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: **DELAVSKI DOM TRBOVLJE**

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: **8361/24/2**

Št. izvoda: **1 2 A**

Datum izdelave elaborata: **marec 2024**

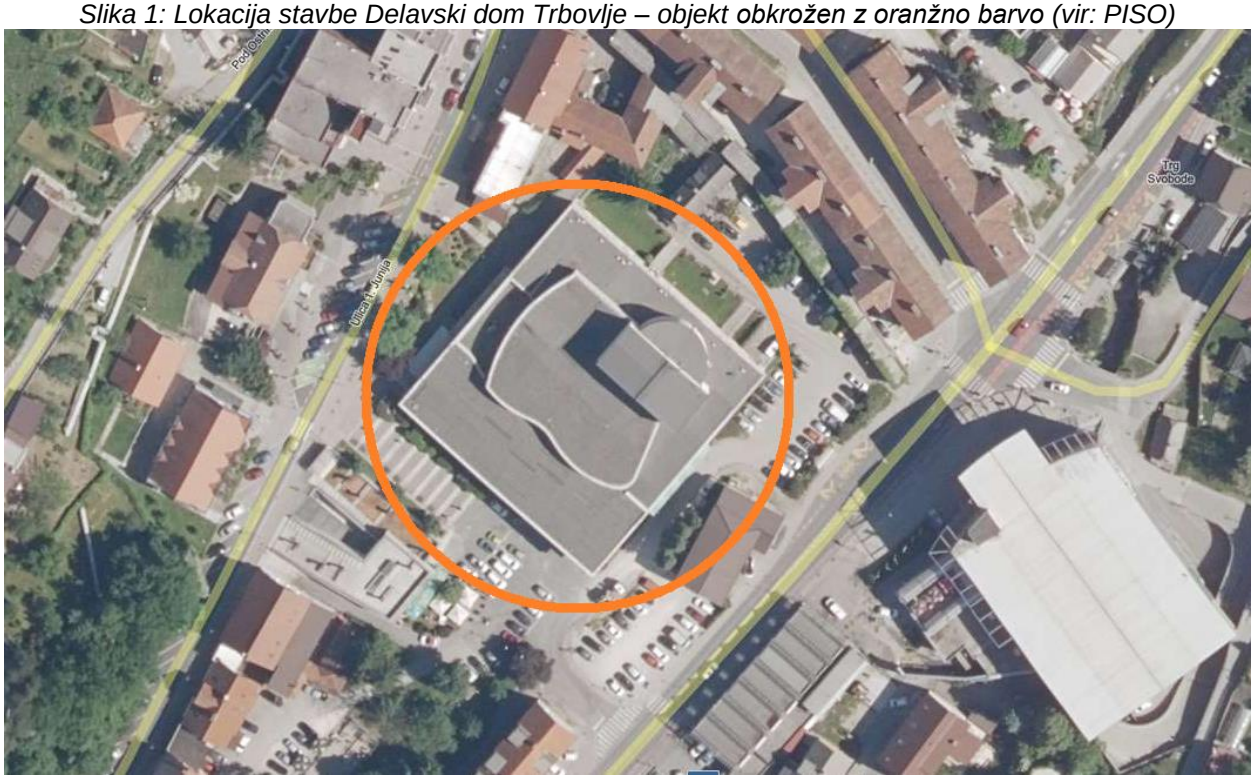
KAZALO VSEBINE:

1.0 TEKSTUALNI DEL

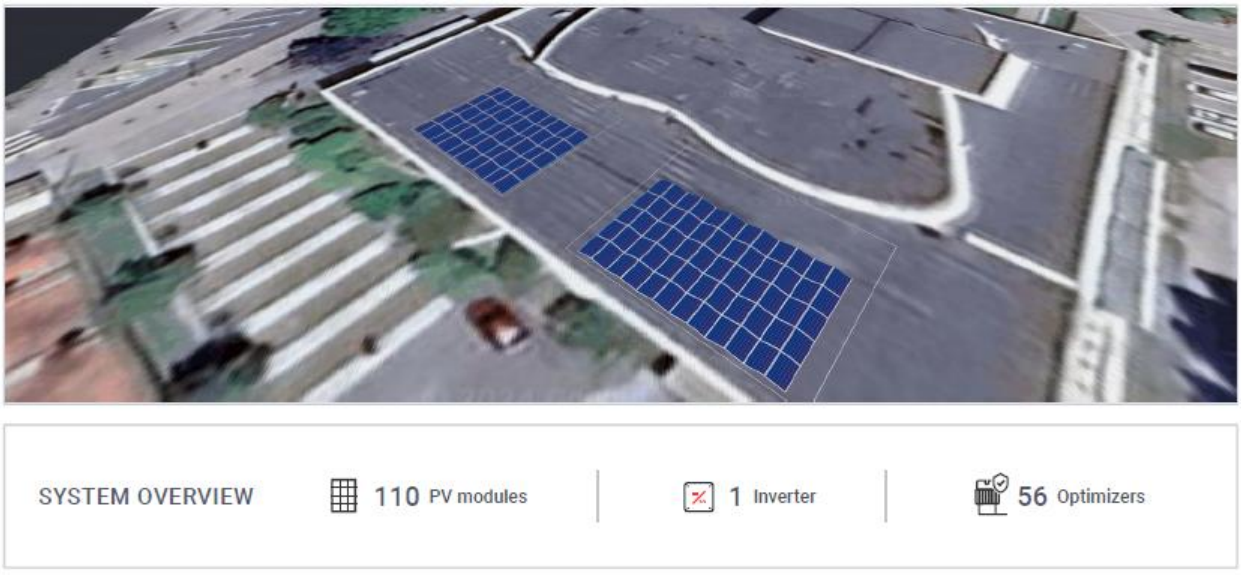
UVOD

Naročnik Občina Trbovlje želi na streho Delavskega doma Trbovlje (JV streha nad avlo) 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 Delavski dom Trbovlje – objekt obkrožen 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.

- Inženirska presoja vpliva dodatne obtežbe fotonapetostne elektrarne na obstoječo strešno konstrukcijo stavbe.

Predmet elaborata je inženirska presoja vpliva dodatne obtežbe fotonapetostne elektrarne na obstoječo strešno konstrukcijo stavbe Delavski dom Trbovlje. FV elektrarna je predvidena na ravni strehi (na JZ strani stavbe) – na krovu nad foyer-jem (kota cca. +10.00). 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 vpliva dodatne obtežbe fotonapetostne elektrarne smo se zaradi pomanjkanja detajlnih podatkov o objektu, ki je bil zgrajen leta 1956 in predstavlja profano stavbno dediščino (Kulturno varstveni režim dediščine: spomenik) omejili predvsem na cilj ohranitve nivoja zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti objekta, ki bo (kljub predvidenemu posegu) enakovreden tistemu pred posegom, saj je zaradi narave in statusa predmetne stavbe kakršen koli konstrukcijski poseg z namenom doseganja zahtev danes veljavnih standardov Evrokod zelo zahteven, tako iz vidika izvedbe, kot tudi z vidika stroškov. Kakršnakoli utrditev objekta bi bila, samo zaradi inštalacije razmeroma lahkih FV panelov, v našem primeru pretirana.

Izhajamo torej iz načela, da s predvidenim posegom ne poslabšamo stanja obstoječih konstrukcij stavbe. Pri pregledu dejanskega stanja objekta ugotavljamo, da je-le ta v dobrem stanju in na objektu ni vidnih poškodb.

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

RAZPOLOŽLJIVA PROJEKTNA DOKUMENTACIJA in VIRI

- [2] Arhitekturne risbe avtorja arhitekta M. Župančiča iz leta 1954 pridobljene iz Zgodovinskega arhiva Celje
- [3] Energetska prenova Delavski dom Trbovlje, PZI, št. 29/2022, Adesco d.o.o., oktober 2022
- [4] Sondažna odprtina v ravni strehi (krov nad foyerjem) za ugotovitev dejanskih sestavov, marec 2024

LOKACIJA OBJEKTA

Objekt se nahaja na parceli 1930 k.o. 1871 – TRBOVLJE.

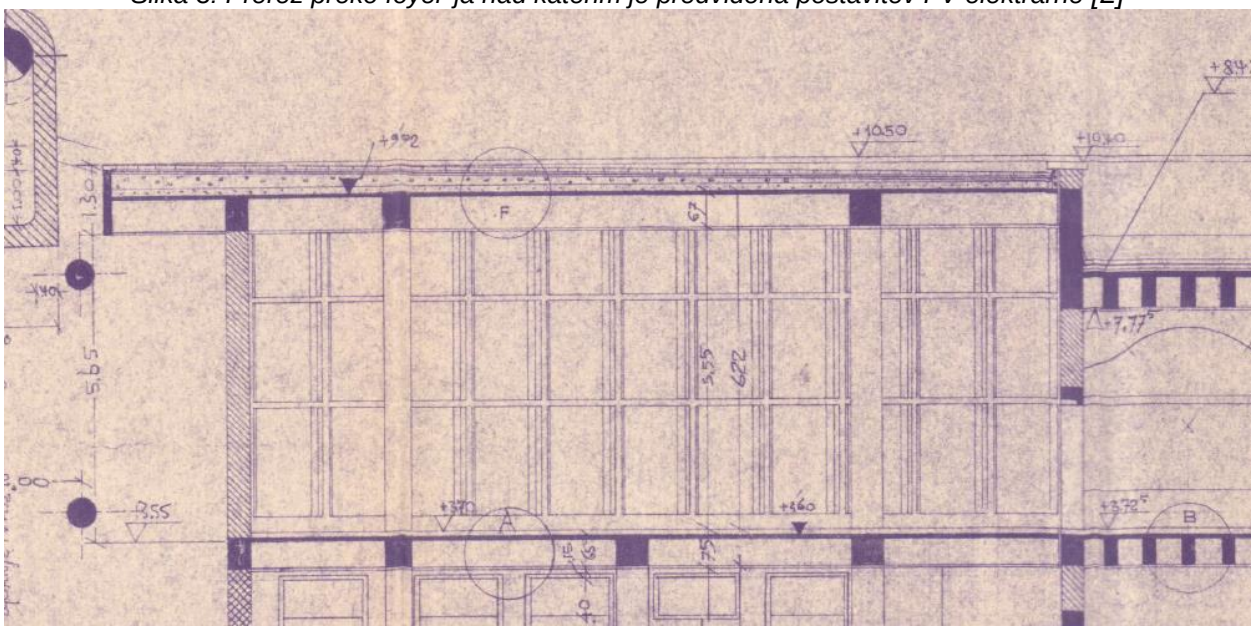
OBSTOJEČA KONSTRUKCIJA (povzeto po [2] in [3])

Objekt je izveden kot železobetonska zgradba s terasnimi strehami z notranji odvodi meteorne vode. Ostrešje nadodrišča je izvršeno v jekleni konstrukciji in prekrito s pločevino.

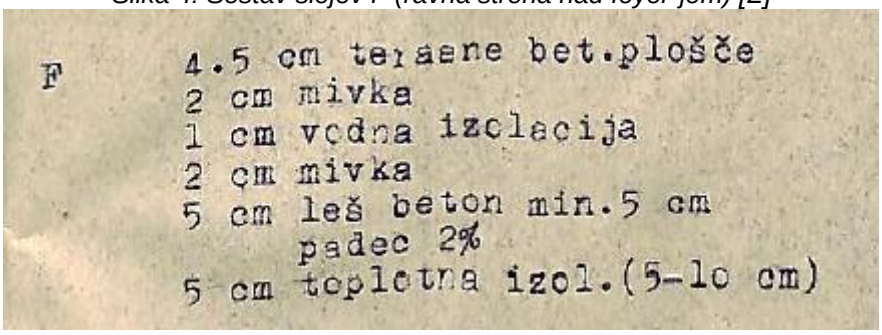
Načrtovanje objekta in gradnja objekta sta se prepletali, potekali sta v letih 1952 do 1956. Z gradbenim delom projekta (statični račun konstrukcije) nismo razpolagali. Podatki o upoštevanih vplivih na konstrukcije in materialne karakteristike vgrajenih materialov nosilnih konstrukcij niso na voljo.

Iz obstoječih originalnih arhitekturnih grafičnih prilog in tehničnega poročila iz leta 1954 so razvidni posamezni konstrukcijski sestavi slojev.

Slika 3: Prerez preko foyer-ja nad katerim je predvidena postavitev FV elektrarne [2]



Slika 4: Sestav slojev F (ravna streha nad foyer-jem) [2]



Po podatkih uporabnika so bile ravne strehe na objektu pred cca. 20 leti sanirane na takšen način, da so se deloma spremenili sestavi. V sklopu sanacije so se najprej odstranile obstoječe terasne betonske plošče (debeline 4,5 cm) in sloj mivke. Nato je bil dodan sloj EPS debeline 8 cm in nato nova bitumenska kritina s posipom. Dejansko stanje smo preverili s sondažno odprtino (do globine naklonskega sloja iz leš betona) na območju predvidenega posega (postavitev FV elektrarne) in ugotovili, da je trenutni sestav sledeč:

SESTAV RAVNE STREHE PO SANACIJI STREHE - trenutno stanje:

	Opis	**Povp. debelina [m]**
1	Hidroizolacija	0,01
2	EPS 8 cm	0,08
3	Vodna izolacija 1 cm [2]	0,01
4	Mivka 2 cm [2]	0,02
5	Leš beton min. 5 cm (padec 2%); 5-35 cm [2]	0,20
6	Toplotna izolacija (heraklit pl.) 5-10 cm [2]	0,05

Slika 5: Sondažna odprtina marec 2024 (ravna streha nad foyer-jem) [4]



V mesecu oktobru 2022 je bila izdelana projektna dokumentacija PZI za energetsko prenovo Delavskega doma Trbovlje, katero je izdelalo podjetje Adesco d.o.o. iz Velenja [3]. V projektu je med drugim predvideno, da se sestav ravne strehe nad foyer-jem energetsko sanira tako, da se najprej odstranijo vsi obstoječi sloji do nosilne konstrukcije. Nato pa se izvedejo vsi novi sloji po naslednjem sestavu:

SESTAV RAVNE STREHE PO PROJEKTU ES (2022) - predvideno stanje

	Opis	Povp. debelina [m]
1	Kritina (kot npr. SIKA Sarnafil TS 77-20)	0,01
2	Ločilni sloj	0,01
3	Mineralna volna 8 cm	0,08
4	Mineralna volna 15 cm	0,15
5	Mineralna volna v naklonu 1,5 % 2-30 cm	0,16
6	Parna zapora	0,01

INŽENIRSKA PRESOJA IN ANALIZA OBTEŽB (stalna obtežba)

Glede na razpoložljive podatke smo analizirali stalne obtežbe na ravni strehi, ki je predmet posega postavitve FV elektrarne. Analiza stalne obtežbe (brez lastne teže nosilne konstrukcije) je izdelana za vsak primer posebej, glede na kronologijo posegov sprememb konstrukcijskih sestavov ter predvidenih variant posegov, in sicer:

0./ SESTAV STREHE PO ORIGINALNIH NAČRTIH IZ LETA 1954 – prvotno stanje
1./ SESTAV RAVNE STREHE PO SANACIJI (pred cca. 20 leti) - trenutno stanje

2./ SESTAV RAVNE STREHE PO PROJEKTU ENERGETSKE SANACIJE (2022) - predvideno stanje varianta 1
1*./ POSTAVITEV FV ELEKTRARNE NA TRENUTNI SESTAV (1./) - predvideno stanje varianta 2
2*./ POSTAVITEV FV ELEKTRARNE NA PREDVIDENI SESTAV (2./) - predvideno stanje varianta 3

0. SESTAV RAVNE STREHE PO ORIGINALNIH NAČRTIH IZ LETA 1954 - prvotno stanje

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
1	Terasne betonske plošče	24	0,045	1,080
2	Mivka	15	0,020	0,300
3	Vodna izolacija	14	0,010	0,140
4	Mivka	15	0,020	0,300
5	Leš beton min. 5 cm (padec 2%); 5-35 cm	18	0,200	3,600
6	Toplotna izolacija (heraklit pl.) 5-10 cm	2,5	0,050	0,125

Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**	**5,545**

1. SESTAV RAVNE STREHE PO SANACIJI STREHE (pred cca. 20 leti) - trenutno stanje

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
1	Hidroizolacija	14	0,010	0,140
2	EPS; 8 cm	0,35	0,080	0,028
3	Vodna izolacija	14	0,010	0,140
4	Mivka	15	0,020	0,300
5	Leš beton min. 5 cm (padec 2%); 5-35cm	18	0,200	3,600
6	Toplotna izolacija (heraklit pl.) 5-10 cm	2,5	0,050	0,125

Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**	**4,333**

Komentar: Po sanaciji ravne strehe se je stalna obtežba na strešno konstrukcijo zmanjšala za 1,2 kN/m2 oziroma 120 kg/m2. Pri trenutnem stanju je torej streha razbremenjena za cca. 20 % stalne obtežbe, glede na prvotno stanje.

2. SESTAV RAVNE STREHE PO PROJEKTU ENERGETSKE SANACIJE (2022) - predvideno stanje varianta 1

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
1	Kritina (kot npr. SIKA Sarnafil TS 77-20)			0,050
2	Ločilni sloj			0,050
3	Mineralna volna 8 cm	1,6	0,080	0,128
4	Mineralna volna 15 cm	1,6	0,150	0,240
5	Mineralna volna 2-30 cm	1,6	0,160	0,256
6	Parna zapora			0,050

Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**	**0,774**

Komentar: S predvideno energetsko sanacijo ravne strehe se stalna obtežba na strešno konstrukcijo zmanjša za cca. 4,8 kN/m2 oziroma 480 kg/m2. S tem se streha razbremenjeni za cca. 85 % stalne obtežbe, glede na prvotno stanje.

1*. POSTAVITEV FV ELEKTRARNE NA TRENUTNI SESTAV (1./) - predvideno stanje varianta 2

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
d2	*FV Paneli s podkonstrukcijo*			*0,200*
d1	*Prodec debeline 5 cm (po potrebi)*	*18*	*0,050*	*0,900*
1	Hidroizolacija	14	0,010	0,140
2	EPS; 8 cm	0,35	0,080	0,028
3	Vodna izolacija	14	0,010	0,140
4	Mivka	15	0,020	0,300
5	Leš beton min. 5 cm (padec 2%); 5-35cm	18	0,200	3,600
6	Toplotna izolacija (heraklit pl.) 5-10 cm	2,5	0,050	0,125

Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**	**5,433**

2*. POSTAVITEV FV ELEKTRARNE NA PREDVIDENI SESTAV (2./) - predvideno stanje varianta 3

	Opis	γ [kN/m3]	debelina [m]	gi [kN/m2]
d2	*FV Paneli s podkonstrukcijo*			*0,200*
d1	*Prodec debeline 5 cm (po potrebi)*	*18*	*0,050*	*0,900*
1	Kritina (kot npr. SIKA Sarnafil TS 77-20)			0,050
2	Ločilni sloj			0,050
3	Mineralna volna 8 cm	1,6	0,080	0,128
4	Mineralna volna 15 cm	1,6	0,150	0,240
5	Mineralna volna 2-30 cm	1,6	0,160	0,256
6	Parna zapora			0,050

Σ	**STALNA OBTEŽBA NA m2 HORIZONTALNE OSNOVE SKUPAJ:**	**1,874**

Komentar: S postavitvijo FV elektrarne na predvidena sestava 1* in 2* se stalna obtežba na nosilno konstrukcijo ne poveča, glede na prvotno stanje (0). Kljub temu se naročniku pred postavitvijo FV elektrarne predlaga izvedba energetske sanacije na tem območju strehe, saj bo v prihodnosti zaradi delujoče FV elektrarne, izvedba ES otežena.

ZAKLJUČEK:

Pri vseh treh predvidenih variantah spremembe konstrukcijskih sestavov (2, 1* in 2*) je razvidno, da je stalna obtežba (brez lastne teže nosilne konstrukcije) manjša od prvotne (originalni sestav od leta 1954). S postavitvijo predvidene FV elektrarne na ravno streho nad foyer-jem bo nivo zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti objekta ohranjen oziroma bo enakovreden tistemu pred posegom.

Trbovlje, MAREC 2024

Sestavil:

Jernej JEVŠEVAR, dig.

