VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	Ing. Karel Sýkora
Autor práce	Alžběta Cmajdálková
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Název práce	Jízdárna
Název práce v anglickém jazyce	Riding hall
Typ práce	Bakalářská práce
Přidělovaný titul	Bc.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	

Anotace práce Tato práce se zabývá návrhem nosné konstrukce jízdárny. Půdorysné rozměry objektu jsou 78,0 x 47,1 m, výška činí 15,6 m. Jízdní dráha má rozměry 60 x 25 m, vyhovuje pro vlohové zkoušky pro skokové koně, pro větší provozy a zařízení zaměřená na drezúru. Konstrukce je navržena pro oblast Český Krumlov. Jedná se o obloukovou konstrukci z lepeného lamelového dřeva. Jízdárna je tvořena z příčných vazeb – trojkloubových oblouků. Jednotlivé příčné vazby jsou od sebe vzdáleny 3 m. Oblouky jsou propojeny vaznicemi. Stabilita celé konstrukce je zabezpečena šesti poli ztužidel.

Anotace práce v anglickém jazyce This thesis deals with the design od the construction of riding hall. The riding hall ground plan dimensions are 78,0 x 47,1 m, height is 15,6 m. Trackway has dimensions of 60 x 25 me is suitable for test for jumping horses, for more plant and equipment focused on dressage. The structure is designed for the area of Český Krumlov. It is a curved construction of glued laminated wood.

The riding hall is made of cross- binding- triple joint arches. Individual cross-binding are distanced 3 m. Arcs are connected by purlins. The stability of the whole construction is toughened by six areas.

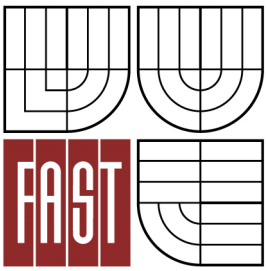
Klíčová slova

Jízdárna
Lepené lamelové dřevo
Rostlé dřevo
Plnostěnný oblouk
Dřevěná konstrukce
Trojkloubový oblouk
Vaznice

Klíčová slova v anglickém jazyce

Riding hall
Glued laminated wood
Solid wood
Plane solid curve
Wooden construction
Triple joint arches
Purlins

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

JÍZDÁRNA
RIDING HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — ALŽBĚTA CMAJDÁLKOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. KAREL SÝKORA
SUPERVISOR

BRNO 2016

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Alžběta Cmajdálková
Název	Jízdárna
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Karel Sýkora
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ fakulta stavební DĚKANÁT - 29 -

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

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

Podklady a literatura

1. Prostorové uspořádání jízdárny.
2. ČSN EN 1993 (731401), Navrhování ocelových konstrukcí.
3. ČSN EN 1995 (731701), Navrhování dřevěných konstrukcí.
4. Literatura podle doporučení vedoucího bakalářské práce.
5. Odborné publikace v časopisech a sbornících, které se vztahují k řešené problematice , podle doporučení vedoucího bakalářské práce.

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

Vypracujte návrh nosné konstrukce jízdárny.
Návrh rozměrů nosné konstrukce proveďte tak, aby minimální rozměry jízdní plochy byly 25,0 x 60,0 m v souladu s prostorovým uspořádáním objektu.
Konstrukci navrhněte pro oblast Český Krumlov.

Předepsané přílohy:
1. Technická zpráva obsahující základní charakteristiky navržené konstrukce, požadavky na materiál, spojovací prostředky, montáž a ochranu.
2. Statický výpočet hlavních nosných prvků a částí konstrukce.
3. Výkresová dokumentace obsahující zejména dispoziční výkres, výkres vybraných konstrukčních dílců, charakteristické detaily podle pokynů vedoucího bakalářské práce.
4. Orientační výkaz spotřeby materiálu.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....

Ing. Karel Sýkora
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt
Tato práce se zabývá návrhem nosné konstrukce jízdárny. Půdorysné rozměry objektu jsou 78,0 x 47,1 m, výška činí 15,6 m. Jízdní dráha má rozměry 60 x 25 m, vyhovuje pro vlohové zkoušky pro skokové koně, pro větší provozy a zařízení zaměřená na drezúru. Konstrukce je navržena pro oblast Český Krumlov. Jedná se o obloukovou konstrukci z lepeného lamelového dřeva. Jízdárna je tvořena z příčných vazeb – trojkloubových oblouků. Jednotlivé příčné vazby jsou od sebe vzdáleny 3 m. Oblouky jsou propojeny vaznicemi. Stabilita celé konstrukce je zabezpečena šesti poli ztužidel.

Klíčová slova
Jízdárna
Lepené lamelové dřevo
Rostlé dřevo
Plnostěnný oblouk
Dřevěná konstrukce
Trojkloubový oblouk
Vaznice

Abstract
This thesis deals with the design od the construction of riding hall. The riding hall ground plan dimensions are 78,0 x 47,1 m, height is 15,6 m. Trackway has dimensions of 60 x 25 me is suitable for test for jumping horses, for more plant and equipment focused on dressage. The structure is designed for the area of Český Krumlov. It is a curved construction of glued laminated wood. The riding hall is made of cross- binding- triple joint arches. Individual cross-binding are distanced 3 m. Arcs are connected by purlins. The stability of the whole construction is toughened by six areas.

Keywords
Riding hall
Glued laminated wood
Solid wood
Plane solid curve
Wooden construction
Triple joint arches
Purlins

Bibliografická citace VŠKP

Alžběta Cmajdálková *Jízdárna.* Brno, 2016. 55 s., 4 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Karel Sýkora

.

Prohlášení:

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

V Brně dne 27.5.2016

Cmajdálková Alžběta

.....

podpis autora
Alžběta Cmajdálková

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

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

V Brně dne 27.5.2016

Cmajdálková Alžběta

.....

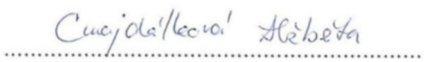
podpis autora
Alžběta Cmajdálková

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Karlu Sýkorovi za odborné vedení této práce, za poskytnutí spousty cenných rad a zodpovězených všech mých dotazů.

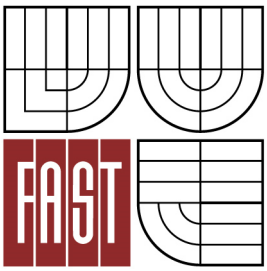
Rovněž bych chtěla poděkovat svým blízkým, kteří mě podporují při studiu.

V Brně dne 27. 5. 2016



podpis autora
Alžběta Cmajdálková

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

JÍZDÁRNA
RIDING HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — ALŽBĚTA CMAJDÁLKOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. KAREL SÝKORA
SUPERVISOR

BRNO 2016

OBSAH:

1.	Úvod	2
2.	Dispozice	2
3.	Zatížení	3
3.1	Stálé zatížení	3
3.2	Proměnné zatížení	3
3.2.1	Sníh	3
3.2.2	Vítr	3
4.	Popis konstrukce	3
4.1	Popis prvků konstrukce	3
4.1.1	Střešní plášť	3
4.1.2	Vaznice	4
4.1.3	Vazník	4
4.1.4	Sloupek	4
4.1.5	Příčné ztužidlo	4
4.1.6	Podélné ztužidlo	4
4.2	Popis spojů konstrukce	5
4.2.1	Montážní spoj vazníku	5
4.2.2	Kotevní a vrcholový spoj vazníku	5
4.2.3	Uložení vaznice na vazník	5
4.2.4	Kotvení sloupku	5
4.2.5	Upevnění sloupku na vaznici	5
4.2.6	Přípoje příčného ztužidla k vazníku a vaznici	5
4.2.7	Přípoje podélného ztužidla k vazníku a vaznici	6
5.	Výroba	6
6.	Montáž	6
7.	Ochrana konstrukce	6
8.	Doprava	7
9.	Závěr	7
10.	Seznam použité literatury	8

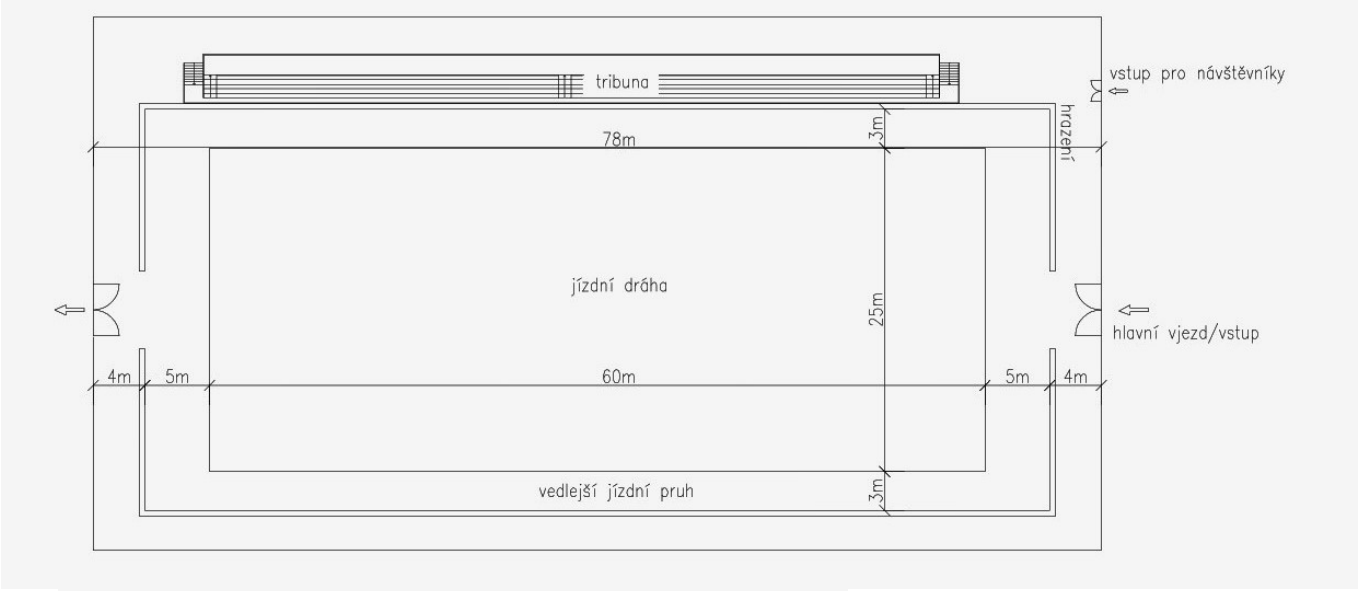
1. ÚVOD

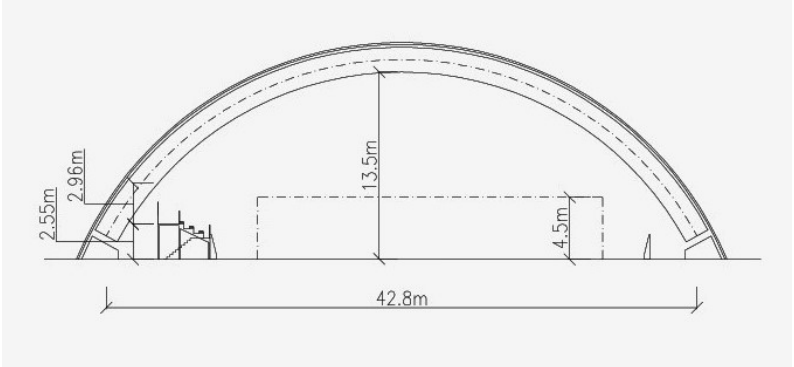
Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a posoudit dřevěnou nosnou konstrukci zastřešení jízdárny. Objekt se bude nacházet v lokalitě Český Krumlov.

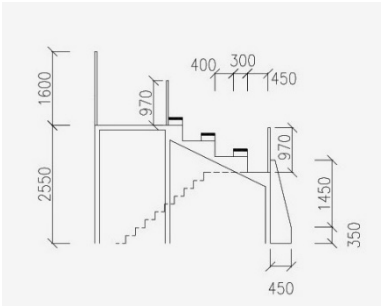
Půdorysné rozměry objektu jsou 78,0 x 47,1 m, byly voleny podle požadované jízdní plochy a potřebných okolních jízdních pásů. Výška objektu činí 15,63 m. Konstrukce je navržena z lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva a ocelových spojovacích prvků. Spodní stavba bude řešena betonovými patkami.

2. DISPOZICE KONSTRUKCE

Objekt bude sloužit sportovní zařízení pro jezdectví. Dispozice je navržena na jezdeckou dráhu 60 x 25 m. Rozměrově vyhovuje pro vlohové zkoušky pro skokové koně, pro větší provozy a zařízení zaměřená na drezúru. Přidružené prostory, respektive šatny a hygienická zařízení budou umístěny v přidruženém objektu, jehož řešení není součástí této práce. Vstupy do budovy jsou umístěny na jižní světovou stranu ve štítové stěně.







3. ZATÍŽENÍ

3.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Stálé zatížení je tvořeno tíhou střešního pláště a vaznicemi, které bylo uvažováno necelých 20kg/m^2. Vlastní tíha byla vygenerována prostřednictvím výpočtového softwaru Scia Engineer. Zatížení bylo stanoveno v souladu s normou ČSN EN 1991-1-1.

3.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

3.2.1. SNÍH

Objekt se nachází ve II. sněhové oblasti. Charakteristická hodnota zatížení sněhem činí $s_k = 1{,}0$ kN/m^2. Ve výpočtech byl uvažován sníh rovnoměrný, nerovnoměrný a navátý. Zatížení bylo stanoveno v souladu s normou ČSN EN 199-1-1-3.

3.2.2. VÍTR

Objekt se nachází ve II. větrné oblasti. Základní rychlost větru činí $v_b = 25$ m/s. Ve výpočtech byl uvažován vítr příčný, působící rovnoběžně se štítovými stěnami, a vítr podélný, působící kolmo na štítové stěny. Zatížení bylo stanoveno v souladu s ČSN EN 1991-1-1-4.

4. POPIS KONSTRUKCE

4.1. POPIS PRVKŮ KONSTRUKCE

Konstrukce je tvořena z 27 příčných vazeb tvořených plnostěnnými vazníky z lepeného lamelového dřeva. Jednotlivé vazby jsou od sebe vzdáleny 3 m. Na vazníky jsou umístěny vaznice z rostlého dřeva. Na vaznice je uložen střešní plášť KINGSPAN KS 1000 TOP-DEK. Štítové stěny jsou tvořeny ze sloupů z lepeného lamelového dřeva a jsou umístěny v místě každé vaznice, ke které jsou připojeny. Ztužení konstrukce je provedeno pomocí příčných a podélných ztužidel. Příčná ztužidla jsou vytvořena v 6 polích konstrukce umístěná při horním povrchu vazníku pod vaznicemi a jsou tvořena diagonálními pruty z rostlého dřeva. Podélná ztužidla jsou tvořena příhradou s dolním pásem umístěným při spodním povrchu vazníku a diagonálami připevněných k vaznicím.

4.1.1. STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Střešní plášť je tvořen panely KINGSPAN KS1000 TOP-DEK o tloušťka 130 mm a jde o střešní zateplovací polyuretanový panel se skrytým upevněním ke konstrukci ve spodní vlně.

4.1.2. VAZNICE

Vaznice je zhotovena z rostlého dřeva C24 obdélníkového průřezu o rozměrech 140 x 200 mm a staticky působí jako prostý nosník. Osová vzdálenost je 1,5 m, rozpětí činí 3,0 m. Vaznice jsou umístěny po obvodech horních povrchů vazníků.

4.1.3. VAZNÍK

Obloukový vazník je zhotoven z lepeného lamelového dřeva GL28h obdélníkového průřezu o rozměrech 180 x 1800 m. Staticky působí jako trojkloubový nosník. Rozpětí vazníku činí 42,8 m a vzepětí 12,73 m. Oblouk je celkem rozdělen na 4 části. Nejdelší část dosahuje délky 13 m, takže by neměl být problém s přepravou oblouku z výrobny. Spoj uprostřed je kloubový, řešený čepovým spojem. Ostatní spoje na oblouku jsou montážní, provedené vložením ocelové desky do oblouku. Oblouk bude uložen čepovými spoji do betonových podpěr.

4.1.4. SLOUPEK

Sloupek je svislým nosným prvkem štítových stěn. Je zhotoven z lepeného lamelového dřeva o obdélníkovém průřezu 60 x 120 mm. Staticky působí jako prostý nosník při spodním okraji kloubově uložený na základovou patku a při horním okraji kloubově s umožněním svislého posunu na vaznici. Osové vzdálenosti sloupů se pohybují v rozmezí 0,8 – 1,6 m. Výšky jsou proměnné dle polohy vaznice a to mezi 3,7 – 15,5 m.

4.1.5. PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO

Je zhotoveno z rostlého dřeva C24 o obdélníkovém průřezu 100 x 120 mm. Navrženy jsou jako diagonální pruty, polopříčková soustava. Jsou uloženy při horním povrchu vazníku pod vaznicemi.

4.1.6. PODÉLNÉ ZTUŽIDLO

Je zhotoveno jako příhradová konstrukce z rostlého dřeva C24. Dolní pás obdélníkového průřezu 120 x 160 mm uložen při spodním okraji vazníku. Diagonály o průřezu 100 x 120 mm uloženy mezi dolní pás a vaznici.

4.2. POPIS SPOJŮ KONSTRUKCE

4.2.1. MONTÁŽNÍ SPOJ VAZNÍKU

Montážní spoj oblouku je proveden pomocí svorníků průměru 20 mm a vsazeného plechu do oblouku. Vsazený plech má tloušťku 20 mm. Svorníky jsou uspořádány ve dvou soustředěných kruzích. Tlakové síly jsou přenášeny kontaktem přes čelní desku.

4.2.2. KOTEVNÍ A VRCHOLOVÝ SPOJ VAZNÍKU

Uložení oblouku je provedeno kloubově pomocí ocelových čepů průměru 50 mm. Stejný čep je navržen i ve vrcholu oblouku. Čep je k oblouku připojen vždy vsazeným plechem a 8 svorníky průměru 20 mm. Tlakové síly jsou přenášeny kontaktem do čelní desky.

4.2.3. ULOŽENÍ VAZNICE NA VAZNÍK

Vaznice jsou na oblouk kladeny v požadovaných vzdálenostech a kotveny pomocí úhelníku a vruty RAPI.TEC SK 6 x 50/50 o celkovém počtu 4 vrutů.

4.2.4. KOTVENÍ SLOUPKU

Sloupek je osazován do patních plechů, do nichž je upevňován pomocí dvou svorníků M20, pevnostní třídy 4.6.. Kotvení patních plechů bude realizováno pomocí dvou kotevních šroubů M20 pevnostní třídy 4.6.

4.2.5. UPEVNĚNÍ SLOUPKU K VAZNICI

K vaznici jsou sloupky připojovány pomocí svislého posuvného spoje, který umožňuje oblouku průhyb od zatížení, aniž by docházelo k přitěžování sloupů. Spoj tvoří styčníkové plechy tloušťky 3 mm s oválným otvorem umožňující svislý posun. Styčníkové plechy jsou přichyceny k vaznici pomocí stavebních vrutů RAPI-TECH SK 6,0 x 100/60+R. Spojení plechu a sloupku bude realizován svorníkem o průměru 24 mm.

4.2.6. PŘÍPOJE PŘÍČNÉHO ZTUŽIDLA K VAZNÍKU A VAZNICI

Připojení příčných ztužidel v místě spoje s obloukem i vaznicí navrženo pomocí rohových úhelníků připevněných vruty. Pomocí ocelových plechů a vrutů je proveden také spoj ztužidel uprostřed vaznice.

4.2.7. PŘÍPOJE PODÉLNÉHO ZTUŽIDLA K VAZNÍKU A VAZNICI

Dolní pás k obloukovému vazníku je připojen pomocí třmenu připevněného vruty. Diagonály s dolním pásem jsou spojeny pomocí desek s prolisovanými trny (Gang-nail). Připojení diagonál k vaznici a vazníku je navrhnuto pomocí rohových úhelníků a vrutů.

5. VÝROBA

Výroba částí vazníků a sloupků z lepeného lamelového dřeva se provede z řeziva tloušťky 40 mm, které se vysuší na vlhkost nejvýše 15%. Po vysušení se řezivo frézuje a třídí. Přířezy se na čelních koncích opatří zubovitým spojem a po nanesení lepidla se spojí v tzv. nekonečnou lamelu. Z výsledné nekonečné lamely se odřezají lamely požadované délky a uloží se do hrání. Lamely se znovu frézují, nanese se lepidlo, lamely se uloží nastojato vedle sebe a zalisují se. Lisovací přípravky umožňují výrobu přímých nosníků pro výrobu sloupků a výrobu zakřivených nosníků pro výrobu částí vazníků.

Výroba vaznic a ztužidel bude z hraněného řeziva vysušeného na vlhkost nejvýše 15%.

6. MONTÁŽ

Před započetím montáže konstrukce je nutné zhotovit betonové opěry pro ukotvení oblouků a betonové patky pro kotvení sloupků. Na již vybetonované opěry se osadí roznášecí desky se spodní částí čepového ložiska a upevní se šrouby. Pomocí autojeřábu se osadí krajní segmenty prvního pole. Segmenty se následně podepřou lešením. Následuje osazení dalšího segmentu pomocí montážních spojů. Stejný postup se provede a protější straně. Stabilita se zajistí ztužidly. Nyní se můžou obě poloviny oblouku zvednout autojeřábem a spojit uprostřed čepovým spojem. Stejným způsobem se instalují další oblouky a připojují se již k stojící konstrukci pomocí podélného ztužení a vaznic. Poslední fází výstavby je realizace střešního a obvodového pláště.

7. OCHRANA KONSTRUKCE

Všechny dřevěné prvky konstrukce se opatří impregnací proti škůdcům, dřevokaznému hmyzu a houbám. Impregnace se provede máčením. Dřevo se také ošetří chemickým postřikem pro snížení hořlavosti a šíření ohně. Povrch bude opatřen nátěrem bezbarvého laku. Při montáži budou všechny dřevěné prvky vysušeny na vlhkost 15%.

Všechny ocelové prvky konstrukce se opatří žárovým zinkováním jako ochrana proti korozi.

8. DOPRAVA

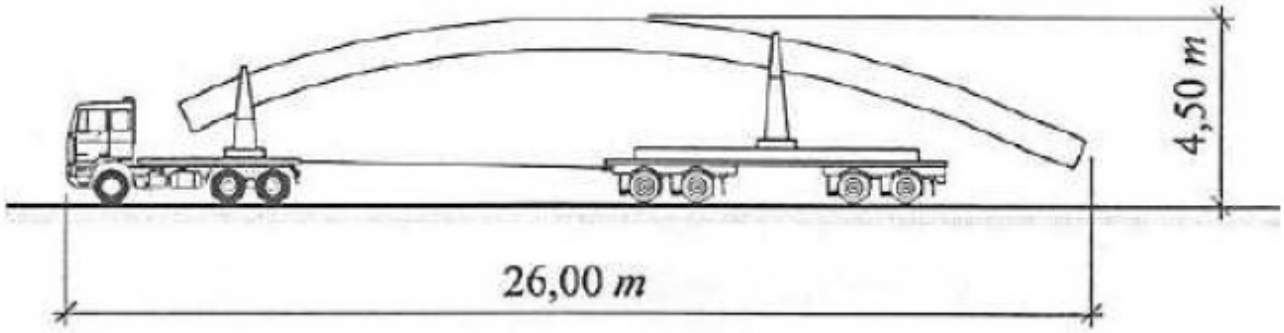
Přeprava částí vazníků a sloupů bude provedena pomocí tahače s plošinovým přívěsem, který je schopen přepravit nosníky všeho druhu až do výšky 3,5 m. Transport nebude přesahovat délku 25 m ani šířku 3 m a tudíž nebude potřeba policejní doprovod.

maximální rozměry prvků:

části vazníku délka = 13,351 m

výška = 2,659 m

sloupy délka = 15,327 m



tahač s plošinovým přívěsem

Ostatní prvky nepřesahují délku 5 m, a proto bude jejich přeprava provedena pomocí nákladního vozidla s návěsem.

9. ZÁVĚR

Výpočtové modely pro získání vnitřních sil jsem řešila v programu Scia Engineer. Posouzení jednotlivých prvků jsem prováděla ručně v souladu s aktuálními normami pro stavebnictví.

10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] NEUFERT, Ernst a Peter NEUFERT. Navrhování staveb: zásady, normy, předpisy o zařízeních, stavbě, vybavení, nárocích na prostor, prostorových vztazích, rozměrech budov, prostorech, vybavení, přístrojích z hlediska člověka jako měřítka a cíle: příručka pro stavební odborníky, stavebníky, vyučující i studenty. 2. české vyd. Praha: CONSULTINVEST, 2000. ISBN 80-901486-6-2.

[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, 44 s.

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

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

[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, 96 s.

[6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků. Praha: Český normalizační institut, 2004, 128 s.

[7] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2007, 114 s.

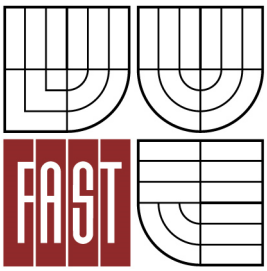
[8] KUKLÍK, Petr, Anna KUKLÍKOVÁ a Karel MIKEŠ. Dřevěné konstrukce 1: cvičení, Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2008, 95 s. ISBN 978-80-01-03980-9.

[9] Sněhová mapa. Dostupné z: http://www.snehovamapa.cz/

[10] Panely KINGSPAN. Dostupné z: http://panely.kingspan.cz/stresni-PUR-panely-KS1000-SM-zatepleni-budov-zatepleni-staveb-1805.html

[11] Stavební vruty RAPI-TEC. Dostupné z: http://www.hpmtec.cz/

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

JÍZDÁRNA
RIDING HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — ALŽBĚTA CMAJDÁLKOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. KAREL SÝKORA
SUPERVISOR

BRNO 2016

OBSAH

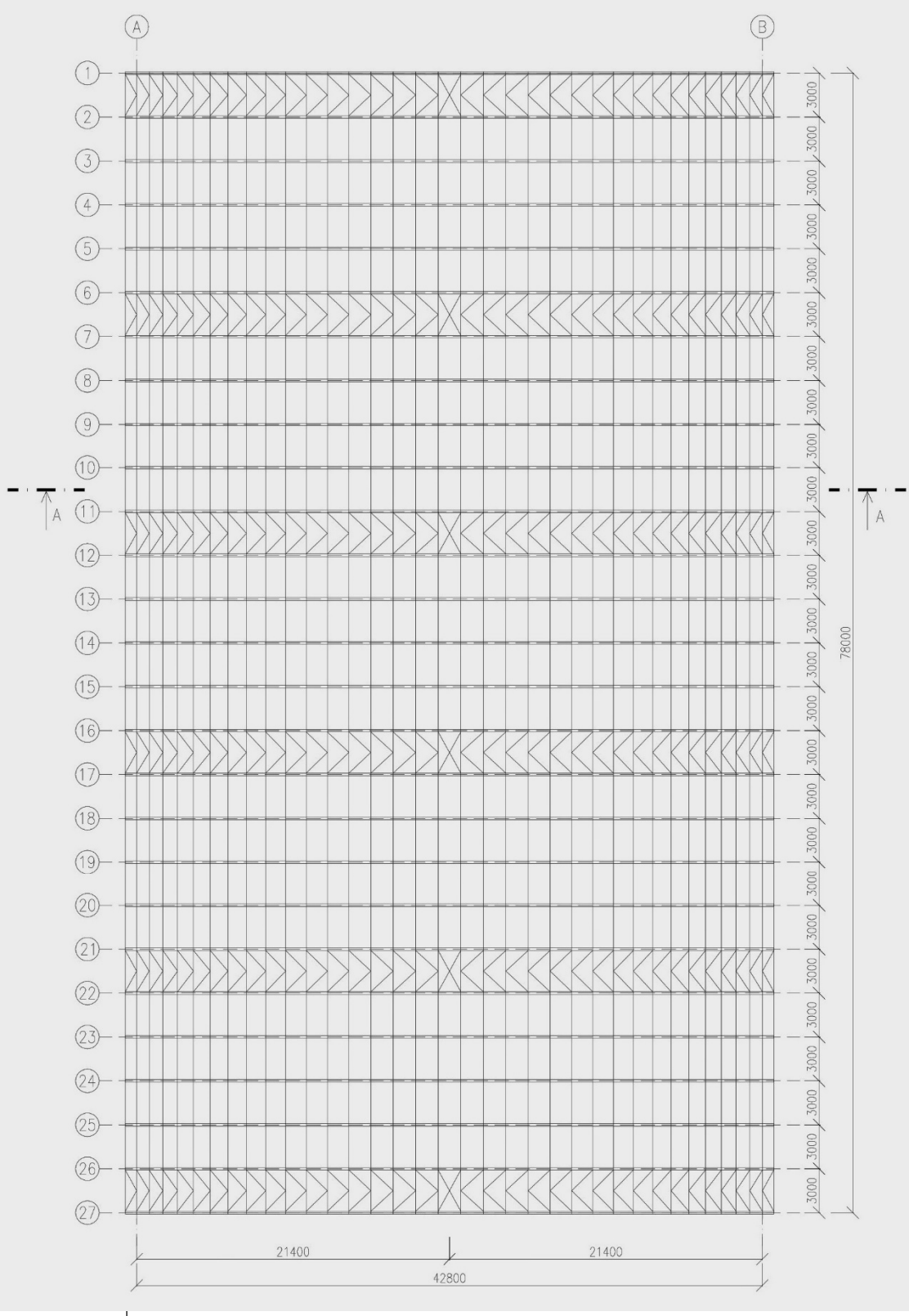
1.	Tvarové řešení	3
1.1.	Geometrie	3
1.1.1.	Půdorys	3
1.1.2.	Řez A-A	4
1.1.3.	Axonometrie	4
2.	Zatížení	5
2.1.	Stálé zatížení	5
2.1.1.	Vlastní tíha konstrukce	5
2.1.2.	Střešní plášť a vaznice	5
2.2.	Proměnné zatížení	5
2.2.1.	Zatížení sněhem	5
2.2.1.1.	Sníh rovnoměrný	6
2.2.1.2.	Sníh navátý	6
2.2.2.	Zatížení větrem	6
2.2.2.1.	Zatížení větrem na střechu	7
2.2.2.1.1.	Vítr příčný	7
2.2.2.1.2.	Vítr podélný	8
2.2.2.2.	Zatížení větrem na štítovou stěnu	9
2.2.2.2.1.	Vítr příčný	9
2.2.2.2.2.	Vítr podélný	9
2.3.	Zatěžovací stavy	10
2.4.	Kombinace	10
3.	Návrh a posouzení vaznice	11
3.1.	Materiál	11
3.2.	Průřezové charakteristiky	12
3.3.	Zatížení	12
3.4.	Posouzení vaznice č. 7	15
3.4.1.	Posouzení na MSÚ	15
3.4.1.1.	Posouzení na šikmý ohyb	15
3.4.1.2.	Posouzení na smyk	16
3.4.1.3.	Posouzení na klopení	17
3.4.2.	Posouzení na MSP	17
3.4.2.1.	Průhyb od stálého zatížení	17
3.4.2.2.	Průhyb od nahodilého zatížení	17
3.4.2.3.	Celkový průhyb vaznice	18
3.5.	Připojení vaznice k oblouku	18
3.5.1.	Posouzení spoje na střih	18
3.5.2.	Posouzení přípoje na sání větru	20
3.5.2.1.	Zatížení působící na přípoj	21
3.5.2.2.	Posouzení spoje na střih	21
3.5.2.3.	Posouzení spoje na vytažení	22
4.	Návrh a posouzení obloukového vazníku	23
4.1.	Materiál	23
4.2.	Průřezové charakteristiky	24
4.3.	Posouzení na MSÚ	24
4.3.1.	Posouzení oblouku na kombinaci maximálního ohybu a osového tlaku	24

4.3.2.	Posouzení oblouku na kombinaci maximálního tlaku a ohybu	26
4.3.3.	Posouzení oblouku na příčné napětí	28
4.3.4.	Posouzení oblouku na smyk	29
4.3.5.	Posouzení oblouku na klopení	29
4.4.	Posouzení na MSP	31
4.4.1.	Průhyb od stálého zatížení	31
4.4.2.	Průhyb od nahodilého zatížení	31
4.4.3.	Celkový průhyb oblouku	31
4.5.	Návrh a posouzení spojů	32
4.5.1.	Montážní spoj oblouku	32
4.5.1.1.	Materiál	32
4.5.1.2.	Geometrie spoje	32
4.5.1.3.	Vnitřní síly v místě spoje	33
4.5.1.4.	Posouzení na otlačení dřevěného prvku	34
4.5.1.5.	Posouzení na střih svorníku	35
4.5.2.	Kotevní a vrcholový čepový spoj oblouku	35
4.5.2.1.	Materiál	35
4.5.2.2.	Geometrické požadavky na čepový spoj	36
4.5.2.3.	Posouzení čepu	36
4.5.2.3.1.	Vnitřní síly	36
4.5.2.3.2.	Posouzení čepu na střih	36
4.5.2.3.3.	Posouzení čepu a plechu na otlačení	37
4.5.2.3.4.	Posouzení čepu na ohyb	37
4.5.2.3.5.	Posouzení čepu na kombinaci ohybu a smyku	37
4.5.2.4.	Posouzení připojení vsazeného plechu do oblouku	37
4.5.2.4.1.	Materiál	38
4.5.2.4.2.	Geometrie spoje	38
4.5.2.4.3.	Únosnost jednoho spojovacího prvku na střih	38
4.5.2.4.4.	Posouzení kolíkového spoje	39
4.5.2.5.	Posouzení svarů	40
4.5.2.5.1.	Přivaření styčníkového plechu koutovým svarem	40
4.5.2.5.2.	Přivaření vsazeného plechu koutovým svarem	40
5.	Sloupek	41
6.	Návrh a posouzení ztužidla	41
6.1.	Podélné ztužidlo	41
6.2.	Příčné ztužidlo	42
6.2.1.	Materiál	42
6.2.2.	Průřezové charakteristiky	43
6.2.3.	Posouzení příčného ztužení	43
6.2.3.1.	Posouzení tlačeného prutu	43
6.2.3.2.	Posouzení taženého prutu	44
7.	Seznam literatury	45

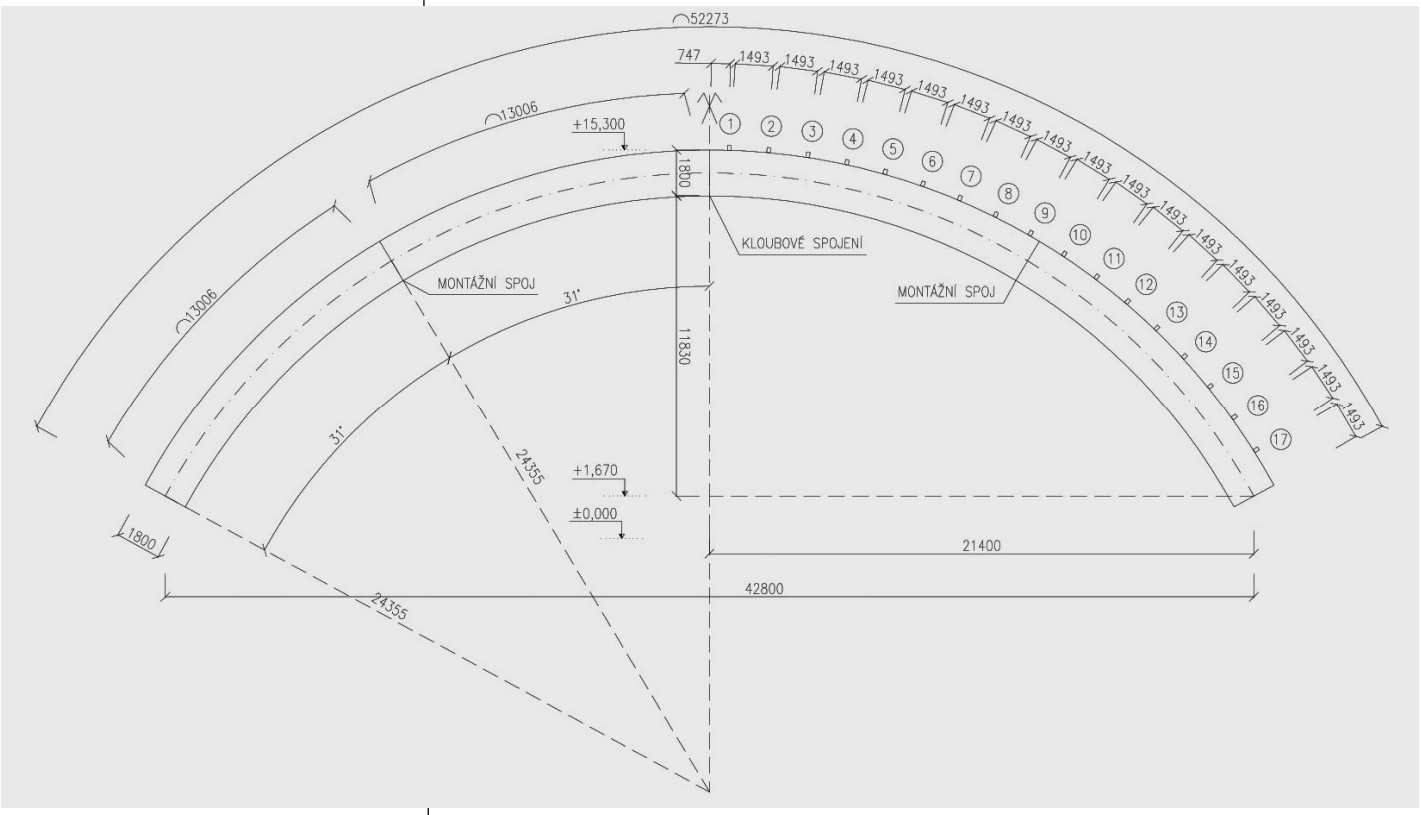
1. TVAROVÉ ŘEŠENÍ

1.1 GEOMETRIE KONSTRUKCE

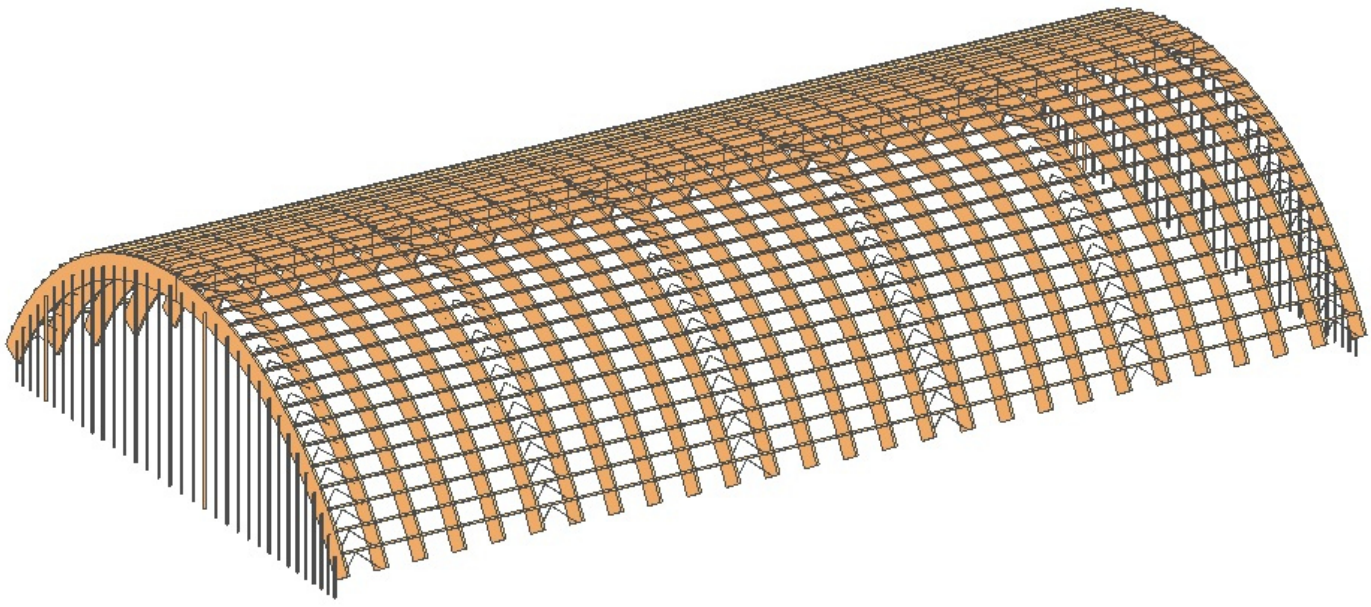
1.1.1 PŮDORYS

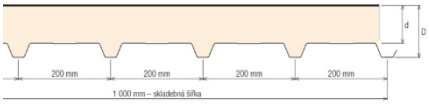


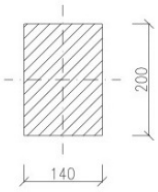
1.1.2 ŘEZ A-A

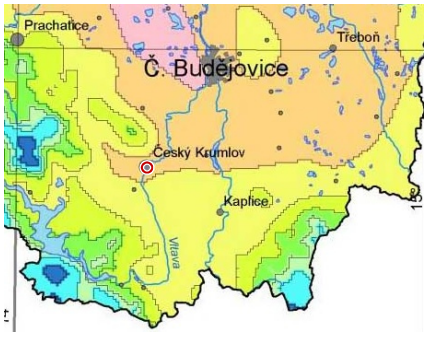


1.1.3 AXONOMETRIE









Oblast	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Charakteristická hodnota s_k [kPa]	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	>4,0[7]

2. ZATÍŽENÍ

2.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

2.1.1 VLASTNÍ TÍHA KONSTRUKCE

Generováno výpočtovým softwarem SCIA Engineer.

2.1.2 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ A VAZNICE

Střešní panely KINGSPAN KS 1000 TOP-DEK tl. 130mm.

Vaznice obdélníkového průřezu 140x200 mm.

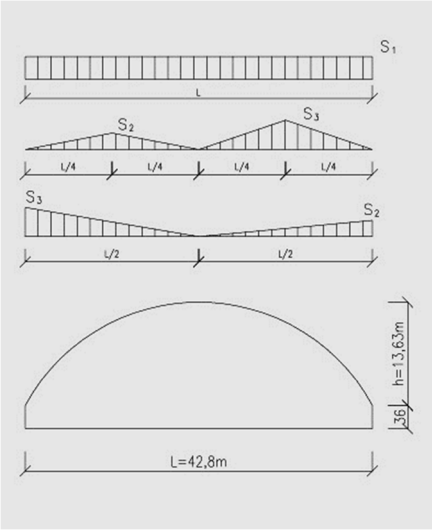
Materiál rostlé dřevo C24 ($\rho_k = 350$ kg/m^3).

ZATÍŽENÍ		g_k [kN/m^2]
Střešní plášť tl. 0,130 m		0,124
Vaznice 0,14 m x 0,20 m x 3,5 kN/m^3 / 1,493 m		0,066
Celkem zatížení	$G_k = \Sigma g_k$	0,190 kN/m^2

2.2 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

2.2.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Lokalita	Český Krumlov
Sněhová oblast	II
Typ krajiny	normální
$s_k = 1,0$	charakteristická hodnota zatížení sněhem
$c_t = 1,0$	součinitel teploty
$c_e = 1,0$	součinitel expozice
$\mu_i = 0,8$	tvarový součinitel střechy
$\mu_3 = 2,0$	tvarový součinitel střechy



2.2.1.1 SNÍH ROVNOMĚRNÝ

$s_1 = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 0{,}8\ kN/m^2$

2.2.1.2 SNÍH NAVÁTÝ

$s_2 = 0{,}5 \cdot \mu_3 \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = 0{,}5 \cdot 2{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 1{,}0\ kN/m^2$

$s_3 = \mu_3 \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = 2{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 2{,}0\ kN/m^2$

2.2.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Lokalita	Český Krumlov
Větrná oblast	II
Kategorie terénu	III
$v_{b,0} = 25{,}0$ m/s	základní rychlost větru
$c_{season} = 1{,}0$	součinitel ročního období
$c_{dir} = 1{,}0$	součinitel směru větru
$c_0(z) = 1{,}0$	součinitel ortografie
$\rho = 1{,}25$	měrná hmotnost vzduchu
$z_0 = 0{,}3$ m	parametr drsnosti terénu
$z_{0,II} = 0{,}05$ m	parametr drsnosti terénu pro kat.II
$z_{min} = 5{,}0$ m	minimální výška
$z_{max} = 200$ m	maximální výška
$k_1 = 1{,}0$	součinitel turbulence

Základní rychlost větru

$v_b = v_{b,0} \cdot c_{dri} \cdot c_{season} = 25{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 25{,}0$ m/s

Charakteristická střední rychlost větru ve výšce nad terénem

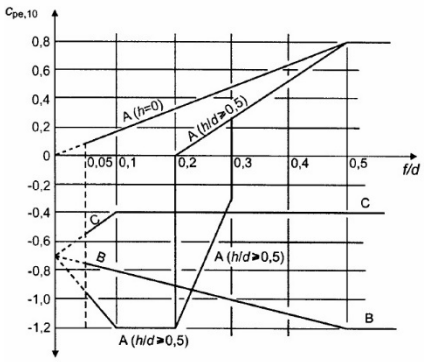
$z = 15{,}3$ m výška budovy

$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0{,}853 \cdot 1{,}0 \cdot 25{,}0 = 21{,}328$ m/s

součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0{,}215 \cdot \ln\left(\frac{15{,}3}{0{,}3}\right) = 0{,}853$$

součinitel terénu



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

Turbulence větru

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \left(\frac{5{,}375}{21{,}328}\right) = 0{,}252$$

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_1 = 0{,}215 \cdot 25{,}0 \cdot 1{,}0 = 5{,}385$$

Dynamický tlak větru

$q_p(z) = [1+7 \cdot I_v(z)] \cdot 0{,}5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = [1+7 \cdot 0{,}252] \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}25 \cdot 21{,}328^2 = 0{,}776\ kN/m^2$

Tlak na plochu

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

2.2.2.1 ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU

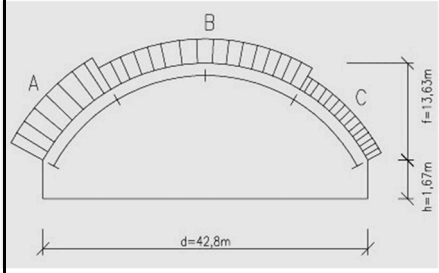
2.2.2.1.1 VÍTR PŘÍČNÝ

$d = 42{,}8$ m šířka konstrukce

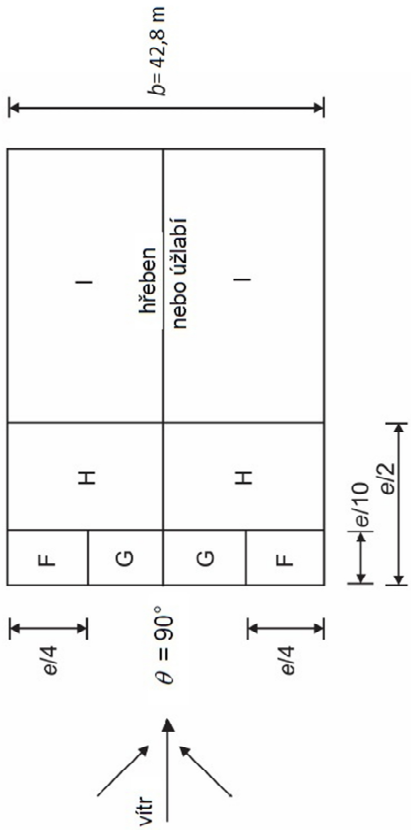
$b = 78{,}0$ m délka konstrukce

$f = 13{,}63$ m výška konstrukce

$\frac{f}{d} = \frac{13{,}63}{42{,}8} = 0{,}318$



OBLAST	$c_{pe,10}$	w_e [kN/m²]
A	0,5	0,388
B	-1,0	-0,776
C	-0,4	-0,310



2.2.2.1.2 VÍTR PODÉLNÝ

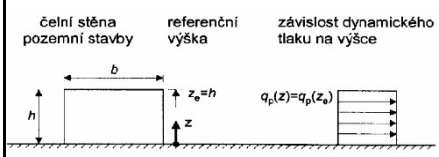
e = min (b; 2h) = min (78; 2*15,3) = min (78; 30,6) = 30,6 m

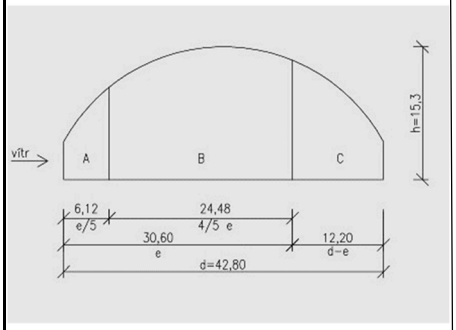
$\frac{e}{2} = \frac{30,6}{2} = 15,30$ m

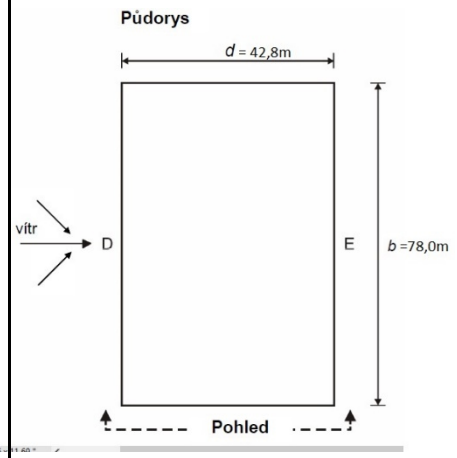
$\frac{e}{10} = \frac{30,6}{10} = 3,06$ m

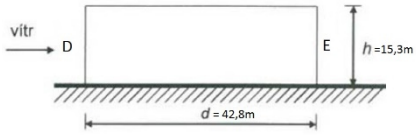
$\frac{e}{4} = \frac{30,6}{4} = 7,65$ m

VAZNICE	ÚHEL [°]	$c_{pe,10,F}$	$c_{pe,10,G}$	$c_{pe,10,H}$	$c_{pe,10,I}$	$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$ [kN/m²]			
						$w_{e,F}$	$w_{e,G}$	$w_{e,H}$	$w_{e,I}$
1	2		-1,30	-0,70	-0,60		-1,01	-0,54	-0,47
2	5		-1,30	-0,70	-0,60		-1,01	-0,54	-0,47
3	9		-1,30	-0,66	-0,56		-1,01	-0,51	-0,43
4	12		-1,30	-0,63	-0,53		-1,01	-0,49	-0,41
5	16		-1,31	-0,61	-0,50		-1,02	-0,47	-0,39
6	19		-1,33	-0,65	-0,50		-1,03	-0,50	-0,39
7	23		-1,35	-0,71	-0,50		-1,05	-0,55	-0,39
8	26		-1,37	-0,75	-0,50		-1,06	-0,58	-0,39
9	30		-1,40	-0,80	-0,50		-1,09	-0,62	-0,39
10	33	-1,10		-0,82	-0,50	-0,85		-0,64	-0,39
11	37	-1,10		-0,85	-0,50	-0,85		-0,66	-0,39
12	40	-1,10		-0,87	-0,50	-0,85		-0,67	-0,39
13	44	-1,10		-0,89	-0,50	-0,85		-0,69	-0,39
14	47	-1,10		-0,89	-0,50	-0,85		-0,69	-0,39
15	51	-1,10		-0,86	-0,50	-0,85		-0,67	-0,39
16	54	-1,10		-0,84	-0,50	-0,85		-0,65	-0,39
17	58	-1,10		-0,81	-0,50	-0,85		-0,63	-0,39









2.2.2.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM NA ŠTÍTOVOU STĚNU

2.2.2.2.1 VÍTR PŘÍČNÝ

$e = \min(b; 2h) = \min(78; 2*15,3) = \min(78; 30,6) = 30,6$ m

$\frac{e}{5} = \frac{30,6}{5} = 6,12$ m

$\frac{4}{5}e = \frac{4}{5}30,6 = 24,48$ m

$d\text{-}e = 42,8 – 30,6 = 12,2$ m

OBLAST	$c_{pe,10}$	w_e [kN/m^2]
A	-1,2	-0,931
B	-0,8	-0,621
C	-0,5	-0,338

2.2.2.2.2 VÍTR PODÉLNÝ

$e = \min(b; 2h) = \min(78; 2*15,3) = \min(78; 30,6) = 30,6$ m

$\frac{e}{5} = \frac{30,6}{5} = 6,12$ m

$\frac{4}{5}e = \frac{4}{5}30,6 = 24,48$ m

$d\text{-}e = 42,8 – 30,6 = 12,2$ m

OBLAST	$c_{pe,10}$	w_e [kN/m^2]
D	0,7	0,543
E	-0,3	-0,233

2.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS1 – Vlastní tíha

ZS2 – Střešní plášť + vaznice

ZS3 – Sníh rovnoměrný

ZS4 – Sníh navátý

ZS5 – Vítr příčný

ZS6 – Vítr podélný

2.4 KOMBINACE

Návrhové hodnoty zatížení (STR/GEO) (soubor B) – tab. 1.2

Rovnice 6.10 a, 6.10 b:

Kombinace příznivá:

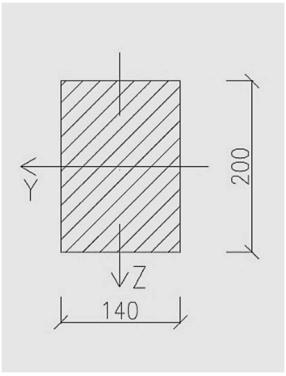
$$\sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

Kombinace nepříznivá:

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

Součinitelé spolehlivosti:

$\gamma_{G,sup} = 1{,}35$	dílčí součinitel bezpečnosti stálých zatížení
$\gamma_{G,inf} = 1{,}00$	dílčí součinitel bezpečnosti stálých zatížení
$\gamma_{Q,1} = 1{,}50$	dílčí součinitel bezpečnosti proměnných zat.
$\gamma_{Q,i} = 1{,}50$	dílčí součinitel bezpečnosti proměnných zat.
$\psi_{0,i} = 0{,}60$	součinitel pro kombinační hodnotu (vítr)



3. NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNICE

3.1 MATERIÁL

Třídy pevnosti a char. hodnoty pro konstrukční dřevo C24

Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	24 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	14 MPa
Tah kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	21 MPa
Tlak kolmo vlákny	$f_{c,90,k}$	2,5 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	2,5 MPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean}$	11 GPa
5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05}$	7,4 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{90,mean}$	0,37 GPa
Průměrná hodnota modulu ve smyku	G_{mean}	0,69 GPa
Hustota	ρ_k	350 kg/m^3

Třída provozu 2	$k_{MOD} = 0,9$
Součinitel materiálu	$\gamma_m = 1,3$

$$f_{v,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{2,5}{1,3} = 1,73 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,3} = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,36 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{21}{1,25} = 15,12 \text{ MPa}$$

3.2 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$L = 3000$ mm

$b = 140$ mm

$h = 200$ mm

$A = b \cdot h = 140 \cdot 200 = 28000\ mm^2$

$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 140 \cdot 200^3 = 9{,}33 \cdot 10^7\ mm^4$

$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 140^3 = 4{,}57 \cdot 10^7\ mm^4$

$w_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 140 \cdot 200^2 = 9{,}33 \cdot 10^5\ mm^3$

$w_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 200 \cdot 140^2 = 6{,}53 \cdot 10^5\ mm^3$

3.3 ZATÍŽENÍ

Z programu SCIA Engineer bylo zjištěno, že nejvíce namáhaná je vaznice č. 7.

VLASTNÍ TÍHA

$g_{vl,k} = b \cdot h \cdot \rho = 0{,}14 * 0{,}20 * 3{,}5 = 0{,}098\ kN/m$

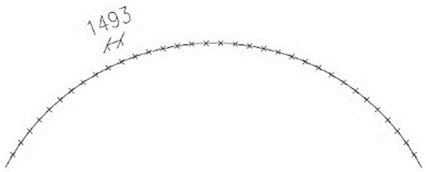
$g_{vl,d} = g_{vl,k} \cdot \gamma_G = 0{,}098 \cdot 1{,}35 = 0{,}132\ kN/m$

OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Zatěžovací šířka $= 1{,}493$ m

$g_{ost,k} = g_{ost} \cdot ZŠ = 0{,}124 \cdot 1{,}493 = 0{,}185\ kN/m$

$g_{ost,d} = g_{ost,k} \cdot \gamma_G = 0{,}185 \cdot 1{,}35 = 0{,}250\ kN/m$



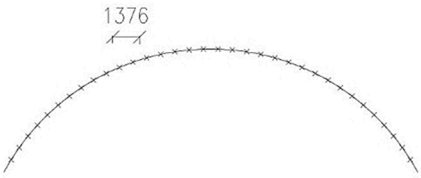
ZATÍŽENÍ VĚTREM – VÍTR PŘÍČNÝ

Vaznice č. 7.

Vaznice	ZŠ	Zatížení A [kN/m]	Zatížení B [kN/m]	Zatížení C [kN/m]
1	1,493	—	-1,159	—
2	1,493	—	-1,159	—
3	1,493	—	-1,159	—
4	1,493	—	-1,159	—
5	1,493	—	-1,159	—
6	1,493	—	-1,159	—
7	**1,493**	**—**	**-1,159**	**—**
8	1,493	—	-1,159	—
9	1,493	—	-1,159	—
10	1,493	0,579	—	-0,463
11	1,493	0,579	—	-0,463
12	1,493	0,579	—	-0,463
13	1,493	0,579	—	-0,463
14	1,493	0,579	—	-0,463
15	1,493	0,579	—	-0,463
16	1,493	0,579	—	-0,463
17	1,493	0,579	—	-0,463

$w_{A,k} = 1{,}159\ \text{kN/m}$

$w_{A,d} = w_{A,k} \cdot \gamma_Q = 1{,}159 \cdot 1{,}5 = 1{,}740\ \text{kN/m}$



ZATÍŽENÍ SNĚHEM

ZŠ = 1,376 m

sníh rovnoměrný s_1 =0,8kN/m²

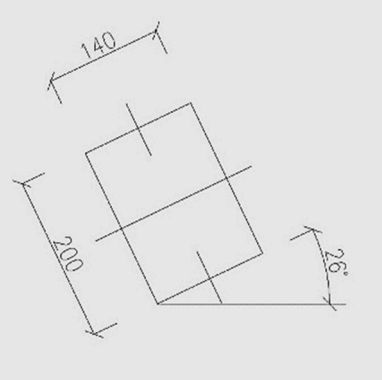
sníh naváty s_2 = 1,0 kN/m2

sníh naváty s_3 = 2,0 kN/m²

Vaznice	ZŠ	s1 Rovn. [kN/m]	s2 Navátý [kN/m]	s3 Navátý [kN/m]
1	1,492	1,194	1,492	2,984
2	1,486	1,189	1,486	2,972
3	1,475	1,180	1,475	2,950
4	1,458	1,166	1,458	2,916
5	1,436	1,149	1,436	2,872
6	1,408	1,126	1,408	2,816
7	1,376	1,101	1,376	2,752
8	1,337	1,070	1,337	2,674
9	1,294	1,035	1,294	2,588
10	1,246	0,997	1,246	2,492
11	1,194	0,955	1,194	2,388
12	1,075	0,860	1,075	2,150
13	1,010	0,808	1,010	2,020
14	0,940	0,752	0,940	1,880
15	0,867	0,694	0,867	1,734
16	0,791	0,633	0,791	1,582
17	0,376	0,301	0,376	0,752

$s_{nav,k} = s_3 \cdot ZŠ = 2{,}0 \cdot 1{,}376 = 2{,}752$ kN/m

$s_{nav,d} = s_{nav,k} \cdot \gamma_Q = 2{,}752 \cdot 1{,}5 = 4{,}128$ kN/m



ROZDĚLENÍ ZATÍŽENÍ DO SMĚRU Y A Z

$f_{y,d} = (g_{vl,d} + g_{ost,d} + s_{nav,d}) \cdot \cos 26° + w_{A,d} \cdot \psi_{0,i} =$

$(0{,}132+0{,}250+4{,}128) \cdot \cos 26° + 1{,}740 \cdot 0{,}6 = 3{,}962$ kN/m

$f_{z,d} = (g_{vl,d} + g_{ost,d} + s_{nav,d}) \cdot \sin 26° =$

$(0{,}132+0{,}250+4{,}128) \cdot \sin 26° = 3{,}439$ kN/m

3.4 POSOUZENÍ VAZNICE Č. 7

3.4.1 POSOUZENÍ NA MSÚ

Zatížení větrem způsobuje v ose vaznice tlakovou sílu, která je dále přenášena do ztužidel.

$N_{Ed} =$ -21,82 kN

$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A_{ef}} = \frac{21{,}82}{28000} = 0{,}78$ MPa

3.4.1.1 POSOUZENÍ NA ŠIKMÝ OHYB

Směr Y:

$M_{Ed,y} = \frac{1}{8} \cdot f_{y,d} \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3{,}962 \cdot 3{,}0^2 = 4{,}46$ kNm

$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{Wy} = \frac{4{,}457 \cdot 10^6}{9{,}33 \cdot 10^5} = 4{,}78$ MPa

Směr Z:

$M_{Ed,z} = \frac{1}{8} \cdot f_{z,d} \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3{,}439 \cdot 3{,}0^2 = 3{,}87$ kNm

$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z}}{Wz} = \frac{3{,}869 \cdot 10^6}{6{,}53 \cdot 10^5} = 5{,}93$ MPa

Posouzení:

$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}}\right) \leq 1{,}0$

$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}}\right) = \frac{4{,}777}{16{,}62} + 0{,}7 \cdot \left(\frac{5{,}925}{16{,}62}\right) = 0{,}54$

$0{,}54 \leq 1{,}0 \Rightarrow$ Vyhovuje

$$k_m \cdot \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}}\right) + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$k_m \cdot \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}}\right) + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = 0,7 \cdot \left(\frac{4,777}{16,62}\right) + \frac{5,925}{16,62} = 0,56$$

$0,56 \leq 1,0 \Rightarrow$ Vyhovuje

Posouzení kombinace ohybu a tlaku:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}}\right) \leq 1,0$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}}\right) = \left(\frac{0,78}{15,12}\right)^2 + \frac{4,777}{16,62} + 0,7\left(\frac{5,925}{16,62}\right) = 0,54$$

$0,54 \leq 1,0 \Rightarrow$ Vyhovuje

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}}\right) + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}}\right) + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \left(\frac{0,78}{15,12}\right)^2 + 0,7 \cdot \left(\frac{4,777}{16,62}\right) + \frac{5,925}{16,62} = 0,56$$

$0,56 \leq 1,0 \Rightarrow$ Vyhovuje

3.4.1.2 POSOUZENÍ NA SMYK

Směr Y:

$$V_{Ed,y} = \frac{1}{2} \cdot f_{y,d} \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 3,962 \cdot 3,0 = 5,943 \text{ kN}$$

$$\tau_{y,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{ed,y}}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{5,943}{28000} = 318,375 \text{ kPa}$$

Směr Z:

$$V_{Ed,z} = \frac{1}{2} \cdot f_{z,d} \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 3,439 \cdot 3,0 = 5,159 \text{ kN}$$

$$\tau_{z,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{ed,z}}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{5,159}{28000} = 276,375 \text{ kPa}$$

$$\tau_d = \sqrt{({\tau_{y,d}}^2 + {\tau_{z,d}}^2)} = \sqrt{(318,375^2 + 276,375^2)} = 421,599 \text{ kPa}$$

$\tau_d < f_{v,d}$

$421,599 < 1730$ kPa $\Rightarrow$ Vyhovuje

3.4.1.3 POSOUZENÍ NA KLOPENÍ

$$I_{ef} = \frac{l}{0,9} + 2 \cdot h = \frac{3,0}{0,9} + 2 \cdot 0,20 = 3,733 \text{ m}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 0,14^2}{0,20 \cdot 3,733} \cdot 7,4 \cdot 10^3 = 151,515 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{151,515}} = 0,398$$

$0,398 \leq 0,75 \Rightarrow$ Nosník neklopí

$k_{crit} = 1,0$

3.4.2 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

3.4.2.1 PRŮHYB OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ

$$G_d = (g_{vl,k} + g_{ost,k}) \cdot \gamma_G = (0,098+0,185) \cdot 1,0 = 0,283 \text{ kN/m}$$

$$G_{y,d} = G_d \cdot \cos 26° = 0,283 \cdot \cos 26° = 0,183 \text{ kN/m}$$

$$G_{z,d} = G_d \cdot \sin 26° = 0,283 \cdot \sin 26° = 0,216 \text{ kN/m}$$

$$w_{G,y,inst} = \frac{5 \cdot G_{y,d} \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 0,183 \cdot 3,0^4}{384 \cdot 11 \cdot 10^6 \cdot 9,33 \cdot 10^7} = 0,188 \text{ mm}$$

$$w_{G,z,inst} = \frac{5 \cdot G_{z,d} \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_z} = \frac{5 \cdot 0,216 \cdot 3,0^4}{384 \cdot 11 \cdot 10^6 \cdot 4,57 \cdot 10^7} = 0,453 \text{ mm}$$

$$w_{G,inst} = \sqrt{(w_{G,y,inst}{}^2 + w_{G,z,inst}{}^2)} = \sqrt{(0,188^2 + 0,453^2)} = 0,490 \text{ mm}$$

$k_{def} = 0,80 \rightarrow$ Třída provozu 2

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} \cdot (1+k_{def}) = 0,490 \cdot (1+0,8) = 0,882 \text{ mm}$$

3.4.2.2 PRŮHYB OD NAHODILÉHO ZATÍŽENÍ

PRŮHYB OD ZATÍŽENÍ SNĚHEM

$$Q_{d,1} = s_{nav,k} \cdot \gamma_G = 2,752 \cdot 1,0 = 2,752 \text{ kN/m}$$

$$Q_{y,d,1} = Q_{d,1} \cdot \cos 26° = 2,752 \cdot \cos 26° = 1,780 \text{ kN/m}$$

$$Q_{z,d,1} = Q_{d,1} \cdot \cos 26° = 2,752 \cdot \sin 26° = 2,099 \text{ kN/m}$$

$$w_{Q,1,y,inst} = \frac{5 \cdot Q_{y,d,1} \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 1,780 \cdot 3,0^4}{384 \cdot 11 \cdot 10^6 \cdot 9,33 \cdot 10^7} = 1,829 \text{ mm}$$

$$w_{Q,1,z,inst} = \frac{5 \cdot Q_{y,d,1} \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_z} = \frac{5 \cdot 2,099 \cdot 3,0^4}{384 \cdot 11 \cdot 10^6 \cdot 4,57 \cdot 10^7} = 4,400 \text{ mm}$$

$w_{Q,1,inst} = \sqrt{(w_{Q,1,y,inst}{}^2 + w_{Q,1,z,inst}{}^2)} = \sqrt{(1{,}829^2 + 4{,}400^2)} = 4{,}765$ mm

$w_{Q,1,fin} = w_{Q,1,inst} \cdot (1+\psi_2 \cdot k_{def}) = 4{,}765 \cdot (1+0 \cdot 0{,}8) = 4{,}765$ mm

PRŮHYB OD ZATÍŽENÍ VĚTREM

$Q_{d,2} = Q_{d,y,2} = w_{A,k} \cdot \gamma_G = 1{,}159 \cdot 1{,}0 = 1{,}159$ kN/m

$w_{Q,2,y,inst} = \frac{5 \cdot Q_{y,d,2} \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 1{,}159 \cdot 3{,}0^4}{384 \cdot 11 \cdot 10^6 \cdot 9{,}33 \cdot 10^7} = 1{,}190$ mm

$w_{Q,2,z,inst} = 0$ mm

$w_{Q,2,inst} = \sqrt{(w_{Q,2,y,inst}{}^2 + w_{Q,2,z,inst}{}^2)} = \sqrt{(1{,}190^2 + 0^2)} = 1{,}190$ mm

$w_{Q,2,fin} = w_{Q,2,inst} \cdot (\psi_{0,i}+\psi_{2,i} \cdot k_{def}) = 1{,}190 \cdot (0{,}5+0 \cdot 0{,}8) = 0{,}595$ mm

3.4.2.3 CELKOVÝ PRŮHYB VAZNICE

$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin} + w_{Q,2,fin} = 0{,}882+4{,}765+0{,}595 = 6{,}242$ mm

$w_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{3000}{250} = 12$ mm

$w_{fin} < w_{lim}$

$6{,}242 < 12$ mm $\Rightarrow$ Vyhovuje

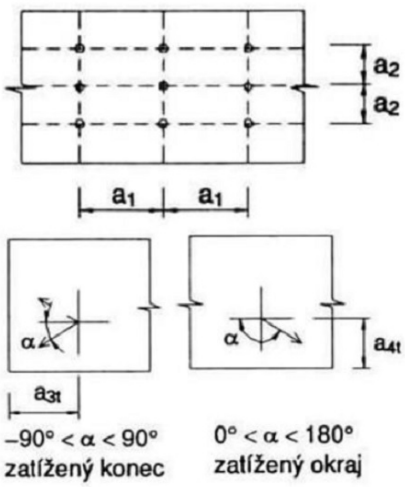
3.5 PŘIPOJENÍ VAZNICE K OBLOUKU

Spoj obloukového vazníku s vaznicí je proveden pomocí pravoúhlého úhelníku. Jako spojovací prostředky jsou navrženy vruty RAPI-TEC 6x50/50 o celkovém počtu 4 vrutů.

3.5.1 POSOUZENÍ SPOJE NA STŘIH

Vnitřní síly vypočteny programem Scia.

Prvek	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
Vp 426	1,450	CO4/1	**-62,03**	-0,02	-0,39
Vl 3	1,450	CO4/2	**107,68**	4,84	0,05
Vl 3	0,000	CO4/2	94,88	**-5,78**	6,53
Vp 3	0,000	CO4/2	86,97	**5,80**	6,53
Vl 7	3,000	CO4/3	-1,32	1,03	**-9,27**
Vl 7	0,000	CO4/3	-11,74	-0,90	**9,27**



Maximální síla na střih byla vypočtena ve 3.4.1.2
$V_{Ed} = 5{,}159$ kN

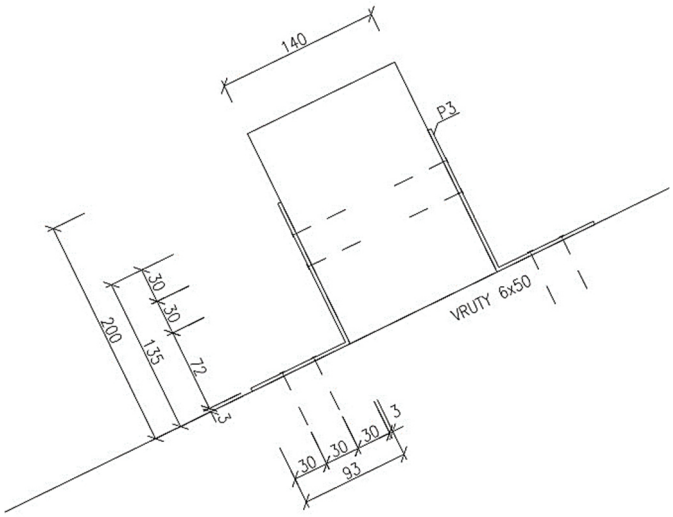
$\alpha = 0°$

$a_1 = (4 + \cos\alpha) \cdot d = (4 + \cos 0°) \cdot 6 = 30$ mm

$a_2 = (3 + \sin\alpha) \cdot d = (4 + \sin 0°) \cdot 6 = 18$ mm

$a_{3,t} = (4 + 5\cos\alpha) \cdot d = (4 + 5\cos 0°) \cdot 6 = 72$ mm

$a_{4,t} = (4 + 4\sin\alpha) \cdot d = (4 + 4\sin 0°) \cdot 6 = 18$ mm



$0{,}5 \cdot d = 0{,}5 \cdot 6 = 3$mm

tl. ocel. desky = 3mm ⇒ Tenká deska

4 vruty

PEVNOST V OTLAČENÍ DŘEVĚNÉHO PRVKU

$\alpha = 0°$

$k_{90} = 1{,}35 + 0{,}015 \cdot d = 1{,}35 + 0{,}015 \cdot 6 = 1{,}44$

pro oblouk :

$\rho_k = 410$ kg/m^3

$f_{h,0,k} = 0{,}082 \cdot (1\text{-}0{,}01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0{,}082 \cdot (1\text{-}0{,}01 \cdot 6) \cdot 410 = 31{,}6$ MPa

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin\alpha + \cos\alpha} = \frac{31{,}6}{1{,}44 \cdot 0 + 1} = 31{,}6 \text{ Mpa}$$

Plastický moment únostnosti spojovacího prostředku:

$M_{y,Rk} = 0{,}3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0{,}3 \cdot 360 \cdot 6^{2,6} = 11\,400$ Nmm

Pro tenkou ocelovou desku jednostřižně namáhanou:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} 0{,}4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 1{,}15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{4} \end{Bmatrix}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} 0{,}4 \cdot 31{,}6 \cdot 50 \cdot 6 \\ 1{,}15 \cdot \sqrt{2 \cdot 11\,400 \cdot 31{,}6 \cdot 6} + \frac{0}{4} \end{Bmatrix}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} 3{,}8\ \text{kN} \\ 2{,}4\ \text{kN} \end{Bmatrix}$$ - pro jeden spojovací prostředek

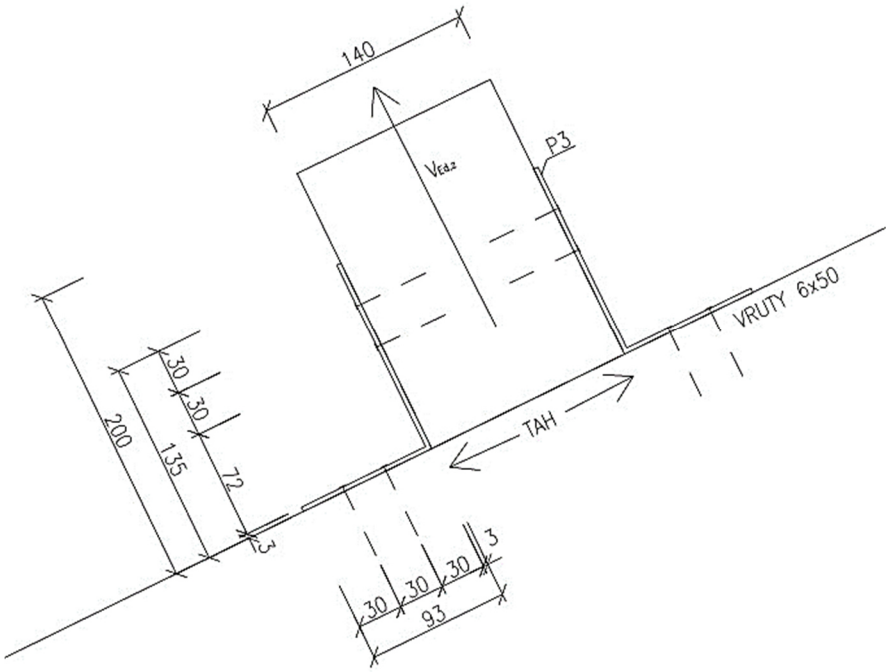
$$F_{v,Rk} = 2{,}4 \cdot 4 = 9{,}6\ \text{kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{MOD} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_m} = 0{,}9 \cdot \frac{9{,}6}{1{,}3} = 6{,}65\ \text{kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{5{,}159}{6{,}65} = 0{,}74 \leq 1{,}0 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

3.5.2 POSOUZENÍ PŘÍPOJE NA SÁNÍ VĚTRU



3.5.2.1 ZATÍŽENÍ PŮSOBÍCÍ NA PŘÍPOJ

Hodnoty převzaty ze softwaru Scia.

Prvek	dx [m]	Stav	Vz [kN]
Vp 7	0,000	CO5/1	**-3,76**
Vp 7	0,000	CO5/2	**4,85**

Extrémní tahová síla vzniká sáním podélného větru.

Příslušná kombinace zatížení: $ZS1 \cdot 1{,}0 + ZS2 \cdot 1{,}0 + ZS9 \cdot 1{,}5$

$V_{Ed,z} = -3{,}76$ kN

3.5.2.2 POSOUZENÍ SPOJE NA STŘIH

4x RAPI-TEC 6x50/50

$0{,}5 \cdot d = 0{,}5 \cdot 6 = 3$mm

tl. ocel. desky = 3mm ⇒ Tenká deska

4 vruty

Pevnost v otlačení dřevěného prvku:

$\alpha = 0°$

$k_{90} = 1{,}35 + 0{,}015 \cdot d = 1{,}35 + 0{,}015 \cdot 6 = 1{,}44$

pro oblouk :

$\rho_k = 410$ kg/m^3

$f_{h,,k} = 0{,}082 \cdot (1\text{-}0{,}01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0{,}082 \cdot (1\text{-}0{,}01 \cdot 6) \cdot 410 = 31{,}6$ MPa

Plastický moment únostnosti spojovacího prostředku:

$M_{y,Rk} = 0{,}3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0{,}3 \cdot 360 \cdot 6^{2,6} = 11\,400$ Nmm

Pro tenkou ocelovou desku jednostřižně namáhanou:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} 0{,}4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 1{,}15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{4} \end{Bmatrix}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} 0{,}4 \cdot 31{,}6 \cdot 50 \cdot 6 \\ 1{,}15 \cdot \sqrt{2 \cdot 11\,400 \cdot 31{,}6 \cdot 6} + \frac{0}{4} \end{Bmatrix}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} 3{,}8\ \text{kN} \\ 2{,}4\ \text{kN} \end{Bmatrix}$$

- pro jeden spojovací prostředek

$F_{v,Rk} = 2,4 \cdot 4 = 9,6$ kN

$F_{v,Rd} = k_{MOD} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{9,6}{1,3} = 6,65$ kN

Posouzení:

$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{3,76}{6,65} = 0,57 \leq 1,0 \Rightarrow$Vyhovuje

3.5.2.3 POSOUZENÍ SPOJE NA VYTAŽENÍ

$\alpha = 90°$

$f_{ax} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \rho k = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 410 = 28,78$ MPa

$f_{ax,\alpha,k} = \frac{f_{ax}}{\sin\alpha + 1,5 \cdot \cos\alpha} = \frac{28,78}{1} = 28,78$ Mpa

$n_{ef} = n^{0,9} = 4^{0,9} = 3,48$

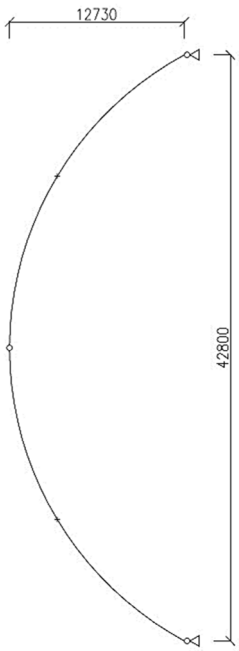
$l_{ef} = 50 - 6 = 44$ mm

$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} \cdot \left(\frac{\pi \cdot d}{l_{ef}}\right)^{0,8} \cdot f_{ax,\alpha,k} = 3,48 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 6}{44}\right)^{0,8} \cdot 28,78 = 51$ kN

$F_{ax,\alpha,Rd} = k_{MOD} \cdot \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{51}{1,3} = 35,3$ kN

Posouzení:

$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{3,76}{35,3} = 0,12 \leq 1,0 \Rightarrow$Vyhovuje



4. NÁVRH A POSOUZENÍ OBLOUKOVÉHO VAZNÍKU

4.1 MATERIÁL

Třídy pevnosti a char. hodnoty pro lepené lamelové dřevo GL28h

Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	28 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	19,5 MPa
Tah kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,45 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	26,5 MPa
Tlak kolmo vlákny	$f_{c,90,k}$	3,0 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	3,2 MPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean}$	12,6 GPa
5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05}$	10,20 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{90,mean}$	0,42 GPa
Průměrná hodnota modulu ve smyku	G_{mean}	0,72 GPa
Hustota	ρ_k	410 kg/m^3

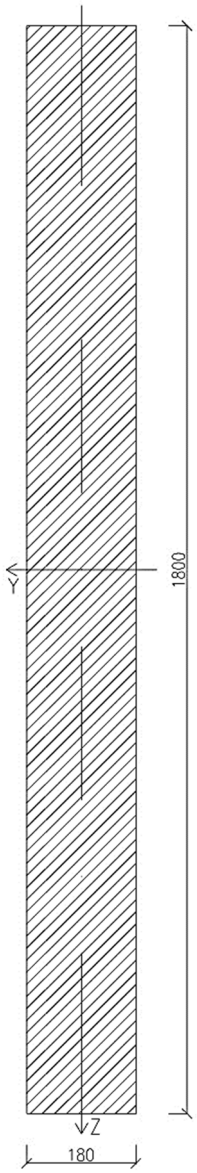
Třída provozu 2	$k_{MOD} = 0{,}9$
Součinitel materiálu	$\gamma_m = 1{,}25$

$$f_{m,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0{,}9 \cdot \frac{28}{1{,}25} = 20{,}16 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_m} = 0{,}9 \cdot \frac{0{,}45}{1{,}25} = 0{,}32 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 0{,}9 \cdot \frac{26{,}5}{1{,}25} = 19{,}08 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0{,}9 \cdot \frac{3{,}2}{1{,}25} = 2{,}30 \text{ MPa}$$



4.2 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$L_y = 52{,}273$ m

$b = 180$ mm

$h = 1800$ mm

$A = 180 \cdot 1800 = 324\,000$ mm^2

$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 180 \cdot 1800^3 = 8{,}75 \cdot 10^{10}$ mm^4

$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 1800 \cdot 180^3 = 8{,}75 \cdot 10^{8}$ mm^4

$w_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{6} \cdot 180 \cdot 1800^2 = 9{,}72 \cdot 10^{7}$ mm^3

$w_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{6} \cdot 1800 \cdot 180^2 = 9{,}72 \cdot 10^{6}$ mm^3

$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{8{,}75 \cdot 10^{10}}{324000}} = 520$ mm

$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{8{,}75 \cdot 10^{8}}{324000}} = 52$ mm

4.3 POSOUZENÍ NA MSÚ

Hodnoty pro výpočet generovány z výpočtového modelu v softwaru Scia Engineer.

4.3.1 POSOUZENÍ OBLOUKU NA KOMBINACI MAXIMÁLNÍHO OHYBU A OSOVÉHO TLAKU

Prvek	dx [m]	Stav	N [kN]	My [kNm]
Ol 6	8,961	CO4/4	-205,16	**-299,06**
Ol 6	14,934	CO4/21	-160,97	**92,88**

$M_{y,max,d} = 299{,}06$ kNm

$N_{odp,d} = 205{,}16$ kN

OHYB

$r = 24{,}355\text{m}$, $r_{in} = 23{,}455\text{m}$, $h_{ap} = 1{,}8\text{m}$, $t = 0{,}05\text{m}$

$\frac{r_{in}}{t} = \frac{23{,}455}{0{,}05} = 469\text{ m} > 240 \Rightarrow k_r = 1$

$\alpha_{ap} = 0°$

$k_1 = 1 + 1{,}4 \cdot tg\alpha_{ap} + 5{,}4 \cdot tg^2\alpha_{ap} = 1$

$k_2 = 0{,}35 - 8 \cdot tg\alpha_{ap} = 0{,}35$

$k_3 = 0{,}6 + 8{,}3 \cdot tg\alpha_{ap} - 7{,}8 \cdot tg^2\alpha_{ap} = 0{,}6$

$k_4 = 6 \cdot tg^2\alpha_{ap} = 0$

$$k_l = k_1 + k_2 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3 =$$

$$1 + 0{,}35 \cdot \left(\frac{1{,}8}{24{,}355}\right) + 0{,}6 \cdot \left(\frac{1{,}8}{24{,}355}\right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{1{,}8}{24{,}355}\right)^3 = 1{,}03$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,max,d}}{W_y} \cdot k_l = \frac{299{,}06 \cdot 10^6}{9{,}72 \cdot 10^7} \cdot 1{,}03 = 3{,}15\text{ Mpa}$$

$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \cdot k_r = 20{,}16 \cdot 1 = 20{,}16$ Mpa

3,15 MPa ≤ 20,16 MPa ⇒ vyhovuje

OSOVÝ TLAK

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{odp,d}}{A} = \frac{205{,}16 \cdot 10^3}{324000} = 0{,}63\text{ MPa}$$

$\beta_y = 0{,}625$

$L_{cr,y} = \beta_y \cdot L_y = 0{,}625 \cdot 52{,}273 = 32{,}67$ m

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{32670}{520} = 62{,}8 \leq 200$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{62{,}8}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26{,}5}{10{,}2 \cdot 10^3}} = 1{,}02$$

$$k_y = 0{,}5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0{,}3) + \lambda_{rel,y}^2) =$$

$$0{,}5 \cdot (1 + 0{,}1 \cdot (1{,}02 - 0{,}3) + 1{,}02^2) = 1{,}06$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1{,}06 + \sqrt{1{,}06^2 - 1{,}02^2}} = 0{,}74$$

$L_z = 7{,}464$ m (podélná ztužidla zabraňují vybočení)

$L_{cr,z} = \beta_z \cdot L_z = 1 \cdot 7{,}464 = 7{,}464$ m

$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{7464}{52} = 144 \leq 200$

$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{144}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26{,}5}{10{,}2 \cdot 10^3}} = 2{,}34$

$k_z = 0{,}5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,z} - 0{,}3) + \lambda_{rel,z}^2) =$

$0{,}5 \cdot (1 + 0{,}1 \cdot (2{,}34 - 0{,}3) + 2{,}34^2) = 3{,}34$

$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{3{,}34 + \sqrt{3{,}34^2 - 2{,}34^2}} = 0{,}17$

Rozhodující je vzpěr $\perp$ k ose z.

Posouzení:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d} \cdot k_r}\right) = \left(\frac{0{,}63}{0{,}17 \cdot 19{,}08}\right)^2 + \left(\frac{3{,}15}{20{,}16 \cdot 1}\right) = 0{,}19$$

$0{,}19 \leq 1{,}0 \Rightarrow$ Vyhovuje

4.3.2 POSOUZENÍ OBLOUKU NA KOMBINACI MAXIMÁLNÍHO TLAKU A OHYBU

Prvek	dx [m]	Stav	N [kN]	My [kNm]
Ol 26	1,493	CO4/3	**-252,57**	-69,17
Ol 26	25,387	CO4/22	**-147,28**	-0,91

$M_{y,odp,d} = 69{,}17$ kNm

$N_{max,d} = 252{,}57$ kN

OHYB

$r = 24{,}355\text{m}$, $r_{in} = 23{,}455\text{m}$, $h_{ap} = 1{,}8\text{m}$, $t = 0{,}05\text{m}$

$\frac{r_{in}}{t} = \frac{23{,}455}{0{,}05} = 469\text{ m} > 240 \Rightarrow k_r = 1$

$\alpha_{ap} = 0°$

$k_1 = 1 + 1{,}4 \cdot tg\alpha_{ap} + 5{,}4 \cdot tg^2\alpha_{ap} = 1$

$k_2 = 0{,}35 - 8 \cdot tg\alpha_{ap} = 0{,}35$

$k_3 = 0{,}6 + 8{,}3 \cdot tg\alpha_{ap} - 7{,}8 \cdot tg^2\alpha_{ap} = 0{,}6$

$k_4 = 6 \cdot tg^2\alpha_{ap} = 0$

$$k_l = k_1 + k_2 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3 =$$

$$1 + 0{,}35 \cdot \left(\frac{1{,}8}{24{,}355}\right) + 0{,}6 \cdot \left(\frac{1{,}8}{24{,}355}\right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{1{,}8}{24{,}355}\right)^3 = 1{,}03$$

$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,odp,d}}{W_y} \cdot k_l = \frac{69{,}17 \cdot 10^6}{9{,}72 \cdot 10^7} \cdot 1{,}03 = 7{,}3\text{ MPa}$

$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \cdot k_r = 20{,}16 \cdot 1 = 20{,}16\text{ Mpa}$

$7{,}3\text{ MPa} \leq 20{,}16\text{ MPa} \Rightarrow$ Vyhovuje

OSOVÝ TLAK

$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{max,d}}{A} = \frac{252{,}57 \cdot 10^3}{324000} = 0{,}78\text{ MPa}$

$\beta_y = 0{,}625$

$L_{cr,y} = \beta_y \cdot L_y = 0{,}625 \cdot 52{,}273 = 32{,}67\text{ m}$

$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{32670}{520} = 62{,}8 \leq 200$

$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{62{,}8}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26{,}5}{10{,}2 \cdot 10^3}} = 1{,}02$

$$k_y = 0{,}5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0{,}3) + \lambda_{rel,y}^2) =$$

$$0{,}5 \cdot (1 + 0{,}1 \cdot (1{,}02 - 0{,}3) + 1{,}02^2) = 1{,}06$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1{,}06 + \sqrt{1{,}06^2 - 1{,}02^2}} = 0{,}74$$

$L_z = 7{,}464$ m (podélná ztužidla zabraňují vybočení)

$L_{cr,z} = \beta_z \cdot L_z = 1 \cdot 7{,}464 = 7{,}464$ m

$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{7464}{52} = 144 \leq 200$

$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{144}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26{,}5}{10{,}2 \cdot 10^3}} = 2{,}34$

$k_z = 0{,}5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,z} - 0{,}3) + \lambda_{rel,z}^2) =$

$0{,}5 \cdot (1 + 0{,}1 \cdot (2{,}34 - 0{,}3) + 2{,}34^2) = 3{,}34$

$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{3{,}34 + \sqrt{3{,}34^2 - 2{,}34^2}} = 0{,}17$

Rozhodující je vzpěr $\perp$ k ose z.

Posouzení:

$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d} \cdot k_r}\right) = \left(\frac{0{,}78}{0{,}17 \cdot 19{,}08}\right)^2 + \left(\frac{7{,}3}{20{,}16 \cdot 1}\right) = 0{,}42$

$0{,}42 \leq 1{,}0 \Rightarrow$ Vyhovuje

4.3.3 POSOUZENÍ OBLOUKU NA PŘÍČNÉ NAPĚTÍ

$M_{y,max,d} = 299{,}06$ kNm

$r = 24{,}355$m, $r_{in} = 23{,}455$m, $h_{ap} = 1{,}8$m

$k_5 = 0{,}2 \cdot tg\alpha_{ap} = 0$

$k_6 = 0{,}25 - 1{,}5 \cdot tg\alpha_{ap} + 2{,}6 \cdot tg^2\alpha_{ap} = 0{,}25$

$k_7 = 2{,}1 \cdot tg\alpha_{ap} - 4 \cdot tg^2\alpha_{ap} = 0$

$k_{dis} = 1{,}4$ - pro zakřivený nosník

$k_p = k_5 + k_6 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_7 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 =$

$0 + 0{,}25 \cdot \left(\frac{1{,}8}{24{,}355}\right) + 0 \cdot \left(\frac{1{,}8}{24{,}355}\right)^2 = 0{,}018$

$V_o = 0{,}01$ m^3

$\beta = 60°$

$V = \frac{\beta \cdot \pi}{180} \cdot b \cdot \left({h_{ap}}^2 + 2 \cdot r_{in} \cdot h_{ap}\right) =$

$\frac{60 \cdot \pi}{180} \cdot 0{,}18 \cdot (1{,}8^2 + 2 \cdot 23{,}455 \cdot 1{,}8) = 16{,}53\ m^3$

$V < \frac{2}{3}\ V_b = \frac{2}{3} \cdot L \cdot h \cdot b = \frac{2}{3} \cdot 24{,}355 \cdot 1{,}8 \cdot 0{,}18 = 5{,}26\ m^3$

$16{,}53\ m^3 \not< 5{,}26\ m^3$

$k_{vol} = \left(\frac{V_o}{V}\right)^{0,2} = \left(\frac{0{,}01}{16{,}53}\right)^{0,2} = 0{,}22$

$\sigma_{c,90,d} = k_p \cdot \frac{M_{y,max,d}}{W_y} = 0{,}018 \cdot \frac{299{,}06 \cdot 10^6}{9{,}72 \cdot 10^7} = 0{,}06\ MPa$

$\sigma_{c,90,d} \leq f_{t,90,d} \cdot k_{vol} \cdot k_{dis} = 0{,}32 \cdot 0{,}22 \cdot 1{,}4 = 0{,}10\ MPa$

$0{,}06\ MPa \leq 0{,}10\ MPa \Rightarrow$ Vyhovuje

4.3.4 POSOUZENÍ OBLOUKU NA SMYK

Prvek	dx [m]	Stav	Vz [kN]
Ol 8	0,000	CO4/4	-70,23

$V_{Ed} = 70{,}23\ kN$

$A_{ef} = b_{ef} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 0{,}18 \cdot 1{,}8 = 0{,}216\ m^2$

$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{70{,}23}{0{,}216} = 0{,}487\ MPa$

$\tau_{v,d} \leq f_{v,d} = 2{,}30\ MPa$

$0{,}487\ MPa \leq 2{,}30\ MPa \Rightarrow$ Vyhovuje

4.3.5 POSOUZENÍ OBLOUKU NA KLOPENÍ

Prvek	dx [m]	Stav	N [kN]	My [kNm]
Ol 6	8,961	CO4/4	-205,16	-299,06
Op 8	8,213	CO4/5	-153,51	110,62

$N_{Ed} = 205{,}16\ kN$

$M_{Ed} = 299{,}06\ kNm$

Dolní a horní pás – bez uvažování podélného ztužení

$L_{cr} = 26{,}14$ m

$\sigma_{m,cr} = \frac{0{,}78 \cdot b^2}{h \cdot L_{cr}} \cdot E_{0,05} = \frac{0{,}78 \cdot 0{,}18^2}{1{,}8 \cdot 26{,}14} \cdot 10{,}20 \cdot 10^3 = 5{,}479$ MPa

$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,cr}}} = \sqrt{\frac{28}{5{,}479}} = 2{,}261 > 1{,}4$

$k_{crit} = \frac{1}{\lambda_{rel,m}{}^2} = \frac{1}{2{,}26^2} = 0{,}2$

$k_{c,z} = 0{,}17$

$\sigma_{c,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{205{,}16 \cdot 10^3}{324000} = 0{,}63$ MPa

$\sigma_{m,d} = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{299{,}06 \cdot 10^6}{9{,}72 \cdot 10^7} = 3{,}08$ MPa

Posouzení:

$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d} \cdot k_{crit}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}}\right) = \left(\frac{3{,}08}{20{,}16 \cdot 0{,}2}\right)^2 + \left(\frac{0{,}63}{0{,}17 \cdot 19{,}08}\right) = 0{,}78$

$0{,}78 \leq 1{,}0 \Rightarrow$ Vyhovuje

Dolní a horní pás – výpočet s uvážením podélného ztužení

$L_{cr} = 7{,}464$ m

$\sigma_{m,cr} = \frac{0{,}78 \cdot b^2}{h \cdot L_{cr}} \cdot E_{0,05} = \frac{0{,}78 \cdot 0{,}18^2}{1{,}8 \cdot 7{,}464} \cdot 10{,}20 \cdot 10^3 = 19{,}19$ MPa

$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,cr}}} = \sqrt{\frac{28}{19{,}19}} = 1{,}2 < 1{,}4$

$k_{crit} = 1{,}56 - 0{,}75 \cdot \lambda_{rel} = 1{,}56 - 0{,}75 \cdot 1{,}2 = 0{,}66$

$k_z = 0{,}5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,z} - 0{,}3) + \lambda_{rel,z}{}^2) =$

$0{,}5 \cdot (1 + 0{,}1 \cdot (1{,}2 - 0{,}3) + 1{,}2^2) = 1{,}265$

$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z{}^2 - \lambda_{rel,z}{}^2}} = \frac{1}{1{,}265 + \sqrt{1{,}265^2 - 1{,}2^2}} = 0{,}60$

$\sigma_{c,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{205{,}16 \cdot 10^3}{324000} = 0{,}63$ MPa

$\sigma_{m,d} = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{299{,}06 \cdot 10^6}{9{,}72 \cdot 10^7} = 3{,}08$ MPa

Posouzení:

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}\cdot k_{crit}}\right)^2+\left(\frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z}\cdot f_{c,0,d}}\right)=\left(\frac{3{,}08}{20{,}16\cdot 0{,}66}\right)^2+\left(\frac{0{,}63}{0{,}60\cdot 19{,}08}\right)=0{,}11$$

$0{,}11 \leq 1{,}0 \Rightarrow$ Vyhovuje

Při návrhu jsem uvažovala s možností bez podélných ztužidel a posouzení oblouku na klopení bylo rozhodujícím.

Ovšem v případě uvážení podélného ztužení by bylo vhodnější použít dřevo nižší třídy pevnosti nebo snížit průřez obloukového vazníku.

4.4 POSOUZENÍ NA MSP

Hodnoty průhybu převzaty z programu Scia Engineer.

Prvek	dx [m]	Stav	uz [mm]
Op 21	0,000	ZS1	-2,5
Op 21	0,000	ZS2	-0,5
Op 25	0,000	ZS8	-5,5

4.4.1 PRŮHYB OS STÁLÉHO ZATÍŽENÍ

$w_{G,inst,ZS1} = 2{,}5$ mm

$w_{G,inst,ZS2} = 0{,}5$ mm

$w_{G,inst} = w_{G,inst,ZS1} + w_{G,inst,ZS2} = 2{,}5 + 0{,}5 = 3{,}0$ mm

$w_{G,fin} = w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 3{,}0 \cdot (1+0{,}8) = 4{,}8$ mm

4.4.2 PRŮHYB OD NAHODILÉHO ZATÍŽENÍ

$w_{Q,inst,ZS8} = 5{,}5$ mm

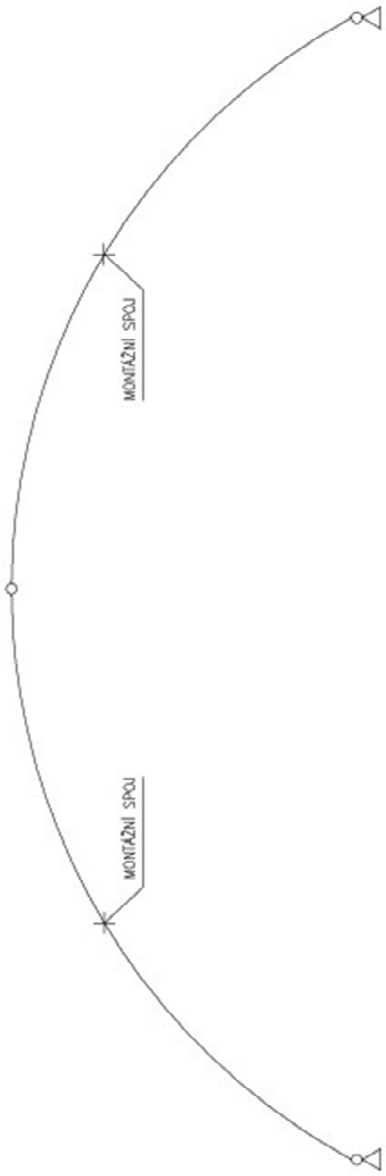
$w_{Q,1,fin} = w_{Q,inst,ZS8} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) = 5{,}5 \cdot (1 + 0{,}0 \cdot 0{,}8) = 5{,}5$ mm

4.4.3 CELKOVÝ PRŮHYB OBLOUKU

$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin} = 4{,}8 + 5{,}5 = 10{,}3$ mm

$w_{fin} < w_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{42800}{250} = 172$ mm

$10{,}3$ mm < 172 mm $\Rightarrow$ Vyhovuje



4.5 NÁVRH A POSOUZENÍ SPOJŮ

4.5.1 MONTÁŽNÍ SPOJ OBLOUKU

Montážní spoj je navržen z důvodu přepravy oblouku. Na jednom oblouku se nachází dva montážní spoje, přičemž největší délka jedné části oblouku je 13m. Spoj je tvořen styčníkovým plechem z oceli S235 vsazeným do oblouku a kolíkovými spojovacími prostředky. Každým čtvrtým prvkem bude svorník.

Celkem je navrženo 30 kolíků a 10 svorníku, M20.

Je uvažováno, že tlaková síla je přenesena kontaktem.

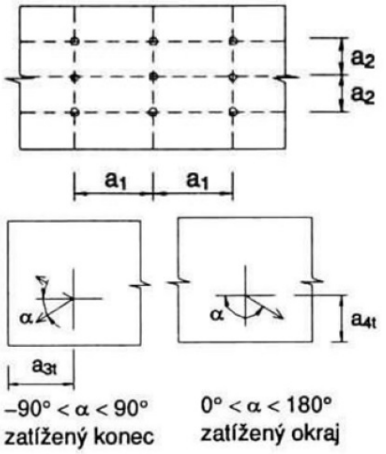
4.5.1.1 MATERIÁL

Parametry čepu:

materiál čepu	ocel S235
mez pevnosti	$f_y = 235$ MPa
mez kluzu	$f_u = 360$ MPa
průměr čepu	$d = 50$ mm
plocha čepu	$A = 1963$ mm^2

Parametry plechu:

materiál čepu	ocel S235
mez pevnosti	$f_y = 235$ MPa
mez kluzu	$f_u = 360$ MPa
tloušťka plechu	$t_1 = 30$ mm, $t_2 = 15$ mm
plocha kolíku	$A = 314$ mm^2



4.5.1.2 GEOMETRIE SPOJE

Minimální vzdálenosti kolíků a svorníků:

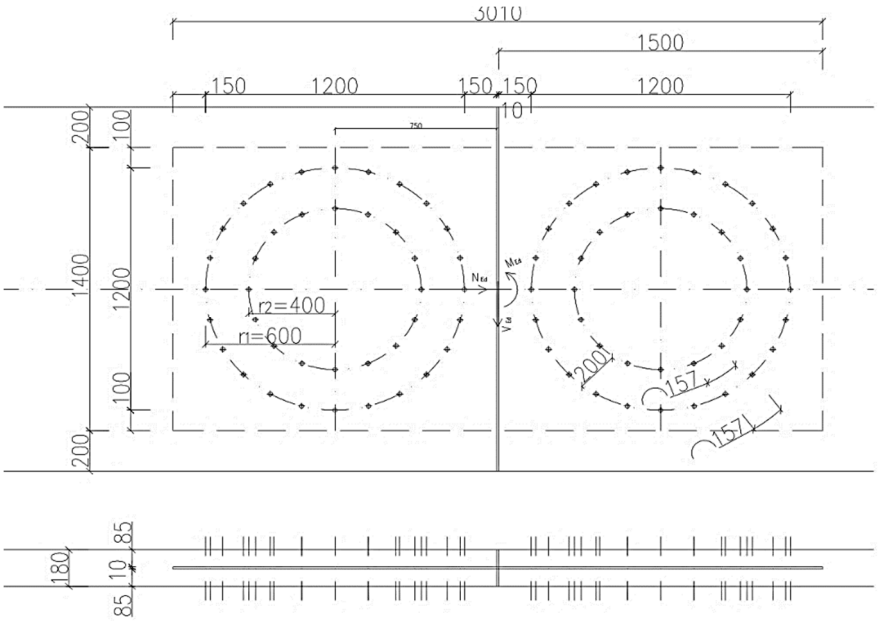
$a_1 = (4 + 3 \cdot \cos\alpha) \cdot d = (4 + 3 \cdot \cos 0°) \cdot 20 = 140$ mm

$a_2 = 4 \cdot d = 4 \cdot 20 = 80$ mm

Minimální vzdálenosti kolíků a svorníků od okraje:

$a_{3,t} = 7 \cdot d = 7 \cdot 20 = 140$ mm

$a_{4,t} = (2 + 2 \cdot \sin\alpha) \cdot d = (2 + 2 \cdot \sin 90°) \cdot 20 = 80$ mm



Kolíky a svorníky: $r_1 = 600$ mm; $n_1 = 24$ ks

$r_2 = 400$ mm; $n_2 = 16$ ks

4.5.1.3 VNITŘNÍ SÍLY V MÍSTĚ SPOJE

Prvek	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
Ol 9	0,000	CO4/4	-215,33	**-70,22**	0,00
Ol 9	13,441	CO4/12	-192,71	**36,83**	-105,69
Ol 9	13,441	CO4/9	-129,20	21,33	**76,73**
Ol 9	13,441	CO4/4	-186,17	25,16	**-226,85**
Op 9	0,000	CO4/11	**-165,00**	5,74	0,00
Op 9	0,000	CO4/16	-117,06	**-11,85**	0,00

$M_{y,Ed} = $ -226,85 kNm

$V_{Ed} = 25{,}16$ kN

$N_{Ed} = 0$ kN (tlak je přenesen kontaktem)

SÍLY NA JEDEN SPOJOVACÍ PROSTŘEDEK

$$F_{1,N} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{0}{40} = 0 \text{ kN}$$

$$F_{1,V} = \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{25{,}16}{40} = 0{,}63 \text{ kN}$$

$$\sum r_i \cdot n_i = 0{,}4 \cdot 16 + 0{,}6 \cdot 24 = 20{,}8 \text{ m}$$

$$F_{1,M} = \frac{M_{Ed}}{\sum r_i \cdot n_i} = \frac{226,85}{20,8} = 10,91 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{{F_{1,N}}^2 + (F_{1,V} + F_{1,M})^2} = \sqrt{0^2 + (0,63 + 10,91)^2} = 11,54 \text{ kN}$$

4.5.1.4 POSOUZENÍ NA OTLAČENÍ DŘEVĚNÉHO PRVKU

$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 410 = 26,9$ MPa

$\alpha = 90°$

$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 20 = 1,65$

pro oblouk :

$\rho_k = 410$ kg/m^3

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin\alpha + \cos\alpha} = \frac{26,9}{1,65 \cdot 1 + 0} = 16,3 \text{ MPa}$$

Plastický moment únosnosti spojovacího prostředku:

$$M_{y,Rk} = \frac{0,8 \cdot f_u \cdot d^3}{6} = \frac{0,8 \cdot 360 \cdot 20^3}{6} = 384,00 \text{ kN/mm}$$

Charakteristická únosnost pro jeden střih jednoho spojovacího prostředku:

$t_1 = 85$ mm

$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot {t_1}^2 \cdot d}} - 1\right] + \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{4} \\ f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d \end{Bmatrix}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} 16,3 \cdot 85 \cdot 20 \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 384\,000}{16,3 \cdot 85^2 \cdot 20}} - 1\right] + 0 \\ 2,3 \cdot \sqrt{384\,000 \cdot 16,3 \cdot 20} + 0 \\ 16,3 \cdot 85 \cdot 20 \end{Bmatrix}$$

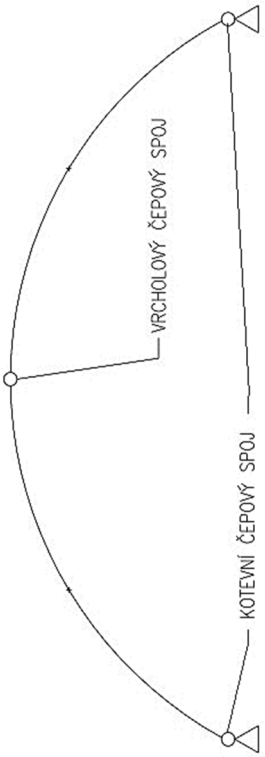
$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} 17,42 \text{ kN} \\ 25,73 \text{ kN} \\ 27,71 \text{ kN} \end{Bmatrix} = 17,42 \text{ kN}$$

- pro jeden spojovací prostředek a jednu střihovou rovinu

Dvě střihové roviny:

$F_{v,Rk} = 17,42 \cdot 2 = 34,84$ kN

$$F_{v,Rd} = k_{MOD} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{34,84}{1,3} = 24,12 \text{ kN}$$



Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{11,54}{24,12} = 0,48 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

4.5.1.5 POSOUZENÍ NA STŘIH SVORNÍKU

2 střihové roviny

$$As = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,020^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4}\ m^2$$

$$F_{V,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 360 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}}{1,25} = 108,52\ kN$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{V,Rd}} = \frac{11,54}{108,52} = 0,11 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

4.5.2 KOTEVNÍ A VRCHOLOVÝ ČEPOVÝ SPOJ OBLOUKU

Podporový čep a čep ve vrcholu budou identické.

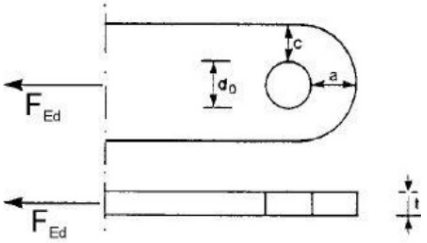
4.5.2.1 MATERIÁL

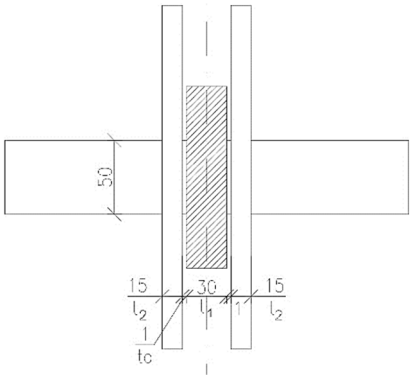
Parametry čepu:

materiál čepu	ocel S235
mez pevnosti	$f_y = 235$ MPa
mez kluzu	$f_u = 360$ MPa
průměr čepu	$d = 50$ mm
plocha čepu	$A = 1963$ mm^2

Parametry plechu:

materiál čepu	ocel S235
mez pevnosti	$f_y = 235$ MPa
mez kluzu	$f_u = 360$ MPa
tloušťka plechu	$t_1 = 30$ mm, $t_2 = 15$ mm
plocha kolíku	$A = 314$ mm^2





4.5.2.2 GEOMETRICKÉ POŽADAVKY NA ČEPOVÝ SPOJ

$F_{Ed} = 249{,}78$ kN

$$t \geq 0{,}7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}} = 0{,}7 \cdot \sqrt{\frac{249{,}78 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0}{235}} = 22{,}8 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_o}{3} = \frac{249{,}78 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0}{2 \cdot 30 \cdot 235} + \frac{2 \cdot 52}{3} = 52{,}4 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_o}{3} = \frac{249{,}78 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0}{2 \cdot 30 \cdot 235} + \frac{52}{3} = 35{,}0 \text{ mm}$$

Navrhuji: $t = 30$mm; $a = 60$ mm; $c = 40$ mm

$d_o = 52 \leq 2{,}5t = 2{,}5 \cdot 30 = 75$ mm

4.5.2.3 POSOUZENÍ ČEPU

4.5.2.3.1 VNITŘNÍ SÍLY

Síly nejvíce namáhaného vrcholového čepu:

Prvek	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]
Op 27	26,134	CO4/25	**-137,87**	22,11
Op 27	26,134	CO4/16	-124,08	**27,34**
Op 26	26,134	CO4/10	**-250,29**	34,37
Op 26	26,134	CO4/3	-219,73	**42,18**

Podpora	Stav	Rx [kN]	Rz [kN]
b26/N980	CO4/10	**-149,89**	203,93
b26/N980	CO4/2	**-42,79**	**57,54**
b26/N980	CO4/37	-133,13	**211,35**

Rozhodující kombinace:

$R_x = 211{,}35$ kN

$R_z = -133{,}13$ kN

$$F_{Ed} = \sqrt{R_x^{\,2} + R_z^{\,2}} = \sqrt{211{,}35^2 + 133{,}13^2} = 249{,}78 \text{ kN}$$

4.5.2.3.2 POSOUZENÍ ČEPU NA STŘIH

$F_{v,Ed} = 249{,}78$ kN, $d = 50$ mm

$$A_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0{,}052^2}{4} = 2{,}12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0{,}6 \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot 2{,}12 \cdot 10^{-3}}{1{,}25} = 407{,}75 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{V,Rd}} = \frac{249{,}78}{407{,}75} = 0{,}61 \leq 1{,}0 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

4.5.2.3.3 POSOUZENÍ ČEPU A PLECHU NA OTLAČENÍ

$F_{b,Ed} = 249{,}78$ kN

$F_{b,Rd} = \frac{1{,}5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1{,}5 \cdot 0{,}03 \cdot 0{,}05 \cdot 235 \cdot 10^6}{1{,}0} = 528{,}75$ kN

Posouzení:

$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{249{,}78}{528{,}75} = 0{,}47 \leq 1{,}0 \Rightarrow$ Vyhovuje

Tloušťky plechů

$2 \cdot t_2 = 2 \cdot 15 = 30$ mm $\geq t_1 = 30$ mm

4.5.2.3.4 POSOUZENÍ ČEPU NA OHYB

$F_{v,Ed} = 249{,}78$ kN

$M_{Ed} = \frac{F_{v,Ed}}{8} \cdot (t_1 + 4t_0 + 2t_2) = \frac{249{,}78 \cdot 10^3}{8} \cdot (30 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 15) = 1{,}99$ kNm

$W_{y,el} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 52^3}{32} = 1{,}38 \cdot 10^{-5}$ m^3

$M_{Rd} = \frac{1{,}5 \cdot W_{y,el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1{,}5 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-5} \cdot 235 \cdot 10^6}{1{,}0} = 4{,}86$ kNm

$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{1{,}99}{4{,}86} = 0{,}41 \leq 1{,}0 \Rightarrow$ vyhovuje

4.5.2.3.5 POSOUZENÍ ČEPU NA KOMBINACI OHYBU A SMYKU

$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{Ed}}{F_{V,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{1{,}99}{4{,}86}\right)^2 + \left(\frac{249{,}78}{407{,}75}\right)^2 = 0{,}54 \leq 1{,}0 \Rightarrow$ vyhovuje

4.5.2.4 POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ VSAZENÉHO PLECHU DO OBLOUKU

Připojení je provedeno z kolíků a vsazeného plechu do oblouku (2 prvky by měly být svorníky).

4.5.2.4.1 MATERIÁL

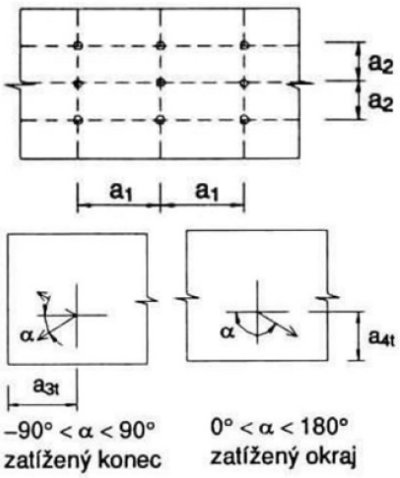
Parametry kolíku a svorníku:

materiál čepu	ocel S235
mez pevnosti	$f_y = 235$ MPa
mez kluzu	$f_u = 360$ MPa
průměr kolíku	$d = 20$ mm
plocha kolíku	$A = 314$ mm^2

Parametry vsazeného plechu:

materiál plechu	ocel S235 ($f_y = 235$ MPa, $f_u = 360$ MPa)
tloušťka plechu	$t = 15$ mm
velikost otvorů	$d_o = 20$ mm

4.5.2.4.2 GEOMETRIE SPOJE



Minimální vzdálenost sousedních kolíků

$a_1 = (4 + 3 \cdot \cos\alpha) \cdot d = (4 + 3 \cdot \cos 0°) \cdot 20 = 140$ mm

$a_2 = 4 \cdot d = 4 \cdot 20 = 80$mm

Vzdálenosti kolíků od okraje

$a_{3,t} = 7 \cdot d = 7 \cdot 20 = 140$ mm

$a_{4,t} = (2 + 1 \cdot \sin\alpha) \cdot d = (2 + 1 \cdot \sin 90°) \cdot 20 = 80$ mm

4.5.2.4.3 ÚNOSNOST JEDNOHO SPOJOVACÍHO PRVKU NA JEDEN STŘIH

Tlak přenesen kontaktem.

Rozhodující kombinace

$N_{Ed} = -250{,}29$ kN, $V_{Ed} = 42{,}18$ kN

$$F_{Ed} = \sqrt{N_{Ed}^{\,2} + V_{Ed}^{\,2}} = \sqrt{250{,}29^2 + 42{,}18^2} = 253{,}82 \text{ kN}$$

PEVNOST V OTLAČENÍ

$k_{90} = 1{,}35 + 0{,}015 \cdot d = 1{,}35 + 0{,}015 \cdot 20 = 1{,}65$

$f_{h,0,k} = 0{,}082 \cdot (1\text{-}0{,}01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0{,}082 \cdot (1\text{-}0{,}01 \cdot 20) \cdot 410 = 26{,}9 \text{ MPa}$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2\alpha + \cos^2\alpha} = \frac{26{,}9 \cdot 10^6}{1{,}65 \cdot \sin^2 90° + \cos^2 90°} = 17{,}70 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = \frac{0{,}8 \cdot f_u \cdot d^3}{6} = \frac{0{,}8 \cdot 360 \cdot 20^3}{6} = 384{,}00 \text{ kN/mm}$$

$F_{v,Rk,f} = f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d = 17{,}70 \cdot 80 \cdot 20 = 28{,}32 \text{ kN}$

$$F_{v,Rk,g} = f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot {t_1}^2}} - 1\right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} =$$

$$17{,}70 \cdot 80 \cdot 20 \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 384 \cdot 10^3}{17{,}70 \cdot 20 \cdot 80^2}} - 1\right] + 0 = 18{,}02 \text{ kN}$$

$F_{v,Rk,h} = 2{,}3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 2{,}3 \cdot \sqrt{384 \cdot 10^3 \cdot 17{,}70 \cdot 20} = 26{,}82 \text{kN}$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} F_{v,Rk,f} \\ F_{v,Rk,g} \\ F_{v,Rk,h} \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 28{,}32 \\ 18{,}02 \\ 26{,}82 \end{Bmatrix} = 18{,}02 \text{ kN}$$

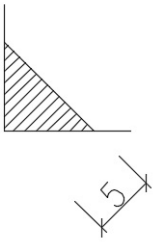
$$F_{v,Rd} = k_{MOD} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0{,}9 \cdot \frac{18{,}02}{1{,}3} = 12{,}48 \text{ kN}$$

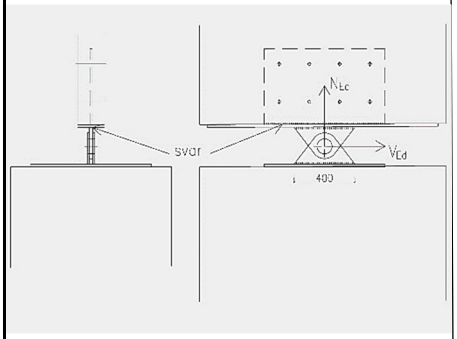
4.5.2.4.4 POSOUZENÍ KOLÍKOVÉHO SPOJE

Navrhuji 8 kolíků ϕ 20 mm a 4 svorníky ϕ 20 mm.

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{253{,}82}{12} = 21{,}15 \text{ kN}$$

$F_{1,Ed} = 12{,}15 \text{ kN} \leq 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 12{,}48 = 24{,}96 \text{ kN} \Rightarrow$ Vyhovuje





4.5.2.5 POSOUZENÍ SVARŮ

4.5.2.5.1 PŘIVAŘENÍ STYČNÍKOVÉHO PLECHU KOUTOVÝM SVAREM

$V_{Ed} = 149{,}89$ kN, $N_{Ed} = 250{,}29$ kN

délka svaru $l_1 = 400$ mm; tloušťka svaru $a_1 = 5$ mm

$A_w = 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 2 \cdot 0{,}005 \cdot 0{,}4 = 4 \cdot 10^{-3}$ m²

$$\sigma_\perp = \tau_\perp = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{250{,}29 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 44{,}25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{149{,}89 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^{-3}} = 37{,}47 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_\perp{}^2 + 3 \cdot \tau_\perp{}^2 + 3 \cdot \tau_\parallel{}^2} = \sqrt{44{,}25^2 + 3 \cdot 44{,}25^2 + 3 \cdot 37{,}47^2} = 109{,}75 \text{ MPa}$$

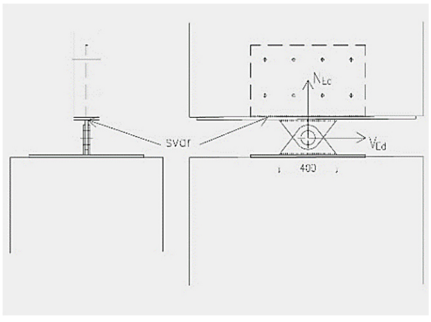
$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0{,}8 \cdot 1{,}5} = 300 \text{ MPa}$$

109,75 MPa ≤ 300 MPa ⇒ vyhovuje

$$\sigma_\perp \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = \frac{360 \cdot 10^6}{1{,}5} = 240 \text{ MPa}$$

44,25 MPa ≤ 240 MPa ⇒ vyhovuje

4.5.2.5.2 PŘIVAŘENÍ VSAZENÉHO PLECHU KOUTOVÝM SVAREM



$V_{Ed} = 149{,}89$ kN, $N_{Ed} = 250{,}29$ kN

délka svaru $l_1 = 800$ mm; tloušťka svaru $a_1 = 5$ mm

$A_w = 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 2 \cdot 0{,}005 \cdot 0{,}8 = 8 \cdot 10^{-3}$ m²

$$\sigma_\perp = \tau_\perp = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{250{,}29 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 22{,}12 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{149{,}89 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^{-3}} = 18{,}74 \text{ MPa}$$

$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} = \sqrt{44{,}25^2 + 3 \cdot 44{,}25^2 + 3 \cdot 37{,}47^2} = 54{,}87$ MPa

$\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0{,}8 \cdot 1{,}5} = 300$ MPa

54,87 MPa ≤ 300 MPa ⇒ vyhovuje

$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = \frac{360 \cdot 10^6}{1{,}5} = 240$ MPa

22,12 MPa ≤ 240 MPa ⇒ vyhovuje

5. SLOUPEK

Sloupky jsou svislými nosnými prvky čelních stěn, staticky působí jako nosník při spodním okraji kloubově uložený na základovou patku a při horním okraji kloubově s umožněním svislého posunu na vaznici.

Ve výpočtovém modelu byly modelovány jen pro účinky větru, nebyly dimenzovány.

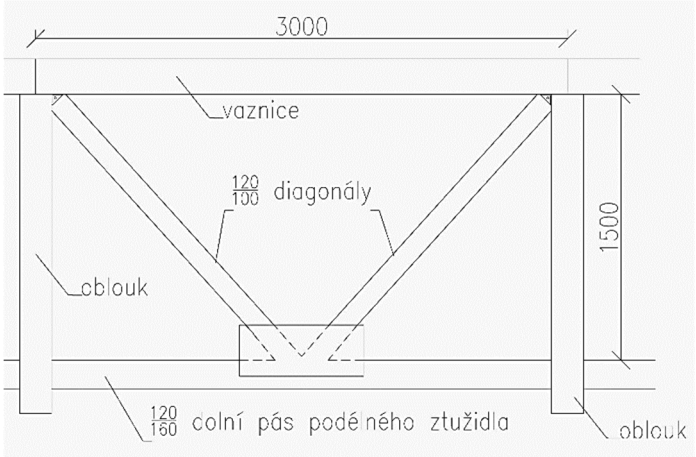
6. NÁVRH A POSOUZENÍ ZTUŽIDLA

6.1 PODÉLNÉ ZTUŽIDLO

Podélná ztužidla byla modelována a navržena pouze konstrukčně, nebyla dimenzována.

Podélné ztužení tvoří příhradový nosník, jehož pásy tvoří vaznice připojené k oblouku. Diagonály a dolní pás je navržen ze dřeva C24 obdobně jako vaznice.

Dolní pás k obloukovému vazníku je připojen pomocí třmenu připevněného vruty. Diagonály s dolním pásem jsou spojeny pomocí desek s prolisovanými trny (Gang-nail). Připojení diagonál k vaznici a vazníku je navrhnuto pomocí rohových úhelníků a vrutů.



6.2 PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO

6.2.1 MATERIÁL

Třídy pevnosti a char. hodnoty pro konstrukční dřevo C24

Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	24 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	14 MPa
Tah kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	21 MPa
Tlak kolmo vlákny	$f_{c,90,k}$	2,5 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	2,5 MPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean}$	11 GPa
5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05}$	7,4 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{90,mean}$	0,37 GPa
Průměrná hodnota modulu ve smyku	G_{mean}	0,69 GPa
Hustota	ρ_k	350 kg/m^3

Třída provozu 2	$k_{MOD} = 0,9$
Součinitel materiálu	$\gamma_m = 1,3$

$$f_{m,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,36 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{21}{1,25} = 15,12 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{MOD} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{2,5}{1,25} = 1,8 \text{ MPa}$$

6.2.2 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$L = 2152$ mm

$b = 100$ mm

$h = 120$ mm

$A = b \cdot h = 100 \cdot 120 = 12000\ mm^2$

$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 100 \cdot 120^3 = 1{,}44 \cdot 10^7\ mm^4$

$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 120 \cdot 100^3 = 1{,}00 \cdot 10^7\ mm^4$

$w_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 120^2 = 2{,}40 \cdot 10^5\ mm^3$

$w_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 120 \cdot 100^2 = 2{,}00 \cdot 10^5\ mm^3$

$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1{,}44 \cdot 10^7}{12000}} = 34{,}64$ mm

$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{1{,}00 \cdot 10^7}{12000}} = 28{,}97$ mm

6.2.3 POSOUZENÍ PŘÍČNÉHO ZTUŽENÍ

Vnitřní síly vypočteny v programu Scia.

Prvek	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]
Zp 197	2,152	CO8/2	**26,15**	-0,02
Zp 196	0,000	CO7/3	**-25,21**	0,02

Tlačený prut $N_{cd} = -25{,}21$ kN

Tažený prut $N_{td} = 26{,}15$ kN

6.2.3.1 POSOUZENÍ TLAČENÉHO PRUTU ZTUŽIDLA

$N_{c,d} = -25{,}21$ kN

VZPĚR KOLMO K OSE Y

$L_{cr,y} = 2{,}152$ m

Štíhlost:

$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2152}{34{,}64} = 62 \leq 200$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{62}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7{,}4 \cdot 10^3}} = 1{,}05$$

Součinitel vzpěrnosti:

$\beta_c = 0{,}2$ - rostlé dřevo

$$k_y = 0{,}5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,y} - 0{,}3) + \lambda_{rel,y}^2) =$$

$$0{,}5 \cdot (1 + 0{,}2 \cdot (1{,}05 - 0{,}3) + 1{,}05^2) = 1{,}13$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1{,}13 + \sqrt{1{,}13^2 - 1{,}05^2}} = 0{,}64$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{25{,}21 \cdot 10^3}{12000} = 2{,}10 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\left(\frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}}\right) = \left(\frac{2{,}10}{0{,}64 \cdot 15{,}12}\right) = 0{,}22 \leq 1{,}0 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

VZPĚR KOLMO K OSE Z

$L_{cr,z} = 2{,}152$ m

Štíhlost:

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2152}{28{,}97} = 75 \leq 200$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{75}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7{,}4 \cdot 10^3}} = 1{,}27$$

Součinitel vzpěrnosti:

$\beta_c = 0{,}2$ - rostlé dřevo

$$k_z = 0{,}5 \cdot (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel,z} - 0{,}3) + \lambda_{rel,z}^2) =$$

$$0{,}5 \cdot (1 + 0{,}2 \cdot (1{,}27 - 0{,}3) + 1{,}27^2) = 1{,}18$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1{,}27 + \sqrt{1{,}27^2 - 1{,}18^2}} = 0{,}57$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{25{,}21 \cdot 10^3}{12000} = 2{,}10 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\left(\frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z}\cdot f_{c,0,d}}\right) = \left(\frac{2,10}{0,54\cdot 15,12}\right) = 0,27 \leq 1,0 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.2.3.2 POSOUZENÍ TAŽENÉHO PRUTU ZTUŽIDLA

$N_{t,d} = 26,15$ kN

Tah:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N_{t,d}}{A} = \frac{26,15}{12000} = 2,2 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\left(\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,0,d}}\right) = \left(\frac{2,2\cdot 10^3}{12000}\right) = 0,18 \leq 1,0 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

7. SEZNAM LITERATURY

[1] NEUFERT, Ernst a Peter NEUFERT. Navrhování staveb: zásady, normy, předpisy o zařízeních, stavbě, vybavení, nárocích na prostor, prostorových vztazích, rozměrech budov, prostorech, vybavení, přístrojích z hlediska člověka jako měřítka a cíle: příručka pro stavební odborníky, stavebníky, vyučující i studenty. 2. české vyd. Praha: CONSULTINVEST, 2000. ISBN 80-901486-6-2.

[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, 44 s.

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

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

[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, 96 s.

[6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků. Praha: Český normalizační institut, 2004, 128 s.

[7] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2007, 114 s.

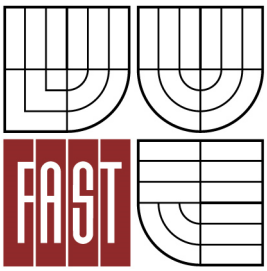
[8] KUKLÍK, Petr, Anna KUKLÍKOVÁ a Karel MIKEŠ. Dřevěné konstrukce 1: cvičení, Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2008, 95 s. ISBN 978-80-01-03980-9.

[9] Sněhová mapa. Dostupné z: http://www.snehovamapa.cz/

[10] Panely KINGSPAN. Dostupné z: http://panely.kingspan.cz/stresni-PUR-panely-KS1000-SM-zatepleni-budov-zatepleni-staveb-1805.html

[11] Stavební vruty RAPI-TEC. Dostupné z: http://www.hpmtec.cz/

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

JÍZDÁRNA
RIDING HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — ALŽBĚTA CMAJDÁLKOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. KAREL SÝKORA
SUPERVISOR

BRNO 2016

prvek	materiál	profil [mm]			délka [m]	plocha [m^2]	počet [ks]	objemová hmotnost [kg/m^3]	plošná hmotnost [kg/m^2]	celkový objem [m^3]	hmotnost [kg]
		šířka	výška	průměr							
Vaznice	Dřevo rostlé C24	140	200	-	3	-	884	350	-	74,256	25989,600
Vazník	Dřevo lepené lamelové GL28h	180	1800	-	52,27	-	27	410	-	457,258	187475,764
Ztužidlo podélné (dolní pás)	Dřevo rostlé C24	120	160	-	3	-	260	350	-	14,976	5241,600
Ztužidlo podélné (diagonály)	Dřevo rostlé C25	100	120	-	2,25	-	520	350	-	14,040	4914,000
Ztužidlo příčné	Dřevo rostlé C24	100	120	-	2,152	-	216	350	-	5,578	1952,294
Střešní plášť	Panely	-	-	-	-	4077,060	-	-	12,350	-	50351,691
Kolík	Ocel S235	-	-	20	0,26	-	1944	7850	-	0,159	1246,491
Svorník	Ocel S235	-	-	20	0,28	-	648	7850	-	0,057	447,458
Sloup	Dřevo lepené lamelové GL28h	60	120	-	proměnné výšky, celkem 761,104	-	68	410	-	5,480	2246,779
								celková hmotnost konstrukce [kg]			279865,677