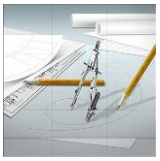
PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com



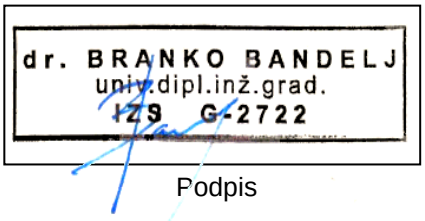
NAROČNIK:
OBČINA BOVEC, TRG GOLOBARSKIH ŽRTEV 8, 5230 BOVEC

ZADEVA:

STATIČNA PRESOJA STREHE OBSTOJEČEGA OBJEKTA »OSNOVNA ŠOLA BOVEC« ZA POTREBE POSTAVITVE FOTOVOLTAIKE NA STREHO OBJEKTA

Podpis

POROČILO IZDELAL:
dr. BRANKO BANDELJ, univ.dipl.inž.grad.
IZS G-2722



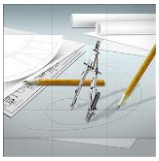
Podpis

Št. mnenja: **B18/2024**

Št. izvoda: 1 2 3 4 5 A

Tomačevica, April 2024

PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com



POSTOPEK PREVERJANJA:
Statična poročilo je nastala na osnovi naslednjih dejstev in podatkov:

1. Seznanitev z izvedenimi izmerami nosilnih elementov na podlagi vizualnega ogleda objekta dne 26. 3. 2024;
2. Obstoječa projektna dokumentacija PGD-statični izračun, ki jo je izdelal PROJEKT 80, številka projekta 55/77 v februarju 1978.

Na osnovi teh dejstev in poznavanja objekta smo pripravili statično poročilo obstoječega objekta.

Na osnovi teh dejstev in poznavanja objekta smo pripravili statično preverbo strešne nosilne konstrukcije objekta za dodatno obremenitev, ki jo predstavlja predvidena dodatna obtežba fotovoltaike na strehi objekta (25 kg/m2, vzeta na podlagi izkušenj).

OMEJITVENI POGOJI:

- Za potrebe poročila ni bilo opravljenih raziskav, iz katerih bi bilo mogoče razbrati stanje nosilne konstrukcije in dejanske trdnostne karakteristike obstoječe nosilne konstrukcije.
- Za pripravo mnenja ni bilo na razpolago obstoječe PID dokumentacije objekta.
- Za pripravo mnenja ni bilo na razpolago obstoječe PZI dokumentacije objekta.

NAROČILNICA: št. 24-00024 z dne 25. 3. 2024

PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com

TEHNIČNO POROČILO

1. SPLOŠNO:

Predmet poročila je statična preverba strehe objekta Osnovna šola Bovec (Slika 1). Osnovno šola Bovec tvorijo objekti A, B, C in D z različnimi sistemi nosilne konstrukcije strehe. Poročilo je nastalo na osnovi vizualnega ogleda in opravljenih izmer strešne nosilne konstrukcije objekta dne 25. 3. 2024.



Slika 1: Tlorisni pogled na streho Osnovne šole Bovec

Nosilna konstrukcija strehe objekta A (izmere na ogledu):

Leseno nosilno konstrukcijo strehe objekta A tvorijo špirovci dolžine 4.2m + 1.30m in dimenzije prečnega preseka b/h=9/15cm, ki slonijo na medoosnem razmaku 88cm na lesenih vmesnih legah dimenzije prečnega preseka b/h=15/23cm. Vmesne lege dolžine 4.5m podpirajo AB stebrički. Na špirovce je obešena tudi cev za prezračevanje (Slika 2).



Slika 2: Pogled na leseno strešno konstrukcijo objekta A

PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com

Nosilna konstrukcija strehe objekta B (izmere na ogledu):

Leseno nosilno konstrukcijo strehe objekta B tvorijo špirovci dolžine 3.8m + 1.40m in dimenzije prečnega preseka b/h=10/16cm, ki slonijo na medoosnem razmaku 96cm na lesenih prednapetih vmesnih legah dimenzije prečnega preseka b/h=19/23.5cm. Vmesne lege dolžine 5.3m imajo en deviator in so prednapete z dvema palicama fi18. Vmesne lege dolžine 8.6m pa imajo dva deviatorja in so tudi prednapete z dvema palicama fi18 (Slika 3). Nad AB stebri je vmesna lega ojačana z dodatnimi lesenimi legami, ki so dolžine 1.5m z dimenzijo prečnega preseka b/h=20/20cm (Slika 4).



Slika 3: Pogled na prednapeto vmesno lego z dvema deviatorjema



Slika 4: Pogled na dodatno leseno ojačitev nad stebri pod vmesno lego

PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com

Nosilna konstrukcija strehe objekta C (izmere na ogledu):

Leseno nosilno konstrukcijo strehe objekta C tvorijo špirovci dolžine 3.7m + 1.60m in dimenzije prečnega preseka b/h=10/16cm, ki slonijo na medoosnem razmaku 90cm na lesenih prednapetih vmesnih legah dimenzije prečnega preseka b/h=19/23.5cm. Vmesne lege dolžine 5.4m imajo en deviator in so prednapete z dvema palicama fi18. Vmesne lege dolžine 8.7m pa imajo dva deviatorja in so tudi prednapete z dvema palicama fi18 (Slika 5 in slika 6). Nad AB stebri je vmesna lega ojačana z dodatnimi lesenimi legami, ki so dolžine 1.5m z dimenzijo prečnega preseka b/h=20/20cm.



Slika 5: Pogled na prednapeto vmesno lego z dvema deviatorjema

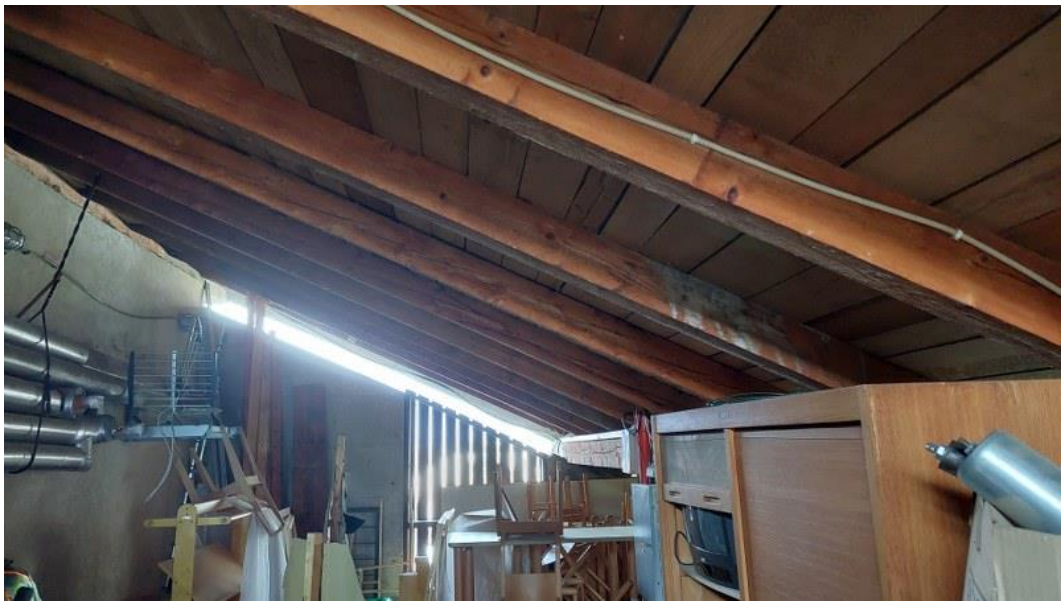


Slika 6: Pogled na leseno nosilno konstrukcijo

PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com

Nosilna konstrukcija strehe objekta D (izmere na ogledu):

Leseno nosilno konstrukcijo strehe objekta D tvorijo špirovci dolžine 4.1m + 4.0m in dimenzije prečnega preseka b/h=10/13cm, ki slonijo na medoosnem razmaku 80cm na lesenih vmesnih legah dimenzije prečnega preseka b/h=15/21cm in dolžine 3.80m.



Slika 7: Pogled leseno nosilno konstrukcijo strehe

2. UGOTOVITVE STATIČNEGA OGLEDA OBJEKTA:

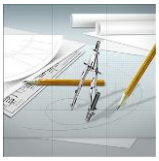
Pregled nosilne konstrukcije objekta je bil izvršen vizualno dne 25. 3. 2024 ob prisotnosti predstavnika naročnika (g. Andreja Fona). Za določitev natančnega stanja nosilne konstrukcije je potreben odvzem vzorcev nosilne konstrukcije in izvedba dodatnih nedestruktivnih in destruktivnih preiskav.

3. STATIČNA PREVERBA STREŠNE NOSILNE KONSTRUKCIJE:

Osnovni podatki o dimenziji ter kvaliteti lesene nosilne strešne konstrukcije so bili povzeti po razpoložljivi dokumentaciji ter pridobljeni na podlagi opravljenih meritev nosilnih elementov strešne nosilne konstrukcije na ogledu. Dimenzije nosilnih elementov so prikazane v vsebini te statične preverbe. Obtežba na strešno konstrukcijo je bila vzeta v skladu s sedaj veljavnim Standardom EVROKOD 1 Vplivi na konstrukcijo, dimenzioniranje lesene nosilne konstrukcije pa s sedaj veljavnim Standardom EVROKOD 3. Na podlagi rezultatov analize računske analize/preverbe smo pripravili zaključke tega poročila.

Dodatna obtežba, ki jo predstavlja teža fotovoltaike na strehi objekta (25 kg/m2), ni bila podana s strani naročnika, ampak je bila ocenjena na podlagi izkušenj izdelovalca tega poročila. Ugotovitve v nadaljevanju tega poročila veljajo le za postavitev fotovoltaike na streho objekta s težo, ki je manjša ali enaka kot je bila vzeta v statični preverbi tega poročila in znaša maksimalno 25 kg/m2.

PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com



4. ZAKLJUČKI:

Na osnovi izdelane statične presoje strešne nosilne konstrukcije objekta ugotavljamo:

- da strešna nosilna konstrukcija objekta A NI sposobna prevzeti dodatne obtežbe fotovoltaike na strehi objekta, ki znaša 25 kg/m2 zaradi neizpolnjevanja mejnega stanja uporabnosti in nosilnosti strešnih elementov nosilne konstrukcije objekta.

- da JE strešna nosilna konstrukcija objekta B sposobna prevzeti dodatne obtežbe fotovoltaike na strehi objekta, ki znaša 25 kg/m2. Potrebno pa je preveriti stanje in napetost prednapetih kablov (v domeni investitorja pred pričetkom montaže fotovoltaičnih panelov).

- da JE strešna nosilna konstrukcija objekta C sposobna prevzeti dodatne obtežbe fotovoltaike na strehi objekta, ki znaša 25 kg/m2. Potrebno pa je preveriti stanje in napetost prednapetih kablov (v domeni investitorja pred pričetkom montaže fotovoltaičnih panelov).

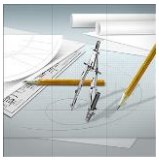
- da strešna nosilna konstrukcija objekta D NI sposobna prevzeti dodatne obtežbe fotovoltaike na strehi objekta, ki znaša 25 kg/m2 zaradi neizpolnjevanja mejnega stanja uporabnosti in nosilnosti strešnih elementov nosilne konstrukcije objekta.

Poročilo izdelal:

dr. Branko Bandelj univ. dipl. inž. grad.

dr. BRANKO BANDELJ
univ.dipl.inž.grad.
IZS G-2722

PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com



STATIČNA PREVERBA STREŠNE KONSTRUKCIJE OBJEKTA A ZA POSTAVITEV FOTOVOLTAIKE NA STREHO OBJEKTA:

1 LASTNA TEŽA

Za vse konstrukcijske elemente je lastna teža v izračunu upoštevana avtomatsko (računalniški program Tower 8.4).

2 STALNA TEŽA

Streha dvokapna

Fotovoltaika	= 0.25 kN/m2
Kritina	= 0.15 kN/m2
letve	= 0.15 kN/m2
Lastna teža elementa *(lastna teža konstr. je računana posebej)*	
	g = 0.55 kN/m2

3 KORISTNA OBTEŽBA

- Obtežba streha **q = 0.40 kN/m2**

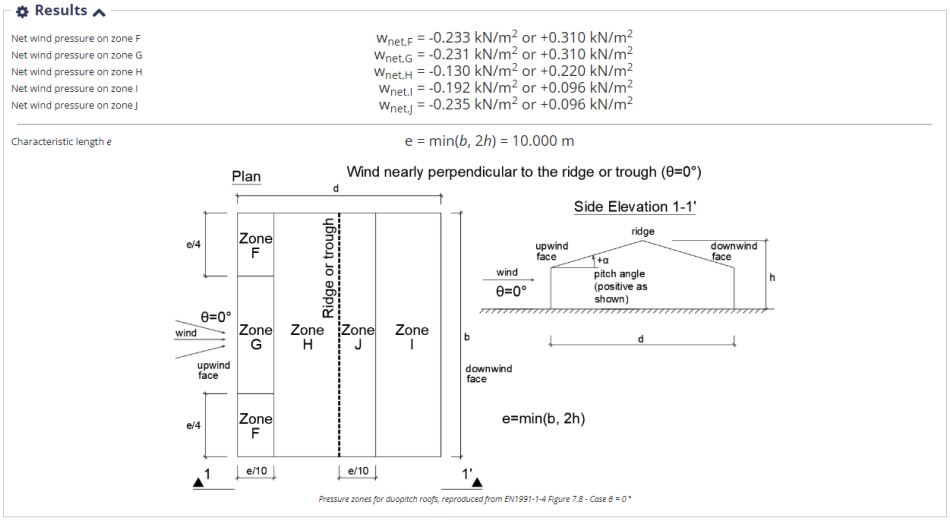
4 SNEG

-obtežba snega na tleh (regija A3, h = 454 m n.m.) sk = 2.68 kN/m2

-obtežba snega na strehi znaša s1 = 2.68 kN/m2 x 0.8 = 2.15 kN/m2

5 VETER

-Referenčna hitrost vetra znaša 20 m/s, cona 1 in teren III. kategorije.



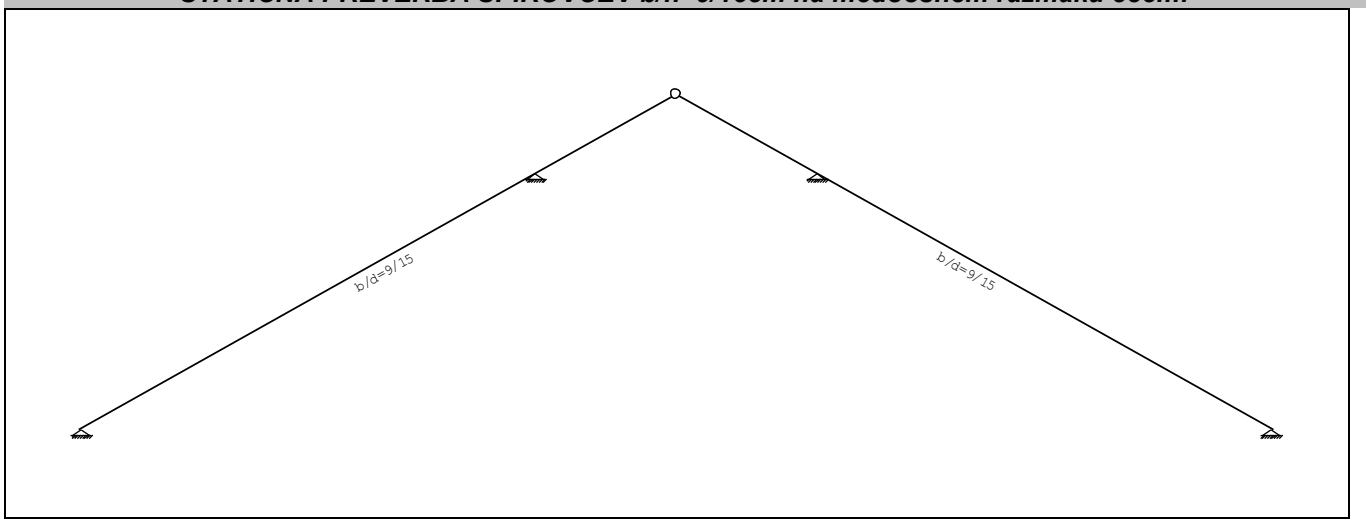
OBREMENITEV

Obremenitev je bila izračunana z lastnimi programi in računalniškim programom za statično analizo konstrukcij Tower 8.5. Rezultati izračuna so priloženi na naslednjih straneh.

DIMENZIONIRANJE

Dimenzioniranje je bilo pretežno izračunano z lastnimi programi in računalniškim programom za statično analizo konstrukcij Tower 8.5.. Na naslednjih straneh so priloženi rezultati izračuna.

STATIČNA PREVERBA ŠPIROVCEV b/h=9/15cm na medoosnem razmaku 88cm:



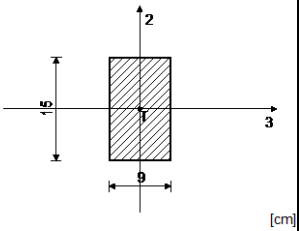
ŠPIROVCI NE IZPOLNJUJEJO POGOJE MSN in MSU !

Tabele materialov

No	Naziv materiala	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Les-Iglavci-Masiven les	1.000e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.000e+7	0.20

Seti gred

Set: 1 Prerez: b/d=9/15, Fiktivna ekscentričnost

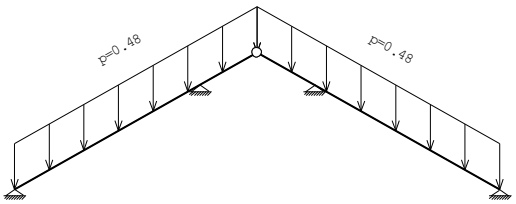


Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	1.350e-2	1.125e-2	1.125e-2	2.282e-5	9.112e-6	2.531e-5

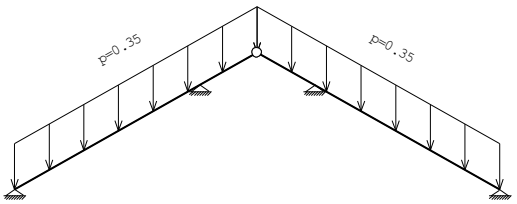
Lista obtežnih primerov

LC	Naziv
1	LASTNA (g)
2	STALNA
3	KORISTNA
4	SNEG
5	VETER
6	Komb.: MSN-1 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.75xIV)
7	Komb.: MSN-2 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.9xV)
8	Komb.: MSN-3 (1.35xI+1.35xII+1.5xIV+0.9xV)
9	Komb.: MSN-4 (1.35xI+1.35xII+0.75xIV+1.5xV)
10	Komb.: ZAČETNI POMIK-1 (I+II+IV+0.6xV)
11	Komb.: ZAČETNI POMIK-2 (I+II+0.5xIV+V)
12	Komb.: KONČNI POMIK-1 (1.8xI+1.8xII+IV+0.6xV)
13	Komb.: KONČNI POMIK-2 (1.8xI+1.8xII+0.5xIV+V)

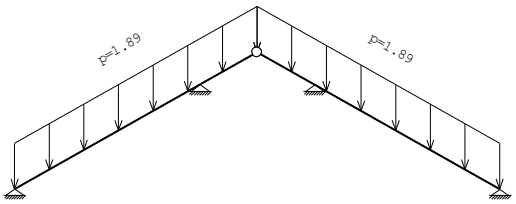
Obt. 2: STALNA



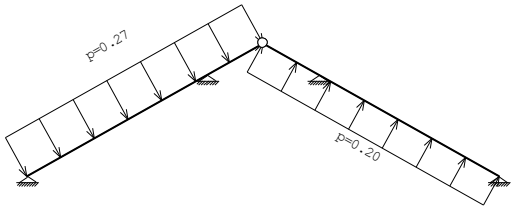
Obt. 3: KORISTNA



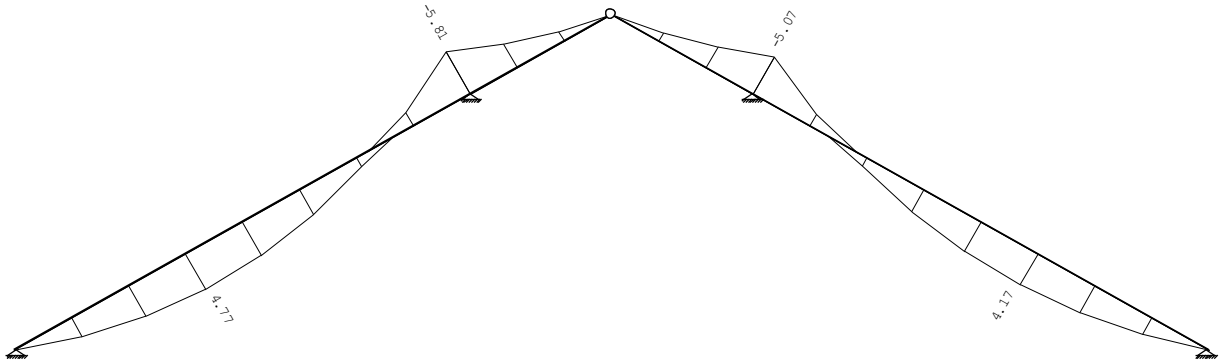
Obt. 4: SNEG



Obt. 5: VETER

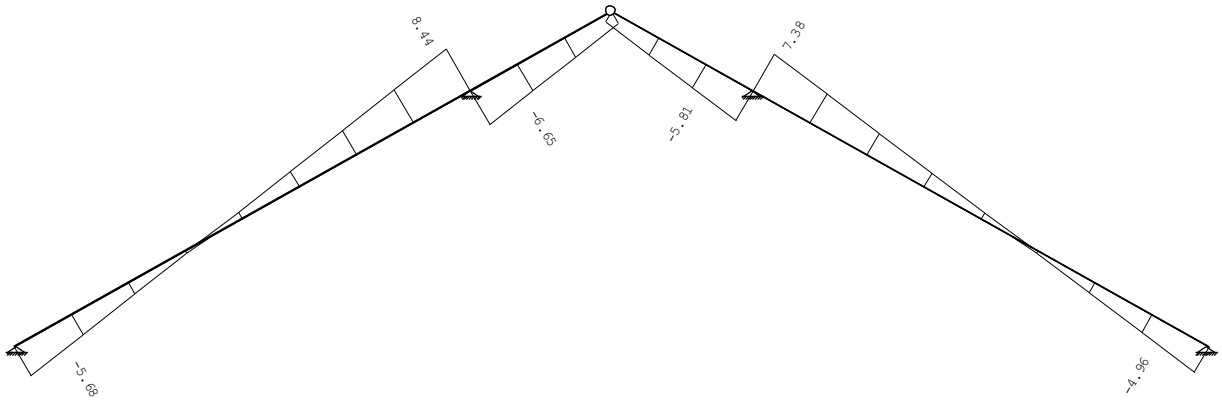


Obt. 14: [Ovo] 6-9



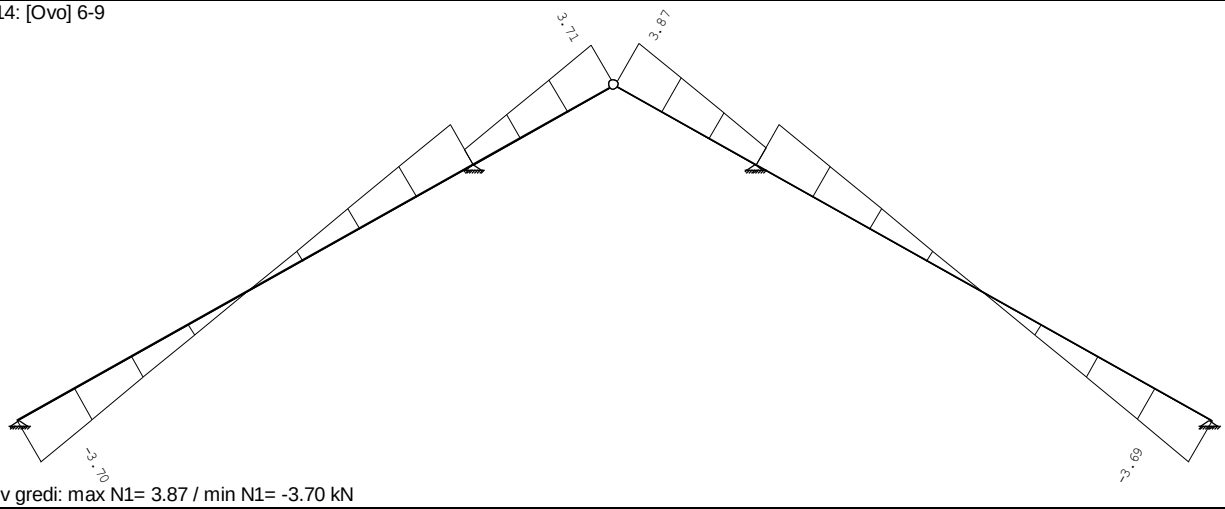
Vplivi v gredi: max M3= 4.77 / min M3= -5.81 kNm

Obt. 14: [Ovo] 6-9



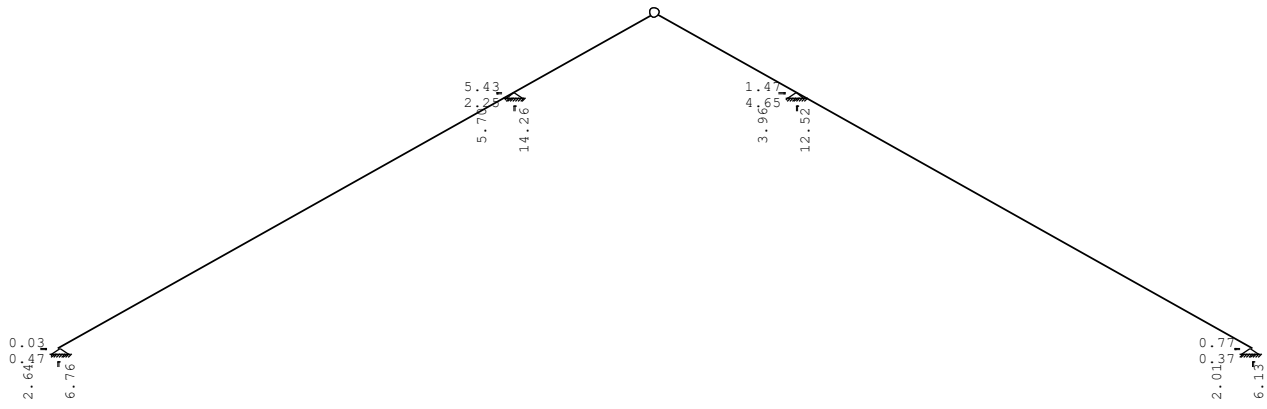
Vplivi v gredi: max T2= 8.44 / min T2= -6.65 kN

Obt. 14: [Ovo] 6-9



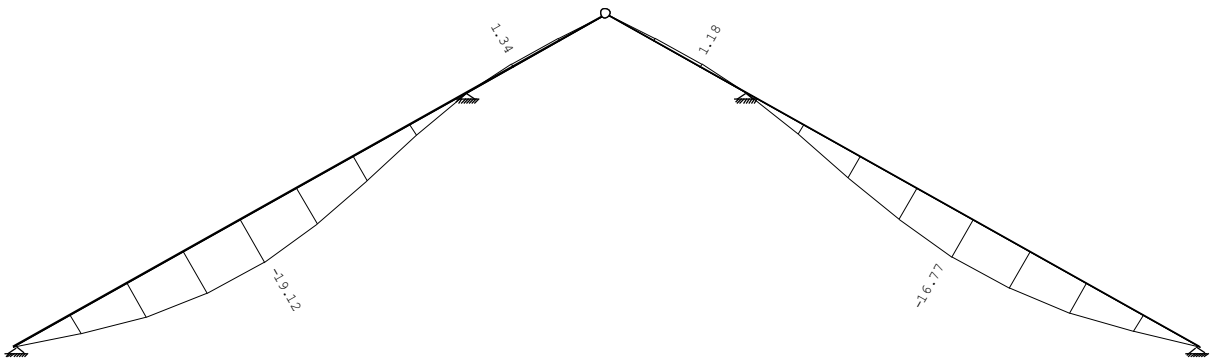
Vplivi v gredi: max N1= 3.87 / min N1= -3.70 kN

Obt. 14: [Ovo] 6-9



Reakcije podpor (Min/Max)

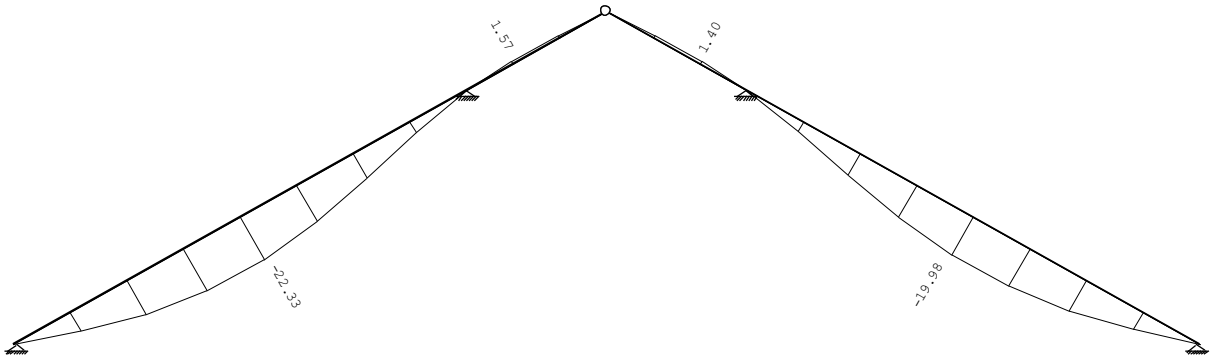
Obt. 14: [Ovo] 10,11



Vplivi v gredi: max u2= 1.34 / min u2= -19.12 m / 1000

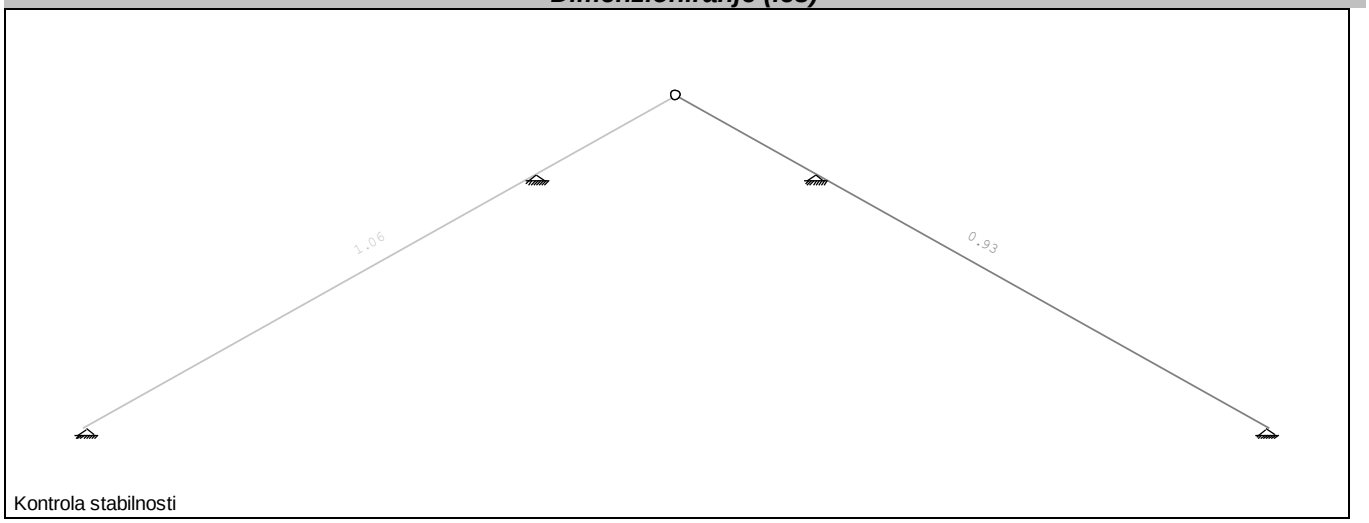
$u_{dej,\ začetni}$= 1.92cm > $u_{dov,\ začetni}$=420cm/300cm = 1.4cm → Kontrola MSU ni izpolnjena

Obt. 14: [Ovo] 12,13



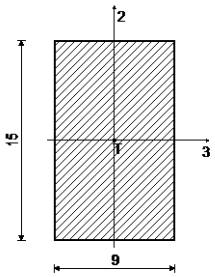
Vplivi v gredi: max u2= 1.57 / min u2= -22.33 m / 1000

$u_{dej,\ začetni}$= 2.23cm > u_{dov}=420cm/250cm = 1.7cm → Kontrola MSU ni izpolnjena



Kontrola stabilnosti

PALICA 1-3
Monoliten les - iglavci in mehki listavci - C24
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE (EN 1995-1-1)



[cm]

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=1.06	12. γ=0.84	6. γ=0.83
10. γ=0.72	9. γ=0.72	13. γ=0.62
11. γ=0.50	7. γ=0.42	

KONTROLA NORMALNIH IN STRIŽNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 420.0 cm od začetka palice)

Računska osna sila	Ned =	3.696	kN
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	8.441	kN
Upogibni moment okoli osi 3	M3ed =	5.806	kNm

KONTROLA NAPETOSTI - NATEG IN UPOGIB
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2	Kh_2 =	1.108	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3	Kh_3 =	1.000	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - nateg	Kh_t =	1.108	
Karakteristična natezna trdnost	ft,0,k =	14.000	MPa
Računska natezna trdnost	ft,0,d =	10.735	MPa
Faktor oblik (za pravokotni prerez)	km =	0.700	
Karakteristična upogibna trdnost	fm,k =	24.000	MPa
Računska upogibna trdnost - os 2	fm,2,d =	18.403	MPa
Računska upogibna trdnost - os 3	fm,3,d =	16.615	MPa
Normalna natezna napetost	σt,0,d =	0.274	MPa
Odpornostni moment	W3 =	337.50	cm3
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	17.202	MPa

σm3,d <= fm,3,d (17.202 <= 16.615)
Prekoračitev napetosti. Izkoriščenost prereza je 103.5%

σt,0,d / ft,0,d + km x (σm3,d / fm,3,d) + σm2,d / fm,2,d <= 1
(0.750 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 75.0%

σt,0,d / ft,0,d + σm3,d / fm,3,d + km x (σm2,d / fm,2,d) <= 1
(1.061 <= 1)
Prekoračitev napetosti. Izkoriščenost prereza je 106.1%

KONTROLA NAPETOSTI - STRIG
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Karakteristična strižna napetost	fv,k =	4.000	MPa
Računska strižna trdnost	fv,d =	2.769	MPa
Površina prečnega prereza	A =	135.00	cm2
Dejanska strižna napetost(os 2)	τ2,d =	0.938	MPa

τ2,d <= fv,d (0.938 <= 2.769)

Izkoriščenost prereza je 33.9%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

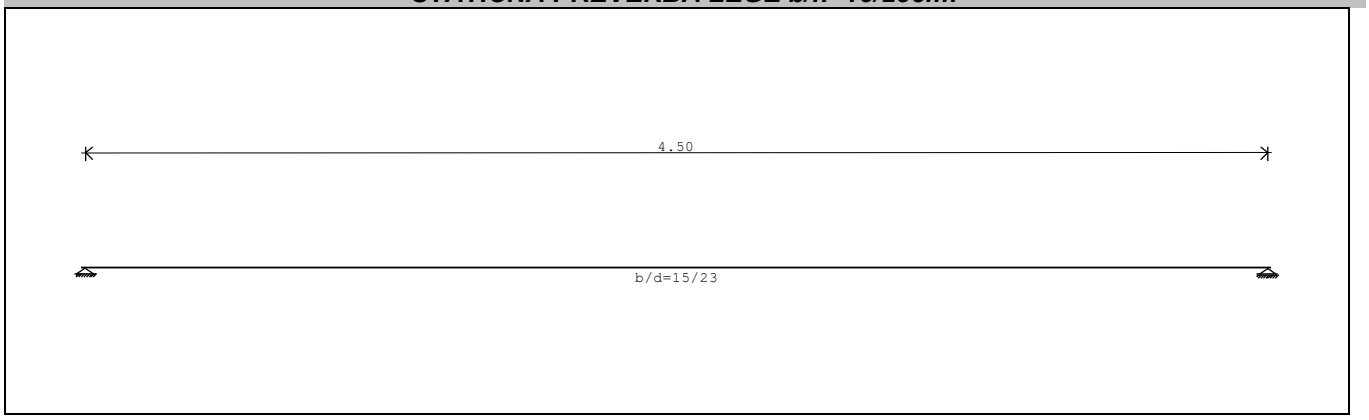
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2	lef =	484.00	cm
5% fraktil modula E paralelno z vlakni	E0.05 =	7400.0	MPa
5% fraktil strižnega modula G	G0.05 =	460.00	MPa
Torzijski vztrajnostni moment	Itor =	2261.2	cm4
Vztrajnostni moment	I2 =	911.25	cm4
Odpornostni moment	W3 =	337.50	cm3
Kritična napetost uklona	σm,crit =	50.934	MPa
Relativna vitkost za uklon	λrel =	0.686	
Koeficient	k_krit =	1.000	
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	17.202	MPa

σm,3,d <= k_krit x fm,3,d (17.202 <= 16.615)

Prekoračitev napetosti. Izkoriščenost prereza je 103.5%

STATIČNA PREVERBA LEGE b/h=15/23cm:



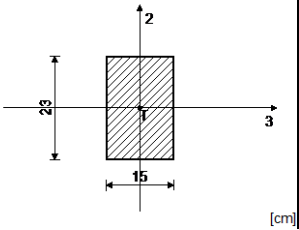
LEGE NE IZPOLNJUJEJO POGOJEV MSN in MSU !

Tabele materialov

No	Naziv materiala	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Les-Iglavci-Masiven les	1.000e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.000e+7	0.20

Seti gred

Set: 1 Prerez: b/d=15/23, Fiktivna ekscentričnost



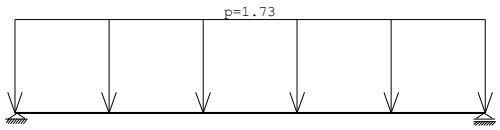
[cm]

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	3.450e-2	2.875e-2	2.875e-2	1.540e-4	6.469e-5	1.521e-4

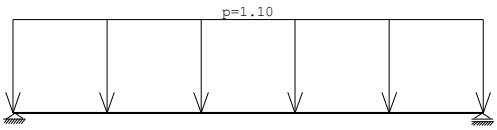
Lista obtežnih primerov

LC	Naziv
1	LASTNA (g)
2	STALNA
3	KORISTNA H
4	SNEG
5	VETER
6	Komb.: MSN-1 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.75xIV)
7	Komb.: MSN-2 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.9xV)
8	Komb.: MSN-3 (1.35xI+1.35xII+1.5xIV+0.9xV)
9	Komb.: MSN-4 (1.35xI+1.35xII+0.75xIV+1.5xV)
10	Komb.: ZAČETNI POMIK-1 (I+II+IV+0.6xV)
11	Komb.: ZAČETNI POMIK-2 (I+II+0.5xIV+V)
12	Komb.: KONČNI POMIK-1 (1.8xI+1.8xII+IV+0.6xV)
13	Komb.: KONČNI POMIK-2 (1.8xI+1.8xII+0.5xIV+V)

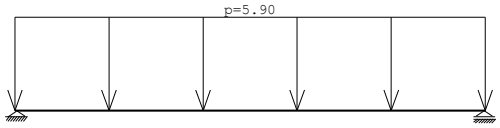
Obt. 2: STALNA



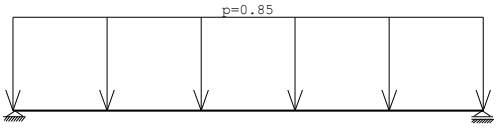
Obt. 3: KORISTNA H



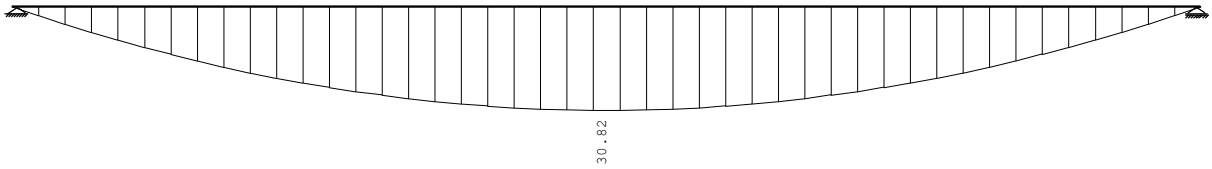
Obt. 4: SNEG



Obt. 5: VETER

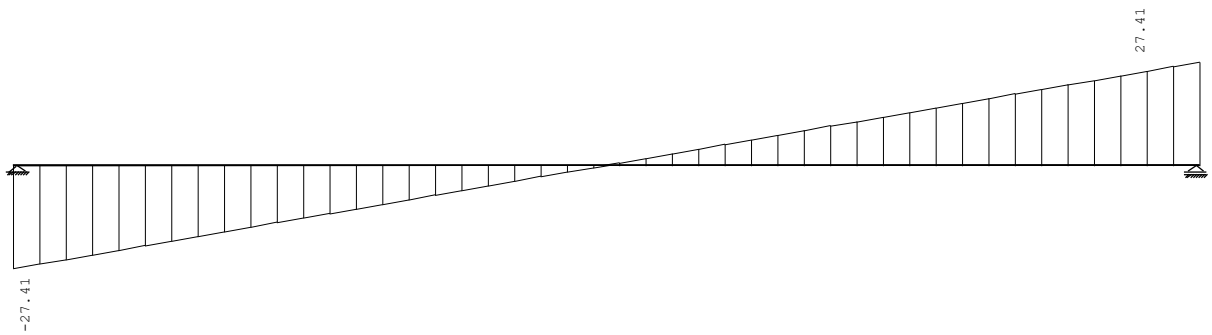


Obt. 14: [Ovo] 6-9



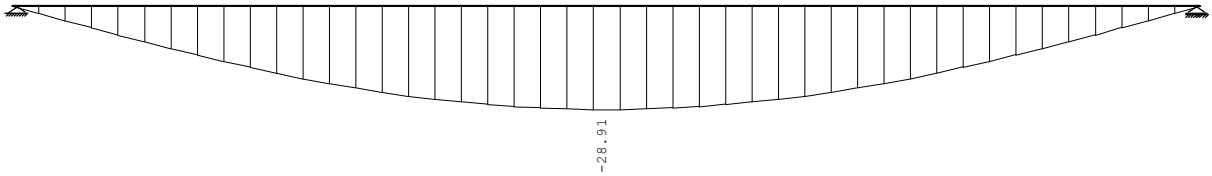
Vplivi v gredi: max M3= 30.82 / min M3= 0.00 kNm

Obt. 14: [Ovo] 6-9



Vplivi v gredi: max T2= 27.41 / min T2= -27.41 kN

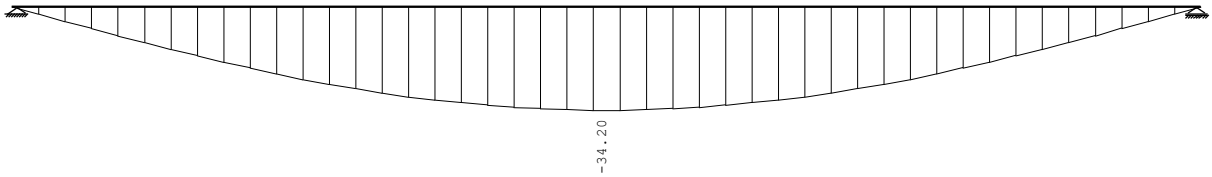
Obt. 14: [Ovo] 10,11



Vplivi v gredi: max u2= -0.00 / min u2= -28.91 m / 1000

$u_{dej,\ začetni}$= 2.9cm > $u_{dov,\ začetni}$=450cm/300cm = 1.5cm → Kontrola MSU ni izpolnjena

Obt. 14: [Ovo] 12,13

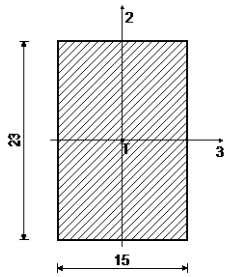


Vplivi v gredi: max u2= -0.00 / min u2= -34.20 m / 1000

$u_{dej,\ začetni}$= 3.4cm > u_{dov}=450cm/250cm = 1.8cm → Kontrola MSU ni izpolnjena

Kontrola stabilnosti

PALICA 1-2
Monoliten les - iglavci in mehki listavci - C24
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE (EN 1995-1-1)



[cm]

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=1.40	12. γ=1.13	6. γ=1.12
10. γ=0.96	9. γ=0.95	13. γ=0.83
11. γ=0.66	7. γ=0.57	

KONTROLA NORMALNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 225.0 cm od začetka palice)

Upogibni moment okoli osi 3	M3ed =	-30.824	kNm

KONTROLA NAPETOSTI - UPOGIB

Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2	Kh_2 =	1.000	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3	Kh_3 =	1.000	
Faktor oblik (za pravokotni prerez)	km =	0.700	
Karakteristična upogibna trdnost	fm,k =	24.000	MPa
Računska upogibna trdnost	fm,d =	16.615	MPa
Odpornostni moment	W3 =	1322.5	cm3
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	23.307	MPa

σm3,d <= fm,d (23.307 <= 16.615)
Prekoračitev napetosti. Izkoriščenost prereza je 140.3%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2	lef =	396.00	cm
5% fraktil modula E paralelno z vlakni	E0.05 =	7400.0	MPa
5% fraktil strižnega modula G	G0.05 =	460.00	MPa
Torzijski vztrajnostni moment	Itor =	15268	cm4
Vztrajnostni moment	I2 =	6468.8	cm4
Odpornostni moment	W3 =	1322.5	cm3
Kritična napetost uklona	σm,crit =	109.99	MPa
Relativna vitkost za uklon	λrel =	0.467	
Koeficient	k_krit =	1.000	
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	23.307	MPa

σm,3,d <= k_krit x fm,3,d (23.307 <= 16.615)
Prekoračitev napetosti. Izkoriščenost prereza je 140.3%

KONTROLA STRIŽNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, začetek palice)

Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	-27.413	kN

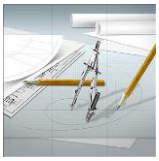
KONTROLA NAPETOSTI - STRIG

Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Karakteristična strižna napetost	fv,k =	4.000	MPa
Računska strižna trdnost	fv,d =	2.769	MPa
Površina prečnega prereza	A =	345.00	cm2
Dejanska strižna napetost(os 2)	τ2,d =	1.192	MPa

τ2,d <= fv,d (1.192 <= 2.769)

Izkoriščenost prereza je 43.0%

PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com



STATIČNA PREVERBA STREŠNE KONSTRUKCIJE OBJEKTA B ZA POSTAVITEV FOTOVOLTAIKE NA STREHO OBJEKTA:

1 LASTNA TEŽA

Za vse konstrukcijske elemente je lastna teža v izračunu upoštevana avtomatsko (računalniški program Tower 8.5).

2 STALNA TEŽA

Streha dvokapna

Fotovoltaika	= 0.25 kN/m2
Kritina	= 0.15 kN/m2
letve	= 0.15 kN/m2
Lastna teža elementa *(lastna teža konstr. je računana posebej)*	
	g = 0.55 kN/m2

3 KORISTNA OBTEŽBA

- Obtežba streha **q = 0.40 kN/m2**

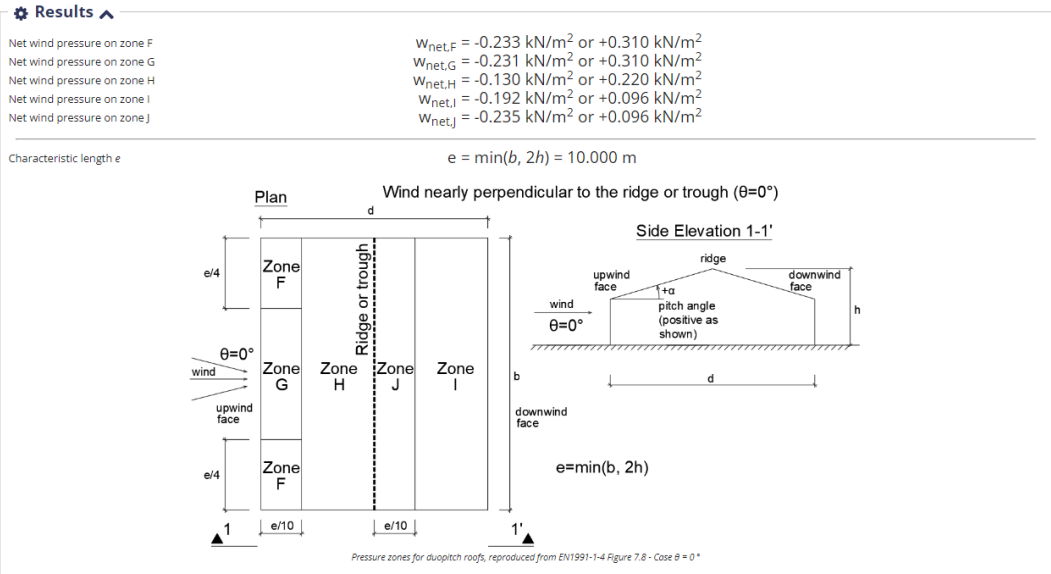
4 SNEG

-obtežba snega na tleh (regija A3, h = 454 m n.m.) sk = 2.68 kN/m2

-obtežba snega na strehi znaša s1 = 2.68 kN/m2 x 0.8 = 2.15 kN/m2

5 VETER

-Referenčna hitrost vetra znaša 20 m/s, cona 1 in teren III. kategorije.



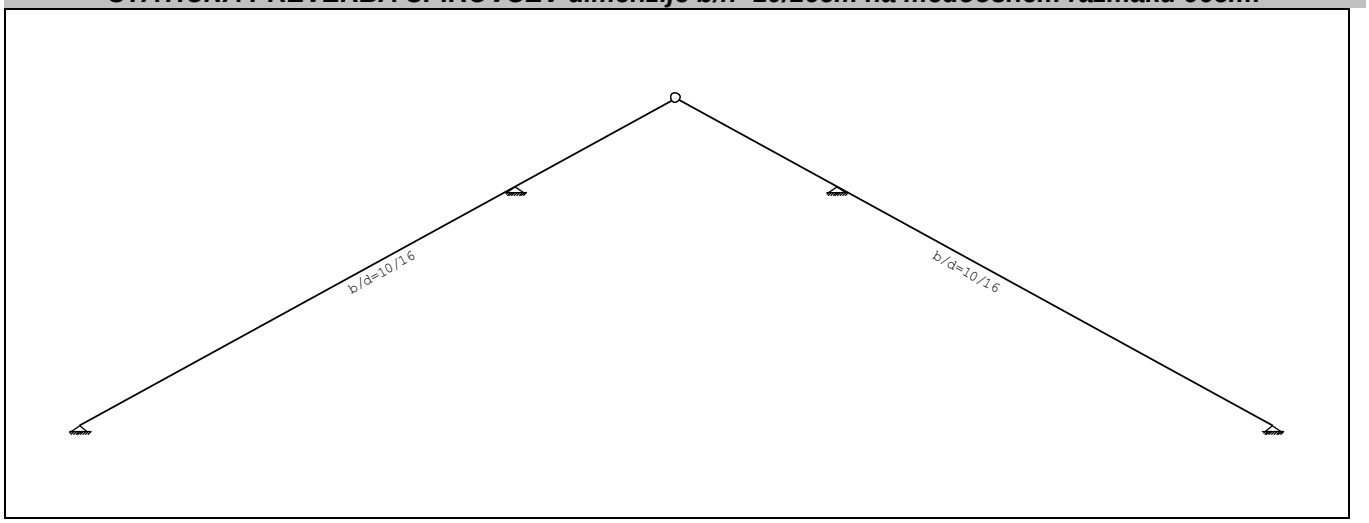
OBREMENITEV

Obremenitev je bila izračunana z lastnimi programi in računalniškim programom za statično analizo konstrukcij Tower 8.5. Rezultati izračuna so priloženi na naslednjih straneh.

DIMENZIONIRANJE

Dimenzioniranje je bilo pretežno izračunano z lastnimi programi in računalniškim programom za statično analizo konstrukcij Tower 8.5.. Na naslednjih straneh so priloženi rezultati izračuna.

STATIČNA PREVERBA ŠPIROVCEV dimenzije b/h=10/16cm na medoosnem razmaku 96cm:



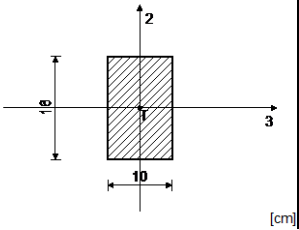
ŠPIROVCI IZPOLNJUJEJO POGOJE MSN in MSU !

Tabele materialov

No	Naziv materiala	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Les-Iglavci-Masiven les	1.000e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.000e+7	0.20

Seti gred

Set: 1 Prerez: b/d=10/16, Fiktivna ekscentričnost

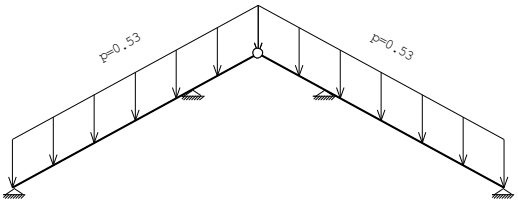


Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	1.600e-2	1.333e-2	1.333e-2	3.260e-5	1.333e-5	3.413e-5

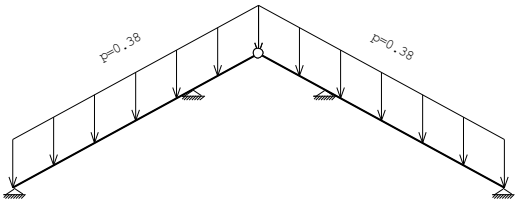
Lista obtežnih primerov

LC	Naziv
1	LASTNA (g)
2	STALNA
3	KORISTNA
4	SNEG
5	VETER
6	Komb.: MSN-1 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.75xIV)
7	Komb.: MSN-2 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.9xV)
8	Komb.: MSN-3 (1.35xI+1.35xII+1.5xIV+0.9xV)
9	Komb.: MSN-4 (1.35xI+1.35xII+0.75xIV+1.5xV)
10	Komb.: ZAČETNI POMIK-1 (I+II+IV+0.6xV)
11	Komb.: ZAČETNI POMIK-2 (I+II+0.5xIV+V)
12	Komb.: KONČNI POMIK-1 (1.8xI+1.8xII+IV+0.6xV)
13	Komb.: KONČNI POMIK-2 (1.8xI+1.8xII+0.5xIV+V)

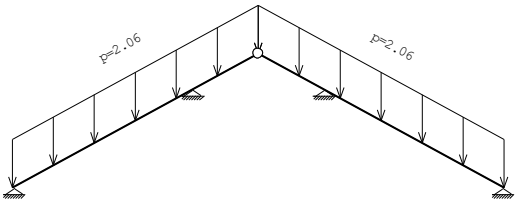
Obt. 2: STALNA



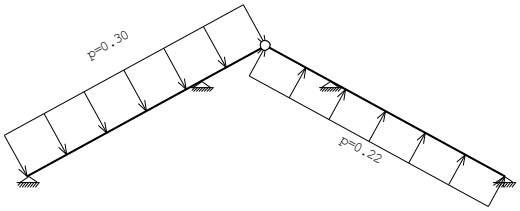
Obt. 3: KORISTNA



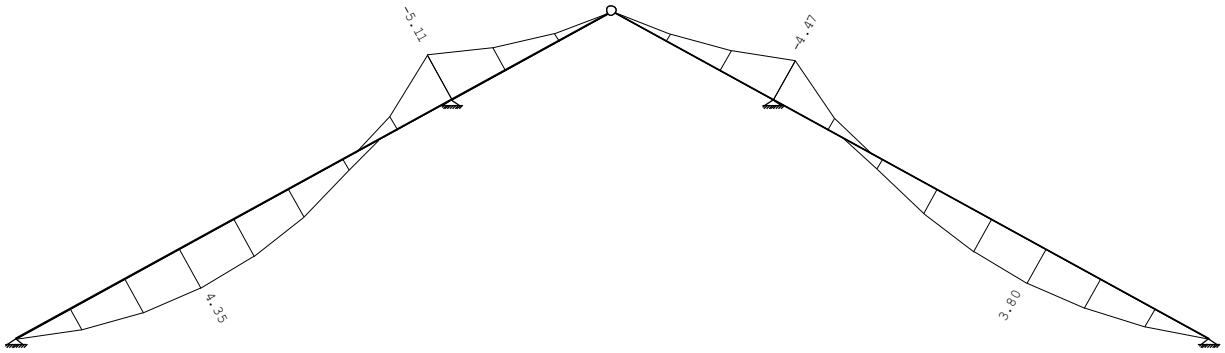
Obt. 4: SNEG



Obt. 5: VETER

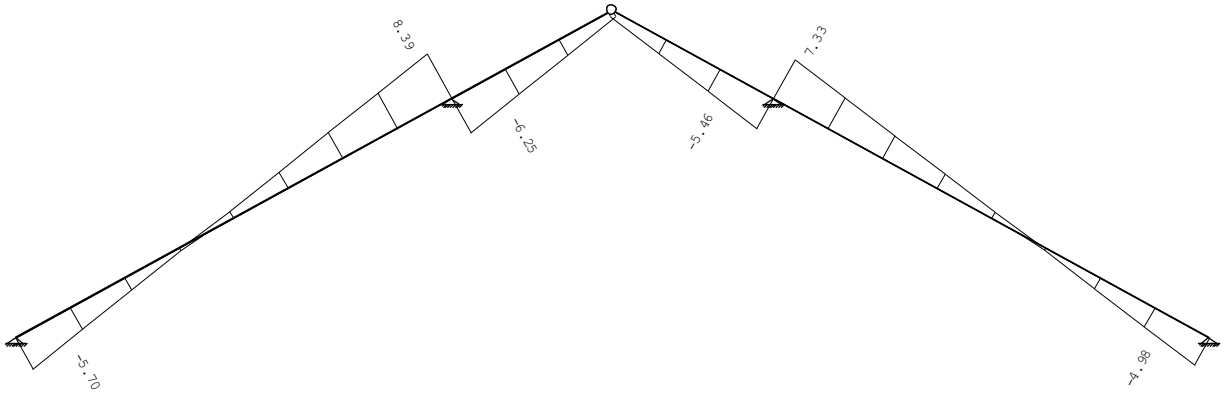


Obt. 14: [Ovo] 6-9



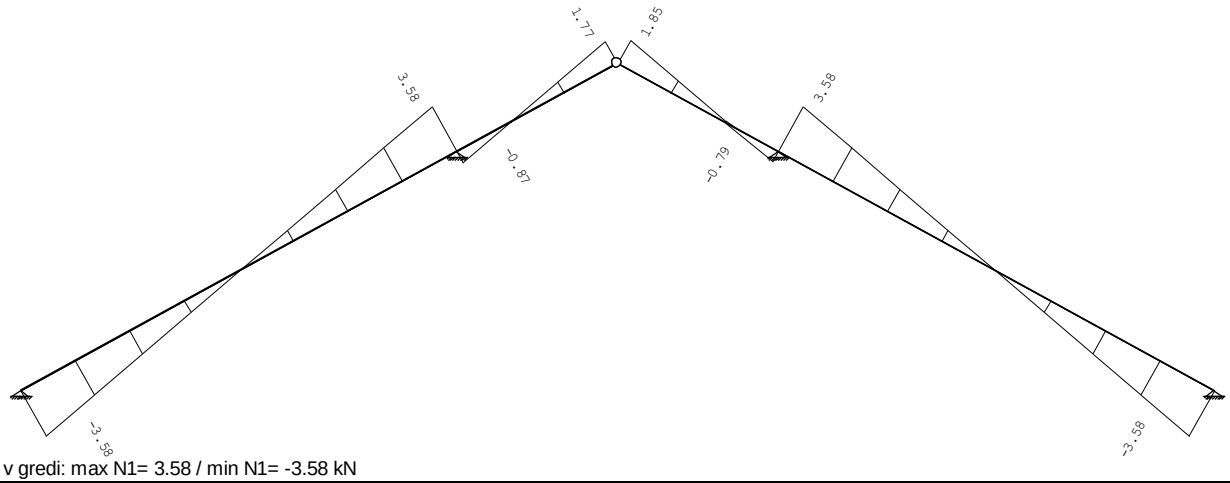
Vplivi v gredi: max M3= 4.35 / min M3= -5.11 kNm

Obt. 14: [Ovo] 6-9



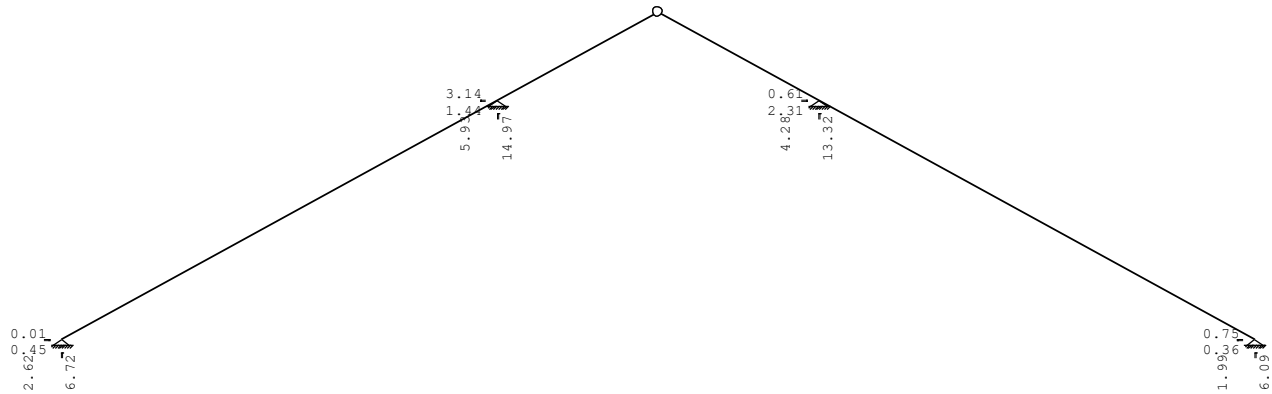
Vplivi v gredi: max T2= 8.39 / min T2= -6.25 kN

Obt. 14: [Ovo] 6-9

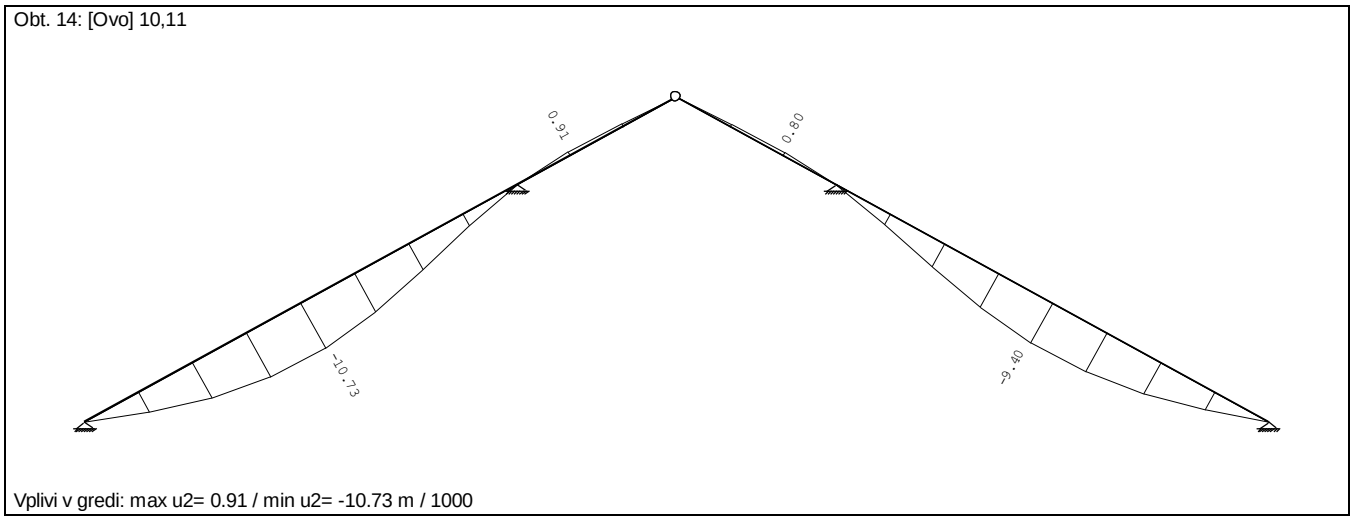


Vplivi v gredi: max N1= 3.58 / min N1= -3.58 kN

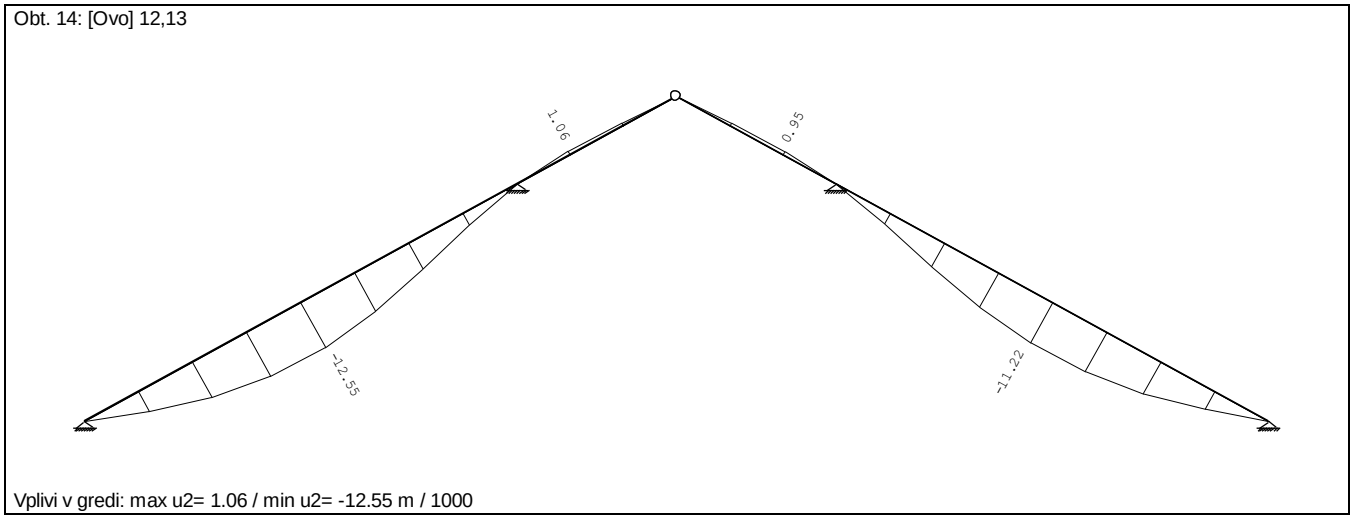
Obt. 14: [Ovo] 6-9



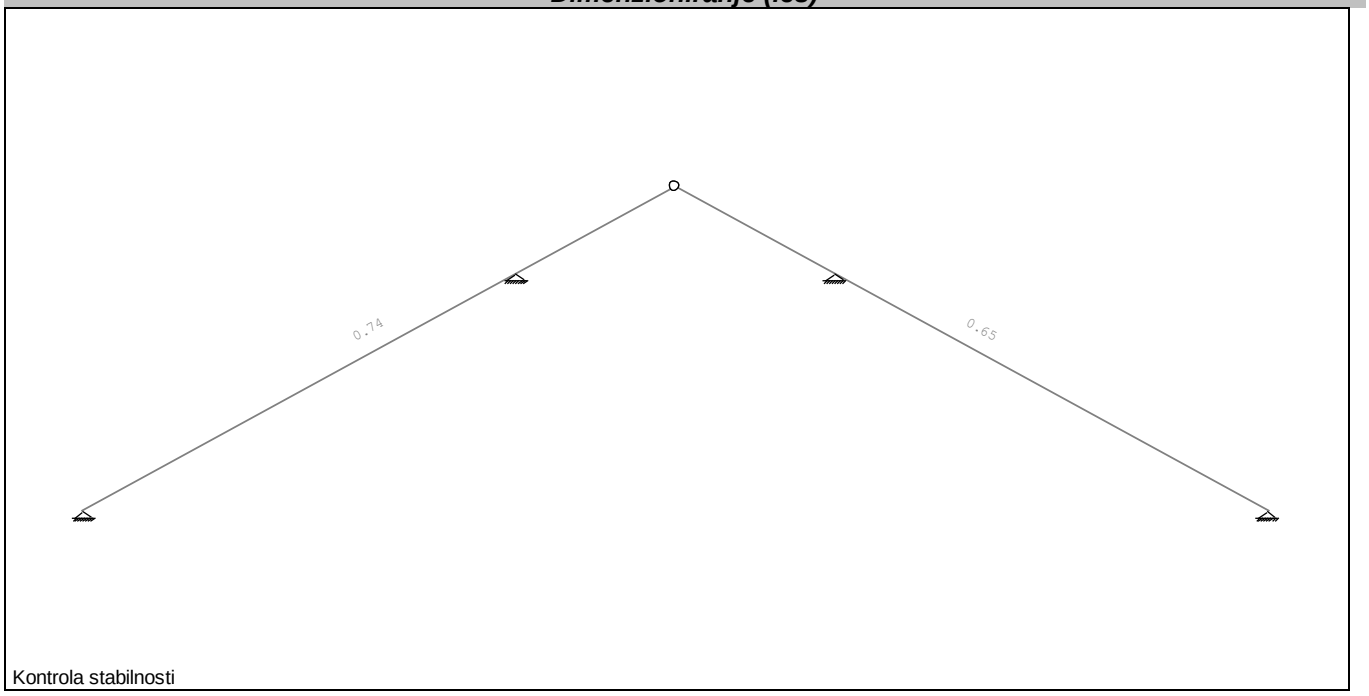
Reakcije podpor (Min/Max)



$u_{dej,\ začetni}$= 1.00cm > $u_{dov,\ začetni}$=380cm/300cm = 1.27cm → Kontrola MSU je izpolnjena

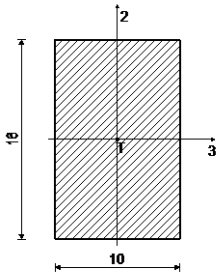


$u_{dej,\ začetni}$= 1.26cm > u_{dov}=380cm/250cm = 1.52cm → Kontrola MSU je izpolnjena



Kontrola stabilnosti

PALICA 1-3
Monoliten les - iglavci in mehki listavci - C24
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE (EN 1995-1-1)



[cm]

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=0.74	12. γ=0.59	6. γ=0.58
10. γ=0.51	9. γ=0.51	13. γ=0.43
11. γ=0.35	7. γ=0.30	

KONTROLA NORMALNIH IN STRIŽNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 380.0 cm od začetka palice)

Računska osna sila	Ned =	3.580	kN
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	8.389	kN
Upogibni moment okoli osi 3	M3ed =	5.115	kNm

KONTROLA NAPETOSTI - NATEG IN UPOGIB
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2	Kh_2 =	1.084	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3	Kh_3 =	1.000	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - nateg	Kh_t =	1.084	
Karakteristična natezna trdnost	ft,0,k =	14.000	MPa
Računska natezna trdnost	ft,0,d =	10.511	MPa
Faktor oblik (za pravokotni prerez)	km =	0.700	
Karakteristična upogibna trdnost	fm,k =	24.000	MPa
Računska upogibna trdnost - os 2	fm,2,d =	18.019	MPa
Računska upogibna trdnost - os 3	fm,3,d =	16.615	MPa
Normalna natezna napetost	σt,0,d =	0.224	MPa
Odpornostni moment	W3 =	426.67	cm3
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	11.988	MPa

σm3,d <= fm,3,d (11.988 <= 16.615)
Izkoriščenost prereza je 72.2%

σt,0,d / ft,0,d + km x (σm3,d / fm,3,d) + σm2,d / fm,2,d <= 1
(0.526 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 52.6%

σt,0,d / ft,0,d + σm3,d / fm,3,d + km x (σm2,d / fm,2,d) <= 1
(0.743 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 74.3%

KONTROLA NAPETOSTI - STRIG
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Karakteristična strižna napetost	fv,k =	4.000	MPa
Računska strižna trdnost	fv,d =	2.769	MPa
Površina prečnega prereza	A =	160.00	cm2
Dejanska strižna napetost(os 2)	τ2,d =	0.786	MPa

τ2,d <= fv,d (0.786 <= 2.769)

Izkoriščenost prereza je 28.4%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

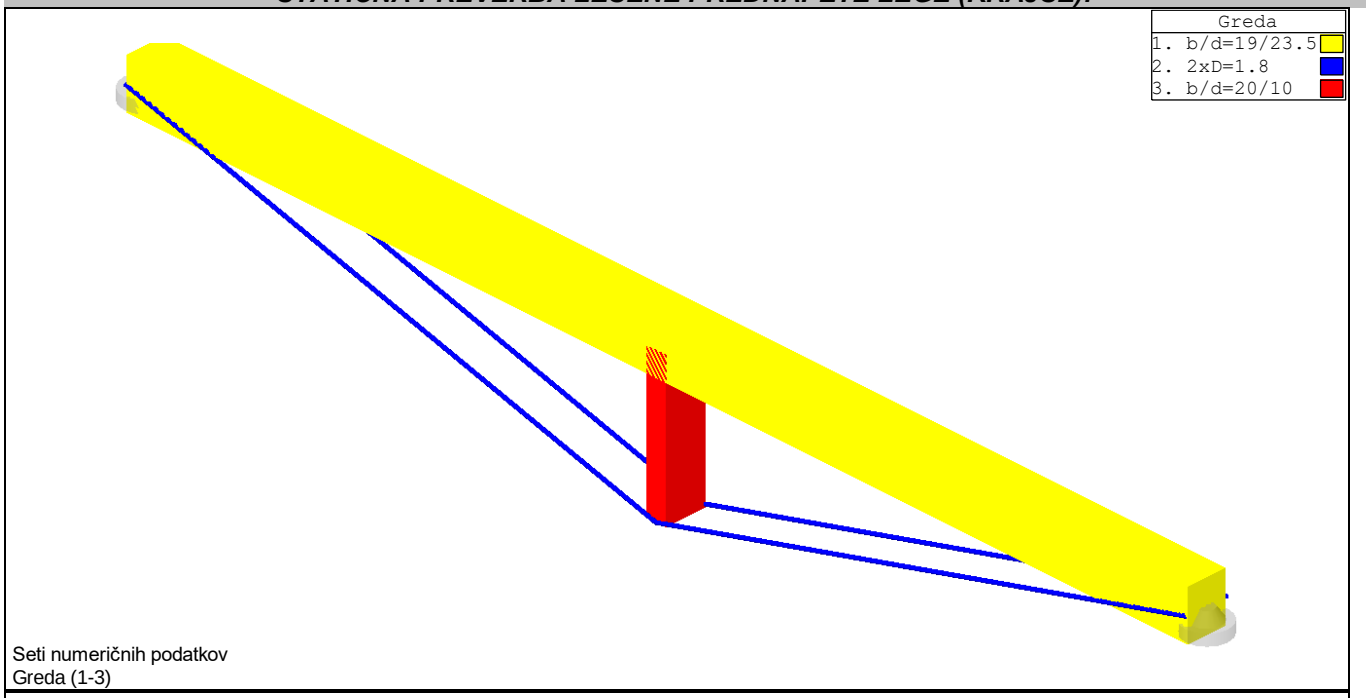
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2	lef =	380.00	cm
5% fraktil modula E paralelno z vlakni	E0.05 =	7400.0	MPa
5% fraktil strižnega modula G	G0.05 =	460.00	MPa
Torzijski vztrajnostni moment	Itor =	3230.3	cm4
Vztrajnostni moment	I2 =	1333.3	cm4
Odpornostni moment	W3 =	426.67	cm3
Kritična napetost uklona	σm,crit =	74.193	MPa
Relativna vitkost za uklon	λrel =	0.569	
Koeficient	k_krit =	1.000	
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	11.988	MPa

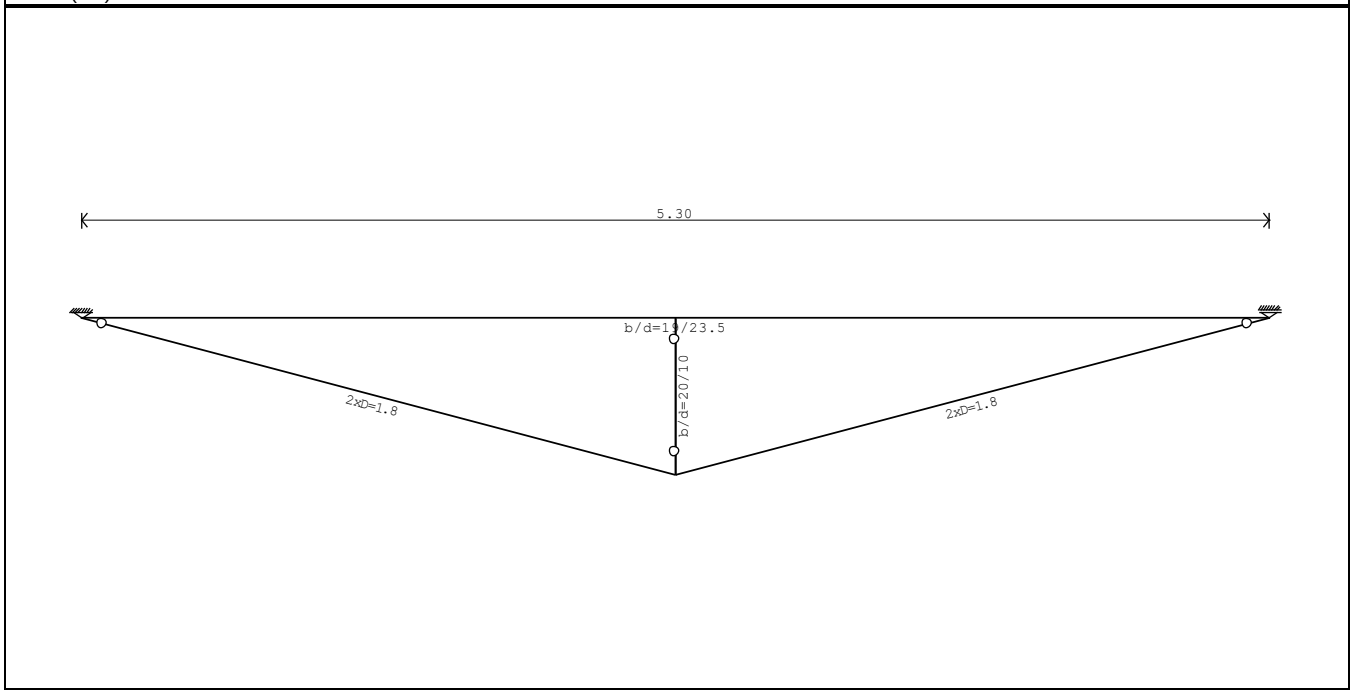
σm,3,d <= k_krit x fm,3,d (11.988 <= 16.615)

Izkoriščenost prereza je 72.2%

STATIČNA PREVERBA LESENE PREDNAPETE LEGE (KRAJŠE):



Seti numeričnih podatkov
Greda (1-3)

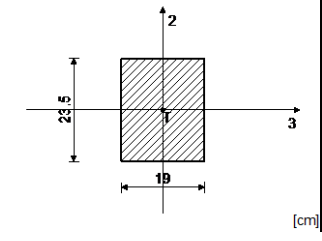


Tabele materialov

No	Naziv materiala	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Les-Iglavci-Masiven les	1.000e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.000e+7	0.20
2	Jeklo1	2.100e+8	0.30	0.00	1.000e-5	2.100e+8	0.30

Seti gred

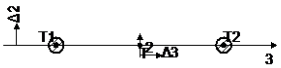
Set: 1 Prerez: b/d=19/23.5, Fiktivna ekscentričnost



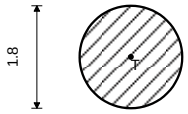
Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	4.465e-2	3.721e-2	3.721e-2	2.734e-4	1.343e-4	2.055e-4

Set: 2 Prerez: 2xD=1.8, Prosta nelinearna (natezna) palica, Fiktivna ekscentričnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Jeklo1	5.089e-4	4.580e-4	4.580e-4	2.061e-8	5.100e-6	1.031e-8



No	Prerez	Δ3 [cm]	Δ2 [cm]	α	Mat.
1	D=1.8	-10.00	0.00	0.00	2
2	D=1.8	10.00	0.00	0.00	2

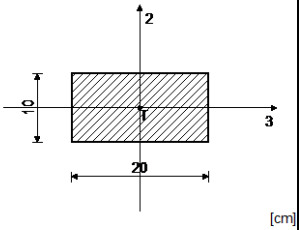


[cm]

D=1.8

Set: 3 Prerez: b/d=20/10, Fiktivna ekscentričnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	2.000e-2	1.667e-2	1.667e-2	4.578e-5	6.667e-5	1.667e-5

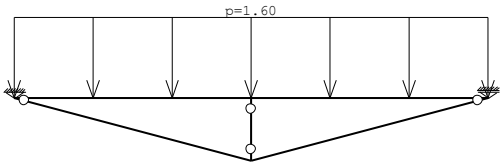


[cm]

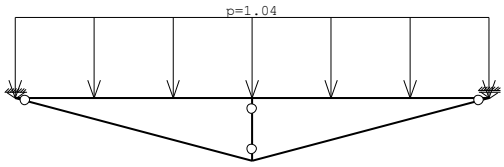
Lista obtežnih primerov

LC	Naziv
1	LASTNA (g)
2	STALNA
3	KORISTNA H
4	SNEG
5	VETER
6	Komb.: MSN-1 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.75xIV)
7	Komb.: MSN-2 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.9xV)
8	Komb.: MSN-3 (1.35xI+1.35xII+1.5xIV+0.9xV)
9	Komb.: MSN-4 (1.35xI+1.35xII+0.75xIV+1.5xV)
10	Komb.: ZAČETNI POMIK-1 (I+II+IV+0.6xV)
11	Komb.: ZAČETNI POMIK-2 (I+II+0.5xIV+V)
12	Komb.: KONČNI POMIK-1 (1.8xI+1.8xII+IV+0.6xV)
13	Komb.: KONČNI POMIK-2 (1.8xI+1.8xII+0.5xIV+V)

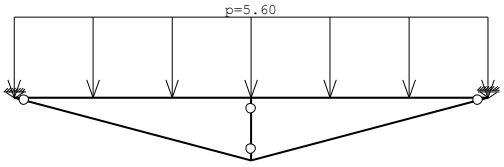
Obt. 2: STALNA



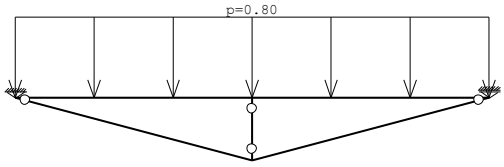
Obt. 3: KORISTNA H



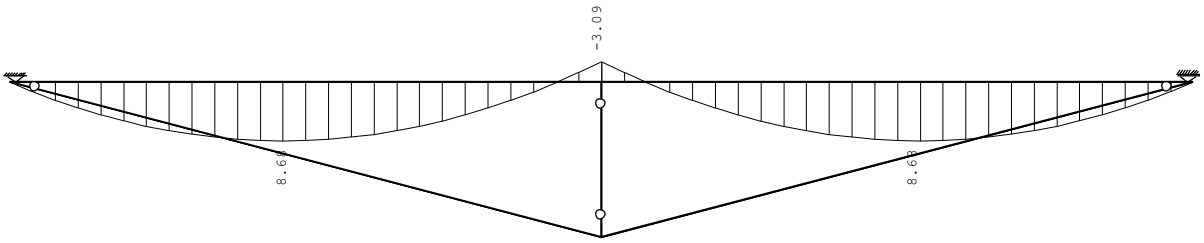
Obt. 4: SNEG



Obt. 5: VETER

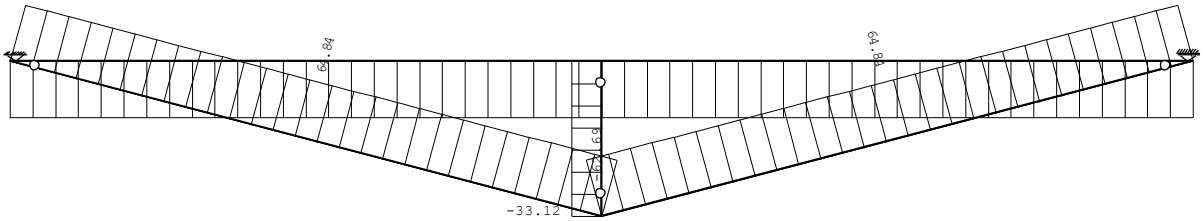


Obt. 14: [Ovo] 6-9



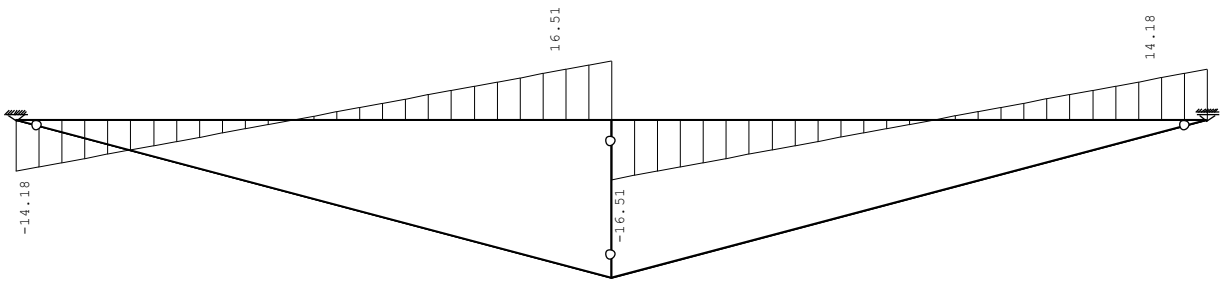
Vplivi v gredi: max M3= 8.68 / min M3= -3.09 kNm

Obt. 14: [Ovo] 6-9



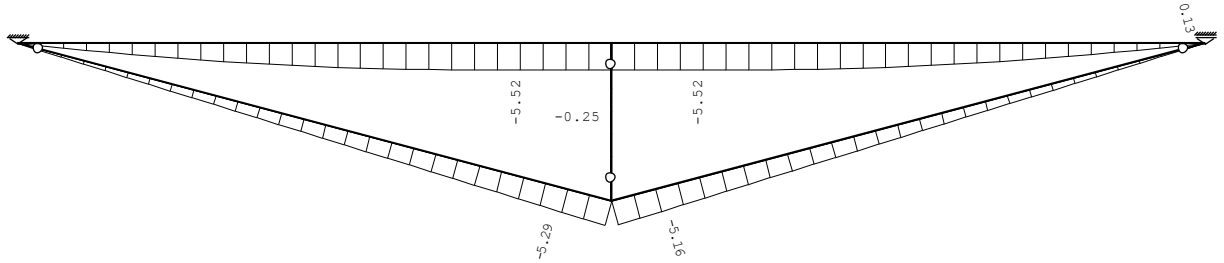
Vplivi v gredi: max N1= 64.84 / min N1= -62.69 kN

Obt. 14: [Ovo] 6-9



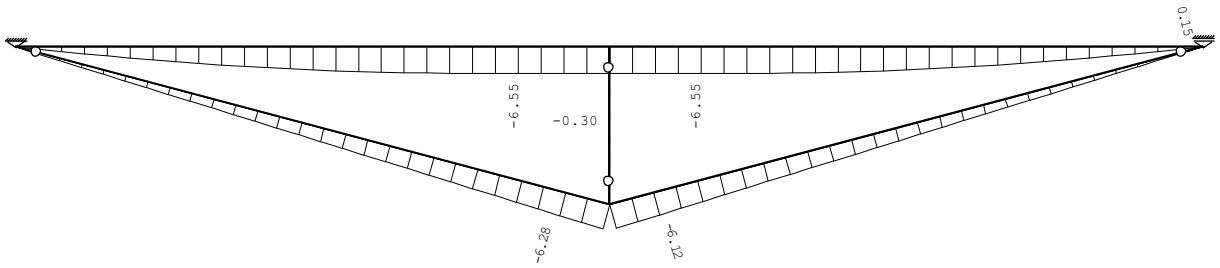
Vplivi v gredi: max T2= 16.51 / min T2= -16.51 kN

Obt. 14: [Ovo] 10,11

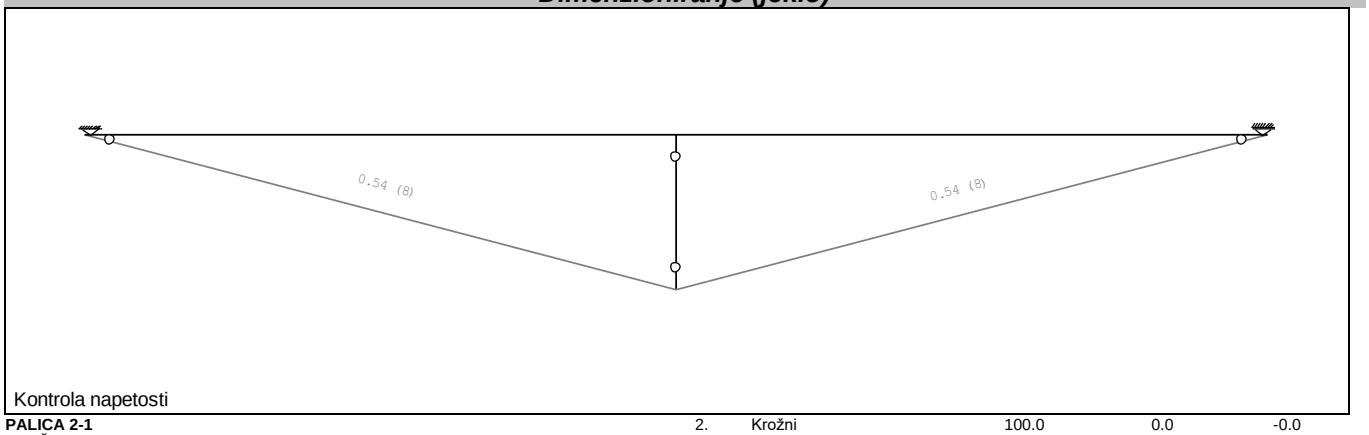


Vplivi v gredi: max u2= 0.13 / min u2= -5.52 m / 1000

Obt. 14: [Ovo] 12,13



Vplivi v gredi: max u2= 0.15 / min u2= -6.55 m / 1000



Kontrola napetosti

PALICA 2-1
PREČNI PREREZ: 2Krožni [S 235] [Set: 2]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE prereza



Ax =	5.089	cm2
Ay =	4.580	cm2
Az =	4.580	cm2
Ix =	2.061	cm4
Iy =	1.031	cm4
Iz =	509.97	cm4
Wy =	1.145	cm3
Wz =	46.786	cm3
γM0 =	1.000	
γM1 =	1.000	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	0.900	

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

No.	Naziv	zt(mm)	yt(mm)	kot
1.	Krožni	-100.0	0.0	-0.0
2.	Krožni	100.0	0.0	-0.0

Palica s sestavljenim prerezom

Razmak vozlišč polnil	a =	91.360 cm
Površina polnilne palice	A =	2.000 cm2
Vztraj.polmer pol.palice	i =	2.000 cm

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=0.55	12. γ=0.44	6. γ=0.39
10. γ=0.37	9. γ=0.37	13. γ=0.33
11. γ=0.26	7. γ=0.22	

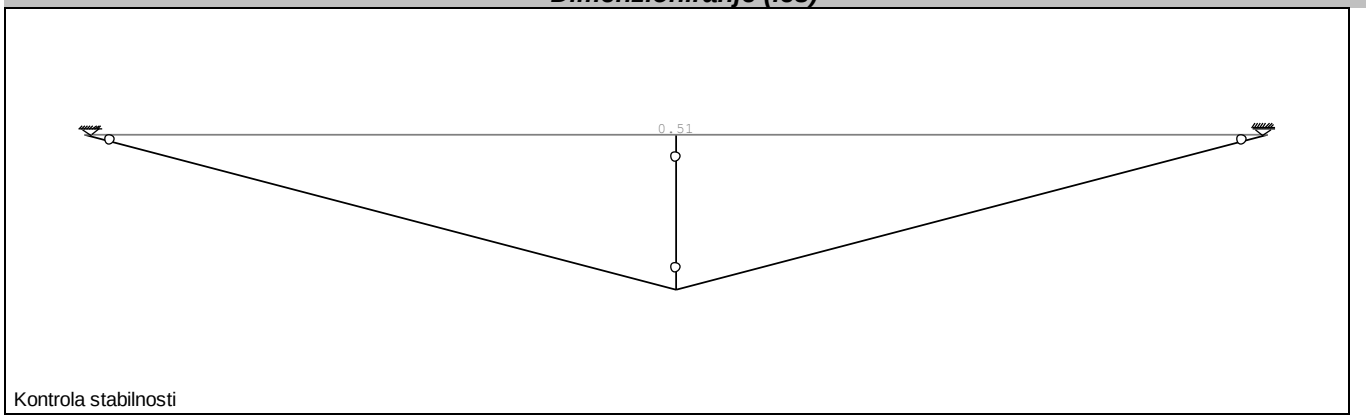
PALICA IZPOSTAVLJENA CENTRIČNEMU NATEGU
(obtežni primer 8, začetek palice)

Računska osna sila	NEd =	64.843 kN
Sistemska dolžina palice	L =	274.09 cm

6.2.3 Nateg

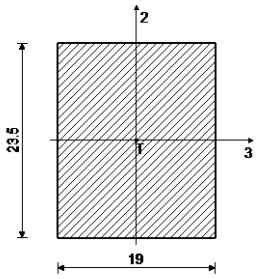
Plast.rač.nosilnost bruto prereza	Npl,Rd =	119.60 kN
Mejna rač.nosilnost neto prereza	Nu,Rd =	118.73 kN
Računska nos. na nateg	Nt,Rd =	118.73 kN

Pogoj 6.5: NEd <= Nt,Rd (64.84 <= 118.73)



Kontrola stabilnosti

PALICA 1-4
Monoliten les - iglavci in mehki listavci - C24
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE (EN 1995-1-1)



[cm]

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=0.51	12. γ=0.41	6. γ=0.40
10. γ=0.34	9. γ=0.34	13. γ=0.30
11. γ=0.24	7. γ=0.21	

KONTROLA NORMALNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 122.3 cm od začetka palice)

Računska osna sila	Ned =	-62.692	kN
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed ≈	0.000	kN
Upogibni moment okoli osi 3	M3ed =	-8.678	kNm

KONTROLA NAPETOSTI - TLAK IN UPOGIB

Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2	Kh_2 =	1.000	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3	Kh_3 =	1.000	
Faktor oblik (za pravokotni prerez)	km =	0.700	
Karakteristična tlačna trdnost	fc,0,k =	21.000	MPa
Računska tlačna trdnost	fc,0,d =	14.538	MPa
Karakteristična upogibna trdnost	fm,k =	24.000	MPa
Računska upogibna trdnost	fm,d =	16.615	MPa
Relativna vitkost	λrel,2 =	0.297	
Relativna vitkost	λrel,3 =	1.325	
Normalne tlačne napetosti	σc,0,d =	1.404	MPa
Odpornostni moment	W3 =	1748.8	cm3
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	4.962	MPa

σm3,d <= fm,d (4.962 <= 16.615)
Izkoriščenost prereza je 29.9%

TLAK IN UPOGIB - VELIKA VITKOST

Začetna imperfekcija	βc =	0.200
Koeficient	k3 =	1.480
Koeficient	k2 =	0.544
Koeficient	kc,3 =	0.467
Koeficient	kc,2 =	1.001

(σc,0,d / (kc_2 x fc,0,d)) + km x (σm3,d / fm,d) +
+ σm2,d / fm,d <= 1 (0.306 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 30.6%

(σc,0,d / (kc_3 x fc,0,d)) + σm3,d / fm,d +
+ km x (σm2,d / fm,d) <= 1 (0.505 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 50.5%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2	lef =	96.000	cm
5% fraktil modula E paralelno z vlakni	E0.05 =	7400.0	MPa
5% fraktil strižnega modula G	G0.05 =	460.00	MPa
Torzijski vztrajnostni moment	Itor =	27263	cm4
Vztrajnostni moment	I2 =	13432	cm4
Odpornostni moment	W3 =	1748.8	cm3

Kritična napetost uklona	σm,crit =	660.68	MPa
Relativna vitkost za uklon	λrel =	0.191	
Koeficient	k_krit =	1.000	
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	4.962	MPa

σm,3,d <= k_krit x fm,3,d (4.962 <= 16.615)

Izkoriščenost prereza je 29.9%

KONTROLA STRIŽNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 265.0 cm od začetka palice)

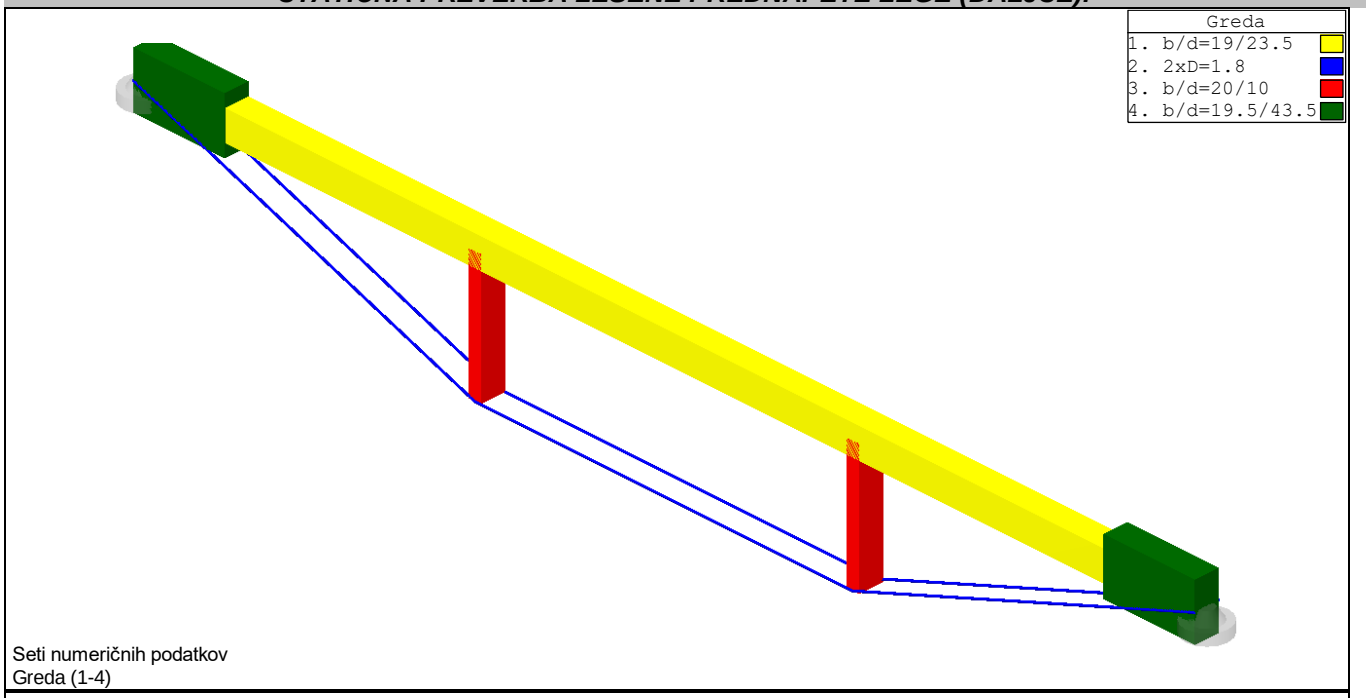
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	16.513	kN

KONTROLA NAPETOSTI - STRIG			
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Karakteristična strižna napetost	fv,k =	4.000	MPa
Računska strižna trdnost	fv,d =	2.769	MPa
Površina prečnega prereza	A =	446.50	cm2
Dejanska strižna napetost(os 2)	τ2,d =	0.555	MPa

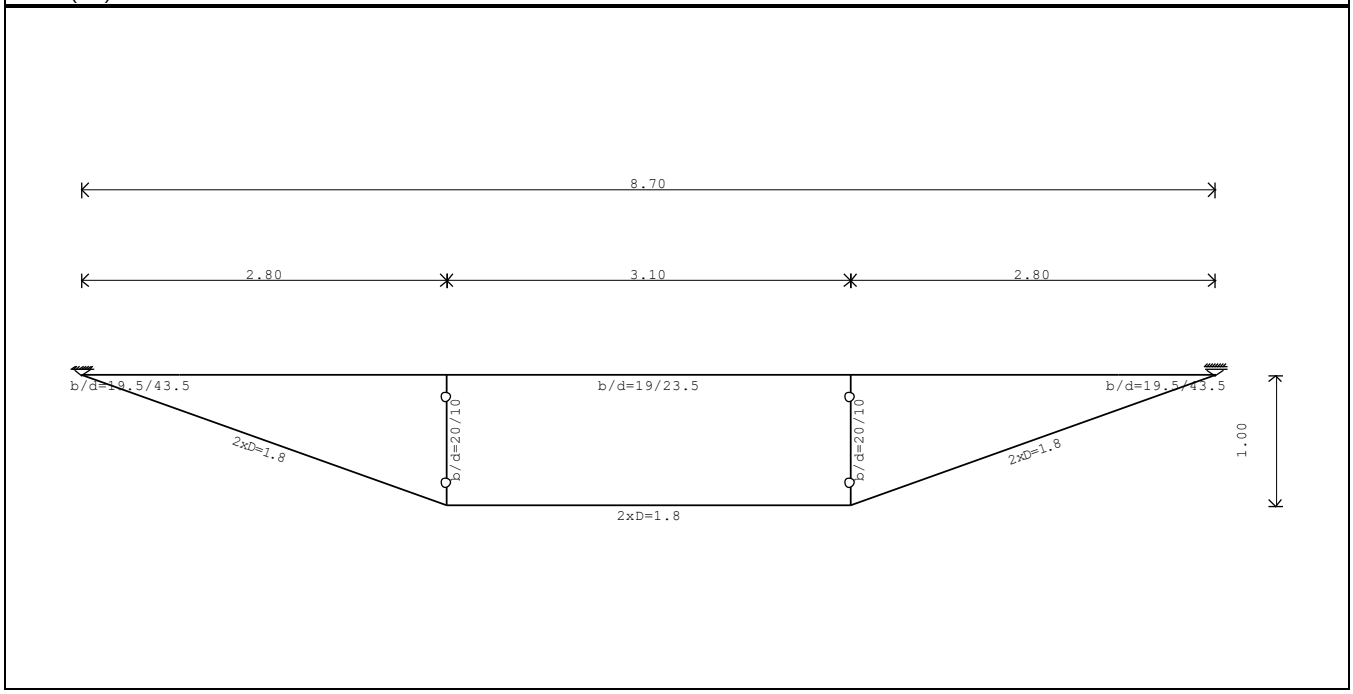
τ2,d <= fv,d (0.555 <= 2.769)

Izkoriščenost prereza je 20.0%

STATIČNA PREVERBA LESENE PREDNAPETE LEGE (DALJŠE):



Seti numeričnih podatkov
Greda (1-4)

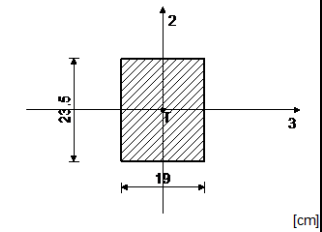


Tabele materialov

No	Naziv materiala	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Les-Iglavci-Masiven les	1.000e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.000e+7	0.20
2	Jeklo1	2.100e+8	0.30	0.00	1.000e-5	2.100e+8	0.30

Seti gred

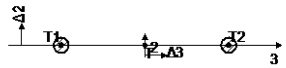
Set: 1 Prerez: b/d=19/23.5, Fiktivna ekscentričnost



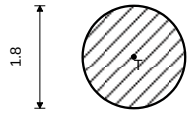
Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	4.465e-2	3.721e-2	3.721e-2	2.734e-4	1.343e-4	2.055e-4

Set: 2 Prerez: 2xD=1.8, Prosta nelinearna (natezna) palica, Fiktivna ekscentričnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Jeklo1	5.089e-4	4.580e-4	4.580e-4	2.061e-8	5.100e-6	1.031e-8



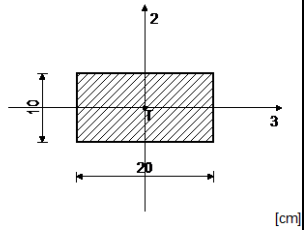
No	Prerez	Δ3 [cm]	Δ2 [cm]	α	Mat.
1	D=1.8	-10.00	0.00	0.00	2
2	D=1.8	10.00	0.00	0.00	2



[cm]

D=1.8

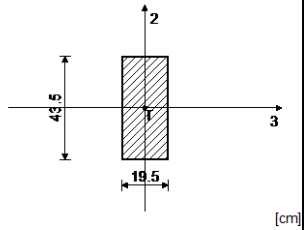
Set: 3 Prerez: b/d=20/10, Fiktivna ekscentričnost



[cm]

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	2.000e-2	1.667e-2	1.667e-2	4.578e-5	6.667e-5	1.667e-5

Set: 4 Prerez: b/d=19.5/43.5, Fiktivna ekscentričnost



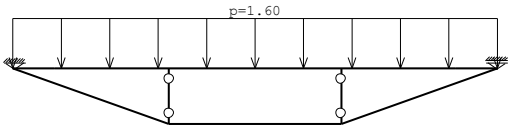
[cm]

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	8.482e-2	7.069e-2	7.069e-2	7.725e-4	2.688e-4	1.338e-3

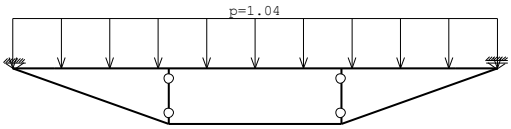
Lista obtežnih primerov

LC	Naziv
1	LASTNA (g)
2	STALNA
3	KORISTNA H
4	SNEG
5	VETER
6	Komb.: MSN-1 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.75xIV)
7	Komb.: MSN-2 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.9xV)
8	Komb.: MSN-3 (1.35xI+1.35xII+1.5xIV+0.9xV)
9	Komb.: MSN-4 (1.35xI+1.35xII+0.75xIV+1.5xV)
10	Komb.: ZAČETNI POMIK-1 (I+II+IV+0.6xV)
11	Komb.: ZAČETNI POMIK-2 (I+II+0.5xIV+V)
12	Komb.: KONČNI POMIK-1 (1.8xI+1.8xII+IV+0.6xV)
13	Komb.: KONČNI POMIK-2 (1.8xI+1.8xII+0.5xIV+V)

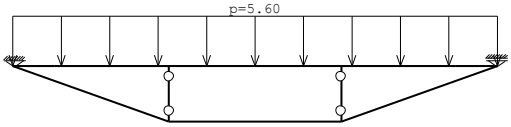
Obt. 2: STALNA



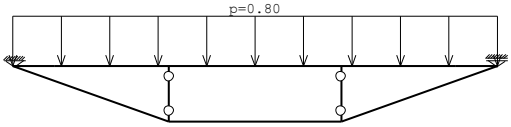
Obt. 3: KORISTNA H



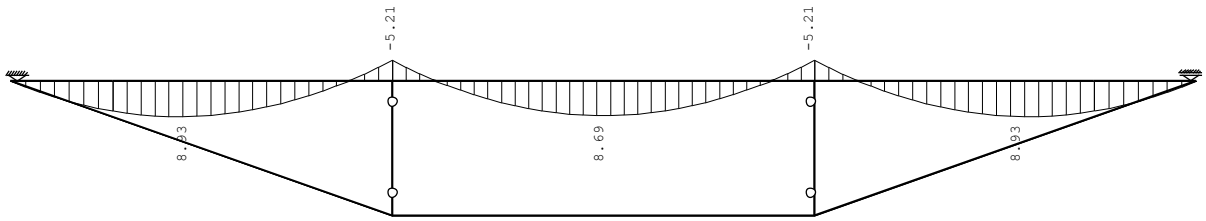
Obt. 4: SNEG



Obt. 5: VETER

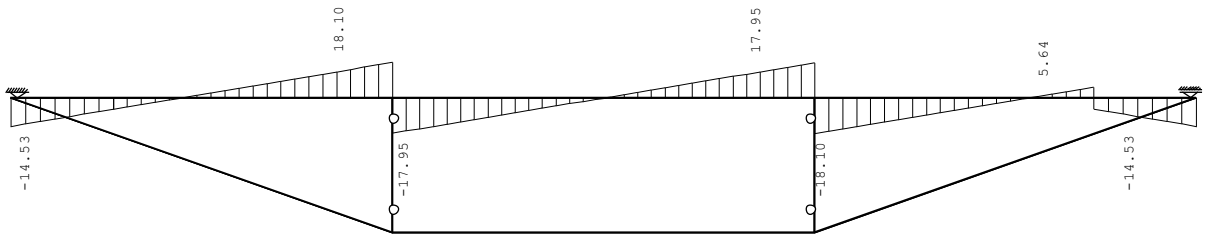


Obt. 14: [Ovo] 6-9



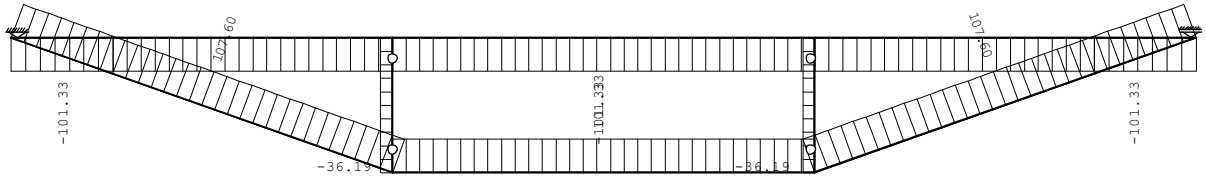
Vplivi v gredi: max M3= 8.93 / min M3= -5.21 kNm

Obt. 14: [Ovo] 6-9



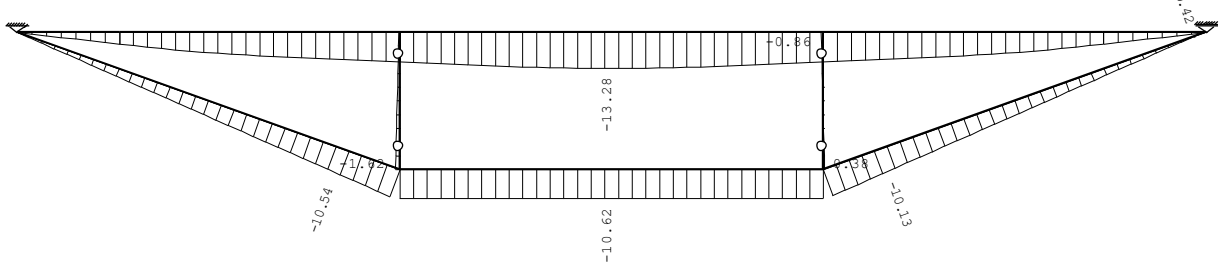
Vplivi v gredi: max T2= 18.10 / min T2= -18.10 kN

Obt. 14: [Ovo] 6-9



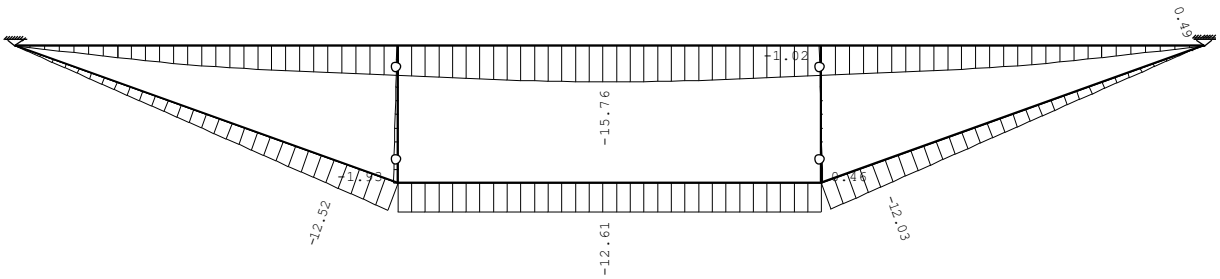
Vplivi v gredi: max N1= 107.60 / min N1= -101.33 kN

Obt. 14: [Ovo] 10,11

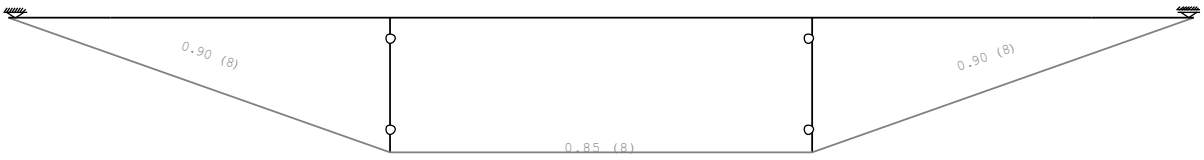


Vplivi v gredi: max u2= 0.42 / min u2= -13.28 m / 1000

Obt. 14: [Ovo] 12,13



Vplivi v gredi: max u2= 0.49 / min u2= -15.76 m / 1000



Kontrola napetosti

PALICA 3-1
PREČNI PREREZ: 2Krožni [S 235] [Set: 2]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE prereza



Ax =	5.089	cm2
Ay =	4.580	cm2
Az =	4.580	cm2
Ix =	2.061	cm4
Iy =	1.031	cm4
Iz =	509.97	cm4
Wy =	1.145	cm3
Wz =	46.786	cm3
γM0 =	1.000	
γM1 =	1.000	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	0.900	

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

No.	Naziv	zt(mm)	yt(mm)	kot
1.	Krožni	-100.0	0.0	-0.0
2.	Krožni	100.0	0.0	-0.0

Palica s sestavljenim prerezom

Razmak vozlišč polnil	a =	99.110 cm
Površina polnilne palice	A =	2.000 cm2
Vztraj.polmer pol.palice	i =	2.000 cm

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=0.91	12. γ=0.73	6. γ=0.64
10. γ=0.62	9. γ=0.62	13. γ=0.54
11. γ=0.42	7. γ=0.37	

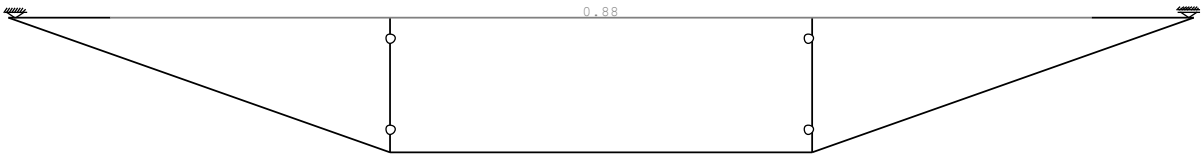
PALICA IZPOSTAVLJENA CENTRIČNEMU NATEGU
(obtežni primer 8, začetek palice)

Računska osna sila	NEd =	107.60 kN
Sistemska dolžina palice	L =	297.32 cm

6.2.3 Nateg

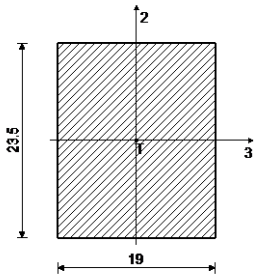
Plast.rač.nosilnost bruto prereza	Npl,Rd =	119.60 kN
Mejna rač.nosilnost neto prereza	Nu,Rd =	118.73 kN
Računska nos. na nateg	Nt,Rd =	118.73 kN

Pogoj 6.5: NEd <= Nt,Rd (107.60 <= 118.73)



Kontrola stabilnosti

PALICA 2-7
Monoliten les - iglavci in mehki listavci - C24
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE (EN 1995-1-1)



[cm]

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=0.88	12. γ=0.71	6. γ=0.70
10. γ=0.60	9. γ=0.60	13. γ=0.52
11. γ=0.41	7. γ=0.36	

KONTROLA NORMALNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 41.0 cm od začetka palice)

Računska osna sila	Ned =	-101.33	kN
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	-0.891	kN
Upogibni moment okoli osi 3	M3ed =	-8.902	kNm

KONTROLA NAPETOSTI - TLAK IN UPOGIB
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2	Kh_2 =	1.000	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3	Kh_3 =	1.000	
Faktor oblik (za pravokotni prerez)	km =	0.700	
Karakteristična tlačna trdnost	fc,0,k =	21.000	MPa
Računska tlačna trdnost	fc,0,d =	14.538	MPa
Karakteristična upogibna trdnost	fm,k =	24.000	MPa
Računska upogibna trdnost	fm,d =	16.615	MPa
Relativna vitkost	λrel,2 =	0.297	
Relativna vitkost	λrel,3 =	1.800	
Normalne tlačne napetosti	σc,0,d =	2.269	MPa
Odpornostni moment	W3 =	1748.8	cm3
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	5.091	MPa

σm3,d <= fm,d (5.091 <= 16.615)
Izkoriščenost prereza je 30.6%

TLAK IN UPOGIB - VELIKA VITKOST

Začetna imperfekcija	βc =	0.200
Koeficient	k3 =	2.269
Koeficient	k2 =	0.544
Koeficient	kc,3 =	0.274
Koeficient	kc,2 =	1.001

(σc,0,d / (kc_2 x fc,0,d)) + km x (σm3,d / fm,d) +
+ σm2,d / fm,d <= 1 (0.370 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 37.0%

(σc,0,d / (kc_3 x fc,0,d)) + σm3,d / fm,d +
+ km x (σm2,d / fm,d) <= 1 (0.876 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 87.6%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2	lef =	96.000	cm

5% fraktil modula E paralelno z vlakni	E0.05 =	7400.0	MPa
5% fraktil strižnega modula G	G0.05 =	460.00	MPa
Torzijski vztrajnostni moment	Itor =	27263	cm4
Vztrajnostni moment	I2 =	13432	cm4
Odpornostni moment	W3 =	1748.8	cm3
Kritična napetost uklona	σm,crit =	660.68	MPa
Relativna vitkost za uklon	λrel =	0.191	
Koeficient	k_krit =	1.000	
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	5.091	MPa

σm,3,d <= k_krit x fm,3,d (5.091 <= 16.615)

Izkoriščenost prereza je 30.6%

KONTROLA STRIŽNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 205.0 cm od začetka palice)

Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	18.102	kN

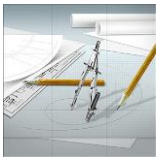
KONTROLA NAPETOSTI - STRIG

Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Karakteristična strižna napetost	fv,k =	4.000	MPa
Računska strižna trdnost	fv,d =	2.769	MPa
Površina prečnega prereza	A =	446.50	cm2
Dejanska strižna napetost(os 2)	τ2,d =	0.608	MPa

τ2,d <= fv,d (0.608 <= 2.769)

Izkoriščenost prereza je 22.0%

PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com



STATIČNA PREVERBA STREŠNE KONSTRUKCIJE OBJEKTA C ZA POSTAVITEV FOTOVOLTAIKE NA STREHO OBJEKTA:

1 LASTNA TEŽA

Za vse konstrukcijske elemente je lastna teža v izračunu upoštevana avtomatsko (računalniški program Tower 8.5).

2 STALNA TEŽA

Streha dvokapna

Fotovoltaika	= 0.25 kN/m2
Kritina	= 0.15 kN/m2
letve	= 0.15 kN/m2
Lastna teža elementa *(lastna teža konstr. je računana posebej)*	
	g = 0.55 kN/m2

3 KORISTNA OBTEŽBA

- Obtežba streha **q = 0.40 kN/m2**

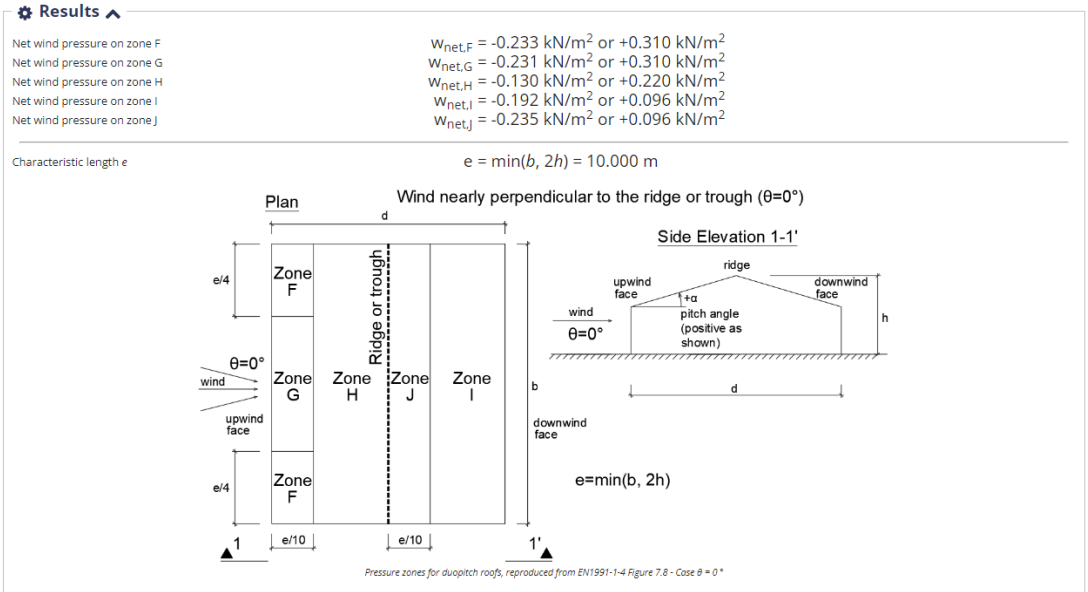
4 SNEG

-obtežba snega na tleh (regija A3, h = 454 m n.m.) sk = 2.68 kN/m2

-obtežba snega na strehi znaša s1 = 2.68 kN/m2 x 0.8 = 2.15 kN/m2

5 VETER

-Referenčna hitrost vetra znaša 20 m/s, cona 1 in teren III. kategorije.



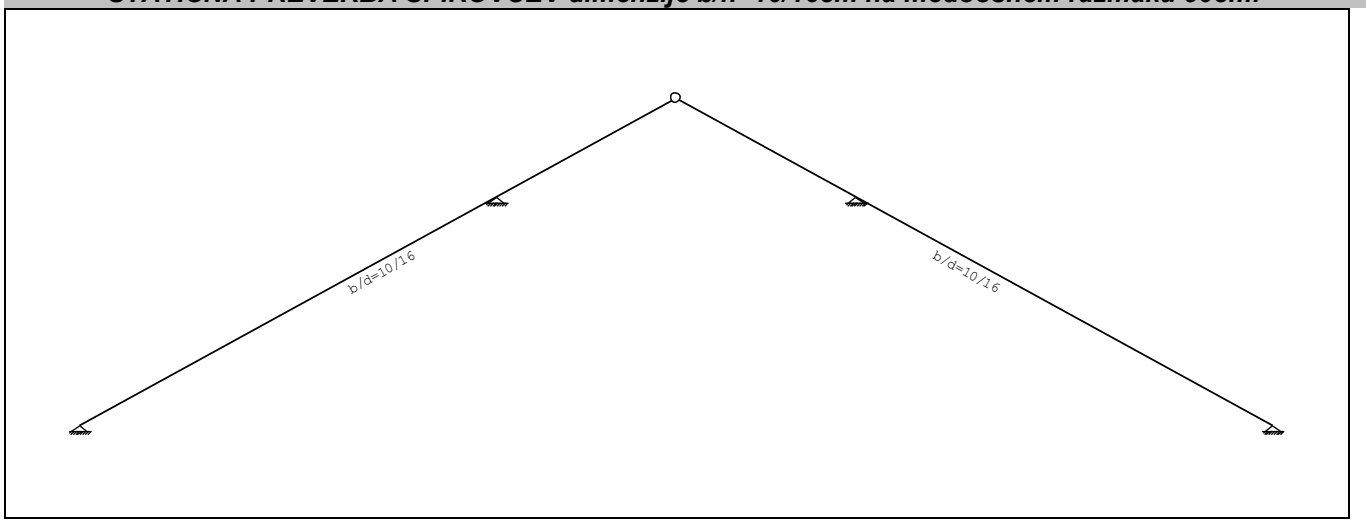
OBREMENITEV

Obremenitev je bila izračunana z lastnimi programi in računalniškim programom za statično analizo konstrukcij Tower 8.5. Rezultati izračuna so priloženi na naslednjih straneh.

DIMENZIONIRANJE

Dimenzioniranje je bilo pretežno izračunano z lastnimi programi in računalniškim programom za statično analizo konstrukcij Tower 8.5.. Na naslednjih straneh so priloženi rezultati izračuna.

STATIČNA PREVERBA ŠPIROVCEV dimenzije b/h=10/16cm na medoosnem razmaku 90cm:



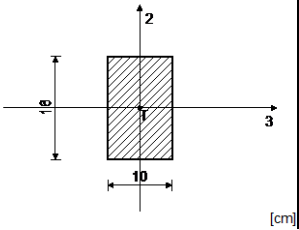
ŠPIROVCI IZPOLNJUJEJO POGOJE MSN in MSU !

Tabele materialov

No	Naziv materiala	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Les-Iglavci-Masiven les	1.000e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.000e+7	0.20

Seti gred

Set: 1 Prerez: b/d=10/16, Fiktivna ekscentričnost



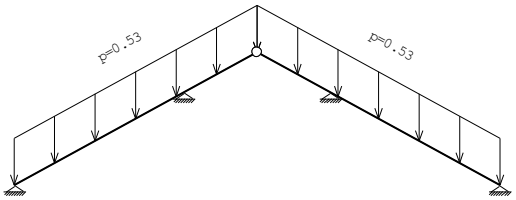
[cm]

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	1.600e-2	1.333e-2	1.333e-2	3.260e-5	1.333e-5	3.413e-5

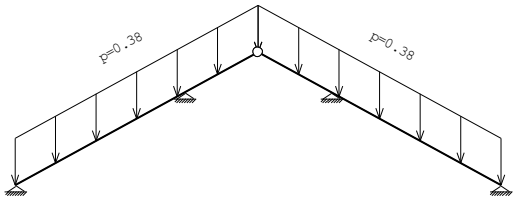
Lista obtežnih primerov

LC	Naziv
1	LASTNA (g)
2	STALNA
3	KORISTNA
4	SNEG
5	VETER
6	Komb.: MSN-1 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.75xIV)
7	Komb.: MSN-2 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.9xV)
8	Komb.: MSN-3 (1.35xI+1.35xII+1.5xIV+0.9xV)
9	Komb.: MSN-4 (1.35xI+1.35xII+0.75xIV+1.5xV)
10	Komb.: ZAČETNI POMIK-1 (I+II+IV+0.6xV)
11	Komb.: ZAČETNI POMIK-2 (I+II+0.5xIV+V)
12	Komb.: KONČNI POMIK-1 (1.8xI+1.8xII+IV+0.6xV)
13	Komb.: KONČNI POMIK-2 (1.8xI+1.8xII+0.5xIV+V)

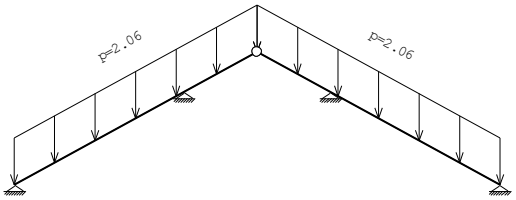
Obt. 2: STALNA



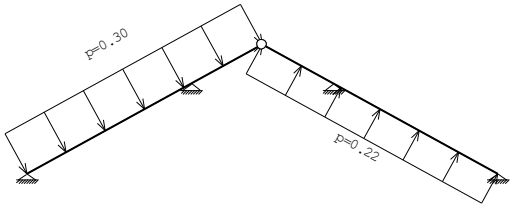
Obt. 3: KORISTNA



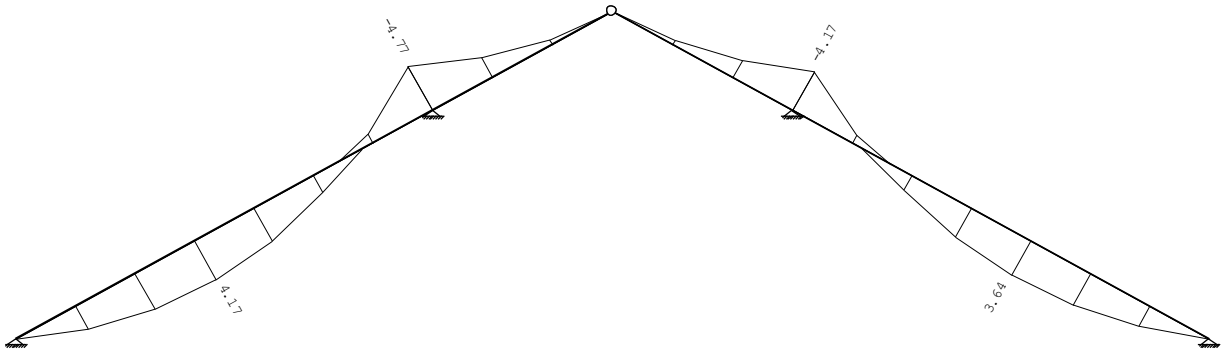
Obt. 4: SNEG



Obt. 5: VETER

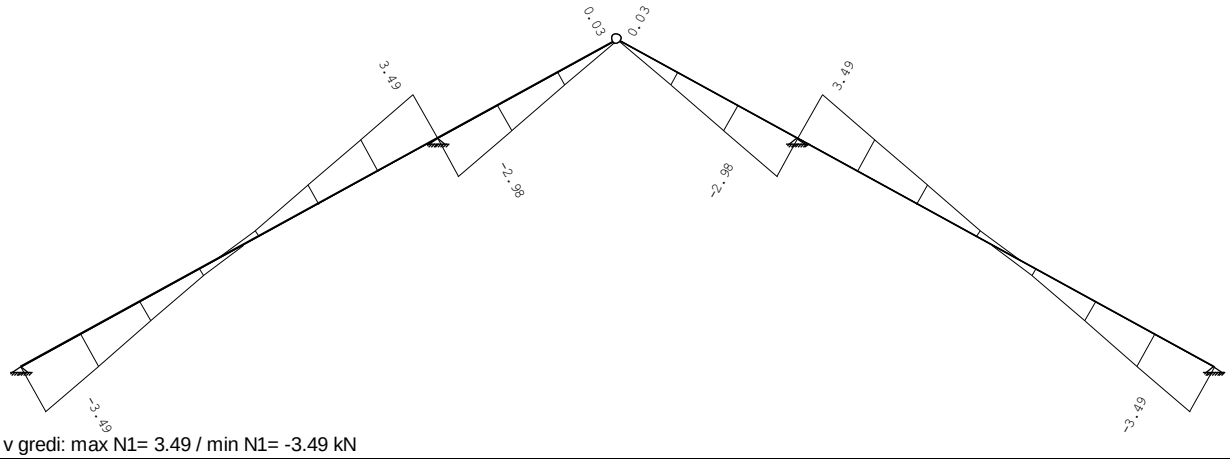


Obt. 14: [Ovo] 6-9



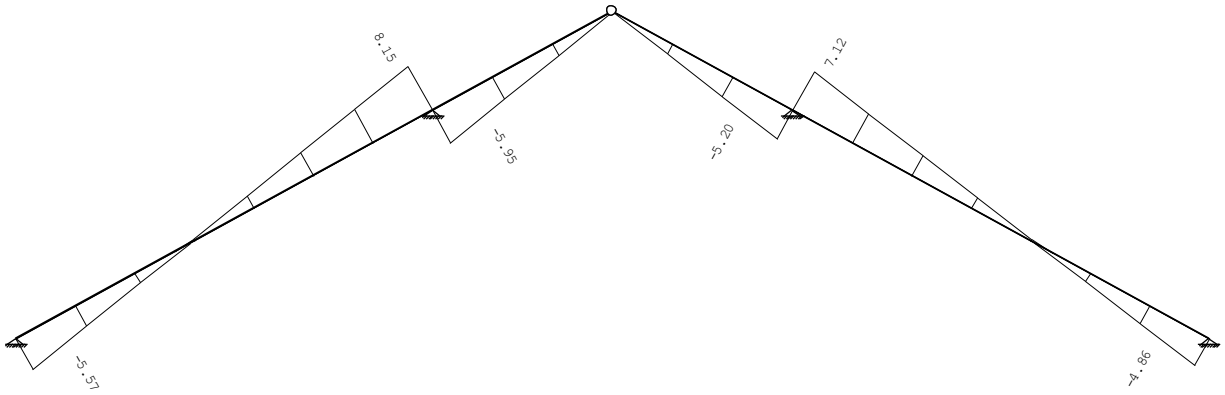
Vplivi v gredi: max M3= 4.17 / min M3= -4.77 kNm

Obt. 14: [Ovo] 6-9



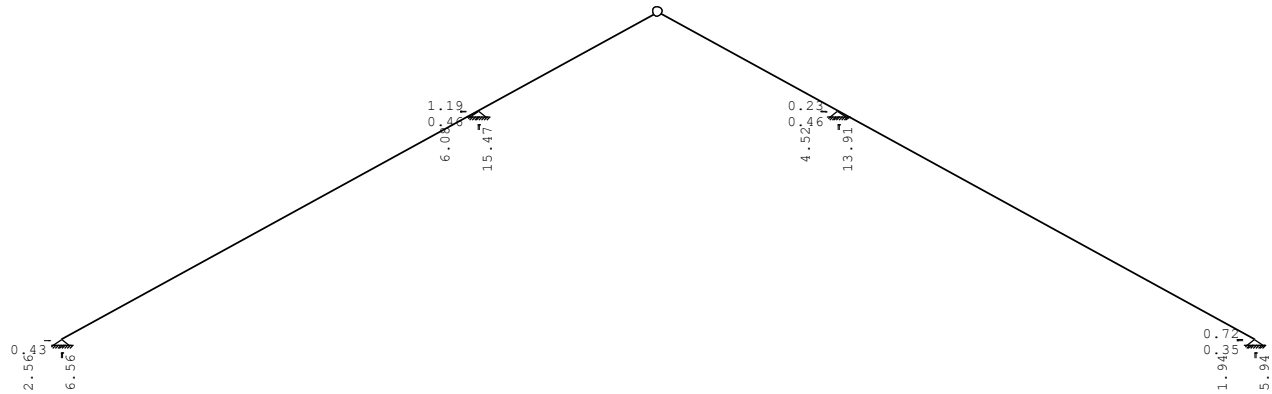
Vplivi v gredi: max N1= 3.49 / min N1= -3.49 kN

Obt. 14: [Ovo] 6-9

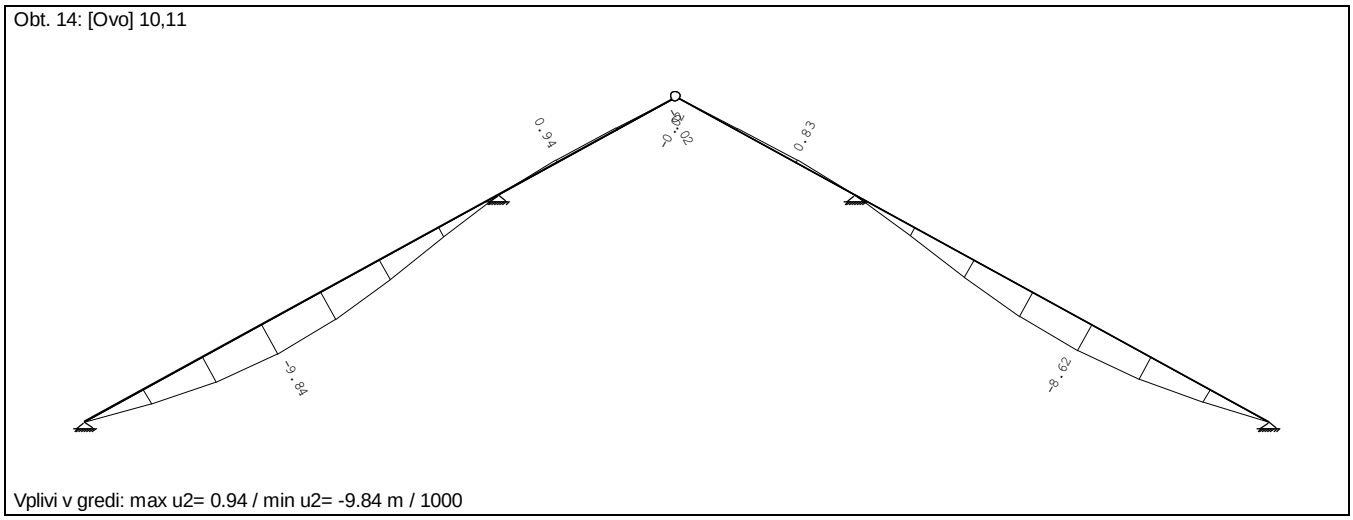


Vplivi v gredi: max T2= 8.15 / min T2= -5.95 kN

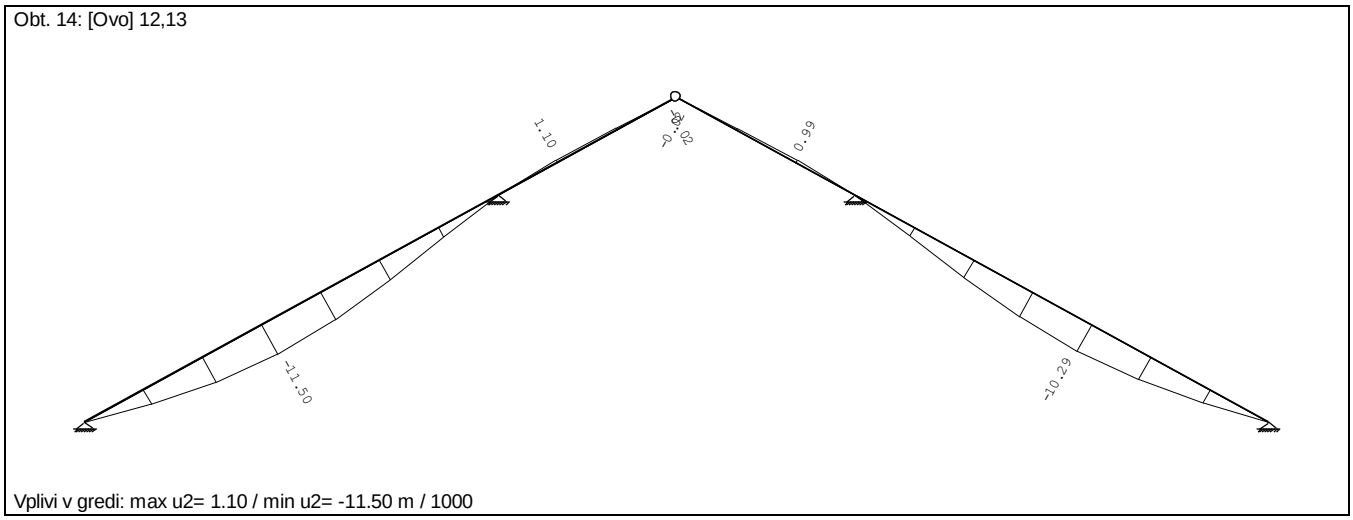
Obt. 14: [Ovo] 6-9



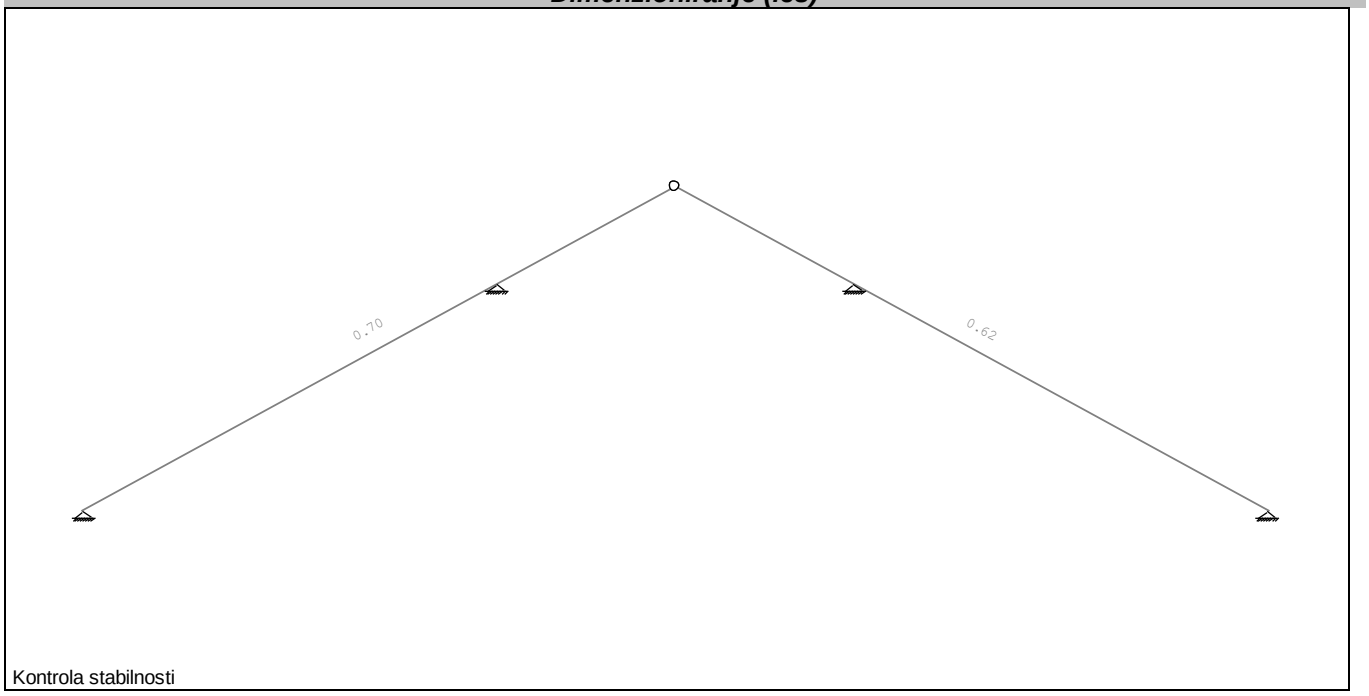
Reakcije podpor (Min/Max)



$u_{dej,\ začetni}$= 0.94cm > $u_{dov,\ začetni}$=370cm/300cm = 1.23cm → Kontrola MSU je izpolnjena

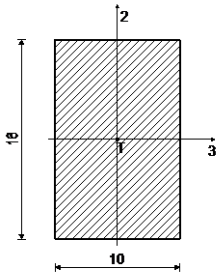


$u_{dej,\ začetni}$= 1.15cm > u_{dov}=370cm/250cm = 1.48cm → Kontrola MSU je izpolnjena



Kontrola stabilnosti

PALICA 1-3
Monoliten les - iglavci in mehki listavci - C24
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE (EN 1995-1-1)



[cm]

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=0.70	12. γ=0.56	6. γ=0.55
10. γ=0.48	9. γ=0.48	13. γ=0.41
11. γ=0.33	7. γ=0.28	

KONTROLA NORMALNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 370.0 cm od začetka palice)

Računska osna sila	Ned =	-2.983	kN
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	-5.950	kN
Upogibni moment okoli osi 3	M3ed =	4.775	kNm

KONTROLA NAPETOSTI - TLAK IN UPOGIB
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2	Kh_2 =	1.084	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3	Kh_3 =	1.000	
Faktor oblik (za pravokotni prerez)	km =	0.700	
Karakteristična tlačna trdnost	fc,0,k =	21.000	MPa
Računska tlačna trdnost	fc,0,d =	14.538	MPa
Karakteristična upogibna trdnost	fm,k =	24.000	MPa
Računska upogibna trdnost - os 2	fm,2,d =	18.019	MPa
Računska upogibna trdnost - os 3	fm,3,d =	16.615	MPa
Relativna vitkost	λrel,2 =	2.173	
Relativna vitkost	λrel,3 =	1.358	
Normalne tlačne napetosti	σc,0,d =	0.186	MPa
Odpornostni moment	W3 =	426.67	cm3
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	11.190	MPa

σm3,d <= fm,3,d (11.190 <= 16.615)
Izkoriščenost prereza je 67.4%

TLAK IN UPOGIB - VELIKA VITKOST

Začetna imperfekcija	βc =	0.200
Koeficient	k3 =	1.528
Koeficient	k2 =	3.049
Koeficient	kc,3 =	0.449
Koeficient	kc,2 =	0.193

(σc,0,d / (kc_2 x fc,0,d)) + km x (σm3,d / fm,3,d) +
+ σm2,d / fm,2,d <= 1 (0.538 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 53.8%

(σc,0,d / (kc_3 x fc,0,d)) + σm3,d / fm,3,d +
+ km x (σm2,d / fm,2,d) <= 1 (0.702 <= 1)

Izkoriščenost prereza je 70.2%

KONTROLA STRIŽNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 370.0 cm od začetka palice)

Računska osna sila	Ned =	3.486	kN
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	8.148	kN
Upogibni moment okoli osi 3	M3ed =	4.775	kNm

KONTROLA NAPETOSTI - STRIG
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Karakteristična strižna napetost	fv,k =	4.000	MPa
Računska strižna trdnost	fv,d =	2.769	MPa
Površina prečnega prereza	A =	160.00	cm2
Dejanska strižna napetost(os 2)	τ2,d =	0.764	MPa

τ2,d <= fv,d (0.764 <= 2.769)

Izkoriščenost prereza je 27.6%

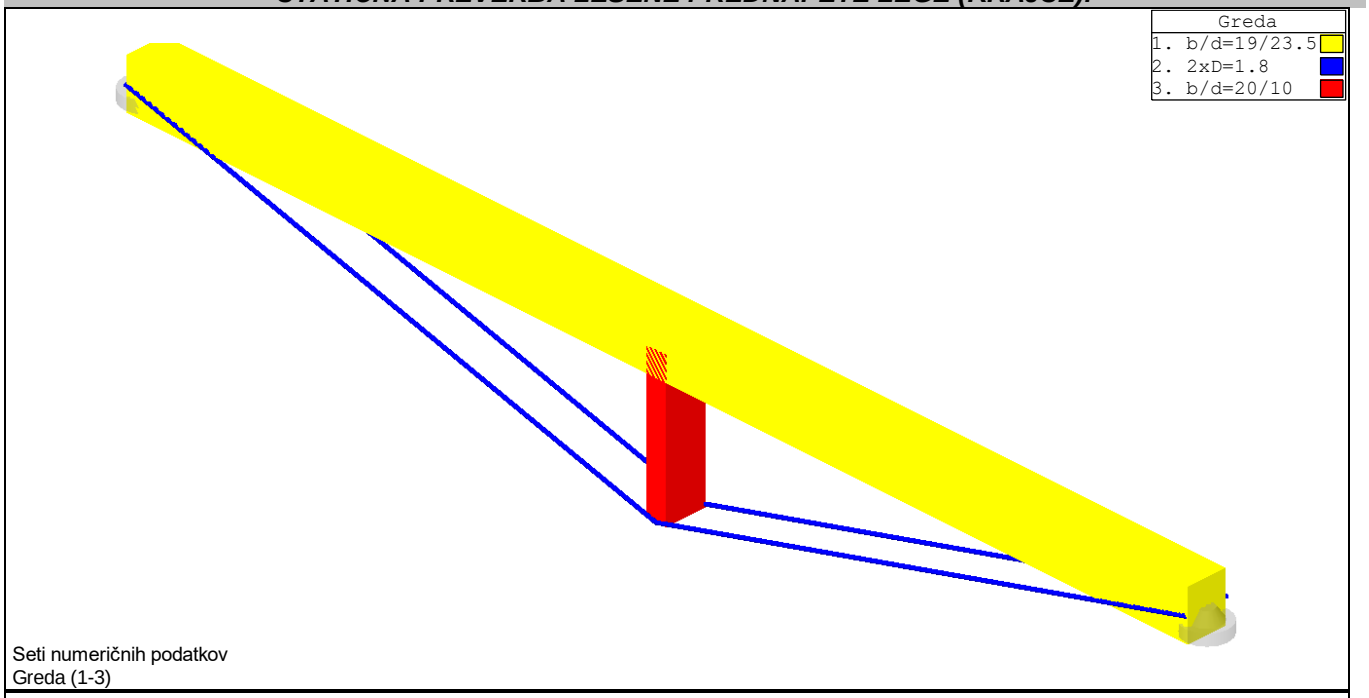
DOKAZ BOČNE STABILNOSTI
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2	lef =	370.00	cm
5% fraktil modula E paralelno z vlakni	E0.05 =	7400.0	MPa
5% fraktil strižnega modula G	G0.05 =	460.00	MPa
Torzijski vztrajnostni moment	Itor =	3230.3	cm4
Vztrajnostni moment	I2 =	1333.3	cm4
Odpornostni moment	W3 =	426.67	cm3
Kritična napetost uklona	σm,crit =	76.198	MPa
Relativna vitkost za uklon	λrel =	0.561	
Koeficient	k_krit =	1.000	
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	11.190	MPa

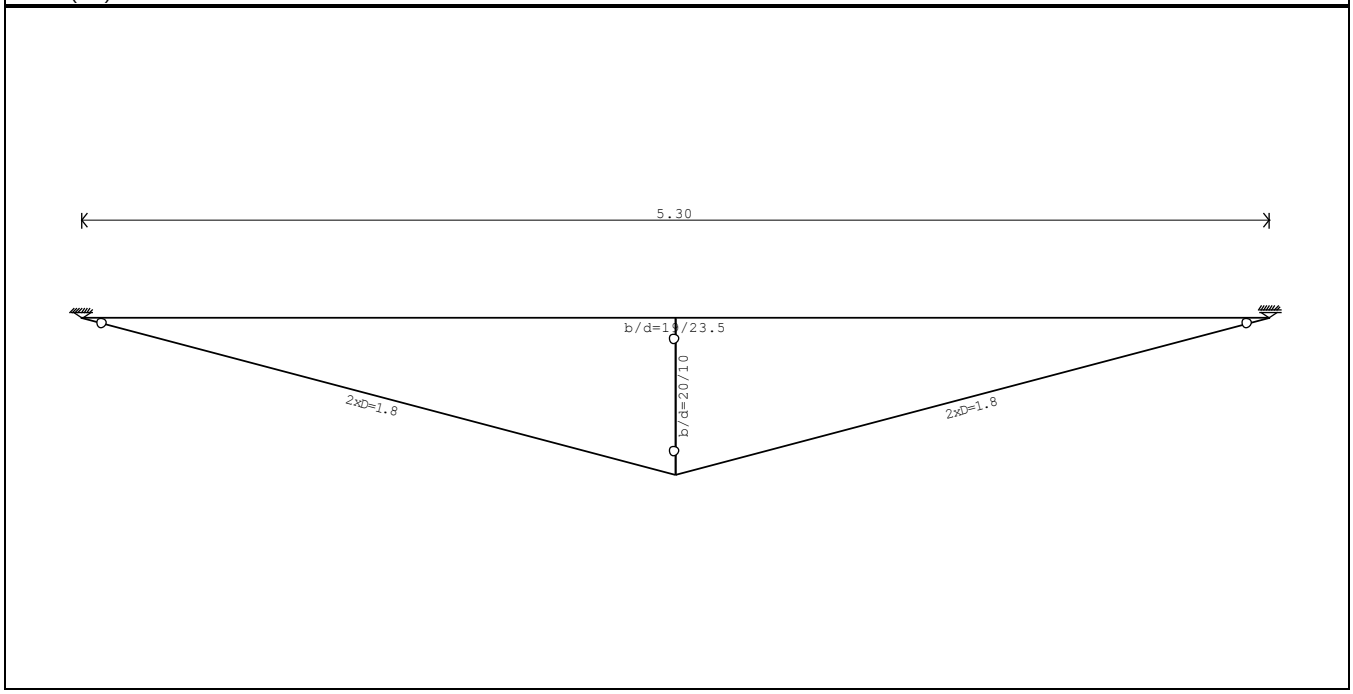
σm,3,d <= k_krit x fm,3,d (11.190 <= 16.615)

Izkoriščenost prereza je 67.4%

STATIČNA PREVERBA LESENE PREDNAPETE LEGE (KRAJŠE):



Seti numeričnih podatkov
Greda (1-3)

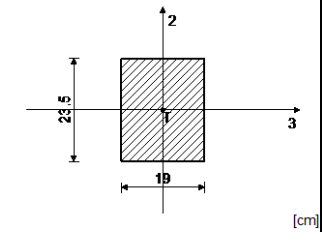


Tabele materialov

No	Naziv materiala	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Les-Iglavci-Masiven les	1.000e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.000e+7	0.20
2	Jeklo1	2.100e+8	0.30	0.00	1.000e-5	2.100e+8	0.30

Seti gred

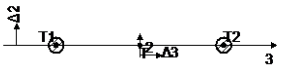
Set: 1 Prerez: b/d=19/23.5, Fiktivna ekscentričnost



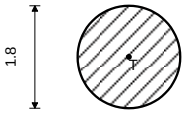
Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	4.465e-2	3.721e-2	3.721e-2	2.734e-4	1.343e-4	2.055e-4

Set: 2 Prerez: 2xD=1.8, Prosta nelinearna (natezna) palica, Fiktivna ekscentričnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Jeklo1	5.089e-4	4.580e-4	4.580e-4	2.061e-8	5.100e-6	1.031e-8



No	Prerez	Δ3 [cm]	Δ2 [cm]	α	Mat.
1	D=1.8	-10.00	0.00	0.00	2
2	D=1.8	10.00	0.00	0.00	2

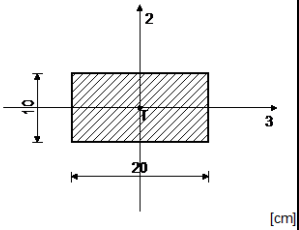


[cm]

D=1.8

Set: 3 Prerez: b/d=20/10, Fiktivna ekscentričnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	2.000e-2	1.667e-2	1.667e-2	4.578e-5	6.667e-5	1.667e-5

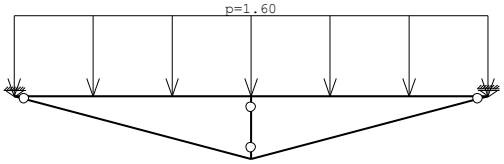


[cm]

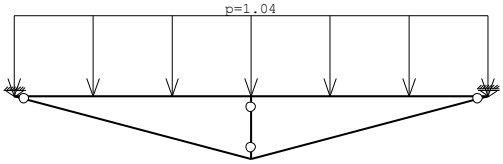
Lista obtežnih primerov

LC	Naziv
1	LASTNA (g)
2	STALNA
3	KORISTNA H
4	SNEG
5	VETER
6	Komb.: MSN-1 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.75xIV)
7	Komb.: MSN-2 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.9xV)
8	Komb.: MSN-3 (1.35xI+1.35xII+1.5xIV+0.9xV)
9	Komb.: MSN-4 (1.35xI+1.35xII+0.75xIV+1.5xV)
10	Komb.: ZAČETNI POMIK-1 (I+II+IV+0.6xV)
11	Komb.: ZAČETNI POMIK-2 (I+II+0.5xIV+V)
12	Komb.: KONČNI POMIK-1 (1.8xI+1.8xII+IV+0.6xV)
13	Komb.: KONČNI POMIK-2 (1.8xI+1.8xII+0.5xIV+V)

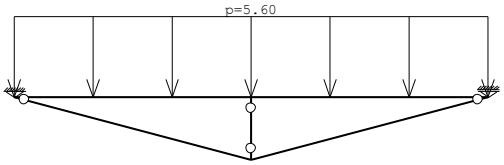
Obt. 2: STALNA



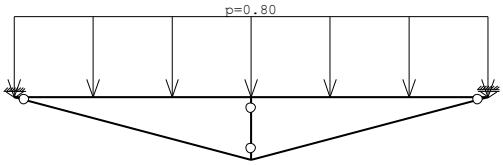
Obt. 3: KORISTNA H



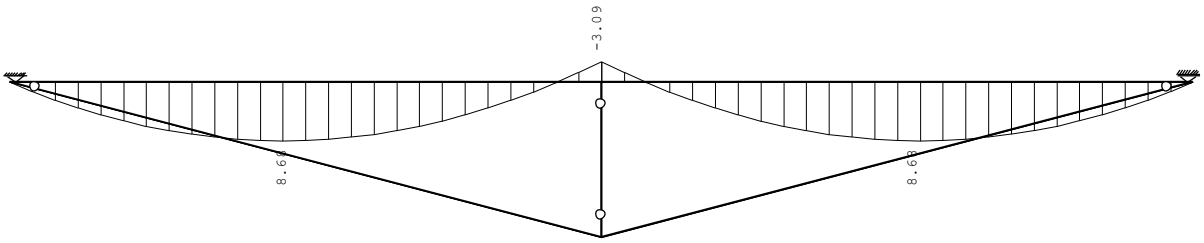
Obt. 4: SNEG



Obt. 5: VETER

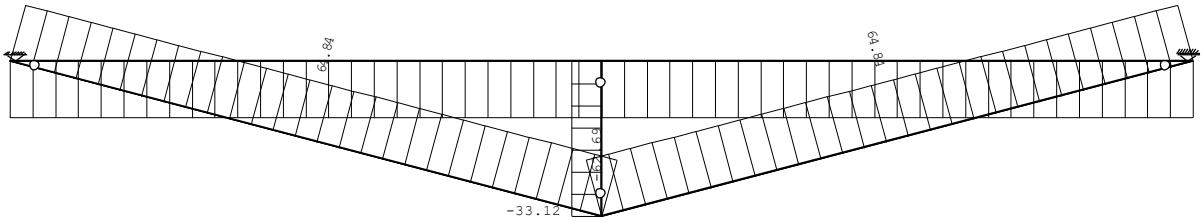


Obt. 14: [Ovo] 6-9



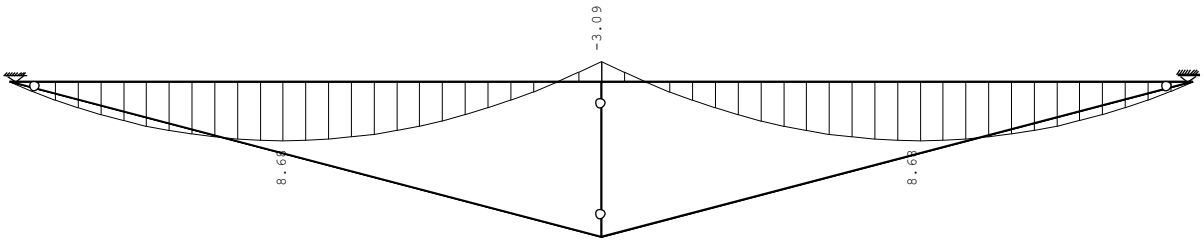
Vplivi v gredi: max M3= 8.68 / min M3= -3.09 kNm

Obt. 14: [Ovo] 6-9



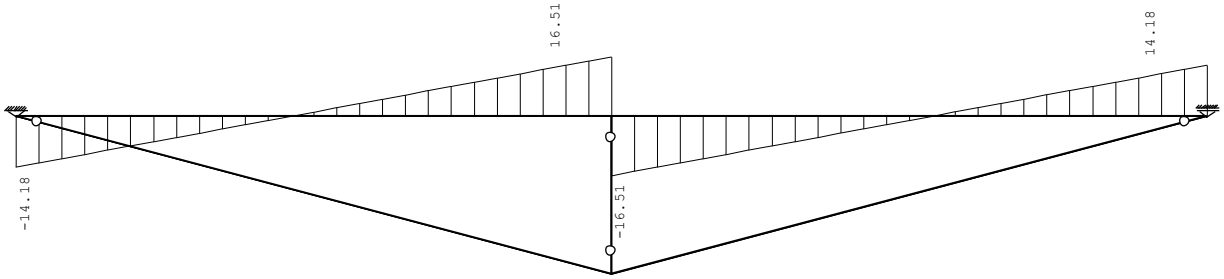
Vplivi v gredi: max N1= 64.84 / min N1= -62.69 kN

Obt. 14: [Ovo] 6-9



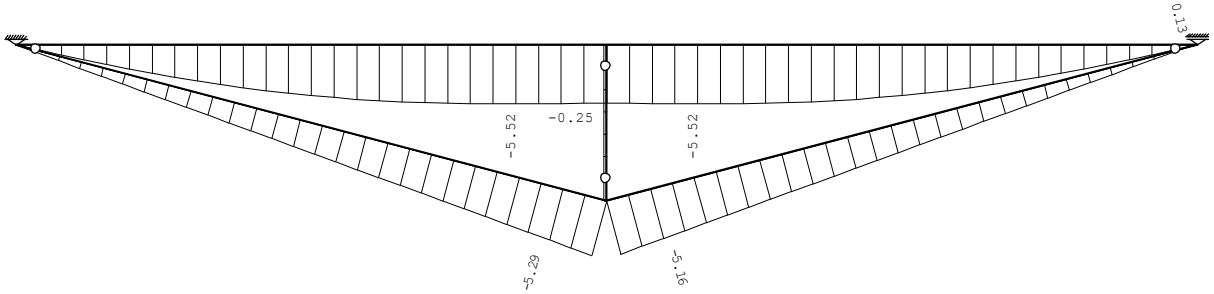
Vplivi v gredi: max M3= 8.68 / min M3= -3.09 kNm

Obt. 14: [Ovo] 6-9



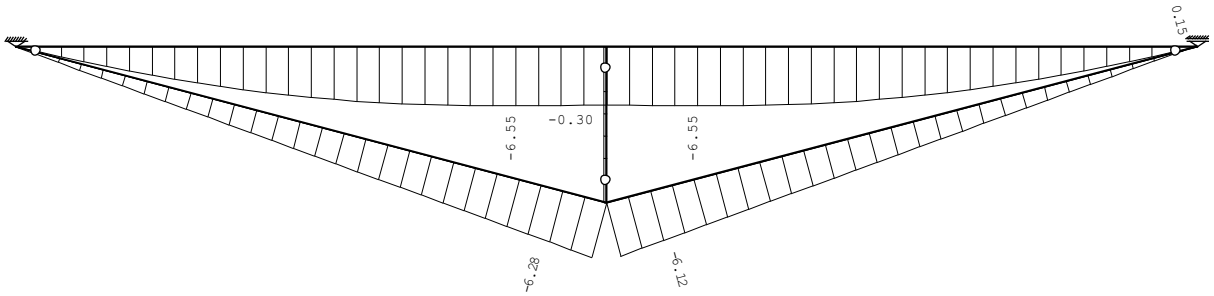
Vplivi v gredi: max T2= 16.51 / min T2= -16.51 kN

Obt. 14: [Ovo] 10,11

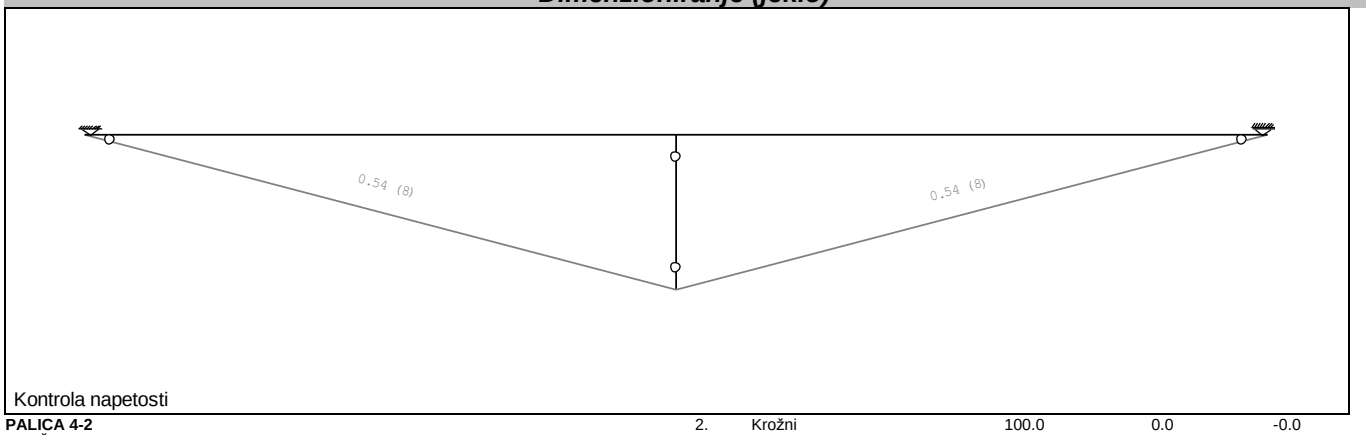


Vplivi v gredi: max u2= 0.13 / min u2= -5.52 m / 1000

Obt. 14: [Ovo] 12,13



Vplivi v gredi: max u2= 0.15 / min u2= -6.55 m / 1000



Kontrola napetosti

PALICA 4-2
PREČNI PREREZ: 2Krožni [S 235] [Set: 2]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE prereza



Ax =	5.089	cm2
Ay =	4.580	cm2
Az =	4.580	cm2
Ix =	2.061	cm4
Iy =	1.031	cm4
Iz =	509.97	cm4
Wy =	1.145	cm3
Wz =	46.786	cm3
γM0 =	1.000	
γM1 =	1.000	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	0.900	

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

No.	Naziv	zt(mm)	yt(mm)	kot
1.	Krožni	-100.0	0.0	-0.0
2.	Krožni	100.0	0.0	-0.0

Palica s sestavljenim prerezom

Razmak vozlišč polnil	a =	91.360 cm
Površina polnilne palice	A =	2.000 cm2
Vztraj.polmer pol.palice	i =	2.000 cm

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=0.55	12. γ=0.44	6. γ=0.39
10. γ=0.37	9. γ=0.37	13. γ=0.33
11. γ=0.26	7. γ=0.22	

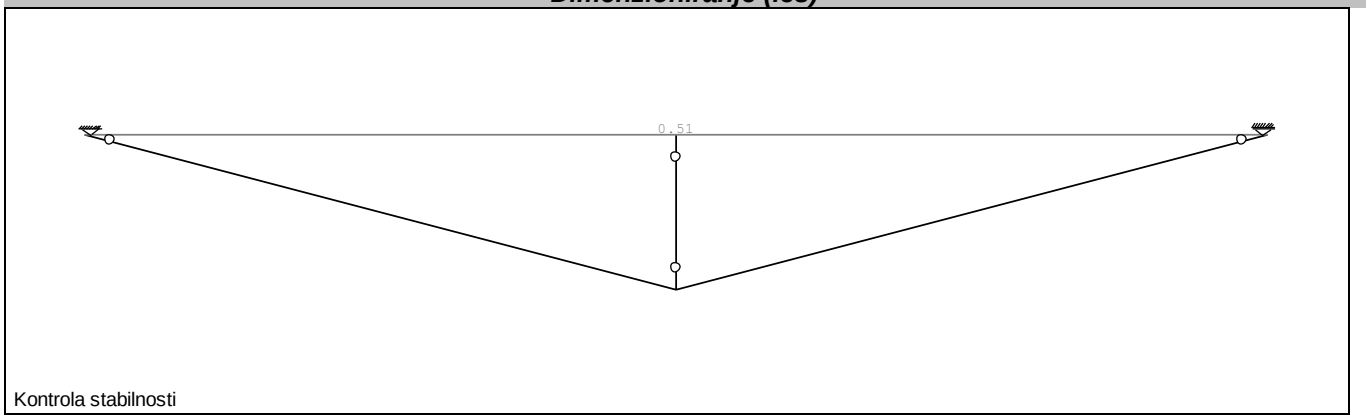
PALICA IZPOSTAVLJENA CENTRIČNEMU NATEGU
(obtežni primer 8, začetek palice)

Računska osna sila	NEd =	64.843 kN
Sistemska dolžina palice	L =	274.09 cm

6.2.3 Nateg

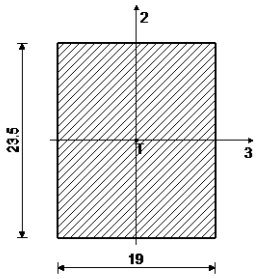
Plast.rač.nosilnost bruto prereza	Npl,Rd =	119.60 kN
Mejna rač.nosilnost neto prereza	Nu,Rd =	118.73 kN
Računska nos. na nateg	Nt,Rd =	118.73 kN

Pogoj 6.5: NEd <= Nt,Rd (64.84 <= 118.73)



Kontrola stabilnosti

PALICA 1-4
Monoliten les - iglavci in mehki listavci - C24
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE (EN 1995-1-1)



[cm]

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=0.51	12. γ=0.41	6. γ=0.40
10. γ=0.34	9. γ=0.34	13. γ=0.30
11. γ=0.24	7. γ=0.21	

KONTROLA NORMALNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 122.3 cm od začetka palice)

Računska osna sila	Ned =	-62.692	kN
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed ≈	0.000	kN
Upogibni moment okoli osi 3	M3ed =	-8.678	kNm

KONTROLA NAPETOSTI - TLAK IN UPOGIB

Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2	Kh_2 =	1.000	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3	Kh_3 =	1.000	
Faktor oblik (za pravokotni prerez)	km =	0.700	
Karakteristična tlačna trdnost	fc,0,k =	21.000	MPa
Računska tlačna trdnost	fc,0,d =	14.538	MPa
Karakteristična upogibna trdnost	fm,k =	24.000	MPa
Računska upogibna trdnost	fm,d =	16.615	MPa
Relativna vitkost	λrel,2 =	0.278	
Relativna vitkost	λrel,3 =	1.325	
Normalne tlačne napetosti	σc,0,d =	1.404	MPa
Odpornostni moment	W3 =	1748.8	cm3
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	4.962	MPa

σm3,d <= fm,d (4.962 <= 16.615)
Izkoriščenost prereza je 29.9%

TLAK IN UPOGIB - VELIKA VITKOST

Začetna imperfekcija	βc =	0.200
Koeficient	k3 =	1.480
Koeficient	k2 =	0.537
Koeficient	kc,3 =	0.467
Koeficient	kc,2 =	1.005

(σc,0,d / (kc_2 x fc,0,d)) + km x (σm3,d / fm,d) +
+ σm2,d / fm,d <= 1 (0.305 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 30.5%

(σc,0,d / (kc_3 x fc,0,d)) + σm3,d / fm,d +
+ km x (σm2,d / fm,d) <= 1 (0.505 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 50.5%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2	lef =	90.000	cm
5% fraktil modula E paralelno z vlakni	E0.05 =	7400.0	MPa
5% fraktil strižnega modula G	G0.05 =	460.00	MPa
Torzijski vztrajnostni moment	Itor =	27263	cm4
Vztrajnostni moment	I2 =	13432	cm4
Odpornostni moment	W3 =	1748.8	cm3

Kritična napetost uklona	σm,crit =	704.73	MPa
Relativna vitkost za uklon	λrel =	0.185	
Koeficient	k_krit =	1.000	
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	4.962	MPa

σm,3,d <= k_krit x fm,3,d (4.962 <= 16.615)

Izkoriščenost prereza je 29.9%

KONTROLA STRIŽNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 265.0 cm od začetka palice)

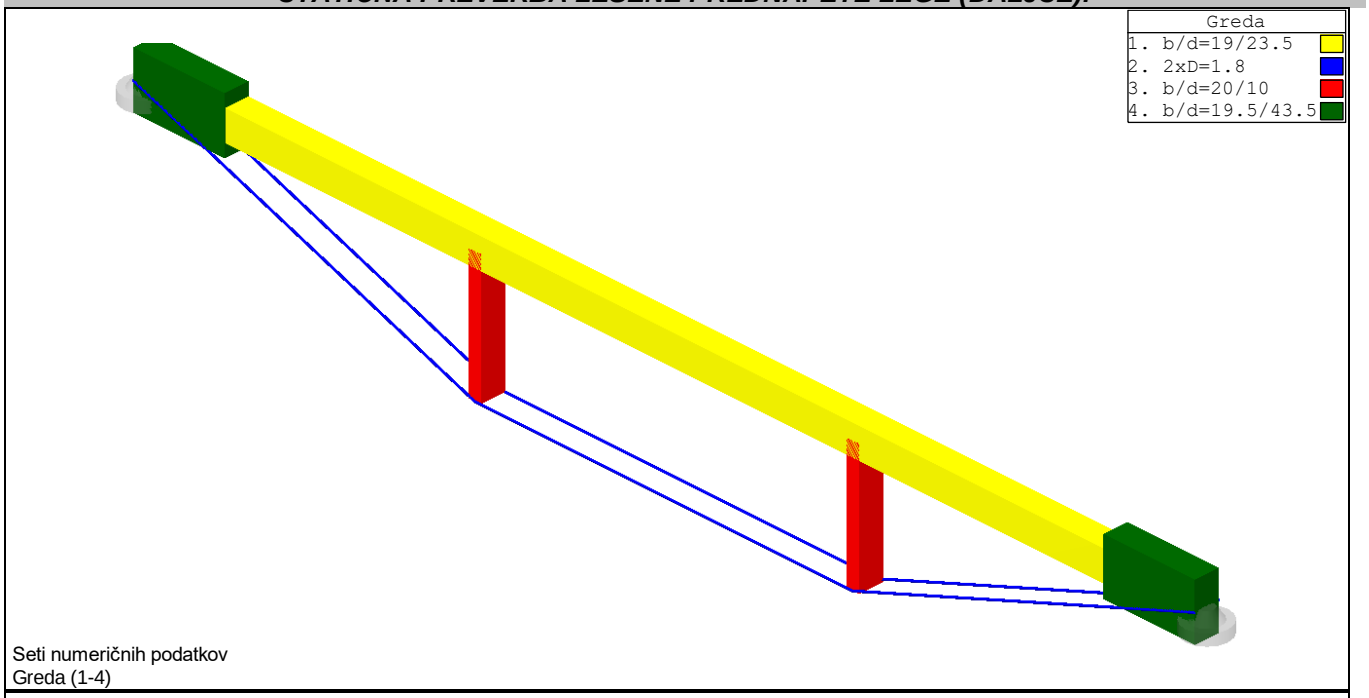
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	16.513	kN

KONTROLA NAPETOSTI - STRIG			
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Karakteristična strižna napetost	fv,k =	4.000	MPa
Računska strižna trdnost	fv,d =	2.769	MPa
Površina prečnega prereza	A =	446.50	cm2
Dejanska strižna napetost(os 2)	τ2,d =	0.555	MPa

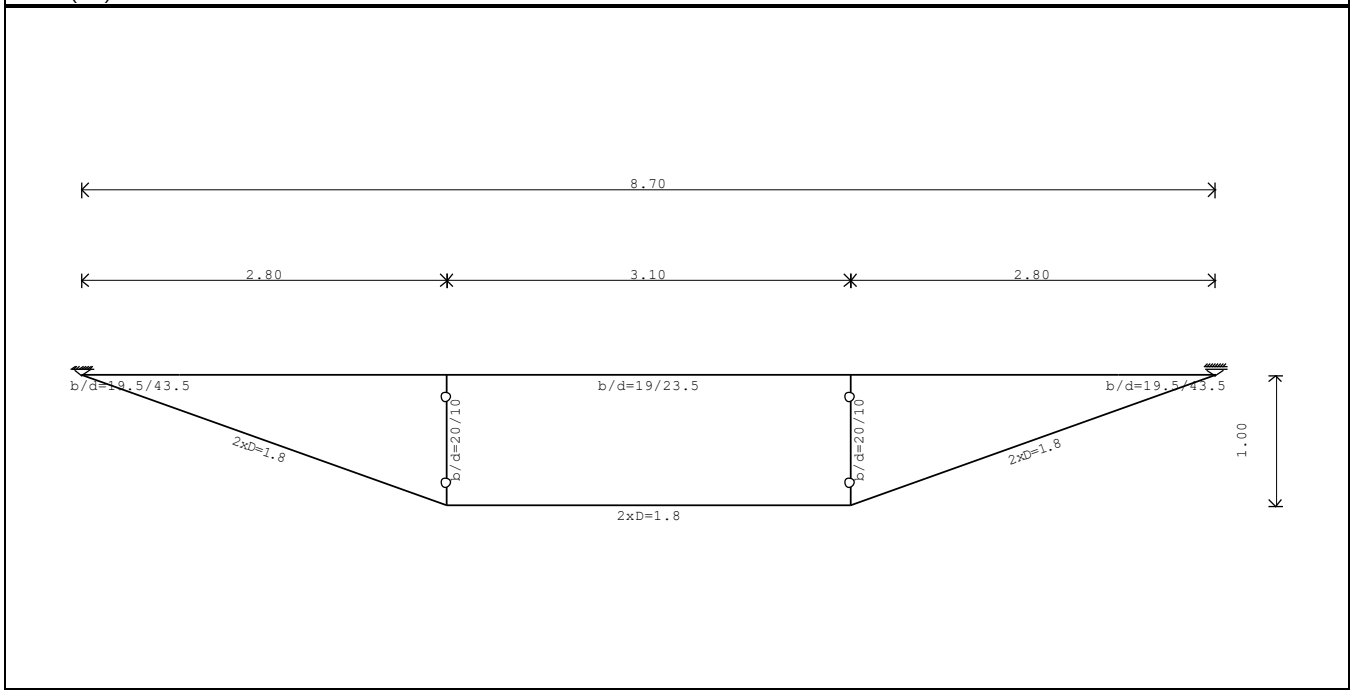
τ2,d <= fv,d (0.555 <= 2.769)

Izkoriščenost prereza je 20.0%

STATIČNA PREVERBA LESENE PREDNAPETE LEGE (DALJŠE):



Seti numeričnih podatkov
Greda (1-4)

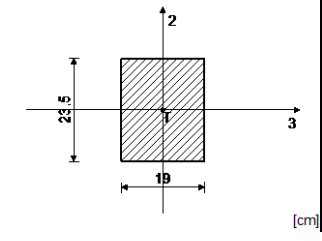


Tabele materialov

No	Naziv materiala	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Les-Iglavci-Masiven les	1.000e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.000e+7	0.20
2	Jeklo1	2.100e+8	0.30	0.00	1.000e-5	2.100e+8	0.30

Seti gred

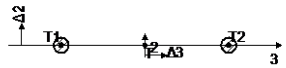
Set: 1 Prerez: b/d=19/23.5, Fiktivna ekscentričnost



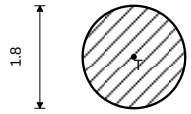
Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	4.465e-2	3.721e-2	3.721e-2	2.734e-4	1.343e-4	2.055e-4

Set: 2 Prerez: 2xD=1.8, Prosta nelinearna (natezna) palica, Fiktivna ekscentričnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Jeklo1	5.089e-4	4.580e-4	4.580e-4	2.061e-8	5.100e-6	1.031e-8



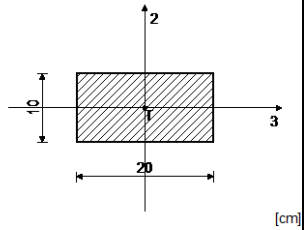
No	Prerez	Δ3 [cm]	Δ2 [cm]	α	Mat.
1	D=1.8	-10.00	0.00	0.00	2
2	D=1.8	10.00	0.00	0.00	2



[cm]

D=1.8

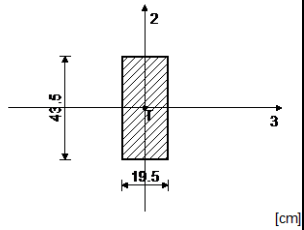
Set: 3 Prerez: b/d=20/10, Fiktivna ekscentričnost



[cm]

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	2.000e-2	1.667e-2	1.667e-2	4.578e-5	6.667e-5	1.667e-5

Set: 4 Prerez: b/d=19.5/43.5, Fiktivna ekscentričnost



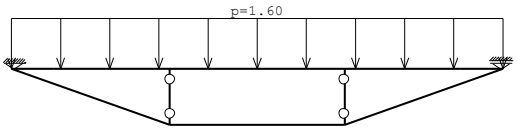
[cm]

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Les-Iglavci-M...	8.482e-2	7.069e-2	7.069e-2	7.725e-4	2.688e-4	1.338e-3

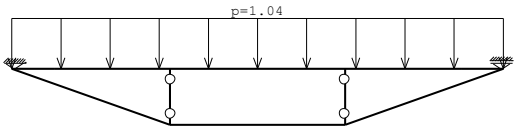
Lista obtežnih primerov

LC	Naziv
1	LASTNA (g)
2	STALNA
3	KORISTNA H
4	SNEG
5	VETER
6	Komb.: MSN-1 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.75xIV)
7	Komb.: MSN-2 (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+0.9xV)
8	Komb.: MSN-3 (1.35xI+1.35xII+1.5xIV+0.9xV)
9	Komb.: MSN-4 (1.35xI+1.35xII+0.75xIV+1.5xV)
10	Komb.: ZAČETNI POMIK-1 (I+II+IV+0.6xV)
11	Komb.: ZAČETNI POMIK-2 (I+II+0.5xIV+V)
12	Komb.: KONČNI POMIK-1 (1.8xI+1.8xII+IV+0.6xV)
13	Komb.: KONČNI POMIK-2 (1.8xI+1.8xII+0.5xIV+V)

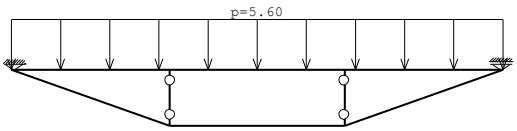
Obt. 2: STALNA



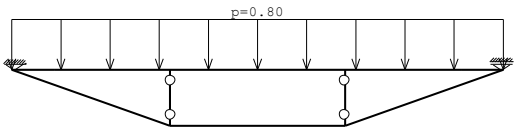
Obt. 3: KORISTNA H



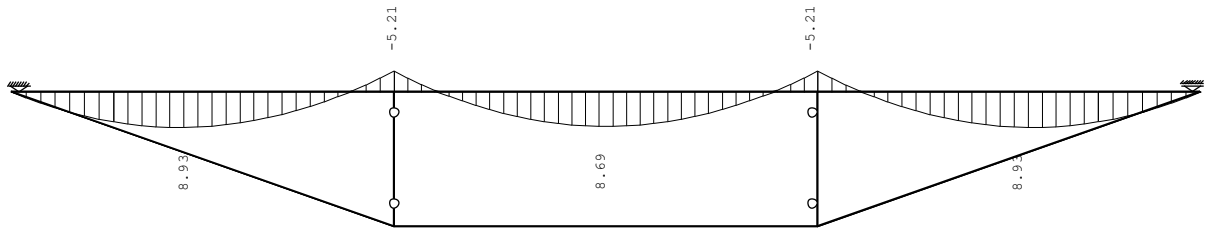
Obt. 4: SNEG



Obt. 5: VETER

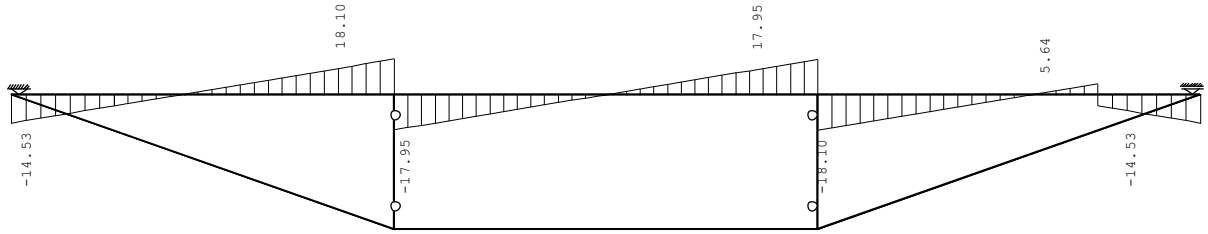


Obt. 14: [Ovo] 6-9



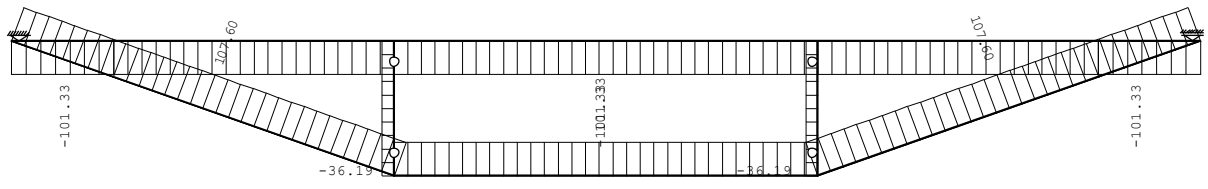
Vplivi v gredi: max M3= 8.93 / min M3= -5.21 kNm

Obt. 14: [Ovo] 6-9



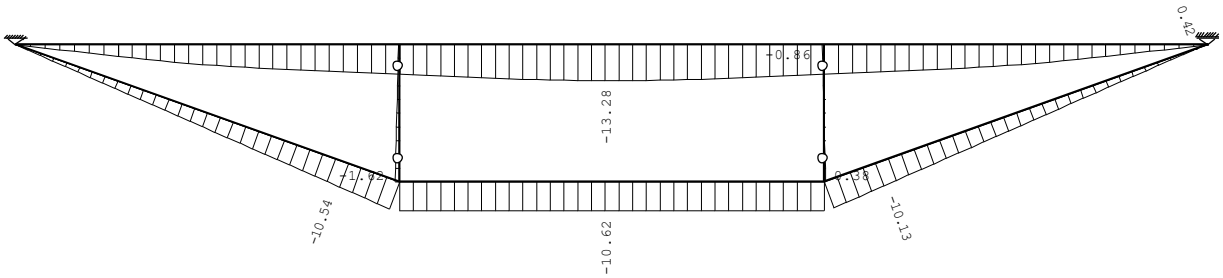
Vplivi v gredi: max T2= 18.10 / min T2= -18.10 kN

Obt. 14: [Ovo] 6-9



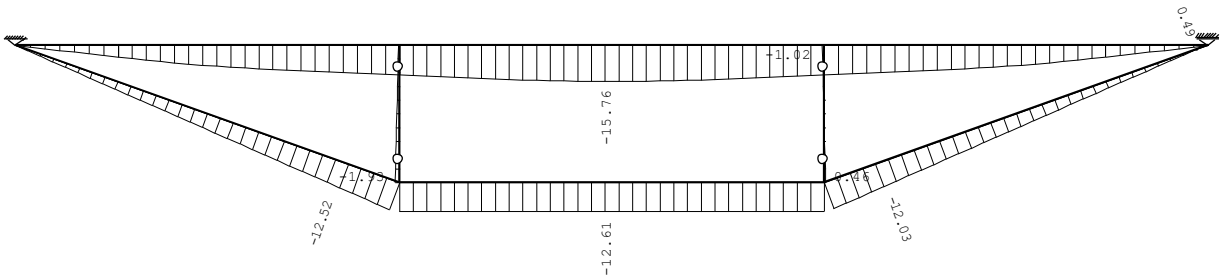
Vplivi v gredi: max N1= 107.60 / min N1= -101.33 kN

Obt. 14: [Ovo] 10,11

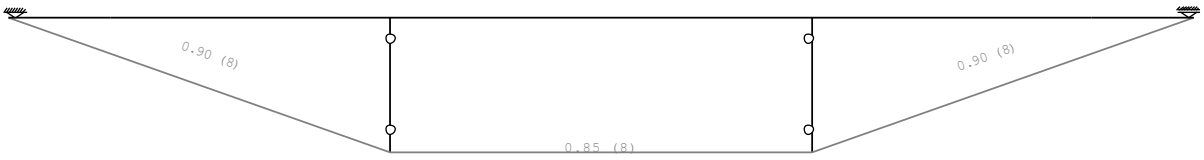


Vplivi v gredi: max u2= 0.42 / min u2= -13.28 m / 1000

Obt. 14: [Ovo] 12,13



Vplivi v gredi: max u2= 0.49 / min u2= -15.76 m / 1000



Kontrola napetosti

PALICA 3-1
PREČNI PREREZ: 2Krožni [S 235] [Set: 2]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE prereza



Ax =	5.089	cm2
Ay =	4.580	cm2
Az =	4.580	cm2
Ix =	2.061	cm4
Iy =	1.031	cm4
Iz =	509.97	cm4
Wy =	1.145	cm3
Wz =	46.786	cm3
γM0 =	1.000	
γM1 =	1.000	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	0.900	

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

No.	Naziv	zt(mm)	yt(mm)	kot
1.	Krožni	-100.0	0.0	-0.0
2.	Krožni	100.0	0.0	-0.0

Palica s sestavljenim prerezom

Razmak vozlišč polnil	a =	99.110 cm
Površina polnilne palice	A =	2.000 cm2
Vztraj.polmer pol.palice	i =	2.000 cm

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=0.91	12. γ=0.73	6. γ=0.64
10. γ=0.62	9. γ=0.62	13. γ=0.54
11. γ=0.42	7. γ=0.37	

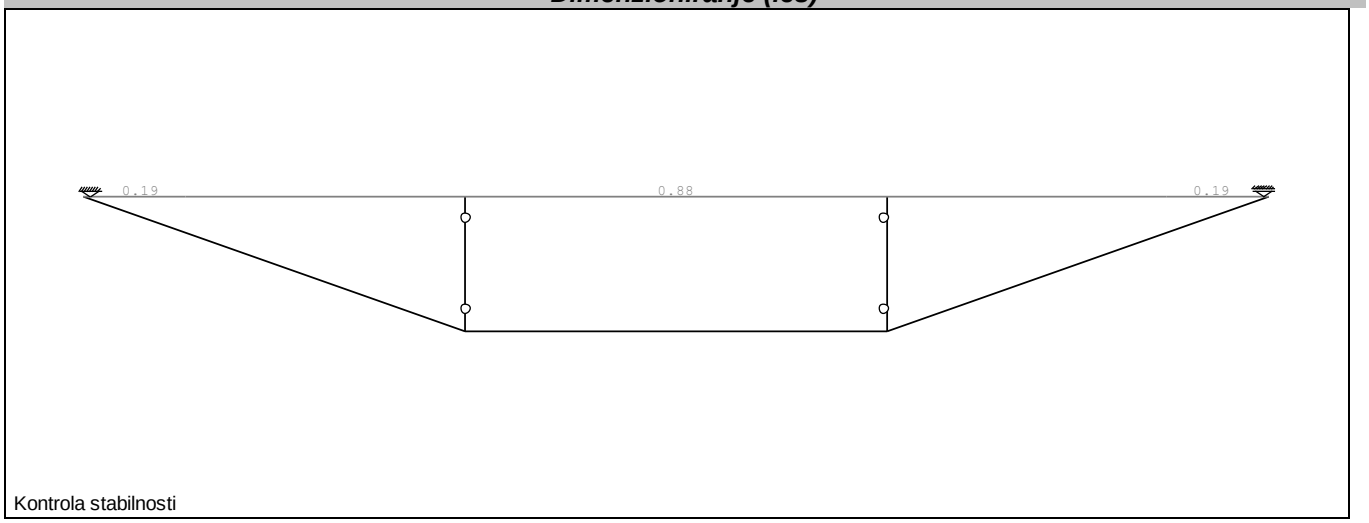
PALICA IZPOSTAVLJENA CENTRIČNEMU NATEGU
(obtežni primer 8, začetek palice)

Računska osna sila	NEd =	107.60 kN
Sistemska dolžina palice	L =	297.32 cm

6.2.3 Nateg

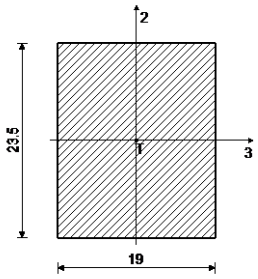
Plast.rač.nosilnost bruto prereza	Npl,Rd =	119.60 kN
Mejna rač.nosilnost neto prereza	Nu,Rd =	118.73 kN
Računska nos. na nateg	Nt,Rd =	118.73 kN

Pogoj 6.5: NEd <= Nt,Rd (107.60 <= 118.73)



Kontrola stabilnosti

PALICA 2-7
Monoliten les - iglavci in mehki listavci - C24
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE (EN 1995-1-1)



[cm]

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

8. γ=0.88	12. γ=0.71	6. γ=0.70
10. γ=0.60	9. γ=0.60	13. γ=0.52
11. γ=0.41	7. γ=0.36	

KONTROLA NORMALNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 41.0 cm od začetka palice)

Računska osna sila	Ned =	-101.33	kN
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	-0.891	kN
Upogibni moment okoli osi 3	M3ed =	-8.902	kNm

KONTROLA NAPETOSTI - TLAK IN UPOGIB
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2	Kh_2 =	1.000	
Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3	Kh_3 =	1.000	
Faktor oblik (za pravokotni prerez)	km =	0.700	
Karakteristična tlačna trdnost	fc,0,k =	21.000	MPa
Računska tlačna trdnost	fc,0,d =	14.538	MPa
Karakteristična upogibna trdnost	fm,k =	24.000	MPa
Računska upogibna trdnost	fm,d =	16.615	MPa
Relativna vitkost	λrel,2 =	0.278	
Relativna vitkost	λrel,3 =	1.800	
Normalne tlačne napetosti	σc,0,d =	2.269	MPa
Odpornostni moment	W3 =	1748.8	cm3
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	5.091	MPa

σm3,d <= fm,d (5.091 <= 16.615)
Izkoriščenost prereza je 30.6%

TLAK IN UPOGIB - VELIKA VITKOST

Začetna imperfekcija	βc =	0.200
Koeficient	k3 =	2.269
Koeficient	k2 =	0.537
Koeficient	kc,3 =	0.274
Koeficient	kc,2 =	1.005

(σc,0,d / (kc_2 x fc,0,d)) + km x (σm3,d / fm,d) +
+ σm2,d / fm,d <= 1 (0.370 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 37.0%

(σc,0,d / (kc_3 x fc,0,d)) + σm3,d / fm,d +
+ km x (σm2,d / fm,d) <= 1 (0.876 <= 1)
Izkoriščenost prereza je 87.6%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2	lef =	90.000	cm

5% fraktil modula E paralelno z vlakni	E0.05 =	7400.0	MPa
5% fraktil strižnega modula G	G0.05 =	460.00	MPa
Torzijski vztrajnostni moment	Itor =	27263	cm4
Vztrajnostni moment	I2 =	13432	cm4
Odpornostni moment	W3 =	1748.8	cm3
Kritična napetost uklona	σm,crit =	704.73	MPa
Relativna vitkost za uklon	λrel =	0.185	
Koeficient	k_krit =	1.000	
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	σm3,d =	5.091	MPa

σm,3,d <= k_krit x fm,3,d (5.091 <= 16.615)

Izkoriščenost prereza je 30.6%

KONTROLA STRIŽNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 8, na 205.0 cm od začetka palice)

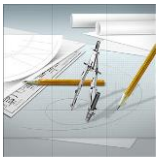
Prečna sila v smeri osi 2	V2ed =	18.102	kN

KONTROLA NAPETOSTI - STRIG			
Vrsta obtežbe: osnovno - kratkotrajno			
Korekcijski koeficient	Kmod =	0.900	
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm =	1.300	
Karakteristična strižna napetost	fv,k =	4.000	MPa
Računska strižna trdnost	fv,d =	2.769	MPa
Površina prečnega prereza	A =	446.50	cm2
Dejanska strižna napetost(os 2)	τ2,d =	0.608	MPa

τ2,d <= fv,d (0.608 <= 2.769)

Izkoriščenost prereza je 22.0%

PRO-BAN d.o.o.
Tomačevica 29 d, 6223 Komen
041 901 231, e-mail: brankobandelj@gmail.com



STATIČNA PREVERBA STREŠNE KONSTRUKCIJE OBJEKTA D ZA POSTAVITEV FOTOVOLTAIKE NA STREHO OBJEKTA:

1 LASTNA TEŽA

Za vse konstrukcijske elemente je lastna teža v izračunu upoštevana avtomatsko (lastni programi).

2 STALNA TEŽA

Streha dvokapna

Fotovoltaika	= 0.25 kN/m2
Kritina	= 0.15 kN/m2
letve	= 0.15 kN/m2
Lastna teža elementa *(lastna teža konstr. je računana posebej)*	
	g = 0.55 kN/m2

3 KORISTNA OBTEŽBA

- Obtežba streha **q = 0.40 kN/m2**

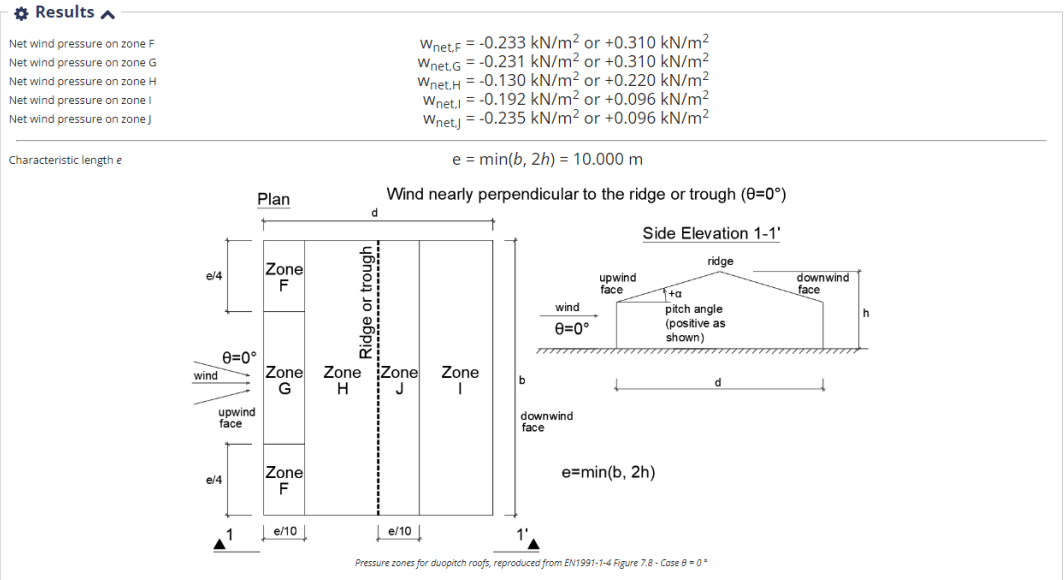
4 SNEG

-obtežba snega na tleh (regija A3, h = 454 m n.m.) sk = 2.68 kN/m2

-obtežba snega na strehi znaša s1 = 2.68 kN/m2 x 0.8 = 2.15 kN/m2

5 VETER

-Referenčna hitrost vetra znaša 20 m/s, cona 1 in teren III. kategorije.



OBREMENITEV

Obremenitev je bila izračunana z lastnimi programi. Rezultati izračuna so priloženi na naslednjih straneh.

DIMENZIONIRANJE

Dimenzioniranje je bilo pretežno izračunano z lastnimi programi. Na naslednjih straneh so priloženi rezultati izračuna.

POZICIJA: STATIČNA PREVERBA ŠPIROVCEV:

Geometrijski podatki

b =	10	cm		
h =	13	cm		
α	26	stopinj	sin(α)	0.4384
L =	3.7	m … tlorisna dolžina	cos(α)	0.8988
L` =	4.12	m … poševna dolžina		
e =	0.8	m … razmak med špirovci (upoštevano, da ni kritine)		

W_y =	281.67	cm3
I_y =	1830.83	cm4

Material

les C24

k_mod =	0.9					
γ_m =	1.3					
ρ_g,mean =	4.2	kN/m3				
f_m,k =	2.4	kN/cm2	=>	f_m,d =	1.662	kN/cm2
f_t,90,k =	0.05	kN/cm2	=>	f_t,90,d =	0.035	kN/cm2
f_c,90,k =	0.21	kN/cm2	=>	f_c,90,d =	0.145	kN/cm2
f_v,k =	0.25	kN/cm2	=>	f_v,d =	0.173	kN/cm2
f_t,0,k =	1.4	kN/cm2	=>	f_t,0,d =	0.969	kN/cm2
E_0,mean =	1100	kN/cm2				
E_0,05 =	740	kN/cm2				
G_mean	69	kN/cm3				

Obtežba

g_lastna =	0.068	kN/m2
g_stalna =	0.55	kN/m2
q_s =	2.15	kN/m2
q_w_tlak =	0.31	kN/m2
q_w_srk =	0.233	kN/m2

Pretvorba obtežbe - pravokotno na špirovec, linijsko

g_las.+sta. =	0.445	kN/m
q_s =	1.389	kN/m
q_w_tlak =	0.248	kN/m
q_w_srk =	0.186	kN/m

projektna vrednost obtežbe

MSN:			k_mod	rd/kmod
rd = 1,35*g + 1,5*q_s	2.68		0.8	3.36
rd = 1,35*g + 1,5*q_w	0.97		0.9	1.08
rd = 1,35*g + 1,5*q_s + 0,9*q_w	2.91	kN/m	0.9	3.23
rd = 1,35*g + 0,75*q_s + 1,5*q_w	2.01	kN/m	0.9	2.24
rd = 1,0*g + 1,5*q_w	0.72	kN/m	0.9	0.80
q_d =	2.91	kN/m		3.36

MSU

rd = 1,0*g + 1,0*q_s + 0,6*q_w

rd = 1,0*g + 0,5*q_s + 1,0*q_w

Notranje sile

M_qd =	6.16	kNm
V_qd =	5.98	kN

Strižne napetosti ob podpori

k_r =	0.67	**… pazi k_cr =0,67 za masivni in lepljen les**
		… pazi k_cr=1,0 za ostali les
		… faktor k_cr =0,8
A =	130	cm2
A_s =	86.67	cm2

kontrola

τ_v,d =	0.103	kN/cm2 <	f_v,g,d =	0.173	kN/cm2

razmerje (τ_v,d / f_v,g,d) =	0.595	<	1

Normalne napetosti

kontrola

σ_m,d =	2.187	kN/cm2 <	f_m,d =	1.662	kN/cm2

razmerje (σ_m,d / f_md) =	1.316	<	1

Kontrola povesa

kdef	0.8	… prevladuje sneg
Ψ2,1	0	
Ψ0,i	0.6	
Ψ2,i	0	

Trenutni pomik

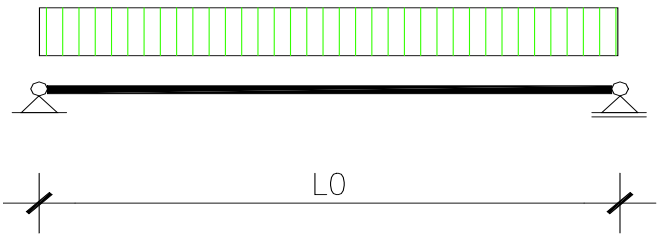
U_g =	0.825	cm			
U_qs =	2.580	cm			
U_qw_tlak =	0.460	cm			
U_inst_Z =	3.682	cm	< L/300	1.372	cm

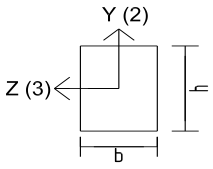
Končni pomik

U_fin_g =	1.486	cm			
U_fin_Q1 =	2.580	cm			
U_fin_Qi =	0.276	cm			
U_fin_Z =	4.342	cm	< L/200	2.058	cm
		cm	< L/250	1.647	cm

Pozicija NE izpolnjuje pogoje MSU in MSN !

POZICIJA: STATIČNA PREVERBA SLEMENSKE LEGE:





Geometrijski podatki

b =	15	cm			…. VNESI
h =	21	cm			
α	26	stopinj		sin(α)	0.4384
L =	3.6	m … tlorisna dolžina obtežbe		cos(α)	0.8988
L` =	4.01	m … poševna dolžina obtežbe			
L_lege =	3.80	m …. dolžina lege			

W_y =	1102.50	cm3
W_z =	787.50	cm3
I_y =	11576.25	cm4
I_z =	5906.25	cm4

Material

masivni smrekov les kvalitete C24, 2. razred uporabnosti

k_mod =	0.8					
γ_m =	1.3					
ρ_g,mean =	4.2	kN/m3				
f_m,k =	2.4	kN/cm2	=>	f_m,d =	1.477	kN/cm2
f_t,90,k =	0.05	kN/cm2	=>	f_t,90,d =	0.031	kN/cm2
f_c,90,k =	0.25	kN/cm2	=>	f_c,90,d =	0.154	kN/cm2
f_v,k =	0.25	kN/cm2	=>	f_v,d =	0.154	kN/cm2
f_t,0,k =	1.4	kN/cm2	=>	f_t,0,d =	0.862	kN/cm2
f_c,0,g,k =	2.1	kN/cm2	=>	f_c,0,d =	1.292307692	kN/cm2
E_0,mean =	1100	kN/cm2				
E_0,05 =	740	kN/cm2				
G_mean	69	kN/cm3				

Obtežba

g_lastna =	0.13	kN/m
g_stalna =	0.62	kN/m2
q_s =	2.15	kN/m2 … sneg
q_w_tlak =	0.31	kN/m2 … veter
q_w_srk =	0.233	kN/m2

Pretvorba obtežbe - pravokotno na lego v smeri Y - linijsko

g_las.+sta._Y =	0.000	kN/m
q_s_Y =	0.000	kN/m
q_w_tlak_Y =	0.544	kN/m
q_w_srk_Y =	0.409	kN/m

projektna vrednost obtežbe v Y smeri

MSN:			k_mod	rd/kmod
rd = 1,35*g + 1,5*q_s	0.00		0.8	0.00
rd = 1,35*g + 1,5*q_w	0.82		0.9	0.91
rd = 1,35*g + 1,5*q_s + 0,9*q_w	0.49	kN/m	0.9	0.54
rd = 1,35*g + 0,75*q_s + 1,5*q_w	0.82	kN/m	0.9	0.91
rd = 1,0*g + 1,5*q_w	0.82	kN/m	0.9	0.91
q_d_Y =	**0.82**	kN/m .. na to dim.		**0.91**
MSU				… mer. kob.
rd = 1,0*g + 1,0*q_s + 0,6*q_w				
rd = 1,0*g + 0,5*q_s + 1,0*q_w				

Pretvorba obtežbe - pravokotno na lego v smeri Z - linijsko

g_las.+sta._Z =	2.616	kN/m
q_s_Z =	7.740	kN/m
q_w_tlak_Z =	1.116	kN/m
q_w_srk_Z =	0.839	kN/m

projektna vrednost obtežbe v Z smeri

MSN:			k_mod	rd/kmod
rd = 1,35*g + 1,5*q_s	15.14		0.8	18.93
rd = 1,35*g + 1,5*q_w	5.21		0.9	5.78
rd = 1,35*g + 1,5*q_s + 0,9*q_w	16.15	kN/m	0.9	17.94
rd = 1,35*g + 0,75*q_s + 1,5*q_w	11.01	kN/m	0.9	12.23
rd = 1,0*g + 1,5*q_w	4.29	kN/m	0.9	4.77
q_d_Z=	**16.15**	kN/m .. na to dim.		**18.93**
MSU				… mer. kob.
rd = 1,0*g + 1,0*q_s + 0,6*q_w				
rd = 1,0*g + 0,5*q_s + 1,0*q_w				

Notranje sile

M_qd_Y=	1.47	kNm … pripada obtežbi v smeri Y, vrti pa okoli osi Z (v bistvu **M_z**)
M_qd_Z =	29.14	kNm … pripada obtežbi v smeri Z, vrti pa okoli osi Y (v bistvu **M_y**)
V_qd_Y =	1.55	kN … pripada obtežbi v smeri Y
V_qd_Z =	30.68	kN … pripada obtežbi v smeri Z
N_d =	0	kN … brez uklona

Strižne napetosti ob podpori

k_r =	0.67	… prip. vrednost za masivni in lepljen les, vpliv razpok
A =	315	cm2
A_s =	210.00	cm2

kontrola v Y smeri

τ_v,d_Y = 0.011 kN/cm2 < f_v,g,d = 0.154 kN/cm2

kontrola v Z smeri

τ_v,d_Z = 0.218 kN/cm2 < f_v,g,d = 0.154 kN/cm2

Obe smeri

τ_v,d_max = sqrt (τ_v,d_Y^2 + τ_v,d_Z^2) = 0.218 kN/cm2 < f_v,g,d = 0,173 kN/cm2

razmerje (τ_v,d_max / f_v,g,d) =	1.419	<	1

Normalne napetosti

k_m = 0.7

napetosti

σ_c,0,d = 0.000 KN/cm2 … brez uklona

σ_m,d_Y = 2.643 kN/cm2 … pripadajo momentu M_qd_Z < f_m,d = 1,536 kN/m2

σ_m,d_Z = 0.187 kN/cm2 … pripadajo momentu M_qd_Y < f_m,d = 1,536 kN/m2

kontrola 1

(σ_c,0,d / f_c,0,d)^2 + (σ_m,d_Y / f_m,d) + k_m * (σ_m,d_Z / f_m,d) < 1

1.878	<	1

kontrola 2

(σ_c,0,d / f_c,0,d)^2 + k_m * (σ_m,d_Y / f_m,d) + (σ_m,d_Z / f_m,d) < 1

1.380	<	1

Kontrola povesa

kdef 0.8

Ψ2,1 0

Ψ0,i 0.6 ... prevladuje sneg

Ψ2,i 0

Trenutni pomik v Y smeri			**Trenutni pomik v Z smeri**		
U_g =	0.000	cm	U_g =	0.558	cm
U_qs =	0.000	cm	U_qs =	1.650	cm
U_qw_tlak =	0.227	cm	U_qw_tlak =	0.238	cm
U_inst_Y =	0.136	cm	U_inst_Z =	2.351	cm

Končni pomik v Y smeri			**Končni pomik v Z smeri**		
U_fin_g =	0.000	cm	U_fin_g =	1.004	cm
U_fin_qs =	0.000	cm	U_fin_qs =	1.650	cm
U_fin_qw_tlak =	0.136	cm	U_fin_qw_tlak =	0.143	cm
U_fin_Y=	0.136	cm	U_fin_Z =	2.797	cm

Skupni pomik

Začetni pomik

U_inst =	2.355	cm	< L/300	1.27	cm

Končni pomik (z upoštevanjem reologije)

U_fin =	2.800	cm	< L/250	1.52	cm
		cm	< L/200	1.9	cm

Pozicija NE izpolnjuje pogoje MSU in MSN !