

Model jednog čeličnog nosača krova sportske dvorane "Žatika" u Poreču

Leko, Petar

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:943852>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Petar Leko

**Model jednog čeličnog nosača krova sportske dvorane „Žatika“ u
Poreču**

Završni rad

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski sveučilišni studij
Građevinska statika II**

**Petar Leko
JMBAG: 0114032645**

**Model jednog čeličnog nosača krova sportske dvorane „Žatika“ u
Poreču**

Završni rad

Rijeka, rujan 2022.

IZJAVA

Završni rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Petar Leko

U Rijeci, 15. rujan 2022.

ZAHVALA

Zahvaljujem se doc.dr.sc. Draganu Ribariću za pruženu pomoć, pristupačnost i strpljenje prilikom izrade završnog rada. Zahvaljujem se ostalim profesorima, kolegama, prijateljima i posebice roditeljima za pruženu pomoć pri studiranju.

SAŽETAK

U završnom radu će se analizirati jedan glavni rešetkasti nosač dvorane „Žatika“ u Poreču. Rešetkasti nosač je širine 83.8 metara i visine 16.2 m koji se oslanja na 2 stupa na rasponu od 64 metra. Svi dijelovi konstrukcije su izrađeni od kvalitete čelika S235 te su različitih presjeka, ovisno o položaju (vanjske i unutarnje pojasnice, vertikalni i dijagonalni profili).

Proračunavat će se stalno opterećenje, opterećenje snijega i vjetra različitih intenziteta i položaja koji djeluju na konstrukciju. Opterećenja ovise o geografskom položaju i oblikovanju dvorane (tlocrtni i poprečni presjek, oblik krova, itd.) te se proračunavaju pomoću Eurokoda 1 koji definira djelovanja na konstrukcije.

Nakon pronalaska navedenih opterećenja, rešetkasti nosač se modelira u računalnom programu STAAD.Pro gdje se točno moraju zadati rasponi, poprečni presjeci, materijali i oslonci konstrukcije. Na modeliranu konstrukciju se postavljaju proračunata opterećenja koja djeluju u 12 različitih proračunskih kombinacija za granično stanje nosivosti i uporabljivosti

Modelirana konstrukcija se analizira u programu s obzirom na proračunske kombinacije opterećenja te se dobiveni dijagrami opterećenja i pomaka analiziraju. Izdvajaju se i komentiraju najopterećeniji dijelovi konstrukcije (rezultanti dijagrami) na uzdužna i poprečna opterećenja te maksimalni pomaci promatrane konstrukcije.

Ključne riječi: čelični rešetkasti nosač, stalno opterećenje, opterećenje snijega, opterećenje vjetra, proračunske kombinacije opterećenja, rezultanti dijagrami i pomaci

SUMMARY

In this graduation project, one main steel arched carrier of the hall "Žatika" in Poreč will be analyzed. The main carrier is 83.8 meters wide and 16.2 m high, resting on 2 columns at a span of 65 meters. All structural parts are made of S235 quality steel and are of different sections, depending on the position (external and internal belts, vertical and diagonal profiles).

Constant load, snow and wind load of different intensities and positions acting on the structure will be calculated. Loads depend on the geographical location and design of the hall (floor plan and cross-section, shape of the roof, etc.) and are calculated using Eurocode 1, which defines the action on the structure.

After finding the specified loads, the carrier is modeled in the computer program STAAD.Pro where exactly spans, cross-sections, materials and supports of the structure must be specified. Design loads are placed on the modeled construction, acting in 12 different design combinations for the load state design and serviceability limit state.

The modeled construction is analyzed with regard to calculated load combinations, and the obtained load diagrams are also analyzed. The most heavily loaded parts of the structures (resultant diagrams) are highlighted and commented on the longitudinal and transverse loads and the maximum displacements of the observed structure.

Key words: main steel arched carrier, constant load, snow load, wind load, calculated load combinations, resultant diagrams and displacements

Sadržaj

1. Uvod.....	10
2. Geometrijske karakteristike.....	11
3. Analiza djelovanja na konstrukciju	13
3.1. Stalna djelovanja na konstrukciju	13
3.2. Opterećenje snijegom.....	16
3.3. Opterećenje vjetrom	21
4. Analiza rezultata.....	36
4.1. Proračunske kombinacije za granično stanje nosivosti.....	36
4.2. Rezultantni dijagrami uzdužnih sila	37
4.3. Rezultantni dijagrami poprečnih sila.....	39
4.4. Reakcije u osloncima.....	40
4.5. Proračunske kombinacije za granično stanje uporabljivosti.....	42
4.6. Pomaci konstrukcije.....	43
5. Zaključak	44
6. Literatura	45

Popis tablica

Tablica 1: Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske visine [2]	17
Tablica 2: Kategorija terena i parametri tla [3]	24
Tablica 3: Preporučene vrijednosti koeficijenata vanjskog tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada [3]	29
Tablica 4: Pritisak vjetra na konstrukciju za slučaj 1 (izradio autor).....	30
Tablica 5: Pritisak vjetra na glavni nosač za slučaj 1 (izradio autor).....	30
Tablica 6: Pritisak vjetra na konstrukciju za slučaj 2 (izradio autor).....	32
Tablica 7: Pritisak vjetra na glavni nosač za slučaj 2 (izradio autor).....	32
Tablica 8: Pritisak vjetra na krov konstrukcije (izradio autor)	34
Tablica 9: Pritisak vjetra na glavni nosač (izradio autor).....	34

Popis slika

Slika 1: Uzdužni presjek dvorane Žatika (izradio autor).....	11
Slika 2: Glavni rešetkasti nosač x.6 (izradio autor)	12
Slika 3: Prikaz stalnog djelovanja g_{uk} na rešetkasti nosač (izradio autor)	14
Slika 4: Poprečni presjek rešetkastog nosača (izradio autor)	14
Slika 5: Prikaz stalnog djelovanja na rešetkasti nosač u obliku koncentrirane sile (izradio autor)	15
Slika 6: Karta snježnih područja Hrvatske [2]	17
Slika 7: Koeficijent μ za cilindrične krovove [1]	18
Slika 8: Prikaz djelovanja snijega na rešetkasti nosač za slučaj 1 (izradio autor).....	19
Slika 9: Prikaz djelovanja snijega na rešetkasti nosač za slučaj 2 (izradio autor)....	20
Slika 10: Karta osnovne brzine vjetra Hrvatske [4]	22
Slika 11: Tlocrtni prikaz zona D i E za slučaj 1 (izradio autor)	28
Slika 12: Bočni pogled na zone A, B i C za slučaj 1 (izradio autor)	29
Slika 13: Prikaz djelovanja vjetra na rešetkasti nosač za slučaj 1 (izradio autor)	30
Slika 14: Tlocrtni prikaz zona D i E za slučaj 2 (izradio autor)	31
Slika 15: Bočni pogled na zone A, B i C za slučaj 2 (izradio autor)	31
Slika 16: Prikaz djelovanja vjetra na rešetkasti nosač za slučaj 2 (izradio autor)	33
Slika 17: Preporučene vrijednosti koeficijenata vanjskog tlaka za valjkaste krovove s pravokutnom osnovicom [3].....	33
Slika 18: Prikaz djelovanja vjetra na valjkasti krov rešetkastog nosača (izradio autor)	35
Slika 19: Dijagram maksimalnih uzdužnih sila na vanjskim pojasnicama rešetkastog nosača (izradio autor).....	37
Slika 20: Dijagram maksimalnih uzdužnih sila na unutarnjim pojasnicama rešetkastog nosača (izradio autor).....	38
Slika 21: Dijagram maksimalnih uzdužnih sila na dijagonalnim čeličnim profilima (izradio autor)	38
Slika 22: Dijagram maksimalnih uzdužnih sila na vertikalnim čeličnim profilima (izradio autor)	39
Slika 23: Dijagram maksimalnih poprečnih sila na glavnom nosaču (izradio autor)..	39
Slika 24: Maksimalna reakcija oslonaca na stupu (izradio autor)	40

Slika 25: Maksimalna pozitivna vertikalna reakcija na krajnjim osloncima (izradio autor)	
.....	41
Slika 26: Maksimalna negativna vertikalna reakcija na krajnjim osloncima (izradio autor)	
.....	41
Slika 27: Maksimalna horizontalna reakcija na krajnjim osloncima (izradio autor)....	41
Slika 28: Maksimalni pomaci konstrukcije (izradio autor).....	43

1. Uvod

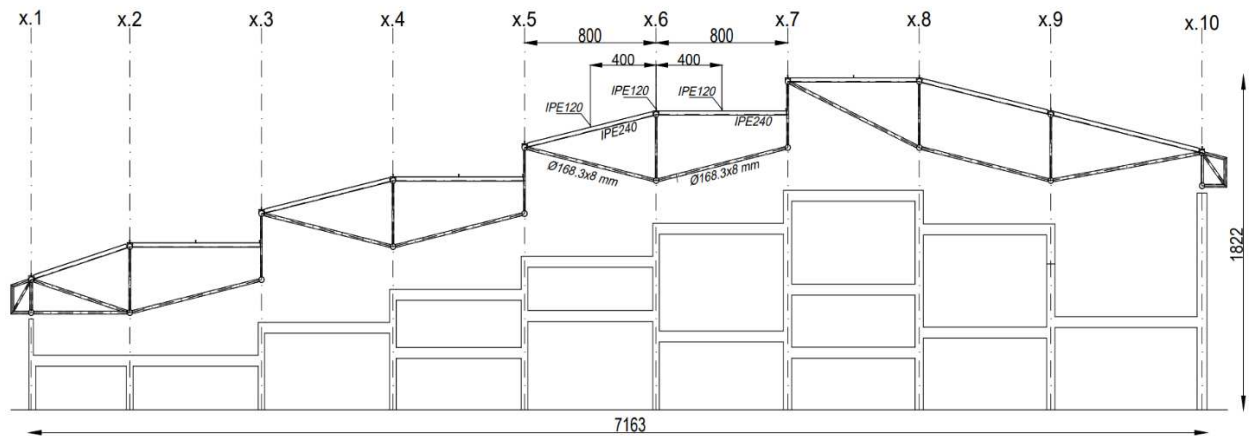
Dvorana „Žatika“ u Poreču je polivalentna građevina projektirana za oko 3,5 tisuća gledatelja za razne sportske sadržaje i druge manifestacije (tereni za različite sportove, teretana, svlačionice i drugo), koja je izgrađena za potrebe Svjetskog rukometnog prvenstva 2009. godine. Glavni prostor dvorane je tlocrtnih dimenzija 96 x 71 metar i visine od 26 metara sa dvije etaže, ukupne neto površine 6816 m²,

Dvorana sadrži 10 glavnih čeličnih rešetkastih krovnih nosača na osovinskom razmaku od 8 metara koji su različitih geometrijskih eliptičkih formi zbog specifično oblikovanog limenog krova i jer dvorana prati prirodnu kosinu terena. Svaki čelični rešetkasti nosač osim na krajnjim temeljima oslanja se i na unutarnje stupove na rasponu 64 metra, pri čemu je dopušten horizontalni pomak na vrhovima srednjih stupova, dok prepusti, koji su upeti u betonskoj ploči, su različitih dimenzija ovisno o položaju čeličnog nosača. Na čelične rešetkaste nosače oslonjena je podkonstrukcija za ovješene opreme, instalacija i drugih sadržaja u dvorani. Svi čelični elementi konstrukcije su zaštićeni od korozije za očekivanu trajnost od 20 godina.

U ovom završnom radu analizirat će se samo jedan nosivi čelični rešetkasti nosač sportske dvorane „Žatika“ u Poreču koji je reprezentativan za statičku analizu u okvirima kolegija Građevinska statika iz kojeg se izvodi ovaj završni rad. Napravljen je model odabranog čeličnog rešetkastog nosača uz zadržavanje postojećih dimenzija, te analizirana djelovanja na konstrukciju (stalna, vjetar i snijeg) koja moraju zadovoljavati granična stanja nosivosti i uporabljivosti. Nakon analize svih djelovanja na odabrani nosač, izrađen je model konstrukcije u računalnom programu STAAD.Pro, te su prikazani i prokomentirani rezultati provedene statičke analize u pogledu ekstremnih vrijednosti pomaka i rezultanti unutarnjih sila i momenata na odabranom čeličnom rešetkastom krovnom nosaču.

2. Geometrijske karakteristike

Zbog različitosti dimenzija lučnih nosača, za analizu i izradu modela je odabran jedan od 10 glavnih krovnih nosača dvorane „Žatika“. Za završni rad odabran je šesti nosač (x. 6) po redu gledajući u smjeru od sjevernog prema južnom pročelju i prostire se iznad središnjeg djela dvorane kako je prikazano na uzdužnom presjeku dvorane „Žatika“ (slika 1.).



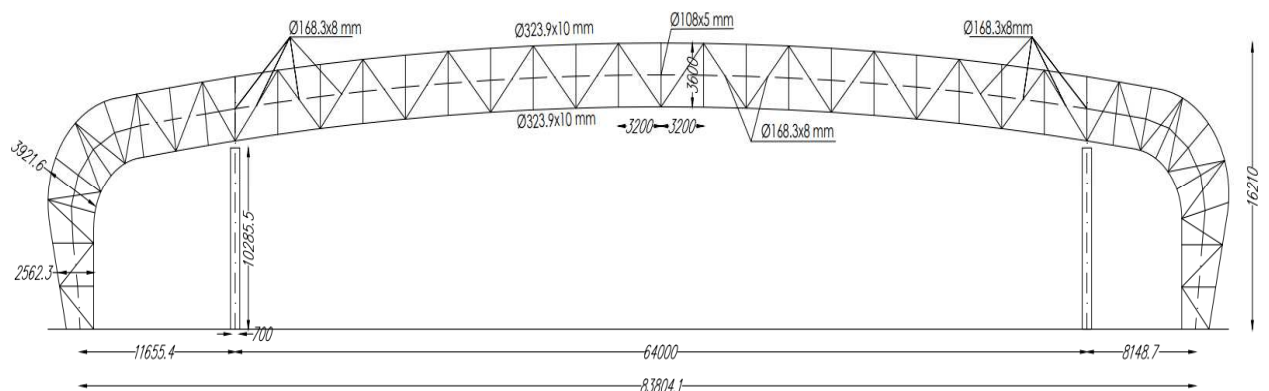
Slika 1: Uzdužni presjek dvorane Žatika

Glavni rešetkasti nosač je izrađen od kružnih šupljih čeličnih profila kvalitete čelika S235 (Č0361) gdje su vanjske i unutarnje pojasnice dimenzija $\Phi 323.9 \times 10$ mm. Vanjske i unutarnje pojasnice povezane se vertikalnim i dijagonalnim, također kružnim šupljim čeličnim profilima iste kvalitete čelika S235 (Č0361). Vertikalni čelični profili dimenzija su $\Phi 108 \times 5$ mm i nalaze se na rasteru od 3.2 metra, dok dijagonalni profili imaju dimenzije 168.3x8 mm. Izuzetak što se tiče dimenzija vertikalnih i dijagonalnih čeličnih profila je u blizini oba armirano betonska stupa gdje nekolicina profila ima dimenzije 219.1x10 mm. Taj izuzetak vrijedi za jedan vertikalni profil neposredno iznad stupa te za četiri dijagonalna profila koji se nalaze nakon unutarnje strane armirano betonskih stupova. Rešetkasti nosač ima ukupnu širinu od 83.8 metara i visinu od 16.2 metra. Glavni nosač osim što je povezan s

podlogom s nepokretnim zglobnim osloncem, naslonjen je na dva armirano betonska stupa dimenzija 70x50 mm i visine od 10.3 metra na kojima je dopušten horizontalni pomak. Raspon između stupova iznosi 64 metra i jednak je za sve rešetkaste supove u dvorani te je taj izolirani dio rešetkaste konstrukcije simetričan. Nesimetričnost cijele nosive konstrukcije javlja se zbog prepusta nakon stupova koji imaju različite širine od cca. 8 i 11 metara. Zbog različitosti širina prepusta, dolazi i do razlike u razmaku i nagibu dijagonalnih i okomitih čeličnih profila te radijusa i udaljenosti vanjskih i unutarnjih kontura. Vanjska i unutarnja kontura nosača je udaljena na središnjem djelu 3.6 metara, dok na prepustima varira između 2.5 i 4 metra.

U dvorani postavljena je primarna čelična konstrukcija profila IPE120 na rasteru od 4 metra iznad glavnih nosača. Rešetkasti nosači okomito su povezani sa sekundarnom čeličnom konstrukcijom profila IPE240 na rasteru od 3.2 metra i čeličnim šipkama profilom $\Phi 168.3 \times 8$ mm na rasteru od 6.4 metra (slika 1.).

Na slici 2. prikazane su dimenzije čeličnog rešetkastog nosača u milimetrima:



Slika 2: Glavni rešetkasti nosač x.6

3. Analiza djelovanja na konstrukciju

3.1. Stalna djelovanja na konstrukciju

Stalna djelovanja na konstrukciju su opterećenja koja su konstantno prisutna na konstrukciji i čija se vrijednost ne mijenja tijekom vremena niti promjenom vanjskih uvjeta.

Na čelični rešetkasti nosač, uz vlastitu težinu konstrukcije, djeluje težina pokrova, tehnološka oprema, instalacije i primarna čelična konstrukcija.

Uz navedena djelovanja, okomito na ravninu nosača na gornju konturu rešetkastog nosača spojena je sekundarna čelična konstrukcija profila IPE240 na rasteru od 3,2 metra, a na donju konturu su spojeni čelični šuplji kružni profili dimenzija $\Phi 168.9 \times 8$ mm na rasteru od 6,4 metra. Mora se uzeti u obzir primarna čelična konstrukcija profila IPE120 koja leži na pola raspona sekundarne čelične konstrukcije s obje strane (slika 4.)

Vlastita težina rešetkastog nosača bit će uzeta u obzir kod proračuna u programu STAAD.Pro.

$$\text{Vlastita težina limenog pokrova} = 0.35 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Vlastita težina tehnološke opreme i instalacija} = 0.45 \text{ kN/m}^2$$

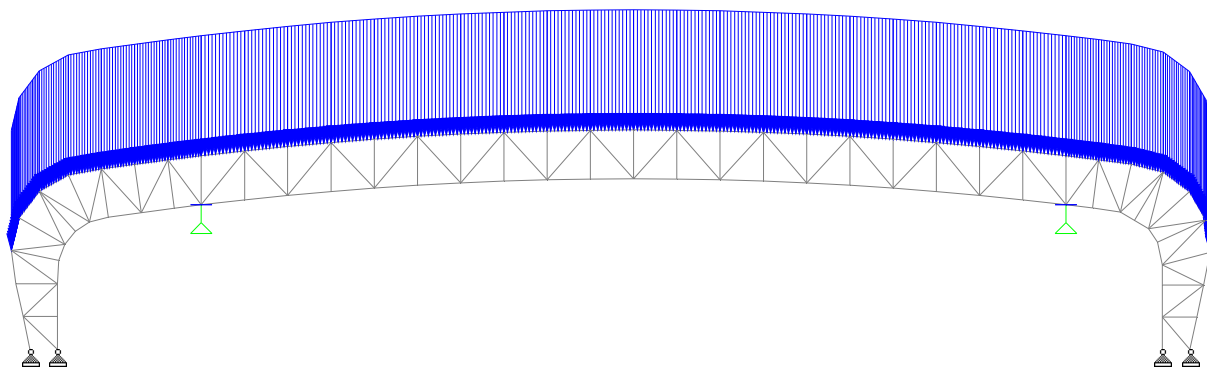
$$\text{Vlastita težina primarne čelične konstrukcije (IPE120)} = 0.104 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Vlastita težina sekundarne čelične konstrukcije (IPE240)} = 0.307 \text{ kN/m}$$

$$\text{Vlastita težina donjeg čeličnog profila } \Phi 168.9 \times 8 \text{ mm} = 0.316 \text{ kN/m}$$

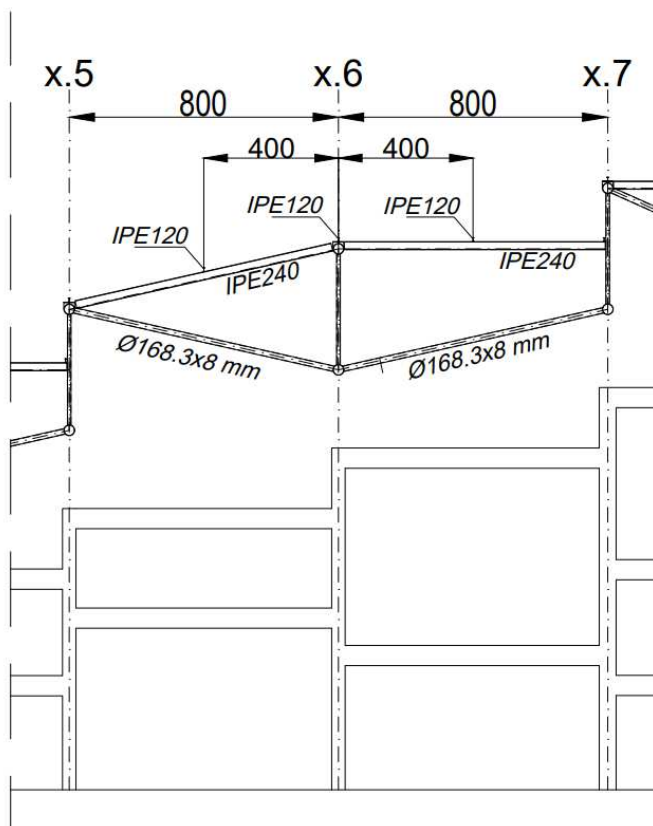
Stalno djelovanje na glavni rešetkasti nosač (raster 8 metara):

$$g_{uk} = 6.504 \text{ kN/m (slika 3.)}$$

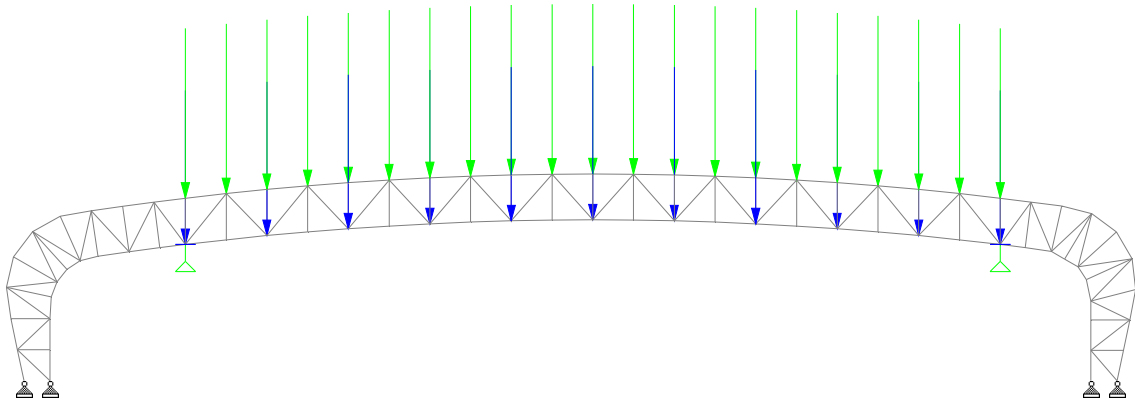


Slika 3: Prikaz stalnog djelovanja g_{uk} na rešetkasti nosač

Stalno opterećenje od sekundarne i primarne čelične konstrukcije, koja se nalazi na pola raspona sekundarne, te donjeg čeličnog profila $\Phi 168.9 \times 8$ mm usvaja se u obliku koncentrirane sile na mjestu spoja sa rešetkastim nosačem (slika 5.).



Slika 4: Poprečni presjek rešetkastog nosača



Slika 5: Prikaz stalnog djelovanja na rešetkasti nosač u obliku koncentrirane sile

3.2. Opterećenje snijegom

Opterećenje izazvano od snijega je promjenjivo vanjsko djelovanje koje se proračunava prema normi HRN EN 1991-1-3:2012 [1] i pomoću nacionalnog dodatka HRN EN 1991-1-3:2012/NA [2]. Opterećenje snijegom ovisit će o lokaciji na kojoj se nalazi konstrukcija, nadmorskoj visini obliku krova te o toplinskom i koeficijentu izloženosti. Proračun za djelovanje snijega na konstrukcije dat je izrazom:

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k \quad (1)$$

pri čemu je

s – djelovanje snijega

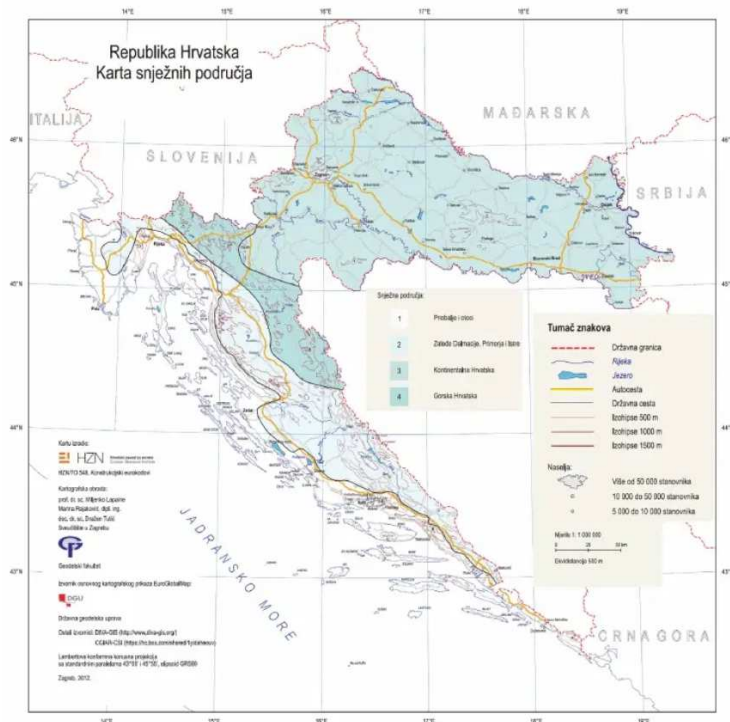
μ_i – koeficijent oblika opterećenja snijegom

s_k – karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu

C_e – koeficijent izloženosti

C_t – toplinski koeficijent

Karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu dobiva se pomoću karti snježnih područja koja se može pronaći u nacionalnom dodatku norme HRN EN 1991-1-3:2012/NA [2]. Poreč se nalazi na zapadnoj obali Istre, pa se nalazi 1. zoni (slika 6.) snježnih područja (priobalje i otoci) sa jako niskom nadmorskom visinom (<100 m) (tablica 1).



Slika 6: Karta snježnih područja Hrvatske [2]

Tablica 1: Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske visine [2]

Nadmorska visina do [m]	1. područje – priobalje i otoci [kN/m ²]	2. područje – zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre [kN/m ²]	3. područje – kontinentalna Hrvatska [kN/m ²]	4. područje – gorska Hrvatska [kN/m ²]
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00
700	0,50	2,00	2,50	3,50
800	0,50	2,50	2,75	4,00
900	1,00	3,00	3,00	4,50
1 000	2,00	4,00	3,50	5,00
1 100	3,00	5,00	4,00	5,50
1 200	4,00	6,00	4,50	6,00
1 300	5,00	7,00		7,00
1 400	6,00	8,00		8,00
1 500		9,00		9,00
1 600		10,00		10,00
1 700		11,00		11,00
1 800		12,00		

Prema datoj slici i tablici za karakterističnu vrijednost opterećenja snijega na tlu usvaja se:

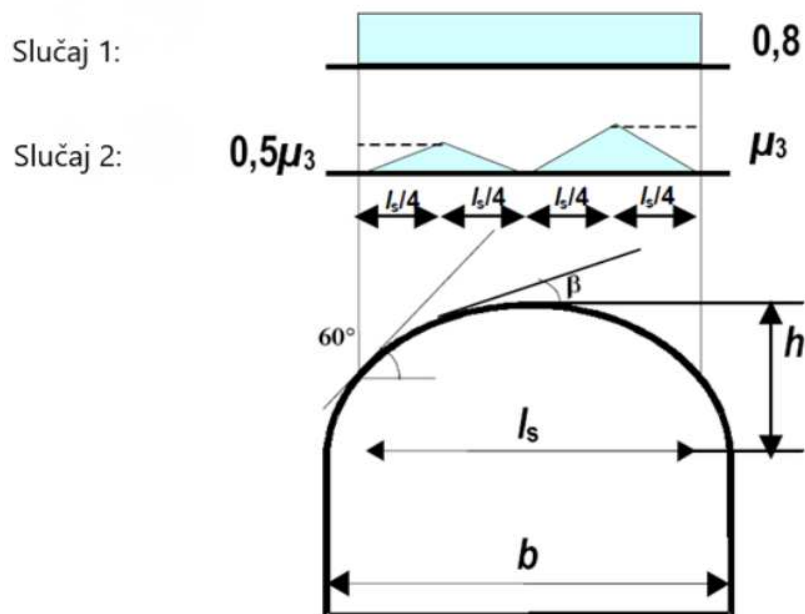
$$s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

Iz nacionalnog dodatka, za koeficijent izloženosti i toplinski koeficijent usvajaju se vrijednosti:

$$C_e = 1,00$$

$$C_t = 1,00$$

Koeficijent oblika opterećenja snijegom ovisi o obliku krova, pa za rešetkasti nosač proračunavamo opterećenje za dva slučaja kod cilindričnih krovova. Prema normi (slika 7.), preporučeni μ za cilindrične krovove je:



Slika 7: Koeficijent μ za cilindrične krovove [1]

Vrijednosti koeficijenta μ usvaja se:

$$\mu_1 = 0,80$$

$$\mu_2 = 2,00 \text{ (usvojena preporučena vrijednost iz nacionalnog dodatka)}$$

Od dobivenih podataka ulazi se u proračun za dobivanje proračunske vrijednosti opterećenja snijega po površini krova dvorane:

$$\text{Slučaj 1: } s_1 = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 0,5 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Slučaj 2: } s_2 = 0,5 * \mu_3 * C_e * C_t * s_k = 0,5 * 2,0 * 1,0 * 1,0 * 0,5 = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$s_3 = \mu_3 * C_e * C_t * s_k = 2,0 * 1,0 * 1,0 * 0,5 = 1 \text{ kN/m}^2$$

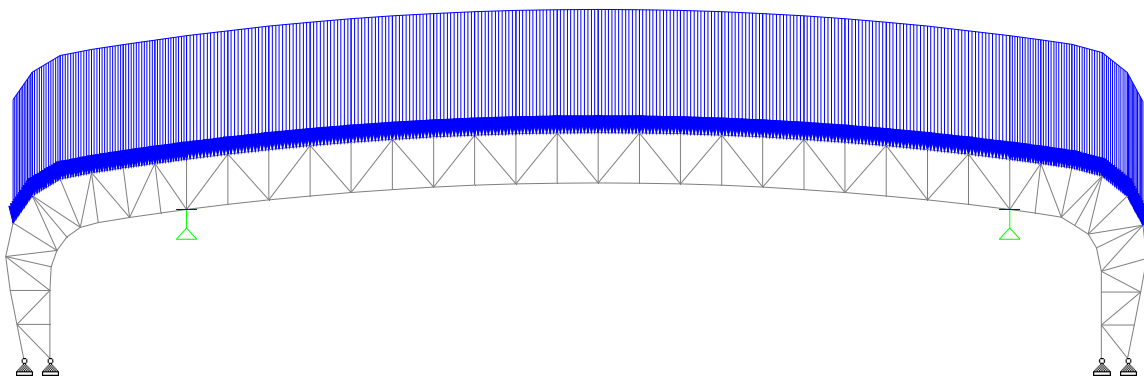
Proračunska vrijednost opterećenja snijega na rešetkastom nosaču (raster 8 m):

$$s_1 = 0,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 8 \text{ m} = 3,2 \text{ kN/m}$$

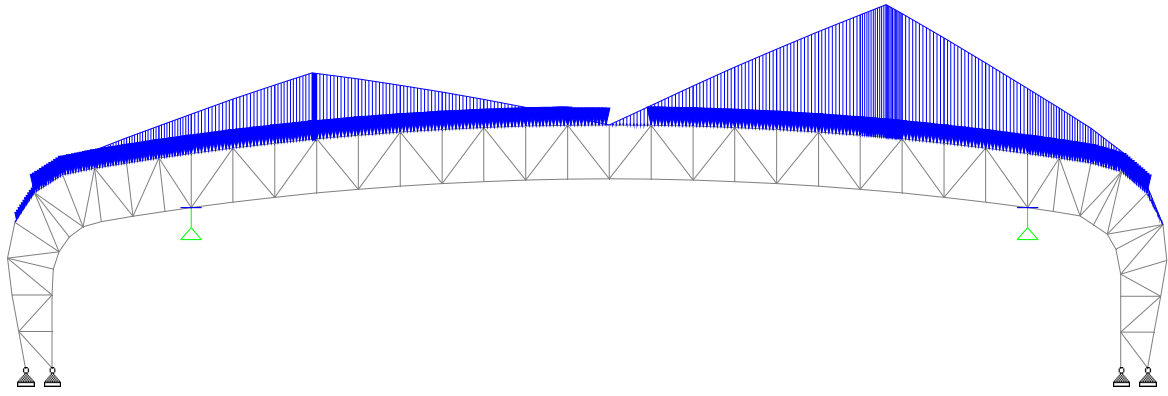
$$s_2 = 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 8 \text{ m} = 4 \text{ kN/m}$$

$$s_3 = 1,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 8 \text{ m} = 8 \text{ kN/m}$$

Na slikama 8 i 9 grafički su prikazana djelovanja snijega na rešetkasti nosač za oba slučaja:



Slika 8: Prikaz djelovanja snijega na rešetkasti nosač za slučaj 1



Slika 9: Prikaz djelovanja snijega na rešetkasti nosač za slučaj 2

3.3. Opterećenje vjetrom

Djelovanje vjetra na konstrukciju je promjenjivo opterećenje koja se proračunava prema normi HRN EN 1991-1-4 [3] pomoću nacionalnog dodatka.

Djelovanje vjetra ovisiti će o lokaciji i obliku konstrukcije, smjeru, hrapavosti terena i još mnogo toga.

Osnovna brzina vjetra proračunava se kao funkcija faktora smjera, faktora godišnjeg doba i temeljne vrijednosti osnovne brzine vjetra, 10 m iznad tla, a dobiva se pomoću izraza:

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} \quad (2)$$

pri čemu je

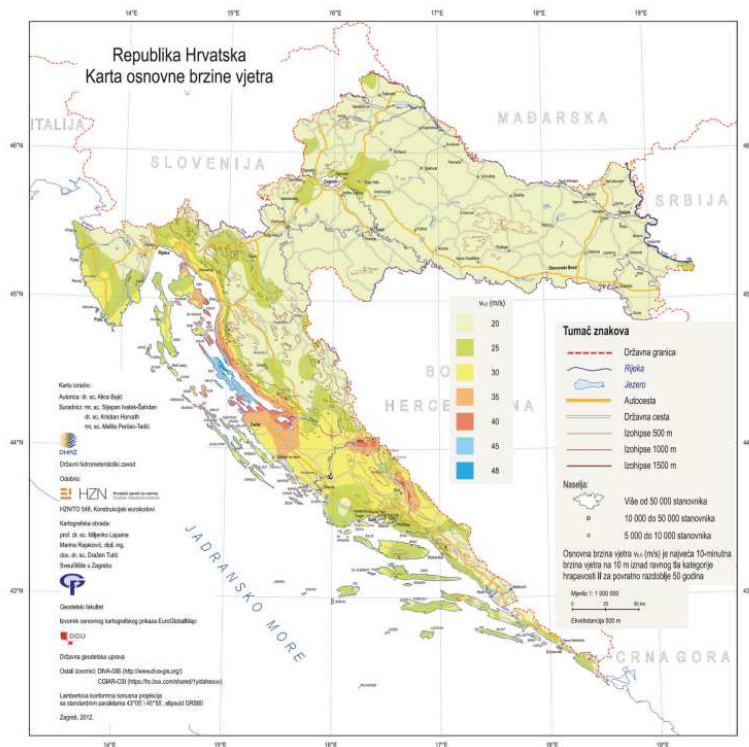
v_b – osnovna brzina vjetra

$v_{b,0}$ – temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra

c_{dir} – faktor smjera

c_{season} – faktor godišnjeg doba

Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra određuje se pomoću karte osnovne brzine vjetra Republike Hrvatske koja se može pronaći u nacionalnom dodatku. Poreč se nalazi na zapadnoj obali Istre gdje se može očekivati prosječna brzina vjetra s obzirom na ostatak Hrvatske (slika 10.)



Slika 10: Karta osnovne brzine vjetra Hrvatske [4]

Prema karti za osnovnu brzinu vjetra usvaja se:

$$v_{b,0} = 30,00 \text{ m/s}$$

Prema nacionalnom dodatku, za faktore smjera i godišnjeg doba uzimamo:

$$c_{dir} = 1,00$$

$$c_{season} = 1,00$$

Pomoću dobivenih vrijednosti, proračunavamo osnovnu brzinu vjetra:

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1,00 * 1,00 * 30,00 = 30 \text{ m/s}$$

Srednja brzina vjetra je u funkciji visine, hrapavosti terena, vertikalnoj razvedenosti i osnovnoj brzini vjetra, te se dobije pomoću izraza:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b \tag{3}$$

gdje je:

$z = 16,2 \text{ m}$ – visina konstrukcije

$c_r(z)$ – faktor hrapavosti

$c_0(z)$ – faktor vertikalne razvedenosti

v_b – osnovna brzina vjetra

Faktor hrapavosti, zbog visine iznad terena i hrapavosti terena uz vjetar prije konstrukcije, obuhvaća promjenjivost srednje brzine vjetra te se dobije pomoću logaritamske funkcije:

$$c_r(z) = k_r * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad \text{za uvjet} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad (4)$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{za uvjet} \quad z \leq z_{min} \quad (5)$$

pri čemu je:

z_0 – duljina hrapavosti

k_r – faktor terena ovisan o duljini hrapavosti z_0

z_{min} – najmanja visina ovisno o kategoriji terena

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

Faktor terena dobiva se pomoći izraza:

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} \quad (6)$$

gdje je:

$z_{0,II} = 0,05$ – kategorija terena II

Visine z_0 i z_{min} se određuju pomoću kategorije terena što je definirano u tablici 2.

Tablica 2: Kategorija terena i parametri tla [3]

Kategorija terena		z_0 [m]	z_{min} [m]
0	More ili priobalna područja izložena otvorenom moru	0,003	1
I	Jezera ili ravna i horizontalno položena područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka	0,01	1
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreke	0,05	2
III	Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgrade ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreke (npr. sela, predgrađa, stalna šuma)	0,3	5
IV	Područja s najmanje 15 % površine pokrivene zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m	1,0	10

NAPOMENA: Kategorije terena prikazane su na slikama u točki A.1.

Dvorana Žatika se nalazi u gradskom području, stoga pripada na IV. kategoriji terena pri čemu su:

$$z_0 = 1,0 \text{ m}$$

$$z_{min} = 10,0 \text{ m}$$

Od dobivenih podataka ulazi se u proračun za faktorom terena:

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{1}{0,05}\right)^{0,07} = 0,234$$

Pomoću faktora terena dobiva se faktor hrapavosti:

$$c_r(16,2) = 0,234 * \ln\left(\frac{16,2}{1}\right) = 0,652 \text{ uz zadovoljen uvjet } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

Norma određuje da je faktor vertikalne razvedenosti jednak:

$$c_0 = 1,0$$

Za srednju brzinu vjetra se dobije:

$$v_m(16,2) = 0,652 * 1 * 30 = 19,56 \text{ m/s}$$

Intenzitet turbulencije vjetra $I_v(z)$ određuje se kao kvocijent standardne devijacije i srednje brzine vjetra. Standardna devijacija dobije se pomoću izraza:

$$\sigma_v = k_r * v_b * k_I \quad (7)$$

pri čemu je:

σ_v – standardna devijacija

$k_I = 1,0$ – faktor turbulencije (prema nacionalnom dodatku)

$$\sigma_v = 0,234 * 30 * 1 = 7,02 \text{ m/s}$$

Intenzitet turbulencije na visini z se određuje pomoću izraza:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} \quad (8)$$

$$I_v(16,2) = \frac{7,02}{19,56} = 0,359$$

Tlak pri vršnoj brzini na određenoj visini obuhvaća srednje i kratkotrajne promjene brzine te se proračunava pomoću izraza:

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2 \quad (9)$$

pri čemu je:

$q_p(z)$ – tlak pri vršnoj brzini

$\rho = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ – gustoća zraka (prema normi)

$$q_p(16,2) = [1 + 7 * 0,359] * \frac{1}{2} * 1,25 * 19,56^2 = 840,03 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0,84 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Faktor izloženosti dan je izrazom:

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} \quad (10)$$

gdje je:

$c_e(z)$ – faktor izloženosti

q_b – tlak pri osnovnoj brzini

Tlak pri osnovnoj brzini vjetra se proračunava pomoću izraza:

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1,25 * 30^2 = 562,5 \frac{kg}{m^2} = 0,563 kN/m^2$$

Od dobivenih vrijednosti proračunava se faktor izloženosti:

$$c_e(16,2) = \frac{0,84}{0,563} = 1,5$$

Učinak vjetra na konstrukcije moraju se odredit uzimajući u obzir vanjski i unutarnji tlak vjetra. Tlak vjetra na vanjske površine dobije se pomoću izraza:

$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe} \quad (11)$$

Gdje je:

w_e – tlak vjetra na vanjske površine

z_e – referetna visina za vanjski tlak

c_{pe} – koeficijent tlaka za vanjski tlak

Tlak vjetra koji djeluje na unutarnje površine dobije se pomoću izraza:

$$w_i = q_p(z_i) * c_{pi} \quad (12)$$

Gdje je:

w_i – tlak vjetra na unutarnje površine

z_i – referentna visina za unutarnji tlak

c_{pi} – koeficijent tlaka za unutarnji tlak

Za vrijednost koeficijenta unutarnjeg tlaka uzima se nepovoljnija vrijednost između:

$$c_{pi} = 0.2$$

$$c_{pi} = -0.3$$

Referentne visine su jednake visini konstrukcije:

$$z_e = 16,2 \text{ m}$$

$$z_i = 16,2 \text{ m}$$

Geometrijske karakteristike dvorane i nosive rešetkaste konstrukcije:

Raspon dvorane: $d = 71 \text{ m}$

Širina dvorane: $b = 96 \text{ m}$

Ukupna visina: $h = 16,2 \text{ m}$

Raspon nosive rešetkaste konstrukcije: $L = 83,8 \text{ m}$

Raster nosive rešetkaste konstrukcije: $B = 8 \text{ m}$

Broj polja: $n = 9$

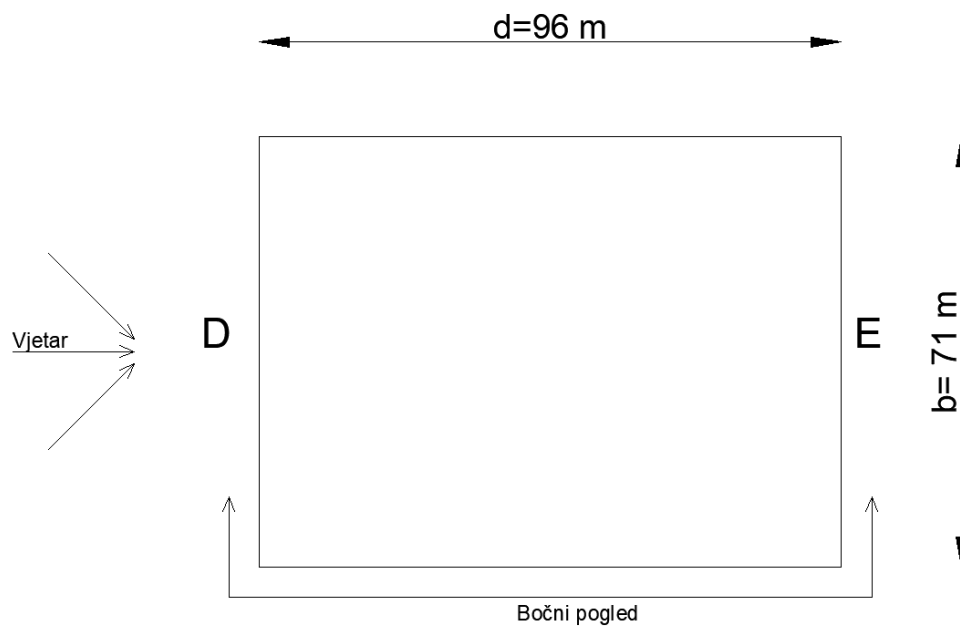
Visina zidova: $h_{\text{zid}} = 7,66 \text{ m}$

Visina krovne konstrukcije: $h_{\text{krov}} = 8,54 \text{ m}$

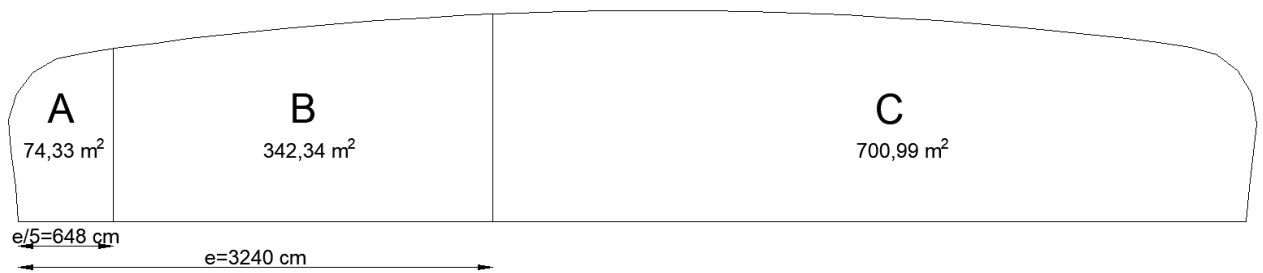
Duljina četvrtine luka krova: $l = 7,86 \text{ m}$

Djelovanje vjetra na vertikalne zidove zgrada s pravokutnim tlocrtom:

Slučaj 1 (slika 11.): $e = \min(b; 2h) = \min(71; 32,4) = 32,4 \text{ m} < d$ (slika 12.) (13)



Slika 11: Tlocrtni prikaz zona D i E za slučaj 1



Slika 12: Bočni pogled na zone A, B i C za slučaj 1

U tablici 3. nalaze se preporučeni koeficijenti vanjskog tlaka za vertikalne zidove:

Tablica 3: Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada [3]

Područje	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

$$A, B, C: \quad \frac{h}{d} = \frac{16,2 \text{ m}}{96 \text{ m}} = 0,16 \quad (14)$$

$$D, E: \quad \frac{h}{d} = \frac{7,66 \text{ m}}{96 \text{ m}} = 0,08 \quad (15)$$

Koeficijenti vanjskog pritiska vjetra:

$$\text{Zona A: } c_{pe,10} = -1,2$$

$$\text{Zona B: } c_{pe,10} = -0,8$$

$$\text{Zona C: } c_{pe,10} = -0,5$$

$$\text{Zona D: } c_{pe,10} = 0,7$$

$$\text{Zona E: } c_{pe,10} = -0,3$$

U tablicama 4. i 5. prikazane su vrijednosti pritiska vjetra na konstrukciju i nosač za slučaj 1:

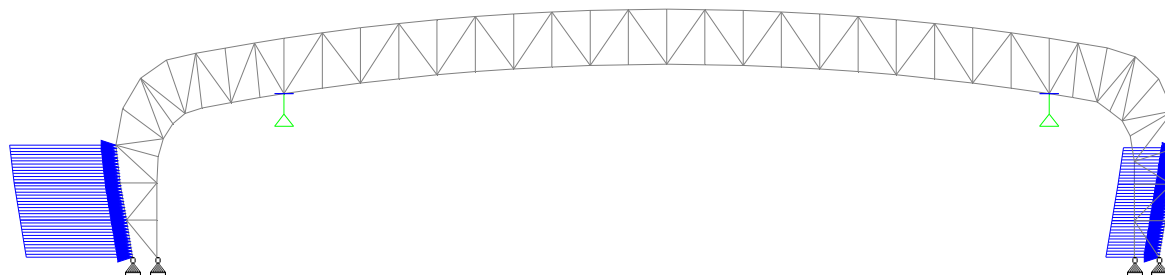
Tablica 4: Pritisak vjetra na konstrukciju za slučaj 1

		A	B	C	D	E
w_e	kN/m^2	-1,008	-0,672	-0,42	0,588	-0,252
$w_{i(-)}$	kN/m^2	-0,252	-0,252	-0,252	-0,252	-0,252
$w_{i(+)}$	kN/m^2	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168
$w_e - w_{i(-)}$	kN/m^2	-0,756	-0,42	-0,168	0,84	0
$w_e - w_{i(+)}$	kN/m^2	-1,176	-0,84	-0,588	0,42	-0,42

Tablica 5: Pritisak vjetra na glavni nosač za slučaj 1

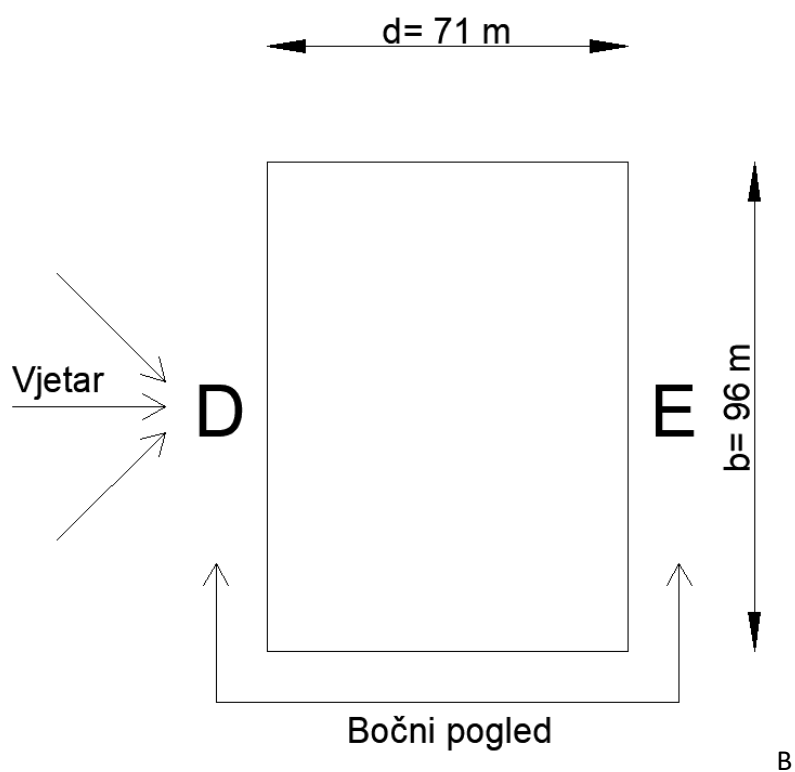
		A	B	C	D	E
$w_e - w_{i(-)}$	kN/m^2	-6,048	-3,36	-1,344	6,72	0
$w_e - w_{i(+)}$	kN/m^2	-9,408	-6,72	-4,704	3,36	-3,36

Opterećenja koji djeluju na zone A, B i C preuzimaju drugi konstruktivni elementi dvorane, pa na nosač djeluju samo opterećenja koji djeluju na zone D i E (slika 13.).

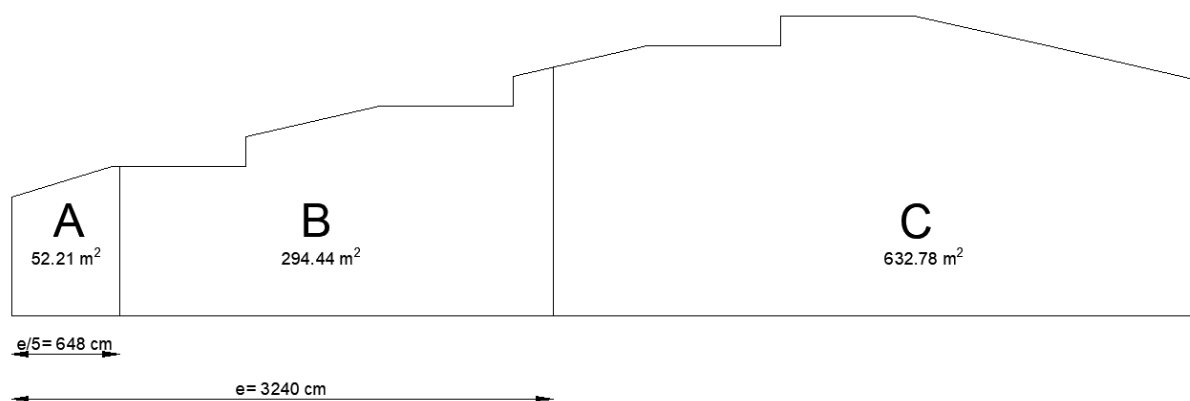


Slika 13: Prikaz djelovanja vjetra na rešetkasti nosač za slučaj 1

Slučaj 2 (slika 14): $e = \min(b; 2h) = \min(96; 32,4) = 32,4 \text{ m} < d$ (slika 15.) (13)



Slika 14: Tlocrtni prikaz zona D i E za slučaj 2



Slika 15: Bočni pogled na zone A, B i C za slučaj 2

$$A, B, C: \quad \frac{h}{d} = \frac{7,66 \text{ m}}{71 \text{ m}} = 0,11 \quad (14)$$

$$D, E: \quad \frac{h}{d} = \frac{16,2 \text{ m}}{71 \text{ m}} = 0,23 \quad (15)$$

Koeficijenti vanjskog pritiska vjetra:

Zona A: $C_{pe,10} = -1,2$

Zona B: $C_{pe,10} = -0,8$

Zona C: $C_{pe,10} = -0,5$

Zona D: $C_{pe,10} = 0,7$

Zona E: $C_{pe,10} = -0,3$

U tablicama 6. i 7. prikazane su vrijednosti pritiska vjetra na konstrukciju i nosač za slučaj 2:

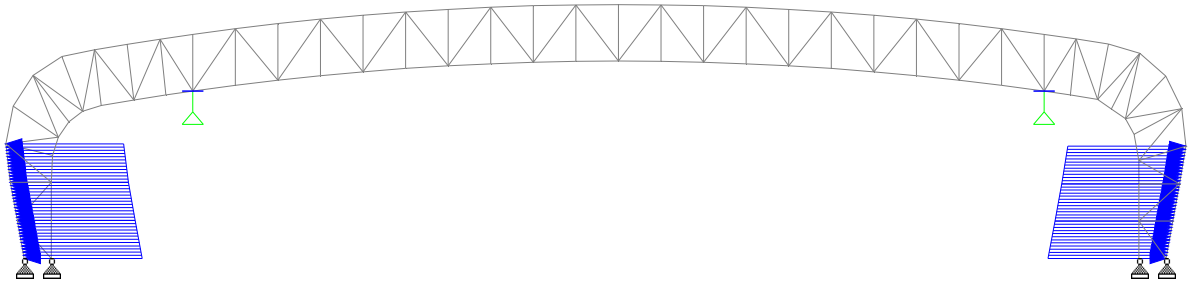
Tablica 6: Pritisak vjetra na konstrukciju za slučaj 2

		A	B	C	D	E
w_e	kN/m^2	-1,008	-0,672	-0,42	0,588	-0,252
$w_{i(-)}$	kN/m^2	-0,252	-0,252	-0,252	-0,252	-0,252
$w_{i(+)}$	kN/m^2	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168
$w_e - w_{i(-)}$	kN/m^2	-0,756	-0,42	-0,168	0,84	0
$w_e - w_{i(+)}$	kN/m^2	-1,176	-0,84	-0,588	0,42	-0,42

Tablica 7: Pritisak vjetra na glavni nosač za slučaj 2

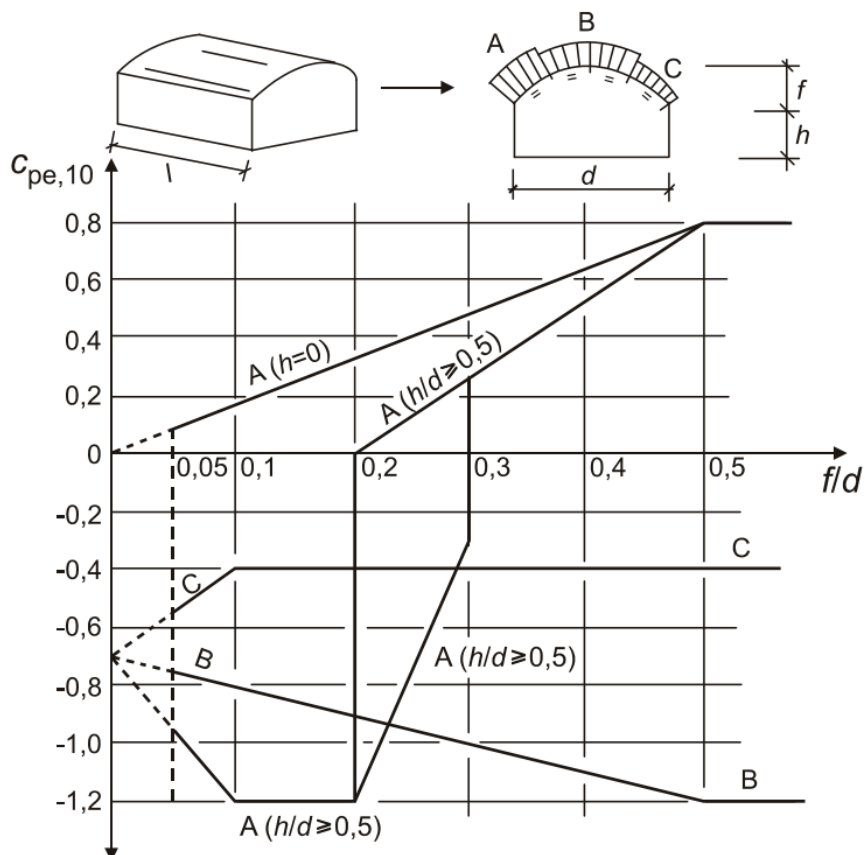
		A	B	C	D	E
$w_e - w_{i(-)}$	kN/m^2	-6,048	-3,36	-1,344	6,72	0
$w_e - w_{i(+)}$	kN/m^2	-9,408	-6,72	-4,704	3,36	-3,36

Opterećenja koja djeluju na zone A, B, D i E preuzimaju drugi konstruktivni elementi dvorane, te u ovom slučaju na rešetakti nosač djeluje opterećenje za zonu C (slika 16.).



Slika 16: Prikaz djelovanja vjetra na rešetkasti nosač za slučaj 2

Djelovanje vjetra na valjkasti krov s pravokutnom osnovicom prikazano je na slici 17.:



Slika 17: Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za valjkaste krovove s pravokutnom osnovicom [3]

$$\frac{f}{d} = \frac{8,54 \text{ m}}{96 \text{ m}} = 0,09 \quad (16)$$

$$\frac{h}{d} = \frac{7,66 \text{ m}}{96 \text{ m}} = 0,08 \quad (17)$$

Koeficijenti vanjskog pritiska vjetra:

Zona A: $C_{pe,10} = 1,5$

Zona B: $C_{pe,10} = -0,8$

Zona C: $C_{pe,10} = -0,45$

U tablicama 8. i 9. prikazane su vrijednosti pritiska vjetra na krov konstrukcije i nosača:

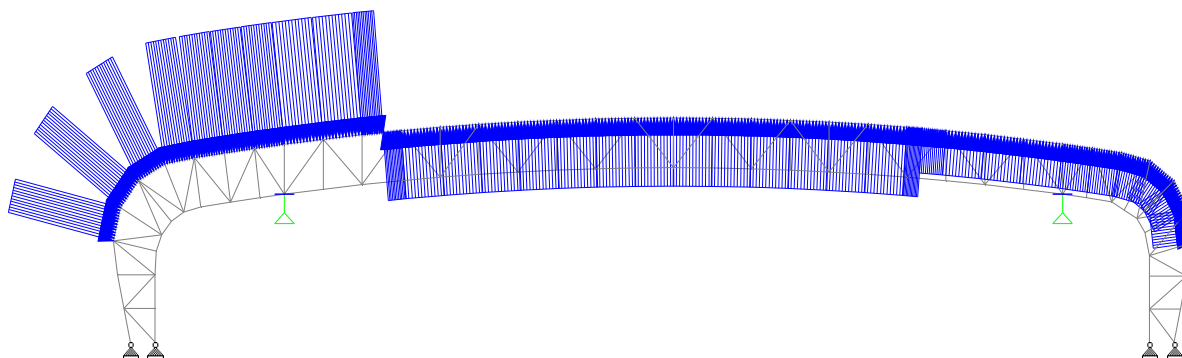
Tablica 8: Pritisak vjetra na krov konstrukcije

		A	B	C
w_e	kN/m^2	1,26	-0,672	-0,378
$w_{i(-)}$	kN/m^2	-0,252	-0,252	-0,252
$w_{i(+)}$	kN/m^2	0,168	0,168	0,168
$w_e - w_{i(-)}$	kN/m^2	1,512	-0,42	-0,126
$w_e - w_{i(+)}$	kN/m^2	1,092	-0,84	-0,546

Tablica 9: Pritisak vjetra na glavni nosač

		A	B	C
$w_e - w_{i(-)}$	kN/m^2	12,096	-3,36	-1,008
$w_e - w_{i(+)}$	kN/m^2	8,736	-6,72	-4,368

Na slici 18. prikazana su djelovanja vjetra na krov rešetkastog nosača:



Slika 18: Prikaz djelovanja vjetra na valjkasti krov rešetkastog nosača

4. Analiza rezultata

4.1. Proračunske kombinacije za granično stanje nosivosti

Dobivena opterećenja koja djeluju na konstrukciju su karakteristične vrijednosti koje množimo sa parcijalnim koeficijentima sigurnosti, koji ovisi o vrsti opterećenja (stalno, promjenjivo, povoljno, nepovoljno, itd.), da bi dobili proračunske vrijednosti koje su mjerodavne da dimenzioniranje. Opterećenja mogu djelovati u različitim kombinacijama, pa je potrebno odrediti najnepovoljniju moguću situaciju. Pri pojavi više promjenjivih djelovanja na konstrukciju, sekundarna promjenjiva djelovanja množimo sa koeficijentom redukcije jer mala je vjerojatnost da sva promjenjiva opterećenja djeluju u svom punom intenzitetu istovremeno.

Na rešetkastu čeličnu konstrukciju dvorane „Žatika“ djeluje stalno opterećenje i po 2 slučaja opterećenja snijega i vjetra na zidove te opterećenje vjetra na krov.

Pretpostavljene proračunske kombinacije opterećenja:

$$1) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * s_1 \quad (18)$$

$$2) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * w_1 \quad (19)$$

$$3) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * s_2 \quad (20)$$

$$4) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * w_2 \quad (21)$$

$$5) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * s_1 + 1,5 * 0,6 * w_1 \quad (22)$$

$$6) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * s_1 + 1,5 * 0,6 * w_2 \quad (23)$$

$$7) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * s_2 + 1,5 * 0,6 * w_1 \quad (24)$$

$$8) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * s_2 + 1,5 * 0,6 * w_2 \quad (25)$$

$$9) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * w_1 + 1,5 * 0,5 * s_1 \quad (26)$$

$$10) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * w_1 + 1,5 * 0,5 * s_2 \quad (27)$$

$$11) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * w_2 + 1,5 * 0,5 * s_1 \quad (28)$$

$$12) \quad q = 1,35 * g + 1,5 * w_2 + 1,5 * 0,5 * s_2 \quad (29)$$

gdje je:

g – ukupno stalno djelovanje na glavni nosač

s_1 – opterećenje snijegom sa slučaj 1

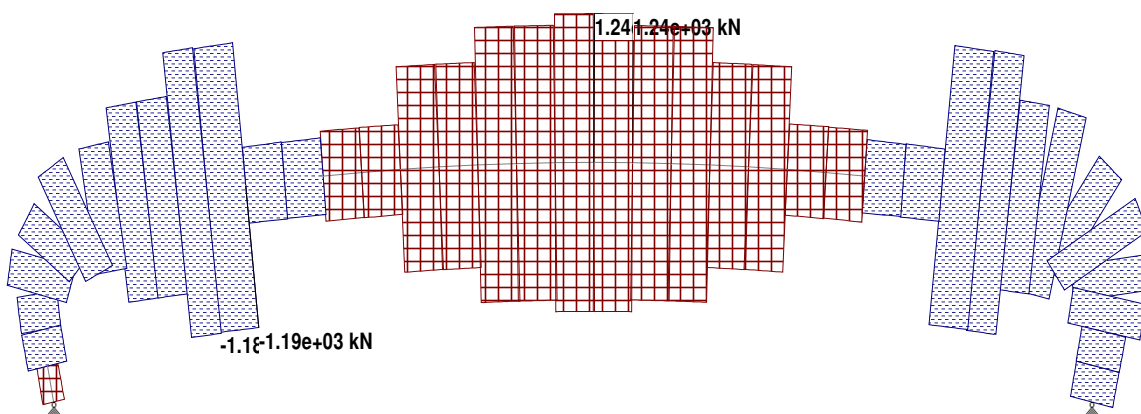
s_2 – opterećenje snijegom za slučaj 2

w_1 – opterećenje vjetra na krov i zidove za slučaj 1

w_2 – opterećenje vjetra na krov i zidove za slučaj 2

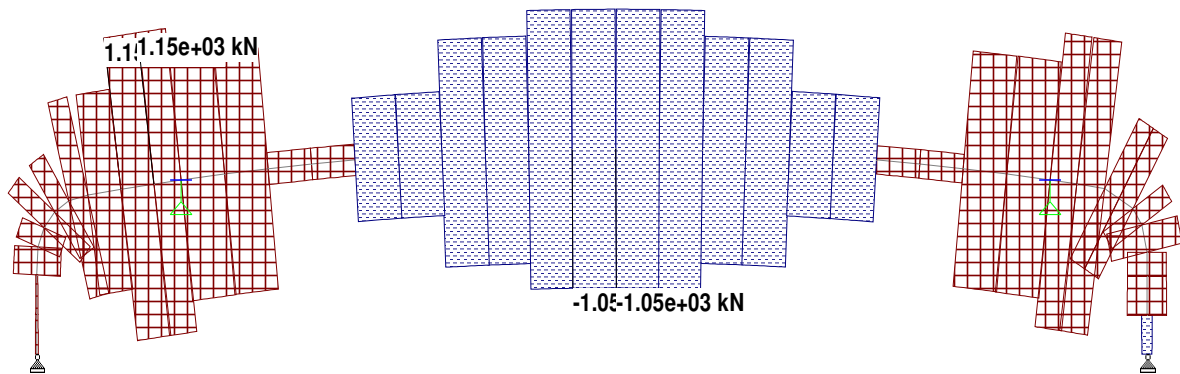
4.2. Rezultantni dijagrami uzdužnih sila

Nakon provede analize djelovanja opterećenja na konstrukciju u svim mogućim proračunskim kombinacijama u računalnom programu STAAD.Pro, kao rezultat smo dobili dijagrame koji nam pokazuju koliko su opterećeni određeni djelovi konstrukcije. Pošto se radi o rešetkastoj konstrukciji čiji su svi elementi (štapovi) povezani zglobovima, veličina djelovanja momenata je zanemariva ili je uopće nema. Elementi rešetkaste konstrukcije su najviše opterećeni u uzdužnom smjeru. U vanjskoj pojasnici glavnog nosača najveća uzdužna tlačna sila javlja se na sredini raspona u iznosu od 1240 kN, dok se najveća vlačna sila javlja na području iznad stupa veličine 1190 kN (slika 19).



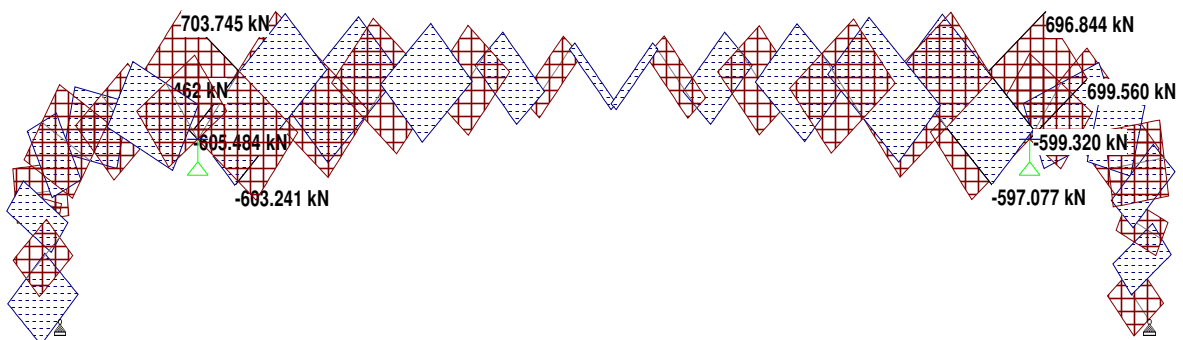
Slika 19: Dijagram maksimalnih uzdužnih sila na vanjskim pojasnicama rešetkastog nosača

Dok na unutrašnjoj pojasnici se pojavljuju nešto manja opterećenja i obrnutog predznaka. Na sredini raspona se pojavljuje vlačno opterećenje od 1050 kN, na području oko stupa javlja se tlačno opterećenje od 1150 kN (slika 20.)



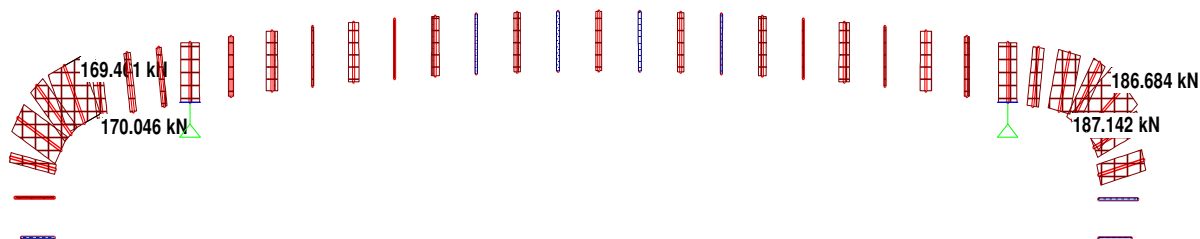
Slika 20: Dijagram maksimalnih uzdužnih sila na unutarnjim pojasnicama rešetkastog nosača

Za razliku od pojasnicama, na vertikalnim i dijagonalnim profilima se manje opterećenja. Na dijagonalnim profilima (slika 21.) izmjenjuju se vlačna i tlačna naprezanja pri čemu se maksimalna naprezanja pojavljuju kod područja stupa. Veličina maksimalnog tlačnog naprezanja je 703.75 kN, a vlačnog je 603.24 kN.



Slika 21: Dijagram maksimalnih uzdužnih sila na dijagonalnim čeličnim profilima

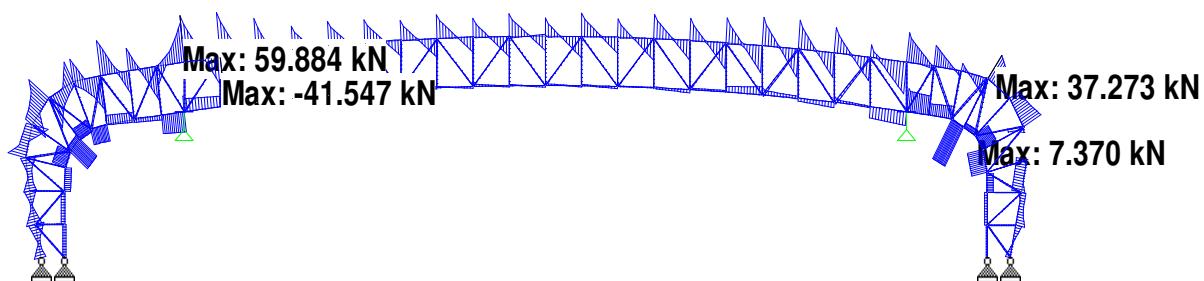
Na vertikalnim profilima javljaju se najmanje uzdužne sile te se na određenim djelovima zanemari. Najveće tlačne uzdužne sile se javljaju na sredinama prepusta gdje maksimalno tlačno opterećenje 170.05 kN (slika 22.).



Slika 22: Dijagram maksimalnih uzdužnih sila na vertikalnim čeličnim profilima

4.3. Rezultatni dijagrami poprečnih sila

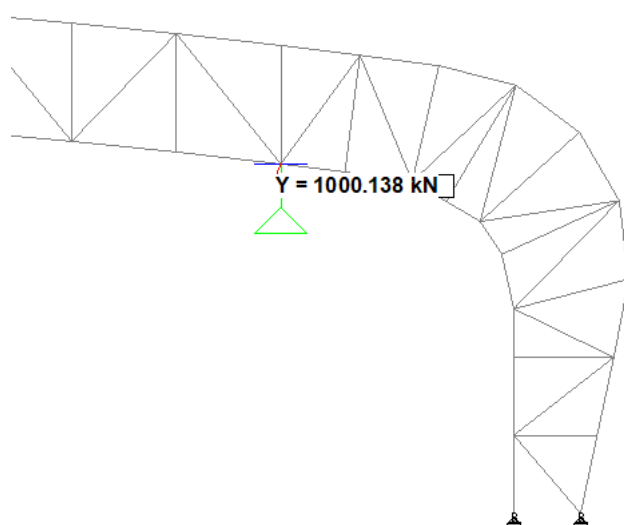
U usporedbi sa uzdužnim naprežanjima, poprečne sile imaju mali utjecaj čeličnu nosivu konstrukciju. Maksimalna poprečna sila pojavljuje se oko područja iznad stupa veličine od 59.88 kN, a na nekim dijelovima konstrukcije opterećenje je približno nuli (slika 23.)



Slika 23: Dijagram maksimalnih poprečnih sila na glavnom nosaču

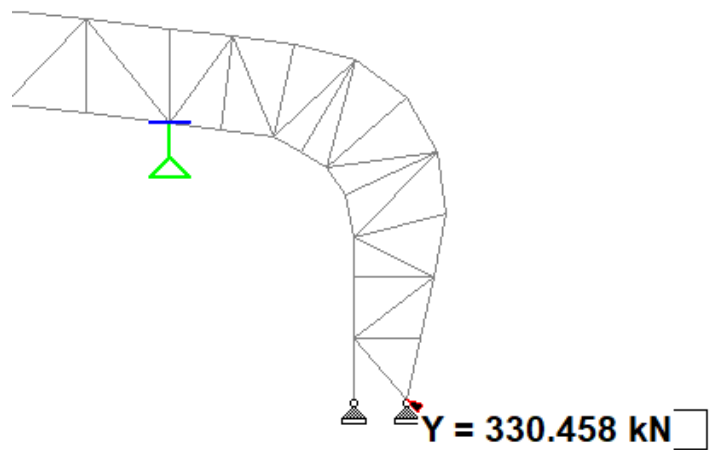
4.4 Reakcije u osloncima

Veličine i smjerovi reakcija u osloncima variraju ovisno o kombinaciji opterećenja koja djeluje na modeliranu konstrukciju. Oslonci na stupovima, koji samo ne dozvoljavaju pomake u vertikalnom smjeru, prenose većinska vertikalna opterećenja sa konstrukcije na stupove. Najveća reakcija je zabilježena na stupovima je od 1000.14 kN (slika 24).

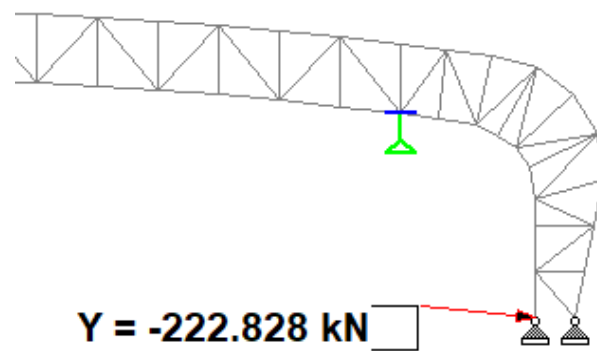


Slika 24: Maksimalna reakcija oslonaca na stupu

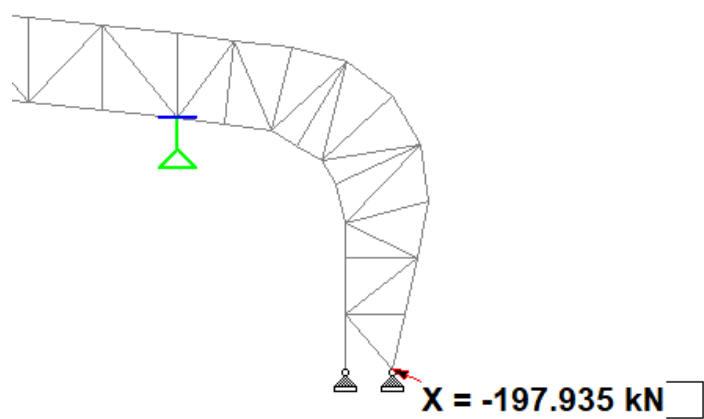
Za razliku na stupovima, oslonci na krajevima rešetkaste konstrukcije ne dozvoljavaju i horizontalne pomake. Na oslonce, u nekim proračunskim kombinacijama, također djeluje negativna vertikalna reakcija koja sprječava uzdizanje konstrukcije. Najveće vertikalne reakcije na spomenutim osloncima je 330.46 kN (slika 25) i -222.83 kN (slika 26), dok najveća horizontalna reakcija je 197.94 kN (slika 27).



Slika 25: Maksimalna pozitivna vertikalna reakcija na krajnjim osloncima



Slika 26: Maksimalna negativna vertikalna reakcija na krajnjim osloncima



Slika 27: Maksimalna horizontalna reakcija na krajnjim osloncima

4.5 Proračunske kombinacije za granično stanje uporabljivosti

Proračunske kombinacije za GSU se razlikuju od prijašnjih proračunskih kombinacija po koeficijentima koji su blaži nego prijašnji. Za granično stanje uporabljivosti uzimaju se samo opterećenja koja nepovoljno djeluju na konstrukciju, odnosno opterećenja kao što je uzgon krova zbog djelovanja vjetra se ne uzima u obzir jer povoljno djeluje na konstrukciju.

Pretpostavljene proračunske kombinacije opterećenja:

$$1) \quad q = 1 * g + 1 * s_1 \quad (30)$$

$$2) \quad q = 1 * g + 1 * w_1 \quad (31)$$

$$3) \quad q = 1 * g + 1 * s_2 \quad (32)$$

$$4) \quad q = 1 * g + 1 * w_2 \quad (33)$$

$$5) \quad q = 1 * g + 1 * s_1 + 1 * 0,6 * w_1 \quad (34)$$

$$6) \quad q = 1 * g + 1 * s_1 + 1 * 0,6 * w_2 \quad (35)$$

$$7) \quad q = 1 * g + 1 * s_2 + 1 * 0,6 * w_1 \quad (36)$$

$$8) \quad q = 1 * g + 1 * s_2 + 1 * 0,6 * w_2 \quad (37)$$

$$9) \quad q = 1 * g + 1 * w_1 + 1 * 0,5 * s_1 \quad (38)$$

$$10) \quad q = 1 * g + w_1 + 1 * 0,5 * s_2 \quad (39)$$

$$11) \quad q = 1 * g + 1 * w_2 + 1 * 0,5 * s_1 \quad (40)$$

$$12) \quad q = 1 * g + w_2 + 1 * 0,5 * s_2 \quad (41)$$

gdje je:

g – ukupno stalno djelovanje na glavni nosač

s_1 – opterećenje snijegom sa slučaj 1

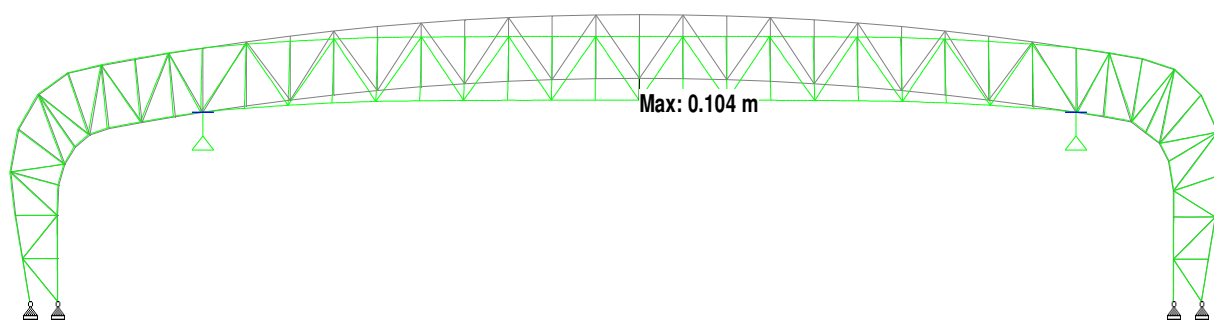
s_2 – opterećenje snijegom za slučaj 2

w_1 – opterećenje vjetra na krov i zidove za slučaj 1

w_2 – opterećenje vjetra na krov i zidove za slučaj 2

4.6 Pomaci konstrukcije

Najveći pomaci konstrukcije su se očekivano dogodila na sredini raspona konstrukcije. Konstrukcija, raspona 84 metra i visine 16 metara, pri najnepovoljnijoj proračunskoj kombinaciji opterećenja se pomakne za 10.4 centimetra na sredini raspona (slika 28). Pomaci na ostalim dijelovima konstrukcije, bilo vertikalni ili horizontalni, su zanemarivi.



Slika 28: Maksimalni pomaci konstrukcije

5. Zaključak

U ovom završnom radu analizirao se model glavnog čeličnog nosača dvorane „Žatika“ u Poreču. Zbog različitosti dimenzija glavnih nosača, analizirao se jedan nosač koji se prostire iznad središnjeg djela dvorane. Nosač, širine 83.8 metara i visine 16.2, izrađen je od čelika kvalitete S235 te su dijelovi nosača različitih poprečnih profila. Vanjske i unutarnje pojasnice izrađene su kružnog šupljeg profila $\Phi 323.9 \times 10$ mm, vertikalni i dijagonalni, profili koji povezuju pojasnice, su također kružnog šupljeg profila $\Phi 108 \times 5$ mm odnosno 168.3×8 mm. Rešetka leži i na 2 stupa koji su udaljeni 64 metra na sredini raspona koji preuzimaju samo vertikalna opterećenja

Proračunata su stalna djelovanja na konstrukciju koja čine limeni krov, primarne i sekundarne čelične konstrukcije, oprema i instalacije. Također su proračunata opterećenja vjetra i snijega koja mogu se pojaviti u 2 slučaja. Rešetka je modelirana u računalnom programu STAAD.Pro te je analizirana s obzirom na navedena opterećenja koja se pojavljuju u 12 različitih proračunatih kombinacija za GSN i GSU.

Rezultat analize su dijagrami sila koji djeluju na konstrukciju. Momenti se ne javljaju na takvoj vrsti konstrukcije jer rešetke čine štapovi koji su povezani zglobovima. Do izražaja dolaze dijagrami uzdužnih sila koju su poprilično veliki u usporedbi sa poprečnim silama. Najveća uzdužna sila koja se javlja u rešetci iznosi 1240 kN, dok s druge strane maksimalna poprečna sila iznosi oko 60 kN. Također izdvojili smo reakcije u osloncima koji prikazuju da najveće opterećenje preuzimaju stupovi. Najveća vertikalna reakcija u stupu iznosi oko 1000kN, dok oslonci na krajevima imaju najveće vertikalno opterećenje od 330 kN. Oslonci na krajevima preuzimaju i horizontalne opterećenja čiji je maksimum malo manje od 200 kN.

Nakon provede analize za granično stanje uporabljivosti, prikazano je da rešetkasti nosač, u 12 različitih kombinacija djelovanja opterećenja, se na sredini raspona vertikalno pomakne za 10.4 cm. Ostala vertikalna i horizontalni pomaci su zanemarivi.

6. Literatura

- [1] HRN EN 1991-1-3:2008 + AC:2009, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenje snijegom
- [2] HRN EN 1991-1-3:2012/NA, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenja snijegom. Nacionalni dodatak
- [3] HRN EN 1991-1-4:2008 + AC:2010 + A1:2010, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanje vjetra
- [4] HRN EN-1991-1-4:2012/NA, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanje vjetra. Nacionalni dodatak
- [5] STAAD.Pro – Version 2016, Build, Proprietary Program of Research Engineers, Intl.