

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**STROŠKI ČIŠČENJA SONČNIH MODULOV S SODOBNIMI
METODAMI ČIŠČENJA**

IGOR ŠUKLJE

VELENJE, 2019

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**STROŠKI ČIŠČENJA SONČNIH MODULOV S SODOBNIMI
METODAMI ČIŠČENJA**

IGOR ŠUKLJE

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: doc. dr. Željko Vukelić

VELENJE, 2019

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Visoke šole za varstvo okolja **Igor Šuklje** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Stroški čiščenja sončnih modulov s sodobnimi metodami čiščenja

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

The cost of cleaning solar modules with advanced methods of cleaning

Mentor: **doc. dr. Željko Vukelič**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Igor Šuklje, vpisna številka 34170056 I,

študent dodiplomskega visokošolskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije,

sem avtor diplomskega dela z naslovom:

STROŠKI ČIŠČENJA SONČNIH MODULOV S SODOBNIMI METODAMI ČIŠČENJA,

ki sem ga izdelal pod mentorstvom: doc. dr. Željka Vukelića.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je diplomsko delo lektorirala Mateja Klemenčič;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija diplomskega dela identični.

Datum: ____ . ____ . _____

Podpis avtorja: _____

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju na Visoki šoli za varstvo okolja, doc. dr. Željku Vukeliću in članu komisije, prof. dr. Viktorju Grilcu, za vse nasvete, napotke in pomoč pri pisanju diplome.

Zahvaljujem se Prostovoljnemu gasilskemu društvu Suhor, ki mi je omogočilo in pomagalo izvesti terensko raziskavo ter lektorici Mateji Klemenčič.

Iskrena zahvala pa je namenjena očetu in mami, ki sta mi omogočila študij ter sestri in sosedu Jožetu, ki sta mi vedno stala ob strani in me podpirala.

IZVLEČEK

Diplomsko delo obravnava področje obnovljivih virov energije, natančneje stroške in rezultate čiščenja sončnih modulov sončne elektrarne ELDES.

V prvem delu smo predstavili in opisali vrste sončnih elektrarn, število sončnih elektrarn v Sloveniji, delovanje in sestavo sončnega modula ter predstavili podjetje oziroma sončno elektrarno ELDES.

V sklopu diplomske naloge je bila izvedena terenska raziskava, saj smo želeli ugotoviti, koliko stroškov nanese čiščenje celotne sončne elektrarne s pomočjo čistilnega seta iSOLAR 800 in gasilskega vozila.

Ključne besede: čiščenje sončnih modulov, Eldes, iSOLAR 800, čiščenje sončne elektrarne

ABSTRACT

The thesis deals with the upgrade of the tertiary diploma (Environmental protection and municipal services programme) in the field of renewable energy sources, specifically with the costs and results of solar power station cleaning in the company ELDES, which were gathered through the calculations and practical research.

In the opening part we presented the general types of solar power plants and their number in Slovenia, explained the operation and composition of the solar module and presented the solar power plant and company ELDES.

Theoretical work was carried out to the field, as we wanted to find out the cost of cleaning the entire solar power plant with the help of the cleaning set of iSOLAR 800 and the fire-fighting vehicle. Also there was an important question regarding finances: would the cleaning of the solar power plant pay off with the higher final product of the electrical energy.

Keywords: solar module cleaning, Eldes, iSOLAR 800, solar station cleaning

Kazalo vsebine

1	UVOD	1
1.1	Izhodišče	1
1.2	Namen	1
1.3	Metode dela	1
1.4	Hipoteze	2
2	PRETVORBA SONČNE V ELEKTRIČNO ENERGIJO	3
2.1	Sestava sončnega modula	4
3	VRSTE SONČNIH ELEKTRARN	6
3.1	Otočne sončne elektrarne	6
3.1.1	Fotonapetostna parkirišča in polnilne postaje	7
3.2	Omrežne sončne elektrarne	7
3.2.1	SE na strehi	7
3.2.2	Integrirane SE	8
3.2.3	Prostostoječe sončne elektrarne	8
3.2.3.1	Fiksna SE	9
3.2.3.2	Sledilna SE	9
4	ŠTEVILO SONČNIH ELEKTRARN V SLOVENIJI	11
5	SONČNA ELEKTRARNA ELDES	13
5.1	Analitični izračun sončnega obsevanja	13
5.2	Potek izgradnje SE Eldes	14
5.3	Vsota sončnih in kilovatnih ur	15
6	ONESNAŽENOST POVRŠIN SONČNIH MODULOV	19
6.1	Zapraševanje na sončni elektrarni Eldes	19
6.2	Vrste čiščenja sončnih modulov	21
6.2.1	Strojno čiščenje	21
6.2.1.1	Robotsko čiščenje	21
6.2.1.2	Čiščenje sončnih modulov s pomočjo gradbenega stroja	22
6.2.2	Ročno čiščenje	22
7	STROŠKI ROČNEGA ČIŠČENJA	23
7.1	Opis in utemeljitev izbranega sistema čiščenja modulov	23
7.1.1	iSOLAR 800 in gasilsko vozilo	23
7.2	Ekonomski vidiki čiščenja modulov	24
7.3	Opis in meritve čiščenja	24
7.3.1	Kakovost čiščenja in vplivi čiščenja na okolje	25
7.4	Analiza in rezultati	26
8	RAZPRAVA S SKLEPI	27
9	POVZETEK	28
10	SUMMARY	29
11	LITERATURA IN VIRI	30

Kazalo slik

Slika 1: Polprevodniki N in P tipa v sončni celici [9, str.49].....	3
Slika 2: Delovanje sončne celice [10].....	3
Slika 3: Sestava sončnega modula [15]	4
Slika 4: Plast silicijeve celice [25].....	4
Slika 5: Pot elektrike od proizvodnje do javnega distribucijskega omrežja [20].....	5
Slika 6: Kamniška koča na kamniškem sedlu [8].....	6
Slika 7: Fotonapetostno parkirišče z elektro polnilnico in električnim avtom [1]	7
Slika 8: Primer sončne elektrarne na strehi MFE Rupar [19]	8
Slika 9: MFE Suklje I. in Suklje IV. [24]	8
Slika 10: Sončna elektrarna Eldes [35]	9
Slika 11: Sledilna sončna elektrarna. Na levi sliki je prikaz sledenja od vzhoda do zahoda, na desni pa je prikaz sledenja poletnega in zimskega osončenja. [16].....	9
Slika 12: Enoosna sledilna naprava [16]	10
Slika 13: Sestavni deli dvoosne sledilne naprave [38].....	10
Slika 14: Letno horizontalno obsevanje površine Slovenije [17]	11
Slika 15: Število inštaliranih moči po 8 območij Slovenije [18].....	12
Slika 16: Zračni posnetek sončne elektrarne Eldes [5, 26]	13
Slika 17: Sestavni deli konstrukcije [26]	14
Slika 18: Dvignjen zemeljski prah ob mulčenju [23].....	19
Slika 19: Prikaz robotsko suhega čiščenja sončnih modulov [12].....	21
Slika 20: Čiščenje s pomočjo gradbenega stroja [13].....	22
Slika 21: Ročno čiščenje [14].....	22
Slika 22: Profesionalni čistilni set iSOLAR 800 za čiščenje sončnih modulov [30].....	23
Slika 23: Prikaz čiščenja sončnih modulov s setom iSOLAR 800 in s pomočjo gasilskega vozila [27]	25

Kazalo tabel

Tabela 1: Analiza letnega sončnega obsevanja na lokaciji Desinec [3, str.10]	14
Tabela 2: Prikaz proizvodnje kWh in sončnega obsevanja na sončnih elektrarnah Eldes od leta 2012 do 2018 [28].....	16
Tabela 3: Prikaz vremenskih podatkov po letih iz meteorološke postaje Dobljče [39]	20
Tabela 4: Skupni seštevek porabljenih sredstev po dnevih [33]	25
Tabela 5: Prikaz skupnih stroškov za čiščenje celotne elektrarne [29]	26

Kazalo grafov

Graf 1: Skupni seštevek kWh sončnih elektrarn Eldes po letih [31].....	17
Graf 2: Skupno povprečje obratovalnih ur sončnih elektrarn Eldes po letih [34]	17
Graf 3: Skupni seštevek kWh sončnih elektrarn Eldes razvrščeno po letih od največjega do najmanjšega proizvoda [32]	18

SEZNAM KRATIC IN SIMBOLOV

AC – izmenični električni tok

AGEN-RS – Agencija Republike Slovenije za energijo

DC – enosmerni električni tok

GD – gradbeno dovoljenje

kVA – kilovoltni amper

kWh – kilovatna ura

kWp – vršni vat (enota za izražanje vršne moči fotovoltaične elektrarne)

MFE – mala fotovoltaična elektrarna

OVE – obnovljivi viri energije

PV – fotovoltaika

SE – sončna elektrarna

SKD – standardna klasifikacijska dejavnost

SURS – Statistični urad Republike Slovenije

1 UVOD

Sonce je najpomembnejši obnovljivi vir energije na našem planetu. Ob najboljših pogojih lahko na površino Zemlje pade do 1000 vatov na kvadratni meter (W/m^2) sončnih žarkov. Zaradi napredne tehnologije lahko danes pretvorimo sončno energijo v električno energijo, in sicer s pomočjo fotovoltaike. Veliko držav si prizadeva zmanjševati onesnaževanje okolja s fosilnimi gorivi, zato lahko skoraj po celem svetu najdemo tehnologijo za izkoriščanje obnovljivih virov energije. Takšne tehnologije so med drugimi sončne elektrarne, ki jih najdemo tudi v Sloveniji.

1.1 Izhodišče

Tri takšne sončne elektrarne stojijo na jugu Slovenije, in sicer v Beli krajini, natančneje v vasi Desinec, ki se nahaja v občini Črnomelj. Imenujejo se SE ELDES 1, 2 in 3.

V podjetju Eldes d. o. o. se trudijo, da z različnimi vzdrževalnimi deli dosežejo čim večjo proizvodnjo električne energije. K tem vzdrževalnim delom štejemo tudi čiščenje sončnih modulov. Rezultati raziskave višješolske diplomske naloge so pokazali, da se čiščenje enkrat letno splača, zato je podjetje z namenom izvajanja čiščenja kupilo čistilni set iSOLAR 800, a brez pogonskega aparata na hladno vodo. Tega je bilo mogoče nadomestiti z uporabo gasilskega vozila s cisterno. V višješolski diplomi so prav tako zajeti izračuni stroškov čiščenja za celotno elektrarno, vendar brez profesionalnega čistilnega seta.

Zanima nas, koliko stroškov bi imeli s čiščenjem celotne površine sončnih modulov z uporabo tega seta in s pomočjo gasilskega vozila. Menimo, da ima gasilsko vozilo večji rezervoar za vodo kot samostojni visokotlačni aparat, je bolj okretno in hitrejše ter da ima dovolj močno pogonsko črpalko, ki bi poganjala čistilni set. Na podlagi teh predpostavk smo si zastavili hipotezo 1. Glede na to, ali se bo gasilsko vozilo dobro obneslo pri čiščenju modulov, s čimer bo predvidoma manj stroškov, smo si zastavili hipotezo 2. Hipotezo 3 pa smo si zastavili glede na to, ali bo potrebno investirati v nakup visokotlačnega aparata na hladno vodo. Vse tri hipoteze so navedene v nadaljevanju uvoda pod točko 1.4.

1.2 Namen

Skozi predstavitev različnih vrst SE ter nabora obstoječih fotonapetostnih elektrarn v Sloveniji, ki jih je kar nekaj, se bomo ustavili pri razlagi delovanja sončnega modula. Predstavili bomo podjetje Eldes in osnovni namen diplomske naloge: to je ugotovitev stroškov čiščenja celotne površine sončnih panelov v podjetju.

1.3 Metode dela

Pri izdelavi diplomske naloge sem uporabil sledeče metode dela:

- opisna metoda (zbiranje podatkov za empirični del),
- eksperimentalna metoda (čiščenje sončnih panelov in zbiranje podatkov),
- analizna in statistična metoda (analiza in predstavitev zbranih podatkov).

1.4 Hipoteze

Zastavili smo si tri hipoteze, in sicer:

- HIPOTEZA 1: Stroški čiščenja celotne površine sončnih modulov elektrarne s profesionalnem čistilnem setom iSOLAR 800 in s pomočjo gasilskega vozila so nižji od predvidenih stroškov.
- HIPOTEZA 2: Nakup visokotlačnega aparata na hladno vodo ne bo potreben.
- HIPOTEZA 3: Nabava profesionalnega čistilnega set iSOLAR 800 se bo hitreje povrnila.

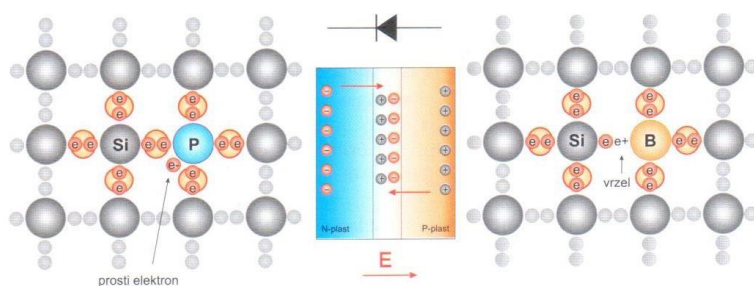
2 PRETVORBA SONČNE V ELEKTRIČNO ENERGIJO

Glavni element za delovanje sončne celice je ekstra čisti kristalni silicij [9]. A ker silicij nima zadostnih lastnosti za delovanje, mu moramo dodati elementa, ki imata na zunanji ovojnici en elektron več in en elektron manj. Takšna najprimernejša elementa sta bor (B) in fosfor (P). Z dodajanjem elementov dobimo polprevodnik tipa P oziroma akceptorja (prejemnika) in polprevodnik tipa N oziroma donorja (darovalca).

Če siliciju dodamo fosfor dobimo primesi 5-valentnih elektronov. To pomeni, da imamo presežek elektronov, saj ima silicij 4-valentne elektrone. Presežek elektronov v sončni celici imenujemo tudi tip N. V tipu P pa so primesi bora, ki ima 3-valentne elektrone, tako da govorimo o pomanjkanju elektronov primerjavi s silicijem. Za lažje razumevanje je na sliki 1 prikaz tipa N in P polprevodnika.

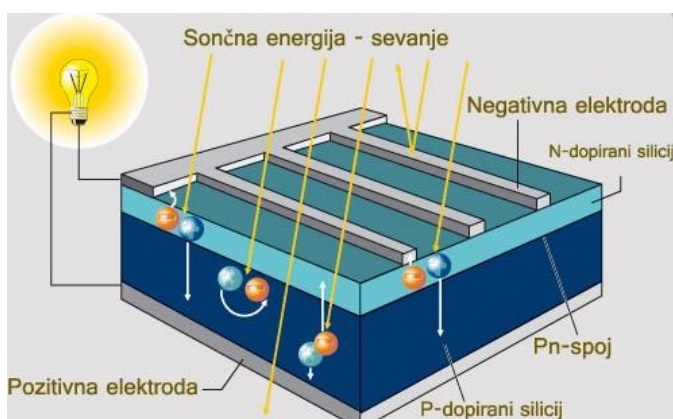
Fotonapetostne celice

49



Slika 1: Polprevodniki N in P tipa v sončni celici [9, str.49]

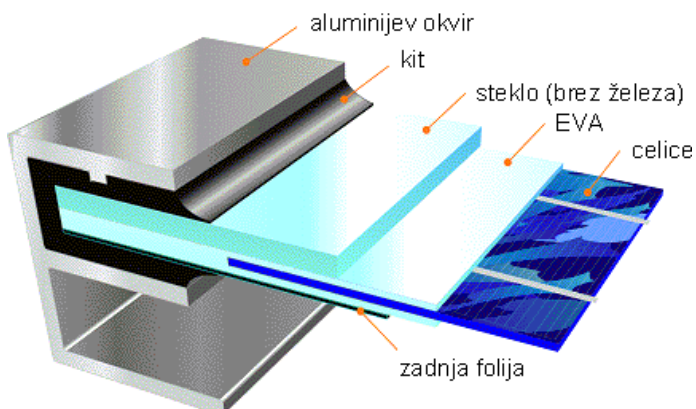
Na meji med polprevodnikoma (spoj P-N) steče presežek elektronov (negativni naboj) iz tipa N tipa v tip P, v obratno smer pa presežek vrzeli (pozitivni naboj). Posledica tega sta električno polje in napetost. Za aktiviranje reakcije je potrebna sončna svetloba, potrebni so fotoni, kakor je prikazano na sliki 2, ki ob dovolj veliki energiji izbijejo elektron iz tipa N.



Slika 2: Delovanje sončne celice [10]

2.1 Sestava sončnega modula

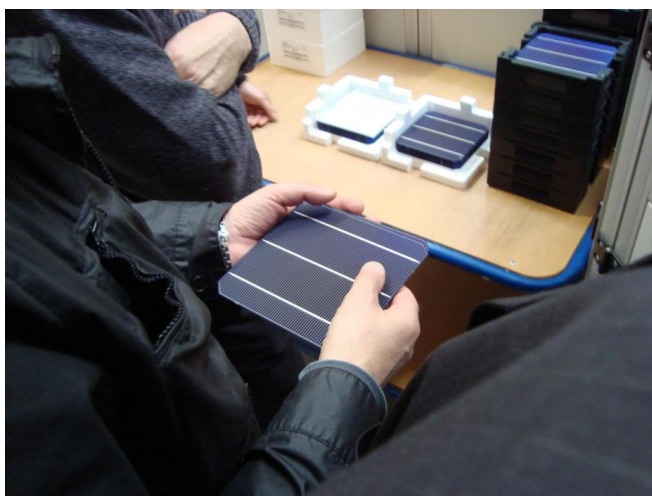
Na spletni strani portala za fotovoltaike pod rubriko Fotovoltaike - sončni moduli [15], kjer lahko najdemo tudi spodnjo sliko 3, je predstavljena sestava sončnega modula. Kot vidimo, so materiali zelo različni. Prvi, vrhnji sloj, je sestavljen iz kaljenega stekla, ki je lahko debelo do 10 milimetrov. Ta sloj stekla varuje sončni modul pred neugodnimi vremenskimi pojavi ter drugimi fizikalno-mehanskimi poškodbami. Elektrarna Eldes ima sončne module s steklom takšne debeline, ki prenese udarec 2,5 cm debele toče s hitrostjo 140 km/h pravokotno na površino celice.



Slika 3: Sestava sončnega modula [15]

Naslednja plast je zaščitna folija EVA s funkcijo zaščite silicijeve celice pred UV-svetlobo ter preprečevanja vdora zračne vlage in oksidacije. Plasti folije sledi tanka plast silicijeve celice (debeline 0,3 mm), kot je prikazana na sliki 4. Pod silicijevo celico je zopet plast zaščitne folije. Vse naštetje komponente so ob robovih zaščitene z aluminijastim okvirjem [9].

Leta 2011 smo imeli priložnost, da smo se odzvali povabilu na ogled podjetja KPV Solar GmbH, kjer smo si lahko ogledali celoten proces sestavljanja sončnega modula. Začetek proizvodnega procesa se začne z ročnim delom, kjer delavci ročno spajajo silicijeve celice, nato sledi robotiziran del proizvodnje. Tam roboti sestavljajo preostale elemente v končni produkt sončnega modula.



Slika 4: Plast silicijeve celice [25]

Na hrbtni strani sončnega panela se nahaja konektor, na katerega z električnimi vodniki povežejo več celic skupaj, saj ima ena celica napetost le med 0,5 in 0,7 voltov. Od skupnih povezav sončnih modulov teče enosmerni (DC) električni tok do razsmernika (AC omarice).

Tam se enosmerni tok pretvori v izmenični tok, ta pa potuje naprej v transformator, kjer se napetost poveča. Iz transformatorja električni tok potuje v distribucijsko omrežje in vse do odjemalca električne energije. Celotna pot od sončne celice do distribucijskega omrežja je prikazana na spodnji sliki 5, vendar brez vmesne transformatorske postaje.



Slika 5: Pot elektrike od proizvodnje do javnega distribucijskega omrežja [20]

3 VRSTE SONČNIH ELEKTRARN

V priročniku *Fotonapetostni sistemi* [9] je zapisano, da na postavitev sončnih naprav vpliva več dejavnikov, ki so vezani na lokacijo in kakovosti izgradnje SE. Na odločitev, kje postaviti sončno elektrarno, vplivajo dejavniki, kot so senčenje, naklon modulov in orientacija ter vremenski pogoji, ki jih ovrednotimo s številom sončnih ur. Na kakovost izgradnje pa vplivajo naslednji dejavniki: izbira sončnih modulov, izbira razsmernikov, pravilna izvedba in projektiranje ter sama izgradnja [9].

Fotonapetostne elektrarne lahko delimo nekako v dve skupini, in sicer:

- otočne sončne elektrarne,
- omrežne sončne elektrarne.

3.1 Otočne sončne elektrarne

Otočne sončne elektrarne na objektih se pojavljajo predvsem tam, kjer ni dostopa do distribucijskega omrežja za priključitev. Takšni objekti so lahko počitniške hiše na samem, razne raziskovalne baze, gorske kočice, kakor prikazuje slika 6, zidanice ter kamp prikolice. Sestavljajo jih sončni moduli, pretvorniki oziroma razsmerniki, regulatorji polnjenja in akumulatorji za shrambo energije. Z drugimi besedami bi lahko rekli, da so takšni objekti energetske neodvisni.



Slika 6: Kamniška koča na kamniškem sedlu [8]

Prednost otočne SE je, da lahko uporabnik takoj koristi proizvedeno električno energijo, neporabljeno pa shranjuje neposredno v akumulator. Pred letom 2016 je bila edina slaba lastnost ta, da so bile cene akumulatorjev zelo visoke, prav tako pa je bila njihova življenjska doba zelo kratka.

V začetku leta 2016 je prišel v uporabo Pravilnik o tehničnih zahtevah naprav za samooskrbo z električno energijo iz obnovljivih virov energije, marca 2019 pa je stopila v veljavo prenovljena Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije [37], ki se navezuje na omenjeni Pravilnik, in se je začela uporabljati s 1. majem 2019.

Prenovljena Uredba dovoljuje postavitev samooskrbne SE za porabo gospodinjstva, pri čemer moč naprave ne sme presegati 0,8 kratnika priključne moči odjema merilnega mesta. V primerjavi z akumulatorjem, lahko v tem primeru višek električne energije v poletnem času

oddamo v distribucijsko omrežje. V zimskem času, ko je sončnih ur zelo malo in posledično tudi manj proizvedene električne energije, pa lahko energijo črpamo iz distribucijskega omrežja. Ob obračunu se upošteva razlika med oddano in prevzeto električno energijo.

3.1.1 Fotonapetostna parkirišča in polnilne postaje

Solarna parkirišča in polnilne postaje spadajo v oba razreda polnilnih postaj: tako med otočne sončne elektrarne, kakor tudi med omrežne sončne elektrarne. Vendar pa so vse popularnejše takšne, ki sodijo v prvo skupino.

Na nadstreške parkirišč se montirajo sončni paneli, ki imajo ob izkoriščanju sončne energije tudi funkcijo kritine oziroma varujejo vozila pred vremenskimi razmerami. Pridobljeno elektriko lahko oddamo v javno omrežje ali pa jo, tako kot na sliki 7, uporabimo za polnjenje električnih avtomobilov, ki so trenutno že zelo aktualni.



Slika 7: Fotonapetostno parkirišče z elektro polnilnico in električnim avtom [1]

3.2 Omrežne sončne elektrarne

V to skupino spadajo vse tiste SE, katerih proizvod električne energije lastniki prodajajo električnemu distributerju. Takšne sončne elektrarne so navadno na strehi, so pa dveh vrst: integrirane SE in prostostoječe SE.

3.2.1 SE na strehi

Veliko ljudi se odloča za postavitve sončnih modulov na že obstoječo strešno kritino, saj se je v tem primeru mogoče izogniti bojazni, da bi skozi spoj ob nepravilni namestitvi sončnih panelov puščala voda v notranjost hiše ter poškodovala konstrukcijo strehe. Pri postavitvi je pomembno, da sta strešna kritina in nosilna konstrukcija v brezhibnem stanju, saj se pri takem načinu postavitve poveča statična teža na objekt. Ker govorimo o že obstoječih objektih kakor

je prikazano na sliki 8, morata biti objekt oz. njegova streha obrnjena na južno stran za čim večji izkoristek sončne svetlobe.



Slika 8: Primer sončne elektrarne na strehi MFE Rupar [19]

3.2.2 Integrirane SE

Pri izgradnji novih objektov se lahko investitor namesto standardne strešne opečne kritine odloči za kritino v obliki več fotonapetostnih modulov, kot je vidno na sliki 9. Predhodno je že bilo omenjeno, da mora biti površina dobro zatesnjena, saj bi morebiten vdor vode lahko povzročil škodo na objektu. Male fotovoltaične elektrarne (MFE) so velikokrat rešitev za novogradnje, ki niso namenjene bivanju, pač pa se to gospodarska poslopja, kot na primer garaže, skednji, delavnice, hlevi in podobni objekti, prav tako pa zanje enako velja, da mora biti njihova streha obrnjena proti jugu.



Slika 9: MFE Suklje I. in Suklje IV. [24]

3.2.3 Prostostoječe sončne elektrarne

Pri prostostoječih SE največkrat govorimo o inštalirani moči nad 500 kWp. Izgradnja se izvede na velikih površinah parcel, ki imajo zelo dobro sončno lego ter posledično čim manjšo osenčenost. Postavi se jih lahko na degradiranih območjih, zaraščenih parcelah in drugod, kjer je to mogoče. Prostostoječe elektrarne poznamo dveh vrst: s fiksno in sledilno napravo.

3.2.3.1 Fiksna SE

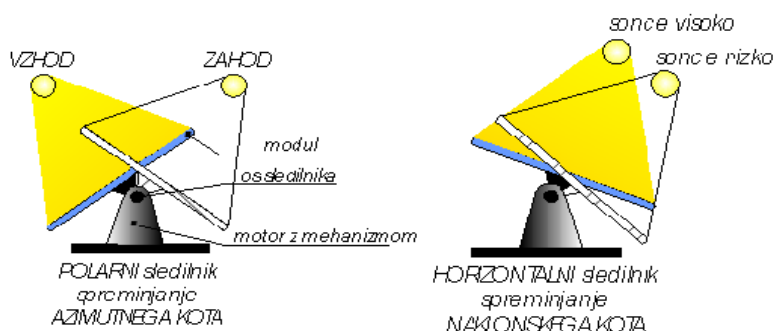
Že ime pove, da govorimo o napravi, ki je nepremična. Navadno je narejena iz konstrukcije, ki je točkovno zabita v tla ali pa je postavljena na betonirane temelje. Na spletni strani podjetja Elektra inženiring, ki je eno izmed vodilnih v Sloveniji na področju instalacije sončnih elektrarn [4], in v priročniku *Fotonapetostni sistemi* [9] sta navedena optimalna orientacija, ki je usmerjena direktno na jug, in optimalen naklon za Slovenijo, to je od 25 do 35 stopinj za čim boljše delovanje. Na sliki 10 je prikazana fiksna sončna elektrarna Eldes.



Slika 10: Sončna elektrarna Eldes [35]

3.2.3.2 Sledilna SE

Sledilna SE deluje tako, da usmerja module k sončni svetlobi skozi cel dan. Imeti mora ogromen in močan temelj, saj nosi in prilagaja ogromno konstrukcijo s sončnimi moduli. Sledilna naprava ima v primerjavi s fiksno med 20 in 30 odstotki večji letni proizvod, vendar pa je z investicijskega vidika tudi 20 do 30 odstotkov dražja. Če ju primerjamo, opazimo, da sledilna naprava za enako moč kot fiksna naprava potrebuje večjo površino zemljišča, saj je potrebno sledilnike zaradi velike konstrukcije in senčenja bolj razmakniti med seboj. Sledilne naprave so tudi bolj občutljive na vremenske razmere, kot so neurja in viharji, zato lahko hitro pride do okvar, posledica teh pa je zaustavitev in prenehanje sledenja soncu. Sledenje naprave delimo na sledilnik, torej enoosni (slika 11 levo) in dvoosni sledilnik (slika 11 desno).



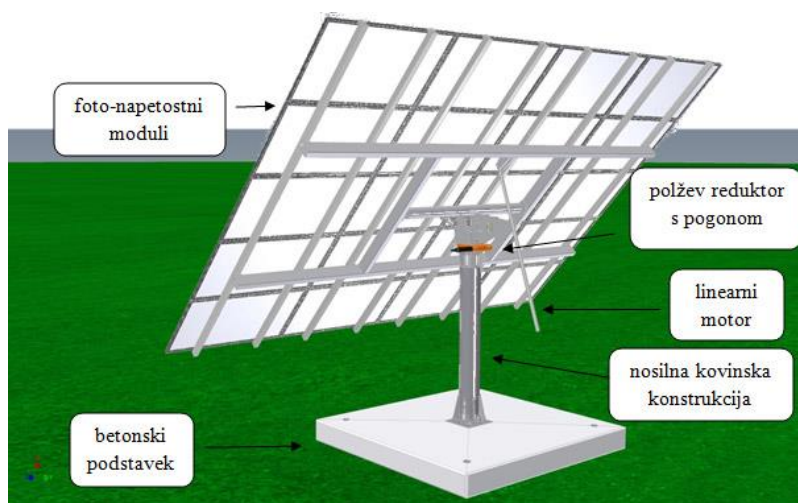
Slika 11: Sledilna sončna elektrarna. Na levi sliki je prikaz sledenja od vzhoda do zahoda, na desni pa je prikaz sledenja poletnega in zimskega osončenja. [16]

Enoosno sledenje je dnevno sledenje soncu, ko se moduli obračajo od vzhoda proti zahodu, naklon modulov pa ostaja vedno enak (slika 12).



Slika 12: Enoosna sledilna naprava [16]

Pri dvoosnem sledenju se poleg obračanja od vzhoda proti zahodu spreminja tudi naklon modulov, saj je višina sonca v poletnem in zimskem času drugačna (slika 11 desno). Primer sestave dvoosne sledilne sončne elektrarne prikazuje slika 13.



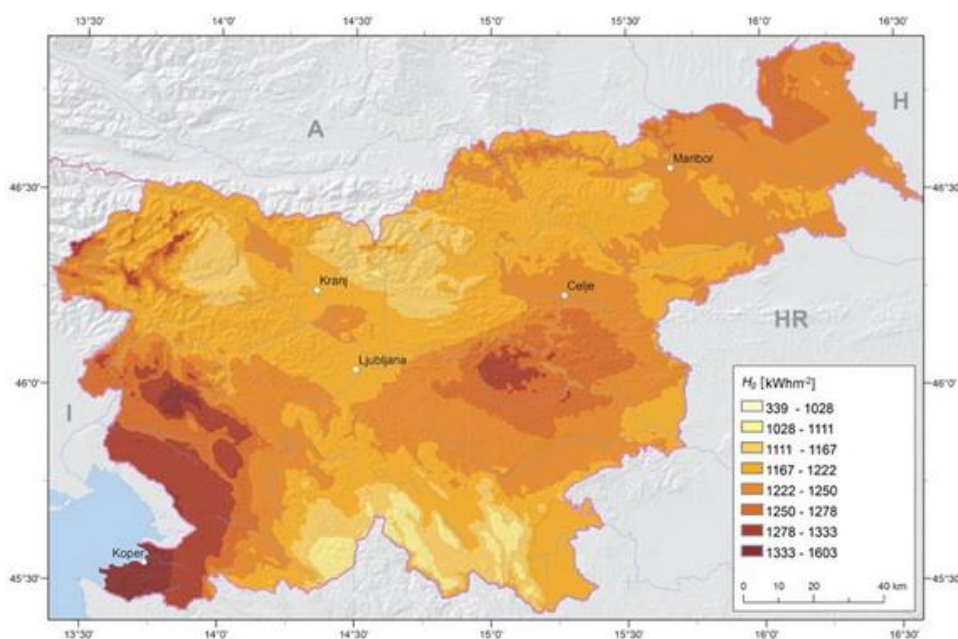
Slika 13: Sestavni deli dvoosne sledilne naprave [38]

4 ŠTEVILO SONČNIH ELEKTRARN V SLOVENIJI

Več virov navaja, da je na 1 m² horizontalni površini v Sloveniji letno sončno obsevanje večje od 1.000 kWh [7, 9, 17, 39]. Merjenje od leta 1993 do 2003 je namreč pokazalo, da je Slovenija letno sprejela med 1.053 in 1.389 kWh/m² sončnega obsevanja. Polovica Slovenije pa sprejme letnega sončnega obsevanja kar med 1.153 in 1.261 kilovatnih ur na kvadratni meter.

Na sliki 14 je iz barvne legende razvidno, da je Slovenija razdeljena v 3 glavne geografske skupine glede na letno horizontalno sončno obsevanje, in sicer:

- Primorska in Goriška (1.300 kWh/m²),
- Severovzhodna Slovenija in severna Dolenjska (1.236 kWh/m²),
- Osrednja Slovenija (1.195 kWh/m²).



Slika 14: Letno horizontalno obsevanje površine Slovenije [17]

Glede na površino in lego države imamo v Sloveniji zgrajenih veliko sončnih elektrarn. Zelo številčno so se gradnje povečale od leta 2009 do 2012, ko je bila odkupna cena za 1 kW fotovoltaične električne energije nekje od 0,25 € do 0,50 € in je bila investicija finančno izvedljiva. Na PV portalu najdemo karto Slovenije, ki je razdeljena na 8 območij, kakor prikazuje spodnja slika 15. Razvidna je količina inštaliranih moči SE po 8 geografskih območjih. Čeprav ima Slovenija neformalno 12 geografskih regij, so tu nekatere regije združene:

- Gorenjska: 339 SE (19,2 MW),
- Goriška: 170 SE (18,5 MW),
- Jugovzhodna Slovenija in Posavska: 306 SE (28,8 MW),
- Obalno-Kraška in Primorsko-Notranjska: 171 SE (16,8 MW),
- Osrednjeslovenska in Zasavska: 535 SE (40,2 MW),
- Podravska in Koroška: 791 SE (67,8 MW),
- Pomurska regija: 362 SE (23,7 MW),

- Savinjska: 699 SE (45,1 MW).



Slika 15: Število inštaliranih moči po 8 območij Slovenije [18]

Do 8. maja 2019, ko smo zbirali te podatke, je bilo v Sloveniji 259,5 MW inštalirane moči, kar skupno predstavlja proizvodno kapaciteto vseh 3.389 SE. Velikosti inštalirane moči SE v Sloveniji lahko delimo v 4 razrede:

- pod 10 kW,
- od 10 kW do 50 kW,
- od 50 kW do 500 kW,
- nad 500 kW.

Na PV portalu lahko najdemo tudi seznam sončnih elektrarn v samooskrbi, ki bodo opisane v nadaljevanju. V letu 2016 je bilo v samooskrbi inštaliranih sončnih elektrarn skupne moči 1.061 kW, leto kasneje že 6.479 kW in leto 2018 kar 13.095 kW. Iz številke lahko razberemo, da se postavitve lastne samooskrbne SE iz leta v leto hitro povečujejo.

5 SONČNA ELEKTRARNA ELDES

Sončna naprava Eldes se nahaja v vasi Desinec, od koder tudi ime El-des, pomeni namreč elektrarna Desinec. Sklop SE je sestavljen iz treh podjetij: Eldes 1, 2 in 3, ki so bila ustanovljena leta 2010 in 2011. Vsa tri podjetja spadajo po SKD skupino v D35.199, za katero velja, da so registrirana za proizvodnjo električne energije v elektrarnah na sonce. [26]

Elektrarna stoji na 7 hektarjih travnate površine kar je označeno na sliki 16 znotraj rdeče črte. Na površini je postavljenih 35 konstrukcij skupne dolžine 3.350 metrov. Na to konstrukcijo je pritrjenih 10.800 sončnih modulov, kar znaša 16.200 m² površine monokristalnih modulov. Konstrukcija ima 135 DC omaric oziroma razsmernikov, prav tako pa imajo podjetja v lasti 2 transformatorja (na sliki obarvana z rumeno barvo). Okoli elektrarne je postavljena 1.400 metrov dolga in 2 metra visoka zaščitna ograja proti vandalizmu in zaradi varnosti (na sliki 16 obarvana z modro črto). Kot je bilo predhodno omenjeno, je bila elektrarna zgrajena v treh fazah, zato imajo elektrarne posameznih faz tudi različne inštalirane moči: Eldes 1 ima 880,88 kWp, Eldes 2 nanese 704,00 kWp in pri Eldes 3 je inštalirna moč 809,60 kWp. Skupna inštalirana moč znaša 2.394,48 kWp. [26]



Slika 16: Zračni posnetek sončne elektrarne Eldes [5, 26]

5.1 Analitični izračun sončnega obsevanja

Pred vsem načrtovanjem in delom postavitve elektrarne je bilo potrebno naročiti analizo sončnega obsevanja, ki sta jo pripravila dr. Kristjan Brecl in prof. Marko Topič z ljubljanske Fakultete za elektrotehniko smeri laboratorij za fotovoltaike in optoelektroniko. Opravila sta tudi terenske meritve. Za *Analizo sončnega obsevanja na lokaciji predvidene sončne elektrarne v Desincu* sta uporabila podatke programskega paketa METEONORM[®] 5.1, posnela 360⁰ okolice Desinca in uporabila merilnik senčenja.

V tabeli 1 je njun izračun, ki prikazuje pričakovan letni donos elektrarne. Na tem območju letni proizvod elektrarne znaša 1162 kWh na 1 kW inštalirane moči elektrarne, oziroma 1162 letnih obratovalnih ur elektrarne.

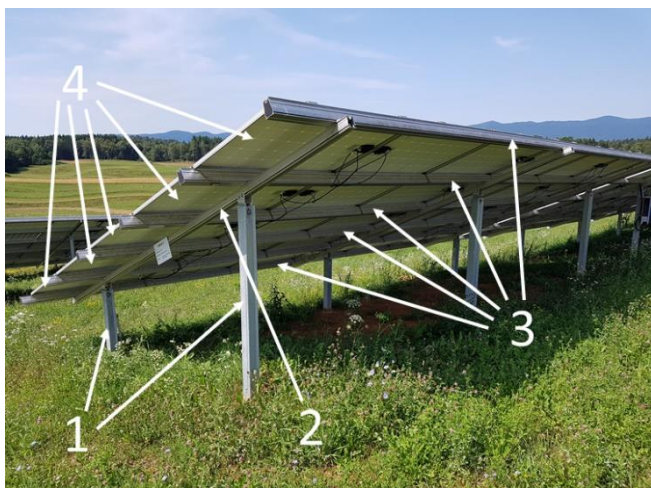
Tabela 1: Analiza letnega sončnega obsevanja na lokaciji Desinec [3, str. 10]

	sončna elektrarna
Sončno obsevanje na površino z naklonom 30° in orientacijo jug (kWh/m ²)	1402
Faktor izgub zaradi orientacije	1.000
Faktor izgub zaradi senčenja okolice	0.991
Faktor izgub zaradi lastnega senčenja	0.984
Faktor učinkovitosti sistema	0.850
Pričakovan letni donos elektrarne (kWh/kW)	1162

5.2 Potek izgradnje SE Eldes

Preden začetkom izgradnje je bilo najprej potrebno na Občini Črnomelj pridobiti lokacijsko informacijo, torej informacijo o tem, kaj se sme na izbranih parcelah graditi. Po prejemu lokacijske informacije, je bilo potrebno pridobiti projektne pogoje ter vsa potrebna soglasja za projekt, nazadnje pa vložiti še vlogo za izdajo gradbenega dovoljenja na Upravni enoti Črnomelj. Šele s pravnomočnostjo GD je bil dovoljen začetek izvajanja del.

Območje parcel, kamor je bila predvidena postavitve SE, je bilo zaraščeno in razgibano, zato je bilo potrebno najprej očistiti in poravnati teren. Naslednji korak je bil projekt vrtanja in postavitve vertikalnih stebrov, oblitih z betonom. Na sliki 17 lahko vidimo vertikalne stebre pod označbo 1. Ti železno pocinkani stebri so postavljeni v dve dolgi vrsti, med njima pa je razdalja 3 metre. Stebri ene vrste so višji, stebri druge vrste pa nižji zaradi potrebnega naklona. Naslednje delo je bila montaža aluminijastih profilov na vsak par višjih in nižjih stebrov (slika 17, oznaka 2) ter montaža istih aluminijastih profilov na prejšnje, a v ležečem položaju, torej v poziciji 90 stopinj na prejšnje profile, kakor prikazuje oznaka 3. Sledilo je najzahtevnejše delo in sicer montaža 10.800 kosov sončnih modulov dimenzije 1.000 x 1.500 milimetrov (oznaka 4). Po končanih montažnih delih in zasipih električnih napeljav med konstrukcijami je bilo izvedeno še zadnje večje delo: posipanje hlevskega gnoja po mrtvi zemlji, poravnava zemlje z vrtavkasto brano in setev trave.



Slika 17: Sestavni deli konstrukcije [26]

Pri tem projektu je bila zelo pomembna organizacija, zato so tudi dela stekla časovno po načrtih. Že med samo izvedbo izgradnje se je odvijala priprava na pridobitev ostalih soglasij in dokumentov, potrebnih za poskusen priklop. Poskus je bil izveden pozitivno, zato je podjetje zaprosilo za soglasje za priklop na distribucijsko omrežje. Soglasje o priklopu je izdala Agencija Republike Slovenije za energijo, nato pa sončne elektrarne dodala v register proizvodnih naprav. Prav tako je Agencija izdala deklaracijo proizvodne naprave ter odločbo o dodelitvi podpore. Podjetje Eldes in AGEN-RS sta sklenila pogodbo o zagaraniranem odkupu električne energije (z določeno ceno in časovnim okvirom). Ob pridobitvi soglasja za priklop se je odvijal tehnični prevzem elektrarne. S potrdilom o pozitivno opravljenem pregledu je podjetje moralo pridobiti še uporabno dovoljenje za začetek obratovanja.

5.3 Vsota sončnih in kilovatnih ur

Predstavil bom proizvodnjo električne energije in skupno število sončnih ur po letih od začetka delovanja elektrarn. Sončna elektrarna Eldes 1 je začela obratovati v začetku leta 2011, ostali dve napravi Eldes 2 in 3 pa v sredini oziroma proti koncu istega leta, zato bom te podatke izpustil in jih ne bom upošteval. V tabeli 2 so predstavljeni podatki proizvodnje električne energije v kWh in količina sončnih ur od leta 2012 do 2018. V nadaljevanju bom primerjal pričakovani letni donos *Analize sončnega obsevanja na lokaciji predvidene sončne elektrarne v Desincu* z realnim skupnim seštevkom proizvodnje v kWh po letih in povprečnimi letnimi sončnimi urami.

Ker imam v podjetju Eldes nalogo vodenja vzdrževalnih del in spremljanja sončne elektrarne, da proizvodnja električne energije poteka nemoteno brez okvar, lahko dostopam do spletne strani, kjer vidim trenutno stanje proizvodnje. Vzdrževalna dela potekajo z vzdrževalnim partnerjem Enertec d. o. o., s katerim sodelujemo pri raznoraznih opravilih, kot so menjava sončnih modulov, razsmernikov in odpravljanje optičnih napak.

V začetku vsakega novega meseca mi iz Elektro Ljubljana d. d. pošljejo končne realne količine proizvedenih kWh prejšnjega meseca. Tako naredim analizo stanja sončne elektrarne glede na mesečni proizvod ter izstavim račun proizvedene električne energije AGEN-RS oziroma podjetju Borzen d. o. o. V začetku vsakega novega leta pa naredim končno analizo celoletne proizvodnje in jo primerjam po letih.

Proizvedene kilovatne ure seštejem po mesecih glede po posamezni napravi (Eldes 1, Eldes 2 in Eldes 3), da dobim število sončnih ur, potem pa skupni seštevke kWh delim z inštalirano močjo posamezne naprave, ki so opisane na začetku v točki 5.

V tabeli 2 sem prikazal proizvodnjo kWh glede na posamezne SE ter jih na koncu seštel. Pri številu sončnih ur pa sem izračunal skupno povprečje sončnih ur, zato se pod rubriko »SKUPAJ« seštevke proizvoda vseh treh naprav ne more ujemati s številom sončnih ur, saj govorimo o povprečju in ne seštevku.

V članku Finance na temo zelene elektrike [6] lahko razberemo, da je bilo v prvem polletju 2019 proizvedenih 508 GWh iz obnovljivih virov energije. V prvem polletju je SE Eldes proizvedla 1,817 GWh, kar pomeni, da SE prispeva 0,358 % proizvodnje električne energije k skupni proizvedeni električni energiji v Sloveniji.

Šuklje I., Stroški čiščenja sončnih modulov s sodobnimi metodami čiščenja, Visoka šola za varstvo okolja, 2019

Tabela 2: Prikaz proizvoda kWh in sončnega obsevanja na sončnih elektrarnah Eldes od leta 2012 do 2018 [28]

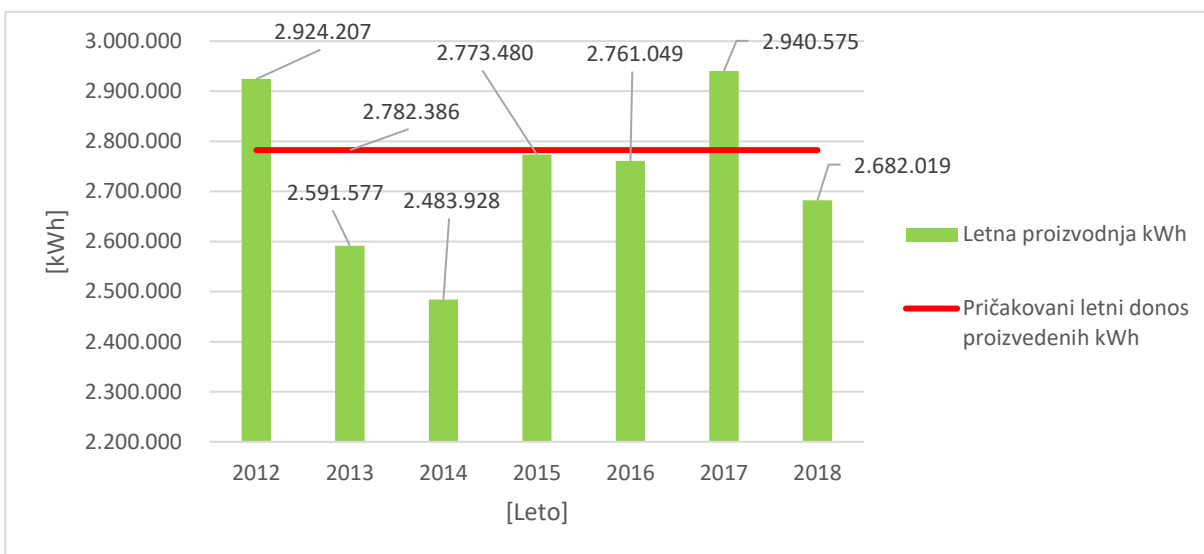
Leto	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Proizvod (kWh)	letne obratovalne ure	Proizvod (kWh)	letne obratovalne ure	Proizvod (kWh)	letne obratovalne ure	Proizvod (kWh)	letne obratovalne ure	Proizvod (kWh)	letne obratovalne ure	Proizvod (kWh)	letne obratovalne ure	Proizvod (kWh)	letne obratovalne ure
ELDES 1	1.094.934	1.243	963.683	1.094	920.520	1.045	1.023.583	1.162	1.018.297	1.156	1.102.639	1.251	982.524	1.115
ELDES 2	877.184	1.246	762.432	1.083	733.568	1.042	818.048	1.162	811.712	1.153	859.272	1.220	800.274	1.136
ELDES 3	952.090	1.176	865.462	1.069	829.840	1.025	931.850	1.151	931.040	1.150	978.664	1.208	899.221	1.110
SKUPAJ	2.924.207	1.222	2.591.577	1.082	2.483.928	1.037	2.773.480	1.158	2.761.049	1.153	2.940.575	1.226	2.682.019	1.120

Dr. Kristjan Brecl in prof. Marko Topič sta v omenjeni *Analizi sončnega obsevanja na lokaciji predvidene sončne elektrarne v Desincu* izračunala, da je letni donos 1162 obratovalnih sončnih ur ali drugače povedano 1162 kWh na 1 kW inštalirane moči sončne elektrarne. Če ta podatek delimo s seštevkom skupne moči SE Eldes (2.394,48 kWp) izračunamo teoretično letno količino pričakovane proizvodnje celotne elektrarne.

Enačba:

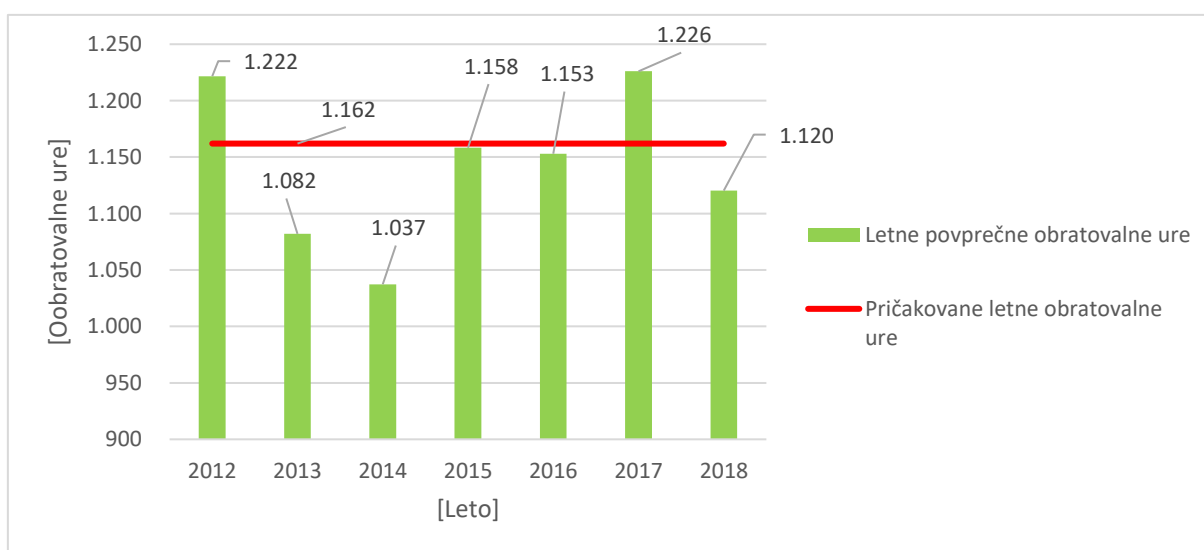
$$\frac{1.162 \text{ kWh}}{1 \text{ kW}} \times 2.394,48 \text{ kWp} = 2.782.386 \text{ kWh}$$

V grafikonu 1 je prikazan skupni seštevke proizvedenih kilovatnih ur po posameznih letih, kar prikazujejo zeleni stolpci. Rdeča črta pa predstavlja izračun teoretičnega pričakovanega letnega proizvoda in sicer 2.782.386 kWh.



Graf 1: Skupni seštevke kWh sončnih elektrarn Eldes po letih [31]

V grafikonu 2 je prikazano skupno povprečje obratovalnih sončnih ur SE po letih (stolpci), z rdečo črto pa je prikazan analitičen izračun 1162 sončnih ur.

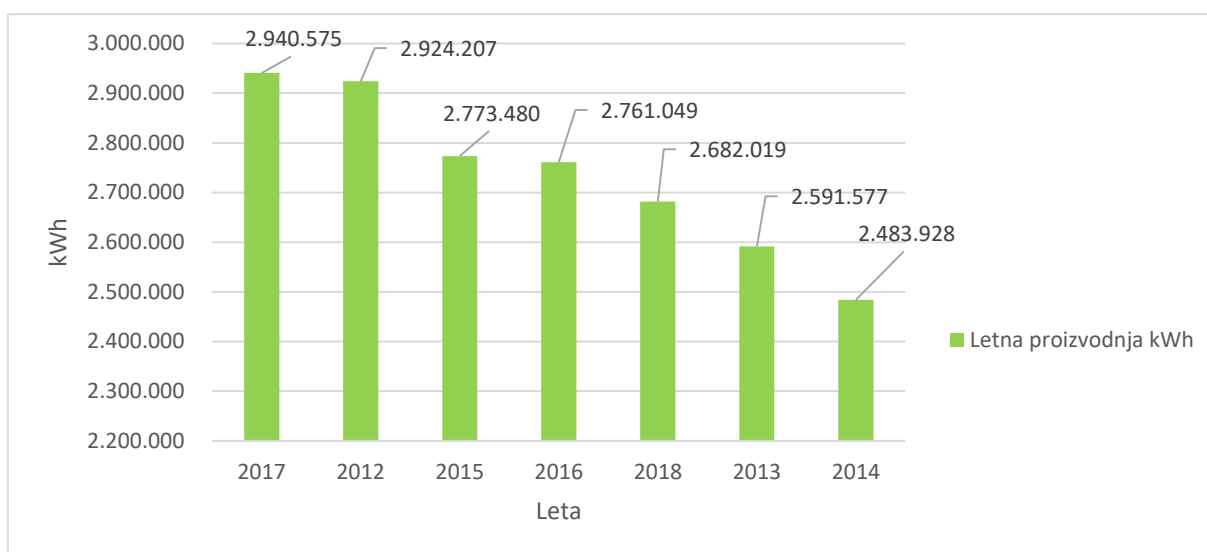


Graf 2: Skupno povprečje obratovalnih ur sončnih elektrarn Eldes po letih [34]

Če povzamemo podatke iz tabele 2 ter grafikonov 1 in 2, opazimo, da je bilo do sedaj najboljšo leto 2017 s proizvodnjo 2.940.575 kWh in 1.226 sončnimi urami, kar je 64 ur več od analitičnih ur. Sledi leto 2012 s 1222 sončnimi urami in proizvodnjo 2.924.207 kWh, kar je 141.821 kWh in 60 sončnih ur več od pričakovanega.

Vsa ostala leta so leta proizvodnje pod analitičnem izračunom. Leto 2015 je imelo vse skupaj 1120 sončnih ur, kar je 4 sončne ure manj od predvidenih izračunov. Sledi leto 2016 z 9 sončnimi urami in 21.337 kWh manj od pričakovanja ter leto 2018 s proizvodnjo 2.682.019 kWh in 1120 sončnimi urami. Ta tri leta nimajo tolikšnega odstopanja, kot ti dve leti, ki sta ostali. V letu 2013 in 2014 je bilo zelo slabo vreme z ogromnimi količinami dežja, zato ni nič nenavadnega, da je imelo leto 2013 celih 80 sončnih ur manj in leto 2014, ki je najslabše leto proizvodnje, vrtoglavih 125 sončnih ur manj od naših pričakovanj.

Za boljšo predstavbo je v grafu 3 slikovni prikaz, kjer je vidno skupno število proizvodnje od najboljšega pa do najslabšega leta.



Graf 3: Skupni seštevek kWh sončnih elektrarn Eldes razvrščeno po letih od največjega do najmanjšega proizvoda [32]

Na spletni strani SURS-a [21] je najnovejši podatek o porabi električne energije v letu 2017, in sicer se je v Sloveniji letno porabilo skupno 3.327 GWh električne energije. Na podstrani o gospodinjstvu in družinah [22] najdemo podatek, da je v Sloveniji registriranih skupno 824.618 gospodinjstev. Ta dva podatka sta osnova za izračun povprečne letne porabe električne energije na gospodinjstvo.

Enačba:

$$\frac{3.327.000.000. kWh}{824.618 \text{ gospodinjstev}} = 4.034 \text{ kWh/gospodinjstvo}$$

Z izračunom dobimo rezultat, da eno gospodinjstvo porabi 4.034 kWh/leto. Povprečni letni skupni proizvod elektrarn Eldes znaša 2.736.691 kWh. Če ta dva podatka delimo, lahko izračunamo, da sončna elektrarna Eldes 1, 2 in 3 v povprečju zadostujejo za 678 gospodinjstev.

Enačba:

$$\frac{2.736.691 \text{ kWh}}{4.034 \text{ kWh/gospodinjstev}} = 678 \text{ gospodinjstvo}$$

6 ONESNAŽENOST POVRŠIN SONČNIH MODULOV

Čiščenje sončnih elektrarn je vedno smiselno, ko se na sončnih modulih pojavi določena količina umazanije.

Gospod Andrej Glinik iz podjetja Enertec, ki ima nalogo spremljanja delovanja sončnih elektrarn in izvedbe raznih raziskav za izboljšanje delovanja, mi je potrdil, da umazanija zelo spremeni končno proizvedeno količino električne energije. Podjetje Enertec poleg vzdrževanja sončnih elektrarn izvaja tudi meritve, kako umazanija vpliva na proizvodnjo električne energije. Na čistočo sončnih modulov največkrat vplivajo dejavniki, kot so bližina avtocest, hitrih cest in drugih prometnih poti zaradi dvigovanja prahu in izpustov trdih delcev, ki se nalagajo na bližnje sončne module. Prav tako na zapraševanje površin vpliva bližina peščenih dvorišč, parkirišč in skladišč na prostem. V mestnih središčih in okolici z industrijskimi aktivnimi dimniki in zračniki se na površine sončnih modulov nalagajo delci saj, smoga, olj in druge umazanije. Elektrarne, zgrajene na podeželju ob kmetijah, so dovzetne za umazanijo na površinah zaradi nabiranja prahu od mletja žit za prehrano, vplivov silosov pa tudi zaradi bližine njiv ter dvigovanja zemeljskega prahu.

6.1 Zapraševanje na sončni elektrarni Eldes

Sončna elektrarna Eldes je lokacijsko dovolj odmaknjena od prometnih cest, mesta in industrijskih obratov. Umeščena je na podeželje obdano z gozdom, vendar pa se na tem območju izvajajo kmetijska dela.

Zaradi preprečevanja erozije tal, kjer stoji sončna elektrarna, smo zasejali travo. Ta je večkrat na leto primerna za košnjo za pripravo hrane v kmetijski namen. V primeru, da trave ne bi pokosili ali mulčili, bi ta zrasla višje od začetne vrste sončnih modulov, nad katerimi bi nastala senca, posledično pa bi bila proizvodnja električne energije manjša. Zaradi košnje ali mulčenja se zemeljski prah iz tal velikokrat dvigne, kakor prikazuje slika 18, in med drugim pristane tudi na površini modulov.



Slika 18: Dvignjen zemeljski prah ob mulčenju [23]

Načeloma se bi morali ti zemeljski prašni delci ob dežju sprati in odstraniti iz sončnega modula, vendar pa v suhem obdobju brez padavin to ni mogoče. Tako se prašni delci vežejo na površino modula, kjer se »zapečejo« na steklo, ob naslednjem dežju pa se ne sperejo in še vedno ostanejo na površini modula. V podjetju Eldes smo se odločili za čiščenje sončnih modulov izključno zaradi zemeljskega prahu, ki očitno ostaja na stekleni površini modulov.

Čiščenje sončnih modulov bo v prihodnje potekalo vsako leto po končani sezoni poletnih kmetijskih del (predvidoma v začetku septembra). V primeru, da bo na površinah modulov opaziti veliko umazanije, bomo čiščenje opravili tudi v obdobju kmetijskih del (med mesecem majem in avgustom). Torej se lahko zgodi tudi, da bodo sončni moduli očiščeni 2-krat letno, vendar le takrat, ko bo to res potrebno.

Lokacija SE Eldes je, kot je bilo že omenjeno, na zelo na specifičnem mestu, zato na njen produkt električne energije vpliva veliko dejavnikov: količine padavin, delež sušnega obdobja, neurja, sončno obsevanje ter ostali vremenski pojavi. Po zbranih podatkih na najbližji meteorološki postaji Dobljče, ki mi jih je posredoval gospod Zorko Vičar z Agencije Republike Slovenije za okolje, sem pripravil tabelo 3, ki je prikazana spodaj.

Tabela 3: Prikaz vremenskih podatkov po letih iz meteorološke postaje Dobljče [39]

ČRNOMELJ - DOBLIČE									
Leto/Vreme	trajanje sonca [h]	količina padavin [mm]	št. dni s padavinami >1 mm	št. dni s padavinami >10 mm	št. dni s padavinami >20 mm	št. dni z nevihto	št. oblačnih dni	št. dni z meglo	št. dni s snežno odejo
2010	Ni podatka	1546.4	143	51	27	32	157	26	96
2011	Ni podatka	920.7	82	26	17	37	117	24	17
2012	Ni podatka	1387	116	43	23	25	106	24	35
2013	Ni podatka	1529.5	127	52	24	44	157	31	67
2014	Ni podatka	1793.5	159	61	27	46	158	37	19
2015	Ni podatka	1366.3	87	44	24	21	131	37	29
2016	Ni podatka	1410.4	119	51	25	35	132	32	12
2017	Ni podatka	1383.9	102	47	27	35	112	31	36
2018	Ni podatka	1260.9	119	46	14	45	131	49	49
POVPREČJE	/	1387	117	47	23	36	133	32	40

Meteorološka postaja Dobljče ima 157 metrov nadmorske višine in je od sončne elektrarne oddaljena 7,4 kilometre zračne linije. Sončna elektrarna Eldes ima najvišjo točko 203 metre nadmorske višine. Že zaradi različne nadmorske višine so temperature različne: v Dobljčah je velikokrat višja temperatura od temperature v Črnomlju ali v vasi Desinec. Elektrarna Eldes leži na takšni mikrolokaciji, kjer je v poletnem času velikokrat vetrovno, posledično pa je tudi temperatura nižja v primerjavi z okoliškimi kraji. Tako ne moremo trditi, da so temperature povsem iste. Na temperaturo vplivajo nadmorska višina in razgiban relief, zagotovo pa je nekaj razlik v temperaturi tudi zaradi reke v bližini meteorološke postaje.

Iz tabele 3 lahko razberemo, da je v osemletnem obdobju v povprečju letno padlo 1387 mm padavin na kvadratni meter. V tem osemletnem obdobju je bilo povprečno 117 dni s padavinami, ki so presegle 1 mm/m², 47 dni s padavinami nad 10 mm/m² in 23 dni s padavinami nad 20 mm/m². Prav tako je bilo v obdobju osmih let povprečno 36 dni letno z nevihto, 133 oblačnih dni letno, 32 dni letno z meglo ter 40 dni letno s snežno odejo. Podatka o tem, koliko ur dnevno povprečno sije sonce, ni.

Z analizo teh podatkov lahko vidimo, je na območju meteorološke postaje Dobljče v povprečju letno kar precej padavin. Sklepamo lahko, da je tako tudi v vasi Desinec, kjer je locirana SE Eldes, zato bi padavine lahko sprale umazanijo s sončnih modulov. Vendar pa v resnici na lokaciji Desinec ni tako.

V jesenskem in spomladanskem času je občasno na območju elektrarne megla, v mestu Črnomelj in naselju Dobljče pa sonce, a vendar se največkrat zgodi ravno obratno. Velikokrat je mogoče opaziti tudi, da v Črnomlju in Dobljčah dežuje, na Desincu pa sije sonce. Za slikovit primer, ki potrjuje omenjeno razliko v vremenskih pojavih, lahko navedemo hudo neurje s točo, ki se je zgodilo 8. junij. 2018, ko je hudo toča v velikosti pesti povzročila gromozansko škodo na objektih in ostali infrastrukturi v Črnomlju in tudi v nekaterih ostalih krajih, ki so od SE Eldes

oddaljeni le dober kilometer zračne linije. V času, ko je neurje s točo klestilo in povzročalo škodo v okolici, na Desincu ni padla niti kaplja dežja.

Z rezervo moramo jemati tudi snežne dneve oz. dneve, ko so tla pokrita s snežno odejo. Ne moremo z gotovostjo trditi, da v času snežnih dni, torej povprečno 40 dni letno, kot je zapisano v tabeli, elektrarna ne proizvaja električne energije. Elektrarna je namreč zgrajena tako, da »kljubuje« snežni odeji – ko posije sonce, se sončni moduli segrejejo in sneg zdrsne z njih. To se zgodi zaradi naklona elektrarne, ki je zgrajena pod kotom 25 stopinj.

Lokacija sončne elektrarne Eldes je specifična, zato ne moremo reči, da podatki meteorološke postaje Dobljče veljajo tudi za lokacijo Desinec.

6.2 Vrste čiščenja sončnih modulov

6.2.1 Strojno čiščenje

Pri strojnem čiščenju ločimo robotsko čiščenje in čiščenje s pomočjo gradbenega stroja.

6.2.1.1 Robotsko čiščenje

Za izvedbo robotskega čiščenja moramo na sončne module montirati vodila, na katera nato namestimo robota s krtačami. Robot ima lastno napajanje iz svojega fotonapetostnega sistema. Poznamo dve vrsti robotskega čiščenja, in sicer suho in mokro čiščenje. Suho čiščenje poteka tako, da robot površino skrtači in odpihne ali posega umazanijo vase. Suhi način čiščenja se uporablja, kadar na površinah sončnih celic ni veliko madežev. Pri mokrem čiščenju pa ima robot ob krtačenju še dodaten dovod vode za lažje odstranjevanje trdovratnih madežev. Poudariti velja, da se način robotskega čiščenja uporablja le pri sončnih elektrarnah, ki so postavljene na ravnem terenu, saj morajo biti vodila vedno v isti višini in širini, da ne bi robot poškodoval sončnih modulov. Prav tako se takšno čiščenje uporablja pri konstrukciji z enojnimi sončnimi celicami, kakor je razvidno iz slike 19. Za nakup ali najem robota in vodil se navadno odločijo lastniki sončnih elektrarn z velikimi količinami sončnih modulov, ki jih ročno ni mogoče očistiti. Takšna naložba je trenutno še zelo draga in primerna le za največje SE.



Slika 19: Prikaz robotsko suhega čiščenja sončnih modulov [12]

6.2.1.2 Čiščenje sončnih modulov s pomočjo gradbenega stroja

Čiščenje steklenih površin sončnih modulov s pomočjo gradbenega stroja poteka tako, da se namesti priključek s krtačami na roko gradbenega stroja, kakor je razvidno iz slike 20. Krtače poganja hidravlična črpalka preko gradbenega stroja. Slabost takšnega načina čiščenja je, da



Slika 20: Čiščenje s pomočjo gradbenega stroja [13]

je višina med sončnimi moduli in krtačami ob premiku gradbenega stroja lahko neenaka oz. neenakomerna, če so tla razgibana. Če upravitelj stroja tega dejavnika ne upošteva ali nanj ni pozoren, lahko zelo resno poškoduje sončne module. Funkcionalnost takšnega čiščenja je odvisna od velikosti čistilnega priključka in velikosti gradbenega stroja, da lahko doseže vse sončne module. Ko vzamemo v ozir cenovni vidik, je jasno, da je nakup zgolj takšne priključne krtače ugodnejši v primerjavi z nakupom robota za čiščenje. Seveda je potrebno imeti gradbeni stroj.

6.2.2 Ročno čiščenje

Pri ročnem čiščenju se uporabljata dve veliki krtači, ki sta pritrjeni na nosilno palico (slika 21 in slika 22). Te krtače upravlja delavec s pomikanjem palice navzgor, navzdol ter levo in desno po površini modula. Takšno čiščenje je zelo počasno. Uporablja se predvsem za čiščenje sončnih modulov tam, kjer ni možen dostop z gradbenim strojem ali robotom, in tam, kjer so neravna tla ali konstrukcija, predvsem pa se uporablja za čiščenje sončnih modulov na strehah oziroma za čiščenje modulov MFE (malih fotonapetostnih elektrarn). Nakup takšnega čistilnega seta je cenovno ugoden v primerjavi s prej omenjeno strojno opremo za čiščenje sončnih modulov.



Slika 21: Ročno čiščenje [14]

7 STROŠKI ROČNEGA ČIŠČENJA

7.1 Opis in utemeljitev izbranega sistema čiščenja modulov

Elektrarna Eldes stoji na razgibanem terenu, kar pomeni, da se nakup priključka krtač za gradbeni stroj ne bi obnesel, saj bi lahko prišlo do poškodb površine sončnih modulov ali pa celo do poškodb tal. Prav tako se ne bi obnesla postavitve vodil za čistilnega robota zaradi neenakomernega nagiba konstrukcije sončne elektrarne. Najbolj logična odločitev je tako bila, da se v podjetju odločijo za nakup profesionalnega čistilnega seta ročnih krtač, ki se bodo poleg čiščenja SE Eldes uporabile tudi za čiščenje šestih MFE.

Podjetje je kupilo le čistilni set iSOLAR 800 (slika 22) brez aparata na hladno vodo, zato nas sedaj zanima, ali bi lahko stroške zmanjšali z uporabo čistilnega seta in s pomočjo gasilskega vozila. Izhajamo iz predpostavke, da ima gasilsko vozilo velik rezervoar za vodo in dovolj močno črpalko za poganjanje krtače čistilnega seta. Tako ne bomo izgubljali časa s polnjenjem vode in krtače ne bo potrebno priklopiti na dodatni visokotlačni aparat (znamke Kärcher), saj bomo uporabili visokotlačno cev gasilskega vozila. Posledično bi bila tudi amortizacija naložbe čistilnega seta hitrejša.



Slika 22: Profesionalni čistilni set iSOLAR 800 za čiščenje sončnih modulov [30]

7.1.1 iSOLAR 800 in gasilsko vozilo

Celoten čistilni set iSOLAR 800 za delovanje vsebuje:

- glavo krtače iSOLAR 800 z dvema rotacijskima krtačama, ki se vrtita v nasprotno smer, z delovno širino 800 mm ter težo 7 kilogramov (slika 22, oznaka 1),
- karbonsko teleskopsko palico dolžine od 2,4 do 14 metrov s skupno težo 5 kilogramov (slika 22, oznaka 3),
- set cevi za iSOLAR dolžine 10 metrov (slika 22, oznaka 2).

Zaradi večletnega sodelovanja in sponzorstva podjetja Eldes prostovoljnemu gasilskemu društvu Suhor smo gasilce prosili, če bi nam lahko pomagali pri čiščenju, s čimer smo hoteli ugotoviti, ali bi bilo čiščenje s pomočjo gasilskega vozila finančno sprejemljivo. Uporabili smo gasilsko vozilo Rosenbauer model ET, GVC16/25 znamke Man, ki je delno vidno na sliki 23 spodaj. Vozilo ima vodno črpalko Rosenbauer NH 25 z maksimalnim pretokom 2.500 l/min. Črpalka ima možnost nastavitve ene stopnje normalnega tlaka in štirih stopenj visokega tlaka z maksimalnim tlakom 10 barov. Tega smo po napotkih PGD Suhor tudi uporabili za čiščenje sončnih modulov, vendar smo tlak prilagodili delovanju čistilnih krtač iSOLAR 800.

7.2 Ekonomski vidiki čiščenja modulov

Zanimalo nas je, ali se čiščenje modulov obrestuje, zato smo v podjetju Eldes leta 2017 opravili meritve čiščenja, rezultate in ugotovitve pa sem zbral v višješolski diplomski nalogi z naslovom *Povečanje proizvodnje električne energije na sončni elektrarni s čiščenjem sončnih celic*. [26]

Prišli smo do ugotovitev, da se čiščenje enkrat mesečno, enkrat tedensko in čiščenje na vsake 3 dni ne obrestuje. Obrestuje se le čiščenje enkrat letno. Prav tako smo izračunali, da bi se obrestoval nakup profesionalnega čistilnega seta iSOLAR 800.

Med meritvami razsmernikov smo ugotovili, da bi bila proizvodnja zaradi enkrat letnega čiščenja že v poletnih mesecih večja za 0,29 %. Z množenjem podatka tedanjega povprečnega letnega proizvoda (2.706.848 kWh) in s podatkom procentualnega večjega proizvoda (0,29 %) smo dobili rezultat, da bi s takratnim čiščenjem elektrarna proizvedla 7.850 kWh več električne energije letno.

Če ta podatek pomnožimo z 0,30 €/kWh, izračunamo, da bi bil letni donos elektrarne lahko večji za 2.355,00 €.

Z izračunom čiščenja celotne elektrarne (čiščenje takrat je potekalo tako, da smo steklene površine sončnih modulov najprej sprali z običajnim curkom vode ter nato osušili z gospodinjskim setom za čiščenje steklenih površin), smo v višješolski diplomski [26, str. 27-29] izračunali, da bi imeli za 610,56 € stroškov. Vendar pa pri tem izračunu nismo upoštevali časa, ki bi ga porabili za dotakanje 1000-litrne cisterne. Poraba vode celotne elektrarne bi bila tako 13,5 m³, zato bi morali 14-krat polniti cisterno. Za napolnitev 1 cisterne vključno z njenim premikom bi potrebovali cca 0,67 h, kar pomeni, da bi za 14 polnjenj potrebovali 9,4 ure. Za ta čas bi morali plačati 2 delavca (13,2 €/h) še dodatnih 124,08 €. Prav tako nismo upoštevali porabe dizelskega goriva (160 €) na 4.200 metrski dolgi poti za premik cisterne.

Skupni stroški bi na podlagi novega izračuna znašali 894,64 €. Ko od donosa 2.355,00 € odštejemo stroške čiščenja, dobimo novi dobiček, in sicer **1.460,36 €**.

7.3 Opis in meritve čiščenja

Pred izvedbo čiščenja se je bilo potrebno s poveljnikom gasilcev PGD Suhor dogovoriti ustrezen termin za izvedbo čiščenja. Preden so gasilci PGD Suhor prišli na lokacijo SE Eldes, so morali regijskemu centru za obveščanje sporočiti, kje in koliko časa se bo vozilo nahajalo.

Pred začetkom izvedbe del smo morali na vhodni set cevi iSOLAR 800 pričvrstiti visokotlačno H-spojko, da smo jo lahko spojili z visokotlačno gasilsko cevjo. Čiščenje je potekalo tako, da smo preko črpalke sprostili 4 bare vodnega tlaka za pogon krtač, nato smo se s krtačami pomikali od spodnjega do zgornjega roba modulov, kot je prikazano na sliki 23, postopek pa smo ponavljali na ostalih sončnih modulih. Meritev porabljenih posameznih količin je bila prilagojena tako, da smo uporabili uro za meritev potrebnega časa, merilec porabljene vode na vodni črpalci in števec porabe nafte (dizelskega goriva).



Slika 23: Prikaz čiščenja sončnih modulov s setom iSOLAR 800 in s pomočjo gasilskega vozila [27]

Prvi dan smo pričeli s čiščenjem ob 7. uri zjutraj in končali ob 8. uri zvečer. Porabili smo 12 delovnih ur, poln rezervoar vode in 120 litrov dizelskega goriva. Naslednji dan smo začeli s čiščenjem ob 7. uri in končali ob 21. uri. Za čiščenje celotnih površin sončnih modulov skupne površine 16.200 m² smo porabili 2,9 m³ vode (cisterno gasilskega vozila smo morali dotočiti), 130 litrov goriva in 13 delovnih ur. Skupen seštevek porabljenih količin je prikazan v spodnji tabeli 4. Ugotovimo lahko, da smo za en kvadratni meter čiščenja steklene površine sončnega modula porabili 0,34 litrov vode, slabe 4 sekunde in 0,01 litra dizelskega goriva.

Tabela 4: Skupni seštevek porabljenih sredstev po dnevih [33]

	1. DAN	2. DAN	SKUPAJ
Voda (m ³)	2,5	2,9	5,4
Dizelsko gorivo (l)	120	130	250
1 delavec (h)	12	13	25

7.3.1 Kakovost čiščenja in vplivi čiščenja na okolje

Po končanem čiščenju se je na stekleni površini modulov že s prostim očesom opazili razlika. Moduli so bili čisti, brez zemeljskih prašnih delcev in cvetnega prahu. Umazanijo smo sprali z modulov le z uporabo profesionalne čistilne krtače in vode.

Čistila za solarne naprave ni bilo potrebno uporabiti, saj je bilo mogoče umazanijo lepo odstraniti le s pomočjo vode. Za uporabo čistila se nismo odločili tudi iz razloga, ker trenutno čistilo za solarne naprave, ki smo ga imeli na voljo, ni imelo certifikata o vsebnosti sestavin po določilih Uredbe št. 648/2004 EU o detergentih [36]. Ta uredba predpisuje uporabo detergentov za zagotavljanje visoke stopnje varstva okolja in zdravja ljudi.

Tako smo za odstranjevanje umazanije s površine sončnih modulov uporabili samo vodo, saj se vsa tekočina med čiščenjem spira v tla. Delci, ki so se nalagali na površini, načeloma niso okolju nevarni, saj so se že prvotno nahajali v istem območju. Delci niso prispeli z drugih območij, da bi njihova sestava lahko kakorkoli vplivala na varstvo okolja.

7.4 Analiza in rezultati

V tabeli 5 je jasno viden zmnožek porabljenih količin s postavkami cen za določena sredstva. Za 1 kubični meter vode moramo plačati 1,0447 €, delovna ura enega delavca nas stane 6,60 € in cena za 1 liter dizelskega goriva znaša 1,234 €. Gasilci nam pri čiščenju sončnih modulov niso hoteli zaračunati najema gasilskega vozila, za lažjo predstavo o višini zneska pa so povedali le, da bi najem pri njihovem društvu v našem primeru znašal cca. 80,00 €. Znesek bom upošteval pri izračunu stroškov.

Tabela 5: Prikaz skupnih stroškov za čiščenje celotne elektrarne [29]

	Porabljene količine	Cena	Stroški
Voda (m ³)	5,4 (m ³)	1,0447 (€/m ³)	5,64 €
Dizelsko gorivo (l)	250 (l)	1,234 (€/l)	308,50 €
Delavec (h)	25 (h)	6,6 (€/h)	165,00 €
SKUPAJ	/	/	479,14 €

Iz enačbe spodaj lahko razberemo, da z razliko med letnim donosom sončne elektrarne in realnim stroškom čiščenja pridobimo **1.795,86 €** dobička.

$$2.355,00 \text{ €} - 479,14 \text{ €} - 80,00 \text{ €} = 1.795,86 \text{ €}$$

Po višješolskih podatkih bi imeli s stroški 1.460,36 € dobička. Z realnimi rezultati čiščenja (z najemom gasilskega vozila) pa smo dokazali, da bi imeli kar za 335,50 € dobička več od predvidenega.

Naš rezultat kaže, da za zdaj ni potrebno kupiti visokotlačnega aparata na hladno vodo, saj za projekt čiščenja modulov sončne elektrarne v našem primeru obstaja možnost pomoči gasilskega vozila. Posledično se spremeni tudi čas amortizacije nakupa seta iSOLAR 800. Pri višješolskem diplomskem delu smo pri izračunu upoštevali celotni nakup (čistilni set z visokotlačnim aparatom), ki je znašal 3.771,13 € s povrnitvijo v 3,1 letih [26].

V sedanjih izračunih upoštevamo samo nakup seta, ki je znašal 2.039,34 €. Ceno čistilnega seta nato delimo s končnim realnim dobičkom in dobimo rezultat spodnje enačbe, ki pravi, da se bo ta nakup amortiziral v 1,1 letu.

$$\frac{2.039,34 \text{ €}}{1.875,86 \text{ €/leto}} = 1,1 \text{ leta}$$

8 RAZPRAVA S SKLEPI

Pred začetkom izvedbe čiščenja modulov sončne elektrarne Eldes smo si zastavili tri hipoteze, v tem poglavju pa jih bomo potrdili oz. ovrgli glede na rezultate terenskega dela in izračunov.

V hipotezi 1 smo predvideli, da so stroški čiščenja celotne površine sončnih modulov elektrarne s profesionalnim čistilnim setom iSOLAR 800 in s pomočjo gasilskega vozila nižji od predvidenih stroškov.

S terensko metodo dela in analizami smo ugotovili, da se pri čiščenju celotne površine modulov sončne elektrarne uporaba čistilnega seta iSOLAR 800 ter gasilskega vozila finančno obrestuje. S pomočjo izračuna stroškov, ki so v višješolski diplomski nalogi znašali 894,64 €, in s primerjavo realnih podatkov čiščenja smo prišli do rezultatov, ki kažejo, da so stroški izvedenega čiščenja bistveno nižji, in sicer za 335,50 €. Končni dobiček se je posledično dvignil na 1.795,86 €. S tem lahko potrdimo hipotezo 1.

Hipoteza 2 trdi, da nakup visokotlačnega aparata na hladno vodo ne bo potreben.

Z uporabo gasilskega vozila smo omogočili čiščenje sončnih modulov le z enim delavcem. Za izvedbo dela smo potrebovali dva dneva oziroma 25 delovnih ur. Prav tako smo porabili 5,4 m³ vode. Tako čiščenje se trenutno finančno obrestuje, dokler je na voljo pomoč gasilcev in gasilskega vozila ter dokler je cena dizelskega goriva sprejemljiva. Porabili smo namreč 250 litrov goriva oziroma naredili za 308,50 € stroškov, kar predstavlja največji znesek stroškov. Dokazali smo, da se takšen način čiščenja v našem primeru finančno obrestuje, zato ni potrebe po nakupu visokotlačnega aparata. S to ugotovitvijo potrdimo tudi hipotezo 2.

V hipotezi 3 smo predvideli, da se bo naložba profesionalnega čistilnega seta iSOLAR 800 povrnila hitreje.

Z nakupom le čistilnega seta iSOLAR 800 smo zmanjšali stroške in povečali končni dobiček, pri tem pa smo izračunali, da se je zmanjšala amortizacijska doba orodja iz 3,1 leta na 1,1 leta, s čimer smo potrdili tudi hipotezo 3.

Ob potrditvi hipotez se nam poraja vprašanje, koliko odstotkov izkoristka pretvorbe sončne v električno energijo bi z leti upadlo, kar bi bilo v prihodnje še zanimivo raziskati. Z izračunom bi lahko približno vedeli, kdaj bi bilo potrebno posodobiti sončno elektrarno. Seveda nas bi v tem primeru zanimal tudi okoljski vidik. Ob izvedbi zamenjave sončnih modulov bi bilo dobro raziskati, kaj se bo zgodilo s sestavnimi komponentami sončnega modula, kam gredo ti sestavni deli, ali se zavržejo (če se zavržejo, kako to vpliva na okolje) in ali se moduli reciklirajo ter deli ponovno uporabijo v prihodnosti.

9 POVZETEK

Namen diplomske naloge je bilo raziskati, ali je čiščenje s čistilnim setom iSOLAR 800 in s pomočjo gasilskega vozila finančno sprejemljivo. Zanimalo nas je tudi, ali bi bilo gasilsko vozilo dober nadomestek visokotlačnega aparata na hladno vodo ter ali se bi s tem amortizacija čistilnega seta zmanjšala.

V prvem delu smo predstavili število in inštalirane moči sončnih elektrarn v Sloveniji. Opisali smo najpogostejše vrste elektrarn, ki so se v preteklosti in se še gradijo v naši državi. Predstavili smo tudi sestavo in delovanje sončnega modula. Na koncu pa smo opisali podjetje in postopek same izgradnje SE Eldes.

V drugem, terenskem delu, smo opravili meritve in zbrali podatke za nadaljnjo analizo. Analiza in izračuni so nam pokazali, da se prej omenjeno čiščenje finančno obrestuje, saj je realen dobiček tega čiščenja za 355,50 € večji od dobička iz višješolske diplomske naloge. Izračunali smo, da bi bil končni dobiček 1.795,86 €.

Izračuni so pokazali, da so trenutni stroški čiščenja s pomočjo gasilskega vozila finančno sprejemljivi in ni potrebe po naložbi visokotlačnega aparata na hladno vodo. Z analizo smo ugotovili tudi, da se bo nakup profesionalnega čistilnega seta za čiščenje sončnih modulov povrnil v 1,1 leta.

Skladno z ugotovitvami v tej diplomski nalogi je podjetje Eldes sklenilo, da ne bo investiralo v nakup visokotlačnega aparata, dokler bo cena dizelskega goriva sprejemljiva in gasilska pomoč izvedljiva.

10 SUMMARY

The purpose of the thesis was to research whether the cleaning of the solar power station with the help of cleaning set iSOLAR 800 and fire fighting vehicle is financially acceptable. We also wondered whether the use of fire fighting vehicle would be a good substitute for the Kärcher cold water pressure washer and whether the depreciation of the cleaning product would have been reduced.

In the first part we presented the number and installed power of solar power stations in Slovenia. We have described the most common types of power plants that have been in the past and are still being built in our country. We also presented the composition and operation of the solar module. In the end, we described the company and the process of building the solar power station Eldes.

In the second, fieldwork part, we obtained measurements and gathered the data for further analysis. The analysis and calculations showed us that the abovementioned cleaning was financially remunerated, as the real profit amount of the cleaning is for 355.50 € higher than the theoretical profit. We calculated that the final profit would be 1,795.86 €.

The calculations showed that the current cleaning costs with the help of the firefighting vehicle are financially acceptable and there is no need to invest in a cold water pressure washer. Based on the analysis we came to a conclusion, that the purchase of a professional cleaning set for solar modules cleaning would be restored to 1.1 years.

According to the findings in this thesis, the Eldes company concluded not to invest in the purchase of the Kärcher cold water pressure washer until the price of diesel fuel is acceptable and the fire assistance is feasible.

11 LITERATURA IN VIRI

- [1] Avtovizije. BMW-jev koncept solarnega nadstreška za polnjenje EV. Medmrežje: <https://www.avtovizije.com/novice/item/bmw-jev-koncept-solarnega-nadstreska-za-polnjenje-ev-7656> (17. 5. 2019)
- [2] Babuder, M., Volfand, J., Lenarčič, M., idr., (2009). *Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji*. Celje, Fit media, št. str. 168
- [3] Brecl, K., Topič, M., (2010). *Analiza sončnega obsevanja na lokaciji predvidene sončne elektrarne v Desincu*. Ljubljana, Fakulteta za elektrotehniko, št. str. 11.
- [4] Elektra inženiring, d. o. o. Sončne elektrarne. Medmrežje: <http://www.elektra.si/dejavnost/soncne-elektrarne>
- [5] Geo prostor. Prostorski informacijski sistem. Medmrežje: <https://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=CRNOMELJ> (9. 7. 2019)
- [6] Hočevar, B., Zelene elektrike je letos več kot lani, subvencij zanjo pa manj. Finance.si. Medmrežje: <https://oe.finance.si/8951196/Zelene-elektrike-je-letos-vec-kot-lani-subvencij-zanjo-pa-manj?src=live> (6. 8. 2019)
- [7] Kastelec, D., Rakovec, J., Zakšek, K., (2007). *Sončna energija v Sloveniji*. Ljubljana, Založba ZRC, ZRC SAZU, št. str. 136
- [8] Komisija za alpinizem. Letošnja poletna planinska sezona nad petletnim povprečjem. Medmrežje: <https://vk.pzs.si/natisni.php?pid=10374&zbirka=novice&url=&iframe=true&width=630&height=410> (17. 5. 2019)
- [9] Lenardič, D., Ravnikar, I., (2012). *Fotonapetostni sistemi - Gradniki, načrtovanje, namestitve in vzdrževanje*. Ljubljana, Agencija Poti, št. str. 674
- [10] Montažne hiše on.net. Sončna ali solarna elektrarna. Medmrežje: <http://montazne-hise-on.net/soncna-solarna-elektrarna.html> (26. 5. 2019)
- [11] Pravilnik o tehničnih zahtevah naprav za samooskrbo z električno energijo iz obnovljivih virov energije, *Ur. l. RS*, št. 1/2016, 46/2018
- [12] Prikaz robotskega čiščenja sončnih modulov. Medmrežje: <https://www.youtube.com/watch?v=3b2bnYbkxq0> (6. 8. 2019)
- [13] Prikaz čiščenja sončnih modulov s pomočjo gradbenega stroja. Medmrežje: <https://www.youtube.com/watch?v=FG72Ehh-Bf0> (6. 8. 2019)
- [14] Prikaz ročnega čiščenja sončnih modulov. Medmrežje: <https://www.youtube.com/watch?v=eVG7YZOFZY> (6. 8. 2019)
- [15] Slovenski portal za fotovoltaike. Moduli. Medmrežje: <http://pv.fe.uni-lj.si/Moduli.aspx> (25.5.2019)

- [16] Slovenski portal za fotovoltaiiko. Sledenje soncu. Medmrežje: <http://pv.fe.uni-lj.si/Sledenje.aspx> (19. 5. 2019)
- [17] Slovenski portal za fotovoltaiiko. Sončno obsevanje v Sloveniji. Medmrežje: <http://pv.fe.uni-lj.si/ObsSLO.aspx> (11. 5. 2019)
- [18] Slovenski portal za fotovoltaiiko. Sončne elektrarne v Sloveniji. Medmrežje: <http://pv.fe.uni-lj.si/SEvSLO.aspx> (11. 5. 2019)
- [19] Sončna elektrarna. MFE Rupar. Medmrežje: <http://soncna-elektrarna.com/referenca/mfe-rupar/> (18. 5. 2019)
- [20] Solarni sistemi Wagner. Sončne elektrarne. Medmrežje: http://solarni-sistemi-wagner.si/soncna_energija/soncne_elektrarne/ (25. 5. 2019)
- [21] Statistični urad Republike Slovenije. Proizvodnja in poraba energije. Medmrežje: <https://www.stat.si/StatWeb/Field/Index/5/88> (16. 7. 2019)
- [22] Statistični urad Republike Slovenije. Gospodinjstva in družine. Medmrežje: <https://www.stat.si/StatWeb/Field/Index/47> (16. 5. 2019)
- [23] Šuklje, I., (2018). Dvignjen zemeljski prah ob mulčenju, lasten slikovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [24] Šuklje, I., (2018). MFE Suktje I. in Suktje IV., lasten slikovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [25] Šuklje, I., (2011). Plast silicijeve celice, lasten slikovni vir. Celovec, Šuklje, I.
- [26] Šuklje, I., (2017). *Povečanje proizvodnje električne energije na sončni elektrarni s čiščenjem sončnih celic, diplomatska naloga*. Novo mesto, Šuklje, I., št. str. 70
- [27] Šuklje, I., (2019). Prikaz čiščenja sončnih modulov s setom iSOLAR 800 in s pomočjo gasilskega vozila, lasten slikovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [28] Šuklje, I., (2019). Prikaz proizvoda kWh in sončnega obsevanja na sončnih elektrarnah Eldes od leta 2012 do 2018, lasten podatkovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [29] Šuklje, I., (2019). Prikaz skupnih stroškov za čiščenje celotne elektrarne, lasten podatkovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [30] Šuklje, I., (2019). Profesionalni čistilni set iSOLAR 800 za čiščenje sončnih modulov, lasten slikovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [31] Šuklje, I., (2017). Sestavni deli konstrukcije, lasten slikovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [32] Šuklje, I., (2019). Skupni seštevek kWh sončnih elektrarn Eldes po letih, lasten podatkovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [33] Šuklje, I., (2019). Skupni seštevek kWh sončnih elektrarn Eldes razvrščeno po letih od največjega do najmanjšega proizvoda, lastni podatkovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [34] Šuklje, I., (2019). Skupni seštevek porabljenih sredstev po dnevih, lasten podatkovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [35] Šuklje, I., (2019). Skupno povprečje obratovalnih ur sončnih elektrarn Eldes po letih, lasten podatkovni vir. Desinec, Šuklje, I.

- [36] Šuklje, I., (2011). Sončna elektrarna Eldes, lasten slikovni vir. Desinec, Šuklje, I.
- [37] Uredba (ES) št. 648/2004 Evropskega parlamenta in sveta z dne 31. marca 2004 o detergentih, *Ur. l. EU*, št.13/2004
- [38] Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije, *Ur. l. RS*, št. 17/2019
- [39] Vičar, Z., (2019). Prikaz vremenskih podatkov po letih iz meteorološke postaje Dobljče, podatkovni vir pridobljen pri ARSO – Agencija Republike Slovenije za okolje: Državna meteorološka služba Republike Slovenije. Medmrežje: <http://meteo.arso.gov.si/> (27. 8. 2019)
- [40] Vrata Deržič. Dvoosni sledilnik sonca. Medmrežje: <https://www.vrata-derzic.si/dvoosni-sledilnik-sonca> (19. 5. 2019)
- [41] Vukelić, Ž., (2019). *Racionalna raba energije, skripta predavanj*. Velenje, Vukelić.