

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

DŘEVĚNÁ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE PLANETÁRIA

TIMBER ROOF STRUCTURE OF A PLANETARIUM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATARÍNA RANTOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. BOHUMIL STRAKA, CSc.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Katarína Rantová

Název Dřevěná střešní konstrukce planetária

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Bohumil Straka, CSc.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2014

Datum odevzdání bakalářské práce 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

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

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

Podklady a literatura

1. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Structural Timber Education Programme, Part 1, Navrhování a konstrukční materiály. Centrum Hout, The Netherlands, 1995, STEP 1 - autorizovaný překlad Koželouh, B., 1998
2. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Structural Timber Education Programme, Part 2, Navrhování a konstrukční detaily. Centrum Hout, The Netherlands, 1995, STEP 2 - autorizovaný překlad Koželouh, B., 2004
3. ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí
4. Straka, B., Sýkora, K. Dřevěné konstrukce. Studijní opora, Modul BO03-MO1 až BO03-MO5
5. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí, Koželouh, B., IC ČKAIT, 2009
6. Odborné publikace v časopisech a sbornících, které se vztahují k řešené problematice, podle doporučení vedoucího bakalářské práce

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je návrh dřevěné konstrukce zastřešení planetária. Objekt planetária je situován do oblasti jihomoravského kraje. Konstrukci typu sférické kopule navrhnete nad kruhovým půdorysem. Rozpětí kopule uvažujte přibližně 25m, výšku střešní kopule do 15m. Pro nosnou konstrukci použijte lepené dřevo, rostlé dřevo, materiály na bázi dřeva a ocelové prvky. Konstrukci navrhnut ve smyslu platných norem pro navrhování dřevěných konstrukcí, ocelové prvky musí splňovat ustanovení norem pro navrhování ocelových konstrukcí.

Požadované výstupy:

- Technická zpráva
- Statický výpočet nosné konstrukce
- Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím bakalářské práce
- 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 uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
doc. Ing. Bohumil Straka, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Predmetom tejto bakalárskej práce je návrh drevenej konštrukcie zastrešenia planetária. Jedná sa o kopulu nad kruhovým pôdorysom, tvorenú drevenými oblúkovými rebrami z lepeného lamelového dreva.

Kľúčové slová

planetárium, strecha, oblúkové rebrá, drevená nosná konštrukcia, kopula

Abstract

The subject matter of this bachelor's thesis is a design timber structure of the planetarium roof. It is a dome over the circular plan and consists of arched ribs. This timber structure composed of glued laminated timber.

Keywords

planetarium, roof, curved ribs, timber load-bearing structure, dome

Bibliografická citace VŠKP

Katarína Rantová *Dřevěná střešní konstrukce planetária*. Brno, 2015. Bakalářská práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí.
Vedoucí práce doc. Ing. Bohumil Straka, CSc.

Prehlásenie:

Prehlasujem, že som bakalársku prácu spracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 29.5.2015

.....
podpis autora
Katarína Rantová

PREHLÁSENIE O ZHODE LISTINNEJ A ELEKTRONICKEJ FORMY VŠKP

Prehlásenie:

Prehlasujem, že elektronická forma odovzdanej bakalárskej práce je zhodná s odovzdanou listinnou formou.

V Brne dne 29.5.2015

.....
podpis autora
Katarína Rantová

Pod'akovanie:

Ďakujem vedúcemu mojej bakalárskej práce doc. Ing. Bohumilovi Strakovi, CSc. za odborné vedenie, ochotu a trpezlivosť. Ďalej by som sa rada poďakovala rodine za podporu počas môjho štúdia.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	doc. Ing. Bohumil Straka, CSc.
Autor práce	Katarína Rantová
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Název práce	Dřevěná střešní konstrukce planetária
Název práce v anglickém jazyce	Timber roof structure of a planetarium
Typ práce	Bakalářská práce
Přidělovaný titul	Bc.
Jazyk práce	Slovenčina
Datový formát elektronické verze	pdf
Anotace práce	Predmetom tejto bakalárskej práce je návrh drevenej konštrukcie zastrešenia planetária. Jedná sa o kopulu nad kruhovým pôdorysom, tvorenú drevenými oblúkovými rebrami z lepeného lamelového dreva.
Anotace práce v anglickém jazyce	The subject matter of this bachelor's thesis is a design timber structure of the planetarium roof. It is a dome over the circular plan and consists of arched ribs. This timber structure composed of glued laminated timber.
Klíčová slova	planetarium, strecha, oblúkové rebrá, drevená nosná konštrukcia, kopula
Klíčová slova v anglickém jazyce	planetarium, roof, curved ribs, timber load-bearing structure, dome

Obsah

1. Technická správa
2. Statický výpočet
 - Variant A
 - Variant B
3. Výkresová dokumentácia
 - Výkres č. 1 – Pôdorys a priečny rez konštrukcie
 - Výkres č. 2 – Konštrukčný výkres rebra s väznicami
 - Výkres č. 3 – Konštrukčný detail – uloženie väznice
 - Výkres č. 4 – Konštrukčný detail – uloženie v päte konštrukcie
 - Výkres č. 5 – Konštrukčný detail – uloženie vo vrchole konštrukcie
 - Výkres č. 6 – Konštrukčný detail – prstenec
4. Orientačný výkaz spotreby materiálu

Zoznam použitých zdrojov

- KOŽELUOH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. STEP 1, Navrhování a konstrukční materiály*. 1. vyd. Zlín: KODR, 1998, 1 svazek v různém stránkování : il. ISBN 80-238-2620-4
- KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5. STEP 2, Navrhování detailů a nosných systémů*. Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 401 s. : il ; 30 cm. ISBN 80-86769-13-5.
- BLAß, Hans Joachim a Bohumil KOŽELOUH. *Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008, 227 s. . : il. ; 31 cm. ISBN 978-80-87093-73-3.
- STRAKA, Bohumil a Ladislav BUKOVSKÝ. *Navrhování dřevěných konstrukcí*. 1. vyd. Brno : Ostrava: CERM ; Expert, 1996, 120 s. : il. ISBN 80-7204-015-4.
- STRAKA, Bohumil a Jana PECHALOVÁ. *Dřevěné konstrukce*. 4. vyd. Brno: PC-DIR, 1994, 130 s.
- STRAKA, Bohumil. *Konstrukce šikmých střech*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 230 s. : il. (některé barev.) ; 24 cm. ISBN 978-80-247-4205-2.
- KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 140 s. : il. ; 24 cm. ISBN 978-80-87093-88-7.
- MELCHER, Jindřich a Bohumil STRAKA. *Kovové konstrukce*. 1. vyd. Brno: VUT, 1978, 326 s. : il.
- MACHÁČEK, Josef. *Navrhování ocelových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8 ; Navrhování hliníkových kostrukcí*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2009, 180 s. : il. ; 24 cm. ISBN 978-80-87093-86-3.
- HOLICKÝ, Milan, Jana MARKOVÁ a Miroslav SÝKORA. *Zatížení stavebních konstrukcí: příručka k ČSN EN 1991 /*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 131 s. : il. ; 25 cm. ISBN 978-80-87093-89-4.
- KRÁL, Jaromír. *Navrhování konstrukcí na zatížení větrem: příručka k ČSN EN 1991-1-4*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 112 s. : il., mapy. ISBN 978-80-87438-05-3.
- PATKOVÁ, Aneta. *Dřevěná konstrukce planetária*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební, 2012.
- *ČSN EN 1990 ed. 2 (730002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 97 s. : il.

- ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3, Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 55 s. : il. (některé barev.).
- ČSN EN 1991-1-4 (73 0035) Eurokód 1: zatížení konstrukcí. Část 1-4, Obecná zatížení - Zatížení větrem. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 123 s. : il.
- ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-8, Navrhování styčniců = Eurocode 3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 121 s. : il.
- ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1, Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby= Eurocode 3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006, 96 s. : il.
- ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1, Obecná pravidla-Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby= Eurocode 5. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006, 114 s. : il.
- ČSN 73 1401: Navrhování ocelových konstrukcí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1998, 136 s. : il.

- www.statictools.eu
- www.bova-nail.cz
- www.gala-drevo.cz/t-wolmanit-cx-10



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

DŘEVĚNÁ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE PLANETÁRIA

TIMBER ROOF STRUCTURE OF A PLANETARIUM

ČASŤ 1 – TECHNICKÁ SPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATARÍNA RANTOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. BOHUMIL STRAKA, CSc.

Obsah technickej správy

A. Popis konštrukcie	strana 2
B. Prierezové a materiálové charakteristiky	strana 2
C. Zaťaženie	strana 5
C1. Stále zaťaženie	strana 5
C2. Premenné zaťaženie	strana 5
D. Konštrukčné detaily	strana 7
E. Výroba	strana 8
F. Doprava	strana 8
G. Montáž	strana 8

A. Popis konštrukcie

Predmetom bakalárskej práce je návrh drevenej strešnej konštrukcie planetária. Typ konštrukcie som zvolila rebrovú kopulu s radiálnymi oblúkovými rebrami. Nosné rebrá som spracovala vo dvoch variantoch a to s plnostennými rebrami z lepeného lamelového dreva (variant A) a s priehradovými rebrami taktiež z lepeného lamelového dreva (variant B).

V oboch prípadoch je konštrukcia z lepeného lamelového dreva, čo je homogénny materiál, ktorý dosahuje vysokých pevností. Nevznikajú poruchy vplyvom dodatočného vysušovania na stavbe a prvky sa dajú vytvarovať do oblúku. Pre podrobnejšie vypracovanie návrhu zastrešenia som zvolila variant A s plnostennými rebrami, ktorý sa javí výhodnejší. Hlavným rozdielom medzi variantmi je počet spojov a s ním spojená náročnosť prevedenia konštrukcie.

Novostavba planetária v Uherskom Brode s priemerom 25 m je tvorená plnostennými rebrami z lepeného lamelového dreva triedy pevnosti GL32h. Rebrá sú kĺbovo uložené pomocou čapu v dolnej časti na stužujúci veniec a v hornej do stredového prstenca. Stabilita konštrukcie je zabezpečená pomocou väzníc, stužovadiel ale aj strešného plášťa. Väznice z lepeného lamelového dreva triedy pevnosti GL24h sú kĺbovo uložené pomocou uholníka k hornej časti nosníku. Konštrukcia je stužená trubkovým stužovadlom tvaru K. Ocel'ový prstenec sa skladá z dvoch zváraných profilov UPE.

Základné geometrické charakteristiky konštrukcie:

Rožpätie kopule: 25 m

Vzopätie kopule: 11 m

B. Prierezové a materiálové charakteristiky

Prvok	Materiál	Rozmery
Nosník	GL32h	180/600
Väznica	GL24h	140/180 a 180/220
Prstenec	S235	2x UPE 300
Stužovadlo	S235	Tr 60,3/3,2

Lepené lamelové drevo GL32hCharakteristická pevnosť v ohybe $f_{m,k} = 32\text{MPa}$ Charakteristická pevnosť v ťahu $f_{t,0,k} = 22,5\text{MPa}$ Charakteristická pevnosť v ťahu kolmo k vláknam $f_{t,90,k} = 0,5\text{MPa}$ Charakteristická pevnosť v tlaku $f_{c,0,k} = 29\text{MPa}$ Charakteristická pevnosť v tlaku kolmo k vláknam $f_{c,90,k} = 3,3\text{MPa}$ Charakteristická pevnosť v šmyku $f_{v,k} = 3,5\text{MPa}$ Modul pružnosti rovnobežne s vláknami $E_{0,\text{mean}} = 13\,700\text{MPa}$ Modul pružnosti kolmo k vláknam $E_{90,\text{mean}} = 460\text{MPa}$ Šmykový modul $G_{\text{mean}} = 850\text{MPa}$ Hustota..... $\rho_k = 430\text{kg/m}^3$ Modifikačný súčiniteľ zohľadňujúci vplyv trvania zaťaženia a vlhkosti $k_{\text{mod}} = 0,8$ Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti $\gamma_M = 1,25$ **Návrhové hodnoty pevnosti:**

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48\text{MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{22,5}{1,25} = 14,40\text{MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{29}{1,25} = 18,56\text{MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,32\text{MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,3}{1,25} = 2,11\text{MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,24\text{MPa}$$

Lepené lamelové drevo GL24hCharakteristická pevnosť v ohybe $f_{m,k} = 24\text{MPa}$ Charakteristická pevnosť v ťahu $f_{t,0,k} = 16,5\text{MPa}$ Charakteristická pevnosť v ťahu kolmo k vláknam $f_{t,90,k} = 0,5\text{MPa}$ Charakteristická pevnosť v tlaku $f_{c,0,k} = 24\text{MPa}$ Charakteristická pevnosť v tlaku kolmo k vláknam $f_{c,90,k} = 2,7\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v šmyku $f_{v,k} = 2,5\text{MPa}$

Modul pružnosti rovnobežne s vláknami $E_{0,\text{mean}} = 11\,600\text{MPa}$

Modul pružnosti kolmo k vláknam $E_{90,\text{mean}} = 390\text{MPa}$

Šmykový modul $G_{\text{mean}} = 720\text{MPa}$

Hustota..... $\rho_k = 380\text{kg/m}^3$

Modifikačný súčiniteľ zohľadňujúci vplyv trvania zaťaženia a vlhkosti $k_{\text{mod}} = 0,8$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti $\gamma_M = 1,25$

Návrhové hodnoty pevnosti:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36\text{MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2416,5}{1,25} = 10,56\text{MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36\text{MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,32\text{MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,73\text{MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5}{1,25} = 1,60\text{MPa}$$

Oceľové prvky z materiálu S235

Medza pevnosti v ťahu $f_u = 360\text{MPa}$

Medza klzu $f_y = 235\text{MPa}$

Modul pružnosti v ťahu a tlaku $E = 210\text{GPa}$

Modul pružnosti v šmyku ... $G = 81\text{GPa}$

Súčiniteľ priečnej deformácie v pružnej oblasti $\nu = 0,3$

Súčiniteľ dĺžkovej tepelnej rozťažnosti $\alpha = 0,000012^\circ\text{C}^{-1}$

Hustota $\rho = 7850\text{kg/m}^3$

C. Zaťaženie

C1. Stále zaťaženie

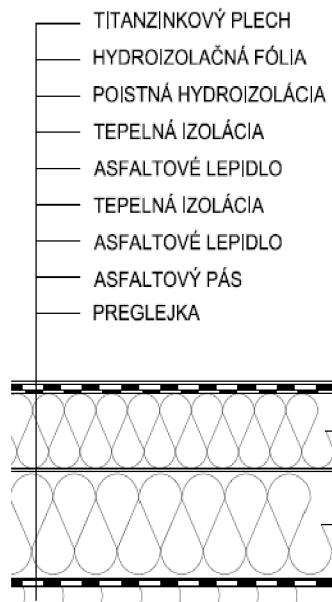
ZS1.

Vlastná tiaž rebier – jedná sa o zaťaženia stále generované programom Scia Engineer.

ZS2.

Ostatné stále zaťaženie – Tiaž strešného plášťa a podhl'adu.

Vrstva	Objemová tiaž [kN/m ³]	Hrúbka [m]	Tiaž [kN/m ²]
TITANZINKOVÝ PLECH	72	0,0008	0,058
HYDROIZOLAČNÁ FÓLIA	0,48	0,008	0,00384
POISTNÁ HYDROIZOLÁCIA	12	0,004	0,048
TEPELNÁ IZOLÁCIA	1,4	0,100	0,140
ASFALTOVÉ LEPIDLO	13	0,002	0,026
TEPELNÁ IZOLÁCIA	1,4	0,140	0,196
ASFALTOVÉ LEPIDLO	13	0,002	0,026
ASFALTOVÝ PÁS	12	0,004	0,048
PREGLEJKA	7	0,024	0,168
celkom		0,285m	0,71 kN/m ²
+ ostatné stále			0,8 kN/m ²



C2. Premenné zaťaženie – klimatické

$$S = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k$$

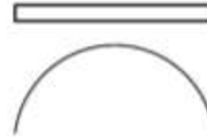
$c_e = 1$ Normálny typ krajiny: plochy, kde nedochádza na stavbách k výraznému premiestneniu snehu, vetrom vďaka okolitému terénu (iným stavbám alebo stromom).

$c_t = 1$ Tepelný súčiniteľ, ktorý sa má použiť tam, kde je možné vziať do úvahy znížené zaťaženie snehom na streche. V ostatných prípadoch je rovná jednej.

Snehová oblasť II (Uherský Brod): $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

ZS3.

Sneh plný: súčiniteľ zaťaženia snehom ... $\mu_1 = 0,8$



ZS4.

Sneh naviaty: súčiniteľ zaťaženia snehom ... $\mu_2 = 2,0$



ZS5.

Sneh naviaty: súčiniteľ zaťaženia snehom ... $\mu_3 = 2,0$



ZS6.

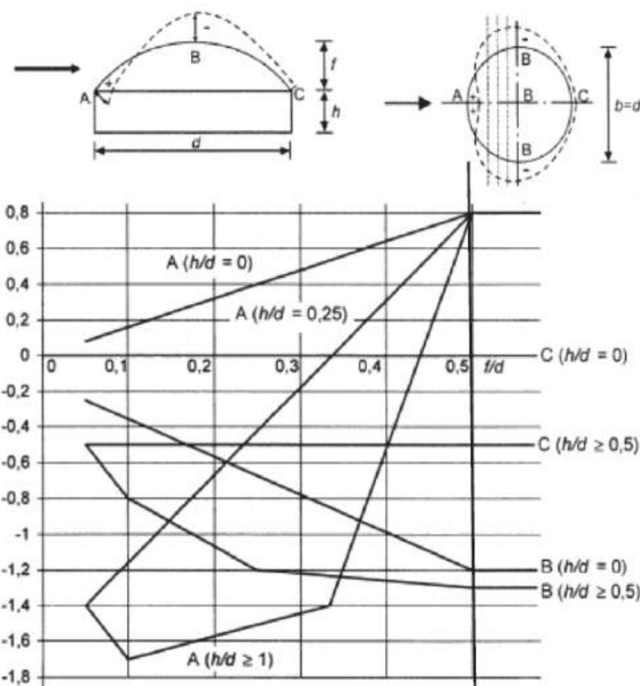
Vietor $w_e = q_{p(z)} \cdot c_{pe}$

Veterná oblasť II (Uherský Brod): základná rýchlosť vetru $v_{b,0} = 25,0\text{m/s}$

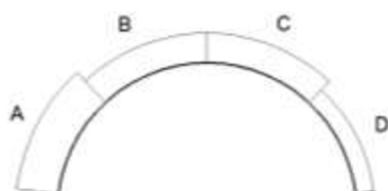
Kategória terénu II: Oblasti s nízkou vegetáciou ako je tráva a izolovanými prekážkami (stromy, budovy), vzdialenými od seba najmenej 20 násobok výšky prekážok.

z tabuliek ... $q_b = 390,6 \text{ N/m}^2$

z grafu ... c_{pe}



Rozdelenie oblúku na časti s jednotlivými súčiniteľmi c_{pe}



	A	B = C	D
c_{pe}	0,52	-1,18	-0,35
W_e [kN/m ²]	0,203	-0,461	-0,137

D. Konštrukčné detaily

Nosné rebra

Konštrukcia obsahuje 16 plnostenných obdĺžnikových rebier s prierezom 180/600 mm z lepeného lamelového dreva GL32h. Tieto rebra sú kĺbovo uložené pomocou čapu v hornej časti ku prstencu a dole k stužujúcemu vencu.

Väznice

Väznice sú vyrobené z lepeného lamelového dreva GL24h. Ich rozmer je 140/180 a 180/220 mm. Väznice lícujú vrchnou stranou s nosníkom. Uloženie je riešené pomocou šikmých uholníkov.

Lucernový prstenec

Lucernový prstenec je tvorený zvareníím dvoch profilov UPE 300. Prstenec je zalomený v mieste styku s rebrami, ktoré sú pripojené pomocou čapu.

Stužovadlá

Priestorová tuhosť je zaistené štyrmi stužovadlami tvaru K a prierezu Tr 60,3/3,2.

E. Výroba

Prvky budú vyrobené podľa projektovej dokumentácie vo výrobe, kde budú opatrené otvormi pre svorníky a predvrtanými otvormi pre vruty.

Ochrana dreva bude zabezpečená vákuovou impregnáciou systému Wolmanit CX-10. Drevené prvky sú navrhnuté podľa ČSN EN 335: *Trvanlivosť dreva a materiálov na bázi dreva - Třídy použití: definice, aplikace na rostlé dřevo a na výrobky na bázi dřeva.*

Oceľové prvky budú chránené žiarovým zinkovaním, vytvoreným v súlade s normou ČSN EN 1995-1-1: *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*

F. Doprava

Zvláštnu pozornosť pri doprave je nutné venovať oblúkovým dielom nosných rebier. Tieto rebra nebolo potrebné rozdeliť na jednotlivé časti, prevážajú sa v celku nakoľko spĺňajú rozmery pre prepravu štandardnými nákladnými automobilmi. Pri doprave musia byť dielce umiestnené vo zvislej polohe a zaistené proti pádu. Prevážanie dielcov vo vodorovnej polohe je neprípustné z dôvodu zvýšeného namáhania prierezu a mäkkú os.

Zvýšené nároky na prepravu vyžaduje lucernový prstenec. Jeho priemer je 2,5 m a tento prvok bude prevážaný vo vodorovnej polohe. Preprava prstenca bude prebiehať podľa pravidiel pre nadrozmerný náklad.

Pre ostatné konštrukčné prvky (vážnice a stužovadlá) nie sú kladené zvláštne požiadavky na prepravu.

G. Montáž

Pre montáž konštrukcia sú potrebné 2 žeriavy a montážne lešenie. Prvým krokom montáže je osadenie kotevných pätiiek podľa projektovej polohy, vyvrtanie a osadenie kotevných skrutiek.

Ďalej nasleduje osadenie prstenca do projektovej polohy. K tomuto účelu posluži montážne lešenie. Vzhľadom k veľkej výške je nutné toto lešenie dostatočne zavetrit' a kotvit'.

Pri montáži nosných rebier bude lucernový prstenec zabezpečovaný tiež jedným žeriavom.

Montáž rebier znamená vyzdvihnutie do projektovej polohy a osadenie do prstencového a kotviaceho čapu. Po uložení a zabezpečení polohy rebra sa pokračuje osadením susedného rebra. Montáž stužovacích prvkov prebieha vždy keď sú osadené susedné rebrá tvoriaci stužidlovú dvojicu, táto montáž je vykonaná vrátane väzníc. Takto pokračuje montáž až pokiaľ nie je zaistených základných osem rebier.

Montáž ďalších rebier prebieha tak, že sú vždy osadené obe protiľahlá rebrá a strieda sa montáž v jednotlivých kvadrantoch, tak aby nebola porušená rovnováha na prstenci. Po osadení všetkých nosných oblúkových rebier nasleduje doplnenie väzníc.

Montáž priestorovej kopule je dokončená prevedením debnenia a následnou montážou strešného plášťa.



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

DŘEVĚNÁ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE PLANETÁRIA

TIMBER ROOF STRUCTURE OF A PLANETARIUM

ČASŤ 2 – STATICKÝ VÝPOČET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATARÍNA RANTOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. BOHUMIL STRAKA, CSc.

Obsah statického výpočtu

■ Variant A

1. Statický model.....	strana1
2. Geometria.....	strana1
3. Materiály.....	strana2
4. Zaťaženie a kombinácie.....	strana4
5. Výpočtový model.....	strana7
6. Posúdenie nosných prvkov	strana7
6.1. Rebro	strana7
6.2. Vážnica	strana11
6.2.1. Vážnica 1 (180x220).....	strana11
6.2.2. Vážnica 2 (140x180).....	strana15
6.3. Stúžovadlo.....	strana18
6.4. Prstenec.....	strana19
7. Detaily.....	strana19
7.1. Spoj vážnica – nosník	strana19
7.2. Uloženie nosníku k podpore.....	strana22

■ Variant B

1. Statický model.....	strana26
2. Geometria.....	strana26
3. Materiály.....	strana26
4. Zaťaženie a kombinácie.....	strana28
5. Výpočtový model.....	strana30
6. Posúdenie priehradového rebra.....	strana31
6.1. horný pás	strana31
6.2. dolný pás.....	strana33
6.3. diagonála.....	strana36
6.4. zvislica.....	strana37
7. Posúdenie na MSP	strana39



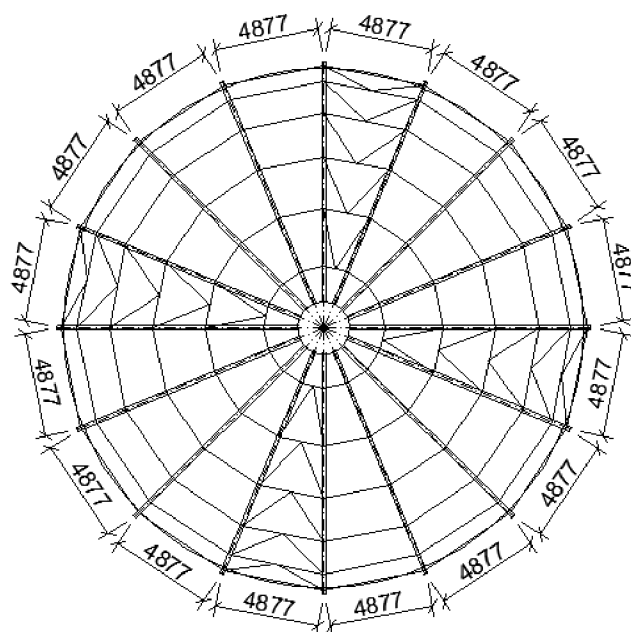
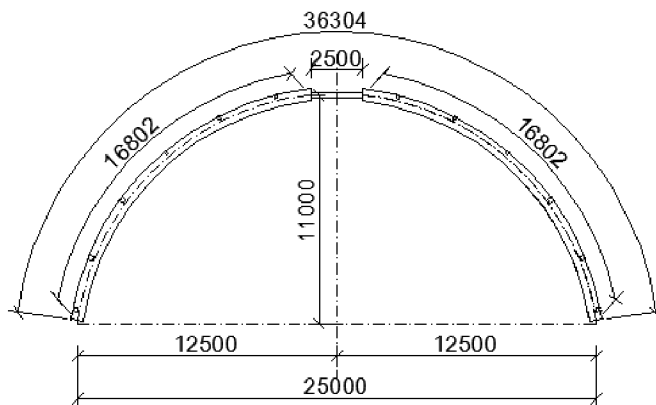
Variant A

1. Statický model

Predmetom výpočtu je návrh konštrukcie zastrešenia kopule planetária. Tento model je rebrová plnostenná konštrukcia s lucernovým prstencom. Rebra sú kĺbovo pripojené k stužujúcemu vencu pomocou čapov a kotevných dosiek. Na druhej strane sú podobne pripojené aj k prstencu. Váznice sú kĺbovo pripojené pomocou šikmých uholníkov k nosníku a lícujú s jeho hornou hranou.

2. Geometria

Konštrukcia sa nachádza nad kruhovým pôdorysom s priemerom 25m. Výška konštrukcie zastrešenia je 11 m.





3. Materiály

Prvok	Materiál	Rozmery
Nosník	GL32h	180/600
Väznica	GL24h	140/180 a 180/220
Prstenec	S235	2x UPE 300
Stužovadlo	S235	Tr 60,3/3,2

Lepené lamelové drevo GL32h

Charakteristická pevnosť v ohybe $f_{m,k} = 32\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v ťahu $f_{t,0,k} = 22,5\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v ťahu kolmo k vláknám $f_{t,90,k} = 0,5\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v tlaku $f_{c,0,k} = 29\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v tlaku kolmo k vláknám $f_{c,90,k} = 3,3\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v šmyku $f_{v,k} = 3,5\text{MPa}$

Modul pružnosti rovnobežne s vláknami $E_{0,\text{mean}} = 13\,700\text{MPa}$

Modul pružnosti kolmo k vláknám $E_{90,\text{mean}} = 460\text{MPa}$

Šmykový modul $G_{\text{mean}} = 850\text{MPa}$

Hustota..... $\rho_k = 430\text{kg/m}^3$

Modifikačný súčiniteľ zohľadňujúci vplyv trvania zaťaženia a vlhkosti $k_{\text{mod}} = 0,8$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti $\gamma_M = 1,25$

Návrhové hodnoty pevnosti:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48\text{MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{22,5}{1,25} = 14,40\text{MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{29}{1,25} = 18,56\text{MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,32\text{MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,3}{1,25} = 2,11\text{MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,24\text{MPa}$$

**Lepené lamelové drevo GL24h**

Charakteristická pevnosť v ohybe $f_{m,k} = 24\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v ťahu $f_{t,0,k} = 16,5\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v ťahu kolmo k vláknám $f_{t,90,k} = 0,5\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v tlaku $f_{c,0,k} = 24\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v tlaku kolmo k vláknám $f_{c,90,k} = 2,7\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v šmyku $f_{v,k} = 2,5\text{MPa}$

Modul pružnosti rovnobežne s vláknami $E_{0,\text{mean}} = 11\,600\text{MPa}$

Modul pružnosti kolmo k vláknám $E_{90,\text{mean}} = 390\text{MPa}$

Šmykový modul $G_{\text{mean}} = 720\text{MPa}$

Hustota..... $\rho_k = 380\text{kg/m}^3$

Modifikačný súčiniteľ zohľadňujúci vplyv trvania zaťaženia a vlhkosti $k_{\text{mod}} = 0,8$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti $\gamma_M = 1,25$

Návrhové hodnoty pevnosti:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36\text{MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2416,5}{1,25} = 10,56\text{MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36\text{MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,32\text{MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,73\text{MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5}{1,25} = 1,60\text{MPa}$$

Oceľové plechy z materiálu S235

Medza pevnosti v ťahu $f_u = 360\text{MPa}$

Medza klzu $f_y = 235\text{MPa}$

Modul pružnosti v ťahu a tlaku $E = 210\text{GPa}$

Modul pružnosti v šmyku ... $G = 81\text{GPa}$

Súčiniteľ priečnej deformácie v pružnej oblasti $\nu = 0,3$

Súčiniteľ dĺžkovej tepelnej rozťažnosti $\alpha = 0,000012^\circ\text{C}^{-1}$

Hustota $\rho = 7850\text{kg/m}^3$

**Oceľové plechy z materiálu S355**

Medza pevnosti v ťahu $f_u = 510 \text{ MPa}$

Medza klzu $f_y = 335 \text{ MPa}$

Modul pružnosti v ťahu a tlaku $E = 210 \text{ GPa}$

Modul pružnosti v šmyku ... $G = 81 \text{ GPa}$

Súčiniteľ priečnej deformácie v pružnej oblasti $\nu = 0,3$

Súčiniteľ dĺžkovej tepelnej rozťažnosti $\alpha = 0,000012^\circ\text{C}^{-1}$

Hustota $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Skrutky, kolíky a svorníky triedy 4.8

Medza pevnosti v ťahu $f_u = 400 \text{ MPa}$

Medza klzu $f_y = 320 \text{ MPa}$

Modul pružnosti v ťahu a tlaku $E = 210 \text{ GPa}$

Modul pružnosti v šmyku ... $G = 81 \text{ GPa}$

Súčiniteľ priečnej deformácie v pružnej oblasti $\nu = 0,3$

Súčiniteľ dĺžkovej tepelnej rozťažnosti $\alpha = 0,00001^\circ\text{C}^{-1}$

Hustota $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

4. Zaťaženie a kombinácie**Zaťažovacie stavy**

- jednotlivé plošné zaťaženia sú v modele vynásobené príslušnými zaťažovacími šírkami

ZS1.**Vlastná tiaž rebier**

- jedná sa o zaťaženia stále generované programom Scia Engineer.

**ZS2.**

Ostatné stále zaťaženie – Tiaž strešného plášťa a podhl'adu.

Vrstva	Objemová tiaž [kN/m ³]	Hrúbka [m]	Tiaž [kN/m ²]
TITANZINKOVÝ PLECH			
HYDROIZOLAČNÁ FÓLIA			
POISTNÁ HYDROIZOLÁCIA			
TEPELNÁ IZOLÁCIA			
ASFALTOVÉ LEPIDLO			
TEPELNÁ IZOLÁCIA			
ASFALTOVÉ LEPIDLO			
ASFALTOVÝ PÁS			
PREGLEJKA			
Titanzinkový plech	72	0,0008	0,058
Hydroizolačná fólia	0,48	0,008	0,00384
Poistná hydroizolácia	12	0,004	0,048
Tepelná izolácia	1,4	0,100	0,140
Asfaltové lepidlo	13	0,002	0,026
Tepelná izolácia	1,4	0,140	0,196
Asfaltové lepidlo	13	0,002	0,026
Asfaltový pás	12	0,004	0,048
Preglejka	7	0,024	0,168
celkom		0,285m	0,71 kN/m ²
+ ostatné stále			0,8 kN/m ²

ZS3. – ZS5.

Sneh $s = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k$

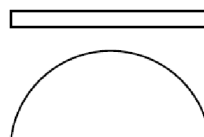
$c_e = 1$ Normálny typ krajiny: plochy, kde nedochádza na stavbách k výraznému premiestneniu snehu, vetrom vďaka okolitému terénu (iným stavbám alebo stromom).

$c_t = 1$ Tepelný súčiniteľ, ktorý sa má použiť tam, kde je možné vziať do úvahy znížené zaťaženie snehom na streche. V ostatných prípadoch je rovná jednej.

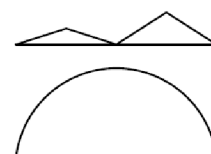
Snehová oblasť II (Uherský Brod): $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

ZS3.

Sneh plný: súčiniteľ zaťaženia snehom ... $\mu_1 = 0,8$

**ZS4.**

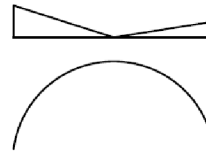
Sneh naviaty: súčiniteľ zaťaženia snehom ... $\mu_2 = 2,0$





ZS5.

Sneh naviaty: súčiniteľ zaťaženia snehom ... $\mu_3 = 2,0$



ZS6.

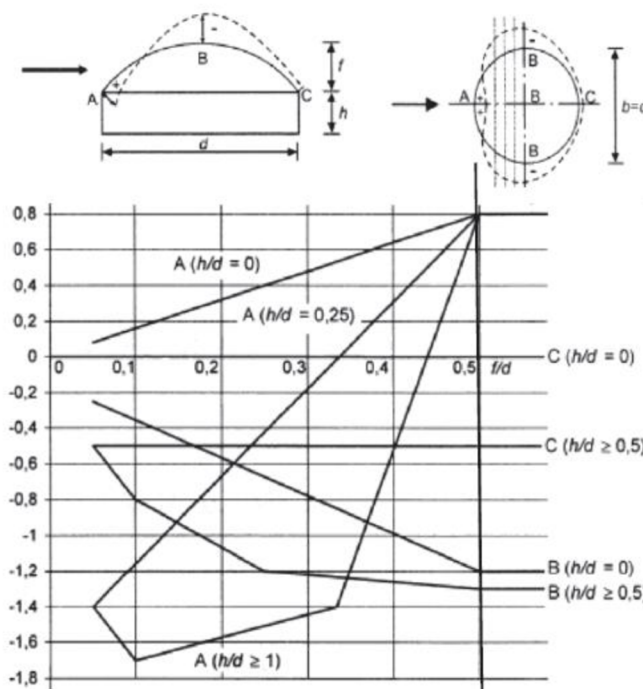
Vietor $W_e = q_{p(z)} \cdot c_{pe}$

Veterná oblasť II (Uherský Brod): základná rýchlosť vetru $v_{b,0} = 25,0\text{m/s}$

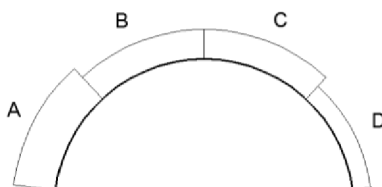
Kategória terénu II: Oblasti s nízkou vegetáciou ako je tráva a izolovanými prekážkami (stromy, budovy), vzdialenými od seba najmenej 20 násobok výšky prekážok.

z tabuliek ... $q_b = 390,6 \text{ N/m}^2$

z grafu ... c_{pe}



Rozdelenie oblúku na časti s jednotlivými súčiniteľmi c_{pe}



	A	B = C	D
c_{pe}	0,52	-1,18	-0,35
$W_e \text{ [kN/m}^2\text{]}$	0,203	-0,461	-0,137



Kombinácie zaťaženia

$$6.10.a) \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10.b) \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

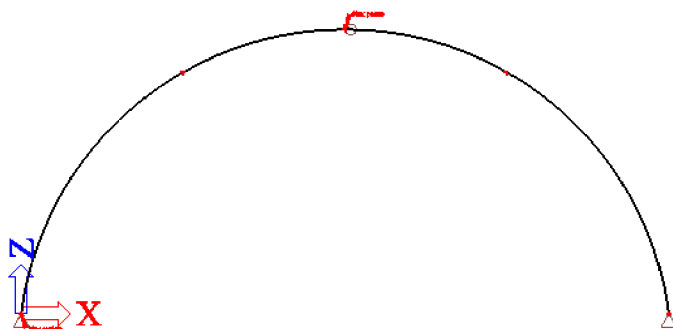
	priaznivé	nepriaznivé
γ_G	1,0	1,35
γ_Q	0,0	1,5

	sneh	vietor
Ψ_0	0,5	0,6

$$\xi = 0,85$$

5. Výpočtový model

Model konštrukcie je vytvorený vo výpočtovom programe Scia Engineer ako nosníková 2D konštrukcia. Rebrá sú v hornej časti spojené kĺbom a v dolnej časti podoprené podpor



6. Posúdenie nosných prvkov

6.1. Rebro

Materiál a rozmery GL32h

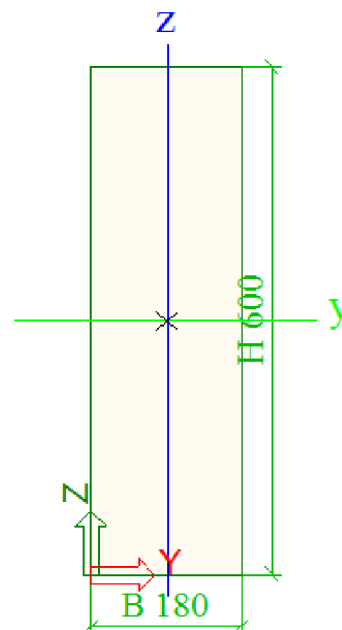
$$h = 600 \text{ mm}$$

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 180 \cdot 600 = 108 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 180 \cdot 600^3 = 3,24 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 600 \cdot 180^3 = 2,916 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$





$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 180 \cdot 600^2 = 10,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 600 \cdot 180^2 = 3,24 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{600}{\sqrt{12}} = 173 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{180}{\sqrt{12}} = 52 \text{ mm}$$

Posúdenie rebra na MSÚ

Vnútné sily na prvku

Lineárny výpočet, Extrém : Globálny, Systém : LSS

Výber : Všetko

Trieda : MSÚ

Prvok	Stav	dx [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
B2	K2/1	18,189	-108,28	23,42	0,00
B1	únosnosť/2	14,919	-4,92	-4,45	12,80
B1	K2/1	0,000	-94,96	-25,13	0,00
B2	K1/3	18,189	-93,23	27,48	0,00
B2	K1/3	12,364	-65,29	-1,31	-63,90
B1	K3/4	9,708	-31,84	0,34	51,01

Prostý tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,d}}{A} = \frac{108,28 \cdot 10^3}{108 \cdot 10^3} = 1,003 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{29}{1,25} = 18,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,003 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 18,56 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Stabilita konštrukcie

Vzper – z roviny

Neovplyvňuje konštrukciu → zabezpečený nosnou vrstvou strešného plášťa

Vzper - v rovine

$$L_{cr,y} = \beta_y \cdot L_y = 0,625 \cdot 36378 = 22\,736 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{22736}{173} = 131,42$$

$$\lambda_{rel,cy} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{131,42}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{29}{10,8 \cdot 10^3}} = 2,17$$

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,cy} - 0,3) + \lambda_{rel,cy}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (2,17 - 0,3) + 2,17^2] = 2,95$$

$$k_{cy} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,cy}^2}} = \frac{1}{2,95 + \sqrt{2,95^2 - 2,17^2}} = 0,20$$

$$k_c = \min \{k_{cy}; 1,0\} = 0,20$$

**Vplyv zakrivenia**

$$r = 12602 \text{ mm}$$

$$r_{in} = r - 0,5 \cdot h = 12602 - 0,5 \cdot 600 = 12302 \text{ mm}$$

$$t = 0,04 \text{ m} = 40 \text{ mm}$$

$$\frac{r_{in}}{t} = \frac{12302}{40} = 307,55 \geq 240 \dots \gg k_r = 1,00$$

$$\alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg}\alpha_{ap} + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2\alpha_{ap} = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg}0^\circ + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 1,00$$

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

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg}\alpha_{ap} - 7,8 \cdot \operatorname{tg}^2\alpha_{ap} = 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 0,60$$

$$k_4 = 6 \cdot \operatorname{tg}^2\alpha_{ap} = 6 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 0,00$$

$$\begin{aligned} k_I &= k_1 + k_2 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3 = \\ &= 1,00 + 0,35 \cdot \left(\frac{600}{12602}\right) + 0,60 \cdot \left(\frac{600}{12602}\right)^2 + 0,00 \cdot \left(\frac{600}{12602}\right)^3 = 1,02 \end{aligned}$$

$$\sigma_{m,d} = k_I \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 1,02 \cdot \frac{6 \cdot 63,90 \cdot 10^6}{180 \cdot 600^2} = 6,04 \text{ N/mm}^2 = 6,04 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 6,04 \text{ MPa} \leq k_r \cdot f_{m,d} = 1,00 \cdot 20,48 = 20,48 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

posúdenie vzper + ohyb

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,00$$

kombinácia max tlaku a ohybu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{108,28 \cdot 10^3}{180 \cdot 600} = 1,002 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{1,002}{0,20 \cdot 18,56} + \frac{0,00}{20,48} = 0,27 \leq 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$

kombinácia tlaku a max ohybu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{65,29 \cdot 10^3}{180 \cdot 600} = 0,60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = k_I \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 1,02 \cdot \frac{6 \cdot 63,90 \cdot 10^6}{180 \cdot 600^2} = 6,04 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,60}{0,20 \cdot 18,56} + \frac{6,04}{20,48} = 0,46 \leq 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$



Kombinácia ťahu a ohybu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,00$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h}$$

min N_{Ed} = - 4,92 kN ... ťah nenastáva

Posúdenie rebra na MSP

Deformácie na prvku

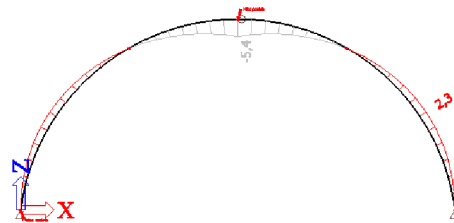
Lineárny výpočet, Extrém : Globálny

Výber : Všetko

Zaťažovacie stavy : ZS1 - vlastná tiaž

Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS1 - vlastná tiaž	B1	11,649	-1,4	-0,1	0,6
ZS1 - vlastná tiaž	B2	6,540	1,4	-0,1	-0,6
ZS1 - vlastná tiaž	B1	18,189	-0,2	-5,4	0,8
ZS1 - vlastná tiaž	B1	5,825	-0,6	2,3	0,0
ZS1 - vlastná tiaž	B2	0,000	0,2	-5,4	-0,8

Študentská verzia *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študentská verzia*



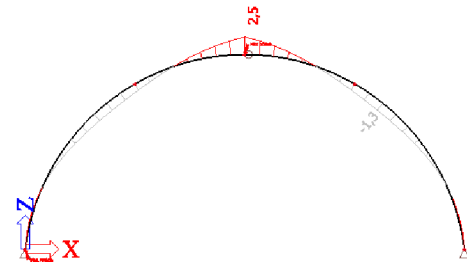
Lineárny výpočet, Extrém : Globálny

Výber : Všetko

Zaťažovacie stavy : ZS2 - strešný plášť

Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS2 - strešný plášť	B2	4,905	-0,4	-0,4	0,4
ZS2 - strešný plášť	B1	13,284	0,4	-0,4	-0,4
ZS2 - strešný plášť	B1	9,708	0,1	-1,3	0,0
ZS2 - strešný plášť	B1	18,189	0,1	2,5	-0,6
ZS2 - strešný plášť	B2	0,000	-0,1	2,5	0,6

Študentská verzia *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študentská verzia*



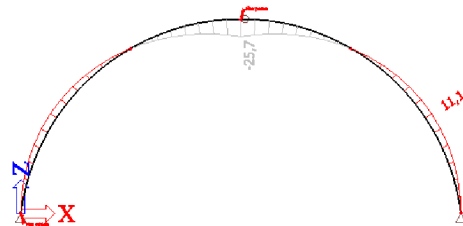
Lineárny výpočet, Extrém : Globálny

Výber : Všetko

Zaťažovacie stavy : ZS3 - sneh rovnomerný

Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS3 - sneh rovnomerný	B1	11,649	-6,6	-0,1	2,9
ZS3 - sneh rovnomerný	B2	6,540	6,6	-0,1	-2,9
ZS3 - sneh rovnomerný	B1	18,189	-0,8	-25,7	3,7
ZS3 - sneh rovnomerný	B1	5,825	-2,9	11,1	-0,3
ZS3 - sneh rovnomerný	B2	0,000	0,8	-25,7	-3,7

Študentská verzia *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študent



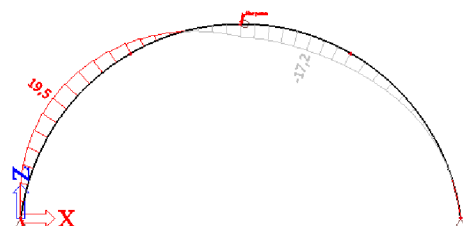
Lineárny výpočet, Extrém : Globálny

Výber : Všetko

Zaťažovacie stavy : ZS4 - sneh naviaty 1

Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS4 - sneh naviaty 1	B1	15,737	-14,8	-3,0	3,1
ZS4 - sneh naviaty 1	B2	14,306	0,1	-1,0	-1,0
ZS4 - sneh naviaty 1	B2	4,087	-7,3	-17,2	-0,7
ZS4 - sneh naviaty 1	B1	6,795	-5,9	19,5	-0,8
ZS4 - sneh naviaty 1	B1	0,000	0,0	0,0	-4,3
ZS4 - sneh naviaty 1	B1	18,189	-13,4	-13,7	3,3

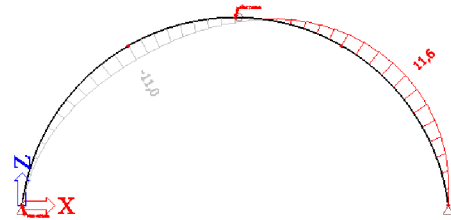
Študentská verzia *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Štu





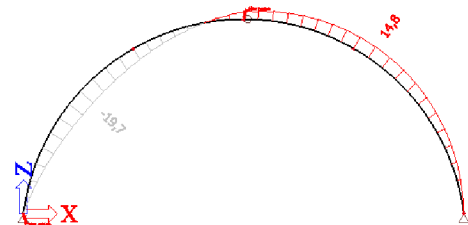
Lineárny výpočet, Extrém : Globálny
 Výber : Všetko
 Zaťažovacie stavy : ZS5 - sneh naviaty 2

Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS5 - sneh naviaty 2	B1	0,971	0,0	-0,8	0,9
ZS5 - sneh naviaty 2	B2	0,817	9,8	-1,5	-1,4
ZS5 - sneh naviaty 2	B1	11,649	5,0	-11,0	0,3
ZS5 - sneh naviaty 2	B2	10,423	4,2	11,6	0,4
ZS5 - sneh naviaty 2	B2	0,000	9,7	-3,2	-1,4
ZS5 - sneh naviaty 2	B2	18,189	0,0	0,0	2,4



Lineárny výpočet, Extrém : Globálny
 Výber : Všetko
 Zaťažovacie stavy : ZS6 - vietor

Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS6 - vietor	B2	17,218	0,0	2,1	2,1
ZS6 - vietor	B1	16,554	15,8	1,5	-2,5
ZS6 - vietor	B1	7,766	7,0	-19,7	0,5
ZS6 - vietor	B2	7,511	7,2	14,8	0,7
ZS6 - vietor	B1	18,189	15,3	7,7	-2,5
ZS6 - vietor	B1	0,000	0,0	0,0	4,0



Stále zaťaženie (ZS1 + ZS2)..... $u_{z1} = 6,5$ mm

Plný sneh (ZS3)..... $u_{z2} = 25,7$ mm

Naviaty sneh (ZS4)..... $u_{z3} = 17,2$ mm

vietor (ZS6)..... $u_{z4} = 19,7$ mm

$$u_{z,inst} = \max \left\{ \begin{matrix} u_{z1} + u_{z2} \\ u_{z1} + u_{z3} + u_{z4} \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 32,2 \\ 43,4 \end{matrix} \right\} = 43,4 \text{ mm} = \frac{1}{524} \cdot L < \frac{1}{500} \cdot L = 45,48 \text{ mm}$$

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} \cdot (1 + k_{def}) = \left\{ \begin{matrix} u_{z,G,fin} = 6,5 \cdot 1,8 = 11,7 \text{ mm} \\ u_{z,S} = 25,7 \cdot 1,6 = 41,12 \text{ mm} \end{matrix} \right\} < \frac{1}{300} \cdot L = 75,8 \text{ mm}$$

6.2. Väzvia

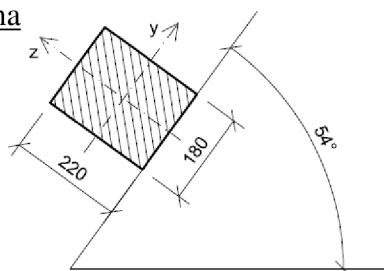
6.2.1. Väzvia 180x220

Väznica (posúdenie šikmého ohybu)

Geometrická schéma

$l = 3,84$ m

(GL24h)





Zaťaženie

Stále	g_k [kN/m]	γ_G	g_d [kN/m]
ZS1 – strešný plášť	2,44	1,35	3,29
Náhodilé	q_k [kN/m]	γ_Q	q_d [kN/m]
ZS2 - vietor	0,62	1,5	0,93
Náhodilé	F_k [kN]	γ_Q	F_d [kN]
ZS3 - sústredené zaťaženie	1,5	1,5	2,25

Medzný stav únosnosti (I.MS)

Návrhové hodnoty ohybových momentov vzhľadom k hlavným osám prierezu

ZS1

$$M_{y,I} = \frac{1}{8} \cdot g_d \cdot \cos 54^\circ \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,29 \cdot \cos 54^\circ \cdot 3,84^2 = 3,56 \text{ kNm}$$

$$M_{z,I} = \frac{1}{8} \cdot g_d \cdot \sin 54^\circ \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,29 \cdot \sin 54^\circ \cdot 3,84^2 = 4,91 \text{ kNm}$$

ZS2

$$M_{y,II} = \frac{1}{8} \cdot q_d \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,93 \cdot 3,84^2 = 1,71 \text{ kNm}$$

$$M_{z,II} = 0,00 \text{ kNm}$$

ZS3

$$M_{y,III} = \frac{1}{4} \cdot F_d \cdot \cos 54^\circ \cdot l = \frac{1}{4} \cdot 2,25 \cdot \cos 54^\circ \cdot 3,84 = 1,27 \text{ kNm}$$

$$M_{z,III} = \frac{1}{4} \cdot F_d \cdot \sin 54^\circ \cdot l = \frac{1}{4} \cdot 2,25 \cdot \sin 54^\circ \cdot 3,84 = 1,75 \text{ kNm}$$

Kombinácia účinkov zaťaženia (I.MS)

$$M_{y,Ed} = \max \left\{ \begin{array}{l} M_{y,I} + M_{y,II} \\ M_{y,I} + M_{y,III} \\ M_{y,I} + M_{y,II} + \Psi_{0,III} \cdot M_{y,III} \\ M_{y,I} + \Psi_{0,II} \cdot M_{y,II} + M_{y,III} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 3,56 + 1,71 \\ 3,56 + 1,27 \\ 3,56 + 1,71 + 0,7 \cdot 1,27 \\ 3,56 + 0,6 \cdot 1,71 + 1,27 \end{array} \right\} =$$
$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 5,27 \\ 4,83 \\ 6,16 \\ 5,86 \end{array} \right\} = 6,16 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = M_{z,I} + M_{z,II} + \Psi_{0,III} \cdot M_{z,III} = 4,91 + 0 + 0,7 \cdot 1,75 = 6,14 \text{ kNm}$$

Návrhové napätie za ohybu (k hlavným osám zotrvačnosti)

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,18 \cdot 0,22^2 = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,22 \cdot 0,18^2 = 1,19 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{6,16 \cdot 10^{-3}}{1,45 \cdot 10^{-3}} = 4,25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{6,14 \cdot 10^{-3}}{1,19 \cdot 10^{-3}} = 5,16 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnosť za ohybu

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

Podmienky spoľahlivosti pre medzný stav únosnosti

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \cdot \frac{4,25}{15,36} + \frac{5,16}{15,36} = 0,53 < 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{4,25}{15,36} + 0,7 \cdot \frac{5,16}{15,36} = 0,51 < 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$

Medzný stav použiteľnosti (II.MS)Zložky zaťaženia do hlavných os prierezuZS1

$$g_{k,z} = g_k \cdot \cos 54^\circ = 2,44 \cdot \cos 54^\circ = 1,43 \text{ kN/m}$$

$$g_{k,y} = g_k \cdot \sin 54^\circ = 2,44 \cdot \sin 54^\circ = 1,97 \text{ kN/m}$$

ZS2

$$q_{k,z} = 0,00 \text{ kN/m}$$

$$q_{k,y} = 0,62 \text{ kN/m}$$

ZS3

$$F_{k,z} = F_k \cdot \cos 54^\circ = 1,50 \cdot \cos 54^\circ = 0,88 \text{ kN/m}$$

$$F_{k,y} = F_k \cdot \sin 54^\circ = 1,50 \cdot \sin 54^\circ = 1,21 \text{ kN/m}$$

Posúdenie medzného priehybu

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,18 \cdot 0,22^3 = 1,60 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,22 \cdot 0,18^3 = 1,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$E_{0,mean} = 11 \text{ 600 MPa} = 11,6 \text{ GPa}$$

Zložky priehybuZS1

$$u_{z,I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{k,z} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,43 \cdot 3,84^4 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 1,60 \cdot 10^{-4}} = 2,18 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$u_{y,I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{k,y} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,97 \cdot 3,84^4 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 1,07 \cdot 10^{-4}} = 4,49 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

ZS2

$$u_{z,II} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{k,z} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0 \cdot 3,84^4 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 1,60 \cdot 10^{-4}} = 0,00 \text{ m}$$

$$u_{y,II} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{k,y} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,62 \cdot 3,84^4 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 1,07 \cdot 10^{-4}} = 1,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

ZS3

$$u_{z,III} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F_{k,z} \cdot l^3}{E_{0,mean} \cdot I_y} = \frac{1}{48} \cdot \frac{0,88 \cdot 3,84^3 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 1,60 \cdot 10^{-4}} = 5,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$u_{y,III} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F_{k,y} \cdot l^3}{E_{0,mean} \cdot I_z} = \frac{1}{48} \cdot \frac{1,21 \cdot 3,84^3 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 1,07 \cdot 10^{-4}} = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

kombinácia účinkov zaťaženia (II,MS)

$$u_{z,fin} = \max \left\{ \begin{array}{l} u_{z,I} \cdot (1 + k_{def}) + u_{z,II} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) \\ u_{z,I} \cdot (1 + k_{def}) + u_{z,III} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) \\ u_{z,I} \cdot (1 + k_{def}) + u_{z,II} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) + u_{z,III} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{def}) \\ u_{z,I} \cdot (1 + k_{def}) + u_{z,II} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{def}) + u_{z,III} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) \end{array} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 2,18 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,8) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) \\ 2,18 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,8) + 5,59 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,8) \\ 2,18 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,8) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) + 5,59 \cdot 10^{-4} \cdot (0,7 + 0,3 \cdot 0,8) \\ 2,18 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,8) + 0 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) + 5,59 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,8) \end{array} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 3,92 \cdot 10^{-3} \\ 4,62 \cdot 10^{-3} \\ 4,45 \cdot 10^{-3} \\ 4,62 \cdot 10^{-3} \end{array} \right\} = 4,62 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,I} \cdot (1 + k_{def}) + u_{y,II} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{def}) + u_{y,III} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) =$$

$$= 4,49 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,8) + 1,41 \cdot 10^{-3} \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) + 1,15 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,8) =$$

$$= 10,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

výsledná hodnota konečnej deformácie – Podmienka spoľahlivosti

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = \sqrt{(4,62 \cdot 10^{-3})^2 + (10,35 \cdot 10^{-3})^2} =$$

$$= 0,011 \text{ m} \leq u_{lim} = \frac{l}{300} = \frac{3,84}{300} = 0,013 \text{ m} \dots \text{vyhovuje}$$



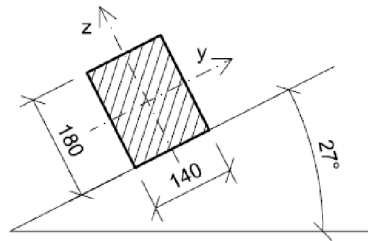
6.2.2. Väznica 140x180

Väznica (posúdenie šikmého ohybu)

Geometrická schéma

$$l = 2,04 \text{ m}$$

(GL24h)



Zaťaženie

Stále	g_k [kN/m]	γ_G	g_d [kN/m]
ZS1 – strešný plášť	2,33	1,35	3,14
Náhodilé	q_k [kN/m]	γ_Q	q_d [kN/m]
ZS2 - sneh	2,07	1,5	3,11
Náhodilé	F_k [kN]	γ_Q	F_d [kN]
ZS3 - sústredené zaťaženie	1,5	1,5	2,25

Medzný stav únosnosti (I.MS)

Návrhové hodnoty ohybových momentov vzhľadom k hlavným osám prierezu

ZS1

$$M_{y,I} = \frac{1}{8} \cdot g_d \cdot \cos 27^\circ \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,14 \cdot \cos 27^\circ \cdot 2,04^2 = 1,46 \text{ kNm}$$

$$M_{z,I} = \frac{1}{8} \cdot g_d \cdot \sin 27^\circ \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,14 \cdot \sin 27^\circ \cdot 2,04^2 = 0,74 \text{ kNm}$$

ZS2

$$M_{y,II} = \frac{1}{8} \cdot g_d \cdot \cos 27^\circ \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,11 \cdot \cos 27^\circ \cdot 2,04^2 = 1,44 \text{ kNm}$$

$$M_{z,II} = \frac{1}{8} \cdot g_d \cdot \sin 27^\circ \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,11 \cdot \sin 27^\circ \cdot 2,04^2 = 0,73 \text{ kNm}$$

ZS3

$$M_{y,III} = \frac{1}{4} \cdot F_d \cdot \cos 27^\circ \cdot l = \frac{1}{4} \cdot 2,25 \cdot \cos 27^\circ \cdot 2,04 = 1,02 \text{ kNm}$$

$$M_{z,III} = \frac{1}{4} \cdot F_d \cdot \sin 27^\circ \cdot l = \frac{1}{4} \cdot 2,25 \cdot \sin 27^\circ \cdot 2,04 = 0,52 \text{ kNm}$$

Kombinácia účinkov zaťaženia (I.MS)

$$M_{y,Ed} = \max \left\{ \begin{array}{l} M_{y,I} + M_{y,II} \\ M_{y,I} + M_{y,III} \\ M_{y,I} + M_{y,II} + \Psi_{0,III} \cdot M_{y,III} \\ M_{y,I} + \Psi_{0,II} \cdot M_{y,II} + M_{y,III} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,46 + 1,44 \\ 1,46 + 1,02 \\ 1,46 + 1,44 + 0,7 \cdot 1,02 \\ 1,46 + 0,5 \cdot 1,44 + 1,02 \end{array} \right\} =$$
$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 2,90 \\ 2,48 \\ 3,61 \\ 3,20 \end{array} \right\} = 3,61 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = M_{z,I} + M_{z,II} + \Psi_{0,III} \cdot M_{z,III} = 0,74 + 0,73 + 0,7 \cdot 0,52 = 1,83 \text{ kNm}$$

Návrhové napätie za ohybu (k hlavným osám zotrvačnosti)

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,14 \cdot 0,18^2 = 7,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,18 \cdot 0,14^2 = 5,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{3,61 \cdot 10^{-3}}{7,56 \cdot 10^{-4}} = 4,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{1,83 \cdot 10^{-3}}{5,88 \cdot 10^{-4}} = 3,11 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnosť za ohybu

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

Podmienky spoľahlivosti pre medzný stav únosnosti

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \cdot \frac{4,78}{15,36} + \frac{3,11}{15,36} = 0,42 < 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{4,78}{15,36} + 0,7 \cdot \frac{3,11}{15,36} = 0,45 < 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$

Medzný stav použiteľnosti (II.MS)Zložky zaťaženia do hlavných os prierezuZS1

$$g_{k,z} = g_k \cdot \cos 27^\circ = 2,33 \cdot \cos 27^\circ = 2,08 \text{ kN/m}$$

$$g_{k,y} = g_k \cdot \sin 27^\circ = 2,33 \cdot \sin 27^\circ = 1,06 \text{ kN/m}$$

ZS2

$$q_{k,z} = g_k \cdot \cos 27^\circ = 2,07 \cdot \cos 27^\circ = 1,84 \text{ kN/m}$$

$$q_{k,y} = g_k \cdot \sin 27^\circ = 2,07 \cdot \sin 27^\circ = 0,94 \text{ kN/m}$$

ZS3

$$F_{k,z} = F_k \cdot \cos 27^\circ = 1,50 \cdot \cos 27^\circ = 1,34 \text{ kN/m}$$

$$F_{k,y} = F_k \cdot \sin 27^\circ = 1,50 \cdot \sin 27^\circ = 0,68 \text{ kN/m}$$

Posúdenie medzného priehybu

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,14 \cdot 0,18^3 = 6,80 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,18 \cdot 0,14^3 = 4,12 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$E_{0,\text{mean}} = 11 \text{ 600MPa} = 11,6 \text{ GPa}$$

Zložky priehybuZS1

$$u_{z,I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{k,z} \cdot l^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,08 \cdot 2,04^4 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 6,80 \cdot 10^{-5}} = 5,95 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$u_{y,I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{k,y} \cdot l^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,06 \cdot 2,04^4 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 4,12 \cdot 10^{-5}} = 5,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

ZS2

$$u_{z,II} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{k,z} \cdot l^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,84 \cdot 2,04^4 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 6,80 \cdot 10^{-5}} = 5,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$u_{y,II} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{k,y} \cdot l^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,94 \cdot 2,04^4 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 4,12 \cdot 10^{-5}} = 4,44 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

ZS3

$$u_{z,III} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F_{k,z} \cdot l^3}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_y} = \frac{1}{48} \cdot \frac{1,34 \cdot 2,04^3 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 6,80 \cdot 10^{-5}} = 3,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$u_{y,III} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F_{k,y} \cdot l^3}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_z} = \frac{1}{48} \cdot \frac{0,68 \cdot 2,04^3 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 4,12 \cdot 10^{-5}} = 2,52 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

kombinácia účinkov zaťaženia (II.MS)

$$u_{z,\text{fin}} = \max \left\{ \begin{array}{l} u_{z,I} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + u_{z,II} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\ u_{z,I} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + u_{z,III} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\ u_{z,I} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + u_{z,II} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}) + u_{z,III} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\ u_{z,I} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + u_{z,II} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}) + u_{z,III} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \end{array} \right\} =$$
$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 5,95 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0,8) + 5,26 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) \\ 5,95 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0,8) + 3,00 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,8) \\ 5,95 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0,8) + 5,26 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) + 3 \cdot 10^{-4} \cdot (0,7 + 0,3 \cdot 0,8) \\ 5,95 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0,8) + 5,26 \cdot 10^{-4} \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) + 3 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,8) \end{array} \right\} =$$



$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 1,60 \cdot 10^{-3} \\ 1,44 \cdot 10^{-3} \\ 1,88 \cdot 10^{-3} \\ 1,76 \cdot 10^{-3} \end{array} \right\} = 1,88 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} u_{y,\text{fin}} &= u_{y,I} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + u_{y,II} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}) + u_{y,III} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}) = \\ &= 5,00 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0,8) + 4,44 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) + 2,52 \cdot 10^{-4} \cdot (0,7 + 0,3 \cdot 0,8) = \\ &= 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

výsledná hodnota konečnej deformácie – Podmienka spoľahlivosti

$$\begin{aligned} u_{\text{fin}} &= \sqrt{u_{z,\text{fin}}^2 + u_{y,\text{fin}}^2} = \sqrt{(1,88 \cdot 10^{-3})^2 + (1,58 \cdot 10^{-3})^2} = \\ &= 0,002 \text{ m} \leq u_{\text{lim}} = \frac{l}{300} = \frac{2,04}{300} = 0,007 \text{ m} \dots \text{vyhovuje} \end{aligned}$$

6.3. Stužovadlo

Približný návrh

$$\lambda = \frac{l_{\text{ef}}}{i} = \frac{3405}{20,2} = 169 \approx 180 \rightarrow \text{navrhnutý prierez Tr 60,3x3,2}$$

CHS 60.3x3.2		Prierezové charakteristiky
Geometria		$I_y = I_z = 2.35\text{E}+5 \text{ mm}^4$
D = 60.3 mm		$W_{y,\text{el}} = W_{z,\text{el}} = 7780 \text{ mm}^3$
T = 3.2 mm		$W_{y,\text{pl}} = W_{z,\text{pl}} = 1.04\text{E}+4 \text{ mm}^3$
A = 574 mm ²		$i_y = i_z = 20.2 \text{ mm}$
$A_L = 0.189 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$		$I_t = 4.69\text{E}+5 \text{ mm}^4$
G = 4.51 kg · m ⁻¹		$C_t = 1.56\text{E}+4 \text{ mm}^3$



6.4 Prstenec

Návrh odhadom : 2 profily UPE 300

UPE 300			
Geometria		Prierezové charakteristiky	
h = 300 mm		Os y	Os z
b = 100 mm		$I_y = 7.82E+7 \text{ mm}^4$	$I_z = 5.38E+6 \text{ mm}^4$
$t_w = 9.5 \text{ mm}$		$W_{y1} = 5.22E+5 \text{ mm}^3$	$W_{z1} = 7.56E+4 \text{ mm}^3$
$t_f = 15 \text{ mm}$			$W_{z2} = 1.86E+5 \text{ mm}^3$
r = 15 mm		$W_{y,pl} = 6.13E+5 \text{ mm}^3$	$W_{z,pl} = 1.37E+5 \text{ mm}^3$
$y_s = 28.9 \text{ mm}$		$i_y = 117.6 \text{ mm}$	$i_z = 30.8 \text{ mm}$
$y_m = 60.3 \text{ mm}$		$S_y = 3.07E+5 \text{ mm}^3$	
d = 240 mm		Krútenie a klopenie	
$A = 5660 \text{ mm}^2$		$I_w = 7.27E+10 \text{ mm}^6$	$I_t = 3.15E+5 \text{ mm}^4$
$A_L = 0.96812 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$		$i_w = 26.4 \text{ mm}$	$i_{pc} = 121.5 \text{ mm}$
	$G = 44.4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$		

7. Detaily

7.1. Spoj väznica – nosník

Uloženie väznice k nosníku pomocou oceľových uholníkov

Väznica 140 x 180 (l = 2,04 m)

Stále	g_k [kN/m]	γ_G	g_d [kN/m]
ZS1 – strešný plášť	2,33	1,35	3,14
Náhodilé	q_k [kN/m]	γ_Q	q_d [kN/m]
ZS2 - sneh	2,07	1,5	3,11
Náhodilé	F_k [kN]	γ_Q	F_d [kN]
ZS3 - sústredené zaťaženie nad podporou	1,5	1,5	2,25

$N_{c,d}$; $N_{t,d}$ – nie sú v tomto prípade podstatné

$$F_{v,Ed} = V_{z,d} = F_d + \frac{(g_d + q_d) \cdot l}{2} = 2,25 + \frac{(3,14 + 3,11) \cdot 2,04}{2} = 8,63 \text{ kN}$$

Prípoj väznice k uholníku - Dvojstrižný spoj (ocel - drevo)

Návrh: Svorník 2x Ø12

d = 12 mm ... priemer použitého svorníku

t₂ = 140 mm ... hrúbka posudzovanej väznice (GL24h)

t = 5 mm ... hrúbka plechu ocelových uholníkov (tenká ocelová doska)

ocel S355 → f_u = 510 N/mm² ... pevnosť v ťahuPosúdenie na strih

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 27,42 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 12^{2,6} = 97,85 \cdot 10^3 \text{ N/mm}$$

$$F_{ax,Rk} = 0,00 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\} =$$
$$= \min \left\{ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{0,5 \cdot 27,42 \cdot 140 \cdot 12}{97,85 \cdot 10^3 \cdot 27,42 \cdot 12} + \frac{0,00}{4}} \right\} = \min \left\{ \frac{23,03 \cdot 10^3 \text{ N}}{9,23 \cdot 10^3 \text{ N}} \right\} = 9,23 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk,tot} = n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 9,23 \cdot 10^3 = 18,46 \cdot 10^3 \text{ N} = 18,46 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk,tot}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{18,46}{1,3} = 12,78 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = 12,78 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 8,63 \text{ kN} \dots \text{vyhovuje}$$

Prípoj uholníku k nosníku - Dvojstrižný spoj (ocel - drevo)

Návrh: Svorník 2x Ø12

d = 12 mm ... priemer použitého svorníku

t₂ = 180 mm ... hrúbka nosníku (GL32h)

t = 5 mm ... hrúbka plechu ocelových uholníkov (tenká ocelová doska)

ocel S355 → f_u = 510 N/mm² ... pevnosť v ťahuPosúdenie na strih

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 430 = 31,03 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 12^{2,6} = 97,85 \cdot 10^3 \text{ N/mm}$$

$$F_{ax,Rk} = 0,00 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\} =$$



$$= \min \left\{ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 97,85 \cdot 10^3 \cdot 31,03 \cdot 12} + \frac{0,00}{4} \right\} = \min \left\{ 33,51 \cdot 10^3 \text{ N} \right\} = 9,82 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk,tot} = n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 9,82 \cdot 10^3 = 19,64 \cdot 10^3 \text{ N} = 19,64 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk,tot}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{19,64}{1,3} = 13,60 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = 13,60 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 8,63 \text{ kN} \dots \text{vyhovuje}$$

Uloženie väznice k nosníku pomocou oceľových uholníkov

Väznica 180 x 220 (l = 3,84 m)

Stále	g_k [kN/m]	γ_G	g_d [kN/m]
ZS1 – strešný plášť	2,44	1,35	3,29
Náhodilé	q_k [kN/m]	γ_Q	q_d [kN/m]
ZS2 - vietor	0,62/cos54°	1,5	1,58
Náhodilé	F_k [kN]	γ_Q	F_d [kN]
ZS3 - sústredené zaťaženie nad podporou	1,5	1,5	2,25

$N_{c,d}$; $N_{t,d}$ – nie sú v tomto prípade podstatné

$$F_{v,Ed} = V_{z,d} = F_d + \frac{(g_d + q_d) \cdot l}{2} = 2,25 + \frac{(3,29 + 1,58) \cdot 3,84}{2} = 11,60 \text{ kN}$$

Prípoj väznice k uholníku - Dvojstrižný spoj (oceľ - drevo)

Návrh: Svorník 2x Ø12

d = 12 mm ... priemer použitého svorníku

$t_2 = 180$ mm ... hrúbka posudzovanej väznice (GL24h)

t = 5 mm ... hrúbka plechu oceľových uholníkov (tenká oceľová doska)

oceľ S355 → $f_u = 510 \text{ N/mm}^2$... pevnosť v ťahu

Posúdenie na strih

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 27,42 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 12^{2,6} = 97,85 \cdot 10^3 \text{ N/mm}$$

$$F_{ax,Rk} = 0,00 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right\} =$$

$$= \min \left\{ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 97,85 \cdot 10^3 \cdot 27,42 \cdot 12} + \frac{0,00}{4} \right\} = \min \left\{ 29,61 \cdot 10^3 \text{ N} \right\} = 9,23 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk,tot} = n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 9,23 \cdot 10^3 = 18,46 \cdot 10^3 \text{ N} = 18,46 \text{ kN}$$



$$F_{v,Rd,tot} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk,tot}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{18,46}{1,3} = 12,78 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = 12,78 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 11,60 \text{ kN} \dots \text{vyhovuje}$$

Prípoj uholníku k nosníku - Dvojstrižný spoj (ocel' - drevo)

Návrh: Svorník 2x Ø12

d = 12 mm ... priemer použitého svorníku

t₂ = 180 mm ... hrúbka nosníku (GL32h)

t = 5 mm ... hrúbka plechu oceľových uholníkov (tenká oceľová doska)

ocel' S355 → f_u = 510 N/mm² ... pevnosť v ťahu

Posúdenie na strih

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 430 = 31,03 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 12^{2,6} = 97,85 \cdot 10^3 \text{ N/mm}$$

$$F_{ax,Rk} = 0,00 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 31,03 \cdot 180 \cdot 12}{1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 97,85 \cdot 10^3 \cdot 31,03 \cdot 12} + \frac{0,00}{4}} \right\} = \min \left\{ \frac{33,51 \cdot 10^3 \text{ N}}{9,82 \cdot 10^3 \text{ N}} \right\} = 9,82 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk,tot} = n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 9,82 \cdot 10^3 = 19,64 \cdot 10^3 \text{ N} = 19,64 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk,tot}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{19,64}{1,3} = 13,60 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = 13,60 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 11,60 \text{ kN} \dots \text{vyhovuje}$$

7.2. Uloženie nosníku k podpore

Reakcie

Lineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Všetko

Trieda : MSÚ

Podpera	Stav	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/N1	únosnosť/2	-0,59	38,59	0,00
Sn1/N1	K1/5	37,76	96,05	0,00
Sn1/N1	K3/6	29,29	98,67	0,00
Sn1/N1	K1/8	16,88	59,30	0,00
Sn2/N5	K1/3	-39,38	88,81	0,00
Sn2/N5	únosnosť/7	-12,50	43,93	0,00
Sn2/N5	únosnosť/2	-14,12	36,69	0,00
Sn2/N5	K2/1	-37,24	104,26	0,00
Sn2/N5	K1/8	-16,88	59,30	0,00



Posúdenie čapu

$$F_{v,sd} = \sqrt{R_{z,max}^2 + R_x^2} = \sqrt{104,26^2 + 37,24^2} = 110,71 \text{ kN}$$

$$t \geq \sqrt{\frac{F_{sd} \cdot \gamma_{MP}}{f_y}} = \sqrt{\frac{110,71 \cdot 1,45 \cdot 10^3}{235}} = 26,14 \text{ mm} \rightarrow t = 30 \text{ mm}$$

$$d_0 \leq 2,5 \cdot t = 2,5 \cdot 30 = 75 \text{ mm} \rightarrow \text{čap ... } d = 50 \text{ mm}$$

materiál 5.6 ($f_{up} = 500 \text{ MPa}$, $f_{yp} = 300 \text{ MPa}$)

Únosnosť čapu v šmyku

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_M} = \frac{0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 50^2}{4} \cdot 2 \cdot 500}{1,45} = 812,48 \cdot 10^3 \text{ N} = 812,48 \text{ kN}$$

$$F_{v,sd} = 110,71 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 812,48 \text{ kN} \dots \text{vyhovuje}$$

Únosnosť čapu na ohyb

$$M_{sd} = \frac{1}{8} \cdot F_{v,sd} \cdot (t + 4 \cdot c + 2 \cdot t_1) = \frac{1}{8} \cdot 110,71 \cdot (30 + 4 \cdot 5 + 2 \cdot 20) = 1245,49 \text{ kNmm} = 1,25 \text{ kNm}$$

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

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

$$t_1 = 20 \text{ mm}$$

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

$$W_{el} = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot d^3 = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot 50^3 = 12\,272 \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{0,8 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 12\,272 \cdot 300}{1,45} = 2,03 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 2,03 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} = 1,25 \text{ kNm} < M_{Rd} = 2,03 \text{ kNm} \dots \text{vyhovuje}$$

Namáhanie čapu ohybom a šmykom

$$\left[\frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,sd}}{F_{v,Rd}} \right]^2 = \left[\frac{1,25}{2,03} \right]^2 + \left[\frac{110,71}{812,48} \right]^2 = 0,40 \leq 1,0 \dots \text{vyhovuje}$$

Odtlačenie dosky a čadu

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_{yp}}{\gamma_{Mp}} = \frac{1,5 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 300}{1,45} = 465,52 \cdot 10^3 \text{ N} = 465,52 \text{ kN}$$

$$F_{v,sd} = 110,71 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 465,52 \text{ kN}$$

Posúdenie kotevných skrutiek na ťah

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 24^2}{4} = 452,39 \text{ mm}^2$$

materiál: S235 ... trieda 4.8

navrhnuté 4 zapustené skrutky $\rightarrow k_2 = 0,63$

$$F_{t,Ed} = \frac{F_{sd}}{4} = \frac{110,71}{4} = 27,68 \text{ kN}$$

$F_{t,Rd} = 78,62 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 27,68 \text{ kN}$... vyhovuje

Posúdenie kotevných skrutiek - šmyková sila

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7}{2,5} \right\} = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot \frac{1,2 \cdot d_0}{d_0} - 1,7}{2,5} \right\} = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot \frac{1,2 \cdot 26}{26} - 1,7}{2,5} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{1,66}{2,5} \right\} = 1,66$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{\frac{e_1}{3 \cdot d_0}}{\frac{f_{ub}}{f_u}} \right\} = \min \left\{ \frac{\frac{1,2 \cdot d_0}{3 \cdot d_0}}{\frac{f_{ub}}{f_u}} \right\} = \min \left\{ \frac{\frac{1,2 \cdot 26}{3 \cdot 26}}{\frac{400}{360}} \right\} = \min \left\{ \frac{0,4}{1,11} \right\} = 0,4$$

$$F_{1,v} = \frac{F}{n_b} = \frac{39,38}{4} = 9,85 \text{ kN} \leq \min \left\{ \begin{matrix} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \frac{n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}}{\frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}} \right\} = \min \left\{ \frac{1 \cdot \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 452,39}{1,45}}{\frac{1,66 \cdot 0,4 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 20}{1,45}} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{74,88 \cdot 10^3}{79,13 \cdot 10^3} \right\} = 74,88 \text{ kN} \dots \text{vyhovuje}$$

Posúdenie kotevných skrutiek - strih + ohyb

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{9,85}{74,88} + \frac{27,68}{1,4 \cdot 78,62} = 0,38 \leq 1,0 \dots \text{vyhovuje}$$

Posúdenie – pretlačenie

$$\beta_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot \pi \cdot 38,8 \cdot 20 \cdot \frac{360}{1,45} = 363,16 \cdot 10^3 \text{ N} = 363,16 \text{ kN}$$

Posúdenie prípoja nosníku

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$t_1 = 85 \text{ mm}$$

$$f_{h,1,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 430 = 26,80 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 24^{2,6} = 593,25 \cdot 10^3 \text{ N/mm}$$

$$F_{ax,Rk} = 0,00 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2} - 1} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 54,67 \cdot 10^3 \\ 31,96 \cdot 10^3 \\ 44,93 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 31,96 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,tot} = n \cdot F_{v,Rk} = 4 \cdot 31,96 \cdot 10^3 = 127,84 \cdot 10^3 \text{ N} = 127,84 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk,tot}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{127,84}{1,3} = 88,50 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = 88,50 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 11,60 \text{ kN} \dots \text{vyhovuje}$$



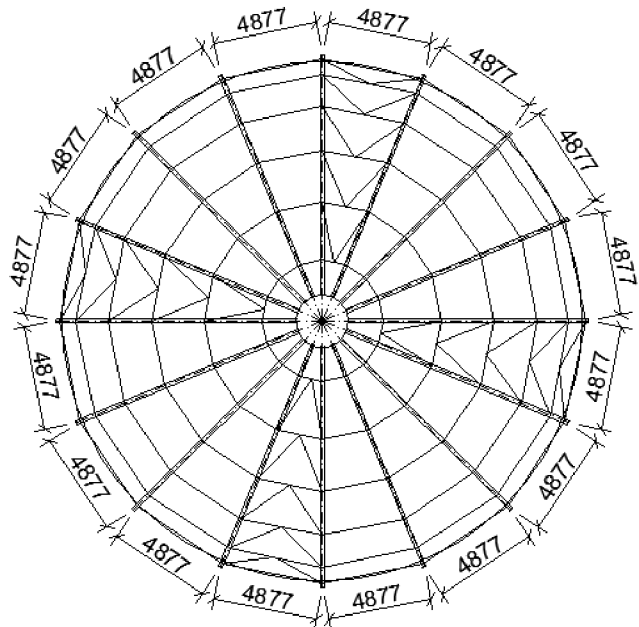
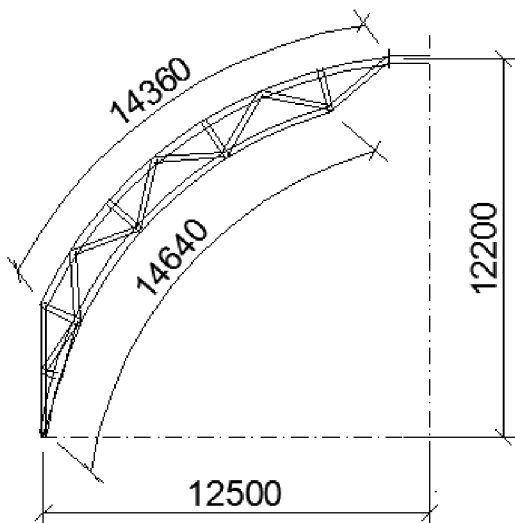
Variant B

1. Statický model

Predmetom výpočtu je návrh konštrukcie zastrešenia kopule planetária. Tento model je vytvorený z priehradových rebier s lucernovým prstencom. Rebra sú kĺbovo pripojené k stužujúcemu vencu pomocou čapov a kotevných dosiek. Na druhej strane sú podobne pripojené aj k oceľovému prstencu.

2. Geometria

Konštrukcia sa nachádza nad kruhovým pôdorysom s priemerom 25m. Výška konštrukcie zastrešenia je 12,2 m.



3. Materiály

Prvok	Materiál	Rozmery
Horný pás rebra	GL24h	140/220
Dolný pás rebra	GL24h	140/220
Zvislice rebra	GL24h	140/180
Diagonály rebra	GL24h	140/180
Väznice	GL24h	140/180
Prstenec	S235	2x UPE 300
Stužovadlo	S235	Tr 60,3/3,2

**Lepené lamelové drevo GL24h**

Charakteristická pevnosť v ohybe $f_{m,k} = 24\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v ťahu $f_{t,0,k} = 16,5\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v ťahu kolmo k vláknám $f_{t,90,k} = 0,5\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v tlaku $f_{c,0,k} = 24\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v tlaku kolmo k vláknám $f_{c,90,k} = 2,7\text{MPa}$

Charakteristická pevnosť v šmyku $f_{v,k} = 2,5\text{MPa}$

Modul pružnosti rovnobežne s vláknami $E_{0,\text{mean}} = 11\,600\text{MPa}$

Modul pružnosti kolmo k vláknám $E_{90,\text{mean}} = 390\text{MPa}$

Šmykový modul $G_{\text{mean}} = 720\text{MPa}$

Hustota..... $\rho_k = 380\text{kg/m}^3$

Modifikačný súčiniteľ zohľadňujúci vplyv trvania zaťaženia a vlhkosti $k_{\text{mod}} = 0,8$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti $\gamma_M = 1,25$

Návrhové hodnoty pevnosti:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36\text{MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2416,5}{1,25} = 10,56\text{MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36\text{MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,32\text{MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,73\text{MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5}{1,25} = 1,60\text{MPa}$$

Oceľové plechy z materiálu S235

Medza pevnosti v ťahu $f_u = 360\text{MPa}$

Medza klzu $f_y = 235\text{MPa}$

Modul pružnosti v ťahu a tlaku $E = 210\text{GPa}$

Modul pružnosti v šmyku ... $G = 81\text{GPa}$

Súčiniteľ priečnej deformácie v pružnej oblasti $\nu = 0,3$

Súčiniteľ dĺžkovej tepelnej rozťažnosti $\alpha = 0,000012^\circ\text{C}^{-1}$

Hustota $\rho = 7850\text{kg/m}^3$



4. Zaťaženie a kombinácie

Zaťažovacie stavy (jednotlivé plošné zaťaženia sú v modele vynásobené príslušnými zaťažovacími šírkami)

ZS1.

Vlastná tiaž rebier – jedná sa o zaťaženia stále generované programom Scia Engineer.

ZS2.

Ostatné stále zaťaženie – Tiaž strešného plášt'a a podhl'adu.

Vrstva	Objemová tiaž [kN/m ³]	Hrúbka [m]	Tiaž [kN/m ²]
TITANZINKOVÝ PLECH			
Hydroizolačný plech	72	0,0008	0,058
HYDROIZOLAČNÁ FÓLIA			
Hydroizolačná fólia	0,48	0,008	0,00384
POISTNÁ HYDROIZOLÁCIA			
Poistná hydroizolácia	12	0,004	0,048
TEPELNÁ IZOLÁCIA			
Tepelná izolácia	1,4	0,100	0,140
ASFALTOVÉ LEPIDLO			
Asfaltové lepidlo	13	0,002	0,026
TEPELNÁ IZOLÁCIA			
Tepelná izolácia	1,4	0,140	0,196
ASFALTOVÉ LEPIDLO			
Asfaltové lepidlo	13	0,002	0,026
ASFALTOVÝ PÁS			
Asfaltový pás	12	0,004	0,048
PREGLEJKA			
Preglejka	7	0,024	0,168
celkom		0,285m	0,71 kN/m ²
+ ostatné stále			0,8 kN/m ²

ZS3. – ZS5.

$$S_{neh} = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k$$

$c_e = 1$ Normálny typ krajiny: plochy, kde nedochádza na stavbách k výraznému premiestneniu snehu, vetrom vďaka okolitému terénu (iným stavbám alebo stromom).

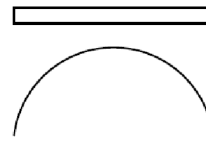
$c_t = 1$ Tepelný súčiniteľ, ktorý sa má použiť tam, kde je možné vziať do úvahy znížené zaťaženie snehom na streche. V ostatných prípadoch je rovná jednej.

Snehová oblasť II (Uherský Brod): $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$



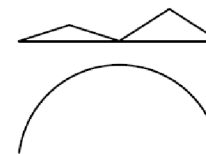
ZS3.

Sneh plný: súčiniteľ zaťaženia snehom ... $\mu_1 = 0,8$



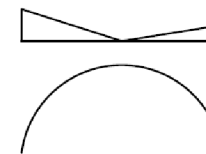
ZS4.

Sneh naviaty: súčiniteľ zaťaženia snehom ... $\mu_2 = 2,0$



ZS5.

Sneh naviaty: súčiniteľ zaťaženia snehom ... $\mu_3 = 2,0$



ZS6.

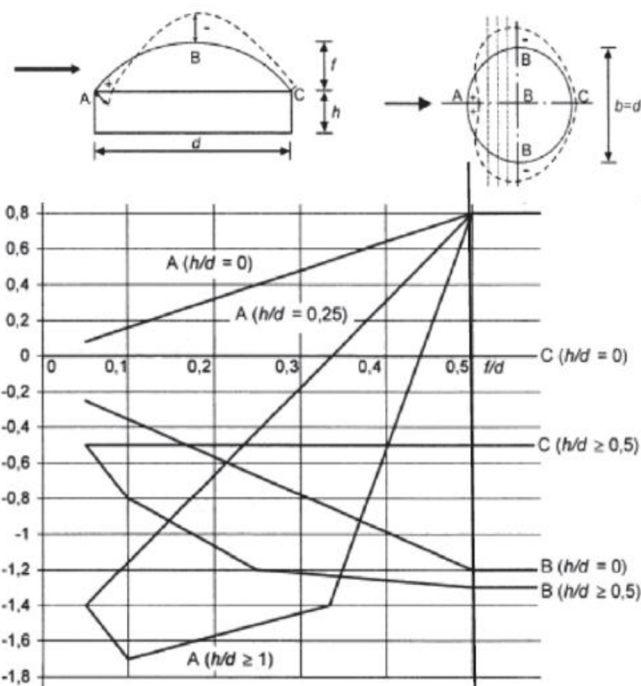
Vietor $w_e = q_{p(z)} \cdot c_{pe}$

Veterná oblasť II (Uherský Brod): základná rýchlosť vetru $v_{b,0} = 25,0\text{m/s}$

Kategória terénu II: Oblasť s nízkou vegetáciou ako je tráva a izolovanými prekážkami (stromy, budovy), vzdialenými od seba najmenej 20 násobok výšky prekážok.

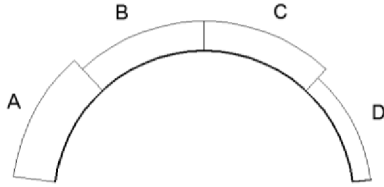
z tabuliek ... $q_b = 390,6 \text{ N/m}^2$

z grafu ... c_{pe}





Rozdelenie oblúku na časti s jednotlivými súčiniteľmi c_{pe}



	A	B = C	D
c_{pe}	0,52	-1,18	-0,35
w_e [kN/m ²]	0,203	-0,461	-0,137

Tlak na zvislej časti: $c_{pe,10} = 0,7 \rightarrow w_e = 0,273$ kN/m²

Sanie na zvislej časti: $c_{pe,10} = -0,3 \rightarrow w_e = -0,117$ kN/m²

Kombinácie zaťaženia

$$6.10.a) \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10.b) \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

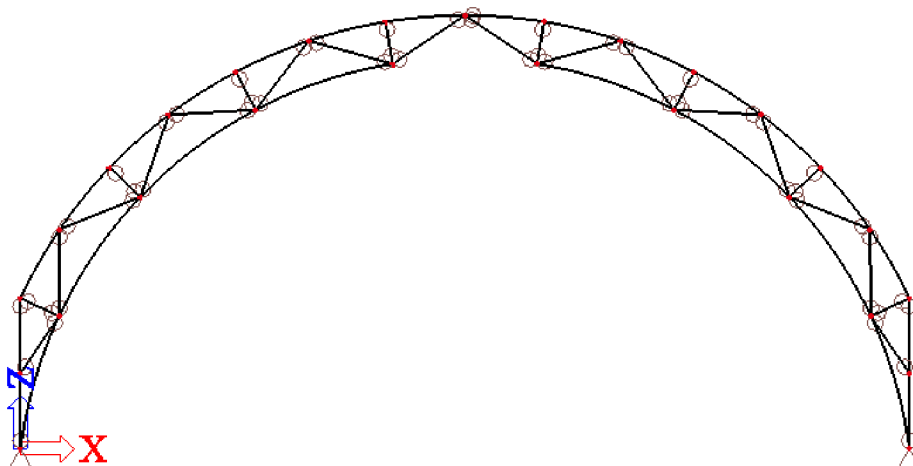
	priaznivé	nepriaznivé
γ_G	1,0	1,35
γ_Q	0,0	1,5

	sneh	vietor
Ψ_0	0,5	0,6

$$\xi = 0,85$$

5. Výpočtový model

Model konštrukcie je vytvorený vo výpočtovom programe Scia Engineer ako 2D priehradová rebrová konštrukcia. Rebrá sú v hornej časti spojené kĺbom a v dolnej časti podporené podporou. Zvislice a diagonály sú pripojené kĺbovo.





6. Posúdenie nosných prvkov

6.1. Horný pás

Materiál a rozmery GL24h

$$h = 220 \text{ mm}$$

$$b = 140 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 140 \cdot 220 = 30,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 140 \cdot 220^3 = 124,23 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

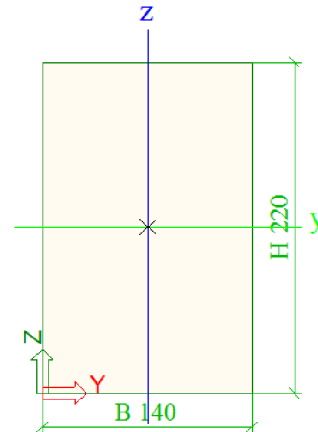
$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 220 \cdot 140^3 = 50,31 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 140 \cdot 220^2 = 1,13 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 220 \cdot 140^2 = 718,67 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{220}{\sqrt{12}} = 64 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{140}{\sqrt{12}} = 40 \text{ mm}$$



Vnútoré sily na prvku

Lineárny výpočet, Extrém : Globálny, Systém : LSS

Výber : B30,B27

Trieda : všetko MSÚ

Prvok	Stav	dx [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
B27	K3/1	2,235	-82,58	1,59	-1,32
B30	K1/2	2,235	58,56	-8,92	-3,87
B30	K1/2	2,235	23,85	6,71	-3,87
B30	K1/3	0,745	40,56	2,99	2,23

Prostý tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,d}}{A} = \frac{82,58 \cdot 10^3}{30,8 \cdot 10^3} = 2,681 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 2,681 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 15,36 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Stabilita konštrukcie

Vzper – z roviny

Neovplyvňuje konštrukciu → zabezpečený nosnou vrstvou strešného plášťa

**Vzper - v rovine**

$$L_{cr,y} = \beta_y \cdot L_y = 1,0 \cdot 2236 = 2236 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{19559}{64} = 34,94$$

$$\lambda_{rel,cy} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{34,94}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8,8 \cdot 10^3}} = 0,58$$

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,cy} - 0,3) + \lambda_{rel,cy}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,58 - 0,3) + 0,58^2] = 0,68$$

$$k_{cy} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,cy}^2}} = \frac{1}{0,68 + \sqrt{0,68^2 - 0,58^2}} = 0,97$$

$$k_c = \min \{k_{cy}; 1,0\} = 0,97$$

Vplyv zakrivenia

$$r = 13036 \text{ mm}$$

$$r_{in} = r - 0,5 \cdot h = 13036 - 0,5 \cdot 220 = 12926 \text{ mm}$$

$$t = 0,04 \text{ m} = 40 \text{ mm}$$

$$\frac{r_{in}}{t} = \frac{12926}{40} = 323,15 \geq 240 \dots \gg k_r = 1,00$$

$$\alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \text{tg}\alpha_{ap} + 5,4 \cdot \text{tg}^2\alpha_{ap} = 1 + 1,4 \cdot \text{tg}0^\circ + 5,4 \cdot \text{tg}^2 0^\circ = 1,00$$

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

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \text{tg}\alpha_{ap} - 7,8 \cdot \text{tg}^2\alpha_{ap} = 0,6 + 8,3 \cdot \text{tg}^2 0^\circ = 0,60$$

$$k_4 = 6 \cdot \text{tg}^2\alpha_{ap} = 6 \cdot \text{tg}^2 0^\circ = 0,00$$

$$\begin{aligned} k_l &= k_1 + k_2 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3 = \\ &= 1,00 + 0,35 \cdot \left(\frac{220}{13036}\right) + 0,60 \cdot \left(\frac{220}{13036}\right)^2 + 0,00 \cdot \left(\frac{220}{13036}\right)^3 = 1,006 \end{aligned}$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 1,006 \cdot \frac{6 \cdot 3,87 \cdot 10^6}{140 \cdot 220^2} = 3,45 \text{ N/mm}^2 = 3,45 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 3,45 \text{ MPa} \leq k_r \cdot f_{m,d} = 1,00 \cdot 15,36 = 15,36 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

**posúdenie vzper + ohyb**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,00$$

kombinácia max tlaku a ohybu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{82,58 \cdot 10^3}{140 \cdot 220} = 2,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 1,006 \cdot \frac{6 \cdot 1,32 \cdot 10^3}{140 \cdot 220^2} = 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{2,68}{0,97 \cdot 15,36} + \frac{1,18 \cdot 10^{-3}}{15,36} = 0,18 \leq 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$

Kombinácia ťahu a ohybu = Kombinácia max ohybu a ťahu

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{58,56 \cdot 10^3}{140 \cdot 220} = 1,90 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 1,006 \cdot \frac{6 \cdot 3,87 \cdot 10^3}{140 \cdot 220^2} = 3,45 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{1,9}{0,97 \cdot 10,56} + \frac{3,45 \cdot 10^{-3}}{15,36} = 0,19 \leq 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$

6.2. Dolný pás**Materiál a rozmery GL24h**

$$h = 220 \text{ mm}$$

$$b = 140 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 140 \cdot 220 = 30,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 140 \cdot 220^3 = 124,23 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

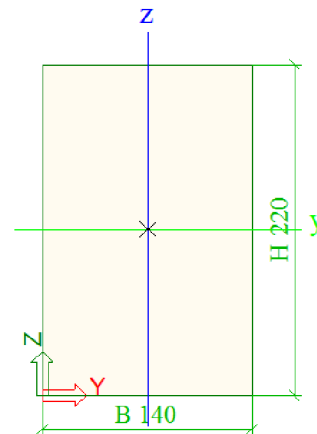
$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 220 \cdot 140^3 = 50,31 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 140 \cdot 220^2 = 1,13 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 220 \cdot 140^2 = 718,67 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{220}{\sqrt{12}} = 64 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{140}{\sqrt{12}} = 40 \text{ mm}$$



**Vnútomé sily na prvku**

Lineárny výpočet, Extrém : Globálny, Systém : LSS

Výber : B26,B32

Trieda : všetko MSÚ

Prvok	Stav	dx [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
B32	K1/2	1,300	-129,36	-3,68	-13,43
B26	K3/1	10,025	39,57	-0,68	3,81
B32	K1/2	3,900	-99,92	-18,97	11,51
B32	K1/2	3,900	-127,68	22,84	11,51

Prostý tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,d}}{A} = \frac{129,36 \cdot 10^3}{30,8 \cdot 10^3} = 4,20 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 4,20 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 15,36 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Stabilita konštrukcie**Vzper – z roviny**

$$L_{cr,z} = \beta_z \cdot L_z = 1,0 \cdot 4677 = 4677 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_y} = \frac{4677}{40} = 116,93$$

$$\lambda_{rel,cz} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{116,93}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8,8 \cdot 10^3}} = 1,94$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,cz} - 0,3)] + \lambda_{rel,cz}^2 = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,94 - 0,3)] + 1,94^2 = 2,46$$

$$k_{cz} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,cz}^2}} = \frac{1}{2,65 + \sqrt{2,65^2 - 2,03^2}} = 0,32$$

Vzper - v rovine

$$L_{cr,y} = \beta_y \cdot L_y = 1,0 \cdot 4083 = 4083 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{4083}{64} = 63,80$$

$$\lambda_{rel,cy} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{63,80}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8,8 \cdot 10^3}} = 1,06$$

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,cy} - 0,3)] + \lambda_{rel,cy}^2 = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,06 - 0,3)] + 1,06^2 = 1,10$$

$$k_{cy} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,cy}^2}} = \frac{1}{1,1 + \sqrt{1,1^2 - 1,06^2}} = 0,71$$

$$k_c = \min \{k_{cy}; k_{cz}; 1,0\} = 0,32$$

**Vplyv zakrivenia**

$$r = 12502 \text{ mm}$$

$$r_{in} = r - 0,5 \cdot h = 12502 - 0,5 \cdot 220 = 12392 \text{ mm}$$

$$t = 0,04 \text{ m} = 40 \text{ mm}$$

$$\frac{r_{in}}{t} = \frac{12926}{40} = 309,8 \geq 240 \dots \gg k_r = 1,00$$

$$\alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg}\alpha_{ap} + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2\alpha_{ap} = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg}0^\circ + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 1,00$$

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

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg}\alpha_{ap} - 7,8 \cdot \operatorname{tg}^2\alpha_{ap} = 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 0,60$$

$$k_4 = 6 \cdot \operatorname{tg}^2\alpha_{ap} = 6 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 0,00$$

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

$$= 1,00 + 0,35 \cdot \left(\frac{220}{13036}\right) + 0,60 \cdot \left(\frac{220}{13036}\right)^2 + 0,00 \cdot \left(\frac{220}{13036}\right)^3 = 1,006$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 1,006 \cdot \frac{6 \cdot 13,43 \cdot 10^6}{140 \cdot 220^2} = 11,96 \text{ N/mm}^2 = 11,96 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 11,96 \text{ MPa} \leq k_r \cdot f_{m,d} = 1,00 \cdot 15,36 = 15,36 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

posúdenie vzper + ohyb

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,00$$

kombinácia max tlaku a ohybu = kombinácia max ohybu a tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{129,36 \cdot 10^3}{140 \cdot 220} = 4,10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 1,006 \cdot \frac{6 \cdot 13,43 \cdot 10^3}{140 \cdot 220^2} = 1,99 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{4,10}{0,32 \cdot 15,36} + \frac{1,99 \cdot 10^{-3}}{15,36} = 0,83 \leq 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$

Kombinácia ťahu a ohybu

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{39,57 \cdot 10^3}{140 \cdot 220} = 1,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 1,006 \cdot \frac{6 \cdot 3,81 \cdot 10^3}{140 \cdot 220^2} = 3,39 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{1,28}{0,32 \cdot 10,56} + \frac{3,39 \cdot 10^{-3}}{15,36} = 0,37 \leq 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$



6.3. Diagonála

Materiál a rozmery GL24h

$$h = 180 \text{ mm}$$

$$b = 140 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 140 \cdot 180 = 25,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 140 \cdot 180^3 = 68,04 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

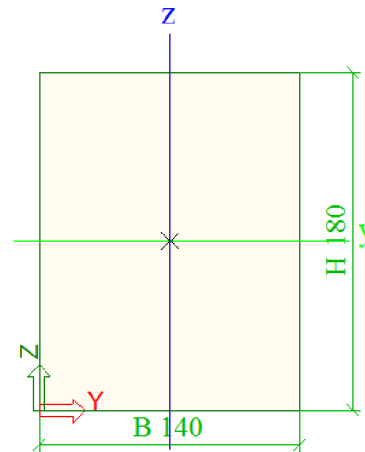
$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 180 \cdot 140^3 = 41,16 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 140 \cdot 180^2 = 756 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 180 \cdot 140^2 = 588 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{180}{\sqrt{12}} = 52 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{140}{\sqrt{12}} = 40 \text{ mm}$$



Vnútomé sily na prvku

Lineárny výpočet, Extrém : Globálny, Systém : LSS
 Výber : B12,B11,B10,B7,B9,B6,B8,B20,B18,B19,B21..B25,B13
 Trieda : všetko MSU

Prvok	Stav	dx [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
B6	K3/1	0,000	-50,07	0,00	0,00
B7	K3/1	2,446	37,54	-0,14	0,00
B10	K1/4	2,447	7,01	-0,15	0,00
B10	K1/2	0,000	10,95	0,15	0,00
B8	K1/5	0,971	-2,11	0,00	-0,03
B10	K1/5	1,223	-0,07	0,00	0,09

Prostý tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,d}}{A} = \frac{50,07 \cdot 10^3}{25,2 \cdot 10^3} = 1,98 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,98 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 15,36 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Stabilita konštrukcie

Vzper – z roviny

$$L_{cr,z} = \beta_z \cdot L_z = 1,0 \cdot 2446 = 2446 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_y} = \frac{2446}{40} = 61,15$$



$$\lambda_{rel,cz} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{61,15}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8,8 \cdot 10^3}} = 1,02$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,cz} - 0,3) + \lambda_{rel,cz}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,02 - 0,3) + 1,02^2] = 1,06$$

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

Vzper - v rovine

$$L_{cr,y} = \beta_y \cdot L_y = 1,0 \cdot 2446 = 20185 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2446}{52} = 47,04$$

$$\lambda_{rel,cy} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{47,04}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8,8 \cdot 10^3}} = 0,78$$

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,cy} - 0,3) + \lambda_{rel,cy}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,78 - 0,3) + 0,78^2] = 0,83$$

$$k_{cy} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,cy}^2}} = \frac{1}{0,83 + \sqrt{0,83^2 - 0,78^2}} = 0,89$$

$$k_c = \min \{k_{cy}; 1,0\} = 0,74$$

posúdenie vzper + ohyb

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,00$$

Prostý ťah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{37,54 \cdot 10^3}{140 \cdot 180} = 1,49 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{1,49}{0,4 \cdot 10,56} = 0,35 \leq 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$

Kombináciu ťahu a tlaku s ohybom môžeme v tomto prípade zanedbať, nakoľko jednotlivé sily sú veľmi malé.

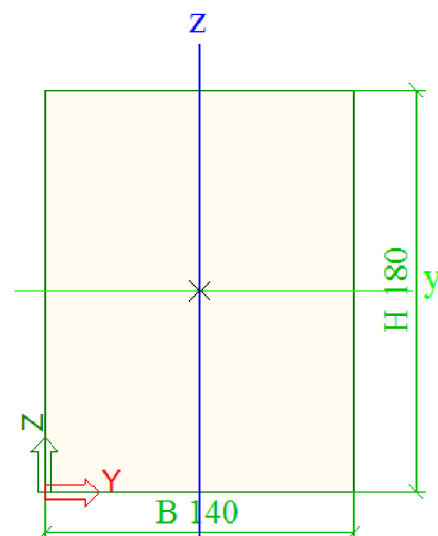
6.4. Zvislica**Materiál a rozmery GL24h**

$$h = 180 \text{ mm}$$

$$b = 140 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 140 \cdot 180 = 25,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 140 \cdot 180^3 = 68,04 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$





$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 180 \cdot 140^3 = 41,16 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 140 \cdot 180^2 = 756 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 180 \cdot 140^2 = 588 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{180}{\sqrt{12}} = 52 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{140}{\sqrt{12}} = 40 \text{ mm}$$

Vnútné sily na prvku

Lineárny výpočet, Extrém : Globálny, Systém : LSS
 Výber : B4,B3,B2,B1,B28,B31,B14.B17
 Trieda : všetko MSÚ

Prvok	Stav	dx [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
B28	únosnosť/6	0,000	-34,26	0,19	0,00
B31	K1/2	4,237	49,83	1,88	0,00
B31	K1/2	0,000	44,66	-1,88	0,00
B31	K1/2	2,118	44,93	-1,51	-3,59
B28	únosnosť/7	1,059	-33,91	0,02	0,25

Prostý tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,d}}{A} = \frac{34,26 \cdot 10^3}{25,2 \cdot 10^3} = 1,36 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,36 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 15,36 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Stabilita konštrukcie

Vzper – z roviny

$$L_{cr,z} = \beta_y \cdot L_z = 1,0 \cdot 980 = 980 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{980}{40} = 24,5$$

$$\lambda_{\text{rel},cz} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{24,5}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8,8 \cdot 10^3}} = 0,41$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},cz} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},cz}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,41 - 0,3) + 0,41^2] = 0,59$$

$$k_{cz} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},cz}^2}} = \frac{1}{0,59 + \sqrt{0,59^2 - 0,41^2}} = 0,99$$

Vzper - v rovine

$$L_{cr,y} = \beta_y \cdot L_y = 1,0 \cdot 980 = 980 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{980}{52} = 18,85$$



$$\lambda_{rel,cy} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{18,85}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8,8 \cdot 10^3}} = 0,31$$

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,cy} - 0,3) + \lambda_{rel,cy}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,31 - 0,3) + 0,31^2] = 0,55$$

$$k_{cy} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,cy}^2}} = \frac{1}{0,55 + \sqrt{0,55^2 - 0,31^2}} = 1,0$$

$$k_c = \min \{k_{cy}; k_{cz}; 1,0\} = 0,99$$

posúdenie vzper + ohyb

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,00$$

Kombinácia ťahu a ohybu

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{44,93 \cdot 10^3}{140 \cdot 180} = 1,78 \text{MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = \frac{6 \cdot 3,59 \cdot 10^3}{140 \cdot 180^2} = 4,75 \cdot 10^{-3} \text{MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{1,78}{0,4 \cdot 10,56} + \frac{4,75 \cdot 10^{-3}}{15,36} = 0,42 \leq 1,00 \dots \text{vyhovuje}$$

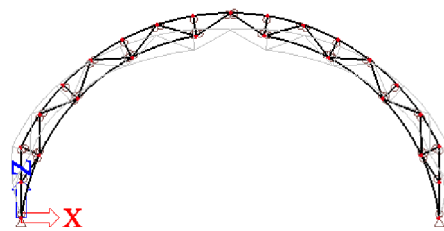
7. Posúdenie na MSP

Deformácie na prvku

Lineárny výpočet, Extrém : Globálny
Výber : Všetko

Zaťažovacie stavy : ZS1 - vlastná tiaž

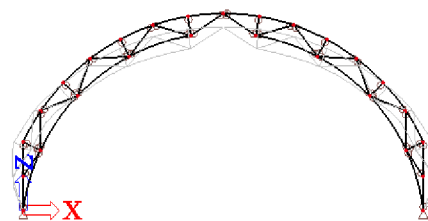
Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS1 - vlastná tiaž	B13	2,448	-1,1	-1,6	0,1
ZS1 - vlastná tiaž	B4	1,200	1,6	-0,5	0,2
ZS1 - vlastná tiaž	B27	15,647	-0,1	-1,9	0,2
ZS1 - vlastná tiaž	B26	2,600	-0,2	1,4	0,1
ZS1 - vlastná tiaž	B26	0,000	0,0	0,0	-1,0
ZS1 - vlastná tiaž	B26	11,556	-0,8	-0,4	0,3



Lineárny výpočet, Extrém : Globálny
Výber : Všetko

Zaťažovacie stavy : ZS2 - strešný plášť

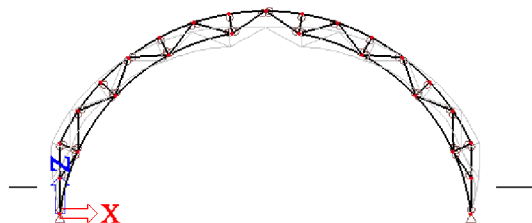
Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS2 - strešný plášť	B11	2,448	-2,6	-1,9	0,3
ZS2 - strešný plášť	B4	1,200	3,6	-0,7	0,2
ZS2 - strešný plášť	B27	15,647	-0,1	-3,9	0,2
ZS2 - strešný plášť	B26	1,950	-0,6	4,5	-0,4
ZS2 - strešný plášť	B26	0,000	0,0	0,0	-3,3
ZS2 - strešný plášť	B26	3,250	-1,1	3,4	1,3



Lineárny výpočet, Extrém : Globálny
Výber : Všetko

Zaťažovacie stavy : ZS3 - sneh rovnomerný

Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS3 - sneh rovnomerný	B13	2,448	-7,3	-10,9	1,3
ZS3 - sneh rovnomerný	B4	0,000	10,1	-1,8	1,3
ZS3 - sneh rovnomerný	B27	15,647	-0,4	-13,2	1,0
ZS3 - sneh rovnomerný	B26	2,600	-1,0	7,8	0,5
ZS3 - sneh rovnomerný	B26	0,000	0,0	0,0	-5,4
ZS3 - sneh rovnomerný	B26	11,556	-5,5	-1,5	2,2



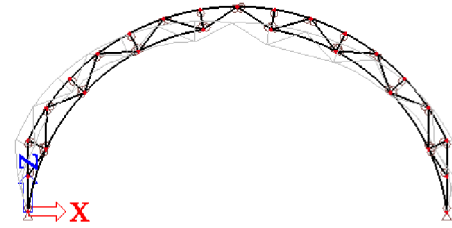


Lineárny výpočet, Extrém : Globálny

Výber : Všetko

Zaťažovacie stavy : ZS4 - sneh naviaty 1

Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS4 - sneh naviaty 1	B13	2,448	-8,4	-6,4	1,2
ZS4 - sneh naviaty 1	B17	0,000	9,8	1,9	0,5
ZS4 - sneh naviaty 1	B32	15,128	0,1	-10,4	-0,2
ZS4 - sneh naviaty 1	B26	5,987	-3,5	9,2	0,0
ZS4 - sneh naviaty 1	B26	0,000	0,0	0,0	-5,3
ZS4 - sneh naviaty 1	B32	6,985	-2,8	1,9	2,1

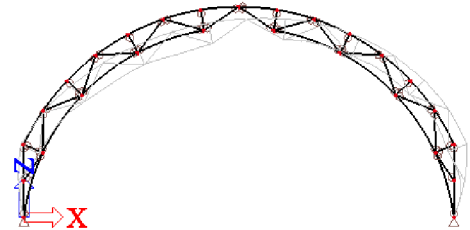


Lineárny výpočet, Extrém : Globálny

Výber : Všetko

Zaťažovacie stavy : ZS5 - sneh naviaty 2

Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS5 - sneh naviaty 2	B25	2,448	-4,9	-2,1	0,5
ZS5 - sneh naviaty 2	B4	1,200	5,1	2,2	0,0
ZS5 - sneh naviaty 2	B26	14,107	0,9	-6,2	0,2
ZS5 - sneh naviaty 2	B32	5,987	-2,2	5,5	0,0
ZS5 - sneh naviaty 2	B32	0,000	0,0	0,0	-3,4
ZS5 - sneh naviaty 2	B26	3,250	-0,9	2,0	1,5

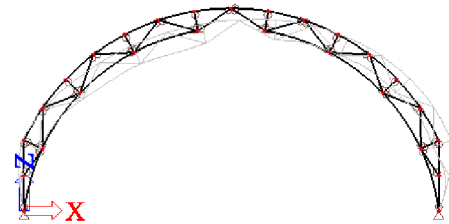


Lineárny výpočet, Extrém : Globálny

Výber : Všetko

Zaťažovacie stavy : ZS6 - vietor

Stav	Prvok	dx [m]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
ZS6 - vietor	B24	0,000	-8,8	1,9	-0,1
ZS6 - vietor	B10	0,000	9,9	-2,7	-0,5
ZS6 - vietor	B26	5,987	3,2	-10,3	0,6
ZS6 - vietor	B4	1,200	-0,8	9,4	-0,9
ZS6 - vietor	B26	16,148	9,4	0,4	-1,6
ZS6 - vietor	B26	0,000	0,0	0,0	4,2



Stále zaťaženie (ZS1 + ZS2)..... $u_{z1} = 5,8$ mm

Plný sneh (ZS3)..... $u_{z2} = 13,2$ mm

Naviaty sneh (ZS4)..... $u_{z3} = 10,4$ mm

vietor (ZS6)..... $u_{z4} = 10,3$ mm

$$u_{z,inst} = \max \left\{ \begin{matrix} u_{z1} + u_{z2} \\ u_{z1} + u_{z3} + u_{z4} \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 19,0 \\ 26,5 \end{matrix} \right\} = 26,5 \text{ mm} = \frac{1}{858} \cdot L < \frac{1}{500} \cdot L = 45,48 \text{ mm}$$

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} \cdot (1 + k_{def}) = \left\{ \begin{matrix} u_{z,G,fin} = 5,8 \cdot 1,8 = 10,44 \text{ mm} \\ u_{z,s} = 13,2 \cdot 1,6 = 21,12 \text{ mm} \end{matrix} \right\} < \frac{1}{300} \cdot L = 75,8 \text{ mm}$$



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

DŘEVĚNÁ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE PLANETÁRIA

TIMBER ROOF STRUCTURE OF A PLANETARIUM

ČASŤ 3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

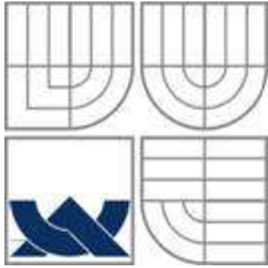
KATARÍNA RANTOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. BOHUMIL STRAKA, CSc.

OBSAH

- Výkres č. 1 – **Pôdorys a priečny rez konštrukcie**
- Výkres č. 2 – **Konštrukčný výkres rebra s väznicami**
- Výkres č. 3 – **Konštrukčný detail – uloženie väznice**
- Výkres č. 4 – **Konštrukčný detail – uloženie v päte konštrukcie**
- Výkres č. 5 – **Konštrukčný detail – uloženie vo vrchole konštrukcie**
- Výkres č. 6 – **Konštrukčný detail – prstenec**



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

DŘEVĚNÁ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE PLANETÁRIA

TIMBER ROOF STRUCTURE OF A PLANETARIUM

ČASŤ 4 – ORIENTAČNÝ VÝKAZ SPOTREBY MATERIÁLU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATARÍNA RANTOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. BOHUMIL STRAKA, CSc.

**Výkaz materiálu - variant A**

A. Rebro (GL32h)												
označenie	názov	šírka	výška	dĺžka	kubatura 1ks	objemová hmotnosť	hmotnosť 1ks	plocha 1ks	počet	kubatura	hmotnosť	plocha
		[m]	[m]	[m]	[m ³]	[kg/m ³]	[kg]	[m ²]	[ks]	[m ³]	[kg]	[m ²]
A1.	rebro oblúku	0,180	0,600	17,273	1,87	430	802,158	27,16	16	29,85	12834,530	434,59
kubatura rebier celkom [m ³]										29,85		
hmotnosť celkom [kg]										12834,530		
náterová plocha celkom [m ²]										434,59		

B. Vážnica (GL24h)												
označenie	názov	šírka	výška	dĺžka	kubatura 1ks	objemová hmotnosť	hmotnosť 1ks	plocha 1ks	počet	kubatura	hmotnosť	plocha
		[m]	[m]	[m]	[m ³]	[kg/m ³]	[kg]	[m ²]	[ks]	[m ³]	[kg]	[m ²]
B1.	vážnica č.1	0,140	0,180	0,956	0,02	380	9,155	0,66	16	0,39	146,474	10,596
B2.	vážnica č.2	0,140	0,180	2,040	0,05	380	19,535	1,36	16	0,82	312,561	21,696
B3.	vážnica č.3	0,140	0,180	3,020	0,08	380	28,920	1,98	16	1,22	462,712	31,731
B4.	vážnica č.4	0,180	0,220	3,843	0,15	380	57,829	3,15	16	2,43	925,271	50,458
B5.	vážnica č.5	0,180	0,220	4,443	0,18	380	66,858	3,63	16	2,82	1069,732	58,138
B6.	vážnica č.6	0,180	0,220	4,743	0,19	380	71,373	3,87	16	3,01	1141,963	61,978
kubatura rebier celkom [m ³]										10,68		
hmotnosť celkom [kg]										4058,714		
náterová plocha celkom [m ²]										234,6		



C. Stužovadlo (S235)						
označenie	názov	dĺžka	jednotková hmotnosť	hmotnosť 1ks	počet	hmotnosť
		[m]	[kg/m]	[kg]	[ks]	[kg]
C1.	stužovadlo č.1 Tr 60,3x3,2	2,911	4,51	13,129	8	105,029
C2.	stužovadlo č.2 Tr 60,3x3,2	2,888	4,51	13,025	8	104,199
C3.	stužovadlo č.3 Tr 60,3x3,2	2,823	4,51	12,732	8	101,854
C4.	stužovadlo č.4 Tr 60,3x3,2	2,684	4,51	12,105	8	96,839
C5.	stužovadlo č.5 Tr 60,3x3,2	2,489	4,51	11,225	8	89,803
hmotnosť celkom [kg]						497,724
náterová plocha celkom [m ²]						2,621

D. Prstenec (S235)						
označenie	názov	dĺžka	jednotková hmotnosť	hmotnosť 1ks	počet	hmotnosť
		[m]	[kg/m]	[kg]	[ks]	[kg]
D1.	lucernový prstenec vnútorný UPE 300	0,488	4,44	2,167	16	34,668
D2.	lucernový prstenec vonkajší UPE 300	0,537	4,44	2,384	16	38,148
hmotnosť celkom [kg]						72,816



Variant A	
Výkaz materiálu: drevo	
kubatura rebier celkom [m ³]	40,529
hmotnosť celkom [kg]	16893
náterová plocha celkom [m ²]	669,190
Výkaz materiálu: oceľ	
hmotnosť celkom [kg]	570,540

Výkaz materiálu - variant B

A. Rebro (GL24h)												
označenie	názov	šírka	výška	dĺžka	kubatura 1ks	objemová hmotnosť	hmotnosť 1ks	plocha 1ks	počet	kubatura	hmotnosť	plocha
		[m]	[m]	[m]	[m ³]	[kg/m ³]	[kg]	[m ²]	[ks]	[m ³]	[kg]	[m ²]
A1.	horný pás	0,140	0,220	18,375	0,57	380	215,061	13,29	16	9,06	3440,976	212,67
A2.	dolný pás	0,140	0,220	16,800	0,52	380	196,627	12,16	16	8,28	3146,035	194,52
A3.	zvislica rebra	0,140	0,180	0,980	0,02	380	9,384	0,68	64	1,58	600,607	43,366
A4.	diagonála rebra	0,140	0,180	2,150	0,05	380	20,588	1,43	128	6,94	2635,315	182,58
kubatura rebier celkom [m ³]										25,85		
hmotnosť celkom [kg]										9822,933		
náterová plocha celkom [m ²]										633,13		