

# **ZAVRŠNI RAD**

**IZ PREDMETA «GRAĐEVNA STATIKA 2»**

**NA TEMU:**

## **«USPOREDBA RAVNINSKOG I PROSTORNOG MODELA OKVIRNE KONSTRUKCIJE»**

Mentor: prof.dr.sc. Krešimir Fresl, dipl.ing.grad.

Student: Goran Milaković, 0082032961

rujan '08

## SADRŽAJ ZAVRŠNOG RADA IZ PREDMETA «GRAĐEVNA STATIKA 2»

<b>UVOD</b>	3
<b>1. TEHNIČKI OPIS</b>	4
<b>2. DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJU</b>	5
2.1. Opterećenje vlastitom težinom .....	6
2.2. Opterećenje snijegom .....	6
2.3. Opterećenje vjetrom .....	7
2.3.1. Opći podaci .....	7
2.3.2. Opterećenje vjetrom dvostranog krova nagiba 12° .....	8
2.3.3. Opterećenje vjetrom vertikalnih zidova .....	11
<b>3. STATIČKI PRORAČUN GREDE POZ. 310-311</b>	13
3.1. Analiza opterećenja ploče poz.300.....	14
3.2. Analiza opterećenja grede poz. 310-311.....	15
3.3. Statički proračun grede poz. 310-311 (SAP).....	16
<b>4. STATIČKI PRORAČUN GREDE POZ. 220-221</b>	18
4.1. Analiza opterećenja ploče poz.200.....	19
4.2. Analiza opterećenja uzdužnih greda poz.200.....	19
4.2.1. Greda poz. 206-206.....	20
4.2.2. Greda poz. 214-215-215-214.....	22
4.2.3. Greda poz. 210-211-212-213.....	22
4.2.4. Greda poz. 207-208-207.....	23
4.3. Statički proračun grede poz. 220-221 (SAP).....	23
<b>5. STATIČKI PRORAČUN SREDNJEG POPREČNOG OKVIRA</b>	26
5.1. Statički proračun srednjeg poprečnog okvira (SAP).....	27
<b>6. STATIČKI PRORAČUN PROSTORNOG MODELA</b>	32
6.1. Statički proračun prostornog modela (SAP).....	33
<b>7. USPOREDBA NUMERIČKIH REZULATA</b>	39
7.1. Usporedba numeričkih rezultata u karakterističnim točkama.....	40
<b>ZAKLJUČAK I LITERATURA</b>	41

## UVOD

Kako i sam naslov kaže, moj zadatak u završnom radu je prikazati prostorni u usporedbi s ravninskim modelom konstrukcije (koji je ujedno i dio tog prostornog modela).

Prostorni model ćemo relativno jednostavno izračunati u nekom računalnom programu (u ovom slučaju SAP v.11). Pitanje je kako taj model usporediti s ravninskim modelom. Odgovor leži u prepoznavanju *hijerarhijske ovisnosti* među elementima prostornog modela.

Dakle, primjenimo postupak hijerarhijske ovisnosti na ovaj primjer.

Statički proračun grede (310-311, 220-221) ćemo obaviti tako da opterećenje na nju prenesemo s ploče dok ćemo kao rubne uvjete uzeti prečke okvira na koje se greda oslanja. Analogno tome provodimo statički proračun okvira; opterećenje na okvir se prenosi s ploča i sekundarnih greda, a za rubne uvjete uzimamo zidove iz kojih se okvir izdiže.

Iz ovog kratko opisanog postupka može se zaključiti slijedeće: «Promatrani element opterećenje uvijek nasljeđuje od hijerarhijski nižeg elementa, a rubne uvjete od hijerarhijski višeg elementa» (uzrok tome je što kod hijerarhijski nižih elemenata krutost zanemarujemo, a hijerarhijski više elemente smatramo apsolutno krutim i nepomičnim).

## 1. TEHNIČKI OPIS

Napravljen je statički proračun kuće pravokutnih tlocrtnih dimenzija 11,6x20,8 m. Po visini objekt se sastoji od tri etaže (podrum, prizemlje i prvi kat). Razmaci etaža iznose 4 m. Ukupna površina svake etaže iznosi bruto 241,3 m.

Krovna konstrukcija se sastoji od drvenih rešetki (ljepljeno lamelirano drvo BS 14h) na razmacima  $e=1,733$  m. Pokrov je lagani, valoviti pocinčani čelični lim.

Vanjski zidovi podruma su AB, debljine  $h=30$  cm, a unutrašnji  $h=16$  cm. Ostale etaže imaju skeletni sistem gradnje sa stupovima, a ispuna su lagane pregradne stijene.

Strop iznad podruma je puna AB ploča nosiva u dva smjera, debljine  $h=14$  cm. Strop iznad prizemlja je puna AB ploča nosiva u jednom smjeru, debljine  $h=12$  cm. Strop iznad prvog kata je polumontažni FERT-strop, debljine  $h=16+5=21$  cm.

Opterećenja su uzeta prema važećim Eurocode normama za opterećenja. Mjerodavni podaci za određivanje opterećenja vjetrom i snijegom uzeti su za zonu A(Zagreb).

Statički proračun elemenata sklopa proveden je za djelovanja slijedećih opterećenja:

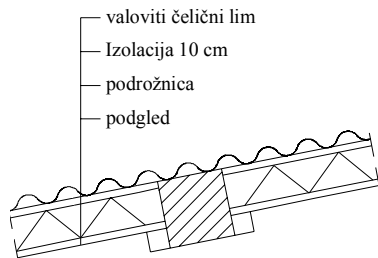
- vlastita težina
- korisno opterećenje
- snijeg
- vjetar

*Plan oplata kuće preuzet je iz kolegija «Betonske i zidane konstrukcije I»*

## **2. DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJU**

## 2.1. OPTEREĆENJE VLASTITOM TEŽINOM

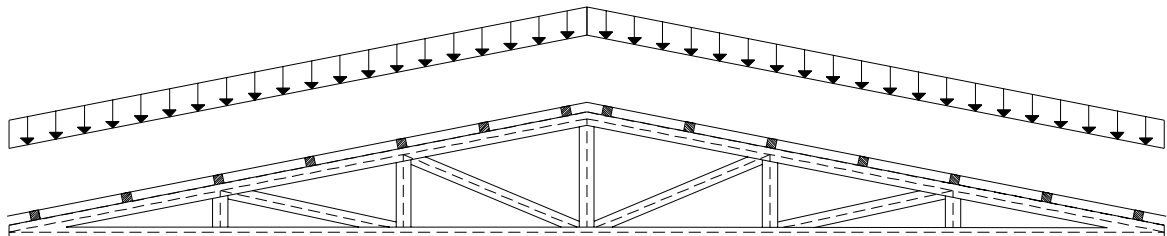
*Analiza djelovanja pokrova i potkonstrukcije:*



Valoviti čelični lim .....	0,2kN/m <sup>2</sup>
Izolacija min. vunom .....	0,05kN/m <sup>2</sup>
V.t. podrožnice .....	0,05kN/m <sup>2</sup>
Podgled .....	0,15kN/m <sup>2</sup>
<b>Ukupno</b> .....	<b>0,45kN/m<sup>2</sup></b>

*Projekcija djelovanja pokrova i potkonstrukcije na gl.rešetkasti nosač:*

V.t. gl.rešetkastog nosača .....	<b>0,41 kN/m<sup>1</sup></b>
Projekcija .....	<b>0,46 kN/m<sup>2</sup></b>



## 2.2. OPTEREĆENJE SNIJEGOM

- zona: A
- n.v. = 200 m

$$s_k = 1,3 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{karakteristično opterećenje snijegom na tlu})$$

$$s_0 = s_k \cdot \mu \cdot C_0 \cdot C_i$$

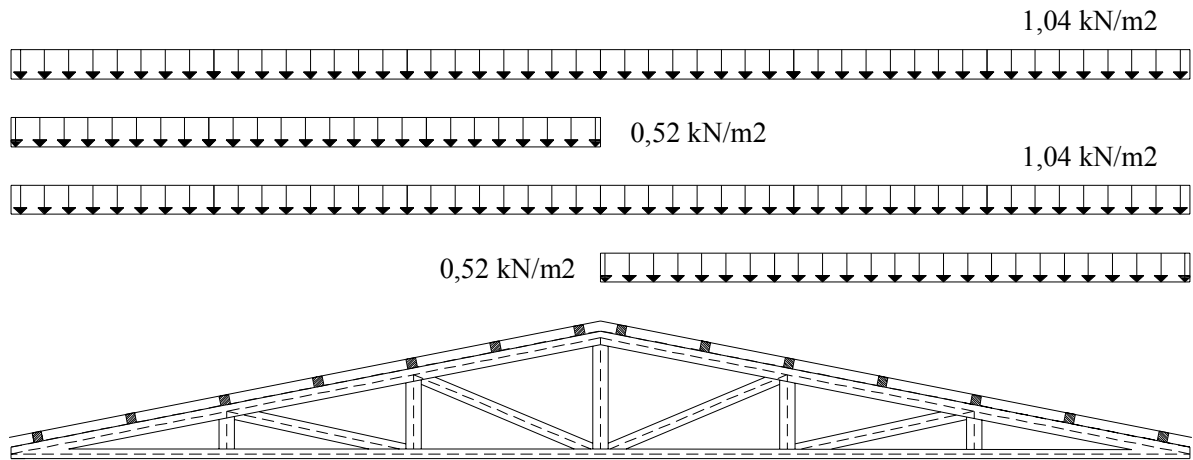
$$s_{01} = 1,3 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1$$

$$s_{02} = 1,3 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1$$

$$s_0 = \mathbf{1,04 \text{ kN/m}^2}$$

(mjerodavno karakteristično opterećenje snijegom na krovu)

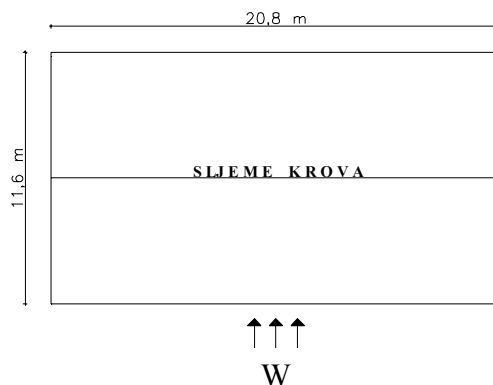
Shema opterećenja snijegom:



## 2.3. OPTEREĆENJE VJETROM

### 2.3.1. OPĆI PODACI

- područje 1
- referentna brzina vjetra  $v_{REF} = 22 \text{ m/s}$
- referentni pritisak:  $q_{REF} = 0,5 \cdot \rho \cdot v_{REF}^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 484 \cdot 0,001 = 0,3 \text{ kN/m}^2$
- kat.terena: IV
- opterećenje konstrukcije vjetrom analizirati će se za transversalni smjer jer je mjerenjima utvrđeno da vjetar puše samo iz tog smjera



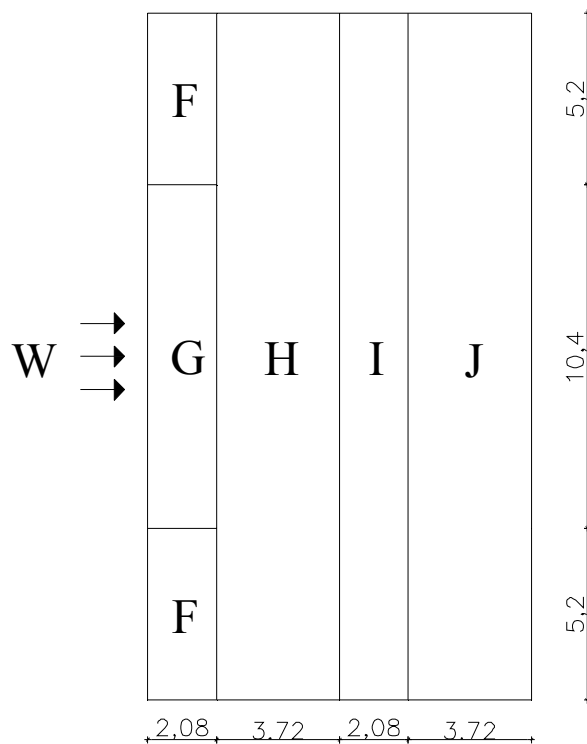
- opterećenje vjetrom posebno će se analizirati za 2 slučaja:
  - a) dvostrani krov s nagibom od  $12^\circ$
  - b) vertikalni zidovi objekta pravokutnog tlocrta

### 2.3.2. OPTEREĆENJE VJETROM DVOSTRANOG KROVA NAGIBA 12

- referentni pritisak:  $q_{REF} = 0,3 \text{ kN/m}^2$
- kat.terena: IV
- visina(z)=h=11,5 m

└  $C_e(z) = 1,55$  (koeficijent izloženosti krovne plohe)

Zone krova za transverzalni smjer vjetra:



Površine zona:

$$\begin{aligned}
 F &= 5,2 \cdot 2,08 = 10,82 \text{ m}^2 \\
 G &= 10,4 \cdot 2,08 = 21,63 \text{ m}^2 \\
 H &= 3,72 \cdot 20,8 = 77,37 \text{ m}^2 \\
 I &= 2,08 \cdot 20,8 = 43,26 \text{ m}^2 \\
 J &= 3,72 \cdot 20,8 = 77,37 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Koeficijenti vanjskog pritiska vjetra:

$$\begin{aligned}
 C_{pe}(F) &= -1,1 (+0,15) \\
 C_{pe}(G) &= -0,9 (+0,15) \\
 C_{pe}(H) &= -0,4 (+0,2) \\
 C_{pe}(I) &= -0,4 \\
 C_{pe}(J) &= -0,79
 \end{aligned}$$

Koeficijenti unutarnjeg pritiska:

$$C_{pi} = -0,5 (+0,8)$$

Tlak vjetra na vanjske površine:

$$w_e = q_{REF} \cdot C_e \cdot C_{pe}$$

$$\begin{aligned}
 W_e(F-) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (-1,1) = -0,51 \text{ kN/m}^2 \\
 W_e(F+) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (+0,15) = +0,07 \text{ kN/m}^2 \\
 W_e(G-) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (-0,9) = -0,42 \text{ kN/m}^2 \\
 W_e(G+) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (+0,15) = +0,07 \text{ kN/m}^2 \\
 W_e(H-) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (-0,4) = -0,19 \text{ kN/m}^2 \\
 W_e(H+) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (+0,2) = +0,09 \text{ kN/m}^2 \\
 W_e(I) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (-0,4) = -0,19 \text{ kN/m}^2 \\
 W_e(J) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (-0,79) = -0,37 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$



Tlak vjetra na unutarnje površine:  $w_e = q_{REF} \cdot C_e \cdot C_{pi}$

$$W_i(+)=0,3 \cdot 1,55 \cdot (+0,8)=+0,37 \text{ kN/m}^2$$

$$W_i(-)=0,3 \cdot 1,55 \cdot (-0,5)=-0,23 \text{ kN/m}^2$$

a) Opterećenje vjetrom na krovšte u slučaju maksimalnog unutanjeg tlaka ( $C_{pi} = +0,8$ ):

$$W(F-)= -0,51 - 0,37 = -0,88 \text{ kN/m}^2$$

$$W(F+)= +0,07 - 0,37 = -0,3 \text{ kN/m}^2$$

$$W(G-)= -0,42 - 0,37 = -0,79 \text{ kN/m}^2$$

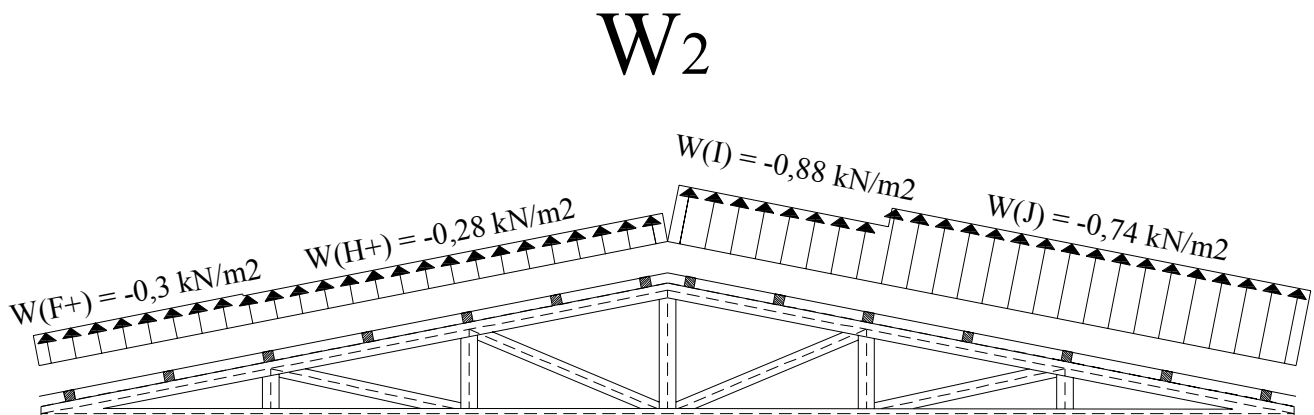
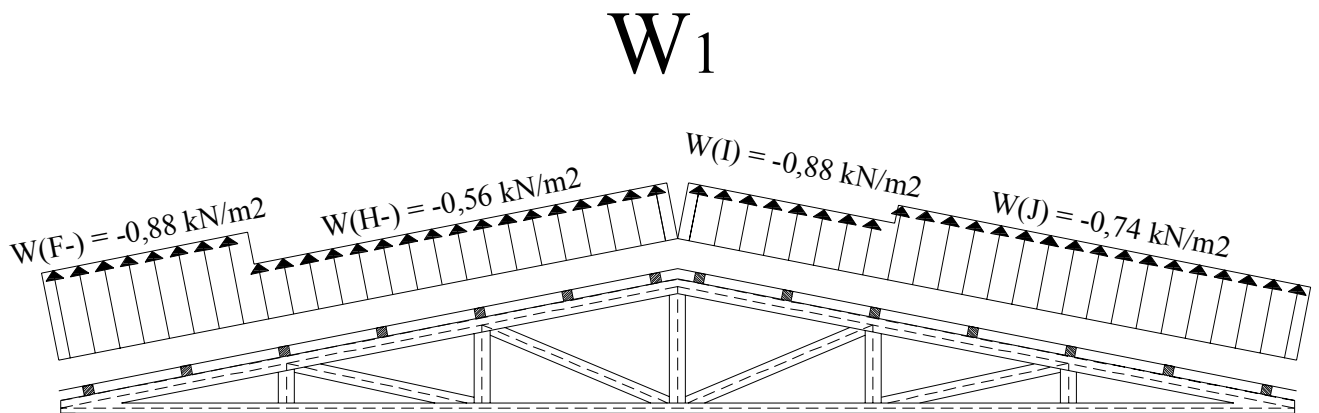
$$W(G+)= +0,07 - 0,37 = -0,3 \text{ kN/m}^2$$

$$W(H-)= -0,19 - 0,37 = -0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$W(H+)= +0,09 - 0,37 = -0,28 \text{ kN/m}^2$$

$$W(I)= -0,19 - 0,37 = -0,56 \text{ kN/m}^2$$

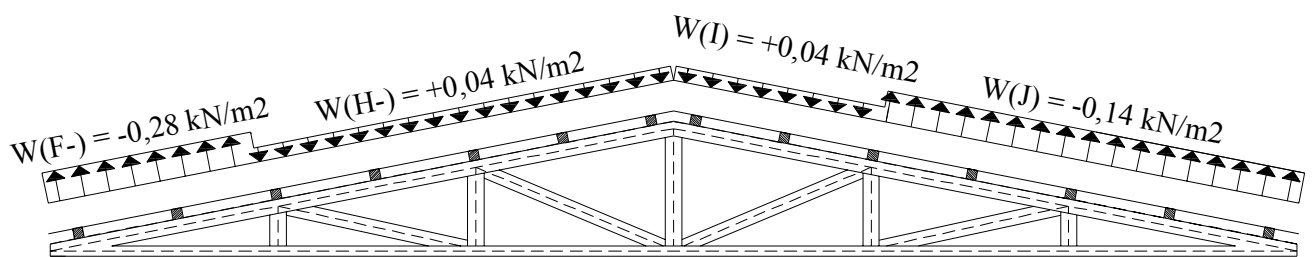
$$W(J)= -0,37 - 0,37 = -0,74 \text{ kN/m}^2$$



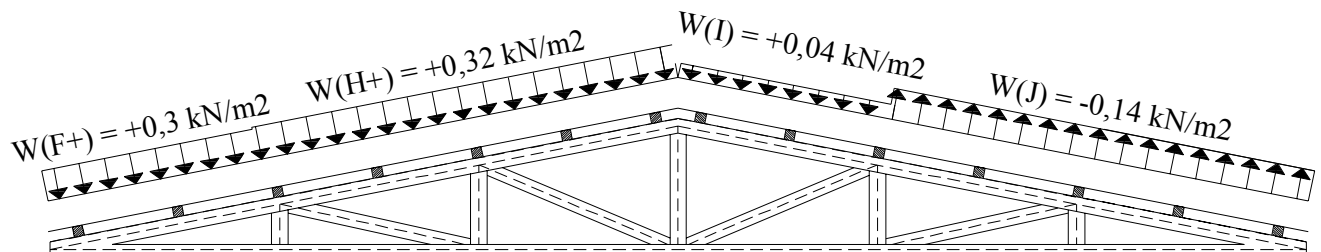
b) Opterećenje vjetrom na krovšte u slučaju minimalnog unutanjeg tlaka ( $C_{pi} = -0,5$ ):

$$\begin{aligned}W(F-) &= -0,51 + 0,23 = -0,28 \text{ kN/m}^2 \\W(F+) &= +0,07 + 0,23 = +0,3 \text{ kN/m}^2 \\W(G-) &= -0,42 + 0,23 = -0,19 \text{ kN/m}^2 \\W(G+) &= +0,07 + 0,23 = +0,3 \text{ kN/m}^2 \\W(H-) &= -0,19 + 0,23 = +0,04 \text{ kN/m}^2 \\W(H+) &= +0,09 + 0,23 = +0,32 \text{ kN/m}^2 \\W(I) &= -0,19 + 0,23 = +0,04 \text{ kN/m}^2 \\W(J) &= -0,37 + 0,23 = -0,14 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

**W<sub>3</sub>**



**W<sub>4</sub>**



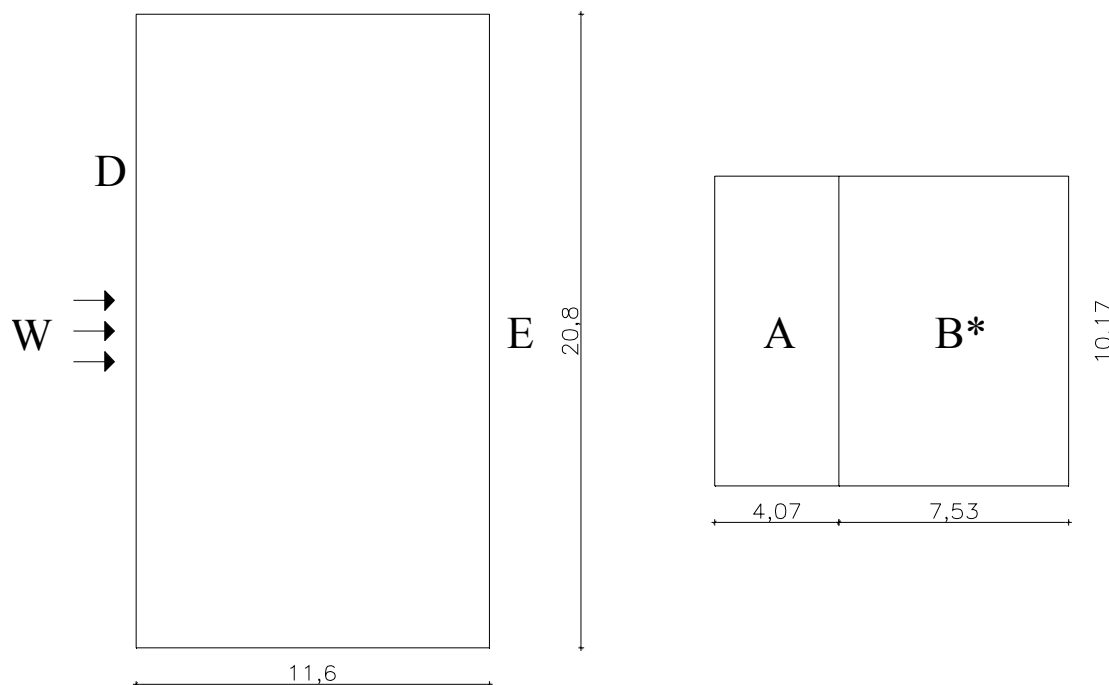
**Kao mjerodavna kombinacija za daljnju analizu odabran je slučaj W4**

### 2.3.3. OPTEREĆENJE VJETROM VERTIKALNIH ZIDOVA

- referentni pritisak:  $q_{REF} = 0,3 \text{ kN/m}^2$
- kat.terena: IV
- visina(z)=h=10,17 m

└  $C_e(z) = 1,55$  (koeficijent izloženosti vertikalnih zidova)

*Zone vertikalnih zidova za transverzalni smjer vjetra:*



Površine zona:

$$\begin{aligned} A &= 4,07 \cdot 10,17 = 41,39 \text{ m}^2 \\ B^* &= 7,53 \cdot 10,17 = 76,58 \text{ m}^2 \\ D &= 20,8 \cdot 10,17 = 211,54 \text{ m}^2 \\ E &= 20,8 \cdot 10,17 = 211,54 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Koeficijenti vanjskog pritiska vjetra:

$$\begin{aligned} C_{pe}(A) &= -1,0 \\ C_{pe}(B^*) &= -0,8 \\ C_{pe}(D) &= +0,8 \\ C_{pe}(E) &= -0,3 \end{aligned}$$

Tlak vjetra na vanjske površine:  $w_e = q_{REF} \cdot C_e \cdot C_{pe}$

$$\begin{aligned} W_e(A) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (-1,0) = -0,465 \text{ kN/m}^2 \\ W_e(B^*) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (-0,8) = -0,37 \text{ kN/m}^2 \\ W_e(D) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (+0,8) = +0,37 \text{ kN/m}^2 \\ W_e(E) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (-0,3) = -0,14 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Tlak vjetra na unutarnje površine:  $w_e = q_{REF} \cdot C_e \cdot C_{pi}$

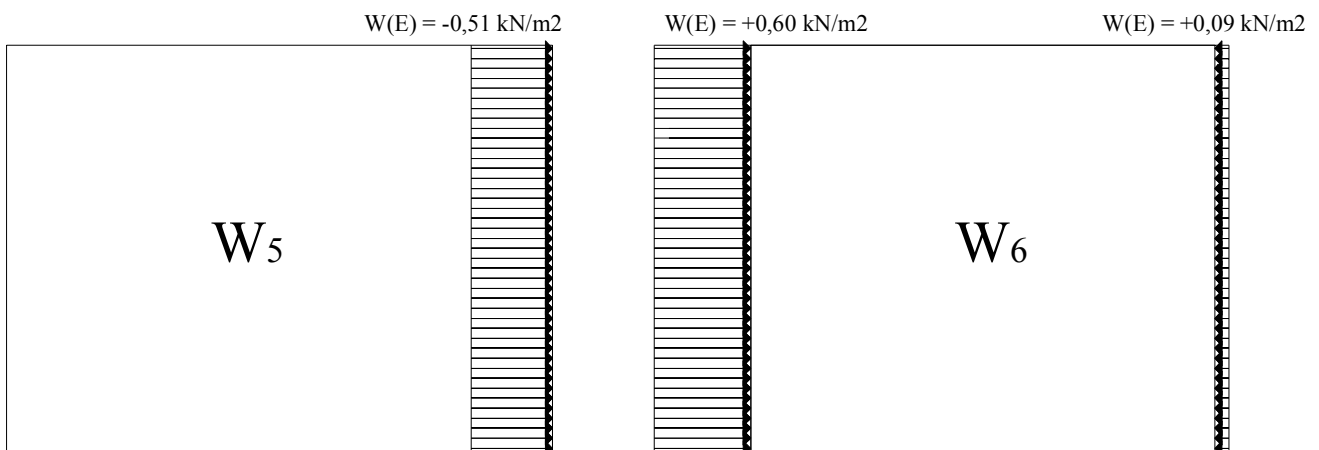
$$\begin{aligned} W_i(+ ) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (+0,8) = +0,37 \text{ kN/m}^2 \\ W_i(- ) &= 0,3 \cdot 1,55 \cdot (-0,5) = -0,23 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

a) Opterećenje vjetrom na vertikalne zidove u slučaju maks. unutanjeg tlaka ( $C_{pi} = +0,8$ ):

$$\begin{aligned} W(A) &= -0,465 - 0,37 = -0,835 \text{ kN/m}^2 \\ W(B^*) &= -0,37 - 0,37 = -0,74 \text{ kN/m}^2 \\ W(D) &= +0,37 - 0,37 = 0,00 \text{ kN/m}^2 \\ W(E) &= -0,14 - 0,37 = -0,51 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b) Opterećenje vjetrom na vertikalne zidove u slučaju min. unutanjeg tlaka ( $C_{pi} = -0,5$ ):

$$\begin{aligned} W(A) &= -0,465 + 0,23 = -0,235 \text{ kN/m}^2 \\ W(B^*) &= -0,37 + 0,23 = -0,14 \text{ kN/m}^2 \\ W(D) &= +0,37 + 0,23 = +0,60 \text{ kN/m}^2 \\ W(E) &= -0,14 + 0,23 = +0,09 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



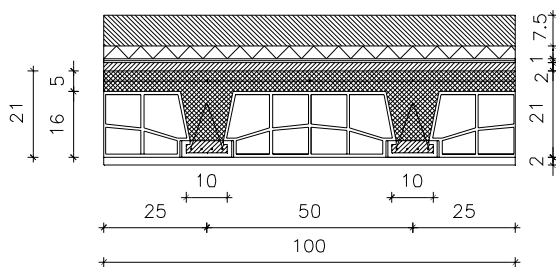
**Kao mjerodavna kombinacija za daljnju analizu odabran je slučaj W6**

### **3. STATIČKI PRORAČUN GREDE POZ. 310-311**

### 3.1. ANALIZA OPTEREĆENJA PLOČE POZ. 300

Greda 310-311 je opterećena pločom pozicije 300 koja direktno naliježe na samu gredu, dok je ploča opterećena težinom krovišta i vanjskim utjecajem (snijeg, vjetar) koji se preko krovišta prenosi na ploču. Prema tome prvo treba opterećenja s krovišta prenjeti na ploču, a zatim na gredu te onda u SAP-u napraviti statički proračun.

Detalj FERT-stropa:



Beton za pad 7,5cm(0,075·20)	.....	1,50kN/m <sup>2</sup>
Heraklit 3 cm (0,03·4)	.....	0,12kN/m <sup>2</sup>
Hidroizolacija	.....	0,10kN/m <sup>2</sup>
Cem.namaz 2cm (0,02·24)	.....	0,48kN/m <sup>2</sup>
FERT-strop	.....	3,00kN/m <sup>2</sup>
Podgled (žbuka na plafonu)	.....	0,25kN/m <sup>2</sup>
<b>Ukupno g<sub>pl,300</sub></b>	<b>.....</b>	<b>5,45kN/m<sup>2</sup></b>

### STALNO OPTEREĆENJE

#### Rebro za ukrućenje

$$G_{\text{REBRA}} = 0,2 \cdot 0,16 \cdot (1 - 2 \cdot 0,11) \cdot 25 \quad \dots \quad G_{\text{REBRA}} = 0,62 \text{ kN}$$

#### Težina krovišta

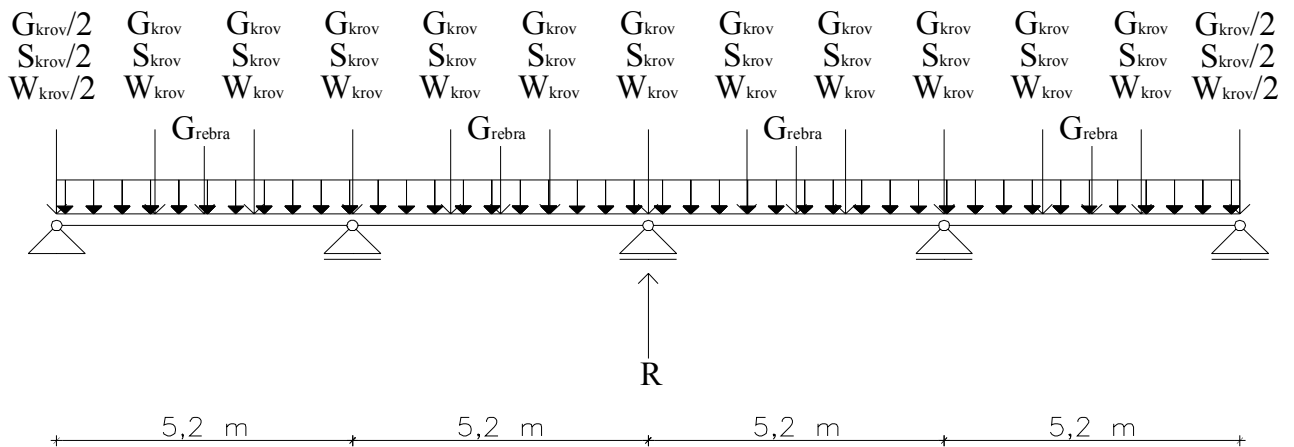
- pokrov i potkonstrukcija (0,46·1,733)	.....	0,80 kN/m
- v.t.drvene rešetke	.....	0,41 kN/m
		<b>G<sub>KROV</sub> = 1,21kN/m</b>

### POKRETNOST OPTEREĆENJE

$$\text{Opterećenje snijegom (1,04·1,733)} \quad \dots \quad S_{\text{KROV}} = 1,80 \text{ kN/m}$$

$$\text{Opterećenje vjetrom (0,3·1,733)} \quad \dots \quad W_{\text{KROV}} = 0,52 \text{ kN/m}$$

Statička shema ploče poz.300:



Ploča poz. 300 računati će se kao niz sastavljenih prostih greda. Raspon FERT-stropa je između 4 i 6m (5,2m) što iziskuje postavljanje jednog rebra za ukrućenje na polovicu raspona te se samim time i on mora uzeti u obzir pri analizi opterećenja.

Reakcija ploče za stalno opterećenje:

$$R_{\text{STALNO}} = (g_{pl} \cdot l) + (3 \cdot G_{\text{KROV}}) + G_{\text{REBRA}} \quad \dots \quad 32,59 \text{ kN/m'}$$

Reakcija ploče za pokretno opterećenje:

$$R_{\text{POKRETN}} = (3 \cdot S_{\text{KROV}}) + (3 \cdot W_{\text{KROV}}) \quad \dots \quad 6,96 \text{ kN/m'}$$

### 3.2. ANALIZA OPTEREĆENJA GREDE POZ. 310-311

#### STALNO OPTEREĆENJE

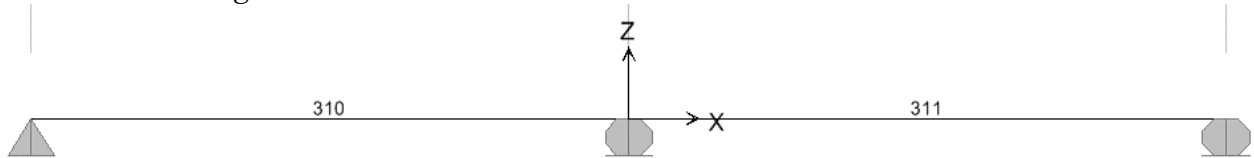
- $R_{\text{STALNO}}$	.....	32,59 kN/m'
- vlastita težina grede	.....	3,75 kN/m'
		<b><math>\Sigma g = 36,34 \text{ kN/m'}</math></b>

#### POKRETNOST OPTEREĆENJE

- $R_{\text{POKRETN}}$	.....	6,96 kN/m'
		<b><math>\Sigma q = 6,96 \text{ kN/m'}</math></b>

### 3.3. STATIČKI PRORAČUN GREDE POZ. 310-311 (SAP)

Statička shema grede:



Koordinate čvorova:

Joint	CoordSys	CoordType	GlobalX	GlobalY	GlobalZ
Text	Text	Text	m	m	m
1	GLOBAL	Cartesian	-5,8	0	0
2	GLOBAL	Cartesian	0	0	0
3	GLOBAL	Cartesian	5,8	0	0

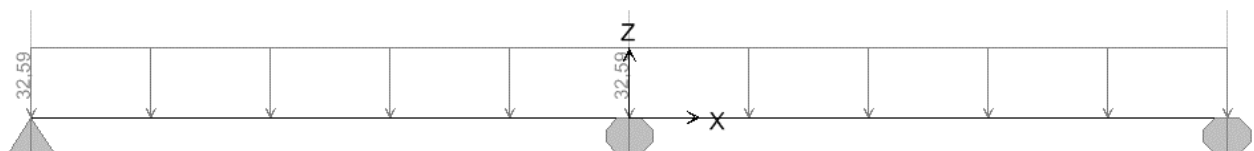
Dimenzije poprečnog presjeka:

SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area
Text	Text	Text	m	m	m2
310	4000Psi	Rectangular	0,5	0,3	0,15
311	4000Psi	Rectangular	0,5	0,3	0,15

Definicije opterećenja:

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
DEAD	Load case	DEAD	1
Stalno	Load case	Stalno	1
Korisno	Load case	Korisno	1

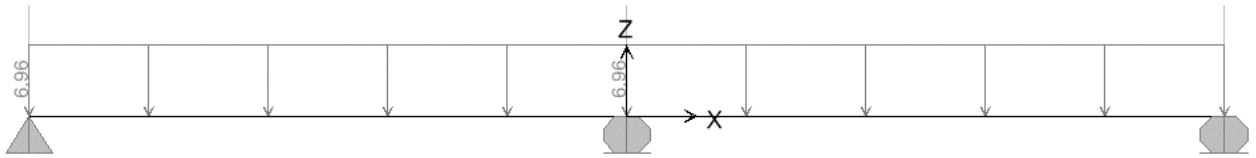
Shema stalnog opterećenja:



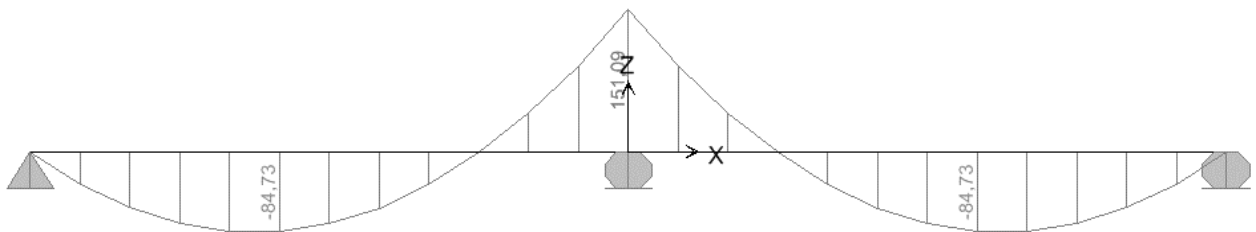
- kao stalno opterećenje nanosi se samo vrijednost reakcije ploče dok SAP sam pridružuje vlastitu težinu grede s obzirom na dimenzije poprečnog presjeka i vrstu materijala.



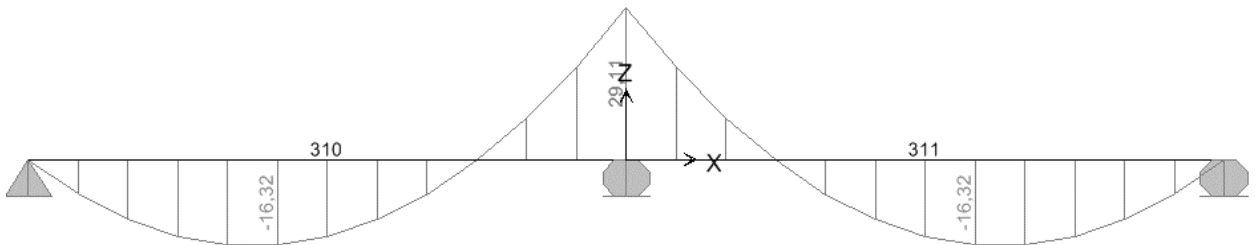
*Shema korisnog opterećenja:*



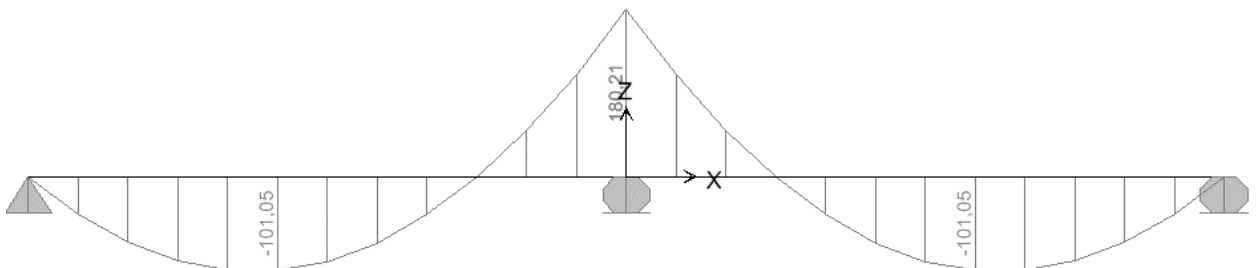
*Momentni dijagram od stalnog opterećenja:*



*Momentni dijagram od korisnog opterećenja:*



*Ukupni momentni dijagram (stalno+korisno)*

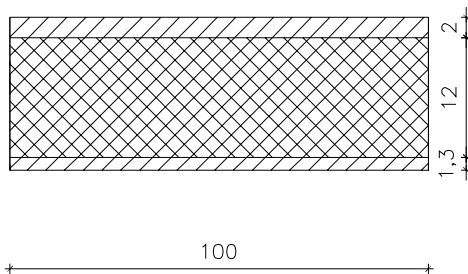


## **4. STATIČKI PRORAČUN GREDE POZ. 220-221**

#### 4.1. ANALIZA OPTEREĆENJA PLOČE POZ. 200

Greda 220-221 je opterećena pločom pozicije 200 koja direktno naliježe na samu gredu.

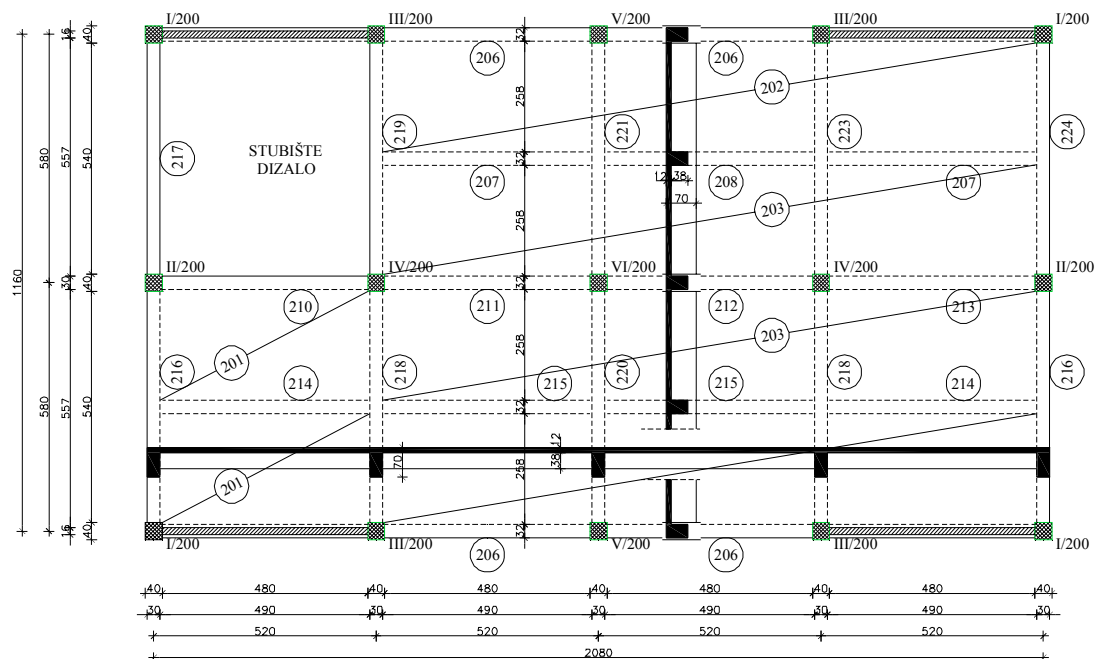
Detalj ploče poz. 200:



Cem.namaz 2cm (0,02·24)	.....	0,48kN/m <sup>2</sup>
AB ploča 12 cm (0,12·25)	.....	3,00kN/m <sup>2</sup>
Podgled (žbuka na plafonu)	.....	0,25kN/m <sup>2</sup>
<b>Ukupno g<sub>pl,200</sub></b>	<b>.....</b>	<b>3,73kN/m<sup>2</sup></b>

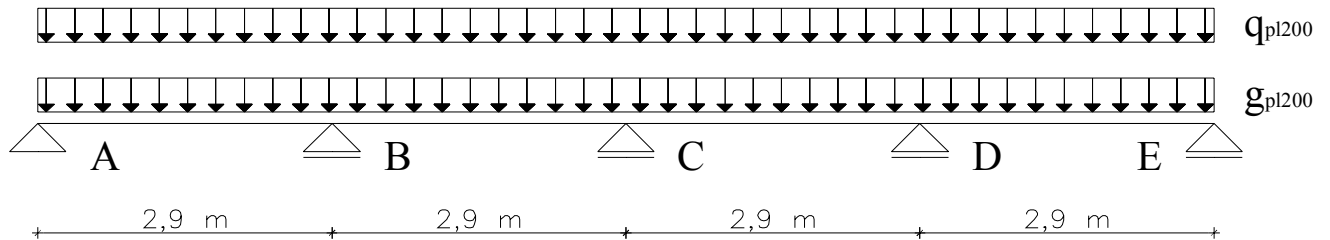
Prvi kat objekta namjenjen je za uobičajene stambene prostorije pa uzimamo da nam je korisno opterećenje  $q_{pl,200} = 2,00 \text{ kN/m}^2$  (kategorija A).

#### 4.2. ANALIZA OPTEREĆENJA UZDUŽNIH GREDA POZ. 200



Analiziramo reakciju ploče poz. 200 na uzdužne grede poz. 200 (dobivamo linijsko opterećenje), a zatim reakcije tih greda na gredu poz. 220-221 (koncentrirano opterećenje).

Statička shema ploče poz. 200:



Reakcija ploče:

$$R_{A,g} = 0,393 \cdot g \cdot l = 4,25 \text{ kN/m'}$$

$$R_{A,q} = 0,393 \cdot q \cdot l = 2,28 \text{ kN/m'}$$

$$R_{B,g} = 1,143 \cdot g \cdot l = 12,36 \text{ kN/m'}$$

$$R_{B,q} = 1,143 \cdot q \cdot l = 6,63 \text{ kN/m'}$$

$$R_{C,g} = 0,929 \cdot g \cdot l = 10,05 \text{ kN/m'}$$

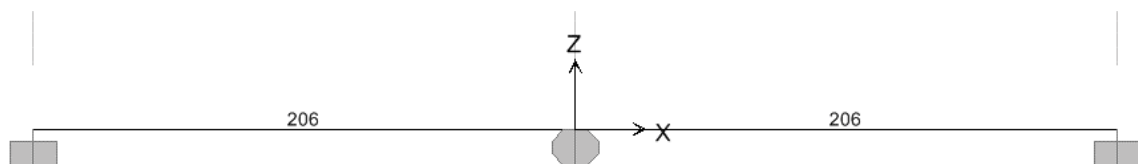
$$R_{C,q} = 0,929 \cdot q \cdot l = 5,39 \text{ kN/m'}$$

Vlastita težina pojedine grede:

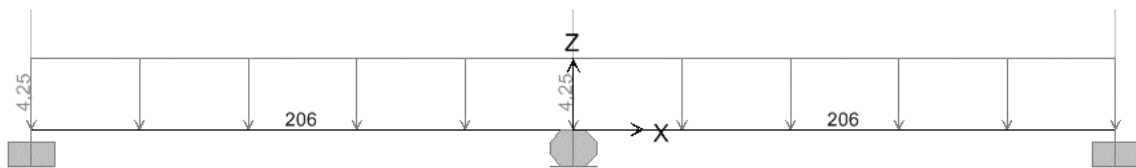
$$g_{vl} = 0,32 \cdot 0,38 \cdot 25 = 3,04 \text{ kN/m'}$$

#### 4.2.1. GREDA POZ. 206-206

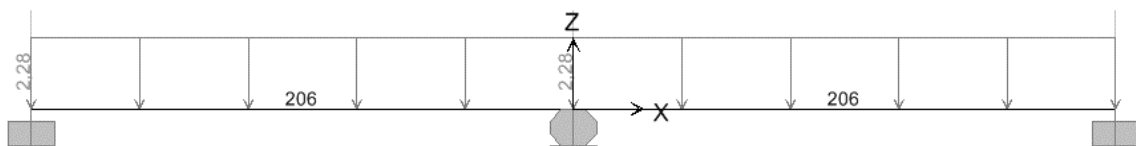
Statička shema grede poz. 220-221:



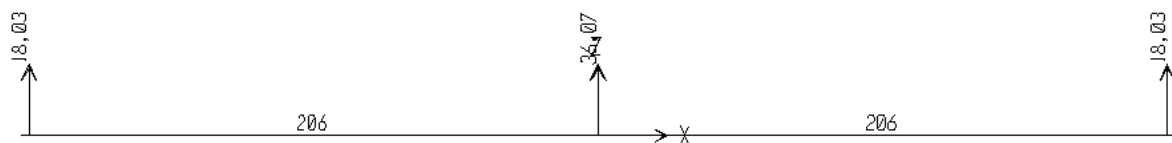
*Shema stalnog opterećenja:*



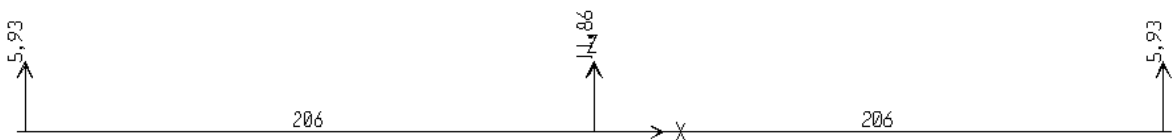
*Shema korisnog opterećenja:*



*Reakcije od stalnog opterećenja:*



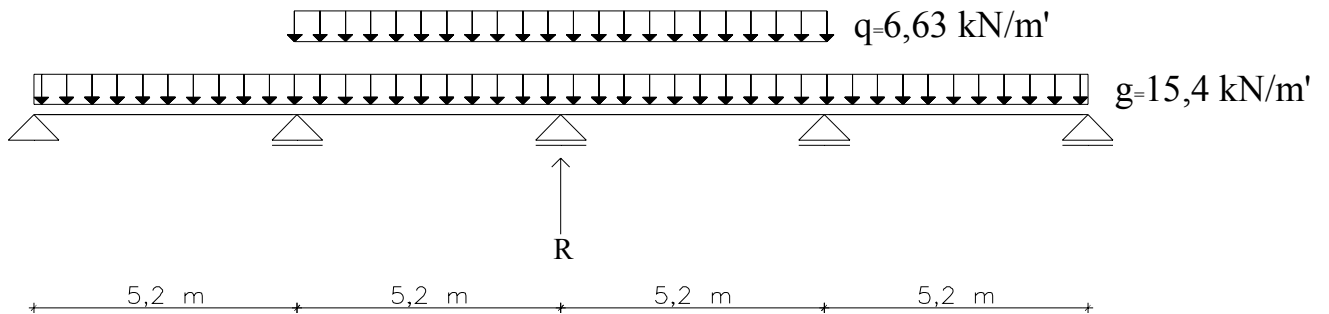
*Reakcije od korisnog opterećenja:*



Reakcije koje se uzimaju za daljnji proračun su:  $G_1=G_5=36,07 \text{ kN}$  ,  $Q_1=Q_5=11,86 \text{ kN}$

#### 4.2.2. GREDA POZ. 214-215-215-214

*Statička shema grede poz. 214-215-215-214:*

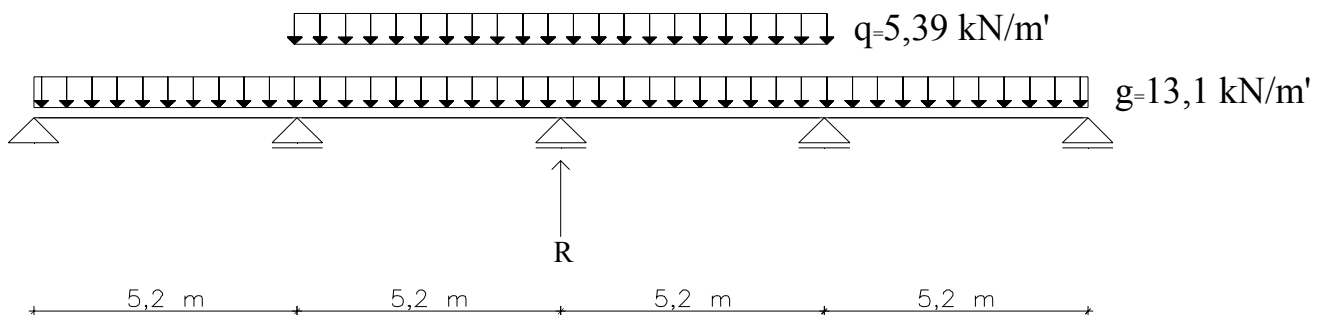


$$G2 = 0,929 \cdot g \cdot l = 74,39 \text{ kN}$$

$$Q2 = 1,143 \cdot g \cdot l = 39,41 \text{ kN}$$

#### 4.2.3. GREDA POZ. 210-211-212-213

*Statička shema grede poz. 210-211-212-213:*

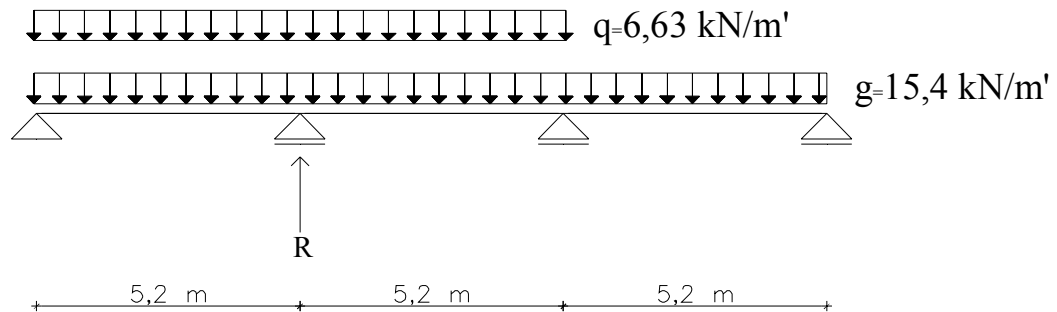


$$G3 = 0,929 \cdot g \cdot l = 63,23 \text{ kN}$$

$$Q3 = 1,143 \cdot g \cdot l = 32,04 \text{ kN}$$

#### 4.2.4. GREDA POZ. 207-208-207

Statička shema grede poz. 207-208-207:

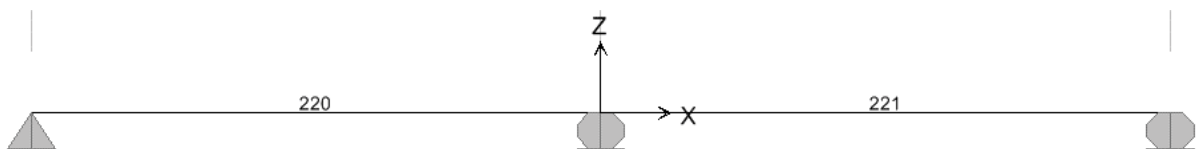


$$G4 = 1,100 \cdot g \cdot l = 88,10 \text{ kN}$$

$$Q4 = 1,200 \cdot g \cdot l = 41,37 \text{ kN}$$

#### 4.3. STATIČKI PRORAČUN GREDE POZ. 220-221 (SAP)

Statička shema grede:



Koordinate čvorova:

Joint	CoordSys	CoordType	GlobalX	GlobalY	GlobalZ
Text	Text	Text	m	m	m
1	GLOBAL	Cartesian	-5,8	0	0
2	GLOBAL	Cartesian	0	0	0
3	GLOBAL	Cartesian	5,8	0	0

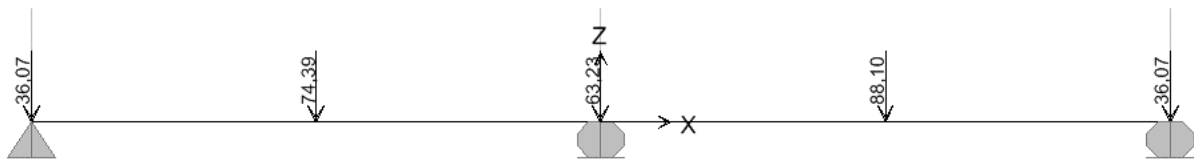
*Dimenzije poprečnog presjeka:*

SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area
Text	Text	Text	m	m	m2
220	4000Psi	Rectangular	0,58	0,3	0,15
221	4000Psi	Rectangular	0,58	0,3	0,15

*Definicije opterećenja:*

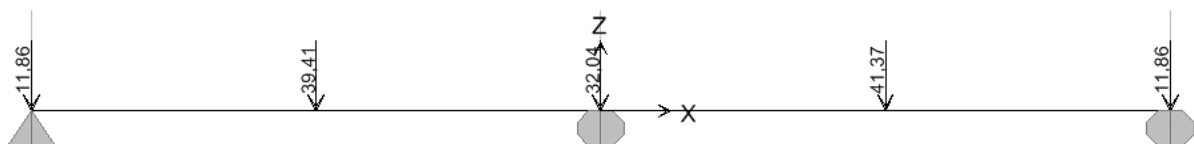
Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
DEAD	Load case	DEAD	1
Stalno	Load case	Stalno	1
Korisno	Load case	Korisno	1

*Shema stalnog opterećenja:*



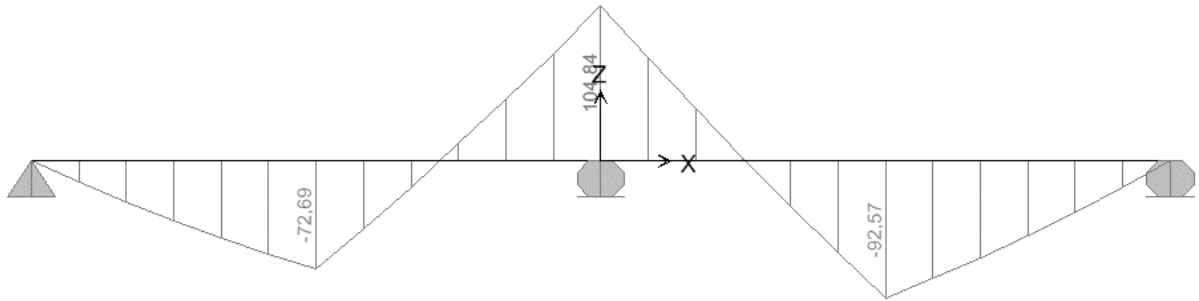
- kao stalno opterećenje nanosi se samo vrijednost reakcije ploče dok SAP sam pridružuje vlastitu težinu grede s obzirom na dimenzije poprečnog presjeka i vrstu materijala.

*Shema korisnog opterećenja:*

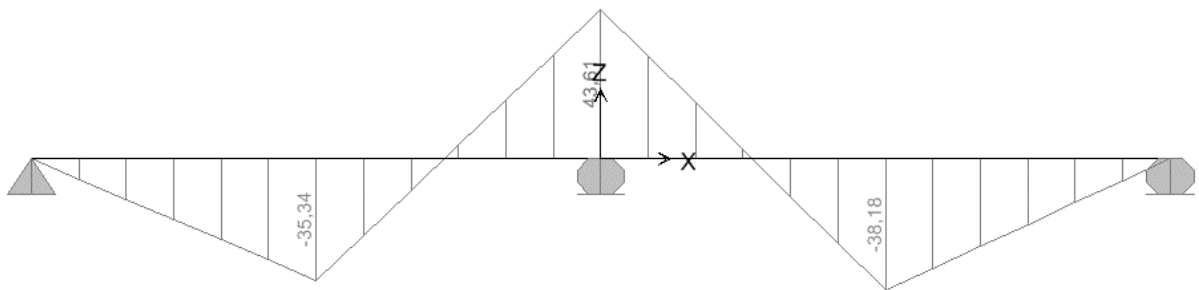




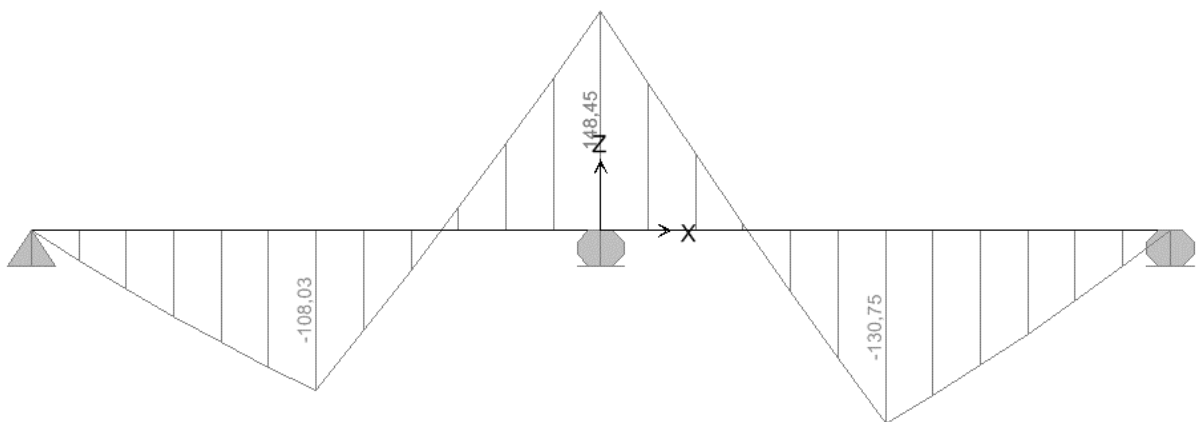
*Momentni dijagram od stalnog opterećenja:*



*Momentni dijagram od korisnog opterećenja:*



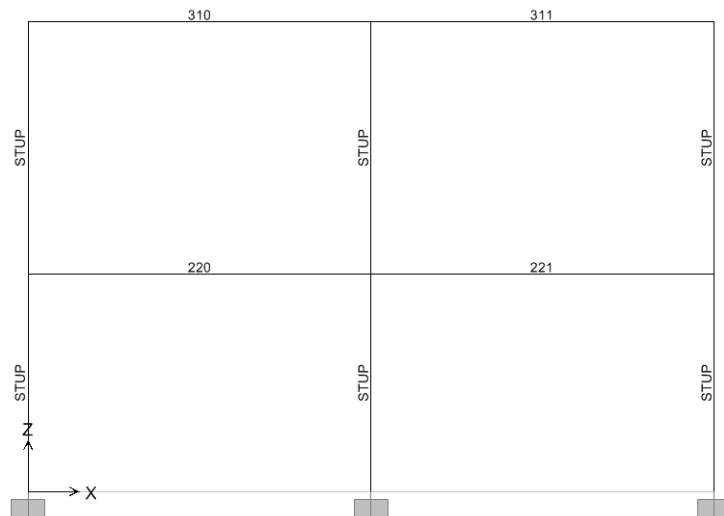
*Ukupni momentni dijagram (stalno+korisno)*



## **5. STATIČKI PRORAČUN SREDNJEG POPREČNOG OKVIRA**

## 5.1. STATIČKI PRORAČUN SREDNJEG POPREČNOG OKVIRA (SAP)

*Statička shema okvira:*



*Koordinate čvorova:*

Joint	CoordSys	CoordType	GlobalX	GlobalY	GlobalZ
Text	Text	Text	m	m	m
1	GLOBAL	Cartesian	0	0	0
2	GLOBAL	Cartesian	0	0	3,65
3	GLOBAL	Cartesian	0	0	7,9
4	GLOBAL	Cartesian	5,8	0	0
5	GLOBAL	Cartesian	5,8	0	3,65
6	GLOBAL	Cartesian	5,8	0	7,9
7	GLOBAL	Cartesian	11,6	0	0
8	GLOBAL	Cartesian	11,6	0	3,65
9	GLOBAL	Cartesian	11,6	0	7,9

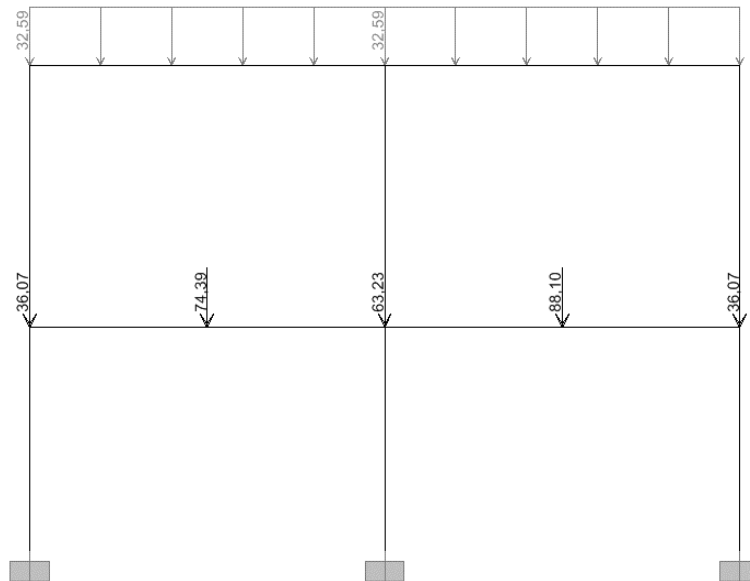
*Dimenzije poprečnog presjeka:*

SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area
Text	Text	Text	m	m	m2
220	4000Psi	Rectangular	0,7	0,3	0,21
221	4000Psi	Rectangular	0,7	0,3	0,21
310	4000Psi	Rectangular	0,55	0,3	0,165
311	4000Psi	Rectangular	0,55	0,3	0,165
STUP	4000Psi	Rectangular	0,4	0,4	0,16

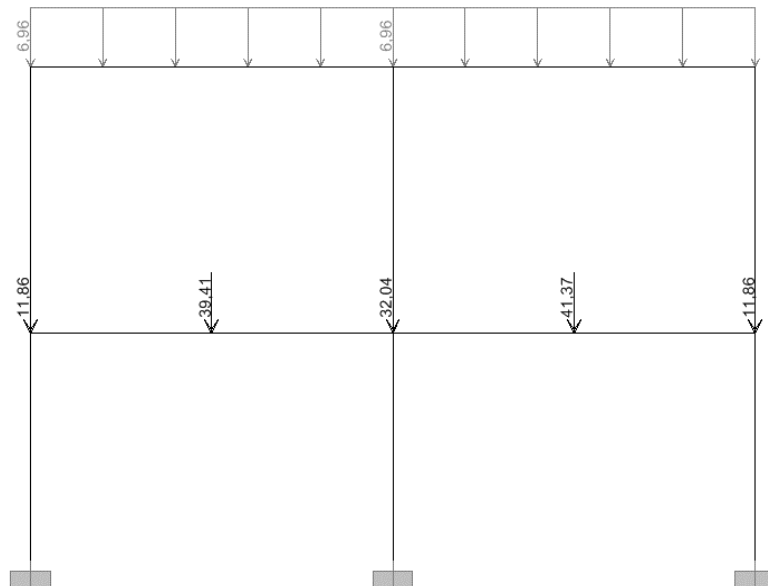
Definicije opterećenja:

LoadCase	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad
Text	Text	Unitless	Text
DEAD	DEAD	1	
Stalno	DEAD	0	
Korisno	LIVE	0	
Vjetar	WIND	0	None

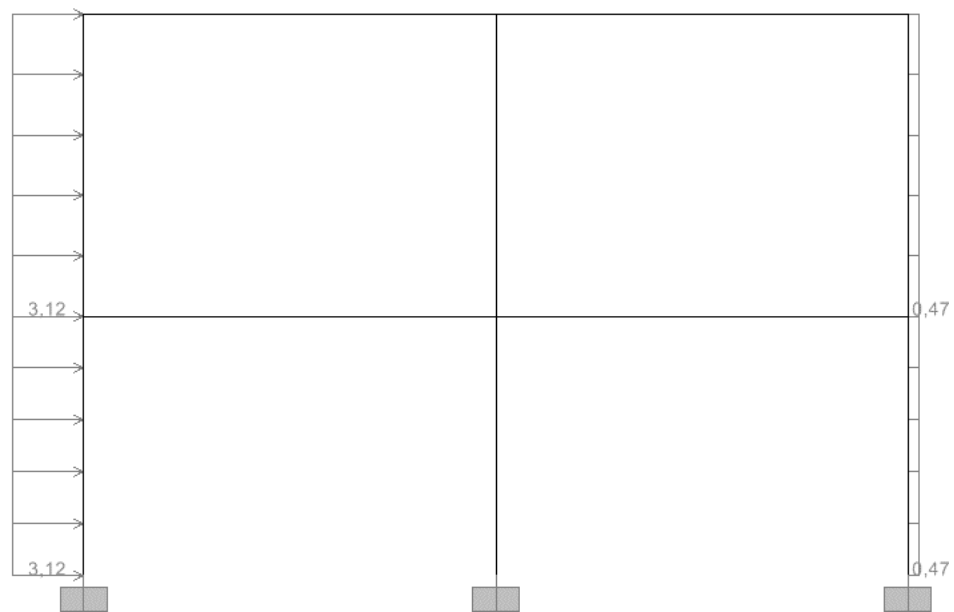
Shema stalnog opterećenja:



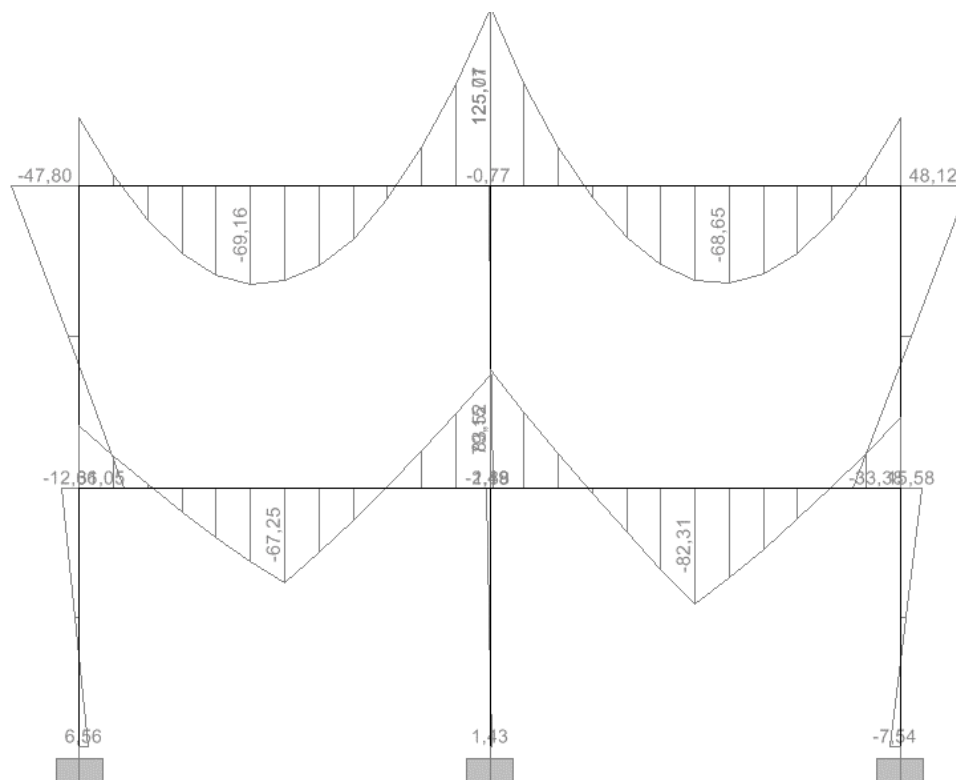
Shema korisnog opterećenja:



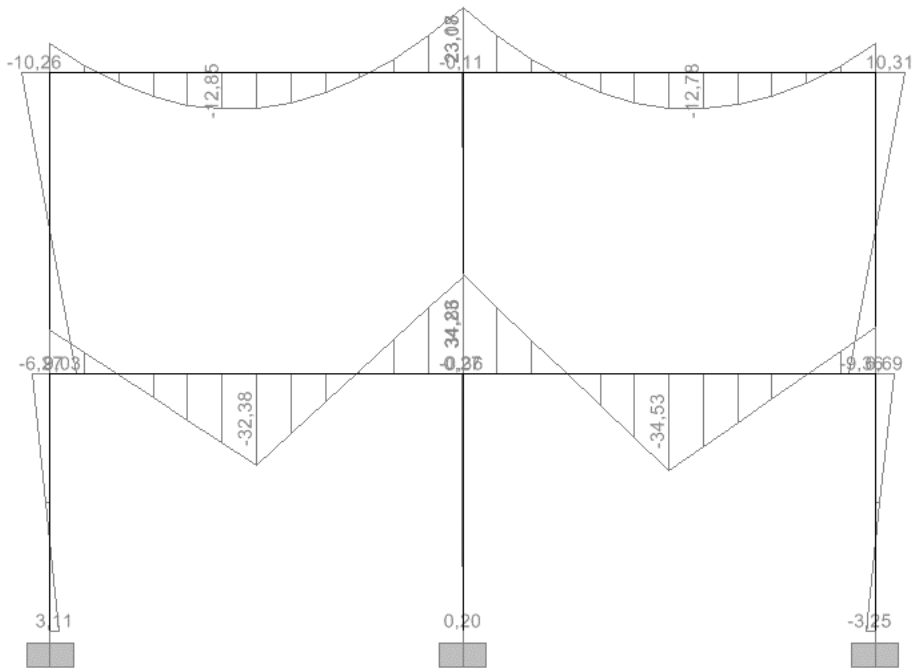
*Shema korisnog opterećenja:*



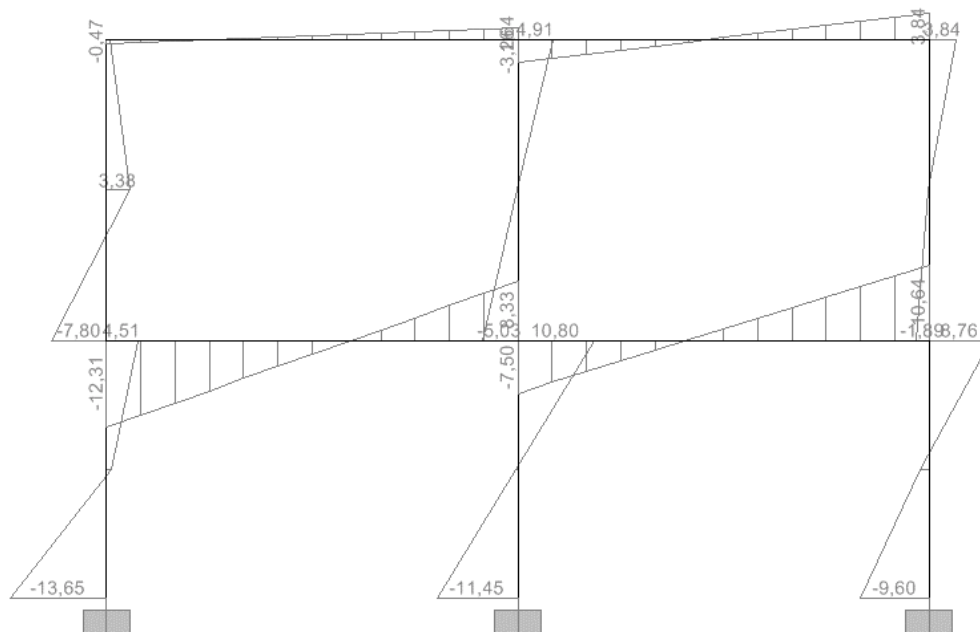
*Momentni dijagram od stalnog opterećenja:*



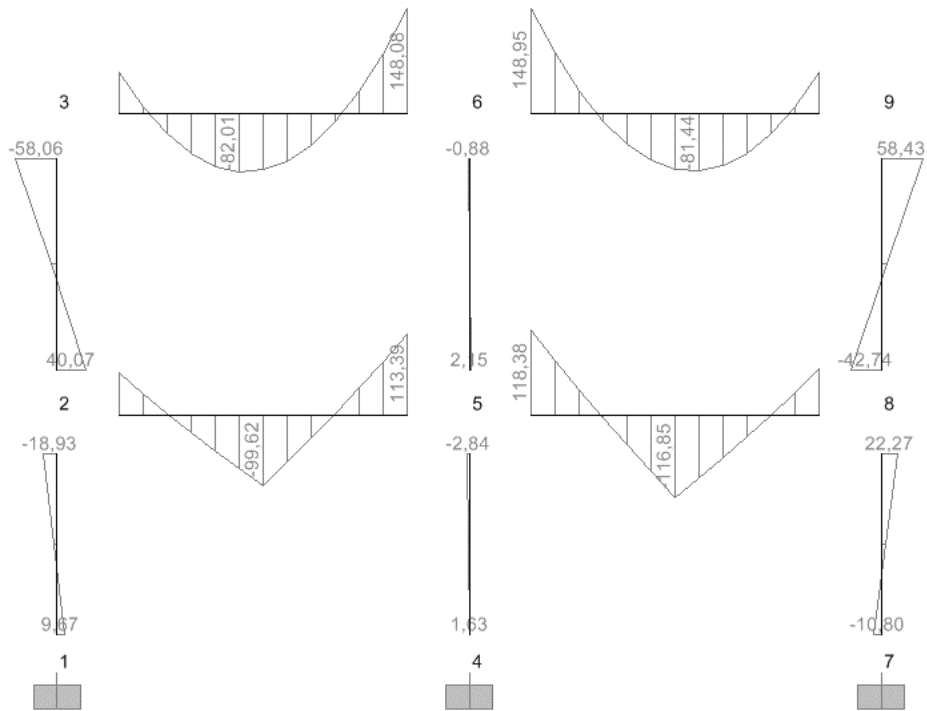
*Momentni dijagram od korisnog opterećenja:*



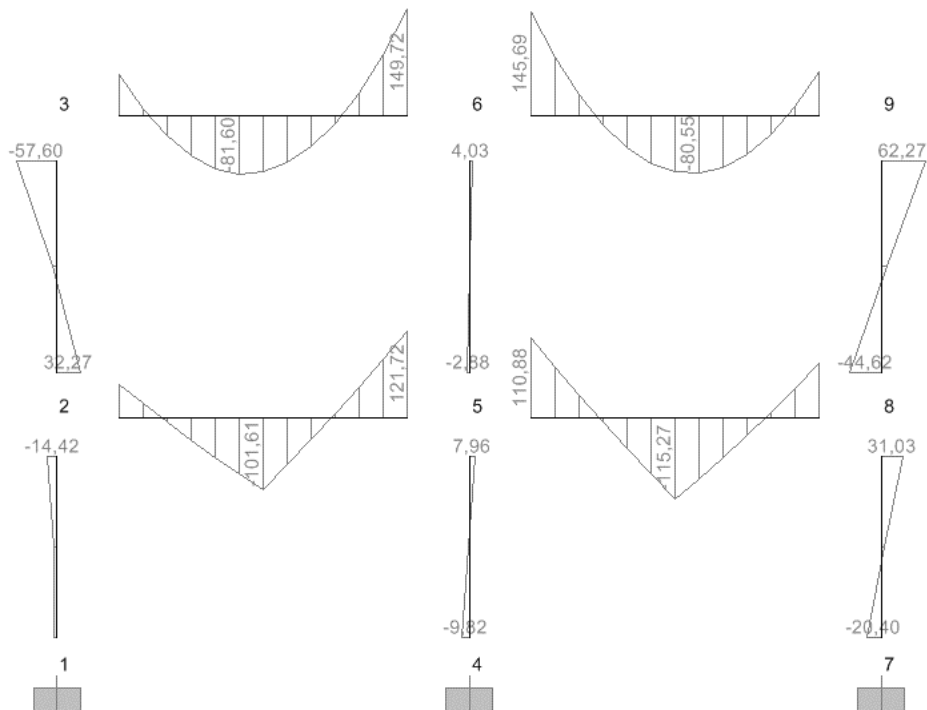
*Momentni dijagram od opterećenja vjetrom:*



**Ukupni momentni dijagram (stalno+korisno):**



**Ukupni momentni dijagram (stalno+korisno+vjetar):**



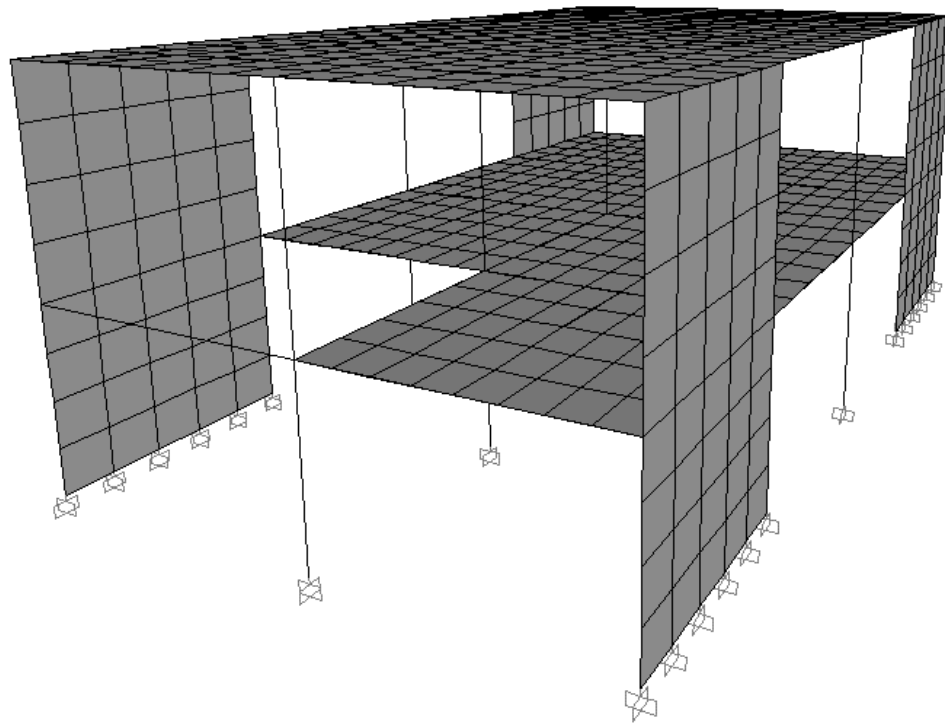
Ukupni momentni dijagram (stalno+korisno+vjetar) se ne će koristiti u daljnjoj analizi već je ovdje prikazan radi preglednosti.

## **6. STATIČKI PRORAČUN PROSTORNOG MODELA**

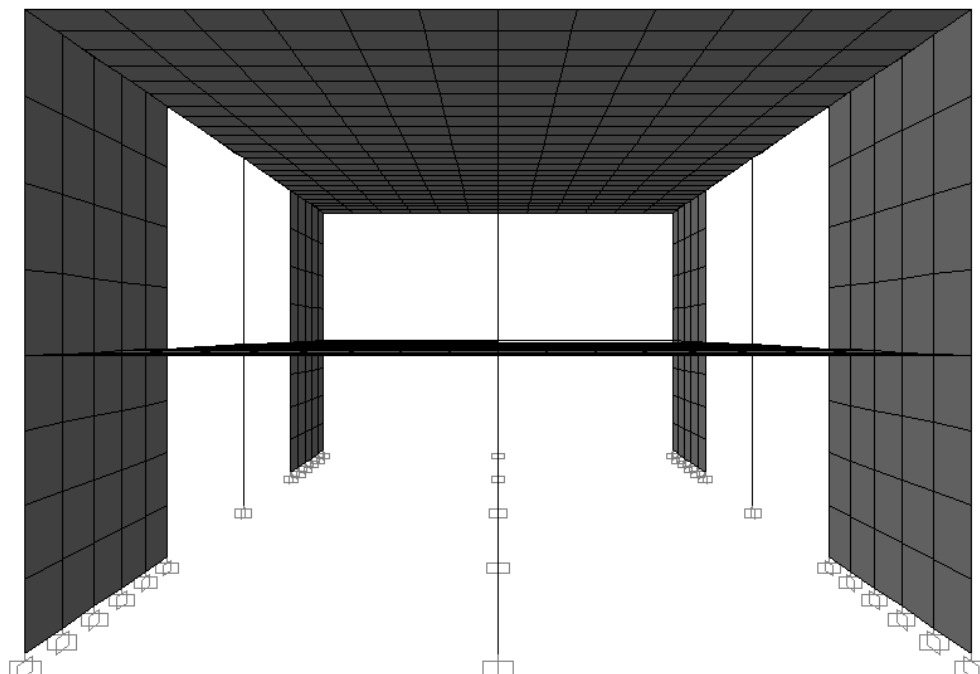


## 6.1. STATIČKI PRORAČUN PROSTORNOG MODELA (SAP)

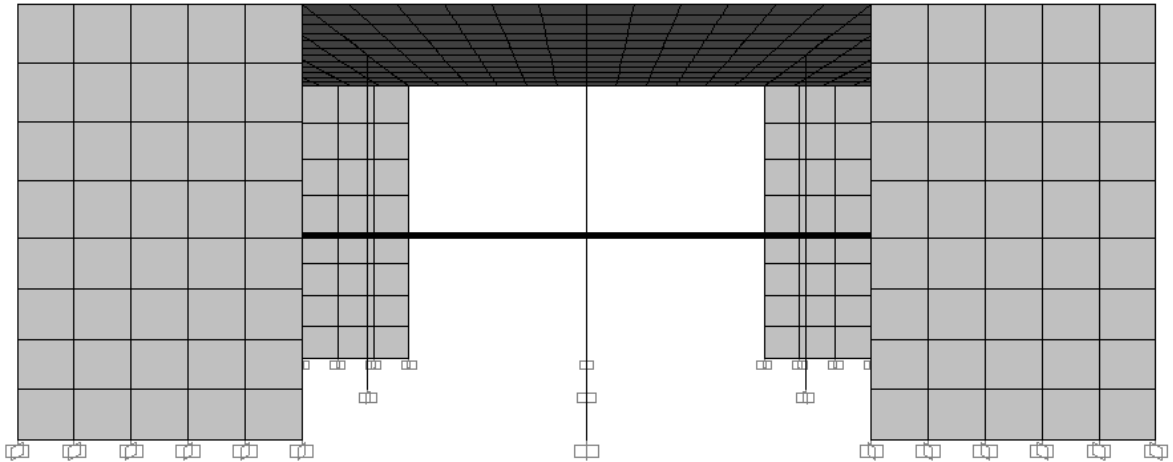
*Shema prostornog modela:*



*Ravina xy - perspektiva:*



*Ravina xz - perspektiva:*



*Dimenzije poprečnog presjeka plošnih elemenata:*

Section	Material	AreaType	Type	Thickness	BendThick
Text	Text	Text	Text	m	m
PLOCA200	4000Psi	Shell	Shell-Thin	0,12	0,12
PLOCA300	FERT	Shell	Shell-Thin	0,21	0,21
ZID	4000Psi	Shell	Shell-Thin	0,16	0,16

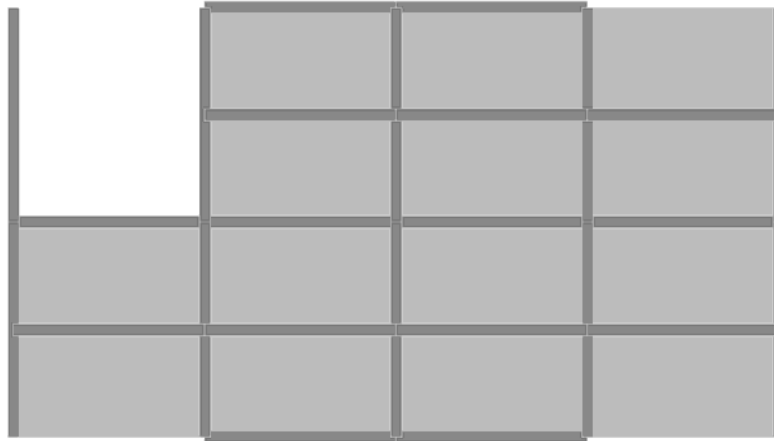
*Dimenzije poprečnog presjeka štapnih elemenata:*

SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area
Text	Text	Text	m	m	m2
GREDA200-P.S.	4000Psi	Rectangular	0,7	0,3	0,21
GREDA200-U.S.	4000Psi	Rectangular	0,5	0,32	0,16
GREDA300-P.S.	4000Psi	Rectangular	0,55	0,3	0,165
GREDA300-U.S.	4000Psi	Rectangular	0,55	0,3	0,165
POMOCNA-GREDA	4000Psi	Rectangular	0,21	0,1	0,021
STUP	4000Psi	Rectangular	0,4	0,4	0,16

*Definicije opterećenja:*

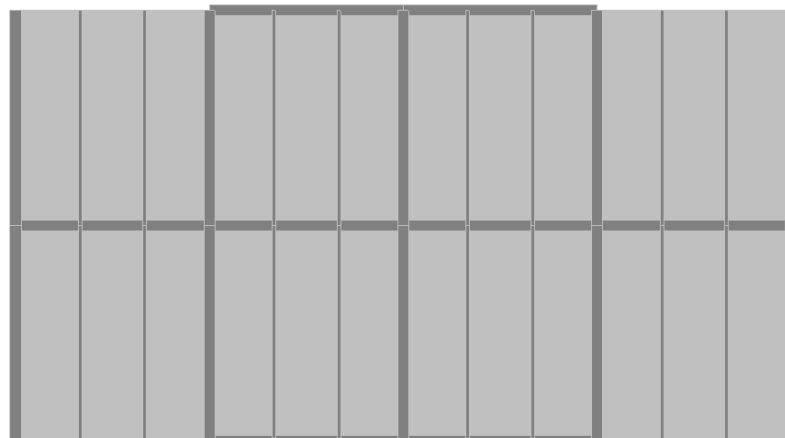
LoadCase	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad
Text	Text	Unitless	Text
DEAD	DEAD	1	
STALNO	DEAD	0	
KORISNO	LIVE	0	
VJETAR	WIND	0	None
SNIJEG	SNOW	0	

*Shema opterećenja ploče poz. 200:*



Area	LoadCase	CoordSys	Dir	UnifLoad
Text	Text	Text	Text	KN/m2
PLOCA200	STALNO	GLOBAL	Gravity	0,73
PLOCA200	KORISNO	GLOBAL	Gravity	2

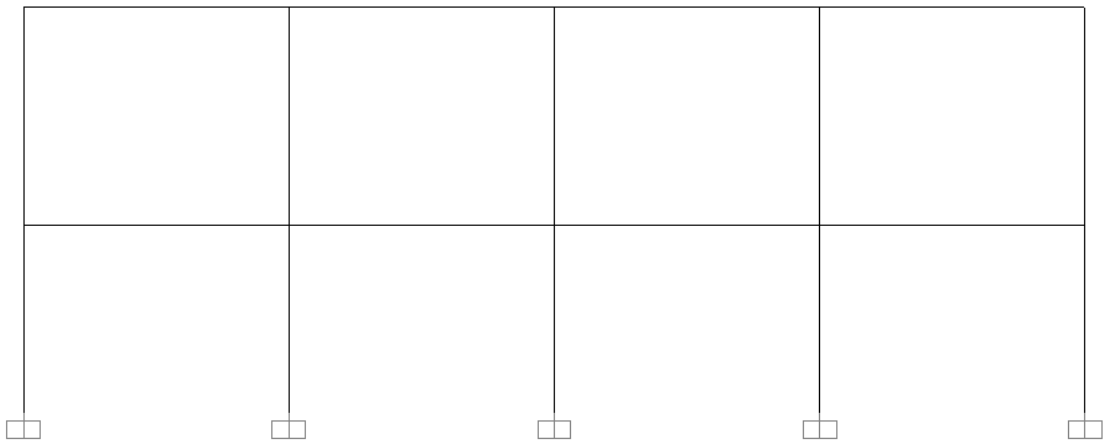
*Shema opterećenja ploče i greda poz. 300:*



Area	LoadCase	CoordSys	Dir	UnifLoad
Text	Text	Text	Text	KN/m2
PLOCA300	STALNO	GLOBAL	Gravity	2,45

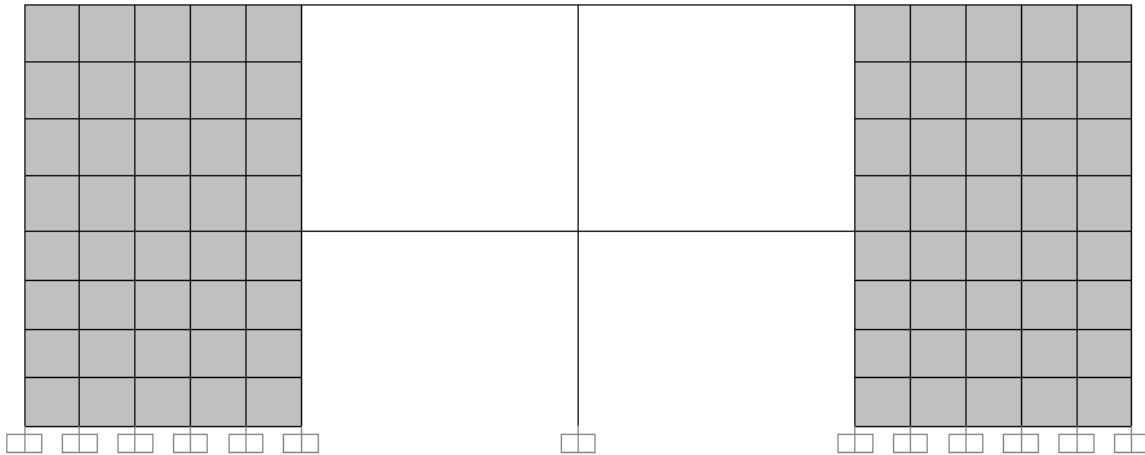
Frame	LoadCase	CoordSys	Dir	FOverLA	FOverLB
Text	Text	Text	Text	KN/m	KN/m
GREDA300-P.S.	STALNO	GLOBAL	Gravity	1,21	1,21
GREDA300-P.S.	SNIJEG	GLOBAL	Gravity	1,8	1,8
GREDA300-P.S.	VJETAR	GLOBAL	Gravity	0,52	0,52
POMOCNA-GREDA	STALNO	GLOBAL	Gravity	1,21	1,21
POMOCNA-GREDA	SNIJEG	GLOBAL	Gravity	1,8	1,8
POMOCNA-GREDA	VJETAR	GLOBAL	Gravity	0,52	0,52

*Shema opterećenja vjetrom vanjskih stupova srednjeg uzdužnog okvira:*



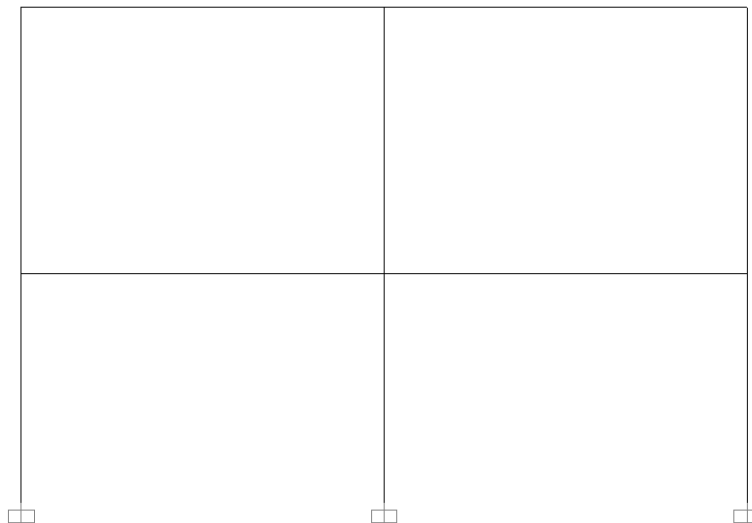
Frame	LoadCase	CoordSys	Dir	FOverLA	FOverLB
Text	Text	Text	Text	KN/m	KN/m
STUP	VJETAR	GLOBAL	Gravity	0,92	0,92
STUP	VJETAR	GLOBAL	Gravity	-0,92	-0,92

Shema opterećenja vjetrom uzdužnih zidova:



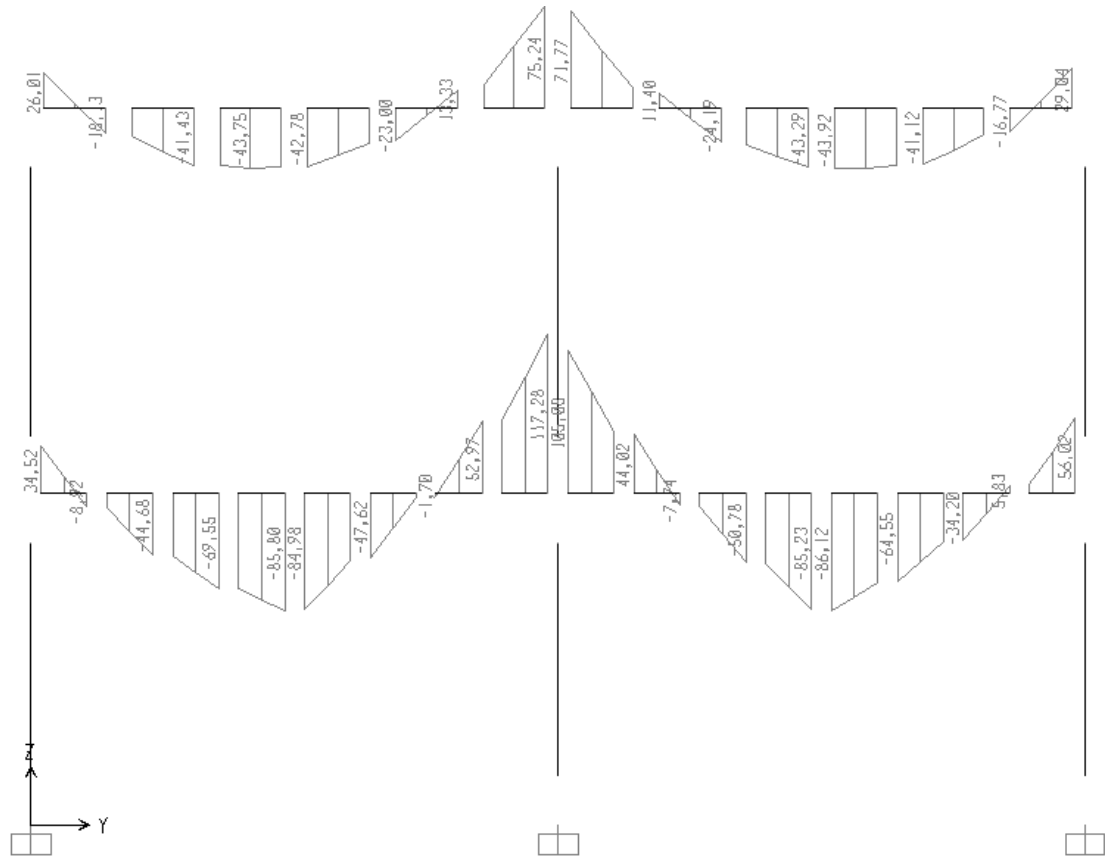
Area	LoadCase	CoordSys	Dir	UnifLoad
Text	Text	Text	Text	KN/m2
ZID	VJETAR	GLOBAL	Y	0,6
ZID	VJETAR	GLOBAL	Y	-0,09

Shema opterećenja vjetrom vanjskih stupova srednjeg poprečnog okvira:



Frame	LoadCase	CoordSys	Dir	FOverLA	FOverLB
Text	Text	Text	Text	KN/m	KN/m
STUP	VJETAR	GLOBAL	Y	3,12	3,12
STUP	VJETAR	GLOBAL	Y	-0,47	-0,47

**Ukupni momentni dijagram srednjeg poprečnog okvira:**



## **7. USPOREDBA NUMERIČKIH REZULTATA**

## 7.1. USPOREDBA NUMERIČKIH REZULTATA U KARAKTERISTIČNIM TOČKAMA

		Vanjski ležaj Lijevo	Polje Lijevo	Srednji ležaj Lijevo	Srednji ležaj Desno	Polje Desno	Vanjski ležaj Desno
<b>HIJERARHIJSKI MODELI</b>	<i>Greda 310-311</i>	<i>0</i>	<i>101,05</i>	<i>180,21</i>	<i>180,21</i>	<i>101,05</i>	<i>0</i>
	<i>Greda 220-221</i>	<i>0</i>	<i>108,03</i>	<i>148,45</i>	<i>148,45</i>	<i>130,75</i>	<i>0</i>
<b>RAVNINSKI MODEL</b>	<i>Greda 310-311</i>	<i>58,06</i>	<i>82,01</i>	<i>148,08</i>	<i>148,95</i>	<i>81,44</i>	<i>58,43</i>
	<i>Greda 220-221</i>	<i>59,00</i>	<i>99,62</i>	<i>113,39</i>	<i>118,38</i>	<i>116,85</i>	<i>65,01</i>
<b>PROSTORNI MODEL</b>	<i>Greda 310-311</i>	<i>26,01</i>	<i>43,75</i>	<i>75,24</i>	<i>71,77</i>	<i>43,92</i>	<i>29,04</i>
	<i>Greda 220-221</i>	<i>34,52</i>	<i>85,80</i>	<i>117,28</i>	<i>105,08</i>	<i>86,12</i>	<i>56,02</i>

Svi iznosi izraženi su u kNm!



## ZAKLJUČAK

Zajednička stvar kod oba dva pristupa proračuna okvirnoj konstrukciji je ta da su ispravni. Međutim odmah se uočava velika razlika u vrijednostima momenata u karakterističnim točkama (i u obliku M dijagrama) te na temelju toga možemo zaključiti da postupkom hijerarhijske ovisnosti postizemo veću sigurnost pri daljnjem projektiranju konstrukcije (dimenzioniranju).

## LITERATURA

- (1) J.Dvornik, D.Lazarević ; Kreativnost i inženjerska prosudba , Građevinar 59
- (2) J.Radić i suradnici ; Betonske konstrukcije , priručnik
- (3) J.Radić i suradnici ; Betonske konstrukcije , riješeni primjeri
- (4) A.Mandić, D.Čizmar, V.Rajčić ; Djelovanja snijegom i vjetrom prema europskim normama , priručnik
- (5) V.Rajčić, A.Bjelanović ; Drvene konstrukcije prema europskim normama
- (6) Separati s predavanja kolegija Betonske i zidane konstrukcije I
- (7) [www.grad.hr/nastava/nmk](http://www.grad.hr/nastava/nmk)
- (8) [www.grad.hr/nastava/ga](http://www.grad.hr/nastava/ga)