



ANALIZA OPTEREĆENJA PROIZVODNE HALE

prof.dr.sc. **Vlaho Akmadžić**, dipl.ing.gra .

Željko Mikulić, dipl.ing.gra .

Mia Tadić, mag.gra .

Građevinski fakultet

Sveučilište u Mostaru

Sažetak:

U ovom radu obrađena je analiza opterećenja na specifičnu konstrukciju hale postavljene u smjeru sjever-jug. Odabran je konkretan lokalitet, naznačen dalje u radu, kako bi se mogli usvojiti konkretni parametri potrebni za sam proračun. Analiza opterećenja urađena je u skladu s Europskim normama. Budući da kod nas još nisu usvojeni nacionalni dodatci te je Eurocode neprijemljiv, usvojili su se ekvivalentni podaci iz područja Hrvatske.

Cljučne riječi: Analiza opterećenja, Eurocode, vjetar, snijeg

ANALYSIS OF LOADS OF A PRODUCTION HALL

Abstract: This paper deals with analysis of loads on a specific hall structure positioned in the direction north-south. A particular site, further specified in the paper, was selected in order to be able to adopt specific parameters required for the calculation. The analysis of loads was conducted in accordance with European standards. Since national supplements have not yet been adopted in our country and Eurocodes are inapplicable, equivalent data from Croatia were adopted.

Key words: analysis of loads, Eurocode, wind, snow



1. TEHNIČKI OPIS

1.1. Opis konstrukcije

Hala koja je predmet ovog rada smještena je na području Mostara. Parcela predviđena za izgradnju proizvodne hale nalazi se unutar gradske površine, a postavljena je u smjeru sjever – jug. Pristupni putevi za parcelu smješteni su na zapadnoj i južnoj strani parcele.

Namjena objekta je autosalon. U objekt se ulazi iz dva glavna ulaza orijentirana na ulicu. U dvorištu građevine nalazi se parkiralište za potrebe korisnika objekta.

Objekt je organiziran kao tri različita dijela spojena u jedan konstruktivno-funkcionalan sklop. Glavnu konstrukciju objekta u dijelu jedanaestini okvirna konstrukcija raspona 33 m, te rešetkasta konstrukcija raspona 21 m. Visina stupova na koje se oslanja rešetkasta konstrukcija je 6,45 m, te 6,5 m. Rešetke su izvedene od hladno oblikovanih profila. Glavni nosač je izveden od vruće valjanog profila. Svi stupovi su armirano-betonski 40x40 cm. Izvedeno je pet polja na međusobnoj udaljenosti od 6 m, što daje duljinu od 30 m ovog dijela objekta. Visina objekta u dijelu jedanaestini, u sljemenu, je 6,66 m. Glavnu konstrukciju objekta u dijelu dvanaestini okvirna konstrukcija raspona 28 m. Konstruktivni sustav je sastavljen od vruće valjanog profila koji se oslanja na stupove visine 8,27 m i 8,0 m. Izvedena su dva polja na međusobnoj udaljenosti od 6 m, što daje duljinu od 12 m ovog dijela objekta. Visina objekta u dijelu dvanaestini, u sljemenu, je 8,28 m. Glavnu konstrukciju objekta u dijelu trinaestini rešetkasta konstrukcija raspona 21 m, koja se oslanja na stupove visine 6,5 m i 6,45 m. Ovdje su rešetke izvedene od hladno oblikovanih profila. Visina objekta u dijelu trinaestini, u sljemenu, je 6,66 m. Izvedeno je šest polja na međusobnoj udaljenosti od 6 m, što daje duljinu od 36 m. Na objektu se nalaze i dvije nadstrešnice visina 3,65 m, te 4,5 m. Ukupna duljina objekta je 84m.

Stupovi su kruto vezani za temelje, preko kojih predaju opterećenje na temeljno tlo. Temelji su armirano betonske konstrukcije, izvedeni kao temelji samci, kvadratnog oblika dimenzije 2,0x2,0 m, te 1,0x1,0 m. Visina temelja je 0,6 m. Krov je nagiba 2%, obložen krovnim Trimoterm panelima. Opterećenje koje djeluje na krov prenosi se preko sekundarnih krovnih nosača na glavni nosač. Sekundarni krovni nosači su elastično hladno oblikovani profili HOP 160x100x4. Krovni paneli su direktno vezani za sekundarne nosače vijcima. Paneli su izrađeni od jednog plitkog profiliranog i jednog dubokog profiliranog, obostrano pocinčanog i obojanog lima debljine 0,5 mm ili 0,6 mm. Lim je prilijepljen na jezgru panela debljine 100 mm. Sekundarna bočna konstrukcija je vezana za stupove glavnog okvira i izvedena od elastično hladno oblikovanih profila 100x80x5. Bočna obloga izvedena od Tirmoterm FTV 60 vatrootpornih panela debljine 60 mm, koja je oslonjena na sekundarnu bočnu konstrukciju. Za prostornu stabilizaciju predviđena je izvedba vjetrovnog sprega. Spregovi su oblika rešetkaste konstrukcije sa vertikalama i tlaćenom i vlaženom ispunom, profila L 100x100x10.

1.2. Oporunakonstrukcije

Proračun reznih sila, te dimenzioniranje konstruktivnih elemenata, provedeno je korištenjem programa Tower 6, dok je za grafički dio projekta korišten program AutoCAD. Proračunom su obuhvaćena sva djelovanja na konstrukciju.

S obzirom na lokaciju objekta napravljena je analiza opterećenja koja obuhvaća djelovanje snijega i vjetera. Objekt se nalazi na području Mostara, što spada u područje 2, što nam daje karakterističnu vrijednost opterećenja snijegom na tlu. U obzir je uzeta i nadmorska visina na kojoj se nalazi objekt (<100 m.i.m.). Za opterećenje vjetrom uzeta je kategorija terena IV. –



podru je s najmanje 15% površine pokrivena zgradama. Iza prosje na površina premašuje 15 m. Propisima je određena temeljna vrijednost brzine vjetra, te osnovna brzina vjetra s kojom ulazimo u proračun.

Za svaki element konstrukcije određena je mjerodavna kombinacija opterećenja, stalnog i promjenjivog, te na temelju toga određene su presječne sile uzete u proračunu. Kombinacijama opterećenja i njihovom analizom dimenzionirali smo svaki element konstrukcije na krajnje granično stanje KGS i granično stanje uporabljivosti GSU, tj. zadovoljili smo otpornost poprečnog presjeka pojedinog elementa, otpornost elementa te sustava kao cjeline. Proračunom smo provjerili GSU, tj. progibe sustava. Provjerom ovih stanja korišteni su parcijalni faktori sigurnosti za djelovanja u kombinacijama opterećenja, isto kao i koeficijenti kombinacije djelovanja opterećenja. Rezultati prikazani u grafici kom dijelu ovog projekta uključuju presječne sile i progibe određenih dijelova konstrukcije.

Svi elementi konstrukcije su modelirani u programu Tower 6. Objekt je modeliran kao 3D model. Spojevi elemenata su tretirani kao kruti i zglobni. Uzete su sve mjerodavne kombinacije opterećenja u obzir. Presjeci su dimenzionirani na najkritičniju kombinaciju opterećenja. Sekundarna krovna i bočna konstrukcija modelirane su kao prostorni 3D modeli s opterećenjima u svojim ravninama. Sekundarna krovna konstrukcija modelirana je kao proste grede. Sprezovi su modelirani kao prostorne rešetke sa vlačnim i tlačnim dijagonalama. Dimenzije temelja određene su računom preko naprezanja, a potom su unijete u Tower 6. kao debele ploče, te su tako i dimenzionirane.

1.3. Materijal za izradu konstrukcije

Materijal za izradu glavne nosive konstrukcije, kao i sekundarne konstrukcije je elik oznake Fe 360 (S 235). Svi konstruktivni elementi biti će izrađeni od iste kvalitete elika, a biti će međusobno vezani vijčanim spojevima. Vijci korišteni za izvedbu ove hale su M 20, M12, M16 kvalitete 5.6 i 10.9. Veze i nastavci elemenata konstrukcije uključuju dodatne ploče i ukrute, također iste kvalitete elika. Elementi spregova spadaju u istu kvalitetu elika. Stupovi su armirano betonski, klasa betona C 35/45, armatura je B 500 B. Temelji su armirano betonski, klasa betona C 25/30, armatura je B 500 B.

Izvedba konstrukcije je montažna. Svi elementi konstrukcije predgotovljeni stižu na gradilište te se međusobno vežu vijcima. Montaža kreće se s jednog kraja tj. od prva dva okvira, koja nakon postavljanja odmah vežemo spregovima, te dalje nastavljamo sa montažom. Prije montaže glavne konstrukcije, nakon pripremljene podloge, izvodimo armirano betonske temelje u monolitnoj izvedbi. Kako napredujemo sa glavnom konstrukcijom tako se vežemo sa sekundarnom krovnom i bočnom konstrukcijom. Debljine varova spojeva elemenata i spojnih ploča su 3,0; 4,0; 5,0; 7,0 mm.

Zbog dimenzija same hale, nije bilo moguće izvoditi sve elemente iz jednog komada. Projektom su predviđene i proračunate veze i nastavci elemenata. Veze se izvode vijčano i u zavarenoj izvedbi.



1.4. Propisi

Proračuni i dimenzioniranje svih elemenata čelične konstrukcije provedeni su u skladu sa EUROCODE 3, a analiza djelovanja na konstrukciju napravljena je u skladu sa EUROCODE 1. Proračuni i dimenzioniranje betonskih elemenata konstrukcije provedena je u skladu sa EUROCODE 2.

1.5. Antikorozivna zaštita

Kod čelika pod korozijom se podrazumijeva oksidacija željeza pri djelovanju vlage i raznih neistotopivih tvari. Agensi koji ubrzavaju koroziju su zagađena atmosfera, industrijsko područje, sumporom, sol itd.

Zaštita čelične konstrukcije od korozije vrši se:

- premazima
- zaštita cinkom
- metalizacijom
- uporabom specijalnih čelika
- katodnom zaštitom

Zaštita premazima obavlja se u svrhu sprječavanja da kisik i vlaga dođu u dodir s čelikom. Premazivanje se

obično vrši bojanjem u dva sloja: osnovni premaz i zaštitni premaz. Osnovni premaz neposredno štiti čelik, a potrebno je da bude izrađen od tvari koje nisu štetne po ljudsko zdravlje. Zaštitni sloj služi za zaštitu osnovnog premaza.

Prerano propadanje konstrukcije najčešće nastaje uslijed loših detalja u konstrukciji (nepristupa na mjesta za bojenje, mjesta gdje se zadržava voda, oštri bridovi gdje se ne može nanijeti zahtijevana debljina premaza i sl.) koje treba nastojati izbjeći.

Sistem zaštite bojanjem sastoji se iz:

- Priprema površine – trajnost premaza ovisi o prionjivosti boje za metalnu površinu, što ovisi o vrsti i površini prije bojanja. Čišćenje se vrši mehanički, pjeskarenjem, plamenikom ili kemijskim sredstvima.
- Nanošenje boje – bojenje se vrši četkicom, valjkom ili prskanjem. Treba paziti na ograničenja za pojedine boje. Broj slojeva premaza obično se sastoji od dva a specifično od četiri ili više slojeva. Novi premaz može se vršiti tek kad je prethodni potpuno suh. Debljini premaza potrebno je posvetiti posebnu pažnju. Općenito, deblji premaz povećava trajnost zaštite. Ukupna debljina suhih premaza treba se kretati između 0,1-0,4 mm.



Dobro izvedeni premazi traju:

- do 30 godina u zatvorenoj prostoriji
- do 20 godina kod konstrukcija zaštite od kiše
- do 10 godina u prirodi
- 2-3 godine u zagađenom okolišu

Zaštita pocinavanjem podrazumijeva vrste zaštite koje se ostvaruju nanošenjem prevlake cinka i po toplom postupku. Mase i debljine prevlaka cinka za pojedine elemente određene su prema Pravilniku o tehničkim mjerama i uvjetima za zaštitu čeličnih konstrukcija od korozije i ne mogu biti manje od 500g/m² elementa debljine 5 mm. Sve čelične konstrukcije prethodno treba odmastiti, a istiti razblaženom otopinom klorovodične kiseline te isprati hladnom vodom. Neposredno prije pocinavanja čelična konstrukcija se stavlja u taljevinu ili otopinu za flusiranje.

Toplo pocinavanje se izvodi stavljanjem tekućine u rastopljeni cink. Cink mora biti kvaliteta Zn 97,5 do Zn 99,5 prema HRN EN ISO 14713:2001. Prevlaka cinka dobivena toplim postupkom mora biti homogena i mora prekrivati osnovicu. Prevlaka cinka mora biti vrlo prijanjati za čeličnu površinu i ne smije se ljuštiti niti pucati pri uporabi. Prije montaže potrebno je izvršiti kontrolu prevlake cinka prema HRN C.A1. 558, odnosno mase prevlake cinka prema HRN A6.021.

1.6. Protupožarna zaštita

Pri izvedbi osiguranje se provedba svih propisa o zaštiti od požara. Pristup i intervencija vatrogasnog vozila omogućiti se sa južne i sjeverne strane parcele. Zahtijevana vatrootpornost elemenata čelične konstrukcije F30. Osiguranje vatrootpornosti osiguravamo specijalnim ekspandirajućim premazima.

2. ANALIZA OPTEREĆENJA

2.1. Stalno

2.1.1. Vlastita težina konstrukcije (g)

Vlastita težina glavnih i sekundarnih nosača čelične hale uključena je u sklopu programskog paketa, Tower 6, u kojem će se raditi statički proračun.

2.1.2. Dodatno stalno opterećenje – pokrov (g1), fasada (g2)

$$g_1 = 0,204 \text{ kN/m}^2$$

$$g_2 = 0,173 \text{ kN/m}^2$$



TRIMOTERM KROVNI PANELI

Osnovu sustava krovova predstavljaju krovni paneli Trimoterm standardne modularne širine od 1000 mm. Oni su pri vršeni na krovne rožnje (koje su postavljene po krovnoj kosini).

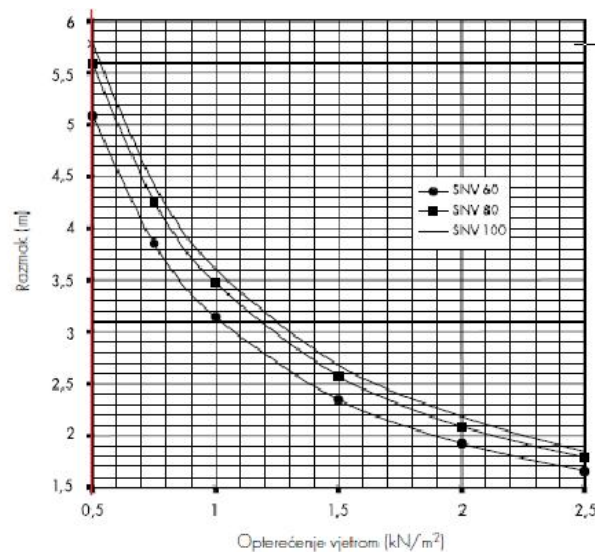
Ovaj tip krovnih sustava odlikuje se po visokoj požarnoj otpornosti te odličnoj toplinskoj i zvučnoj izoliranosti.

Vatrootporni paneli Trimoterm sastoji se od jednog plitkog profiliranog i jednog dubokog profiliranog, obostrano pocinano i obojano lima debljine 0,5 mm ili 0,6 mm. Lim je prilijepljen na jezgru panela debljine 100 mm. Krovni panel se sastoji od gornjeg lima koji je jedinstvenog trapeznog oblika, dok smo za donji lim usvojili standardni SNVs lim. Paneli imaju po površini prilijepljenu zaštitnu polietilensku foliju (koja ima funkciju zaštite tijekom manipuliranja transporta i montaže, te se po završetku folija otklanja). Dužina panela može biti i do 14 m.

TIRMOTERM SRV

Objekt ima krovni pad od 2%, stoga sam odabrala Trimoterm SRV 100 vatrootporni panel, karakteristika:

- debljina panela = 100 mm
- težina panela = 20,4 kg/m²
- koeficijent prolaza topline = 0,38 W/m²K
- širina panela = 1000 mm
- minimalni nagib 2%
- razmak = 6 m



Slika 1. Usvajanje panela

TRIMOTERM FASADNI PANELI

Za fasadnu oblogu usvajamo Trimoterm FTV 60 vatrootporne panele, karakteristika:

- debljina panela = 60 mm
- težina panela = 17,3 kg/m²
- koeficijent prolaza topline = 0,61 W/m²K



Analiza opterećenja proizvodne hale

- zvučna izolacija > 30 dB
- širina panela = 1200 mm
- razmak = 6 m

Usvojeno dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\begin{aligned} \text{- pokrov:} & \quad g_{11} = 0,204 \text{ kN/m}^2 \\ \text{- instalacije:} & \quad g_{12} = 0,10 \text{ kN/m}^2 \\ \hline & \quad g_1 = 0,304 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{- fasada:} \quad g_2 = 0,173 \text{ kN/m}^2$$

2.2. Snijeg

Opterećenje snijega na krovove se određuje prema izrazu:

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

pri čemu je:

C_e – koeficijent izloženosti

C_t – toplinski koeficijent

s_k – karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu

μ_i – koeficijent oblika opterećenja snijegom.

- Koeficijent izloženosti

Tablica 1. Preporučene vrijednosti koeficijenta izloženosti s obzirom na različite oblike terena (HRN EN 1991-1-3:2012)

Oblik terena	C_e
Izložen vjetru ^a	0,8
Uobičajen ^b	1,0
Zaklonjen ^c	1,2

^a Izložen vjetru: ravan, nezaklonjena područja izložena sa svih strana, bez zaklona ili s vrlo malo zaklona terenom, višim građevinama ili drvećem.
^b Uobičajen oblik terena: područja gdje ne dolazi do značajnijeg premještanja snijega na građevini zbog vjetra, terena, drugih građevina ili drveća.
^c Zaklonjen oblik terena: područja gdje je predmetna građevina značajno niža od okolnog terena ili okružena visokim drvećem i/ili okružena drugim višim građevinama.

Oblik terena na kojem se nalazi objekt spada u „uobičajen oblik terena“, stoga koeficijent izloženosti s e iznositi:

$$C_e = 1,0$$

- Toplinski koeficijent

Za toplinski koeficijent usvajamo vrijednost propisanu po HRN EN 1991-1-3:2012, koja iznosi:

$$C_t = 1,0$$

- Karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu



Karakteristično opterećenje s_k odgovara jednolikom snijegu koji je napadao pri mirnim vremenskim uvjetima na ravno tlo. S_k je dan na nacionalnoj osnovi u obliku mape s odgovarajućim geografskom lokacijom, ovisno o nadmorskoj visini. (Slika 2.2)



Slika 2. Karta snježnih područja (HRN EN 1991-1-3;:2012/NA:2012)

2. PODRUJE → nadmorska visina 100 m.i.m.



Tablica 2. Karakteristike opterećenja snijegom (s_k) za snježna područja i odgovarajuće nadmorske visine (HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012)

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		

Usvojena vrijednost karakterističnog opterećenja snijegom iznosi:

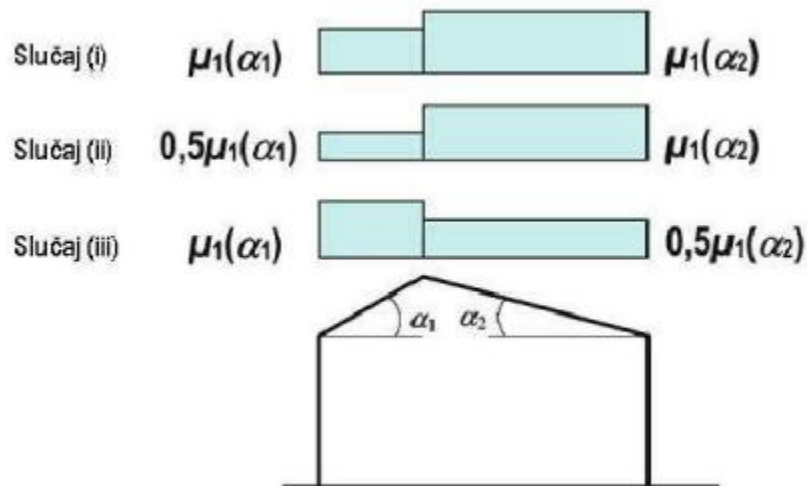
$$s_k = 75 \text{ kg/m}^2$$

$$s_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

- Koeficijent oblika krova (μ_i – koeficijent oblika opterećenja snijegom)

DIO I - dvostrešni krov – $\alpha = 1,145^\circ$

- slučaj (i) – raspored opterećenja neporemećenim snijegom



Slika 3. Koeficijent oblika opterećenja snijegom – dvostrešni krovovi (HRN EN 1991-1-3:2012)

Tablica 3. Koeficijent oblika opterećenja snijegom (HRN EN 1991-1-3:2012)

Kut nagiba krova α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha / 30$	1,6	–

Za DIO I koeficijent izloženosti iznosi:

$$\mu_1 = \mu_2 = 0,8$$

Budući da je nagib krova na cijelom objektu jednak ($\alpha = 1,145^\circ$), koeficijent izloženosti za svaki promatrani dio iznosi:

$$\mu_1 = \mu_2 = 0,8 \text{ (Tablica 2.3)}$$

Iznos opterećenja snijega na krovovima je:

$$\begin{aligned} \text{DIO I} \rightarrow s &= 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdot 0,8 \\ s &= 0,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DIO II} \rightarrow s &= 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdot 0,8 \\ s &= 0,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DIO III} \rightarrow s &= 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdot 0,8 \\ s &= 0,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DIO IV} \rightarrow s &= 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdot 0,8 \\ s &= 0,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



2.3. Vjetar

2.3.1. Općenito o proračunu vjetra

Djelovanje vjetra na konstrukciju i njene elemente mora se odrediti uzimajući u obzir i vanjski i unutarnji tlak vjetra.

Tlak vjetra koji djeluje na vanjske površine, w_e , treba odrediti preko izraza:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

gdje je:

- $q_p(z_e)$ – tlak pri vršnoj brzini
- z_e – referentna visina za vanjski tlak
- c_{pe} – koeficijent tlaka za vanjski tlak.

Tlak vjetra koji djeluje na unutarnje površine, w_i , treba odrediti preko izraza:

$$w_i = q_p(z_e) \cdot c_{pi}$$

gdje je:

- $q_p(z_e)$ – tlak pri vršnoj brzini
- z_e – referentna visina za unutarnji tlak
- c_{pi} – koeficijent tlaka za unutarnji tlak.

Tlak privršnoj brzini, $q_p(z_e)$, određuje se preko izraza:

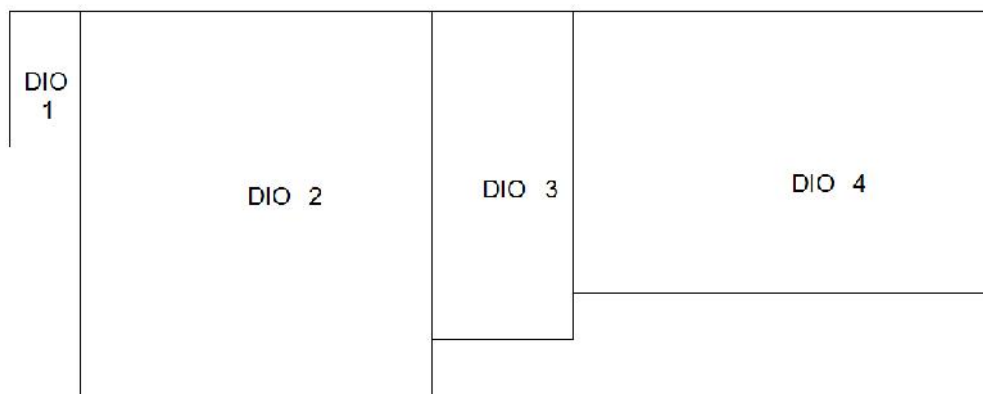
$$q_p(z_e) = c_e(z_e) \cdot q_b$$

gdje je:

- $c_e(z_e)$ – faktor izloženosti
- q_b – tlak pri osnovnoj brzini.

2.3.2. Analiza opterećenja vjetrom

Radi to nije proračuna vjetra, na vanjske i unutarnje površine, objekt je rastavljen na četiri dijela, radi različitosti u visinama. Rastavljanje objekta je određeno da bi što vjerodostojnije i to nije odradili analizu opterećenja.



Slika 4. Tlocrt objekta – podjela na četiri dijela

Tlak pri osnovnoj brzini q_b



Tlak pri osnovnoj brzini v_b je isti jednak za sva četiri dijela objekta i računa se prema izrazu:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

gdje je:

– ρ – gustoća zraka koja ovisi o nadmorskoj visini, temperaturi i atmosferskom tlaku koji se otkriva u području tijekom oluja

v_b – osnovna brzina vjetra

Osnovna brzina vjetra, v_b , se određuje prema izrazu:

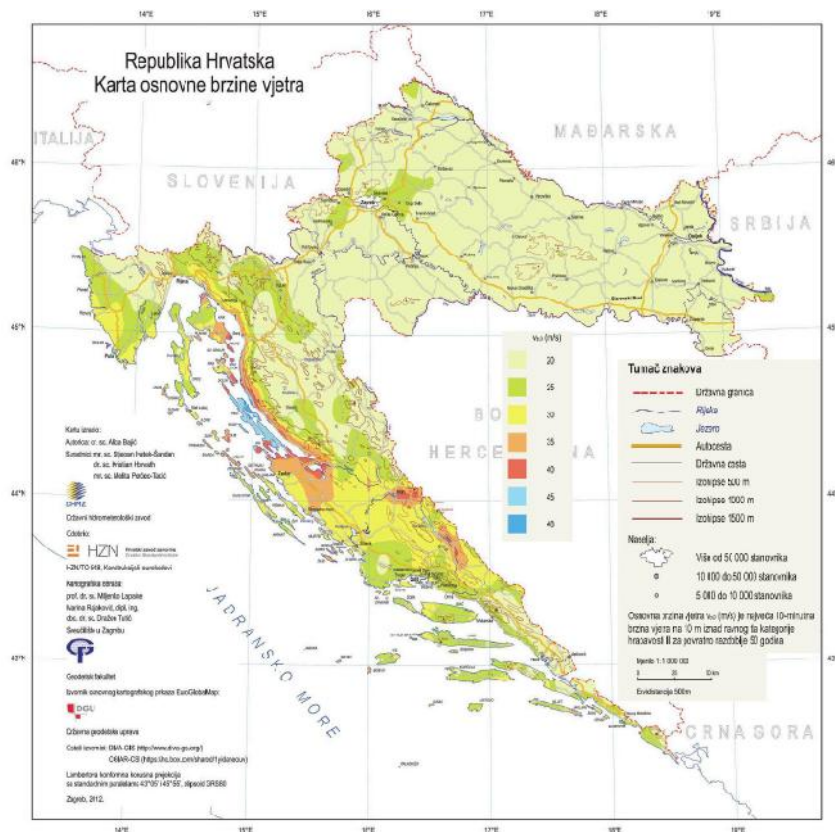
$$v_b = C_{dir} C_{season} v_{b,0}$$

gdje je:

C_{dir} – faktor smjera

C_{season} – faktor godišnjeg doba

$v_{b,0}$ – temeljna vrijednost brzine vjetra, određuje se prema karti (Slika 2.5)



Slika 5. Osnovna brzina vjetra (HRN EN 1991-1-4; NA)

Mostar (podaci za Metkovi):

$$C_{dir} = 1,0$$

$$C_{season} = 1,0$$

$$v_{b,0} = 20 \text{ m/s}$$

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 20 [\text{m/s}]$$

$$v_b = 20 \text{ m/s}$$



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

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \text{ [kg/m}^3] \cdot 20^2 \text{ [m/s]}^2$$

$$q_b = 250 \text{ N/m}^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

- Faktor izloženosti $c_e(z_e)$

Faktor izloženosti se može išitati iz grafa, a ovisi o kategoriji terena na kojoj se objekt nalazi, te visine objekta. Objekt se nalazi u IV. Kategoriji terena (područje s najmanje 15% površine prekrivene zgradama čija prosječna visina prelazi 15m).

Tablica 4. Kategorije terena (HRN EN 1991-1-4:2012)

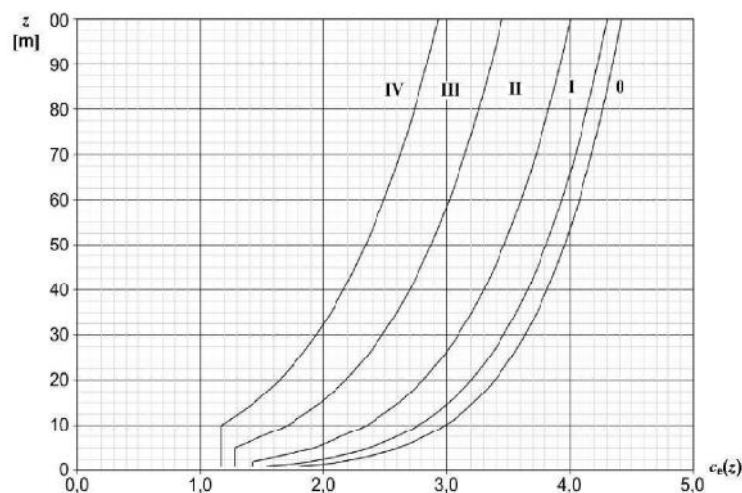
Kategorija terena		z_0 [m]	z_{min} [m]
0	More ili priobalna područja izložena otvorenom moru	0,003	1
I	Jezera ili ravna i horizontalno položena područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka	0,01	1
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom 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 prekrivene zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m	1,0	10

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

Za $z < 10$ m (kategorija IV), koeficijent izloženosti iznosi:

$$c_e(z) = 1,2.$$

Za sva četiri dijela objekta koeficijent izloženosti iznosi 1,2, budući da visina ne prelazi 10 m. (Slika 2.6)



Slika 6. Grafički prikaz faktora izloženosti $c_e(z_e)$ (HRN EN 1991-1-4:2012)



LITERATURA

1. Androi Boris, Dujmovi Darko, Džeba Ivica: *Proračuni i konstrukcije 2: Numerički primjeri prema EC3, IA Projektiranje*, Zagreb, 2007.
2. Androi Boris, Dujmovi Darko, Džeba Ivica: *Metalne konstrukcije 1*, Institut za građevinarstvo Hrvatske, Zagreb, 1994.
3. Androi Boris, Dujmovi Darko, Džeba Ivica: *Metalne konstrukcije 2, IA Projektiranje*, Zagreb, 1998.
4. Bućević, Dragan i sr.: *Proračuni i konstrukcija: Proračun veza*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu 2006.
5. Eurokod 1: *Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opterećenja, Djelovanja vjetra*, Hrvatski zavod za norme, 2012.
6. Eurokod 1: *Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opterećenja, Opterećenja snijegom*, Hrvatski zavod za norme, 2012.
7. Leko, Vjenceslav: *Eurocode 3-1-8 Proračun spojeva, „SAJEMA“*, Slavonski Brod 2012.
8. Markaluk, Damir: *Proračuni i konstrukcija prema EN 1993-1-1*, Osijek, 2008.
9. Marković, Zlatko: *Granična stanja i konstrukcija prema Evrokodu*, Akademski misao Beograd, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2014.
10. Vayas, Ioannis: *Bemessungsbeispiele im Stahlbau nach Eurocode 3*, 1998.