Občina Trbovlje

Dokumentacija: **ELABORAT:**

STATIČNA PRESOJA KONSTRUKCIJE OBSTOJEČE STAVBE OB POSTAVITVI SONČNE ELEKTRARNE NA STREHO OBJEKTA

Naročnik: **OBČINA TRBOVLJE**
Mestni trg 4, 1420 Trbovlje

Objekt: **GODBENI DOM**

Izdelovalec: **IBT SPI d.o.o. TRBOVLJE**
Trg revolucije 14
1420 TRBOVLJE

Direktor: **Jernej JEVŠEVAR**

IBT Svetovanje, projektiranje in inženiring d.o.o. TRBOVLJE

Izdelal: **Jernej JEVŠEVAR, dig.; IZS G-3916**

JERNEJ JEVŠEVAR
dipl.inž.grad.
IZS G-3916

Št. elaborata: **8361/24/3**

Št. izvoda: **1 2 A**

Datum izdelave elaborata: **april 2024**

KAZALO VSEBINE:

1.0 TEKSTUALNI DEL

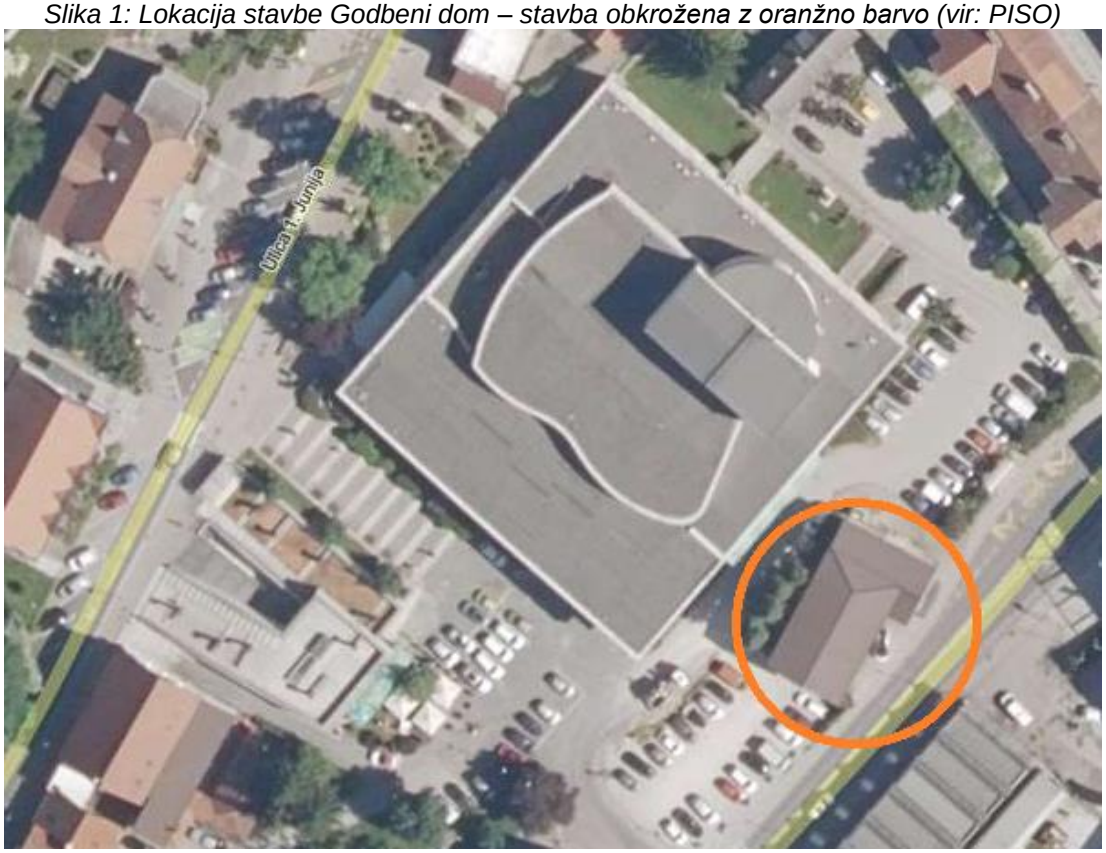
2.0 RAČUN KONSTRUKCIJE

2.1 LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – špirovci in škarje; z upoštevanjem dodatne obtežbe FV
2.2 LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – vmesna lega; z upoštevanjem dodatne obtežbe FV
2.3 LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – trapezno vešalo; z upoštevanjem dodatne obtežbe FV

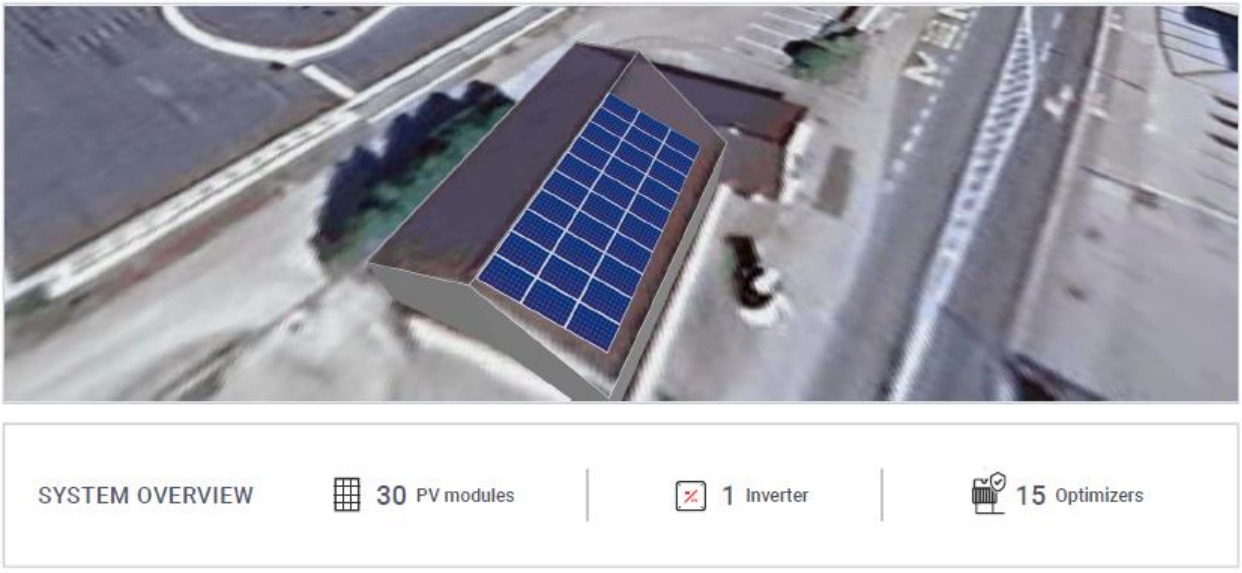
UVOD

Naročnik Občina Trbovlje želi na streho (JV strešino) Godbenega doma postaviti fotonapetostno elektrarno, zato je naročil statično presojo predmetne strešne konstrukcije z upoštevanjem vpliva dodatne obtežbe FV panelov s pripadajočo podkonstrukcijo.

Slika 1: Lokacija stavbe Godbeni dom – stavba obkrožena z oranžno barvo (vir: PISO)



Slika 2: Območje FV panelov (vir: DESIGNER REPORT)



Ker s posegom postavitve FV elektrarn na strehe objektov dodatno obremenimo strešne konstrukcije, je potrebno v sklopu presoj dokazati, da zaradi omenjene dodatne obremenitve ne bosta ogroženi mehanska odpornost in stabilnost objekta oziroma, da bo nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti vsaj enak tistemu pred posegom.

V skladu s 4. odstavkom 25. člena gradbenega zakona (GZ-1) mora biti namreč vsak poseg izveden tako, da je mehanska odpornost in stabilnost objekta zagotovljena v skladu z aktualnimi predpisi, t. j. v skladu z določili danes veljavnih standardov Evrokod, pri čemer se preverjanje izpolnjevanja teh zahtev omeji na tiste bistvene in druge zahteve, ki so predmet spreminjanja objekta.

Ta zahteva se ne uporablja, če je to tehnično neizvedljivo ali povezano z nesorazmernimi stroški, pri čemer pa se gradbenotehnične lastnosti objekta, med katere lahko štejemo tudi nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti, ne smejo poslabšati.

Z vidika zagotovitve ustrezne mehanske odpornosti in stabilnosti so problematične predvsem stavbe, grajene v skladu s starejšimi predpisi, ki že pred postavitvijo elektrarne na strehi ne zadostijo danes veljavnim standardom Evrokod, s postavitvijo elektrarne pa se obtežba še nekoliko poveča, nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti pa se posledično še zmanjša.

Strokovno pravilen pristop je, da se za take objekte pred postavitvijo sončne elektrarne predvidi ustrezne konstrukcijske ojačitve na način, da bo nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti vsaj enak tistemu pred posegom, če to ni povezano z nesorazmernimi stroški pa je torej potrebno nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti uskladiti tudi z danes veljavnimi standardi Evrokod.

Vprašanje, kdaj so stroški nesorazmerni, gradbena zakonodaja zelo slabo ureja, saj to ni nikjer ustrezno pojasnjeno.

Povsem druga zgodba je usklajevanje potresne odpornosti starejših objektov z današnjimi predpisi. Teoretično se sicer zaradi povečanja mase na strehi poveča tudi potresna obtežba, kar pomeni, da se nivo potresne odpornosti objekta zniža, a v praksi je tako znižanje potresne varnosti največkrat zanemarljivo, kar še posebej velja za zidane ali betonske stenaste objekte. (povzeto po IZS - MSG Okrožnica št. 4: Statična presoja konstrukcije obstoječe stavbe ob postavitvi sončne elektrarne na streho objekta).

PREDMET ELABORATA

OBSEG AKTIVNOSTI ZA IZDELAVO ELABORATA:

- Pregled obstoječe projektne dokumentacije in pregled nosilne konstrukcije v dejanskem stanju

- Izdelava statične presoje konstrukcij z upoštevanjem dodatne obtežbe fotonapetostne elektrarne (skladno aktualnimi predpisi, t.j. s standardi Evrokod).

Predmet elaborata je statična presoja strešne konstrukcije objekta Godbeni dom z upoštevanjem dodatne obtežbe FV elektrarne. Statični račun je izdelan na podlagi veljavnih standardov EVROKOD (v nadaljevanju EC). Elaborat obravnava izključno vidik zagotavljanja ustrezne

mehanske odpornosti in stabilnosti objekta. Drugi vidiki (npr. požarna varnost, idr.) so zajeti v sklopu ločenih dokumentov.

V sklopu presoje je izdelan kontrolni račun po EC na podlagi naslednjih računskih modelov:

LESENO OSTREŠJE NAD VADBENIM PROSTOROM:

1. LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – špirovci in škarje; z upoštevanjem dodatne obtežbe FV
2. LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – vmesna lega; z upoštevanjem dodatne obtežbe FV
3. LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – trapezno vešalo; z upoštevanjem dodatne obtežbe FV

DOKUMENTACIJA PREJETA S STRANI NAROČNIKA

PODATKI O FV SISTEMU

- [1] DESIGNER REPORT; EVJ Energetika d.o.o. Loke pri Zagorju 22, 1412 Kisovec, marec 2024

OBSTOJEČA PROJEKTNA DOKUMENTACIJA – ENERGETSKA SANACIJA GODBENEGA DOMA (digitalna oblika):

- [2] 1 NAČRT ARHITEKTURE št. 18/19-1, AKA d.o.o., december 2019, faza PZI
- [3] 3 NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE št. 18/19-3, GABARIT d.o.o., december 2019, faza PZI
- [4] 3 NAČRT STROJNIH INSTALACIJ IN STROJNE OPREME št. S-15D-13/19, Šlibar Inženiring d.o.o., december 2019, faza PZI

LOKACIJA OBJEKTA

Objekt se nahaja na parceli 351/4 k.o. 1871 – TRBOVLJE na naslovu Trg svobode 9 v Trbovljah.

OBSTOJEČE STANJE

Stavba ima etažnost K(delno)+P+N in je zgrajena kot zidana konstrukcija, predvidoma z AB medetažnimi ploščami. Lastnik ne razpolaga z obstoječo projektno dokumentacijo. Stavba je starejšega datuma, po dostopnih podatkih z wikipedije je bil to nekdanji objekt obrata Jugometalije, v katerega so se godbeniki preselili leta 1962.
Tlorisni gabarit je pravokotne oblike z manjšim izidkom, kjer je lociran vhod v objekt in stopnišče, maksimalnih tlorisnih dimenzij 21,3 x 13,5 m. Maksimalna višina objekta, merjena od najnižje točke terena v pritličju objekta do slemena je 10,8 m. Konstrukcija objekta je predvidoma delno grajena v armiranobetonski izvedbi in delno iz opečnih zidakov, debeline nosilnih zidov so med 50 in 20 cm. (povzeto po [2])

V letu 2019 je bila izdelana projektna dokumentacija PZI s katero je predvidena energetska sanacija stavbe [2], [3], [4].

V letu 2021 je bila izvedena prenova strehe, nameščena izolacija podstrešja in prenova ogrevanja. V letu 2022 pa je bila izvedena prenova vadbenega prostora (dvorane), v sklopu katere so se obnovile stene in strop ter akustična obloga in elektroinstalacije pritličja. (vir: https://zon.si/ena-najstarejsih-godb-bo-koncno-vadila-v-sodobnih-prostorih/)

Slika 3: Prenova stropa dvorane (vir: ZON.SI)

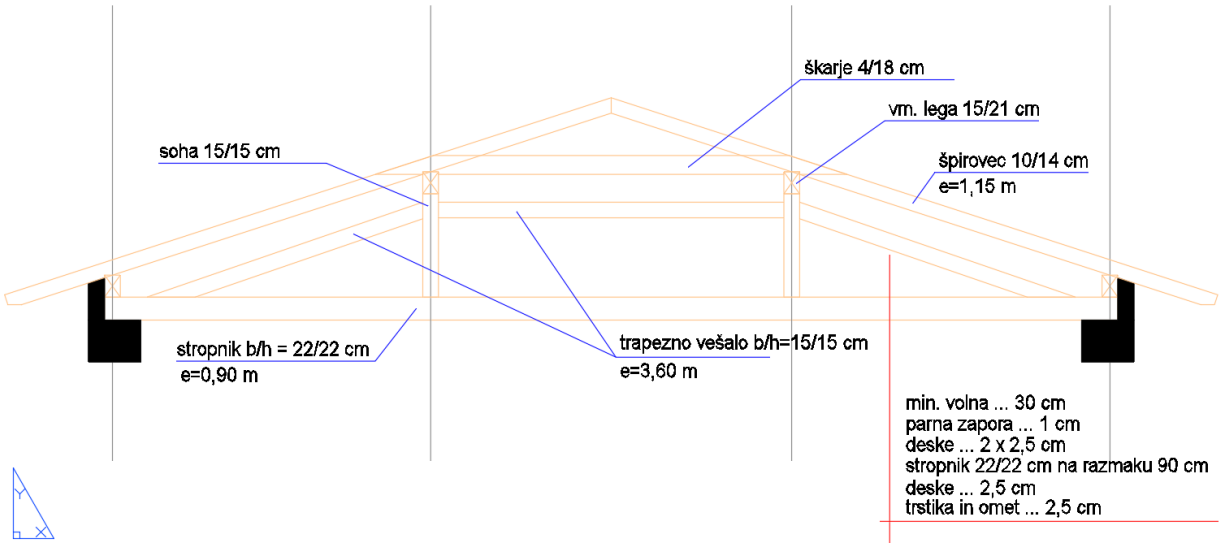


Dne 2.4.2024 smo izvedli pregled lesene konstrukcije ostrešja za potrebe izdelave računskih modelov za statično analizo. Zaradi problematičnosti dostopa smo za ugotovitev stropnega sestava med nadstropjem in podstrešjem lahko izvedli samo eno sondažno odprtino na območju trapeznega vešala (od zgoraj s podstrešja), na podlagi katere smo lahko izmerili dimenzijo lesenega stropnika in razmak med sosednjim stropnikom ter preverili sestav stropne konstrukcije.

Pred izvedbo montaže FV panelov na streho je potrebno izvesti dodatne sondažne odprtine s spodnje strani stropne konstrukcije (v prostoru nad dvorano) na območju trapeznega vešala, da se potrdi stropni sestav (dimenzije stropnikov, medsebojni razmak, idr).

Pregled stanja vgrajenih lesenih elementov je pokazal dobro stanje dostopnih vgrajenih lesenih elementov. Na podlagi pregleda lesenih elementov ocenjujemo trdnostni razred C24.

Slika 4: Dimenzije prerezov elementov ostrešja (trapeznega vešala z legami in špirovci) objekta Godbeni dom Trbovlje

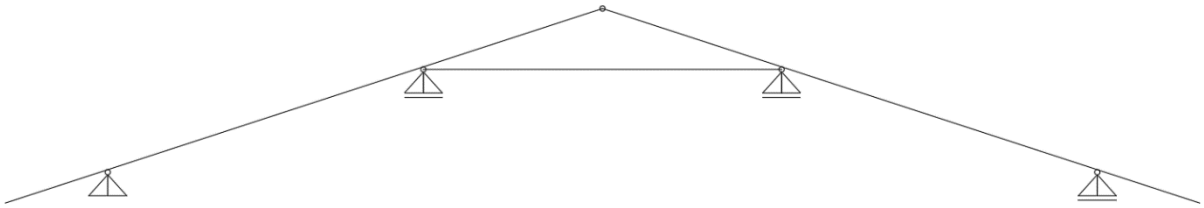


STATIČNI MODELI IN OBTEŽBE TER POVZETEK REZULTATOV

Statična analiza je izdelana s programom Tower in z upoštevanjem Evrokod predpisov.

Računski modeli:

1. LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – špirovci in škarje

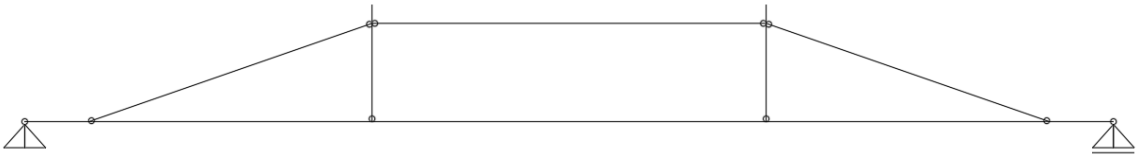


2. LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – vmesna lega



Razpon med podporama: L=3,60 m

3. LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – trapezno vešalo



Razpon med podporama: L=9,70 m

Upoštevane so vrednosti za mejno stanje nosilnosti (MSN – ULS) in mejno stanje uporabnosti (MSU – SLS).
g … lastna in stalna obtežba
p … obtežba FV panelov s podkonstrukcijo
s … obtežba snega
w … obtežba vetra
q … koristna obtežba stropne konstrukcije podstrešja (kat. H)

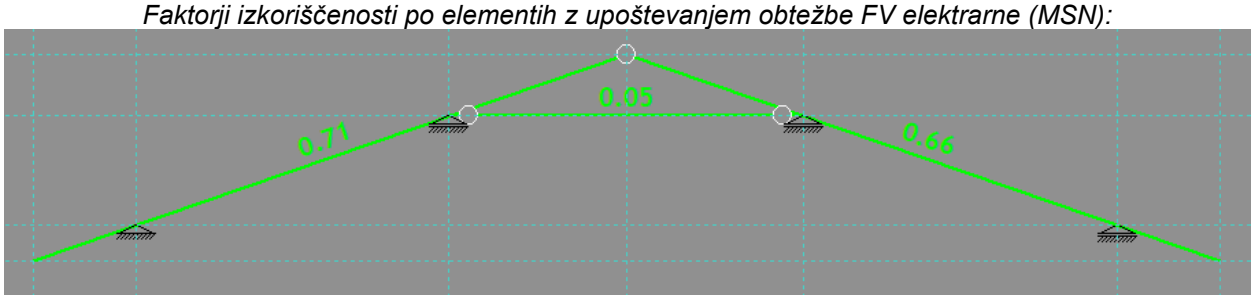
1. LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – špirovci in škarje; e=1,15 m

g	**ŠPIROVCI – stalna obtežba**				
	Opis	**Vrsta obt.**	**γ**	**gi [kN/m2]**	**gi [kN/m1] na element**
	Strešna kritina			0,20	0,230
	2 x letve 6/6 / 0,5 m			*0,10*	*0,115*
	Sekundarna kritina			0,03	0,035
	Lesena oplata d=2 cm			0,14	0,161
	STALNA SKUPAJ:=	stalna	1,35	0,47	**0,541**
	LASTNO TEŽO KONSTRUKCIJE UPOŠTEVA PROGRAM TOWER!				
p	**FV paneli s podkonstrukcijo**	stalna	1,35	0,15	**0,17**
s	**Sneg**	Sprem.	1,50	1,17	**1,34**
w	**Veter max. tlak**	Sprem.	1,50	0,20	**0,23**

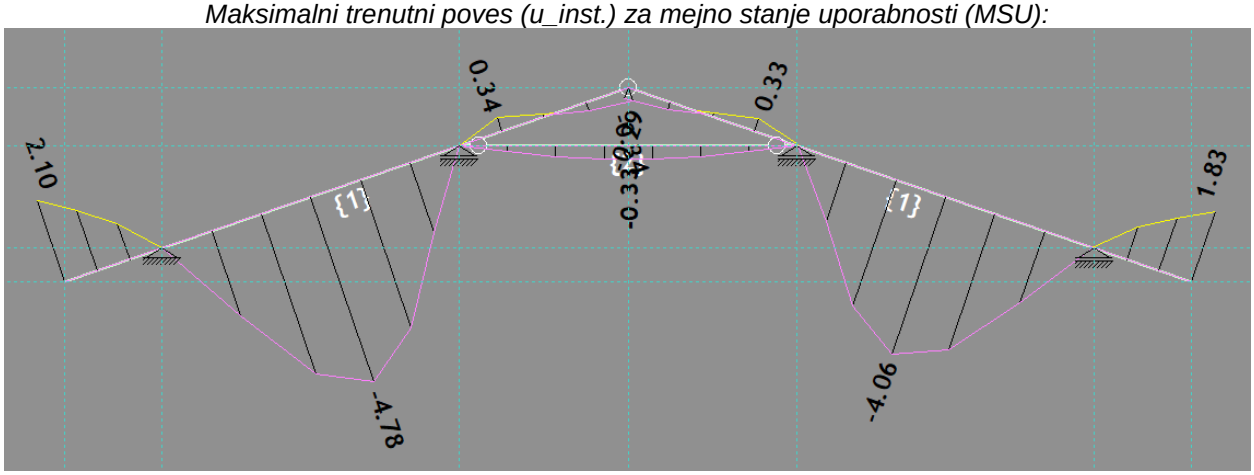
MSN: merodajna kombinacija: 1,35 (g + p) + 1,5 s + 0,6 x 1,5 x w (karakteristični vpliv)

MSU: merodajna kombinacija: 1,0 (g + p) + 1,0 s + 0,6 x 1,0 x w (karakteristični vpliv)

Faktorji izkoriščenosti po elementih z upoštevanjem obtežbe FV elektrarne (MSN):



Maksimalni trenutni poves (u_inst.) za mejno stanje uporabnosti (MSU):



Maksimalni končni poves u_fin:= 5,79 mm < 16,10 = L/200

Obstoječi leseni špirovci in škarje so sposobni prevzeti vpliv dodatne obtežbe FV panelov s podkonstrukcijo.

2. LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – vmesna lega

	VMESNA LEGA – reakcije privzete iz 1. modela (od špirovcev in škarij)				
	Opis	**Vrsta obt.**	**γ**	**Vert. Reakcija Fi [kN]**	**gi [kN/m1] na element**
g	**Vpliv stalne obtežbe**	stalna	1,35	2,21	**1,92**
	LASTNO TEŽO KONSTRUKCIJE UPOŠTEVA PROGRAM TOWER!				
p	**Vpliv FV panelov**	stalna	1,35	0,57	**0,50**
s	**Vpliv snega**	Sprem.	1,50	4,72	**4,10**
w	**Vpliv vetra max. tlak**	Sprem.	1,50	0,80	**0,70**

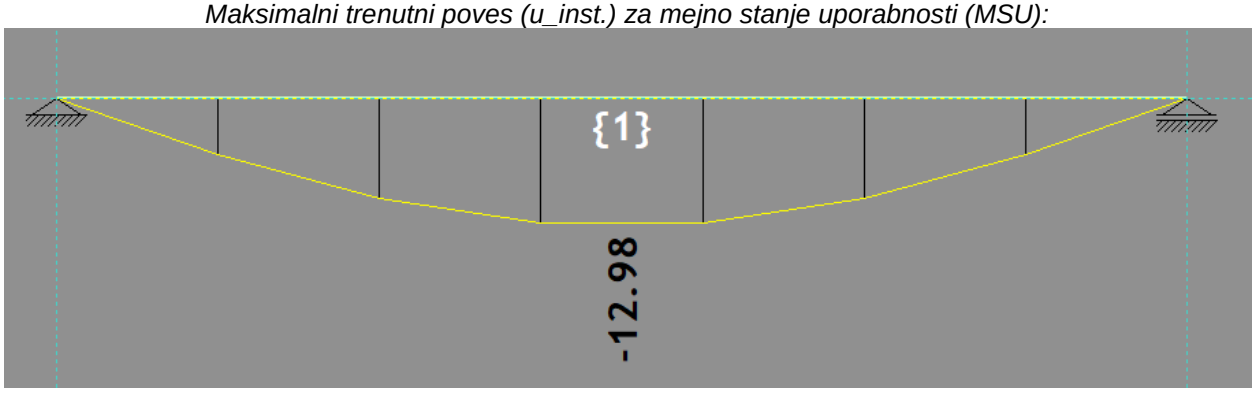
MSN: merodajna kombinacija: 1,35 (g + p) + 1,5 s + 0,6 x 1,5 x w (karakteristični vpliv)

MSU: merodajna kombinacija: 1,0 (g + p) + 1,0 s + 0,6 x 1,0 x w (karakteristični vpliv)

Faktorji izkoriščenosti po elementih z upoštevanjem obtežbe FV elektrarne (MSN):



Maksimalni trenutni poves (u_inst.) za mejno stanje uporabnosti (MSU):



Maksimalni končni poves u_fin:= 15,98 mm < 18,00 = L/200

Obstoječi vmesni legi sta sposobni prevzeti vpliv dodatne obtežbe FV panelov s podkonstrukcijo.

3. LINIJSKI RAČUNSKI MODEL – trapezno vešalo

	TRAPEZNO VEŠALO – reakcije privzete iz 2. modela (od vmesnih leg)				
	Opis	**Vrsta obt.**	**γ**	**Vert. Reakcija Fi [kN]**	**gi [kN/m1] na element**
G	**Vpliv stalne obtežbe**	stalna	1,35	3,74	**1,92**
	LASTNO TEŽO KONSTRUKCIJE UPOŠTEVA PROGRAM TOWER!				
P	**Vpliv FV panelov**	stalna	1,35	0,90	**0,50**
S	**Vpliv snega**	Sprem.	1,50	7,38	**4,10**
W	**Vpliv vetra max. tlak**	Sprem.	1,50	1,26	**0,70**
	LASTNO TEŽO KONSTRUKCIJE UPOŠTEVA PROGRAM TOWER!				

g	**TRAPEZNO VEŠALO: OBTEŽBA STROPNE KONSTRUKCIJE – stalna obtežba**				
	Opis	**Vrsta obt.**	**γ**	**gi [kN/m2]**	**gi [kN/m1] na element**
	Mineralna volna debeline 30 cm			0,24	
	Parna zapora			*0,01*	
	Lesena oplata 2 x d=2,5 cm			0,36	
	Lesena oplata 1 x d=2,5 cm			0,18	
	Omet na trstiki d=3,0 cm			0,54	
	STALNA SKUPAJ:=	stalna	1,35	1,33	**1,20**
	LASTNO TEŽO KONSTRUKCIJE (stropnki na razmaku e=90 cm) UPOŠTEVA PROGRAM TOWER!				
q	**Koristna obtežba kat. H**	Sprem.	1,50	0,40	**0,36**

MSN: merodajna kombinacija:

1,35 (g + p) + 1,5 s + 0,6 x 1,5 x w (karakteristični vpliv)

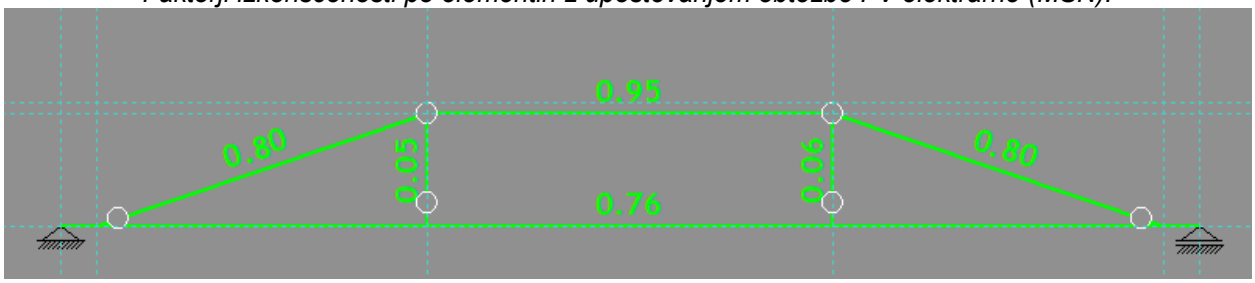
1,35 (g + p) + 1,5 q + 0,5 x 1,5 x s (karakteristični vpliv)

MSU: merodajna kombinacija:

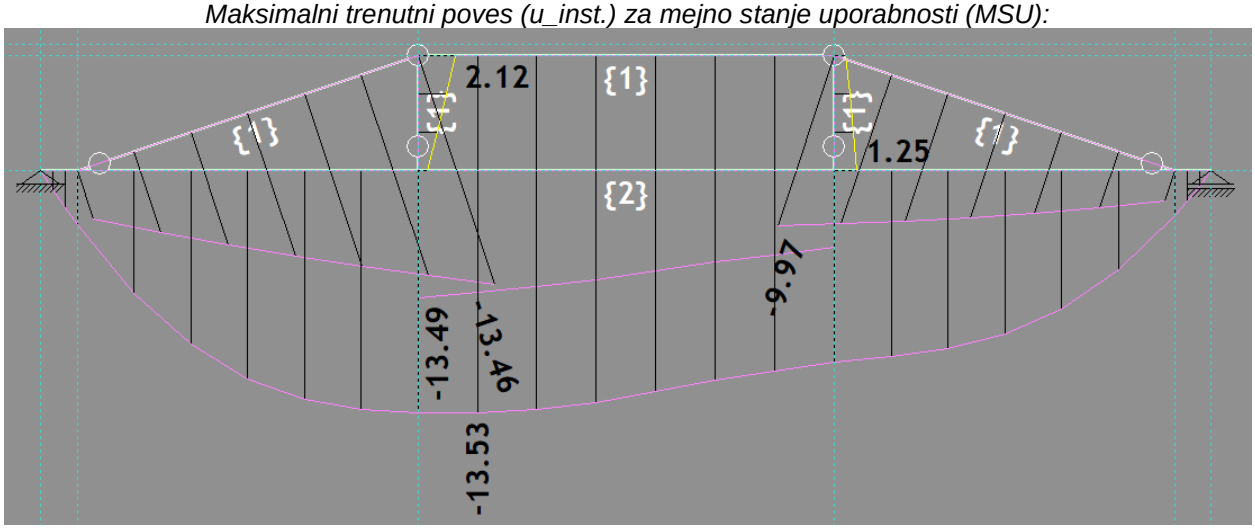
1,0 (g + p) + 1,0 s + 0,6 x 1,0 x w (karakteristični vpliv)

1,0 (g + p) + 1,0 q + 0,5 x 1,0 x s (karakteristični vpliv)

Faktorji izkoriščenosti po elementih z upoštevanjem obtežbe FV elektrarne (MSN):



Maksimalni trenutni poves (u_inst.) za mejno stanje uporabnosti (MSU):



Maksimalni končni poves u_fin:= 15,67 mm < 32,33 = L/300 (stropovi s krhkimi oblogami)

Obstoječi elementi trapeznega vešala so sposobni prevzeti vpliv dodatne obtežbe FV panelov s podkonstrukcijo.

ZAKLJUČEK:

Obstoječa konstrukcija je sposobna prevzeti vpliv dodatne obtežbe FV panelov s podkonstrukcijo. Predviden poseg postavitve FV panelov na streho stavbe ne predstavlja bistvenega vpliva na zagotavljanje mehanske odpornosti in stabilnosti celotnega objekta.

Trbovlje, april 2024

Sestavil:

Jernej JEVŠEVAR, dig.

JERNEJ JEVŠEVAR
dipl.inž.grad.
IZS G-3916