

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Perhaj, J., 2016. Dimenzioniranje lesenega nadstreška za avtomobile. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Lopatič, J.): 35 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5928/>

Datum arhiviranja: 27-09-2016

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Perhaj, J., 2016. Dimenzioniranje lesenega nadstreška za avtomobile. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Lopatič, J.): 35 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5928/>

Archiving Date: 27-09-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

**JAN PERHAJ**

**DIMENZIONIRANJE LESENEGA NADSTREŠKA ZA  
AVTOMOBILE**

Diplomska naloga št.: 266/B-GR

**DESIGN OF WOODEN PROJECTING ROOF FOR CARS**

Graduation thesis No.: 266/B-GR

**Mentor:**

izr. prof. dr. Jože Lopatič

Ljubljana, 22. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Staran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVE**

Spodaj podpisani študent Jan Perhaj, vpisna številka 26110437, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Dimenzioniranje lesenega nadstreška za avtomobile.

**IZJAVLJAM**

1. da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Podpis študenta:

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČKI**

**UDK:** 624.011.1(043.2)  
**Avtor:** Jan Perhaj  
**Mentor:** izr. prof. dr. Jože Lopatič  
**Somentor:** /  
**Naslov:** Dimenzioniranje lesenega nadstreška za avtomobile  
**Tip dokumenta:** diplomska naloga – univerzitetni študij  
**Obseg in oprema:** 35 str., 39 sl., 5 pregl.  
**Ključne besede:** lesena konstrukcija, dimenzioniranje, obtežba vetra, obtežba snega, koristna obtežba, statična analiza

### **POVZETEK**

V diplomski nalogi sem s pomočjo statične analize v programu Tower 7, dimenzioniral lesen nadstrešek za avtomobile dimenzij 6.50 m x 6.61 m. V programu sem pripravil modul nadstreška in izvedel izračun notranjih statičnih količin. Za posamezne konstrukcijske elemente nadstreška sem s pomočjo predpisanih kontrol za mejna stanja nosilnosti in mejna stanja uporabnosti v skladu s standardi Evrokod 5, dokazal ustreznost njihovih dimenzij.

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRAC**

**UDC:** 624.011.1(043.2)  
**Author:** Jan Perhaj  
**Supervisor:** Assoc. Prof. Jože Lopatič, Ph.D.  
**Co-supervisor:** /  
**Title:** Design of wooden projecting roof for cars  
**Document Type:** Graduation Thesis – University studies  
**Scope and tools:** 35 p., 39 fig., 5 tab.  
**Keywords:** wooden construction, wooden projecting roof, dimensioning, wind load, snow loads, useful load, static analysis

**SUMMARY**

In the graduation thesis I designed a wooden projecting roof for cars in dimensions 6.50 m x 6.61 m, with the help of static analysis in the computer program Tower 7. In the program I modelled the projecting roof and calculated the inner static quantities. For each of the structural elements I checked the dimension adequacy of the elements with the using prescribed controls of the ultimate limit states and the serviceability limit states in accordance with the Eurocodes 5.

## **ZAHVALA**

Zahvalil bi se rad mentorju izr. prof. dr. Jožetu Lopatiču za strokovno pomoč in čas pri izdelavi diplomske naloge. Zahvale gredo tudi staršem in prijateljem, ki so me podpirali vse do konca in niso nikoli dvomili vame.

**KAZALO VSEBINE**

<b>STRAN ZA POPRAVKE</b> .....	I
<b>IZJAVE</b> .....	II
<b>BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČKI</b> .....	III
<b>BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRAC</b> .....	IV
<b>ZAHVALA</b> .....	V
<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. ZASNOVA NADSTREŠKA</b> .....	2
<b>3. VPLIVI NA KONSTRUKCIJO</b> .....	5
<b>3.1 Lastna teža</b> .....	5
<b>3.2 Koristna obtežba</b> .....	6
<b>3.3 Obtežba snega</b> .....	6
<b>3.4 Obtežba vetra</b> .....	8
<b>4. KOMBINACIJE VPLIVOV</b> .....	14
<b>4.1 Mejna stanja nosilnosti (MSN)</b> .....	14
<b>4.2 Mejna stanja uporabnosti (MSU)</b> .....	15
<b>5. DIMENZIONIRANJE KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV NADSTREŠKA</b> .....	16
<b>5.1 Špirovci</b> .....	17
<b>5.2 Grede</b> .....	21
<b>5.2.1 Sprednja lega</b> .....	21
<b>5.2.2 Stranski gredi</b> .....	24
<b>5.2.3 Zadnja lega</b> .....	28
<b>5.3 Stebri</b> .....	31
<b>6. ZAKLJUČEK</b> .....	34
<b>VIRI</b> .....	35



## KAZALO SLIK

Slika 1: Tloris nadstreška .....	2
Slika 2: Prerez A-A, sprednja stran nadstreška .....	3
Slika 3: Prerez B-B, zadnja stran nadstreška .....	3
Slika 4: Prerez C-C, nadstrešek s strani.....	4
Slika 5: Obtežna karta snega Slovenije .....	7
Slika 6: Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra $v_{b,0}$ .....	9
Slika 7: Kategorija terena in terenski parametri .....	10
Slika 8: Prikaz razdelitve nadstrešnice na področja z vredostimi $C_f$ in $C_{p,net}$ .....	12
Slika 9: Zasnova nadstreška v programu TOWER 7 .....	16
Slika 10: Prečni prerez špirovca.....	17
Slika 11: Notranji momenti v špirovcu [kNm] .....	17
Slika 12: Notranje prečne sile v špirovcu [kN] .....	17
Slika 13: Pomik zaradi lastne teže, previsno polje [mm].....	19
Slika 14: Pomik zaradi koristne obtežbe, previsno polje [mm] .....	19
Slika 15: Pomik zaradi snega, previsno polje [mm] .....	20
Slika 16: Pomik zaradi vetra, previsno polje .....	20
Slika 17: Prečni prerez sprednje lege.....	21
Slika 18: Notranji momenti v sprednji legi [kNm] .....	21
Slika 19: Notranje prečne sile v sprednji legi.....	21
Slika 20: Pomik zaradi lastne teže, sprednja lega [mm] .....	23
Slika 21: Pomik zaradi koristne obtežbe, sprednja lega [mm].....	23
Slika 22: Pomik zaradi snega, sprednja lega [mm].....	23
Slika 23: Pomik zaradi vetra, sprednja lega [mm].....	23
Slika 24: Prečni prerez stranske grede .....	24
Slika 25: Notranji momenti v stranski gredi [kNm] .....	25
Slika 26: Notranje prečne sile v stranski gredi [kN] .....	25
Slika 27: Pomik zaradi lastne teže, stranska lega [mm].....	26
Slika 28: Pomik zaradi koristne obtežbe, stranska lega [mm].....	26
Slika 29: Pomik zaradi vetra, stranska lega [mm].....	27
Slika 30: Pomik zaradi snega, stranska lega [mm] .....	27
Slika 31: Prečni prerez zadnje lege.....	28
Slika 32: Notranji momenti v zadnji legi [kNm].....	28
Slika 33: Notranje prečne sile v zadnji legi [kNm].....	28
Slika 34: Pomik zaradi lastne teže, zadnja lega [mm].....	30

Slika 35: Pomik zaradi koristne obtežbe, zadnja lega [mm].....	30
Slika 36: Pomik zaradi snega, zadnja lega [mm] .....	30
Slika 37: Pomik zaradi vetra, zadnja lega [mm].....	30
Slika 38: Prečni prerez stebra .....	31
Slika 39: Notranje statične količine v stebru [kN, kNm].....	31

## KAZALO PREGLEDNIC

Tabela 1: Karakteristična vrednost koristne obtežbe .....	6
Tabela 2: Oblikovni koeficient za določanje obtežbe snega .....	7
Tabela 3: Kombinacije obtežb za MSN .....	14
Tabela 4: Karakteristične kombinacije obtežb za MSU .....	15
Tabela 5: Karakteristične vrednosti mehanskih lastnosti lesa .....	17



## 1. UVOD

Starodavni material les se je kot konstrukcijski material ohranil vse do danes. Sestavljen je iz celuloze in hemiceluloze ter je olesenel zaradi lignina.

Uporablja se ga tako za mostove, kakor tudi za stavbe. Les - lepljeni lamelirani les, žagan les itd. imajo nosilno funkcijo, drugi proizvodi iz lesa, kot so pohištvo, talne, stenske in stropne obloge, pa so nenosilni v smislu gradbene konstrukcije. Pri uporabi lesa, kot nosilnega materiala, moramo poznati njegove mehanske lastnosti, ki so zelo odvisne od smeri obremenjevanja. Najboljše so v smeri vlaken in najslabše v smeri pravokotno na njih. Les je naraven material, zato so lastnosti materiala odvisne od pogojev rasti in ga ne moremo izdelati sintetično. Poznamo več trdnostnih razredov lesa, ki so odvisni od upogibne trdnosti lesa, gostote in modula elastičnosti. Masivni les je označen s črkami C (iglavci) oz. D (listavci) in s pripadajočo številko, ki predstavlja upogibno trdnost v MPa. Na trdnost lesa vplivajo različni dejavniki: gostota, poroznost, vlaga, vrsta lesa, razpoke in anizotropija. Z visoko natezno in tlačno trdnostjo les konkurira betonu in jeklu ter se ga vse bolj uporablja kot nosilni material [1].

Zaradi poroznosti je les dober toplotni izolator, majhna gostota pa pripomore k slabi zvočni izolaciji. Uporablja se ga tudi za oblaganje stropov in sten v dvoranah, saj zaradi dobre absorpcije ali odboja zvoka izboljšuje akustičnost prostorov. Prednost lesa pred ostalimi materiali je tudi v njegovi dobri požarni odpornosti, saj v primeru požara, nosilnost nezoglenelih delov lesenih elementov ne pade bistveno [2].

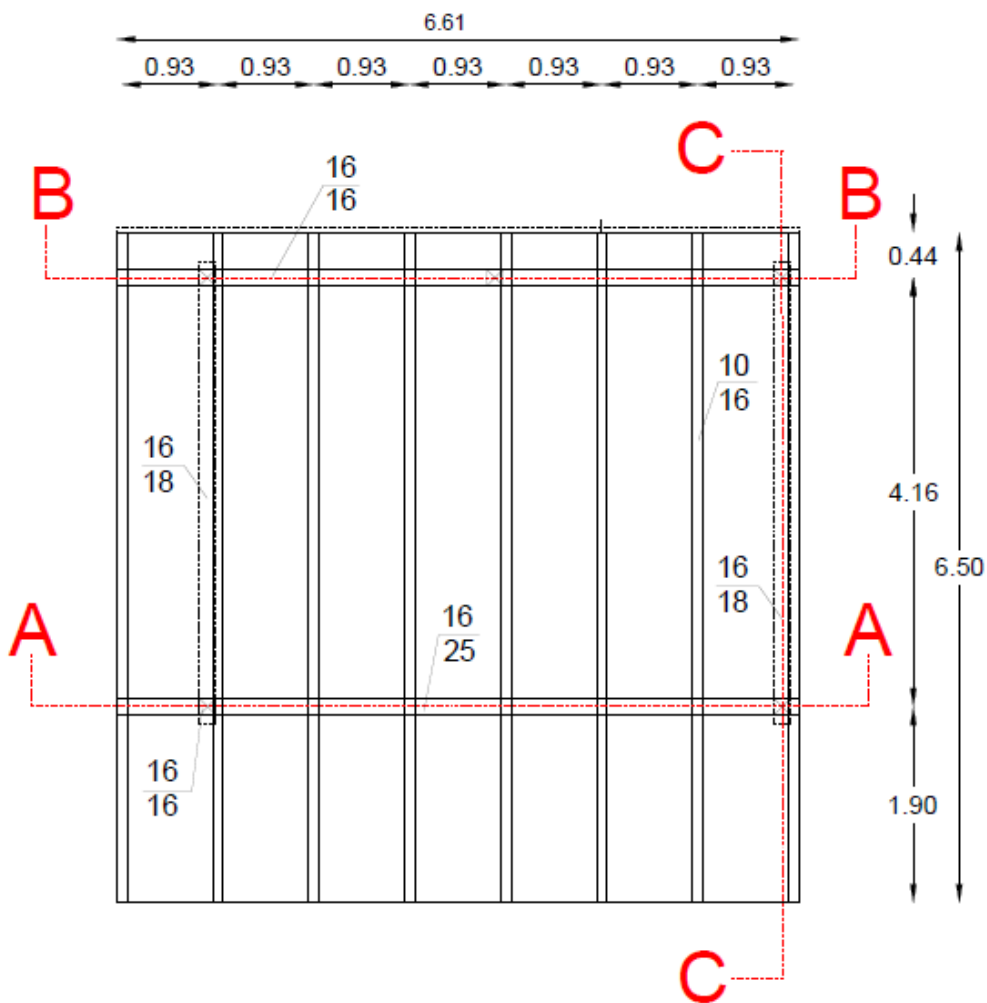
Les je okolju prijazen material in ne vsebuje škodljivih snovi, ki bi pri človeku povzročale alergije. Ima prijeten vonj in daje občutek topline. Les je obnovljiv gradbeni material in je njegova predelava oz. obdelava veliko lažja kot pri drugih materialih.

Poleg dobrih lastnosti pa ima les tudi nekaj negativnih. Je gorljiv material in lahko povzroča hitro širjenje požara in zadimljenost ob njem. Ker je naravni material, je tudi zelo občutljiv na vplive okolja, kot je npr. visoka ali spreminjajoča se vlaga in škodljivce. Proti temu se lahko les zaščiti z ustreznimi premazi [2].

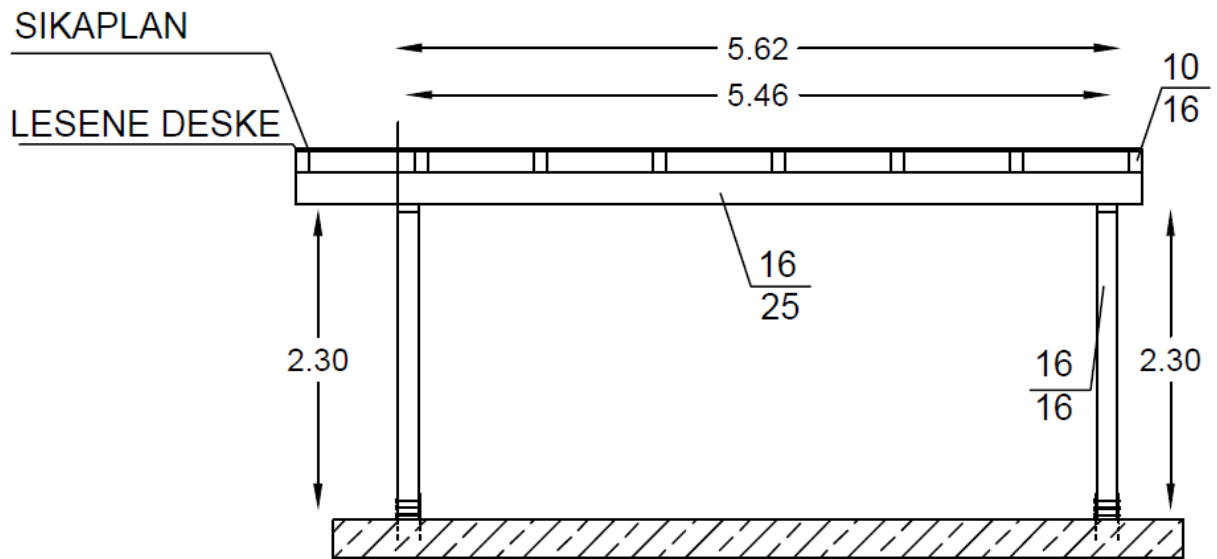
V nalogi sem zasnoval leseni nadstrešek za avtomobile, dimenzije 6.50 m x 6.61 m, ga analiziral in dimenzioniral njegove elemente v skladu z standardi Evrokod.

## 2. ZASNOVA NADSTREŠKA

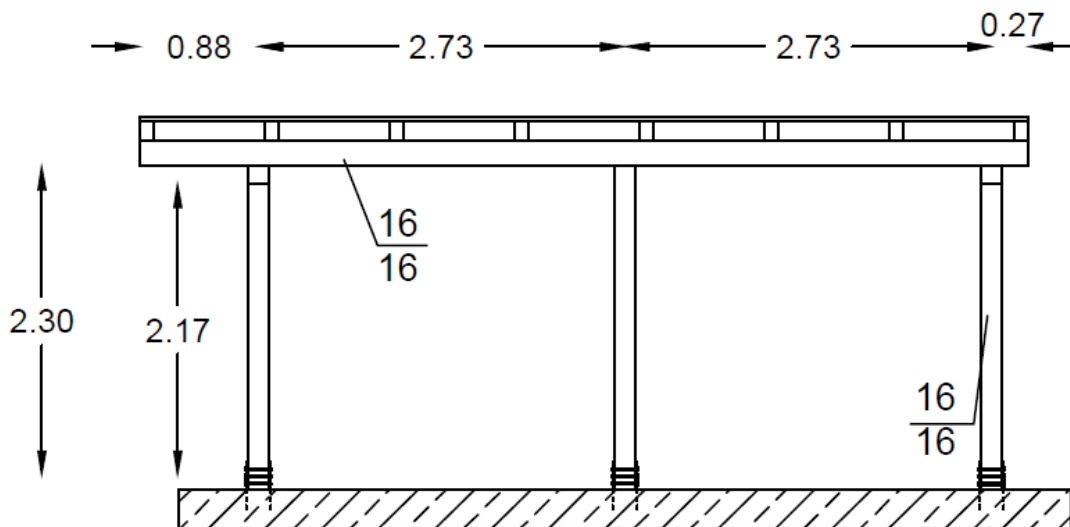
Leseni nadstrešek za avtomobile se nahaja v Novem mestu, na nadmorski višini 202 m. Njegova tlorisna površina znaša 6,50 m x 6,61 m. Temeljna plošča je betonska. V njej so na jeklene profile toga vpeti leseni stebri dimenzij 16 cm x 16 cm. Na stebre so položene štiri grede različnih dimenzij. Razdalja med špirovci je 0,93 m. Streha je sestavljena iz lesenih desk, filca in Sikoplan folije. Nagnjena je za 2%. Nadstrešek je izdelan iz lesa iglavcev C24 in se nahaja v okolju, ki ustreza 2. razredu uporabe.



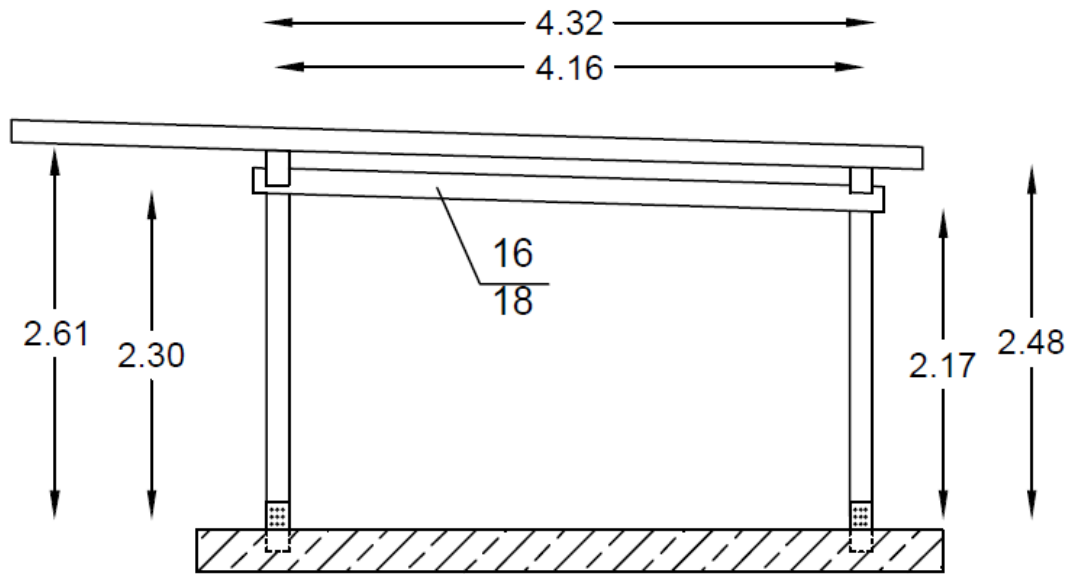
Slika 1: Tloris nadstreška



Slika 2: Prerez A-A, sprednja stran nadstreška



Slika 3: Prerez B-B, zadnja stran nadstreška



Slika 4: Prerez C-C, nadstrešek s strani



### 3. VPLIVI NA KONSTRUKCIJO

#### 3.1 Lastna teža

Lastna teža je stalni in nepremični vpliv na vse konstrukcijske elemente. Sem spada teža tako nosilnih kot tudi ne konstrukcijskih elementov. Pri izračunih bom upošteval vrednosti za les iglavcev C24 s prostorninsko težo  $4,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ .

Teža strehe:

$$q_s = q_{les} + q_{kri} = 0,279 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,009 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0,288 \frac{\text{kN}}{\text{m}},$$

$$\text{lesene deske (} 0,30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\text{): } q_{les} = 0,30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,93 \text{ m} = 0,279 \frac{\text{kN}}{\text{m}},$$

$$\text{kritina (filc + Sikoplan folija = } 0,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\text{): } q_{kri} = 0,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,93 \text{ m} = 0,009 \frac{\text{kN}}{\text{m}}.$$

Teža špirovca:

$$q_{spi} = 0,10 \text{ m} \cdot 0,16 \text{ m} \cdot 4,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0,067 \frac{\text{kN}}{\text{m}}.$$

Teža lege:

$$q_{leg1} = 0,16 \text{ m} \cdot 0,16 \text{ m} \cdot 4,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0,108 \frac{\text{kN}}{\text{m}},$$

$$q_{leg2} = 0,16 \text{ m} \cdot 0,18 \text{ m} \cdot 4,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0,121 \frac{\text{kN}}{\text{m}},$$

$$q_{leg3} = 0,16 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 4,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0,168 \frac{\text{kN}}{\text{m}}.$$

Teža stebra:

$$q_{steb1,2} = 0,16 \text{ m} \cdot 0,16 \text{ m} \cdot 4,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0,108 \frac{\text{kN}}{\text{m}}.$$

### 3.2 Koristna obtežba

Koristno obtežbo obravnavamo kot spremenljivo in jo upoštevamo kot navidezno statični vpliv (obtežba vozil, ljudi, pohištva). Odvisna je od namembnosti uporabe, tako pri strešni kot pri talni površini in je razdeljena v kategorije, katere določa standard SIST EN 1991-1-1: 2004. Koristno obtežbo na lesenem nadstrešku sem upošteval na pohodni strehi. Površina strešne konstrukcije spada v kategorijo H.

Tabela 1: Karakteristična vrednost koristne obtežbe [5]

Kategorija	Opis uporabe	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
H	Strehe	0,8

Izračun koristne obtežbe:

$$q_k = 0,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,93 \text{ m} = 0,744 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### 3.3 Obtežba snega

Obtežba snega je spremenljiva pomična obtežba. Njena porazdelitev je odvisna od oblike strehe, hrapavosti površine strehe, toplotnih lastnosti strehe, sosednjih stavb, terena v okolici stavbe in krajevnih podnebnih razmer (sprememba temperature, verjetnost padavin, vetrovnosti). Z določili iz standarda [6] se določi obtežbo snega zasnovanega nadstreška.

Izračun obtežbe snega z izrazom:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k,$$

kjer so:

$s$  - obtežba snega v  $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ ,

$\mu_i$  - oblikovni koeficient obtežbe snega,

$C_e$  - koeficient izpostavljenosti,

$C_t$  - toplotni koeficient in

$s_k$  - karakteristična obtežba snega na tleh.

Z oblikovnim koeficientom obtežbe snega upoštevamo vpliv naklona in oblike strehe na velikost obtežbe snega. Pri enokapni strehi je oblikovni koeficient določen s pomočjo podane tabele:

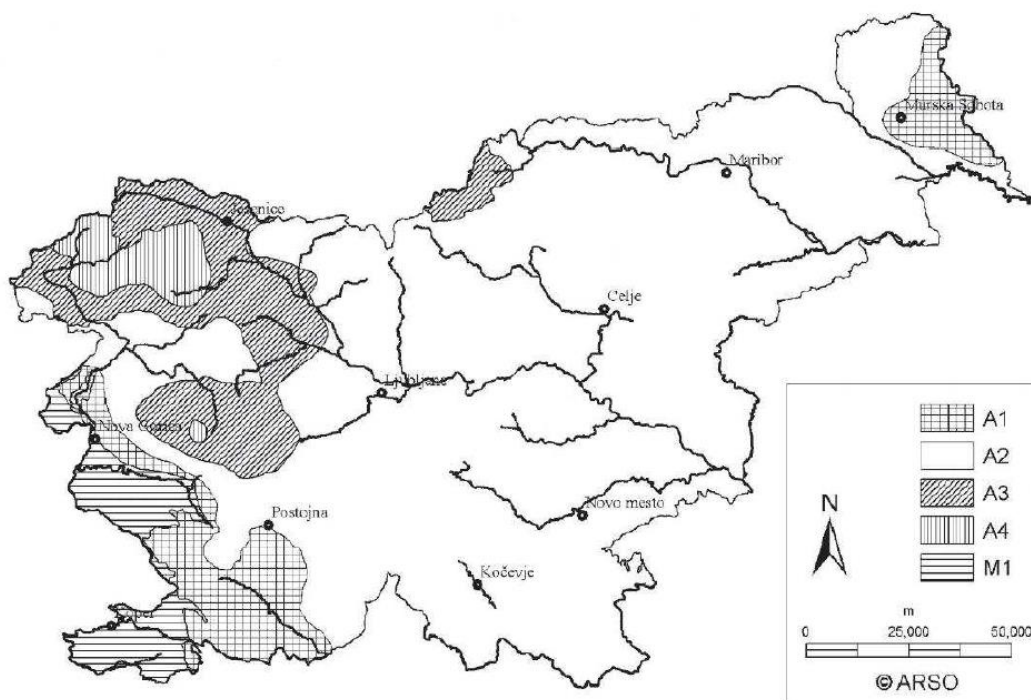
Tabela 2: Oblikovni koeficient za določanje obtežbe snega [6]

nagib strehe $\alpha$	$0^\circ < \alpha < 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 (60-\alpha)/30$	0

Koeficient izpostavljenosti  $C_e$  je odvisen od okoliškega terena. Če predpostavimo običajno obliko terena, kjer veter nima vpliva na prenašanje snega na objekt, je koeficient izpostavljenosti enak 1 [3].

Termični koeficient  $C_t$  pa je odvisen od toplotne prevodnosti materiala, saj se s strehe z veliko toplotno prevodnostjo posledično sneg topi in s tem se zmanjša obtežba snega. V običajnih primerih je  $C_t = 1$  [3].

S karakteristično vrednostjo obtežbe snega na tleh  $s_k$  določimo obtežbo snega na nadstrešek v odvisnosti od cone lokacije in nadmorske višine. V Nacionalnem dodatku SIST EN 1991-1-3:2004 je obtežna karta snega za Slovenijo, ki je razdeljena na 5 con [2].



Slika 5: Obtežna karta snega Slovenije [6]

Leseni nadstrešek spada v cono A2 in se nahaja na nadmorski višini  $A = 202\text{m}$ .

Obtežba snega na tleh:

$$s_k = 1,293 \cdot \left(1 + \left(\frac{A}{728}\right)^2\right) = 1,293 \cdot \left(1 + \left(\frac{202}{728}\right)^2\right) = 1,39 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}.$$

Obtežba snega na strehi:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,39 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 1,112 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}.$$

Obtežba snega na en špirovec:

$$s_{lin} = 1,112 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,93 \text{ m} = 1,03 \frac{\text{kN}}{\text{m}}.$$

### 3.4 Obtežba vetra

Z določili iz standarda [7] se določi vpliv vetra na nadstrešek.

$$q_w = W_e = q_p \cdot C_{pe}.$$

Pri tem sta:

$q_p$  - tlak vetra pri največji hitrosti vetra in

$C_{pe}$  - koeficient zunanje pritiska (tlaka).

Osnovna referenčna hitrost vetra:

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

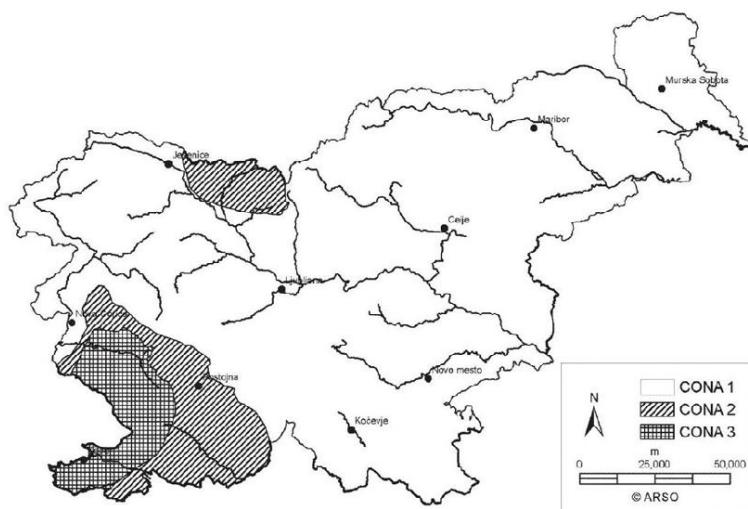
Pri tem so:

$C_{dir}$  - smerni faktor, čigar priporočena vrednost je 1,

$C_{season}$  - faktor letnega časa, čigar priporočena vrednost je 1 in

$v_{b,0}$  - temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra.

S pomočjo karte v Nacionalnem dodatku k SIST EN 1991-1-4:2005, razberemo temeljno vrednost osnovne hitrosti vetra za dano lokacijo:



**Hitrosti vetra:**

**Cona 1 (večina Slovenije):**

20 m/s pod 800m  
 25 m/s od 800 m do 1600 m  
 30 m/s od 1600 m do 2000 m  
 40 m/s nad 2000 m

**Cona 2 (Trnovski gozd, Notranjska, Karavanke):**

25m/s pod 1600 m  
 30 m/s od 1600 do 2000 m  
 40 m/s nad 2000 m

**Cona 3 (Primorje, Kras in del Vipavske doline):**

30 m/s

Slika 6: Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra  $v_{b,0}$  [7]

Objekt se nahaja v coni 1 in je na nadmorski višini pod 800 m, zato nanj vpliva veter z osnovno hitrostjo  $v_{b,0} = 20 \frac{m}{s}$ .

Izračun osnovne referenčne hitrosti vetra:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 20 \frac{m}{s} = 20 \frac{m}{s}.$$

Srednja hitrost vetra: Srednja hitrost vetra se izračuna po naslednji enačbi:

$$v_m(z) = C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot v_b.$$

$C_r(z)$ - faktor hrapavosti:

Glede na višino objekta nad tlemi ločimo naslednji enačbi:

$$C_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{za} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max},$$

$$C_r(z) = C_r(z_{min}) \quad \text{za} \quad z \leq z_{min},$$

kjer sta:

$z_0$  - hrapavostna dolžina in

$k_r$  - faktor terena.

Kategorija terena		$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0	Morsko ali obalno področje izpostavljeno odprtem morju.	0,003	1
I	Jezerško ali ravninsko področje z zanemarljivim rastlinjem in brez ovir.	0,01	1
II	Področja z nizkim rastlinjem (trava) in posameznimi ovirami (drevesi, stavbami) na razdalji najmanj 20 višinskih ovir.	0,05	2
III	Področja z običajnim rastlinjem ali stavbami ali s posameznimi ovirami na razdalji največ 20 višinskih ovir (vasi, podeželsko okolje, stalni gozd).	0,3	5
IV	Področje, kjer je najmanj 15 % površine pokrite s stavbami s povprečno višino več kot 15m.	1,0	10

Slika 7: Kategorija terena in terenski parametri [7]

Nadstrešek spada v kategorijo terena II:

$$z = 2,76 \text{ m,}$$

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

$$z_0 = 0,05 \text{ m,}$$

$$z_{min} = 2 \text{ m,}$$

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

Faktor terena se izračuna po naslednji enačbi:

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

Izračun faktorja hrapavosti:

$$2,0 \text{ m} \leq 2,76 \text{ m} \leq 200 \text{ m,}$$

$$C_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{2,76}{0,05}\right) = 0,762.$$

$C_0(z)$  – faktor hribovitosti: Upoštevamo vrednost 1, ker se nadstrešek nahaja v dolini.

S pomočjo dobljenih vrednosti  $C_r(z)$ ,  $C_0(z)$  in  $v_b$  izračunamo srednjo hitrost vetra:

$$v_m(z) = C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot v_b = 0,762 \cdot 1 \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 15,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

### Vpliv vetrne turbulence:

Veter se obravnava kot turbulenten pojav zaradi svoje časovne spremenljivosti. Pri izračunu tlaka pri največji hitrosti vetra je potrebno predhodno izračunati vetrno turbulenco oz. intenziteto turbulence.

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \text{za} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max},$$

kjer sta:

$k_1$  – faktor turbulence, čigar priporočljiva vrednost je 1 in

$z_0$  - dolžina hrapavosti (0,05 m).

Izračun vetrne turbulence:

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{2,76}{0,05}\right)} = 0,249.$$

### Vpliv faktorja izpostavljenosti:

$$C_e(z) = (1 + 7 \cdot I_v(z)) \cdot \left(\frac{v_m(z)}{v_b}\right)^2 = (1 + 7 \cdot 0,249) \cdot \left(\frac{15,24}{20}\right)^2 = 1,593.$$

Zunanji tlak vetra na ploskve je določen z izrazom:

$$W_e = q_p(z_e) \cdot C_{pe},$$

kjer sta:

$q_p(z_e)$  - največji tlak pri sunkih vetra in

$C_{pe}$  - koeficient zunanjega tlaka.

Osnovni tlak vetra na višini  $z$  nad tlemi brez turbulence  $\rho = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (priporočena vrednost za gostoto zraka).

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 0,250 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}.$$

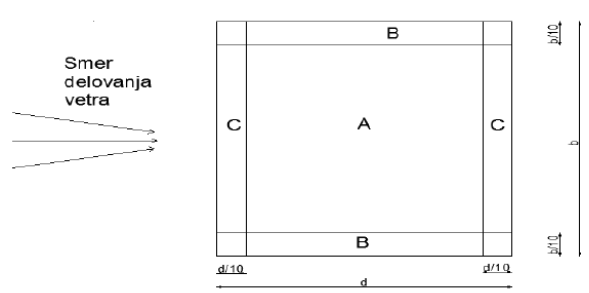
Izračun največjega tlaka pri sunkih vetra:

$$q_p(z_e) = C_e(z) \cdot q_b = 1,593 \cdot 0,250 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,398 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}.$$

### Vpliv pritiskov in srkov vetra na nadstrešnico oz. špirovce:

Lesen nadstrešek z enokapno nadstrešnico, ki je nagnjena za 2%, je pod podstrešnico zaradi avtomobilov lahko deloma zapolnjen in za izračun uporabim  $\phi = 0,5$ .

Koeficient pritiskov in srkov za konstrukcijo oz. konstrukcijske elemente –  $C_{p,net}$ , je podan v naslednji tabeli:



Nagib $\alpha$	Zapolnjenost $\varphi$	Koeficient celotne sile $C_f$	Področje A	Področje B	Področje C
0°	max. vsi $\varphi$	+0,2	+0,5	+1,8	+1,1
	min. $\varphi=0$	-0,5	-0,6	-1,3	-1,4
	min. $\varphi=1,0$	-1,3	-1,5	-1,8	-2,2
5°	max. vsi $\varphi$	+0,4	+0,8	+2,1	+1,3
	min. $\varphi=0$	-0,7	-1,1	-1,7	-1,8
	min. $\varphi=1,0$	-1,4	-1,6	-2,2	-2,5
10°	max. vsi $\varphi$	+0,5	+1,2	+2,4	+1,6
	min. $\varphi=0$	-0,9	-1,5	-2,0	-2,1
	min. $\varphi=1,0$	-1,4	-2,1	-2,6	-2,7
15°	max. vsi $\varphi$	+0,7	+1,4	+2,7	+1,8
	min. $\varphi=0$	-1,1	-1,8	-2,4	-2,5
	min. $\varphi=1,0$	-1,4	-1,6	-2,9	-3,0
20°	max. vsi $\varphi$	+0,8	+1,7	+2,9	+2,1
	min. $\varphi=0$	-1,3	-2,2	-2,8	-2,9
	min. $\varphi=1,0$	-1,4	-1,6	-2,9	-3,0
25°	max. vsi $\varphi$	+1,0	+2,0	+3,1	+2,3
	min. $\varphi=0$	-1,6	-2,6	-3,2	-3,2
	min. $\varphi=1,0$	-1,4	-1,5	-2,5	-2,8
30°	max. vsi $\varphi$	+1,2	+2,2	+3,2	+2,4
	min. $\varphi=0$	-1,8	-3,0	-3,8	-3,6
	min. $\varphi=1,0$	-1,4	-1,5	-2,2	-2,7

+ vrednosti pomenijo neto navzdol delujoči vpliv vetra  
- vrednosti pomenijo neto navzgor delujoči vpliv vetra

Slika 8: Prikaz razdelitve nadstrešnice na področja z vrednostimi  $C_f$  in  $C_{p,net}$  [7]

### Pritiski:

Izračun pritiska vetra glede na cone nadstrešnice:

CONA A:

$$C_{p,net} = + 0,62$$

$$w_{e,p} = 0,398 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,62 = 0,247 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,lin,p} = 0,247 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,93 \text{ m} = 0,230 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

CONA B:

$$C_{p,net} = + 1,92$$

$$w_{e,p} = 0,398 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,92 = 0,764 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,lin,p} = 0,764 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,93 \text{ m} = 0,711 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



CONA C:

$$C_{p,neto} = + 1,18$$

$$W_{e,p} = 0,398 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,18 = 0,470 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,lin,p} = 0,470 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,93 \text{ m} = 0,437 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Srki:

Izračun srka vetra glede na cone nadstrešnice:

CONA A:

$$C_{p,net} = - 1,20$$

$$w_{e,s} = 0,398 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot (- 1,20) = - 0,478 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,lin,s} = (- 0,478) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,93 \text{ m} = - 0,445 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

CONA B:

$$C_{p,net} = - 1,80$$

$$w_{e,s} = 0,398 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot (- 1,80) = - 0,716 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,lin,s} = (- 0,716) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,93 \text{ m} = - 0,666 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

CONA C:

$$C_{p,net} = - 2,0$$

$$w_{e,s} = 0,398 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot (- 2,0) = - 0,796 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,lin,s} = (- 0,796) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,93 \text{ m} = - 0,740 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

## 4. KOMBINACIJE VPLIVOV

Izvedel sem kombinacije vplivov med naslednjimi obtežbami: stalna obtežba, koristna obtežba, sneg in veter, posebej za tlake in srke. Najbolj merodajno sem kasneje upošteval pri izračunih največjih notranjih sil in momentov.

### 4.1 Mejna stanja nosilnosti (MSN)

Z mejnim stanjem nosilnosti preverjamo varnost proti deformiranosti in porušitvi kritičnega prereza:

$$E_d \leq R_d,$$

kjer sta:

$E_d$  – projektna vrednost učinkov (določi se jo s kombiniranjem vplivov) in

$R_d$  – projektna odpornost elementa.

Kombinacija vplivov za projektna stanja v skladu s standardom SIST EN 1990:2004, je določena kot:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$G_{k,j}$  je karakteristična vrednost stalnega vpliva,  $Q_{k,1}$  je prevladujočega vrednost spremenljivega vpliva,  $Q_{k,i}$  pa so preostali drugi spremenljivi vplivi. Faktor  $\gamma_{G,j}$  je delni faktor za j-ti stalni vpliv (vrednost je 1,35 ali 1,0),  $\gamma_{Q,1}$  je delni faktor za spremenljivi vpliv i (vrednost je 1,5 ali 0),  $\gamma_{Q,i}$  je delni faktor za spremenljivi vpliv i ( $i \geq 1$ ),  $\Psi_{0,i}$  pa je faktor za kombinacijsko vrednost spremenljivega i-tega vpliva (za obtežbo z vetrom je 0,6, za obtežbo z snegom pa 0,5) [9].

Tabela 3: Kombinacije obtežb za MSN in pripadajoč modifikacijski faktor [8]

	Kombinacije obtežb	$k_{mod}$
I.	1.35 · stalna obtežba	0,6
II.	1.35 · stalna obtežba + 1.5 · koristna obtežba	0,8
III.	1.35 · stalna obtežba + 1.5 · koristna obtežba + 1.5 · 0.6 · veter (pritisk)	0,9
IV.	1.35 · stalna obtežba + 1.5 · koristna obtežba + 1.5 · 0.6 · veter (srk)	0,9
V.	1.35 · stalna obtežba + 1.5 · sneg	0,8
VI.	1.35 · stalna obtežba + 1.5 · sneg + 1.5 · 0.6 · veter (pritisk)	0,9
VII.	1.35 · stalna obtežba + 1.5 · sneg + 1.5 · 0.6 · veter (srk)	0,9
VIII.	1.35 · stalna obtežba + 1.5 · veter (pritisk)	0,9
IX.	1.35 · lastna obtežba + 1.5 · veter (srk)	0,9

Modifikacijski faktor je odvisen od trajanja obtežbe in vsebnosti vlage [4]. Vrednosti  $k_{mod}$ , v odvisnost od trajanja obtežbe, so podane v tabeli 3. Izbral sem tisto vrednost  $k_{mod}$ , ki je z ustrežno kombinacijo obtežb predstavljala najneugodnejšo rešitev.

#### 4.2 Mejna stanja uporabnosti (MSU)

Mejno stanje uporabnosti je stanje pri katerem preverimo ali konstrukcija, zaradi zunanje obtežbe, izpolnjuje pogoje uporabnosti glede deformacij, vibracij in pomikov. V skladu s standardom SIST EN 1990:2004 je karakteristična kombinacija vplivov za začetni čas zapisana sledeče:

$$\Sigma G_{k,j} + Q_{k,1} + \Sigma_{i \geq 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

V enačbi  $G_{k,j}$  predstavlja stalni vpliv,  $Q_{k,1}$  prevladujoči spremenljivi vpliv in  $Q_{k,i}$  spremljajoči spremenljivi vpliv. Vrednost kombinacijskega faktorja za veter znaša  $\Psi_{0,i} = 0,6$  [9].

Tabela 4: Karakteristične kombinacije obtežb za MSU

	<b>Karakteristične kombinacije obtežb</b>
<b>I.</b>	1 · lastna obtežba
<b>II.</b>	1 · lastna obtežba + 1 · koristna obtežba
<b>III.</b>	1 · lastna obtežba + 1 · koristna obtežba + 0.6 · veter (pritisk)
<b>V.</b>	1 · lastna obtežba + 1 · koristna obtežba + 0.6 · veter (srk)
<b>VII.</b>	1 · lastna obtežba + 1 · sneg
<b>VIII.</b>	1 · lastna obtežba + 1 · sneg + 0.6 · veter (pritisk)
<b>X.</b>	1 · lastna obtežba + 1 · sneg + 0.6 · veter (srk)
<b>XII.</b>	1 · lastna obtežba + 1 · veter (pritisk)
<b>XIV.</b>	1 · lastna obtežba + 1 · veter (srk)

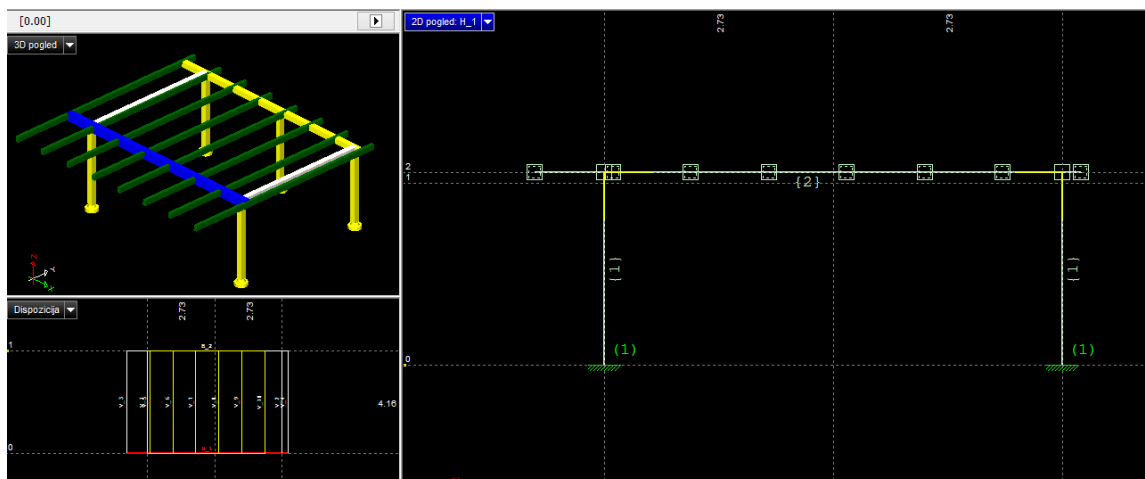
Pomike pri končnem času, pa sem dobil s pomočjo navidezne stalne kombinacije vplivov:

$$\Sigma G_{k,j} + \Sigma_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Pri tem je vrednost faktorja navidezno stalnega dela  $\Psi_{2,i}$  za koristno obtežbo, sneg in veter enaka 0 [9].

## 5. DIMENZIONIRANJE KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV NADSTREŠKA

V programu TOWER 7 sem zmodeliral leseni nadstrešek. Vnesel sem vrednosti obtežb ter vpisal vse njihove kombinacije s pripadajočimi varnostnimi faktorji. Najbolj merodajno kombinacijo sem nato upošteval pri določitvi največjih sil in momentov. S pomočjo zrisanih diagramov notranjih sil in momentov, sem dimenzioniral konstrukcijske elemente. Model je sestavljen iz osmih špirovcev z enakim prerezom 10 cm x 16 cm, zato sem pri dimenzioniranju le-teh obravnaval najbolj kritičnega, kateri nosi največjo obtežbo. Pod špirovci se nahajajo štiri grede, med katerimi sta stranski gredi enakih dimenzij - 16 cm x 18 cm. Sprednja greda (lega), kjer ni vmesnega stebra, je dimenzije 16 cm x 25 cm. Zadnja greda (lega) nad vmesnim podpornim stebrom ima najmanjše dimenzije – 16 cm x 16 cm. Leseni nadstrešek je podprt s petimi stebri, ki so vpeti z jeklenimi profili v betonska tla. Dimenzije stebrov so enake in merijo 16 cm x 16 cm.



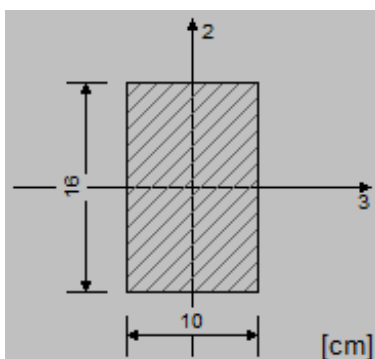
Slika 9: Zasnova nadstreška v programu TOWER 7

Konstrukcijski elementi nadstreška so iz lesa iglavcev drugega trdnostnega razreda C24. Mehanske lastnosti te vrste lesa so prikazane v naslednji tabeli:

Tabela 5: Karakteristične vrednosti mehanskih lastnosti lesa [8]

	Oznaka	Iglavci C24
<b>Trdnost (N/mm<sup>2</sup>)</b>		
<b>Upogib</b>	$f_{m,k}$	24
<b>Nateg paralelno z vlakni</b>	$f_{t,0,k}$	14
<b>Nateg pravokotno na vlakna</b>	$f_{t,90,k}$	0,5
<b>Tlak paralelno z vlakni</b>	$f_{c,0,k}$	21
<b>Tlak pravokotno na vlakna</b>	$f_{c,90,k}$	2,5
<b>Strig</b>	$f_{v,k}$	2,5
<b>Deformabilnost-modul (kN/mm<sup>2</sup>)</b>		
<b>Povprečni modul elastičnosti paralelno z vlakni</b>	$E_{0,mean}$	11
<b>0,5 % modul elastičnosti paralelno z vlakni</b>	$E_{0,05}$	7,4
<b>Povprečni modul elastičnosti pravokotno na vlakna</b>	$E_{90,mean}$	0,37
<b>Povprečni strižni modul</b>	$G_{mean}$	0,69
<b>Gostota (kg/m<sup>3</sup>)</b>		
<b>Karakteristična gostota</b>	$\rho_k$	350
<b>Povprečna gostota</b>	$\rho_{mean}$	420

### 5.1 Špirovci

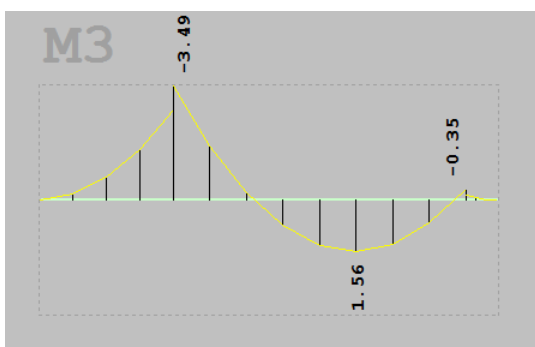


Slika 10: Prečni prerez špirovca

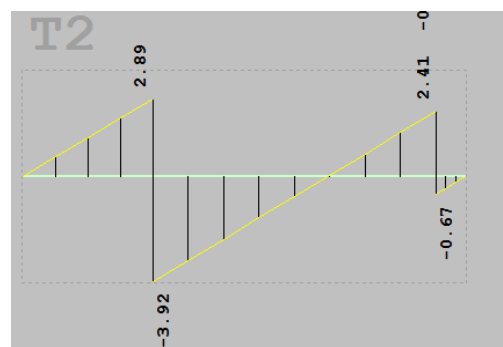
$$A = 10 \text{ cm} \cdot 16 \text{ cm} = 160 \text{ cm}^2,$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{10 \cdot 16^2}{6} = 426,667 \text{ cm}^3.$$

V naslednjih dveh slikah so prikazane notranje statične količine, ki sem jih dobil s pomočjo programa Tower 7:



Slika 11: Notranji momenti v špirovcu [kNm]



Slika 12: Notranje prečne sile v špirovcu [kN]

Iz slik je razvidno da je največji moment  $M_{y,ed,max} = 3,49 \text{ kNm}$  in največja prečna sila  $V_{z,ed,max} = 3,92 \text{ kN}$ . Dobljeni vrednosti sem upošteval pri nadaljnjih izračunih.

### Mejna stanja nosilnosti:

#### Kontrola upogibnih napetosti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1.$$

Projektna trdnost se izračuna po naslednji formuli:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m},$$

kjer so:

$k_{mod}$  modifikacijski faktor za masivni les drugega razreda uporabnosti, za kratkotrajno obtežbo je 0,9,

$k_m$  za prerez pravokotne oblike je 0,7 in

$\gamma_m$  za masivni les je 1,3.

Projektna trdnost je:

$$f_{m,y,d} = 0,9 \cdot \frac{2,4}{1,3} = 1,662 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Projektna napetost je izračunana po naslednji enačbi:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,ed}}{W_y} = \frac{3,49 \cdot 100}{426,667} = 0,818 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Kontrola:

$$f_{m,y,d} \geq \sigma_{m,y,d},$$

$$1,662 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \geq 0,818 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

**Pogoj izpolnjen!**

### Kontrola strižnih napetosti:

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

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 10 \text{ cm} = 6,7 \text{ cm}.$$

$k_{cr}$  upošteva vpliv razpok in je njegova vrednost za masivni les 0,67.

Projektna strižna trdnost je:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{0,25}{1,3} = 0,173 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Projektna strižna napetost je:

$$\tau_d = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{3,92 \cdot 3}{2 \cdot 6,7 \cdot 16} = 0,055 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Kontrola:

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

$$0,055 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq 0,173 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

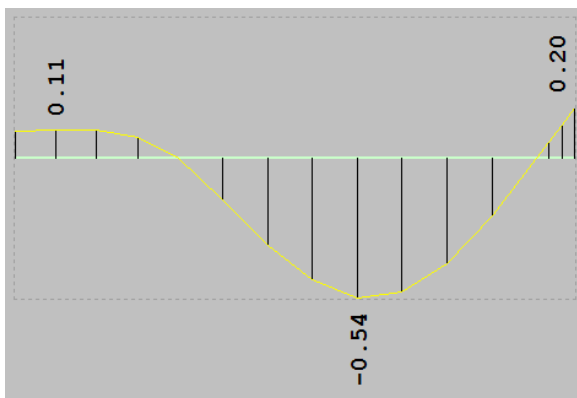
**Pogoj izpolnjen!**

### Mejno stanje povesov:

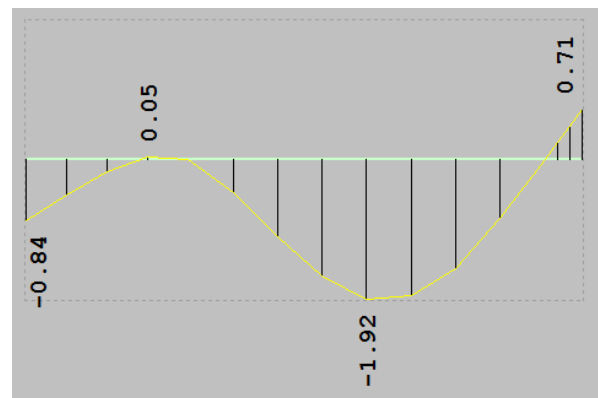
Previsno polje:

Lastna teža:  $u_{inst, G} = -0,011 \text{ cm}.$

Koristna obtežba:  $u_{inst, kor} = 0,084 \text{ cm}.$

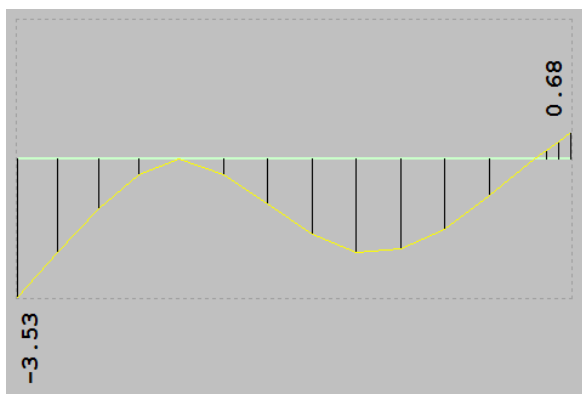


Slika 13: Pomik zaradi lastne teže, previsno polje [mm]



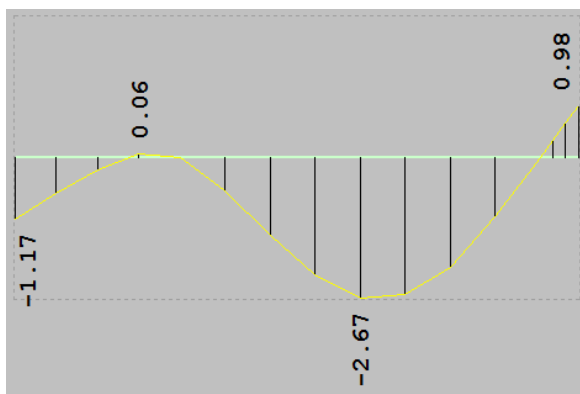
Slika 14: Pomik zaradi koristne obtežbe, previsno polje [mm]

Obtežba snega:  $u_{inst,s} = 0,353$  cm.



Slika 15: Pomik zaradi snega, previsno polje [mm]

Obtežba vetra:  $u_{inst,w} = 0,117$  cm.



Slika 16: Pomik zaradi vetra, previsno polje [mm]

Poves pri začetnem času:

$$u_{inst} = -0,011 \text{ cm} + 1,0 \cdot 0,353 \text{ cm} + 0,6 \cdot 0,117 \text{ cm} = 0,412 \text{ cm}.$$

Poves pri končnem času:

$$u_{fin} = u_{ins,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,s} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) + u_{ins,w} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{def}).$$

$$u_{fin} = -0,011 \cdot (1 + 0,8) + 0,353 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) + 0,117 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) = 0,403 \text{ cm}.$$

Pri tem so:

$k_{def}$  koeficient lezenja, ki je za drugi razred uporabe in masivni les enak 0,8,

vrednosti faktorjev za veter ( $\Psi_0 = 0,6$ ,  $\Psi_2 = 0$ ),

sneg ( $\Psi_0 = 0,5$ ,  $\Psi_2 = 0$ ) in

koristno obtežbo ( $\Psi_0 = 0$ ,  $\Psi_2 = 0$ ).

Kontrola:

$$u_{inst} \leq u_{inst,lim}$$

$$u_{fin} \leq u_{fin,lim}$$

$$0,412 \text{ cm} \leq L/150,$$

$$0,403 \text{ cm} \leq L/125,$$

$$0,412 \text{ cm} \leq 190/150 \text{ in}$$

$$0,403 \text{ cm} \leq 190/125 \text{ in}$$

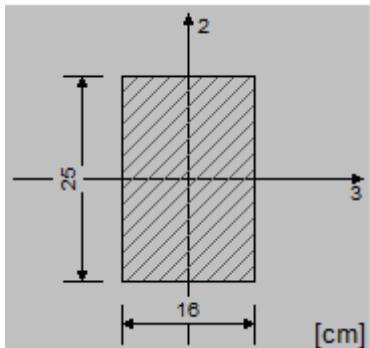
$$0,412 \text{ cm} \leq 1,267 \text{ cm}. \quad \text{Pogoj izpolnjen!}$$

$$0,403 \text{ cm} \leq 1,52 \text{ cm}. \quad \text{Pogoj izpolnjen!}$$



## 5.2 Grede

### 5.2.1 Sprednja lega

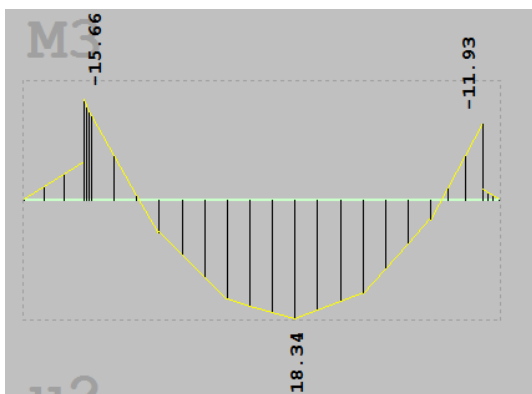


Slika 17: Prečni prerez sprednje lege

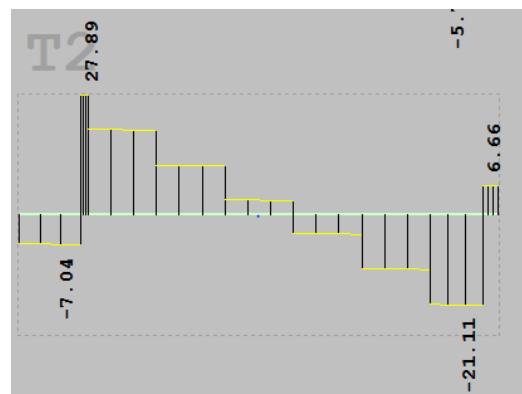
$$A = 16 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm} = 400 \text{ cm}^2,$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{16 \cdot 25^2}{6} = 1666,667 \text{ cm}^3.$$

V naslednjih dveh slikah so prikazane notranje statične količine, ki sem jih dobil s pomočjo programa Tower 7:



Slika 18: Notranji momenti v sprednji legi [kNm]



Slika 19: Notranje prečne sile v sprednji legi [kN]

Iz slik je razvidno da je največji

moment  $M_{y,ed,max} = 18,34 \text{ kNm}$  in največja prečna sila

$V_{z,ed,max} = 27,89 \text{ kN}$ . Dobljeni vrednosti sem upošteval pri nadaljnjih izračunih.

**Mejna stanja nosilnosti:**

**Kontrola upogibnih napetosti:**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1.$$

Projektna trdnost:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m}.$$

kjer so:

$k_{mod}$  za masivni les drugega razreda uporabnosti, za kratkotrajno obtežbo je 0,9,

$k_m$  za prerez pravokotne oblike je 0,7 in

$\gamma_m$  za masivni les je 1,3.

Projektna trdnost je:

$$f_{m,y,d} = 0,9 \cdot \frac{2,4}{1,3} = 1,662 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Projektna napetost je izračunana po naslednji enačbi:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,ed}}{W_y} = \frac{18,34 \cdot 100}{1666,667} = 1,100 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Kontrola:

$$f_{m,y,d} \geq \sigma_{m,y,d},$$

$$1,662 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \geq 1,100 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

**Pogoj izpolnjen!**

**Kontrola strižnih napetosti:**

$$\tau_d = \frac{V_d \cdot 3}{2 \cdot b_{eff} \cdot h}.$$

$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 16 \text{ cm} = 10,72 \text{ cm}.$

$k_{cr}$  upošteva vpliv razpok in je njegova vrednost za masivni les 0,67.

Projektna strižna trdnost je:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{0,25}{1,3} = 0,173 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Projektna strižna napetost je:

$$\tau_d = \frac{V_d \cdot 3}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{27,89 \cdot 3}{2 \cdot 10,72 \cdot 25} = 0,156 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Kontrola:

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

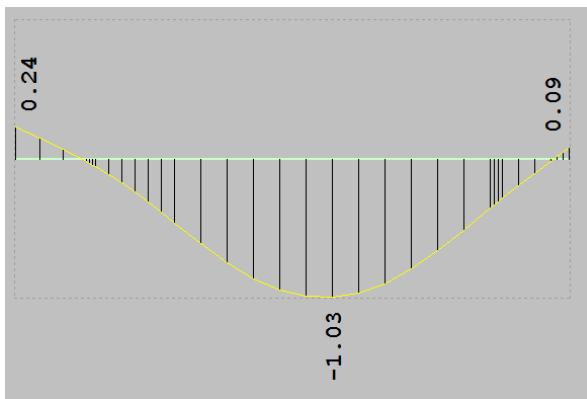
$$0,156 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq 0,173 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

**Pogoj izpolnjen!**

### Mejno stanje povесov:

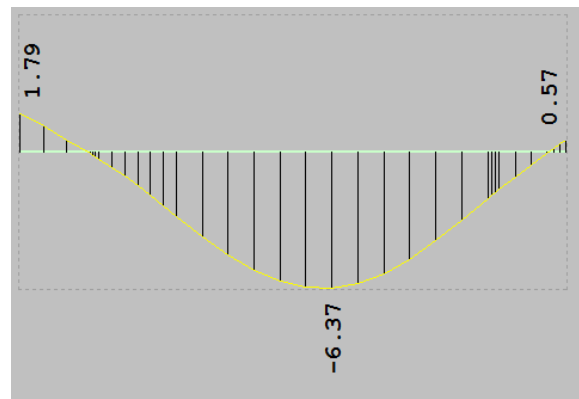
Vmesno polje:

Lastna teža:  $u_{inst, G} = 0,103$  cm.



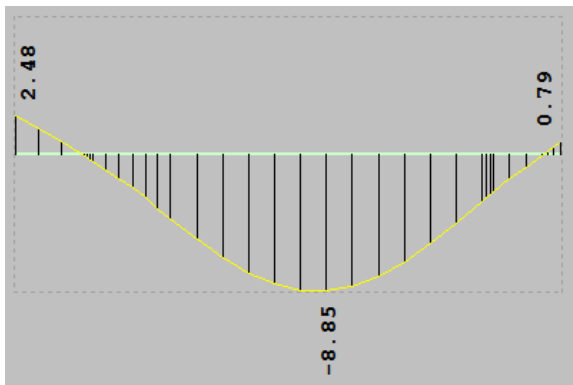
Slika 20: Pomik zaradi lastne teže, sprednja lega [mm]

Koristna obtežba:  $u_{inst, kor} = 0,637$  cm.



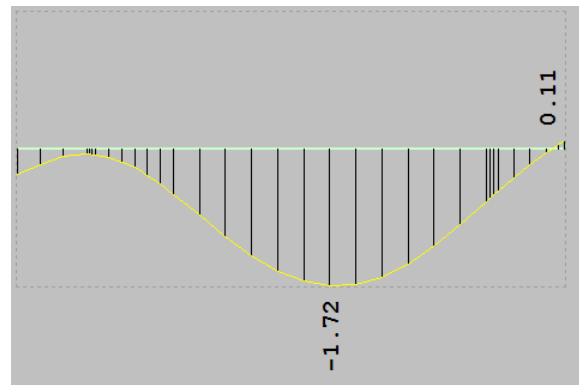
Slika 21: Pomik zaradi koristne obtežbe, sprednja lega [mm]

Obtežba snega:  $u_{inst, s} = 0,885$  cm.



Slika 22: Pomik zaradi snega, sprednja lega [mm]

Obtežba vetra:  $u_{inst, w} = 0,172$  cm.



Slika 23: Pomik zaradi vetra, sprednja lega [mm]

Poves pri začetnem času:

$$u_{inst} = 0,103 \text{ cm} + 1,0 \cdot 0,885 \text{ cm} + 0,6 \cdot 0,172 \text{ cm} = 1,091 \text{ cm}.$$

Poves pri končnem času:

$$u_{fin} = u_{ins, G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst, s} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) + u_{ins, w} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{def}).$$

$$u_{fin} = 0,103 \cdot (1 + 0,8) + 0,885 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) + 0,172 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) = 1,174 \text{ cm}.$$

Pri tem so:

$k_{def}$  koeficient lezenja, ki je za drugi razred uporabe in masivni les enak 0,8,

vrednost faktorjev za veter ( $\Psi_0 = 0,6$ ,  $\Psi_2 = 0$ ),

sneg ( $\Psi_0 = 0,5$ ,  $\Psi_2 = 0$ ) in

koristno obtežbo ( $\Psi_0 = 0$ ,  $\Psi_2 = 0$ ).

$$u_{inst} \leq u_{inst,lim}$$

$$1,091 \text{ cm} \leq L/300,$$

$$1,091 \text{ cm} \leq 546/300 \text{ in}$$

$$1,091 \text{ cm} \leq 1,820 \text{ cm.} \quad \text{Pogoj izpolnjen!}$$

$$u_{fin} \leq u_{fin,lim}$$

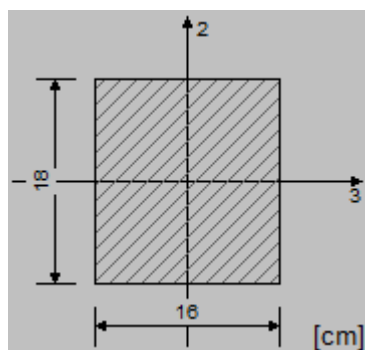
$$1,174 \text{ cm} \leq L/250,$$

$$1,174 \text{ cm} \leq 546/250 \text{ in}$$

$$1,174 \text{ cm} \leq 2,184 \text{ cm.} \quad \text{Pogoj izpolnjen!}$$

Kontrola:

### 5.2.2 Stranski gredi

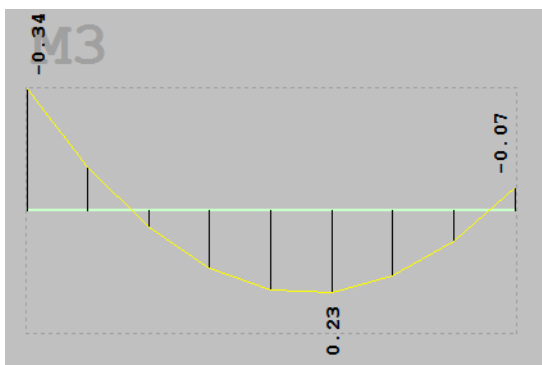


Slika 24: Prečni prerez stranske grede

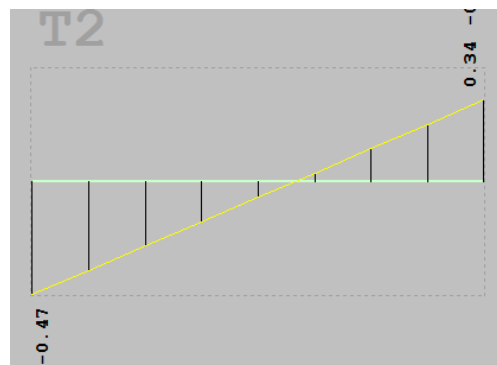
$$A = 16 \text{ cm} \cdot 18 \text{ cm} = 288 \text{ cm}^2,$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{16 \cdot 18^2}{6} = 864 \text{ cm}^3.$$

V naslednjih dveh slikah so prikazane notranje statične količine, ki sem jih dobil s pomočjo programa Tower 7:



Slika 25: Notranji momenti v stranski gredi [kNm]



Slika 26: Notranje prečne sile v stranski gredi [kN]

Iz slik je razvidno da je največji moment  $M_{y,ed,max} = 0,34$  kNm in največja prečna sila  $V_{z,ed,max} = 0,47$  kN. Dobljeni vrednosti sem upošteval pri nadaljnjih izračunih.

### Mejna stanja nosilnosti:

### Kontrola upogibnih napetosti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

Projektna trdnost:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m},$$

kjer so:

$k_{mod}$  za masivni les drugega razreda uporabnosti, za trajno obtežbo je 0,6,

$k_m$  za prerez pravokotne oblike je 0,7 in

$\gamma_m$  za masivni les je 1,3.

Projektna trdnost je:

$$f_{m,y,d} = 0,6 \cdot \frac{2,4}{1,3} = 1,108 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Projektna napetost je izračunana po enačbi:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,ed}}{W_y} = \frac{0,34 \cdot 100}{864} = 0,039 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Kontrola:

$$f_{m,y,d} \geq \sigma_{m,y,d}$$

$$1,108 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \geq 0,039 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

**Pogoj izpolnjen!**

### Kontrola strižnih napetosti:

$$\tau_d = \frac{Vd \cdot 3}{2 \cdot b_{eff} \cdot h}.$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 16 \text{ cm} = 10,72 \text{ cm}.$$

$k_{cr}$  upošteva vpliv razpok in je njegova vrednost za masivni les 0,67.

Projektna strižna trdnost:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,6 \cdot \frac{0,25}{1,3} = 0,115 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Projektna strižna napetost:

$$\tau_d = \frac{Vd \cdot S_y(z)}{I_y \cdot b(z)} = \frac{Vd \cdot 3}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{0,47 \cdot 3}{2 \cdot 10,72 \cdot 18} = 0,004 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Kontrola:

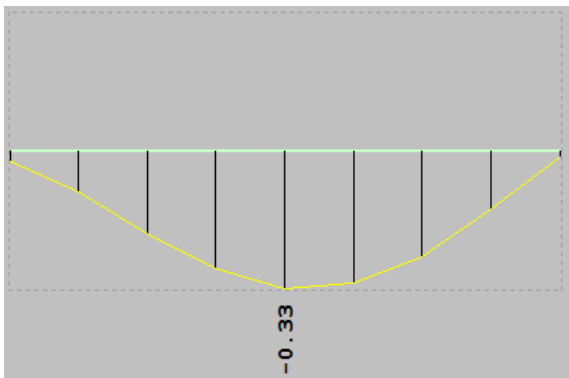
$$\tau_d \leq f_{v,d},$$

$$0,004 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq 0,115 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

**Pogoj izpolnjen!**

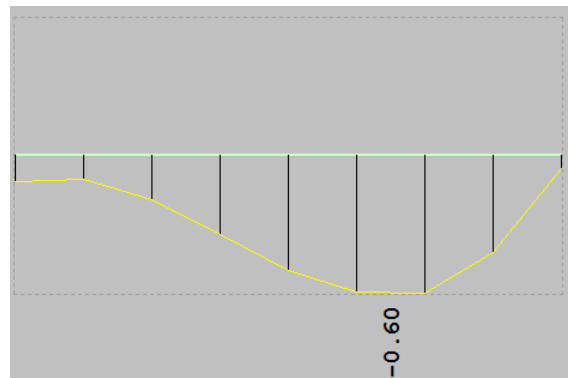
### Mejno stanje povosov:

Lastna teža:  $u_{inst, G} = 0,033 \text{ cm}$



Slika 27: Pomik zaradi lastne teže, stranska lega [mm]

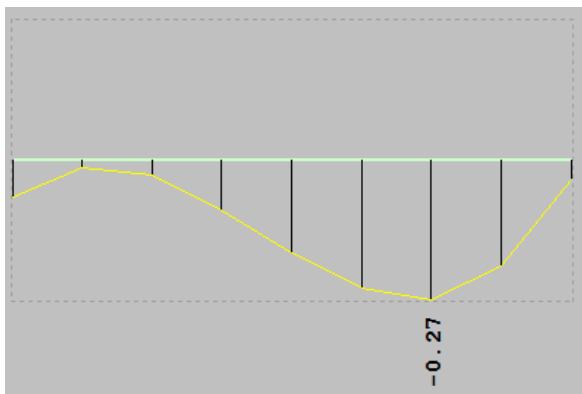
Koristna obtežba:  $u_{inst, kor} = 0,060 \text{ cm}$



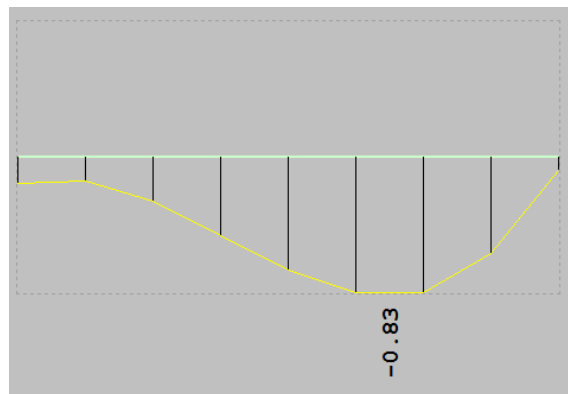
Slika 28: Pomik zaradi koristne obtežbe, stranska lega [mm]

Obtežba vetra:  $u_{inst, w} = 0,027 \text{ cm}$

Obtežba snega:  $u_{inst, s} = 0,083 \text{ cm}$



Slika 29: Pomik zaradi vetra, stranska lega [mm]



Slika 30: Pomik zaradi snega, stranska lega [mm]

Poves pri začetnem času:

$$u_{inst} = 0,033 \text{ cm} + 1,0 \cdot 0,083 \text{ cm} + 0,6 \cdot 0,027 \text{ cm} = 0,143 \text{ cm}.$$

Poves pri končnem času:

$$u_{fin} = u_{ins, G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst, s} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) + u_{ins, w} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{def}).$$

$$u_{fin} = 0,033 \cdot (1 + 0,8) + 0,083 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) + 0,027 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) = 0,159 \text{ cm}.$$

Pri tem so:

$k_{def}$  koeficient lezenja, ki je za drugi razred uporabe in masivni les enak 0,8,

vrednost faktorjev za veter ( $\Psi_0 = 0,6$ ,  $\Psi_2 = 0$ ),

sneg ( $\Psi_0 = 0,5$ ,  $\Psi_2 = 0$ ) in

koristno obtežbo ( $\Psi_0 = 0$ ,  $\Psi_2 = 0$ ).

Kontrola:

$$u_{inst} \leq u_{inst,lim}$$

$$0,143 \text{ cm} \leq L/300,$$

$$0,143 \text{ cm} \leq 416/300 \text{ in}$$

$$0,143 \text{ cm} \leq 1,387 \text{ cm.} \quad \text{Pogoj izpolnjen!}$$

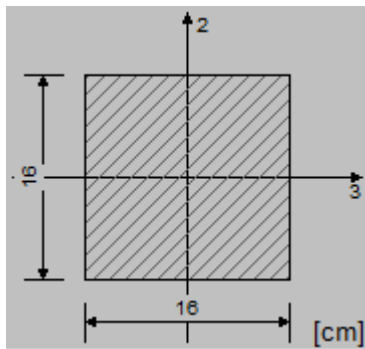
$$u_{fin} \leq u_{fin,lim}$$

$$0,159 \text{ cm} \leq L/250,$$

$$0,159 \text{ cm} \leq 416/250 \text{ in}$$

$$0,159 \text{ cm} \leq 1,664 \text{ cm.} \quad \text{Pogoj izpolnjen!}$$

### 5.2.3 Zadnja lega

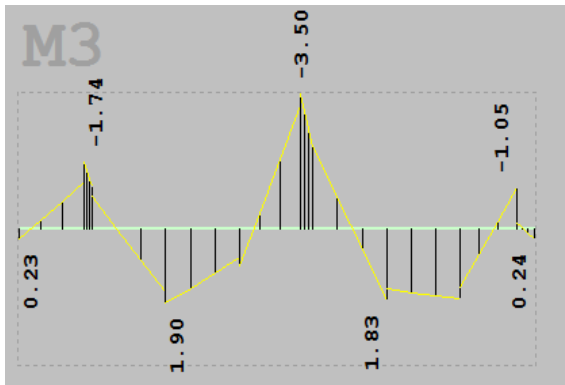


Slika 31: Prečni prerez zadnje lege

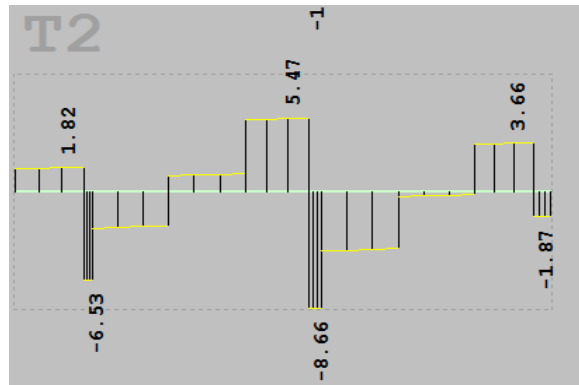
$$A = 16 \text{ cm} \cdot 16 \text{ cm} = 256 \text{ cm}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{16 \cdot 16^2}{6} = 682,667 \text{ cm}^3$$

V naslednjih dveh slikah so prikazane notranje statične količine, ki sem jih dobil s pomočjo programa Tower 7:



Slika 32: Notranji momenti v zadnji legi [kNm]



Slika 33: Notranje prečne sile v zadnji legi [kNm]

Iz slik je razvidno da je največji moment  $M_{y,ed,max} = 3,50 \text{ kNm}$  in največja prečna sila  $V_{z,ed,max} = 8,66 \text{ kN}$ . Dobljeni vrednosti sem upošteval pri nadaljnjih izračunih.

#### Mejna stanja nosilnosti:

#### Kontrola upogibnih napetosti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1.$$

#### Projektna trdnost:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m},$$

kjer so:

$k_{mod}$  za masivni les drugega razreda uporabnosti za srednje dolgo obtežbo je 0,8,



$k_m$  za prerez pravokotne oblike je 0,7 in

$\gamma_m$  za masivni les je 1,3.

Projektna trdnost je:

$$f_{m,y,d} = 0,8 \cdot \frac{2,4}{1,3} = 1,477 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Projektna napetost je izračunana po naslednji enačbi:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,ed}}{W_y} = \frac{3,50 \cdot 100}{682,667} = 0,513 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Kontrola:

$$f_{m,y,d} \geq \sigma_{m,y,d}$$

$$1,477 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \geq 0,513 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

**Pogoj izpolnjen!**

**Kontrola strižnih napetosti:**

$$\tau_d = \frac{Vd \cdot 3}{2 \cdot b_{eff} \cdot h}$$

$b_{ee} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 16 \text{ cm} = 10,72 \text{ cm}$ .

$k_{cr}$  upošteva vpliv razpok in je njegova vrednost za masiven les 0,67.

Projektna strižna trdnost je :

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{0,25}{1,3} = 0,154 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Projektna strižna napetost je:

$$\tau_d = \frac{Vd \cdot 3}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{8,66 \cdot 3}{2 \cdot 10,72 \cdot 16} = 0,076 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Kontrola:

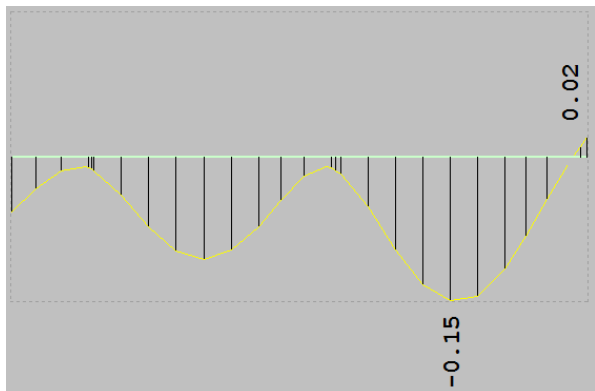
$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

$$0,076 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq 0,154 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

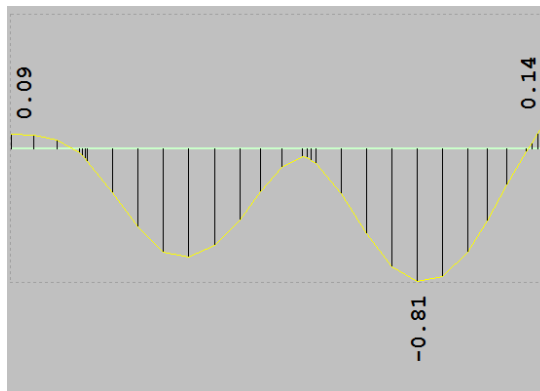
**Pogoj izpolnjen!**

**Mejno stanje povесov:**

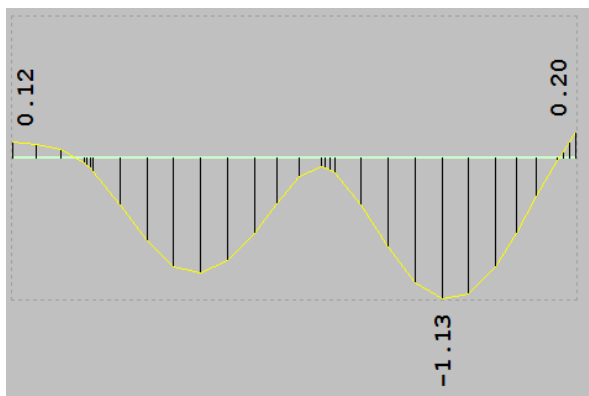
Desno vmesno polje:

Lastna teža:  $u_{inst, G} = 0,015$  cm

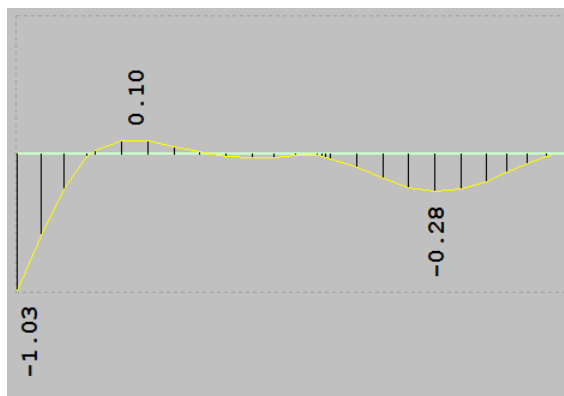
Slika 34: Pomik zaradi lastne teže, zadnja lega [mm]

Koristna obtežba:  $u_{inst, kor} = 0,081$  cm

Slika 35: Pomik zaradi koristne obtežbe, zadnja lega [mm]

Obtežba snega:  $u_{inst, s} = 0,113$  cm

Slika 36: Pomik zaradi snega, zadnja lega [mm]

Obtežba vetra:  $u_{inst, w} = 0,028$  cm

Slika 37: Pomik zaradi vetra, zadnja lega [mm]

Poves pri začetnem času:

$$u_{inst} = 0,015 \text{ cm} + 1,0 \cdot 0,113 \text{ cm} + 0,6 \cdot 0,028 \text{ cm} = 0,145 \text{ cm}.$$

Poves pri končnem času:

$$u_{fin} = u_{ins, G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst, s} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) + u_{ins, w} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{def}).$$

$$u_{fin} = 0,015 \cdot (1 + 0,8) + 0,113 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) + 0,028 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) = 0,157 \text{ cm}.$$

Pri tem so:

$k_{def}$  koeficient lezenja, ki je za drugi razred uporabe in masivni les enak 0,8,  
vrednost faktorjev za veter ( $\Psi_0 = 0,6$ ,  $\Psi_2 = 0$ ),

sneg ( $\Psi_0 = 0,5$ ,  $\Psi_2 = 0$ ) in  
koristno obtežbo ( $\Psi_0 = 0$ ,  $\Psi_2 = 0$ ).

Kontrola:

$$u_{inst} \leq u_{inst,lim}$$

$$0,145 \text{ cm} \leq L/300,$$

$$0,145 \text{ cm} \leq 273/300 \text{ in}$$

$$0,145 \text{ cm} \leq 0,910 \text{ cm.} \quad \text{Pogoj izpolnjen!}$$

$$u_{fin} \leq u_{fin,lim}$$

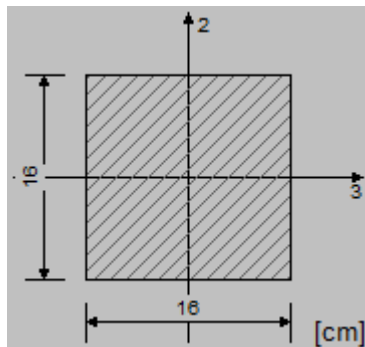
$$0,157 \text{ cm} \leq L/250,$$

$$0,157 \text{ cm} \leq 273/250 \text{ in}$$

$$0,157 \text{ cm} \leq 1,092 \text{ cm.} \quad \text{Pogoj izpolnjen!}$$

### 5.3 Stebri

Dimenzioniral sem sprednja stebra višine 2,3 m, saj sta bolj obremenjena in kritična na glede upogib. Na podlagi tega sem predvideval, da sta tudi zadnja stebra višine 2,17 m ustreznih dimenzij.

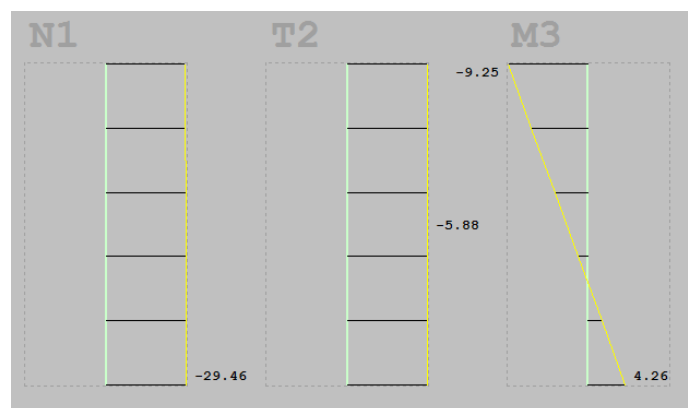


Slika 38: Prečni prerez stebra

$$A = 16 \text{ cm} \cdot 16 \text{ cm} = 256 \text{ cm}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{16 \cdot 16^2}{6} = 682,667 \text{ cm}^3$$

Pridobljene maksimalne sile in momenti, s pomočjo programa TOWER 7, so prikazane v naslednji sliki:



Slika 39: Notranje statične količine v stebri [kN, kNm]

Iz slike je razvidno da je največji moment  $M_{y,ed,max} = 9,25$  kNm, največja prečna sila  $V_{z,ed,max} = 5,88$  kN in največja osna sila  $N_{ed,max} = 29,46$  kN. Dobljene vrednosti sem upošteval pri nadaljnjih izračunih.

### Mejna stanja nosilnosti:

#### Kontrola upogibne napetosti (tlačno obremenjeni stebri):

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{5461,333}{256}} = 4,619 \text{ cm,}$$

$$l_u = 2 \cdot 2,3 \text{ m} = 4,6 \text{ m,}$$

$$\lambda_z = \lambda_y = \frac{l_u}{i} = \frac{460}{4,612} = 99,74 \text{ in}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{99,74}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2,1}{740}} = 1,691.$$

$\lambda_{rel,y} = 1,691 \geq 0,3$  zato je potrebno pri dokazu napetosti zaradi tlačne sile upoštevati tudi uklon stebra.

Projektna napetost:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed,max}}{A} = \frac{29,46}{256} = 0,115 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Upogibna projektna napetost:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,ed}}{W_y} = \frac{9,25 \cdot 100 \cdot 6}{16 \cdot 16^2} = 1,355 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Tlačna projektna trdnost:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{2,1}{1,3} = 1,454 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Upogibna projektna trdnost:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,y,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{2,4}{1,3} = 1,662 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Pomožni faktor za masivni les  $\beta_c = 0,2$ , zato je:

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2 = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (1,691 - 0,3)) + 1,691^2 = 2,069.$$

Korekcijski faktor je:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{2,069 + \sqrt{2,069^2 - 1,691^2}} = 0,307.$$

Kontrola:

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

$$\frac{0,115}{0,307 \cdot 1,454} + \frac{1,355}{1,662} \leq 1,0 \text{ in}$$

$$1,0 \leq 1,0.$$

**Pogoj izpolnjen!**

**Kontrola strižnih napetosti:**

$$\tau_d = \frac{Vd \cdot 3}{2 \cdot b_{eff} \cdot h}.$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 16 \text{ cm} = 10,72 \text{ cm}.$$

$k_{cr}$  upošteva vpliv razpok in je njegova vrednost za masivni les 0,67.

Projektna strižna trdnost je:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{0,25}{1,3} = 0,173 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Projektna strižna napetost je:

$$\tau_d = \frac{Vd \cdot 3}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{5,88 \cdot 3}{2 \cdot 10,72 \cdot 16} = 0,051 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}.$$

Kontrola:

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

$$0,051 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq 0,173 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

**Pogoj izpolnjen!**

## 6. ZAKLJUČEK

Izbrani leseni nadstrešek za avtomobile, dimenzij 6,5 m x 6,61 m, sem zmodeliral v programu TOWER 7 in s pomočjo analize notranjih sil in momentov, dimenzioniral njegove konstrukcijske elemente. Na konstrukcijo sem upošteval vpliv lastne obtežbe posameznih elementov, koristne obtežbe, obtežbe snega in obtežbe vetra. Za mejna stanja nosilnosti in mejna stanja uporabnosti sem uporabil ustrezne varnostne faktorje in obtežbe med seboj kombiniral. Najbolj merodajne kombinacije vrednosti učinkov vplivov sem nato uporabil pri izračunih. S pomočjo kontrol upogibnih in strižnih napetosti, sem dokazal, da so špirovci, lege in stebri lesenega nadstreška ustreznih dimenzij, saj so bili vsi pogoji izpolnjeni.

## VIRI

- [1] Srpčič, J. 2009. Les za gradbene konstrukcije. Ljubljana, Zavod za gradbeništvo Slovenije: 2 str.  
[http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Les\\_za\\_gradbene\\_konstrukcije.pdf](http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Les_za_gradbene_konstrukcije.pdf)  
(Pridobljeno 15. 8. 2016.)
- [2] Harnik, P. 2014. Dimenzioniranje lesenega nadstreška. Maribor, Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo: 1-14 str.  
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=45371&lang=eng>  
(Pridobljeno 14. 8. 2016.)
- [3] Keše, M. 2010. Projektiranje večstanovanjske stavbe v Kočevju po standardih Evrokod. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 23-32 str.  
[http://drugg.fgg.uni-lj.si/456/1/GRV\\_0388\\_Kese.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/456/1/GRV_0388_Kese.pdf)  
(Pridobljeno 16. 8. 2016.)
- [4] Lopatič, J. 2012. Lesene konstrukcije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 25 str.
- [5] SIST EN 1991-1-1:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1 -1. del: Splošni vplivi - Prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb.
- [6] SIST EN 1991-1-3:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1 -3. del: Splošni vplivi - Obtežba snega.
- [7] SIST EN 1991-1-4:2005. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1 -4. del: Splošni vplivi - Obtežbe vetra.
- [8] SIST EN 1995-1-1:2004. Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe - Nacionalni dodatek.
- [9] SIST EN 1990:2004. Evrokod - Osnove projektiranja konstrukcij.