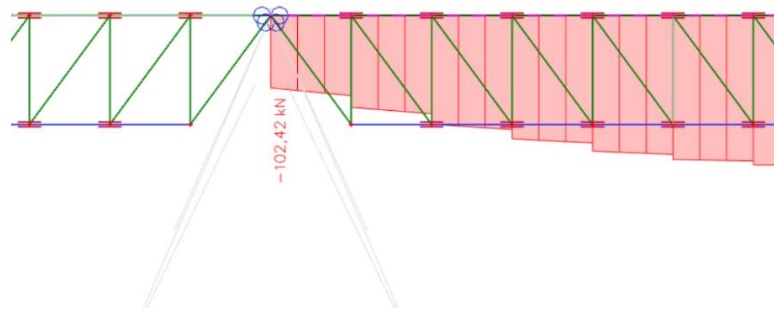
$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \frac{306,28}{1762,22} = 0,174$$

STĚNOVÉ ZTUŽIDLO VYHOVUJE

3. POSOUZENÍ VYBRANÝCH DETAILŮ KONSTRUKCE

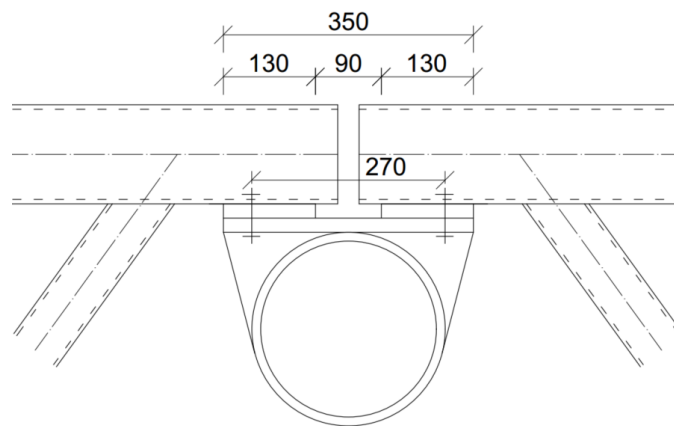
3.1. PŘIPOJENÍ VAZNICE K HORNÍMU PÁSU PŘÍČNÉ VAZBY

1D vnitřní síly
 Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS-Set B (auto)6
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: B29834

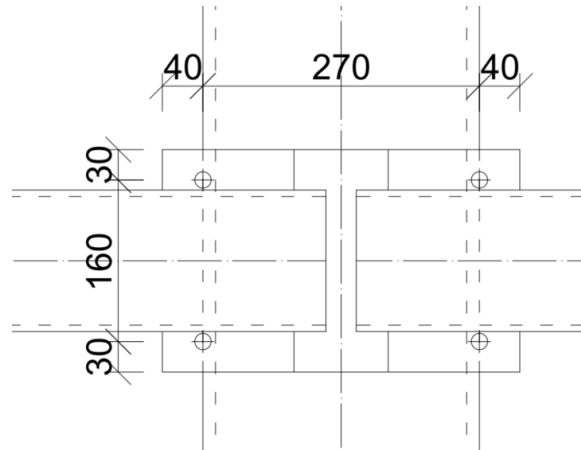


Obr. 62: Normálová síla v připojovaném pásu vaznice (kombinace 6)

Vaznice jsou připojeny za horní pás pomocí přivařeného plechu, který je přišroubován čtveřicí šroubů k plechu přivařenému na horním líci horního pásu příčné vazby.



Obr. 63: Schéma připojení vaznice k příčné vazbě



Obr. 64: Schéma připojení vaznice k příčné vazbě

- návrhová síla

$$N_{Ed} = 102,42 \text{ kN}$$

- použité plechy

PLECH 10 S235	
f_y	= 235 MPa
f_u	= 360 MPa
t	= 10 mm

- použité šrouby

ŠROUB M16 8.8	
f_u	= 800 MPa
A_s	= 157 mm ²
d	= 16 mm
d_0	= 18 mm

- geometrie šroubů

$$e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$e_2 = 30 \text{ mm}$$

$$p_2 = 160 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ ŠROUBŮ

- únosnost šroubu ve stříhu

1 střižná plocha

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} = 60,288 \text{ kN}$$

- únosnost šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_{ub} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{40}{3 \cdot 18}; \frac{800}{360}; 1\right) = 0,741$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{30}{18} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,741 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 85,33 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(60,288; 85,33) = 60,288 \text{ kN}$$

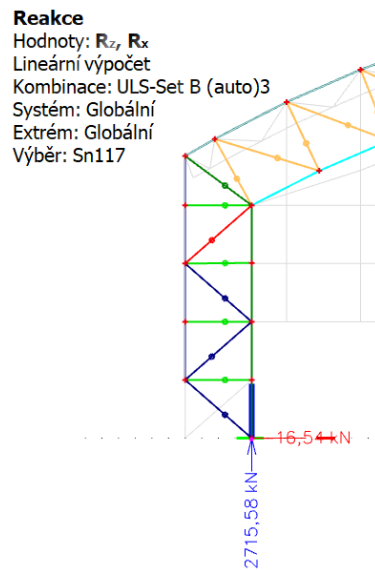
$$\frac{N_{Ed}}{n \cdot F_{Rd}} = \frac{102,42}{2 \cdot 60,288} = \frac{102,42}{120,576} = 0,84$$

ŠROUBY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ SVARŮ

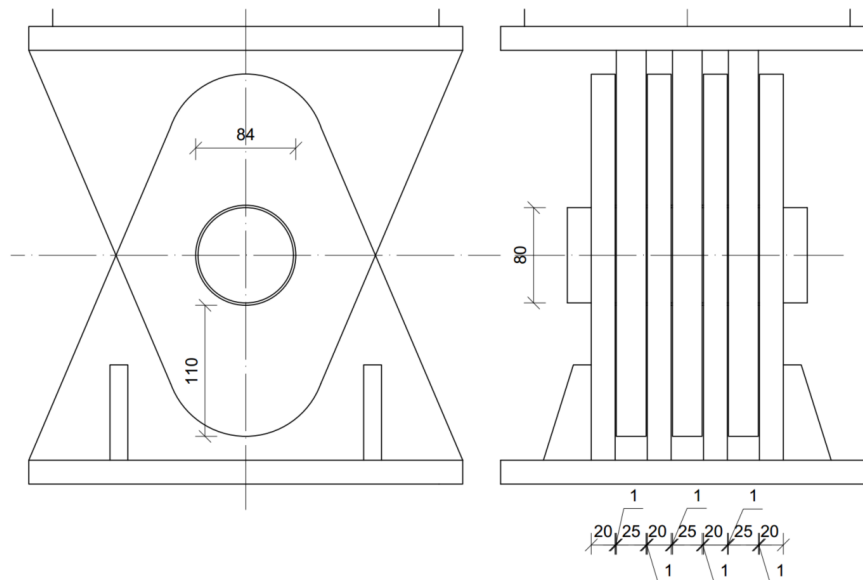
Plechý jsou přivařovány ke kruhovým průřezům pomocí vloženého prutu, který je oboustranně plně přivařen. Jeho únosnost není nutné dále posuzovat.

3.2. KLOBOVÉ ULOŽENÍ KRAJNÍHO SLOUPKU ŠTÍTOVÉ VAZBY



Obr. 65: Reakce podpory štítové vazby (kombinace 3)

Uložení sloupku štítové vazby je navrženo pomocí šestistřížného čepu, jehož plechy z oceli S355 jsou tlusté 20 mm a 25 mm. Velikost samotného čepu je 80 mm a je navržen také z oceli S355.



Obr. 66: Schéma čepového spoje

- návrhové síly

$$R_z = 2715,58 \text{ kN}$$

$$R_x = 16,5 \text{ kN}$$

- použité plechy

PLECH S355	
t = 20 mm	f _{y,p} = 355 MPa
t ₁ = 25 mm	f _{u,p} = 490 MPa

- vlastnosti čepu

ČEP S355	
d = 80 mm	f _{y,č} = 335 MPa
d ₀ = 84 mm	f _{u,č} = 470 MPa

- výsledná síla přenášená čepem

$$F_{v,Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{2715,58^2 + 16,5^2} = 2716 \text{ kN}$$

- návrh roztečí styčnickového plechu

$$a_{min} = \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_{y,p}} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{2716 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 75 \cdot 355} + \frac{2 \cdot 84}{3} = 106,99 \text{ mm} \rightarrow 110 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_{y,p}} + \frac{d_0}{3} = \frac{2716 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 75 \cdot 355} + \frac{84}{3} = 78,9 \text{ mm} \rightarrow 80 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ ČEPU

- únosnost čepu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \frac{f_{u,č}}{\gamma_{M2}} = 6 \cdot 0,6 \cdot \pi \cdot \frac{80^2}{4} \cdot \frac{470}{1,25} = 6804 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{2716}{6804} = 0,399$$

- únosnost čepu v ohybu

$$M_{Rd} = 1,5 \cdot \pi \cdot \frac{d^3}{32} \cdot \frac{f_{y,\check{c}}}{\gamma_{M2}} = 1,5 \cdot \pi \cdot \frac{80^3}{32} \cdot \frac{335}{1,25} = 20,207 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{v,Ed}}{4} \left(\frac{3t}{2} + \frac{3t_1}{2} + 3 \cdot b \right) - \frac{F_{v,Ed}}{3} (t + t_1 + 2b) + \frac{F_{v,Ed}}{4} \left(\frac{t}{2} + \frac{t_1}{2} + b \right) - \frac{F_{v,Ed}}{3 \cdot t_1} \cdot \frac{t_1}{2} \cdot \frac{t_1}{4}$$

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= \frac{F_{v,Ed}(9t + 9t_1 + 18b - 8t - 8t_1 - 16b + 3t + 3t_1 + 6b - t_1)}{24} \\ &= \frac{F_{v,Ed}}{24} (4t + 3t_1 + 8b) = \frac{2716}{24} (4 \cdot 20 + 3 \cdot 25 + 8 \cdot 1) = 18,44 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{18,44}{20,207} = 0,91$$

- posouzení kombinace ohybu a smyku

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 = \left(\frac{18,44}{20,207} \right)^2 + \left(\frac{2716}{6804} \right)^2 = 0,98$$

- otláčení desky a čepu

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot d \cdot t_{otl} \cdot f_{y,otl}}{\gamma_{M0}}$$

$$t_{otl} = \min \left(\left(\frac{n}{2} + 1 \right) t; \left(\frac{n}{2} \right) t_1 \right) = \min(80; 75) = 75 \text{ mm}$$

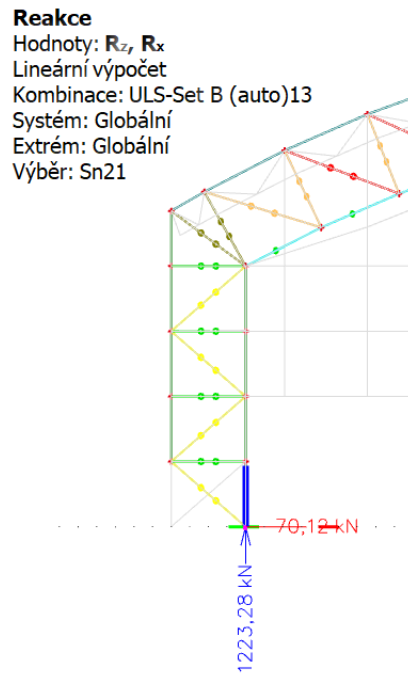
$$f_{y,otl} = \min(f_{y,t}; f_{y,\check{c}}) = \min(355; 335) = 335 \text{ MPa}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot 80 \cdot 75 \cdot 335}{1,0} = 3015 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{2716}{3015} = 0,901$$

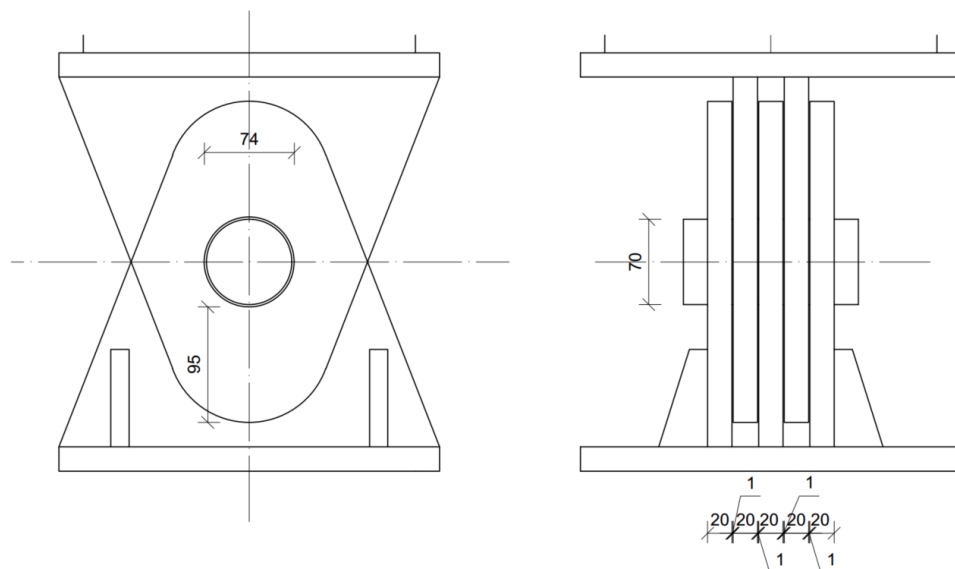
ČEP VYHOVUJE

3.3. KLOBOVÉ ULOŽENÍ KRAJNÍHO SLOUPKU TYPICKÉ VAZBY



Obr. 67: Reakce podpory typické vazby (kombinace 13)

Uložení sloupku typické vazby je navrženo pomocí čtyřstřížného čepu, jehož plechy z oceli S355 jsou tlusté 20 mm. Velikost samotného čepu je 70 mm a je navržen také z oceli S355.



Obr. 68: Schéma čepového spoje

- návrhové síly

$$R_z = 1223,28 \text{ kN}$$

$$R_x = 70,12 \text{ kN}$$

- použité plechy

PLECH S355	
t = 20 mm	f _{y,p} = 355 MPa
t ₁ = 20 mm	f _{u,p} = 490 MPa

- vlastnosti čepu

ČEP S355	
d = 70 mm	f _{y,č} = 335 MPa
d ₀ = 74 mm	f _{u,č} = 470 MPa

- výsledná síla přenášená čepem

$$F_{v,Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{1223,28^2 + 70,12^2} = 1225 \text{ kN}$$

- návrh roztečí styčnickového plechu

$$a_{min} = \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_{y,p}} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{1223,28 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 40 \cdot 355} + \frac{2 \cdot 74}{3} = 92,47 \text{ mm} \rightarrow 95 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_{y,p}} + \frac{d_0}{3} = \frac{1223,28 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 40 \cdot 355} + \frac{74}{3} = 67,8 \text{ mm} \rightarrow 70 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ ČEPU

- únosnost čepu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \frac{f_{u,č}}{\gamma_{M2}} = 4 \cdot 0,6 \cdot \pi \cdot \frac{70^2}{4} \cdot \frac{470}{1,25} = 3473 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{1225}{3473} = 0,392$$

- únosnost čepu v ohybu

$$M_{Rd} = 1,5 \cdot \pi \cdot \frac{d^3}{32} \cdot \frac{f_{y,\check{c}}}{\gamma_{M2}} = 1,5 \cdot \pi \cdot \frac{70^3}{32} \cdot \frac{335}{1,25} = 13,537 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{v,Ed}}{3} (t + t_1 + 2b) + \frac{F_{v,Ed}}{2} \left(\frac{t}{2} + \frac{t_1}{2} + b \right) - \frac{F_{v,Ed}}{3} \cdot \frac{t_1}{2} \cdot \frac{t_1}{4}$$

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= \frac{F_{v,Ed}(8t + 8t_1 + 16b - 6t - 6t_1 - 12b + t)}{24} = \frac{F_{v,Ed}}{24} (3t + 2t_1 + 4b) \\ &= \frac{1225}{24} (3 \cdot 20 + 2 \cdot 20 + 4 \cdot 1) = 5,31 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{5,31}{13,537} = 0,392$$

- posouzení kombinace ohybu a smyku

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 = \left(\frac{5,31}{13,537} \right)^2 + \left(\frac{1225}{3473} \right)^2 = 0,278$$

- otláčení desky a čepu

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot d \cdot t_{otl} \cdot f_{y,otl}}{\gamma_{M0}}$$

$$t_{otl} = \min \left(\left(\frac{n}{2} + 1 \right) t; \left(\frac{n}{2} \right) t_1 \right) = \min(60; 40) = 40 \text{ mm}$$

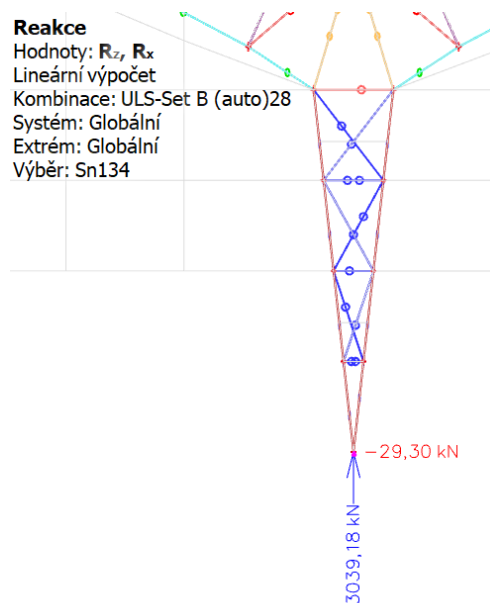
$$f_{y,otl} = \min(f_{y,t}; f_{y,\check{c}}) = \min(355; 335) = 335 \text{ MPa}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot 70 \cdot 40 \cdot 335}{1,0} = 1407 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{1223,28}{1407} = 0,871$$

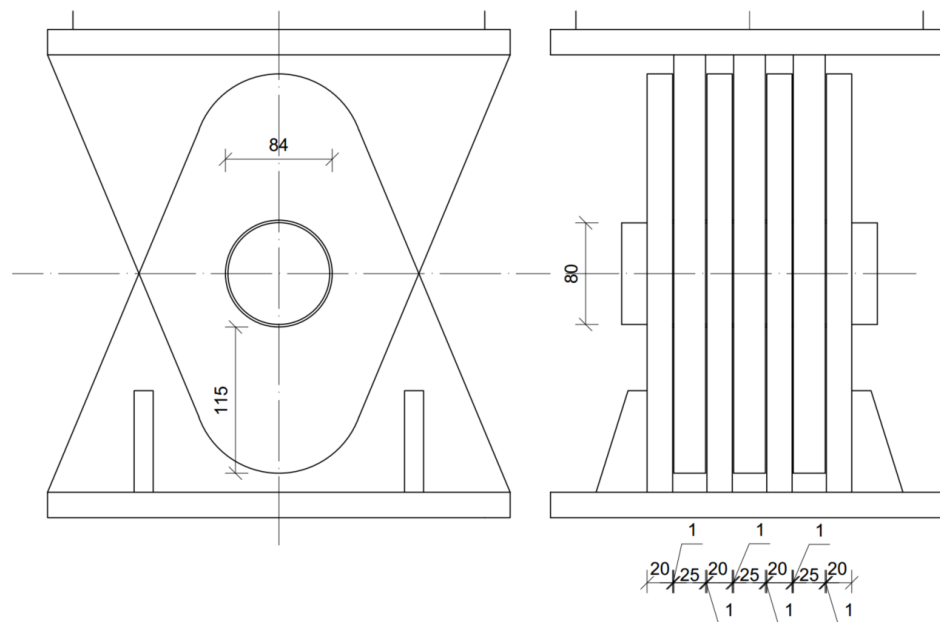
ČEP VYHOVUJE

3.4. KLOBOVÉ ULOŽENÍ STŘEDNÍHO SLOUPKU TYPICKÉ VAZBY



Obr. 69: Reakce podpory středního sloupku typické vazby (kombinace 28)

Uložení středního sloupku typické vazby je navrženo pomocí šestistřížného čepu, jehož plechy z S355 jsou tlusté 20 mm a 25 mm. Velikost samotného čepu je 80 mm a je navržen z oceli S460 N/NL.



Obr. 70: Schéma čepového spoje

- návrhové síly

$$R_z = 2715,58 \text{ kN}$$

$$R_x = 16,5 \text{ kN}$$

- použité plechy

PLECH S355	
t = 20 mm	f _{y,p} = 355 MPa
t ₁ = 25 mm	f _{u,p} = 490 MPa

- vlastnosti čepu

ČEP S460 N/NL	
d = 80 mm	f _{y,č} = 430 MPa
d ₀ = 84 mm	f _{u,č} = 540 MPa

- výsledná síla přenášená čepem

$$F_{v,Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{3039,18^2 + 29,3^2} = 3039,32 \text{ kN}$$

- návrh roztečí styčnickového plechu

$$a_{min} = \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_{y,p}} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{3039,32 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 75 \cdot 355} + \frac{2 \cdot 84}{3} = 113,07 \text{ mm} \rightarrow 115 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_{y,p}} + \frac{d_0}{3} = \frac{3039,32 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 75 \cdot 355} + \frac{84}{3} = 85,07 \text{ mm} \rightarrow 90 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ ČEPU

- únosnost čepu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \frac{f_{u,č}}{\gamma_{M2}} = 6 \cdot 0,6 \cdot \pi \cdot \frac{80^2}{4} \cdot \frac{540}{1,25} = 7817 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{3039,32}{7817} = 0,389$$

- únosnost čepu v ohybu

$$M_{Rd} = 1,5 \cdot \pi \cdot \frac{d^3}{32} \cdot \frac{f_{y,\check{c}}}{\gamma_{M2}} = 1,5 \cdot \pi \cdot \frac{80^3}{32} \cdot \frac{430}{1,25} = 25,937 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{v,Ed}}{4} \left(\frac{3t}{2} + \frac{3t_1}{2} + 3 \cdot b \right) - \frac{F_{v,Ed}}{3} (t + t_1 + 2b) + \frac{F_{v,Ed}}{4} \left(\frac{t}{2} + \frac{t_1}{2} + b \right) - \frac{F_{v,Ed}}{3 \cdot t_1} \cdot \frac{t_1}{2} \cdot \frac{t_1}{4}$$

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= \frac{F_{v,Ed}(9t + 9t_1 + 18b - 8t - 8t_1 - 16b + 3t + 3t_1 + 6b - t_1)}{24} \\ &= \frac{F_{v,Ed}}{24} (4t + 3t_1 + 8b) = \frac{3039,32}{24} (4 \cdot 20 + 3 \cdot 25 + 8 \cdot 1) \\ &= 20,642 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{20,642}{25,937} = 0,796$$

- posouzení kombinace ohybu a smyku

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 = \left(\frac{20,642}{25,937} \right)^2 + \left(\frac{3039,32}{7817} \right)^2 = 0,785$$

- otláčení desky a čepu

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot d \cdot t_{otl} \cdot f_{y,otl}}{\gamma_{M0}}$$

$$t_{otl} = \min \left(\left(\frac{n}{2} + 1 \right) t; \left(\frac{n}{2} \right) t_1 \right) = \min(80; 75) = 75 \text{ mm}$$

$$f_{y,otl} = \min(f_{y,t}; f_{y,\check{c}}) = \min(355; 430) = 355 \text{ MPa}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot 80 \cdot 75 \cdot 355}{1,0} = 3195 \text{ kN}$$

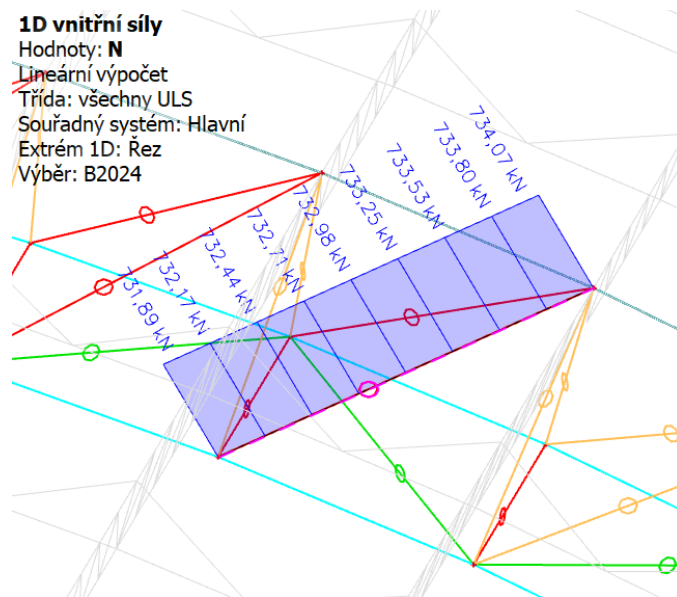
$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{3039,32}{3195} = 0,9$$

ČEP VYHOVUJE

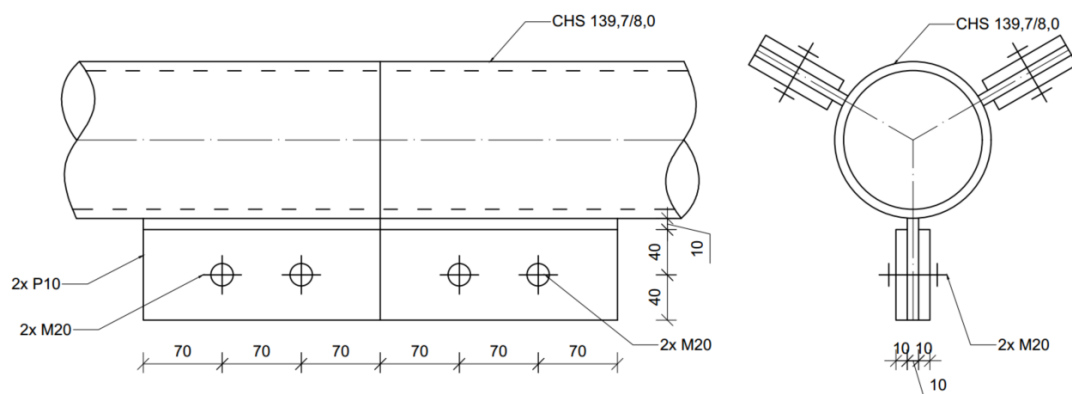
3.5. MONTÁŽNÍ SPOJ DIAGONÁL V PROSTOROVÉ PŘÍHRADOVÉ PŘÍČLI

Pro provedení stavby je uvažován postup zhotovení střední sekce jednotlivých příčných vazeb s přesahem do příčlí, které budou montážně spojeny se zbytkem konstrukce. V rámci posouzení styků je vybráno pole, ve kterém dojde k přerušení konstrukce a je posouzeno spojení tažené diagonály a jednoho z prutů spodní pásnice. Spojení je provedeno příložkovým stykem s křídélky.

3.5.1. TAŽENÁ DIAGONÁLA



Obr. 71: Normálová síla ve spojované diagonále



Obr. 72: Schéma přeložkového styku

- řešený průřez: CHS 139,7/8,0
- probíhající síla

$$N_{Ed} = 732,98 \text{ kN}$$

- síla působící na jedno křídélko

$$N_{Ed,1} = \frac{N_{Ed}}{3} = \frac{732,98}{3} = 244,327 \text{ kN}$$

- použité plechy

PLECH 10 S355	
f_y	= 355 MPa
f_u	= 490 MPa
t	= 10 mm

- použité šrouby

ŠROUB M20 8.8	
f_u	= 800 MPa
A_s	= 245 mm ²
d	= 20 mm
d_0	= 22 mm

- geometrie šroubů

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

$$e_2 = 40 \text{ mm}$$

$$p_1 = 70 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ ŠROUBŮ

- únosnost šroubu ve stříhu

2 střížné plochy

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 188,16 \text{ kN}$$

- únosnost šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{70}{3 \cdot 22}; \frac{800}{490}; 1\right) = 1$$

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

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} = 196 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(188,16; 196) = 188,16 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{n \cdot F_{Rd}} = \frac{244,327}{2 \cdot 188,16} = 0,649$$

ŠROUBY VYHOVUJÍ

NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍLOŽEK

2x 10x80 mm pro každé křídélko

- plná plocha příložek

$$A = 2 \cdot h \cdot t = 2 \cdot 80 \cdot 10 = 1600 \text{ mm}^2$$

- oslabená plocha příložek

$$A_{net} = 2 \cdot (h - d_0) \cdot t = 2 \cdot (80 - 22) \cdot 10 = 1160 \text{ mm}^2$$

- únosnost příložek v plném průřezu

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1600 \cdot 355}{1,0} = 568 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{N_{t,Rd}} = \frac{244,327}{568} = 0,43$$

- únosnost příložek v plném průřezu

$$N_{net,t,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1160 \cdot 355}{1,0} = 411,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{N_{net,t.Rd}} = \frac{244,327}{411,8} = 0,593$$

PŘÍLOŽKY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ SVARU

Křídélka jsou přivařena oboustranným koutovým svarem.

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

- smykové napětí ve směru svaru

$$\tau_{ll} = \frac{N_{1,d}}{2 \cdot a_w \cdot L} = \frac{244,327 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 210} = 145,433 \text{ MPa}$$

- napětí kolmé na svar

$$W_w = \frac{2 \cdot a_w \cdot L^2}{6} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 210^2}{6} = 5,88 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_{1,d} \cdot e}{W_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{244,327 \cdot 10^3 \cdot 50}{5,88 \cdot 10^4} = 146,99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

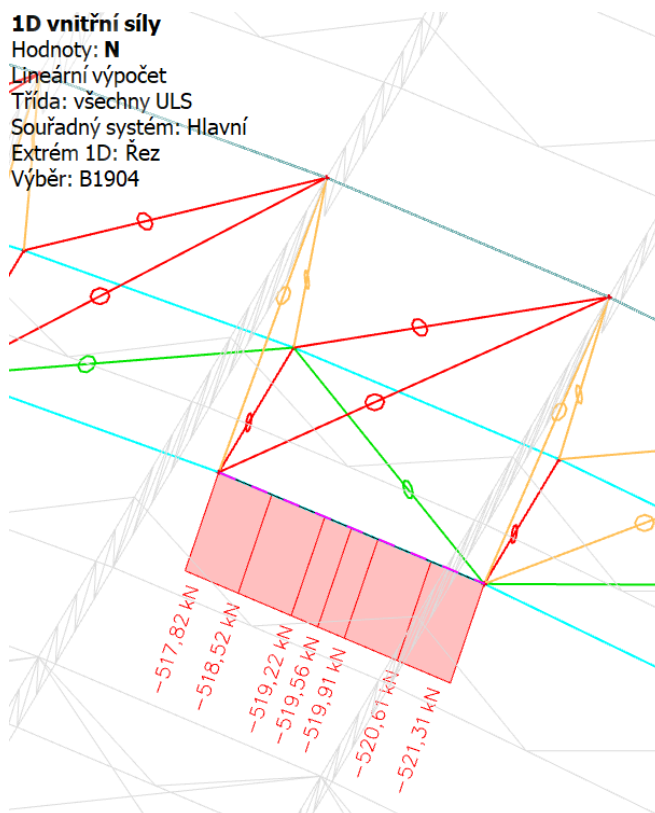
$$149,99 \leq 352,8$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{ll}^2)} = \sqrt{146,99^2 + 3(146,99^2 + 145,43^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

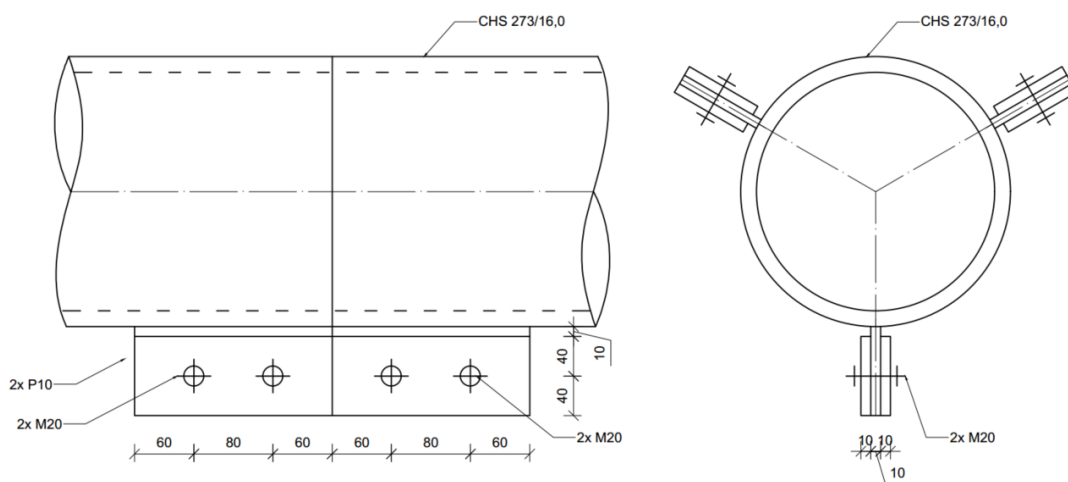
$$387,015 \leq 435,556$$

SVAR VYHOVUJE

3.5.2. SPODNÍ PÁS



Obr. 73: Obálka normálových sil ve spojovaném prutu



Obr. 74: Schéma příložkového styku

- řešený průřez: CHS 273/16
- probíhající síla

$$N_{Ed} = 519,22 \text{ kN}$$

- síla působící na jedno křídélko

$$N_{Ed,1} = \frac{N_{Ed}}{3} = \frac{519,22}{3} = 173,073 \text{ kN}$$

- použité plechy

PLECH 10 S355	
f_y	= 355 MPa
f_u	= 490 MPa
t	= 10 mm

- použité šrouby

ŠROUB M20 8.8	
f_u	= 800 MPa
A_s	= 245 mm ²
d	= 20 mm
d_0	= 22 mm

- geometrie šroubů

$$e_1 = 60 \text{ mm}$$

$$e_2 = 40 \text{ mm}$$

$$p_1 = 80 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ ŠROUBŮ

- únosnost šroubu ve stříhu

2 střížné plochy

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 188,16 \text{ kN}$$

- únosnost šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{60}{3 \cdot 22}; \frac{800}{490}; 1\right) = 0,909$$

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

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,909 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} = 178,182 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(188,16; 178,182) = 178,182 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{n \cdot F_{Rd}} = \frac{173,073}{2 \cdot 178,182} = 0,486$$

ŠROUBY VYHOVUJÍ

NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍLOŽEK

2x 10x80 mm pro každé křídélko

- plná plocha příložek

$$A = 2 \cdot h \cdot t = 2 \cdot 80 \cdot 10 = 1600 \text{ mm}^2$$

- oslabená plocha příložek

$$A_{net} = 2 \cdot (h - d_0) \cdot t = 2 \cdot (80 - 22) \cdot 10 = 1160 \text{ mm}^2$$

- únosnost příložek v plném průřezu

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1600 \cdot 355}{1,0} = 568 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{N_{t,Rd}} = \frac{173,073}{568} = 0,305$$

- únosnost příložek v plném průřezu

$$N_{net,t,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1160 \cdot 355}{1,0} = 411,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{N_{net,t.Rd}} = \frac{173,073}{411,8} = 0,42$$

PŘÍLOŽKY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ SVARU

Křídélka jsou přivařena oboustranným koutovým svarem.

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

- smykové napětí ve směru svaru

$$\tau_{ll} = \frac{N_{1,d}}{2 \cdot a_w \cdot L} = \frac{173,073 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 200} = 108,171 \text{ MPa}$$

- napětí kolmé na svar

$$W_w = \frac{2 \cdot a_w \cdot L^2}{6} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 200^2}{6} = 5,333 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_{1,d} \cdot e}{W_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{173,073 \cdot 10^3 \cdot 50}{5,33 \cdot 10^4} = 114,732 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

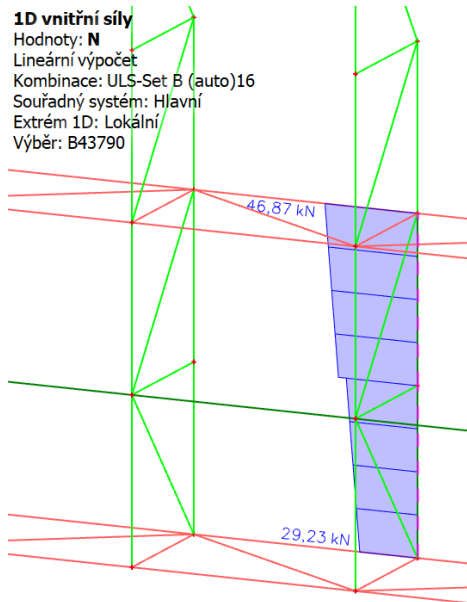
$$114,732 \leq 352,8$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{ll}^2)} = \sqrt{114,732^2 + 3(114,732^2 + 108,171^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$296,238 \leq 435,556$$

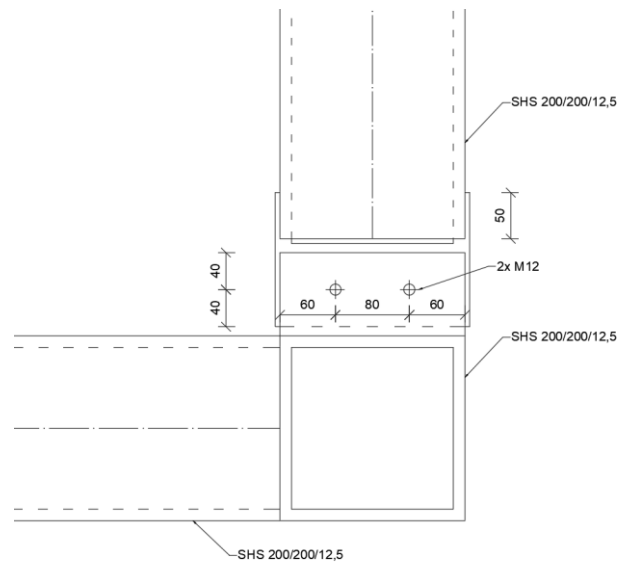
SVAR VYHOVUJE

3.6. PŘIPOJ SVISLÉ PŘÍHRADY K VODOROVNÉ PŘÍHRAHDOVÉ KONSTRUKCI ŠTÍTOVÉ STĚNY



Obr. 75: Normálová síla v prutu příhrady (kombinace 16)

Příhrada je připojena pomocí plechu přivařenému k zadnímu pasu vodorovné příhradě, který je přišroubován dvěma šrouby M12.



Obr. 76: Schéma spojení prutů

- návrhová síla

$$N_{Ed} = 29,23 \text{ kN}$$

- použité plechy

PLECH 10 S235	
f_y	= 235 MPa
f_u	= 360 MPa
t	= 10 mm

- použité šrouby

ŠROUB M12 5.6	
f_u	= 500 MPa
A_s	= 84,3 mm ²
d	= 12 mm
d_0	= 13 mm

- geometrie šroubů

$$e_1 = 60 \text{ mm}$$

$$e_2 = 40 \text{ mm}$$

$$p_2 = 80 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ ŠROUBŮ

- únosnost šroubu ve stříhu

1 střížná plocha

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 84,3}{1,25} = 20,232 \text{ kN}$$

- únosnost šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{60}{3 \cdot 13}; \frac{500}{360}; 1\right) = 1$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{40}{13} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 10}{1,25} = 86,4 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(20,232; 86,4) = 20,232 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{n \cdot F_{Rd}} = \frac{29,23}{2 \cdot 20,232} = \frac{29,23}{40,464} = 0,72$$

ŠROUBY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ SVARU NA VODOROVNÉ PŘÍHRADĚ

Plech je přivařen oboustranným koutovým svarem.

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

- napětí kolmé na svar

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot L_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{29,23 \cdot 10^3}{4 \cdot 400} = 12,918 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25}$$

$$12,918 \leq 259,2$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{12,918^2 + 3(12,918^2 + 0)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$25,836 \leq 320$$

SVAR VYHOVUJE

POSOUZENÍ SVARU NA SVISLÉ PŘÍHRADĚ

Plech je přivařen do zářezu o délce 50 mm oboustranným koutovým svarem.

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

- smykové napětí ve směru svaru

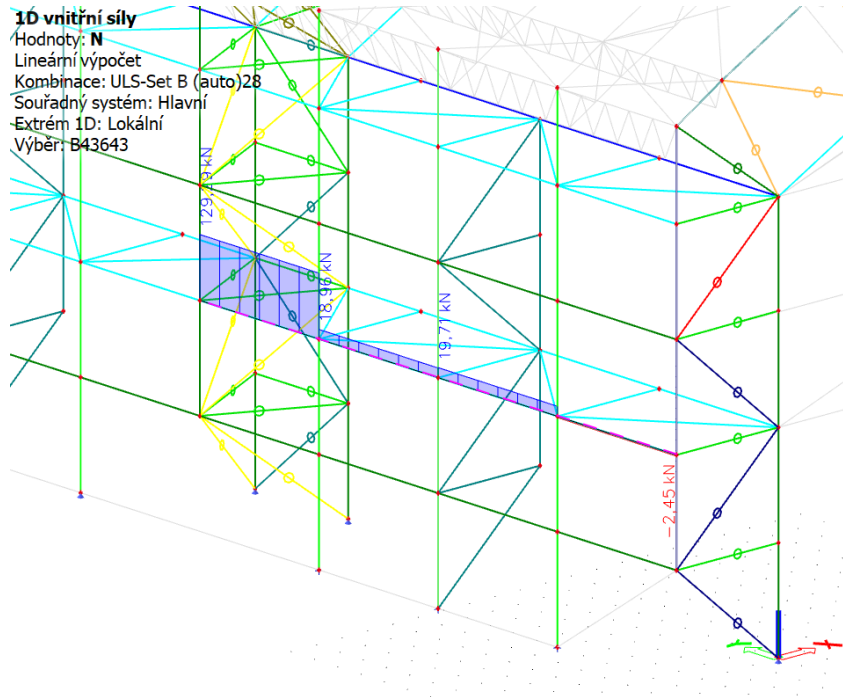
$$\tau_{II} = \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot L} = \frac{29,23 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 200} = 36,538 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,9 \cdot 1,25}$$

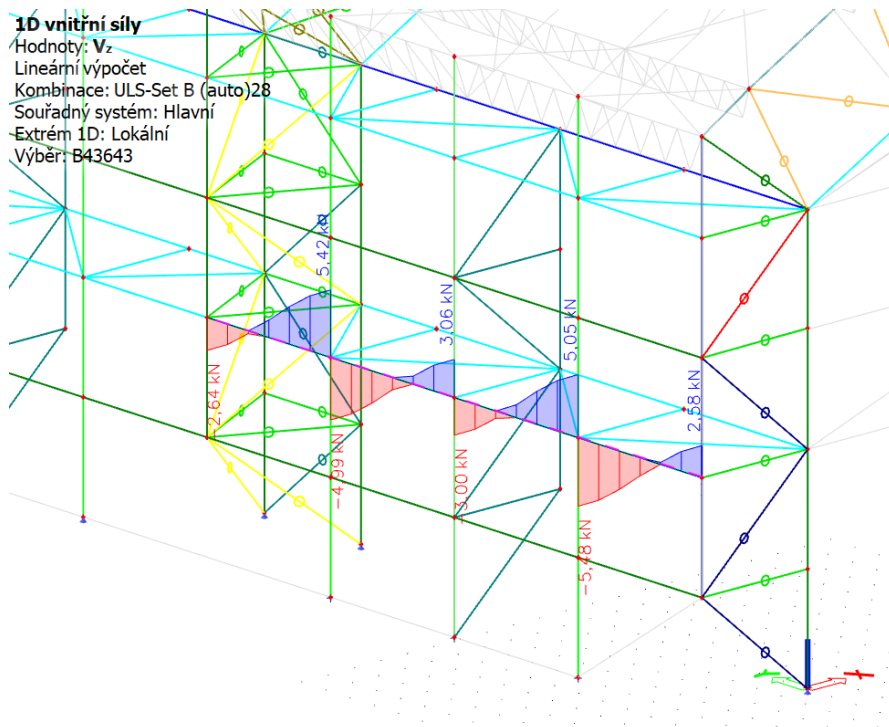
$$36,538 \leq 320$$

SVAR VYHOVUJE

3.7. PŘÍPOJ VODOROVNÉ PŘÍHRADY BOČNÍ STĚNY K SLOUPU

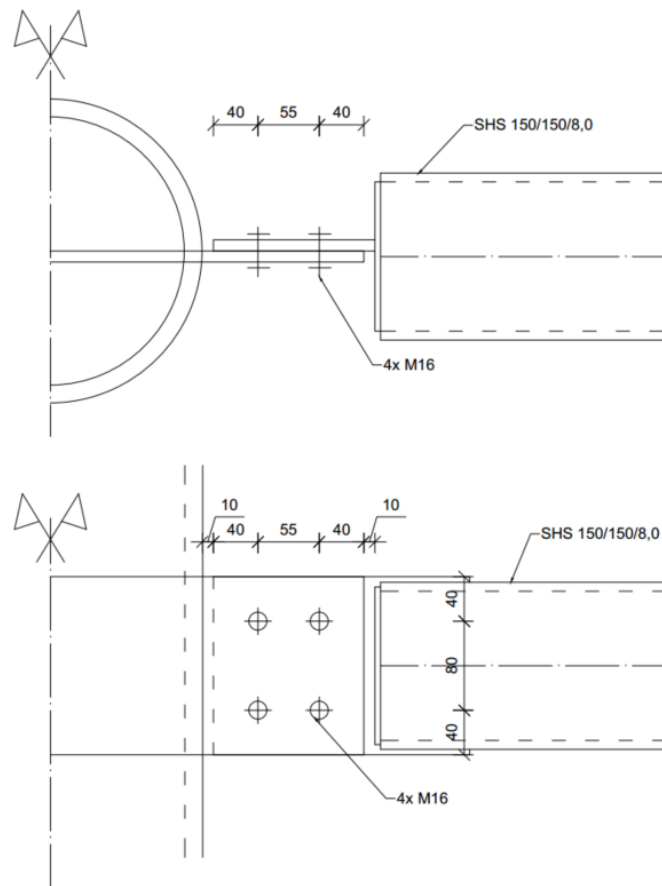


Obr. 77: Normálová síla v prutu (kombinace 28)



Obr. 78: Posouvající síla v prutu (kombinace 28)

Příhrada je připojena ke sloupku pomocí žiletky přivařené k prutu sloupu. K té je přišroubován plech přivařený do zářezu v pásu příhrady.



Obr. 79: Schéma připojení prutu ke sloupku

- návrhové síly

$$N_{Ed} = 102,15 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 1,36 \text{ kN}$$

- použité plechy

PLECH 10 S235	
f_y	= 235 MPa
f_u	= 360 MPa
t	= 10 mm

- použité šrouby

ŠROUB M16 5.6	
f_u	= 500 MPa
A_s	= 157 mm ²
d	= 16 mm
d_0	= 18 mm

- geometrie šroubů

$$e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$e_2 = 40 \text{ mm}$$

$$p_1 = 55 \text{ mm}$$

$$p_2 = 80 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ ŠROUBŮ

- únosnost šroubu ve stříhu

1 střížná plocha

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

- únosnost šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{40}{3 \cdot 18}; \frac{500}{360}; 1\right) = 0,741$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{40}{18} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,741 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 85,333 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(37,68; 85,333) = 37,68 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{n \cdot F_{Rd}} = \frac{102,15}{4 \cdot 37,68} = \frac{102,15}{150,72} = 0,677$$

ŠROUBY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ SVARU NA VODOROVNÉ PŘÍHRADĚ

Plech je přivařen do zářezu o délce 50 mm oboustranným koutovým svarem.

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

- smykové napětí ve směru svaru

$$\tau_{ll} = \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot L} = \frac{102,15 \cdot 10^3}{4 \cdot 200} = 127,688 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ll} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$127,688 \leq 320$$

SVAR VYHOVUJE

POSOUZENÍ SVARU NA SLOUPKU

Plech je přivařen oboustranným koutovým svarem.

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

- napětí kolmé na svar

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot L_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{102,15 \cdot 10^3}{4 \cdot 320} = 56,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25}$$

$$56,43 \leq 259,2$$

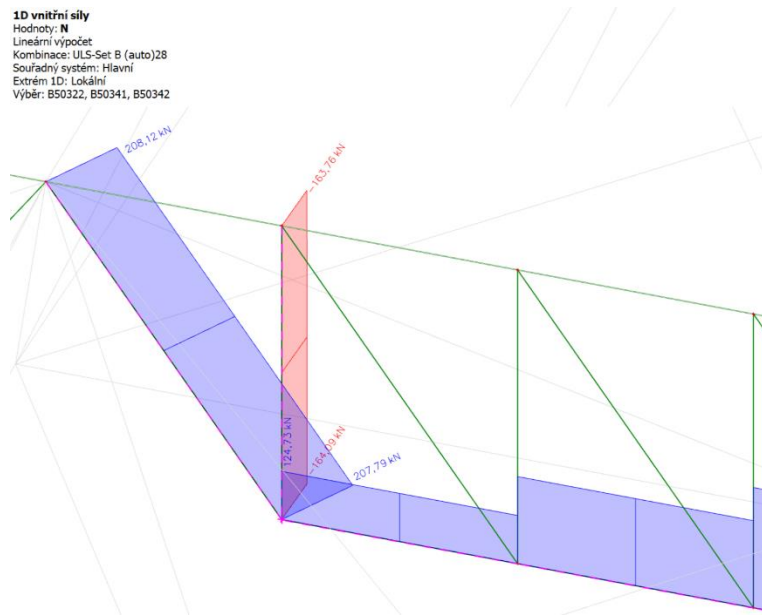
$$\tau_{ll} = \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot L} = \frac{1,36 \cdot 10^3}{4 \cdot 320} = 1,063 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{ll}^2)} = \sqrt{56,43^2 + 3(56,43^2 + 1,063^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$112,876 \leq 320$$

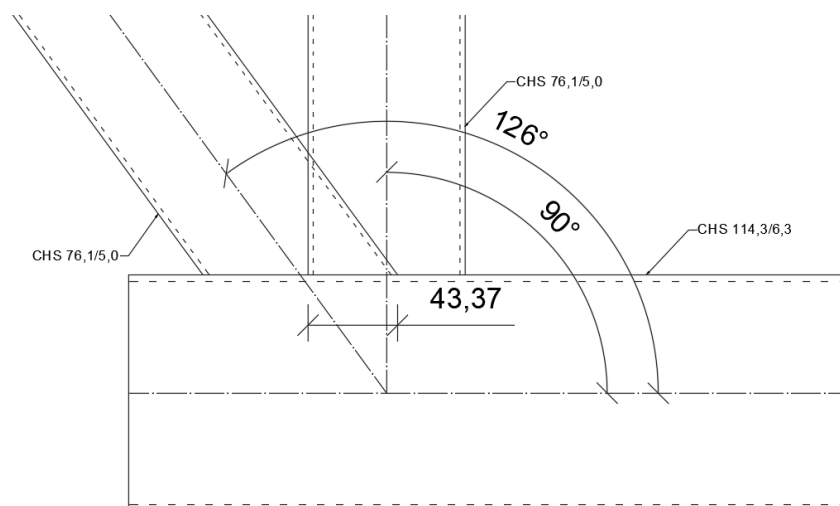
SVAR VYHOVUJE

5.8. SVAŘOVANÝ SPOJ DIAGONÁLY VAZNICE



Obr. 80: Normálové síly v prutech vaznice (kombinace 28)

- propojované prvky
 - DOLNÍ PÁS – CHS 114,3/6,3 S355
 - DIAGONÁLY – CHS 76,1/5,0 S355



Obr. 81: Geometrie připojovaných diagonál vaznice

POSOUZENÍ SVARU

Pruty jsou připojovány koutovým svarem kolem diagonál

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

- délka svaru

$$l_w = 350 \text{ mm}$$

- návrhová pevnost svaru

$$f_{wd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,556 \text{ MPa}$$

- působící síly na svar

$$F_1 = 164,09 \text{ kN}$$

$$F_2 = 207,79 \text{ kN} \cdot \cos 54^\circ = 122,136 \text{ kN}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{F_1}{a_w \cdot l_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{164,09 \cdot 10^3}{4 \cdot 350} = 117,185 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_2}{a_w \cdot l_w} = \frac{122,136 \cdot 10^3}{4 \cdot 350} = 87,24 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{117,185^2 + 3(117,185^2 + 87,24^2)} \leq f_{wd}$$

$$278,857 \leq 435,556$$

SVAR VYHOVUJE

POSOUZENÍ OSOVÉ ÚNOSNOSTI STYČNÍKU

pás - CHS 114,3/6,3	
$N_{p.Ed} = 124,7 \text{ kN}$	$d_0 = 114,3 \text{ mm}$
$N_{o.Ed} = 0 \text{ kN}$	$t_0 = 6,3 \text{ mm}$
	$A_0 = 2132 \text{ mm}^2$

diagonála 1 - 76,1/5,0	
$N_1 = 164,05 \text{ kN}$	$d_1 = 76,1 \text{ mm}$
	$t_1 = 5 \text{ mm}$
	$\alpha_1 = 90^\circ$

diagonála 2 - 76,1/5,0	
$N_2 = 207,79 \text{ kN}$	$d_2 = 76,1 \text{ mm}$
	$t_2 = 5 \text{ mm}$
	$\alpha_2 = 54^\circ$

- porušení povrchu pásu

$$N_{1,Rd,a} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y,0} \cdot t_0^2}{\sin \alpha_1} \cdot \frac{\left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_1}{d_0}\right)}{\gamma_{M2}}$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{114,3}{2 \cdot 6,3} = 9,071$$

$$k_g = \gamma^{0,2} \cdot \left(\frac{1 + 0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp\left(0,5 \cdot \frac{\gamma}{t_0} - 1,33\right)} \right) = 9,071^{0,2} \cdot \left(\frac{1 + 0,024 \cdot 9,071^{1,2}}{1 + \exp\left(0,5 \cdot \frac{-86,73}{6,3} - 1,33\right)} \right)$$

$$= 2,06$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_0} = \frac{124,7 \cdot 10^3}{2132} = 58,49 \text{ MPa}$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}}{f_{y,0} \cdot \gamma_{M5}} = \frac{58,49}{355 \cdot 1} = 0,165$$

$$k_p = 1 - 0,3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,165 \cdot (1 + 0,165) = 0,942$$

$$N_{1,Rd,a} = \frac{2,06 \cdot 0,942 \cdot 355 \cdot 6,3^2}{\sin(90)} \cdot \frac{\left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{76,1}{114,3}\right)}{1,0} = 234,895 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd,a} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \cdot N_{1,Rd,a} = \frac{\sin(90)}{\sin(54)} \cdot 234,895 = 290,346 \text{ kN}$$

- porušení prolomení smykem

$$N_{1,Rd,b} = \frac{f_{y,0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin\alpha_1}{2 \cdot \sin^2\alpha_1} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 6,3 \cdot \pi \cdot 76,1 \cdot \frac{1 + \sin(90)}{2 \cdot \sin^2(90)} = 308,704 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd,b} = \frac{f_{y,0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \frac{1 + \sin\alpha_2}{2 \cdot \sin^2\alpha_2} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 6,3 \cdot \pi \cdot 76,1 \cdot \frac{1 + \sin(54)}{2 \cdot \sin^2(54)} = 426,619 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = \min(N_{1,Rd,a}; N_{1,Rd,b}) = \min(234,895; 308,704) = 234,895 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = \min(N_{2,Rd,a}; N_{2,Rd,b}) = \min(290,346; 426,619) = 290,346 \text{ kN}$$

$$\frac{N_1}{N_{1,Rd}} = \frac{164,05}{234,895} = 0,698$$

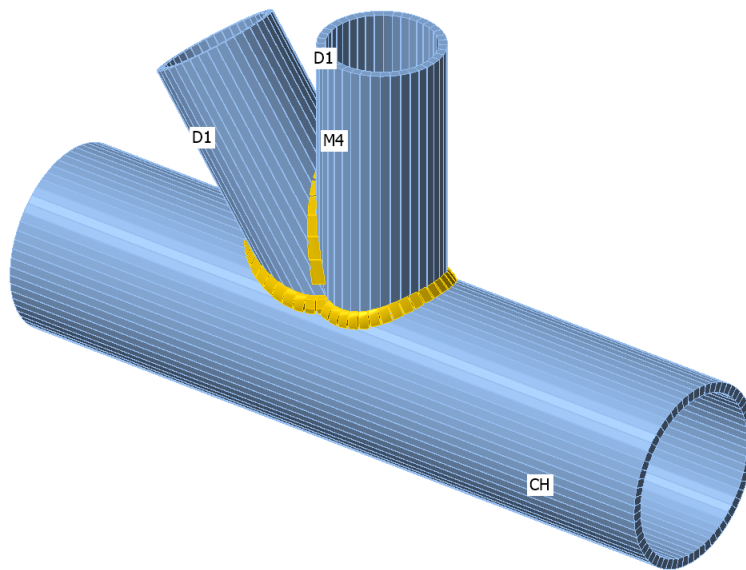
$$\frac{N_2}{N_{2,Rd}} = \frac{207,79}{290,346} = 0,716$$

STYK VYHOVUJE

5.9. SVAŘOVANÝ SPOJ DIAGONÁLY VAZNICE (CBFEM)

Další posouzení styků je provedeno pomocí softwaru IDEA STATICA metodou CBFEM (Component-based Finite Element Method). Pro porovnání je porovnán styk diagonály vyšetřovaný v 5.8. znovu touto metodou.

- geometrie styčnicku a zatížení



Obr. 82: Vizualizace styčnicku

Nosníky a sloupy

Název	Průřez	β – Směr [°]	γ – Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Odsazení ex [mm]	Odsazení ey [mm]	Odsazení ez [mm]	Sily v
CH	1 - CHS114.3/6.3	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Uzel
D1	2 - CHS76.1/5.0	0,0	-54,0	0,0	0	0	0	Uzel
M4	2 - CHS76.1/5.0	0,0	-90,0	0,0	0	0	0	Uzel

Účinky zatížení (sily v rovnováze)

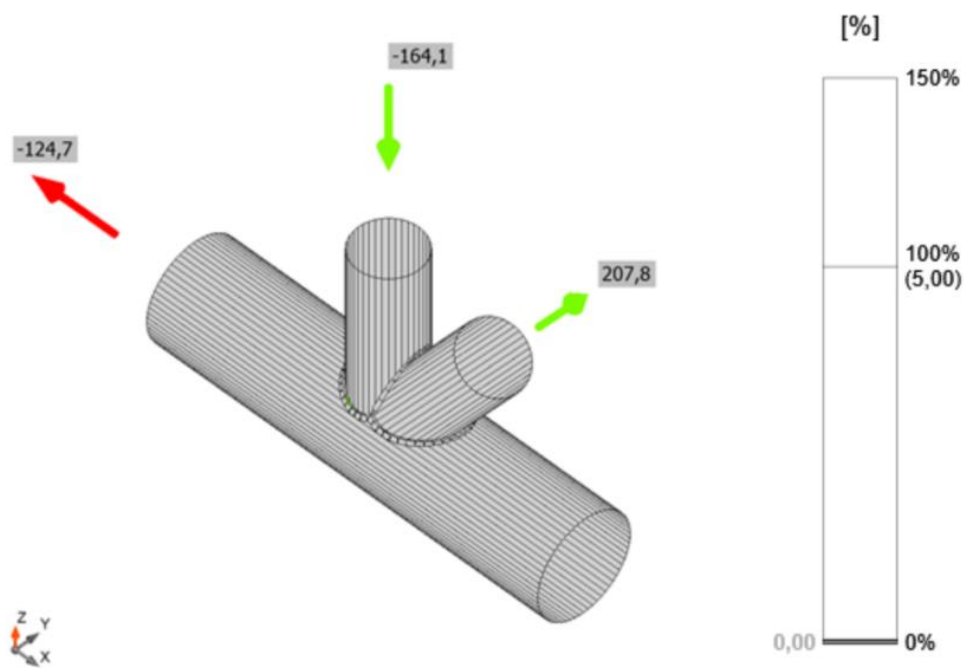
Název	Prvek	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	CH	-124,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	CH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D1	207,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M4	-164,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

POSOUZENÍ**Plechý**

Název	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Status
CH	6,3	LE2	338,6	0,0	0,0	OK
D1	5,0	LE2	299,2	0,0	0,0	OK
M4	5,0	LE2	276,2	0,0	0,0	OK

Svary (Plastická redistribuce)

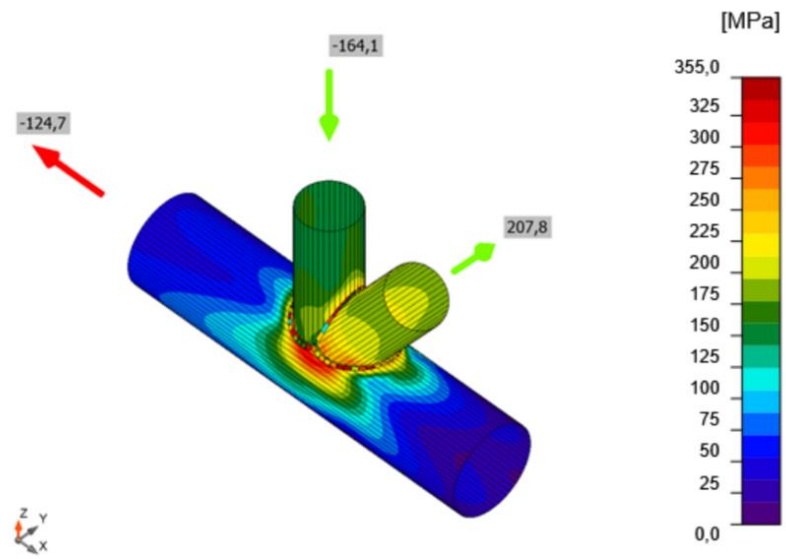
Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	$T_{ }$ [MPa]	T_{\perp} [MPa]	U_t [%]	$U_{t,c}$ [%]	Status
CH-arc 11	D1	4,0	240	LE2	376,2	0,0	67,8	-199,2	-77,4	86,4	49,4	OK
CH-arc 21	M4	4,0	130	LE2	364,8	0,0	-160,2	169,8	83,5	83,8	50,9	OK
D1-arc 11	M4	4,0	130	LE2	398,1	0,0	-62,7	-52,9	220,7	91,4	58,7	OK



Obr. 83: Posouzení přetvoření

Dle ČSN 1993-1-5 přílohy C článku C.8 poznámky 1 lze uvažovat mezní hodnotu přetvoření 5%. [5]

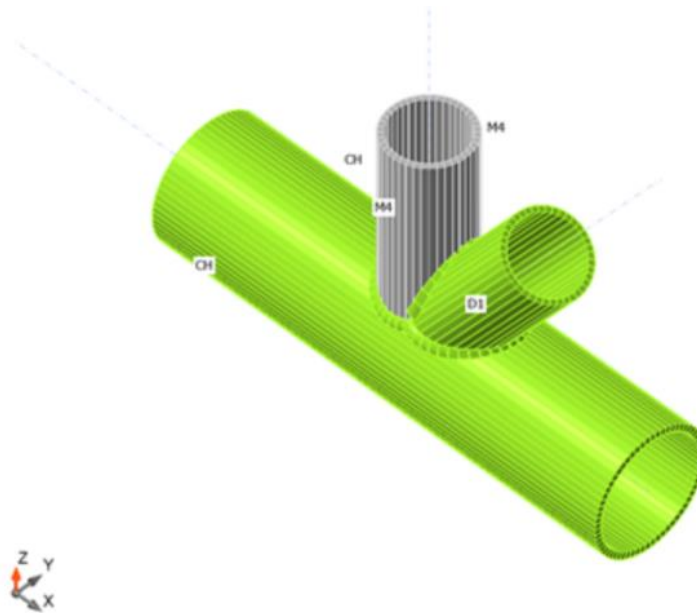
STYK VYHOVUJE



Obr. 84: Ekvivalentní napětí

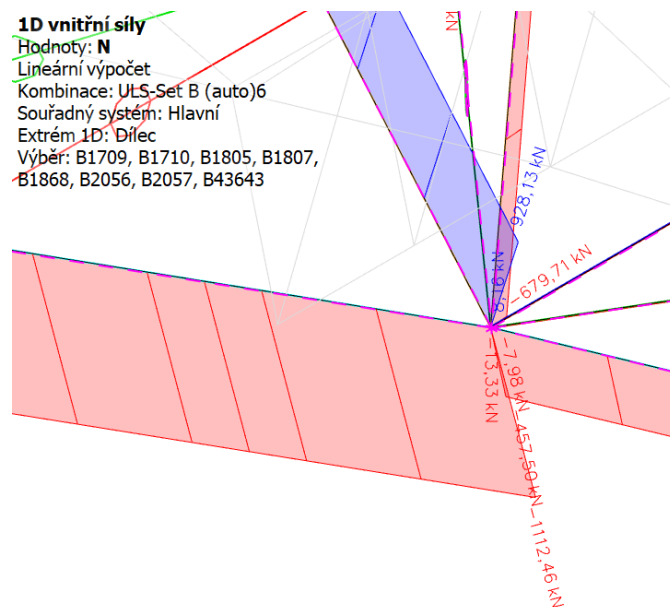
Souhrn

Název	Hodnota	Status
Výpočet	100,0%	OK
Plechy	0,0 < 5,0%	OK
Svary	91,4 < 100%	OK
Boulení	92,91	
GMNA	Spočteno	



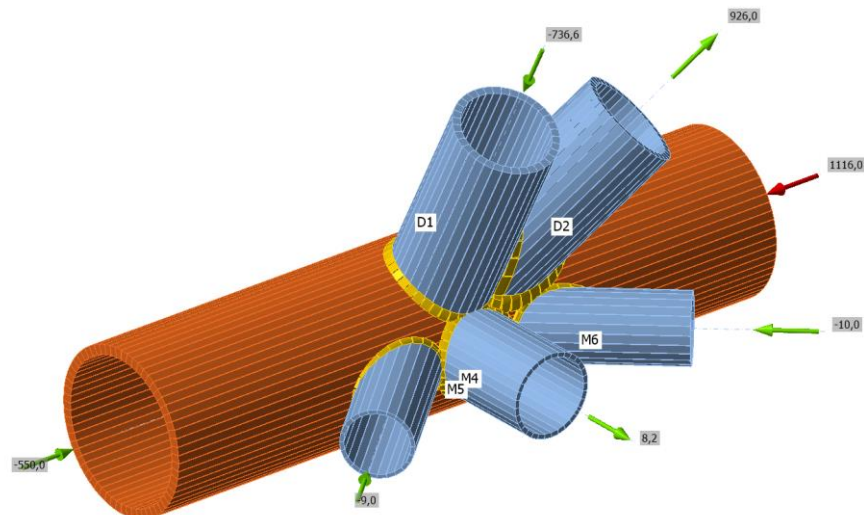
Obr. 85: Souhrnné posouzení prvků

5.9. SVAŘOVANÝ SPOJ DIAGONÁL PROSTOROVÉ PŘÍHRADOVÉ VAZBY (CBFEM)



Obr. 86: Normálová síla v prutech styčnicku (kombinace 6)

- geometrie styčnicku a zatížení



Obr. 87: Vizualizace styčnicku

Nosníky a sloupy

Název	Průřez	β – Směr [°]	γ – Sklon [°]	α – Pootočení [°]	Odsazení ex [mm]	Odsazení ey [mm]	Odsazení ez [mm]	Sily v
CH	1 - CHS273.0/16.0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Uzel
D1	4 - CHS168.3/12.5	90,0	-63,0	0,0	0	0	0	Uzel
D2	4 - CHS168.3/12.5	149,4	-45,0	0,0	0	0	0	Uzel
M4	2 - CHS139.7/8.0	90,0	0,0	0,0	0	0	0	Uzel
M5	3 - CHS114,3/6,3(CHS114,3/6.3)	42,0	0,0	0,0	0	0	0	Uzel
M6	3 - CHS114,3/6,3(CHS114,3/6.3)	138,0	0,0	0,0	0	0	0	Uzel

Účinky zatížení (síly v rovnováze)

Název	Prvek	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	CH	1116,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	CH	-550,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D1	-736,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D2	926,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M4	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M5	-9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M6	-10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

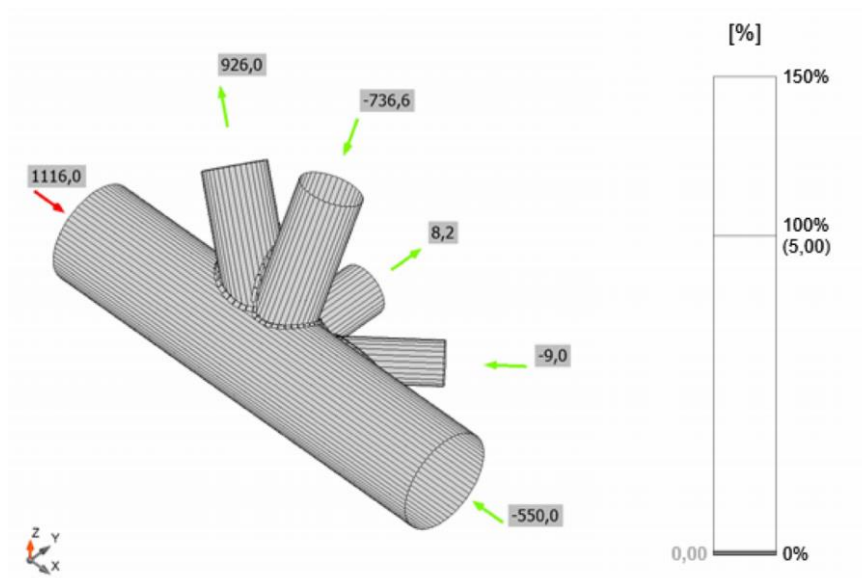
POSOUZENÍ

Plech

Název	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{cEd} [MPa]	Status
CH	16,0	LE2	282,9	0,0	0,0	OK
D1	12,5	LE2	252,8	0,0	0,0	OK
D2	12,5	LE2	280,0	0,0	0,0	OK
M4	8,0	LE2	111,1	0,0	0,0	OK
M5	6,3	LE2	42,6	0,0	0,0	OK
M6	6,3	LE2	137,9	0,0	0,0	OK

Svary (Plastická redistribuce)

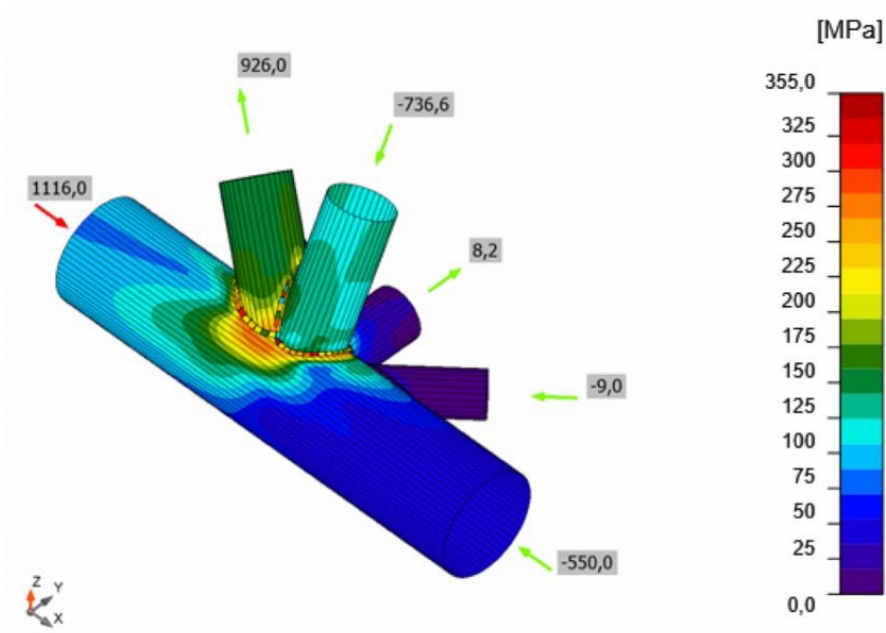
Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Status
D2-arc 11	D1	▲10,0	247	LE2	369,8	0,0	49,8	208,4	36,4	84,9	50,2	OK
CH-arc 6	D1	▲7,0	268	LE2	365,6	0,0	-209,8	135,8	107,1	83,9	59,0	OK
CH-arc 5	M5	▲4,0	383	LE2	54,1	0,0	1,0	-31,2	2,0	12,4	4,6	OK
CH-arc 6	D2	▲10,0	499	LE2	377,7	0,0	71,4	204,9	-62,4	86,7	41,5	OK
CH-arc 5	M4	▲6,0	389	LE2	222,8	0,0	94,0	63,1	-98,0	51,1	16,7	OK
CH-arc 5	M6	▲4,0	383	LE2	306,4	0,0	-43,3	171,9	33,4	70,4	18,7	OK



Obr. 88: Posouzení přetvoření

Dle ČSN 1993-1-5 přílohy C článku C.8 poznámky 1 lze uvažovat mezní hodnotu přetvoření 5%. [5]

STYK VYHOVUJE



Obr. 89: Ekvivalentní napětí

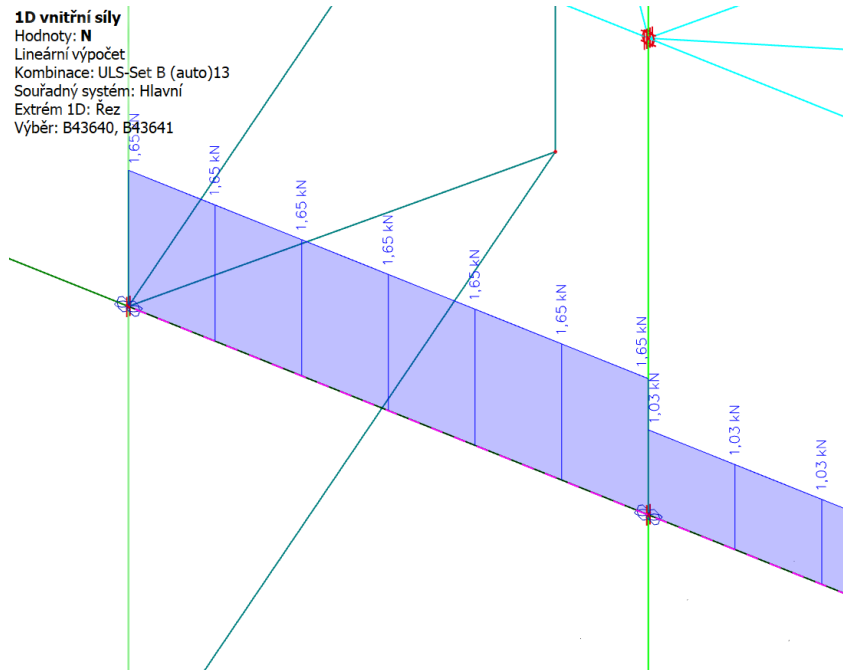
Souhrn

Název	Hodnota	Status
Výpočet	100,0%	OK
Plech	0,0 < 5,0%	OK
Svary	86,7 < 100%	OK
Boulení	123,29	
GMNA	Spočteno	

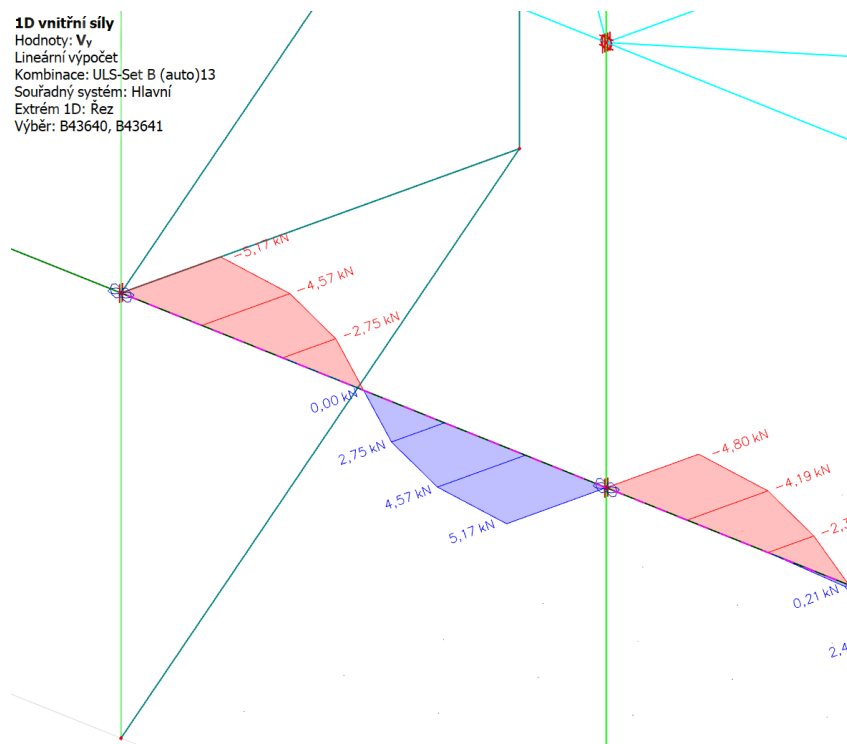


Obr. 90: Souhrnné posouzení prvků

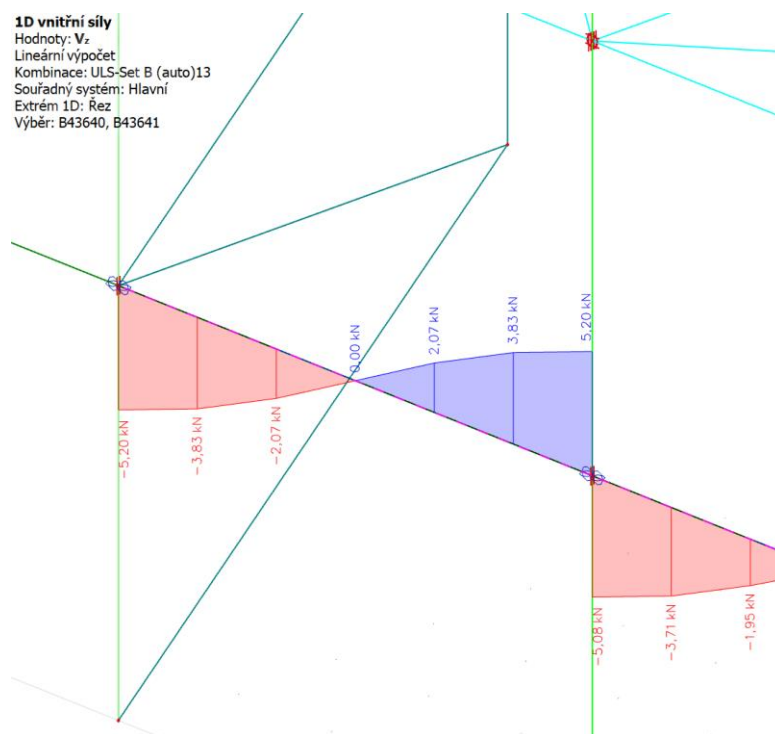
5.10. PŘIPOJENÍ PAŽDÍKU KE SLOUPKU BOČNÍ STĚNY (CBFEM)



Obr. 91: Normálová síla v paždíku (kombinace 13)

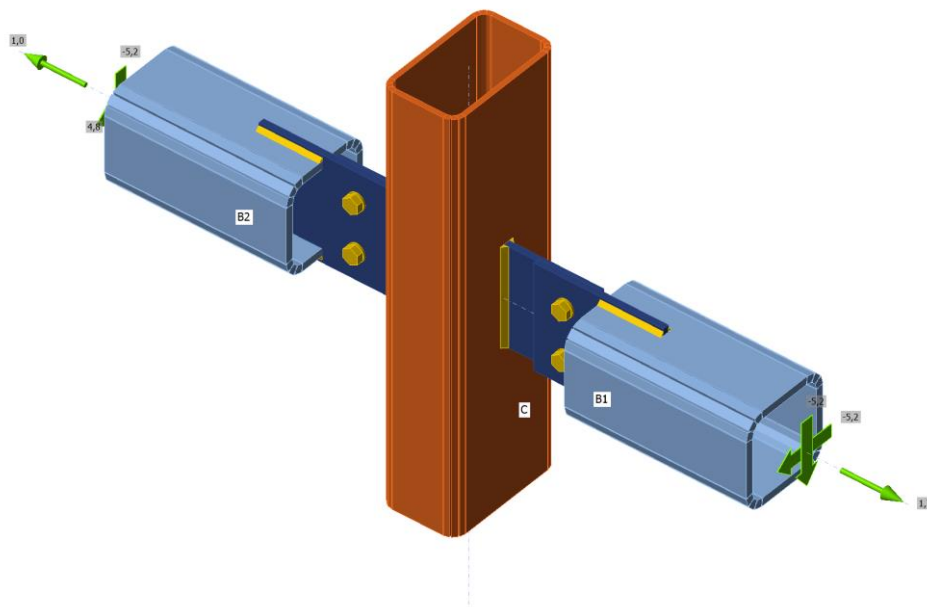


Obr. 92: Posouvající síla v paždíku (kombinace 13)



Obr. 93: Posouvající síla z v paždiku (kombinace 13)

- geometrie styčnicku a zatížení



Obr. 94: Vizualizace styčnicku

Nosníky a sloupy

Název	Průřez	β - Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Odsazení ex [mm]	Odsazení ey [mm]	Odsazení ez [mm]	Sily v	X [mm]
C	1 - RHS200/120/8.0	0,0	-90,0	90,0	0	0	0	Uzel	0
B1	2 - SHS150/150/12.5	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Pozice	165
B2	2 - SHS150/150/12.5	180,0	0,0	0,0	0	0	0	Pozice	165

Šrouby

Název	Sestava šroubů	Průměr [mm]	fu [MPa]	Plocha [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16	800,0	201

Účinky zatížení (sily v rovnováze)

Název	Prvek	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	B1	1,7	-5,2	-5,2	0,0	0,0	0,0
	B2	1,0	4,8	-5,2	0,0	0,0	0,0

POSOUZENÍ**Plech**

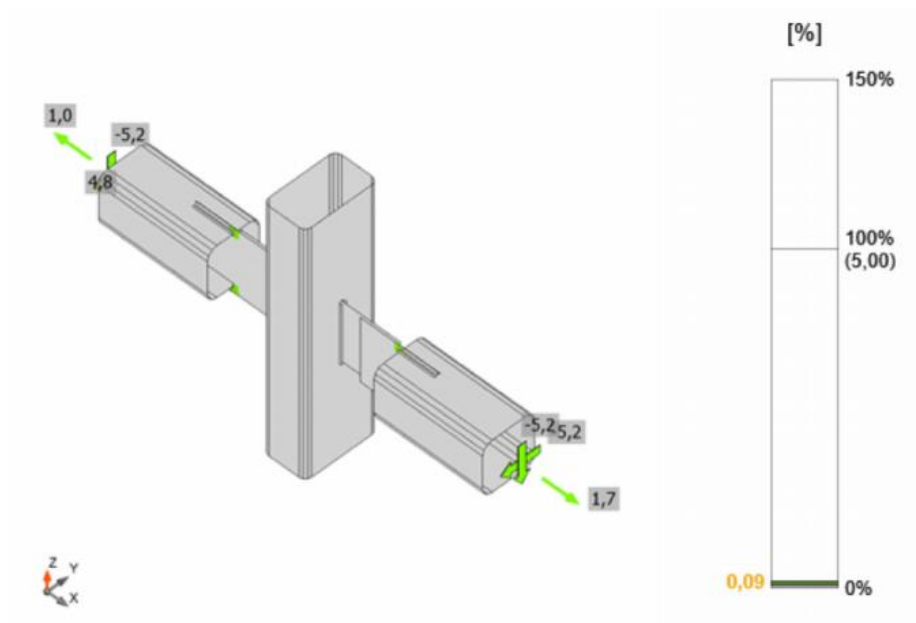
Název	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{p1} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Status
C	8,0	LE1	104,2	0,0	0,0	OK
B1	12,5	LE1	73,0	0,0	0,0	OK
B2	12,5	LE1	69,1	0,0	0,0	OK
SP1	10,0	LE1	193,1	0,0	8,1	OK
CPL1	10,0	LE1	355,2	0,1	8,1	OK
CPL2	10,0	LE1	355,1	0,1	7,7	OK

Šrouby

	Název	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	$U_{t,t}$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t,s}$ [%]	$U_{t,s}$ [%]	Status
	B1	LE1	4,9	2,9	5,5	116,1	4,9	8,8	OK
	B2	LE1	5,9	2,5	6,5	130,7	4,2	8,8	OK
	B3	LE1	5,5	2,4	6,1	130,7	4,1	8,4	OK
	B4	LE1	4,6	2,8	5,1	116,1	4,7	8,3	OK

Svary (Plastická redistribuce)

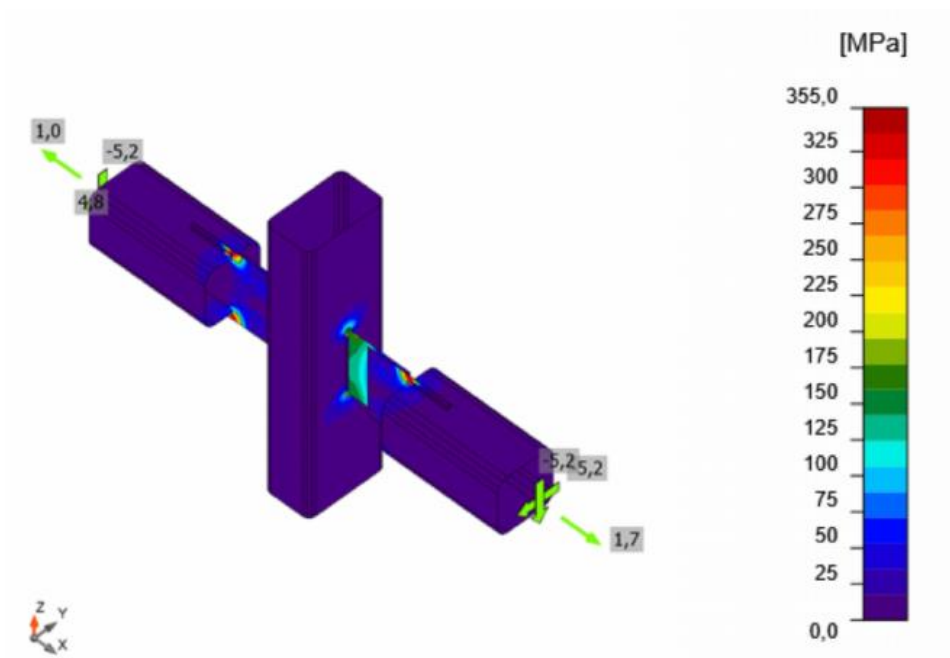
Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	U_t [%]	$U_{t,c}$ [%]	Status
SP1	C-w 2	▲4,0	160	LE1	193,6	0,0	-85,3	-1,1	-100,3	44,4	10,0	OK
SP1	C-w 2	▲4,0	160	LE1	193,0	0,0	82,7	14,5	99,6	44,3	8,7	OK
SP1	C-w 4	▲4,0	160	LE1	212,6	0,0	92,4	-14,7	109,6	48,8	9,7	OK
SP1	C-w 4	▲4,0	160	LE1	192,6	0,0	-84,0	0,5	-100,1	44,2	10,1	OK
B1-w 1	CPL1	▲4,0▲	100	LE1	313,5	0,0	4,8	173,0	-53,4	72,0	11,7	OK
		▲4,0▲	100	LE1	264,8	0,0	-41,2	150,1	-17,0	60,8	11,0	OK
B1-w 3	CPL1	▲4,0▲	100	LE1	287,6	0,0	43,6	-163,4	-15,6	66,0	11,5	OK
		▲4,0▲	100	LE1	300,9	0,0	-3,3	-164,5	-55,9	69,1	11,2	OK
B2-w 3	CPL2	▲4,0▲	100	LE1	262,6	0,0	41,2	149,0	-14,7	60,3	10,6	OK
		▲4,0▲	100	LE1	278,8	0,0	-2,4	151,8	-53,5	64,0	10,4	OK
B2-w 1	CPL2	▲4,0▲	100	LE1	283,1	0,0	3,3	-155,2	-51,3	65,0	10,6	OK
		▲4,0▲	100	LE1	245,5	0,0	-39,5	-139,1	-15,1	56,4	10,2	OK



Obr. 95: Posouzení přetvoření

Dle ČSN 1993-1-5 přílohy C článku C.8 poznámky 1 lze uvažovat mezní hodnotu přetvoření 5%. [5]

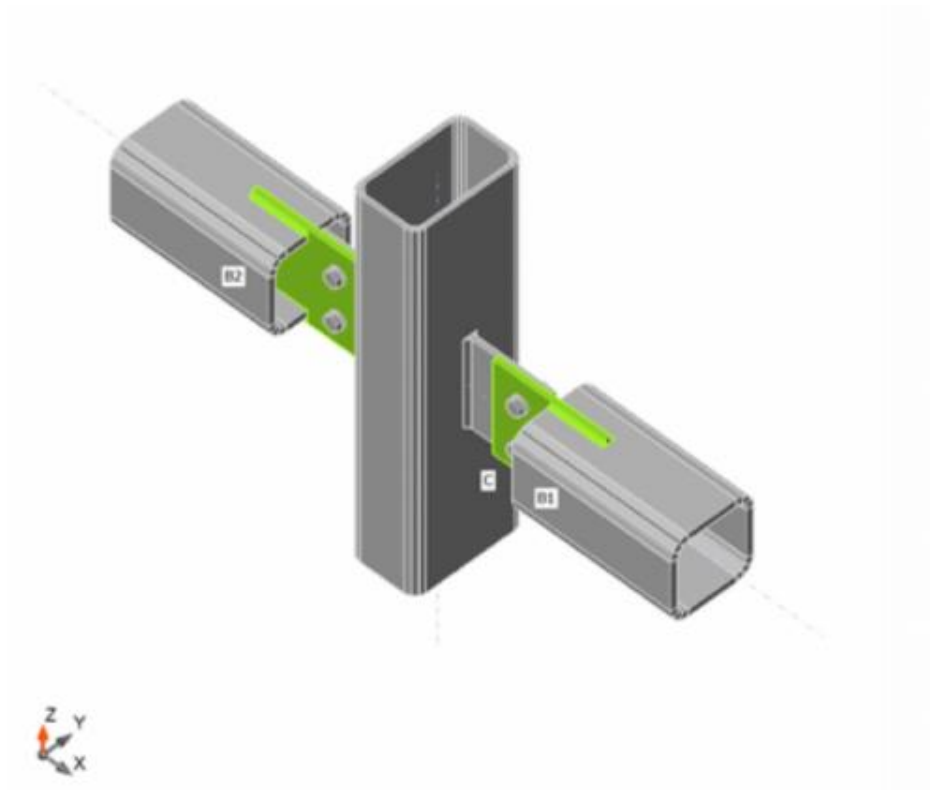
STYK VYHOVUJE



Obr. 96: Ekvivalentní napětí

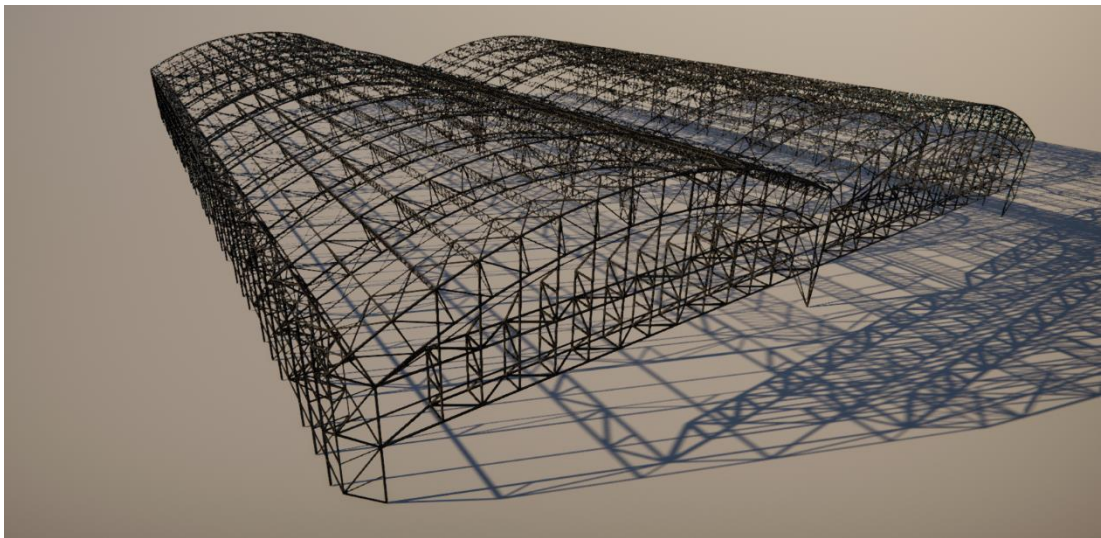
Souhrn

Název	Hodnota	Status
Výpočet	100,0%	OK
Plech	0,1 < 5,0%	OK
Šrouby	8,8 < 100%	OK
Svary	72,0 < 100%	OK
Boulení	378,02	
GMNA	Spočteno	

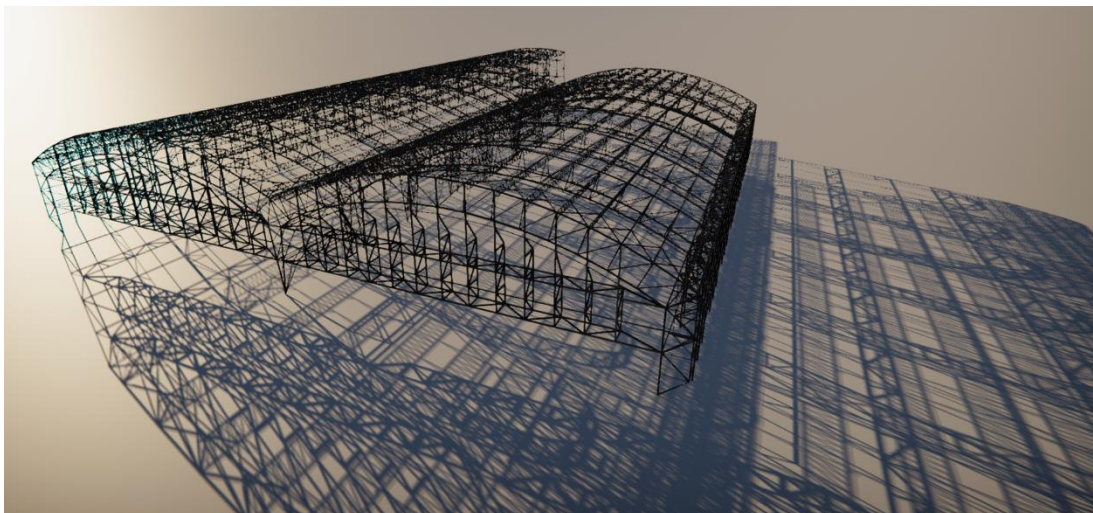
*Obr. 97: Souhrnné posouzení prvků*

6. ZÁVĚR

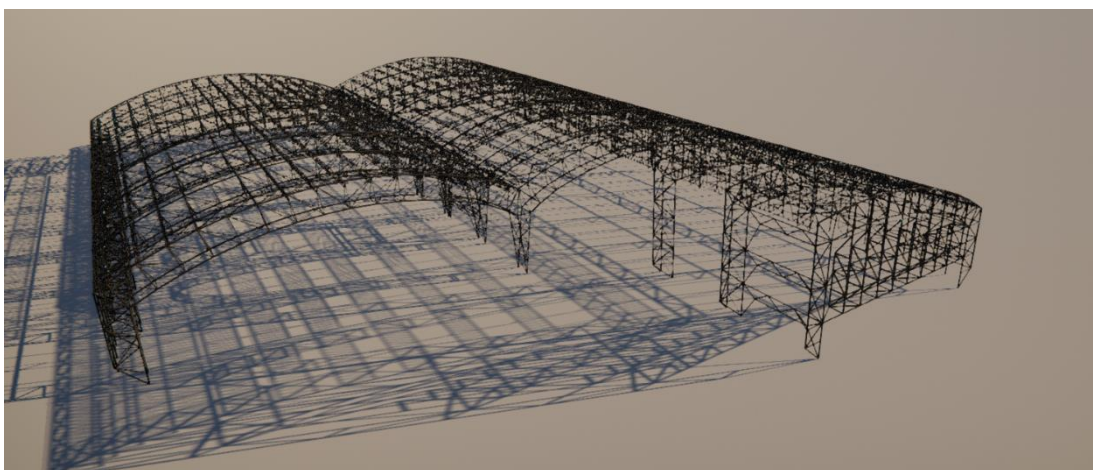
Záměrem této diplomové práce bylo provést návrh ocelové konstrukce s proniknutím do problematiky konstrukcí o takto velkém rozponu. Tedy hlavní náplní práce bylo vymyslet vhodný konstrukční systém, který následně při modelování ve 3D modelu vylepšovat a přicházet na problémy, na které statik nepřijde při návrhu běžné, menší konstrukce, či při využití zjednodušeného 2D výpočetního modelu. Z důvodu omezenější časové dotace na vypracování diplomové práce je však následné podrobnější posouzení provedeno pouze v omezené míře, pouze pro určité prvky a styky. Zároveň míra optimalizace je pro některé části konstrukce poměrně nízká. V rámci statického posouzení také nebyl brán ohled na excentricity vzniklé při návrhu geometrie styků určitých prvků. V ideálním případě by návrh bylo potřeba přepočítat s dalšími vlivy na konstrukci a provést delší podrobný výpočet. Postup montáže konstrukce je také pouze stručně popsán v technické zprávě, ačkoliv by pro konstrukci takového rozsahu bylo potřebné vypracovat detailní montážní plán se statickým posouzením částí v jednotlivých montážních stádiích.



Obr. 98: Vizualizace konstrukce 1



Obr. 99: Vizualizace konstrukce 2



Obr. 100: Vizualizace konstrukce 3

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2015.
- [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: Český normalizační institut, 2004
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1.3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1.4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [6] ČSN EN 1993-1-5 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1.5: Boulení stěn. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [7] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1.8: Navrhování styčnicků. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [8] SOKOL, Z. - WALD, F.: Ocelové konstrukce, Tabulky. 3. vydání. Praha: Česká technika, 2017. ISBN 978-80-01-06032-2.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Schéma – půdorys konstrukce	3
Obr. 2: Schéma – řez konstrukcí A-A'	4
Obr. 3: Schéma – řez konstrukcí B-B'	4
Obr. 4: Diagram výpočtu součinitelů $C_{pe, 10}$ [4]	11
Obr. 5: Svislá deformace vaznice (všechny kombinace MSP)	15
Obr. 6: Obálka normálových sil v horním pásu vaznice	16
Obr. 7: Průběh normálových sil v dolním pásu vaznice (kombinace 28)	19
Obr. 8: Průběh normálové síly v krajní diagonále vaznice (kombinace 28)	20
Obr. 9: Průběh normálové síly v krajní svislé diagonále vaznice (kombinace 28)	21
Obr. 10: Svislá deformace příčle štítové vazby (všechny kombinace MSP)	23
Obr. 11: Vodorovná deformace sloupu štítové vazby (všechny kombinace MSP)	23
Obr. 12: Obálka normálových sil v horním pásu štítové vazby (levá loď)	25
Obr. 13: Obálka normálových sil v horním pásu štítové vazby (pravá loď)	27
Obr. 14: Průběh normálové síly ve spodním pásu štítové vazby (kombinace 3)	28
Obr. 15: Průběh ohybového momentu y ve spodním pásu štítové vazby (kombinace 3) ..	29
Obr. 16: Průběh ohybového momentu z ve spodním pásu štítové vazby (kombinace 3)	29
Obr. 17: Tabulka pro určení součinitelů C_{my} , C_{mz} , C_{mLT} [5]	32
Obr. 18: Obálka normálových sil v diagonálách 1 štítové vazby (střední část)	34
Obr. 19: Obálka normálových sil diagonál 1 štítové vazby (krajní část)	36
Obr. 20: Obálka normálových sil diagonál 2 štítové vazby (střední část)	37
Obr. 21: Obálka normálových sil diagonál 2 štítové vazby (střední část)	39
Obr. 22: Průběh normálové síly v krajním sloupku štítové vazby (kombinace 3)	40
Obr. 23: Průběh ohybového momentu y v krajním sloupku štítové vazby (kombinace 3) ..	41
Obr. 24: Průběh ohybového momentu z v krajním sloupku štítové vazby (kombinace 3) ..	41
Obr. 25: Průběh normálové síly ve středním sloupku štítové vazby (kombinace 6)	45
Obr. 26: Průběh ohybového momentu y ve středním sloupu štítové vazby (kombinace 6) ..	46
Obr. 27: Průběh ohybového momentu z ve středním sloupu štítové vazby (kombinace 6) ..	46
Obr. 28: Svislá deformace příčle typické vazby (všechny kombinace MSP)	51
Obr. 29: Vodorovná deformace sloupu typické vazby (všechny kombinace MSP)	52

Obr. 30: Obálka normálových sil v horním pásu typické vazby (levá loď)	53
Obr. 31: Obálka normálových sil v horním pásu typické vazby (pravá loď).....	55
Obr. 32: Průběh normálové síly v dolním pásu typické vazby (kombinace 28)	56
Obr. 33: Průběh ohybového momentu y ve spodním pásu typické vazby (kombinace 28) .	57
Obr. 34: Průběh ohybového momentu z ve spodním pásu typické vazby (kombinace 28)..	57
Obr. 35: Obálka normálových sil v diagonále 1 typické vazby	61
Obr. 36: Obálka normálových sil v diagonálách 2 typické vazby	63
Obr. 37: Obálka normálových sil v diagonálách 2 typické vazby	65
Obr. 38: Průběh normálové síly ve sloupku typické vazby (kombinace 28)	66
Obr. 39: Průběh ohybového momentu y ve sloupku typické vazby (kombinace 28)	67
Obr. 40: Průběh ohybového momentu z ve sloupku typické vazby (kombinace 28)	67
Obr. 41: Obálka normálových sil ve vrchní diagonále typické vazby	71
Obr. 42: Svislá deformace příčle krátké vazby	74
Obr. 43: Vodorovná deformace sloupků krátké vazby	75
Obr. 44: Průběh normálové síly v delším sloupku krátké vazby (kombinace 28)	76
Obr. 45: Průběh ohybového momentu y v delším sloupku krátké vazby (kombinace 28) ...	77
Obr. 46: Průběh ohybového momentu z v delším sloupku krátké vazby (kombinace 28) ...	77
Obr. 47: Deformace štítové stěny (všechny kombinace MSP).....	81
Obr. 48: Obálka normálových sil v předním pásu vodorovné příhrady štítové stěny	82
Obr. 49: Průběh normálové síly v zadním pásu vodorovné příhrady štítové stěny (kombinace 14)	83
Obr. 50: Průběh ohybového momentu y v zadním pásu vodorovné příhrady štítové stěny (kombinace 14)	84
Obr. 51: Průběh ohybového momentu z v zadním pásu vodorovné příhrady štítové stěny (kombinace 14)	84
Obr. 52: Obálka normálových sil v diagonálách vodorovné příhrady štítové stěny	88
Obr. 53: Obálka normálových sil ve stabilizačních prutech štítové stěny.....	90
Obr. 54: Vodorovné deformace vodorovných příhrad boční stěny.....	93
Obr. 55: Průběh normálové síly ve sloupku boční stěny (kombinace 18).....	95
Obr. 56: Průběh ohybového momentu y ve sloupku boční stěny (kombinace 18)	95

Obr. 57: Průběh ohybového momentu z ve sloupku boční stěny (kombinace 18).....	96
Obr. 58: Průběh normálových sil v prutu ztužidla (kombinace 16).....	100
Obr. 59: Průběh normálové síly v prutu stěnového ztužidla (kombinace 5)	102
Obr. 60: Obálka normálových sil v prutech ztužidla ve střešní rovině.....	103
Obr. 61: Obálka normálových sil v prutech ztužidla ve střešní rovině.....	105
Obr. 62: Normálová síla v připojovaném pásu vaznice (kombinace 6).....	107
Obr. 63: Schéma připojení vaznice k příčné vazbě	107
Obr. 64: Schéma připojení vaznice k příčné vazbě	108
Obr. 65: Reakce podpory štítové vazby (kombinace 3)	110
Obr. 66: Schéma čepového spoje	110
Obr. 67: Reakce podpory typické vazby (kombinace 13).....	113
Obr. 68: Schéma čepového spoje	113
Obr. 69: Reakce podpory středního sloupku typické vazby (kombinace 28).....	116
Obr. 70: Schéma čepového spoje	116
Obr. 71: Normálová síla ve spojované diagonále.....	119
Obr. 72: Schéma přeložkového styku	119
Obr. 73: Obálka normálových sil ve spojovaném prutu.....	123
Obr. 74: Schéma příložkového styku.....	123
Obr. 75: Normálová síla v prutu příhrady (kombinace 16)	127
Obr. 76: Schéma spojení prutů	127
Obr. 77: Normálová síla v prutu (kombinace 28).....	131
Obr. 78: Posouvající síla v prutu (kombinace 28).....	131
Obr. 79: Schéma připojení prutu ke sloupku	132
Obr. 80: Normálové síly v prutech vaznice (kombinace 28)	135
Obr. 81: Geometrie připojovaných diagonál vaznice.....	135
Obr. 82: Vizualizace styčnicku.....	139
Obr. 83: Posouzení přetvoření	140
Obr. 84: Ekvivalentní napětí.....	141
Obr. 85: Souhrnné posouzení prvků	141
Obr. 86: Normálová síla v prutech styčnicku (kombinace 6).....	142

Obr. 87: Vizualizace styčnicku.....	142
Obr. 88: Posouzení přetvoření.....	144
Obr. 89: Ekvivalentní napětí.....	144
Obr. 90: Souhrnné posouzení prvků	145
Obr. 91: Normálová síla v paždíku (kombinace 13)	146
Obr. 92: Posouvající síla y v paždíku (kombinace 13)	146
Obr. 93: Posouvající síla z v paždíku (kombinace 13).....	147
Obr. 94: Vizualizace styčnicku.....	147
Obr. 95: Posouzení přetvoření.....	150
Obr. 96: Ekvivalentní napětí.....	150
Obr. 97: Souhrnné posouzení prvků	151
Obr. 98: Vizualizace konstrukce 1	152
Obr. 99: Vizualizace konstrukce 2	153
Obr. 100: Vizualizace konstrukce 3	153

SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ

AUTOCAD 2021

Microsoft Office Word

Microsoft office Excel

SCIA Engineer 20

PTC Mathcad Prime

IDEA Statica

TEKLA structures

GEO5 2021