



ŠOLSKI
CENTER
CELJE

Srednja šola za gradbeništvo
in varovanje okolja

SONČNA ELEKTRARNA: IZVEDBA IN VZDRŽEVANJE

gradbeništvo in arhitektura



Avtorice raziskovalne naloge: Anja Radej, Petja Oset, Lara Košir
Mentorica raziskovalne naloge: Valentina Novak, mag. gosp. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje 2025

Vsebina

Kazalo slik	4
Kazalo tabel.....	4
Kazalo grafov	4
Zahvala.....	5
Povzetek.....	6
1. Uvod	8
1.1 Opredelitev problema	8
1.2 Namen in cilj raziskovalne naloge	8
1.3 Metode dela.....	9
1.4 Postavitev hipotez	9
2. Splošno o sončnih elektrarnah.....	10
2.1 Kaj je sončna elektrarna?.....	10
2.2 Kako sončna elektrarna proizvaja električno energijo?	10
2.3 Prednosti in slabosti sončnih elektrarn	11
3. Sončne elektrarne v Savinjski regiji	13
4. Priprava na izvedbo sončne elektrarne.....	14
4.1 Načrtovanje	14
4.2 Soglasja in dovoljenja.....	15
4.3 Priprava in zaščita gradbišča.....	15
5. Izvedba sončne elektrarne	17
5.1 Sončne elektrarne na strehah z naklonom	17
5.1.1 Opečne strehe	17
5.1.2 Pločevinaste strehe	19
5.1.3 Moduli kot strešna kritina	20
5.1.4 Moduli brez okvirja – laminati.....	20
5.2 Sončne elektrarne na ravnih strehah.....	20
5.2.1 Žagasto nameščanje	20
5.3 Sončne elektrarne na fasadah.....	22
5.4 Sončne elektrarne na terenu	22
5.4.1 Sončne elektrarne z vijačenjem vijakov	23
5.4.2 Sončne elektrarne z betonskimi temelji	25
5.4.3 Sončne elektrarne na zabatih temeljih	26
6. Vzdrževanje sončnih elektrarn.....	28

6.1	Redna vzdrževalna dela	28
6.2	Občasna in izredna vzdrževalna dela.....	29
6.3	Vzdrževanje v praksi	30
6.3.1	Vzdrževanje skozi oči lastnikov sončne elektrarne	30
6.3.2	Vzdrževanje skozi oči izvajalcev vzdrževanja sončne elektrarne	33
6.3.3	Vzdrževanje na terenu (terenski del)	34
7.	Zaključek.....	37
8.	Literatura in viri	40
9.	Priloge.....	41

Kazalo slik

Slika 1: Sončna elektrarna [2].....	10
Slika 2: Delovanje sončne elektrarne [3]	11
Slika 3: Prednosti in slabosti sončnih elektrarn [6]	12
Slika 4: Soglasja in dovoljenja za postavitev sončne elektrarne [14].....	15
Slika 5: Sončne elektrarne na opečnati in pločevinasti kritini (lastni vir)	18
Sliki 6 in 7: Konstrukcija sončne elektrarne na pločevinasti kritini (lastni vir)	19
Sliki 8 in 9: Sončne elektrarne na pločevinasti kritini (lastni vir).....	19
Sliki 10 in 11: Sončne elektrarne z žagastim nameščanjem (lastni vir)	21
Sliki 12 in 13: Sončna elektrarna, obtežena z betonskimi bloki (lastni vir).....	21
Sliki 14 in 15: Vijačenje vijakov za nosilno konstrukcijo sončne elektrarne (lastni vir)	23
Sliki 16 in 17: Nosilna konstrukcija na vijakih in sončne elektrarne na vijakih (lastni vir)	24
Slika 18: Nosilna konstrukcija, pritrjena v vijak (lastni vir).....	24
Sliki 19 in 20: Nosilna konstrukcija, pritrjena v vijak z detajlom (lastni vir)	24
Sliki 21 in 22: Betonski temelji na strmem terenu – HE VRHOVO (lastni vir)	25
Slika 23 in 24: Betonski temelji za sončno elektrarno (lastni vir)	25
Slika 25, 26 in 27: Sončna elektrarna na betonskih in zabutih temeljih (lastni vir) .	26
Slika 28: Sončne elektrarne na zabutih temeljih (lastni vir).....	26
Sliki 29 in 30: Zabijanje temeljev, podkonstrukcija na zabutih temeljih (lastni vir) .	27
Slika 31: Toplotna slika sončne elektrarne z drona (lastni vir).....	35
Slika 32: Meritev s tokovnimi kleščami (lastni vir).....	35
Slika 33: Avtorice na terenskem ogledu (lastni vir)	36

Kazalo tabel

Tabela 1: 10 največjih sončnih elektrarn v Savinjski regiji (Vir: https://poi.borzen.si/register/DevicesList.aspx)	13
Tabela 2: Redna vzdrževalna dela, povzeto po EPRI, 2010	28
Tabela 3: Občasna vzdrževalna dela, povzeto po EPRI, 2010.....	30

Kazalo grafov

Graf 1: Pogostost rednih pregledov sončne elektrarne.....	32
Graf 2: Dejavnosti rednega vzdrževanja sončne elektrarne	32
Graf 3: Vzroki okvar sončne elektrarne	33

Zahvala

Zahvaljujemo se vsem, ki so nam pomagali pri izdelavi raziskovalne naloge. Še posebej bi se želele zahvaliti naši mentorici Valentini Novak za svetovanje in podporo med raziskovanjem.

Zahvaljujemo se vsem, ki so nam pomagali tako, da so rešili anketo. Zahvaljujemo se lastnikom sončnih elektrarn in podjetjem ARHSOL, d. o. o., ŽAGA – TIPLES, d. o. o., Verdinek, d. o. o., Kovinomont, inženiring mehanskih sistemov, d. o. o., Cinkarna Celje, d. d., ThermoSun, GRADEJ, d. o. o. in podjetjem, ki so želela ostati anonimna.

Še posebej pa se moramo zahvaliti Kristjanu Fišerju, vodji vzdrževanja sončnih elektrarn v podjetju SOL NAVITAS, ki nam je omogočil terenski del raziskovalne naloge.

Velika zahvala gre tudi našim družinam, prijateljem in vsem tistim, ki so nam stali ob strani med izdelavo raziskovalne naloge.

Zahvaljujemo se lektorju, ki je lektoriral nalogo.

Povzetek

Raziskovalna naloga obravnava izvedbo in vzdrževanje sončnih elektrarn v širši celjski regiji. Predstavljeni so ključni koraki od načrtovanja, pridobivanja dovoljenj, izbire tehnologije, montaže do vzdrževanja sistemov. Raziskava temelji na študiju literature, rezultatih ankete med lastniki sončnih elektrarn in izvajalci vzdrževanja in terenskem delu. Ugotovitve kažejo, da je redno vzdrževanje ključnega pomena za optimalno delovanje elektrarn, vendar se mnogi lastniki tega ne zavedajo. Prav tako se je izkazalo, da so največje težave pri delovanju povezane z nestrokovno montažo in pomanjkljivim vzdrževanjem, manj pa z vremenskimi vplivi. Raziskava prispeva k ozaveščanju o pomenu pravilnega načrtovanja in vzdrževanja sončnih elektrarn za dolgoročno učinkovitost in trajnost in prikazuje različne možnosti izvedbe sončnih elektrarn.

Ključne besede: sončna elektrarna, izvedba, vzdrževanje, obnovljivi viri energije

The research paper examines the implementation and maintenance of solar power plants in the wider Celje region. It presents the key steps from planning, obtaining permits, selecting technology, and installation to system maintenance. The research is based on a literature review, survey results from solar power plant owners and maintenance providers, and fieldwork. Findings indicate that regular maintenance is crucial for the optimal performance of solar power plants, yet many owners are unaware of this. It has also been shown that the most significant operational issues stem from improper installation and insufficient maintenance rather than weather-related factors. The study contributes to raising awareness about the importance of proper planning and maintenance of solar power plants for long-term efficiency and sustainability while presenting various implementation options.

Keywords: solar power plant, implementation, maintenance, renewable energy sources

UPORABLJENE KRATICE

SE – sončna elektrarna

kW – kilowatt

PV – fotonapetostnih

DC – enosmerni tok

AC – izmenični tok

1. Uvod

V zadnjih letih se svet vedno bolj usmerja k trajnostnim in obnovljivim virom energije, pri čemer igrajo sončne elektrarne ključno vlogo pri zmanjševanju odvisnosti od fosilnih goriv in zmanjševanju ogljičnega odtisa. S tehnološkim napredkom in ugodnimi finančnimi spodbudami je investicija v sončno energijo postala dostopnejša tako za gospodinjstva kot podjetja. Kljub temu pa učinkovito delovanje sončne elektrarne ni odvisno zgolj od namestitve panelov, temveč tudi od skrbnega načrtovanja in rednega vzdrževanja.

1.1 Opredelitev problema

Opažamo, da se v zadnjih letih vedno več posameznikov in podjetij odloča za postavitev sončnih elektrarn kot trajnostnega vira energije. Kljub temu se pri načrtovanju in delovanju takšnih sistemov pojavljajo številni izzivi, ki lahko vplivajo na njihovo učinkovitost, stroškovno upravičenost in življenjsko dobo. Sončne elektrarne, ki jih lahko najdemo v okolju, se med seboj zelo razlikujejo. Investitorji se pogosto srečujejo z vprašanji, npr. katero tehnologijo izbrati, kako optimalno postaviti panele ipd. Večkrat pa pozabijo na pomembnost vzdrževanja, ki ima lahko velik vpliv na učinkovito delovanje sončnih elektrarn. Z raziskavo tega problema želimo ugotoviti, kateri dejavniki najbolj vplivajo na uspešno delovanje sončne elektrarne.

1.2 Namen in cilj raziskovalne naloge

V raziskovalni nalogi želimo raziskati proces izvedbe sončne elektrarne od načrtovanja do vzdrževanja. Raziskale bomo različne načine izvedbe sončnih elektrarn in predstavile njihovo vzdrževanje. Poleg teorije vzdrževanja nas zanima, kako vzdrževanje poteka v praksi – tako z vidika uporabnikov kot z vidika izvajalcev vzdrževanja. V raziskovanje bomo zato vključile lastnike sončnih elektrarn in podjetja, ki vzdržujejo sončne elektrarne na širšem celjskem območju.

Cilj raziskovalne naloge je proučiti, kako lahko pravilno načrtovanje in redno vzdrževanje sončnih elektrarn prispevata k njihovemu optimalnemu delovanju. Osredotočile se bomo na ključne dejavnike, ki vplivajo na maksimalni izkoristek sončne energije. Pri tem nas bo zanimalo tudi, kako redno vzdrževanje pripomore k zmanjšanju obratovalnih stroškov in preprečevanju morebitnih okvar, kar dolgoročno pozitivno vpliva na ekonomičnost in trajnost sončnih elektrarn.

1.3 Metode dela

Pri raziskovalnem delu smo uporabile naslednje metode dela:

- delo z literaturo,
- anketa,
- statistična obdelava podatkov,
- terensko delo,
- fotografiranje.

1.4 Postavitev hipotez

Pri raziskovanju smo si zastavile naslednje hipoteze:

1. Redno vzdrževanje sončne elektrarne zmanjšuje verjetnost okvar in posledično izboljšuje njeno dolgoročno učinkovitost.
2. Najpogostejši vzrok za okvaro sončne elektrarne je vreme (toča, sneg, veter ...).
3. Ljudje se premalo zavedajo pomena vzdrževanja sončne elektrarne.
4. Sončne elektrarne se nameščajo le na strehe.
5. Namestitev sončne elektrarne ne spada pod gradbeno dejavnost, zato je ni potrebno voditi z gradbenim dnevnikom.

2. Splošno o sončnih elektrarnah

2.1 Kaj je sončna elektrarna?

Sončna elektrarna je sistem, s katerim se sončna energija spremeni v električno energijo. S tem sistemom pridobivamo energijo iz okolju prijaznih obnovljivih virov, kar nam zaradi vedno višjih cen električne energije pomaga tudi pri finančno. Sončne elektrarne so okolju prijazne, saj izkoriščajo obnovljiv vir energije – sonce – in ne proizvajajo emisij, ki bi škodovala okolju. Poleg tega so energetsko učinkovite in lahko prispevajo k zmanjšanju odvisnosti od fosilnih goriv in zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov. S širšo uporabo sončnih elektrarn se odpira pot za trajnostno prihodnost, v kateri je proizvodnja električne energije bolj usmerjena v obnovljive in čiste vire. [1]

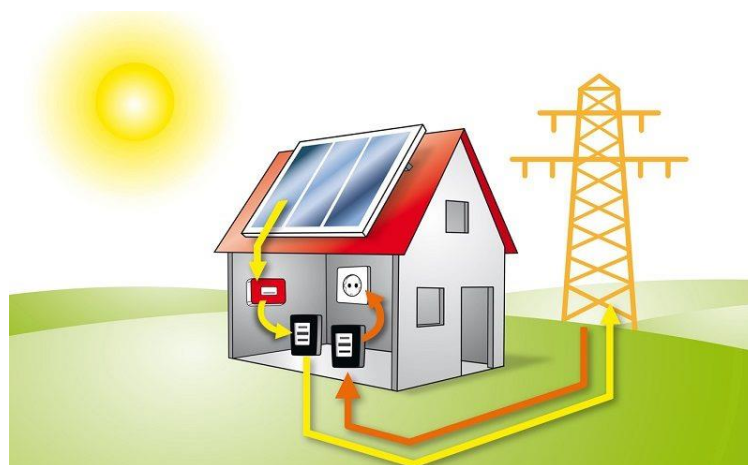


Slika 1: Sončna elektrarna [2]

2.2 Kako sončna elektrarna proizvaja električno energijo?

Sončna elektrarna je naprava, ki z uporabo fotonapetostnih (PV) modulov pretvarja sončno svetlobo v električno energijo. Fotonapetostni moduli, bolj znani kot sončni paneli, so sestavljeni iz številnih fotonapetostnih celic, ki imajo sposobnost pretvarjanja svetlobne energije v električno energijo. Ko sončni fotoni, delci svetlobe, zadenejo fotonapetostno celico, se sproži fotovoltaični učinek. Ta pojav povzroči, da se iz atomov v celici sprostijo prosti elektroni. Ko se ti elektroni začnejo gibati, ustvarijo električni tok.

Ta tok, ki nastane v fotonapetostnih celicah, je enosmerni (DC) tok, ki pa še ni primeren za neposredno uporabo v gospodinjstvih ali industriji, v katerih običajno potrebujemo izmenični tok (AC), zato je v sončnih elektrarnah prisoten pretvornik, ki ta enosmerni tok pretvori v izmenični tok. Tako pridobljena električna energija je nato primerna za napajanje različnih električnih naprav, svetilk, gospodinjskih aparatov, industrijskih naprav in drugih sistemov. [1]



Slika 2: Delovanje sončne elektrarne [3]

2.3 Prednosti in slabosti sončnih elektrarn

Pri sončnih elektrarnah se srečujemo tako s prednostmi kot tudi slabostmi. Ena izmed pomembnih prednosti sončnih elektrarn je varovanje okolja, saj s pomočjo le-te pridobivamo energijo iz obnovljivega vira. Uporabe sončne elektrarne nam pomaga pri znižanju mesečnih položnic za električno energijo. Pod prednost pa lahko zapišemo tudi dolgo življenjsko dobo sončnih celic. Domače sončne celice imajo brez večjih okvar življenjsko dobo okoli 30 let. Pri investiciji v sončno elektrarno marsikoga skrbita namestitvev in montaža modulov na streho, vendar sama namestitvev in montaža modulov nista zahtevni. [4]

Ob naštetih prednostih sončnih elektrarn pa se najde tudi nekaj slabosti. Ena izmed slabosti, ki marsikoga odvrne od investicije, je vsekakor visoka začetna investicija. Slabost oz. problem sončnih elektrarn pa je tudi hranjenje odsluženih sončnih celic,

saj še ni popolnoma jasno, kako lahko odpadne module razgradimo tako, da ne škodijo okolju. Pri postavitvi elektrarne je potrebno dobro razmisliti o mestu namestitve, saj je delovanje sončne elektrarne zelo odvisno od vremena. Pozorni moramo biti na podnebje v okolju, kjer želimo elektrarno namestiti, saj jo močni vetrovi ali toča lahko poškodujejo, kar lahko močno vpliva na višino stroškov. Pri namestitvi se moramo zavedati tudi, da to lahko poveča verjetnost vžiga, kar lahko povzroči požar. [5]



Slika 3: Prednosti in slabosti sončnih elektrarn [6]

3. Sončne elektrarne v Savinjski regiji

Savinjska regija se lahko pohvali z izjemnimi dosežki na področju pridobivanja sončne energije. Glede na nameščeno moč sončnih elektrarn na prebivalca je bila leta 2022 na prvem mestu s 474 W na prebivalca. Ta trend rasti se je nadaljeval tudi v letu 2023, ko je Savinjska regija dosegla skoraj 780 W na prebivalca, medtem ko slovensko povprečje znaša 534 W na prebivalca.

Skupna nameščena moč sončnih elektrarn v Sloveniji je konec leta 2023 preseгла 1100 MW, kar pomeni izjemno rast in pomemben prispevek k prehodu na obnovljive vire energije. Povečanje nameščene moči v Savinjski regiji torej zelo pomembno vpliva k večjemu izkoristku obnovljivih virov. [7] [8]

Tabela 1 prikazuje 10 največjih sončnih elektrarn na širšem celjskem območju, ki s svojo močjo pomembno prispevajo k skupni proizvodnji električne energije iz obnovljivih virov.

Tabela 1: 10 največjih sončnih elektrarn v Savinjski regiji (Vir: <https://poi.borzen.si/register/DevicesList.aspx>)

Ime in naslov naprave	Sistemske operater omrežja	Moč [kW]
sončne elektrarne LIDL ARJA VAS – Arja vas 115, 3301 Petrovče	Elektro Celje, d. d.	990
MFE MAKSIM 2 – Bežigradska cesta 6, 3000 Celje	Elektro Celje, d. d.	961,2
MFE INTEREUROPA CELJE HALA B IN C1 – Kidričeva 38, 3000 Celje	Elektro Celje, d. d.	941,17
MFE PH SOLAR SPJ 1 – Polžanska vas 17, 3240 Šmarje pri Jelšah	Elektro Celje, d. d.	880,59
MFE Premogovnik Velenje – sončna elektrarna na strehi poslovnih objektov – Partizanska cesta 78, 3320 Velenje	Elektro Celje, d. d.	776
MFE INTEREVROPA CELJE VZHOD IN ENTEREVROPA CELJE ZAHOD – Kidričeva 38, 3000 Celje	Elektro Celje, d. d.	764,02
Fotonapetostna elektrarna MFE H-mont-Ceste – Ceste BŠ, 3250 Rogaška Slatina	Elektro Celje, d. d.	710,17
MFE DEKO LOKA – Loka pri Žusmu BŠ, 3223 Loka pri Žusmu	Elektro Celje, d. d.	612
Mala fotonapetostna elektrarna NSY – Tovarniška cesta 11, 3312 Prebold	Elektro Celje, d. d.	607,6
MFE Žaga-Tiples – Lesarska cesta 10, 3331 Nazarje	Elektro Celje, d. d.	577,2

4. Priprava na izvedbo sončne elektrarne

4.1 Načrtovanje

Načrtovanje sončne elektrarne je ključnega pomena za njeno učinkovito in dolgotrajno delovanje. Postopek vključuje več korakov, ki jih je potrebno skrbno upoštevati:

1. Ocena primernosti lokacije. Pomembno je analizirati orientacijo (najboljša je južna usmeritev), naklon strehe (idealno med 0° in 60°) in morebitne ovire, ki bi lahko povzročale senčenje. Prav tako je treba preveriti nosilnost strehe, ki mora podpirati težo solarnih panelov. [9]
2. Analiza energetskih potreb. Pred namestitvijo je priporočljivo oceniti trenutno porabo električne energije. To omogoča določitev optimalne velikosti elektrarne, ki bo zadostila potrebam gospodinjstva ali podjetja. [10]
3. Pridobitev potrebnih dovoljenj. V Sloveniji za namestitev sončne elektrarne za samooskrbo na obstoječi enostanovanjski stavbi ni potrebno pridobiti gradbenega dovoljenja ali prijave začetka gradnje. Kljub temu je treba upoštevati vse gradbenotehnične in druge predpise. Če pa želimo imeti sončno elektrarno nameščeno na terenu, moramo naprej dobiti gradbeno dovoljenje, saj se namestitev obravnava kot poseganje v okolje. [11]
4. Izbira opreme in ponudnika. Kakovost opreme, kot so solarni paneli, razsmerniki in nosilne konstrukcije, neposredno vpliva na učinkovitost in življenjsko dobo elektrarne. Priporočljivo je izbrati zanesljivega ponudnika z izkušnjami na tem področju. [12]
5. Finančni vidik in subvencije. Investicija v sončno elektrarno prinaša dolgoročne prihranke pri stroških električne energije. V Sloveniji so na voljo različne subvencije in finančne spodbude, ki lahko skrajšajo obdobje povračila naložbe. [13]

S skrbnim načrtovanjem in upoštevanjem vseh navedenih korakov lahko sončni elektrarni zagotovimo učinkovito delovanje, kar prispeva k trajnostni rabi energije in zmanjšanju stroškov električne energije.

4.2 Soglasja in dovoljenja

Za postavitev sončne elektrarne je potrebno pridobiti soglasja vseh lastnikov ali solastnikov stavbe, soglasje pooblaščenega elektro distributerja in skleniti pogodbo o priključitvi in dostopu. Pri samooskrbnih sončnih elektrarnah gradbeno dovoljenje ni potrebno. V primeru, da je objekt pod spomeniškim varstvom, je nujno pridobiti tudi soglasje Zavoda za varstvo kulturne dediščine.



Slika 4: Soglasja in dovoljenja za postavitev sončne elektrarne [14]

4.3 Priprava in zaščita gradbišča

Ključne korake je potrebno izvesti pred začetkom del večjega obsega, še posebej tistih, ki zahtevajo gradbeno dovoljenje. Gradnjo ali obnovo objekta lahko izvaja podjetje ali samostojni podjetnik, ki deluje na področju gradbeništva. Izvajalec je odgovoren za to, da so vsa opravila skladna z gradbenim dovoljenjem, gradbenimi predpisi in predpisi, ki urejajo varnost in zdravje pri delu na gradbiščih, kar nadzira odgovorni vodja del. Nadzornik je lahko pravna ali fizična oseba, ki izpolnjuje pogoje za projektanta ali izvajalca. Nadzornik gradbišča določi odgovornega nadzornika, ki je odgovoren za zagotavljanje skladnosti gradnje z zahtevami gradbenega dovoljenja in za kakovost opravljenih del v skladu z veljavnimi gradbenimi predpisi. Tisti, ki mora skleniti pisno pogodbo o delu z nadzornikom in gradbeno pogodbo z izvajalcem, naročiti načrt organizacije gradbišča in varnostni načrt, je investitor. V skladu z načrtom organizacije gradbišča in varnostnim načrtom je izvajalec dolžan postaviti ograjo in urediti gradbišče, vključno s transportnimi potmi, dostopi na javne ceste, namestitvijo gradbiščne table ... Na gradbišču mora izvajalec voditi gradbeni dnevnik in imeti projekt za izvedbo. Kadar je prisotnih več delavcev ali na večjih

gradbiščih, pa je potrebno gradbišče prijaviti inšpekciji za delo. Vse aktivnosti, pri katerih delavci prihajajo v stik z azbestom, je potrebno prijaviti. Pred začetkom del je potrebno gradbišče ograditi oziroma zavarovati. Če investitor ne pridobi gradbenega dovoljenja, izvajalec pa kljub temu začne z gradnjo, je ta gradnja nelegalna.

Ko gradimo objekt, za katerega potrebujemo gradbeno dovoljenje, so torej pogoji za nemoten začetek gradnje naslednji:

- pridobljeno pravnomočno gradbeno dovoljenje,
- sklenjena pisna gradbena pogodba z izvajalcem del,
- sklenjena pisna pogodba z nadzornikom,
- izpolnjeni pogoji za izvajalca (16. člen GZ-1),
- izdelan načrt organizacije gradbišča in varnostni načrt,
- urejeno gradbišče (ograja, tabla, gradbeni dnevnik, projekt za izvedbo, PZI),
- prijava gradbišča inšpekciji za delo.

Pred montažo je potrebno preveriti, ali ima stavba ustrezno strelvodno zaščito. V primeru, da ta ni zagotovljena, jo je potrebno urediti pred priklopom in vgradnjo sončne elektrarne. Ozemljitev je prav tako ključna in jo je treba zagotoviti pred postavitvijo sistema. Pri novozgrajenih objektih se v zemljo okrog stavbe položi valjanec, pri starejših objektih pa se v teren ob stavbi zabijejo sonde.

Življenjska doba sončne elektrarne znaša približno 25 let, medtem ko imajo razsmerniki krajšo življenjsko dobo, približno 12 let. Paneli so odporni na točo do velikosti oreha. Kljub obstoječemu strelvodu pa lahko vanje udari strela. [15]

5. Izvedba sončne elektrarne

5.1 Sončne elektrarne na strehah z naklonom

Za module, montirane na strehe z naklonom, je priporočljiv naklon 8° , saj ta pripomore k samodejnemu čiščenju modulov v dežju. Najprimernejši kritini za montiranje modulov na streho sta opečna ali profilirana pločevina, v redkih primerih se lahko sončne elektrarne montirajo na bitumensko kritino.

Streha mora biti pred montažo pregledana in v dobrem stanju, prepričati pa se moramo tudi, da pritrdilni material ustreza našemu materialu strehe. Med moduli ne smemo imeti prevelikega razmika, saj bi se vmes začelo nabirati listje in druga umazanija. Pri kristalnih modulih je potrebno pustiti nekaj razmaka, da se lahko dovolj ohladijo, priporočeno je 10 cm med moduli. Generator nam ne sme nikjer na strehi iti čez njen rob. Potrebno je paziti na obtežbe vetra, te so največje v vogalih in ob robovih streh, najmanjše pa na sredini streh.

Podkonstrukcija se sidra v nosilne dele strehe. To se največkrat izvaja pri stanovanjskih stavbah, pri katerih so nosilci pritrjeni na špirovec oziroma letve ostrešja in se preko njih fiksira podkonstrukcija panelov.

Za strehe z naklonom uporabimo konstrukcijo iz kljuk, ki so montirane na ostrešje, in vzdolžnih profilov, na katere se pritrdijo moduli. V primeru, da naklon strehe ni enakomeren, uporabimo konstrukcijo z vzdolžnimi in prečnimi profili, drugače pa samo konstrukcijo iz vzdolžnih profilov, saj je izvedba cenejša in enostavnejša. [15]

5.1.1 Opečne strehe

Strešne kljuge so izdelane iz aluminija ali nerjavnega jekla. Med opeko in strešnimi kljukami mora biti vsaj 5 mm reža, sicer lahko pride do poškodb opeke. Če so pod opeko na ostrešju deske, je dimenzija vijakov, s katerimi pritrdimo kljuge, 8 x 80 mm ali 8 x 120 mm. Če je pod opeko izolacija, uporabimo posebne vrste pribora, kljuge pa razen na vogalih, kjer jih zaradi večjih obtežb vetra pritrdimo na obeh sosednjih špirovcih, pritrdimo na vsak drugi špirovec. Pod kljukami je priporočljivo uporabiti

strešnike iz pločevine, ki so namensko izdelani za velike obtežbe snega. Če nimamo večjih obtežb snega in vetra, je razdalja med kljukami lahko največ 1,8 m. Module nameščamo v pokončnem položaju, saj se pri takšni izvedbi porabi manj vzdolžnih profilov, s tem pa tudi skrajšamo čas montaže. Med vzdolžnimi profili ni priporočeno imeti razdalje, večje od 1,6 m, sicer pa uporabimo ojačane kljuge. Module pritrdimo tam, kjer to priporoča njihov proizvajalec, vijaka pa morata biti od vogala modula umaknjena $\frac{1}{4}$ dolžine oz. širine modula. Ne pritrujemo jih neposredno na vogalih, saj bi s tem poslabšali statične lastnosti modulov pri obremenitvi. Certifikat obremenitve velja za module, ki so pritrjeni na mestih, ki jih določi proizvajalec. Montažne izvrtine modulov za montažo na strehi so načeloma neuporabne – nedostopne, zato module pritrdimo s spojkami. Priporočljivo je, da se vsi deli konstrukcije kupijo pri enem proizvajalcu, saj elementi različnih proizvajalcev niso vedno združljivi. Kable v stavbo napeljemo skozi opeko za zračenje, saj ima zanje dovolj veliko odprtino. Uporabimo kljuge podkonstrukcije, ki so nastavljive po višini, saj se s tem izognemo podlaganju kljuk z lesom. [15]



Slika 5: Sončne elektrarne na opečnati in pločevinasti kritini (lastni vir)

5.1.2 Pločevinaste strehe

Pri strehah, ki so krite s pločevino, nastaneta dve težavi, prva je naklon strehe – najbolj se to zazna pri industrijskih objektih, pri katerih je naklon strehe manjši od naklona klasičnih streh – druga pa je profil pločevine, saj je pritrdilni material na razpolago le za določene profile pločevine, uporabimo pa le tistega, ki nam ga zagotovi proizvajalec. Zelo pozorni moramo biti na tesne spoje in to, da imajo vijaki tesnilne podložke, saj s tem zagotovimo vodotesnost strehe. [15]



Sliki 6 in 7: Konstrukcija sončne elektrarne na pločevinasti kritini (lastni vir)



Sliki 8 in 9: Sončne elektrarne na pločevinasti kritini (lastni vir)

5.1.3 Moduli kot strešna kritina

Lahko uporabimo module z okvirji ali laminate. Za takšno kritino je naklon strehe malo več kot 20°. Montiranje modulov in tesnjenje izvedemo ločeno, saj s tem preprečimo netesnost strehe. S proizvajalcem se prej posvetujemo glede časa montaže, saj lahko prenizke oz. previsoke temperature vodijo k netesnosti strehe, kar se lahko zaradi temperaturnega raztezanja materialov pokaže šele čez nekaj časa.

5.1.4 Moduli brez okvirja – laminati

Pritrjujemo jih s posebnimi spojkami, nosilna konstrukcija pa je enaka kot pri običajnih modulih. Z uporabo spojk se mora proizvajalec strinjati oz. on določi, katere so najprimernejše, prav tako mora proizvajalec urediti vse certifikate glede modula in obremenitve za površino modula, kar je zelo pomembno, saj odpornost proti mehanskim obremenitvam ni enaka kot pri modulu z okvirjem. Module brez okvirja moramo pravilno skladiščiti in uporabljati navodila za uporabo montaže. Če modul ni nameščen po navodilih, v primeru poškodb zanj jamči monter. [15]

5.2 Sončne elektrarne na ravnih strehah

5.2.1 Žagasto nameščanje

Pri izvedbi samostoječih elektrarn na ravni strehi je podkonstrukcija izdelana tako, da je med seboj povezana v celoto in obtežena z betonskimi bloki. Obtežitev elektrarne se izračuna glede na vetrne cone.

Module načeloma nameščamo na stojala, ki so postavljena na streho in obtežena oz. pritrjena v streho. Postavljeni so v obliki žage. Nameščamo jih smiselno, da so vplivi senčenja čim manjši. Nepravilno nameščeni moduli lahko predstavljajo nevarnost za tretje osebe. Za 1 kW žagasto montiranih modulov je potrebno 25–30 m² ravne strehe. Da ne bi prišlo do poškodb, je potrebno upoštevati vse dovoljene obremenitve strehe. Prav tako moramo upoštevati dovoljene ploskovne

obremenitve strehe, sem spada tudi teža celotne sončne elektrarne. Pri manjših točkovnih obremenitvah je treba podstavke narediti tako, da zajamejo večjo površino. V primeru, da streho obremenimo bolj, kot je dovoljeno, se lahko naredijo razni vdori strešne konstrukcije, poškodbe oseb, premoženja, poškodbe zgradbe.

Glede obremenitve vetra nam nekateri proizvajalci nosilnih konstrukcij nudijo pripomočke, s katerimi lahko določimo parameter nosilne konstrukcije glede na hitrost vetra. Ena izmed najpogostejših poškodb vetra je vdor modulov ali celo prevrnitev celotnega niza. [15]



Sliki 10 in 11: Sončne elektrarne z žagastim nameščanjem (lastni vir)



Sliki 12 in 13: Sončna elektrarna, obtežena z betonskimi bloki (lastni vir)

5.3 Sončne elektrarne na fasadah

Nameščanje sončne elektrarne lahko poleg nameščanja na strehe izvedemo tudi na fasadah. Najlažje nameščanje modulov je na prezračevano fasado, na kateri module namestimo pred fasado. Na tako fasado se lahko montira laminate, klasične module ali prosojne module. Po kanalih, ki so nameščeni v fasadno izolacijski ravnini razpeljemo kable, na module namestimo doze, kable pa spajamo enako kot pri klasičnih moduli. Module je mogoče montirati tudi na ostale fasade. Upoštevati moramo, kakšna je konstrukcija in kakšne module uporabimo. Moduli lahko opravljajo tudi nalogo izolacije ali zasteklitve, v tem primeru uporabimo toplotnoizolacijske prosojne module oz. jih montiramo na izolirano fasado. V tem primeru kablov ni mogoče napeljati pod moduli, zato jih napeljemo ob straneh fasade, v profilih z utori za uvod kablov. Elemente zaradi vplivov okolice in toleranc posameznih elementov fasade med seboj razmaknemo za širino fuge. Fuge tesnimo z neoprenskimi tesnili ali trajno elastičnimi kiti, pri tem pa pazimo, da silikon ne pride v stik z akrilnimi distančniki ali EVA/PVB folijo, kar je pomembno, sploh če uporabimo laminate. V fuge zato najprej vtisnemo silikonsko tesnilo in kasneje, če je potrebno, spoje zatesnimo še s tekočim silikonom. [15]

5.4 Sončne elektrarne na terenu

Pri izvedbi sončnih elektrarn na terenu je pomembno, da so temelji nosilne konstrukcije dobro usidrani v tla. Takšna konstrukcija mora vsebovati teleskopsko prilagoditev višine, s katero se izravna neravnina terena.

Za vsak način nameščanja sončne elektrarne je potreben izračun statike glede na vetrne cone. Dolžina zabatih stebrov oziroma vijakov se določi s preizkusom izvleka iz tal. Dimenzije betonskih temeljev se ravno tako izračunajo s statiko.

Pri izvedbi sončne elektrarne na terenu z zemeljskimi vijaki, ki se jih zavijači v zemljo, se v vijake vgradijo stebri. Preko stebrov se nato naredi podkonstrukcija sončne elektrarne, na katero se zmontirajo sončne celice.

5.4.1 Sončne elektrarne z vijačenjem vijakov

Najpogosteje to metodo uporabimo za fiksiranje velikih sistemov v tla, vijačimo jih s posebnimi vijaki, dolgimi 1 m ali več. V zemljo jih vijačimo s posebnim vijačnikom ali bagrom s posebnim nastavkom za vijačenje. Vijaki so različno izvedeni, eni imajo na vrhu nastavek oz. odprtine za vijake, v katere se nato fiksira nosilna konstrukcija, pri drugih pa cev nosilne konstrukcije vstavimo v vijak in v vmesni prostor nasujemo granulato. Granulat cev objame in jo pritrdi v tla. Prednost vijačnih temeljev je, da jih lahko odstranimo in ponovno uporabimo.

Pri teh elektrarnah je veliko zemeljskih gradbenih del – izravnava terena, potrebno je zgraditi trafo postajo, kablovod za povezavo od trafo postaje do omrežja, kablovod od trafo postaje do sončne elektrarne in pa ozemljitve sončne elektrarne. Elektrarna mora biti tudi ograjena proti vstopu nepooblaščenih oseb.

Opis namestitve vijakov: na načrtovano polje modulov z laserjem na tla narišemo mrežo in določimo mesta, kjer bomo pritrdili vijake, nato jih vijačimo. Namestimo navpične nosilce in jih s pomočjo laserja niveliramo po višini, na koncu pa zmontiramo še vodoravne nosilce. Nato lahko na konstrukcijo montiramo module.

[15]



Sliki 14 in 15: Vijačenje vijakov za nosilno konstrukcijo sončne elektrarne (lastni vir)



Sliki 16 in 17: Nosilna konstrukcija na vijakih in sončne elektrarne na vijakih (lastni vir)



Slika 18: Nosilna konstrukcija, pritrjena v vijak (lastni vir)



Sliki 19 in 20: Nosilna konstrukcija, pritrjena v vijak z detajlom (lastni vir)

5.4.2 Sončne elektrarne z betonskimi temelji

Podkonstrukcijo namestimo na betonske temelje, na katere se pritrdijo vertikalni nosilni stebri, preko katerih se podkonstrukcija, na katero se zmontirajo paneli, poveže.

Najpogosteje jih uporabimo pri nameščanju velikih sledilnikov ali na terenu, kjer ni mogoče vrtati v zemljo oz. je to oteženo. Temelji se pripeljejo na mesto postavitve ali pa se betonirajo na samem mestu.



Sliki 21 in 22: Betonski temelji na strmem terenu – HE VRHOVO (lastni vir)



Slika 23 in 24: Betonski temelji za sončno elektrarno (lastni vir)



Slika 24, 26 in 27: Sončna elektrarna na betonskih in zabitih temeljih (lastni vir)

5.4.3 Sončne elektrarne na zabitih temeljih

Sončne elektrarne se lahko izvedejo tudi na temeljih, ki se zabijajo v zemljo s pomočjo stroja za zabijanje. Jekleni stebri se zabijejo v zemljo, nanje pa se pritrdi podkonstrukcija, na katero se zmontirajo paneli.



Slika 25: Sončna elektrarna na zabitih temeljih (lastni vir)



Sliki 26 in 27: Zabijanje temeljev, podkonstrukcija na zabitih temeljih (lastni vir)

6. Vzdrževanje sončnih elektrarn

6.1 Redna vzdrževalna dela

Da lahko elektrarna nemoteno obratuje in omogoča proizvodnjo predvidene količine električne energije, so potrebna vzdrževalna dela. Za optimalno delovanje sončne elektrarne je potrebno panele očistiti vsaj enkrat letno. Vzdrževalna dela delimo na redna, izredna in občasna vzdrževalna dela. Redna vzdrževalna dela so tista, ki se izvajajo v določenih časovnih intervalih, bodisi daljših bodisi krajših. Predmet rednih letnih vzdrževalnih del so na primer pregled delovanja razsmernika (samo diagnostika), kontrola delovanja hlajenja razsmernika in po potrebi čiščenje rež za zračenje, preverjanje delovanja zaščitnih elementov, pregled polja modulov in inštalacij (morebitne poškodbe, umazanija ...). Potrebno je tudi redno preverjati, ali so vsi priključki dobro tesnjeni in ni vidnih znakov korozije. Preveriti je treba tudi kable, če so poškodovani, obrabljeni ali zglodani (npr. zaradi živali) in če so ustrezno zaščiteni pred vremenskimi vplivi. Optično preverjanje nosilne konstrukcije in meritve parametrov posameznih nizov so vključeni v redni pregled. Zagon elektrarne in periodični pregledi z meritvami naj se izvedejo podnevi, med 10. in 15. uro, ko je sončno sevanje najmočnejše. Periodični pregledi so priporočljivi od pomladi naprej po cvetenju, saj takrat slika o stanju elektrarne bolj realno odraža njeno učinkovitost, medtem ko pozimi, ko je sončnega sevanja manj, ni tako natančna. Poleti je pomembno spremljati, da ne pride do pregrevanja sistema, medtem ko je pozimi s panelov potrebno odstraniti sneg in led, pri čemer je treba paziti, da jih ne poškodujemo. Prav tako je treba preveriti, ali so kabli in priključki zaščiteni pred mrazom. Jeseni in spomladi je priporočljivo opraviti čiščenje sončne elektrarne – odstraniti listje in drugo umazanijo, ki se je nabrala na panelih in okoli njih. Redno čiščenje lahko poveča učinkovitost sončne elektrarne do 20 %, podaljša življenjsko dobo panelov in omogoča hitrejše zaznavanje morebitnih poškodb.

Tabela 2: Redna vzdrževalna dela, povzeto po EPRI, 2010 (Vir:

Redna vzdrževalna dela	Pogostost opravil
a) Pregled foto napetostnega generatorja. Priporočljiv je pregled s termokamero. Če je potrebno in izvedljivo, očistimo tudi površino modulov – čiščenje modulov sicer spada med občasna vzdrževalna dela.	Enkrat ali dvakrat na leto
b) Pregled in ureditev vegetacije – košnja trave pred moduli pri sistemih na tleh, pregled rastja v okolici – morebitni novi viri senčenja	Dva do trikrat na leto
c) Zagonski preskus elektrarne – meritve električnih parametrov, pregled delovanja stikal in zaščitnih elementov	Enkrat na leto
d) Pregled delovanja razsmernikov – samo diagnostika	Enkrat na leto
e) Pregled sistematske tehnike – kableske povezave, priključne in razvodne doze, akumulatorji ...	Enkrat na leto
f) Pregled slednih sistemov – vizualni pregled in vzdrževalni poseg, po potrebi mazanje ležajev, aktuatorjev ipd.	Enkrat na leto

Priporočljivo je čiščenje modulov z vodo in blagim, okolju prijaznim detergentom, pri čemer ne smemo uporabljati drugih čistil ali kemikalij. Prekomerna uporaba čistil in agresivnih sredstev lahko namreč povzroči praske, korozijo in poškodbe panelov, kar lahko vodi do vročih točk ali odstopanja folije s panelov. [15]

6.2 Občasna in izredna vzdrževalna dela

Aktivnosti, ki jih sicer opravljamo po potrebi in zanje niso določeni oziroma predpisani natančnejši časovni intervali, so občasna vzdrževalna dela. K tem opravilom spadajo na primer ukrepi za zaščito pred divjadjo ali glodavci, če je elektrarna temu izpostavljena, čiščenje modulov in podobno. Tista dela, ki so nujna, da lahko elektrarna obratuje naprej, so izredna vzdrževalna dela. Sem spadajo na primer odprava napak ali okvar, ki izrazito zmanjšujejo učinkovitost elektrarne, in jih je treba izvesti čim prej. Odprava pomanjkljivosti, ki so posledica degradacije, v primerjavi z njimi ni tako nujna.

Tabela 3: Občasna vzdrževalna dela, povzeto po EPRI, 2010

Občasna vzdrževalna dela	Pogostost opravil
a) Zaščita pred živalmi (pregledamo tudi ograje pri sistemu na prostem in popravimo morebitne poškodbe)	Po potrebi
b) Pregled in ureditev odvodnjavanja	Po potrebi
c) Čiščenje modulov	Po potrebi
d) Pregled delovanja nadzora sistema (komunikacijske povezave, merilniki)	Najmanj enkrat na leto

Ena od skupin vzdrževalnih del vključuje naloge, ki so odvisne od različnih, najpogosteje garancijskih pogojev, in obsega zamenjavo ali nadgradnjo delov opreme, ki jih je treba izvesti v skladu z navodili proizvajalca. Le usposobljena oseba lahko izvaja vzdrževalna dela, še posebej to velja za delo z električnimi inštalacijami in opremo, zato manjše elektrarne pogosto zaupajo vzdrževanje usposobljenim podjetjem, s katerimi sklenejo pogodbo o vzdrževanju. [15]

6.3 Vzdrževanje v praksi

Vzdrževanje v praksi smo se odločile raziskati s pomočjo ankete za lastnike sončnih elektrarn in ankete za izvajalce vzdrževanja sončnih elektrarn. Anketo za lastnike smo poslale vsem prijateljem in znancem, ki imajo sončno elektrarno. Anketo smo delile tudi na socialnih omrežjih. Vzdrževalce sončnih elektrarn smo kontaktirale po priporočilu nekaterih lastnikov in na podlagi seznama proizvodnih naprav Agencije za energijo.

V nadaljevanju predstavljamo analizo zbranih podatkov in ključne ugotovitve ankete.

6.3.1 Vzdrževanje skozi oči lastnikov sončne elektrarne

Na anketo o vzdrževanju sončne elektrarne se je odzvalo 71 anketirancev. Večina lastnikov sončnih elektrarn ima sončne celice nameščene na strehi. Nazivna moč elektrarn je večinoma med 10 do 50 kW (76 %), sledijo elektrarne, ki imajo več kot

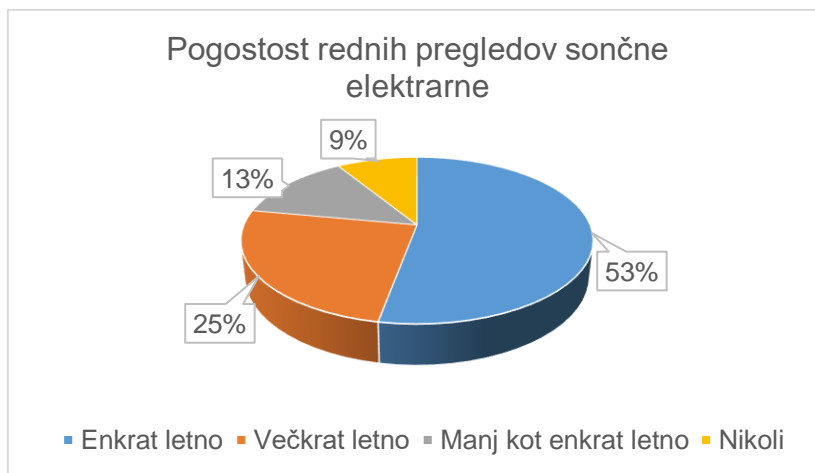
50 kW (14 %), najmanj anketirancev pa ima elektrarne z nazivno močjo manj kot 10 kW (10 %). Polovica anketirancev sončne elektrarne vzdržuje sama, 35 % jih ima sklenjeno pogodbo o vzdrževanju s specializiranim podjetjem, 15 % pa svoje sončne elektrarne ne vzdržuje. Tisti, ki vzdrževanje izvajajo, najpogosteje večkrat letno ali vsaj enkrat letno pregledajo module, električne instalacije, razsmernik in nosilno konstrukcijo, pri čemer je čiščenje modulov eno izmed pogostejših del.

Večina lastnikov spremlja delovanje svoje sončne elektrarne preko nadzornih sistemov in aplikacij, kar jim omogoča hitro zaznavanje težav. 66 % vprašanih redno spremlja nadzorni sistem, ostali pa vsaj občasno, kar nakazuje na to, da lastnike večinoma zanima stanje njihove sončne elektrarne. Samo 21 % lastnikov je imelo okvaro oz. težavo, ki je zahtevala takojšnje posredovanje. Med najpogostejšimi okvarami izstopajo težave z razsmernikom, moduli in električnimi inštalacijami, v nekaj primerih pa so na delovanje elektrarne vplivale tudi vremenske razmere, kot sta toča in močan veter. Kljub težavam so bile okvare običajno odpravljene v nekaj dneh, v redkih primerih tudi v roku 24 ur. Čiščenje modulov večina lastnikov opravlja po potrebi, nekateri enkrat letno, le redki pa nikoli. Težave s senčenjem zaradi rastlinja ali objektov niso pogoste, prav tako se le redko pojavijo težave z živalmi, kot so glodavci in ptice.

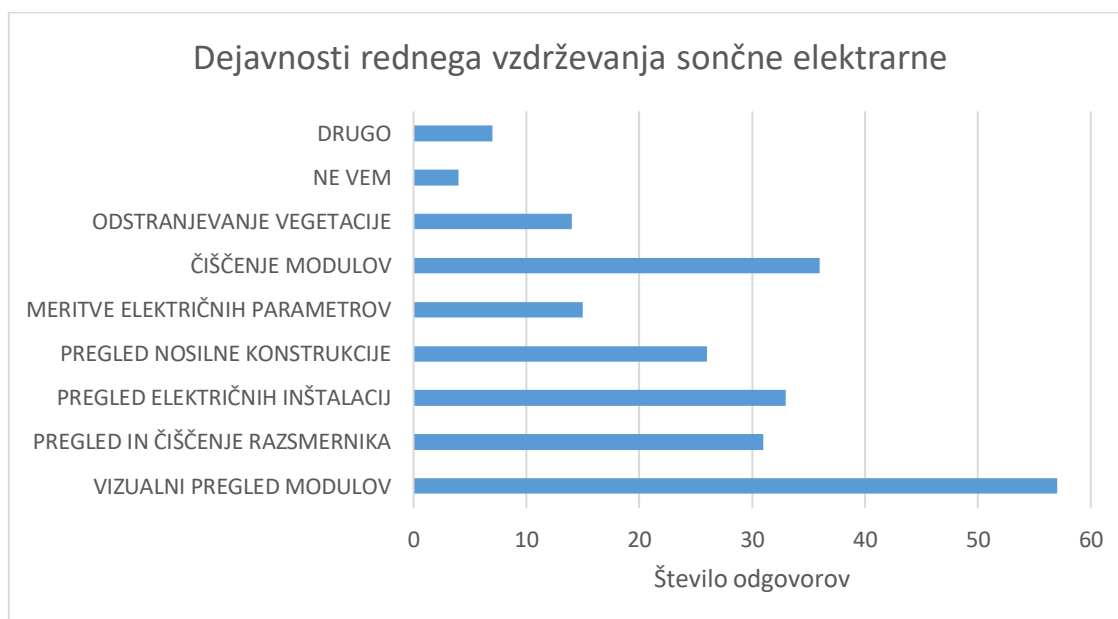
Na splošno so lastniki sončnih elektrarn zadovoljni z vzdrževanjem, vendar si želijo izboljšav na področju nadzornih sistemov, dostopa do servisnih storitev in več informacij o pravilnem vzdrževanju. Pri vprašanju o pomembnosti vzdrževanja pa se odgovori precej razlikujejo. Večina lastnikov meni, da je vzdrževanje pomembno oz. zelo pomembno za pravilno delovanje sončne elektrarne, približno 30 % lastnikom pa se vzdrževanje za pravilno delovanje sončne elektrarne ne zdi pomembno, kar lahko vodi v večjo stopnjo okvar in zmanjšano učinkovitost. Nekateri lastniki izražajo nezadovoljstvo z nizkimi odkupnimi cenami električne energije, drugi pa si želijo dodatne spodbude za povečanje kapacitete elektrarne.

Rezultati ankete kažejo, da je vzdrževanje ključno za dolgoročno delovanje sončnih elektrarn, vendar se vsi lastniki tega ne zavedajo enako. Tisti, ki redno vzdržujejo svoje elektrarne, imajo manj težav in višjo učinkovitost, medtem ko lahko pomanjkanje vzdrževanja vodi v večje stroške popravil. Koristilo bi več osveščanja o pomenu rednega vzdrževanja, saj tretjina lastnikov vzdrževanju ne pripisuje

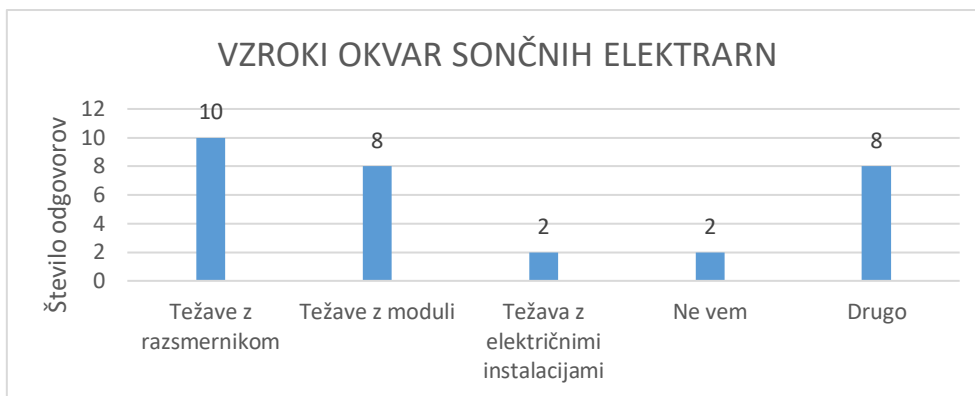
zadostnega pomena, kar bi lahko negativno vplivalo na dolgoročno delovanje njihovih sistemov.



Graf 1: Pogostost rednih pregledov sončne elektrarne



Graf 2: Dejavnosti rednega vzdrževanja sončne elektrarne



Graf 3: Vzroki okvar sončne elektrarne

6.3.2 Vzdrževanje skozi oči izvajalcev vzdrževanja sončne elektrarne

Po pogovorih z vzdrževalci smo izvedele, da se lastniki večinoma zavedajo pomena vzdrževanja, vendar se pri vzdrževanju soočajo z različnimi izzivi. Med glavnimi težavami pri vzdrževanju so dostopnost elektrarn, neočiščena oprema, poškodbe modulov in izolacije in težave z razsmerniki. Pogosto so težave posledica nestrokovne montaže in uporabe materialov slabše kakovosti. Večina podjetij izvaja redne preglede enkrat letno, nekatera tudi pogosteje, pri čemer se vedno bolj uveljavlja uporaba termografskih pregledov, ki omogočajo hitro odkrivanje napak, kot so vroče točke in slabi stiki na konektorjih. Velikokrat je pogostost vzdrževanja odvisna od lastnikov elektrarn.

Po mnenju anketiranih podjetij je najboljši čas za pregled sončnih elektrarn spomladi ali poleti, ko so vremenske razmere ugodne, nekateri pa priporočajo tudi preglede po večjih vremenskih ekstremih. Pri vzdrževanju konstrukcije sta ključnega pomena preverjanje pritrdilnih elementov in zaščita pred korozijo, pri čemer se večinoma izvaja vizualni nadzor. Zaščitni elementi se preverjajo z različno pogostostjo, od redkih do zelo pogostih pregledov, odvisno od potreb posamezne elektrarne.

Najpogostejše okvare sončnih elektrarn vključujejo mehanske poškodbe, težave z električnimi komponentami in napake zaradi nepravilne montaže. Glavni vzroki za okvare so neustrezna izvedba, uporaba slabih materialov in vremenski vplivi, kot so toča, strele in sneg. Poseben izziv predstavljajo tudi glodavci, zato podjetja uporabljajo dodatno zaščito kablov in napeljav.

Kljub tem izzivom se večina podjetij zaveda pomena rednega vzdrževanja, saj pripomore k večji varnosti, daljši življenjski dobi elektrarne in boljšemu izkoristku. Z izvajanjem pregledov, termografske diagnostike in uporabo kakovostnih materialov lahko lastniki sončnih elektrarn preprečijo večje težave in ohranijo optimalno delovanje sistema.

Tako smo ugotovile, da je redno vzdrževanje ključnega pomena za dolgoročno delovanje sončnih elektrarn. Kljub temu se številni lastniki tega ne zavedajo ali se rednim pregledom zaradi stroškov izogibajo. Priporočila izvajalcev kažejo, da bi večja osveščenost lastnikov in dostopnejše vzdrževalne storitve pripomogle k zmanjšanju težav in izboljšanju učinkovitosti delovanja sončnih elektrarn.

6.3.3 Vzdrževanje na terenu (terenski del)

V okviru raziskovalne naloge smo bile lahko tudi same del vzdrževanja sončne elektrarne na terenu. Vzdrževanje, pri katerem smo lahko sodelovale, je bilo opravljeno na eni od celjskih sončnih elektrarn, nameščeni na strehi. Sončna elektrarna je nameščena v treh delih, ki imajo nazivno moč 491,9 kW; 206,8 kW in 121 kW. Pred začetkom vzdrževanja se je bilo potrebno ustrezno opremiti. S seboj smo imele odsevne jopiče, za zahtevnejša mesta namestitve pa je potrebna tudi dodatna osebna zaščita. Pri vzdrževanju smo uporabili naslednje pripomočke:

- Dron – s pomočjo drona se lahko sončna elektrarne pregleda tudi s ptičje perspektive. Če je dron dovolj opremljen (kot je bil v našem primeru), se lahko z njegovo pomočjo ustvari toplotna slika, s katero najlažje ugotovimo nedelovanje delov elektrarne. Tako lahko napako tudi lažje najdemo in jo čim prej popravimo.



Slika 28: Toplotna slika sončne elektrarne z drona (lastni vir)

- Tokovne klešče – tokovne klešče pri vzdrževanju sončne elektrarne pomagajo pri merjenju toka, ne da bi bilo treba prekiniti vezje. Omogočajo hitro preverjanje delovanja razsmernika, odkrivanje morebitnih izgub ali preobremenitev in diagnosticiranje napak na električnih povezavah in modulih. S tem pripomorejo k učinkovitemu delovanju in zgodnjemu odkrivanju težav v sistemu.



Slika 29: Meritev s tokovnimi kleščami (lastni vir)

Med vzdrževanjem smo od vodje vzdrževanja izvedele več podrobnosti in zanimivih dejstev o vzdrževanju sončnih elektrarn in tudi o sončnih elektrarnah nasploh:

- umazanija na sončnih panelih nima močnega vpliva na delovanje sončne elektrarne;
- sončni paneli se vsako leto razvijajo in so tudi vedno večji, kar pa je lahko tudi slabost, saj lahko na primer sneg zaradi svoje teže povzroči upogibe;
- najboljši čas v dnevu za pregled sončne elektrarne je okoli 11. in 12. ure, saj je takrat senca najmanjša in se lahko okvara najlažje odkrije;
- mesec, ki je glede dobitka elektrike najdonosnejši, je maj, saj so takrat pogoji najboljši – med poletjem se temperatura poveča, kar poslabša delovanje sončnih celic.



Slika 30: Terenski ogled (lastni vir)

7. Zaključek

Pri raziskovalnem delu smo pridobile veliko novega znanja in izkušenj. Ker je raziskovalno področje o sončnih elektrarnah zelo široko, je bilo težko določiti del, na katerega se bomo osredotočile. Za raziskovanje sončnih elektrarn smo se odločile, ker imamo vse tri s sončnimi elektrarnami stik v vsakdanjem življenju. Pri raziskovanju so nam pomagale izbrane hipoteze. Dve hipotezi smo lahko med raziskovanjem potrdile, tri pa ovrgle.

Hipoteza 1: Redno vzdrževanje sončne elektrarne zmanjšuje verjetnost okvar in posledično izboljšuje njeno dolgoročno učinkovitost.

Na podlagi pogovorov z odgovornimi podjetji za vzdrževanja sončnih elektrarn na celjskem območju smo ugotovile, da ima redno vzdrževanje sončne elektrarne pomembno vlogo pri pravilnem delovanju elektrarne. Z rednim vzdrževanjem lahko pravočasno opazimo morebitne težave, še preden bi te lahko imele večji vpliv na delovanje elektrarne. Tako lahko pravočasno odpravimo okvare in si pri tem tudi znižamo stroške popravila. Kljub temu se kar 30 % lastnikov ne odloča za redno vzdrževanje, kar lahko vodi v zmanjšano učinkovitost in pogostejše okvare.

Hipoteza 1 je potrjena.

Hipoteza 2: Najpogostejši vzrok za okvaro sončne elektrarne je vreme (toča, sneg, veter ...).

Pri iskanju odgovorov na zastavljeno hipotezo so nam pomagali odgovori na anketo za lastnike sončnih elektrarn in mnenja vzdrževalcev. Po mnenju vzdrževalcev sta najpogostejša razloga za okvaro sončne elektrarne slaba izvedba in neredno vzdrževanje. Tudi lastniki sončnih elektrarn med odgovori o najpogostejših vzrokih za okvare niso označili, da je vreme najpogostejši vzrok za okvaro. Na podlagi rezultatov obeh anket ugotavljamo, da vreme nima tako močnega vpliva na delovanje sončne elektrarne. Močen vpliv ima samo v izrednih razmerah (veliki kosi toče, močan veter ...), kar pa je velikokrat povezano tudi s slabo izvedbo.

Hipoteza 2 ni potrjena.

Hipoteza 3: Ljudje se premalo zavedajo pomena vzdrževanja sončne elektrarne.

Kljub temu da večina lastnikov spremlja delovanje svojih elektrarn prek nadzornih sistemov, 35 % lastnikov nima sklenjene pogodbe o vzdrževanju, 15 % pa vzdrževanja sploh ne izvaja. Vzdrževalci so opozorili, da se številni lastniki ne zavedajo pomena rednega pregleda priključkov, zaščitnih elementov in električnih komponent, kar lahko vodi do resnih napak in celo požarov. Podatki kažejo, da so lastniki, ki ne izvajajo vzdrževanja, pogosteje soočeni z večjimi stroški popravil. To potrjuje tezo, da je potrebnega več osveščanja o pomenu vzdrževanja sončnih elektrarn.

Hipoteza 3 je potrjena.

Hipoteza 4: Sončne elektrarne se nameščajo le na strehe.

V literaturi smo našle veliko različnih načinov nameščanja sončnih elektrarn. Nameščajo se lahko na terenu, na strehah ali pa celo na fasadah objektov. V Sloveniji so sončne elektrarne večinoma nameščene na strehah objektov, kar potrjujejo tudi rezultati ankete lastnikov, a so vedno bolj pogoste tudi sončne elektrarne na terenu.

Hipoteza 4 ni potrjena.

Hipoteza 5: Namestitev sončne elektrarne ne spada pod gradbeno dejavnost, zato je ni potrebno voditi z gradbenim dnevnikom.

Če se sončna elektrarna namešča na streho, za to ne potrebujemo gradbenega dovoljenja in namestitev ni potrebno voditi z gradbenim dnevnikom. Vendar pa, ko se elektrarna postavi na tla, to velja za poseg v okolje, zato je gradbeno dovoljenje obvezno, prav tako pa je potrebno voditi gradbeni dnevnik. To pomeni, da je hipoteza napačna, saj je potreba po gradbenem dnevniku odvisna od lokacije in načina izvedbe elektrarne.

Hipoteza 5 ni potrjena.

Rezultati raziskave kažejo, da je redno vzdrževanje ključnega pomena za dolgo življenjsko dobo in učinkovitost sončnih elektrarn. Kljub temu številni lastniki vzdrževanju ne namenjajo dovolj pozornosti, kar lahko vodi v težave pri delovanju sistema. Prav tako je pomembno, da se pri načrtovanju in izvedbi elektrarn upoštevata strokovna montaža in izbira kakovostnih materialov, saj največje težave izvirajo iz slabih montažnih praks, ne pa iz vremenskih vplivov. Raziskava prispeva

k boljšemu razumevanju izzivov, s katerimi se soočajo lastniki in vzdrževalci sončnih elektrarn, in ponuja vpogled v pomen pravilnega načrtovanja, izvedbe in vzdrževanja za dolgoročno učinkovitost sistemov.

Med raziskovanjem smo bolje spoznale delovanje same sončne elektrarne in kako lahko zanje najboljše skrbimo.

Upamo, da bo naše delo pomagalo komu, ki se na sončne elektrarne ne spozna, a želi pridobiti osnovno znanje o izvedbi in pravilnem vzdrževanju.

8. Literatura in viri

- [1] GEN-i sonce, [Elektronski]. Available: <https://gen-isonce.si/novice/kako-deluje-soncna-elektrarna/>. [Poskus dostopa 6 januar 2025].
- [2] JB energija, [Elektronski]. Available: <https://www.jb-energija.com/activities/soncne-elektrarne-za-samooskrbo/>. [Poskus dostopa 10 februar 2025].
- [3] INPRO 22, [Elektronski]. Available: <https://soncne-elektrarne.com/fotovoltaika/>. [Poskus dostopa 10 Februar 2025].
- [4] Sončna elektrarna, [Elektronski]. Available: <https://www.soncnaelektrarna.com/prednosti-in-slabosti-soncnih-elektrarn/>. [Poskus dostopa 13 februar 2025].
- [5] SUN TRADE, [Elektronski]. Available: <https://sun-trade.si/blog/slabosti-soncne-elektrarne>. [Poskus dostopa 12 februar 2025].
- [6] BEL ENERGIJA, [Elektronski]. Available: <https://best-eliving.com/2023/05/31/prednosti-in-slabosti-izkoriscanja-soncne-energije/>. [Poskus dostopa 10 februar 2025].
- [7] Varčujem z energijo, [Elektronski]. Available: <https://www.varcevanje-energije.si/fotovoltaicne-elektrarne/soncne-elektrarne-pregled-trga-v-sloveniji/>. [Poskus dostopa 19 februar 2025].
- [8] GOV.si, [Elektronski]. Available: https://www.gov.si/novice/2024-01-17-izjemna-rast-kapacitet-postavljenih-soncnih-elektrarn-v-letu-2023/?utm_source=chatgpt.com. [Poskus dostopa 19 februar 2025].
- [9] Opifex, [Elektronski]. Available: https://www.opifex-solar.si/?q=sl%2Fstran%2Fna-rtovanje-in-izgradnja-son-ne-elektrarne&utm_source=chatgpt.com. [Poskus dostopa 6 januar 2025].
- [10] Sončne elektrarne – donosna naložba, [Elektronski]. Available: https://www.soncneelektrarne.com/po-korakih-do-lastne-soncne-elektrarne/?utm_source=chatgpt.com. [Poskus dostopa 6 januar 2025].
- [11] Ministrstvo za naravne vire in prostor, [Elektronski]. Available: https://pis.eprstor.gov.si/pis/graditev-objektov/gradnja-enostanovanjske-stavbe/namestitev-soncne-elektrarne-za-samooskrbo?utm_source=chatgpt.com. [Poskus dostopa 15 januar 2025].
- [12] Montpro, [Elektronski]. Available: <https://www.montpro.si/sl/nase-storitve/postavljanje-soncnih-elektrarn?>. [Poskus dostopa 15 januar 2025].
- [13] GOV, [Elektronski]. Available: <https://www.gov.si/novice/2024-04-10-poenostavljeni-in-enotni-pogoji-za-postavitve-soncnih-elektrarn-po-vsej-drzavi/?>. [Poskus dostopa 15 januar 2025].
- [14] Pametni mediji, [Elektronski]. Available: <https://bivanje.si/za-katere-vrste-soncnih-elektrarn-potrebujete-soglasje/>. [Poskus dostopa 11 februar 2025].
- [15] D. Lenardič, Fotonapetostni sistemi: priročnik: gradniki, načrtovanje, namestitve in vzdrževanje, Ljubjana: Agencija Poti, 2012.
- [16] AGRO VIR, [Elektronski]. Available: <https://bivanje.si/za-katere-vrste-soncnih-elektrarn-potrebujete-soglasje/>. [Poskus dostopa 11 februar 2025].

9. Priloge

- PRILOGA 1: Anketni vprašalnik za lastnike sončnih elektrarn
- PRILOGA 2: Anketni vprašalnik za izvajalce vzdrževanja

Anketa za lastnike sončnih elektrarn

V sklopu raziskovalne naloge, ki jo pripravljamo na temo sončnih elektrarn, vas vabimo, da sodelujete v tej anketi. Vaši odgovori nam bodo pomagali pri razumevanju, kako posamezniki in gospodinjstva vzdržujejo sončne elektrarne. Vse zbrane informacije bodo obravnavane anonimno in bodo uporabljene izključno za raziskovalne namene. Zahvaljujemo se vam za sodelovanje in vaš čas! Dijakinje ŠCC

* Obvezno

1. Kje imate nameščeno sončno elektrarno? *

- Na strehi
- Na terenu
- Drugo

2. Kolikšna je nazivna moč vaše sončne elektrarne? *

- Manj kot 10 kW
- 10–50 kW
- Več kot 50 kW

3. Koliko časa že uporabljate svojo sončno elektrarno? *

- Manj kot 5 let
- 5–10 let
- 10–15 let
- Več kot 15 let

4. Ali imate sklenjeno pogodbo o vzdrževanju s specializiranim podjetjem? *

- Da
- Ne, vzdrževanje izvajam sam(a)
- Ne, vzdrževanja ne izvajam

5. Kako pogosto izvajate redni pregled svoje sončne elektrarne? *

- Enkrat letno
- Večkrat letno
- Manj kot enkrat letno
- Nikoli

6. Katere dejavnosti rednega vzdrževanja izvajate? (možnih več odgovorov) *

- Vizualni pregled modulov
- Pregled in čiščenje razsmernika
- Pregled električnih instalacij
- Pregled nosilne konstrukcije
- Meritve električnih parametrov
- Čiščenje modulov
- Odstranjevanje vegetacije
- Ne vem
- Drugo

7. Kdo običajno izvaja redne preglede? *

- Jaz sam(a)
- Strokovno podjetje
- Drugo

8. Ali ste se že srečali s potrebo po občasnih vzdrževalnih delih (npr. čiščenje modulov, zaščita pred živalmi)? *

- Da
- Ne

9. Kako pogosto čistite solarne module? *

- Nikoli
- Po potrebi
- Enkrat letno
- Večkrat letno

10. Ali ste že imeli težave zaradi senčenja (rastlinje, objekti ipd.)? *

- Da
- Ne

11. Ste že imeli težave zaradi živali (glodavci, ptice ipd.) pri svoji elektrarni? *

- Da
- Ne

12. Ali imate sistem za nadzor delovanja elektrarne (npr. aplikacijo ali nadzorni sistem)? *

- Da
- Ne

13. Kako pogosto preverjate delovanje nadzornega sistema? *

- Redno (vsaj enkrat mesečno)
- Občasno
- Nikoli

14. Ste že imeli okvaro ali težavo, ki je zahtevala takojšnje posredovanje? *

- Da
- Ne

15. Kaj je bil vzrok okvare?

- Težava z razsmernikom
- Težava z moduli
- Težava z električnimi instalacijami
- Ne vem
- Ni bilo okvare
- Drugo

16. Kako hitro je bila okvara odpravljena?

- Manj kot 24 ur
- 1–3 dni
- 4–7 dni
- Več kot en teden
- Ni bilo okvare

17. Kako ocenjujete trenutno stanje vzdrževanja svoje sončne elektrarne? *

- Odlično
- Dobro
- Povprečno
- Slabo
- Zelo slabo

18. Kaj bi izboljšali pri vzdrževanju svoje elektrarne? (možnih več odgovorov) *

- Boljši nadzorni sistem
- Lažji dostop do servisnih storitev
- Več informacij o pravilnem vzdrževanju
- Nič, z vzdrževanjem sem zadovoljen(a)
- Drugo

19. Kako pomembno se vam zdi vzdrževanje za pravilno delovanje SE? *

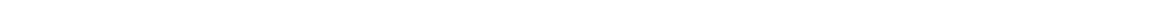
	zelo nepomembno	nepomembno	niti nepomembno niti pomembno	pomembno	zelo pomembno
pomembnost vzdrževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

⋮

20. Sistemski operater omrežja

- Elektro Celje, d.d.
- ELES, d.o.o.
- Elektro Maribor, d.d.
- Elektro Ljubljana, d.d.
- Drugo

21. Bi nam želeli še kaj sporočiti?



Vzdrževanje sončnih elektrarn v praksi

V sklopu raziskovalne naloge, ki jo pripravljamo na temo sončnih elektrarn, vas vabimo, da sodelujete v tej anketi. Vaši odgovori nam bodo pomagali pri razumevanju, kako se vzdrževanje sončnih elektrarn izvaja v praksi. Vse zbrane informacije bodo uporabljene izključno za raziskovalne namene. Zahvaljujemo se vam za sodelovanje in vaš čas!
Dijakinje ŠCC

* Obvezno

1. Sodelovanje v anketi: *

- Želimo ostati anonimni.
- Naziv podjetja v naslednjem koraku.

2. Naziv podjetja

3. Zavedanje o vzdrževanja *

	Sploh se ne strinjam	Ne strinjam se	Neodločen sem	Strinjam se	Popolnoma se strinjam
ALI SE UPORABNIKI/LASTNIKI ZAVEDAJO POMENA VZDRŽEVANJA?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. KAKŠNE SO NAJPOGOSTEJŠE TEŽAVE, S KATERIMI SE SREČUJETE PRI VZDRŽEVANJU?

5. ALI SE REDNO IZVAJAJO REDNI LETNI PREGLEDI PRI UPORABNIKIH? *

- Da
- Ne

6. NA KOLIKO ČASA IN KAKO POTEKA PREGLED MODULOV IN KAKŠNI SO NAJPOGOSTEJŠI PROBLEMI? (poškodbe, umazanija itd.) *

7. KAKŠNA JE VLOGA TERMOGRAFSKEGA PREGLEDA PRI VZDRŽEVANJU ELEKTRARNE? *

8. KDAJ JE NAJBOLJŠI ČAS ZA PERIODIČNI PREGLED IN ZAKAJ?

9. KAKO SE IZVAJA PREGLED IN VZDRŽEVANJE NOSILNE KONSTRUKCIJE? *

10. POGOSTOST POSAMEZNIH DEL *

	nikoli	redko	včasih	pogosto	zelo pogost
KAKO POGOSTO IZVAJATE REDNA VZDRŽEVALNA DELA NA SE NA SPLOŠNO?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KAKO POGOSTO SE PREVERJAJO ZAŠČITNI ELEMENTI?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KAKO POGOSTO SE IZVAJAJO OBČASNA VZDRŽEVALNA DELA?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KAKO POGOSTO SE PREVERJA DELOVANJE RAZMERNIKA?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KAKO POGOSTO PREVERJATE VEGETACIJO OKOLI ELEKTRARNE?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. KAKO SE DOLOČIJO ROKI ZA PREGLED DELOVANJA NADZORNIH SISTEMOV?

12. KATERE SO NAJPOGOSTEJŠE OKVARE, KI ZAHTEVAJO TAKOJŠNE UKREPANJE? *

13. NAJPOGOSTEJŠI VZROKI ZA OKVARE ELEKTRARNE? *

14. KATERI SO NAJPOGOSTEJŠI UKREPI PROTI GLODAVCEM? *

15. KAKO SE VZDRŽEVANJE PRILAGAJA GARANCIJSKIM POGOJEM PROIZVAJALCEV OPREME? *

