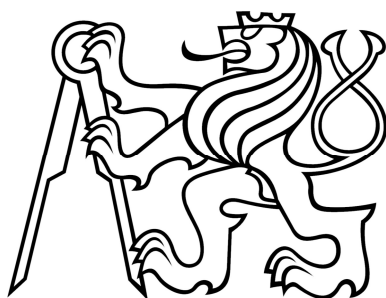


České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



**Čestné prohlášení**

**Poděkování**

**Anotace**

**Použitý software**

**Technická zpráva**

**Technické listy materiálů**

**Tepelně technický návrh**

**Zakládání**

Vedoucí bakalářské práce:  
Vypracoval:  
Datum odevzdání:

Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.  
Robert Šimáček  
Květen 2016

## **Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, s uvedením veškerých použitých zdrojů a použitého softwaru v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Robert Šimáček

.....

**15.května 2016**

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat paní Ing. Anna Kuklíkové, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a cenné rady při zpracování této bakalářské práce a také všem, kteří mě při zpracování této práce podporovali.

**Anotace:**

Bakalářská práce se zaměřuje na návrh konstrukce rámové multifunkční haly pro míčové sporty. Bakalářská práce se skládá z části statické a části výkresové. Statická část obsahuje výpočty jednotlivých prvků haly a spojů dle českých norem ČSN EN. Výkresová část se skládá ze situace, dispozice, půdorysu, příčného a podélného řezu, pohledů a detailů spojů.

**Klíčová slova:**

Lepené lamelové dřevo, Rostlé dřevo, Spoje, Rámové konstrukce, Rámový roh, Vaznice, Sloup, Ohyb, Smyk, Vzpěr a ohyb, Vrcholový kloub, Patní kloub

**Annotation:**

This thesis focuses on construction design of frame multipurpose hall for ball sports. The thesis consists of a static part and drawings. The static part contains calculations of individual elements of the hall and connections according to Czech standards ČSN EN. The drawings consist of situation, a layout of the hall, a ground plan, cross and longitudinal sections, elevations and details of connections.

**Keywords:**

Glue laminated timber, Solid timber, Connections, Frame construction, Frame corner, Purlin, Column, Bend, Skid, Buckling and Bending, Top connection, Base connection

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



Použitý software  
Multifunkční sportovní hala Zdiměřice

Květen, 2016

Robert Šimáček

Použitý software:

MS Word 2007 – studentská verze

MS Excel 2007 – studentská verze

Scia Engineer 15 – studentská verze

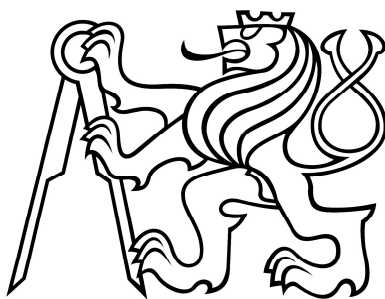
Autocad 2015 – studentská verze

Teplo 2014 – studentská verze

GEO5 v19 – studentská verze

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



Technická zpráva

Multifunkční sportovní hala Zdiměřice

Květen, 2016

Robert Šimáček

## Obsah:

1. Základní informace o objektu.....	3
2. Popis konstrukčního řešení .....	4
3. Použité materiály na konstrukční prvky .....	4
4. Zatížení .....	5
4.1 Stálé zatížení.....	5
4.2 Užitné zatížení .....	5
4.3 Klimatické zatížení.....	5
4.3.1 Zatížení sněhem.....	5
4.3.2 Zatížení sněhem.....	5
5. Skladby .....	6
5.1 Skladba podlahy .....	6
5.2 Skladba střešního pláště .....	6
5.3 Skladba obvodového pláště .....	6
6. Ztužení haly .....	7
6.1 Typ a materiál ztužidel .....	7
7. Vytápění haly.....	7
7.1 Podlahové vytápění.....	7
7.2 Návrh zdroje tepla pro vytápění haly.....	7
8. Použité izolace v objektu.....	7
8.1 Tepelná izolace.....	7
8.2 Hydroizolace a protiradonová izolace .....	8
9. Popis založení trojkloubového oblouku .....	8
9.1 Základové poměry.....	8
9.2 Založení objektu .....	8
10. Střecha.....	9
11. Skladba podlahy .....	9
12. Obvodový plášť.....	10
13. Navržené výrobky .....	10
13.1 Výplně otvorů.....	10
13.2 Klempířské prvky .....	10
13.3 Truhlářské prvky.....	10
13.4 Osvětlení .....	10
13.5 Tepelně technické posouzení.....	10
14. Použité podklady .....	11
14.1 Použité normy .....	11
14.2 Literatura.....	11
14.3 Webové zdroje .....	11
14.4 Použitý software .....	12

## 1. Základní informace o objektu

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením dřevěné rámové haly, která slouží jako multifunkční sportovní hala. Konstrukční systém haly tvoří trojkloubový rám. Systém je tvořen dvěma patními a jedním vrcholovým kloubem. Hala je navržena na pozemek kousek za Prahou v obci Zdiměřice. Multifunkční hala nabízí možnost hraní těchto sportů: florbal, futsal, basketbal, volejbal, nohejbal. Hala umožňuje pořádání menších turnajů v těchto sportech. Do prostoru haly je možné umístit menší tribunu.

Půdorysné rozměry haly jsou 49x29m. Celková výška (se střešním pláštěm) tenisové haly je 12,15 m. Ve štítových stěnách haly jsou navržena dřevěná okna pro osvětlení a provětrání interiéru. Vstup do objektu je orientován na západ, přes zázemí haly, které není součástí bakalářské práce.

Bakalářská práce neřeší zázemí sportovní haly (šatny, sprcha, občerstvení)

Nosná konstrukce střechy je tvořena rámovou konstrukcí s náběhy a vaznicemi. Vaznice jsou osově vzdálené 2 m a 1,875 m a nosné rámy 4m. Vaznice jsou k rámu připojeny pomocí jednoho páru závitových vrutů SFS Intec. Střešní plášť je tvořen pomocí panelů KINGSPAN KS-1000 TOP DEK tl. 130mm, které jsou připevněny k OSB desce tl. 25mm. Podhled tvoří hoblovaná prkna tl. 24 mm.

Štítová stěna je tvořena pomocí štítových sloupů z lepeného lamelového dřeva GL 24h a pomocí vodorovných paždíků z rostlého dřeva C24. Prostor mezi sloupky je vyplněn tepelnou izolací tl. 160mm. Na stranu do interiéru jsou navrženy OSB desky tl. 15 mm, která funguje v konstrukci jako parobrzda a jako vnější záklop tepelné izolace je navržena deska FERMACELL tl. 12,5mm. Na zateplovací systém je navržena akrylátová omítka s výztužnou síťovinou. Skladba obvodové stěny je navržena jako difúzně otevřená.

Na soklu je zvolena povrchová úprava marmolit tl. 3 mm. Sokl je zateplen pomocí extrudovaného polystyrenu. Extrudovaný polystyren je chráněn pomocí nopové fólie. Na přechodu mezi soklem a kontaktním zateplovacím systémem je navržena soklová lišta HPI, která funguje jako základová lišta pro izolaci z dřevovláknitých desek.

Nášlapná vrstva podlahy byla navržena CONIPUR HG tl. 10 mm, která je pokládána na železobetonovou vyrovnávací a roznášecí desku tl. 130 mm. Navržená hydroizolace 2x modifikované asfaltové pásy plní také funkci izolace proti radonu. Izolace je provedena na podkladní beton. Ve vrstvě tepelné izolace bude provedeno podlahové vytápění. Celá podlaha je oddílatována po obvodě od konstrukcí stěn pomocí mirelonového pásu.

## 2. Popis konstrukčního řešení

Trojkloubový rám je navržen z lepeného lamelového dřeva GL 24h. Trojkloubový systém je tvořen dvěma patními klouby a jedním vrcholovým kloubem. Patní klouby tvoří přechod mezi dřevěným nosníkem a základovou patkou. Osová vzdálenost dřevěných ráků je 4m. Celkový počet těchto vazeb v konstrukci sportovní haly je 13.

Mezi jednotlivými ráky jsou navrženy vaznice z rostlého dřeva C24 o rozměrech 140x280 mm. Vaznice jsou připojeny k obloukům pomocí dvojice závitových vrutů SFS INTEC. Osová vzdálenost vaznic je 2 m a 1,875 m na straně nad tribunou. Vaznice byly navrženy a posouzeny na nejhorší způsob namáhání, na ohyb šikmo k vláknům (viz. statický výpočet). Vrchní hrana vaznice lícuje s vrchní hranou nosného ráku. Vaznice nebudou nijak povrchově upravovány.

Rám je tvořen dvojicí nosných sloupů a jednou příčlím. Sloup s příčlím jsou spojeny v rámovém rohu pomocí kolíkového spoje. Rámový spoj je posouzen (viz. Statický výpočet). Sloupy i příčle jsou z lepeného lamelového dřeva GL 24h. Sloup ráku je tvořen dvojicí sloupků o rozměrech 100x700 s náběhem do rámového rohu 1500 mm. Příčle ráku je rozměrech 200x700 ve vrcholu s náběhem do rámového rohu 1500 mm.

Ve štítových stěnách jsou navrženy dřevěné sloupy z lepeného lamelového dřeva GL 24h. Sloupy jsou připojeny k základové konstrukci i ke konstrukci ráku kloubově (viz. Statický výpočet). Osová vzdálenost sloupů je 2,5 m. Základní šířka všech sloupů je 120 mm. Na podélné stěně jsou navrženy sloupy průřezu 120x300 mm. Na štítové stěně jsou pak sloupy o průřezu 120x460 mm, které jsou poté od 9 m výšky zdvojené (viz. Výkresy), kvůli vyhovění na mezní stav použitelnosti.

Založení objektu je provedeno v kombinaci základových pasů a základových patek. Základové pasy jsou navrženy pod obvodové stěny a základové patky budou přenášet zatížení z ráků do základové půdy.

## 3. Použité materiály na konstrukční prvky

Konstrukční prvek	Materiál	b(mm)	h(mm)
Nosný rám	GL 24h	200	700-1500
Vaznice	C24	140	280
Štítový sloup	GL 24h	120	460
Obvodový sloup	GL 24h	120	300
paždík	C24	100	140

## 4. Zatížení

### 4.1 Stálé zatížení

Zatížení byla stanovena na základě normy ČSN EN 1991-1-1, Zatížení konstrukcí -obecná zatížení - objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

Ve výpočtech byla uvažována tato stálá zatížení:

- LLD GL 24 h -  $\gamma = 3,8 \text{ kN/m}^3$
- rostlé dřevo C24 -  $\gamma = 6 \text{ kN/m}^3$
- skladba střechy (viz. statický výpočet)
- skladba stěn (viz. statický výpočet)

### 4.2 Užitné zatížení

Zatížení byla stanovena na základě normy ČSN EN 1991-1-1, Zatížení konstrukcí -obecná zatížení - objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

Konstrukce střechy spadá do kategorie H - střechy nepřístupné, s výjimkou běžné údržby a oprav.

Střechy kategorie H:  $q_k = 1 \text{ kN/m}^2$

### 4.3 Klimatické zatížení

#### 4.3.1 Zatížení sněhem

Návrh byl proveden dle ČSN EN 1991-1-3, Zatížení konstrukcí - obecná zatížení - zatížení sněhem.

Místo uvažovaného objektu: Praha, Zdiměřice

Uvažovaná sněhová oblast: I (dle Mapy sněhových oblastí pro území ČR).

#### 4.3.2 Zatížení sněhem

Návrh byl proveden dle ČSN EN 1991-1-4, Zatížení konstrukcí - obecná zatížení - zatížení větrem.

Místo uvažovaného objektu: Praha, Zdiměřice

Uvažovaná kategorie terénu oblast: II - krajina s nízkou vegetací, jako je tráva nebo izolované překážky.

## 5. Skladby

### 5.1 Skladba podlahy

Skladba viz. Příloha

Skladba: Štěrkopískový podsyp tl. 100mm

Podkladní železobetonová deska s KARI sítí t. 150 mm

2 x modifikovaný asfaltový pás ELASTEK 50 SPECIAL MINERAL tl.2x5mm

Tepelná izolace STEICO Protect tl. 80 mm

Separační PE fólie

Anhydritový potěr tl. 130 mm

Nášlapná vrstva CONIPUR HG tl. 10 mm

### 5.2 Skladba střešního pláště

Skladba viz. Příloha

Skladba: KINGSPAN TS1000 TOP-DEK tl. 130 mm

OSB deska tl. 25 mm

Dřevěné podbití tl.24 mm

### 5.3 Skladba obvodového pláště

Skladba viz. Příloha

Skladba: OSB deska tl. 15 mm

STEICO FLEX tl. 160 mm ve sloupkové konstrukci

FERMACELL tl.12,5 mm

Dřevovláknitá deska STEICO Protect tl.80 mm

Omítkový systém Termo + Diffu – viz. Příloha technické listy

## 6. Ztužení haly

Ztužení haly je provedeno v příčném směru ve střešní rovině. Je provedeno ve 4 řadách po 12 m. Ztužidla jsou ke konstrukci připojena kloubově. Návrh a výpočet je proveden viz. statický výpočet. Ztužidla budou v konstrukci zajišťovat podélnou tuhost.

### 6.1 Typ a materiál ztužidel

Ztužidla typu MACALLOY 460. Ztužidla vyrobená z oceli S460. Navržená diagonální ztužidla MACALLOY M24. Ztužidla budou provedena dle technických listů od výrobce.

## 7. Vytápění haly

### 7.1 Podlahové vytápění

Hala bude vytápěna pomocí podlahového vytápění, protože vytvoří ideální tepelnou pohodu pro hraní v hale. Podlahové vytápění bude vedeno ve vrstvě tepelné izolace, z důvodu velkých objemových změn. Návrh trasy podlahového vytápění provede specialista na TZB

### 7.2 Návrh zdroje tepla pro vytápění haly

Návrh tepelného zdroje pro vytápění navrhne specialista TZB i se zaregulováním celého systému.

## 8. Použité izolace v objektu

### 8.1 Tepelná izolace

Jako tepelná izolace obvodového pláště byla zvolena izolace STEICO FLEX v tloušťce 160 mm. Jako vrstva izolace pro překryv sloupků byla použita dřevovláknitá deska STEICO Protect tloušťky 80 mm. Tato izolace slouží také pro krytí tepelných mostů. Izolace střešního pláště je zabezpečena pomocí panelů KINGSPAN TS1000 TOP-DEK tl. 130 mm. Tepelné vlastnosti jsou prokázány z technických listů výrobce (viz. Přílohy). V podlaze je navržena izolace ISOVER STYRODUR 4000 CS v tloušťce 80 mm.

## 8.2 Hydroizolace a protiradonová izolace

V konstrukci podlahy byl jako hydroizolace použit 2 x modifikovaný asfaltový pás ELASTEK 50 SPECIAL MINERAL tl.2x5 mm, která slouží zároveň jako izolace proti radonu. Ve vrstvě podlahy je mezi tepelnou izolací a anhydritovým potěrem separační PE fólie

## 9. Popis založení trojkloubového oblouku

### 9.1 Základové poměry

V lokalitě stavby tvoří horní vrstvu písky hlinité, tato vrstva sahá přibližně do hloubky 2,8 m. Pod touto vrstvou se nachází vrstva tvořená štěrky. Spodní voda nebyla zjištěna.

Parametry zemin:

S4:  $\phi_{ef}=28^{\circ}$

$C_{ef}=2$  KPa

$\gamma=18,0$  KN/m<sup>3</sup>

$\gamma_{su}=19,0$  KN/m<sup>3</sup>

G1:  $\phi_{ef}=39^{\circ}$

$C_{ef}=0$  KPa

$\gamma=21,0$  KN/m<sup>3</sup>

$\gamma_{su}=22,0$  KN/m<sup>3</sup>

### 9.2 Založení objektu

Objekt je založen na kombinaci základových pasů a patek. Pasy a patky jsou navrženy železobetonu. Obvodové stěny jsou založeny na základových pasech. Hloubka základové spáry je 1,3 m. Šířka základového pasu je 900 mm.

Základy nosných ráků tvoří železobetonové masivní patky, pro zachycení sil vyvolané zatížením působící na rám. Základové patky mají rozměry 2,1x1,6 m (Delší směr ve směru rámu). Hloubka základové spáry je 1,3 m.

Železobetonová patka byla navržena v programu GEO5 v19. (viz. příloha zakládání).

## 10. Střecha

Střecha objektu je navržena jako sedlová se sklony 20,55° a 24,7°, jednoplášťová střecha. Odvodnění střechy je provedeno do okapových žlabů. Dešťová voda bude z okapových žlabů svedena pomocí dvou okapových svodů do vsakovacích jímek.

Přístup na střechu je řešen pomocí žebříků z vnějšku.

Skladba: KINGSPAN TS1000 TOP-DEK tl. 130 mm

OSB deska tl. 25 mm

Dřevěné podbití tl. 24 mm

## 11. Skladba podlahy

Podlaha je v hale řešena jako těžká plovoucí podlaha. Ve vrstvě podlahy je navržena tepelná izolace ISOVER 4000 CS tl. 80 mm, která funguje jako tepelná izolace i jako vrstva pro vedení teplovodních hadů podlahového vytápění. Jako roznášecí vrstva bude v souvrství fungovat anhydritový potěr tl. 130 mm, které bude děleno na dilatační úseky. Mezi vrstvou tepelné izolace a roznášecí vrstvou je navržena separační PE fólie. Jako podkladní vrstva tepelné izolace slouží železobetonová podkladní deska tl. 150 mm s KARI sítí.

Skladba: Štěrkopískový podsyp tl. 100mm

Podkladní železobetonová deska s KARI sítí tl. 150 mm

2 x modifikovaný asfaltový pás ELASTEK 50 SPECIAL MINERAL tl.2x5 mm

Tepelná izolace STEICO Protect tl. 80 mm

Separální PE fólie

Anhydritový potěr tl. 130 mm

Nášlapná vrstva CONIPUR HG tl. 10 mm

## 12. Obvodový plášť

Skladba obvodového pláště byla navržena jako difúzně otevřená s OSB deskou na vnitřním líci stěny, která funguje jako parobrzda. Jako hlavní tepelná izolace byla do skladby zvolena izolace od firmy STEICO, STEICO FLEX tl. 160 mm, která je umístěna v prostoru sloupkové konstrukce. Jako záklop izolace bude z vnější strany použit deska FERMACELL tl. 12,5 mm. Jako vedlejší izolace bude do konstrukce přidána dřevovláknitá deska STEICO Protect tl. 80 mm, která bude částečně krýt tepelnou ztrátu tepelnými mosty od sloupů nosné konstrukce.

Skladba: OSB deska tl. 15 mm

STEICO FLEX tl. 160 mm ve sloupkové konstrukci

FERMACELL tl. 12,5 mm

Dřevovláknitá deska STEICO Protect tl. 80 mm

## 13. Navržené výrobky

### 13.1 Výplně otvorů

Všechna okna v objektu budou typu eurookna, zasklená izolačním dvojsklem s celkovým součinitelem prostupu tepla (sklo + rám)  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vchodové dveře jsou navrženy o světlé šířce 2200 mm jako dvoukřídle ve dřevěné zárubni.

### 13.2 Klempířské prvky

Klempířské prvky budou provedeny z titanzinkového plechu.

### 13.3 Truhlářské prvky

Jde o vnitřní okenní parapety – oboustranně laminované dřevotřískové.

### 13.4 Osvětlení

Hlavním zdrojem světla v hale budou zářivky umístěné pod stropem.

### 13.5 Tepelně technické posouzení

Předběžný tepelně-technický posudek byl proveden dle normy ČSN 73 0540-2. Posouzení proběhlo v programu teplo 2014.

## 14. Použité podklady

### 14.1 Použité normy

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení. Praha. Český normalizační institut, 2004. 44 s.
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha. Český normalizační institut, 2005. 52 s.
- [3] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Zatížení větrem. Praha. Český normalizační institut, 2007. 124 s.
- [4] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha. Český normalizační institut, 2007. 114 s.
- [5] ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla. Praha. Český normalizační institut, 2006. 138 s.

### 14.2 Literatura

- [6] Kuklík: Dřevěné konstrukce, ČVUT Praha
- [7] Kuklík, Kuklíková, Mikeš: Dřevěné konstrukce 1, Cvičení, ČVUT Praha
- [8] Studnička, Holický: Ocelové konstrukce 20 – Zatížení staveb, ČVUT Praha
- [9] Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 : STEP 2 : navrhování detailů a nosných systémů / Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. 401 s. : ISBN 80-86769-13-5
- [10] Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 : STEP 1 : navrhování a konstrukční materiály / Vyd.1. Zlín: KODR, 1998. [197] s. ISBN 80-238-2620-4
- [11] KUKLÍK Petr, Příručka 2 – Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5, Vyd. 1. 2008

### 14.3 Webové zdroje

- [12] Fermacell - systémy suché výstavby, [online]  
<<http://www.fermacell.cz/cz/content/vyrobyky-fermacell-sucha-stavba-drevostavby-montovanestavby.php>>
- [13] SFS intec, spojovací prostředky, [online]  
<<http://www.sfsintec.biz/mo/cz/cs/web/homepage.html>>
- [14] Isover, tepelné izolace, zateplovací systémy, [www.isover.cz](http://www.isover.cz), Dostupné z WWW:  
<<http://www.isover.cz/>>
- [15] KINGSPAN, střešní panely, [online]  
<http://panely.kingspan.cz/stresni-panely-izolacni-zateplovaci-panely-zatepleni-fasad-1744.html>

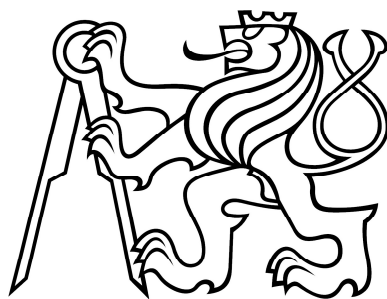
- [16] PlayGround – polyuretanové sportovní povrchy, [online]  
<<http://sportovni-povrchy-conipur-hriste.cz/sportovni-podlahy/30-conipur-hg.html>>
- [17] STEICO – stavební systém z přírody, [online]  
<<http://www.steico.com/cz/>>
- [18] M.T.A – materiály pro dřevostavby, omítkový systém, [online]  
<<http://www.mta.cz/technicke-podklady/?category=omitkove-systemy>>
- [19] DEK.s.r.o. – stavebniny, [online]  
<<https://www.dek.cz>>
- [20] BOVA Březnice spol. s r.o. Únosnost spojovacích prostředků pro dřevěné konstrukce, [online]  
< <http://www.bova-nail.cz> >
- [21] Tension systems s.r.o. Ocelová táhla Macalloy. [online]  
< <http://www.tension.cz/produkty/tahla-macalloy>>
- [22] Dřevěné konstrukce - České dřevařské závody Praha, a.s. (Závod TESKO) [online]  
<<http://www.konstrukce-tesko.cz/konstrukce/reference>>

#### ***14.4 Použitý software***

- 1, Microsoft Office Word 2007, Microsoft;
- 2, Microsoft Office Excel 2007, Microsoft;
- 3, AutoCAD 2011, Autodesk
- 4, program Teplo 2014 EDU
- 5, program Geo5 v19, FINE

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



Technické listy materiálů

Květen, 2016

Robert Šimáček



## | DOPORUČENÉ POUŽITÍ

Elastická izolace do střech, stěn  
a stropních konstrukcí.

Izolace do příček, předsazených stěn  
a instalačních stěn.



- pružná tepelná a zvuková izolace
- lehké a snadné zpracování
- v konstrukcích pevně drží
- vynikající tepelně izolační vlastnosti v zimě i v létě
- velmi difúzně otevřené, podporují zdravé klima v místnostech
- regulují klima v interiérech díky své sorpční schopnosti
- Významně přispívá k biologicky vynikajícímu vnitřnímu klimatu
- ekologický, recyklovatelný materiál příznivý k životnímu prostředí
- certifikovaná izolace z dřevovlákn



## | OCHRANA PROTI HORKU I CHLADU

S izolací STEICOflex významně přispějete k větší kvalitě života ve svém vlastním domě. Její perfektní Tepelně izolační vlastnosti pomáhají udržet komfortní teplo v místnostech v zimě. S izolací STEICOflex lze optimálně realizovat strukturální tepelnou ochranu stavebních konstrukcí - stěn, stropů a střech a dosáhnout tak jednoduše požadované tepelné izolace obvodového pláště.

A ještě více: díky nízké tepelné vodivosti a vysoké akumulační kapacitě chrání izolace STEICOflex místnosti v létě proti přehřátí. Vysoká objemová hmotnost cca 50 kg/m<sup>3</sup> a vysoká měrná tepelná kapacita 2100 J/kgK (více než dvojnásobek než má minerální vlna) zadržuje teplo i v těch největších vedrech a zajistí váš klidný spánek.

## | VÍCE RADOSTI ZE ŽIVOTA VE ZDRAVÉM PROSTŘEDÍ

To, že se ve svém vlastním domě cítíte opravdu pohodlně závisí na mnoha faktorech. Ale správné klima - s příjemnou teplotou, optimální vlhkostí, bez vlivů různých toxinů - k tomu určitě patří.

STEICOflex je vyráběn z přírodního dřevovlákná se všemi výhodami dřeva jako takového.

Flexibilní, pružné izolační desky jsou difúzně otevřené, takže nebrání prostupu vlhkosti směrem ven - stejně jako u funkčního oblečení. Kromě toho dřevovláknitá izolace přijímá vlhkost do vláken a její kapacita je mnohonásobně větší než u běžných izolačních materiálů. Takže STEICOflex přispívá nejen k regulaci vlhkosti (např. u vnitřních stěn), ale je odolný i vůči rychle vznikajícímu kondenzátu. Celá konstrukce je tak velmi odolná proti poškození vlhkem. Tepelně izolační vlastnosti desek STEICOflex nejsou dočasnou změnou vlhkosti ovlivněny.

Ať už jako vnější nebo vnitřní izolace - izolace STEICOflex výborně tlumí hluk. Vzhledem ke své objemové hmotnosti se v konstrukcích nesedává. Tím je zabráněno přenosu zvuku netěsnými místy.





## | EKOLOGIE

Dřevo pro všechny dřevovláknité izolace STEICO je těženo z lesů z udržitelného lesního hospodářství, které splňují přísné požadavky FSC® (Forest Stewardship Council). Cílem FSC® je propagace sociálně přínosné a ekonomicky životaschopné správa lesa s ohledem k životnímu prostředí. Z lesa je těženo jen tolik dřeva, které je schopné zase dorůst. S využitím STEICOflex významně přispíváte k ochraně klimatu. Průměrný strom ukládá asi 1 tunu CO<sub>2</sub> během svého růstu CO<sub>2</sub> a současně produkuje 0,7 tuny kyslíku. CO<sub>2</sub> je vázán ve dřevu a tím i v konečném výrobku po celou dobu jeho životnosti - zatímco nové stromy pokračují v odstraňování emisí skleníkových plynů CO<sub>2</sub> z atmosféry.

## | SNADNÉ ZPRACOVÁNÍ PŘÍJEMNÉ POKOŽCE

STEICOflex je tvarově stálý a v konstrukcích krásně rozepře a nesedává. Přířezy desek zachovávají svůj tvar a drží i v konstrukcích nad hlavou. Malé nepřesnosti jsou bez problémů kompenzovány pružností materiálu.



Stejně jako u všech dřevovláknitých materiálů je i STEICOflex šetrný k pokožce. Při zpracování nesvědí, neškrábe a „nekouše“. Přířezy se provádějí snadno pomocí nože na izolace nebo elektrickou přímočarou pilou. Podrobnější informace naleznete na [www.steico.com/cz](http://www.steico.com/cz) >Výrobky> STEICOflex>Zpracování.

STEICOflex se lehkým tlakem vloží mezi krokve (je vhodné dodržet šířku izolace o 1 cm větší než je šířka mezi krokvemi). Pro montáže, které si stavebníci provádějí sami lze doporučit

2 vrstvy např. pro krokve 200 mm doporučujeme 2 x 100 mm STEICOflex.

Standardní šířka izolací STEICOflex je odvozena od osového systému pro dřevostavby. Větší osově vzdálenosti mohou být zaizolovány překrýváním desek. Pro snížení prořezu lze zbytky desek požívat pro vyplnění volných míst.



### Dřevo jako surovina

Surovinou pro STEICOflex je pouze naše čerstvé tříděné pilařské dřevo z okolních borových lesů. Při výrobě dřevovláknitých izolací STEICO není používán formaldehyd jako pojivo, jak to v současné době vyžaduje WHO. Směrná hodnota formaldehydu může být max. do 0,1 ppm. Izolace STEICO jej obsahují daleko méně.

Vzhledem k trvalé kontrole výrobků při výrobě, která je prováděna zahraničními certifikačními institucemi jsou výrobky STEICO zdravotně nezávadné a bez emisí.

### | TIP

Při zpracování STEICOflex venkovních konstrukcí v zimním období je nutné co nejdříve nainstalovat parobrzdu. Tím se zabrání vlhnutí izolace dalších konstrukcí a pronikání vlhkosti do interiéru.

Variabilní parobrzdy redukují difúzní odpor pokud je okolní vlhkost vysoká. To je velmi důležité při zvýšení stavební vlhkosti v zimě, kdy se provádí např. potěry nebo omítky.

## DODÁVKY

Tloušťka [mm]	Formát [mm]	Váha/m <sup>2</sup> [kg]	kusů v balení	balení na paletě	plocha na paletě [m <sup>2</sup> ]	váha palety [kg]
20	1.220 * 575	1,00	24	10	168,4	cca 186
30	1.220 * 575	1,50	16	10	112,2	cca 186
40	1.220 * 575	2,00	10	12	84,2	cca 186
50	1.220 * 575	2,50	9	10	63,1	cca 186
60	1.220 * 575	3,00	8	10	56,1	cca 186
80	1.220 * 575	4,00	6	10	42,1	cca 170
100	1.220 * 575	5,00	4	12	33,7	cca 170
120	1.220 * 575	6,00	4	10	28,1	cca 175
140	1.220 * 575	7,00	4	8	22,4	cca 160
160	1.220 * 575	8,00	3	10	21,0	cca 170
180	1.220 * 575	9,00	3	8	16,8	cca 190
200	1.220 * 575	10,00	2	12	16,8	cca 200
220	1.220 * 575	11,00	22 kusů na paletě		15,4	cca 170
240	1.220 * 575	12,00	20 kusů na paletě		14,0	cca 175

## TECHNICKÉ PARAMETRY STEICOflex

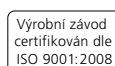
### SKLADOVÁNÍ / TRANSPORT

Transportní folii odstraňte až když paleta stojí na pevném a rovném podkladu.

Balíky izolace musí ležet rovně na podkladu.

STEICOflex skladujte v suchu.

Výroba a kontrola dle ČSN EN 13171	
Označení desek	WF – EN 13171 – T2 – TR1 – AF5
Třída reakce na oheň dle ČSN EN 13501-1	E
Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti $\lambda_D$ [W/(m*K)]	0,038
Deklarovaný tepelný odpor $R_D$ [(m <sup>2</sup> *K)/W]	0,50/0,75/1,05/1,30/1,55/2,10/2,60/3,15/3,65/4,20/4,70/5,25/5,75/6,30
Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	cca 50
Součinitel difúzního odporu $\mu$	1/2
Měrná tepelná kapacita c [J/(kg*K)]	2.100
odpor proti proudění vzduchu [(kPa*s)/m <sup>2</sup> ]	≥ 5
Kód odpadu (EAK)	030105/170201
Složení	dřevní vlákna, polyolefinová vlákna, fosforečnan amonný



**STEICO**  
Samozřejmě lépe izolovat

Váš STEICO partner:

www.steico.com/cz

# STEICO *protect*

dřevovláknitá izolační deska

stavební materiály ze dřeva šetrné  
k životnímu prostředí



## DOPORUČENÉ POUŽITÍ

ekologická dřevovláknitá deska určená **pro omítkové zateplovací systémy dřevostaveb**



- voděodolný, difúzně otevřený prvek systému
- velmi stabilní
- dokonalé izolační vlastnosti v zimě i v létě
- materiál známý na trhu mnoho let; oboustranně broušená deska s perem a drážkou
- již od tloušťky 40 mm je možné používat s foukanou izolací
- izolační materiál z dřevního vlákna
- ekonomický prvek systému
- lehká a rychlá montáž
- ekologický materiál, šetrný k životnímu prostředí

více informací a návod na zpracování najdete v příslušných brožurách  
nebo na internetových stránkách [www.steico.com](http://www.steico.com)

## DOPORUČENÉ FORMÁTY STEICOprotect

### hrana: 4 x perodrážka

ideální pro staveništní montáž nebo pro dodatečné zateplení při rekonstrukcích

tloušťka [mm]	formát [mm]	typ	ks/paleta	hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup> / paleta	hmotnost/pal. [kg]
40	1.325 * 615	H	56	10,00	45,6	cca 456
60	1.325 * 615	H	38	15,00	30,9	cca 465
80	1.325 * 615	M	28	16,80	22,8	cca 383
100	1.325 * 615	M	22	21,00	17,9	cca 377

skladebný formát: 1.300 \* 590 mm; rozměry palety: cca 1,33 \* 1,21 \* 1,30 m

### hrana: 4 x perodrážka

speciálně pro velké plochy

tloušťka [mm]	formát [mm]	typ	ks/paleta	hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup> / paleta	hmotnost/pal. [kg]
40	2.625 * 1.205	H	28	10,00	88,6	cca 886
60	2.625 * 1.205	H	19	15,00	60,1	cca 902
80	2.625 * 1.205	M	14	16,80	44,3	cca 744

skladebný formát: 2.600 \* 1.180 mm; rozměry palety: cca 2,63 \* 1,21 \* 1,30 m

### hrana: tupá

speciálně pro panelovou prefabrikaci dřevostaveb

tloušťka [mm]	formát [mm]	typ	ks/paleta	hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup> / paleta	hmotnost/pal. [kg]
40	2.600 * 1.250	H	28	10,00	91,0	cca 910
60	2.600 * 1.250	H	19	15,00	61,7	cca 926
80	2.600 * 1.250	M	14	16,80	45,5	cca 764

rozměry palety: cca 2,60 \* 1,25 \* 1,30 m

### hrana: tupá

izolační deska pro zateplení ostění

tloušťka [mm]	formát [mm]	typ	ks/paleta	hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup> / paleta	hmotnost/pal. [kg]
20	2.600 * 1.250	H	56	5,00	182	cca 910

rozměry palety: cca 2,60 \* 1,25 \* 1,30 m

## TECHNICKÉ PARAMETRY STEICOprotect

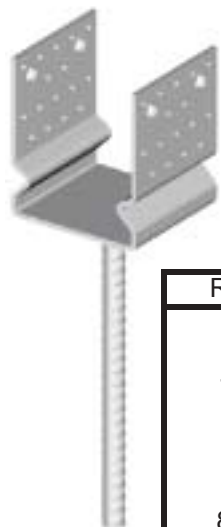
### SKLADOVÁNÍ/DOPRAVA

STEICOprotect je potřeba skladovat naplocho v suchém prostředí  
hrany chráňte před poškozením  
obal z fólie odstraňte teprve když paleta stojí na rovném a suchém podkladě

parametry	typ H	typ M
označení desek dle EN 13171	WF EN 13171 – T4 – TR30 – CS(10Y)100 – WS1,0 – MU5	
požární odolnost dle EN 13501-1	E	
deklarovaný součinitel tepelné vodivosti $\lambda_D$ [W/(m*K)]	0,048	0,046
hustota [kg/m <sup>3</sup> ]	cca 265	cca 230
součinitel difúzního odporu $\mu$	5	
měrná specifická tepelná kapacita c [J/(kg*K)]	2100	
deklarovaná pevnost v tlaku [kPa]	180	100
rozměrová tolerance délka/šířka	± 2% / ± 1,5%	
tloušťková tolerance	- 1 mm / + 1 mm	
tolerance pravoúhlosti n. EN 824	3 mm/m	
kód odpadu (EAK)	030105 / 170201	



Operating site  
certified accor.  
ISO 9001:2000



tloušťka plechu 4,0 mm  
rozměrová řada :

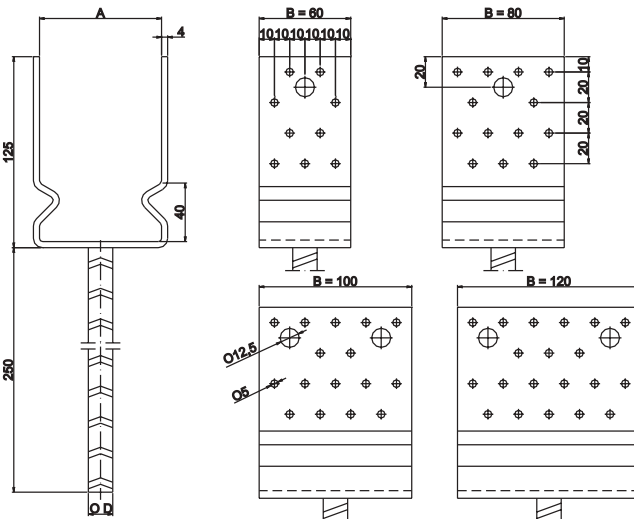
výška B = 60, 80, 100 a 120 mm - otvory  $\phi$  5 a 12,5 mm

šířka = 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140 mm

spojovací prostředky:

konvexní hřebíky 4/60 nebo svorníky  $\phi$  12 mm

ROZMĚR	A	B	D
60 x 60	61	60	16
60 x 80	61	80	16
70 x 60	71	60	16
70 x 80	71	80	16
80 x 60	81	60	16
80 x 80	81	80	16
80 x 100	81	100	16
90 x 80	91	80	16
90 x 100	91	100	16
90 x 120	91	120	16
100 x 80	101	80	16
100 x 100	101	100	16
100 x 120	101	120	20
120 x 100	121	100	20
120 x 120	121	120	20
140 x 100	141	100	20
140 x 120	141	120	20



Použití kotvy: Kotvení tlačných sloupů a pilířů k vodorovné nosné konstrukci s odsazením dřevěného prvku.

Únosnost kotvy: Je určena pro namáhání tlakem nebo ohybem, celková únosnost je dána nižší únosností buď kotevního prvku, hřebíkového nebo svorníkového připoje.

#### STANOVENÍ ÚNOSNOSTI DESKY:

##### 1) Stanovení únosnosti desky oslabené otvory

T ... tloušťka desky T=4,0 mm

B ... šíře plechu B=60, 80, 100 a 120 mm

$b_{osl} = B - n \times 5 \text{ mm} = 47,5 \text{ mm}$

A ... šířka kotvy A=60, 70, 80, 90, 100, 120, 140

##### a) V tlaku

$$F_{UT} = 0,204 \times 2 \times T \times b_{osl} \text{ (kN)}$$

##### 2) Únosnost kotevní tyče

##### b) V ohybu v místě prolisu

$$F_{UO} = 2 \times 0,204 \times 1/6 \times B_k \times T_k^2 / L_o \text{ (kN)}$$

##### c) V ohybu patní desky třmenu

$$F_{UOP} = 2 \times 2 \times 0,204 \times B \times T^2 / 6 \times ((A-16) \times 0,5)^2 \text{ (kN)}$$

$$F_{TYČE} = 0,204 \times \pi \times D^2 / 4 \times j \text{ (kN)} \quad j = 0,99$$

##### 3) Stanovení únosnosti konvexních hřebíků 4/40-4/60 mm

$$F_s = 0,71 \times N \text{ (kN)} \quad N \dots \text{počet hřebíků (min. 4)}$$

##### 4) Stanovení únosnosti svorníků

$$F_{SV} = 2 \times 1,25 \times 11 \times t \times d \times k / 1000 \text{ (kN)}$$

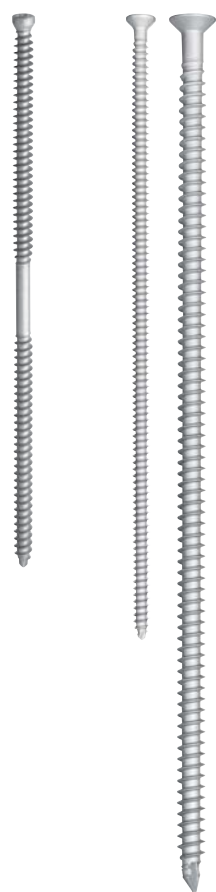
$$F_{max} = 2 \times 1,25 \times 50 \times d^2 \times \text{SQR}(k) / 1000 = 2 \times 1,25 \times 50 \times 12^2 \times 1,0 / 1000 = 18,00 \text{ (kN)}$$

## Přípoj hlavní nosník/vedlejší nosník

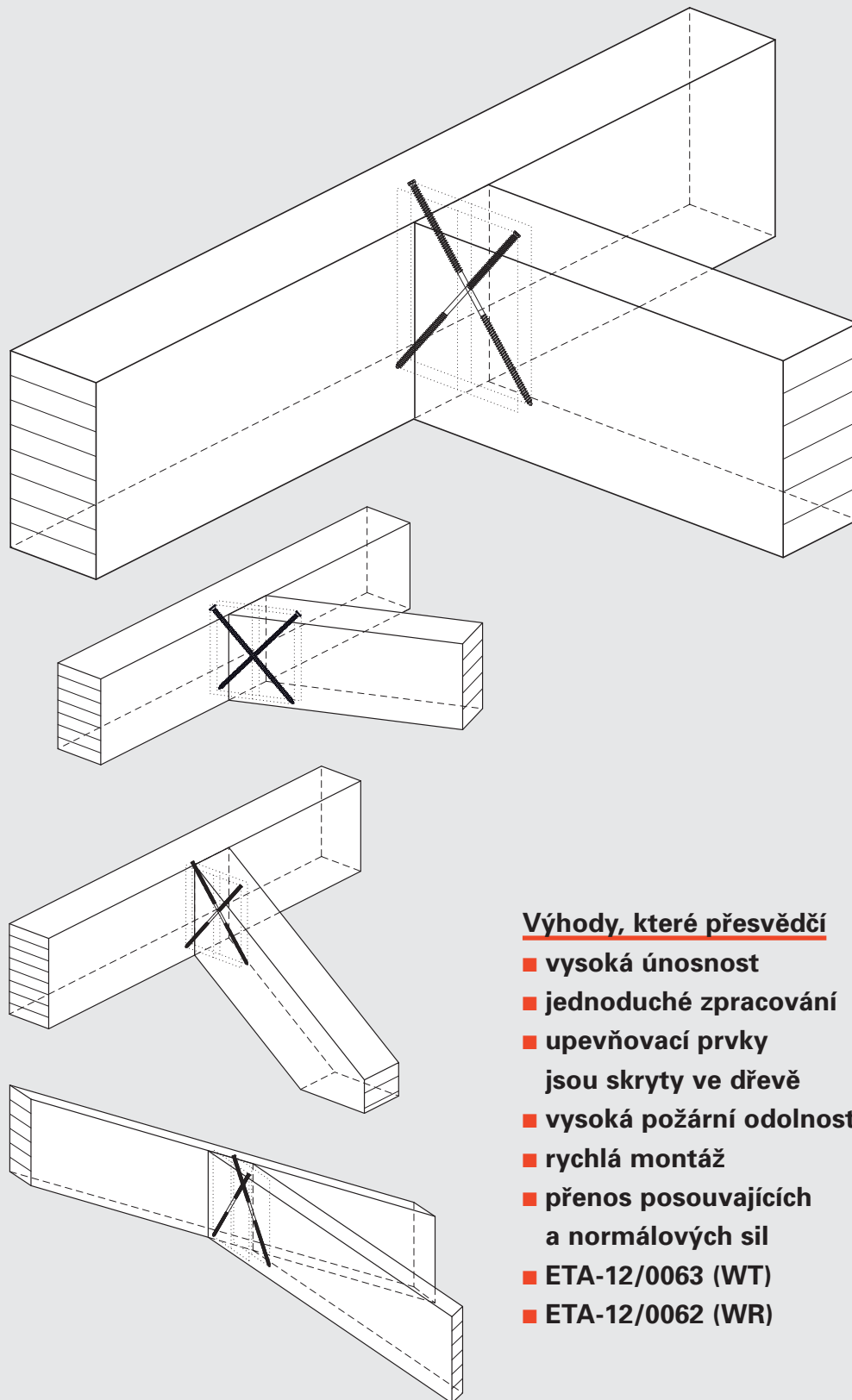
# WT WR

WT

WR



Datový list  
č. 02/WT/WR



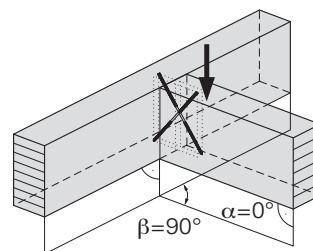
### Výhody, které přesvědčí

- vysoká únosnost
- jednoduché zpracování
- upevňovací prvky jsou skryty ve dřevě
- vysoká požární odolnost
- rychlá montáž
- přenos posouvajících a normálových sil
- ETA-12/0063 (WT)
- ETA-12/0062 (WR)

## Pravoúhlý přípoj

### Výpočtové hodnoty pro charakteristické hustoty

rostlé dřevo, křížově lamelované dřevo	C	24	30
lepené lamelové dřevo	GL	24c	28c/24h
hustota $\rho_k$ [kg/m³]		<b>350</b>	<b>380</b>



systém WT	délka prvku [mm]	minimální rozměr [mm]		montážní rozměr	b <sub>NT</sub> [mm]*		
		b <sub>HT</sub>	h <sub>HT</sub> = h <sub>NT</sub>		1 pár	2 páry	3 páry
WT-S/T-6,5 x L	130	60	110	55	40	80	110
WT-T-6,5 x L	160	70	130	65	40	80	110
	190	80	150	75	40	80	110
	220	90	170	85	40	80	110
WT-T-8,2 x L	160	70	130	65	60	100	140
	190	80	150	75	60	100	140
	220	90	170	85	60	100	140
	245	100	190	95	60	100	140
	275	110	210	105	60	100	140
	300	120	230	115	60	100	140
	330	130	250	125	60	100	140

\* Hodnoty jsou zaokrouhleny.

1 pár		2 páry		3 páry	
hustota $\rho_k$ [kg/m³]					
350	380	350	380	350	380
5,9	6,3	11,8	12,6	17,7	18,9
7,1	7,6	14,2	15,1	21,3	22,7
8,9	9,5	17,7	18,9	26,6	28,4
10,6	11,4	21,3	22,7	31,9	34,1
9,7	9,9	19,3	19,7	29,0	29,6
9,3	9,9	18,5	19,8	27,8	29,7
11,6	12,4	23,2	24,7	34,7	37,1
13,9	14,8	27,8	29,7	41,7	44,5
15,8	16,8	31,5	33,7	47,3	50,5
18,1	19,3	36,2	38,6	54,2	57,9
20,1	21,5	40,2	42,9	60,3	64,4
20,1	21,5	40,2	42,9	60,3	64,4
16,8	17,1	33,6	34,2	50,3	51,3

F<sub>1,Rk</sub> [kN] = odolnost proti vytažení ze dřeva

F<sub>2,Rk(Ø)</sub> [kN] = vzpěrná únosnost vrutu

systém WR	délka prvku [mm]	minimální rozměr [mm]		montážní rozměr	b <sub>NT</sub> [mm]*		
		b <sub>HT</sub>	h <sub>HT</sub> = h <sub>NT</sub>		1 pár	2 páry	3 páry
WR-T-9,0 x L	250	100	191	95	70	115	160
	300	118	226	113	70	115	160
	350	136	261	131	70	115	160
	400	153	297	148	70	115	160
	450	171	332	166	70	115	160
	500	189	368	184	70	115	160
WR-T-13,0 x L	400	153	297	148	100	165	230
	500	189	368	184	100	165	230
	600	224	438	219	100	165	230
	700	259	509	254	100	165	230
	800	295	580	290	100	165	230
	900	330	650	325	100	165	230
	1000	366	721	361	100	165	230

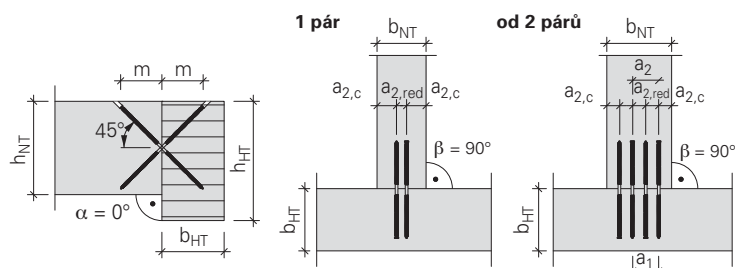
\* Hodnoty jsou zaokrouhleny.

1 pár		2 páry		3 páry	
hustota $\rho_k$ [kg/m <sup>3</sup> ]					
350	380	350	380	350	380
17,1	18,3	34,2	36,5	51,3	54,8
21,2	22,6	42,4	45,2	63,5	67,9
25,3	27,0	50,5	53,9	75,8	80,9
29,3	31,3	58,7	62,6	88,0	94,0
33,4	35,7	66,8	71,3	100,2	107,0
37,5	40,0	74,9	80,0	112,4	120,1
20,2	20,7	40,5	41,3	60,7	62,0
42,7	45,6	85,4	91,2	128,1	136,8
54,5	58,3	109,1	116,5	163,6	174,8
66,4	70,9	132,8	141,8	199,2	212,8
78,3	83,6	156,5	167,2	234,8	250,8
90,1	96,3	180,2	192,5	270,4	288,8
102,0	108,9	204,0	217,8	305,9	326,7
113,8	121,6	227,7	243,2	341,5	364,7
44,5	45,3	88,9	90,6	133,4	136,0

F<sub>1,Rk</sub> [kN] = odolnost proti vytažení ze dřeva

F<sub>2,Rk(Ø)</sub> [kN] = vzpěrná únosnost vrutu

### Doporučené uspořádání upevňovacích prvků



### Nejmenší vzdálenosti

Vzdálenost [mm]	WT-S/T-6,5 x L	WT-T-8,2 x L	WR-T-9 x L	WR-T-13 x L
a <sub>1</sub>	33	40	45	65
a <sub>2</sub>	33	40	45	65
a <sub>2,c</sub>	15	24	27	39
a <sub>2,red*</sub>	10	12	14	20

\* možné pouze při a<sub>1</sub> ≥ 10 · d<sub>1</sub>

### Poznámky

- Výpočet návrhových hodnot podle sousedního rámečku
- Charakteristická únosnost F<sub>v,Rk</sub> platí pro C24 a C30 popř. GL24c, GL24h a GL28c. Při vyšších třídách pevnosti je možné zvýšení únosnosti F<sub>v,Rk</sub> součinitelem f (existující  $\rho_k/\rho_k$  zvoleného materiálu)<sup>2</sup> ≤ 1,40.
- Upevňovací prostředky musí být osazeny polovinou délky v obou konstrukčních prvcích.
- Napětí v tahu kolmo k vláknům se musí zvlášť posoudit.
- Hlavní nosník musí být dostatečně vidlicově uložený a únosný v kroucení.
- Uvedená mezní namáhání platí pouze při svisle posouvající síle, viz náčrt v horním pravém rohu na této straně. Při namáhání jiného směru vycházejí jiné únosnosti.
- Před prováděním musí všechny výpočty ověřit a schválit zodpovědný projektant.

$$F_{v,Rd} = \min \left( \frac{F_{1,Rk} \cdot k_{mod}}{\gamma_{M1}}, \frac{F_{2,Rk}}{\gamma_{M2}} \right)$$

$\gamma_{M1} = 1,3$        $\gamma_{M2} = 1,1$   
 $\gamma_{M1} (GL) = 1,25$

## Únosnost táhel Macalloy dle českých technických norem

Systém táhel Macalloy je navržen tak, aby v mezním stavu únosnosti došlo nejdříve k porušení průřezu táhla v závitové části tyče před porušením ostatních částí systému. Návrhová únosnost táhel vychází z řady testů na skutečných výrobcích. Tyto testy byly provedeny v souladu s přílohou „Y“ ČSN P ENV 1993-1-1/94 a byly vyhodnoceny podle přílohy „Z“ této normy.

Návrhová únosnost, stanovená podle původních britských podkladů, vychází z hodnoty parciálního součinitele bezpečnosti  $g_{R2} = 1.25$ . Vzhledem k nižší úrovni hodnot součinitelů zatížení  $g_f$  podle českých norem doporučujeme použít hodnotu  $g_{R2} = 1.30$ . Únosnost táhel Macalloy  $N_{u,Rd}$  je pro jednotlivé průřezy uvedena v tabulce 1. Vzhledem k tomu, že poměr  $f_u g_{mo} / (f_y g_{R2})$  má v případě táhel Macalloy hodnotu 1.17 (což je méně než nejmenší součinitel zatížení  $g_{f,min} = 1,20$ ), nemůže dojít v mezním stavu použitelnosti k plastifikaci.

Pro některé modely konstrukcí však může být výjimečně požadavek plně elastického působení (i lokálního) i v mezním stavu únosnosti. Pro tyto případy je hodnota návrhové únosnosti  $N_{el,Rd}$  dána v tabulce 1.

Závit	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
d (mm)	9	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
$A_{net}$ (mm <sup>2</sup> )	54	79	150	234	339	541	793	1090	1434	1982	2616	3818	4867	5505	6895
$N_{u,Rd}$ (kN)	25,4	36,9	70,0	110,0	159	254	372	512	673	930	1228	1791	2283	2583	3235
$N_{el,Rd}$ (kN)	22,7	32,7	62,7	98,2	142	226	331	455	600	829	1095	1596	2035	2303	2884

Tab. 1

V případě použití táhel Macalloy jako části šroubového spoje (tj spoje, kde není rozdělení sil na jednotlivé prvky zcela jednoznačné nebo tam kde jsou užity i jiné nosné komponenty než ze systému Macalloy) je třeba užít parciální součinitel bezpečnosti pro šrouby  $g_{Mb} = 1.45$  a únosnost stanovit ze vztahu

$$N_{u,Rd} = 0.9 A_{net} f_u / g_{Mb} > N_{sd} \quad (1)$$

V případě použití táhel Macalloy jako kotevních šroubů je únosnost dle vztahu (1) navíc redukována součinitelem  $b_b$ , který se zatím uvažuje podle ČSN 73 1401/98 hodnotou 0,80. (4)

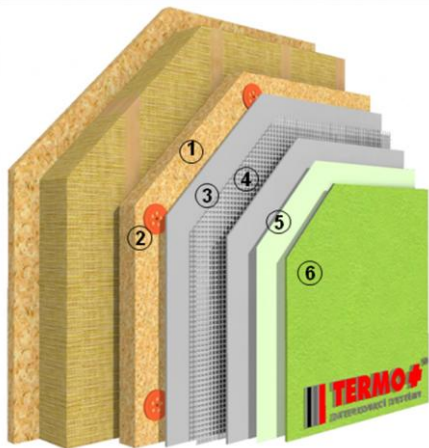
$$N_{u,Rd} = b_b 0.9 A_{net} f_u / g_{Mb} > N_{sd} \quad (2)$$

- $g_{mo}$  - parciální součinitel bezpečnosti, uvažuje se hodnotou 1,15 (resp. pro stanovení hodnoty  $N_{el,Rd}$  hodnotou 1.10)
- $g_{m2}$  - parciální součinitel bezpečnosti, uvažuje se hodnotou 1,30
- $d$  - nominální průměr průřezu (mm)
- $A$  - plocha průřezu, vypočtená z nominální průměru průřezu  $d$ , viz tab. 1
- $A_{net}$  - plocha oslabeného průřezu závitěm podle BS 3580 podle tab. 1
- $f_y$  - mez kluzu materiálu Macalloy S460, pro celý rozsah profilů uvažovaná hodnotou 460 N/mm<sup>2</sup>
- $f_u$  - mez pevnosti materiálu Macalloy S460, pro celý rozsah profilů uvažovaná hodnotou 610 N/mm<sup>2</sup>

## Termo+Diffu

Vnější povrchové souvrství na dřevovláknitou desku pro difuzně otevřenou konstrukci stěn dřevostaveb

### Základní skladba povrchového souvrství



- |   |                    |   |
|---|--------------------|---|
| 1 | Tepelná izolace    | <b>Dřevovláknitá deska: např. STEICOprotect M a L</b> |
| 2 | Mechanické kotvení | <b>Talířové hmoždinky s vrutem / sponky</b>           |
| 3 | Základní vrstva    | <b>TermoUni</b>                                       |
| 4 | Armovací síťovina  | <b>TermoGewebe (+ TermoPanzergewebe)</b>              |
| 5 | Mezinátěr          | <b>TermoGrund Diffu</b>                               |
| 6 | Tenkovrstvá omítka | <b>TermoSilcon (RS) K/R</b>                           |

### Základní charakteristiky jednotlivých materiálů

#### Armovací stěrka

##### TermoUni

Minerální armovací hmota v práškové formě

**Na dřevovláknité desce je požadavek na tloušťku armovací vrstvy min. 5 mm**



#### Výztužná síťovina

##### TermoGewebe

Armovací síťovina odolávající alkáliím s vysokou pevností v tahu



##### TermoPanzergewebe

Speciální zesílená síťovina s vysokou odolností proti průrazu



#### Mezinátěr

##### StoPrep Miral

Silikátový plněný mezinátěr na minerální podklady pod minerální, silikátové a silikonové pryskyřičné omítky



## Termo+Diffu

Vnější povrchové souvrství na dřevovláknitou desku pro difuzně otevřenou konstrukci stěn dřevostaveb

### Tenkvrstvá omítka

#### TermoSilcon K/R

Silikonově pryskyřičná tenkovrstvá omítka v zrnité struktuře (K) nebo rýhované struktuře (R)

Zrnitost: 1,5 – 2,0 – 3,0 mm



#### TermoSilcon K/R

Silikonově pryskyřičná fasádní omítka v rychleschnoucí verzi v zrnité (K) nebo rýhované (R) struktuře

Použitelné již od +1 °C

Zrnitost: 1,5 – 2,0 – 3,0 mm



Dodávané silikonově pryskyřičné omítky jsou tonovatelné v omezené barevné škále dle vzorníku – platí pro odstíny se symbolem O.

Hodnota stupně odrazivosti světla (HBW – viz barevný vzorkovník) nesmí být nižší než 25%.

### Základní stavebně fyzikální parametry dodávaných materiálů

Materiál	Objemová hmotnost $\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	Faktor difuzního odporu $\mu$ [-]	Maximální ekvivalentní difuzní tloušťka <sup>4)</sup> $s_d$ [m]
<b>Armovací stěrka</b>				
<b>TermoUni</b>	1600	0,87	≤ 25	≤ 0,18
<b>Mezinátěr</b>				
<b>TermoGrund Diffu</b>	1600	-	30	0,01
<b>Tenkvrstvá omítka</b>				
<b>TermoSilcon K/R</b>	1800	0,70	≤ 80	≤ 0,24
<b>Maximální ekvivalentní difuzní tloušťka celého povrchového souvrství</b>			<b><math>s_d</math> [m]</b>	<b>0,43</b>

### Nabízený servis

V rámci komplexních služeb nabízíme:

- technické poradenství pro projektanty, investory i realizační firmy
- zaškolení realizačních firem
- technologické dozory a konzultace na stavbách
- dodávka systémových komponent pro řešení detailů a návazností
- dodávka materiálů na místo určení

**Důležitá upozornění****Aplikace dalších komponent ETICS**

V rámci systémového řešení je nabízena ucelená sestava doplňkových prvků pro řešení detailů (soklové lišty, rohová vyztužení, APU-lišty apod.). Doporučení a návody pro aplikaci jsou uvedeny v Technologickém předpisu Termo+Diffu, případně technických listech pro jednotlivé materiály.

**Související podklady**

Další, zde neuvedené, informace k návrhu a aplikaci (technologické postupy, likvidace odpadů, ochrana zdraví při práci, bezpečnost práce atd.) lze získat ze souvisejících tiskovin, jako jsou například: technické listy výrobků, Technologický předpis Termo+Diffu, bezpečnostní listy, ceník materiálů atd.

**Změny**

Všechny informace zde uvedené vycházejí z dosud známých poznatků dodavatele materiálu a jsou aktuální k datu jejího vydání. Po datu vydání si dodavatel materiálu vyhrazuje právo provádět změny. Před zahájením nové stavby doporučujeme kontaktovat dodavatele materiálu a informovat se o případných změnách a aktualizacích. Za tímto účelem jsou organizována školení pracovníků zpracovatelských firem.

Jiný, než obvyklý způsob použití materiálů musí být konzultován s dodavatelem materiálu TERMO + holding, a.s. V případě jakýchkoli nejasností nás laskavě kontaktujte.

**Platnost od**

1. 4. 2014

**Dodavatel****TERMO + holding, a.s., Všebořická 239/9, 400 01 Ústí nad Labem, ČR**

Dodavatel kontaktních zateplovacích systémů a materiálů pro povrchové úpravy fasád, interiérů a sanaci betonu.

**Příjem objednávek**

Ing. Kateřina Ivančová  
TEL/FAX: +420 417 533 161  
E-MAIL: katerina.ivancova@termoholding.cz

**Skladový areál**

TERMO + holding, a.s.  
Valentinská 257  
417 31 Novosedlice  
GPS: 50°39'21.685"N, 13°49'18.618"E

**Technická podpora**

Ing. Jan Ficenec, Ph.D.  
GSM: +420 602 595 888  
E-MAIL: jan.ficenec@termoholding.cz

**Obchodní zástupci**

Ing. Miroslav Holešovský  
GSM: +420 725 084 883  
E-MAIL: miroslav.holesovsky@termoholding.cz

Ing. Jiří Kralert  
GSM: +420 602 235 956  
E-MAIL: jiri.kralert@termoholding.cz

# Isover EPS Sokl 3000

## izolační desky pro sokl a spodní stavbu



Kód značení: EPS-EN13163-T2-L3-W2-S2-P3-BS200-CS(10)150-DS (N)2-DS(70,-)1-TR150-MU70-WL(P)0,5-WL(T)3

### CHARAKTERISTIKA VÝROBKU

Soklové izolační desky Isover EPS Sokl 3000 jsou speciálním typem EPS desek napěňovaných do forem pro náročné tepelné izolace konstrukcí v přímém styku s vlhkostí. Tato technologie a používání speciálních surovin zajišťují deskám některé mimořádné vlastnosti. Desky se vyznačují zejména minimální nasákavostí, vysokou pevností v tlaku a mrazuvzdorností. Vyrábějí se v pevnostní třídě EPS 150 a je možno je používat i pro vysoce zatížené konstrukce. Jsou opatřeny oboustrannou vaflovou strukturou pro vynikající přídržnost lepidel a tmelů. Desky Isover EPS Sokl není nutno stejně jako desky z extrudovaného polystyrenu XPS chránit hydroizolací. Moderní technologie zajišťuje stálou kvalitu a minimální energetickou náročnost výroby, což deskám zajišťuje výborný poměr cena/výkon. Veškeré desky EPS Isover se vyrábějí v samozhášivém provedení se zvýšenou požární bezpečností.\*

### POUŽITÍ

Soklové izolační desky Isover EPS Sokl 3000 jsou určeny pro sokly jak zateplených stěn v rámci zateplovacího systému ETICS, tak nezateplených zděných konstrukcí. Zároveň se desky Isover EPS Sokl 3000 používají u soklů nad balkony, terasami apod. Zde oceníme jejich vysokou odolnost proti průrazu a působení vlhkosti. Tři hlavní funkce: Ostranění obvyklého tepelného mostu v oblasti přechodu stěny na betonový základ, vytvoření spolehlivého detailu ukončení hydroizolace nad terémem, umožnění provedení souvislého omítkového souvrství až

pod úroveň terénu. K lepení se používají nejčastěji cementové tmely dle konkrétního zateplovacího systému ETICS, pro lepení na hydroizolace se používají PUR lepicí pěny, nebo bezrozpuštědlová lepidla na bázi asfaltu. Na soklové desky se zpravidla aplikuje vyztužující vrstva a následně ušlechtilá tenkovrstvá omítka, popř. obklad.

### BALENÍ, TRANSPORT, SKLADOVÁNÍ

Izolační desky Isover EPS Sokl 3000 jsou baleny do PE folie v balících max. výšky 500 mm. Desky musí být dopravovány a skladovány za podmínek vylučujících jejich znehodnocení. Neskladovat dlouhodobě na přímém slunci.

### PŘEDNOSTI

- velmi nízká nasákavost
- mrazuvzdornost
- vaflová struktura povrchu pro vysokou přídržnost lepidel a tmelů
- vynikající tepelně izolační vlastnosti
- výborné mechanické vlastnosti
- minimální hmotnost
- jednoduchá zpracovatelnost
- dlouhá životnost
- ekologická a zdravotní nezávadnost
- biologická neutralita
- ekonomická výhodnost

### ROZMĚRY, IZOLAČNÍ VLASTNOSTI

	Tloušťka (mm)	Rozměry (mm)	Balení			Deklarovaný tepelný odpor $R_D (m^2 \cdot K \cdot W^{-1})$
			ks	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	
Isover EPS Sokl 3000	20	1250 x 600	25	18,75	0,375	0,60
Isover EPS Sokl 3000	30	1250 x 600	16	12,00	0,360	0,85
Isover EPS Sokl 3000	40	1250 x 600	12	9,00	0,360	1,15
Isover EPS Sokl 3000	50	1250 x 600	10	7,50	0,375	1,40
Isover EPS Sokl 3000	60	1250 x 600	8	6,00	0,360	1,70
Isover EPS Sokl 3000	80	1250 x 600	6	4,50	0,360	2,25
Isover EPS Sokl 3000	100	1250 x 600	5	3,75	0,375	2,85
Isover EPS Sokl 3000	120	1250 x 600	4	3,00	0,360	3,40
Isover EPS Sokl 3000	140	1250 x 600	3	2,25	0,315	4,00
Isover EPS Sokl 3000	160	1250 x 600	3	2,25	0,360	4,60
Isover EPS Sokl 3000	180	1250 x 600	2	1,50	0,270	5,10
Isover EPS Sokl 3000	200	1250 x 600	2	1,50	0,300	5,70

Po dohodě lze dodat výrobky i v jiných tloušťkách (do max. 200 mm).

### HRANY

Desky jsou standardně opatřeny rovnou hranou.

### ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

Parametr	Jednotka	Hodnota	Norma
Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti $\lambda_D$ (stanovený na základě série měřených hodnot podle ČSN EN 12667)	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	0,035	ČSN EN 13163
Charakteristický součinitel tepelné vodivosti $\lambda_{k10}$	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	0,034	-
Objemová hmotnost	$kg \cdot m^{-3}$	23-28**	ČSN EN 1602
Dlouhodobá nasákavost při úplném ponoření WL(T)	%	3	ČSN EN 12 087
Pevnost (napětí) v tlaku při 10% lin. def. CS(10)	kPa	150	ČSN EN 826
Maximální hloubka použití pod terémem	m	3	
Třída reakce na oheň	-	E***	ČSN EN 13 501-1
Teplotní odolnost dlouhodobě	°C	80	-
Faktor difuzního odporu ( $\mu$ ) MU	-	30-70	ČSN EN 12 086

### SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY

- Prohlášení o vlastnostech CZ0004-022 ([www.isover.cz/DOP](http://www.isover.cz/DOP))

\* Samozhášivost EPS je zajištěna pomocí retardéru hoření hexabromcyklododekan HBCD. Podrobné informace viz technický informační list na <http://www.isover.cz/data/files/technicky-informacni-list-isover-eps-429-609.pdf>.

\*\* Objemová hmotnost je pouze orientační a je určena především pro potřeby statiky a výpočtu požárního zatížení.

\*\*\* Pro požární bezpečnost staveb je rozhodující zařazení celých konstrukcí a systémů, EPS se nepoužívá bez nehořlavých krycích vrstev.

Konkrétní aplikace musí splňovat obecné požadavky technických podkladů Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., platných technických norem a konkrétního projektu.

1. 7. 2014 Uvedené informace jsou platné v době vydání technického listu. Výrobce si vyhrazuje právo tyto údaje aktualizovat.

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



Tepelně technický návrh

Květen, 2016

Robert Šimáček

# KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

**Teplota 2014 EDU**

Název úlohy : **Obvodová stěna**  
Zpracovatel : Robert Šimáček  
Zakázka : Sportovní hala  
Datum : 18.5.2016

## ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednovrstevná  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.050 W/m<sup>2</sup>K

### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	OSB desky	0,0150	0,1300	1700,0	650,0	150,0	0.0000
2	Uzavřená vzduch	0,3000	1,7650	1010,0	1,2	0,0	0.0000
3	STEICO Flex	0,1600	0,0380	2100,0	50,0	0,5	0.0000
4	STEICO Protect	0,0800	0,0480	2100,0	265,0	5,0	0.0000
5	Termo + Diffu	0,0080	0,8700	850,0	1600,0	20,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	OSB desky	---
2	Uzavřená vzduch. dutina tl. 300 mm	---
3	STEICO Flex	---
4	STEICO Protect	---
5	Termo + Diffu	---

### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 65.0 %

Měsíc	Délka [dny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	21.0	48.9	1215.4	-2.4	81.2	406.1
2	28	21.0	51.0	1267.6	-0.9	80.8	457.9
3	31	21.0	52.5	1304.9	3.0	79.5	602.1
4	30	21.0	54.3	1349.7	7.7	77.5	814.1
5	31	21.0	58.4	1451.6	12.7	74.5	1093.5
6	30	21.0	62.2	1546.0	15.9	72.0	1300.1
7	31	21.0	64.2	1595.7	17.5	70.4	1407.2
8	31	21.0	63.5	1578.3	17.0	70.9	1373.1
9	30	21.0	59.1	1469.0	13.3	74.1	1131.2
10	31	21.0	54.7	1359.6	8.3	77.1	843.7
11	30	21.0	52.5	1304.9	2.9	79.5	597.9
12	31	21.0	51.5	1280.1	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 0.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 4.645 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.208 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub> : 0.23 / 0.26 / 0.31 / 0.41 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 1.5E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 160.9

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 11.0 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 18.33 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : 0.949

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----	----- 100% -----					
	T <sub>si,m</sub> [C]	f <sub>Rsi,m</sub>	T <sub>si,m</sub> [C]	f <sub>Rsi,m</sub>	T <sub>si</sub> [C]	f <sub>Rsi</sub>	RH <sub>si</sub> [%]
1	13.2	0.668	9.9	0.524	19.8	0.949	52.6
2	13.9	0.675	10.5	0.520	19.9	0.949	54.6
3	14.3	0.629	10.9	0.440	20.1	0.949	55.5
4	14.8	0.537	11.4	0.280	20.3	0.949	56.6
5	16.0	0.395	12.5	-----	20.6	0.949	59.9
6	17.0	0.209	13.5	-----	20.7	0.949	63.2
7	17.5	-----	14.0	-----	20.8	0.949	64.9
8	17.3	0.073	13.8	-----	20.8	0.949	64.3
9	16.2	0.372	12.7	-----	20.6	0.949	60.5
10	15.0	0.524	11.5	0.255	20.4	0.949	56.9
11	14.3	0.631	10.9	0.443	20.1	0.949	55.6
12	14.0	0.677	10.6	0.520	19.9	0.949	55.1

Poznámka: RH<sub>si</sub> je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T<sub>si</sub> je vnitřní povrchová teplota a f<sub>Rsi</sub> je teplotní faktor.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	19.3	18.7	17.8	-4.1	-12.7	-12.8
p [Pa]:	1519	469	465	428	241	166
p <sub>sat</sub> [Pa]:	2241	2159	2042	434	203	202

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p<sub>sat</sub> je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m <sup>2</sup> s)]
1	0.5426	0.5550	5.094E-0008

### Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok M<sub>c,a</sub>: 0.0569 kg/(m<sup>2</sup>.rok)

Množství vypařitelné vodní páry za rok M<sub>ev,a</sub>: 11.3492 kg/(m<sup>2</sup>.rok)

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 C.

### Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

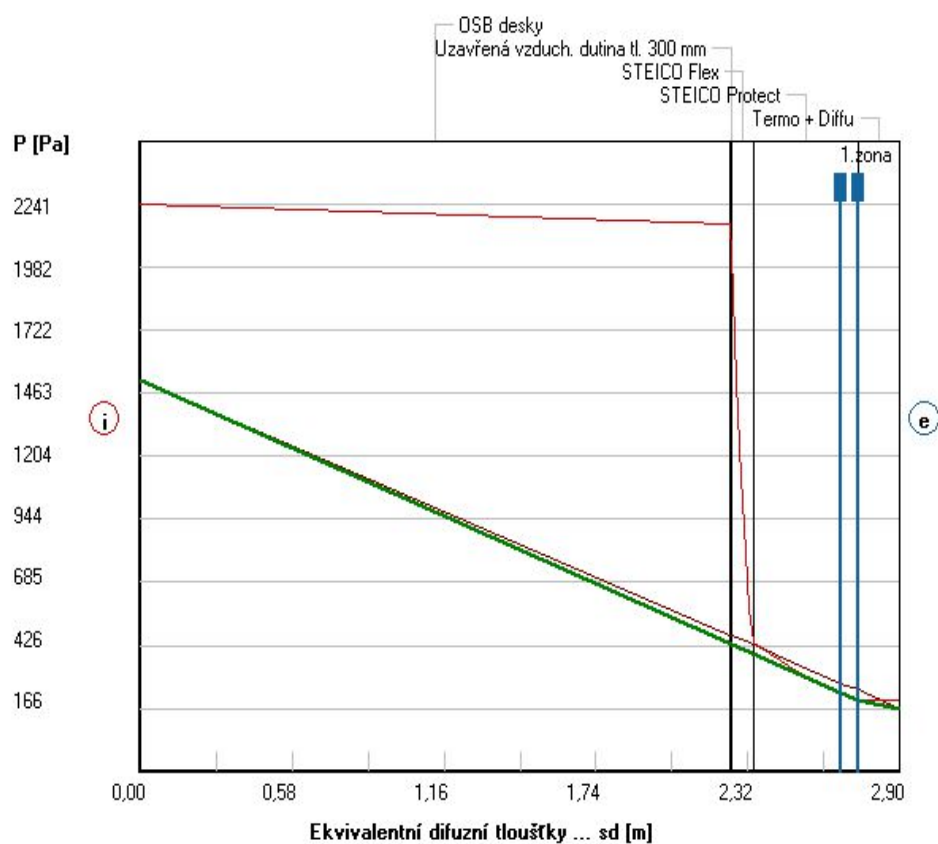
V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

**STOP, Teplo 2014 EDU**

## Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Zatížení venkovní návrhovou teplotou a vlhkostí podle ČSN 730540



### LEGENDA:

#### OBVODOVÁ STĚNA

#### Rozložení tlaků:

Okr. podmínky:

Interiér 20,0 C

65,0 %

Exteriér -13,0 C

84,0 %

- nasyc. tlak
- teoret. tlak
- skut. tlak
- kond. zóna



České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



Zakládání

Květen, 2016

Robert Šimáček

## Posouzení plošného základu

### Vstupní data

#### Projekt

Datum : 18.4.2016

#### Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA2

#### Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

#### Sedání

Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)

Omezení deformační zóny : procentem Sigma,Or

Koef. omezení deformační zóny : 10,0 [%]

#### Patky

Výpočet pro odvozené podmínky : EC 7-1 (EN 1997-1:2003)

Posouzení tažené patky : standardní postup

Dovolená excentricita : 0,333

Metodika posouzení : výpočet podle EN1997

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce svislé únosnosti :	$\gamma_{Rvs} =$	1,40 [-]	
Součinitel redukce vodorovné únosnosti :	$\gamma_{Rhs} =$	1,10 [-]	

#### Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{su}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
1	Třída S4		28,00	2,00	18,00	9,00	
2	Třída G1, ulehlá		39,00	0,00	21,00	12,00	

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

#### Parametry zemín

##### Třída S4

Objemová tíha :  $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 28,00^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 2,00 \text{ kPa}$

Edometrický modul :  $E_{oed} = 12,00 \text{ MPa}$

Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

##### Třída G1, ulehlá

Objemová tíha :  $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$



Pouze pro nekomerční využití



Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 39,00^\circ$   
 Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$   
 Edometrický modul :  $E_{oed} = 430,00 \text{ MPa}$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

### Založení

#### Typ základu: centrická patka

Hloubka od původního terénu  $h_z = 1,30 \text{ m}$

Hloubka základové spáry  $d = 0,00 \text{ m}$

Tloušťka základu  $t = 1,00 \text{ m}$

Sklon upraveného terénu  $s_1 = 0,00^\circ$

Sklon základové spáry  $s_2 = 0,00^\circ$

Objemová tíha zeminy nad základem =  $20,00 \text{ kN/m}^3$

### Geometrie konstrukce

#### Typ základu: centrická patka

Délka patky  $x = 2,10 \text{ m}$

Šířka patky  $y = 1,60 \text{ m}$

Šířka sloupu ve směru x  $c_x = 0,70 \text{ m}$

Šířka sloupu ve směru y  $c_y = 0,20 \text{ m}$

Objem patky =  $3,36 \text{ m}^3$

### Materiál konstrukce

Objemová tíha  $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

#### Beton : C 20/25

Válcová pevnost v tlaku  $f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu  $f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$

Modul pružnosti  $E_{cm} = 30000,00 \text{ MPa}$



#### Ocel podélná : B500

Mez kluzu  $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

#### Ocel příčná: B500

Mez kluzu  $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

### Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,80	Třída S4	
2	-	Třída G1, ulehlá	

### Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	$M_x$ [kNm]	$M_y$ [kNm]	$H_x$ [kN]	$H_y$ [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	165,73	0,00	0,00	80,72	0,00
2	Ano		Zatížení č. 1 - provozní	Užitné	138,11	0,00	0,00	67,27	0,00

### Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 3,70 m od původního terénu.

**!** Pouze pro nekomerční využití **!**

## Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : výpočet pro odvozněné podmínky

## Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

## Posouzení čís. 1

### Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	$e_x$ [m]	$e_y$ [m]	$\sigma$ [kPa]	$R_d$ [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Zatížení č. 1	Ano	0,33	0,00	105,79	126,70	83,50	Ano
Zatížení č. 1	Ne	0,30	0,00	112,36	146,17	76,87	Ano

### Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 34,534^\circ$   
 $c_d = 0,812 \text{ kPa}$   
 $\gamma_{1prum} = 0,000 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma_{2prum} = 18,424 \text{ kN/m}^3$   
 $b_{ef} = 1,436 \text{ m}$   
 $N_q = 31,429$   
 $N_c = 44,219$   
 $N_\gamma = 41,879$   
 $s_q = 1,509$   
 $s_c = 1,525$   
 $s_\gamma = 0,731$   
 $d_q = 1,000$   
 $d_c = 1,000$   
 $d_\gamma = 1,000$   
 $i_q = 0,544$   
 $i_c = 0,537$   
 $i_\gamma = 0,366$   
 $b_q = 1,000$   
 $b_c = 1,000$   
 $b_\gamma = 1,000$   
 $g_q = 1,000$   
 $g_c = 1,000$   
 $g_\gamma = 1,000$   
 $R_d = 177,385 \text{ kPa}$

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Spočtená vlastní tíha patky  $G = 77,28 \text{ kN}$

Spočtená tíha nadloží  $Z = 0,00 \text{ kN}$

### Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy  $z_{sp} = 2,99 \text{ m}$

Dosah smykové plochy  $l_{sp} = 9,78 \text{ m}$



Pouze pro nekomerční využití



Výpočtová únosnost zákl. půdy  $R_d = 126,70$  kPa  
Extrémní kontaktní napětí  $\sigma = 105,79$  kPa

### Svislá únosnost VYHOVUJE

#### Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky  $e_x = 0,158 < 0,333$   
Max. excentricita ve směru šířky patky  $e_y = 0,000 < 0,333$   
Max. prostorová excentricita  $e_t = 0,158 < 0,333$

### Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

#### Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu  $S_{pd} = 0,00$  kN

Horizontální únosnost základu  $R_{dh} = 121,64$  kN

Extrémní horizontální síla  $H = 80,72$  kN

### Vodorovná únosnost VYHOVUJE

### Únosnost základu VYHOVUJE

#### Posouzení čís. 1

##### Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu  $\kappa_1$  (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha patky  $G = 77,28$  kN

Spočtená tíha nadloží  $Z = 0,00$  kN

##### Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	$E_{def}$ [MPa]	$\sigma_{or}$ [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	1,30	1,35	0,05	8,91	23,85	63,98	0,27
2	1,35	1,40	0,05	8,91	24,75	63,16	0,26
3	1,40	1,45	0,05	8,91	25,65	61,07	0,25
4	1,45	1,50	0,05	8,91	26,55	57,91	0,24
5	1,50	1,55	0,05	8,91	27,45	54,23	0,23
6	1,55	1,60	0,05	8,91	28,35	50,51	0,21
7	1,60	1,70	0,10	8,91	29,70	45,57	0,38
8	1,70	1,80	0,10	8,91	31,50	40,03	0,33
9	1,80	1,90	0,10	8,91	33,30	35,75	0,30
10	1,90	2,00	0,10	8,91	35,10	32,41	0,27
11	2,00	2,10	0,10	8,91	36,90	29,71	0,25
12	2,10	2,20	0,10	8,91	38,70	27,47	0,23
13	2,20	2,45	0,25	8,91	41,85	24,39	0,51
14	2,45	2,70	0,25	8,91	46,35	20,74	0,43
15	2,70	2,80	0,10	8,91	49,50	18,62	0,16
16	2,80	2,95	0,15	387,00	51,98	17,31	0,01
17	2,95	3,20	0,25	387,00	56,18	15,43	0,01



Pouze pro nekomerční využití



Vrstva čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	$E_{def}$ [MPa]	$\sigma_{or}$ [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
18	3,20	3,45	0,25	387,00	61,43	13,41	0,01
19	3,45	3,70	0,25	387,00	66,68	11,71	0,01
20	3,70	4,20	0,50	387,00	72,30	9,71	0,01
21	4,20	4,40	0,20	387,00	76,52	8,13	0,00

Sednutí středu hrany x - 1 = 3,5 mm

Sednutí středu hrany x - 2 = 3,5 mm

Sednutí středu hrany y - 1 = 5,3 mm

Sednutí středu hrany y - 2 = 1,3 mm

Sednutí středu základu = 6,2 mm

Sednutí charakterist. bodu = 4,4 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

### Sednutí a natočení základu - výsledky

#### Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti  $E_{def} = 115,58$  MPa

Základ je ve směru délky tuhý ( $k=28,03$ )

Základ je ve směru šířky tuhý ( $k=63,37$ )

#### Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky  $e_x = 0,149 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky  $e_y = 0,000 < 0,333$

Max. prostorová excentricita  $e_t = 0,149 < 0,333$

#### Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

#### Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 4,4 mm

Hloubka deformační zóny = 3,10 m

Natočení ve směru x = 1,891 ( $\tan^*1000$ ); ( $1,1E-01^\circ$ )

Natočení ve směru y = 0,000 ( $\tan^*1000$ ); ( $1,6E-17^\circ$ )

### Dimenzace čís. 1

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

#### Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

Profil vložky = 16,0 mm

Počet vložek = 12

Krytí výztuže = 40,0 mm

Šířka průřezu = 1,60 m

Výška průřezu = 1,00 m

Stupeň vyztužení  $\rho = 0,16 \% > 0,13 \% = \rho_{min}$

Poloha neutrálné osy  $x = 0,06 \text{ m} < 0,59 \text{ m} = x_{max}$

Moment na mezi únosnosti  $M_{Rd} = 972,87 \text{ kNm} > 33,61 \text{ kNm} = M_{Ed}$

#### Průřez VYHOVUJE.

#### Posouzení podélné výztuže základu ve směru y

Profil vložky = 16,0 mm

Počet vložek = 15



Pouze pro nekomerční využití



Krytí výztuže = 40,0 mm

Šířka průřezu = 2,10 m

Výška průřezu = 1,00 m

Stupeň výztužení  $\rho$  = 0,15 % > 0,13 % =  $\rho_{min}$

Poloha neutrálné osy  $x$  = 0,06 m < 0,59 m =  $x_{max}$

Moment na mezi únosnosti  $M_{Rd}$  = 1217,63 kNm > 25,38 kNm =  $M_{Ed}$

**Průřez VYHOVUJE.**

#### Posouzení základu na protlačení

Normálová síla v sloupu = 165,73 kN

#### Maximální únosnost na obvodu sloupu

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 6,91 kN

Síla přenášená smykovou pevností ŽB = 158,82 kN

Uvažovaný obvod sloupu  $u_0$  = 1,80 m

Smykové napětí na obvodu sloupu  $v_{Ed,max}$  = 0,09 MPa

Únosnost na obvodu sloupu  $v_{Rd,max}$  = 2,94 MPa

#### Kritický průřez bez smykové výztuže

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 84,26 kN

Síla přenášená smykovou pevností ŽB = 81,47 kN

Vzdálenost průřezu od sloupu = 0,48 m

Délka průřezu  $u$  = 4,79 m

Smykové napětí na průřezu  $v_{Ed}$  = 0,02 MPa

Únosnost nevyztuženého průřezu  $v_{Rd,c}$  = 1,10 MPa

$v_{Ed} < v_{Rd,c} \Rightarrow$  Výztuž není nutná

**Základ na protlačení VYHOVUJE**

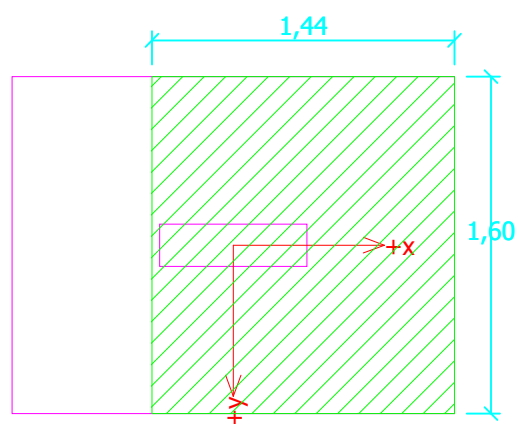
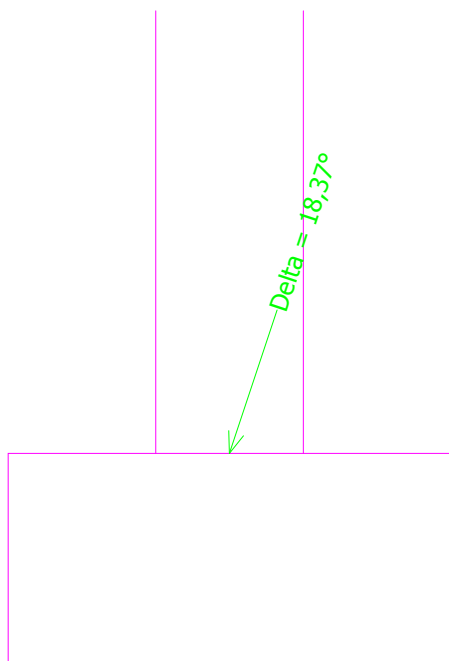


Pouze pro nekomerční využití



Název :

Fáze - výpočet : 1 - 1



### Posouzení únosnosti patky - 1.MS

#### Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Výpočtová únosnost zákl. půdy  $R_d = 126,70 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí  $\sigma = 105,79 \text{ kPa}$

**Svislá únosnost VYHOVUJE**

#### Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky  $e_x = 0,158 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky  $e_y = 0,000 < 0,333$

Max. prostorová excentricita  $e_t = 0,158 < 0,333$

**Excentricita zatížení základu VYHOVUJE**

#### Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Horizontální únosnost základu  $R_{dh} = 121,64 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla  $H = 80,72 \text{ kN}$

**Vodorovná únosnost VYHOVUJE**

**Únosnost základu VYHOVUJE**

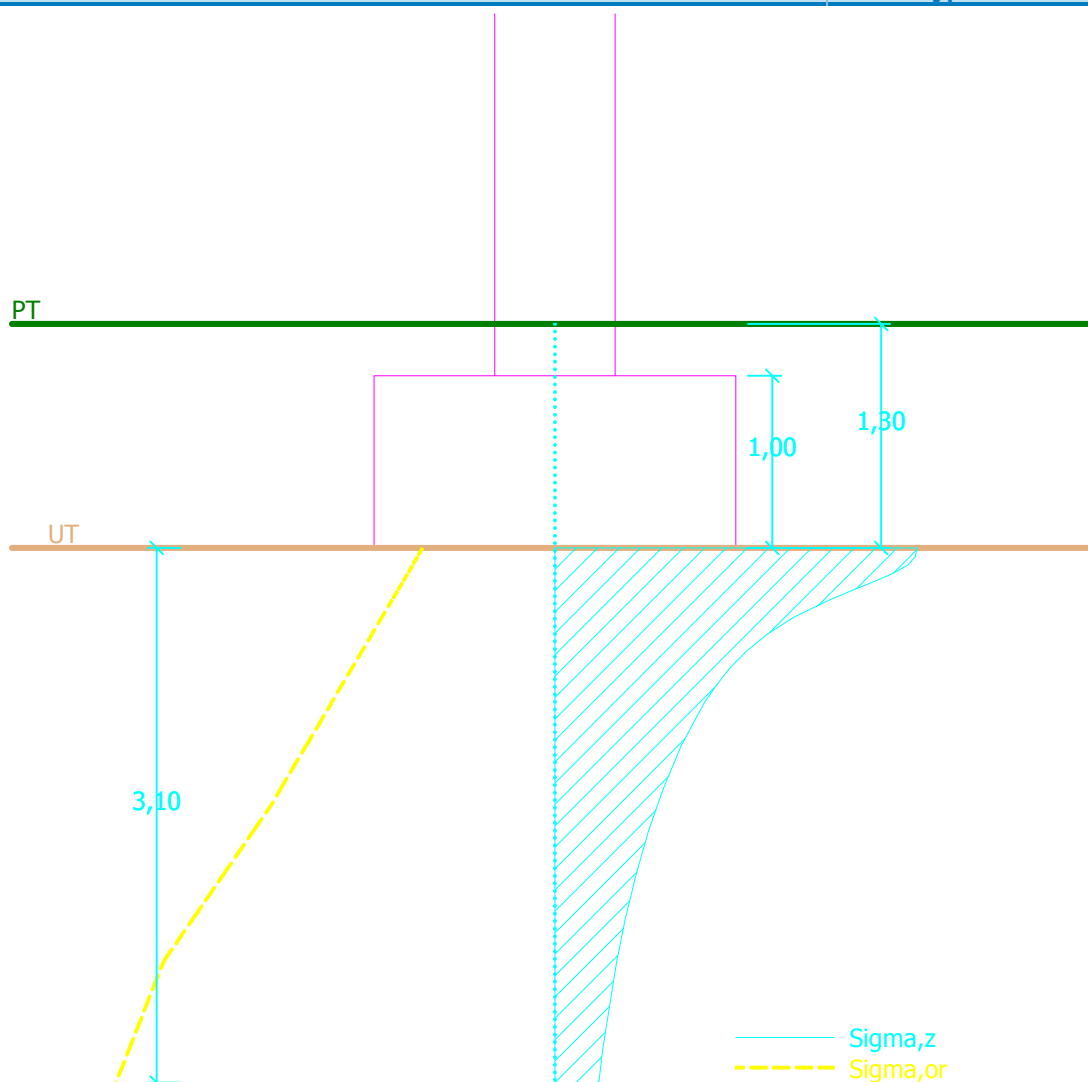


Pouze pro nekomerční využití



Název :

Fáze - výpočet : 1 - 1



### Sednutí a natočení základu - výsledky

#### Tuhost základu:

Průměrný modul přetvárn.  $E_{def} = 115,58 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ( $k=28,03$ )

Základ je ve směru šířky tuhý ( $k=63,37$ )

#### Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky  $e_x = 0,149 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky  $e_y = 0,000 < 0,333$

Max. prostorová excentricita  $e_t = 0,149 < 0,333$

#### Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

#### Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 4,4 mm

Hloubka deformační zóny = 3,10 m

Natočení ve směru x = 1,891 ( $\tan \cdot 1000$ ); (1,1E-01 °)

Natočení ve směru y = 0,000 ( $\tan \cdot 1000$ ); (0,0E+00 °)

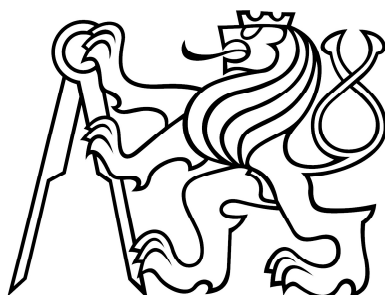


Pouze pro nekomerční využití



České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



**Statický výpočet**

**Vnitřní síly**

Květen, 2016

Robert Šimáček

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



**Statický výpočet**

**Multifunkční sportovní hala Zdiměřice**

Květen, 2016

Robert Šimáček

## Obsah statické části:

Zatížení sněhem: .....	5
Zatížení větrem:.....	6-9
Souhrn zatížení: .....	10-13
Kombinace zatížení na vaznici: .....	14
Vaznice osová vzdálenost 2 m (část nad tribunou): .....	15-19
Vaznice osová vzdálenost 1,875 m: .....	20-24
Návrh a posouzení rámového rohu (část nad tribunou): .....	25-32
Návrh a posouzení rámového rohu .....	33-40
Posouzení stojky rámu (část nad tribunou): .....	41-44
Posouzení stojky rámu (část nad tribunou): .....	45-50
Návrh a posouzení štítového sloupu (9-12m): .....	51-55
Návrh a posouzení obvodového sloupu (6m): .....	56-60
Návrh a posouzení štítového sloupu (6-9m): .....	61-65
Návrh a posouzení vrcholového kloubového spoje: .....	66-72
Návrh a posouzení patního kloubového spoje: .....	73-79
Návrh a posouzení paždíku: .....	80-83
Návrh a posouzení paždíku: .....	80-83
Návrh a posouzení přípoje sloupu a rámu: .....	84-86
Návrh přípoje vaznice a rámu: .....	87
Návrh a posouzení patky štítového sloupu: .....	88
Návrh rozteče hřebíků pro připojení desky Fermacell: .....	89

# PŘEHLED POUŽITÝCH ZNAČEK VE VÝPOČTU

## VELKÁ PÍSMENA

$A$	–	oblast zatížení větrem, plocha
$A_{\text{eff}}$	–	účinná plocha
$B$	–	oblast zatížení větrem
$C$	–	oblast zatížení větrem
$D$	–	oblast zatížení větrem
$E$	–	oblast zatížení větrem
$E_{0,05}$	–	hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti
$E_{0,\text{mean}}$	–	průměrná hodnota modulu pružnosti
$F$	–	oblast zatížení větrem
$F_{\text{ax,d}}$	–	návrhová osová únosnost spojovacího prostředku na vytažení
$F_{\text{ax,k}}$	–	char. osová únosnost spojovacího prostředku na vytažení
$G$	–	oblast zatížení větrem
$H$	–	oblast zatížení větrem
$I$	–	oblast zatížení větrem
$I_y$	–	moment setrvačnosti k ose y
$I_z$	–	moment setrvačnosti k ose z
$J$	–	oblast zatížení větrem
$K_r$	–	součinitel terénu
$M_y$	–	návrhový ohybový moment kolem osy y
$M_{y,\text{rk}}$	–	charakteristický plastický moment únosnosti
$M_z$	–	návrhový ohybový moment kolem osy z
$N$	–	normálová síla
$V_d$	–	návrhová posouvající síla
$W_y$	–	průřezový modul k ose y
$W_z$	–	průřezový modul k ose z

## MALÁ PÍSMENA

$b$	–	šířka
$c_e$	–	součinitel expozice
$c_r$	–	součinitel nerovnosti terénu
$C_t$	–	součinitel teploty
$d$	–	délka
$f_{\text{ax,k}}$	–	charakteristický parametr na vytažení
$f_{c,0,d}$	–	návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům
$f_{c,0,k}$	–	charakteristická pevnost v tlaku kolmo k vláknům
$f_{c,90,d}$	–	návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,90,k}$	–	charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_d$	–	návrhové zatížení
$f_{d,y}$	–	návrhové zatížení ve směru y
$f_{d,z}$	–	návrhové zatížení ve směru z
$f_{t,0,k}$	–	charakteristická pevnost v tahu kolmo k vláknům
$f_{\text{head,k}}$	–	charakteristický parametr na protažení hlavičky
$f_k$	–	charakteristická síla
$f_{m,d}$	–	návrhová pevnost v ohybu
$f_{m,k}$	–	charakteristická pevnost v ohybu
$f_{t,0,d}$	–	návrhová pevnost v tahu kolmo k vláknům
$f_{t,0,k}$	–	charakteristická pevnost v tahu kolmo k vláknům
$f_{t,90,d}$	–	návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t,90,k}$	–	charakteristická pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

## PŘEHLED POUŽITÝCH ZNAČEK VE VÝPOČTU

$f_{uk}$	–	charakteristická pevnost v tahu
$f_{v,d}$	–	návrhová pevnost ve smyku
$f_{v,k}$	–	charakteristická pevnost ve smyku
$g_d$	–	návrhové stálé zatížení
$g_k$	–	charakteristické stálé zatížení
$h$	–	výška
$i$	–	poloměr setrvačnosti
$k_{90}$	–	součinitel pevnosti v otláčení
$k_{c,y}$	–	součinitel vzpěru ve směru y
$k_{c,z}$	–	součinitel vzpěru ve směru z
$k_{cr}$	–	součinitel zohledňující výsušné trhliny
$k_{crit}$	–	součinitel pro příčnou a torzní stabilitu
$k_{def}$	–	součinitel dotvarování
$k_{m,\alpha,c}$	–	součinitel upravující tlakovou pevnost v okraji náběhu
$k_{m,\alpha,t}$	–	součinitel upravující tahovou pevnost v okraji náběhu
$l$	–	rozpětí
$l_{eff}$	–	efektivní délka
$n$	–	počet spojovacích prostředků
$n_{eff}$	–	efektivní počet spojovacích prostředků
$q_d$	–	návrhové proměnné zatížení
$q_k$	–	charakteristické proměnné zatížení
$q_p$	–	dynamický tlak větru
$r$	–	poloměr
$s$	–	síla od sněhu
$s_k$	–	charakteristická hodnota zatížení sněhem v lokalitě
$t$	–	tloušťka
$v_b$	–	Základní rychlost větru
$v_m$	–	Charakteristická střední rychlost větru
$w_e$	–	zatížení větrem
$w_{ins}$	–	okamžitý průhyb
$w_{net,fin}$	–	konečný průhyb
$w_{lim}$	–	limitní průhyb
$z$	–	výška objektu

### ŘECKÁ PÍSMENA

$\alpha$	–	sklon
$\beta_c$	–	součinitel přímosti
$\gamma_g$	–	součinitel stálého zatížení
$\gamma_m$	–	součinitel materiálu
$\gamma_q$	–	součinitel proměnného zatížení
$\lambda_{rel}$	–	poměrná štíhlost
$\lambda_y$	–	štíhlostní poměr ve směru osy y
$\lambda_z$	–	štíhlostní poměr ve směru osy z
$\mu$	–	tvarový součinitel
$\rho$	–	objemová hmotnost
$\sigma_{t,90,d}$	–	návrhové napětí v tahu kolmo k vláknům
$\sigma_{c,0,d}$	–	návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny
$\sigma_{c,crit}$	–	kritické napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny
$\sigma_{m,d}$	–	návrhové napětí v ohybu
$\tau_{v,d}$	–	návrhové napětí ve smyku
$\psi_0$	–	součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
$\psi_2$	–	součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

# ZATÍŽENÍ KLIMATICKÝMI VLIVY – ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Koeficienty pro výpočet:

Lokalita:

**Praha-Zdiměřice**

Sněhová oblast: I

**Hodnoty pro výpočet:**

$S_k=0,7\text{KN m}^2$

$C_e=1$

$C_t=1$

Výška haly  $h=12\text{m}$

Šířka haly  $b=29\text{m}$

$h/b=0,41$

$\mu_{1,a1}=0,8$

$\mu_{1,a2}=0,8$

$\mu_{2,a1}=0,9$

$\mu_{2,a2}=1$

## 1. NÁVRHOVÝ STAV:

$$S_1 = \mu_{1,a1} \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

$$s_1 = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7$$

$$s_1 = \underline{\underline{0,56 \text{ KN/m}^2}}$$

$$S_1 = \mu_{1,a2} \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

$$s_1 = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7$$

$$s_1 = \underline{\underline{0,56 \text{ KN/m}^2}}$$

## 2. NÁVRHOVÝ STAV:

$$S_2 = 0,5 \cdot \mu_{1,a1,2} \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

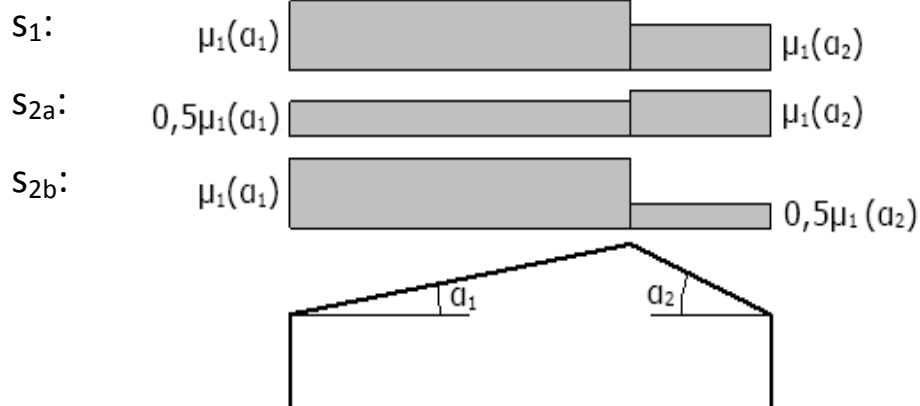
$$s_2 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7$$

$$s_2 = \underline{\underline{0,28 \text{ KN/m}^2}}$$

$$S_2 = \mu_{1,a2} \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

$$s_2 = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7$$

$$s_2 = \underline{\underline{0,56 \text{ KN/m}^2}}$$



Převzato z FINE.cz

# ZATÍŽENÍ KLIMATICKÝMI VLIVY – ZATÍŽENÍ VĚTREM

Koeficienty pro výpočet:

Lokalita:

**Praha-Zdiměřice**

Větrová oblast: II

**Hodnoty pro výpočet:**

$V_{b,0}=25\text{m/s}$

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

**Rozměry sportovní haly:**

Šířka haly  $b=29\text{m}$

Délka haly  $d=49\text{m}$

Výška haly  $h=12\text{m}$

Kategorie terénu: III

$Z_0=0,3\text{m}$

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

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

$c_{dir}=1$

$c_{season}=1$

Délka haly  $d=49\text{m}$

Výška haly  $h=12\text{m}$

$h/d=0,24$

**Použito:**  $C_{pe,10}$

**VÝPOČET:**

## 1. ZÁKLADNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 25$$

$$v_b = \underline{25\text{ m/s}}$$

## 2. CHARAKTERISTICKÁ STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} \cdot c_{0(z)} \cdot v_b$$

$$v_{m(z)} = 0,81 \cdot 1 \cdot 25$$

$$v_{m(z)} = \underline{20,25\text{ m/s}}$$

**Součinitel nerovnosti terénu:**

$$c_{r(z)} = (K_r \cdot \ln \frac{z}{z_0}) = 0,22 \cdot \ln(\frac{12}{0,3}) = \underline{0,81}$$

**Součinitel terénu:**

$$K_r = 0,19 \cdot (\frac{z_0}{z_{0,II}})^{0,07} = 0,19 \cdot (\frac{0,3}{0,05})^{0,07} = \underline{0,22}$$

## 3. MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK VĚTRU

$$q_{p(z)} = c_{e(z)} \cdot q_b$$

$$q_{p(z)} = 2,4 \cdot 390,6$$

$$q_{p(z)} = \underline{937,4\text{ N/m}^2}$$

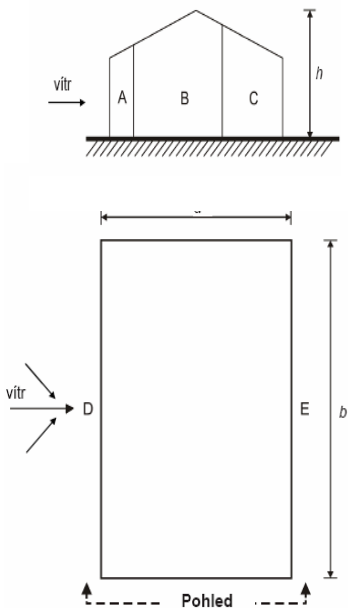
**Základní tlak větru  $q_b$ :**

$$q_b = \frac{1}{2} \rho_{vz} \cdot v_{(z)}^2 = \frac{1}{2} 1,25 \cdot 25^2 = \underline{390,6\text{ N/m}^2}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \rho_{vz} \cdot v_{(z)}^2 = \frac{1}{2} 1,25 \cdot 25^2 = \underline{390,6\text{ N/m}^2}$$

# ZATÍŽENÍ KLIMATICKÝMI VLIVY – ZATÍŽENÍ VĚTREM

SCHÉMA:



$$h/d=12/29=0,41$$

Oblasti:

$$C_{pe(A)}=-1,2$$

$$C_{pe(B)}=-1,4$$

$$C_{pe(C)}=-0,5$$

$$C_{pe(D)}=+0,8$$

$$C_{pe(E)}=-0,5$$

## 4. TLAK VĚTRU NA VNĚJŠÍ KONSTRUKCE

VÍTR NA ŠTÍTOVOU STĚNU:

$$w_{e(A)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(A)}$$

$$w_{e(A)} = 937,4 \cdot (-1,25)$$

$$w_{e(A)} = \underline{-1171,8 \text{ N/m}^2}$$

$$w_{e(B)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(B)}$$

$$w_{e(B)} = 937,4 \cdot (-1,4)$$

$$w_{e(B)} = \underline{-1312,4 \text{ N/m}^2}$$

$$w_{e(C)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(C)}$$

$$w_{e(C)} = 937,4 \cdot (-0,5)$$

$$w_{e(C)} = \underline{-468,7 \text{ N/m}^2}$$

$$w_{e(D)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(D)}$$

$$w_{e(D)} = 937,4 \cdot (+0,8)$$

$$w_{e(D)} = \underline{+749,9 \text{ N/m}^2}$$

$$w_{e(E)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(E)}$$

$$w_{e(E)} = 937,4 \cdot (-0,5)$$

$$w_{e(E)} = \underline{-468,7 \text{ N/m}^2}$$

# ZATÍŽENÍ KLIMATICKÝMI VLIVY – ZATÍŽENÍ VĚTREM

## ROZMĚRY:

Šířka haly  $b=29\text{m}$

Délka haly  $d=49\text{m}$

Výška haly  $h=12\text{m}$

$e=24\text{m}$

$e/10=2,3\text{m}$

$e/4=6\text{m}$

$\alpha_1=24,7^\circ$

$\alpha_2=20,5^\circ$

Oblasti:

$C_{pe(F)}=-0,63$  pro  $\alpha_1$

$=+0,53$  pro  $\alpha_2$

$C_{pe(F)}=-0,76$  pro  $\alpha_2$

$=+0,36$  pro  $\alpha_2$

$C_{pe(G)}=-0,6$  pro  $\alpha_1$

$=+0,53$  pro  $\alpha_1$

$C_{pe(G)}=-0,7$  pro  $\alpha_2$

$=+0,36$  pro  $\alpha_2$

$C_{pe(H)}=-0,23$  pro  $\alpha_1$

$=+0,34$  pro  $\alpha_1$

$C_{pe(H)}=-0,27$  pro  $\alpha_2$

$=+0,26$  pro  $\alpha_2$

$C_{pe(I)}=-0,4$  pro  $\alpha_1$

$=+0$  pro  $\alpha_1$

$C_{pe(I)}=-0,4$  pro  $\alpha_2$

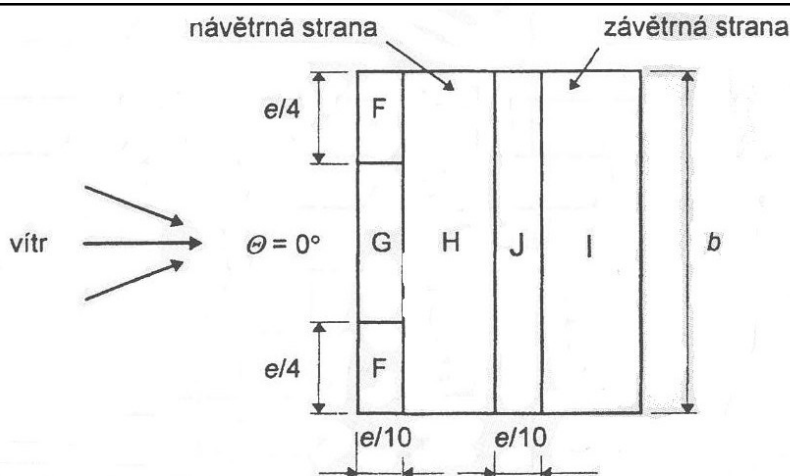
$=+0,0$  pro  $\alpha_2$

$C_{pe(J)}=-0,66$  pro  $\alpha_1$

$=+0,0$  pro  $\alpha_1$

$C_{pe(J)}=-0,84$  pro  $\alpha_2$

$=+0,0$  pro  $\alpha_2$



$$w_{e(F)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(F)}$$

$$w_{e(F)} = 937,4 \cdot (-0,76)$$

$$w_{e(F)} = \underline{-712,4 \text{ N/m}^2}$$

$$w_{e(F)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(F)}$$

$$w_{e(F)} = 937,4 \cdot (+0,53)$$

$$w_{e(F)} = \underline{+496,8 \text{ N/m}^2}$$

$$w_{e(G)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(G)}$$

$$w_{e(G)} = 937,4 \cdot (-0,7)$$

$$w_{e(G)} = \underline{-656,2 \text{ N/m}^2}$$

$$w_{e(H)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(H)}$$

$$w_{e(H)} = 937,4 \cdot (-0,27)$$

$$w_{e(H)} = \underline{-253,1 \text{ N/m}^2}$$

$$w_{e(I)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(I)}$$

$$w_{e(I)} = 937,4 \cdot (-0,4)$$

$$w_{e(I)} = \underline{-374,9 \text{ N/m}^2}$$

$$w_{e(J)} = q_{p(z)} \cdot c_{pe(J)}$$

$$w_{e(J)} = 937,4 \cdot (-0,84)$$

$$w_{e(J)} = \underline{-787,4 \text{ N/m}^2}$$

# ZATÍŽENÍ KLIMATICKÝMI VLIVY – ZATÍŽENÍ VĚTREM

## ROZMĚRY:

Šířka haly  $b=29\text{m}$

Délka haly  $d=49\text{m}$

Výška haly  $h=12\text{m}$

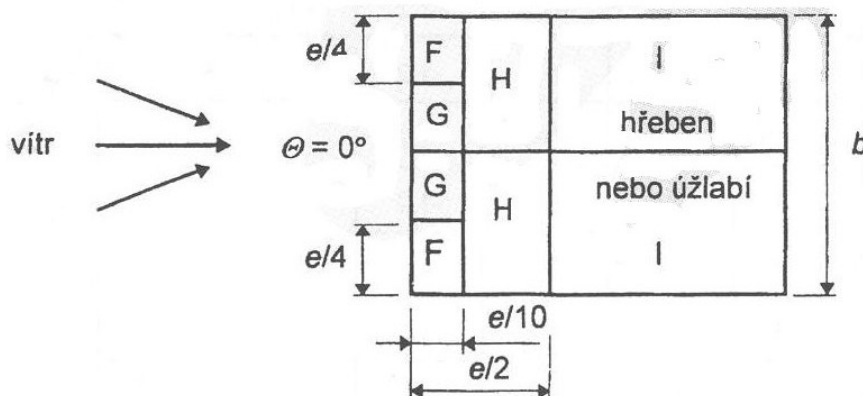
$e=24\text{m}$

$e/10=2,3\text{m}$

$e/4=6\text{m}$

$\alpha_1=24,7^\circ$

$\alpha_2=20,5^\circ$



Oblasti:

$C_{pe(F)}=-1,16$  pro  $\alpha_1$

$$\begin{aligned} w_{e(F)} &= q_{p(z)} \cdot c_{pe(F)} \\ w_{e(F)} &= 937,4 \cdot (-1,24) \\ w_{e(F)} &= \underline{-1162,4 \text{ N/m}^2} \end{aligned}$$

$C_{pe(F)}=-1,24$  pro  $\alpha_2$

$C_{pe(G)}=-1,37$  pro  $\alpha_1$

$$\begin{aligned} w_{e(G)} &= q_{p(z)} \cdot c_{pe(G)} \\ w_{e(G)} &= 937,4 \cdot (-1,37) \\ w_{e(G)} &= \underline{-1284,2 \text{ N/m}^2} \end{aligned}$$

$C_{pe(G)}=-1,33$  pro  $\alpha_2$

$C_{pe(H)}=-0,74$  pro  $\alpha_1$

$$\begin{aligned} w_{e(H)} &= q_{p(z)} \cdot c_{pe(H)} \\ w_{e(H)} &= 937,4 \cdot (-0,74) \\ w_{e(H)} &= \underline{-693,7 \text{ N/m}^2} \end{aligned}$$

$C_{pe(H)}=-0,66$  pro  $\alpha_2$

$C_{pe(I)}=-0,5$  pro  $\alpha_1$

$$\begin{aligned} w_{e(I)} &= q_{p(z)} \cdot c_{pe(I)} \\ w_{e(I)} &= 937,4 \cdot (-0,5) \\ w_{e(I)} &= \underline{-468,7 \text{ N/m}^2} \end{aligned}$$

$C_{pe(I)}=-0,5$  pro  $\alpha_2$

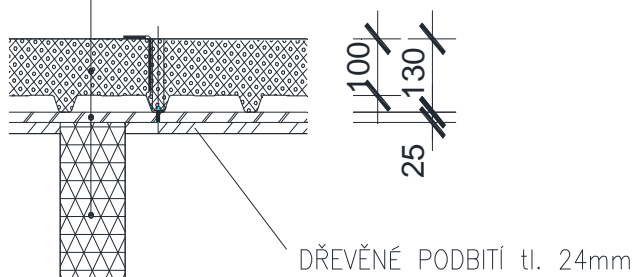
# STÁLÉ ZATÍŽENÍ-ZATÍŽENÍ VLASTNÍ VAHOU KONSTRUKCE

## ZATÍŽENÍ STŘECHY:

TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m <sup>2</sup> )	γ <sub>G</sub> (-)	NÁVRH.H.(KN/m <sup>2</sup> )
STÁLÉ	PANEL KINGSPAN	$\left(\frac{10 \cdot 12,35}{1000}\right) = 0,13$	1,35	0,17
STÁLÉ	OSB DESKA	$\left(\frac{10 \cdot 600 \cdot 0,025}{1000}\right) = 0,15$	1,35	0,2
STÁLÉ	PODBITÍ	$\left(\frac{10 \cdot 600 \cdot 0,024}{1000}\right) = 0,14$	1,35	0,19
CELKEM		0,42		0,56

## SKLADBA STŘECHY:

- KINGSPAN KS1000 TOP-DEK tl. D=130mm. d=100mm
- OSB DESKA tl.25mm
- DŘEVĚNÁ VAZNICE 140x280mm



## PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH VAZNICE:

b=120mm

h=260mm

## ZATÍŽENÍ NA VAZNICI:

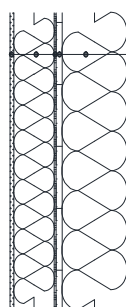
TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m <sup>2</sup> )	γ <sub>G</sub> (-)	NÁVRH.H.(KN/m <sup>2</sup> )
STÁLÉ	SKLADBA STŘECH	0,42= 0,42	1,35	0,56
STÁLÉ	VL.TÍHA VAZNICE	$\left(\frac{10 \cdot 600 \cdot 0,28 \cdot 0,14}{1000}\right) = 0,23$	1,35	0,31
CELKEM		0,65		0,87

# STÁLÉ ZATÍŽENÍ-ZATÍŽENÍ VLASTNÍ VAHOU KONSTRUKCE

## ZATÍŽENÍ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ:

TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m <sup>2</sup> )	γ <sub>G</sub> (-)	NÁVRH.H.(KN/m <sup>2</sup> )
STÁLÉ	OMÍTKA INT.	$\left(\frac{10 \cdot 1400 \cdot 0,015}{1000}\right) = 0,21$	1,35	0,28
STÁLÉ	FERMACELL	$\left(\frac{10 \cdot 1150 \cdot 0,0125}{1000}\right) = 0,14$	1,35	0,19
STÁLÉ	TEP. IZOLACE + SLOUPKOVÁ KCE. +PAŽDÍKY	$\left(\frac{10 \cdot 226,4 \cdot 0,25}{1000}\right) = 0,56$	1,35	0,76
STÁLÉ	OSB DESKA	$\left(\frac{10 \cdot 600 \cdot 0,015}{1000}\right) = 0,09$	1,35	0,12
STÁLÉ	TEP. IZOLACE	$\left(\frac{10 \cdot 160 \cdot 0,08}{1000}\right) = 0,13$	1,35	0,17
STÁLÉ	OMÍTKA EXT.	$\left(\frac{10 \cdot 1970 \cdot 0,008}{1000}\right) = 0,39$	1,35	0,53
CELKEM		1,52		2,05

## SKLADBA OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ:



- TENKOVRSŤVÁ OMÍTKA TERMO + DIFFU tl. 5 mm TermoUni +3 mm TermoSilcon
- TEPELNÁ IZOLACE STEICO tl.80mm
- LEPÍČÍ TMEL tl.5mm
- FERMACELL tl.12,5mm
- TEPELNÁ IZOLACE VE SLOUPKOVÉ KONSTRUKCI STEICO FLEX tl.160mm
- OSB DESKA tl. 15mm

OSOVÁ VZDÁLENOST  
SLOUPKŮ: 2,5 m

## ZATÍŽENÍ NA SLOUP:

TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m)	γ <sub>G</sub> (-)	NÁVRH.H.(KN/m)
STÁLÉ	SKLADBA PL.	$1,52 \cdot 2,5 = 3,8$	1,35	5,13
STÁLÉ	VL. TÍHA	0,36	1,35	0,49
PROMĚNNÉ	VÍTR SÁNÍ	$-1,3 \cdot 2,5 = -3,25$	1,5	-4,87
PROMĚNNÉ	VÍTR TLAK	$0,937 \cdot 2,5 = 2,34$	1,5	3,51
CELKEM				

## OHYB:

$g_{dtlak} = 3,51 \text{ KN/m}$

$g_{dsání} = -4,87 \text{ KN/m}$

## TLAK:

$g_d = 5,13 + 0,49 = 5,62 \text{ KN/m}$

# SOUHRN ZATÍŽENÍ

VAZNICE:

STÁLÉ ZATÍŽENÍ STŘECHY:

TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m)	Y <sub>G</sub> (-)	NÁVRH.H.(KN/m)
STÁLÉ	SKLADBA STŘECHY	0,42 · 2 = 0,84	1,35	1,13
STÁLÉ	VL. TÍHA VAZNICE	$\left(\frac{10 \cdot 600 \cdot 0,28 \cdot 0,14}{1000}\right) = 0,23$	1,35	0,31
CELKEM		1,07		1,44

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ STŘECHY:

TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m)	Y <sub>G</sub> (-)	NÁVRH.H.(KN/m)
UŽITNÉ	ÚDRŽBA	1 · 2 = 2	1,5	3
PROMĚNNÉ	VÍTR PODÉLNÝ	-1,28 · 2 = (-2,56)	1,5	(-3,84)
PROMĚNNÉ	VÍTR PŘÍČNÝ	0,49 · 2 = 0,98	1,5	1,47
PROMĚNNÉ	SNÍH 1. N. STAV	0,56 · 2 = 1,12	1,5	1,68
PROMĚNNÉ	SNÍH 2. N. STAV	0,28 · 2 = 0,56	1,5	0,84

VAZNICE:

STÁLÉ ZATÍŽENÍ STŘECHY:

TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m)	Y <sub>G</sub> (-)	NÁVRH.H.(KN/m)
STÁLÉ	SKLADBA STŘECHY	0,42 · 1,875 = 0,78	1,35	1,05
STÁLÉ	VL. TÍHA VAZNICE	$\left(\frac{10 \cdot 600 \cdot 0,28 \cdot 0,14}{1000}\right) = 0,23$	1,35	0,31
CELKEM		1,01		1,36

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ STŘECHY:

TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m)	Y <sub>G</sub> (-)	NÁVRH.H.(KN/m)
UŽITNÉ	ÚDRŽBA	1 · 1,875 = 1,875	1,5	2,81
PROMĚNNÉ	VÍTR PODÉLNÝ	-1,28 · 1,875 = (-2,4)	1,5	(-3,6)
PROMĚNNÉ	VÍTR PŘÍČNÝ	0,49 · 1,875 = 0,92	1,5	1,38
PROMĚNNÉ	SNÍH 1. N. STAV	0,56 · 1,875 = 1,05	1,5	1,1,58
PROMĚNNÉ	SNÍH 2. N. STAV	0,28 · 1,875 = 0,53	1,5	0,79

# SOUHRN ZATÍŽENÍ

**RÁM:**

## STÁLÉ ZATÍŽENÍ STŘECHY:

$P_{\text{RÁM}}=550 \text{ kg/m}^3$   
 $A_{\text{RÁM, PRŮMĚRNÁ}}=0,123 \text{ m}^2$

TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m)	$\gamma_G(-)$	NÁVRH.H.(KN/m)
STÁLÉ	SKLADBA STŘECHY	$0,42 \cdot 4 = 1,68$	1,35	2,27
STÁLÉ	VL. TÍHA RÁMU	$\left(\frac{10 \cdot 550 \cdot 0,123}{1000}\right) = 0,67$	1,35	0,87
STÁLÉ	VAZNICE	$0,23 \cdot 2 = 0,46$	1,35	0,62
CELKEM		2,81		3,72

**ÚDRŽBA: 1 KN/m<sup>2</sup>**

## PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ STŘECHY:

Zatěžovací šířka: 4m

TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m)	$\gamma_G(-)$	NÁVRH.H.(KN/m)
UŽITNÉ	ÚDRŽBA	$1 \cdot 4 = 4$	1,5	6
PROMĚNNÉ	VÍTR PODÉLNÝ	$-1,28 \cdot 4 = (-5,12)$	1,5	$(-7,68)$
PROMĚNNÉ	VÍTR PŘÍČNÝ	$0,49 \cdot 4 = 1,96$	1,5	2,94
PROMĚNNÉ	SNÍH 1. N. STAV	$0,56 \cdot 4 = 2,24$	1,5	3,36
PROMĚNNÉ	SNÍH 2. N. STAV	$0,28 \cdot 4 = 1,12$	1,5	1,68

## ZATÍŽENÍ NA SLOUP:

TYP	ZATÍŽENÍ	CHAR.H.(KN/m)	$\gamma_G(-)$	NÁVRH.H.(KN/m)
STÁLÉ	SKLADBA PL.	$1,52 \cdot 2 = 3,04$	1,35	4,1
PROMĚNNÉ	VÍTR SÁNÍ	$-1,3 \cdot 2 = -2,6$	1,5	-3,9
PROMĚNNÉ	VÍTR TLAK	$0,937 \cdot 2 = 1,87$	1,5	2,81
CELKEM				

# SOUHRN ZATÍŽENÍ

$\Psi_0=0,5$  pro sních

$\Psi_0=0,6$  pro vítr

## KOMBINACE ZATÍŽENÍ:

### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI:

$$\sum \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

$$\sum G_{kj} + Q_{k,1} + \sum \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

KOMBINACE ZATÍŽENÍ NA VAZNICI-osová vzdálenost 2 m											
		$\gamma_G$	$g_k$	+	$\gamma_Q$	$q_k$	+	$\gamma_Q$	$\Psi_0$	$q_k$	= f(KN/m)
1	a,	1,35	1,07	+	1,5	1,12	+	1,5	0,6	2,98	= 5,81
	b,	1,35	1,07	+	1,5	0,56	+	1,5	0,6	2,98	= 4,97
2	a,	1,35	1,07	+	1,5	1,12	+	1,5	0,6	0,98	= 4,01
3	a,	1,35	1,07	+	1,5	2	+	1,5	0,6	2,1	= 6,33
4	a,	1,35	1,07	+	1,5	0,98	+	1,5	0,5	1,12	= 3,75
5	a,	1,35	1,07	+	1,5	2	+	1,5	0,6	0,98	= 5,33
	b,	1,35	1,07	+	1,5	2	+	1,5	0,5	1,12	= 5,28
6	a,	1,35	1,07	+	1,5	-2,56	+	1,5	0,5	0	= -2,35
7	a,	1,35	1,07	+	1,5	1,12	+	1,5	0,6	0	= 3,12
	b,	1,35	1,07	+	1,5	0,56	+	1,5	0,6	0	= 2,28

KOMBINACE ZATÍŽENÍ NA VAZNICI-osová vzdálenost 1,875 m											
		$\gamma_G$	$g_k$	+	$\gamma_Q$	$q_k$	+	$\gamma_Q$	$\Psi_0$	$q_k$	= f(KN/m)
1	a,	1,35	1,01	+	1,5	1,05	+	1,5	0,6	2,79	= 5,45
	b,	1,35	1,01	+	1,5	0,53	+	1,5	0,6	2,79	= 4,67
2	a,	1,35	1,01	+	1,5	1,05	+	1,5	0,6	0,92	= 3,76
3	a,	1,35	1,01	+	1,5	1,875	+	1,5	0,6	1,97	= 5,64
4	a,	1,35	1,01	+	1,5	0,92	+	1,5	0,5	1,05	= 3,53
5	a,	1,35	1,01	+	1,5	1,875	+	1,5	0,6	0,92	= 5,01
	b,	1,35	1,01	+	1,5	1,875	+	1,5	0,5	1,05	= 4,96
6	a,	1,35	1,01	+	1,5	-2,4	+	1,5	0,5	0	= -2,24
7	a,	1,35	1,01	+	1,5	1,05	+	1,5	0,6	0	= 2,95
	b,	1,35	1,01	+	1,5	0,53	+	1,5	0,6	0	= 2,15

# NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNICE-OSOVÁ VZDÁLENOST 2 m

MATERIÁL:

ROSTLÉ DŘEVO: **C24**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

**$f_{v,k}=4$  MPa**

**$f_{m,g,k}=24$  MPa**

**$E_{0,mean}=11\ 000$  MPa**

KOEFICIENTY:

**$k_{mod}=0,8$**

**$\gamma_m=1,3$**

**$k_m=0,7$**

**Délka vaznice: 4m**

ZATÍŽENÍ:

**$f_d = 6,33$  KN/m**

**$f_{dy} = 5,75$  KN/m**

**$f_{dz} = 2,65$  KN/m**

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

**$b=140$  mm**

**$h=280$  mm**

**$A=39200$  mm<sup>2</sup>**

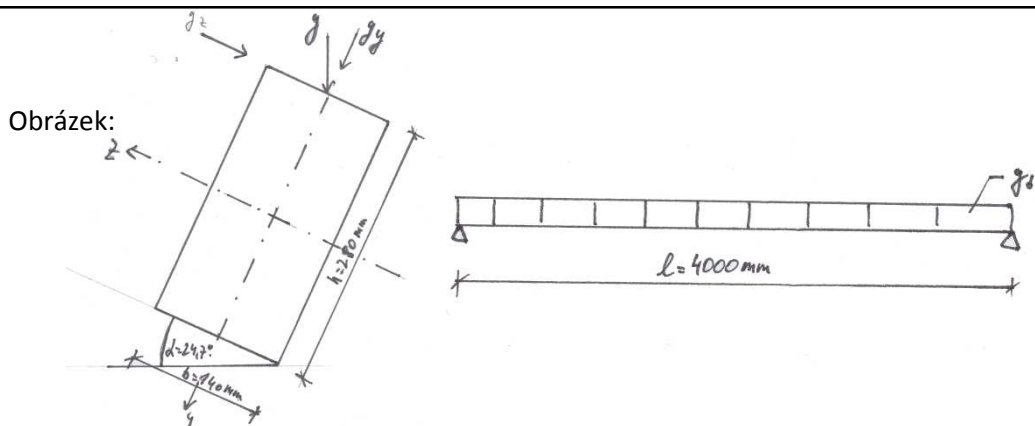
**$I_y=256106666$  mm<sup>4</sup>**

**$I_z=64026666$  mm<sup>4</sup>**

**$w_y=1829333$  mm<sup>3</sup>**

**$w_z=914666$  mm<sup>3</sup>**

**sklon:  $\alpha=24,7^\circ$**



## MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI: NÁVRH NA OHYB

### 1, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

$$M_y = \frac{1}{8} \cdot f_{dy} \cdot l^2 \text{ (KN} \cdot \text{m)}$$

$$M_y = \frac{1}{8} \cdot 5,75 \cdot 4^2 = \underline{11,5 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$M_z = \frac{1}{8} \cdot f_{dz} \cdot l^2 \text{ (KN} \cdot \text{m)}$$

$$M_z = \frac{1}{8} \cdot 2,65 \cdot 4^2 = \underline{5,3 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

### 2, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = \underline{14,77 \text{ MPa}}$$

### 3, VÝPOČET NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ:

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_y}{W_y} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{y,d} = \frac{11,5 \cdot 10^6}{1829333} = \underline{6,28 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{z,d} = \frac{M_z}{W_z} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{z,d} = \frac{5,22 \cdot 10^6}{914666} = \underline{5,71 \text{ MPa}}$$

### 4, POSOUZENÍ NA OHYB:

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,d}} < 1$$

$$0,7 \cdot \frac{6,28}{14,77} + \frac{5,71}{14,77} = 0,68 < 1$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} < 1$$

$$0,7 \cdot \frac{5,71}{14,77} + \frac{6,28}{14,77} = 0,7 < 1 \text{ .....VAZNICE NA OHYB VYHOVÍ}$$

## NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNICE-OSOVÁ VZDÁLENOST 2 m

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

$$A_{\text{eff}} = 26264 \text{ mm}^2$$

$$k_{cr} = 0,67$$

### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI: NÁVRH NA SMYK

#### 1, ÚČINNÁ ŠÍŘKA PRŮŘEZU

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b \text{ (mm)}$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 140 = \underline{93,8 \text{ mm}}$$

#### 2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot f_{dy} \cdot l \text{ (KN)}$$

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot 5,75 \cdot 4 = \underline{11,5 \text{ (KN)}}$$

#### 3, NÁVRHOVÁ PEVNOST VE SMYKU:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{4}{1,3} = \underline{2,46 \text{ MPa}}$$

#### 4, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{\text{eff}}} \text{ (MPa)}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{11,5 \cdot 10^3}{26264} = \underline{0,66 \text{ MPa}}$$

#### 5, POSOUZENÍ NA SMYK:

$$\tau_d < f_{v,d}$$

$$0,66 < 2,46 \text{ (MPa)} \dots \dots \text{VAZNICE NA SMYK VYHOVÍ}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNICE-OSOVÁ VZDÁLENOST 2 m

$$E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$$

$$l_{\text{eff}} = 4 \text{ m}$$

## MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI: KLOPENÍ

### 1, KRITICKÉ NAPĚTÍ ZA OHYBU

$$\sigma_{m.crit} = \frac{0,78 \cdot E_{0,05} \cdot b^2}{h \cdot l_{\text{eff}}} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{m.crit} = \frac{0,78 \cdot 7400 \cdot 140^2}{280 \cdot 4000} = \underline{91,45 \text{ (MPa)}}$$

### 2, VÝPOČET POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI:

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m.crit}}} \text{ (-)}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{24}{91,45}} = 0,51 \text{ (-)}$$

### 3, SOUČINITEL PŘÍČNÉ A TORZNÍ STABILITY:

$$\lambda_{rel} = 0,51 < 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$$

### 4, REDUKOVANÁ PEVNOST:

$$f_{m,d,red} = k_{crit} \cdot f_{m,d} \text{ (MPa)}$$

$$f_{m,d,red} = 1 \cdot 14,77 = \underline{14,77 \text{ (MPa)}}$$

### 5, POSOUZENÍ NA KLOPENÍ:

$$\sigma_{y,d} < f_{m,d,red}$$

$$6,28 < 14,77 \text{ (MPa)} \dots \dots \textbf{VAZNICE NA KLOPENÍ VYHOVÍ}$$

## NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNICE-OSOVÁ VZDÁLENOST 2 m

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

#### OKAMŽITÝ PRŮHYB

$$w_{inst,gcos} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot \cos \alpha \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,gcos} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,07 \cdot \cos(24,7) \cdot 4000^4}{11000 \cdot 256106666} = \underline{1,15 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,gsin} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot \sin \alpha \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,gsin} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,07 \cdot \sin(24,7) \cdot 4000^4}{11000 \cdot 256106666} = \underline{0,53 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,vitr} = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,vitr} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,98 \cdot 4000^4}{11000 \cdot 256106666} = \underline{1,16 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,snih} = \frac{5}{384} \cdot \frac{s_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,snih} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,12 \cdot 4000^4}{11000 \cdot 256106666} = \underline{1,32 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,údržba} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,údržba} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2 \cdot 4000^4}{11000 \cdot 256106666} = \underline{2,36 \text{ mm}}$$

#### Celkový okamžitý průhyb:

$$w_{inst} = w_{inst,gcos} + w_{inst,gsin} + w_{inst,vitr} + w_{inst,snih} + w_{inst,údržba}$$

$$w_{inst} = 1,15 + 0,53 + 1,16 + 1,32 + 2,36 = 6,52 \text{ mm}$$

#### POSOUZENÍ:

$$w_{inst} \leq w_{lim} = \frac{l}{300} = 13,33 \text{ mm}$$

$$6,52 < 13,33 \text{ (mm)} \dots \dots \textbf{VAZNICE NA OKAMŽITÝ PRŮHYB VYHOVÍ}$$

## NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNICE-OSOVÁ VZDÁLENOST 2 m

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

#### KONEČNÝ PRŮHYB

$$k_{def} = 0,8$$

$$\Psi_2 = 0$$

$$w_{fin} = (w_{inst,gcos} + w_{inst,gsin}) \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,snih} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) + w_{inst,vitr} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) + w_{inst,údržba} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) \text{ (mm)}$$

$$w_{fin} = (1,15 + 0,53) \cdot (1 + 0,8) + 1,32 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0) + 1,16 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0) + 2,36 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0)$$

$$w_{fin} = \underline{7,86 \text{ mm}}$$

#### POSOUZENÍ:

$$w_{fin} \leq w_{lim} = \frac{l}{250} = 16 \text{ mm}$$

$$7,86 < 16 \text{ (mm)} \dots \dots \textbf{VAZNICE NA KONEČNÝ PRŮHYB VYHOVÍ}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNICE-OSOVÁ VZDÁLENOST 1,875 m

MATERIÁL:

ROSTLÉ DŘEVO: **C24**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

**$f_{v,k}=4$  MPA**

**$f_{m,g,k}=24$  MPA**

**$E_{0,mean}=11\ 000$  MPA**

KOEFICIENTY:

**$k_{mod} = 0,8$**

**$\gamma_m = 1,3$**

**$k_m = 0,7$**

**Délka vaznice: 4m**

ZATÍŽENÍ:

**$f_d=5,64$  KN/m**

**$f_{dy}=5,28$ KN/m**

**$f_{dz}=1,98$  KN/m**

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

**$b=140$  mm**

**$h=280$  mm**

**$A=39200$  mm<sup>2</sup>**

**$I_y=256106666$ mm<sup>4</sup>**

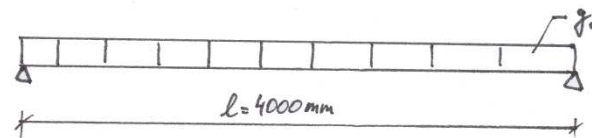
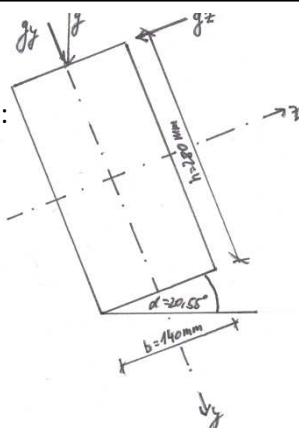
**$I_z=64026666$ mm<sup>4</sup>**

**$w_y=1829333$  mm<sup>3</sup>**

**$w_z=914666$  mm<sup>3</sup>**

**sklon:  $\alpha=20,55^\circ$**

Obrázek:



## MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI: NÁVRH NA OHYB

### 1, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

$$M_y = \frac{1}{8} \cdot f_{dy} \cdot l^2 \text{ (KN} \cdot \text{m)}$$

$$M_y = \frac{1}{8} \cdot 5,28 \cdot 4^2 = \underline{10,6 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$M_z = \frac{1}{8} \cdot f_{dz} \cdot l^2 \text{ (KN} \cdot \text{m)}$$

$$M_z = \frac{1}{8} \cdot 1,98 \cdot 4^2 = \underline{3,96 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

### 2, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = \underline{14,77 \text{ MPa}}$$

### 3, VÝPOČET NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ:

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_y}{W_y} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{y,d} = \frac{10,6 \cdot 10^6}{1829333} = \underline{5,79 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{z,d} = \frac{M_z}{W_z} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{z,d} = \frac{3,96 \cdot 10^6}{914666} = \underline{4,32 \text{ MPa}}$$

### 4, POSOUZENÍ NA OHYB:

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} < 1$$

$$0,7 \cdot \frac{5,79}{14,77} + \frac{4,32}{14,77} = 0,56 < 1$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,d}} < 1$$

$$0,7 \cdot \frac{5,79}{14,77} + \frac{4,32}{14,77} = 0,59 < 1 \text{ .....VAZNICE NA OHYB VYHOVÍ}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNICE-OSOVÁ VZDÁLENOST 1,875 m

## PRŮŘEZOVÉ CHAR.

$$A_{\text{eff}} = 26264 \text{ mm}^2$$

$$k_{cr} = 0,67$$

## MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI: NÁVRH NA SMYK

### 1, ÚČINNÁ ŠÍŘKA PRŮŘEZU

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b \text{ (mm)}$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 140 = \underline{93,8 \text{ mm}}$$

### 2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot f_{dy} \cdot l \text{ (KN)}$$

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot 5,28 \cdot 4 = \underline{10,56 \text{ (KN)}}$$

### 3, NÁVRHOVÁ PEVNOST VE SMYKU:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{4}{1,3} = \underline{2,46 \text{ MPa}}$$

### 4, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{\text{eff}}} \text{ (MPa)}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{10,56 \cdot 10^3}{26264} = \underline{0,4 \text{ MPa}}$$

### 5, POSOUZENÍ NA SMYK:

$$\tau_d < f_{v,d}$$

$$0,4 < 2,46 \text{ (MPa)} \dots \dots \text{VAZNICE NA SMYK VYHOVÍ}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNICE-OSOVÁ VZDÁLENOST 1,875 m

$E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$

$l_{\text{eff}} = 4 \text{ m}$

## MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI: KLOPENÍ

### 1, KRITICKÉ NAPĚTÍ ZA OHYBU

$$\sigma_{m.crit} = \frac{0,78 \cdot E_{0,05} \cdot b^2}{h \cdot l_{\text{eff}}} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{m.crit} = \frac{0,78 \cdot 7400 \cdot 140^2}{280 \cdot 4000} = \underline{91,45 \text{ (MPa)}}$$

### 2, VÝPOČET POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI:

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m.crit}}} \text{ (-)}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{24}{91,45}} = 0,51 \text{ (-)}$$

### 3, SOUČINITEL PŘÍČNÉ A TORZNÍ STABILITY:

$$\lambda_{rel} = 0,51 < 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$$

### 4, REDUKOVANÁ PEVNOST:

$$f_{m,d,red} = k_{crit} \cdot f_{m,d} \text{ (MPa)}$$

$$f_{m,d,red} = 1 \cdot 14,77 = \underline{14,77 \text{ (MPa)}}$$

### 5, POSOUZENÍ NA KLOPENÍ:

$$\sigma_{y,d} < f_{m,d,red}$$

$$5,79 < 14,77 \text{ (MPa)} \dots \dots \textbf{VAZNICE NA KLOPENÍ VYHOVÍ}$$

## MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

### OKAMŽITÝ PRŮHYB

$$w_{inst,gcos} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot \cos \alpha \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,gcos} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,01 \cdot \cos(24,7) \cdot 4000^4}{11000 \cdot 256106666} = \underline{1,08 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,g sin} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot \sin \alpha \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,g sin} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,01 \cdot \sin(24,7) \cdot 4000^4}{11000 \cdot 256106666} = \underline{0,50 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,vitr} = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,vitr} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,92 \cdot 4000^4}{11000 \cdot 256106666} = \underline{1,09 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,snih} = \frac{5}{384} \cdot \frac{s_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,snih} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,05 \cdot 4000^4}{11000 \cdot 256106666} = \underline{1,24 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,údržba} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,údržba} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,875 \cdot 4000^4}{11000 \cdot 256106666} = \underline{2,21 \text{ mm}}$$

### Celkový okamžitý průhyb:

$$w_{inst} = w_{inst,gcos} + w_{inst,g sin} + w_{inst,vitr} + w_{inst,snih} + w_{inst,údržba}$$

$$w_{inst} = 1,08 + 0,50 + 1,09 + 1,24 + 2,21 = 6,12 \text{ mm}$$

### POSOUZENÍ:

$$w_{inst} \leq w_{lim} = \frac{l}{300} = 13,33 \text{ mm}$$

$$6,12 < 13,33 \text{ (mm)} \dots \dots \text{VAZNICE NA OKAMŽITÝ PRŮHYB VYHOVÍ}$$

## NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNICE-OSOVÁ VZDÁLENOST 1,875 m

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

#### KONEČNÝ PRŮHYB

$$k_{def} = 0,8$$

$$\Psi_2 = 0$$

$$w_{fin} = (w_{inst,gcos} + w_{inst,gsin}) \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,snih} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) + w_{inst,vitr} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) + w_{inst,údržba} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) \text{ (mm)}$$

$$w_{fin} = (1,08 + 0,50) \cdot (1 + 0,8) + 1,24 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0) + 1,09 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0) + 2,21 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0)$$

$$w_{fin} = \underline{7,38 \text{ mm}}$$

#### POSOUZENÍ:

$$w_{fin} \leq w_{lim} = \frac{l}{250} = 16 \text{ mm}$$

$$7,38 < 16 \text{ (mm)} \dots \dots \textbf{VAZNICE NA KONEČNÝ PRŮHYB VYHOVÍ}$$

# NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU-ČÁST NAD TRIBUNOU

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

**$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$**

**$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$**

**$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$**

KOEFICIENTY:

**$k_{mod} = 0,8$**

**$\gamma_m = 1,25$**

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

**$h = 1500 \text{ mm}$**

**$b = 200 \text{ mm}$**

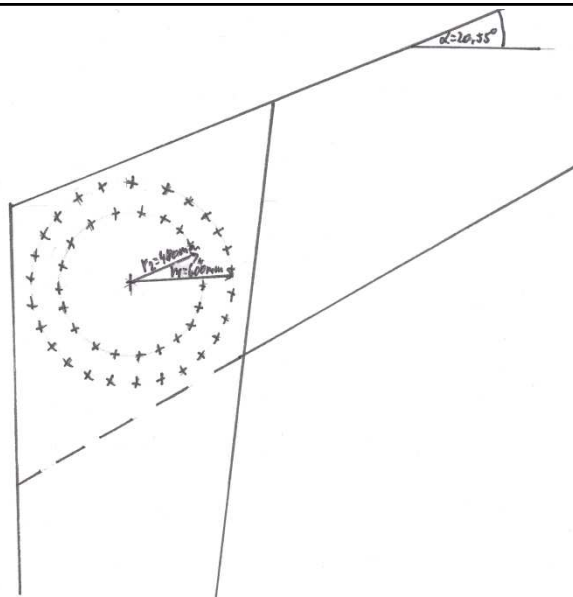
**$A = 300000 \text{ mm}^2$**

**sklon:  $\alpha = 20,55^\circ$**

$t_1 = 100 \text{ mm}$

$t_2 = 200 \text{ mm}$

Obrázek:



VÝPOČET:

1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:

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

2, NÁVRHOVÁ PEVNOST VE SMYKU:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

3, VNITŘNÍ SÍLY V RÁMOVÉM ROHU:

PŘÍČLE:

$M_d = 510,61 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_d = 113,52 \text{ kN}$

$N_d = 150,41 \text{ kN}$

STOJKA:

$M_d = 510,61 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_d = 100,97 \text{ kN}$

$N_d = 159,10 \text{ kN}$

4, SPOJOVACÍ PROSŘEDEK:

OCELOVÉ KOLÍKY:

Ocel S235  $\varnothing 24 \text{ mm}$  (5.8):  $f_{u,k} = 500 \text{ MPa}$

5, NÁVRH KOLÍKOVÉHO SPOJE:

VNĚJŠÍ KRUH:  $r_1 \leq 0,5 \cdot h - 4 \cdot d = 0,5 \cdot 1500 - 4 \cdot 24 = \underline{654 \text{ mm}}$

VNITŘNÍ KRUH:  $r_2 \leq r_1 - 5 \cdot d = 404 - 5 \cdot 24 = \underline{534 \text{ mm}}$

$r_1 = 600 \text{ mm}$

$r_2 = 480 \text{ mm}$

# NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU-ČÁST NAD TRIBUNOU

## 5, POČET KOLÍKŮ V KRUŽÍCH:

$$n_1 \leq \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{6 \cdot d} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 404}{6 \cdot 24} = \underline{26,18}$$

$$NÁVRH \ n_1 = 26 \text{ KOLÍKŮ}$$

$$n_2 \leq \frac{2 \cdot \pi \cdot r_2}{6 \cdot d} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 284}{6 \cdot 24} = \underline{20,94}$$

$$NÁVRH \ n_2 = 20 \text{ KOLÍKŮ}$$

## 6, ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ:

### ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ OD OHYBOVÉHO MOMENTU:

$$F_M = M_d \cdot \frac{r_1}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2}$$

$$F_M = 510,61 \cdot 10^6 \cdot \frac{600}{26 \cdot 600^2 + 21 \cdot 480^2} = \underline{21,93 \text{ KN}}$$

### VE STOJCE:

#### ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ OD NORMÁLOVÉ SÍLY:

$$F_{N,C} = \frac{N_d}{n_1 + n_2}$$

$$F_{N,C} = \frac{159,10 \cdot 10^3}{26 + 20} = \underline{3,46 \text{ KN}}$$

#### ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ OD POSOUVAJÍCÍ SÍLY:

$$F_{V,C} = \frac{V_d}{n_1 + n_2}$$

$$F_{V,C} = \frac{100,97 \cdot 10^3}{26 + 20} = \underline{2,19 \text{ KN}}$$

### V PŘÍČLI:

#### ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ OD NORMÁLOVÉ SÍLY:

$$F_{N,R} = \frac{N_d}{n_1 + n_2}$$

$$F_{N,R} = \frac{150,41 \cdot 10^3}{26 + 20} = \underline{3,27 \text{ KN}}$$

#### ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ OD POSOUVAJÍCÍ SÍLY:

$$F_{V,R} = \frac{V_d}{n_1 + n_2}$$

$$F_{V,R} = \frac{113,52 \cdot 10^3}{26 + 20} = \underline{2,46 \text{ KN}}$$

# NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU-ČÁST NAD TRIBUNOU

## 7, VÝPOČET CELKOVÉHO ZATÍŽENÍ KOLÍKU V OSE:

STOJKA:

$$F_{d,C} = \sqrt{(F_M + F_{V,C})^2 + F_{N,C}^2} \quad (KN)$$
$$F_{d,C} = \sqrt{(21,93 + 2,19)^2 + 3,46^2} = \underline{24,37 \text{ KN}}$$

PŘÍČLE:

$$F_{d,R} = \sqrt{(F_M + F_{V,R})^2 + F_{N,R}^2} \quad (KN)$$
$$F_{d,R} = \sqrt{(21,93 + 2,46)^2 + 3,27^2} = \underline{24,62 \text{ KN}}$$

## 8, VÝPOČET SMYKOVÉ SÍLY V MÍSTĚ SPOJE:

$$V_M = \left( \frac{M_d}{\pi} \cdot \frac{n_1 \cdot r_1 + n_2 \cdot r_2}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2} \right) \quad (KN)$$
$$V_M = \frac{510,61 \cdot 10^6}{\pi} \cdot \frac{26 \cdot 600 + 21 \cdot 480}{26 \cdot 600^2 + 21 \cdot 480^2} = \underline{293,28 \text{ KN}}$$

STOJKA

$$F_{v,d,C} = V_M - \frac{V_{d,C}}{2} \quad (KN)$$
$$F_{v,d,C} = 293,28 - \frac{100,97}{2} = \underline{242,7 \text{ KN}}$$

PŘÍČLE

$$F_{v,d,R} = V_M - \frac{V_{d,R}}{2} \quad (KN)$$
$$F_{v,d,R} = 293,28 - \frac{113,52}{2} = \underline{236,5 \text{ KN}}$$

## 9, MECHANICKÉ VLASTNOSTI KOLÍKŮ:

PEVNOST V OTLAČENÍ ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad (MPa)$$
$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 380 = \underline{23,68 \text{ MPa}}$$

## ÚNOSNOST KOLÍKU V OSE STOJKY:

ÚHEL MEZI ZATÍŽENÍM A VLÁKNY DŘEVA:

$$\alpha_1 = \arctg \left( \frac{F_M + F_{V,C}}{F_{N,C}} \right) \quad (^\circ)$$

$$\alpha_1 = \arctg \left( \frac{21,93 + 2,19}{3,46} \right) = \underline{81,84^\circ}$$

$$\alpha_2 = \alpha - \left( \frac{\pi}{2} - \alpha_1 \right) \quad (^\circ)$$

$$\alpha_2 = 20,55 - \left( \frac{180}{2} - 81,84 \right) = \underline{12,39^\circ}$$

1, PEVNOST V OTLAČENÍ:

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

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot 24 = \underline{1,71}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_1)^2 + \cos(\alpha_1)^2} \quad (MPa)$$

$$f_{h,1,k} = \frac{23,68}{1,71 \cdot \sin(81,84)^2 + \cos(81,84)^2} = \underline{13,96 \text{ MPa}}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_2)^2 + \cos(\alpha_2)^2} \quad (MPa)$$

$$f_{h,2,k} = \frac{23,68}{1,71 \cdot \sin(12,39)^2 + \cos(12,39)^2} = \underline{22,93 \text{ MPa}}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{22,93}{13,96} = \underline{1,642}$$

2, PLASTICKÝ MOMENT ÚNOSNOSTI:

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} \quad (KNm)$$

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot 500 \cdot 24^{2,6} = \underline{0,581 \text{ (KNm)}}$$

# NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU-ČÁST NAD TRIBUNOU

## 3. ÚNOSNOST KOLÍKU:

$$F_{v,R,k,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2+\beta} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2+\beta) \cdot M_{y,R,k}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{(1+\beta)}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,R,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \end{array} \right\}$$

$F_{ax,R,k} = 0$ - neuvažují  
sepnutí spoje

$$F_{v,R,k,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} 13,96 \cdot 100 \cdot 24 \\ 0,5 \cdot 22,93 \cdot 200 \cdot 24 \\ 1,05 \cdot \frac{13,96 \cdot 100 \cdot 24}{2+1,642} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot 1,642 \cdot (1+1,642) + \frac{4 \cdot 1,642 \cdot (2+1,642) \cdot 0,581 \cdot 10^6}{13,96 \cdot 120^2 \cdot 24}} - 1,642 \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,642}{(1+1,642)}} \cdot \sqrt{2 \cdot 0,581 \cdot 10^6 \cdot 13,96 \cdot 24} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R,k,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} 33,52 \text{ KN} \\ 55,04 \text{ KN} \\ 19,68 \text{ KN} \\ 25,31 \text{ KN} \end{array} \right\} = \underline{19,68 \text{ KN}}$$

## 4. NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST:

$$F_{v,R,d,C} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,R,k,C}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{19,68}{1,25} = \underline{12,59 \text{ KN}}$$

## ÚNOSNOST KOLÍKU V OSE PŘÍČLE:

ÚHEL MEZI ZATÍŽENÍM A VLÁKNY DŘEVA:

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} + \alpha - \alpha_2 \quad (^\circ)$$

$$\alpha_1 = \frac{180}{2} + 20,55 - 82,35 = \underline{28,18^\circ}$$

$$\alpha_2 = \arctg \left( \frac{F_M + F_{V,C}}{F_{N,C}} \right) \quad (^\circ)$$

$$\alpha_2 = \arctg \left( \frac{21,93 + 2,19}{3,46} \right) = \underline{82,37^\circ}$$

1, PEVNOST V OTLAČENÍ:

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

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot 24 = \underline{1,71}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_1)^2 + \cos(\alpha_1)^2} \quad (MPa)$$

$$f_{h,1,k} = \frac{23,68}{1,71 \cdot \sin(28,18)^2 + \cos(28,18)^2} = \underline{20,44 \text{ MPa}}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_2)^2 + \cos(\alpha_2)^2} \quad (MPa)$$

$$f_{h,2,k} = \frac{23,68}{1,71 \cdot \sin(82,37)^2 + \cos(82,37)^2} = \underline{13,95 \text{ MPa}}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{13,95}{20,44} = \underline{0,682}$$

2, PLASTICKÝ MOMENT ÚNOSNOSTI:

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} \quad (KNm)$$

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot 500 \cdot 24^{2,6} = \underline{0,581(KNm)}$$

# NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU-ČÁST NAD TRIBUNOU

## 3, ÚNOSNOST KOLÍKU:

$$F_{ax,R,k} = 0$$

$$F_{v,R,k,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2+\beta} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2+\beta) \cdot M_{y,R,k}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{(1+\beta)}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,R,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R,k,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20,44 \cdot 100 \cdot 24 \\ 0,5 \cdot 13,95 \cdot 200 \cdot 24 \\ 1,05 \cdot \frac{20,44 \cdot 100 \cdot 24}{2+0,682} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot 0,682 \cdot (1+0,682) + \frac{4 \cdot 0,682 \cdot (2+0,682) \cdot 0,581 \cdot 10^6}{20,44 \cdot 120^2 \cdot 24}} - 0,682 \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,682}{(1+0,682)}} \cdot \sqrt{2 \cdot 0,581 \cdot 10^6 \cdot 20,44 \cdot 24} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R,k,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 49,06 \text{ KN} \\ 33,48 \text{ KN} \\ 21,05 \text{ KN} \\ 24,74 \text{ KN} \end{array} \right\} = \underline{21,05 \text{ KN}}$$

## 4, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST:

$$F_{v,R,d,R} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,R,k,R}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{21,05}{1,25} = \underline{13,47 \text{ KN}}$$

## NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU-ČÁST NAD TRIBUNOU

POSOUZENÍ:

POSOUZENÍ SPOJE PŘÍČLE A STOJKY:

STOJKA:

$$F_{d,C} \leq 2 \cdot F_{v,R,d,C}$$

$$24,37 \leq 2 \cdot 12,59 = 25,18 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

PŘÍČLE:

$$F_{d,R} \leq 2 \cdot F_{v,R,d,R}$$

$$24,62 \leq 2 \cdot 13,47 = 26,94 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉHO NAPĚTÍ PŘÍČLE A STOJKY

STOJKA:

$$\tau_{v,c} \leq f_{v,g,d}$$

$$\tau_{v,c} = \frac{3 \cdot F_{v,d,C}}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 242,7 \cdot 10^3}{2 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 1500} = 1,21 \leq 1,73 \text{ (MPa)} \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

PŘÍČLE:

$$\tau_{v,r} \leq f_{v,g,d}$$

$$\tau_{v,r} = \frac{3 \cdot F_{v,d,R}}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 236,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 200 \cdot 1500} = 1,18 \leq 1,73 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

**$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$**

**$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$**

**$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$**

KOEFICIENTY:

**$k_{mod} = 0,8$**

**$\gamma_m = 1,25$**

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

**$h = 1500 \text{ mm}$**

**$b = 200 \text{ mm}$**

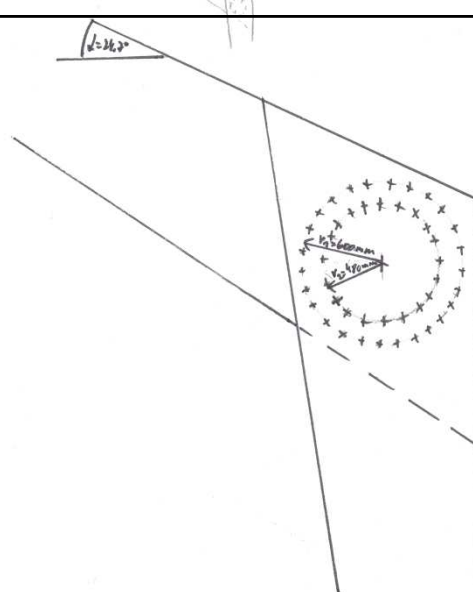
**$A = 300000 \text{ mm}^2$**

**sklon:  $\alpha = 24,7^\circ$**

$t_1 = 100 \text{ mm}$

$t_2 = 200 \text{ mm}$

Obrázek:



VÝPOČET:

1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:

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

2, NÁVRHOVÁ PEVNOST VE SMYKU:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

3, VNITŘNÍ SÍLY V RÁMOVÉM ROHU:

PŘÍČLE:

$M_d = 507,22 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_d = 104,12 \text{ kN}$

$N_d = 159,09 \text{ kN}$

STOJKA:

$M_d = 507,22 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_d = 100,81 \text{ kN}$

$N_d = 161,12 \text{ kN}$

4, SPOJOVACÍ PROSŘEDEK:

OCELOVÉ KOLÍKY:

Ocel S235  $\varnothing 24 \text{ mm}$  (5.8):  $f_{u,k} = 500 \text{ MPa}$

5, NÁVRH KOLÍKOVÉHO SPOJE:

VNĚJŠÍ KRUH:  $r_1 \leq 0,5 \cdot h - 4 \cdot d = 0,5 \cdot 1500 - 4 \cdot 24 = \underline{654 \text{ mm}}$

VNITŘNÍ KRUH:  $r_2 \leq r_1 - 5 \cdot d = 404 - 5 \cdot 24 = \underline{534 \text{ mm}}$

$r_1 = 600 \text{ mm}$

$r_2 = 480 \text{ mm}$

## NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU

### 5, POČET KOLÍKŮ V KRUZÍCH:

$$n_1 \leq \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{6 \cdot d} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 404}{6 \cdot 24} = \underline{26,18}$$

$$NÁVRH \ n_1 = 26 \text{ KOLÍKŮ}$$

$$n_2 \leq \frac{2 \cdot \pi \cdot r_2}{6 \cdot d} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 284}{6 \cdot 24} = \underline{20,94}$$

$$NÁVRH \ n_2 = 20 \text{ KOLÍKŮ}$$

### 6, ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ:

#### ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ OD OHYBOVÉHO MOMENTU:

$$F_M = M_d \cdot \frac{r_1}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2}$$

$$F_M = 507,22 \cdot 10^6 \cdot \frac{600}{26 \cdot 600^2 + 21 \cdot 480^2} = \underline{21,78 \text{ KN}}$$

#### VE STOJCE:

##### ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ OD NORMÁLOVÉ SÍLY:

$$F_{N,C} = \frac{N_d}{n_1 + n_2}$$

$$F_{N,C} = \frac{161,12 \cdot 10^3}{26 + 20} = \underline{3,50 \text{ KN}}$$

##### ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ OD POSOUVAJÍCÍ SÍLY:

$$F_{V,C} = \frac{V_d}{n_1 + n_2}$$

$$F_{V,C} = \frac{100,81 \cdot 10^3}{26 + 20} = \underline{2,19 \text{ KN}}$$

#### V PŘÍČLI:

##### ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ OD NORMÁLOVÉ SÍLY:

$$F_{N,R} = \frac{N_d}{n_1 + n_2}$$

$$F_{N,R} = \frac{159,09 \cdot 10^3}{26 + 20} = \underline{3,46 \text{ KN}}$$

##### ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ OD POSOUVAJÍCÍ SÍLY:

$$F_{V,R} = \frac{V_d}{n_1 + n_2}$$

$$F_{V,R} = \frac{104,12 \cdot 10^3}{26 + 20} = \underline{2,26 \text{ KN}}$$

## NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU

### 7, VÝPOČET CELKOVÉHO ZATÍŽENÍ KOLÍKU V OSE:

STOJKA:

$$F_{d,C} = \sqrt{(F_M + F_{V,C})^2 + F_{N,C}^2} \quad (KN)$$
$$F_{d,C} = \sqrt{(21,78 + 2,19)^2 + 3,50^2} = \underline{24,23 \text{ KN}}$$

PŘÍČLE:

$$F_{d,R} = \sqrt{(F_M + F_{V,R})^2 + F_{N,R}^2} \quad (KN)$$
$$F_{d,R} = \sqrt{(21,78 + 2,26)^2 + 3,46^2} = \underline{24,29 \text{ KN}}$$

### 8, VÝPOČET SMYKOVÉ SÍLY V MÍSTĚ SPOJE:

$$V_M = \left( \frac{M_d}{\pi} \cdot \frac{n_1 \cdot r_1 + n_2 \cdot r_2}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2} \right) \quad (KN)$$
$$V_M = \frac{507,22 \cdot 10^6}{\pi} \cdot \frac{26 \cdot 600 + 21 \cdot 480}{26 \cdot 600^2 + 21 \cdot 480^2} = \underline{291,28 \text{ KN}}$$

STOJKA

$$F_{v,d,C} = V_M - \frac{V_{d,C}}{2} \quad (KN)$$
$$F_{v,d,C} = 291,28 - \frac{100,81}{2} = \underline{240,87 \text{ KN}}$$

PŘÍČLE

$$F_{v,d,R} = V_M - \frac{V_{d,R}}{2} \quad (KN)$$
$$F_{v,d,R} = 291,28 - \frac{104,12}{2} = \underline{239,22 \text{ KN}}$$

### 9, MECHANICKÉ VLASTNOSTI KOLÍKŮ:

PEVNOST V OTLAČENÍ ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad (MPa)$$
$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 380 = \underline{23,68 \text{ MPa}}$$

# NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU

## ÚNOSNOST KOLÍKU V OSE STOJKY:

ÚHEL MEZI ZATÍŽENÍM A VLÁKNY DŘEVA:

$$\alpha_1 = \arctg \left( \frac{F_M + F_{V,C}}{F_{N,C}} \right) \quad (^\circ)$$

$$\alpha_1 = \arctg \left( \frac{21,78 + 2,19}{3,50} \right) = \underline{81,68^\circ}$$

$$\alpha_2 = \alpha - \left( \frac{\pi}{2} - \alpha_1 \right) \quad (^\circ)$$

$$\alpha_2 = 24,7 - \left( \frac{180}{2} - 81,68 \right) = \underline{16,38^\circ}$$

1, PEVNOST V OTLAČENÍ:

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

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot 24 = \underline{1,71}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_1)^2 + \cos(\alpha_1)^2} \quad (MPa)$$

$$f_{h,1,k} = \frac{23,68}{1,71 \cdot \sin(81,68)^2 + \cos(81,68)^2} = \underline{13,97 \text{ MPa}}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_2)^2 + \cos(\alpha_2)^2} \quad (MPa)$$

$$f_{h,2,k} = \frac{23,68}{1,71 \cdot \sin(16,38)^2 + \cos(16,38)^2} = \underline{22,41 \text{ MPa}}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{22,41}{13,97} = \underline{1,604}$$

2, PLASTICKÝ MOMENT ÚNOSNOSTI:

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} \quad (KNm)$$

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot 500 \cdot 24^{2,6} = \underline{0,581 \text{ (KNm)}}$$

# NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU

## 3. ÚNOSNOST KOLÍKU:

$$F_{v,R,k,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2+\beta} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2+\beta) \cdot M_{y,R,k}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{(1+\beta)}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,R,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \end{array} \right\}$$

$F_{ax,R,k} = 0$ - neuvažují  
sepnutí spoje

$$F_{v,R,k,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} 13,97 \cdot 100 \cdot 24 \\ 0,5 \cdot 22,41 \cdot 200 \cdot 24 \\ 1,05 \cdot \frac{13,97 \cdot 100 \cdot 24}{2+1,604} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot 1,604 \cdot (1+1,604) + \frac{4 \cdot 1,604 \cdot (2+1,604) \cdot 0,581 \cdot 10^6}{13,97 \cdot 120^2 \cdot 24}} - 1,604 \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,604}{(1+1,604)}} \cdot \sqrt{2 \cdot 0,581 \cdot 10^6 \cdot 13,96 \cdot 24} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R,k,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} 33,53 \text{ KN} \\ 53,79 \text{ KN} \\ 19,61 \text{ KN} \\ 25,21 \text{ KN} \end{array} \right\} = \underline{19,61 \text{ KN}}$$

## 4. NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST:

$$F_{v,R,d,C} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,R,k,C}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{19,61}{1,25} = \underline{12,55 \text{ KN}}$$

# NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU

## ÚNOSNOST KOLÍKU V OSE PŘÍČLE:

ÚHEL MEZI ZATÍŽENÍM A VLÁKNY DŘEVA:

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} + \alpha - \alpha_2 \quad (^\circ)$$

$$\alpha_1 = \frac{180}{2} + 24,7 - 81,82 = \underline{32,88^\circ}$$

$$\alpha_2 = \arctg \left( \frac{F_M + F_{V,C}}{F_{N,C}} \right) \quad (^\circ)$$

$$\alpha_2 = \arctg \left( \frac{21,78 + 2,19}{3,50} \right) = \underline{81,82^\circ}$$

## 1, PEVNOST V OTLAČENÍ:

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

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot 24 = \underline{1,71}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_1)^2 + \cos(\alpha_1)^2} \quad (MPa)$$

$$f_{h,1,k} = \frac{23,68}{1,71 \cdot \sin(32,88)^2 + \cos(32,88)^2} = \underline{19,58 \text{ MPa}}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_2)^2 + \cos(\alpha_2)^2} \quad (MPa)$$

$$f_{h,2,k} = \frac{23,68}{1,71 \cdot \sin(81,82)^2 + \cos(81,82)^2} = \underline{13,96 \text{ MPa}}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{13,96}{19,58} = \underline{0,713}$$

## 2, PLASTICKÝ MOMENT ÚNOSNOSTI:

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} \quad (KNm)$$

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot 500 \cdot 24^{2,6} = \underline{0,581(KNm)}$$

# NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU

## 3, ÚNOSNOST KOLÍKU:

$$F_{ax,R,k} = 0$$

$$F_{v,R,k,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2+\beta} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2+\beta) \cdot M_{y,R,k}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{(1+\beta)}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,R,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R,k,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 19,58 \cdot 100 \cdot 24 \\ 0,5 \cdot 13,96 \cdot 200 \cdot 24 \\ 1,05 \cdot \frac{19,58 \cdot 100 \cdot 24}{2+0,713} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot 0,713 \cdot (1+0,713) + \frac{4 \cdot 0,713 \cdot (2+0,713) \cdot 0,581 \cdot 10^6}{19,58 \cdot 120^2 \cdot 24}} - 0,713 \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,682}{(1+0,682)}} \cdot \sqrt{2 \cdot 0,581 \cdot 10^6 \cdot 19,58 \cdot 24} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R,k,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 46,99 \text{ KN} \\ 33,52 \text{ KN} \\ 20,57 \text{ KN} \\ 24,53 \text{ KN} \end{array} \right\} = \underline{20,57 \text{ KN}}$$

## 4, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST:

$$F_{v,R,d,R} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,R,k,R}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{20,57}{1,25} = \underline{13,17 \text{ KN}}$$

## POSOUZENÍ RÁMOVÉHO ROHU

POSOUZENÍ:

POSOUZENÍ SPOJE PŘÍČLE A STOJKY:

STOJKA:

$$F_{d,C} \leq 2 \cdot F_{v,R,d,C}$$

$$24,23 \leq 2 \cdot 12,55 = 25,10 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

PŘÍČLE:

$$F_{d,R} \leq 2 \cdot F_{v,R,d,R}$$

$$24,29 \leq 2 \cdot 13,17 = 26,36 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉHO NAPĚTÍ PŘÍČLE A STOJKY

STOJKA:

$$\tau_{v,c} \leq f_{v,g,d}$$

$$\tau_{v,c} = \frac{3 \cdot F_{v,d,C}}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 240,87 \cdot 10^3}{2 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 1500} = 1,20 \leq 1,73 \text{ (MPa)} \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

PŘÍČLE:

$$\tau_{v,r} \leq f_{v,g,d}$$

$$\tau_{v,r} = \frac{3 \cdot F_{v,d,R}}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 239,22 \cdot 10^3}{2 \cdot 200 \cdot 1500} = 1,19 \leq 1,73 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# POSOUZENÍ STOJKY RÁMU-ČÁST NA TRIBUNOU

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

**$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$**

**$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$**

**$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$**

**$E_{0,g,05} = 9400 \text{ MPa}$**

KOEFICIENTY:

**$k_{mod} = 0,8$**

**$\gamma_m = 1,25$**

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

**$h = 1500 \text{ mm}$**

**$b = 200 \text{ mm}$**

**$A = 300000 \text{ mm}^2$**

**$I_{0,65,stoiky} = 3,026 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$**

**$I_{0,65,příčle} = 3,139 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$**

**$W = 75 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$**

**$I_y = 56,25 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$**

**$h = 6000 \text{ mm}$**

**$s = 16840 \text{ mm}$**

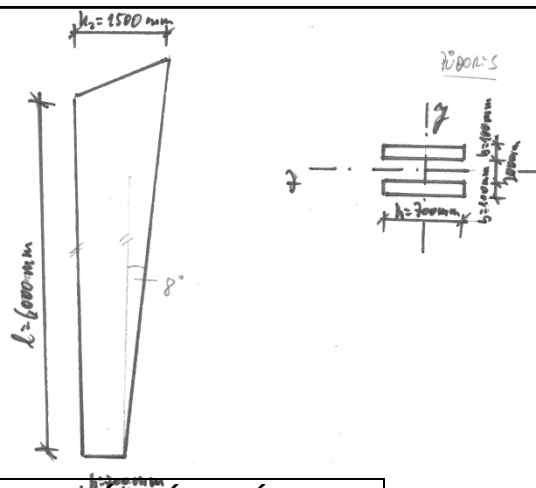
**$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 433,01 \text{ mm}$**

**VNITŘNÍ SÍLY:**

**$N_d = 159,1 \text{ kN}$**

**$M_d = 510,61 \text{ kNm}$**

Obrázek:



## VÝPOČET: POSOUZENÍ V RÁMOVÉM ROHU

### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOSTI:

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

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

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

### 2, VLIV VZPĚRU:

$$l_{ef,y} = h \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{I_{0,65,stoiky} \cdot s}{I_{0,65,příčle} \cdot h} + 10 \cdot \frac{E \cdot I_{0,65,stoiky}}{h \cdot k_r}}$$

$$l_{ef,y} = 6000 \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{3,026 \cdot 10^{10} \cdot 16840}{3,139 \cdot 10^{10} \cdot 6000} + 0} = \underline{21348 \text{ mm}}$$

### 3, NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ OD TLAKU A OHYBU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{159,1 \cdot 10^3}{300000} = \underline{0,53 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W} = \frac{510,61 \cdot 10^6}{75 \cdot 10^6} = \underline{6,81 \text{ MPa}}$$

### 4, ŠTÍHLOST:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} (-)$$

$$\lambda_y = \frac{21348}{433,01} = \underline{49,30 (-)}$$

### 5, VÝPOČET KRITICKÉHO NAPĚTÍ ZA OHYBU:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,g,05}}{\lambda_y^2} (\text{MPa})$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot 9400}{49,30^2} = \underline{38,17 (\text{MPa})}$$

# POSOUZENÍ STOJKY RÁMU-ČÁST NA TRIBUNOU

## 6, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} (-)$$

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{24}{38,17}} = \underline{0,79} (-)$$

$$\beta_c = 0,1$$

## 7, SOUČINITEL VZPĚRU:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2) (-)$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,79 - 0,3) + 0,79^2) = 0,839 (-)$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{0,839 + \sqrt{0,839^2 - 0,79^2}} = \underline{0,898} (-)$$

## 8, VLIV SEŘÍZNUTÍ LAMEL:

$$k_{m\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \tan(\alpha)\right)^2}}$$

$$\alpha = 8^\circ$$

$$k_{m\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{15,36}{1,5 \cdot 1,728} \cdot \tan(8)\right)^2 + \left(\frac{15,36}{1,728} \cdot \tan(8)\right)^2}} = \underline{0,761} (-)$$

## 9, POSOUZENÍ NA TLAK (VZPĚR) A OHYB:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_{m,\alpha} \cdot f_{m,g,d}} \leq 1 (-)$$

$$\frac{0,53}{0,898 \cdot 15,36} + \frac{6,81}{0,761 \cdot 15,36} \leq 1 (-)$$

$$0,620 < 1 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

## POSOUZENÍ NA SMYK:

### 1, ÚČINNÁ PLOCHA PRŮŘEZU:

$$A_{eff} = b_{eff} \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{eff} = 134 \cdot 1500 = \underline{201000 \text{ mm}^2}$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 200 = 134 \text{ mm}$$

### 2, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{100,97 \cdot 10^3}{201000} = \underline{0,75 \text{ (MPa)}}$$

### 3, POSOUZENÍ SMYKU:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,75 < 1,73 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# POSOUZENÍ STOJKY RÁMU-ČÁST NA TRIBUNOU

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

**$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$**

**$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$**

**$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$**

**$E_{0,g,05} = 9400 \text{ MPa}$**

KOEFICIENTY:

**$k_{mod} = 0,8$**

**$\gamma_m = 1,25$**

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

**$h = 700 \text{ mm}$**

**$b = 200 \text{ mm}$**

**$A = 140000 \text{ mm}^2$**

**$I_{0,65,stojký} = 3,026 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$**

**$I_{0,65,příčle} = 3,139 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$**

**$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 202,07 \text{ mm}$**

**$I_y = 57,16 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$**

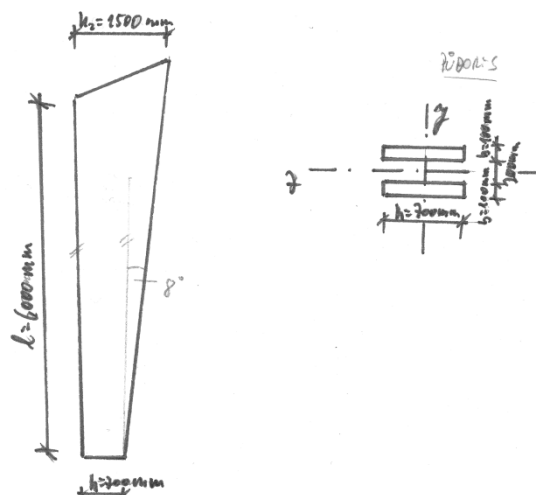
**$h = 6000 \text{ mm}$**

**$s = 16840 \text{ mm}$**

**VNITŘNÍ SÍLY:**

**$N_d = 163,63 \text{ KN}$**

Obrázek:



## VÝPOČET: POSOUZENÍ V PODPOŘE

### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOSTI:

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

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

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

### 2, VLIV VZPĚRU:

$$l_{ef,y} = h \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{I_{0,65,stojký} \cdot s}{I_{0,65,příčle} \cdot h} + 10 \cdot \frac{E \cdot I_{0,65,stojký}}{h \cdot k_r}}$$

$$l_{ef,y} = 6000 \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{3,026 \cdot 10^{10} \cdot 16840}{3,139 \cdot 10^{10} \cdot 6000} + 0} = \underline{21348 \text{ mm}}$$

### 3, NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ OD TLAKU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{163,63 \cdot 10^3}{140000} = \underline{1,17 \text{ MPa}}$$

### 4, ŠTÍHLOST:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} (-)$$

$$\lambda_y = \frac{21348}{202,07} = \underline{105,65 (-)}$$

### 5, VÝPOČET KRITICKÉHO NAPĚTÍ ZA OHYBU:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,g,05}}{\lambda_y^2} (\text{MPa})$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot 9400}{105,65^2} = \underline{8,31 (\text{MPa})}$$

# POSOUZENÍ STOJKY RÁMU-ČÁST NA TRIBUNOU

$$\beta_c = 0,1$$

## 6, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} (-)$$

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{24}{8,31}} = \underline{1,70} (-)$$

## 7, SOUČINITEL VZPĚRU:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2) (-)$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,70 - 0,3) + 1,70^2) = 2,013 (-)$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{2,013 + \sqrt{2,013^2 - 1,70^2}} = \underline{0,323} (-)$$

## 8, POSOUZENÍ NA TLAK (VZPĚR):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} \leq 1 (-)$$

$$\frac{1,17}{0,323 \cdot 15,36} \leq 1 (-)$$

$$0,235 < 1 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

## POSOUZENÍ NA SMYK:

### 1, ÚČINNÁ PLOCHA PRŮŘEZU:

$$A_{eff} = b_{eff} \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{eff} = 134 \cdot 700 = \underline{93800 \text{ mm}^2}$$

### 2, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{80,72 \cdot 10^3}{93800} = \underline{1,29 \text{ (MPa)}}$$

### 3, POSOUZENÍ SMYKU:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$1,29 < 1,73 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 200 = 134 \text{ mm}$$

# POSOUZENÍ PŘÍČLE RÁMU-ČÁST NA TRIBUNOU

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$

$E_{0,g,05} = 9400 \text{ MPa}$

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,8$

$\gamma_m = 1,25$

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

$h = 1500 \text{ mm}$

$b = 200 \text{ mm}$

$A = 300000 \text{ mm}^2$

$I_{0,65,stojký} = 3,026 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$

$I_{0,65,příčle} = 3,139 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$

$W = 75 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

$I_y = 56,25 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$

$h = 6000 \text{ mm}$

$s = 16840 \text{ mm}$

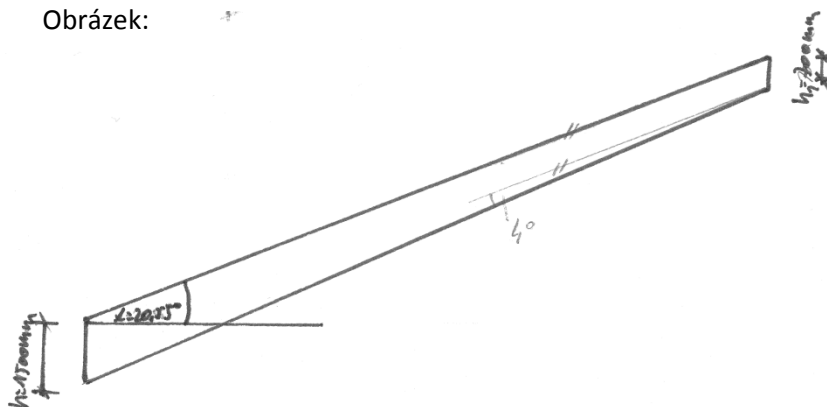
$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 433,01 \text{ mm}$

**VNITŘNÍ SÍLY:**

$N_d = 150,41 \text{ KN}$

$M_d = 510,61 \text{ KNm}$

Obrázek:



## VÝPOČET: POSOUZENÍ V RÁMOVÉM ROHU

### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOSTI:

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

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

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

### 2, VLIV VZPĚRU:

$$l_{ef,y} = h \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{I_{0,65,stojký} \cdot s}{I_{0,65,příčle} \cdot h} + 10 \cdot \frac{E \cdot I_{0,65,stojký}}{h \cdot k_r} \cdot \sqrt{\frac{I_{0,65,příčle} \cdot N_{dc}}{I_{0,65,stojký} \cdot N_{dr}}}}$$

$$l_{ef,y} = 6000 \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{3,026 \cdot 10^{10} \cdot 16840}{3,139 \cdot 10^{10} \cdot 6000} + 0 \cdot \sqrt{\frac{3,139 \cdot 10^{10} \cdot 159,10}{3,026 \cdot 10^{10} \cdot 150,41}}} = \underline{23424 \text{ mm}}$$

### 3, NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ OD TLAKU A OHYBU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{150,41 \cdot 10^3}{300000} = \underline{0,50 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \frac{M}{W} = \frac{510,61 \cdot 10^6}{75 \cdot 10^6} = \underline{6,81 \text{ MPa}}$$

### 4, ŠTÍHLOST:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} (-)$$

$$\lambda_y = \frac{23424}{433,01} = \underline{54,10 (-)}$$

### 5, VÝPOČET KRITICKÉHO NAPĚTÍ ZA OHYBU:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,g,05}}{\lambda_y^2} (\text{MPa})$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot 9400}{54,10^2} = \underline{31,70 (\text{MPa})}$$

# POSOUZENÍ PŘÍČLE RÁMU-ČÁST NA TRIBUNOU

## 6, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} (-)$$

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{24}{31,70}} = \underline{0,87} (-)$$

$$\beta_c = 0,1$$

## 7, SOUČINITEL VZPĚRU:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2) (-)$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,87 - 0,3) + 0,87^2) = 0,907 (-)$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{0,907 + \sqrt{0,907^2 - 0,87^2}} = \underline{0,859} (-)$$

## 8, VLIV SEŘÍZNUTÍ LAMEL:

$$k_{m\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \tan(\alpha)\right)^2}}$$

$$\alpha = 3^\circ$$

$$k_{m\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{15,36}{1,5 \cdot 1,728} \cdot \tan(3)\right)^2 + \left(\frac{15,36}{1,728} \cdot \tan(3)\right)^2}} = \underline{0,954} (-)$$

## 9, POSOUZENÍ NA TLAK (VZPĚR) A OHYB:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_{m,\alpha} \cdot f_{m,g,d}} \leq 1 (-)$$

$$\frac{0,50}{0,859 \cdot 15,36} + \frac{6,81}{0,954 \cdot 15,36} \leq 1 (-)$$

$$0,502 < 1 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

## POSOUZENÍ NA SMYK:

### 1, ÚČINNÁ PLOCHA PRŮŘEZU:

$$A_{eff} = b_{eff} \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{eff} = 134 \cdot 1500 = \underline{201000 \text{ mm}^2}$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 200 = 134 \text{ mm}$$

### 2, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{113,52 \cdot 10^3}{201000} = \underline{0,85 \text{ (MPa)}}$$

### 3, POSOUZENÍ SMYKU:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,85 < 1,73 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# POSOUZENÍ PŘÍČLE RÁMU-ČÁST NA TRIBUNOU

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

**$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$**

**$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$**

**$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$**

**$E_{0,g,05} = 9400 \text{ MPa}$**

KOEFICIENTY:

**$k_{mod} = 0,8$**

**$\gamma_m = 1,25$**

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

**$h = 700 \text{ mm}$**

**$b = 200 \text{ mm}$**

**$A = 140000 \text{ mm}^2$**

**$I_{0,65,stojký} = 3,026 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$**

**$I_{0,65,příčle} = 3,139 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$**

**$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 202,07 \text{ mm}$**

**$I_y = 57,16 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$**

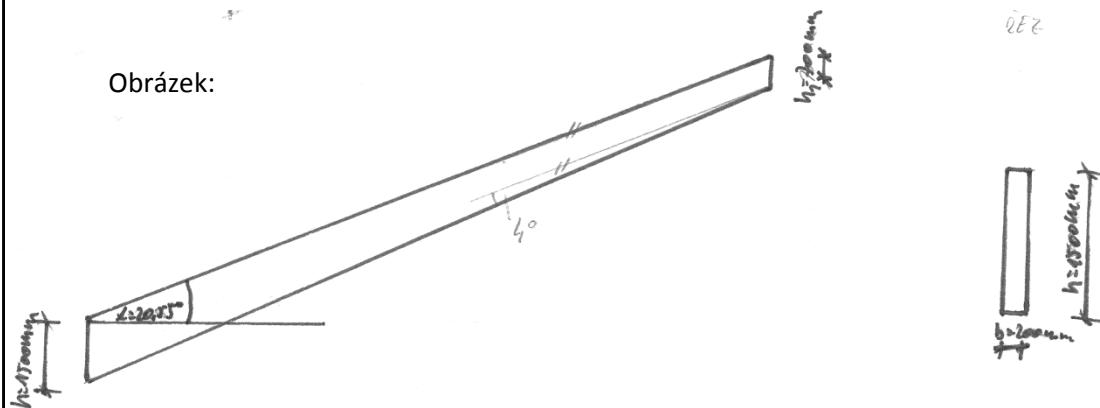
**$h = 6000 \text{ mm}$**

**$s = 16840 \text{ mm}$**

**VNITŘNÍ SÍLY:**

**$N_d = 89,23 \text{ KN}$**

Obrázek:



## VÝPOČET: POSOUZENÍ VE VRCHOLOVÉM KLOUBU

### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOSTI:

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

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

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

### 2, VLIV VZPĚRU:

$$l_{ef,y} = h \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{I_{0,65,stojký} \cdot s}{I_{0,65,příčle} \cdot h} + 10 \cdot \frac{E \cdot I_{0,65,stojký}}{h \cdot k_r} \cdot \sqrt{\frac{I_{0,65,příčle} \cdot N_{dc}}{I_{0,65,stojký} \cdot N_{dr}}}}$$

$$l_{ef,y} = 6000 \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{3,026 \cdot 10^{10} \cdot 16840}{3,139 \cdot 10^{10} \cdot 6000} + 0 \cdot \sqrt{\frac{3,139 \cdot 10^{10} \cdot 159,10}{3,026 \cdot 10^{10} \cdot 150,41}}} = \underline{23424 \text{ mm}}$$

### 3, NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ OD TLAKU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{89,23 \cdot 10^3}{140000} = \underline{0,64 \text{ MPa}}$$

### 4, ŠTÍHLOST:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} (-)$$

$$\lambda_y = \frac{23424}{202,07} = \underline{115,92 (-)}$$

### 5, VÝPOČET KRITICKÉHO NAPĚTÍ ZA OHYBU:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,g,05}}{\lambda_y^2} (\text{MPa})$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot 9400}{105,65^2} = \underline{6,90 (\text{MPa})}$$

# POSOUZENÍ PŘÍČLE RÁMU-ČÁST NA TRIBUNOU

$$\beta_c = 0,1$$

## 6, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} (-)$$

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{24}{6,9}} = \underline{1,86} (-)$$

## 7, SOUČINITEL VZPĚRU:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2) (-)$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,86 - 0,3) + 1,86^2) = 2,31 (-)$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{2,31 + \sqrt{2,31^2 - 1,86^2}} = \underline{0,270} (-)$$

## 8, POSOUZENÍ NA TLAK (VZPĚR):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} \leq 1 (-)$$

$$\frac{0,64}{0,270 \cdot 15,36} \leq 1 (-)$$

$$0,153 < 1 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

## POSOUZENÍ NA SMYK:

### 1, ÚČINNÁ PLOCHA PRŮŘEZU:

$$A_{eff} = b_{eff} \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{eff} = 134 \cdot 700 = \underline{93800 \text{ mm}^2}$$

### 2, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{49,67 \cdot 10^3}{93800} = \underline{0,79 \text{ (MPa)}}$$

### 3, POSOUZENÍ SMYKU:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,79 < 1,73 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 200 = 134 \text{ mm}$$

# POSOUZENÍ PŘÍČLE RÁMU-ČÁST NA TRIBUNOU

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$

$E_{0,g,05} = 9400 \text{ MPa}$

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,8$

$\gamma_m = 1,25$

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

$h = 1235 \text{ mm}$

$b = 200 \text{ mm}$

$A = 244000 \text{ mm}^2$

$I_{0,65,stoiky} = 3,026 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$

$I_{0,65,příčle} = 3,139 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$

$W = 50,84 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

$I_y = 31,39 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

$h = 6000 \text{ mm}$

$s = 16840 \text{ mm}$

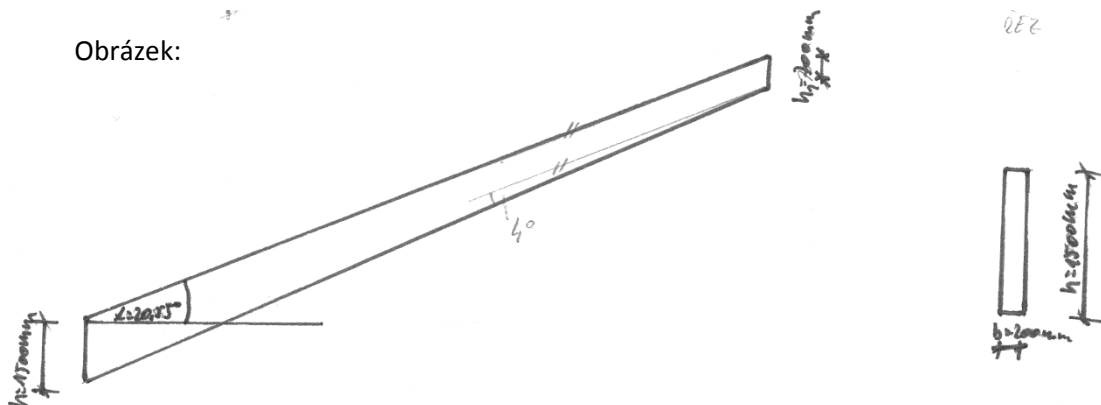
$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 356,51 \text{ mm}$

**VNITŘNÍ SÍLY:**

$N_d = 134,64 \text{ kN}$

$M_d = 62,41 \text{ kNm}$

Obrázek:



## VÝPOČET: POSOUZENÍ V MÍSTĚ ZMĚNY ZNÁMENKA MOMENTU

### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOSTI:

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

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

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,73 \text{ MPa}$$

### 2, VLIV VZPĚRU:

$$l_{ef,y} = h \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{I_{0,65,stoiky} \cdot s}{I_{0,65,příčle} \cdot h} + 10 \cdot \frac{E \cdot I_{0,65,stoiky}}{h \cdot k_r} \cdot \sqrt{\frac{I_{0,65,příčle} \cdot N_{dc}}{I_{0,65,stoiky} \cdot N_{dr}}}}$$

$$l_{ef,y} = 6000 \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{3,026 \cdot 10^{10} \cdot 16840}{3,139 \cdot 10^{10} \cdot 6000} + 0 \cdot \sqrt{\frac{3,139 \cdot 10^{10} \cdot 159,10}{3,026 \cdot 10^{10} \cdot 150,41}}} = 23424 \text{ mm}$$

### 3, NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ OD TLAKU A OHYBU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{134,64 \cdot 10^3}{247000} = 0,55 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W} = \frac{62,41 \cdot 10^6}{50,84 \cdot 10^6} = 1,23 \text{ MPa}$$

### 4, ŠTÍHLOST:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} (-)$$

$$\lambda_y = \frac{23424}{356,51} = 65,71 (-)$$

### 5, VÝPOČET KRITICKÉHO NAPĚTÍ ZA OHYBU:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,g,05}}{\lambda_y^2} (\text{MPa})$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot 9400}{65,71^2} = 21,49 (\text{MPa})$$

# POSOUZENÍ PŘÍČLE RÁMU-ČÁST NA TRIBUNOU

## 6, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} (-)$$

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{24}{21,49}} = \underline{1,06} (-)$$

$$\beta_c = 0,1$$

## 7, SOUČINITEL VZPĚRU:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2) (-)$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,06 - 0,3) + 1,06^2) = 1,096 (-)$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{1,096 + \sqrt{1,096^2 - 1,06^2}} = \underline{0,720} (-)$$

## 8, VLIV SEŘÍZNUTÍ LAMEL:

$$k_{m\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \tan(\alpha)\right)^2}}$$

$$\alpha = 3^\circ$$

$$k_{m\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{15,36}{1,5 \cdot 1,728} \cdot \tan(3)\right)^2 + \left(\frac{15,36}{1,728} \cdot \tan(3)\right)^2}} = \underline{0,954} (-)$$

## 9, POSOUZENÍ NA TLAK (VZPĚR) A OHYB:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_{m,\alpha} \cdot f_{m,g,d}} \leq 1 (-)$$

$$\frac{0,55}{0,720 \cdot 15,36} + \frac{1,23}{0,954 \cdot 15,36} \leq 1 (-)$$

$$0,133 < 1 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

## POSOUZENÍ NA SMYK:

### 1, ÚČINNÁ PLOCHA PRŮŘEZU:

$$A_{eff} = b_{eff} \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{eff} = 134 \cdot 1235 = \underline{165490 \text{ mm}^2}$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 200 = 134 \text{ mm}$$

### 2, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{83,01 \cdot 10^3}{165490} = \underline{0,75 \text{ (MPa)}}$$

### 3, POSOUZENÍ SMYKU:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,75 < 1,73 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH ŠTÍTOVÉHO SLOUPU-VÝŠKY 9-12m

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$

$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$

$E_{0,g,05} = 9400 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,8$

$\gamma_m = 1,25$

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

$h = 460 \text{ mm}$

$b = 2 \times 120 \text{ mm}$

$A = 110400 \text{ mm}^2$

$W_y = 8464000 \text{ mm}^3$

$I_y = 1946720000 \text{ mm}^4$

$i_y = 132,79 \text{ mm}$

Délka sloupu: 12m

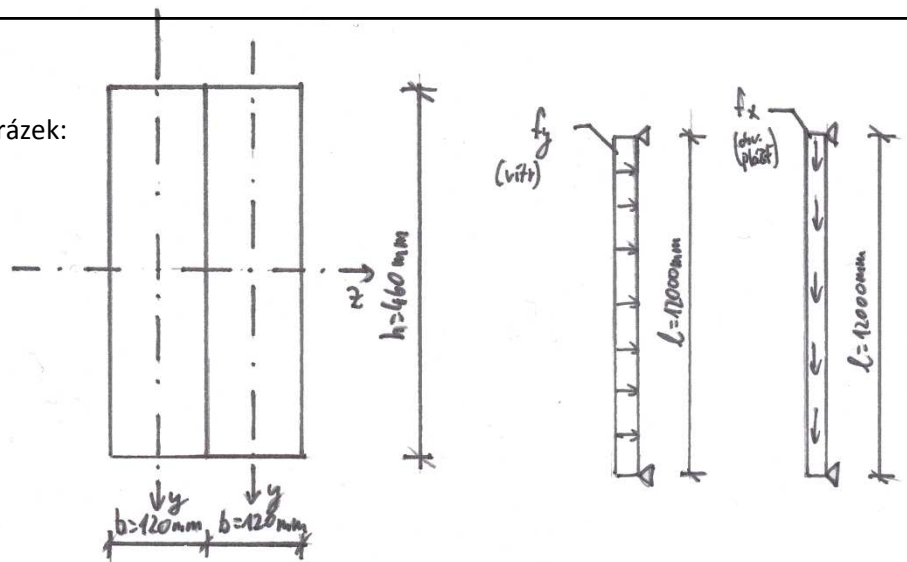
$L_{cr} = 12m$

ZATÍŽENÍ:

$f_{dy} = 4,87 \text{ KN/m}$

$f_{dz} = 5,62 \text{ KN/m}$

Obrázek:



**MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI:**

**VÝPOČET:**

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:

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

2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$M_{y,d} = \frac{1}{8} \cdot f_{dy} \cdot l^2 \text{ (KNm)}$$

$$M_{y,d} = \frac{1}{8} \cdot 4,87 \cdot 12^2 = \underline{87,76 \text{ KNm}}$$

3, VÝPOČET NORMÁLOVÉHO NAPĚTÍ OD OHYBU:

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{y,d} = \frac{87,76 \cdot 10^6}{8464000} = \underline{10,35 \text{ (MPa)}}$$

4, POSOUZENÍ NA OHYB:

$$\sigma_{y,d} \leq f_{m,g,d} \text{ (MPa)}$$

$$10,35 \leq 15,36 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH ŠTÍTOVÉHO SLOUPU-VÝŠKY 9-12m

## VÝPOČET:

### TLAKOVÁ ÚNOSNOST

KOEFICIENTY:

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,25$$

#### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V TLAKU:

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

#### 2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$N_d = f_{dz} \cdot l \text{ (KN)}$$

$$N_d = 5,62 \cdot 12 = \underline{67,44 \text{ KN}}$$

#### 3, VÝPOČET NORMÁLOVÉHO NAPĚTÍ OD TLAKU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{55,08 \cdot 10^3}{110400} = \underline{0,61 \text{ (MPa)}}$$

#### 4, ŠTÍHLOST:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} \text{ (-)}$$

$$\lambda_y = \frac{12000}{132,79} = \underline{90,37 \text{ (-)}}$$

#### 5, KRITICKÉ NAPĚTÍ V TLAKU:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,g,05}}{\lambda_y^2} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot 9400}{90,37^2} = \underline{11,36 \text{ (MPa)}}$$

#### 6, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST V TLAKU:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} \text{ (-)}$$

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{24}{11,36}} = \underline{1,45 \text{ (-)}}$$

#### 7, SOUČINITEL VZPĚRU:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2) \text{ (-)}$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,45 - 0,3) + 1,45^2) = \underline{1,613 \text{ (-)}}$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{1,613 + \sqrt{1,613^2 - 1,45^2}} = \underline{0,431 \text{ (-)}}$$

#### 4, POSOUZENÍ NA TLAK:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c \cdot f_{m,g,d} \text{ (MPa)}$$

$$0,61 \leq 0,431 \cdot 15,36 = 6,63 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{ VYHOVUJE}$$

$$\beta_c = 0,1$$

# NÁVRH ŠTÍTOVÉHO SLOUPU-VÝŠKY 9-12m

KOEFICIENTY:

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,25$$

## VÝPOČET:

### TLAK. + OHYB. ÚNOSNOST

#### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V TLAKU:

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

#### 2, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:

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

#### 3, VÝPOČET KRITICKÉHO NAPĚTÍ ZA OHYBU:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot E_{0,05} \cdot b^2}{h \cdot l_{eff}} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot 9400 \cdot 240^2}{460 \cdot 12000} = \underline{76,75 \text{ (MPa)}}$$

#### 4, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST:

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{f_{m,g,k}}{\sigma_{m,crit}}} \text{ (-)}$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{24}{76,75}} = 0,56 \text{ (-)} < 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$$

#### 5, REDUKOVANÁ NÁVRHOVÁ PEVNOST:

$$f_{m,g,d,red} = f_{m,g,d} \cdot k_{crit} = 15,36 \cdot 1 = \underline{15,36 \text{ MPa}}$$

#### 6, POSOUZENÍ NA TLAK+OHYB (UPROSTŘED ROZPĚTÍ):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} + \left( \frac{\sigma_{y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,g,d}} \right)^2 \leq 1 \text{ (-)}$$

$$\frac{0,61}{0,431 \cdot 15,36} + \left( \frac{10,35}{1 \cdot 15,36} \right)^2 \leq 1 \text{ (-)}$$

$$0,546 < 1 \text{ (-)} \dots \dots \dots \text{ VYHOVUJE}$$

## NÁVRH ŠTÍTOVÉHO SLOUPU-VÝŠKY 9-12m

### VÝPOČET:

#### SMYKOVÁ ÚNOSNOST

KOEFICIENTY:

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,25$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 240 = 160,8 \text{ mm}$$

#### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOST VE SMKU:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

#### 2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot f_{dy} \cdot l \text{ (KN)}$$

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot 5,62 \cdot 12 = \underline{29,22 \text{ KN}}$$

#### 3, ÚČINNÁ PLOCHA PRŮŘEZU:

$$A_{eff} = b_{eff} \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{eff} = 160,8 \cdot 460 = \underline{73968 \text{ mm}^2}$$

#### 4, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{29,22 \cdot 10^3}{73968} = \underline{0,592 \text{ (MPa)}}$$

#### 5, POSOUZENÍ SMYKU:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,592 < 1,73 \text{ (—) ... .. VYHOVUJE}$$

# NÁVRH ŠTÍTOVÉHO SLOUPU-VÝŠKY 9-12m

## MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

### 1, OKAMŽITÝ PRŮHYB:

$$w_{inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,25 \cdot 12000^4}{11600 \cdot 12800000000} = \underline{38,85 \text{ mm}}$$

$$f_k = 3,25 \text{ KN/m}$$

### 2, POSOUENÍ OKAMŽITÉHO PRŮHYBU:

$$w_{inst} \leq w_{lim} \text{ (mm)}$$

$$38,85 \leq \frac{1}{250} = \frac{12000}{250} = 48 \text{ (mm)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

### 3, KONEČNÝ PRŮHYB:

$$w_{net,fin} = w_{inst} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) \text{ (mm)}$$

$$w_{net,fin} = 38,85 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0) = \underline{38,85 \text{ mm}}$$

$$k_{def} = 0,8$$

$$\Psi_2 = 0$$

### 4, POSOUENÍ KONEČNÉHO PRŮHYBU:

$$w_{net,fin} \leq w_{lim} \text{ (mm)}$$

$$38,85 \leq \frac{1}{250} = \frac{12000}{200} = 60 \text{ (mm)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH OBVODOVÉHO SLOUPU -VÝŠKY 6m

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$

$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$

$E_{0,g,05} = 9400 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,8$

$\gamma_m = 1,25$

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

**$h = 300 \text{ mm}$**

**$b = 120 \text{ mm}$**

**$A = 36000 \text{ mm}^2$**

**$W_y = 1800000 \text{ mm}^3$**

**$I_y = 270000000 \text{ mm}^4$**

**$i_y = 86,60 \text{ mm}$**

**Délka sloupu: 6m**

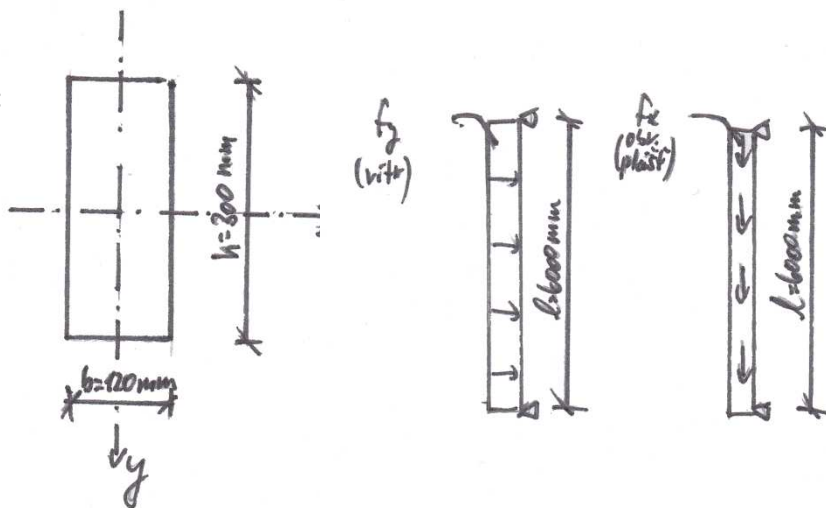
**$L_{cr} = 6m$**

ZATÍŽENÍ:

**$f_{dy} = 4,87 \text{ KN/m}$**

**$f_{dz} = 5,62 \text{ KN/m}$**

Obrázek:



**MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI:**

**VÝPOČET:**

**OHYBOVÁ ÚNOSNOST**

**1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:**

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

**2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:**

$$M_{y,d} = \frac{1}{8} \cdot f_{dy} \cdot l^2 \text{ (KNm)}$$

$$M_{y,d} = \frac{1}{8} \cdot 4,87 \cdot 6^2 = \underline{21,92 \text{ KNm}}$$

**3, VÝPOČET NORMÁLOVÉHO NAPĚTÍ OD OHYBU:**

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{y,d} = \frac{21,92 \cdot 10^6}{1800000} = \underline{12,17 \text{ (MPa)}}$$

**4, POSOUZENÍ NA OHYB:**

$$\sigma_{y,d} \leq f_{m,g,d} \text{ (MPa)}$$

$$12,17 \leq 15,36 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH OBVODOVÉHO SLOUPU -VÝŠKY 6m

KOEFICIENTY:

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,25$$

## VÝPOČET:

### TLAKOVÁ ÚNOSNOST

#### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V TLAKU:

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

#### 2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$N_d = f_{dz} \cdot l \text{ (KN)}$$

$$N_d = 5,62 \cdot 6 = \underline{33,72 \text{ KN}}$$

#### 3, VÝPOČET NORMÁLOVÉHO NAPĚTÍ OD TLAKU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{33,72 \cdot 10^3}{36000} = \underline{0,936 \text{ (MPa)}}$$

#### 4, ŠTÍHLOST:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} \text{ (-)}$$

$$\lambda_y = \frac{6000}{86,60} = \underline{69,28 \text{ (-)}}$$

#### 5, KRITICKÉ NAPĚTÍ V TLAKU:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,g,05}}{\lambda_y^2} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot 9400}{69,28^2} = \underline{19,32 \text{ (MPa)}}$$

#### 6, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST V TLAKU:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} \text{ (-)}$$

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{24}{19,32}} = \underline{1,11 \text{ (-)}}$$

#### 7, SOUČINITEL VZPĚRU:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2) \text{ (-)}$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,11 - 0,3) + 1,11^2) = \underline{1,161 \text{ (-)}}$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{1,161 + \sqrt{1,161^2 - 1,11^2}} = \underline{0,671 \text{ (-)}}$$

#### 4, POSOUZENÍ NA TLAK:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c \cdot f_{m,g,d} \text{ (MPa)}$$

$$0,936 \leq 0,671 \cdot 15,36 = 10,31 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{ VYHOVUJE}$$

$$\beta_c = 0,1$$

# NÁVRH OBVODOVÉHO SLOUPU -VÝŠKY 6m

KOEFICIENTY:

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,25$$

## VÝPOČET:

### TLAK. + OHYB. ÚNOSNOST

#### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V TLAKU:

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

#### 2, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:

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

#### 3, VÝPOČET KRITICKÉHO NAPĚTÍ ZA OHYBU:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot E_{0,05} \cdot b^2}{h \cdot l_{eff}} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot 9400 \cdot 120^2}{300 \cdot 6000} = \underline{58,65 \text{ (MPa)}}$$

#### 4, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST:

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{f_{m,g,k}}{\sigma_{m,crit}}} \text{ (-)}$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{24}{58,65}} = 0,639 \text{ (-)} < 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$$

#### 5, REDUKOVANÁ NÁVRHOVÁ PEVNOST:

$$f_{m,g,d,red} = f_{m,g,d} \cdot k_{crit} = 15,36 \cdot 1 = \underline{15,36 \text{ MPa}}$$

#### 6, POSOUZENÍ NA TLAK+OHYB (UPROSTŘED ROZPĚTÍ):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} + \left( \frac{\sigma_{y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,g,d}} \right)^2 \leq 1 \text{ (-)}$$

$$\frac{0,936}{0,671 \cdot 15,36} + \left( \frac{12,17}{1 \cdot 15,36} \right)^2 \leq 1 \text{ (-)}$$

$$0,719 < 1 \text{ (-)} \dots \dots \dots \text{ VYHOVUJE}$$

## NÁVRH OBVODOVÉHO SLOUPU -VÝŠKY 6m

### VÝPOČET:

#### SMYKOVÁ ÚNOSNOST

KOEFICIENTY:

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,25$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 120 = 80,4 \text{ mm}$$

#### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOST VE SMKU:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

#### 2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot f_{dy} \cdot l \text{ (KN)}$$

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot 4,87 \cdot 6 = \underline{14,61 \text{ KN}}$$

#### 3, ÚČINNÁ PLOCHA PRŮŘEZU:

$$A_{eff} = b_{eff} \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{eff} = 80,4 \cdot 300 = \underline{24120 \text{ mm}^2}$$

#### 4, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{14,61 \cdot 10^3}{24120} = \underline{0,91 \text{ (MPa)}}$$

#### 5, POSOUZENÍ SMYKU:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,91 < 1,73 \text{ (—) ... .. VYHOVUJE}$$

## NÁVRH OBVODOVÉHO SLOUPU -VÝŠKY 6m

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

#### 1, OKAMŽITÝ PRŮHYB:

$$w_{inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,25 \cdot 6000^4}{11600 \cdot 219520000} = \underline{17,51 \text{ mm}}$$

$$f_k = 3,25 \text{ KN/m}$$

#### 2, POSOUENÍ OKAMŽITÉHO PRŮHYBU:

$$w_{inst} \leq w_{lim} \text{ (mm)}$$

$$17,51 \leq \frac{1}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ (mm)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

#### 3, KONEČNÝ PRŮHYB:

$$w_{net,fin} = w_{inst} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) \text{ (mm)}$$

$$w_{net,fin} = 17,51 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0) = \underline{17,51 \text{ mm}}$$

$$k_{def} = 0,8$$

$$\Psi_2 = 0$$

#### 4, POSOUENÍ KONEČNÉHO PRŮHYBU:

$$w_{net,fin} \leq w_{lim} \text{ (mm)}$$

$$17,51 \leq \frac{1}{250} = \frac{6000}{200} = 30 \text{ (mm)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH ŠTÍTOVÉHO SLOUPU -VÝŠKY 6-9m

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$

$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$

$E_{0,g,05} = 9400 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,8$

$\gamma_m = 1,25$

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

**$h = 460 \text{ mm}$**

**$b = 120 \text{ mm}$**

**$A = 55200 \text{ mm}^2$**

**$W_y = 4232000 \text{ mm}^3$**

**$I_y = 973360000 \text{ mm}^4$**

**$i_y = 132,79 \text{ mm}$**

**Délka sloupu: 9m**

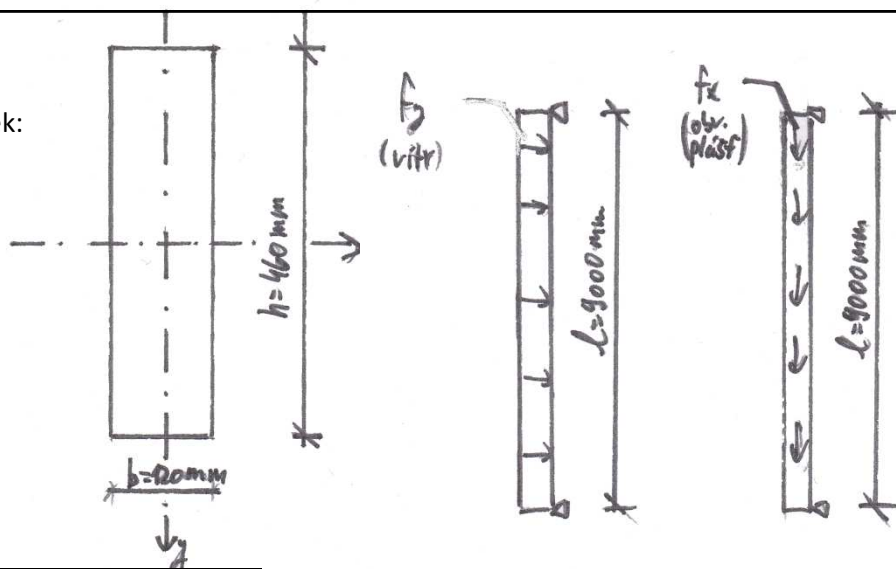
**$L_{cr} = 9m$**

ZATÍŽENÍ:

**$f_{dy} = 4,87 \text{ KN/m}$**

**$f_{dz} = 5,62 \text{ KN/m}$**

Obrázek:



**MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI:**

**VÝPOČET:**

**OHYBOVÁ ÚNOSNOST**

**1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:**

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

**2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:**

$$M_{y,d} = \frac{1}{8} \cdot f_{dy} \cdot l^2 \text{ (KNm)}$$

$$M_{y,d} = \frac{1}{8} \cdot 4,87 \cdot 9^2 = \underline{49,3 \text{ KNm}}$$

**3, VÝPOČET NORMÁLOVÉHO NAPĚTÍ OD OHYBU:**

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{y,d} = \frac{49,3 \cdot 10^6}{4232000} = \underline{11,65 \text{ (MPa)}}$$

**4, POSOUZENÍ NA OHYB:**

$$\sigma_{y,d} \leq f_{m,g,d} \text{ (MPa)}$$

$$11,65 \leq 15,36 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH ŠTÍTOVÉHO SLOUPU -VÝŠKY 6-9m

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

KOEFICIENTY:

**$k_{mod} = 0,8$**

**$\gamma_m = 1,25$**

## VÝPOČET:

### TLAKOVÁ ÚNOSNOST

#### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V TLAKU:

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

#### 2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$N_d = f_{dz} \cdot l \text{ (KN)}$$

$$N_d = 5,62 \cdot 9 = \underline{50,58 \text{ KN}}$$

#### 3, VÝPOČET NORMÁLOVÉHO NAPĚTÍ OD TLAKU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{50,58 \cdot 10^3}{55200} = \underline{0,92 \text{ (MPa)}}$$

#### 4, ŠTÍHLOST:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} \text{ (-)}$$

$$\lambda_y = \frac{9000}{132,79} = \underline{67,77 \text{ (-)}}$$

#### 5, KRITICKÉ NAPĚTÍ V TLAKU:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,g,05}}{\lambda_y^2} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot 9400}{67,77^2} = \underline{20,19 \text{ (MPa)}}$$

#### 6, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST V TLAKU:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} \text{ (-)}$$

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{24}{20,19}} = \underline{1,09 \text{ (-)}}$$

#### 7, SOUČINITEL VZPĚRU:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2) \text{ (-)}$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,09 - 0,3) + 1,09^2) = \underline{1,133 \text{ (-)}}$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{1,133 + \sqrt{1,133^2 - 1,09^2}} = \underline{0,692 \text{ (-)}}$$

#### 4, POSOUZENÍ NA TLAK:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c \cdot f_{m,g,d} \text{ (MPa)}$$

$$0,92 \leq 0,692 \cdot 15,36 = 10,63 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

$\beta_c = 0,1$

# NÁVRH ŠTÍTOVÉHO SLOUPU -VÝŠKY 6-9m

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

KOEFICIENTY:

**$k_{mod} = 0,8$**

**$\gamma_m = 1,25$**

## VÝPOČET:

### TLAK. + OHYB. ÚNOSNOST

#### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V TLAKU:

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

#### 2, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:

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

#### 3, VÝPOČET KRITICKÉHO NAPĚTÍ ZA OHYBU:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot E_{0,05} \cdot b^2}{h \cdot l_{eff}} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot 9400 \cdot 120^2}{460 \cdot 9000} = \underline{25,50 \text{ (MPa)}}$$

#### 4, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST:

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{f_{m,g,k}}{\sigma_{m,crit}}} \text{ (-)}$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{24}{25,50}} = 0,970 \text{ (-)} > 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{m,rel}$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot 0,970 = \underline{0,832 \text{ (-)}}$$

#### 5, REDUKOVANÁ NÁVRHOVÁ PEVNOST:

$$f_{m,g,d,red} = f_{m,g,d} \cdot k_{crit} = 15,36 \cdot 0,823 = \underline{12,78 \text{ MPa}}$$

#### 6, POSOUZENÍ NA TLAK+OHYB (UPROSTŘED ROZPĚTÍ):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} + \left( \frac{\sigma_{y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,g,d}} \right)^2 \leq 1 \text{ (-)}$$

$$\frac{0,92}{0,692 \cdot 15,36} + \left( \frac{11,65}{0,832 \cdot 15,23} \right)^2 \leq 1 \text{ (-)}$$

$$0,91 < 1 \text{ (-)} \dots \dots \dots \text{ VYHOVUJE}$$

## NÁVRH ŠTÍTOVÉHO SLOUPU -VÝŠKY 6-9m

KOEFICIENTY:

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,25$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 120 = 80,4 \text{ mm}$$

### VÝPOČET:

#### SMYKOVÁ ÚNOSNOST

##### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOST VE SMKU:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

##### 2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot f_{dy} \cdot l \text{ (KN)}$$

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot 4,87 \cdot 9 = \underline{21,92 \text{ KN}}$$

##### 3, ÚČINNÁ PLOCHA PRŮŘEZU:

$$A_{eff} = b_{eff} \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{eff} = 80,4 \cdot 460 = \underline{36984 \text{ mm}^2}$$

##### 4, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{21,92 \cdot 10^3}{36984} = \underline{0,88 \text{ (MPa)}}$$

##### 5, POSOUZENÍ SMYKU:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,88 < 1,73 \text{ (—) ... .. VYHOVUJE}$$

# NÁVRH ŠTÍTOVÉHO SLOUPU -VÝŠKY 6-9m

## MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

### 1, OKAMŽITÝ PRŮHYB:

$$w_{inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,25 \cdot 9000^4}{11600 \cdot 640000000} = \underline{24,59 \text{ mm}}$$

### 2, POSOUENÍ OKAMŽITÉHO PRŮHYBU:

$$w_{inst} \leq w_{lim} \text{ (mm)}$$

$$24,59 \leq \frac{1}{250} = \frac{9000}{250} = 36 \text{ (mm)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

### 3, KONEČNÝ PRŮHYB:

$$w_{net,fin} = w_{inst} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) \text{ (mm)}$$

$$w_{net,fin} = 24,59 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0) = \underline{24,59 \text{ mm}}$$

### 4, POSOUENÍ KONEČNÉHO PRŮHYBU:

$$w_{net,fin} \leq w_{lim} \text{ (mm)}$$

$$24,59 \leq \frac{1}{250} = \frac{9000}{200} = 45 \text{ (mm)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$f_k = 3,25 \text{ KN/m}$$

$$k_{def} = 0,8$$

$$\Psi_2 = 0$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ VRCHOLOVÉHO KLOUBOVÉHO SPOJE

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

**$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$**

**$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$**

**$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$**

**$E_{0,g,05} = 9400 \text{ MPa}$**

**$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$**

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

RÁM:

$h = 700 \text{ mm}$

$b = 200 \text{ mm}$

KOEFICIENTY:

**$k_{mod} = 0,8$**

**$\gamma_m = 1,25$**

Efektivní plocha

$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$

$b_{eff} = 0,67 \cdot 200 = \underline{134 \text{ mm}}$

$A_{eff} = 700 \cdot 134 = \underline{93800 \text{ mm}^2}$

$h_s$  – výška plechu

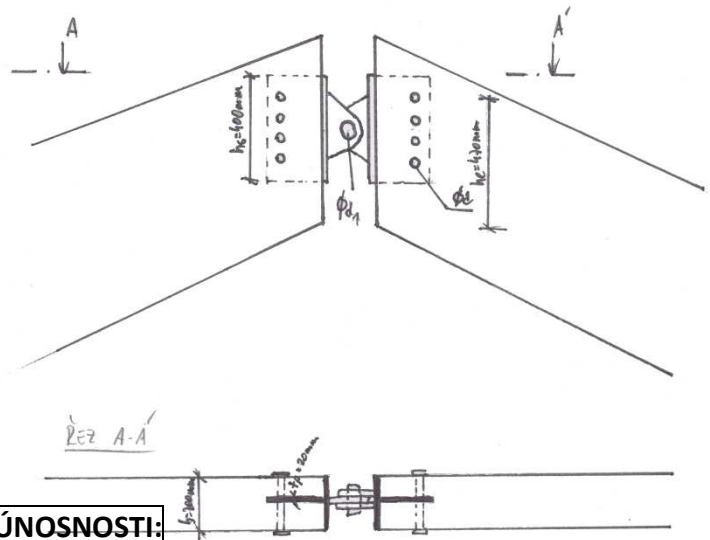
(viz. Obrázek)

$b = 200 \text{ mm}$

$h_s = 400 \text{ mm}$

$A_{eff} = 200 \cdot 400 = \underline{80000 \text{ mm}^2}$

Obrázek:



**MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI:**

VÝPOČET:

1, NÁVRHOVÉ PEVNOSTI:

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

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

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

VNITŘNÍ SÍLY:

$V_d = 68,5 \text{ kN}$

$N_{d,TLAK} = 100,9 \text{ kN}$

$N_{d,TAH} = 71,34 \text{ kN}$

2, POSOUZENÍ SMYKU:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{68,5 \cdot 10^3}{93800} = \underline{1,09 \text{ (MPa)}}$$

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$1,09 < 1,73 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$

3, POSOUZENÍ TLAKU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed,TLAK}}{A_{eff}}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{100,9 \cdot 10^3}{80000} = \underline{1,26 \text{ (MPa)}}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,g,d}$$

$1,26 < 15,36 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$

# NÁVRH A POSOUZENÍ VRCHOLOVÉHO KLOUBOVÉHO SPOJE

MATERIÁL:  
LEP. LAM. DŘEVO: **Gl24h**

## SPOJOVACÍ PROSTŘEDEK:

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$d = 20 \text{ mm}$

$t = 20 \text{ mm}$

$t_1 = 90 \text{ mm}$

$F_{ax,R,k} = 0$ - neuvažují  
sepnutí spoje

Počet svorníků  
 $n = 4$

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,9$

$\gamma_m = 1,3$

## 4. SPOJOVACÍ PROSTŘEDKY (DVOUSTŘÍŽNÉ) POSOUZENÍ NA SMYK:

### a, PLASTICKÝ MOMENT ÚNOSNOSTI

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 490 \cdot 20^{2,6} = \underline{354809 \text{ Nmm}}$$

### b, CHARAKTERISTICKÁ PEVNOST V OTLAČENÍ

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,3 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = \underline{24,93 \text{ MPa}}$$

$$k_{90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 20 = \underline{1,6}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 \cdot \sin(\alpha)^2} = \frac{24,93}{1,61 \cdot \sin(90)^2 \cdot \sin(90)^2} = \underline{15,58 \text{ MPa}}$$

### c, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d}{(2,3 \cdot \sqrt{M_{y,R,k} \cdot f_{h,90,k} \cdot d}) + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right]} \\ f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,R,k}}{f_{h,90,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{15,58 \cdot 90 \cdot 20}{(2,3 \cdot \sqrt{354809 \cdot 15,58 \cdot 20}) + 0} \\ 15,58 \cdot 90 \cdot 20 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 354809}{15,58 \cdot 90^2 \cdot 20}} - 1 \right] + 0 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 28,04 \text{ KN} \\ 24,18 \text{ KN} \\ 16,85 \text{ KN} \end{array} \right\} = \underline{16,85 \text{ KN}}$$

### d, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,k} = 2 \cdot n \cdot F_{v,R} = 2 \cdot 4 \cdot 16,85 = \underline{134,80 \text{ KN}}$$

### e, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,d} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,R,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{134,78}{1,3} = \underline{93,30 \text{ KN}}$$

### f, POSOUZENÍ STŘIHU

$$V_{ed} \leq F_{v,R,d}$$

$$68,5 < 93,30 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE} \dots \dots \dots \boxed{\text{NÁVRH 4 SVORNÍKY } \varnothing 20 \text{ mm}}$$

$$\boxed{\text{SVORNÍK: Ocel S235 } \varnothing 20 \text{ mm (5.8): } f_{u,b} = 500 \text{ MPa}}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ VRCHOLOVÉHO KLOUBOVÉHO SPOJE

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **Gl24h**

## SPOJOVACÍ PROSTŘEDEK:

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$d = 20 \text{ mm}$

$t = 20 \text{ mm}$

$t_1 = 90 \text{ mm}$

$F_{ax,R,k} = 0$ - neuvažují  
sepnutí spoje

Počet svorníků

$n = 4$

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**KRÁTKODOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,9$

$\gamma_m = 1,3$

## 5, SPOJOVACÍ PROSTŘEDKY (DVOUSTŘÍŽNÉ) POSOUZENÍ NA TAH:

### a, PLASTICKÝ MOMENT ÚNOSNOSTI

$$M_{y,r,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 490 \cdot 20^{2,6} = \underline{354809 \text{ Nmm}}$$

### b, CHARAKTERISTICKÁ PEVNOST V OTLAČENÍ

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,3 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = \underline{24,93 \text{ MPa}}$$

### c, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,0,k} \cdot t_1 \cdot d \\ (2,3 \cdot \sqrt{M_{y,R,k} \cdot f_{h,0,k} \cdot d}) + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \\ f_{h,0,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,R,k}}{f_{h,0,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 24,93 \cdot 90 \cdot 20 \\ (2,3 \cdot \sqrt{354809 \cdot 24,93 \cdot 20}) + 0 \\ 24,93 \cdot 90 \cdot 20 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 354809}{24,93 \cdot 90^2 \cdot 20}} - 1 \right] + 0 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 44,87 \text{ KN} \\ 30,59 \text{ KN} \\ 23,93 \text{ KN} \end{array} \right\} = \underline{23,93 \text{ KN}}$$

### d, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,k} = 2 \cdot n \cdot F_{v,R} = 2 \cdot 4 \cdot 23,93 = \underline{191,44 \text{ KN}}$$

### e, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,d} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,R,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{191,44}{1,3} = \underline{132,56 \text{ KN}}$$

### f, POSOUZENÍ STŘIHU

$$N_{d,TAH} \leq F_{v,R,d}$$

$$71,34 < 132,56 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE} \dots \dots \dots \boxed{\text{NÁVRH 4 SVORNÍKY } \varnothing 20 \text{ mm}}$$

**SVORNÍK: Ocel S235  $\varnothing$  20 mm (5.8):  $f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$**

# NÁVRH A POSOUZENÍ VRCHOLOVÉHO KLOUBOVÉHO SPOJE

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **Gl24h**

## SPOJOVACÍ PROSTŘEDEK:

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$d = 20 \text{ mm}; d_0 = 22 \text{ mm}$

$h_e = (h - h_s)/2 + p_1 + 3 \cdot e_1$

$h_e = (700 - 400)/2 + 80 + 3 \cdot 80$

**$h_e = 470 \text{ mm}$**

$e_1 = 80 \text{ mm}$

$p_1 = 80 \text{ mm}$

## **PARAMETRY:**

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

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

**$\gamma_{M0} = 1$**

**$\gamma_{M2} = 1,25$**

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

**$h = 400 \text{ mm}$**

**$f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$**

## **Rozteč šroubů:**

$e_1 = 80 \text{ mm}$

$e_2 = 300 \text{ mm}$

$p_1 = 80 \text{ mm}$

## 6. ÚNOSNOST NA ROZTRŽENÍ

### a, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST

$$F_{90,r,k} = 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}} \text{ (KN)}$$

$$F_{90,r,k} = 14 \cdot 200 \cdot \sqrt{\frac{470}{1 - \frac{470}{700}}} = \underline{105,9 \text{ KN}}$$

### b, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST

$$F_{90,r,d} = k_{mod} \cdot \frac{F_{90,r,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{105,9}{1,3} = \underline{73,31 \text{ KN}}$$

### c, POSOUZENÍ NA ROZTRŽENÍ

$$V_{ed} \leq F_{90,r,d}$$

$$68,5 < 73,31 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

## 7. POSOUZENÍ OCELOVÉHO PLECHU

### a, ÚNOSNOST PLNÉHO PRŮŘEZU (TAHOVÁ)

$$N_{pl,r,d} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{t \cdot h \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \text{ (KN)}$$

$$N_{pl,r,d} = \frac{20 \cdot 400 \cdot 355}{1} = \underline{2800 \text{ KN}}$$

### b, ÚNOSNOST OSLABENÉHO PRŮŘEZU (TAHOVÁ)

$$A_{net} = A - n \cdot d \cdot t \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{net} = 450 \cdot 20 - 4 \cdot 20 \cdot 20 = \underline{6400 \text{ mm}^2}$$

$$N_{u,r,d} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \text{ (KN)}$$

$$N_{u,r,d} = \frac{0,9 \cdot 6400 \cdot 490}{1,3} = \underline{2171,07 \text{ KN}}$$

### c, POSOUZENÍ TAHOVÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{e,d,TAH} \leq \min(N_{pl,r,d}; N_{u,r,d})$$

$$71,34 < \min(2800; 2171,07) = 2171,07 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ VRCHOLOVÉHO KLOUBOVÉHO SPOJE

**SVAR:**

**$a_w = 3 \text{ mm}$**

**$l_w = 200 \text{ mm}$**

**$\beta_w = 0,9$**

## d, POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI V OTLAČENÍ

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1\right)$$

$$\alpha = \min\left(\frac{80}{3 \cdot 22}; \frac{500}{490}; 1\right) = \min(1,21; 1,02; 1) = \underline{1}$$

$$F_{b,r,d} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_{u,b} \cdot d \cdot t}{\gamma_{m2}} \text{ (KN)}$$

$$F_{b,r,d} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 500 \cdot 20 \cdot 20}{1,3} = \underline{384,61 \text{ KN}}$$

$$N_{e,d,TAH} \leq F_{b,r,d} \cdot n = 384,61 \cdot 4$$

$$71,34 < 1538,44 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

## 7, POSOUZENÍ SVARU

### a, NAPĚTÍ KOUTOVÉHO SVARU

$$\tau_i = \sigma_i = \frac{0,5 \cdot N_{e,d}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot l_w} \text{ (MPa)}$$

$$\tau_i = \sigma_i = \frac{0,5 \cdot 71,34 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 3 \cdot 200} = \underline{42,04 \text{ MPa}}$$

### b, POSOUZENÍ KOUTOVÉHO SVARU

$$\sqrt{3 \cdot \tau_i^2 + \sigma_i^2} = \sqrt{3 \cdot 42,04^2 + 42,04^2} = \underline{84,08 \text{ MPa}}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,3} = \underline{435,5 \text{ MPa}}$$

$$84,08 < 435,5 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\tau_i = \sigma_i = 42,04 \leq \frac{f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{490}{1,25} = 392 \text{ MPa}$$

$$42,04 < 392 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ VRCHOLOVÉHO KLOUBOVÉHO SPOJE

ČEP:

Ocel S355 Ø 50 mm (5.8)

d = 50 mm

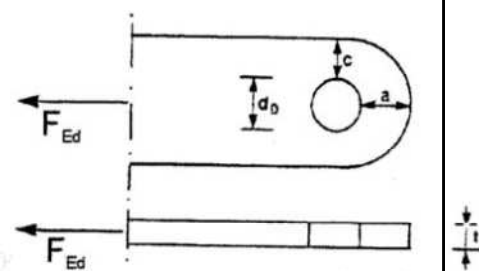
d<sub>0</sub> = 52 mm

f<sub>y</sub> = 355 MPa

t<sub>1</sub> = 10 mm

f<sub>u,b</sub> = 500 MPa

Schéma:



## ČEPOVÝ SPOJ

### 1, SÍLA DO ČEPU

$$V_d = 68,5 \text{ KN}$$

$$N_{d,TLAK} = 100,9 \text{ KN}$$

$$F_{v,e,d} = \sqrt{V_d^2 + N_{d,TLAK}^2} = \sqrt{68,5^2 + 100,9^2}$$

$$F_{v,e,d} = \underline{122,04 \text{ KN}}$$

### 2, MINIMÁLNÍ TLOUŠŤKA t

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{v,e,d} \cdot \gamma_{m0}}{f_y}}$$

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{122,04 \cdot 10^3 \cdot 1}{355}} = \underline{12,97 \text{ mm} \rightarrow \text{NÁVRH } t = 15 \text{ mm}}$$

### 3, VZDÁLENOSTI a, c

$$a \geq \frac{F_{v,e,d} \cdot \gamma_{m0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{122,04 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 15 \cdot 355} + \frac{2 \cdot 52}{3} = \underline{46,12 \text{ mm} \rightarrow \text{NÁVRH } a = 50 \text{ mm}}$$

$$c \geq \frac{F_{v,e,d} \cdot \gamma_{m0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{122,04 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 15 \cdot 355} + \frac{52}{3} = \underline{28,79 \text{ mm} \rightarrow \text{NÁVRH } c = 30 \text{ mm}}$$

### 4, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST ČEPU VE SMYKU

$$F_{v,r,d} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{u,b}}{\gamma_{m2}} \text{ (KN)}$$

$$F_{v,r,d} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 500}{1,3} = \underline{906,15 \text{ KN}}$$

### 5, OHYBOVÝ MOMENT PŮSOBÍCÍ NA ČEP

$$M_{e,d} = \frac{F_{v,e,d}}{8} \cdot (t + 4 \cdot t_0 + 2 \cdot t_1) \text{ (KNm)}$$

$$M_{e,d} = \frac{122,04 \cdot 10^3}{8} \cdot (20 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 20) = \underline{0,90 \text{ KNm}}$$

### 6, NÁVRHOVÝ MOMENT ÚNOSNOSTI

$$M_{r,d} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot \frac{f_{u,b}}{\gamma_{m0}} \text{ (KNm)}$$

$$M_{r,d} = 1,5 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot \frac{500}{1} = \underline{9,2 \text{ KNm}}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ VRCHOLOVÉHO KLOUBOVÉHO SPOJE

## 7, KOMBINACE SMYKU A OHYBU

$$\left(\frac{M_{e,d}}{M_{r,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,e,d}}{F_{v,r,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{0,90}{9,2}\right)^2 + \left(\frac{122,04}{906,15}\right)^2 \leq 1$$

$$0,03 < 1 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

## 8, POSOUZENÍ V OTLAČENÍ

$$F_{b,r,d} = \frac{1,5 \cdot d \cdot t \cdot f_y}{\gamma_{m0}} (KN)$$

$$F_{b,r,d} = \frac{1,5 \cdot 50 \cdot 15 \cdot 355}{1} = \underline{399,3 KN}$$

$$F_{v,e,d} \leq F_{b,r,d}$$

$$122,04 < 399,3 (KN) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ PATNÍHO KLOUBOVÉHO SPOJE

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$

$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$

$E_{0,g,05} = 9400 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ MPa}$

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

RÁM:

$h = 700 \text{ mm}$

$b = 200 \text{ mm}$

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,8$

$\gamma_m = 1,25$

Efektivní plocha

$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$

$b_{eff} = 0,67 \cdot 200 = 134 \text{ mm}$

$A_{eff} = 700 \cdot 134 = 93800 \text{ mm}^2$

$h_s$  – výška plechu

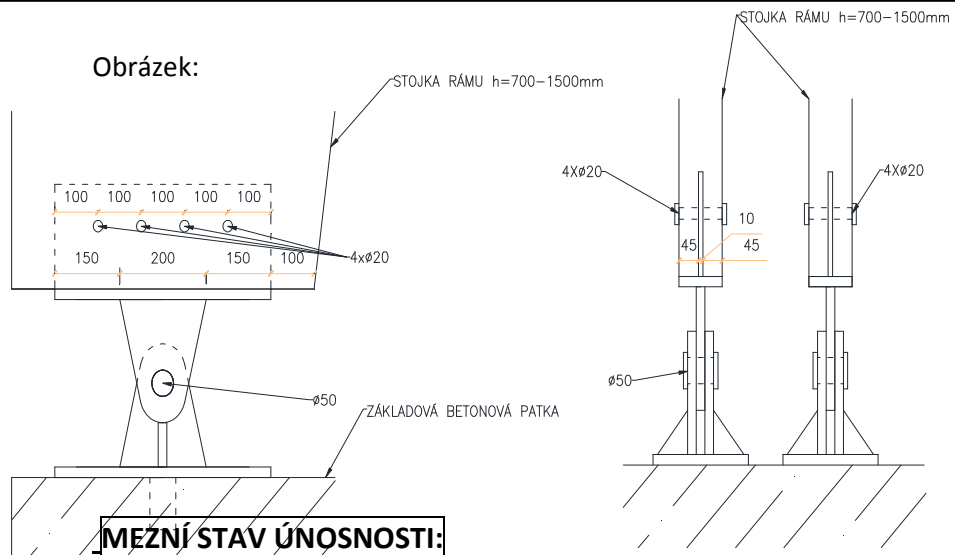
(viz. Obrázek)

$b = 200 \text{ mm}$

$h_s = 500 \text{ mm}$

$A_{eff} = 200 \cdot 500 = 100000 \text{ mm}^2$

Obrázek:



**MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI:**

VÝPOČET:

1, NÁVRHOVÉ PEVNOSTI:

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

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,73 \text{ MPa}$$

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

VNITŘNÍ SÍLY:

$V_d = 80,72 \text{ kN}$

$N_{d,TLAK} = 165,73 \text{ kN}$

$N_{d,TAH} = 105,13 \text{ kN}$

2, POSOUZENÍ SMYKU:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}} \text{ (MPa)}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{80,72 \cdot 10^3}{93800} = 1,29 \text{ (MPa)}$$

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$1,29 < 1,73 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

3, POSOUZENÍ TLAKU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed,TLAK}}{A_{eff}} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{165,73 \cdot 10^3}{100000} = 1,65 \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,g,d}$$

$$1,65 < 15,36 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ PATNÍHO KLOUBOVÉHO SPOJE

## SPOJOVACÍ PROSTŘEDEK:

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

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

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

$$t_1 = 45 \text{ mm}$$

$$F_{ax,R,k} = 0 - \text{neuvažují se}$$

$$\text{Počet svorníků} \\ n = 4$$

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:  
**KRÁTKODOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:  
**TŘÍDA 2**

KOEFICIENTY:

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\gamma_m = 1,3$$

## 4. SPOJOVACÍ PROSTŘEDKY (DVOUSTŘÍŽNÉ) POSOUZENÍ NA SMYK:

### a, PLASTICKÝ MOMENT ÚNOSNOSTI

$$M_{y,r,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 490 \cdot 20^{2,6} = \underline{354809 \text{ Nmm}}$$

### b, CHARAKTERISTICKÁ PEVNOST V OTLAČENÍ

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,3 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = \underline{24,93 \text{ MPa}}$$

$$k_{90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 20 = \underline{1,6}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 \cdot \sin(\alpha)^2} = \frac{24,93}{1,61 \cdot \sin(90)^2 \cdot \sin(90)^2} = \underline{15,58 \text{ MPa}}$$

### c, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d}{(2,3 \cdot \sqrt{M_{y,R,k} \cdot f_{h,90,k} \cdot d}) + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right]} \\ f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,R,k}}{f_{h,90,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{15,58 \cdot 45 \cdot 20}{(2,3 \cdot \sqrt{354809 \cdot 15,58 \cdot 20}) + 0} \\ 15,58 \cdot 45 \cdot 20 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 354809}{15,58 \cdot 45^2 \cdot 20}} - 1 \right] + 0 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 14,02 \text{ KN} \\ 24,18 \text{ KN} \\ 14,88 \text{ KN} \end{array} \right\} = \underline{14,02 \text{ KN}}$$

### d, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,k} = 2 \cdot n \cdot F_{v,R} = 2 \cdot 4 \cdot 14,02 = \underline{112,17 \text{ KN}}$$

### e, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,d} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,R,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{112,17}{1,3} = \underline{81,76 \text{ KN}}$$

### f, POSOUZENÍ STŘIHU

$$V_{ed} \leq F_{v,R,d}$$

$$80,72 < 81,76 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE} \dots \dots \dots \boxed{\text{NÁVRH 4 SVORNÍKY } \varnothing 20 \text{ mm}}$$

$$\boxed{\text{SVORNÍK: Ocel S235 } \varnothing 20 \text{ mm (5.8): } f_{u,b} = 500 \text{ MPa}}$$

JEDEN SVORNÍK PŘENESE CELOU POSOUVAJÍCÍ SÍLU (DRUHÝ JE REZERVA)

# NÁVRH A POSOUZENÍ PATNÍHO KLOUBOVÉHO SPOJE

## SPOJOVACÍ PROSTŘEDEK:

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$d = 20 \text{ mm}$

$t = 10 \text{ mm}$

$t_1 = 45 \text{ mm}$

$F_{ax,R,k} = 0$ - neuvažují  
sepnutí spoje

Počet svorníků  
 $n = 4$

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:  
**KRÁTKODOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:  
**TŘÍDA 2**

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,9$

$\gamma_m = 1,3$

## 5, SPOJOVACÍ PROSTŘEDKY (DVOUSTŘÍŽNÉ) POSOUZENÍ NA TAH:

### a, PLASTICKÝ MOMENT ÚNOSNOSTI

$$M_{y,r,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 490 \cdot 20^{2,6} = \underline{354809 \text{ Nmm}}$$

### b, CHARAKTERISTICKÁ PEVNOST V OTLAČENÍ

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,3 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = \underline{24,93 \text{ MPa}}$$

### c, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,0,k} \cdot t_1 \cdot d \\ (2,3 \cdot \sqrt{M_{y,R,k} \cdot f_{h,0,k} \cdot d}) + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \\ f_{h,0,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,R,k}}{f_{h,0,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 24,93 \cdot 45 \cdot 20 \\ (2,3 \cdot \sqrt{354809 \cdot 24,93 \cdot 20}) + 0 \\ 24,93 \cdot 45 \cdot 20 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 354809}{24,93 \cdot 45^2 \cdot 20}} - 1 \right] + 0 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 22,44 \text{ KN} \\ 30,59 \text{ KN} \\ 18,98 \text{ KN} \end{array} \right\} = \underline{18,98 \text{ KN}}$$

### d, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,k} = 2 \cdot n \cdot F_{v,R} = 2 \cdot 4 \cdot 18,98 = \underline{151,74 \text{ KN}}$$

### e, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,d} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,R,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{151,74}{1,3} = \underline{109,25 \text{ KN}}$$

### f, POSOUZENÍ STŘIHU

$$N_{d,TAH} \leq F_{v,R,d}$$

$$105,13 < 109,25 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE} \dots \dots \dots \boxed{\text{NÁVRH 4 SVORNÍKY } \varnothing 20 \text{ mm}}$$

**SVORNÍK: Ocel S235  $\varnothing$  20 mm (5.8):  $f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$**

JEDEN SVORNÍK PŘENESE CELOU TAHOVOU SÍLU (DRUHÝ JE REZERVA)

# NÁVRH A POSOUZENÍ PATNÍHO KLOUBOVÉHO SPOJE

## SPOJOVACÍ PROSTŘEDEK:

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

$$d = 20 \text{ mm}; d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$h_e = (h - h_s)/2 + p_1 + 3 \cdot e_1$$

$$h_e = (700 - 500)/2 + 100 + 3 \cdot 100$$

$$h_e = 500 \text{ mm}$$

$$e_1 = 100 \text{ mm}$$

$$p_1 = 100 \text{ mm}$$

## PARAMETRY:

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

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

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

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

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$$

## Rozteč šroubů:

$$e_1 = 80 \text{ mm}$$

$$e_2 = 300 \text{ mm}$$

$$p_1 = 80 \text{ mm}$$

## 6. ÚNOSNOST NA ROZTRŽENÍ

### a, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST

$$F_{90,r,k} = 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}} \text{ (KN)}$$

$$F_{90,r,k} = 14 \cdot 200 \cdot \sqrt{\frac{500}{1 - \frac{500}{700}}} = \underline{117,13 \text{ KN}}$$

### b, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST

$$F_{90,r,d} = k_{mod} \cdot \frac{F_{90,r,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{117,13}{1,3} = \underline{84,33 \text{ KN}}$$

### c, POSOUZENÍ NA ROZTRŽENÍ

$$V_{ed} \leq F_{90,r,d}$$

$$80,72 < 84,33 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

## 7. POSOUZENÍ OCELOVÉHO PLECHU

### a, ÚNOSNOST PLNÉHO PRŮŘEZU (TAHOVÁ)

$$N_{pl,r,d} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{t \cdot h \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \text{ (KN)}$$

$$N_{pl,r,d} = \frac{10 \cdot 500 \cdot 355}{1} = \underline{1775 \text{ KN}}$$

### b, ÚNOSNOST OSLABENÉHO PRŮŘEZU (TAHOVÁ)

$$A_{net} = A - n \cdot d \cdot t \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{net} = 500 \cdot 10 - 4 \cdot 20 \cdot 10 = \underline{4200 \text{ mm}^2}$$

$$N_{u,r,d} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \text{ (KN)}$$

$$N_{u,r,d} = \frac{0,9 \cdot 4200 \cdot 490}{1,3} = \underline{1424,77 \text{ KN}}$$

### c, POSOUZENÍ TAHOVÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{e,d,TAH} \leq \min(N_{pl,r,d}; N_{u,r,d})$$

$$105,13 < \min(1775; 1424,77) = 1424,77 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ PATNÍHO KLOUBOVÉHO SPOJE

**SVAR:**

**$a_w = 3 \text{ mm}$**

**$l_w = 200 \text{ mm}$**

**$\beta_w = 0,9$**

## d, POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI V OTLAČENÍ

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1\right)$$

$$\alpha = \min\left(\frac{100}{3 \cdot 22}; \frac{500}{490}; 1\right) = \min(1,51; 1,02; 1) = \underline{1}$$

$$F_{b,r,d} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_{u,b} \cdot d \cdot t}{\gamma_{m2}} \text{ (KN)}$$

$$F_{b,r,d} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 500 \cdot 20 \cdot 10}{1,3} = \underline{192,30 \text{ KN}}$$

$$N_{e,d,TAH} \leq F_{b,r,d} \cdot n = 192,30 \cdot 4$$

$$105,13 < 749,20 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

## 7, POSOUZENÍ SVARU

### a, NAPĚTÍ KOUTOVÉHO SVARU

$$\tau_i = \sigma_i = \frac{0,5 \cdot N_{e,d}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot l_w} \text{ (MPa)}$$

$$\tau_i = \sigma_i = \frac{0,5 \cdot 105,13 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 3 \cdot 200} = \underline{61,95 \text{ MPa}}$$

### b, POSOUZENÍ KOUTOVÉHO SVARU

$$\sqrt{3 \cdot \tau_i^2 + \sigma_i^2} = \sqrt{3 \cdot 61,95^2 + 61,95^2} = \underline{123,89 \text{ MPa}}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = \underline{435,5 \text{ MPa}}$$

$$123,89 < 435,5 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\tau_i = \sigma_i = 42,04 \leq \frac{f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{490}{1,25} = 392 \text{ MPa}$$

$$61,95 < 392 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ PATNÍHO KLOUBOVÉHO SPOJE

ČEP:

Ocel S355 Ø 50 mm (5.8)

d = 50 mm

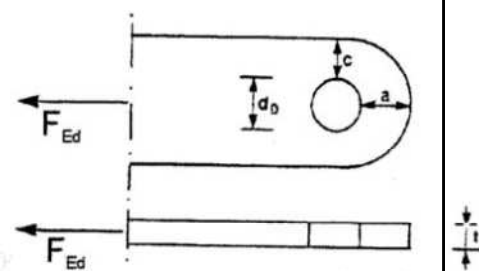
d<sub>0</sub> = 52 mm

f<sub>y</sub> = 355 MPa

t<sub>1</sub> = 10 mm

f<sub>u,b</sub> = 500 MPa

Schéma:



## ČEPOVÝ SPOJ

### 1, SÍLA DO ČEPU

$$V_d = 80,72 \text{ KN}$$

$$N_{d,TLAK} = 165,73 \text{ KN}$$

$$F_{v,e,d} = \sqrt{V_d^2 + N_{d,TLAK}^2} = \sqrt{80,72^2 + 165,73^2}$$

$$F_{v,e,d} = \underline{184,34 \text{ KN}}$$

### 2, MINIMÁLNÍ TLOUŠŤKA t

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{v,e,d} \cdot \gamma_{m0}}{f_y}} \text{ (mm)}$$

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{184,34 \cdot 10^3 \cdot 1}{355}} = \underline{15,95 \text{ mm} \rightarrow \text{NÁVRH } t = 20 \text{ mm}}$$

### 3, VZDÁLENOSTI a, c

$$a \geq \frac{F_{v,e,d} \cdot \gamma_{m0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{184,34 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 20 \cdot 355} + \frac{2 \cdot 52}{3} = \underline{47,64 \text{ mm} \rightarrow \text{NÁVRH } a = 50 \text{ mm}}$$

$$c \geq \frac{F_{v,e,d} \cdot \gamma_{m0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{184,34 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 20 \cdot 355} + \frac{52}{3} = \underline{30,31 \text{ mm} \rightarrow \text{NÁVRH } c = 35 \text{ mm}}$$

Bart

### 4, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST ČEPU VE SMYKU

$$F_{v,r,d} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{u,b}}{\gamma_{m2}} \text{ (KN)}$$

$$F_{v,r,d} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 500}{1,3} = \underline{906,15 \text{ KN}}$$

### 5, OHYBOVÝ MOMENT PŮSOBÍCÍ NA ČEP

$$M_{e,d} = \frac{F_{v,e,d}}{8} \cdot (t + 4 \cdot t_0 + 2 \cdot t_1) \text{ (KNm)}$$

$$M_{e,d} = \frac{184,34 \cdot 10^3}{8} \cdot (20 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 10) = \underline{1,01 \text{ KNm}}$$

### 6, NÁVRHOVÝ MOMENT ÚNOSNOSTI

$$M_{r,d} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot \frac{f_{u,b}}{\gamma_{m0}} \text{ (KNm)}$$

$$M_{r,d} = 1,5 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot \frac{500}{1} = \underline{9,2 \text{ KNm}}$$

## NÁVRH A POSOUZENÍ PATNÍHO KLOUBOVÉHO SPOJE

### 7, KOMBINACE SMYKU A OHYBU

$$\left(\frac{M_{e,d}}{M_{r,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,e,d}}{F_{v,r,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{1,01}{9,2}\right)^2 + \left(\frac{184,34}{906,15}\right)^2 \leq 1$$

0,05 < 1 (–) ... .. VYHOVUJE

### 8, POSOUZENÍ V OTLAČENÍ

$$F_{b,r,d} = \frac{1,5 \cdot d \cdot t \cdot f_y}{\gamma_{m0}} (KN)$$

$$F_{b,r,d} = \frac{1,5 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 355}{1} = \underline{532,5 KN}$$

$$F_{v,e,d} \leq F_{b,r,d}$$

184,34 < 532,5 (KN) ... .. VYHOVUJE

# NÁVRH PAŽDÍKU

MATERIÁL:

ROSTLÉ DŘEVO: **C24**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**STŘEDNĚDOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$

$f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$

$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$

$E_{0,g,05} = 7400 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean} = 11000 \text{ MPa}$

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,8$

$\gamma_m = 1,3$

$k_m = 0,7$

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

$h = 140 \text{ mm}$

$b = 100 \text{ mm}$

$A = 14000 \text{ mm}^2$

$W_y = 326666 \text{ mm}^3$

$W_z = 233333 \text{ mm}^3$

$I_y = 22866666 \text{ mm}^4$

$I_z = 11666667 \text{ mm}^4$

**Délka paždíku: 2,5m**

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

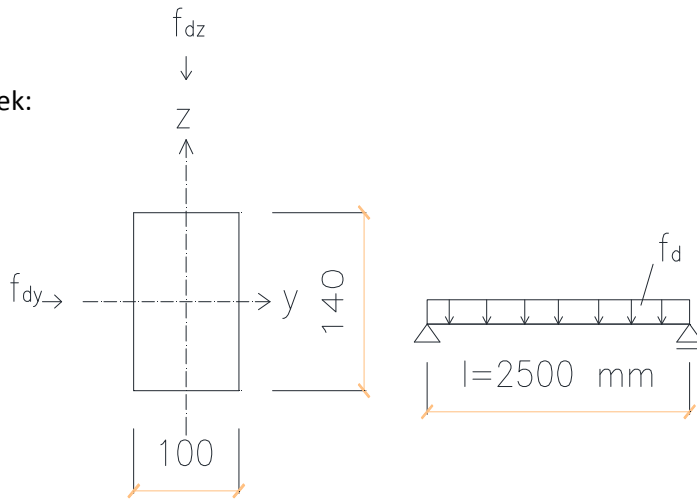
**Osová vzd. paždíku: 0,6m**

ZATÍŽENÍ:

$f_{dy} = 1,17 \text{ KN/m}$

$f_{dz} = 1,76 \text{ KN/m}$

Obrázek:



**MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI: NÁVRH NA OHYB**

**VÝPOČET:**

**1, NÁVRHOVÁ PEVNOST V OHYBU:**

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = \underline{14,8 \text{ MPa}}$$

**2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:**

$$M_{y,d} = \frac{1}{8} \cdot f_{dy} \cdot l^2 \text{ (KNm)}$$

$$M_{y,d} = \frac{1}{8} \cdot 1,17 \cdot 2,5^2 = \underline{0,91 \text{ KNm}}$$

$$M_{z,d} = \frac{1}{8} \cdot f_{dz} \cdot l^2 \text{ (KNm)}$$

$$M_{z,d} = \frac{1}{8} \cdot 1,76 \cdot 2,5^2 = \underline{1,37 \text{ KNm}}$$

**3, VÝPOČET NORMÁLOVÉHO NAPĚTÍ OD OHYBU:**

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{y,d} = \frac{0,91 \cdot 10^6}{326666} = \underline{3,91 \text{ (MPa)}}$$

$$\sigma_{z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{z,d} = \frac{1,37 \cdot 10^6}{233333} = \underline{4,21 \text{ (MPa)}}$$

**4, POSOUZENÍ NA OHYB:**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,d}} < 1$$

$$0,7 \cdot \frac{3,91}{14,8} + \frac{5,71}{14,8} = 0,47 < 1$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{4,21}{f_{m,g,d}} < 1$$

$$0,7 \cdot \frac{4,21}{14,8} + \frac{3,91}{14,8} = 0,46 < 1 \text{ .....PAŽDÍK NA OHYB VYHOVÍ}$$

# NÁVRH PAŽDÍKU

PRŮŘEZOVÉ CHAR.

$$A_{\text{eff}} = 9380 \text{ mm}^2$$

$$k_{cr} = 0,67$$

## MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI: NÁVRH NA SMYK

### 1, ÚČINNÁ ŠÍŘKA PRŮŘEZU

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b \text{ (mm)}$$

$$b_{eff} = 0,67 \cdot 100 = \underline{67 \text{ mm}}$$

### 2, VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot f_{dz} \cdot l \text{ (KN)}$$

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot 1,76 \cdot 2,5 = \underline{2,2 \text{ (KN)}}$$

### 3, NÁVRHOVÁ PEVNOST VE SMYKU:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{4}{1,3} = \underline{2,46 \text{ MPa}}$$

### 4, VÝPOČET SMYKOVÉHO NAPĚTÍ:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{\text{eff}}} \text{ (MPa)}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{2,2 \cdot 10^3}{9380} = \underline{0,35 \text{ MPa}}$$

### 5, POSOUZENÍ NA SMYK:

$$\tau_d < f_{v,d}$$

0,35 < 2,46 (MPa) ... .. **PAŽDÍK NA SMYK VYHOVÍ**

# NÁVRH PAŽDÍKU

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$l_{\text{eff}} = 2,5 \text{ m}$$

## MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI: KLOPENÍ

### 1, KRITICKÉ NAPĚTÍ ZA OHYBU

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot E_{0,05} \cdot b^2}{h \cdot l_{\text{eff}}} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot 7400 \cdot 100^2}{140 \cdot 2500} = \underline{452,52 \text{ (MPa)}}$$

### 2, VÝPOČET POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI:

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \text{ (-)}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{24}{452,52}} = 0,23 \text{ (-)}$$

### 3, SOUČINITEL PŘÍČNÉ A TORZNÍ STABILITY:

$$\lambda_{rel} = 0,32 < 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$$

### 4, REDUKOVANÁ PEVNOST:

$$f_{m,d,red} = k_{crit} \cdot f_{m,d} \text{ (MPa)}$$

$$f_{m,d,red} = 1 \cdot 14,8 = \underline{148 \text{ (MPa)}}$$

### 5, POSOUZENÍ NA KLOPENÍ:

$$\sigma_{y,d} < f_{m,d,red}$$

$$4,21 < 14,8 \text{ (MPa)} \dots \dots \textbf{PAŽDÍK NA KLOPENÍ VYHOVÍ}$$

## NÁVRH PAŽDÍKU

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

#### 1, OKAMŽITÝ PRŮHYB:

$$w_{inst,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,78 \cdot 2500^4}{11000 \cdot 22866666} = \underline{2,62 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ (mm)}$$

$$w_{inst,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,3 \cdot 2500^4}{11000 \cdot 11666667} = \underline{3,09 \text{ mm}}$$

#### 2, POSOUENÍ OKAMŽITÉHO PRŮHYBU:

$$w_{inst} \leq w_{lim} \text{ (mm)}$$

$$3,09 \leq \frac{1}{250} = \frac{2500}{250} = 10 \text{ (mm)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

#### KONEČNÝ PRŮHYB

$$w_{fin} = \max\{w_{inst,y} \cdot (1 + k_{def}); w_{inst,z} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2)\}$$

$$w_{fin} = \max\{2,62 \cdot (1 + 0,8); w_{inst,z} \cdot (1 + 0,8 \cdot 0)\}$$

$$w_{fin} = \max\{4,73; 3,09\}$$

$$w_{fin} = \underline{4,73 \text{ mm}}$$

#### POSOUZENÍ:

$$w_{fin} \leq w_{lim} = \frac{2500}{250} = 12,5 \text{ mm}$$

$$4,73 < 12,5 \text{ (mm)} \dots \dots \text{PAŽDÍK NA KONEČNÝ PRŮHYB VYHOVÍ}$$

$$f_{ky} = 0,78 \text{ KN/m}$$

$$f_{kz} = 1,3 \text{ KN/m}$$

$$k_{def} = 0,8$$

$$\Psi_2 = 0$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJE SLOUPU A RÁMU

MATERIÁL:  
LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:  
**STŘEDNĚDOBÉ**  
TŘÍDA PROVOZU:  
**TŘÍDA 2**

PARAMETRY DŘEVA:

$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$   
 $f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$   
 $f_{c,90,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$   
 $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$

Sloup:

$h = 460 \text{ mm}$   
 $b = 120 \text{ mm}$   
 $l = 12000 \text{ mm}$

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,8$   
 $\gamma_m = 1,25$

$\alpha = 90^\circ$

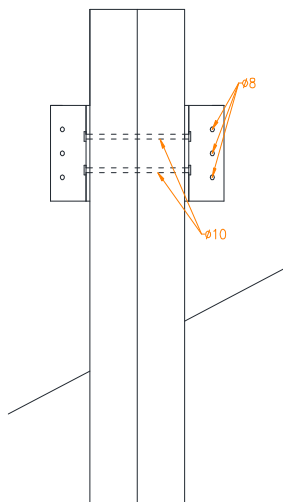
Spoj:

$b_s = 240 \text{ mm}$   
 $h_s = 460 \text{ mm}$   
 $t_p = 10 \text{ mm}$   
 $d = 10 \text{ mm}$   
 $f_u = 490 \text{ MPa}$

$g_{d,tlak} = 3,51 \text{ KN/m}$

$g_{d,sání} = 4,87 \text{ KN/m}$

Obrázek:



VÝPOČET:

1, NÁVRHOVÉ PEVNOSTI:

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

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,25} = \underline{1,73 \text{ MPa}}$$

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

2, POSOUZENÍ TLAKU:

vnitřní síly:

$$V_{ed,tlak} = \frac{1}{2} \cdot g_{d,tlak} \cdot l \text{ (KN)}$$

$$V_{ed,tlak} = \frac{1}{2} \cdot 3,51 \cdot 12 = \underline{21,06 \text{ KN}}$$

efektivní plocha:

$$A_{eff} = h_s \cdot b_s \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{eff} = 460 \cdot 240 = \underline{110400 \text{ mm}^2}$$

napětí od tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{V_{ed,tlak}}{A_{eff}} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{21,06 \cdot 10^3}{110400} = \underline{0,19 \text{ MPa}}$$

POSOUZENÍ:

$$\sigma_{c,0,d} < f_{v,g,d} \text{ (MPa)}$$

0,19, < 1,73 (MPa) ... .. VYHOVUJE

# NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJE SLOUPU A RÁMU

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

## SPOJOVACÍ PROSTŘEDEK:

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$d = 10 \text{ mm}$

$t_2 = 120 \text{ mm}$

$F_{ax,R,k} = 0$ - neuvažují  
sepnutí spoje

Počet svorníků  
 $n = 4$

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:  
**KRÁTKODOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,9$

$\gamma_m = 1,3$

## NÁVRH SPOJOVACÍCH PROSTŘEDKŮ:

### a, PLASTICKÝ MOMENT ÚNOSNOSTI

$$M_{y,r,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 490 \cdot 10^{2,6} = \underline{58521 \text{ Nmm}}$$

### b, CHARAKTERISTICKÁ PEVNOST V OTLAČENÍ

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,3 \cdot (1 - 0,01 \cdot 10) \cdot 380 = \underline{28,04 \text{ MPa}}$$

$$k_{90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 10 = \underline{1,45}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = \frac{28,04}{1,61 \cdot \sin(90)^2 + \cos(90)^2} = \underline{19,34 \text{ MPa}}$$

### c, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST

$$F_{v,R} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot f_{h,90,k} \cdot t_2 \cdot d}{(2,3 \cdot \sqrt{M_{y,R,k} \cdot f_{h,90,k} \cdot d})} + \left[ \frac{F_{ax,R,k}}{4} \right] \right\}$$

$$F_{v,R} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 19,34 \cdot 120 \cdot 10}{(2,3 \cdot \sqrt{58521 \cdot 19,34 \cdot 10})} + 0 \right\}$$

$$F_{v,R} = \min \left\{ \frac{11,60 \text{ KN}}{7,73 \text{ KN}} \right\} = \underline{7,73 \text{ KN}}$$

### d, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,k} = 2 \cdot n \cdot F_{v,R} = 2 \cdot 4 \cdot 7,73 = \underline{30,95 \text{ KN}}$$

### e, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,d} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,R,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{30,95}{1,3} = \underline{21,42 \text{ KN}}$$

### f, POSOUZENÍ STŘIHU

$$N_{d,TAH} \leq F_{v,R,d}$$

$$21,06 < 21,42 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE} \dots \dots \dots \boxed{\text{NÁVRH 4 SVORNÍKY } \varnothing 10 \text{mm}}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJE SLOUPU A RÁMU

MATERIÁL:

LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**

## SPOJOVACÍ PROSTŘEDEK:

vruty: Rapi-tec HBS

$l = 120 \text{ mm}$

$d = 8 \text{ mm}$

$F_{ax,k} = 8,58 \text{ KN}$

$F_{head,k} = 29,33 \text{ KN}$

Počet vrutů

$n = 6$

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:

**KRÁTKODOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:

**TŘÍDA 2**

KOEFICIENTY:

$k_{mod} = 0,9$

$\gamma_m = 1,3$

## NÁVRH SPOJOVACÍCH PROSTŘEDKŮ NA VYTAŽENÍ OD SÁNÍ:

### a, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST

$$F_{ax,R} = \min \left\{ \begin{array}{c} F_{ax,k} \\ F_{head,k} \end{array} \right\}$$

$$F_{ax,R} = \min \left\{ \begin{array}{c} 8,58 \text{ KN} \\ 29,33 \text{ KN} \end{array} \right\} = \underline{8,58 \text{ KN}}$$

### b, CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,k} = n \cdot F_{v,R} = 6 \cdot 8,58 = \underline{51,48 \text{ KN}}$$

### c, NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST SVORNÍKŮ

$$F_{v,R,d} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,R,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{51,48}{1,3} = \underline{35,63 \text{ KN}}$$

### d, POSOUZENÍ STŘIHU

$$N_{d,TAH} \leq F_{v,R,d}$$

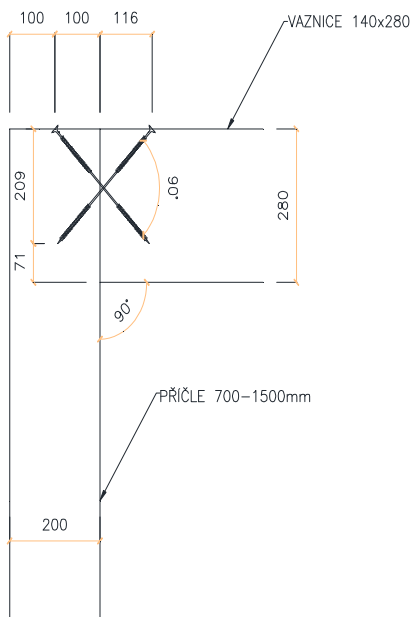
$$29,22 < 35,63 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE} \dots \dots \dots \boxed{\text{NÁVRH 6 SVORNÍKŮ}}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJE VAZNICE A RÁMU

MATERIÁL:  
LEP. LAM. DŘEVO: **GI24h**  
ROSTLÉ DŘEVO: **C24**

TYP: WT-T-8,2 x 300 1 PÁR

Obrázek



POSOUZENÍ:

$$F_{v,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20,1 \cdot \frac{0,9}{1,3} \\ \frac{16,8}{1,1} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 13,92 \\ 15,27 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = 13,92 \text{ KN}$$

$$F_{v,Rd} \geq V_d$$

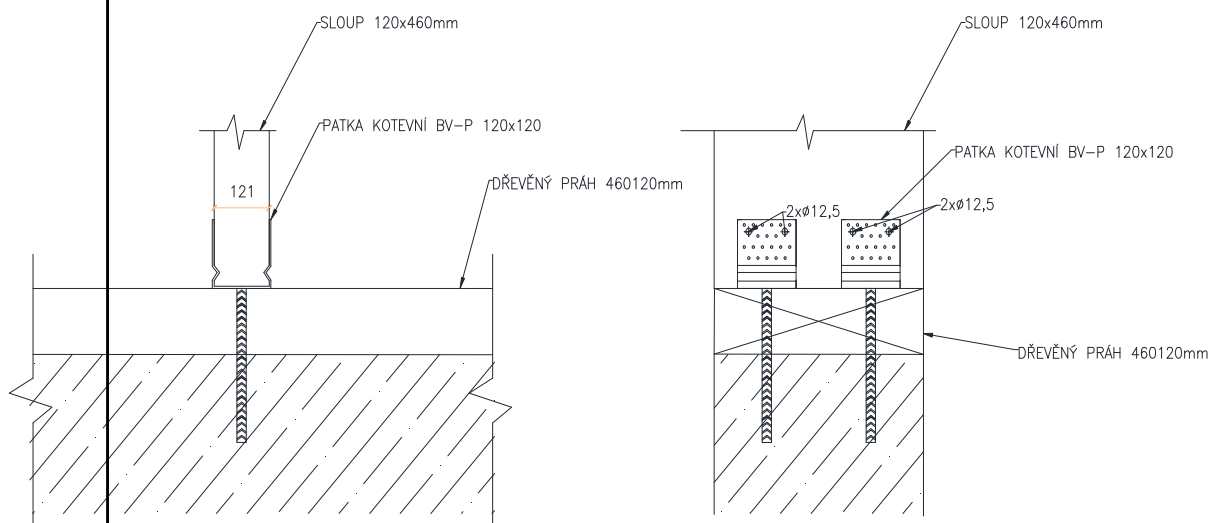
$$13,92 > 10,56 \text{ (KN)} \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

Viz. Přílohy

$$V_d = 10,56 \text{ KN}$$

# NÁVRH A POSOUZENÍ PATKY ŠTÍTOVÉHO SLOUPKU

Obrázek:



PATKA BOVA: PATKA KOTEVNÍ BV-P 120x120

POSOUZENÍ:

STANOVENÍ ÚNOSNOSTI DESKY OSLABENÉ OTVORY:

a, v tlaku

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

$$b_{osl} = B - n \cdot 5 \text{ mm}$$

$$b_{osl} = 120 - 6 \cdot 5 = 90 \text{ mm}$$

$$F_{UT} = 0,204 \cdot 2 \cdot T \cdot b_{osl}$$

$$F_{UT} = 0,204 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 90 = \underline{146,88 \text{ KN}}$$

$$N_d = 67,44 \text{ KN}$$

$$F_{UT} \geq N_d$$

$$146,88 \geq 67,44 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

STANOVENÍ ÚNOSNOSTI SVORNÍKŮ:

dle výrobce

Viz. Přílohy

$$F_s = \underline{18 \text{ KN}} - \text{únosnost dvou svorníků (na jedné patce)}$$

POSOUZENÍ:

2 PATKY BOVA

$$2 \cdot F_s \geq v_d$$

$$2 \cdot 18 \geq 29,22$$

$$36 > 29,22 \text{ (KN)} \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$V_d = 29,22 \text{ KN}$$

# NÁVRH ROZTEČE HŘEBÍKŮ PRO PŘIPOJENÍ DESKY FERMACELL

MATERIÁL:  
LEP. LAM DŘEVO: **Gl24h**

TŘÍDA TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ:  
**KRÁTKODOBÉ**

TŘÍDA PROVOZU:  
**TŘÍDA 2**

## SPOJOVACÍ PROSTŘEDEK:

HŘEBÍKY

$l = 120 \text{ mm}$

$d = 4 \text{ mm}$

$d_n = 10 \text{ mm}$

$t = 12,5 \text{ mm}$

$t_{pen} = 107,5 \text{ mm}$

$\rho_{k1} = 380 \text{ kg/m}^3$ -Gl24h

$\rho_{k2} = 1150 \text{ kg/m}^3$ -Fermacell

$F = 4,87 \text{ KN/m}$

## 1,CHARAKTERISTICKÁ ÚNOSNOST HŘEBÍKŮ NA VYTAŽENÍ:

$$F_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} F_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ F_{ax,k} \cdot d \cdot t + F_{head,k} \cdot d_n^2 \end{array} \right\}$$

$$F_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,88 \cdot 4 \cdot 107,5 \\ 2,88 \cdot 4 \cdot 12,5 + 92,57 \cdot 10^2 \end{array} \right\}$$

$$F_{as,Rk} = \min \{1,24 \text{ KN}\} = \underline{1,24 \text{ N/m}}$$

## a,Charakteristická pevnost na vytažení z prvku do kterého hrot vniká

$$F_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{k1}^2 = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = \underline{2,88 \text{ N}}$$

## a,Charakteristická pevnost na protažení hlavičky

$$F_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{k2}^2 = 70 \cdot 10^{-6} \cdot 1150^2 = \underline{92,57 \text{ N}}$$

## 2,NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST HŘEBÍKŮ NA VYTAŽENÍ:

$$F_{ax,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,Rk}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{1,24}{1,25} = \underline{0,89 \text{ KN/m}}$$

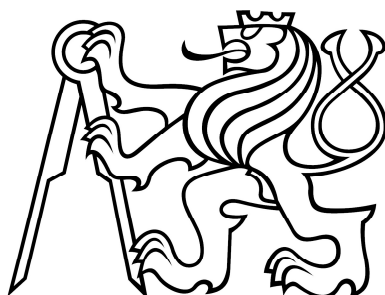
## 3,ROZTEČ HŘEBÍKŮ:

$$s = 1000 \cdot \frac{F_{ax,Rk}}{F} = 1000 \cdot \frac{0,89}{4,87} = \underline{183,6 \text{ mm}}$$

NÁVRH: ROZTEČ  $s = 180 \text{ mm}$

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce

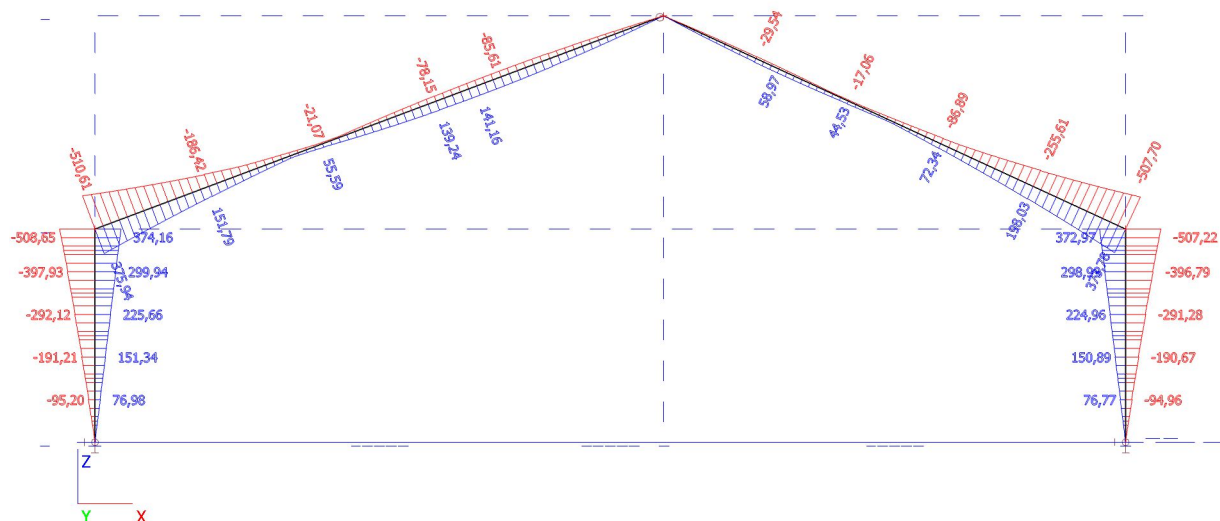


**Vnitřní síly**

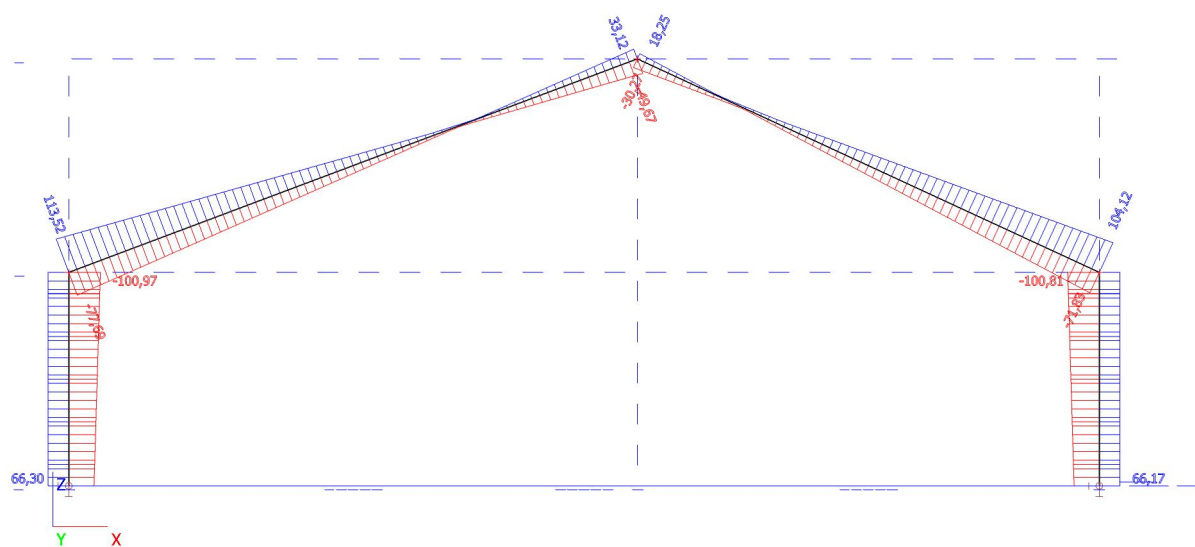
Květen, 2016

Robert Šimáček

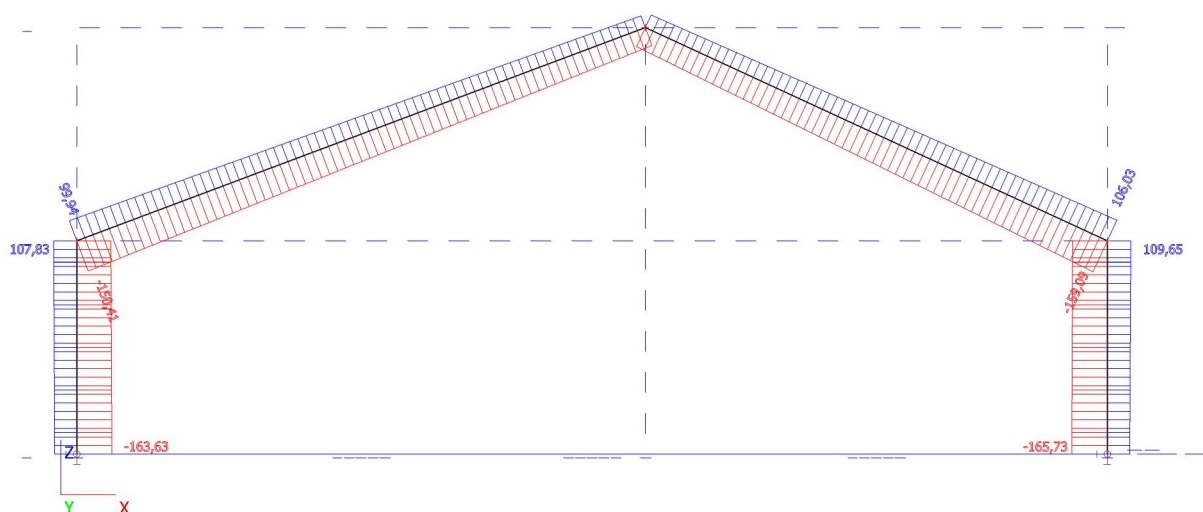
## 1. Obálka ohybových momentů na rámu



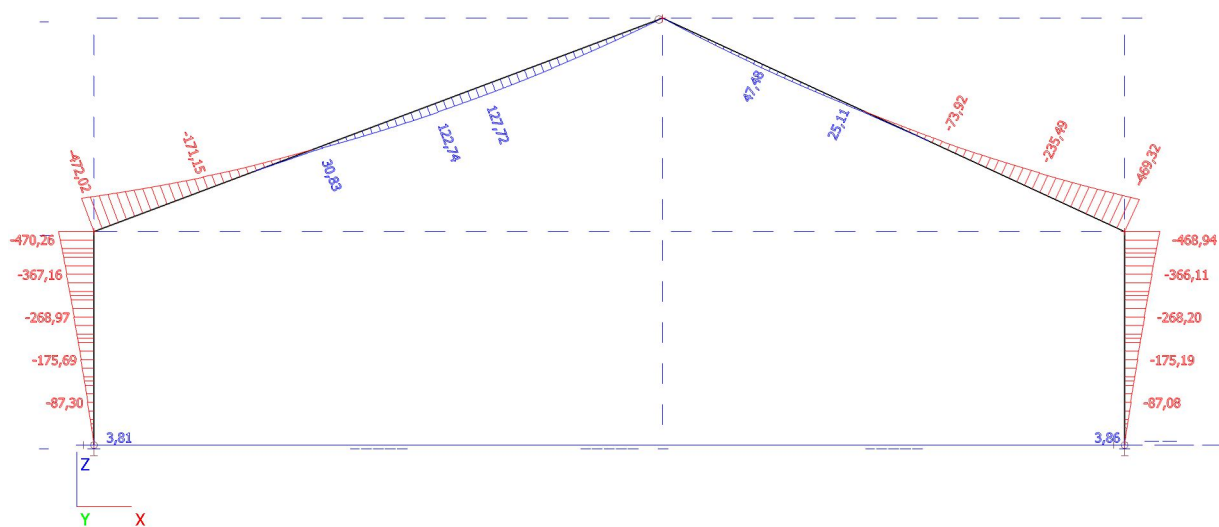
## 2. Obálka posouvajících sil



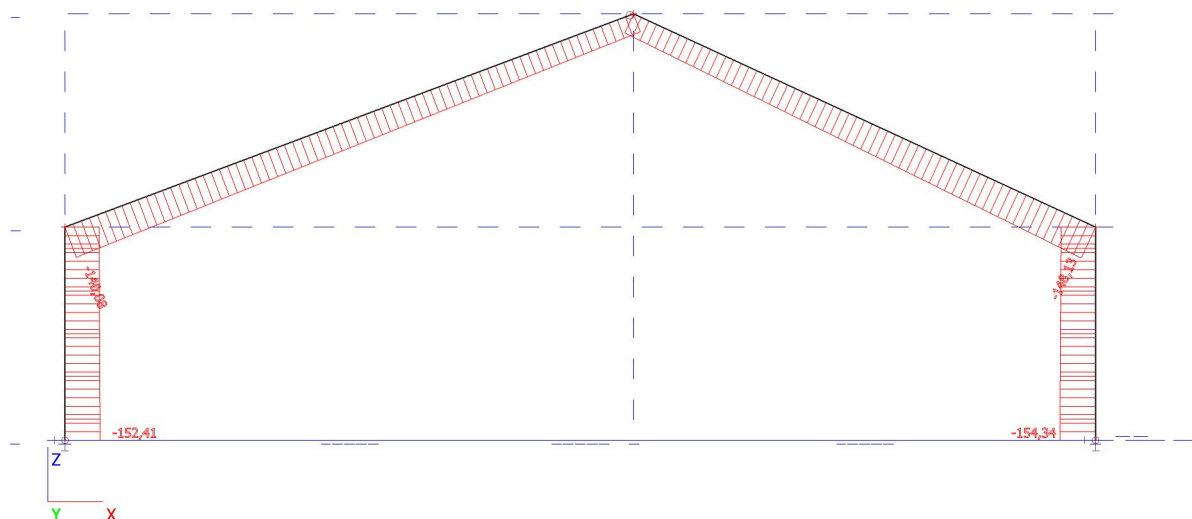
### 3. Obálka normálových sil



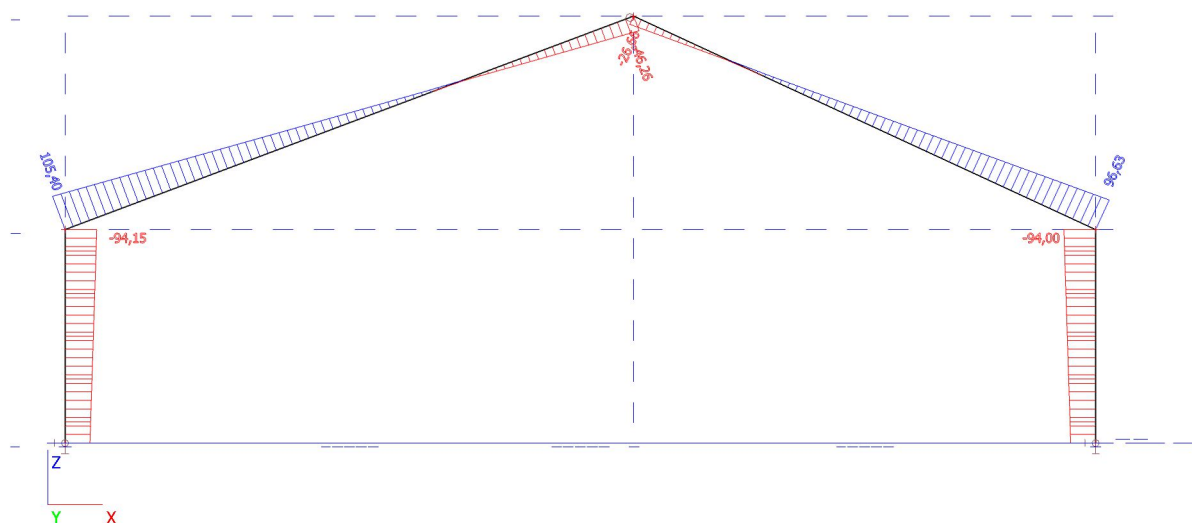
### 4. CO1-vlastní tíha+plný sníh+redukovaný vítr a údržba Ohybové momenty



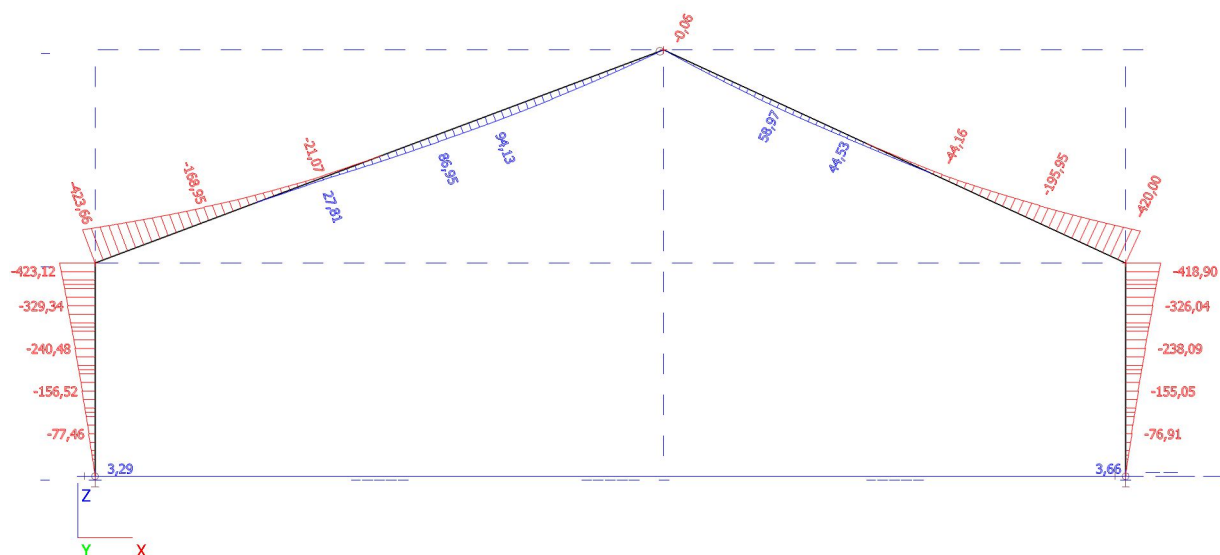
## 5. CO1-vlastní tíha+plný sníh+redukovaný vítr a údržba Normálové síly



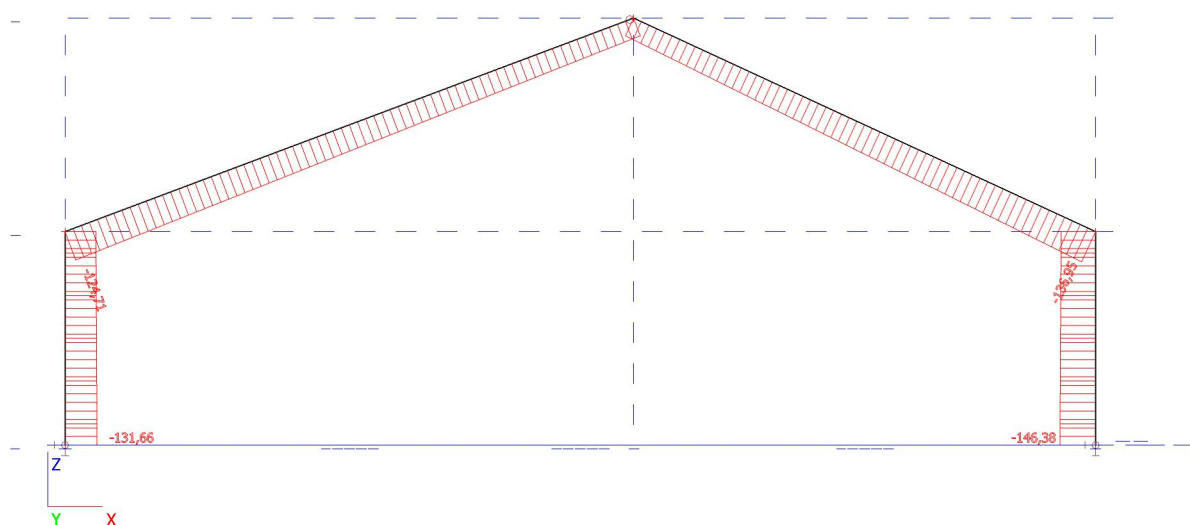
## 6. CO1-vlastní tíha+plný sníh+redukovaný vítr a údržba Posouvající síly



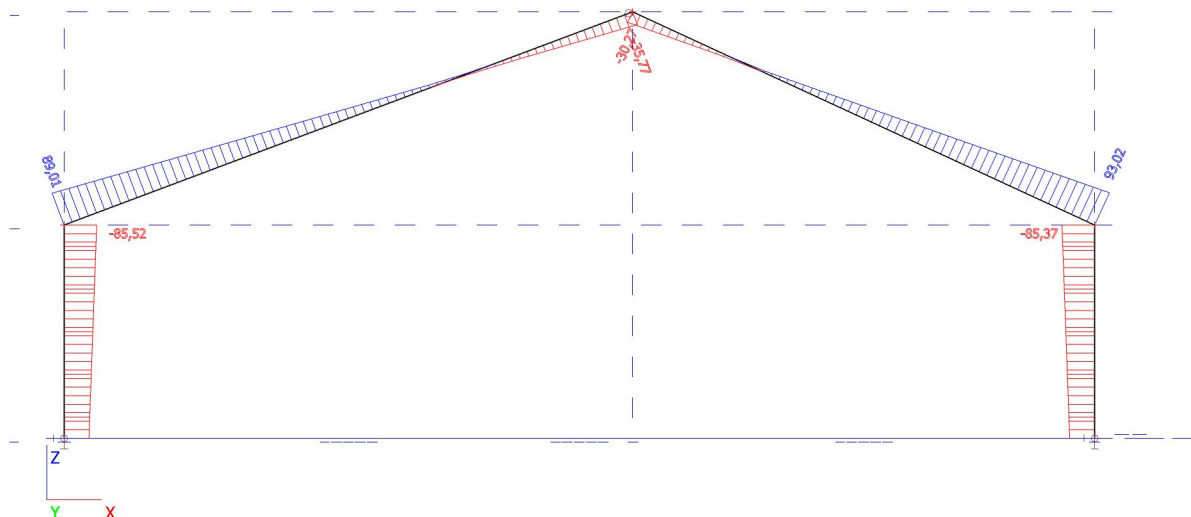
## 7. CO<sub>2</sub>-vlastní tíha+sníh 2a sníh+redukovaný vítr a údržba1 Ohybové momenty



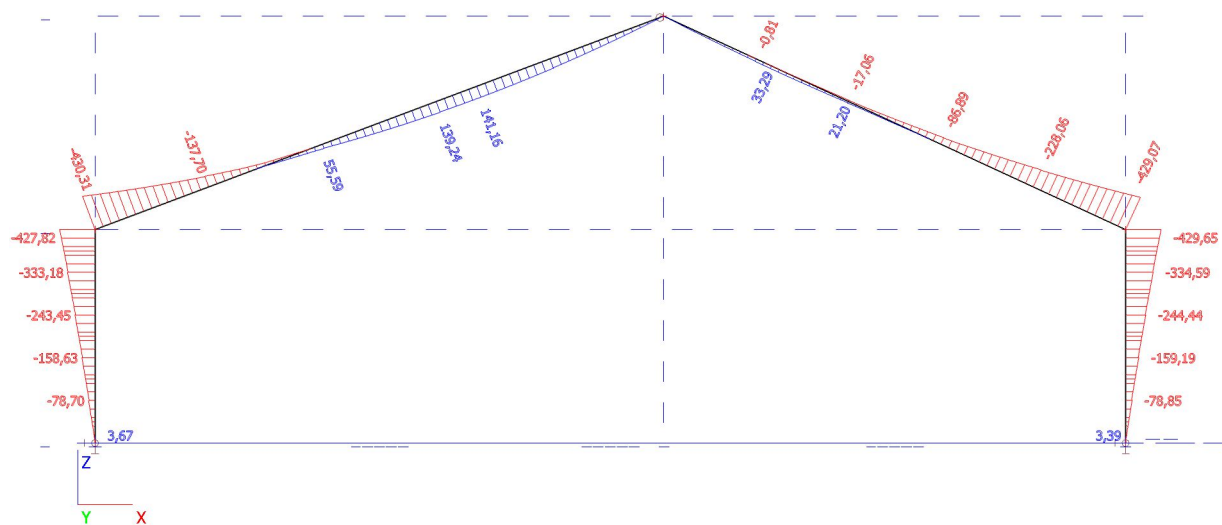
## 8. CO<sub>2</sub>-vlastní tíha+sníh 2a sníh+redukovaný vítr a údržba1 Normálové síly



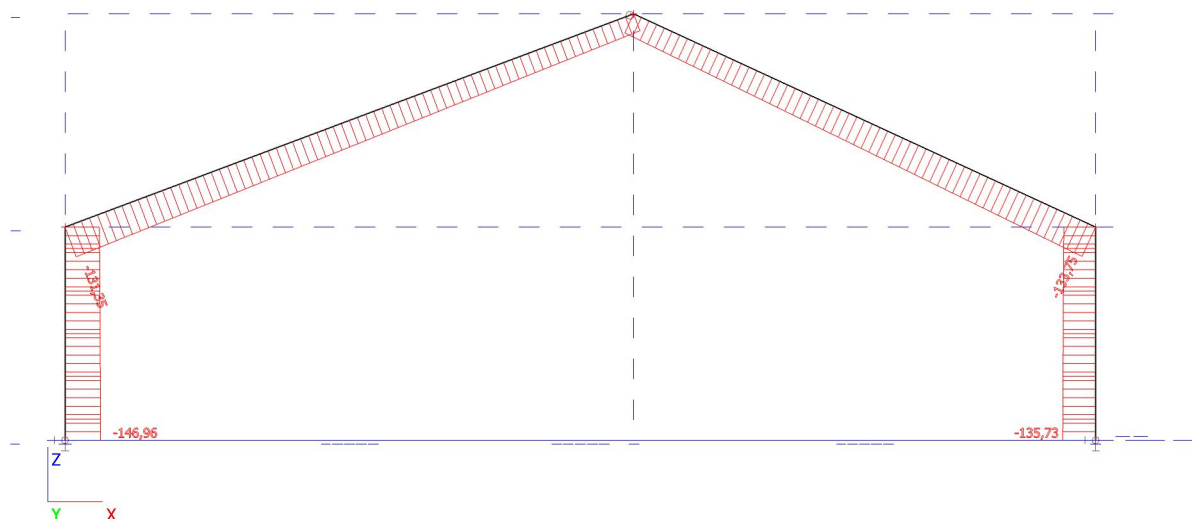
## 9. CO2-vlastní tíha+sníh 2a sníh+redukovaný vítr a údržba1 Posouvající síly



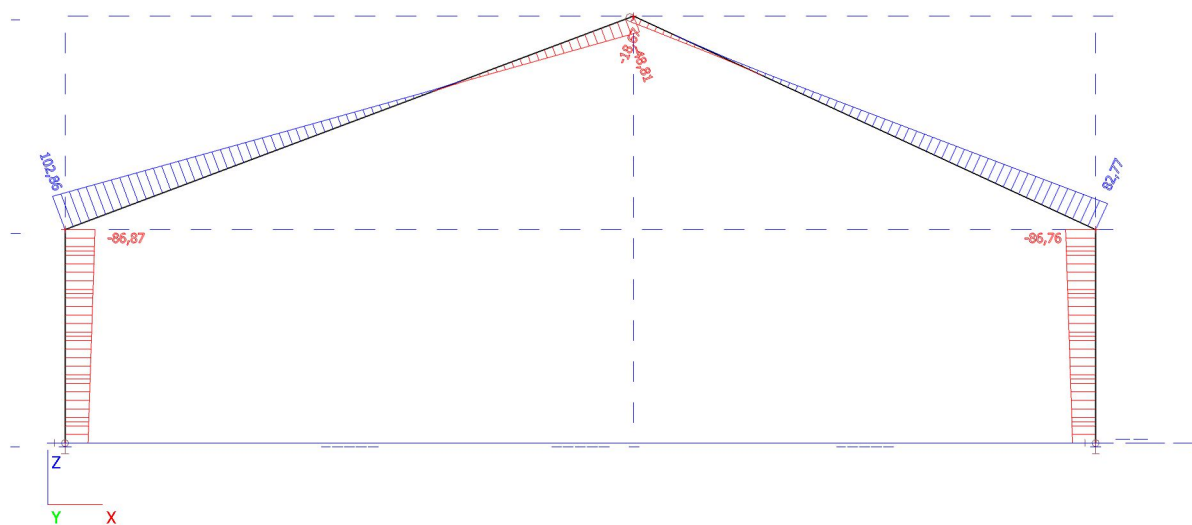
## 10. CO3-vlastní tíha+sníh 2b sníh+redukovaný vítr a údržba Ohybové momenty



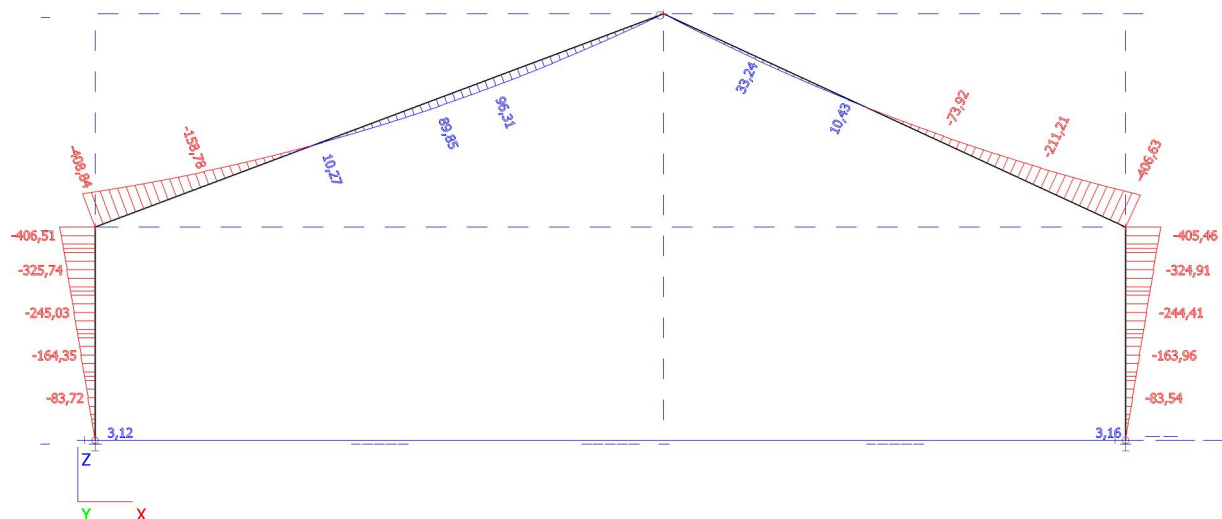
## 11. CO3-vlastní tíha+sníh 2b sníh+redukovaný vítr a údržba Normálové síly



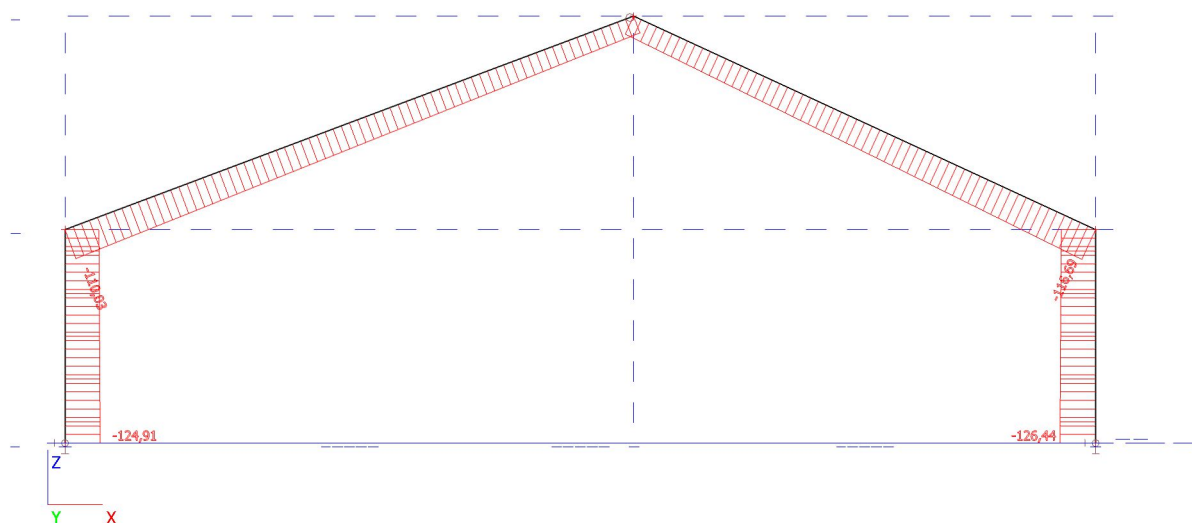
## 12. CO3-vlastní tíha+sníh 2b sníh+redukovaný vítr a údržba Posouvající síly



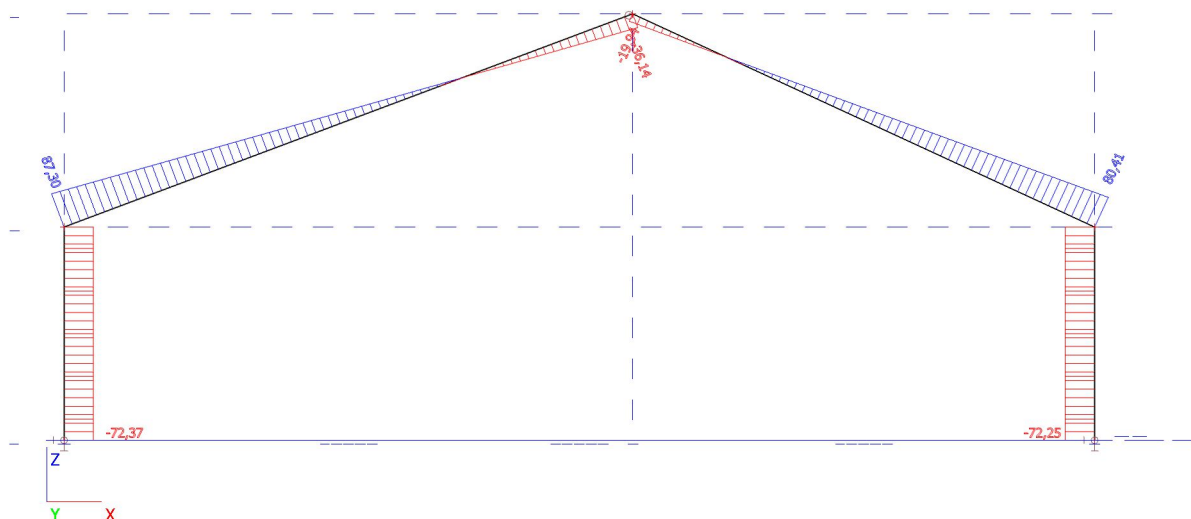
### 13. CO4-vlastní tíha+plný sníh+redukovaný vítr Ohybové momenty



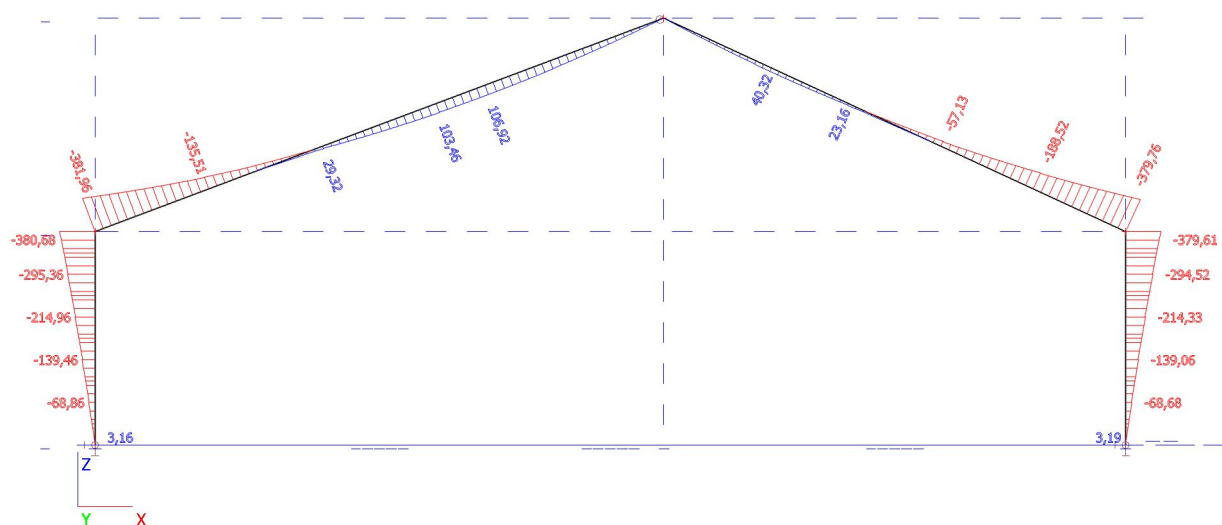
### 14. CO4-vlastní tíha+plný sníh+redukovaný vítr Normálové síly



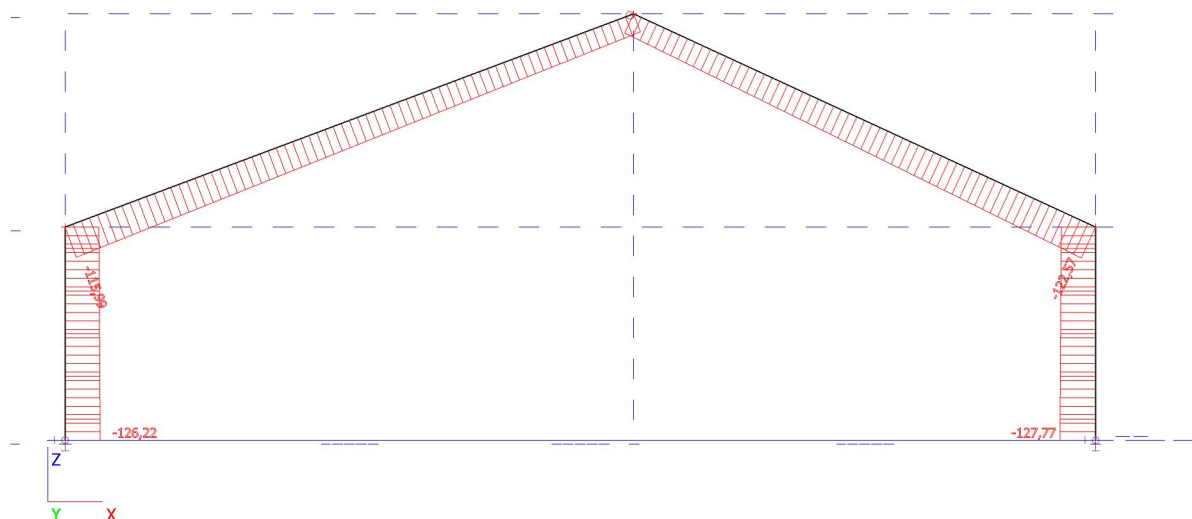
## 15. CO4-vlastní tíha+plný sníh snih+redukovaný vítr Posouvající síly



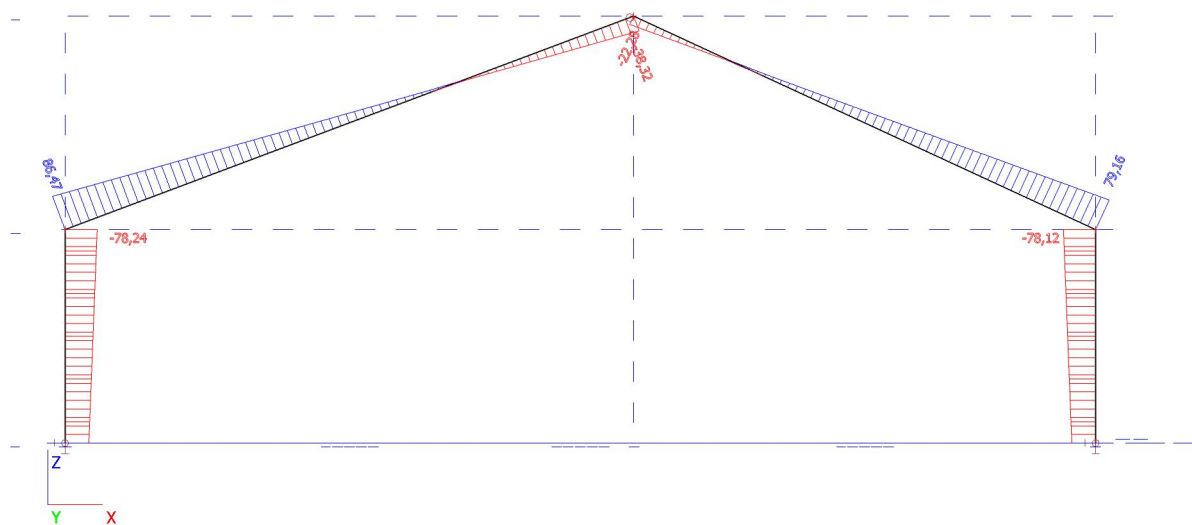
## 16. CO5-vlastní tíha+plná údržba snih+redukovaný vítr a snih 1 Ohybové momenty



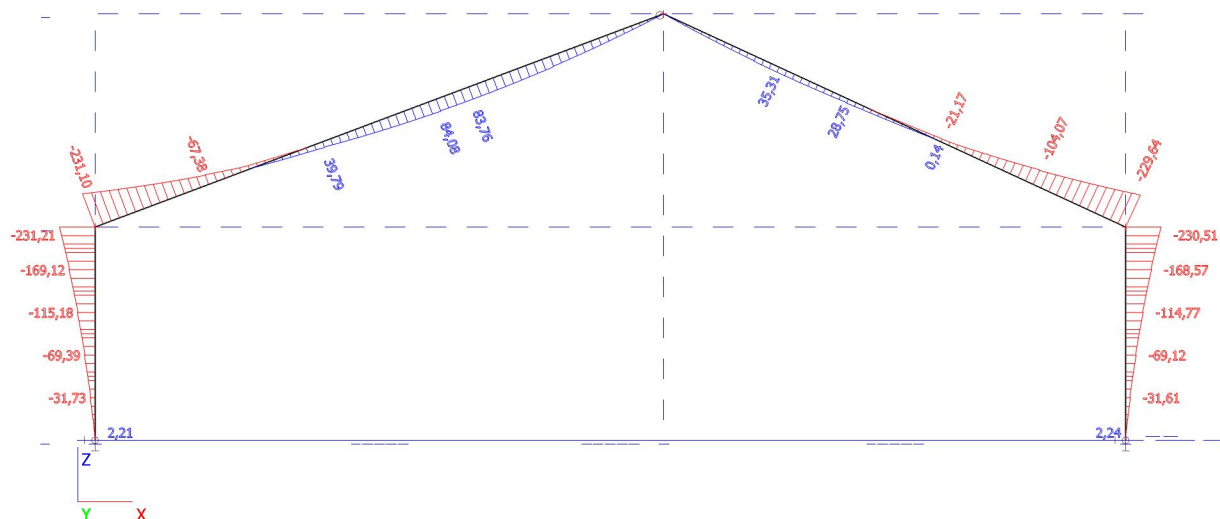
## 17. CO5-vlastní tíha+plná údržba sníh+redukovaný vítr a sníh 1 Normálové síly



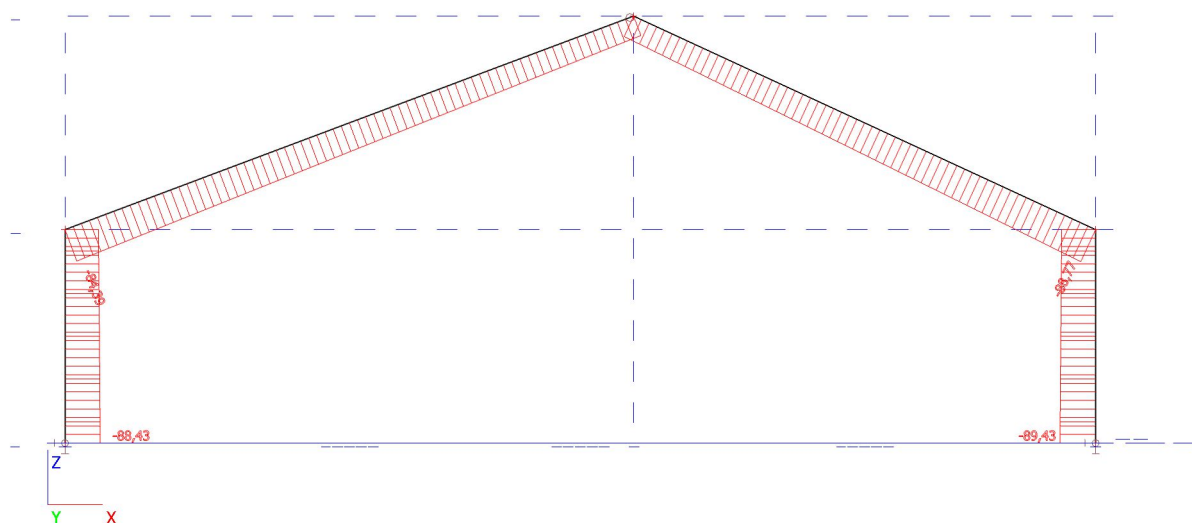
## 18. CO5-vlastní tíha+plná údržba sníh+redukovaný vítr a sníh 1 Posouvající síly



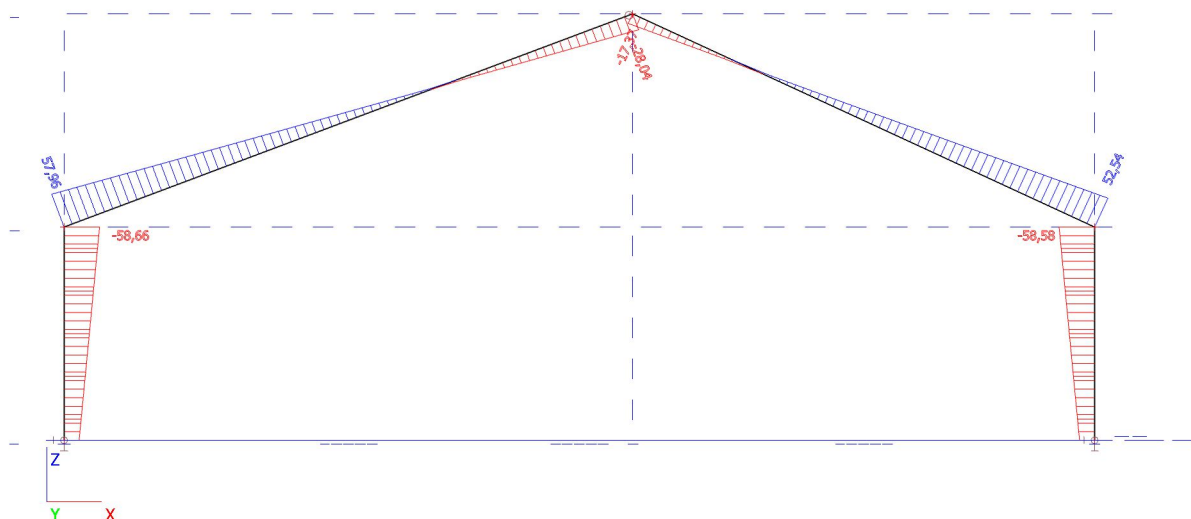
## 19. CO6-vlastní tíha+plný vítra sněh+redukovaný sněh 1 Ohybové momenty



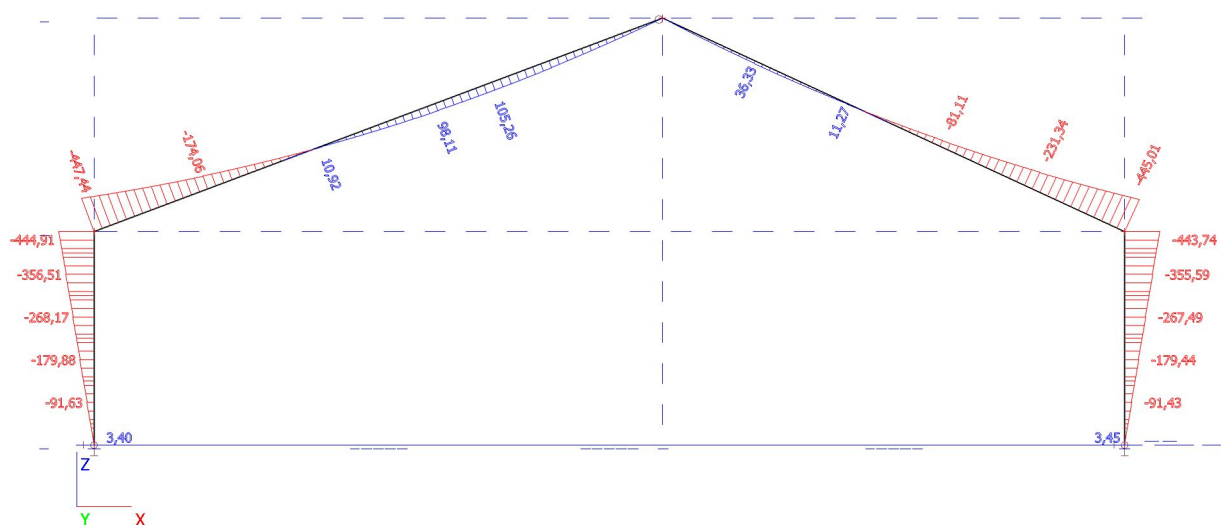
## 20. CO6-vlastní tíha+plný vítra sněh+redukovaný sněh 1 Normálové síly



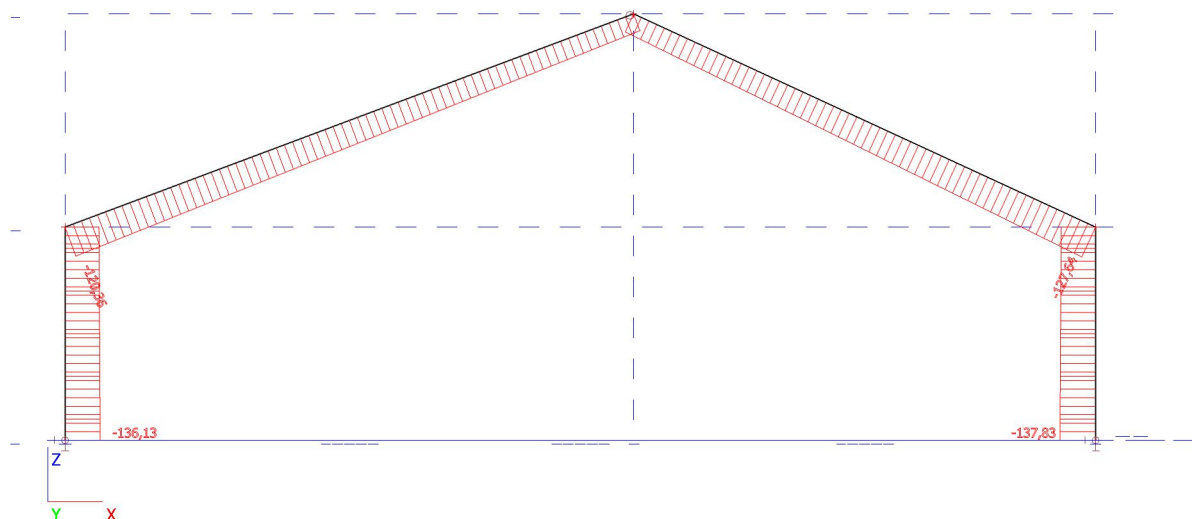
## 21. CO6-vlastní tíha+plný vítra sněh+redukovaný sněh 1 Posouvající síly



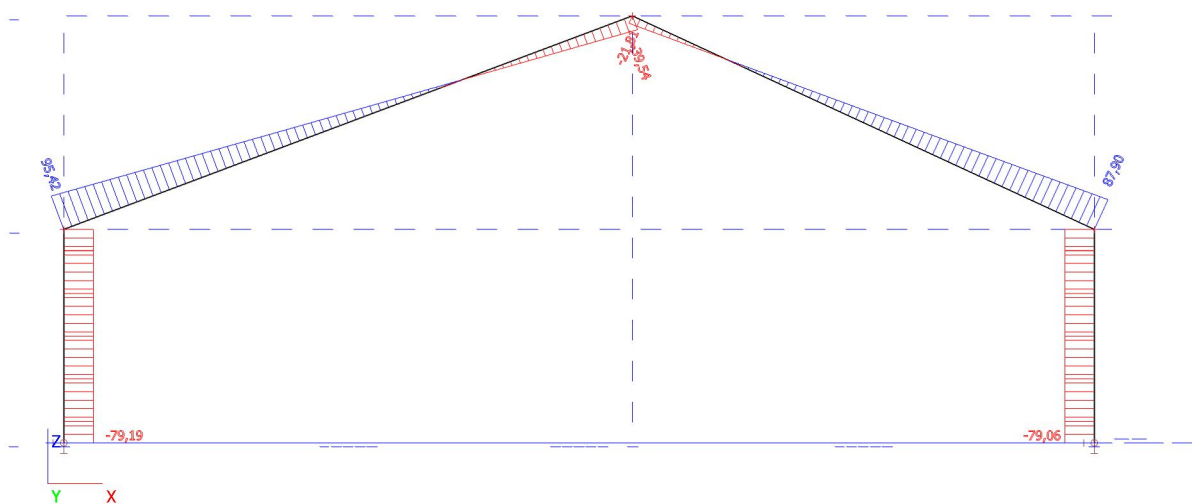
## 22. CO7-vlastní tíha+plná údržba sněh+redukovaný sněh 1 Ohybové momenty



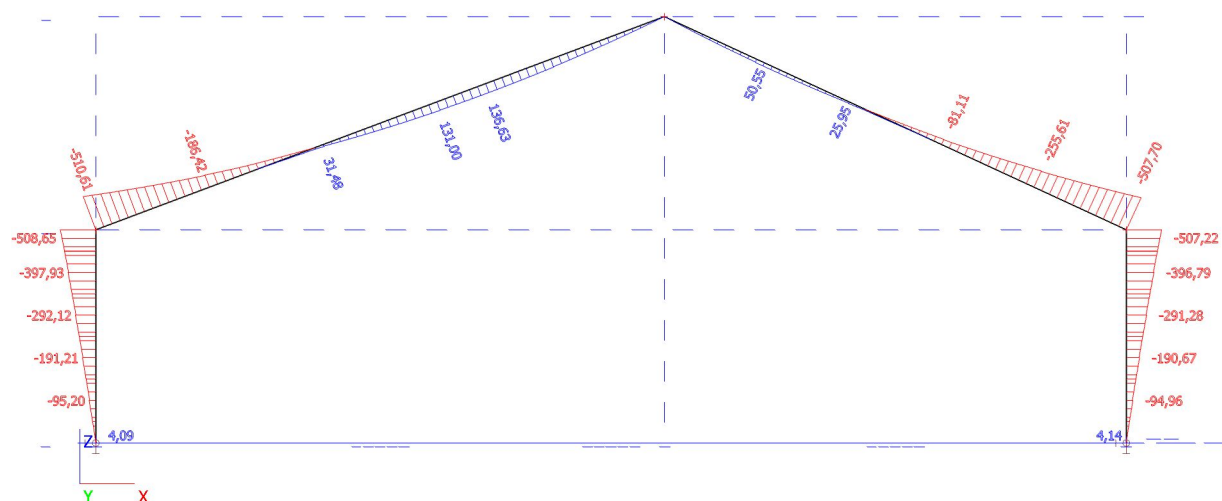
### 23. CO7-vlastní tíha+plná údržba sněh+redukovaný sněh 1 Normálové síly



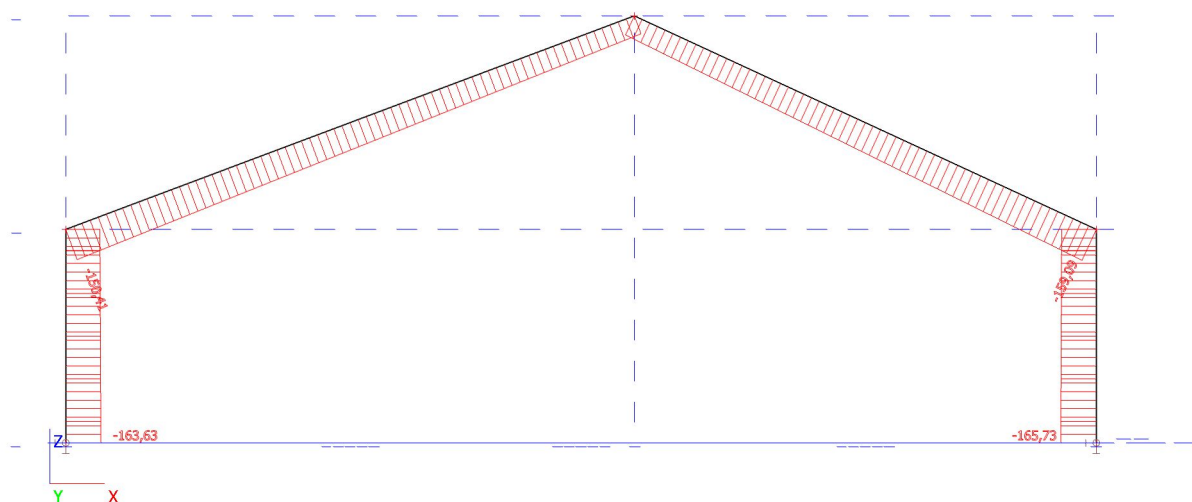
### 24. CO7-vlastní tíha+plná údržba sněh+redukovaný sněh 1 Posouvající síly



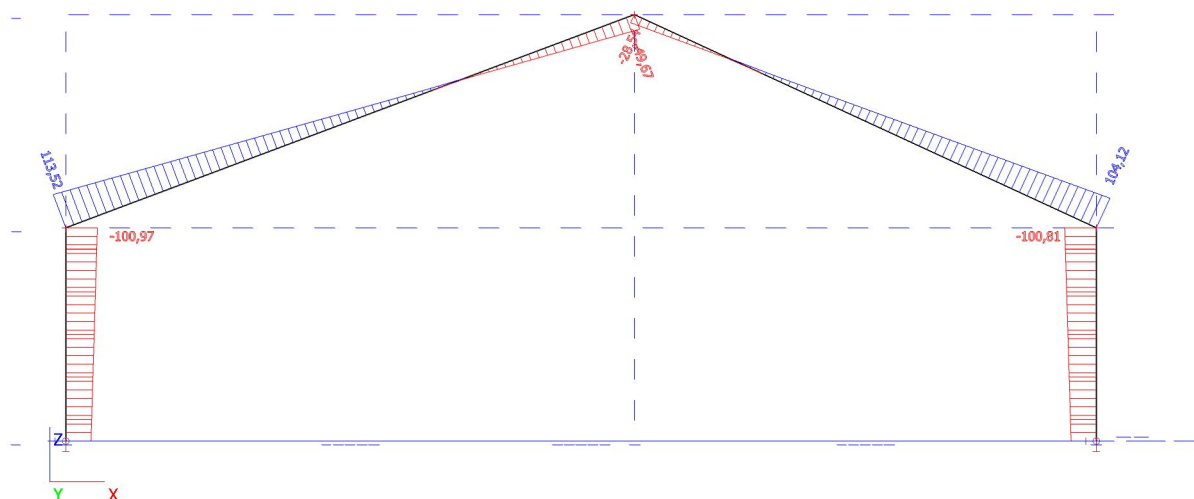
## 25. CO8-vlastní tíha+plná údržba sníh+redukovaný vítr Ohybové momenty



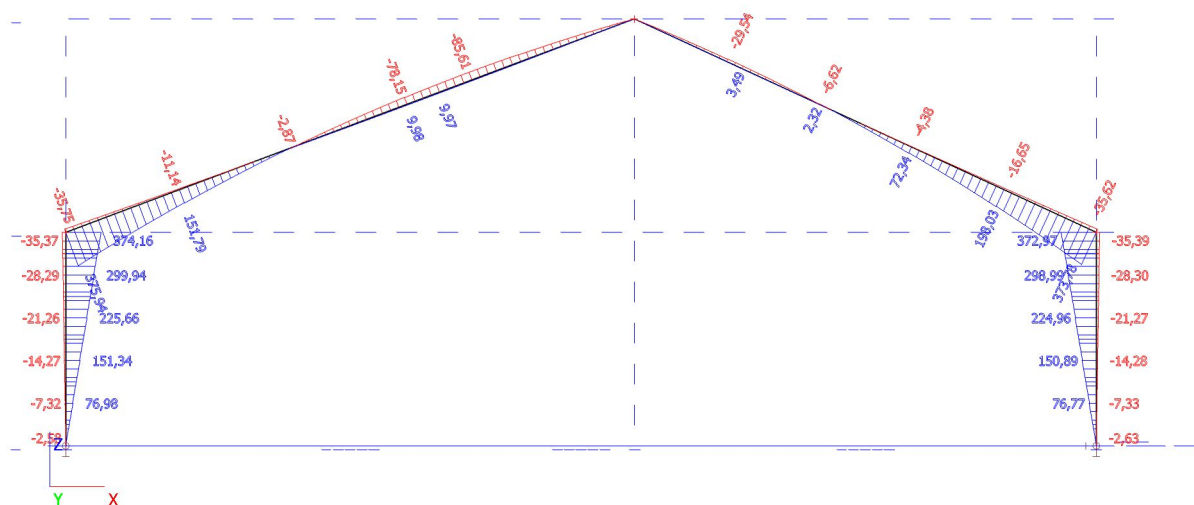
## 26. CO8-vlastní tíha+plná údržba sníh+redukovaný vítr Normálové síly



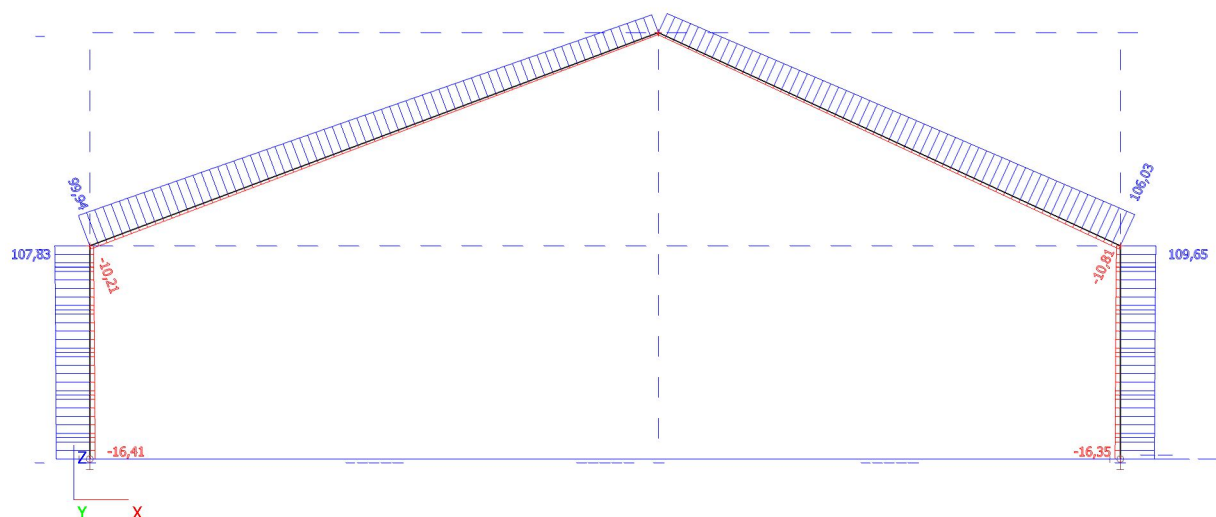
## 27. CO8-vlastní tíha+plná údržba sníh+redukovaný vítr Posouvající síly



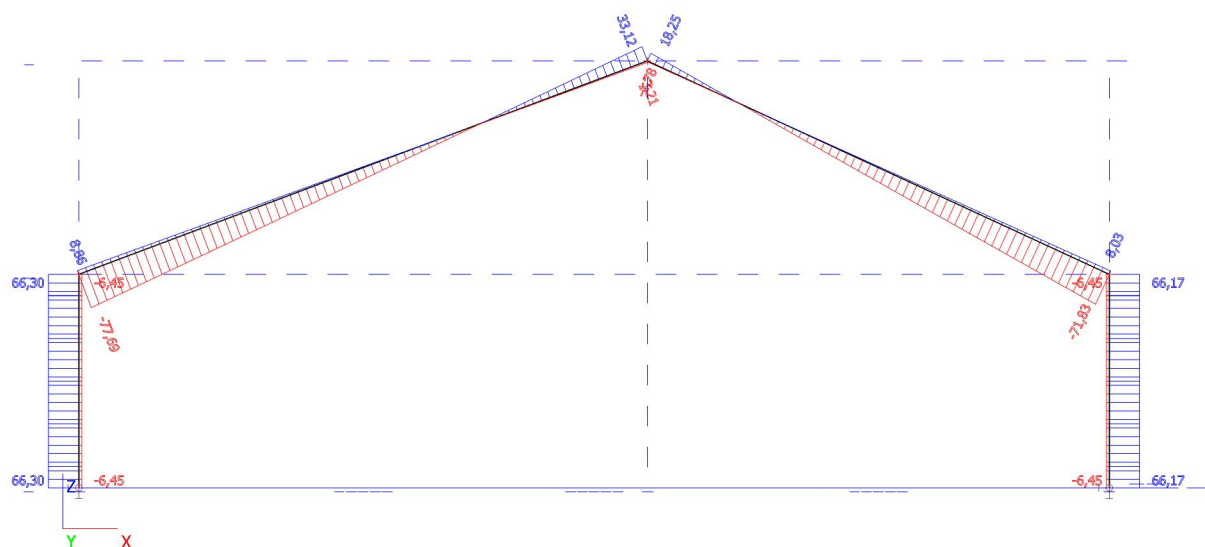
## 28. CO9-vlastní tíha+plný vítr sání Ohybové momenty



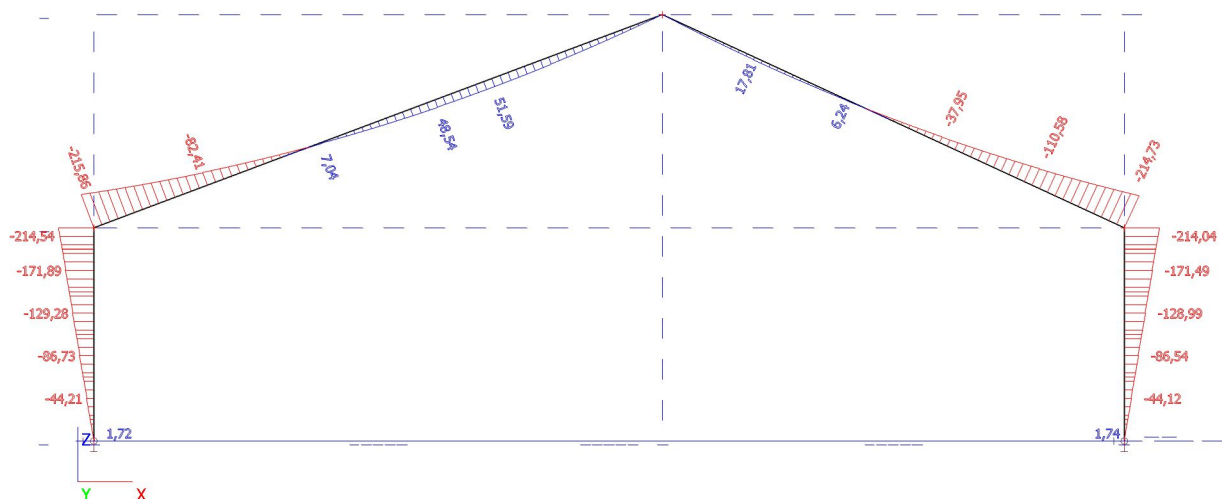
## 29. CO9-vlastní tíha+plný vítr sání Normálové síly



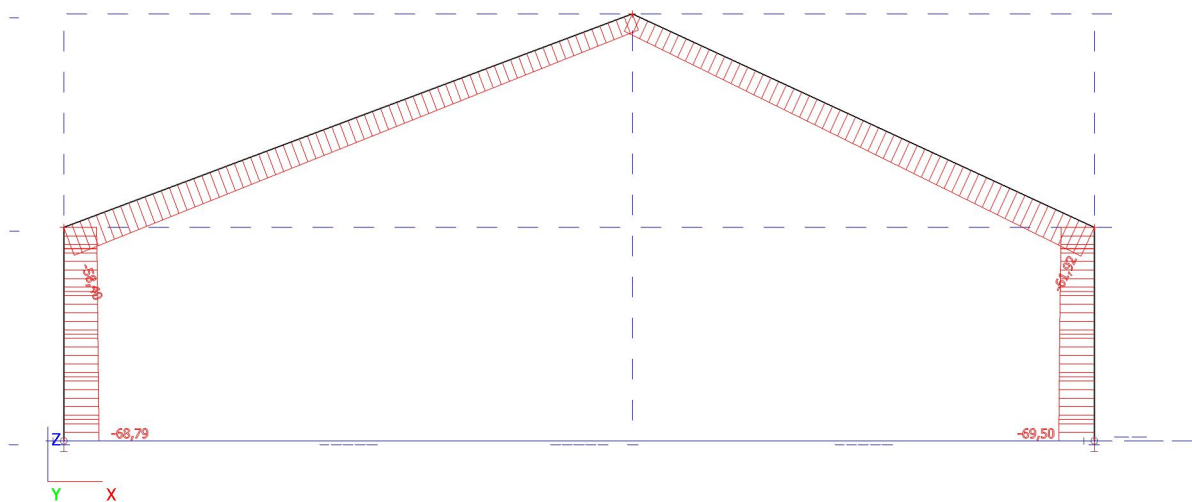
## 30. CO9-vlastní tíha+plný vítr sání Posouvající síly



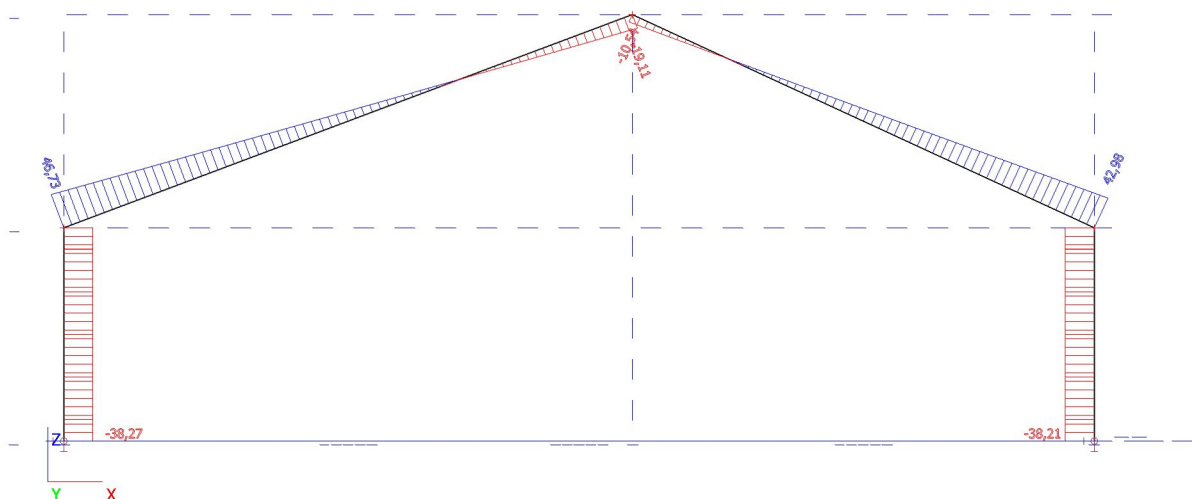
### 31. CO10-vlastní tíha+plný sníh Ohybové momenty



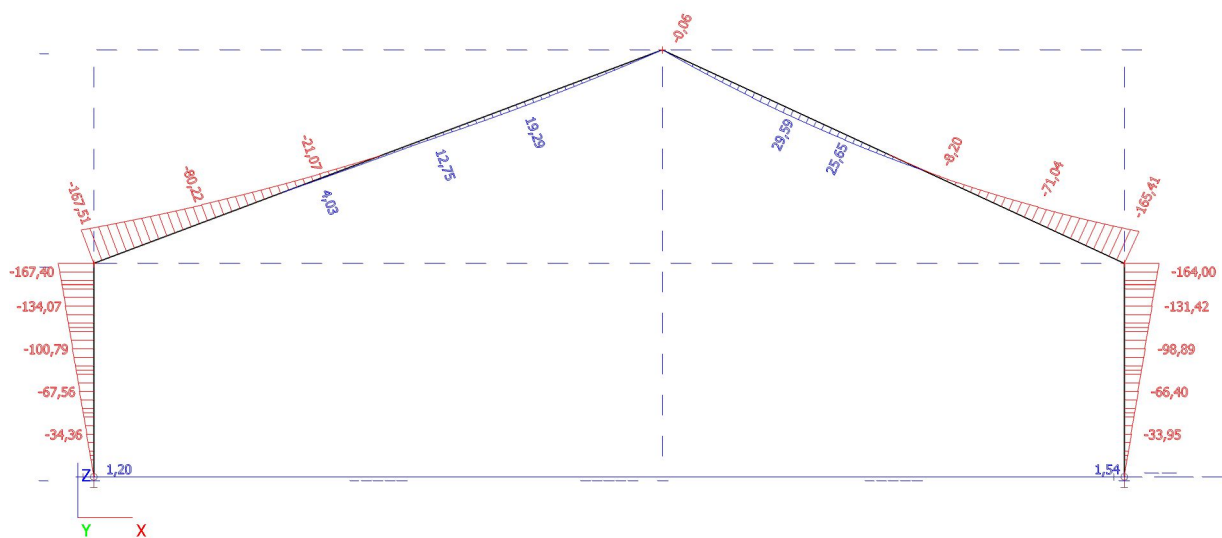
### 32. CO10-vlastní tíha+plný sníh Normálové síly



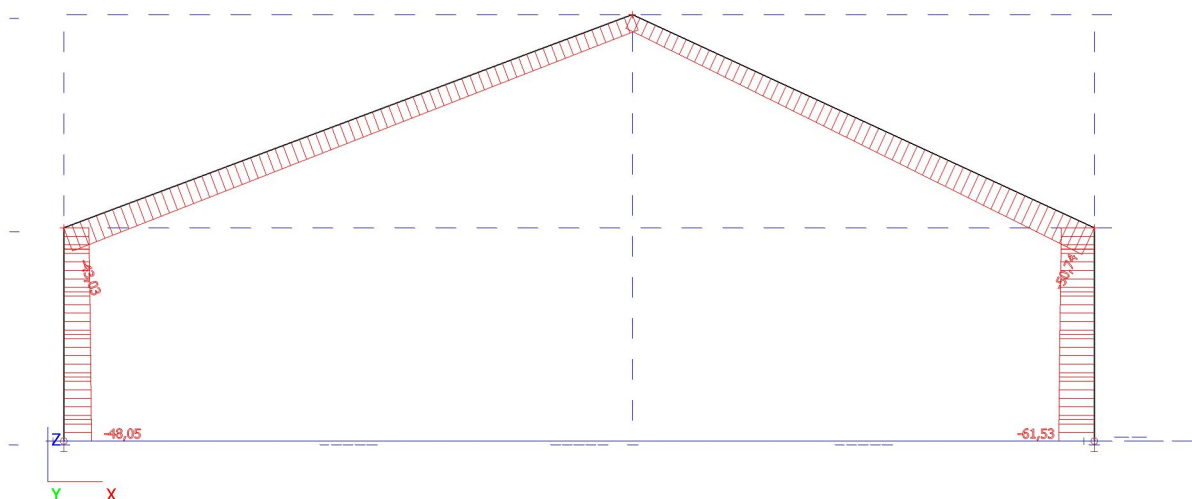
### 33. CO10-vlastní tíha+plný sníh Posouvající síly



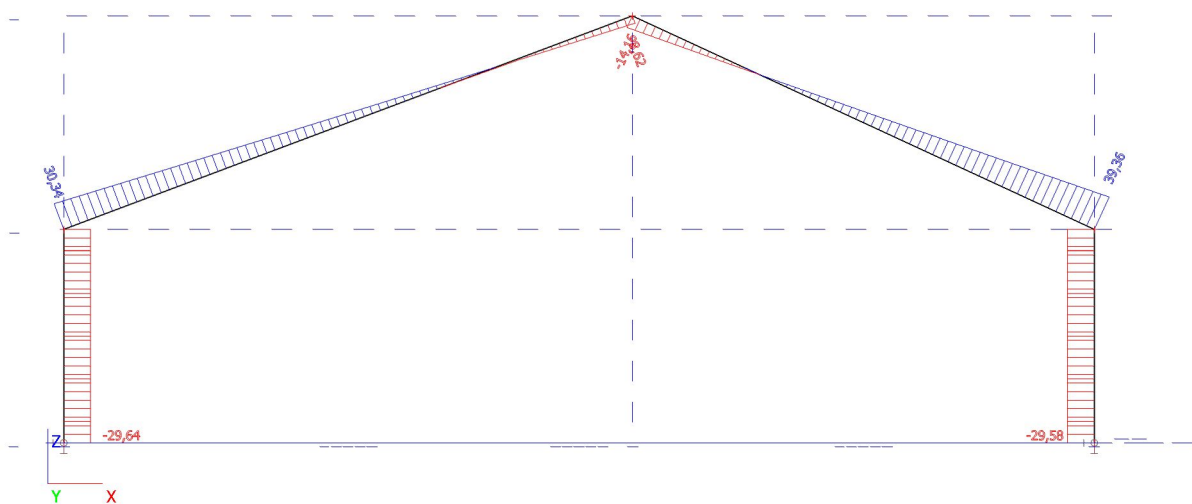
### 34. CO11-vlastní tíha+plný sníh 2a Ohybové momenty



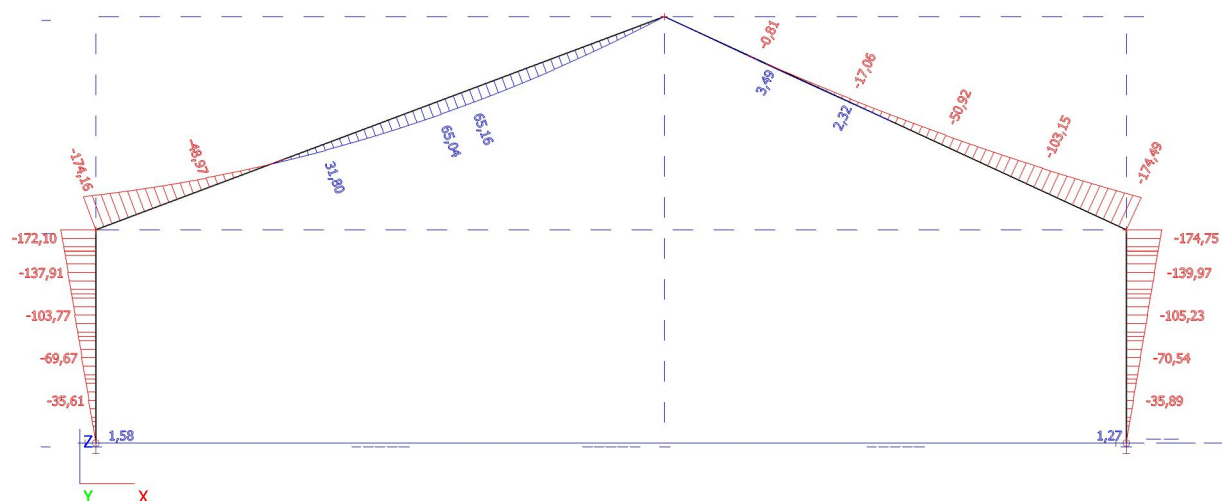
### 35. CO11-vlastní tíha+plný sníh 2a Normálové síly



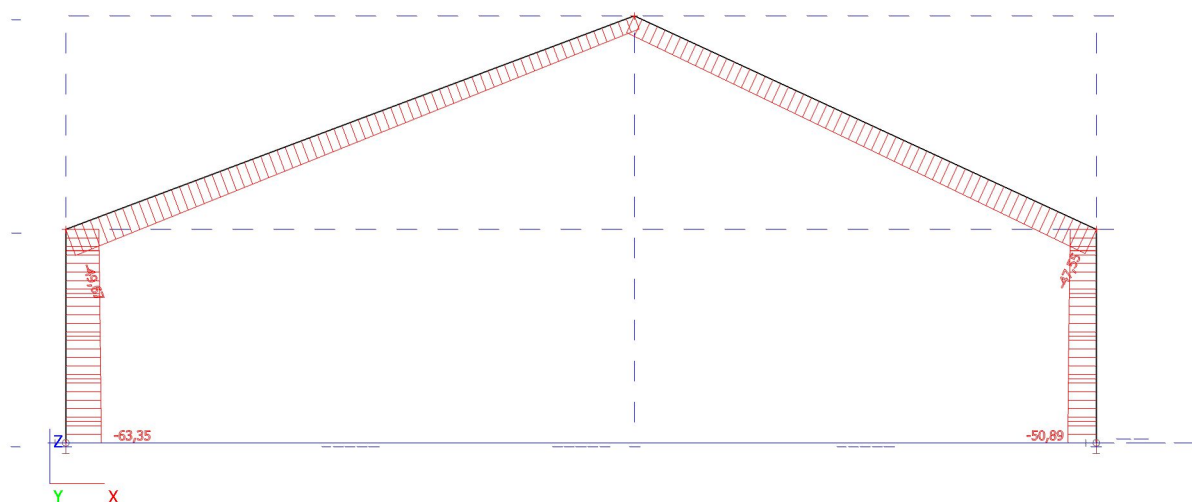
### 36. CO11-vlastní tíha+plný sníh 2a Posouvající síly



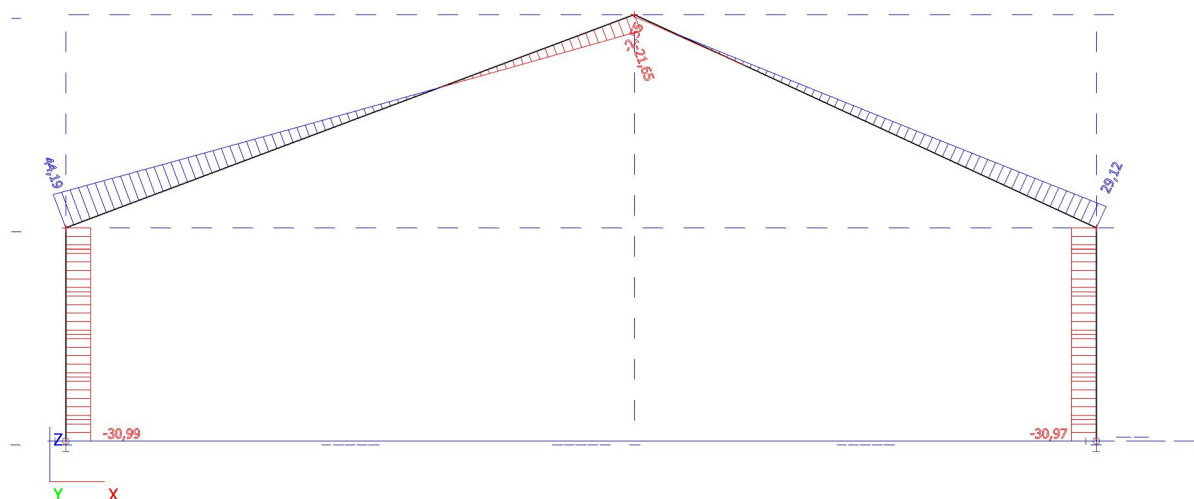
### 37. CO12-vlastní tíha+plný sníh 2b Ohybové momenty



### 38. CO12-vlastní tíha+plný sníh 2b Normálové síly

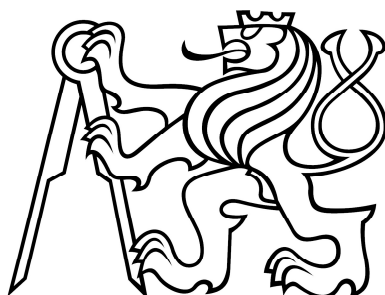


### 39. CO12-vlastní tíha+plný sníh 2b Posouvající síly



České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



**Ztužidlo**

Květen, 2016

Robert Šimáček

# NÁVRH ZTUŽIDLA

## MATERIÁL:

Ocel S460

Rostlé dřevo: C24

$$f_y = 460 \text{ MPa}$$

$$f_u = 610 \text{ MPa}$$

$$N_{ed} = 94,35 \text{ KN}$$

Macalloy M20

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_{net} = 339 \text{ mm}$$

$$g_{mb} = 1,45$$

## PARAMETRY DŘEVA:

$$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11\,000 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,05} = 7400 \text{ MPa}$$

## KOEFICIENTY:

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\gamma_m = 1,3$$

## Zatížení:

$$N_{ed} = 186,44 \text{ KN}$$

## PRŮŘEZOVÉ CHAR.

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

$$h = 280 \text{ mm}$$

$$A = 39200 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 256106666 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 64026666 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 1829333 \text{ mm}^3$$

$$W_z = 914666 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 80,83 \text{ mm}$$

## Výpočet vnitřních sil:

viz. Příloha vnitřní síly

## Tahová únosnost:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{g_{mb}} = \frac{0,9 \cdot 339 \cdot 610}{1,45} = 128,35 \text{ KN}$$

## Posouzení:

$$N_{u,Rd} \geq N_{ed}$$

$$128,35 \geq 94,35 \text{ (KN)} \dots \dots \text{NAVRŽENÁ TÁHLA VYHOVÍ}$$

## Tlaková únosnost:

### 1, NÁVRHOVÁ PEVNOSTI:

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,54 \text{ MPa}$$

### 2, NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ OD TLAKU:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{186,44 \cdot 10^3}{39200} = 4,75 \text{ MPa}$$

### 3, ŠTÍHLOST:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} (-)$$

$$\lambda_y = \frac{4000}{80,83} = 49,48 (-)$$

### 4, VÝPOČET KRITICKÉHO NAPĚTÍ ZA OHYBU:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,g,05}}{\lambda_y^2} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot 7400}{49,48^2} = 29,83 \text{ (MPa)}$$

# NÁVRH ZTUŽIDLA

$$\beta_c = 0,1$$

5, RELATIVNÍ ŠTÍHLOST:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} (-)$$

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{21}{29,83}} = \underline{0,839} (-)$$

7, SOUČINITEL VZPĚRU:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2) (-)$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,839 - 0,3) + 0,839^2) = 0,878 (-)$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{0,878 + \sqrt{0,878^2 - 0,839^2}} = \underline{0,879} (-)$$

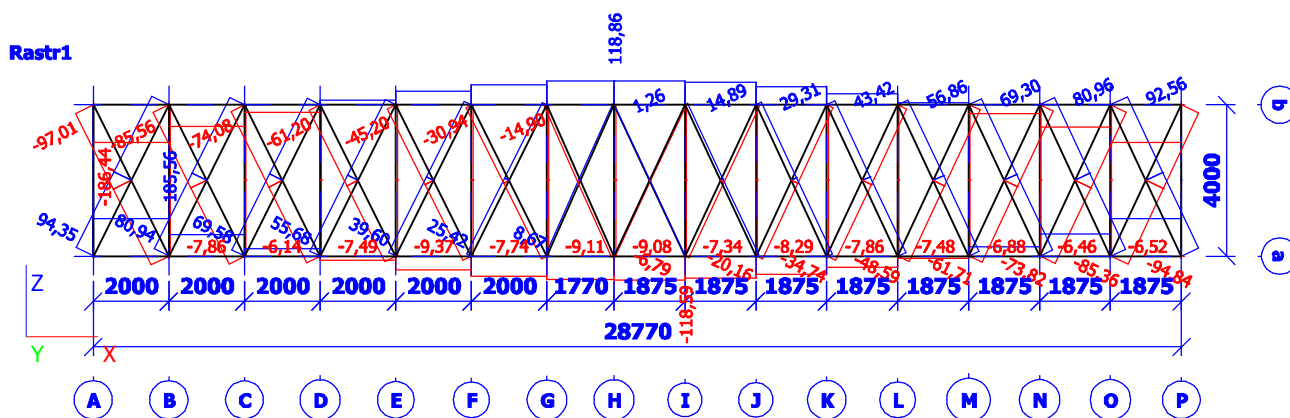
8, POSOUZENÍ NA TLAK (VZPĚR):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} \leq 1 (-)$$

$$\frac{4,75}{0,879 \cdot 14,54} \leq 1 (-)$$

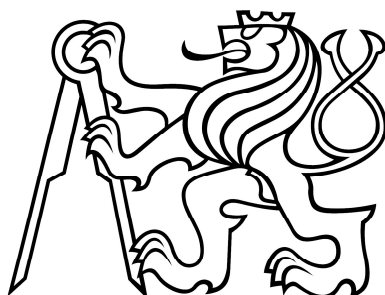
$$0,371 < 1 (-) \dots \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

### 1. Vnitřní síly na prutu; N



České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



**Mezní stav použitelnosti**

Květen, 2016

Robert Šimáček

## MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI RÁMU

$$k_{def} = 0,8$$

$$\Psi_2 = 0$$

### OKAMŽITÝ PRŮHYB

$$w_{inst,g} = 17,5 \text{ mm} \dots \dots \text{Z programu SCIA ENGINEER}$$

$$w_{inst,snih} = 27,6 \text{ mm} \dots \dots \text{Z programu SCIA ENGINEER}$$

$$w_{inst,vitr} = 18,5 \text{ mm} \dots \dots \text{Z programu SCIA ENGINEER}$$

$$w_{inst,údržba} = 9,3 \text{ mm} \dots \dots \text{Z programu SCIA ENGINEER}$$

### Celkový okamžitý průhyb:

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,vitr} + w_{inst,snih} + w_{inst,údržba}$$

$$w_{inst} = 17,5 + 27,6 + 18,5 + 9,3 = 72,9 \text{ mm}$$

### POSOUZENÍ:

$$w_{inst} \leq w_{lim} = \frac{l}{300} = 96,6 \text{ mm}$$

$$72,9 < 96,6 \text{ (mm)} \dots \dots \text{RÁM NA OKAMŽITÝ PRŮHYB VYHOVÍ}$$

### KONEČNÝ PRŮHYB

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,snih} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) + \\ w_{inst,vitr} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) + \\ + w_{inst,údržba} \cdot (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) \text{ (mm)}$$

$$w_{fin} = 17,5 \cdot (1 + 0,8) + 27,6 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0) + 18,5 \cdot \\ (1 + 0,8 \cdot 0) + 9,3 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0)$$

$$w_{fin} = \underline{86,9 \text{ mm}}$$

### POSOUZENÍ:

$$w_{fin} \leq w_{lim} = \frac{l}{250} = 116 \text{ mm}$$

$$86,9 < 116 \text{ (mm)} \dots \dots \text{RÁM NA KONEČNÝ PRŮHYB VYHOVÍ}$$