

# Primjena solarne energije u brodogradilištu

---

Trogrlić, Juraj

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:569836>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-20**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Juraj Trogrlić**

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Neven Hadžić, dipl. ing.

Student:

Juraj Trogrlić

Zagreb, 2017.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Juraj Trogrlić





|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Sveučilište u Zagrebu               |        |
| Fakultet strojarstva i brodogradnje |        |
| Datum                               | Prilog |
| Klasa:                              |        |
| Ur.broj:                            |        |

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Juraj Trogrlić**

Mat. br.:0035185926

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PRIMJENA SOLARNE ENERGIJE U BRODOGRADILIŠTU**

Naslov rada na engleskom jeziku: **SHIPYARD SOLAR ENERGY APPLICATION**

Opis zadatka:

U završnom radu potrebno je razmotriti mogućnosti primjene solarne energije u brodogradilištu za potrebe proizvodnje električne i toplinske energije. Značajan dio potrošnje električne energije usko je vezan uz brodograđevni proizvodni proces, dok je proizvodnja toplinske energije usmjerena na grijanje sanitarne vode. Stoga je potrebno izvršiti a) prikaz suvremene solarne tehnologije i njenu primjenu u metaloprerađivačkoj industriji u EU, b) pregled osnovnih smjernica UN-a vezanih uz energetske učinkovitu industriju, c) analizu potrošnje električne energije jedne dizalice i dimenzioniranje solarnog sustava napajanja, d) analizu potrošnje toplinske energije i dimenzioniranje sustava kolektora i e) tehno-ekonomsku analizu isplativosti.

Tijekom izrade rada koristiti literaturu i računalnu potporu dostupnu na FSB-u.

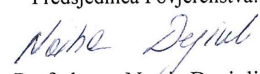
Zadatak zadan:  
30. studenog 2016.

Rok predaje rada:  
1. rok: 24. veljače 2017.  
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2017.  
3. rok: 22. rujna 2017.

Predviđeni datumi obrane:  
1. rok: 27.2. - 03.03. 2017.  
2. rok (izvanredni): 30. 06. 2017.  
3. rok: 25.9. - 29. 09. 2017.

Zadatak zadao:

  
Doc. dr. sc. Neven Hadžić

Predsjednica Povjerenstva:  
  
Prof. dr. sc. Nađa Degiuli

## SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 2. KLIMA .....  | 2  |
| 3. IZVORI OBNOVLJIVE ENERGIJE U REPUBLICI HRVATSKOJ.....  | 4  |
| 4. SMJERNICE UN-A VEZANE UZ ENERGETSKI UČINKOVITU INDUSTRIJU [6] ..                                     | 18 |
| 5. PRIKAZ SUVREMENE SOLARNE TEHNOLOGIJE .....   | 23 |
| 6. ANALIZA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE DIZALICE I<br>DIMENZIONIRANJE SOLARNOG SUSTAVA NAPAJANJA ..... | 30 |
| 7. ANALIZA POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE I DIMENZIONIRANJE SUSTAVA<br>KOLEKTORA .....                    | 39 |
| 8. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA ISPLATIVOSTI NAVEDENIH PRIMJERA.....   | 46 |
| 9. ZAKLJUČAK.....   | 48 |

## POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Količina CO <sub>2</sub> u atmosferi.....   | 3  |
| Slika 2. Srednja godišnja brzina vjetra.....   | 8  |
| Slika 3. Srednja godišnja gustoća snage vjetra.....  | 9  |
| Slika 4. Lokacije vjetro elektrana.....  | 10 |
| Slika 5. Trend porasta instalirane snage vjetroelektrana.....  | 11 |
| Slika 6. Satna i srednja godišnja proizvodnja električne energije iz VE.....                                       | 12 |
| Slika 7. Vjetroelektrane na moru.....  | 13 |
| Slika 8. Postavljanje vjetroturbine na moru.....   | 13 |
| Slika 9. Suma godišnje iradijacije na optimalno otklonjen fotonaponski modul.....                                  | 14 |
| Slika 10. Usporedba godišnje iradijacije na optimalno otklonjene fotonaponske module u člancama Europse unije..... | 15 |
| Slika 11. Suma godišnje iradijacije na horizontalno postavljen fotonaponski modul u Hrvatskoj.....                 | 16 |
| Slika 12. Suma godišnje iradijacije na optialno otklonjen fotonaponski modul na području Hrvatske.....             | 17 |
| Slika 13. Parabolična protočna solarna termoelektrana.....   | 24 |
| Slika 14. Shema rada protočne parabolične solarne termoelektrane.....  | 25 |
| Slika 15. Linearni Fresnel reflektorski sustav.....  | 25 |
| Slika 16. Sustav sa središnjim prijemnikom.....  | 26 |
| Slika 17. Antenski sustav.....   | 26 |
| Slika 18. Monokristalna čelija lijevo i polikristalna desno.....   | 27 |
| Slika 19. Amorfnu fotonaponska čelija na kalkulatoru.....  | 28 |
| Slika 20. Iskoristivost fotonaponskih čelija raznih proizvođača.....   | 28 |
| Slika 21. Desert Sunlight Solar Farm.....  | 29 |
| Slika 22. Dizalica za koju se vrši proračun.....   | 30 |
| Slika 23. Prikaz potrošnje električne energije dizalice sa mjerenja.....   | 37 |
| Slika 24. Dnevna potrošnja vode u 2012. godini.....  | 39 |
| Slika 25. Dnevna potrošnja vode u 2013. godini.....  | 40 |
| Slika 26. Dnevna potrošnja vode u 2014. godini.....  | 40 |
| Slika 27. Dnevna potrošnja vode u 2015. godini.....  | 41 |
| Slika 28. Dnevna potrošnja vode u 2016. godini.....  | 41 |
| Slika 29. Prosječna dnevna potrošnja vode po godinama.....   | 42 |
| Slika 30. Prikaz tlocrtne površine krova jedne radionice.....  | 45 |

**POPIS TABLICA**

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1. Vodne snage u Hrvatskoj .....  | 5  |
| Tablica 2. Izgrađene HE u Hrvatskoj .....   | 5  |
| Tablica 3. Planirane HE u Hrvatskoj .....   | 7  |
| Tablica 4. Energije u pojedinim stupnjevima ciklusa .....   | 35 |
| Tablica 5. Trajanje pojedinih ciklusa .....   | 36 |
| Tablica 6. Ulazni podatci za izračun potrebne površine.....   | 38 |
| Tablica 7. Prosječna dnevna potrošnja vode po godinama.....   | 42 |
| Tablica 8. Ulazni podatci za proračun potrošnje električne energije potrebne za grijanje vode ..... | 43 |
| Tablica 9. Ulazni podatci za proračun potrebne površine .....                                       | 44 |

## **SAŽETAK**

Cilj ovog rada bio je analizirati mogućnost uvođenja obnovljivih izvora energije u energetske sustave brodogradilišta. U tu svrhu analizirani su dostupni izvori obnovljive energije na području Hrvatske. Ukratko je dan uvid u smjernice Ujedinjenih naroda vezanih uz energetske učinkovite industrije. Od spomenutih izvora obnovljive energije detaljnije je opisan princip dobivanja energije pomoću solarnih kolektora i fotonaponskih panela. Solarnom izvoru energije posvećeno je najviše pažnje jer je jedini primjenjiv na području brodogradilišta. Potencijalna primjena navedenih sustava analizirana je na dva primjera. U prvom slučaju analizirana je potrošnja električne dizalice na navozu i određena potrebna površina za instaliranje fotonaponskih modula koji bi podmirivali potražnju za energijom. Drugi slučaj se bavi grijanjem sanitarne vode te je također određena potrebna površina za instalaciju solarnih panela. Naposljetku je ukratko napravljena tehno-ekonomska analiza za oba slučaja. Dobiveni su povratni periodi za pojedinačne tipove investicije od 17.5 godina, odnosno 13 godina za slučaj grijanja sanitarne vode što je bilo više od očekivanog.

## **SUMMARY**

In this bachelor thesis, the possibility of introducing renewable energy sources in the shipyards energy system was analyzed. Available resources of renewable energy in Croatia were analyzed. A brief insight into the United Nations guidelines for an energy-efficient industry was shown. Of the mentioned energy sources, solar collectors and photovoltaic panels energy generation was described in more detail. A lot of care were taken when considering solar power source because it is the only applicable method of energy generation in a shipyard. Potential application of previously mentioned systems was analyzed in two examples. In first example, we analyze energy consumption of an electric crane and calculate the required surface area for installation of the required photovoltaic modules. The second example deals with the heating of sanitary water, as well as calculation of the required surfaces for installation of solar panels. Finally, a technical-economic analysis was made in both cases. Return periods were obtained for individual investment types of 17.5 years or 13 years for the heating of sanitary water, which was more than expected.

## **1. UVOD**

Potaknut činjenicom da je ljudska vrsta u zadnjih sto godina počela mjenjati i prilagođavati okoliš svojim potrebama. Intezitetom i brzinom koja nije viđena do sada, pritom zanemarujući promjene u ekosustavau. Ponajviše u sastavu atmosfere koji je vrlo malo oscilirao tokom klimatskih promjena a najbitniji je za održavanje temperature planeta. Globalno zatopljenje u prošlom stoljeću koje se nastavlja i danas, nije posljedica normalnog mjenjaanja klime već je direktno izazvano ljudskim djelovanjem. Zato je ono od iznimne važnosti za život na zemlji i budućnost koja nas očekuje. Iz tih razloga ovaj rad će se pozabaviti razlozima zbog kojih bi trebali uvesti izvore energije koji u manjoj mjeri utječu na promjene u atmosferi. Osvrnuti se na smjernice Ujedinjenih Naroda i Europske komisije vezanih uz energetske učinkovite industrije. Vidjeti koji alternativni izvori energije su najdostupniji i najpovoljniji za područje Republike Hrvatske. Dati prikaz suvremene solarne. Razmotriti mogućnosti primjene solarne energije u brodogradilištu „Uljanik“ na dva primjera. Prvi je analiza potrošnje električne energije portalne dizalice i dimenzioniranje sustava napajanja. Drugi je analiza potrošnje toplinske energije i dimenzioniranje sustava kolektora za grijanje sanitarne vode. Naposljetku će se prikazati tehno-ekonomska analiza isplativosti uvođenja takvih sustava u postojeći sustav proizvodnje u samom brodogradilištu.

## 2. KLIMA

### 2.1. Klima [1]

Život na zemlji ovisi o energiji koja dolazi sa sunca u obliku elektromagnetskog zračenja. Više od polovice svjetlosti koja dođe do zemlje prodire kroz atmosferu i apsorbira se na površini zemlje. Apsorbirana svjetlost zagrijava površinu koja ponovno odašilje energiju u obliku infracrvenog zračenja prema svemiru. 90% zračenja sa površine zemlje apsorbiraju staklenički plinovi i vodena para koji odašilju energiju u svim smjerovima. Pritom zagrijavaju niže djelove atmosfere i zemlju. Na taj način se na površini zemlje održava prosječna temperatura od 15°C pogodna za život. U zadnjih 20-ak godina svjedoci smo da se klima počela drastično mjenjati. Glavni razlog promjena je povećane koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi. Uz H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O i sintetičke klorofluorouglikje (Freone) CO<sub>2</sub> je najzastupljeniji i najviše doprinosi efektu staklenika. Upravo zbog toga ćemo se posvetiti analizi CO<sub>2</sub> u atmosferi.

#### 2.1.1. Uzroci promjene klime [1]

Promjene klime tokom Pleistocena. Pleistocen se često naziva i veliko ledeno doba. Analizom leda, pokazano je da je tokom Pleistocena bilo 11 značajnih glacijala. Kako su glacijali nastupali tako se i sastav zemljine atmosfere mjenjao. Svaki glacijal bio je popraćen podjednakim količinama ugljičnog dioksida u atmosferi, Slika 1. To pokazuje da je u tadašnjem ekosustavu planeta postojala ujednačena količina ugljičnog dioksida. Takvo stanje vladalo je sve do dvadesetog stoljeća. Nakon prve industrijske revolucije ljudi su počeli masivno iskopati fosilna goriva te ih koristiti kao glavni izvor energije. Sagorjevanjem fosilnih goriva počelo je otpuštanje ugljičnog dioksida koji je milionima godina bio „zatočen“ u zemljinoj kori. Na taj način, količina CO<sub>2</sub> u atmosferi se na neprirodan način povisila iznad ikad zabilježene vrijednosti.





**Slika 1. Količina CO<sub>2</sub> u atmosferi**

U zadnjih 70 godina, koncentracija CO<sub>2</sub> u atmosferi se povisila za trećinu isključivo ljudskim djelovanjem. Na taj način smo drastično počeli mjenjati zemljinu klimu koja je bila stabilna stoljećima. Važnost stakleničkih plinova i njihovu koncentraciju u atmosferi možemo dodatno naglasiti primjerom iz našeg sunčevog sustava. S jedne strane je Mars koji ima jako slab efekt staklenika. Njegova atmosfera je jako takna i rijetka. Iako je gotovo cijela sačinjena od CO<sub>2</sub>, zbog nedostatka vodene pare ili metana koji bi pospješili efekt staklenika. Mars je velikim djelom zaleđen s prosječnom temperaturom površine od -63°C. Suprotnost Marsu je Venera koja u svojoj atmosferi ima 300 puta više CO<sub>2</sub> nego Zemlja i površinu prosječne temperature 462°C. Oba planeta po današnjim spoznajama ne podržavaju nikakav oblik života.

Posljedice mjenjanja prirodnog stanja atmosfere teško je predvidjeti. Smatra se da će zemlja u prosjeku postajati sve toplija, povećati će se isparavanje vode, neki dijelovi planeta će postati vlažniji a neki sve suhlji. Oceani će postati topliji, i dodatno otopiti ledenjake i ostale ledene površine. Samim time će se i razina vode podizati. Uzmemo li u obzir da je većina populacije planeta naseljena uz obale mora u velikim gradovima to bi moglo predstavljati veliki problem. S druge strane biljke bi pozitivno reagirale na povećane koncentracije CO<sub>2</sub> pa bi bujnije i brže rasle.

### 3. IZVORI OBNOVLJIVE ENERGIJE U REPUBLICI HRVATSKOJ

U ovom poglavlju razmotit ćemo potencijalne izvore obnovljive energije u Republici Hrvatskoj. Ako pogledamo smještaj Republike Hrvatske na karti svijeta vidjet ćemo da se nalazi oko 45° paralele. Samim tim je klima na području Republike Hrvatske djelomično određena. Klima u unutrašnjosti Hrvatske je umjereno kontinentalna, u gorskoj Hrvatskoj planinska i pretplaninska dok je primorskom dijelu mediteranska. Jadranska obala koja čini značajan dio teritorija Hrvatske jedna je od najosunčanijih na mediteranu. Ta činjenica odmah nameće solarnu energiju kao zanimljiv izvor energije u priobalnom području. S obzirom da se na području Hrvatske dade prepoznati više kakarakterističnih oblika klime. Uz činjenicu da je i geografski vrlo raznovrsna razumno je pretpostaviti i analizirati i druge izvore obnovljive energije. Uz sve to diverzifikacija energenata i izvora uvijek je bio cilj energetske industrije. Stoga valja razmotriti hidroenergetski potencijal Hrvatskih rijeka. Analizirati mogućnost dobivanja energije iz vjetra. Mogućnost eksploatacije geotermalnih izvora, biomase i drugih. U daljnjoj analizi pozabavit ćemo se izvorima obnovljive energije koji su najaktualniji i za koje postoji najviše dostupnih podataka za područje Republike hrvatske.

#### 3.1. Hidro energetski potencijal u Hrvatskoj [2]

Glavnina vodnih snaga Hrvatske nalazi se na 13 većih vodotoka, Tablica 1. Od toga Drava, Sava, Kupa i Una su vodotoci koji samo jednim svojim dijelom teku kroz Hrvatsku. Rijeka Trebišnjica nalazi se u Bosni i Hercegovini no njeno energetske korištenje najpovoljnije je na padu prema obali Jadranskog mora koja pripada Hrvatskoj. Obzirom da je korištenje Trebišnjice na taj način i ostvareno, dio potencijala koji pripada Hrvatskoj prikazan je kao dio hrvatskog vodnog potencijala.

| Vodotok                    | Bruto hidroenergetski potencijal (TWh) | Tehnički iskoristivi potencijal (TWh) | Iskorišten hidroenergetski potencijal (TWh) | Iskorišten hidroenergetski potencijal (%) |
|----------------------------|--|---------------------------------------|---|---|
| Drava (hrvatski dio)       | 4,00                                   | 2,60                                  | 1,23  | 47,3                                      |
| Sava (hrvatski dio)        | 3,80                                   | 1,00                                  | 0,00  | 0,0                                       |
| Kupa                       | 3,03                                   | 2,00                                  | 0,24  | 11,9                                      |
| Una (hrvatski dio)         | 0,20                                   | 0,10                                  | 0,00  | 0,0                                       |
| Rječina                    | 0,56                                   | 0,18                                  | 0,12  | 66,6                                      |
| Mima                       | 0,08                                   | 0,04                                  | 0,00  | 0,0                                       |
| Raša                       | 0,04                                   | 0,02                                  | 0,00  | 0,0                                       |
| Lika i Gacka               | 2,00                                   | 1,40                                  | 1,00  | 71,4                                      |
| Ličanka-Lokvarka           | 0,20                                   | 0,15                                  | 0,13  | 86,8                                      |
| Krka                       | 1,02                                   | 0,66                                  | 0,16  | 24,2                                      |
| Zrmanja                    | 0,20                                   | 0,10                                  | 0,00  | 0,0                                       |
| Cetina                     | 5,70                                   | 3,70                                  | 2,75  | 74,3                                      |
| Trebišnjica (hrvatski dio) | 0,50                                   | 0,50                                  | 0,50  | 100,0                                     |
| UKUPNO                     | 21,33                                  | 12,45                                 | 6,13  | 49,2                                      |

**Tablica 1. Vodne snage u Hrvatskoj**

Izgradnja hidroelektrana u Hrvatskoj od svojih prvih početaka 1895.godine zabilježila je najveći rast nakon drugog svjetskog rata kada započinje značajnije korištenje hidroenergetskog potencijala u Hrvatskoj. U razdoblju puštanja u pogon prve hidroelektrane Jaruga do danas izgrađene su slijedeće hidroelektrane u vlasništvu Hrvatske elektroprivrede, Tablica 2. U spomenutu tablicu nisu uključeni objekti s instaliranom snagom manjom od 1 MW.

| Hidroelektrana                   | Godina puštanja u pogon | Instalirana snaga (MW) |
|----------------------------------|-------------------------|------------------------|
| HE Jaruga                        | 1895/1904.              | 5,4                    |
| HE Miljacka                      | 1906.                   | 17,6                   |
| HE Ozalj                         | 1908.                   | 2,2                    |
| HE Kraljevac (prva i druga faza) | 1912/1932.              | 59,2                   |
| HE Zeleni Vir                    | 1921.                   | 1,8                    |
| HE Vinodol                       | 1952.                   | 84                     |
| HE Zavrelje                      | 1952.                   | 1,9                    |
| HE Ozalj II                      | 1952.                   | 3,3                    |
| HE Miljacka obnova               | 1955.                   | 24                     |
| CHE Fužine                       | 1957.                   | 4                      |
| HE Gojak                         | 1959.                   | 48                     |
| HE Peruća                        | 1960.                   | 41,6                   |
| HE Zakućac (prva i druga faza)   | 1961/1981.              | 486                    |
| HE Senj                          | 1965.                   | 216                    |
| HE Dubrovnik                     | 1965.                   | 216 (108 hrvatski dio) |
| HE Rijeka                        | 1968.                   | 36,8                   |
| HE Sklope                        | 1970.                   | 22,5                   |
| HE Orlovac                       | 1973.                   | 237                    |
| HE Varaždin                      | 1975.                   | 86                     |
| HE Golubić                       | 1981.                   | 7,5                    |
| HE Čakovec                       | 1982.                   | 75,9                   |
| RHE Velebit                      | 1984.                   | 276                    |
| HE Lepenica                      | 1987.                   | 1,14                   |
| HE Dubrava                       | 1989.                   | 75                     |
| HE Dale                          | 1989.                   | 40,8                   |

**Tablica 2. Izgrađene HE u Hrvatskoj**

Preostali hidroenergetski potencijal u Hrvatskoj na srednjim i većim vodotocima moguće je koristiti na još oko 60 hidroelektrana ukupne instalirane snage 1287,8 MW uz prosječnu godišnju proizvodnju od 5816 GWh. Obzirom da se dio ovog potencijala nalazi na graničnim rijekama s Mađarskom, Slovenijom i Bosnom i Hercegovinom, Hrvatskoj pripada 1027,5 MW snage i 4614,5 GWh prosječne godišnje proizvodnje energije.

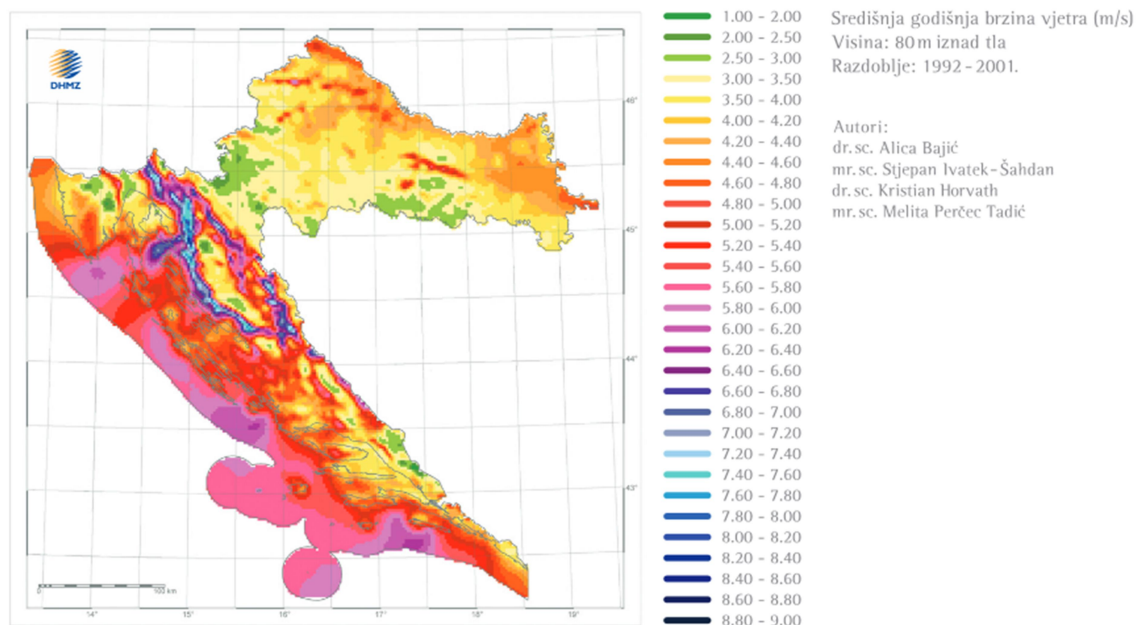
Najznačajnije od planiranih hidroelektrana koje se predviđa izvesti su: HE Novo Virje na Dravi, HE Podsused i HE Drenje na Savi, HE Lešće na Gojačkoj Dobri, HE Krčić koji koristi vode Krke i Krčića, HE Senj 2 koja koristi vode sustava Like i Gacke i HE Ombla koja koristi vode izvora Ombla u Rijeci Dubrovačkoj. Također se predviđa i proširenje HE Dubrovnik koja koristi vode rijeke Trebišnjice prevođenjem voda iz drugih slivova u akumulaciju Bileća. U tablici 3. dan je pregled planiranih hidroelektrana (podaci iz "Elektroprojekta Zagreb"). U navedenoj tablici prikazani su svi dosad planirani objekti hidroelektrana s instaliranom snagom iznad 1 MW.

| REDNI BROJ | HIDROELEKTRANA         | VODOTOK     | NAJBLIŽE NASELJE | NAZIVNA SNAGA (MW) |
|------------|------------------------|-------------|------------------|--------------------|
| 1          | PODSUSED               | SAVA        | ZAGREB           | 48,00              |
| 2          | PREČKO                 | SAVA        | ZAGREB           | 28,00              |
| 3          | ZAGREB                 | SAVA        | ZAGREB           | 22,00              |
| 4          | DRENJE                 | SAVA        | ZAGREB           | 39,30              |
| 5          | STRELEČKO              | SAVA        | SISAK            | 21,76              |
| 6          | JASENOVAC              | SAVA        | JASENOVAC        | 18,00              |
| 7          | ŠAMAC                  | SAVA        | ŠAMAC            | 44,00              |
| 8          | NOVO VIRJE             | DRAVA       | KOPRIVNICA       | 140,00             |
| 9          | BARČ                   | DRAVA       | PITOMAČA         | 66,80              |
| 10         | DONJI MIHOLJAC         | DRAVA       | DONJI MIHOLJAC   | 72,60              |
| 11         | OSIJEK                 | DRAVA       | OSIJEK           | 52,20              |
| 12         | MURSKO SREDIŠĆE        | MURA        | MURSKO SREDIŠĆE  | 12,20              |
| 13         | PODTUREN               | MURA        | PODTUREN         | 21,10              |
| 14         | GORIČAN                | MURA        | GORIČAN          | 16,00              |
| 15         | KOTORIBA               | MURA        | KOTORIBA         | 15,40              |
| 16         | LEŠĆE                  | DOBRA       | GORINCI          | 50,00              |
| 17         | TOPLICE                | DOBRA       | T. LEŠĆE         | 5,00               |
| 18         | GLOBORNICA             | DOBRA       | T. LEŠĆE         | 4,70               |
| 19         | JARČE POLJE            | DOBRA       | JARČE POLJE      | 6,30               |
| 20         | MAJUR                  | DOBRA       | JARČE POLJE      | 2,20               |
| 21         | POLAKI                 | DOBRA       | NETRETIĆ         | 2,00               |
| 22         | MREŽNICA               | DRETULJA    | PLAŠKI           | 10,20              |
| 23         | JANČIĆ                 | MREŽNICA    | PLAŠKI           | 3,40               |
| 24         | JUZBAŠIĆ               | MREŽNICA    | GENERALSKI STOL  | 16,80              |
| 25         | ERDELJ                 | MREŽNICA    | GENERALSKI STOL  | 27,50              |
| 26         | ZVEČAJ                 | MREŽNICA    | ZVEČAJ           | 7,70               |
| 27         | LJESKOVAC              | KORANA      | SLUNJ            | 4,40               |
| 28         | SLUNJ                  | KORANA      | SLUNJ            | 6,50               |
| 29         | PRIMIŠJE               | KORANA      | SLUNJ            | 9,60               |
| 30         | LUČICA                 | KORANA      | VELJUN           | 14,85              |
| 31         | BARILOVIĆ              | KORANA      | DUGA RESA        | 5,00               |
| 32         | KUPARI                 | KUPA        | ČABAR            | 18,60              |
| 33         | KOČIĆIN                | KUPA        | BROD NA KUPI     | 9,30               |
| 34         | DOL                    | KUPA        | BROD NA KUPI     | 37,10              |
| 35         | SEVERIN                | KUPA        | SEVERIN          | 24,00              |
| 36         | PRILIŠĆE               | KUPA        | SEVERIN          | 18,00              |
| 37         | STANKOVCI              | KUPA        | NETRETIĆ         | 21,20              |
| 38         | OTOK                   | KUPA        | OZALJ            | 9,90               |
| 39         | BOŽAKOVO               | KUPA        | OZALJ            | 9,10               |
| 40         | ILOVAC                 | KUPA        | OZALJ            | 5,40               |
| 41         | BRODARCI               | KUPA        | OZALJ            | 9,60               |
| 42         | POKUPLJE               | KUPA        | POKUPSKO         | 18,90              |
| 43         | MILJACKA               | KRKA        | MARASOVINE       | 53,15              |
| 44         | ČIKOLA 1               | ČIKOLA      | DRNIŠ            | 6,73               |
| 45         | ČIKOLA 2               | ČIKOLA      | KLJUČICE         | 43,24              |
| 46         | KRČIĆ GORNJI           | KRČIĆ       | KRČIĆ (ZASEOKI)  | 8,90               |
| 47         | ERVENIK                | ZRMANJA     | PREVJES          | 14,20              |
| 48         | ŽEGAR                  | ZRMANJA     | ŽEGAR            | 8,80               |
| 49         | ZRMANJA                | ZRMANJA     | BERBEROV BUK     | 18,60              |
| 50         | KOSINJ                 | LIKA        | KOSINJ           | 46,80              |
| 51         | OTOČAC                 | LIKA        | OTOČAC           | 12,70              |
| 52         | RIČICE                 | SUVAJA      | PROLOŽAC         | 6,60               |
| 53         | OMBLA                  | OMBLA       | KOMOLAC          | 68,50              |
| 54         | VALIĆI                 | RJEČINA     | MATRINOVO SELO   | 18,15              |
| 55         | KAČJAK                 | DUBRAČINA   | SINJ             | 5,70               |
| 56         | MHE PERUČA             | CETINA      | SINJ             | 2,40               |
| 57         | MHE PRANČEVIĆI         | CETINA      | TRILJ            | 1,50               |
| 58         | TISNE STINE            | CETINA      | OMIŠ             | 7,40               |
| 59         | RIČICE                 | RIČICE      | GRAČAC           | 4,00               |
| 60         | DUBROVNIK, III AGREGAT | TREBIŠNJICA | PLAT             | 120,00             |

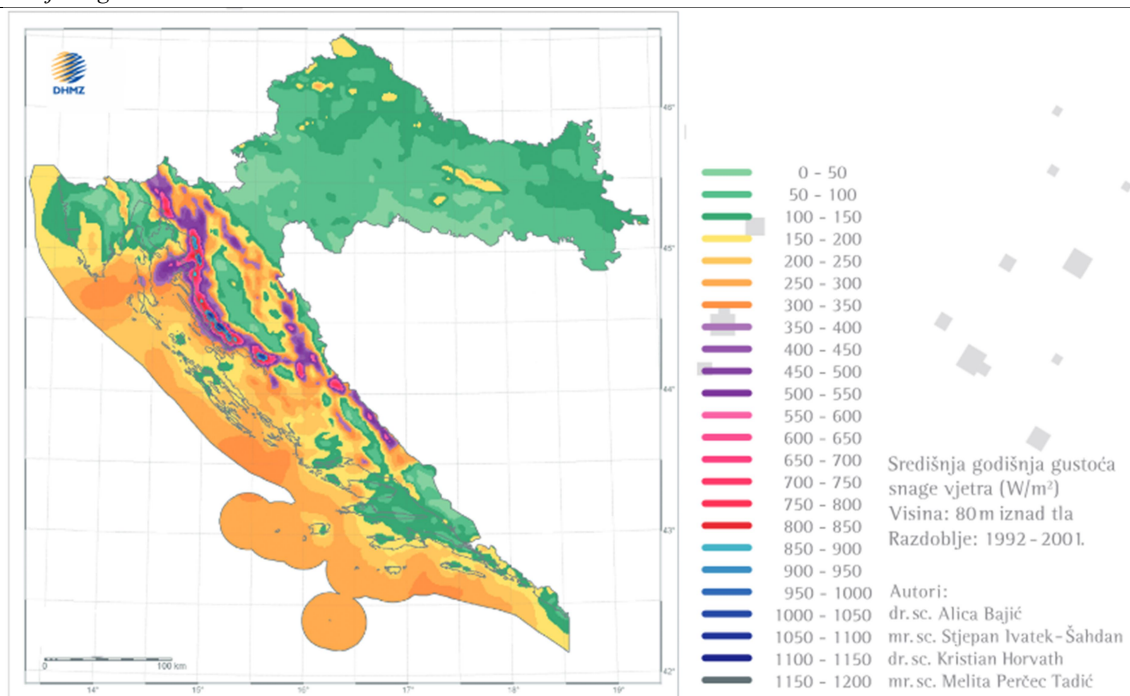
Tablica 3. Planirane HE u Hrvatskoj

### 3.2. Energija vjetra [3][4]

Vjetar je horizontalna komponenta strujanja zraka u atmosferi, a nastaje kao posljedica pretvaranja potencijalne energije atmosfere u kinetičku energiju, uglavnom pod utjecajem sile tlaka. U kontinentalnom dijelu Hrvatske, uglavnom u ravničarskim područjima, potencijal energije vjetra vrlo je mali. Ispod  $100 \text{ W/m}^2$ . Na istočnom dijelu Jadranskog mora, posebno u njegovom južnom dijelu, vjetrovi: jaka bura i jugo uzrokuju da potencijal vjetra doseže i do  $446 \text{ W/m}^2$ , Slika 3.

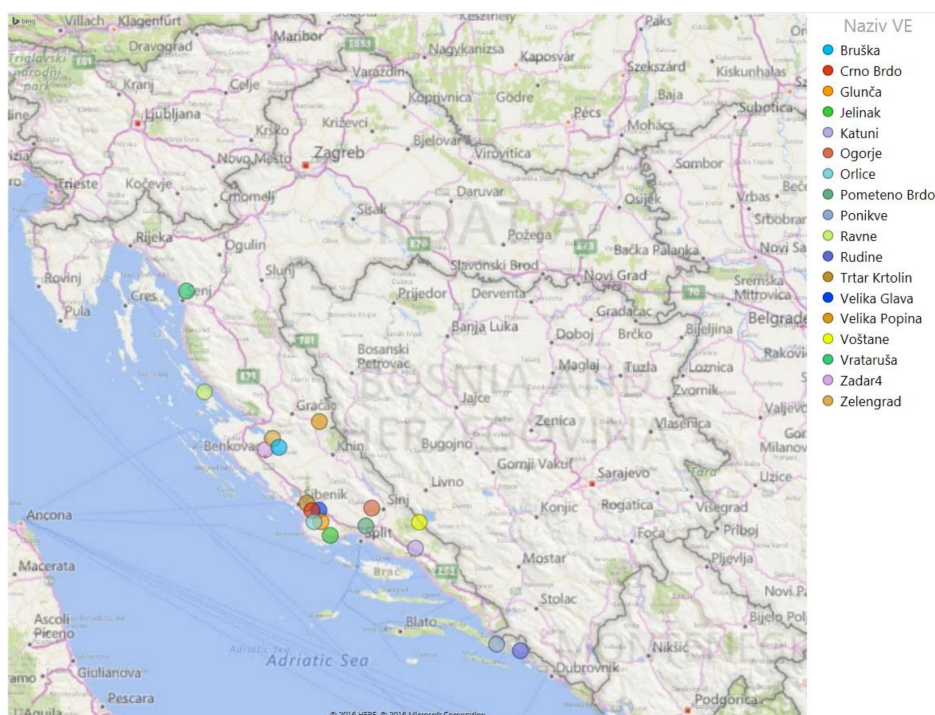


Slika 2. Srednja godišnja brzina vjetra



**Slika 3. Srednja godišnja gustoća snage vjetra**

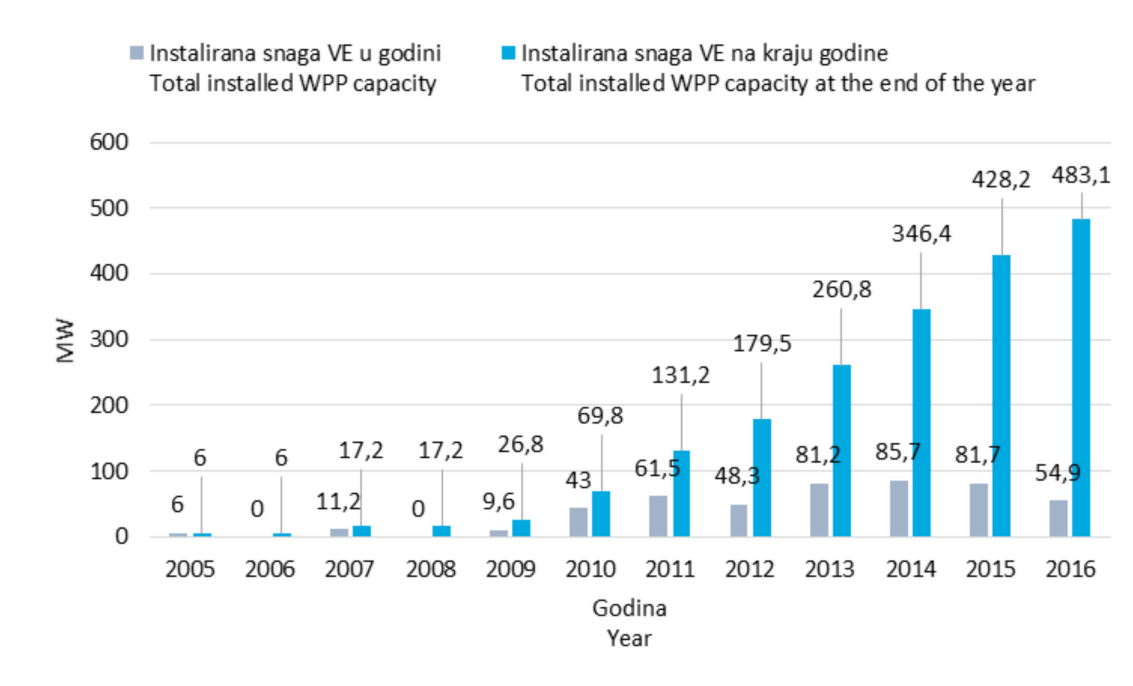
U lipnju 2017. godine je u Hrvatskoj u redovnom pogonu bilo 17 vjetroelektrana, s ukupno instaliranom snagom od 448,85 MW. Najviše vjetroelektrana smješteno je na lokacijama u Šibensko-kninskoj županiji (6), Zadarskoj županiji (5) i Splitsko-dalmatinskoj županiji (4), Slika 4.



Slika 4. Lokacije vjetro elektrana

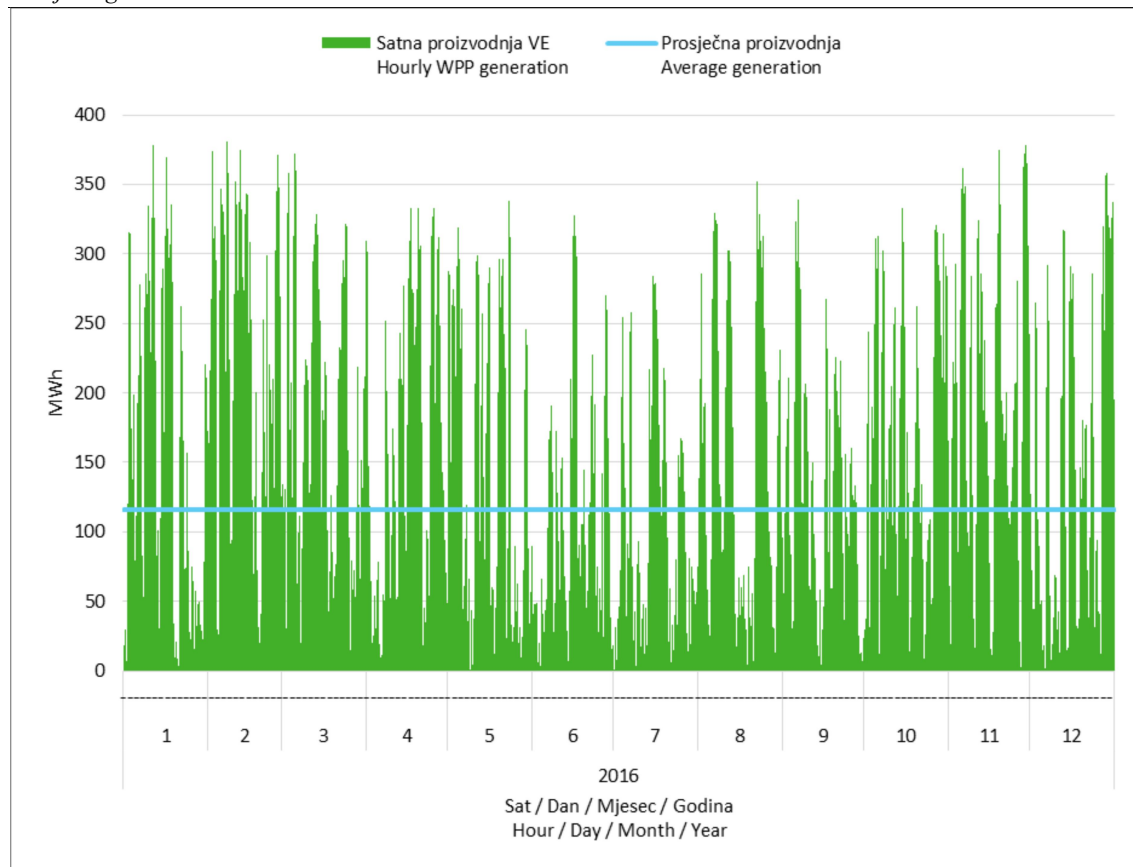
Izračunati potencijal udjela vjetra u ukupnoj proizvodnji energije [5] je tehnički i ne uzima u obzir odredbe Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i gradnje koje zabranjuju gradnju i planiranje svih novih vjetroelektrana (također i kamenoloma, skladišta, tvornica, itd.) na lokacijama na otocima i onim lokacijama koje se nalaze manje od 1000 metara od mora. Projekti koji su dobili lokacijske dozvole prije uvođenja ove odredbe su uzeti u obzir. Ova odredba objašnjena je kao mjera zaštite hrvatskog obalnog područja. Nažalost, upravo ovo područje koje obuhvaća gore navedena odredba obuhvaća neke od lokacija koje imaju najbolji potencijal za izgradnju vjetroelektrana na otocima i uzduž jadranske obale. Prva vjetroelektrana u Hrvatskoj puštena je u redovni pogon 2005. godine (VE Ravna 1, instalirane snage 5,95 MW). U idućih nekoliko godina izgradnja VE tekla je usporeno, pa su do kraja 2009. godine izgrađene i puštene u pogon još dvije vjetroelektrane, od ukupno 26,8 MW instalirane snage svih VE. U razdoblju 2010. – 2016. godine u redovni pogon ulazilo prosječno 76,05 MW godišnje novih instaliranih kapaciteta vjetroelektrana, Slika 5.





**Slika 5. Trend porasta instalirane snage vjetroelektrana**

Ukupna proizvodnja svih VE u Hrvatskoj u 2016. godini bila je 1012,51 GWh. Na slici 6 prikazana je ukupna satna proizvodnja svih VE. Pri tom je najveća ostvarena satna proizvodnja iznosila 380,5 MWh i ostvarena je 9.2.2016 godine u 22 h, a najmanja 0 MWh ostvarena 6.4.2016 godine u 1 h. Satna proizvodnja veća od 300 MWh ostvarena je tijekom 496 sati.



**Slika 6. Satna i srednja godišnja proizvodnja električne energije iz VE**

Važno je primjetiti da su za sada sve VE građene na kopnu. To ukazuje na velik potencijal koji još uvijek nije iskorišten. Zbog povoljnih strujanja vjetra iznad površine mora postoji mogućnost gradnje VE na moru koje se temelje na morsko dno u slučaju plitkog mora ili se sidre u slučaju većih dubina. To se pokazalo pogodnim u sjevernijim djelovima Europe kao što je Engleska, Slika 7 (The Ormonde offshore wind farm). Instalacija i održavanje ovakvih tipova VE je otežano. Potrebni su posebno izgrađeni brodovi za postavljanje VE, Slika 8. Samim time je cijena izgradnje i održavanja ovakvog tipa VE veća. Zbog ne iskorištenog vjetro energetskog potencijala na kopnu ovakvi projekti se još uvijek ne planiraju na području Republike Hrvatske.



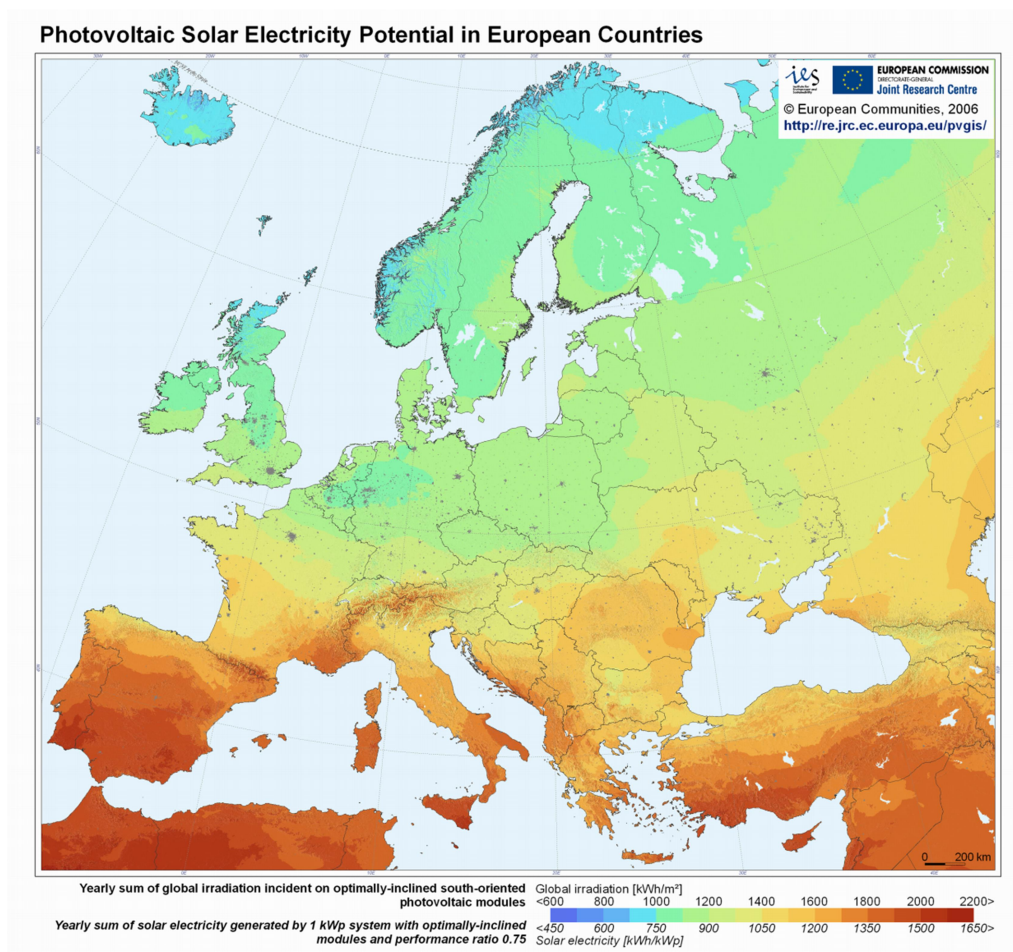
**Slika 7. Vjetroelektrane na moru**



**Slika 8. Postavljanje vjetroturbine na moru**

### 3.3. Solarna energija

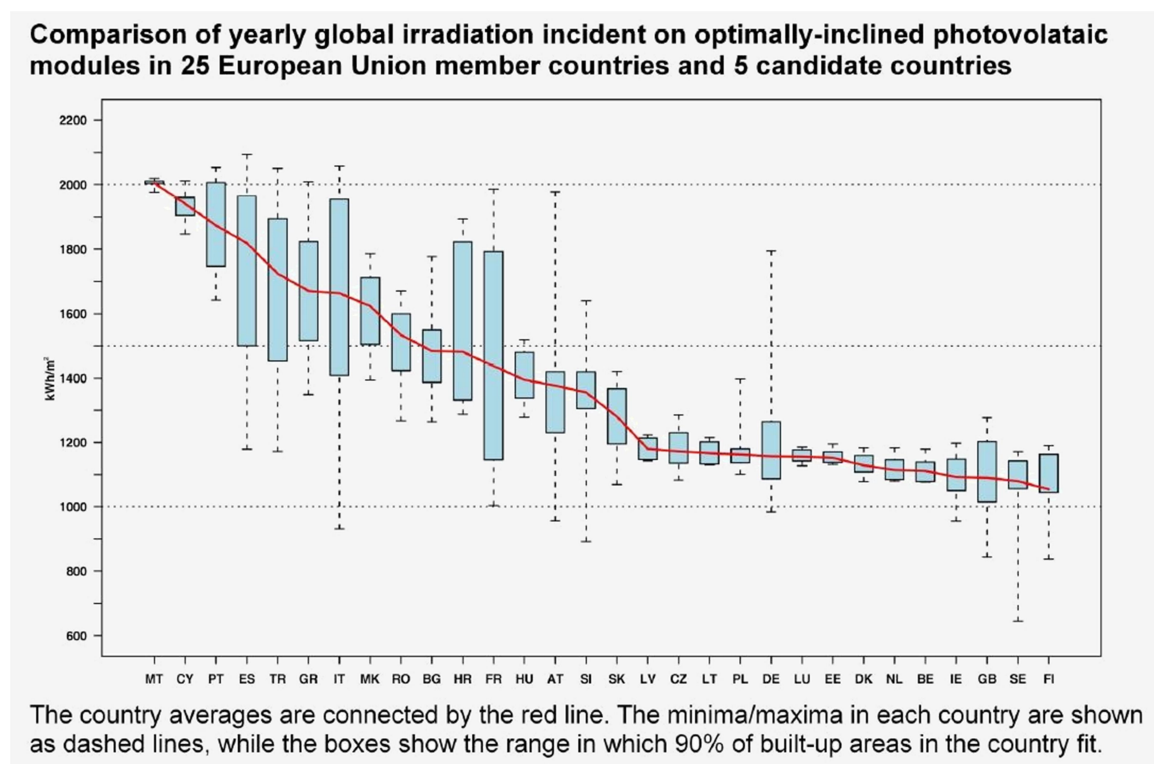
Pošto je Hrvatska velikim djelom svoje površine smještena na Jadranskom moru logično je za pretpostaviti da treba analizirati mogućnosti primjene solarne energije. Tehnologija vezana uz proizvodnju energije iz zračenja koje dolazi sa sunca danas se nabrže razvija te iz dana u dan napreduje. Pogledamo li kartu Europe na kojoj je prikazana solarna iradijacija. Količina energije koja padne u obliku zračenja na jediničnu površinu zemlje. Vidimo da je totalna iradijacija iznadprosječna u odnosu na Europu, Slika 9. Posebice južni dio Jadrana.



**Slika 9. Suma godišnje iradijacije na optimalno otklonjen fotonaponski modul**

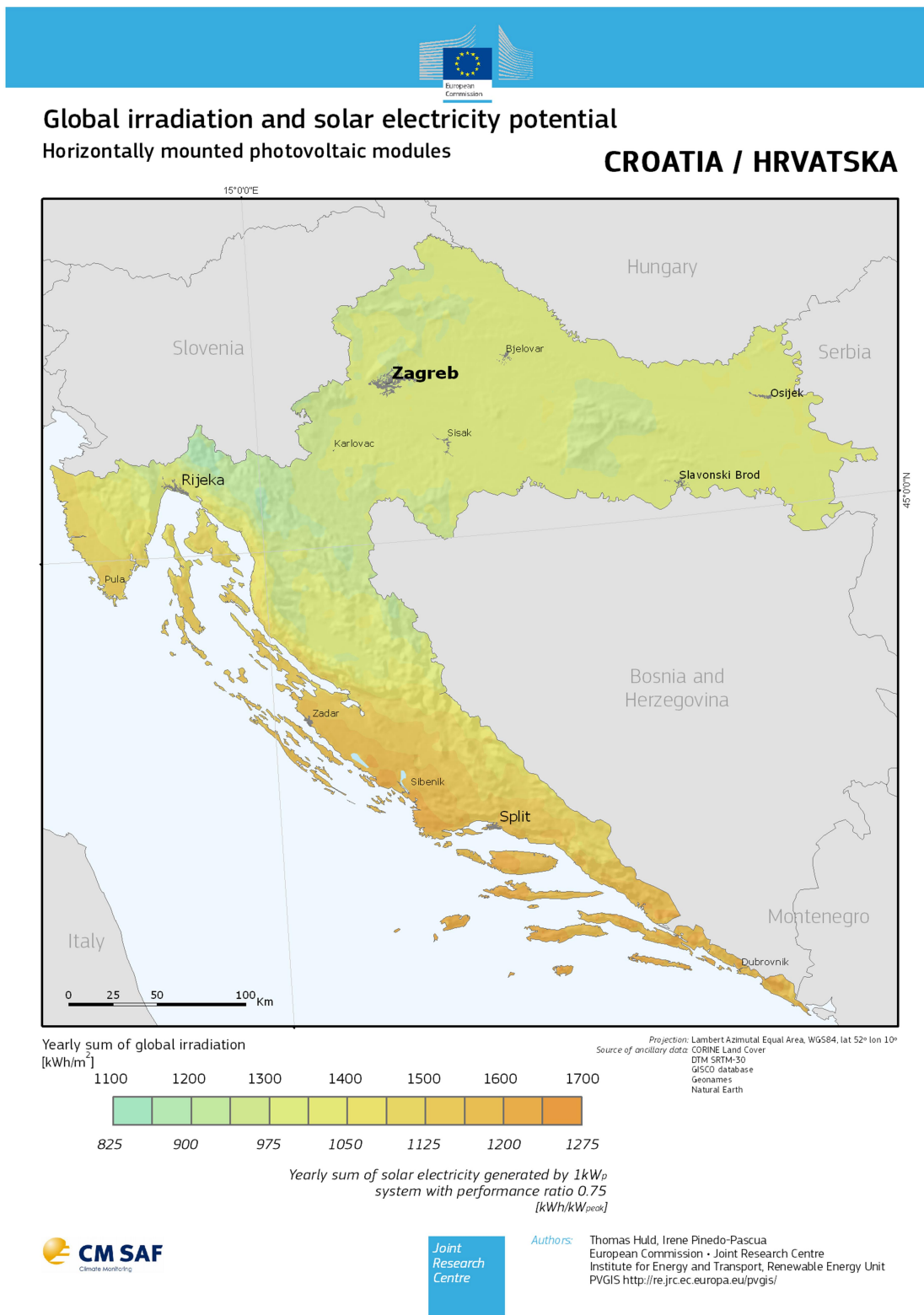
Ovaj obnovljivi izvor energije nije ograničen na striktno lokacije, kao što je kod drugih izvora energije. Pozicija hidroelektrana je striktno određena geodetskim padom vode, vjetroelektrane moraju biti smještene na mjestima sa povoljnim strujanjem vjetra što uvelike ovisi o reljefu.

Dobivanje energije iz geotermalnih izvora također je striktno vezano uz geotermalni izvor. S druge strane za najoptimalnije dobivanje energije iz sunca potrebno je osigurati čistu površinu sa direktnim pogledom na sunce. Bez okolnih prepreka koje bi tokom dana mogle zaklanjati pogled prema suncu. Uzmemo li navedene činjenice i graf na slici 10 u obzir. Zaključujemo da primjena solarne energije u Hrvatskoj ima velik potencijal koji svakako treba iskoristiti. U nastavku ovog rada analizirati će se samo solarna energija iz razloga što je tehnologija kojom se energija skuplja modularnog karaktera. Dovoljno je malena i jedina primjenjiva na području brodogradilišta.

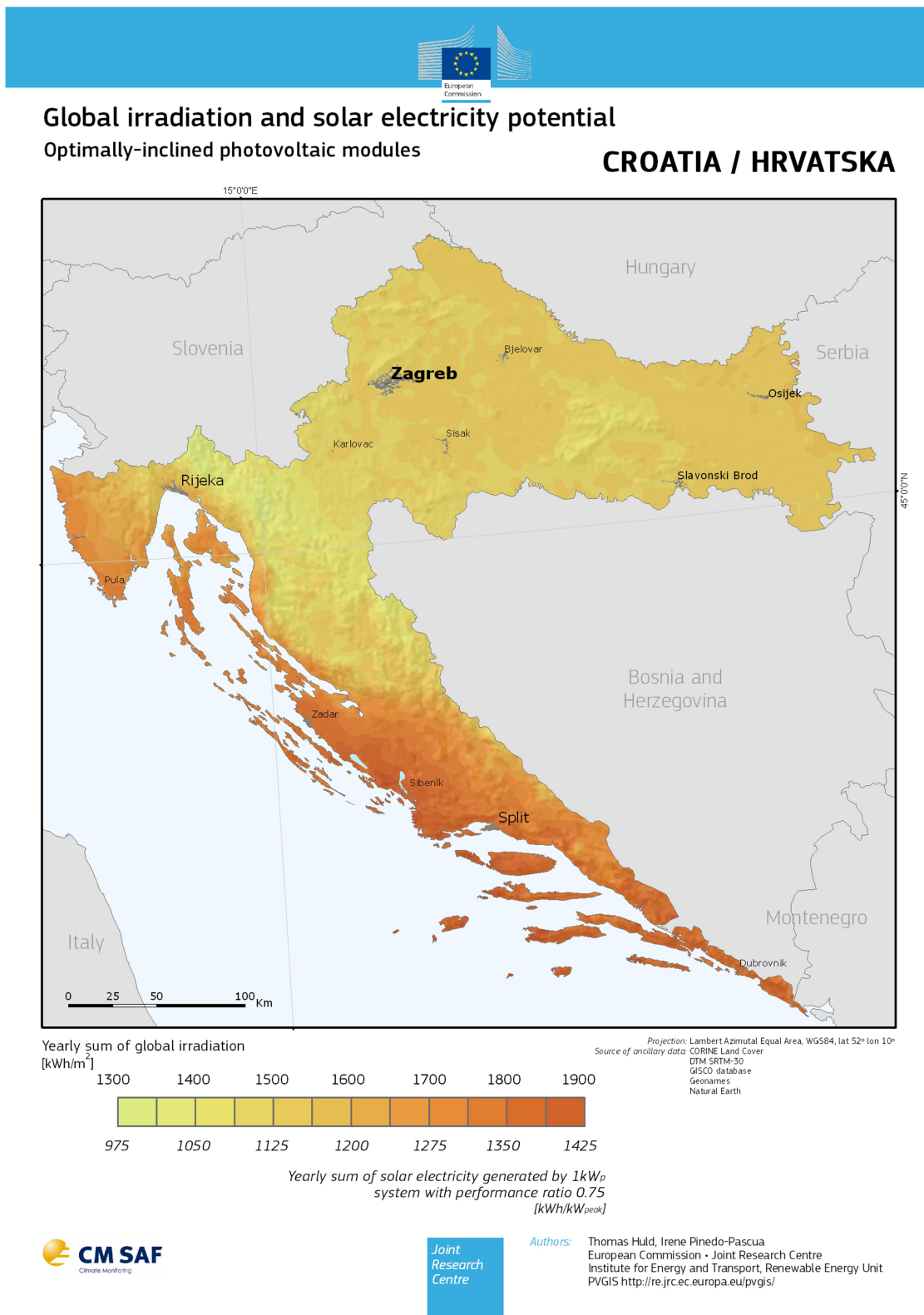


**Slika 10. Usporedba godišnje iradijacije na optimalno otklonjene fotonaponske module u člancama Europske unije**





Slika 11. Suma godišnje iradijacije na horizontalno postavljen fotonaponski modul u Hrvatskoj



**Slika 12. Suma godišnje iradijacije na optimalno otklonjen fotonaponski modul na području Hrvatske**

## 4. SMJERNICE UN-A VEZANE UZ ENERGETSKI UČINKOVITU INDUSTRIJU [6]

U sljedećim odjeljcima opisat ću kako su klimatske promjene i duge globalne ekološke prijetnje, međunarodna trgovina, industrija zaštite okoliša te financijska i ekonomska kriza imale utjecaj na ekološku učinkovitost u industriji. Zatim ću dati odgovore navedenim prijetnjama te kako im se zemlje u razvoju koje žele zelenu industriju mogu oduprijeti kroz: odvajanje potrošnje resursa od proizvodnje te smanjenje utjecaja industrije na okruženje. Na kraju ću se osvrnuti na utjecaj međunarodne zajednice na potporu održivom razvitku.

Sve od početka industrijske revolucije, bilo je jasno da poduzeća imaju utjecaj, ponekad i značajan, na svoju lokalnu okolinu; rijeke i zemljišta, kvalitetu zraka itd. Općenito govoreći, možemo se složiti da su od začetka modernog pokreta očuvanja okoliša iz 1960-ih godina, razvijene zemlje uspjele staviti pod kontrolu ovakve utjecaje industrijalizacije. S druge strane, situacija u zemljama u razvoju nije toliko idealna. Ondje još uvijek postoji otpor uvođenju pravne i zakonodavne regulative koja se odvija sporije od industrijskog rasta i dovodi do značajnog lokalnog zagađenja uzrokovanog industrijalizacijom. Ipak, iz primjera razvijenih zemalja možemo zaključiti da ovaj problem nije nerješiv te da se kroz njegovo rješavanje otvaraju brojne poslovne mogućnosti tim istim poduzećima.

### 4.1. Klimatske promjene i druge globalne ekološke prijetnje

Velik dugoročni utjecaj na okoliš imaju globalne ekološke prijetnje, koje reflektiraju nemogućnost tog istog okoliša da apsorbira rastuću količinu otpada kao nus-produkta ekonomskog rasta. Klimatske promjene su najistaknutiji primjer ovakvih prijetnji. One imaju najuočljiviji globalni utjecaj i zahtijevaju fundamentalne promjene u našim gospodarstvima, mijenjajući ih s visoko-ugljičnih kakva su bila posljednjih 200 godina, na nisko-ugljične načine proizvodnje. Nadalje, postoje i druge prijetnje kao što je oštećenje ozonskog omotača - problem koji je uočen prije više od 20 godina koji je ujedinio globalnu zajednicu s namjerom uvođenja mehanizama koji će smanjiti emisiju klorofluorouglijika. Nadalje, Stockholmska konvencija prepoznala je i problem i nekih drugih kemikalija i teških metala koji predstavljaju ekološku prijetnju. Još jedna od velikih prijetnji odnosi se na nadolazeću globalnu krizu pitke



vode. Rast svjetske populacije, ubrzani ekonomski razvitak i urbanizacija samo su neki od razloga povećanja potrošnje svjetske vode.

Manje direktna i očita zabrinutost industrije odnosi se i na nastojanja međunarodne zajednice da smanji sve brži gubitak bioraznolikosti, sve brži tempo degradacije zemljišta i dezertifikacija, ubrzano nestajanje plodnih zemljanih površina itd. Industrija ipak ne uspijeva umaći ovim promjenama koje itekako djeluju na nju samu. Kao i gospodarstvo za svoje normalno funkcioniranje, industrija treba ono što prirodni eko sistem sam pruža: čistu vodu, čist zrak, bioraznolikost itd.

#### **4.2. Trgovina i okoliš**

Ranih 1990. godina postignuti su multilateralni sporazumi o zaštiti okoliša koji kontroliraju neke elemente međunarodne trgovine. Baselska konvencija iz 1992. kontrolira međunarodnu trgovinu opasnim otpadom, Cartagenski protokol o konvenciji o biološkoj raznovrsnosti iz 2003. kontrolira međunarodnu trgovinu živućim modificiranim organizmima, Rotterdamska konvencija iz 2004. kontrolira međunarodnu trgovinu određenih kemikalijama koje su međunarodno zabranjene ili ograničene iz zdravstvenih ili ekoloških razloga.

Osmišljavanje i prilagođavanje ekoloških menadžerskih sistema u razvijenim zemljama u 1990. godinama pokazao se kao dobar pokušaj uvođenja reda u poduzeća koja sama nisu bila sposobna upravljati svojim utjecajem na okoliš bez jasno formaliziranih pravila. Tako je nakon uspješnog ISO 9000 menadžerskog standarda nastao čitav niz novih ekoloških standarda od kojih je najpoznatiji ISO 14000. Sve ovo je ubrzo rezultiralo rastom generalne potražnje civilnih društvenih organizacija za takvim standardima što je potaklo poduzeća, pogotovo velike multinacionalne kompanije, da postanu više društveno i okolišno odgovorne što je kulminiralo rastom trenda korporativne društvene odgovornosti koja obuhvaća sve utjecaje industrije na okoliš. Važno je napomenuti da ovi standardi, naročito menadžerski, imaju snažan utjecaj u razvijenim zemljama u kojima potrošači imaju jaču tendenciju ekološke osviještenosti, ali njihova primjena bez sumnje može donijeti velike prednosti i poduzećima iz zemljama u razvoju, pošto ih menadžerski standardi discipliniraju i čine učinkovitijima, a samim time i profitabilnijima i kompetitivnijima.

### **4.3. Industrija zaštite okoliša**

U razvijenim zemljama, razrađivanje i implementacija ekološkog zakonodavstva u prošlih 40 godina dovela je do stvaranja novog industrijskog sektora - sektora zaštite okoliša, koji pomaže poduzećima da procijene, mjere i upravljaju svojim utjecajem na okoliš kao da i na ekološki prihvatljiv način upravljaju i raspolažu zagađenjem i otpadom koje proizvode. Specijalizirana inženjerska poduzeća dizajniraju, instaliraju i upravljaju ekološki prihvatljivim tehnologijama - na primjer: od vjetroelektrana do postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda i spalionica otpada. Nedavne statistike pokazuju kako je danas ova industrija teška \$ 300 milijardi USD godišnje u razvijenim zemljama.

### **4.4. Financijska i ekonomska kriza**

Nedavna financijska i ekonomska kriza od 2008. godine nadalje, koja je pomela globalna gospodarstva dovela je do dubljeg prekrivanja slabosti u odnosu gospodarstvo - ekologija i pododnosu industrija - ekologija. Mišljenje mnogih je da su veliki javni programi za potrošnju koji se odobravaju u svrhu oživljavanja gospodarstva, izvrsna prilika za podizanje gospodarstva u jače osviještenom duhu ekološke održivosti.

### **4.5. Odgovor na prijetnje: Zelena industrija u zemljama u razvoju**

#### **4.5.1. Odvajanje potrošnje resursa od proizvodnje**

S obzirom na proizvodne sustave, poduzeća trebaju usvojiti poslovne strategije koje maksimiziraju efikasnost resursa i čiste proizvodnje. Jednostavnije, trebaju usvojiti strategiju "3R" (Reduce, Recycle, Reuse) - reduciraj, recikliraj, ponovno upotrijebi. Ova strategija zahtjeva da prvo maksimiziraju efikasnost korištenja energije i sirovih materijala, korištenje čiste proizvodnje, prevenciju zagađenja, zelenu produktivnost ili slične koncepte. Poduzeća iz zemalja u razvoju najčešće koriste čak tri puta više materijala i energije u proizvodnji nego njihovi ekvivalenti iz razvijenih zemalja.

I država također može imati veliku ulogu u pomoći poduzećima kroz podizanje svijesti, jačanje kapaciteta, razvoj i transfer efikasnijih proizvodnih tehnologija i kreiranjem specijaliziranih institucija za pomoć industriji.

Poduzeća mogu potaknuti razdvajanje prelaskom s neobnovljivih izvora energije i materijala na one obnovljive. Primjer razdvajanja kod obnovljive energije je kada sektor proizvodnje

električne energije prijeđe na obnovljive izvore i tako industriji ponudi zelenu električnu energiju. Države ovdje imaju izuzetno važnu ulogu u kreiranju tržišnih uvjeta koji omogućavaju razvoj industriji obnovljive energije.

Poduzeća također moraju maksimizirati recikliranje i ponovnu uporabu preostalih viškova koje proizvode; povećana efikasnost neće sama od sebe eliminirati rasipanje. U nekim slučajevima, poduzeća mogu reciklirati i ponovno koristiti otpad, ali često druge osobe će biti te koje će za njih reciklirati. U ovom slučaju, države imaju važnu zadaću kreirati živahno tržište reciklažnih materijala.

Kroz ekološki prihvatljiv dizajn proizvoda, poduzeća mogu pridonijeti još jačem razdvajanju u svim društvima. Na jednoj razini, poduzeća mogu redizajnirati svoje proizvode tako da oni sadrže manji broj materijala - dematerijalizacija. Nadalje, mogu ih redizajnirati tako da pri korištenju troše manju količinu energije, vode, detergenata i tako dalje.

Poduzeća mogu na još fundamentalniji način sudjelovati u ovom razdvajanju tako da se odmaknu od razmišljanja da prodaju proizvod i približe se stavu da prodaju usluge. Kao potrošači, najčešće nismo zainteresirani za proizvod kao takav, nego za koristi koje ćemo dobiti koristeći taj proizvod.

Korištenjem menadžerskih sustava osigurava svakom poduzeću efikasnost i kontinuiranu implementaciju "3R" strategije. Certificiranje ovih sustava od strane trećih povećava vrijednost poduzeća. Koji od ovih raznovrsnih sustava će pojedino poduzeće usvojiti ovisi o njihovim specifičnim poslovnim modelima. Ipak, gledajući na trenutne trendove u menadžerskim sustavima, adaptacija na sustav DOP-a (društveno odgovornog poslovanja), koji uključuje sve aspekte ekoloških utjecaja, danas se smatra najboljom.

#### **4.5.2. Smanjenje utjecaja industrije na lokalno okruženje**

Čak i poduzeća koja koriste niske količine materijala i energije kao inputa i dalje će stvarati otpad i zagađenje koje može naštetiti lokalnoj okolini - i zaposlenicima u poduzeću. Industrija stoga mora smanjiti svoj utjecaj na okoliš na prihvatljivu razinu na lokaciji gdje djeluje. Općenito govoreći, poduzeća bi prvo trebala minimizirati prekomjerni otpad i zagađenje koje proizvode ili neutralizirati svoj utjecaj na okoliš. Ako ovo nije moguće, morala bi odlagati otpad ili ispuštati zagađenje na okolišno prihvatljiv način. Država je uvijek imala ključnu ulogu u ovom slučaju, kako donošenjem nužnih zakona i regulacija tako i kod provođenja

istih. Kod zemalja u razvoju, najčešće zakonodavni okvir nije taj koji je slab, nego (ne)mogućnosti provedbe istog. Kontinuirana slabost u provođenju zakonodavnog okvira ukazuje da je sektor ekoloških usluga podbacio i nije iskoristio svoje potencijale u kreiranju novih radnih mjesta.

Države bi također trebale direktno investirati u javno upravljanje i infrastrukturu kontrole zagađenja. Dobar primjer tome su postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda u gradovima, kao i reciklažna dvorišta, spalionice otpada i tako dalje. Ovakve investicije najčešće uključuju industriju - bilo kao konstruktora postrojenja ili korisnika usluge.

Država također mora osigurati prave tržišne uvjete te poticati poduzetnike da kreiraju poslove u sektoru ekoloških usluga.

## 5. PRIKAZ SUVREMENE SOLARNE TEHNOLOGIJE

### 5.1. Korištenje energije Sunca

Energiju koja u obliku zračenja pada na površinu zemlje možemo koristiti na dva načina. Prvi je direktno korištenje dozračene energije za grijanje a drugi je proizvodnja električne energije. Takvu podjelu nametnula je tehnologija koja se koristi te se bitno razlikuje ovisno o namjeni. Zbog velikih razlika u nastavku će se posebno obraditi tehnologija vezana uz grijanje i proizvodnju el. energije.

#### 5.1.1. Grijanje

Korištenje energije sunca pri grijanju može biti pasivno i aktivno. Pasivno grijanje se postiže pametnim projektiranjem objekta. Pri projektiranju je poželjno osigurati veliku južnu površinu objekta za prihvatanje sunčeva zračenja. Objekti s velikom termalnom masom kao što je gusti beton ili cigla imaju mogućnost spremanja toplinske energije preko dana i zadržavanja topline preko noći. Potrebno je na objektu imati dobru toplinsku izolaciju na vanjskim strukturama kako bi se toplina što bolje zadržavala. Treba izbjegavati zasjenjivanje objekta ukoliko je moguće jer samim time smanjujemo površinu izloženu suncu. Pasivnim grijanjem tj. kvalitetnim projektiranjem moguće je ostvariti do 10% uštede na energiji potrebnoj za grijanje prostora. Aktivno grijanje se izvodi pomoću posebno izrađenih solarnih toplinskih kolektora. Solarni toplinski kolektori preuzimaju energiju svjetlosnog zračenja i griju vodu. Njihova kategorizacija se temelji na temperaturi na koju zagrijavaju vodu.

#### 5.1.2. Proizvodnja električne energije

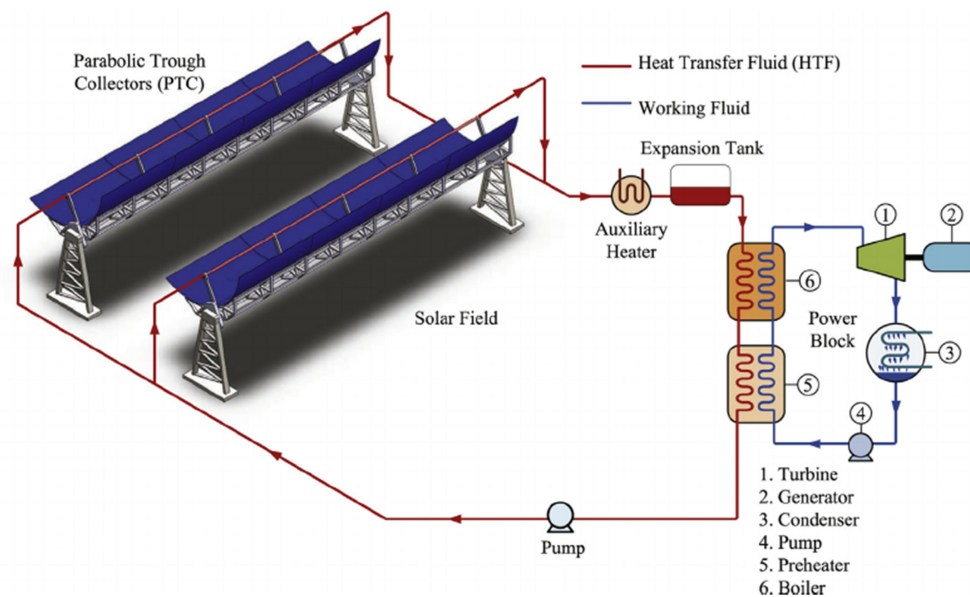
##### 5.1.2.1. Solarne termoelektre [7]

Solarne termoelektre koriste izravno sunčevo zračenje za grijanje vode. Zračenje se fokusira pomoću ogledala na elemente u kojima cirkulira voda. Danas su najrazvijenije parabolične protočne solarne termoelektre. Sunčevo zračenje apsorbira tekućina za prijenos topline, koja je najčešće toplinsko ulje. Shematski dijagram solarne termoelektre prikazan je na Slici 14. Zagrijano toplinsko ulje koristi se za proizvodnju pare. Element za skupljanje

topline najčešće se izvodi sa cijevima od nehrđajućeg čelika okruženih staklenim omotačem. Čelična cijev se oblaže premazom koji ima visoku apsorpciju i nisku emisiju. Između čelične cijevi i staklenog omotača pokušava se ostvariti vakuum. Vakuum je poželjno ostvariti kako bi se smanjili gubici topline između apsorpcijskog elementa i okoline. Uz to vakuum sprječava oksidaciju čelične cijevi. Nakon što se toplinsko ulje zagrijalo, napušta kolektore. Apsorbirana energija se predaje u regenerativni Rankineov radni ciklus. Važna komponenta ovakvih sustava je velika ekspanzijska posuda koja djeluje kao element za pohranu toplinske energije tokom noći i oblačnih dana. Također pruža prostor za širenje toplinskog ulja zbog prmjene volumena usljed zagrijavanja ulja u samom polju kolektora.



**Slika 13. Parabolična protočna solarna termoelektrana**



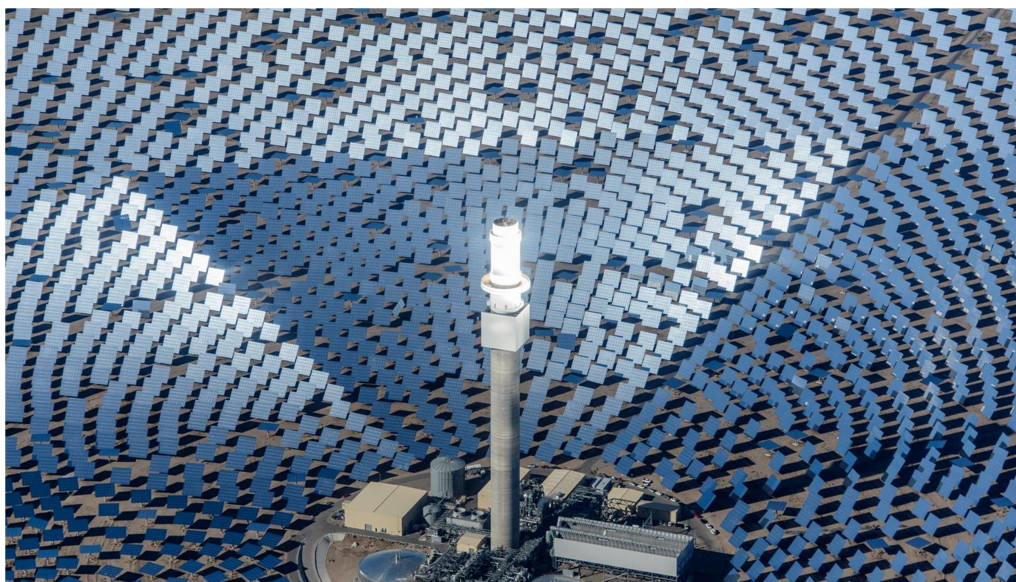
Slika 14. Shema rada protočne parabolične solarne termoelektre

Uz parabolične protočne solarne termoelektre danas su u upotrebi još i linearni Fresnel reflektorski sustav, Slika 15, sustavi sa središnjim prijemnikom, Slika 16 i antenski sustav, Slika 17. Navedeni sustavi rade na istom fizikalnom principu kao gore opisan primjer. Razlikuju se ponajviše u konfiguraciji kolektora (ogledala). Stoga se svaki neće detaljnije opisivati.



Slika 15. Linearni Fresnel reflektorski sustav





**Slika 16. Sustav sa središnjim prijemnikom**

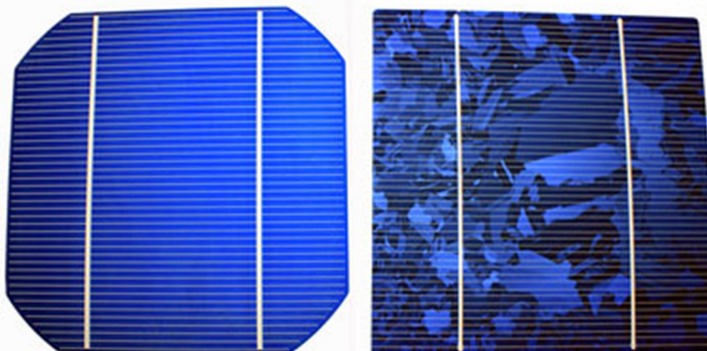


**Slika 17. Antenski sustav**



### 5.1.2.2. Fotonaponske ćelije [8]

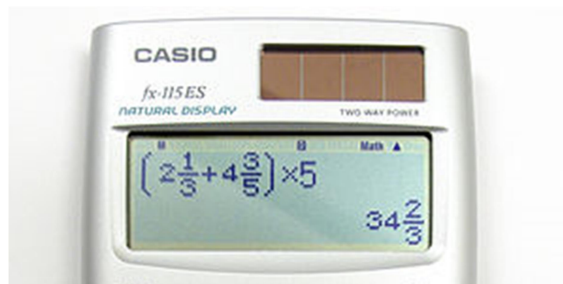
Fotonaponske ćelije su danas jedna od najvažnijih solarnih tehnologija. U njima se poluvodički materijal koristi da direktno pretvara sunčevo zračenje u električnu energiju. Postoji više načina na koje se u fotonaponskim ćelijama obavlja konverzija sunčeve u električnu energiju. Za sada je samo nekoliko načina komercijalizirano te se koristi u masovnoj proizvodnji. Puno tehnika je još u eksperimentalnoj fazi iako pokazuju vrlo dobre rezultate tj. visok stupanj iskorištenosti sunčevog zračenja. Trenutno je na tržištu dominantna tehnologija koja koristi silicij u obliku kristala za proizvodnju električne energije. Postoje dvije vrste. Monokristalne ćelije koje se proizvode rezanjem pločica iznimno čistog kristala silicija koje mogu biti promjera do 15 cm. Debljina tako izrezane pločice je do 200 mikrona. Druga vrsta je polikristalna ćelija. One se izrađuju tako da se kristal silicija prvo reže u obliku duguljastih šipki od kojih se poslje rade tanke kriške koje se naposljetku stapaju i tako formiraju ćeliju. Iako su na tržištu podjednako zastupljene obje tehnologije izrade, pokazalo se da se sve više proizvođača odlučuje orijentirati proizvodnju polikristalnih ćelija jer ih je lakše proizvesti. Slika 18 prikazuje razliku između monokristalnih i polikristalnih ćelija. Na polikristalnim ćelijama jasno se vidi da je napravljena od puno manjih kristala dok je monokristalna izrađena od jednog komada.



**Slika 18. Monokristalna ćelija lijevo i polikristalna desno**

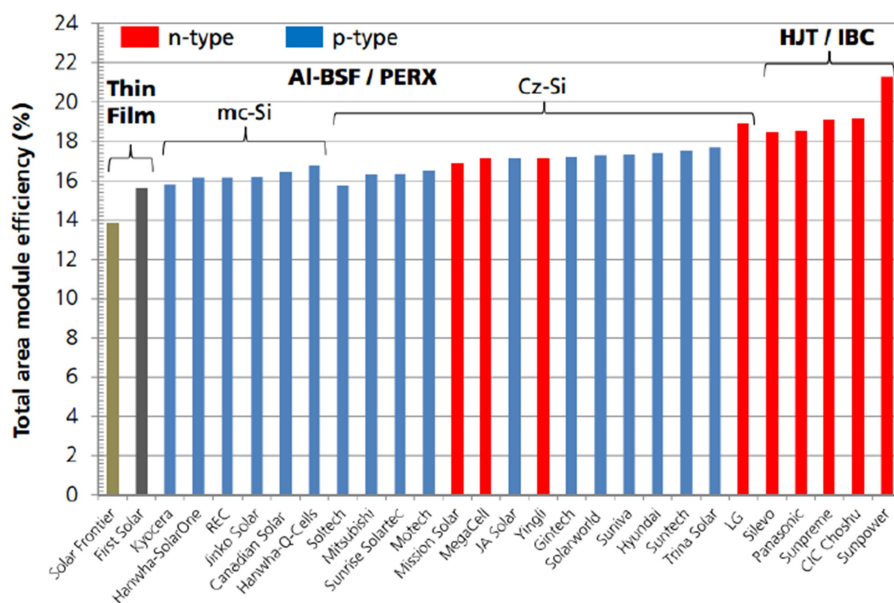
Osim solarnih ćelija koje se baziraju na kristalima silicija postoje i druge izvedbe fotonaponskih ćelija. Tako se mogu naći izvedbe sa amorfnim silicijem. Karakteristika ove

tehnologije izrade je u tome što je potrebno svega 1% silicija u odnosu na ćelije napravljene od kristala silicija. Fotonaponske ćelije od amorfnog silicija su bile prve komercijalno dostupne. Koristile su se u izradi potrošačke elektronike kao što su kalkulatori i satovi.



Slika 19. Amorfnu fotonaponsku ćeliju na kalkulatoru

Glavni problem kod fotonaponskih ćelija je njihova mala iskoristivost. Komercijalne fotonaponske ćelije pretvaraju manje od 20% dozračene energije u električnu. Također iskoristivost veoma varira sa temperaturom i obično opada s porastom temperature. Vijek trajanja kao i degradacija svojstava tokom vremena su ključni parametri svih fotonaponskih ćelija. Slika 20 prikazuje nazivne iskoristivosti trenutno najboljih komercijalnih fotonaponskih ćelija. Monokristalne izvedbe pokazuju nabolju iskoristivost koja varira od 17 do 21%.



Slika 20. Iskoristivost fotonaponskih ćelija raznih proizvođača

Monokristalni solarni paneli su najefikasniji komercijalno dostupni moduli i imaju najduži vijek trajanja. S druge strane oni su ujedno i najskuplji jer se tokom proizvodnje odbacuje puno silicijevog kristala. Tih problema nema kod proizvodnje polikristalnih ćelija. Njihova proizvodnja je ekonomičnija ali im je i efikasnost puno manja, obično varira između 14 i 16%. Pretpostavlja se da će se u narednim godinama industrija fotonaponskih modula najviše koncentrirati na sljedećih par ciljeva. Značajnu redukciju cijene po W. Želi se doći ispod 0.25 EUR/W do 2025. godine. Povećanje iskoristivosti tako da u komercijalnoj proizvodnji premašuje 20%. Produljenje vijeka trajanja preko 35 godina i smanjenje degradacije na razinu ispod 0.3% godišnje. Naposljetku želi se poraditi na ekološkom aspektu, kako bi se što manje utjecalo na okoliš. Slika 21 prikazuje fotonaponsku solarnu elektranu u Kaliforniji, instalirane snage 550 MW.



**Slika 21. Desert Sunlight Solar Farm**

## 6. ANALIZA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE DIZALICE I DIMENZIONIRANJE SOLARNOG SUSTAVA NAPAJANJA

### 6.1. Proračun potrošnje električne energije dizalice

Za potrebe računanja energetskega zahtjeva, rad dizalice dijelimo u šest ciklusa koji doprinose ukupnom energetskega zahtjevu dizalice: dizanje tereta, gibanje vitla sa teretom, gibanje cijele dizalice sa teretom, spuštanje tereta, gibanje vitla bez tereta i gibanje cijele dizalice bez tereta. Prilikom procjene ćemo koristiti maksimalne iznose za maseno opterećenje, a nominalne iznose za brzinu izvođenja radnje. Za prva četiri stupnja cjelokupnog radnog ciklusa izračunati će i potrebno vrijeme pojedinog ciklusa kako bi se poslje mogla analizirati točnost ovakvog pristupa.



Slika 22. Dizalica za koju se vrši proračun

#### 6.1.1. Ulazni podatci za proračun [9]

$m_T = 10 \text{ t}$  - maksimalno opterećenje dizalice s teretom

$m_V = 4 \text{ t}$  – masa vitla

$m_o = 0.2 \text{ t}$  – masa opreme za dizanje

$m_D = 454 \text{ t}$  – masa dizalice bez tereta

$v_{nd} = 2.4 \text{ m/min} = 0.04 \text{ m/s}$  – nominalna brzina dizanja tereta

$v_{nm} = 20 \text{ m/min} = 0.33 \text{ m/s}$  – nominalna brzina vožnje po mostu

$v_{ns} = 25 \text{ m/min} = 0.41 \text{ m/s}$  – nominalna brzina gibanja dizalice po stazi

$d_m = 71 \text{ m}$  – duljina mosta dizalice

$d_s = 210 \text{ m}$  – dužina staze dizalice

$h = 37 \text{ m}$  – maksimalna visina dizanja tereta

$\eta_c = 0.82$  – korisnost ukupnog prijenosa dizala

$\eta_m = 0.8$  – korisnost električnih motora

$F_{vt} = 20.2 \text{ kN}$  – Ukupna sila vjetra na vitlo i teret

$F_{dt} = 93.4 \text{ kN}$  – ukupna sila vjetra na dizalicu i teret

$F_v = 7.6 \text{ kN}$  – Sila vjetra na vitlo

$F_d = 83.2 \text{ kN}$  – sila vjetra na dizalicu

$\mu = 0.004$  – koeficijent trenja kotrljanja [10]

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$  - ubrzanje zemljine sile teže

### 6.1.2. Dizanje tereta

Maksimalno opterećenje dizalice masom iznosi 100 tona. Nominalna brzina dizanja je  $v_{nd}$ . Visina na koju se diže teret je  $h$ , a vrijeme za koje to obavi je  $T_{1T}$ . Korisnost ukupnog prijenosa dizala je  $\eta_c = 0,82$ . Korisnost glavnog motora uzimamo da je  $\eta_m = 0,8$ . Energija koju motor mora iskoristiti da bi digao teret iznosi:

$$E_{1T} = \frac{m_T \cdot g \cdot h}{\eta_c \cdot \eta_m} = 55330.79 \text{ kJ} \quad (1)$$

Snaga koju bi motor morao imati da bi mogao dići teret zadanom brzinom je:

$$P_{1T} = \frac{m_T \cdot g \cdot v_{nd}}{\eta_c \cdot \eta_m} = 59.81 \text{ kW} \quad (2)$$

Potrebno vrijeme za dizanje:

$$T_{1T} = \frac{h}{v_{nd}} = 925.00 \text{ s} \quad (3)$$

### 6.1.3. Gibanje vitla s teretom

U najgorem slučaju, vitlo će proći cijelu duljinu mosta prilikom prijevoza tereta:  $d_m = 71\text{m}$ . Također, najgori scenarij uključuje da se sila vjetra suprostavlja gibanju vitla. Nominalna brzina vožnje je  $v_{nm} = 20\text{m/min} = 0.33 \text{ m/s}$ . Masa vitla je 46 t, tako da zajedno sa teretom čine tijelo mase 146 t. Prilikom gibanja, sile koje mora nadvladati na putu su sila trenja s koeficijentom trenja kotrljanja  $\mu = 0.004$ .

$$E_{2T} = \frac{\mu \cdot (m_T + m_V) \cdot g + F_{vt}}{\eta_m} \cdot d_m = 2301.20 \text{ kJ} \quad (4)$$

Potrebna snaga motora:

$$P_{2T} = \frac{\mu \cdot (m_T + m_V) \cdot g + F_{vt}}{\eta_m} \cdot v_{nm} = 10.79 \text{ kW} \quad (5)$$

Potrebno vrijeme za pomak vitla:

$$T_{2T} = \frac{d}{v_{nm}} = 213.12 \text{ s} \quad (6)$$

### 6.1.4. Gibanje cijele dizalice s teretom

Kao i kod ostalih gibanja, uzimamo najgori slučaj. Energija potrebna za pomicanje dizalice s jednog kraja na drugi:

$$E_{3T} = \frac{\mu \cdot (m_T + m_D) + F_{dt}}{\eta_m} \cdot d_s = 30223.97 \text{ kJ} \quad (7)$$

Potrebna snaga motora za pokretanje dizalice:

$$P_{3T} = \frac{\mu \cdot (m_T + m_D) + F_{dt}}{\eta_m} \cdot v_{ns} = 60.44 \text{ kW} \quad (8)$$

Potrebno vrijeme za pomak dizalice:

$$T_{3T} = \frac{d_s}{v_{ns}} = 504.00 \text{ s} \quad (9)$$

### 6.1.5. Spuštanje tereta

Kod spuštanja tereta ne trebamo ulagati dodatnu energiju. Iz tehničkih razloga, poželjno je teret spuštati konstantnom brzinom. Da bismo to postigli, teret moramo usporavati. Dobitak od gravitacijske energije se može pohraniti u električnom obliku te poslje ponovno iskoristiti. To znači da spuštanje tereta možemo iskoristiti kao dobitak na energiji. Dobivena energija od spuštanja tereta:

$$E_{4T} = -m_T \cdot g \cdot h \cdot \eta_c \cdot \eta_m = -29037.60 \text{ kJ} \quad (10)$$

Potrebna snaga generatora:

$$P_{4T} = -m_T \cdot g \cdot v_{nd} \cdot \eta_c \cdot \eta_m = -31.39 \text{ kW} \quad (11)$$

Potrebno vrijeme za spuštanje tereta:

$$T_{4T} = \frac{h}{v_{nd}} = 925.00 \text{ s} \quad (12)$$

### 6.1.6. Dizanje bez tereta

Nakon što se teret dostavi na ciljano mjesto, dizalica se treba vratiti u početnu poziciju da se završi ciklus. Nakon oslobađanja tereta, oprema za dizanje se ponovno diže 37 metara kao i teret. Glavna razlika s obzirom na slučaj s teretom je težina koju dizalica mora dići. Brzina kojom se odvija dizanje se može malo promijeniti, ali za naše potrebe možemo uzeti jednaku brzinu dizanja kao kod potpuno opterećene dizalice. Masa opreme za dizanje je otprilike 200 kg.

Energija koju moramo iskoristiti za dizanje iznosi:

$$E_{1S} = \frac{m_o \cdot g \cdot h}{\eta_c \cdot \eta_m} = 110.66 \text{ kJ} \quad (13)$$

Snaga kojom dižemo opremu zadanom brzinom je:

$$P_{1S} = \frac{m_o \cdot g \cdot v_{nd}}{\eta_c \cdot \eta_m} = 0.11 \text{ kW} \quad (14)$$

Vidimo da je potrošnja u ovom stupnju gotovo zanemariva u usporedbi s ostalim.

### 6.1.7. Gibanje vitla bez tereta

Ponovno uzimamo najgori slučaj, u kojem se vitlo treba vratiti po cijeloj duljini mosta. Nominalna brzina ostaje ista. Težinsko opterećenje od opreme za dizanje možemo zanemariti, tako da nam glavni doprinos pritisnoj sili daje samo težina vitla: 460 kN. Dvije sile koje vitlo treba savladati su ponovno sila trenja i vjetar. Uzimamo da vjetar opet puše u suprotnom smjeru gibanja i iznosi 7,6 kN. Sila je manja nego u prošlom slučaju jer nemamo doprinos sile kojom vjetar djeluje na teret.

Ukupna energija da vitlo bez tereta prijeđe cijeli put mosta iznosi:

$$E_{2S} = \frac{\mu \cdot m_V \cdot g + F_v}{\eta_m} \cdot d_m = 834.69 \text{ kJ} \quad (15)$$

Snaga koju motor treba razviti za gibanje vitla:

$$P_{2S} = \frac{\mu \cdot m_V \cdot g + F_v}{\eta_m} \cdot v_{nm} = 3.91 \text{ kW} \quad (16)$$

### 6.1.8. Gibanje cijele dizalice bez tereta

Dizalica se giba po cijeloj dužini staze od  $d_m = 210$  m suprotstavljena otporu vjetra i sili trenja kotrljanja. Ovaj put je masa koja se prenosi samo masa dizalice bez tereta te iznosi 454 t. Sila vjetra na cijelu dizalicu je 83,2 kN.

Ukupna potrebna energija da dizalica prođe cijeli put:

$$E_{3S} = \frac{\mu \cdot m_D \cdot g + F_d}{\eta_m} \cdot d_s = 26516.42 \text{ kJ} \quad (17)$$

Snaga potrebna za gibanje dizalice:

$$P_{3S} = \frac{\mu \cdot m_D \cdot g + F_d}{\eta_m} \cdot v_{ns} = 53.03 \text{ kW} \quad (18)$$

### 6.1.9. Spuštanje opreme

Dobitak na energiji kod spuštanja opreme bez tereta bio bi još i manji nego što je gubitak kod dizanja.



$$E_{4S} = -m_o \cdot g \cdot h \cdot \eta_c \cdot \eta_m = -47.62 \text{ kJ} \quad (19)$$

Snaga koju bismo dobili spuštanjem opreme je:

$$P_{4S} = -m_o \cdot g \cdot v_{nd} \cdot \eta_c \cdot \eta_m = -0.05 \text{ kW} \quad (20)$$

Vidimo da je dobitak u ovom stupnju poprilično mali s obzirom na utrošene energije u svim ostalim stupnjevima.

#### 6.1.10. Usporedba dobivenih rezultata sa mjerenjem u naravi

Zacrtnjeni podatci u, Tablici 4 predstavljaju energiju koju bi teorijski bilo moguće dobiti usljed spuštanja tereta. Motor koji se koristi za dizanje i spuštanje tereta nema mogućnost regenerativnog kočenja stoga tu energiju nije moguće ponovno pohraniti u mrežu. Iz navedenih razloga suma energije predstavlja zbroj energija koje motor troši. Ujedno to je potrebna energija za izvršavanje jednog ciklusa rada dizalice.

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| $E_{1T}$ [kJ]    | 55330.79         |
| $E_{2T}$ [kJ]    | 2301.20          |
| $E_{3T}$ [kJ]    | 30223.97         |
| $E_{4T}$ [kJ]    | <b>-29037.60</b> |
| $E_{1S}$ [kJ]    | 110.66           |
| $E_{2S}$ [kJ]    | 834.69           |
| $E_{3S}$ [kJ]    | 26516.42         |
| $E_{4S}$ [kJ]    | <b>-47.62</b>    |
| $\Sigma E$ [kJ]  | 115317.73        |
| $\Sigma E$ [kWh] | 32.03            |

Tablica 4. Energije u pojedinim stupnjevima ciklusa

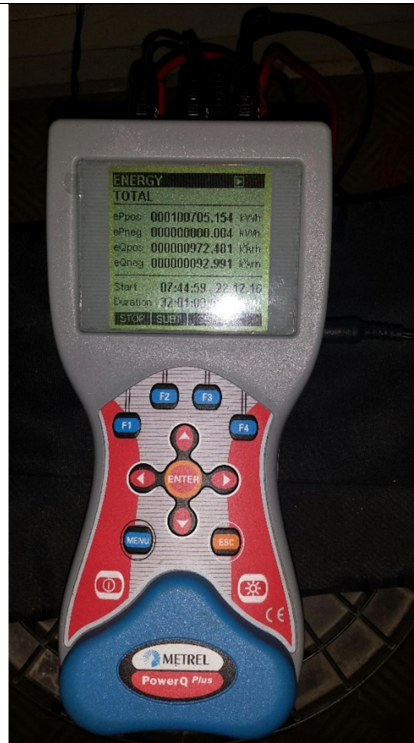
Na Slici 23 prikazana je ukupna potrošnja električne energije dobivena mjerenjem na dotičnoj dizalici u periodu od 32 dana. Iz tih podataka lako izračunamo da bi u ovom režimu rada dizalica trebala obaviti 3144 puna radna ciklusa. Pretpostavimo da dizalica u isto vrijeme može obavljati translaciju u sve 3 osi. Analizirjući podatke iz, Tablica 5 zaključujemo da vrijeme potrebno za obavljanje djela ciklusa sa teretom iznosi:

$$T = T_{1T} + T_{4T} = 1850 \text{ s} \quad (21)$$

|              |        |
|--------------|--------|
| $T_{1T}$ [s] | 925.00 |
| $T_{2T}$ [s] | 213.12 |
| $T_{3T}$ [s] | 504.00 |
| $T_{4T}$ [s] | 925.00 |

Tablica 5. Trajanje pojedinih ciklusa

Ako to vrijeme pomnožimo sa brojem ciklusa u 32 dana dobivamo da dizalici samo za obavljanje prvog djela ciklusa treba približno 67 dana. **Ovaj broj jasno pokazuje da ovakav model potrošnje električne energije dizalice nije realan. Naime, u modelu koji se koristi nisu uključene energije vezane uz potrošnju pratećih funkcija dizalice. Također, nisu u obzir uzete snage ubrzavanja i kočenja motora vitla i dizalice. U stvarnosti je moguća i veća sila vjetra koja nije proračunom predviđena. Također, korisnosti i koeficijent trenja su uzeti kao teoretske vrijednosti a ne eksploatacijske. Sve to utječe na činjenicu da se modelom dobiva 3-4 puta manja energije od stvarne prosječne. Ovakav tip proračuna pokazao se netočnim i nebi ga trebalo koristiti.** Očito je da dizalica u stvarnosti ima drukčiji režim rada od pretpostavljenog te se za dimenzioniranje solarnog sustava napajanja treba koristiti isključivo podatke sa mjerenja.



Slika 23. Prikaz potrošnje električne energije dizalice sa mjerenja

## 6.2. Dimenzioniranje solarnog sustava napajanja [8]

Količinu proizvedene električne energije iz fotonaponskih modula tokom jedne godine možemo izračunati po sljedećem izrazu:

$\eta_{sp} = 0.15$  - korisnost solarnog panela.

$\eta_0 = 0.75$  - ukupna korisnost invertera i elektroničke opreme, Slika 11.

$$E = AH\eta_{sp}\eta_0 \left[ \frac{kWh}{an} \right] \quad (22)$$

Količinu električne energije koju dizalica potroši tokom godine dobijemo iz mjerenja.

$$E_G = \frac{365}{32} \cdot E_{32} = 1148668.16 kWh \quad (23)$$

$E_{32} = 100705.15 kWh$  - potrošnja električne energije tokom 32 dana, Slika 23.

Podatci o  $H$  i  $\eta_0$  uzeti su sa, Slika 11. Potrebna površina pod solarnim panelima se računa na sljedeći način:

$$A = \frac{E_G}{H\eta_{sp}\eta_0} [m^2] \quad (24)$$

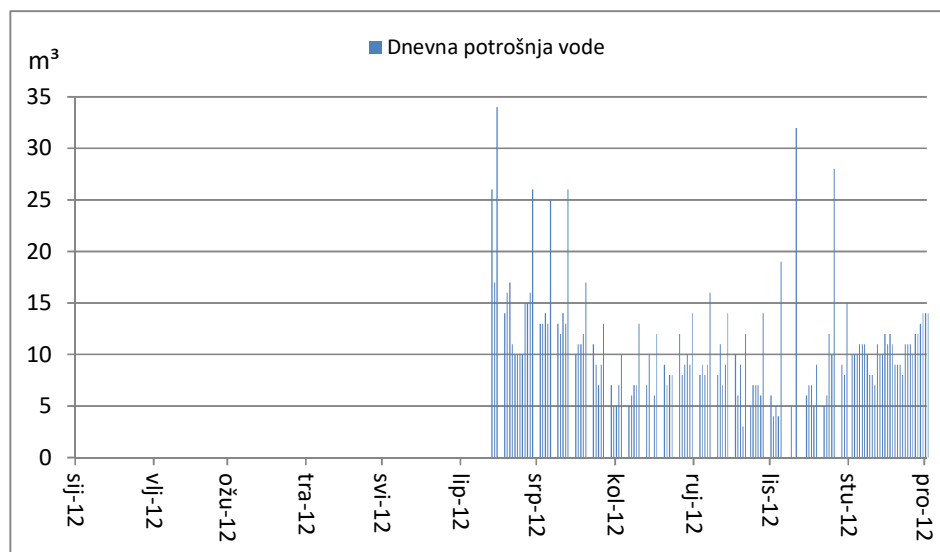
| $H \left[ \frac{kWh}{m^2} \right]$ | $\eta_{sp}$ | $\eta_0$ |
|------------------------------------|-------------|----------|
| 1300                               | 0,15        | 0,75     |

**Tablica 6. Ulazni podatci za izračun potrebne površine**

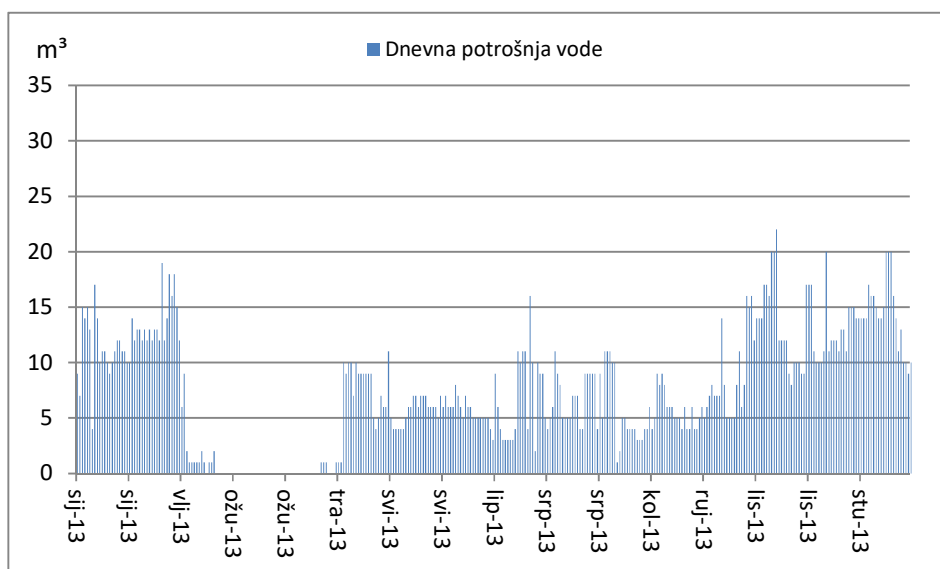
$$A = 7854.14 m^2 \quad (25)$$

## 7. ANALIZA POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE I DIMENZIONIRANJE SUSTAVA KOLEKTORA

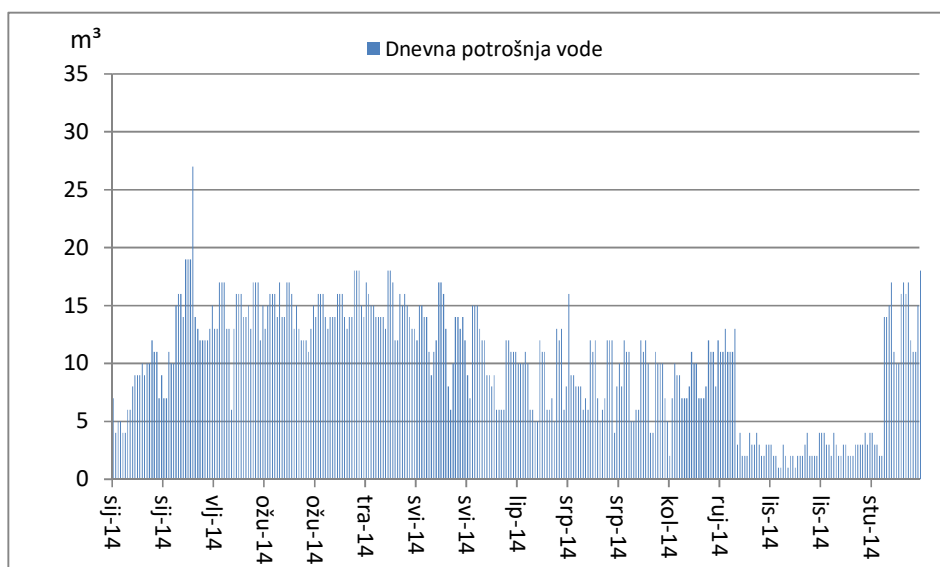
Podatke o dnevnoj potrošnji tople vode dobio sam kao tablične podatke za svaki dan tokom četiri i pol godine. Zbog jednostavnosti dobiveni podatci su prikazani na sljedećim grafovima. Za potrebe proračuna određena je prosječna dnevna potrošnja tokom svake godine, Slika 29, Tablica 7. U proračunu će se koristiti prosječna dnevna količina tople vode jer će se na taj način najbolje odrediti potrebna snaga solarnih panela. Proračun nema smisla provoditi sa maksimalnom izmjerenom dnevnom potrošnjom jer bi se na taj način dimenzionirao sustav solarnih panela koji bi na godišnjoj razini višestruko premašivao potrebe za ukupnom energijom. Na ovaj način će godišnja količina potrošene energije na grijanje vode biti približno jednaka ukupno proizvedenoj energiji. U ovakvoj konfiguraciji razumno je za očekivati da će tokom jednog djela godine proizvedena energija biti manja od utrošene te će se manjak morati nadoknaditi iz električne mreže. S druge strane, tokom godine postojat će periodi kada će proizvedena energija višestruko premašivati utrošenu. To se može očekivati tokom neradnih dana u brodogradilištu. U ovom slučaju višak energije će se puštati u električnu mrežu koja će služiti kao spremnik energije.



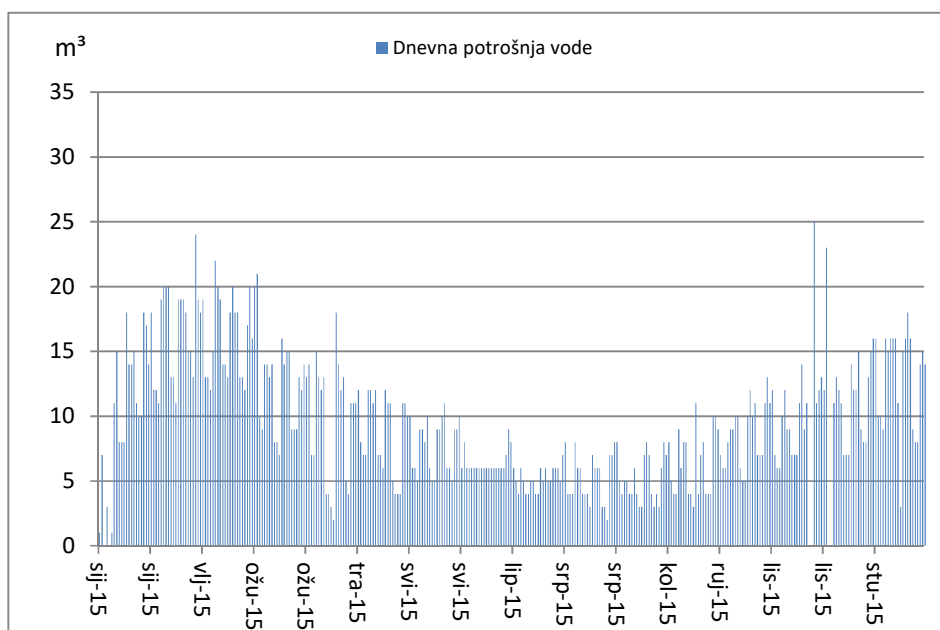
Slika 24. Dnevna potrošnja vode u 2012. godini



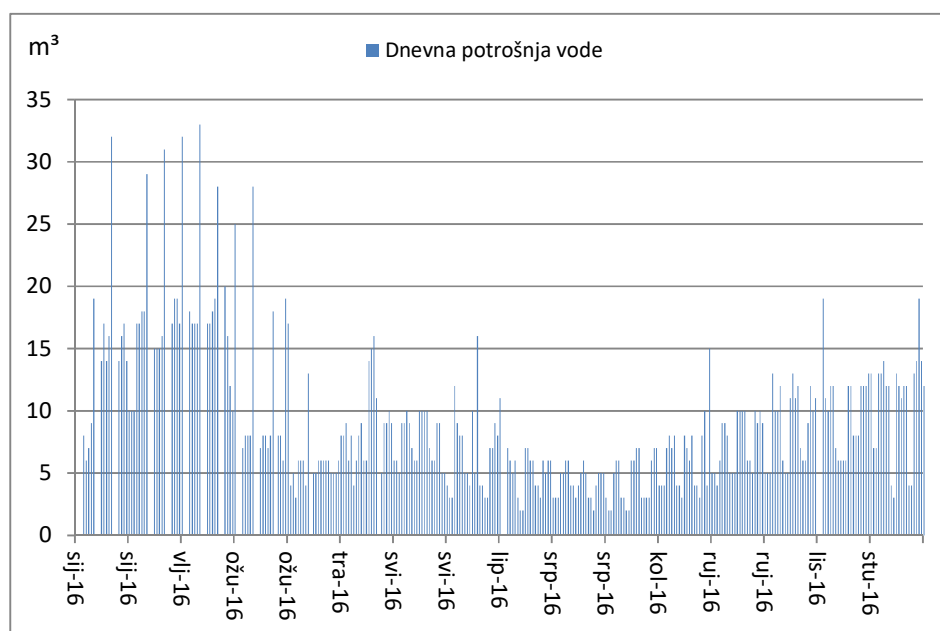
Slika 25. Dnevna potrošnja vode u 2013. godini



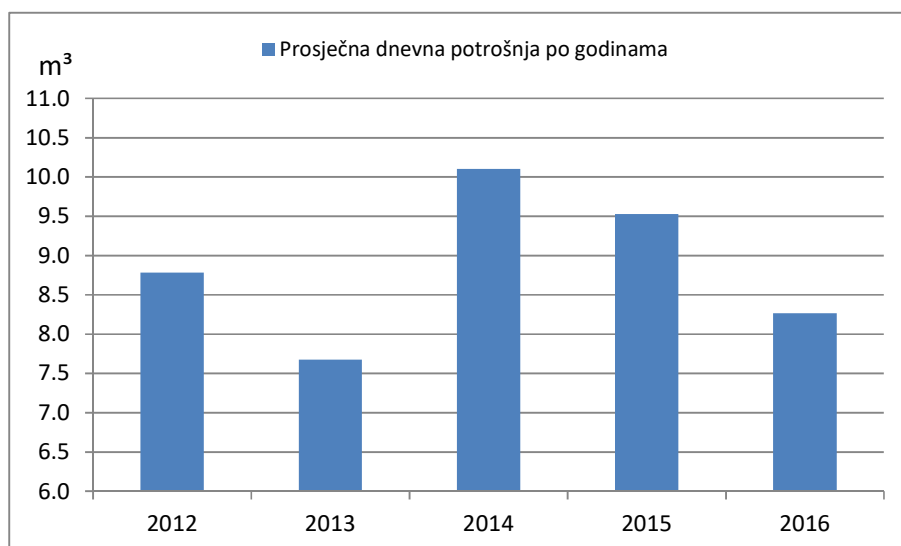
Slika 26. Dnevna potrošnja vode u 2014. godini



Slika 27. Dnevna potrošnja vode u 2015. godini



Slika 28. Dnevna potrošnja vode u 2016. godini



Slika 29. Prosječna dnevna potrošnja vode po godinama

| 2012  | 2013  | 2014   | 2015  | 2016  |
|-------|-------|--------|-------|-------|
| 8,785 | 7,679 | 10,101 | 9,531 | 8,267 |

Tablica 7. Prosječna dnevna potrošnja vode po godinama

### 7.1. Proračun potrebne energije za grijanje sanitarne vode

Grijač u nekom zamišljenom kotlu instalirane snage  $P$  zagrijava vodu u određenom periodu. Dio dovedene električne energije  $W_{el}$  se rasipa u okolni prostor i predstavlja gubitak  $W_g$ . Ostatak dovedene električne energije predstavlja korisnu toplinsku energiju  $W_{top}$  koja se predaje vodi. Računamo je kao umnožak specifičnog toplinskog kapaciteta  $c$  vode, mase  $m$  i razlike konačne i početne temperature  $\Delta T$ .

$$W_{el} = W_{top} \quad (26)$$

$$W_{top} = cm\Delta T \quad (27)$$

$$\Delta T = T_{konačno} - T_{početno} \quad (28)$$

$$\eta = \frac{W_{top}}{W_{el}} = 1 \quad (29)$$



$$m = \rho V_g \quad (30)$$

Specifičnost električnog grijanja je u tomu što grijač svu dovedenu energiju pretvara u toplinsku. Pa je zbog tog stupanj korisnosti električnog grijača  $\eta$  jednak jedinici. Za proračun će se koristiti prosječna dnevna potrošnja iz 2014. Tablica 7. Proračun ću napraviti s tom vrijednošću pošto je ona bila najviša u razmatranom periodu.

| $V_g [m^3]$ | $\rho \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$ | $c \left[ \frac{kJ}{kgK} \right]$ | $T_{početno} [^{\circ}C]$ | $T_{konačno} [^{\circ}C]$ |
|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 10.101      | 1000                                 | 4.19                              | 15                        | 95                        |

**Tablica 8. Ulazni podatci za proračun potrošnje električne energije potrebne za grijanje vode**

Nakon uvrštenja vrijednosti iz, Tablica 8 u gornje izraze, dobije se dnevna potrošnja električne energije.

$$W_{el} = 3385855200 J = 940.51 kWh \quad (31)$$

Na godišnjoj razini potrošnja el. energije će iznositi:

$$W_{elG} = W_{el} \cdot 365 = 343288.08 kWh \quad (32)$$

## 7.2. Dimenzioniranje sustava kolektora za potrebe grijanja vode

Količinu proizvedene električne energije iz fotonaponskih modula tokom jedne godine možemo izračunati po sljedećem izrazu:

$$E = AH\eta_{sp}\eta_0 \left[ \frac{kWh}{an} \right] \quad (33)$$

A predstavlja ukupnu površinu pod solarnim panelima, H je prosječna godišnja iradijacija optimalno otklonjenih solarnih panela.  $\eta_{sp}$  je korisnost solarnog panela.  $\eta_0$  predstavlja sve ostale gubitke koje treba uzeti u obzir kao što su: gubitci na inverteru, gubitci u kablovima istosmjerne i izmjenične struje, gubitci usljed taloženja prašine i snjega na panelima, zasjenjivanje i drugi. Izjednačimo li  $W_{el}$  na godišnjoj razini sa  $E$  lako možemo doći do potrebne površine pod solarnim panelima. Podatci o H i  $\eta_0$  uzeti su sa, Slika 11 .

$$A = \frac{W_{el} \cdot 365}{H \eta_{sp} \eta_0} [m^2] \quad (34)$$

| $H \left[ \frac{kWh}{m^2} \right]$ | $\eta_{sp}$ | $\eta_0$ |
|------------------------------------|-------------|----------|
| 1300                               | 0,15        | 0,75     |

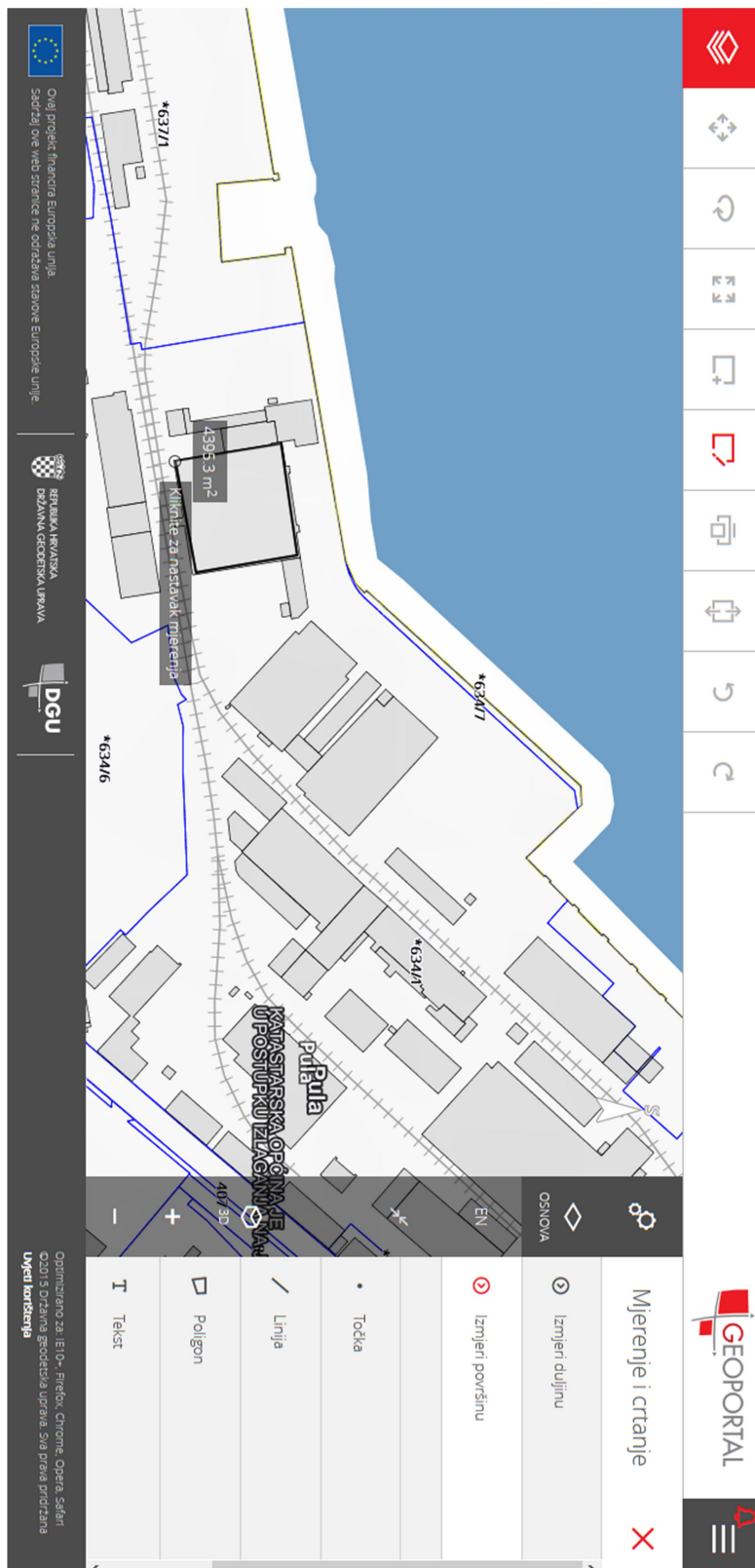
**Tablica 9. Ulazni podatci za proračun potrebne površine**

Nakon uvrštavanja podataka iz tablice u gornji izraz dobije se potrebna površina pod solarnim panelima za grijanje tople vode na godišnjoj razini.

$$A = 2347.26 m^2 \quad (35)$$

### 7.3. Mogućnost smještaja panela na površine brodogradilišta Uljanik

Uzmemo li u obzir tlocrtnu površinu samo jedne od mnoštva radionica u brodogradilištu, Slika 30. Vidjet ćemo da zahtjevanu površinu bez zasjenjivanja nije problem osigurati. Postavljanje solarnih panela na krovove radionica zahtjeva kvalitetnu izvedbu krova i njegovo dobro stanje. Postavljanje takvog sustava na krovove predstavlja dodatno opterećenje krova za koje možda nije projektiran. Stoga treba ispitati u kakvom su stanju površine na koje bi se postavio sustav. Ukoliko je potrebno treba pristupiti obnavljanju radionica i osigurati statičku izdržljivost krovova. Potrebno je detaljnijom analizom na terenu ustanoviti kolika je stvarna površina na koju se mogu postaviti fotonaponski moduli.



Slika 30. Prikaz tlocrtne površine krova jedne radionice

## 8. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA ISPLATIVOSTI NAVEDENIH PRIMJERA

### 8.1. Tehno-ekonomska analiza isplativosti korištenja fotonaponskih panela za grijanje vode [11][12][13][14]

Trenutno cijela instalacija kotlovnice izvedena je pomoću tri ista čelična kotla, tip Vitoplex 100, proizvođača Viessmann. Svaki od kotlova je nazivnog toplinskog učina 1120kW. Ukupno instalirana snaga potrošača toplinske energije koju kotlovnica mora zadovoljiti je 3992 kW. Svi potrošači nisu aktivni u isto vrijeme stoga je nazivni toplinski učin cijele kotlovnice 3360 kW. Na grijanje sanitarne vode koja se poslje koristi i u sustavu centralnog grijanja dotične zgrade otpada svega 11.64 % instalirane snage svih potrošača. Iz dostupne dokumentacije vidljivo je da se dnevno potroši 1507 kg lož ulja za namirivanje svih toplinskih potrošača. Uzmemo li prosječnu gustoću lož ulja od  $860 \frac{kg}{m^3}$  [10] lako izračunamo da je to  $1.75 m^3$ . Dakle za grijanje sanitarne vode na dnevnoj bazi troši se približno 204 l goriva. Da bi smo izračunali koliki je to trošak u HRK, uzet ću trenutnu cijenu lož ulja od 4.64 HRK. Na dnevnoj bazi to je 946.56 HRK. Godišnji trošak grijanja sanitarne vode iznosi 345,494.00 HRK. Prosječna cijena solarnog panela po jednom W u SAD-u 2017. godine za sustave od 200 kW do 2000 kW iznosila je 1.85\$ /W. Prosječan solarni panel od 260 W je dimenzija  $1.6 m^2$ . Za izračunatu površinu krova (35) instalirana snaga sustava će približno iznositi 381.5 kW. Za takvu instalaciju treba osigurati 705,775.00 \$. Preračunamo li taj iznos po srednjem tečaju HNB-a dolazimo do iznosa od 4,466,849.00 HRK. Povratni period ovakve investicije bio bi približno 13 godina. Uzmemo li u obzir vijek trajanja ovakvog sustava koji se procjenjuje na 30 godina. Može se zaključiti da bi se ovakva investicija s ekonomskog stajališta isplatila. Problem predstavlja poprilično velik povratni period i veliko početno ulaganje.

### 8.2. Tehno- ekonomska analiza isplativosti korištenja fotonaponskih panela za pogon dizalice [13][14][15]

Analizi isplativosti korištenja solarnih panela za pogon dizalice pristupit ćemo na isti način kao i u slučaju sa grijanjem tople vode. Poznata nam je količina potrebne električne energije za rad dizalice iz prethodne analize (23). Instalirana snaga sustava iznosi 1276.3 kW. Uz cijenu od 1.85\$ po jednom W, ukupna investicija iznosi 2,361,155.00\$ ili 14,943,750.00 HRK. Trenutna cijena jednog kWh kupljenog od HEP-a za poduzetništvo iznosi 0.74 HRK.

---

Na godišnjoj razini brodogradilište za električnu energiju koja se koristi za pogon dizalice plaća 850,014,43 HRK. Povratni period ove investicije iznosi oko 17.5 godina. Uz ovako velik povratni period upitno je isplati li se trenutno ulaziti u ovakvu investiciju. Mudrije bi bilo još pričekati jer su procjene da će cijena po jednom W nastaviti kontinuirano padati u narednim godinama i povećati će se korisnost solarnih panela.

## **9. ZAKLJUČAK**

Uz trenutni trend pada cijena fotonaponskih modula solarna energija će definitivno u budućnosti zauzeti bitno mjesto u energetsom sustavu. Već sada bez subvencioniranja države pokazuje mogućnosti otplate investicije u razumnom roku. Što se tiče primjene solarne energije u brodogradilištima prostor nije problem. Naime većina velikih brodogradilišta ima ogromne površine krovova na koje se mogu smjestiti fotonaponski moduli. U slučaju Uljanika problem predstavlja loše stanje radiona i postavlja se pitanje dali je uopće moguće opteretiti krovove sa dodatnom masom. Glavna prepreka uvođenju ovakvih sustava u hrvatska brodogradilišta predstavlja veliko kapitalno ulaganje. Rok povrata sredstava je još uvijek veoma dug. Ukoliko se ostvare prognoze i cijena fotonaponskih modula u skoroj budućnosti dosegne razinu od 0.25 EUR / W uz pretpostavku zadržanja cijene energenata na današnjoj razini definitivno bi se isplatilo investirati u modernizaciju i kupnju fotonaponskog sustava za proizvodnju električne energije barem za dio potrošača.

## LITERATURA

- [1] <https://climate.nasa.gov/>
- [2] Hubert Bašić, Zdenko Mahmutović, Željko Pavlin: „Mogućnosti korištenja vodnog potencijala u strategiji energetskega razvitka republike hrvatske“, Zagreb, prosinac 1999.
- [3] HOPS: „Godišnji izvještaj o proizvodnji vjetroelektrana u hrvatskoj“, 2017
- [4] [http://klima.hr/klima.php?id=k1&param=k1\\_9&elpar=evjetar](http://klima.hr/klima.php?id=k1&param=k1_9&elpar=evjetar)
- [5] Daniel R. Schneider, Neven Duić, Željko Bogdan: „Mapping the potential for decentralized energy generation based on renewable energy sources in the Republic of Croatia“, Zagreb, studeni 2005.
- [6] UNIDO: „A greener footprint for industry - Opportunities and challenges of sustainable industrial development“, Vienna, 2009.
- [7] Armando Fontalvo, Jesus Garcia, Marco Sanjuan, Ricardo Vasquez Padilla: „Automatic control strategies for hybrid solarfossil fuel power plants“, Department of Mechanical Engineering, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia
- [8] World energy council: „World energy resources solar 2016“
- [9] GOPLA d.o.o. : projektna dokumentacija za dizalicu firme Schwartz-Hautmont (1976), Maribor, 2009.
- [10] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [11] URBIS 72 d.d. Pula: „projekt 5298“, Pula, 2002.
- [12] <http://www.hak.hr/info/cijene-goriva/>
- [13] Ran Fu, David Feldman, Robert Margolis, Mike Woodhouse, and Kristen Ardani: „U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017“, National Renewable Energy Laboratory
- [14] <https://www.hnb.hr/temeljne-funkcije/monetarna-politika/tečajna-lista/tečajna-lista>
- [15] <http://www.hep.hr/elektra/poduzetnistvo/tarifne-stavke-cijene-1578/1578>