

**UNIVERZITET SINGIDUNUM  
FAKULTET ZA PRIMENJENU EKOLOGIJU FUTURA  
BEOGRAD**

**EKOLOŠKI I EKONOMSKI  
POTENCIJALI LIBIJE  
U SEKTORU SOLARNE ENERGIJE**

**MASTER RAD**

**MENTOR**

**Doc. dr Sunčica Vještica**

**KANDIDAT**

**Mousay Omar Mousay Mohammed**

**Beograd, 2019**



# **EKOLOŠKI I EKONOMSKI POTENCIJALI LIBIJE U SEKTORU SOLARNE ENERGIJE**

**MASTER RAD**

**MENTOR**

**Doc. dr Sunčica Vještica**

**KANDIDAT**

**Mousay Omar Mousay Mohammed**

**Beograd, 2019**



## **KOMISIJA ZA OCENU I JAVNU ODBRANU MASTER RADA**

### **MENTOR:**

- **dr Sunčica Vještica**, docent Univerziteta Singidunum, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Beograd

### **PREDSIEDNIK KOMISIJE:**

- **dr Mesud Adžemović**, docent Univerziteta Singidunum, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Beograd

**DATUM JAVNE ODBRANE MASTER RADA:** \_\_\_\_\_

## SADRŽAJ

Uvod.....	5
1. Energetska situacija u Libiji.....	7
1.1 Energetski potencijali Libije.....	7
1.2 Uticaj korišćenja fosilnih goriva na životnu sredinu u Libiji.....	12
1.3 Potrebe za električnom energijom u Libiji.....	19
2. Značaj solarne energije.....	24
2.1 Tehnologije korišćenja solarne energije.....	24
2.2 Mogućnosti korišćenja solarne energije u industriji.....	28
2.3 Mogućnosti korišćenja solarne energije u domaćinstvu.....	29
3. Potencijal Libije u primeni solarne energije.....	36
3.1 Primena solarne energije u dostizanju održivog razvoja.....	36
3.2 Nacionalni akcioni plan za primenu obnovljivih izvora energije NEEAP.....	38
4. Ekonomska opravdanost upotrebe obnovljivih izvora energije.....	42
4.1 Ekonomska opravdanost korišćenja solarne energije u Libiji.....	42
4.2 Ekonomski potencijal primene PV sistema u generisanju električne energije.....	45
4.3 Primena PV sistema u desalinizaciji vode.....	47
4.4 Konkurentnost tehnologija koje koriste tradicionalne i obnovljive izvore energije.....	49
4.5 Mogućnosti FDI u sektor solarne energije.....	50
5. Studija slučaja Instalacija PV sistema za generisanje električne energije u ruralnim oblastima Libije.....	53
6. Analiza rezultata i preporuke.....	589
7. Zaključak.....	61
Literatura.....	64

## **Uvod**

Interesovanje za korišćenje obnovljivih izvora energije naglo je poraslo početkom 21. veka kao posledica brzog tehnološkog razvoja i razvoja svetskih tržišta, iscrpljivanja rezervi fosilnih goriva, porasta svesti o potrebi smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte zbog njihovog štetnog uticaja na životnu sredinu.

Održiva energija je energetske efikasan način proizvodnje i korišćenja energije koji podrazumeva što manji negativan uticaj na okruženje. A održivi razvoj je onaj vid razvoja koji zadovoljava potrebe ljudskog društva u sadašnjosti, ali bez negativnih posledica na mogućnosti zadovoljavanja potreba budućih generacija. Održiva energija podrazumeva da se u njenoj produkciji koriste obnovljivi izvori energije (hidroenergija, energija vetra, sunčeva energija, geotermalna energija, energija biomase, energija plime i oseke) i povećanje energetske efikasnosti prilikom njenog korišćenja.

Libija je svoj razvoj u potpunosti bazirala na industriju nafte i gasa. Libija je u bliskoj prošlosti pretrpela velike gubitke tokom građanskog rata i NATO intervencije na njenom tlu. Ti sukobi su znatno uticali na energetske razvoj i politiku zemlje. Infrastruktura je uništena skoro do neupotrebljivosti, stvoreno je jedno nestabilno okruženje za rad i nesigurno tlo za investiranje. Vlada Libije ulaže velike napore da se ovi problemi u energetskom sektoru prevaziđu, jer je glavni prihod u budžetu bio i ostao upravo od eksploatacije nafte i gasa.

Libija ima dobar geografski položaj koji joj omogućava veliku osunčanost i povoljne uslove za izgradnju solarnih postrojenja, pa skretanjem fokusa na zelenu energiju može da razvije održiv energetske sektor. Stabilna politička i ekonomska situacije su osnovni uslov za investiranje u razvoj i širenje sistema za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. Privlačenjem stranog kapitala ovaj način proizvodnje energije mogao bi da se razvije u meri da može da pokrije domaće potrebe za električnom energijom što bi rasteretilo naftni sektor, u kome bi se povećao izvoz a samim tim i ubrzao privredni oporavak.

### **Cilj istraživanja**

Cilj ovog istraživanja je da predstavimo prednosti i mane korišćenja solarne energije kao i potencijale za korišćenje ovog obnovljivog izvora energije, sa težnjom da se smanji upotreba tradicionalnih izvora energije, koji su dugo predstavljali oslonac Libijske privrede, a da se na što efikasniji i ekonomičniji način sprovede elektrifikacija i udaljenih regiona zemlje.

Značaj ove studije je u podsticanju Libije da iskoristi svoje potencijale u eksploataciji sunčeve energije. Promena energetske politike u pravcu korišćenja obnovljivih izvora energije, može predstavljati put ka sigurnoj, održivoj budućnosti Libije.

### **Metodologija istraživanja:**

Tokom istraživanja odabrani su relevantni izvori podataka, proučena teorijska i istraživačka literatura, nakon čega su izvedeni određeni zaključci neophodni za ovu temu. Usvajanje platforme istraživanja i pristup koji uključuje i druge učesnike u procesu istraživanja, su važni koraci u donošenju zaključaka i rešenja u vezi ovog problema. Polazna osnova za istraživanje su postavljene hipoteze do kojih se došlo istraživanjem u oblasti energetskog sistema i energetskih potencijala Libije u korišćenju obnovljivih izvora, sa posebnim osvrtom na solarnu energiju kao i analizom ekonomske isplativosti prelaska na ovaj vid proizvodnje energije.

**Metoda analize sadržaja** korišćena je za analiziranje svih relevantnih dokumenata i publikacija koji se odnose na energiju iz obnovljivih i neobnovljivih izvora energije u Libiji, literaturu različitih akademskih oblasti u kojima se obrađuju tema zelene energetike, njene praktične primene, koristi i opravdanosti ulaganja u postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije.

U radu je analizirana i **studija slučaja** radi što potpunije analize ovog važnog pitanja, koja se bavi prednostima i manama koje može imati primena fotonaponskih sistema u ruralnim oblastima juga Libije u stabilizaciji snabdevanja električnom energijom ove oblasti. Studija ukazuje na mogućnost prevazilaženja krize u snabdevanju električnom energijom udaljenih ruralnih oblasti primenom stabilnog izvora energije Sunca. Optimalnom kombinacijom pomenutih naučnih metoda istraživanja, ukazano je na neophodnost ulaganja u podsticaj prelaska na obnovljive izvore energije radi dostizanja održivog razvoja.

U ovom istraživanju pošli smo od sledećih **hipoteza**:

**H1:** Investiranje u projekte u kojima će se kao izvor energije koristiti solarna energija predstavlja put ka održivom razvoju Libije.

**H2:** Što je razvijenije korišćenje solarne energije na tlu Libije smanjuje se delovanje štetnih faktora na životnu sredinu.

**H3:** Oslanjanje isključivo na solarnu energiju je potrebno ali uzimajući u obzir aktuelnu situaciju u Libiji nije povoljno rešenje za energetski sektor.

# 1. Energetska situacija u Libiji

## 1.1 Energetski potencijali Libije

Naftni sektor u Libiji je glavni deo Libijske ekonomije i država zarađuje otprilike 95% od izvoza nafte i prodaje ugljovodonika. To čini najveći deo državnog BDP-a. Libija poseduje otprilike 41.5 milijardi barela, i 1.539 tcm<sup>3</sup> (trillion cubic meters) prirodnog gasa, a treći je izvor po veličini na Afričkom kontinentu.<sup>1</sup> Proizvodnja nafte u 2011. godini iznosila je 1.3 miliona barela dnevno, ali je ekonomija pored posledica revolucije dodatno stradala usled smanjenja svetskih cena nafte. Proizvodnja nafte sada iznosi 300.000 barela dnevno.

Libija izvozi većinu svojih prirodnih resursa u njoj najbližu Evropu. Glavna nalazišta nafte i prirodnog gasa su Sirt, Ghadames, Murzuk, Tripolitania, Cyrenica i Kufra. Libija je šesti po veličini snabdevač energijom EU i pokriva 17% Evropskih potreba za energijom.<sup>2</sup>

Malo pre revolucije 2011. godine, međunarodna energetska asocijacija sa sedištem u Parizu procenila je da je Libijska nafta činila 20% od uvoza Austrije, Irske i Italije; oko 15% Francuske i Grčke i više od 10 % Španije i Portugalije i oko 8% Nemačke i UK, što jasno dokazuje vodeću ulogu Libijske nafte u Evropskim energetskim potrebama.<sup>3</sup>

Kao rezultat ograničenih kapaciteta za rafinisanje nafte ona se oslanja na uvoz, od skoro dve trećine svojih potreba za benzinom. Libija je skoro raspisala tender za kupovinu do 3 milion tona benzina u 2012.godine od Ruskog Lukoila i Italijanskog Sarasa.<sup>4</sup>

### 1.1.1 Solarna energija u Libiji

Libija se nalazi u sredini Severne Afrika i 88% njene teritorije se smatra pustinjskim područjem, južni deo njene teritorije nalazi se u Sahari gde postoji visok potencijal solarne energije koji se može koristiti za generisanje električne energije konverzijom solarne energije u električnu, putem solarnih ćelija (direktno) i prevođenjem solarne energije prvo u termalnu.

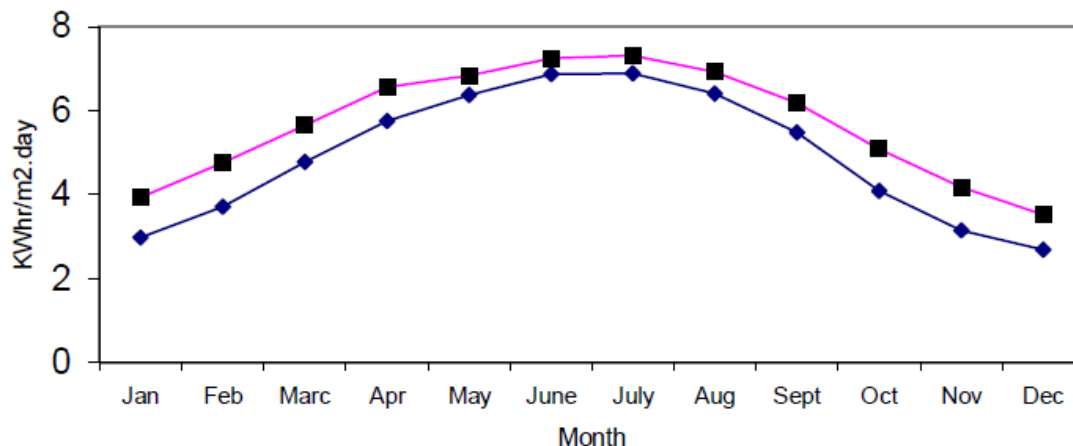
---

<sup>1</sup> EIA, (2007), Libya - Oil, Country Analysis Briefs, US Energy Information Administration

<sup>2</sup> RCREEE, (2012), Country Profile Renewable Energy in Libya, dostupno na [http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE\\_CountryProfile\\_RE\\_2012\\_EN\\_Libya.pdf](http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE_CountryProfile_RE_2012_EN_Libya.pdf)

<sup>3</sup> CIA (2018), The World factbook, Libya, dostupno na <https://www.cia.gov>

<sup>4</sup> RCREEE, (2012), Country Profile Renewable Energy in Libya, dostupno na [http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE\\_CountryProfile\\_RE\\_2012\\_EN\\_Libya.pdf](http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE_CountryProfile_RE_2012_EN_Libya.pdf)



Grafikon 1: Prosečna mesečna iradijacija na horizontalnom planu

Korišćenje solarne energije manifestacija je odgovornog ponašanja i brige za životnu okolinu, čime se održava i poboljšava i kvalitet života. Energija Sunca je poželjna za korišćenje jer ne zagađuje okoliinu, ukoliko je atmosfera bez oštećenja, nema zračenja i ne uzrokuje nesreće, a nije zanemarljivo ni to što je prisutna u neograničenim količinama. Solarna energija se manifestuje u vidu svetlosti i toplote. Upotreba solarne energije je višestruko poželjna, što iz razloga jer je u pitanju čisti pouzdan izvor energije, to i iz ekonomskih razloga, usled rasta cena fosilnih goriva ali i zbog potrebe jačanja svesti o očuvanju životne sredine.

Glavna prednost solarne toplotne energije je ta da ima malo negativnog uticaja na životnu sredinu, bez ikakvog zagađenja, emisije gasova ili sigurnosnih problema koji se vezuju za konvencionalne načine generisanja energije. Čak i uklanjanje solarnih sistema nije problematično. Svaki kvadratni metar površine reflektora u solarnom polju je dovoljan da bi se izbegla godišnja proizvodnja od 150 do 250 kilograma (kg) ugljen dioksida. Energija Sunca može dati značajan doprinos smanjenju nivoa gasova sa efektom staklene bašte a samim tim i sprečavanju klimatskih promena.<sup>5</sup>

Sunčana energija se transportuje od Sunca do Zemlje u obliku elektromagnetnog zračenja, kada je vedar sunčan dan uobičajena količina sunčevog zračenja dostupna na površini Zemlje iznosi 1000 vati po kvadratnom metru. U svako doba, potencijal solarne energije prvenstveno zavisi od toga koliko je Sunce visoko na nebu i od oblačnosti. Sunčeva energija može da se efikasno iskoristi na nekoliko načina. Ovi načini se mogu klasifikovati u tri glavne kategorije: termičke aplikacije, proizvodnja električne energije i hemijski procesi. Takođe se

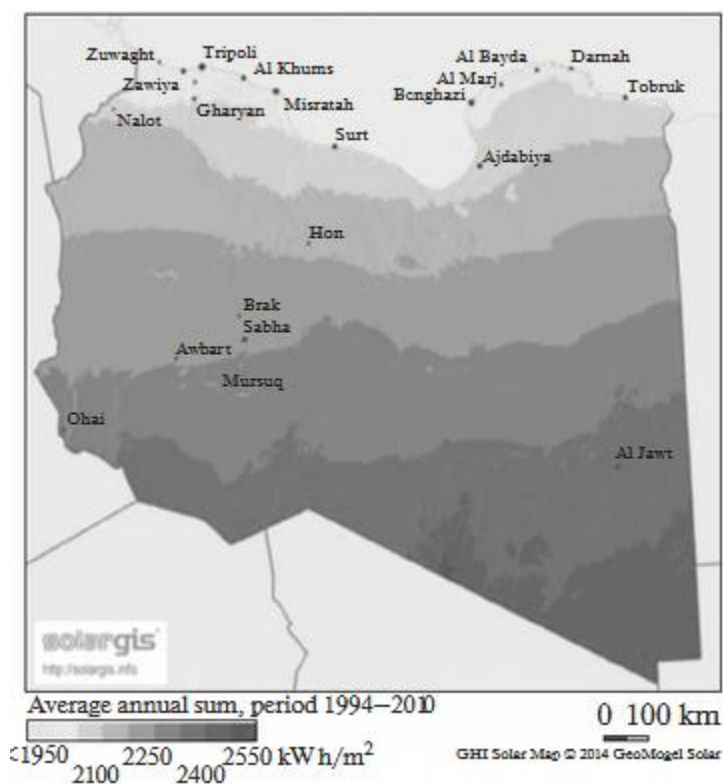
<sup>5</sup> ENPI-SEIS Country report – Libya, 2015



primenjuju i za zagrevanje vode. Korišćenjem fotonaponskih sistema i solarnih termalnih tehnologija veća je generacija električne energije.<sup>6</sup>

Sunčevo zračenje u Libiji smatra se za veoma jako, na horizontalnom planu i do 7.1 KWh/m<sup>2</sup> sa 3000-35000 sunčevih sati godišnje. Iskustvo sa solarnim ćelijama je pozitivno ima ogroman potencijal u mogućoj instalaciji na jugu Mediterana. Postoji veliki potencijal za primenu kućnih solarnih panela. Veliki potencijal solarne energije u Libiji može se smatrati budućim izvorom električne energije za severne zemlje Mediterana. Resursi solarne energije posebno mogu biti veliki izvor energije za Libiju posle iscrpljivanja zaliha nafte i prirodnog gasa.

Na osnovu satelitskih podataka, može se prikazati opšta solarna mapa, ali za sada, još uvek nema detaljnog solarnog atlasa. Libija ima veliki potencijal za iskorišćavanje solarne energije. Ovo je ekvivalentno sloju od 25 cm sirove nafte godišnje na površini zemljišta.<sup>7</sup>



Slika 1: Horizontalna osunčanost Libije<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Ibid

<sup>7</sup> Saleh, Ibrahim M.(2006), Prospects of Renewable Energy in Libya, International Symposium on Solar Physics and Solar Eclipses (SPSE), <http://www.irsol.ch>

<sup>8</sup> Solargis, (2016), dostupno na [www.solargis.com](http://www.solargis.com)

Potencijal solarne energije kao izvora je odličan u zemljama Bliskog Istoka i Severne Afrike, gde se godišnje sunčevo zračenje razlikuje od 4 do 8 kW/sat po kvadratnom metru, a region takođe uživa visok nivo direktnog sunčevog zračenja i malo prisustvo oblaka. Libija ima ogromnu teritoriju i geografsku lokaciju 20-33 N, 10-25E, i ima prosečno zračenje od 7-7,8 kw/hm<sup>2</sup>/dan za letnje mesece i 2-7 kw/hm<sup>2</sup>/dan za ostatak godine. Libija se proteže na preko 1.759.540 kvadratnih kilometara, nešto je manja od Indonezije i približno veličine američke države Aljaska. Na severu izlazi na Sredozemno more, zapadno na Tunis i Alžir, jugozapadno Niger, na jugu Čad i Sudan, a na istoku Egipat. Sa 1,770 kilometara (1,100 mi), obala Libije je duža od bilo koje afričke zemlje koja se graniči sa Mediteranom. Deo Mediteranskog mora severno od Libije često se zove Libijsko more. Klima je uglavnom suva i pustinjska. Međutim, severni regioni uživaju blažu mediteransku klimu.

Iako su ukupni instalirani kapaciteti solarne energije samo 5 MW u 2012.<sup>9</sup>, mali projekti koji koriste solarne panele su instalirani od 1976.godine u Libiji. U početku, solarni sistem se koristio za snabdevanje katodne zaštite u naftovodu koji povezuje naftno polje Ndibene sa Sedra lukom. Kasnije u 1980., solarni paneli su korišćeni za snabdevanje energijom u sektoru komunikacija na mikrotalasnoj repetitorskog stanici u blizini Zella. Do 2006., 80 stanica koje rade po principu pretvaranja solarne energije u električnu putem solarnih panela je izgrađeno za potrebe telekomunikacija. Do kraja 2005. godine, ukupna snaga napona proizvedena ovim putem je oko 420 Mw.<sup>10</sup> U 2012. , prelazila je i 950 kWp.<sup>11</sup>

U El - Agailat, u crpne stanice, još na početku 1980., instalirani su sistemi koji za dobijanje potrebne energije koriste solarne ćelije (panele). Ukupan kapacitet crpnih stanica koje koriste solarnu energiju je bio 120 KWp u 2012.<sup>12</sup> Upotreba solarnih ćelija za elektrifikaciju ruralnih područja je počela tek u 2003. Godine. Do 2006., ukupan broj daljinskih sistema instaliranih po General Electric Compani Libije (GECOL) bio je 340. Oni su imali ukupan

---

<sup>9</sup> RCREEE, (2013), Provision of Technical Support/Services for an Economical, Technological and Environmental Impact fckLRAssessment of National Regulations and Incentives Renewable Energy and Energy Efficiency, Country Report Libya, <http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013>

<sup>10</sup> Saleh, Ibrahim M. (2006), Prospects of Renewable Energy in Libya, International Symposium on Solar Physics and Solar Eclipses (SPSE), <http://www.irsol.ch/>

<sup>11</sup> RCREEE,(2013), Provision of Technical Support/Services for an Economical, Technological and Environmental Impact fckLRAssessment of National Regulations and Incentives Renewable Energy and Energy Efficiency, Country Report Libya, [http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/03/RS\\_CountryReport\\_Libya\\_2009\\_EN.pdf](http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/03/RS_CountryReport_Libya_2009_EN.pdf)

<sup>12</sup> Ibid

kapacitet od 220 kWp. Center of Solar Energy Studies (CSES) i Saharski Centar takođe su instalirali 150 postrojenja sa ukupnom snagom od 125 KWp.

U 2012., u elektrifikaciji ruralnih područja prisutni su sistemi korišćenja solarne energije putem panela kapaciteta 725 kWp. Postoji plan za 3 velika projekta ovog tipa vezana za naftovode: 14 KWp za elektranu u Hounu, a 40 KWp projekat u Sabha, a 15 KWp elektrane u Ghatu. Što se tiče koncentrisane solarne energije (CSP), tehnički potencijal u Libiji je ogroman. Procenjeno je na 140.000 TWh /godišnje. koji ekvivalentne za 27.000 GW, što predstavlja 60 % kapaciteta na faktor opterećenja .<sup>13</sup>

### **1.1.2 Potencijal vetra**

Korišćenje energije vetra, od koje je korist to što je uopšteno jako jeftina, procvetala je sa korišćenjem elektrana povezanih na mrežu. One koje su već instalirane u Egiptu, Maroku i Tunisu obezbeđuju 95% od ukupne instalisane snage energije vetra u Africi.<sup>14</sup>

Energija vetra već duže vreme privlači pažnju, u mnogim oazama, energija vetra je korišćena za pumpanje vode od 1940. Kroz statistička merenja brzine vetrova sprovedenih u 2004. u Libiji, pokazalo se da postoji veliki potencijal za korišćenje energije vetra, pomoću sistema koji bi se koristili na 40 metara visine, a sa prosečnom brzinom vetra od 7,5 m/s.<sup>15</sup>

Potencijal vetra je takođe dobar, prosečna brzina vetra je između 6-7.5 m/s. Napravljen je ugovor još 2000.godine sa Nemačko-Danskim konzorcijumom oko konstrukcije 25MW-nih pilot projekta farmi vetrenjača. Nekoliko lokacija je odabrano, postavljene su merne stanice, dokumentacija je spremljena, ali je projekat na kraju napušten.

Do sada još nije razvijen detaljan atlas vetrova. Jedna od atraktivnih lokacija koja ima dobar potencijal vetra je Dernah koja se nalazi na Libijskoj obali, gde je brzina vetra prosečno

---

<sup>13</sup> RCREEE, Provision of Technical Support/Services for an Economical, Technological and Environmental Impact fckLRAssessment of National Regulations and Incentives Renewable Energy and Energy Efficiency, Country Report Libya, [http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/03/RS\\_CountryReport\\_Libya\\_2009\\_EN.pdf](http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/03/RS_CountryReport_Libya_2009_EN.pdf)

<sup>14</sup> IPCC, (2012), Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, ntergovernmental Panel on Climate Change

<sup>15</sup> RCREEE,(2012), Country Profile Renewable Energy in Libya 2012, dostupno na [http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE\\_CountryProfile\\_RE\\_2012\\_EN\\_Libya.pdf](http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE_CountryProfile_RE_2012_EN_Libya.pdf)

oko 7,5 metara u sekundi.<sup>16</sup> Pošto vetrenjače moraju da se redovno održavaju, a Libiji nedostaje obučen stručni kadar jer ovaj način proizvodnje energije nije razvijen u velikoj meri.<sup>17</sup>

Zbog promenljivosti snage vetra, javlja se neravnomernost u dobijenoj energiji, koja se umanjuje izgradnjom više elektrana vezanih u sistem sa samo jednim izlaznim transformatorom. Ovakvi sistemi se popularno zovu farme vetroelektrana. Farme vetroelektrana se mogu graditi u priobalnom plitkom moru (off-shore) ili na kopnu (on-shore). Prostorni raspored vetroagregata u okviru vetroelektrane zavisi od konfiguracije terena i dominantnog pravca duvanja vetra. Iskorišćenje energije vetra kod turbina koje su sada u upotrebi kreće se u rasponu od 25% do 45%.

### **1.1.3 Ostali izvori obnovljive energije**

I ostali izvori obnovljive energije, kao geotermalni, biomasa, plimski talasi, su prisutni u Libiji ali imaju daleko manju iskoristljivost. Potencijal biomase Libije je ograničen. Izvori za energiju biomasa su mali i mogu se koristiti samo na individualnom nivou kao izvor energije. Nije pogodan za proizvodnju energije.

## **1.2 Uticaj korišćenja fosilnih goriva na životnu sredinu u Libiji**

Sagorevanjem nafte i gasa proizvode se velike količine ugljen-dioksida, odgovornog za globalno zagrevanje. Sve veće količine ovog gasa i drugih gasova sa efektom staklene bašte u velikoj meri utiču na životnu sredinu i ljudsko zdravlje na planeti. Uticaj se prostire na porast nivoa mora, topljenje lednika, promenu okeanskih struja, povećanje prosečne temperature vazduha globalno, morbiditet i među ljudima, nestajanje živog sveta, prirodne katastrofe, nedostatak hrane i pijaće vode.

Pored ugljendioksida postoje i mnogi drugi zagađivači vazduha uključujući sumpor dioksid, azotni oksid, ugljen monoksid, mikro čestice, isparljiva organska jedinjenja, olovo i živu. Libija pati od deficita električne energije što je ukazalo na hitnu potrebu za korištenjem

---

<sup>16</sup> RCREEE, Provision of Technical Support/Services for an Economical, Technological and Environmental Impact fckLRAssessment of National Regulations and Incentives Renewable Energy and Energy Efficiency, Country Report Libya, [http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/03/RS\\_CountryReport\\_Libya\\_2009\\_EN.pdf](http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/03/RS_CountryReport_Libya_2009_EN.pdf)

<sup>17</sup> Ibid

generatora u cilju obezbeđivanja domaćinstava, bolnica, komercijalnih objekata, i ostalih ustanova neophodnih za normalno svakodnevno funkcionisanje korišćenjem električne energije.

Libijska prirodna bogatstva su zemlji donela ekonomski rast i razvoj, ali takođe su izvor njene ranjivosti. Nafta kao prirodni resurs od koga zavisi celokupna ekonomija Libije neophodna je u svakodnevnom neometanom funkcionisanju života u Libiji. Njena široka primena negativno utiče na kvalitet vazduha, vode, i zemlje. Da bi se omogućio brz i održiv rast predviđen Libijskom vizijom 2020.g, neobnovljivi izvori moraju se efikasno koristiti i time izbeći degradacija životne sredine.

Libija je u opasnosti prouzrokovanih klimatskim promenama, zbog trenutne teške nestašice vode i visoke temperature i zbog depresije tla u odnosu na Sredozemno more. Posledice klimatskih promena mogu biti sledeće:

- Klimatske promene mogu smanjiti količinu padavina, povećati intervale između padavina i skratiti trajanje kiše. Već sušna Libija će postati još sušnija. Potreba za očuvanjem vode će postati još veća.
- Smrtonosni toplotni talasi širom Sredozemlja su tokom 2003.godine bili odgovorni za smrt 18.000 ljudi. Predviđa se da će se broj ekstremno toplih dana uvećati za 200-500 procenata u oblasti Sredozemlja.<sup>18</sup> Visoke temperature pojačaću stepen isparenja, i na taj način doprineti većoj neplodnosti zemljišta. Više temperature smanjuju organske materije u tlu, smanjuje se njihova propusnost i kapacitet zadržavanja vode. Stopa propustljivosti opada, što dovodi do povećanog oticanja i manje dostupnosti vlage u profilu tla. To potkopava već krhku Libijsku poljoprivrednu proizvodnju.<sup>19</sup>
- Veliki deo Libije je nizak u odnosu na nivo mora. Značajan porast nivoa Mediterana može dovesti do prodora morske vode u kopneni pojas. Olujni udari će se povećati značajno. Veliki deo Libijske poljoprivrede je iznad najnižih tački kopna, ali bi mogao biti u opasnosti. Trebalo bi dosta raditi na zaštiti osetljivih depresionih predela obalnog pojasa.
- Više temperature i manje kiše učiniće proizvodnju hrane težom nego što je već. Više temperature povećavaju potrebe za vodom za useve, a smanjuju prinose. Kvalitet

---

<sup>18</sup> Diffenbaugh, N. S., Pal, J., Giorgi, F. & Gao, X.,(2007), Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot. *Geophys. Res. Lett*

<sup>19</sup> Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T., Fromentin, J., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F., (2002), Ecological responses to recent climate change. *Nature*

pašnjaka opada, što može zaustaviti stočnu proizvodnju. Voda u bunarima opada na alarmantan nivo. To potvrđuje prethodnu argumentaciju za povećanom potrebom za navodnjavanjem i kontinuirano ulaganje u očuvanje vode. Libija mora da prilagođava proizvodnju hrane tako da maksimalno odoleva klimatskim promenama. Preurbana proizvodnja hrane koja se uglavnom temelji na iskorišćenju otpadnih voda, će verovatno postati još troškovno isplativija kad klimatske promene počnu još jače da se osećaju.

- U meri u kojoj se temperatura diže i suše postaju sve teže, cene hrane će rasti zajedno sa cenama vode. Cena energije potrebne za rashlađivanje i energije uopšte će takođe porasti. Organizacije i mreže organizovane u borbi protiv siromaštva treba da savesno rade na pronalasku rešenja koja treba da zaštite siromašne od klimatskih promena.<sup>20</sup>

Osim naftnog osiromašenja, glavno ograničenje upotrebe nafte je upravo promena klime. Može se tvrditi da klimatske promene mogu nužno predstavljati jače neposredno ograničenje Libiji od iscrpljivanja rezervi ovog energenta.

Potrebno je organizovano međunarodno delovanje kako bi se smanjila emisija štetnih gasova. Libija treba prvenstveno da se uhvatiti u koštac s obavezujućim međunarodnim sporazumima, više nego s problemom osiromašenja rezervi nafte.<sup>21</sup> Sve veći broj naučnika upozoravaju da će korišćenje nafte biti potisnuto prema međunarodnim ugovorima kako bi se sprečile klimatske promene izazvane prekomernom upotrebom nafte.

Uvereni da je donošenje pravila za usporavanje klimatskih promena neizbežno, operateri koji su zaduženi za generatore koji rade na ugljovodonični pogon, preispituju konstrukcione planove, menadžeri raznih fondova ulažu milijarde dolara u projekte za borbu protiv klimatskih promena. Raspravlja se o uvođenju ekstra poreza za korporacije koje pri svom radu emituju ove štetne gasove.<sup>22</sup>

Korporacije koje imaju viziju budućnosti usvajaju strategije za neutralisanje ugljovodonika. Ako Libija uspe da ubrza prelaz na solarni izvor za dobijanje energije za izvoz i

---

<sup>20</sup> Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T., Fromentin, J., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F., (2002), Ecological responses to recent climate change. *Nature*

<sup>21</sup> Ali, Issa and Charles Harvie, (2013), Oil and economic development: Libya in the post-Gaddafi era., *Ecological Modelling*

<sup>22</sup> Giupponi, Carlo and Mordechai Shechter, (2003), Climate change and the Mediterranean: socio-economic perspectives of impact, vulnerability and adaptation. Edward Elgar UK.

osigura održivo vodosnabdevanje, brže će njeni građani osetiti poboljšanje životnih uslova. Libija može biti svetski lider u tom pogledu, ako tako želi.

Vlada može da ograničiti potrošnju ugljovodonika na tri načina:

- kroz norme ili druge propise,
- podizanje cena energenata koji oslobađaju gasove sa efektom staklene bašte (GHG) (Greenhouse gas, uglavnom ugljendioksida iz sagorevanja ugljovodonika, što izaziva promene klime)
- i uklanjanje subvencija.<sup>23</sup>

Doneti su standardi i propisi koji se odnose na povećanje korišćenja solarne energije, unapred određenom brzinom da bi se smanjila emisija štetnih GHG gasova. Neki stručnjaci tvrde da novi standardi koje je postavila vlada za emisiju štetnih gasova su manje efikasni od ulaganja sredstava u tu svrhu. Preporučeno je:

- usmeravati sve generatore električne energije da ubrzaju korišćenje obnovljivih izvora energije;
- odrediti da povećanje korišćenja solarne energije bude utvrđeno određenom stopom na godišnjem nivou;
- primeniti principe veće energetske efikasnosti pri izgradnji zgrada i pravljenju klima uređaja;
- uvođenje odgovarajućih standarda za smanjenje potrošnje goriva u crpnim pumpama i u vozilima;
- ubrzati ukidanje primene običnih sijalica, a preći na LED osvetljenje;
- utvrditi standarde kroz povećanje cena ugljovodonika i uvođenje subvencija za korišćenje obnovljivih izvora energije
- povećanje cene energenata je izgleda najefikasniji način za smanjenje emisije ugljen- dioksida, a najbolji način za dobijanje odgovarajuće cene je upravo kroz porez na emisiju gasova sa efektom staklene bašte.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> Goodland, R., (2008), More Crucial than Oil Scarcity: Climate Change Policies for a Sustainable Libya. Climate Policy Journal 7 , Goodland, R., Sustainability for Libya. London, The Society for Libyan Studies

<sup>24</sup> El Serafy, Salah, (2013), Macroeconomics and the Environment: Essays on Green Accounting. Edward Elgar, Cheltenham, UK

- Najvidljivija i najpoznatija vrsta zagađenja mora je ona uzrokovana izlivanjem nafte iz tankera ili kao posledica nesreća na naftnim bušotinama. Efekti ovih akcidenata su često katastrofalni, kompleksni i dugotrajni. Naftne mrlje predstavljaju jedan oblik zagađenja životne sredine i one nastaju kada se nafta prolije u životnu sredinu, naročito u vodenu površinu. Termin naftne mrlje se najčešće koristi u slučaju kada se nafta prolije u okean ili priobalne vode, međutim mrlje se mogu pojaviti i na kopnu. Iako Sredozemno more predstavlja samo 1% ukupne površine svetskih mora, plovidbom na njemu se vrši 30% svetske pomorske trgovine i četvrtina svetskog transporta nafte.
- Potrošnja nafte, prirodnog gasa i uglja porasla je sa 26.200 miliona barela naftnog ekvivalenta (MBOE) u 1965. na 80.300 MBOE u 2012. godini.<sup>25</sup> Do 2035. godine očekuje se povećanje potražnje nafte za preko 30%, prirodnog gasa za 53%, i uglja za 50%.<sup>26</sup> Često se pretpostavlja da će pravno obavezna obnova nakon ekstrakcije (koja uključuje bušenje i sve oblike miniranja) vratiti područje približno na stanje predispozicije. Stoga se aktivnosti ekstrakcije smatraju trivijalnim poremećajima prirodnih sistema.<sup>27</sup>
- UNEP (United Nations Environment Programme) je procenio da 650 miliona tona komunalnog otpada, 129.000 tona nafte, 60.000 tona žive, 3800 tona olova i 36.000 tona fosfata svake godine dospe u vode Mediterana. Po izveštajima UNEP više od 50% otpadnih voda ulazi u Sredozemno more bez prethodnog prečišćavanja.<sup>28</sup>
- Izlivanje nafte je samo 12% od nafte koja dospe u mora i okeane, ali je i dalje najgori oblik zagađenja okeana, jer posledice koje izaziva su katastrofalne, naročito šteta koju može da nanese lokalnim morskim vrstama.<sup>29</sup>

<sup>25</sup> BP, (2013), Statistical Review of World Energy (BP, London, 2013) dostupno na [www.bp.com/en/global/corporate/aboutbp/statistical-review-of-world-energy-2013.html](http://www.bp.com/en/global/corporate/aboutbp/statistical-review-of-world-energy-2013.html)

<sup>26</sup> Institute for Energy Research, Energy Information Association Forecast, [www.instituteforenergyresearch.org](http://www.instituteforenergyresearch.org)

<sup>27</sup> R. H. Cristescu, C. Frère, P. B. Banks (2012), A review of fauna inmine rehabilitation in Australia:current state and future decisions, *Biol. Conserv.* 149, 60

<sup>28</sup> <http://www.explorecrete.com/nature/mediterranean.html>

<sup>29</sup> Clint Twist, (2005), "1000 things you should know about oceans", Miles Kelly



Zagađenje vazduha se stvara radom mašina na priobalnim naftnim platformama, kao i sagorevanjem gasova. Osim zagađenja vazduha od krajnjeg proizvoda ili procesa prerade, same naftne platforme imaju uticaj na kvalitet vazduha na lokalnom nivou i globalno na klimatske promene.<sup>30</sup>

Gasovi sa efektom staklene bašte, proizvedeni spaljivanjem fosilnih goriva, rezultirali su promenama Zemljine klime. Kao jedna od posledica je i ubrzani gubitak biodiverziteta. Najveće pretnje biodiverzitetu su ljudske aktivnosti. Degradacija staništa kroz antropogeni razvoj je ključni pokretač gubitka biodiverziteta. Jedan od načina za kompenzaciju gubitaka je "uklanjanje biodiverziteta" (gde se biodiverzitet na koji se utiče "preмести" kroz restauraciju negde drugde). Izazov u primeni premeštanja, koja je u literaturi dobila malo pažnje, je tačno određivanje preostalih gubitaka u biodiverzitetu. Čak i lokalni gubici biodiverziteta mogu imati udare u velikoj meri na funkcionisanje ekosistema i produktivnost.

Rafinerije nafte su glavni izvor opasnih i toksičnih zagađujućih materija za vazduh kao što su benzen, toluen, etilbenzen i ksilen. One su takođe glavni izvor zagađivača vazduha kao što su čestice, azotni oksidi (NO<sub>x</sub>), ugljen monoksid (CO), vodonik sulfid (H<sub>2</sub>S) i sumpor dioksid (SO<sub>2</sub>). Rafinerije takođe oslobađaju u vazduh ugljovodonike poput metana i druge lako isparljive materije koje spadaju u goriva i ulja. Neke od oslobođenih hemikalija poznate su kao izazivači raka, utiču na razvoj i prouzrokuju reproduktivne probleme. Ove čestice takođe mogu podstaći uslove za razvoj mnogih respiratornih oboljenja kao npr. za nastanak astme u detinjstvu.<sup>31</sup>

Pored mogućih zdravstvenih efekata izloženosti ovim hemikalijama, ove hemikalije mogu izazvati zabrinutost i strah kod stanovnika okolnih zajednica. Emisije ovih materija koje zagađuju vazduh mogu nastati iz više izvora unutar rafinerije nafte, uključujući: curenje ventila ili drugih uređaja; visokotemperaturne procese sagorevanja goriva za proizvodnju električne energije; grejanje para i procesnih tečnosti. Velike količine ovih zagađujućih materija se obično emituju u životnu sredinu u toku jedne godine kroz normalne emisije, neprimećenim curenjima,

---

<sup>30</sup> Raupach, M. R., Marland, G., Ciais, P., Le Quéré, C., Canadell, J., Klepper, G. & Field, C.,(2007), Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions. Washington DC., Proceedings of the National Academy of Sciences,

<sup>31</sup> U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Title 40 CHAPTER I PART 61 NESHAPS (National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants). [http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/cfrhtml\\_00/Title\\_40/40cfr61\\_00.html](http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/cfrhtml_00/Title_40/40cfr61_00.html)

slučajnim oslobađanjem ili kvarovima na postrojenju. Kombinacija isparljivih ugljovodonika i azot oksida takođe negativno utiču na ozonski omotač.<sup>32</sup>

Mediteran je bogat raznovrsnim živim svetom, i predstavlja vruću tačku zbog bogate biološke raznovrsnosti i ugroženog statusa. Predstavlja svega 0,8% svetskih okeana i sa udelom od 0,3% svog volumena u ukupnoj količini svetskih voda, u njemu je nastanjeno čak 7 do 8% od svih poznatih morskih vrsta. Ovako bogat i raznovrstan biodiverzitet su posledica specifičnih geomorfoloških obeležja, geološke istorije, i spoja umerene i tropske klime što pogoduje velikom broju biljnih i životinjskih vrsta.

Preterana eksploatacija prirodnih bogatstava dovela je do teškog narušavanja ravnoteže ekosistema. Osetljiv ekosistem Mediterana konstantno ugrožava nepostojanje pristupa održivog razvoja, preterani ribolov, eksploatacija ugljovodonika, preterani pomorski saobraćaj. Degradacija životne sredine i rastuća podložnost elementarnim nepogodama predstavljaju ozbiljne probleme. Nekontrolirano korišćenje prirodnih bogatstava, neefikasno korišćenje energije i neusklađeni planovi upravljanja globalno utiču na kvalitet životne sredine ove oblasti.

Veliki problem predstavljaju i eventualne havarije tankera prilikom kojih se velike količine nafte izlivaju u okeane. Postoji više načina kako može doći do izliva nafte od kvarova na opremi, ratova između država, terorističkih napada i ilegalnog izlivanja nafte gde se nastoji uštedeti na troškovima koje uzrokuje dekomponiranje otpada, takođe i prirodni uzročnici u vidu uragana mogu uzrokovati prevrtanje tankera i izazvati zagađenje. Izlivanje nafte ima strašne efekte na čitav ekosistem pogođen izlivanjem: ptice umiru ukoliko im se perje natopi naftom jer se pokušavaju očistiti od nafte i tom prilikom dolazi do trovanja i uginuća, a isto se događa i sa ostalim životinjama kada im nafta dođe u pluća ili jetru.

Libija polako priznaje potrebu za rešavanjem uticaja svoje proizvodnje nafte i gasa na životnu sredinu. Pitanja vezana za životnu sredinu postaju sve bitnija u libijskoj naftnoj i gasnoj industriji, posebno sa prilivom inostranih kompanija, koje često imaju korporativni mandat da rade na ekološki način, kao i težnju da se proširi proizvodnja. U praksi, ipak, zabrinutost oko pitanja životne sredine ostaje marginalna. Ostaje značajan nedostatak regulatornog okvira i pravnog sistema; izvršenje mera zaštite i nedostatak sredstava za sanaciju životne sredine su ključna pitanja.

---

<sup>32</sup> Ibid

Stoga postoji ograničeno naučno utemeljenje efekata koje nafta uzrokuje na morske organizame i biološke sisteme i procese, ali neki od direktnih uticaja mogu da se izdvoje:

- Smrt živog sveta u moru;
- Behavioralni poremećaji, uključujući promene u ishrani, reprodukciji i migracije;
- Emisije hemikalija u vazduh iz kontrolisanog spaljivanja nafte;
- Hiperprodukcija mikroba koji remete ravnotežu morskog ekosistema;
- Hipoksija, tj. snižavanje koncentracije kiseonika u vodi
- Toksični efekti hemikalija se koriste da bi se očistile naftne mrlje.<sup>33</sup>

Proizvodnja nafte i prirodnog gasa podrazumeva jedinstvena pitanja životne sredine. Ovo uključuje potrebu da se pravilno tretira otpad i zagađena voda nastala iz bušenja, ostataka iz farmi rezervoara nafte, hemijskog otpada, prirodnih radioaktivnih materijala, uljnih jama i prosipanja. Najznačajnije pitanje je kontaminacija od uljnih jama, skladišta, rafinerija i petrohemijskih i hemijskih postrojenja povezanih sa proizvodnjom i preradom. Prema stranim kompanijama za sanaciju životne sredine koje plasiraju svoje usluge u Libiji, više od pet miliona tona otpada koji se odnose na proizvodnju ugljovodonika zahteva specijalno rukovanje širom zemlje. Studije o životnoj sredini sprovedene u naseljenim područjima, kao što su al-Zaviia (gde se nalazi Rafinerija Zaviia) i Tripoli (dom za više skladišta) pokazali su visok nivo kontaminacije zemljišta.<sup>34</sup>

### **1.3 Potrebe za električnom energijom u Libiji**

U Libiji, kao i u ostalim zemalja sveta, potražnja za energijom se povećava iz dana u dan. Prekidi u snabdevanju električnom energijom u Libiji postali su akutni problem. Postoji nekoliko razloga za ovaj problem, prvo politički i vojni sukob koji ugrožava stabilnost libijskog nacionalnog elektroenergetskog sistema, velika potražnja a smanjeni kapacitet elektroenergetskih postrojenja. Libija pati od nedostatka usluga servisiranja elektroenergetskih postrojenja još od početka 2011. godine. Porast učestalosti prekida u isporuci električne energije rezultira usporavanjem i poremećajem svakodnevnog života, ugrožava zdravlje, ekonomiju, socijalno i

---

<sup>33</sup> Upton, H.F. (2011). The Deepwater Horizon Oil Spill and the Gulf of Mexico Fishing Industry. Congressional Research Service. Available at: <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R41640.pdf>

<sup>34</sup> Rajab Zakharia, (2018), A comarasion between centralized PV power plants and fossil fuel plant in Libya, The 9th International Renewable Energy Congress (IREC 2018), dostupno na <https://www.researchgate.net/publication/322147695>

društveno funkcionisanje građana Libije. Ova situacija nameće potražnju za alternativnim izvorima električne energije kao što su, recimo, dizel generatori.

Proizvodnju električne energije u Libiji trenutno obezbeđuju gasne turbine, parne turbine i elektrane sa kombinovanim ciklusom, koje koriste naftu i prirodni gas. Gasne turbine i elektrane sa kombinovanim ciklusom imaju udeo od 30% i 20% u ukupnom instaliranom kapacitetu; udeo termoelektrana je ukupno 50%. Osim toga, neke male dizel elektrane se takođe koriste da doprinesu snabdevanju energijom, posebno u udaljenim područjima. Procenjuje se da je kapacitet proizvodnje električne energije u Libiji oko 6.000 megavata, sa prosečnim radnim kapacitetom od 4.000 megavata, kako bi se obezbedila električna energija za oko 6 miliona ljudi.<sup>35</sup>

Libijska nacionalna električna mreža se sastoji od visokonaponskog nivoa 400 kv sa ukupnom dužinom mreže od 442 km i prenosom visokog napona od 220 kv sa ukupnom dužinom kola 13.667 km. Nivo prenosa pod zemljom je 66 kv, sa ukupnom dužinom strujnog kola 13,973 km. Nivo naponske mreže je 30 kv sa ukupnom dužinom strujnog kola od 6,583km.<sup>36</sup>

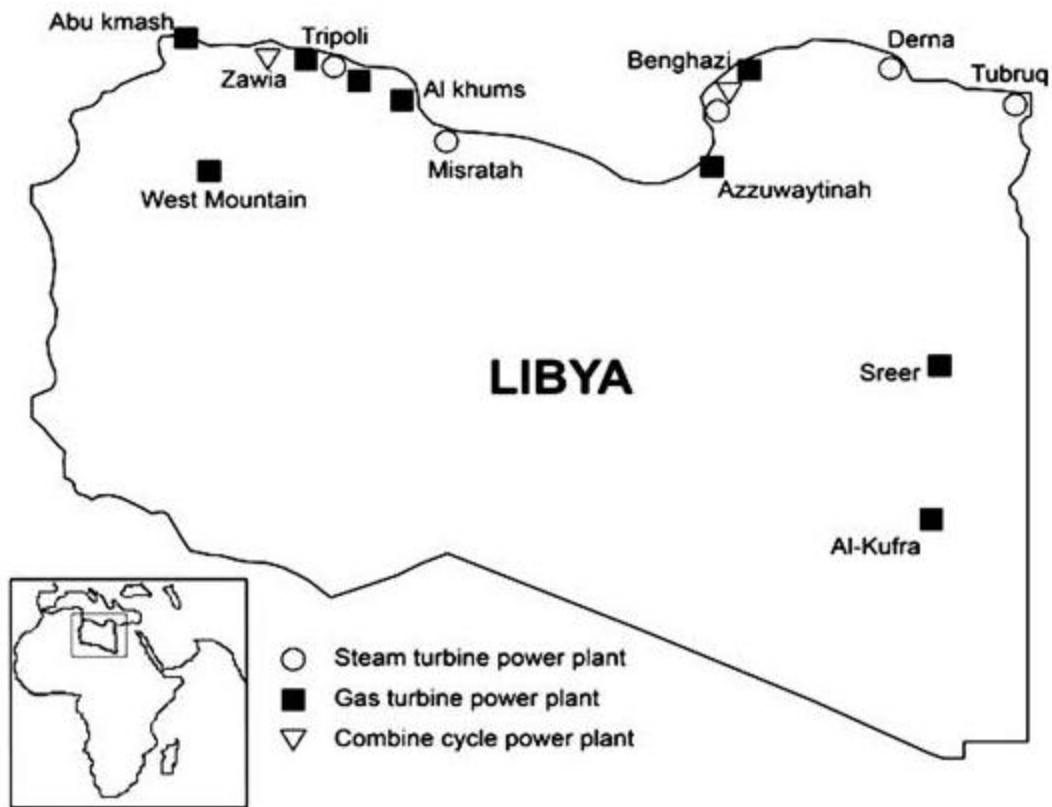


Slika2: Raspored elektrana u Libiji<sup>37</sup>

<sup>35</sup> Rajab Zakharia, (2018), A comparison between centralized PV power plants and fossil fuel plant in Libya, The 9th International Renewable Energy Congress (IREC 2018), dostupno na <https://www.researchgate.net/publication/322147695>

<sup>36</sup> Ibid

<sup>37</sup> Asheibi A.,Khalil Asharaf, (2013), The Renewable Energy in Libya: Present Difficulties and Remedies, World Congress on Renewable Energy, Australia



Slika 3: Instalirane elektrane na području Libije

Da bi se izašlo u susret potrebama za električnom energijom Libija je instalirala dvanaest elektrana kao što je prikazano. Ove elektrane su sposobne za snabdevanje 8.347 GW dok raspoloživi kapacitet iznosi 6,357 GW. U 2012. godini maksimalna tražnja je dostigla 5,8 GW u leto zbog prekomerne upotrebe klima uređaja.<sup>38</sup>

U Libiji svi zahtevi za električnom energijom obezbeđuju se od elektrana na fosilna goriva. Potražnja u Libiji raste brzo (oko 6% -8% godišnje). Da bi Libija zadovoljila svoje energetske potrebe, ona mora tražiti alternativne izvore energije. Stoga, kako bi se rešila ova energetska kriza, potrebna je upotreba drugačijeg oblika obnovljive energije za generisanje energije.

Tehnologija sunčeve energije se smatra značajnim neiskorišćenim potencijalom koji bi omogućio zemljama da ispune svoje sve veće energetske zahteve. Ukoliko je sunčeva energija

<sup>38</sup> Asheibi A., Khalil Asharaf, (2013), The Renewable Energy in Libya: Present Difficulties and Remedies, World Congress on Renewable Energy, Australia

pravilno iskorišćena, mogli bi zadovoljiti znatan deo potrošnje energije bez štetnih efekata na životnu sredinu.

Libija želi da obnovljivim izvorima energije da doprinos od 10 posto u ukupnoj proizvodnji energije do 2020. godine, a zvaničnici su predložili još veće ciljeve od 20 posto udeo solarne energije do 2020. godine. To je značajno, gledajući početnu tačku nultog procenta u 2012. godini, i ne mnogo bolje stanje u 2013. godini sa jedva 4 MW od instaliranog solarnog fotonaponskog sistema. U ovom trenutku, nafta se koristi za proizvodnju više od polovine potrebne energije nacije zajedno sa prirodnim gasom.

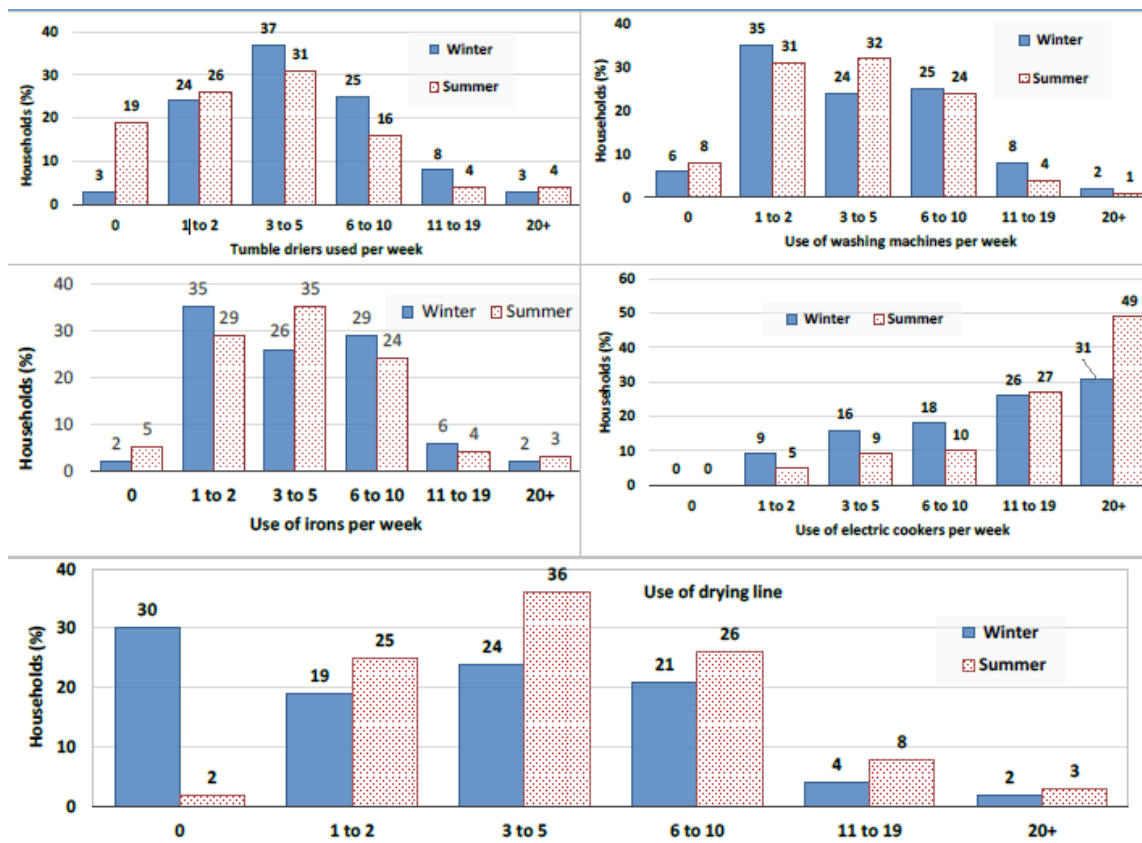
Deo libijske pustinje koji se koristi za solarnu energiju mogao bi napajati i veliki deo Evrope, što je, naravno, bila ključna tema Desertec Inicijative, po kojoj je u velikom delu Sahare planirana izgradnja masivnog infrastrukturnog projekta za prenos kako bi se generisana energija sprovela do energetske centara i zadovoljila deo energetske potreba u Evropi.<sup>39</sup>

Ipak, dobijanje energije iz obnovljivih izvora u Libiji je ozbiljno otežano, i zbog velikog oslanjanja na ugljovodonike, ali i zahvaljujući geopolitičkoj nestabilnosti, nedostatku investitora i kompanija koje su spremne da posluju tamo.

Ne postoji značajna varijansa u broju noćnih i dnevnih sati u Libiji tokom godine. Međutim, leto karakteriše topla temperatura i suvi vetrovi praćeni prašinom, dok se zimi smanjuje temperatura i moguća je kiša. Korišćenje mašina za sušenje veša u zimskom periodu je veće nego u leto, dok je u slučaju mašina za pranje velika potrošnja gotovo ista tokom cele godine. Učestalost upotrebe električnih šporeta nedeljno tokom leta je veća nego u zimskim mesecima, ali je upotreba pegle gotovo ista u obe sezone.

---

<sup>39</sup> Asheibi A., Khalil Asharaf, (2013), The Renewable Energy in Libya: Present Difficulties and Remedies, World Congress on Renewable Energy, Australia



Slika 4: korišćenje kućnih aparata na nedeljnom nivou u domaćinstvima u Libiji

Što se tiče potrošnje energije, najčešće korišteni kućni aparati su mašine za pranje veša, mašine za sušenje veša, električni štednjaci i pegle. Ovi uređaji mogu koristiti manje energije ako imaju bolje energetske rejtinge, kraće ili hladnije program pranja, smanjenu učestalost korištenja ili se koriste konopci za sušenje veša na suncu umesto mašina za sušenje, mada u periodima godine kada je povećano prisustvo peska i prašine njihova upotreba nije praktična.

## 2.Značaj solarne energije

### 2.1 Tehnologije korišćenja solarne energije

Upotreba solarne energije može biti višestruko korisna, iz razloga jer je u pitanju čist i pouzdan izvor energije, i iz ekonomskih razloga, usled rasta cena fosilnih goriva ali i zbog potrebe jačanja svesti o očuvanju životne sredine.

Proteklih decenija razvijene su tehnologije kojima se energija Sunca transformiše u električnu ili toplotnu energiju, i te tehnologije se danas koriste, sa značajno više angažovanja u ukupnoj proizvodnji energije. U ovom trenutku, mali procenat električne energije se proizvodi korišćenjem solarne energije, premda je instalisani kapacitet fotonaponskih elektrana napravio skok sa manje od 1000MW u 2000. godini na preko 70000 MW u 2012. godini, prema podacima Evropskog udruženja fotonaponske industrije.<sup>40</sup>

Mogućnosti primene solarnih sistema za obradu energije, ograničene su, periodom insolacije. Insolacija je količina energije koju prima Zemlja sunčevim zracima. Ta ukupna energija iznosi oko 175 milijardi MW, što premašuje snagu svih izgrađenih i postojećih elektrana na Zemlji za 100.000 puta.<sup>41</sup>

Aktivni solarni sistemi se, prema načinu konverzije Sunčevog zračenja mogu podeliti na dve grupe:

1. Sistemi kod kojih se energija Sunčevog zračenja direktno transformiše u električnu energiju (npr., foto-naponski sistemi), i
2. Sistemi kod kojih se Sunčevo zračenje direktno transformiše u toplotu, odnosno toplotni prijemnici Sunčeve energije.<sup>42</sup>

Direktno prikupljanje solarne energije može se vršiti preko:

1. fotonaponskih ćelija za dobijanje električne energije;
2. solarnih kolektora za grejanje vode (solarna energija), i
3. ogledala za fokusiranje sunčeve svetlosti (solarne energane).<sup>43</sup>

---

<sup>40</sup> Bošković et al., (2017), Solarni izvori energije u funkciji održivog razvoja, Ekonomija teorija i praksa, br.4

<sup>41</sup> Ionescu, Constantin, (2015), Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume: 49 Issue 1 ISSN: 1364-0321

<sup>42</sup> Kosorić, V. (2007). Aktivni solarni sistemi, Beograd, Građevinska knjiga; 12(2), 21-23



Električna energija se proizvodi iz Sunca na dva načina: posredno, preko toplotnog kružnog procesa i direktno, korišćenjem foto-efekta. Za drugi pristup postoji veći podsticaj i brže se razvija, dok za prvi važi odlika ekonomičnosti. Fotonaponsko korišćenje Sunčeve energije ima ekspanzionalni rast od 40% godišnje i time predstavlja trenutno najbrže rastući izvor. Trenutno, najveći proizvođači fotonaponskih ćelija su Japan (Sharp, Kyocera), Evropa (Q-Cells), Kina i SAD.

Da bi se propustilo što više svetlosti, gornja strana solarne ćelije opremljena je antirefleksnim slojem i metalnim kontaktima nalik češlju. Na ćeliji debljine 0,3-0,4mm, veličine 10x10cm po osvetljavanju, nastaje napon od oko 0.5W na spoljnim, metalnim kontaktima. Različitim vezivanjem solarnih ćelija dobijaju se različiti naponi i snage. Odnos proizvedene električne snage i snage kojom Sunce zrači na solarnu ćeliju naziva se stepen korisnog dejstva i u zavisnosti od tipa izrade iznosi 12-18%.

Tipovi solarnih ćelija su:

- monokristalne;
- polikristalne i
- ćelije za male snage amorfne (nekrystalnog) Si (silicijuma).<sup>44</sup>

Monokristalne ćelije imaju najbolju čistoću pa je i stepen iskorišćenja procentualno veći. Napon na krajevima ćelija nije konstantan, već zavisi od količine svetlosti koja pada na ćeliju. Monokristalni moduli imaju veći stepen iskorišćenja, ali su i skuplji. Treba pažljivo birati, pošto dobri polikristalni moduli mogu imati bolji stepen iskorišćenja od "slabijih" monokristalnih. Zato je potrebno, za svaki objekat i zahtev investitora posebno odabrati najoptimalniji fotonaponski (FN) modul.

Pored toga, na napon utiču promena temperature okoline, kao i same ćelije. Sa povećanjem temperature napon opada i obratno. U neopterećenom stanju solarne ćelije, podešava se napon praznog hoda  $U_L$ , a u Maximum Power Point stanju (MPP) dobija se napon ćelije UMPP. Snaga solarne ćelije dobija se proizvodom napona ćelije UMPP i struje solarne ćelije IMPP i izražava se jedinicom  $W_p$  (Watt/peak (maksimalna snaga)).<sup>45</sup>

---

<sup>43</sup> Obnovljivi izvori energije dostupno na <http://obnovljiviizvorienenergije.rs/energija-sunca/fotovoltaik/>.

<sup>44</sup> Ibid

<sup>45</sup> Ibid

Teorijsko iskorišćavanje Sunčeve svetlosti za proizvodnju električne energije u fotonaponskoj ćeliji sa jednim p-n slojem, ograničeno je energijom praga kristala kao i nizom efekata u kojima dolazi do gubitka energije. Konkretno, od teorijskog maksimuma za silicijum, koji iznosi 28%, u laboratoriji na 0°C, ostvaruje se 25%.

Solarni kolektor konstruiše se i postavlja sa namenom da kasnije pretvori sunčevu svetlost u toplotnu energiju. Osnova kolektora jeste crni apsorber koji se greje tokom vremena izlaganja Suncu. Sastoji se od sistema cevi, kojima se odvodi stvorena toplota. Međutim, s obzirom da nije moguće svu toplotu odvesti putem odgovarajućih medija, nastaju toplotni gubici:

- a) toplotnim strujanjem ili konvekcijom;
- b) provođenjem toplote ili
- c) isijavanjem toplote.

Minimiziranje toplotnih gubitaka obezbeđuje se postavljanjem određene toplotne izolacije. Na primer, na prednjoj strani kolektora bi to bio transparentni pokrov, sa zadnje strane toplotna izolacija, a takođe i vakuum može biti toplotni izolator.

Graditeljstvo, u uslovima održivog razvoja ima izuzetan značaj, s obzirom da zgrade predstavljaju velike potrošače energije, sa prosečnim učešćem od oko 50% ukupne potrošnje energije u svetu. Održivo graditeljstvo, tj. arhitektura je pokret koji teži da stvori energetske efikasnije zgrade, prijateljski naklonjene prema okruženju, ali i efikasno upravljanje prirodnim resursima. To podrazumeva pasivne i aktivne principe korišćenja solarne energije, ali i upotrebu ekološki ispravnih materijala.<sup>46</sup>

Solarne termalne energane su izvori električne struje dobijene pretvaranjem Sunčeve energije u toplotnu. Pošto nemaju štetnih produkata prilikom proizvodnje električne energije, a efikasnost im je velika (20 do 40%), predviđa se njihova široka upotreba. S obzirom da je količina energije koja pada na površinu zemlje izuzetno velika, izgradnjom takvih elektrana, na sunčanim područjima, energijom bi se moglo snabdevati veliki broj potrošača. Termoelektrane koje koriste Sunčevu energiju suštinski se ne razlikuju od ostalih termoelektrana u delu koji se tiče pretvaranja toplotne energije u električnu. Uvek se primenjuje desnokretni toplotni kružni proces koji preko turbine ili nekog drugog toplotnog mehanizma pretvara toplotnu energiju i mehaničku i električnu preko generatora.

---

<sup>46</sup> Kosorić, V. (2008). Ekološka kuća, Beograd, Građevinska knjiga

Treba pomenuti da su monitoring i kontrola rada solarnih energana od izuzetne važnosti prilikom korišćenja ovih sistema za proizvodnju električne energije.

Generalno, postoje tri različita rešenja solarnih termoelektrana:

- parabolični kolektor,
- solarni toranj i
- parabolični tanjir.<sup>47</sup>

Zajednička karakteristika sva tri tipa jeste da direktno koriste Sunčevu energiju ali i za potpunu efikasnost potrebno ja da isprate kretanje Sunca. Pored navedenih primera, treba pomenuti i solarni dimnjak koji se bazira na solarnim kolektorima i zračnim turboagregatima. U tom smislu, postoje eksperimentalna rešenja, ali se do sada pokazalo da imaju manji potencijal od solarnih termoelektrana (oko 200m<sup>2</sup> za proizvodnju 1 kWe).

Efikasnost PV elektrana najviše zavisi od efikasnosti PV modula (15-20%), a manje od efikasnosti invertora (>95%) i gubitaka u ostalim električnim elementima. Efikasnost solarne ćelije (a samim tim i PV modula) je jako zavisna od temperature. Deklarisana efikasnost modula je data za temperaturu od 25 °C (ovo je temperatura PV modula, a ne ambijentalna temperatura). Očigledno je da je pri nižim temperaturama efikasnost PV modula približna deklarisanjoj, međutim pri visokim temperaturama (posebno u letnjim periodima), efikasnost PV modula se može znatno smanjiti. Smanjenje u efikasnosti je oko 0.5% za svaki stepen °C veći od 25 °C.<sup>48</sup> Temperatura modula tokom letnjeg dana može biti i 20-40 °C veća od ambijentalne temperature vazduha na suncu, tako da snaga koju PV elektrana proizvodi može biti i do 30% manja od nominalne.<sup>49</sup>

Energija koju solarne elektrane proizvedu najviše zavisi od solarnog potencijala, odnosno od nivoa iradijacije. Lokacija sa većim nivoom zračenja će imati veći faktor kapaciteta (eng. Capacity Factor – CF) i obrnuto. Faktor kapaciteta (CF) se najčešće koristi da opiše koliko električne energije određena elektrana proizvodi u odnosu na njenu nominalnu snagu. Definisano

---

<sup>47</sup> Mitrovic, Milos & Martinovc, Tomo & Vukojevic, Goran. (2015). Razlicite tehnologije solarnih elektrana i mogucnost njihove primene u Srbiji.dostupno na [https://www.researchgate.net/publication/283044819\\_Razlicite\\_tehnologije\\_solarnih\\_elektrana\\_i\\_mogucnost\\_njihove\\_primene\\_u\\_Srbiji](https://www.researchgate.net/publication/283044819_Razlicite_tehnologije_solarnih_elektrana_i_mogucnost_njihove_primene_u_Srbiji)

<sup>48</sup> Masters Gilbert M., (2004), Renewable and Efficient Electric Power Systems , John Wiley & Sons.

<sup>49</sup> Mitrovic, Milos & Martinovc, Tomo & Vukojevic, Goran. (2015). Razlicite tehnologije solarnih elektrana i mogucnost njihove primene u Srbiji.dostupno na [https://www.researchgate.net/publication/283044819\\_Razlicite\\_tehnologije\\_solarnih\\_elektrana\\_i\\_mogucnost\\_njihove\\_primene\\_u\\_Srbiji](https://www.researchgate.net/publication/283044819_Razlicite_tehnologije_solarnih_elektrana_i_mogucnost_njihove_primene_u_Srbiji)

je kao odnos ukupne proizvedene električne energije tokom određenog vremenskog perioda (najčešće godinu dana), i električne energije koja je mogla da se proizvede ako bi elektrana radila sa punom snagom tokom tog vremenskog perioda.<sup>50</sup>

Velike PV elektrane nemaju sisteme za skladištenje energije (baterije) i zbog toga proizvode električnu energiju samo u direktnom kontaktu sa sunčevim zračenjem. Zbog toga njihova proizvodnja nije u potpunosti predvidljiva. Iako se predviđanje proizvodnje za PV elektrane može sa prihvatljivom sigurnošću odrediti i do nekoliko dana unapred, može se desiti da se u toku vedrih dana, na kratko (period od nekoliko desetina minuta) pojavi oblak koji će zasenčiti celu elektranu i spustiti njenu snagu sa vrednosti sa kojom je prvobitno radila (može biti bliska nominalnoj) na vrlo malu vrednost. U slučaju velikih PV elektrana (50-100 MW) ovo može biti veliki udar na EES. Na slobodnom tržištu, proizvođači će morati da predvide proizvodnju svoje elektrane unapred, i ukoliko dođe do velikih razlika između stvarne i predviđene proizvodnje, može doći do gubitka prihoda.<sup>51</sup>

## **2.2 Mogućnosti korišćenja solarne energije u industriji**

Solarne tehnologije tek očekuje rast u 21 veku. Sve više i više arhitekta i preduzimača prepoznaju vrednost pasivne solarne energije i uče kako efikasno da je primene prilikom dizajniranja objekata. Solarni sistemi za grejanje vode su ekonomski konkurentni konvencionalnim sistemima, a eventualne poreske olakšice koje neke države daju ih čine još pristupačnijim. A kako cene solarnih panela nastavljaju da padaju, ugradnja solarnih panela na većim projektima se tek očekuje. Agresivna finansijska inicijativa u Nemačkoj i Japanu načinila je ove države globalnim liderima u primeni solarne energije.

Kako solarna industrija nastavlja da raste, biće povremenih uspona i padova. Na primer, tokom 2007-me i 2008-me godine, potrebe za proizvodnjom kvalitetnog silicijuma dovela je to kratke nestašice istog što je dovelo do privremenog rasta cena solarnih panela. Takođe, postojali su i manji problemi za mrežno povezane solarne sisteme oko povezivanja na elektrodistributivnu

---

<sup>50</sup> Mitrovic, Milos & Martinovc, Tomo & Vukojevic, Goran. (2015). Razlicite tehnologije solarnih elektrana i mogucnost njihove primene u Srbiji.dostupno na [https://www.researchgate.net/publication/283044819\\_Razlicite\\_tehnologije\\_solarnih\\_elektrana\\_i\\_mogucnost\\_njihove\\_primene\\_u\\_Srbiji](https://www.researchgate.net/publication/283044819_Razlicite_tehnologije_solarnih_elektrana_i_mogucnost_njihove_primene_u_Srbiji)

<sup>51</sup> Ibid

mrežu. Ali svi ovi problemi su rešivi, i solarna energija bi mogla igrati veću ulogu u ukupnoj proizvodnji električne energije i većoj energetskej nezavisnosti.

UTES tehnologije za grejanje i hlađenje prostora u Libiji, imaju uspešnu implementaciju u Severnoj Africi. Podzemno skladištenje toplotne energije (UTES) je tehnologija u čije sprovođenje bi se angažovale lokalne firme i radnici. Prirodni sistem za hlađenje i grejanje sa veoma niskim troškovima rada i aktivnim sezonskim skladištenjem toplotne energije pomoglo bi preusmeravanju ekonomskih resursa u druge važne oblasti.<sup>52</sup>

U Evropi, Severnoj Africi i Bliskom Istoku, koncentrisana solarna energija (CSP), je komercijalno dostupna tehnologija koja koristi direktnu sunčevu svetlost i ogledala za zagrevanje vode i pokretanje konvencionalnih parnih turbina. Proizvodnja solarne toplotne energije u Severnoj Africi i na Bliskom istoku mogla bi da obezbedi dovoljno energije Evropi da zadovolji potrebe 35 miliona ljudi do 2020. godine. Mogućnosti MENA regije za primenu CSP-a nisu iskorišćene ni delimično a mogu da reše veliki energetski problem. Pitanje nije da li je CSP izvodljiv, nego da li će programi poput MENA inicijative biti operativni na vreme kako bi se sprečile katastrofalne klimatske promene. Za takve programe koji predstavljaju revoluciju u masovnoj upotrebi obnovljivih izvora energije, napor za donošenje plana za obezbeđenje stabilnog finansiranja projekata trebalo bi odmah da počnu.<sup>53</sup>

### **2.3 Mogućnosti korišćenja solarne energije u domaćinstvu**

U stambenim objektima koriste se dva tipa solarno toplotnih energetskih sistema (tzv. kombinovani sistemi): koji se koriste isključivo za zagrevanje vode i koji uz to obezbeđuju i grejanje. Solarno toplotni energetski sistemi za zagrevanje vode dizajnirani su tako da u toplijem delu godine funkcionišu samo u cilju zagrevanja vode, dok u hladnijim mesecima toplu vodu obezbeđuju bojleri koji rade na neki drugi pogon – naftu, gas ili drvo, dok je tokom sunčanih dana solarni toplotni energetski sistem aktivan.

Faktički, 60% potrebne tople vode se godišnje može pokriti solarnim toplotnim energetskim sistemima. Kod solarnih kombinovanih sistema kolektori imaju veću površinu i

---

<sup>52</sup> Grein, M., B. Nordell, & A. M. Almathnani. (2006) . UTES Potential for Space Heating and Cooling in Libya. In The Tenth International Conference on Thermal Energy Storage. May 31 –June 2

<sup>53</sup> Wheeler, Kevin Ummel & David. (2008). The Economics of Solar Thermal Electricity for Europe, North Africa, and the Middle East. Renewable Energy

pomažu u grejanju zgrada tokom jesenjih i prolećnih meseci. Solarna energija, na taj način, može da obezbedi 10 do 30% ukupne energetske potrebe zgrade, u zavisnosti od toga koliko je dobro izolovana i koliki je zahtevani stepen zagrevanja

Takozvana pasivna solarna energija može da odigra značajnu ulogu u smanjenju potrošnje električne energije u privatnim i javnim zgradama, iz razloga što njihova arhitektura uzima u obzir razliku kretanja toplote, tako da same zgrade postaju sakupljači solarne energije, upijači toplote i sistemi za distribuciju toplote. Pasivni solarni projekti mogu značajno da smanje potražnju energije u zgradi; u određenim slučajevima, u kombinaciji sa solarnim fotonaponskim pločama, rezultat može biti i zgrada sa nultom potražnjom energije.<sup>54</sup>

Postoje i specijalne solarne kuće koje dobijaju 50 do 100% ukupnog grejanja od solarne toplotne energije. Solarno toplotni energetski sistem za zagrevanje vode u kući podrazumeva:

1. kolektor
2. solarni rezervoar
3. bojler
4. solarnu stanicu
5. potrošača tople vode (npr. tuš)

Aktivni sistemi za iskorišćavanje solarne energije koriste dodatne uređaje i dodatne izvore energije za pokretanje ventilatora, pumpi ili ostale opreme neophodne da bi se solarna energija sakupila, sačuvala i konvertovala u toplotnu ili električnu energiju. Kada se solarna energija apsorbuje, skladišti se za kasniju upotrebu. Manji solarni sistemi mogu snabdevati domaćinstvo strujom i toplom vodom, dok se veći solarni sistemi mogu koristiti za snabdevanje strujom i toplom vodom čitavih gradova.<sup>55</sup>

Aktivni sistemi su dosta kompleksniji kada je način funkcionisanja u pitanju od pasivnih, ali njihova instalacija i primena je jednostavna i visoko pouzdana. U aktivnim solarnim sistemima se koriste solarni paneli i solarni kolektori. Solarni paneli se koriste za proizvodnju struje a solarni kolektori za grejanje vode. Upotrebom solarnih panela je moguće dobiti i struju ali se to radi samo u velikim elektranama a ne u domaćinstvima, jer je neophodna velika snaga

---

<sup>54</sup> Gor, A. (2010). Naš izbor, Beograd, Geopoetika

<sup>55</sup> Ibid

kolektora koja će vodu zagrijati i pretvoriti u vodenu paru a zatim se od vodene pare dobija struja.<sup>56</sup>

Toplotni kolektori se, prema tipu fluida koji cirkuliše kroz njih, dele na kolektore sa tečnim fluidom i one sa vazduhom, a prema opsegu radnih temperatura na niskotemperaturne (ravni kolektori i kolektori sa vakuumskim cevima) i kolektore sa koncentrisanjem sunčevog zračenja (srednjetemperaturne i visokotemperaturne).<sup>57</sup>

Klasični, ravni kolektori su najpovoljniji zbog cene i zbog jednostavne konstrukcije, ali u hladnijim periodima godine imaju manju efikasnost zbog toplotnih gubitaka. Za takve periode korisniji su vakuumski kolektori koji se sastoje od vakuumskih staklenih cevi u kojima je smeštena apsorbciona površina. Budući da su vakuumski kolektori skuplji od ravnih, preporučuju se za stambene objekte u kojima se redovno boravi. Za objekte u primorskim mestima ili one koji se koriste pretežno leti, preporučuju se klasični ravni kolektori. Ovi kolektori proizvode niže temperature i manje električne energije, dok vakuumski imaju specijalna koncentrujuća ogledala, zbog čega su i efikasniji.<sup>58</sup>

Korišćenje solarne energije u kućama i stanovima je u porastu. Mnogo se ulaže u inovativne projekte koji bi omogućili maksimalnu energetska efikasnost u budućnosti. Heliotrop je jedan od takvih projekata i predstavlja arhitektonsko remek-delo koje koristi najsavremenija naučna znanja u svrhu zaštite sredine i osnaživanja ekonomije. Energija koju kolektori ugrađeni u kuću skupe, koristi se za struju, grejanje i toplu vodu. Kuća se okreće oko svoje ose kako bi pratila Sunce i sakupila što više energije. U zavisnosti od doba godine, heliotrop proizvodi od 4 do 6 puta više energije nego što troši.

Strategije za pasivno grejanje i hlađenje za Libiju mogu pružiti termičku udobnost u zatvorenim prostorima i u severnim i južnim regionima Libije, skoro cele godine. Aktivno sunčevo ili konvencionalno grejanje na severu i solarno ili konvencionalno hlađenje na jugu neće biti potrebno ako se implementiraju odgovarajuće pasivne strategije.

---

<sup>56</sup> Lambić M., (2013), Solarne tehnologije - toplotni i fotoelektrični sistemi, AGM knjiga

<sup>57</sup> Srejić M., (2015), Mogućnost uštede električne energije korišćenjem solarne tehnike za zagrevanje tople vode u domaćinstvu, VI konferencija studenata industrijskog inženjerstva imenadžmenta, Bor

<sup>58</sup> Srejić M., (2015), Mogućnost uštede električne energije korišćenjem solarne tehnike za zagrevanje tople vode u domaćinstvu, VI konferencija studenata industrijskog inženjerstva imenadžmenta, Bor



Slika 5: Heliotrop<sup>59</sup>

Projekat Window Socket, odnosno prozorska utičnica je utičnica jednostavnog dizajna, a unutar koje se nalazi mali fotonaponski panel koji apsolutno opravdava svoju svrhu. Kako bi napunili neki od uređaja koji se svakodnevno koriste dovoljno je utičnicu zalepiti za prozor uz pomoć prijanjajuće kapice. Ugrađene solarne ćelije proizvode električnu energiju koja se skladišti u bateriji koja se nalazi u utičnici. Utičnicu samo treba zalepiti na prozor okrenut prema Suncu. Punjenje traje od 5 do 8 sati, nakon čega ima vek trajanja od 10 sati. Na nju se može prikačiti mobilni telefon, laptop ili neki drugi uređaj za vreme dok se korisnik nalazi van svog

---

<sup>59</sup> [http://www.architec24.de/projekte.html?user\\_projekte\\_pi1\[projektID\]=89&user\\_projekte\\_pi1\[VIEW\]=SINGLE&cHash=bd7519b0fd770ecb70847f441d5c9f68](http://www.architec24.de/projekte.html?user_projekte_pi1[projektID]=89&user_projekte_pi1[VIEW]=SINGLE&cHash=bd7519b0fd770ecb70847f441d5c9f68)



doma ili jednostavno u blizini nema klasičnu utičnicu. Iako je javnost oduševljena, proizvod još uvijek nije krenuo u masovnu proizvodnju.<sup>60</sup>

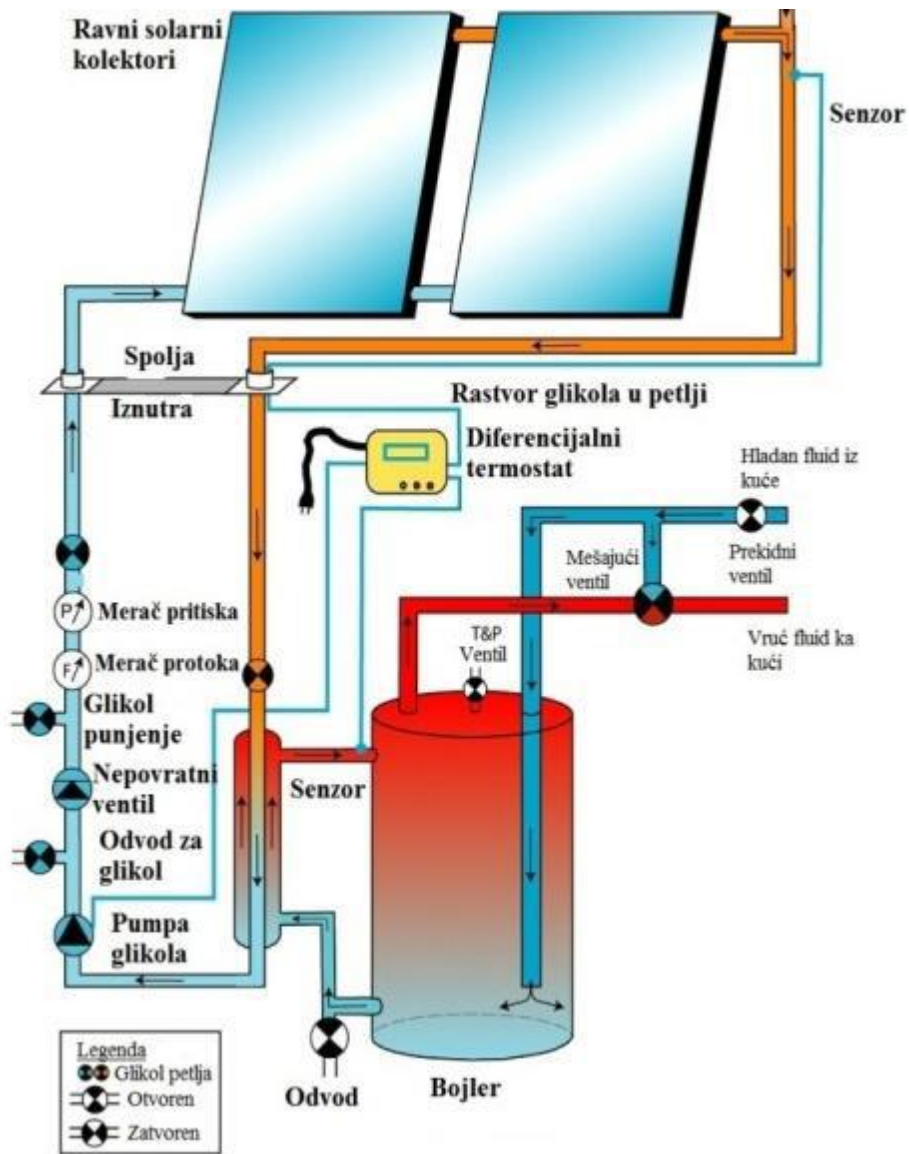


Slika 6: Prototip solarne utičnice<sup>61</sup>

---

<sup>60</sup> Solar powered window socket, dostupno na <http://www.blessthisstuff.com/stuff/technology/misc-gadgets/solar-powered-window-socket/>

<sup>61</sup> Ibid



Slika 7 : Postrojenje za solarno zagrevanje vode

Za kućne Solarne elektro sisteme, najčešći dizajn mreže koristi ravne PV module ili ploče. Ovi paneli mogu biti fiksirani ili sa mogućnošću da prate kretanje sunca. Najjednostavniji PV sistem se sastoji od PV ravnih ploča u fiksnom položaju. Ovo su neke prednosti fiksnih nizova:

- Nema pokretnih delova,
- Nema potrebe za dodatnom opremom,
- Lagana konstrukcija.<sup>62</sup>

Ove karakteristike čine ih pogodnim za mnoge lokacije, uključujući i većinu stambenih krovova. Pošto su paneli fiksirani na mestu, njihova orijentacija prema suncu je uglavnom pod uglom koji je manji od optimalnog. Zbog toga se prikuplja manje energije po jediničnoj površini polja u poređenju sa onim iz niza praćenja. Ovaj nedostatak, međutim, mora biti uravnotežen u odnosu na veću cenu sistema za praćenje.<sup>63</sup>

Solarni nizovi su dizajnirani da obezbede određene količine električne energije pod određenim uslovima. Sledeći faktori se obično razmatraju prilikom određivanja energetske performanse polja:

- Karakterizacija električnih performansi solarne ćelije;
- Određivanje faktora degradacije u vezi sa projektovanjem i montažom niza;
- Pretvaranje okolnih uslova u radnu temperaturu solarnih ćelija;
- Izračunavanje moguće izlazne snage polja.<sup>64</sup>

Količina potrebne električne energije može se definisati bilo kojim ili kombinacijom sledećih kriterijuma performansi:

- Izlazna snaga - snaga dostupna na regulatoru snage, naznačena ili kao maksimalna snaga ili prosečna snaga proizvedena tokom jednog dana;
- Izlazna snaga - količina energije (Vat čas ili Wh) proizvedena tokom određenog vremenskog perioda. Parametri su izlazi po jedinici površine polja ( $\text{Wh} / \text{m}^2$ ), izlaza po jedinici mase niza ( $\text{Wh} / \text{kg}$ ) i izlaza po jedinici troškova nizova ( $\text{Wh} / \$$ )

---

<sup>62</sup> U.S. Department of Energy, (2016), Small Solar Electric Systems, dostupno na <http://energy.gov/energysaver/small-solar-electric-systems>

<sup>63</sup> Ibid

<sup>64</sup> Ibid

- Preračunavanje Efikasnosti - definisano kao "izlazna energija iz polja" podeljeno sa "ulazna energija od Sunca"  $\times 100\%$ .<sup>65</sup>

$$\eta_e = E_f / E_s * 100\% ,$$

Gde je:

$\eta_e$  – energetska efikasnost solarnog polja,

$E_f$  – izlazna energija solarnog polja

$E_s$  – ulazna solarna energija

Snaga se obično daje u jedinicama Watts (W), a energija je tipično u jedinicama Wh, ili snage u Wat-ima snabdevane tokom jednog sata.

Što se tiče efikasnosti konverzije i troškova modula, 2012. godina je bila dobra godina za solarne PV instalatere, distributere i potrošače, ali proizvođači modula i ćelija su se trudili da prežive, a kamoli da ostvaruju profit sa viškom proizvodnih kapaciteta i snabdevanjem koje su, uz ekstremnu konkurenciju, u 2012. dovelo do daljeg pada cena, što je donelo manje marže za proizvođače i podstaklo nastavak konsolidacije industrije. Niske cene su izazvale i mnoge kompanije za proizvodni program ćelija sa tankim filmom i koncentrovane solarne industrije, koje se bore za tržište. U 2012. godini prosečna cena solventnih modula kristalnog silicijuma pala je za više od 30%, dok su cene tankih filmova padale za oko 20%. Troškovi instaliranih sistema takođe padaju, iako ne tako brzo i sa značajnom varijacijom sa jedne lokacije na drugu.<sup>66</sup>

### **3. Potencijal Libije u primeni solarne energije**

#### **3.1 Primena solarne energije u dostizanju održivog razvoja**

Održivi razvoj je razvoj koji traje, jer pored ekonomske komponente postoje i društvene i ekološke komponente. Tako da održivi razvoj mora biti proaktivna strategija za razvoj održivosti. Održivi razvoj mora zadovoljiti "potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja sposobnosti

<sup>65</sup> U.S. Department of Energy, (2016), Small Solar Electric Systems, dostupno na <http://energy.gov/energysaver/small-solar-electric-systems>

<sup>66</sup> REN21, (2015), Renewable 2015 Global Status Report.

budućih generacija da zadovolje svoje potrebe"<sup>67</sup>. Održivi razvoj zahteva mobilizaciju vlada, privatnog sektora i opšte javnosti prema održivim zajednicama. I "održivi razvoj u gradu je na kraju kulturna izjava o sebi, kako želimo da živimo i našu sposobnost da upravljamo našim potrebama, željama i snagama na način koji je efikasan i brižan"<sup>68</sup>.

Jedna od često korišćenih definicija održivog razvoja utvrđena u Izjavi o politici ASCE-a 418, tvrdi da je "održivi razvoj izazov zadovoljavanja ljudskih potreba za prirodnim resursima, industrijskim proizvodima, energijom, hranom, transportom, skloništem i efikasno upravljanje otpadom, uz očuvanje i zaštitu životne sredine kvaliteta i osnove prirodnih resursa neophodnih za budući razvoj "<sup>69</sup>

Ekonomski razvoj vodi u održivost ako je decentralizovan, pažljivo planiran, osetljiv na okolinu i fokusiran na stvaranje radnih mesta i poboljšanje kvaliteta života. Sveobuhvatan, integrisani i strateški pristup koji kombinuje ulogu lokalne vlasti kao pružaoca usluga, njenih regulatornih i zakonodavnih ovlašćenja i njenih unutrašnjih ekonomskih politika može imati izuzetno pozitivan uticaj na pokretanje ekonomskih aktivnosti i razvoj ka poboljšanju socio-ekonomskog kvaliteta i postizanju održivosti<sup>70</sup>.

Tri ključna elementa održivog razvoja su:

1. Ekološka razmatranja koja treba utvrditi u izradi ekonomske politike;
2. Održivi razvoj mora uključiti neizbežnu posvećenost socijalnoj jednakosti;
3. "Razvoj" ne sme prosto značiti "rast". On mora podrazumevati kvalitativno i kvantitativno poboljšanje<sup>71</sup>;

Održivi razvoj mora biti proaktivna strategija za razvoj održivosti. Njene koristi moraju trajati u sledećoj generaciji, a i šire<sup>72</sup>. Održiva zajednica može se definisati kao zajednica koja održava i unapređuje svoje ekološke, socijalne, kulturne i ekonomske resurse na takav način koji

---

<sup>67</sup>UN, (1987), World Commission on Environment and Development, Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future available at <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

<sup>68</sup>UN, (1992), Environmental Issues of the UN Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro

<sup>69</sup>ASCE Policy Statement 418 at <http://www.asce.org>

<sup>70</sup>Elesawi A., et al. (2016), Work development in environmentally sustainable projects, [http://www.esd-conference.com/upload/book\\_of\\_proceedings/esd\\_Book\\_of\\_Proceedings\\_Belgrade\\_2016\\_Online.pdf](http://www.esd-conference.com/upload/book_of_proceedings/esd_Book_of_Proceedings_Belgrade_2016_Online.pdf)

<sup>71</sup>IBID

<sup>72</sup><http://www.bvsde.paho.org>

podržava trenutne i buduće članove zajednice u ostvarivanju zdravog, produktivnog i sretnog života<sup>73</sup>.

Postoje izazovi zbog negativnih efekata zagađenja životne sredine, iscrpljivanja resursa, brzog porasta broja stanovnika i oštećenja ekosistema. Čist i ekološki prihvatljiv pristup nije dovoljan i sve više se zahteva od inženjera da preuzmu šire perspektive, uključujući smanjenje siromaštva, socijalnu pravdu i lokalne i globalne veze. Globalizacija donosi važne mogućnosti inženjera da promovišu promene kroz razmenu iskustava i dobre prakse. Ne treba potcenjivati liderstvo i uticajnu ulogu inženjera u postizanju održivosti. Glavni cilj održivog razvoja je omogućiti ljudima širom sveta da se upoznaju i zadovolje svoje osnovne potrebe i uživaju poboljšani i bolji kvalitet života bez ugrožavanja kvaliteta života budućih generacija<sup>74</sup>.

Održivi razvoj stoji na dva koncepta, potreba i ograničenja koje nameće stanje tehnologije i sadašnjih i budućih zahteva<sup>75</sup>.

### **3.2 Nacionalni akcioni plan za primenu obnovljivih izvora energije NEEAP**

Libija je zemlja koja se suočava sa istim problemima sa kojima se suočavaju mnoge druge zemlje u razvoju, na primer, sukob interesa između ekonomskog rasta i očuvanja životne sredine. Međutim, ona je priznala i prepoznala koncept održivog razvoja, kao sastavni deo procesa razvoja i obnove, kao i njegovu politiku, njegovu viziju, misiju i planove.<sup>76</sup>

Libija je takođe veoma agilna u međunarodnim aktivnostima oko održivosti koje se ogledaju kroz učešće u 13. sednici Komisije za održivi razvoj pri Ujedinjenim nacijama u 2007. Libija takođe treba da prihvati usvoji i uključi principe Agende 21 o održivom razvoju kao jedan od važnih dokumenata u procesu planiranja održivog razvoja. Sledeći odeljci će istražiti neke od indikatora održivog razvoja u Libiji.<sup>77</sup>

---

<sup>73</sup>Working definition of the Nova Scotia Government's Provincial Community Development Policy Initiative © Crown copyright, Province of Nova Scotia, 2003

<sup>74</sup>The UK Government Sustainable Development Strategy: Securing the Future delivering the UK sustainable development strategy, March 2005, <http://www.defra.gov.uk/>

<sup>75</sup>IBID

<sup>76</sup> International Engineering Research and Innovation Symposium (IRIS) IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 160(2016) 012045 doi:10.1088/1757-899X/160/1/012045

<sup>77</sup> Ibid

Iako je Libija preduzela nekoliko inicijativa u razvoju procesa i planova državne politike održivog razvoja zemlje, još uvek postoji neke slabosti koje se mogu naći u oblasti održivog razvoja. Ovo se odnosi na odsustvo sveobuhvatnog okvira ili pristupa i nedostatka indikatora održivog razvoja. Ovaj nedostatak ukazuje na očigledne nedostatke održivog razvoja, što čini tumačenje Indikatora održivog razvoja izazovnim procesom.<sup>78</sup>

Nacionalni akcioni plan za energetska efikasnost (NEEAP) predstavlja strateški okvir za nacionalni plan koji pomaže arapskim zemljama da primenjuju ciljeve energetske efikasnosti. Od početka inicijative u 2010. godini, RCREEE je bio glavni koji je pomogao zemljama da primenjuju ovu viziju. Cilj ove smernice je podsticanje i poboljšanje racionalizacije potrošnje električne energije i potrošnje kod krajnjih korisnika u arapskim zemljama. Smernice se mogu primeniti na snabdevače energije, distributere, krajnje korisnike energije. RCREEE je dobila mandat od strane Arapskog ministarskog saveta za električnu energiju za praćenje napretka NEEAP-a, i ima obavezu objavljivanja godišnjih izveštaja.<sup>79</sup>

Smernice sugerišu indikativne ciljeve, mehanizme, podsticaje, institucionalne okvire i finansijske i pravne mere potrebne za uklanjanje barijera i mana na nacionalnim tržištima. Takođe savetuje odgovarajuće uslove za razvoj i promociju tržišta energetske usluga namenjenih krajnjim korisnicima električne energije. Smernice pomažu vladama da postavljaju strateške šestogodišnje planove za dve faze od tri godine za energetska efikasnost i postavljaju smernice za praćenje napretka. RCREEE sprovodi različite regionalne i nacionalne radionice i obuke za edukaciju država članica o korištenju i primeni smernica i deljenju uspešnih priča i najboljih praksi u zemljama.

Ključni rezultati:

- 6 država članica su proglasile svoje inicijative u NEEAP-a
- 11 državnih službenika zemalja članica je učestvovalo u planiranju obuke za energetska efikasnost
- 4 države članice su politički podržale inicijative NEEAP-a u kojima su 2 imale koristi od direktne podrške RCREEE-a

---

<sup>78</sup> Ibid

<sup>79</sup> RCREEE Country Profile Renewable Energy in Libya, (2012), dostupno na [http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE\\_CountryProfile\\_RE\\_2012\\_EN\\_Libya.pdf](http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE_CountryProfile_RE_2012_EN_Libya.pdf)

- 500 miliona evra su ukupna nacionalna sredstva namenjena implementaciji sistema za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora u naredne 3 godine kao rezultat inicijativa NEEAP-a.

Nacionalni akcioni plan za energetska efikasnost (NEEAP) je inicijativa koja je započela 2010. godine kako bi se obezbedio strateški okvir za nacionalni plan koji pomaže vladama u arapskim zemljama da primenjuju svoje dugoročne ciljeve energetske efikasnosti. Inicijativa prvenstveno ima za cilj povećanje i promovisanje praksi i mera energetske efikasnosti u arapskim zemljama kroz pružanje standardnog akcionog plana prilagođenog regionu. Ova inicijativa je rezultat saradnje energetskog sektora u okviru Lige arapskih država (LAS), Regionalnog centra za obnovljive izvore energije i energetske efikasnosti (RCREEE) i regionalnih projekata finansiranih iz EU: MED-EMIP i MED-ENEC<sup>80</sup>

Iz iskustva stečenog u primeni sistema koji koriste solarne ćelije u proizvodnji energije tzv. direktnim metodom, predložen je plan za nacionalnu strategiju za obnovljive izvore energije. Plan ima za cilj da uvođenjem obnovljive energije u glavni tok nacionalnog sistema snabdevanja energijom, dostigne cilj od 10 % udela ove energije u potražnji električne energije do 2020.

Ciljevi ove strategije su:

- poboljšanje energetske efikasnosti i ušteda energije
- izgradnja proizvodnih kapaciteta
- koordinacija nacionalnih napora ka ostvarenju cilja strategije za obnovljivu energiju
- obezbeđenje podrške ulasku obnovljive energije na tržište energenata
- podrška usavršavanju tehnologija za transfer obnovljive energije
- podrška sektoru za istraživanje i razvoj u obrazovanju i obuci u oblasti obnovljivih izvora energije.<sup>81</sup>

Neophodne mere za unapređenje sektora za obnovljivu energiju:

- podsticaji
- osiguranje kvaliteta
- podrška sektoru za istraživanje i razvoj
- investicije

<sup>80</sup>RCREEE Country Profile Renewable Energy in Libya, (2012), dostupno na [http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE\\_CountryProfile\\_RE\\_2012\\_EN\\_Libya.pdf](http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE_CountryProfile_RE_2012_EN_Libya.pdf)

<sup>81</sup>EIA, (2015), The Annual Energy Outlook 2015, dostupno na [http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383\(2015\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383(2015).pdf)



- finansiranje projekata i studija
- obuke iz oblasti unapređenja i korišćenja tehnologija
- podrška u proizvodnji putem obuka i edukacije.<sup>82</sup>

Planirano je da energija od obnovljivih izvora do 2020. učestvuje u ukupnim zahtevima za strujom 10%. Kratkoročni plan je da se uloži 500 miliona evra u energiju iz obnovljivih izvora. U prethodnih 3 decenije najčešće korišćena obnovljiva energija je solarna fotonaponska tehnologija, i to primenjena u maloj meri za napajanje malih i srednjih daljinskih stanica koje su imale dokazanu ekonomsku isplativost ali takođe sa nekoliko prepreka i poteškoća uključujući i izlazne cene.

Izvori obnovljive energije nude velike šanse za prenos tehnologije i internacionalnu saradnju. Ova vrsta energije se može koristiti kroz Clean Development Mechanism usvojene Kjoto protokolom u primeni obnovljivih izvora energije čime bi se smanjio efekat staklene bašte. Libija se nalazi na mestu koje se može smatrati vrlo dobrim mestom za primenu i razvoj tehnologija za korišćenje obnovljive energije.

Još jedan uslov koji Libija mora da ispuni da bi obezbedila održivost svog energetskog sektora je politička stabilnost. To je potrebno da bi naftne kompanije slobodno i bez dodatih pritisaka ulagale u naftni isektor obnovljivih izvora u Libiji. Odluka da Libija usmeri svoja ulaganja u zelenu ekonomiju može da im obezbedi dugoročna sredstva i finansijsku sigurnost.

Libijski nacionalni plan za elektrifikaciju ruralnih područja podrazumeva elektrifikaciju rasutih kuća, sela i pumpi za vodu. PV sistemi snabdevanja za deset sela uvedeni su kao projekat elektrifikacije udaljenih područja.<sup>83</sup>

Neka od tih sela su

- Mrair Gabis selo koje je primer sela sa rasutim kućama,
- Svaihat selo kao primer sela sa rasutim kućama,
- Intlat selo kao primer sela sa rasutim kućama,
- Beer al-Merhan kao primer sela sa rasutim kućama,
- Vadi Marsit kao primer sela čija elektrifikacija je omogućena dizelskim generatorima.

Instalacija fotonaponskih sistema u Intlat selo započela je sredinom 2003. godine. Ukupan broj sistema koje će GECOL instalirati je 340 sa ukupnim kapacitetom od 220 KWp, a

---

<sup>82</sup>EIA, (2015), The Annual Energy Outlook 2015, dostupno na [http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383\(2015\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383(2015).pdf)

<sup>83</sup> Ibid

ono koje će instalirati Centar za studije solarnih energija (CSES) i Saharian Center je 150 sistema sa ukupnom snagom od 125 KWp,

Primena će se odnositi na aplikaciju:

- 380 sistema za izolovane kuće,
- 30 sistema za policijsku stanicu.,
- 100 sistema za ulično osvetljenje.

## **4. Ekonomska opravdanost upotrebe obnovljivih izvora energije**

### **4.1 Ekonomska opravdanost korišćenja solarne energije u Libiji**

Pod solarnim potencijalom se podrazumeva ukupna energija Sunca koja stiže na zemlju i obično se iskazuje u vidu globalnog zračenja. Ovaj potencijal predstavlja osnov za projektovanje svih tehnoloških procesa zasnovanih na korištenju Sunčeve energije (procesa sušenja, grejanja, hlađenja, klimatizacije, salinizacije, proizvodnje električne energije i sl.). Zato je poznavanje solarnog potencijala određenog područja veoma važno radi dugoročnog planiranja razvoja njegovog energetskeg sektora.

Libijska agencija za obnovljivu energiju izvestila je da je prosečno vreme osvetljenosti sunčevom energijom oko 3200 sati godišnje, a prosečno sunčevo zračenje 6 kWh po kvadratnom metru dnevno. Ovo je ekvivalentno cifri  $106 \times 1,5 / 365 = 41$  barela nafte za svaki dan. Prema tome, ako koristimo samo 0,1% Libijske regije, to će rezultirati sa cifrom koja je jednaka 6,986 miliona barela nafte dnevno energije. Ova brojka je šest puta veće od trenutne libijske proizvodnje nafte.<sup>84</sup> To je dobar razlog za podsticanje projekata koji uključuju korišćenje vetra i Solarne energije u Libiji.

Iskustvo sa solarnim ćelijama pozitivno ima ogroman potencijal u mogućoj instalaciji na jugu Mediterana. Postoji veliki potencijal za primenu solarnih panela. Veliki potencijal solarne energije u Libiji može se smatrati budućim izvorima električne energije za zemlje severnog

---

<sup>84</sup> RCREEE Country Profile Renewable Energy in Libya 2012, [http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE\\_CountryProfile\\_RE\\_2012\\_EN\\_Libya.pdf](http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013/05/RCREEE_CountryProfile_RE_2012_EN_Libya.pdf)

Mediterrana. Posebno solarna energija može biti izvori energije za Libiju, pored nafte i prirodnog gasa.<sup>85</sup>

Od 1970. korišćenje obnovljivih energije je deo energetske politike Libije. Centar za studije i istraživanja solarne energije Libije osnovan je još 1978. Godine. U 2007., Libija je osnovala Upravu za obnovljive izvore energije-REAOL. Sektor za planiranje i izučavanje ove uprave se bavio planovima za balansiranje između obnovljivih izvora i tradicionalnih.

Planirano je da energija od obnovljivih izvora do 2020. učestvuje u ukupnim zahtevima za strujom 10%. Kratkoročni plan je da se uloži 500 miliona evra u energiju iz obnovljivih izvora. U prethodnih 3 decenije najčešće korišćena obnovljiva energija je solarna fotonaponska tehnologija, i to primenjena u maloj meri za napajanje malih i srednjih daljinskih stanica koje su imale dokazanu ekonomsku isplativost ali takođe sa nekoliko prepreka i poteškoća uključujući i izlazne cene.<sup>86</sup>

Ljude moralno obavezuje njihova sposobnost da žive i rade tako da u najmanjoj meri ugroze životnu sredinu. Pošto je razvoj ljudskog društva a naročito druga polovina 20 veka, ozbiljno narušio ravnotežu u životnoj sredini, ono što se može učiniti je da se ovaj trend zaustavi, a posledice smanje na najmanju moguću meru. Zato je prepoznata potreba za uvođenjem koncepta održivog razvoja-koji podrazumeva tehnološki razvoj, porast društvenog bogatstva i napredak bez ugrožavanja životne sredine. Jedan od zadataka ekonomike životne sredine jeste da identifikuje one ekonomske aktivnosti koje pogoduju održivosti, kao i one koje je narušavaju.<sup>87</sup>

Aktivnosti koje su odlika razvijene zajednice kao što je razvijena industrija, bez prekida u proizvodnim procesima, saobraćaj čiji intenzitet se poistovećuje sa stepenom razvijenosti neke sredine, proizvode i ispuštaju u okolinu materije koje pri tom zagađuju životnu sredinu. Zagađuju se podjednako voda, vazduh i zemljište, sa posledičnom degradacijom ekosistema, jer tako zagađeno životno okruženje narušava zdravlje kako ljudi, tako i biljaka i životinja.

Sunčeva energija ima određene dugoročne prednosti koje bi mogle pomoći Libiji da stabilizuje svoju ekonomiju, dok zadovoljava sve veće domaće zahteve za energijom. Nafta i gas su podložni čestim promenama cena, propis o zaštiti životne sredine određivaće njihovu primenu

---

<sup>85</sup> Saleh, Ibrahim M. (2006), Prospects of Renewable Energy in Libya, *International Symposium on Solar Physics and Solar Eclipses (SPSE)*, <http://www.irsol.ch>

<sup>86</sup> LIAS (Libyan Institute for Advanced Studies), (2014), Libya Vision 2020:Plan for Transformative Change by 2020dostupno na: [http://www.academia.edu/10714685/Libya\\_Vision\\_2020\\_A\\_Plan\\_for\\_Transformative\\_Change\\_by\\_2020](http://www.academia.edu/10714685/Libya_Vision_2020_A_Plan_for_Transformative_Change_by_2020)

<sup>87</sup> Perman, R., Ma Y. and McGilvray J. (1996) *Natural Resource & Environmental Economic*. London and New York, Longman.

u budućnosti i uticaće na cenu ovih energenata, a solarna energija je stabilan izvor energije sa stabilnim pridruženim troškovima. Stabilnost sektora solarne energije može doprineti sprečavanju nedostatka goriva, i stabilnom snabdevanju električnom energijom. Razvoj nove grane industrije može da pruži Libijcima preko potrebno zapošljavanje.<sup>88</sup>

Za trenutno stanje Libijske privrede izgradnja ove vrste postrojenja, bez obzira na prirodni potencijal kojim raspolaže ova zemlja, predstavljala bi ogroman trošak koji ne bi u ovim uslovima mogla da isprati a da ne posegne za astronomskim kreditima. Međutim ako bi troškovi bili podeljeni sa firmama koje saraduju sa Libijom u naftnom sektoru, napredak novog energetskog sektora bi bio daleko brži. Ako naftne firme doprinesu održivom uspostavljanju solarne proizvodnje energije zajedno sa oporavkom naftno-gasnog sektora, Libija može biti u stanju da izvuče dvostruku korist. Njihov najveći donosilac prihoda u budžet će se vratiti u, a možda čak i premašiti, predratni nivo, a solarna proizvodnja električne energije će, na srednji i dugi rok, osloboditi više nafte i gasa za izvoz. Istovremeno, takav aranžman će dati Libiji priliku da smanje svoju zavisnost od neobnovljivih izvora. Dalje, uspostavljanje održivog razvoja u sektoru solarne energije dovešće do razvoja održive trgovine između MENA regije i Evrope.<sup>89</sup>

Naravno da bi sve to bilo ekonomski isplativo i ekonomično, država mora doneti čitav set zakona u oblasti energetike, ekonomije, kreditiranja i preuzeti ulogu predvodnika. Na svaki način se mora omogućiti pojedincu da uloži sredstva i koristi svaki mogući vid obnovljivih izvora energije a samim tim i da doprinese ukupnoj štednji.

Pre ulaska u bilo koju investiciju, potrebno je izvršiti ekonomsku analizu investicije, odnosno utvrditi njenu ekonomsku isplativost. Do sada se nije mnogo (u literaturi) osvrtao na ovaj segment jer je bilo mnogo važnije sa tehničko-tehnološke strane objasniti korisnost korišćenja obnovljivih izvora širim društvenim slojevima i potencijalnim investitorima.

Sada je već svima jasno da se više ne postavlja pitanje: da li treba ulagati i koristiti obnovljive izvore energije, već je sada pitanje koliko je ekonomski isplativo ulagati i koji je vremenski rok povraćaja uložениh sredstava. Zbog toga je nastala potreba za pisanjem jedne ovakve knjige. Nadam se da će ona doprineti bržem razvoju i korišćenju obnovljivih izvora kod

---

<sup>88</sup><https://oilprice.com/Alternative-Energy/Solar-Energy/Never-Mind-Oil-Libya-could-Supply-Europe-with-Solar-Power.html>

<sup>89</sup> [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Regional%20Reports/MENA\\_2013\\_lowres.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Regional%20Reports/MENA_2013_lowres.pdf)

nas, kao i da će podstaknuti razvoj industrije elemenata za korišćenje obnovljivih izvora i doprineti otvaranju novih radnih mesta.

## **4.2 Ekonomski potencijal primene PV sistema u generisanju električne energije**

Budućnost je obećavajuća za proizvodnju koncentrisane solarne termičke energije (CSP) i fotonaponskih sistema (PV) energije u električnu energiju, jer je sunčevo zračenje u čitavom regionu veće od potrebne količine. Statistike pokazuju da sve zemlje Bliskog Istoka i Severne Afrike ispunjavaju uslove za ovu tehnologiju, pošto stope premašuju 1800 kwh po kvadratnom metru godišnje.

Fotonaponski model je najpoznatiji metod za generisanje električne energije korišćenjem solarne ćelije za pretvaranje energije iz sunca u električnu energiju. Fotonaponski efekat se odnosi na svetlosne fotone koji dovode elektrone u viši nivo energije da bi se stvorila električna energija. Solarne ćelije proizvode električnu energiju od svetlosti, koja se može koristiti za napajanje uređaja direktno ili za punjenje baterija. Prva praktična primena fotonaponskih elemenata bila je da se satelitima i drugim svemirskim letelicama obezbedi energija, a danas se većina fotonaponskih modula koristi za proizvodnju električne energije za mrežno snabdevanje.

U ovom slučaju potreban je pretvarač za pretvaranje DC na AC. Postoji manje tržište za obezbeđivanje energije koja nije vezana za mrežu i to za udaljene, izolovane objekte, za čamce, rekreativna vozila, električne automobile, telefonske linije za pomoć instalirane kraj puteva, daljinsko očitavanje i katodnu zaštitu cevovoda i razne opcije proizvodnje električne energije.

PV generacija električne energije ima veliki značaj za obnovljivu energiju u Libiji. Dve opcije su u opticaju za stvaranje potrebne količine energije koristeći direktnu konverziju solarne energije, uglavnom centralni i distribuirani put. Centralni put proizvodnje energije se u početku nije razmatrao zbog geografskih odlika lokacije. Da bi se dobilo najbolje snabdevanje energijom, korišćena je distribuirana mreža s obzirom na probleme koji mogu da se jave na mreži, zbog manjeg kapaciteta skladištenja i drugih problema vezanih za opterećenje. PV sistemi mogu ponuditi obećavajuće alternativno snabdevanje energijom u udaljenim područjima. Na mnogim mestima zbog udaljenosti i troškova, malo je verovatno da će se ikada uspostaviti glavna mrežna veza. Potrebe za energijom se stalno uvećavaju. U većini slučajeva, akumulatorske baterije su

uključene u PV sisteme zbog nepredvidivih klimatskih uslova. Kapitalni trošak generatora PV je visok, a njihovi učinci u velikoj meri zavise od sunčevog zračenja, temperature i napona baterija koji se menja tokom procesa punjenja i pražnjenja. Pošto korisnici zahtevaju maksimalnu raspoloživu izlaznu snagu pod bilo kojim temperaturom i nivoima sunčevog zračenja, uređaj za praćenje maksimalne snage (MPPT) može biti smešten između PV matrice i baterija kako bi se optimizovao prenos snage iz PV polja na baterije. Sa razvojem tehnologije, MPPT uređaji mogu biti ekonomičniji, imati veću pouzdanost i efikasnost.

To će rezultirati u ukupnoj korisnosti PV sistema koji je na taj način ekonomski održiv i samim tim pogodan za širu aplikaciju u elektrifikaciji udaljenih područja.

Iz sakupljenih podataka o performansama PV sistema u lokalnom okruženju, može se zaključiti da su se PV sistemi pokazali kao pouzdani i ekonomični. To se može zaključiti na osnovu sledećih činjenica: <sup>90</sup>

1. Nije bilo potrebe za korišćenjem rezervnih delova za PV sisteme koji su instalirani pre 26 godina.
2. Nisu registrovani neuspesi sistema instaliranih pre 26 godina.
3. Veoma niske cene i bez dodatnih troškova tokom rada za većinu PV sistema.
4. Baterije su promenjene nakon deset godina od instalacije.
5. Primećena je promena boje stakla modula ali je to povezano sa izloženošću visokoj temperaturi i ultraljubičastom zračenju.
6. Daljinski nadzor solarnog sistema je efikasan način za praćenje sistema.
7. Oštećenja PV sistema su nastala razbijanjem modula bilo direktnim udarcima kamenjem ili kao šteta nastala uticajem ptica.
8. Nedostatak znanja u upravljanju ovim sistemima lako se može prevazići edukacijom ljudi u zemljama u razvoju o tehnologiji PV sistema da bi bolje razumeli i spoznali značaj i važnost ove tehnologije.
9. Baterije su jedini problem sa kojim su inženjeri suočeni u radu sa PV sistemom u CP jedinicama.
10. Zatvorene baterije pokazale su se ekonomski isplativije.

---

<sup>90</sup> I. M. Saleh Ibrahim, Khalifa ,Behamed, (2004), Experiences with Photovoltaic systems for telecommunication in Libya, the eighth Arabsolar energy conference , Bahreen

Upotreba PV sistema postaje češća, a sve veća pažnja se posvećuje njihovoj upotrebi u razvoju udaljenih područja u zemljama sa malom gustinom naseljenosti. Tu su PV sistemi viđeni kao najefikasniji i najisplativiji način elektrifikacije ruralnih područja. Kao prvi korak u pravcu korišćenja PV sistema, neophodno je da se ljudi upoznaju sa tehnologijom kroz povećanje razumevanja procesa i osnovnih principa na kojima se proces zasniva.

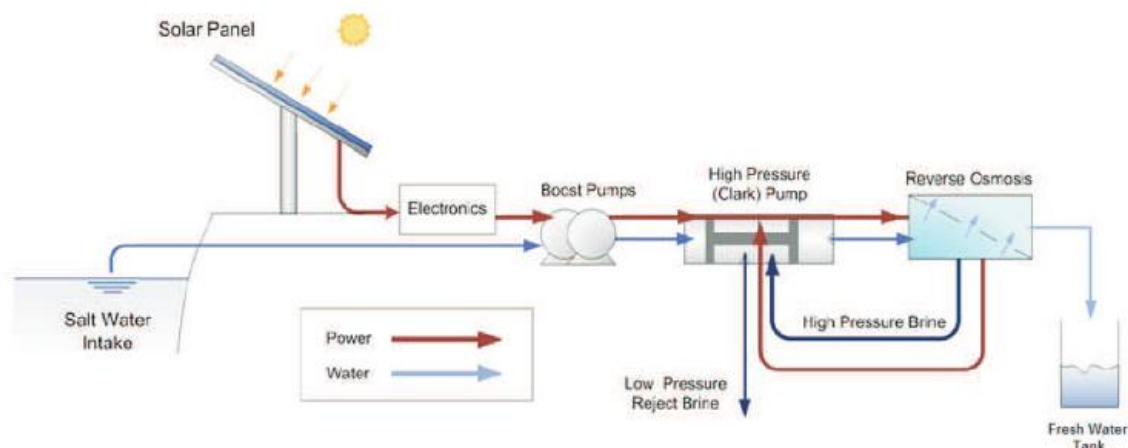
Iz projekata koji su instalirani u 2003. godini može se zaključiti sledeće:

1. Ljudi u ovim selima uprkos tome što nisu bili upoznati sa tehnologijom, sa pažnjom se odnose prema sistemima.
2. Uprkos tome što PV sistemi nemaju brojila energije za isključivanje opterećenja kada je energija koju potražuje kuća veća od projektovane, nijedan od sistema se nije ispraznio.
3. PV sistemi koji su instalirani u selima rade bez bilo kakvog ispada sistema.
4. Prosečna energija proizvodnje za sisteme 1,2 KwP je 6 Kwh / dan.
5. Opcija A.C električne energije bila je najbolji izbor.
6. Izbor zatvorenog tipa baterija bila je najbolji izbor za ove sisteme.
7. Sve više ljudi iz udaljenih područja traže PV sisteme.
8. Ljudi u selima su počeli da imaju i noćna okupljanja zahvaljujući elektrifikaciji.
9. Ljudi gledaju TV i koriste frižider.
10. Performanse PV sistema u lokalnom okruženju pokazale su se kao pouzdane i konkurentne.
11. Deca bi trebala biti upoznata sa korisnošću PV sistema kroz edukaciju i praktičnu primenu u školama.
12. Sve sisteme su instalirali lokalni inženjeri i tehničari, što je još jedan u nizu ekonomskih bebnefita za lokalnu zajednicu.

### **4.3 Primena PV sistema u desalinizaciji vode**

Desalinizacija slane vode nije nov postupak, a razvojem tehnologije se potencira uključivanje i obnovljivih izvora energije posebno Sunčeve energije u ovaj proces. Sve su veće investicije širom sveta upravo u istraživanje i razvoj ove tehnologije. Sunčeva energija pretvara se u električnu energiju koju treba iskoristiti za proces desalinizacije. Procesom desalinizacije

otklanjaju se minerali iz slane vode i na taj način se dobija slatka voda pogodna za piće i poljoprivredu. Trenutno jedini problem je ekonomska isplativost. Desalinizacija putem Sunčeve energije tri puta je skuplja u odnosu na konvencionalne metode.



Slika 7: Desalinizacija vode uz korišćenje solarne energije

Kompanija Abengoa iz Španije je najavila razvoj postrojenja za desalinizaciju koje će se nalaziti u blizini Maroka. Postrojenje će proizvoditi 275.000 m<sup>3</sup> desalinizirane vode. Od toga će 150.000 m<sup>3</sup> biti voda za piće a 125,000 m<sup>3</sup> predviđeno je da bude voda za navodnjavanje 136 km<sup>2</sup> lokalnih poljoprivrednih zemljišta. U budućnosti će biti moguće proširiti kapacitete na 450.000 m<sup>3</sup> dnevno. Električna energija za ovo postrojenje dolaziti će iz 400 km udaljene CSP elektrane Noor Quarzazate, a koristiti će se okeanska voda za desalinizaciju.<sup>91</sup>

Na principu procesa reverzne osmoze zasniva se odvajanje vode sempropustljivom membranom sa slanom vodom sa jedne strane i slatkom vodom sa druge. Slana voda mora biti pod pritiskom da bi se došlo do reverzne osmoze koji iznosi oko 50-80 bara da bi se proizvela dovoljna količina slatke vode. Pri ovom pritisku, slana voda počinje da prolazi kroz membranu, ostavljajući koncentrovanu so na strani slane vode.<sup>92</sup> Energija potrebna za rad postrojenja RO je uglavnom neophodna za rad pumpe visokog pritiska i podizanje pritiska. Ova energija može biti proizvedena korišćenjem PV tehnologije ili termički Rankin ciklusom.

<sup>91</sup>OIE, (2017), Novi izvori pitke vode, dostupno na <https://oie.hr/sunceva-energija-novi-izvori-pitke-vode/>

<sup>92</sup> Kershman, S. A., (2001), 25 yearsof experience in operating thermal desalination plants, Desalination 136, pp.141 145



Implementirani su RO sistemi sa PV napajanjem u različitim regionima, npr.: izdvojenim oblastima Libijske pustinje, izolovanim područjima Jordana i okolnim područjima u Australiji. Prilikom upoređivanja konvencionalnih i fotonaponskih napajanja RO sistema, fotonaponsko napajanje se pokazalo kao mnogo skuplji sistem u odnosu na konvencionalni način. Međutim, smanjenje troškova fotonaponskih komponenti u poslednjih nekoliko godina je promenilo ovu perspektivu.<sup>93</sup>

Riffel & Carvalho (2009)<sup>94</sup> predstavili su koncept samostalnog postrojenja za desalinizaciju sa napajanjem PV sistemom, malog obima bez akumulacije za preradu slane vode u ekvatorijalnim područjima. Ovo postrojenje može da funkcioniše i pod uslovima promenljivog protoka i pritiska.

Još jedan primer predstavlja RO postrojenje na PV pogon za snabdevanje vodom sela u južnom Tunisu. Ovo postrojenje koristi solarnu energiju za proces reverzne osmoze u desalinizaciji vode i ima kapacitet od 15m<sup>3</sup>/dan.<sup>95</sup> Ovo postrojenje ima nekoliko problema, odbacivanje viška soli, slabija efikasnost i visoki troškovi.

Usled male gustine naseljenosti stanovništva u Libiji, kao alternativa preporučuje se obnovljivi izvori energije. Male PV- RO centrifugalne jedinice predstavljaju moguću alternativu za desalinizaciju vode u ruralnim područjima, gde nema pristupa električnoj mreži. Performanse sistema zavise od tehnologije izabranih komponenti za postrojenje. Efikasnost sistema PV-RO sistema je u opsegu 70% do 98%.

#### **4.4 Konkurentnost tehnologija koje koriste tradicionalne i obnovljive izvore energije**

Od prvih investicija u obnovljive izvore energije, početkom 2000-ih, vodi se diskusija o ceni ovih tehnologija u poređenju sa konvencionalnim tehnologijama zasnovanim na fosilnim gorivima, uz poređenje njihovih karbonskih otisaka. Danas više nije ključno pitanje cene obnovljivih izvora, već da li oni mogu da se primene u velikom obimu i dovoljno brzo, da bi bile

---

<sup>93</sup> Carvalho PC, Carvalho LA, Hiluy Filho JJ, & Oliveira RS. (2013). Feasibility study of photovoltaic powered reverse osmosis and pumping plant configurations. *IET Renewable Power Generation* 2013; 7(2):134–143.

<sup>94</sup> Riffel D. & Carvalho, P., (2009). Small-Scale Photovoltaic- Powered Reverse Osmosis Plant without Batteries: Design and Simulation, *Desalination*, 247(1-3): 378-389.

<sup>95</sup> Bourouni, K. & Chaibi, M.T., (2009). Solar Energy for Application to Desalination in Tunisia: Description of a Demonstration Project, Chapter 8, *Renewable Energy in the Middle East: Enhancing Security through Regional Cooperation*, Springer Science, Berlin.

alternativa fosilnim izvorima. Energija vetra i sunca su već cenovno konkurentne električnoj energiji na mreži u pojedinim zemljama (Nemačka, Velika Britanija); a naročito je po tom pitanju vidljiv pomak kod solarnih fotonaponskih tehnologija čija je cena pala 95% od 2008. godine.<sup>96</sup>

Takodje, cene baterija većih kapaciteta za skladištenje energije nastavljaju da padaju, što omogućava dalju integraciju intermitentnih obnovljivih izvora, koji su inače zahtevali podršku pouzdane i upravljive proizvodnje, primera radi elektrana na prirodni gas.

Najveći rast od 2000. godine na ovamo je zabeležila energija vetra, zatim gas i solarna fotonaponska tehnologija – na uštrb mazuta, uglja i nuklearne energije. Iako je bilo očekivano da će obnovljivi izvori energije, usled niskih cena nafte i gasa koje tipično obaraju podsticaje za tražnjom alternative, imati lošu godinu, 2015. je bila rekordna godina u kojoj je 329 milijardi dolara investirano u izgradnju 121 GW novih kapaciteta iz obnovljivih izvora energije.

Prvi put se desilo da je skoro 40% ukupnih investicija u obnovljive izvore (125 milijardi dolara) stiglo iz zemalja u razvoju (OECD). Povrh toga, došlo je do prekretnice jer je prvi put više kapaciteta iz obnovljivih izvora energije izgrađeno nego iz uglja, gasa i nafte zajedno.

Pa ipak, postoji zabrinutost da u nekim zemljama, zbog lokalnog karaktera obnovljivih izvora energije u smislu njihove dostupnosti, kao i kašnjenja u sprovođenju odgovarajuće politike i regulative, udeo obnovljivih izvora energije neće moći da bude povećan u odgovarajućoj meri i u vremenskom roku da bi oni predstavljali alternativu fosilnim gorivima.

## **4.5 Mogućnosti FDI u sektor solarne energije**

Danas većina zemalja teži da privuku strane direktne investicije zbog svojih priznatih prednosti kao alata ekonomskog razvoja. Novo partnerstvo za razvoj Afrike (New Partnership for Africa's Development-NEPAD) ima cilj da privlači strane investicije u Afriku. Severna Afrika je nestabilno političko bezbednosno područje naročito posle događaja koji su počeli da se dešavaju od 2011. poznatijih pod imenom Arapsko proleće.

---

<sup>96</sup> Turković M, (2016), Naša budućnost posle fosilnih goriva: Obnovljivi izvori energije ili nuklearna energija?, CIRSD

Strane direktne investicije su sastavni deo otvorenog i efikasnog međunarodnog ekonomskog sistema i glavni katalizator za razvoj. Pa ipak, njihove prednosti ne nastaju automatski i ravnomerno u zemljama, sektorima i lokalnim zajednicama. Nacionalne politike i međunarodna investiciona arhitektura su važna za privlačenje investicija u većem broju zemalja u razvoju. Zemlje u razvoju pred sobom imaju izazov u vidu uspostavljanja transparentnog političkog i ekonomskog okruženja povoljnog za investiranje kao i da izgradi ljudske i institucionalne kapacitete za njihovu implementaciju.

Budući da investicije u fosilna goriva imaju svoje ugovorne aranžmane, strane direktne investicije u obnovljive izvore energije moraju igrati ključnu ulogu u privlačenju investicija u energetske sektor zemalja Severne Afrike. Investicije ne treba ograničiti samo na davanje potrebnog kapitala nego i na nefinansijske doprinose koji kao što su prenos najsavremenije tehnologije, obuka ljudstva za korišćenje i primenu ovih tehnologija kao i obezbeđivanje prenosa i izvoza generisane energije.

Domaći i strani investitori moraju da imaju iste uslove za poslovanje u istoj privredi. Međunarodno iskustvo pokazuje da se ekonomski rast najbolje unapređuje stvaranjem pravnog, institucionalnog i administrativnog okvira koji će omogućiti jednake uslove za, domaće i strane investicije.

U maju 2013. održana je konferencija pod nazivom "Libia Projects 2013" u cilju razvijanja novih projekata koji će se preduzeti u Libiji u narednih nekoliko godina. Tokom ove konferencije, kojoj su prisustvovali ključni vladini zvaničnici i predstavnici lokalnih vlasti, kao i predstavnici vodećih kompanija u privatnom sektoru, istaknuto je nekoliko projekata od nacionalnog značaja. Projekti od posebnog nacionalnog značaja uključuju infrastrukturne projekte u okviru industrije nafte i gasa, kao i građevinske usluge u segmentima stanovanja, energetske usluge i aerodroma. Postojeće mogućnosti za strane direktne investicije postoje u ponovnoj izgradnji libijske ekonomije. Iako je poslovanje u Libiji inherentno zahtevan zadatak pre svega zbog nedostatka transparentnosti u standardima i drugačijeg sistema javne uprave, to ne bi trebalo da bude uzrok za obeshrabrivanje.

Da bi privreda Libije smanjila zavisnost od fosilnih goriva potrebno je diverzifikovali resurse energije u Libiji koristeći raspoloživu obnovljivu energiju, posebno vetar i solarnu energiju. Poboljšati sistem obrazovanja i obuke kako bi se omogućio neophodan razvoj u sektoru obnovljive energije. Ohrabriti lokalne industrije i investicije povezane sa sektorom obnovljive

energije kako bi se otvorile nove mogućnosti zapošljavanja, smanjilo zagađenje i osigurala ušteda energije za buduće generacije. Unaprediti postojeće propise kako bi privukli strane investitore u sektoru obnovljivih izvora energije

Libija je ključna zemlja na Bliskom istoku i severnoj Africi zato što zauzima stratešku lokaciju u Severnoj Africi, jer njen geostrateški položaj je takav da ima idealnu vezu sa južnom Evropom i sa ostatkom Afrike. Stoga bi igrala glavnu ulogu u povezivanju međunarodne mreže nafte, gasa i električne energije. Iako je činjenica da se Libija smatra jednom od zemalja sa najvećim zalihama nafte prepoznata je važnost korišćenja alternativnih izvora energije. Ovaj smer u energetici može dovesti do održavanja naftnih resursa za buduće generacije i smanjenja zagađenja.

Razgovor sa predsednikom odbora za privatizaciju i investicije (PIB) Libije u maju 2013. godine otkrio je da je nova vlada u procesu kreiranja master plana investicija da stvori mogućnosti za zainteresovane investitore. Zakon Libije garantuje prava stranim kompanijama uključujući pravo otvaranja bankovnog računa u bilo kojoj od tri banke koje posluju u Libiji, prava prenosa neto dobiti i kamate koja je nastala u Libiji u druge zemlje i prava korišćenja i vlasništva nad zemljištem i zgradama.

Postoji potreba da se privuku investicije u obnovljive tehnologije unapređenjem infrastrukture i postojećim propisima za strane investicije. Tehnologija za korišćenje obnovljivih izvora energije je i dalje na počecima u Libiji; i dalje je neophodna jasna strategija i vremenski plan kako bi ovaj sektor napredovao, posebno u odnosu na razvijanje veština i znanja potrebnih za ugradnju i održavanje takvih sistema.

## 5. Studija slučaja Instalacija PV sistema za generisanje električne energije u ruralnim oblastima Libije

PV sistemi su zamenili dizel generatore u većini malih udaljenih mesta. Ove sistemi i dalje funkcionišu i nakon 26 godina njihovog pokretanja - a samo se baterija menja na 8 godina prosečno. U ovoj studiji slučaja, posmatračće se mogućnost veće primene PV instalacija u udaljenim ruralnim oblastima Libije, posebno njena primena za uličnu rasvetu. Zemlja se oslanja na veoma staro i neefikasno ulično osvetljenje LED svetiljke su se pokazale efikasnijim, od natrijumskih lampi koji se koriste u Libiji već dugi vremenski period.

U udaljenim izolovanim područjima snabdevanje električnom energijom može biti obezbeđeno na četiri načina, putem opšte električne mreže, dizel generatora, vetrogeneratora i fotonaponskih sistema. Električna mreža često nije dostupna u nerazvijenim udaljenim područjima, a iako je ima podložna je čestim iznenadnim prekidima u snabdevanju. Postoje dva faktora koja utiču na korišćenje električne energije iz opšte mreže, to su stanovništvo i udaljenost od najbližeg visokonaponskog voda, u zavisnosti od ova dva faktora korišćenje mreže može ili ne mora biti opcija za elektrifikaciju udaljenog područja.<sup>97</sup>

Fotonaponska konverzija solarne energije u električnu je najpouzdaniji izvor elektrifikacije ruralnih područja u zemljama u razvoju. Energija vetra za elektrifikaciju udaljenih ruralnih područja nije najbolje rešenje upravo iz razloga nestalnosti vetra kao izvora i potrebe za stručnim osobljem koje će održavati vetrogeneratore, takođe i dizel generatori zahtevaju stručno osoblje za održavanje, a i samo njihovo održavanje je skupo pa ni oni nisu idealno rešenje za nerazvijena udaljena područja.

Problemi elektrifikacije nerazvijenih regiona bilo koje zemlje su niska populacija i odsustvo električnih mreža. Pružanje i širenje visokonaponske mreže kroz pustinju je izuzetno skup poduhvat da bi se obezbedila struja za nekoliko stotina stanovnika. Za neko područje možemo reći da je udaljeno analizirajući broj stanovnika koji ga naseljava i udaljenost od opšte električne mreže. Za selo od 200 stanovnika koje se nalaze 15 km daleko od distributivne tačke niskog napona (11 KW), analizirajući prosečnu potrošnju po osobi za ove vrste područja u Libiji (1000 KWh / godišnje), procenjuje se da će potrošiti 200 MWh / godini. Cena koju bi trebalo da

---

<sup>97</sup> I. M. Saleh Ibrahim, and et al. (2002), Planes of General Electrical Company of Libya for the electrification of rural areas in Libya, Symposium on renewable energies in hot regions, Hoon, Libya, October 2002.(in Arabic)

plate stanovnici ovog sela je 0.75 \$ po kilovatsatu, što je deset puta više od libijske tarife.<sup>98</sup> Širiti električnu mrežu na udaljena područja može da bude jako skup proces. Stoga bi bilo praktičnije koristiti druge moguće izvore energije, kao što su dizelski generatori ili obnovljivi izvori.

U studija slučaja je put Shaluoni koji se nalazi u gradu Almarj, (32 ° 29'16.728 "N - Latitude, 20 ° 49'54.264 "E - dolžina). Grad se nalazi u istočnom delu Libije i oko 74 km istočno od Bengazija. Put se nalazi oko osam kilometara od istočnog dela Almarja, i povezuje se grad sa Tobrukom. Put se proteže u vrlo opasno područje sa otežanim uslovima planinskog terena zaokruženo drvećem koje posebno blokira vidljivost zimi. Kao posledica svi tih uslova zabeležen je povećan broj nesreća sa velikim procentom smrtnosti. Osvetljenje puta je neophodno radi sigurnosti svih učesnika u saobraćaju. Najbliže mrežne linije su oko jedan kilometar daleko na nepristupačnom terenu. Troškovi povezivanja na mrežu zavisi od udaljenosti, snage i naponskog nivoa. Procenjuje se da bi troškovi jednog kilometra bili oko 22.000 \$.<sup>99</sup>

Pored toga, tlo je kamenito što će povećati kapitalne troškove. Istraživane su četiri alternative, dva su na fosilna goriva i druga dva na obnovljive izvore.

- HPS sistem osvetljenja povezan na mrežu sa pogonom od fosilnih gorivna
- LED sistem osvetljenja sa napajanjem poreklom od fosilnih goriva
- LED-a sistem rasvete sa samostalnim napajanjem,
- LED sistemom napajan solarnom energijom povezanom na mrežu.

Analiza se fokusira na osnovne komponente sistema osvetljenja. Životni vek osvetljenja je procenjen da traje 20 godina. Glavne komponent sistema za uličnu rasvetu u Libiji kako je propisao GECOL su: HPS lampa od 400W, ručica sijalice, galvanizovani stub od 9 m visine, tajmer i kablovi za povezivanje. Ukupni troškovi sistema ulične rasvete podeljeni su na: troškove nabavke komponente sistema (uključujući instalaciju i troškove kablova), održavanje i operativne troškove, troškove potrošnje električne energije i troškove emisije CO<sub>2</sub>. Dužina puta je četiri kilometra, a širina devet metara. Standardni razmak za putno osvetljenje u Libiji je 40 metara između dva stuba. Ovaj projekat zahteva 100 jedinica uličnog osvetljenja. Dodatni troškovi odnose se na troškove povezivanja na mrežu, troškovi radne snage, žice, postavljanje

---

<sup>98</sup> I. M. Saleh Ibrahim, and et al. (2002), Planes of General Electrical Company of Libya for the electrification of rural areas in Libya, Symposium on renewable energies in hot regions, Hoon, Libya, October 2002.(in Arabic)

<sup>99</sup> Abdul-Hakim, S.R., Ward, T.A., Rahim, N.A., and Al-Fatlawi, A.W.A., (2012), Technical and economic analysis of renewable energy powered stand-alone pole streetlights for remote area, Environ. Progress Sustain.Energy, vol. 4, no. 2012, pp. 283–289

razvodnih kutija, kopanje i postavljanje. Ukupni troškovi instaliranja sistema osvetljenja HPS-a sa fosilnim gorivom je 512.900 LD izračunato 2016. godine.<sup>100</sup> Troškovi održavanja: troškovi održavanja uključuje zamenu HPS sijalica i trošak rada. Prosečni vek trajanja HPS sijalica je između jednu i dve godine ako ne bude fluktuacija napona koji će smanjiti životni vek lampe.

Zbog velikih fluktuacija napona i velikog broja prekida, GECOL zamenjuje svetiljke približno svake godine. Uzimajući u obzir sve moguće troškove GECOL procenjuje ukupan trošak održavanja od 350.000 LD.<sup>101</sup> Trošak potrošnje električne energije - cena struje u Libijskim dinarima je 0,28 LD / kWh. Rad sistema je 12 sati od 18:00 do 06:00 časova. 400 W HPS lampa će potrošiti 4,8 kWh dnevno. Godišnji trošak ovog osvetljenja je 175.680 kWh godišnje. Za celo životni vek sistema (20 godina), trošiće 3.513.600 kWh, računajući cenu goriva, gubitke na mreži ukupni troškovi ovog sistem rasvete iznose 2.268.340 LD.<sup>102</sup>

Da bi se uštedelo gorivo i smanjila emisija CO<sub>2</sub>, Libija se sve više oslanja na tehnologiju kombinovanog ciklusa. Energija generisana iz kombinovanog ciklusa je bila oko 37% 2012.<sup>103</sup> Da bi se generisalo 5.019.429 kWh iz fosilnog goriva, potrebno je sagorevanje ili 12.008 barela lake nafte, 10.039 barela teške nafte, ili 1.582.304 m<sup>3</sup> prirodnog gasa. Tehnologija kombinovanog ciklusa smanjuje potrošnju gasa i lake nafte za 66,67%. Emisija CO<sub>2</sub> treba da bude važan faktor u dizajniranju sistema elektrifikacije. Emisija CO<sub>2</sub> je od ozbiljnog uticaja na životnu sredinu. Po Kjoto protokolu emisija CO<sub>2</sub> je jedan od uzroka globalnog zagrevanja. CO<sub>2</sub> doprinosi 9-25% globalnom zagrevanje.<sup>104</sup>

U većini studija opravdanosti sistemi uličnog osvetljenja, troškovi emisije CO<sub>2</sub> nisu razmatrati. CO<sub>2</sub> može oštetiti ekonomiju na primer, utičući na zdravlje ljude i životinje i smanjenje prinosa poljoprivredne proizvodnje.

LED sistem osvetljenja sa napajanjem poreklom od fosilnih goriva: Od 1970. godine HPS-a su bile najpopularnije lampe u sistemima ulične rasvete. GECOL obično koriste 400 W

---

<sup>100</sup> Abdul-Hakim, S.R., Ward, T.A., Rahim, N.A., and Al-Fatlawi, A.W.A., (2012), Technical and economic analysis of renewable energy powered stand-alone pole streetlights for remote area, *Environ. Progress Sustain. Energy*, vol. 4, no. 2012, pp. 283–289

<sup>101</sup> Rajab, Z., Asheibi, A., and Khalil, A., (2016), The economic feasibility of photovoltaic systems for electricity production in Libya, *The 7th International Renewable Energy Congress (IREC'2016)*. Hammamet. Tunisia.2016, pp. 1–6.

<sup>102</sup> Moktar, M., El-Obadi, B., Sanoga, S., et al., (2009), *Demand Side Management in Libya: A Case Study of the General Electric Company of Libya*, Tripoli, Libya: General Electricity Company of Libya.

<sup>103</sup> GECOL, (2012), *General Electric Company of Libya GECOL, Annual Report*.

<sup>104</sup> United Nations, (1998), *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Kyoto, Japan

HPS za putno osvetljenje. Od tada su se pojavile različite tehnologije osvetljenja. Od 2010. godine na dalje, LED osvetljenje dobija svoju ekspanziju i postaje popularno i u uličnoj rasveti. LED može uštediti više energije u poređenju sa HPS sijalicama. Život LED-a je 10 puta duži nego životni vek HPS lampe. U poređenju 400 V HPS i 100 V LED dobijaju se sledeći rezultati: efikasnost lampice HPS kreće se od 45-130 lm/Watt, dok se LED kreće od 70 do 150 lm / Watt. Životni vek lampice HPS kreće se između jedne i dve godine, a usled fluktuacije napona i velikog broja prekida u snabdevanju strujom i kraće. LED lampe imaju vek trajanja više od 50.000 sati. Osim toga, LED lampe imaju veći CRI (Color Rendering Indek) od HPS-a svetlosti što znači da osvetljenje izgleda svetlije i prijatnije za vozače.<sup>105</sup> U svetlu ovih činjenica isplatljivo je zameniti 400 W HPS sijalica 100 W LED svetiljke. Cena LED lampice je 1000 LD. Vek trajanja LED sjetla je više od 50.000 sati. Uzimajući u obzir funkcionisanje LED svetla 12 sati dnevno, a ako se zamene svakih 10 godina troškovi održavanja su oko 100.000 LD. Cena bez struje je 677.900 dinara. Zatim sa sistemom LED osvetljenja, potrošnja iznosi 1.254.857 kwh za period od 20 godina, ukupni troškovi su 1.029.260 LD.

LED-a sistem rasvete sa samostalnim napajanjem Pri projektovanju samostalnih PV sistema, najvažniji zahtevi su precizno sunčevo zračenje i podaci o opterećenju. Ovaj vid osvetljenja zahteva određeni kapacitet akumulatora. Solarni panel treba da bude dizajniran napajanjem sa podjednakim opterećenjem i kada je radijacija najmanja u godini a što garantuju napunjenje baterije tokom cele godine. Dimenzionisanje sistema uključuje određivanje kapaciteta baterije i snagu PV panela.<sup>106</sup>

Almarj je jedan od najvećih gradova u Libiji i nalazi se u istočnom delu Libije. Prosečna mesečno sunčevo zračenje na površini pod nazivom 32 u Almarju grad je 6.939 kwh / m<sup>2</sup> / dan. LED Sistemi ulične rasvete sastoje se od solarnog panela, pola, punjive baterije, kontrolera i LED svetiljki. Sledeći korak u dimenzionisanju samostalnog PV sistema je izbor veličine PV panela i baterije u zavisnosti od karakteristika opterećenja. Izabrano je ulično osvetljenje od 100

---

<sup>105</sup> Abas, N. and Khan, (2011), N., Comparative study of energy saving light sources, Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 15, no. 2011, pp. 296–309

<sup>106</sup> Salia, M., Aillerie, M., and Bognoa, B., (2015), Technical and economic sizing of the energy storage in an autonomous hybrid power generator for rural electrification in sub-equatorial area of Africa, Energy Procedia, vol. 74, no. 2015, pp. 707–717



W i napon je 24 V. Da bi se izračunalo dnevno opterećenje mora se znati broj radnih sati, sledeća formula se koristi za izračunavanje dnevnog svetla sati:<sup>107</sup>

$$N = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan \varphi \tan \delta),$$

(1) gde je N dnevno svetlo (sate),  $\varphi$  je širina što je u našem slučaju  $32^\circ 29'$ ,  $\delta$  je sunčeva deklinacija ugao koji se može odrediti pomoću Cooperove formule:

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right),$$

(2) gde je  $n = 1, \dots, 365$ . U gradu Almarj prosečna dnevna svetlost 12.01 što čini radno vreme dnevno 12 sati, od 18:00 PM do 06:00, 3 dana autonomije, nivo napona sistema je 24 V, a LED snagu lampe je 100 W.

Veličina baterije se određuje u zavisnosti od potrebe Ah za ispunjavanje opterećenje zahteva u odsustvu solarne energije. Baterija treba da osigura da minimalna energija PV panela bude veća od maksimalne energije opterećenja za taj PV panel. Baterija je ključni deo solarnog napajanja sistema za uličnu rasvetu i trebalo bi da obezbedi dnevnu i sezonsku rezervu sistema. Dnevno opterećenje je 50 Ah, a kapacitet baterije se izračunava kao:

$$C_R = \frac{L_d d_a}{\eta DOD},$$

(3) gde je  $L_d$  dnevno opterećenje u Ah,  $d_a$  su autonomni dani,  $\eta$  je efikasnost punjenja i DOD je dubina pražnjenja. Dani autonomije su 3, efikasnost punjenja je 0,85 i DOD je 60%.<sup>108</sup> Potrebna veličina baterije je 294 Ah, najbliži standard je 300 Ah. Treba primetiti da preko prekomerna veličina baterije znači povećanje ukupnih troškova dok manji kapacitet sistem možda neće zadovoljiti zahteve za energijom.

Baterija je i dalje ima presudnu ulogu u samostalnom PV sistemu. Bateriju treba zameniti svakih pet godina, što čini održavanje u iznosu 540.000 LD. Radni vek solarnog panela je između 20 i 25 godina. Iz iskustva sa PV panelima u Libiji, su da mogu da funkcionisu preko 30 godina. LED lampe imaju životni vek 50.000 sati, što znači da se mogu koristiti za više od 10

<sup>107</sup> Beckman, W.A. and Duffie, J.A., (2013), Solar Engineering of Thermal Processes, 4th ed., Wisconsin–Madison: Wiley

<sup>108</sup> Agrawal, G.D., Mathur, S., Mathur, A., and Chandel, M., (2014), Techno-economic analysis of solar photovoltaic power plant for garment zone of Jaipur city, Case Studies Therm. Eng., vol. 2

godina bez traženja zamene. Ukupni troškovi solarnog sistema za osvetljenje ovakvog LED-sistema je 1.147.200 LD.<sup>109</sup>

Samostalni solarni sistem LED uličnog osvetljenja obezbeđuje potrebe za električnom energijom za vreme najgorih dana u godini. Leti ima dovoljno energije koja bi se mogla izvoziti u mrežu ili punjenje ćelija za električna vozila.<sup>110</sup> Višak energije se devet meseci može koristiti u mnogim oblicima ili napajati mrežu tokom letnjih pikova sunčeve toplote u podne. Ova energija može da obezbedi punjenje za mobilne telefone. Višak energije u toku 20 godina iznosi 424.523 kwh. Ovo štedi 1.016 barela lakog goriva, ili 849 barela teškoggoriva ili 133.830 m<sup>3</sup> prirodnog gasa. Ova čistija energija vredi 118.866 LD. Troškovi nabavke i instalacije 50 kw transformatora je oko 15.000 LD. Ova struja može se i prodati najbližim potrošačima kao što su razne uslužne delatnosti duž puta i ugostiteljskim objektima. Ovo čini ukupan trošak sistema LED uličnog osvetljenja sa solarnim pogonom iznosi 1.043.334 LD.

## 6. Analiza rezultata i preporuke

Glavni problem uličnog osvetljenja u udaljenim područjima Libije su visoki troškovi. Jedna od glavnih prepreka za instalaciju sistema na solarni pogon su veliki početni troškovi u poređenju sa tradicionalnim sistemima ulične rasvete. Međutim u slučaju Libije inicijalni troškovi za instalaciju solarnih sistem LED ulične rasvete su manji od troškova instalacije tradicionalnih. Ako se posmatraju troškovi održavanja u obzir dve opcije povezane fosilnim gorivima. LED sistem osvetljenja sa napajanjem poreklom od fosilnih goriva ima najmanje troškove održavanja. Cena dve opcije za solarni pogon je visoka zbog cene zamene baterija.

Računato za period od dvadeset godina troškovi sistema solarnog LED osvetljenja iznose 677.900 LD dok trošak sistema HPS lampi ulične rasvete koji se koristi u Libiji je 862.900 LD. Ovo pokazuje smanjenje troškova od oko 78,56% za period od 20 godina ako se GECOL prebaci na LED osvetljenje. Kada uzmemo u obzir cenu električne energije, dve alternative na solarni pogon, one postaju približno jednake troškovima LED osvetljenja sa napajanjem od fosilnih

---

<sup>109</sup> Ekhlal, M.A., Crema, N.M., Saleh Mohamed, I.M., and Al-Jadi, I., (2013), Photovoltaic in Libya applications, and

evaluation, Proceedings of the International Conference on Renewable Energy for Developing Countries, pp. 1–11

<sup>110</sup> Aishwarya, K. and Kamala, J., (2015), Centralized architecture to improve the efficiency of PV street lighting system, IEEE Sponsered 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS '2015), 2015, pp. 55–59

goriva. Tradicionalna ulična rasveta koja se široko koristi u Libiji je najskuplja. Velike subvencije u naftni sektor i činjenica da je Libija zemlja bogata fosilnim resursima snažno su uticali na ponašanje ljudi. Takvo rasipničko ponašanje prema nafti i gasu nije svojstveno samo za lokalno stanovništvo, nego i za predstavnike vlasti u zemlji. GECOL koristi 400 W HPS sijalice susedne zemlje koriste one od 150 W. Ako GECOL pređe od 400 W na one od 150 W, potrošnja će se smanjiti za 37,5%. Dalje smanjenje bi se moglo postići prelaskom na LED osvetljenje povezano sa mrežom. Kako je potrebno mnoge puteve elektrificirati, Libijska vlada bi trebala da gradi nove elektrane, jer zemlja ne može da zadovolji trenutne zahteve. Uzimajući u obzir troškove izgradnje novih elektrana, distribucije i prenosa infrastrukture dve opcije solarnih LED sistema osvetljenja čine se kao najbolje alternative. Uzimanjem i troškova električne energije u obzir korist je opet okrenuta ka opcijama osvetljenja koje se oslanja na solarnu energiju.

Dve alternative osvetljenja vezanih za fosilna goriva emituju u atmosferu CO<sub>2</sub>, a to vodi ka globalnom zagrevanju. U planiranje troškova trebalo bi uzeti u obzir i društvene troškove koji nastaju zbog emisije CO<sub>2</sub>. U tom ulično osvetljenje sa solarnim sistemima je najbolja alternativa. Može se primetiti da sistem za rasvetu sa LED tehnologijom povezan na mrežu, ima manje troškove od samostalnog solarnog sistema za ulično osvetljenje samo kada je pogonsko gorivo gas što nije slučaj u Libiji, jer nafta čini više od 50% potrošnje goriva. Tradicionalni sistem rasvete u Libiji ima najači negativni uticaji na životnu sredinu, posebno kada koristi se mazut.

Efikasnost uličnog osvetljenja na solarnu energiju je sistem koji se može dodatno poboljšati podešavanjem nivoa kontrole svetlosti tokom dana u zavisnosti od gustine saobraćaja na putu. Kombinovana tehnologija ciklusa smanjuje emisiju CO<sub>2</sub>. Ako se kombinovana tehnologija ciklusa koristi za proizvodnju električne energije emisija CO<sub>2</sub> će se značajno smanjiti. Nažalost, kombinovani ciklus obezbeđuje samo 37% električne energije u Libiji. U ovoj analizi pretpostavlja se da cena nafte ostaje na nivou od 100 \$ u naredne dve decenije. Libija se trenutno bori sa povećanim zahtevima za električnom energijom i teško je izgraditi nove centralizovane elektrane. Pretpostavlja se da će cena PV biti fiksirana i očekuje se da će se u naredne dve decenije smanjivati. LED sistem osvetljenja na solarni pogon izgledaju kao najbolja alternativa za održivi razvoj u Libiji. U svetlu predhodnih činjenica može se zaključiti da je primena LED uličnog osvetljenja na solarni pogon tehnički i ekonomski izvodljivo u Libiji i da je za sad najbolja opcija. Metodologija primenjena u ovoj studiji slučaja, može se generalizovati i za PV sisteme povezane na mrežu.

## 7. Zaključak

Svet se nalazi u ozbiljnoj situaciji uzrokovanoj prekomernom potrošnjom energije, a najviše zbog posledica koje je na životnu sredinu ostavilo korišćenje fosilnih goriva kao izvora energije. Rezultati su više nego zabrinjavajući, to je dovelo do velikog planetarnog zagađenja a posledica se osećaju u vidu klimatskih promena, desertifikacije plodnih površina, nestanka prirodnih resursa planete kao i vode za piće. Klima u pojedinim regijama se potpuno promenila, sa njom i uslovi života što je izazvalo velike socio-ekonomske posledice po čitave regione. Biljni i životinjski svet trpi veliku štetu, usled promenjenih uslova, nestaju čitave vrste biljaka i životinja sa svojih prirodnih staništa, dostupnost vode za piće je je ugrožena, zbog velikih suša dolazi do nestašice vode, a sa tim i pada poljoprivredne proizvodnje i nestašica hrane. To će naravno da pogodi najviše već ugrožena i nerazvijena područja.

Sve zemlje imaju veliku odgovornost i moraju iskoristiti potencijale kojima raspolažu da regulativama i zakonima regulišu obavezu odgovornog ponašanja prema životnoj sredini, naravno uz neophodnu međunarodnu saradnju i poštovanje usvojenih konvencija o očuvanju životne sredine, što bi trebalo da da pozitivne rezultate u zaustavljanju daljeg zagađenja, i očuvanju energije i novca.

Kao jedno od najvažnijih rešenja u prevazilaženju problema zagađenja životne sredine i posledica koje ga prate je okretanje obnovljivim izvorima energije. Libija ima veliki potencijal u obnovljivim izvorima, naročito ima veliku osunčanost tokom cele godine. Korišćenje solarne energije kao izvora za dobijanje električne energije nema štetnih dejstava na okolinu. Prvenstveno nema oslobađanja gasova koji imaju efekat staklene bašte, što je od ključne važnosti da bi se neki proces nazvao čistim u ekološkom smislu. Libija ima neiscrpni rezervoar sunčevog zračenja na ogromnom prostoru u pustinji Sahara. Umesto instalacije elektrane na gasnu turbinu usred pustinje, izgradnja fotonaponske elektrane u istoj regiji, gde je zemljište pogodno i solarno zračenje je bolja odluka. Svakako prethodno istraživanje dovodi do zaključka da što je razvijenije korišćenje solarne energije na tlu Libije smanjuje se delovanje štetnih faktora na životnu sredinu.

Libija kao država čija ekonomija zavisi od izvoza nafte i prirodnog gasa, poseduje velika nalazišta i ima brojna postrojenja za eksploataciju nafte, treba da okrene svoju politiku razvoja

ka održivosti. Najveći prioritet Libije je da spovede stabilno snabdevanje vodom i da se napravi prelaz u proizvodnji energije na iskorišćavanje obnovljivih izvora energije.

Za Libiju se može reći da ima dobar potencijal za primenu PV sistema koji se mogu koristiti na različite načine. Fotonaponski sistemi za snabdevanje električnom energijom udaljenih područja opravdani su na osnovu ekonomskih i tehničkih razloga. Brojne socijalne promene su primećene u selima koja su elektrificirana. Sa kojim god izvorom električne energije da se uporede fotonaponske (PV) elektrane istog kapaciteta su neprikosnovene kao čista i neiscrpna alternativa. Solarno zračenje u regionu je od 2300Kwh/m<sup>2</sup> godišnje, sa osunčanošću od 3500 h/god. Libija ima ograničene zalihe fosilnih goriva, koja se koriste za proizvodnju električne energije i za izvoz, kao glavni izvor nacionalnog dohotka. Tehničke analize pokazuju da će izgradnja postrojenja PV podstaći uvođenje novih tehnologija, otvoriti više radnih mesta, smanjiti zagađenje i promovisati još više ulaganja u solarnu energiju. Većinu potrebnih komponenti mogu obezbediti i izgraditi lokalne kompanije.

PV postrojenje je ekonomičnije, uglavnom zbog toga što ne zahteva gorivo i ima niske troškove rada i održavanja. Očigledno je da je to najbolja opcija dostupna zemlji u planiranju budućeg razvoja.

Dostupnost snabdevanja električnom energijom će omogućiti uključivanje stanovništva u tokove savremenog obrazovanja i upoznavanje sa svakodnevnim životom modernog društva. Pristup električnoj energiji podstiče populaciju da koristi više uređaja kao što su televizori, frižideri, mali kućni aparati. Zog dostupnosti električne energije stanovništvo počinje da se vraća u udaljena izolovana područja i oživljavanja ovih regija.

PV sistemi za snabdevanje električnom energijom udaljenih i izolovanih područja opravdani sa ekonomskih i tehničkih stanovišta. Takođe se preporučuje instalacija još PV sistemima za snabdevanje svog stanovništva koje nema nikakvo ili nema stabilno električno napajanje. Trebalo bi potencirati i ulaganja u razvoj industrije za proizvodnju solarnih ćelija i drugih komponenti PV sistema trebalo kako bi se ispunile potrebe koje će nastati kada se poveća upotreba PV sistema.

Razvoj i ekonomija Libije i dalje zavise od crpljenja i izvoza nafte i gasa. Veliki broj ugovora, partnerstava i još uvek značajna količina resursa nameće zaključak da će situacija još dugo ostati nepromenjena. Već izgrađena infrastruktura, brojna postrojenja i velike subvencije na ove energente dodatno podstiču korišćenje nafte kao glavnog energenta. Ovakvo stanje govori u

prilog tvrdnji da je oslanjanje isključivo na solarnu energiju potrebno ali uzimajući u obzir aktuelnu situaciju u Libiji nije povoljno rešenje za energetske sektor. Bar u nekoj bližoj budućnosti.

Imajući u vidu da Libija ima bogat potencijal u održivim prirodnim izvorima energije, a i prateći svetski trend u očuvanju životne sredine, okretanjem ka obnovljivim izvorima energije, Libija je razvila planove koji će joj biti putokaz ka uspostavljanju održivog energetske sektora. Održavanje stabilne političke i ekonomske situacije su osnovni uslov da bi ova energija mogla da se razvija da izađe u susret domaćim potrebama za električnom energijom da bi se stvorili uslovi za veće rasterećenje naftnog sektora, u kome bi se povećao izvoz a samim tim i ubrzao privredni oporavak. Postoji potreba da privuku investitori u obnovljive tehnologije jačanjem postojeće infrastrukture i zakona. Tehnologija obnovljive energije je i dalje u začetku u Libiji. Još uvek postoji potreba za jasnom strategijom i vremenskim okvirom da se krene napred, posebno u pogledu razvoja veština i znanja potrebnih za izgradnju i održavanje takvih sistema. To je i potvrda polazne hipoteze ovog rada da investiranje u projekte u kojima će se kao izvor energije koristiti solarna energija predstavlja put ka održivom razvoju Libije.

## Literatura

- Abas, N. and Khan, (2011), N., Comparative study of energy saving light sources, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 2011, pp. 296–309
- Abdul-Hakim, S.R., Ward, T.A., Rahim, N.A., and Al-Fatlawi, A.W.A., (2012), Technical and economic analysis of renewable energy powered stand-alone pole streetlights for remote area, *Environ. Progress Sustain. Energy*, vol. 4, no. 2012, pp. 283–289
- Agrawal, G.D., Mathur, S., Mathur, A., and Chandel, M.,(2014), Techno-economic analysis of solar photovoltaic power plant for garment zone of Jaipur city, *Case Studies Therm. Eng.*, vol. 2
- Aishwarya, K. and Kamala, J., (2015), Centralized architecture to improve the efficiency of PV street lighting system, *IEEE Sponsered 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS '2015)* pp. 55–59
- Ali, Issa and Charles Harvie, (2013), Oil and economic development: Libya in the post-Gaddafi era., *Ecological Modelling*
- ASCE Policy Statement 418 at <http://www.asce.org>
- Asheibi A.,Khalil Asharaf, (2013), The Renewable Energy in Libya: Present Difficulties and Remedies, *World Congres on Renewable Energy*, Australia
- Beckman, W.A. and Duffie, J.A., (2013), *Solar Engineering of Thermal Processes*, 4th ed., *Wisconsin–Madison:Wiley*
- Bošković et al., (2017), Solarni izvori energije u funkciji održivog razvoja, *Ekonomija teorija i praksa*, br.4
- Bourouni, K. & Chaibi, M.T., (2009). Solar Energy for Application to Desalination in Tunisia: Description of a Demonstration Project, Chapter 8, *Renewable Energy in the Middle East: Enhancing Security through Regional Cooperation*, Springer Science, Berlin.
- BP, (2013), *Statistical Review of World Energy* (BP, London, 2013) dostupno na [www.bp.com/en/global/corporate/aboutbp/statistical-review-of-world-energy-2013.html](http://www.bp.com/en/global/corporate/aboutbp/statistical-review-of-world-energy-2013.html)

- Carvalho PC, Carvalho LA, Hiluy Filho JJ, & Oliveira RS. (2013). Feasibility study of photovoltaic powered reverse osmosis and pumping plant configurations. *IET Renewable Power Generation* 2013; 7(2):134–143.
- CIA (2018), *The World factbook, Libya*, dostupno na <https://www.cia.gov>
- Clint Twist, (2005), “1000 things you should know about oceans”, Miles Kelly
- Diffenbaugh, N. S., Pal, J., Giorgi, F. & Gao, X.,(2007), Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot. *Geophys. Res. Lett*
- EIA, (2007), *Libya - Oil, Country Analysis Briefs*, US Energy Information Administration
- EIA, (2015), *The Annual Energy Outlook 2015*, dostupno na [http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383\(2015\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383(2015).pdf)
- Ekhlal, M.A., Krema, N.M., Saleh Mohamed, I.M., and Al-Jadi, I., (2013), Photovoltaic in Libya applications, and evaluation, *Proceedings of the International Conference on Renewable Energy for Developing Countries*, pp. 1–11
- El Serafy, Salah,(2013), *Macroeconomics and the Environment: Essays on Green Accounting*. Edward Elgar, Cheltenham, UK
- Elesawi A., et al. (2016), Work development in environmentally sustainable projects, [http://www.esd-conference.com/upload/book\\_of\\_proceedings/esd\\_Book\\_of\\_Proceedings\\_Belgrade\\_2016\\_Online.pdf](http://www.esd-conference.com/upload/book_of_proceedings/esd_Book_of_Proceedings_Belgrade_2016_Online.pdf)
- ENPI-SEIS Country report – Libya, 2015
- GECOL, (2012), *General Electric Company of Libya GECOL, Annual Report*.
- Giupponi, Carlo and Mordechai Shechter, (2003), *Climate change and the Mediterranean: socio-economic perspectives of impact, vulnerability and adaptation*. Edward Elgar UK.
- Goodland, R., (2008), *More Crucial than Oil Scarcity: Climate Change Policies for a Sustainable Libya*. *Climate Policy Journal* 7 , Goodland, R., *Sustainability for Libya*. London, The Society for Libyan Studies
- Gor, A. (2010). *Naš izbor*, Beograd, Geopoetika



- Grein, M., B. Nordell, & A. M. Almathnani. (2006) . UTES Potential for Space Heating and Cooling in Libya. In The Tenth International Conference on Thermal Energy Storage. May 31 –June 2
- Institute for Energy Research, Energy Information Association Forecast, [www.instituteforenergyresearch.org](http://www.instituteforenergyresearch.org)
- International Engineering Research and Innovation Symposium (IRIS) IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 160(2016) 012045 doi:10.1088/1757-899X/160/1/012045
- Ionescu, Constantin, (2015), Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume: 49 Issue 1 ISSN: 1364-0321
- IPCC, (2012), Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Intergovernmental Panel on Climate Change
- Kershman, S. A., (2001), 25 years of experience in operating thermal desalination plants, Desalination 136, pp.141-145
- Kosorić, V. (2007). Aktivni solarni sistemi, Beograd, Građevinska knjiga; 12(2), 21-23
- Kosorić, V. (2008). Ekološka kuća, Beograd, Građevinska knjiga
- Lambić M., (2013), Solarne tehnologije - toplotni i fotoelektrični sistemi, AGM knjiga
- LIAS (Libyan Institute for Advanced Studies), (2014), Libya Vision 2020: Plan for Transformative Change by 2020 dostupno na: [http://www.academia.edu/10714685/Libya\\_Vision\\_2020\\_A\\_Plan\\_for\\_Transformative\\_Change\\_by\\_2020](http://www.academia.edu/10714685/Libya_Vision_2020_A_Plan_for_Transformative_Change_by_2020)
- M. Saleh Ibrahim, and et al. (2002), Planes of General Electrical Company of Libya for the electrification of rural areas in Libya, Symposium on renewable energies in hot regions, Hoon, Libya, October 2002. (in Arabic)
- M. Saleh Ibrahim, Khalifa, Behamed, (2004), Experiences with Photovoltaic systems for telecommunication in Libya, the eighth Arab solar energy conference, Bahrein
- Masters Gilbert M., (2004), Renewable and Efficient Electric Power Systems, John Wiley & Sons.
- Mitrovic, Milos & Martinovic, Tomo & Vukojevic, Goran. (2015). Razlicite tehnologije solarnih elektrana i mogućnost njihove primene u Srbiji. dostupno na

- Moktar, M., El-Obadi, B., Sanoga, S., et al., (2009), Demand Side Management in Libya: A Case Study of the General Electric Company of Libya, Tripoli, Libya: General Electricity Company of Libya.
- Obnovljivi izvori energije dostupno na <http://obnovljiviizvorienergije.rs/energija-sunca/fotovoltai/>).
- OIE, (2017), Novi izvori pitke vode, dostupno na <https://oie.hr/sunceva-energija-novi-izvori-pitke-vode/>
- Perman, R., Ma Y. and McGilvray J. (1996) Natural Resource & Environmental Economic. London and New York, Longman.  
-powered-window-socket/
- R. H. Cristescu, C. Frère, P. B. Banks (2012), A review of fauna in mine rehabilitation in Australia: current state and future decisions, Biol. Conserv. 149, 60
- Rajab Zakharia, (2018), A comparison between centralized PV power plants and fossil fuel plant in Libya, The 9th International Renewable Energy Congress (IREC 2018), dostupno na <https://www.researchgate.net/publication/322147695>
- Rajab, Z., Asheibi, A., and Khalil, A., (2016), The economic feasibility of photovoltaic systems for electricity production in Libya, The 7th International Renewable Energy Congress (IREC'2016). Hammamet. Tunisia. 2016, pp. 1–6.
- Raupach, M. R., Marland, G., Ciais, P., Le Quéré, C., Canadell, J., Klepper, G. & Field, C., (2007), Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions. Washington DC., Proceedings of the National Academy of Sciences,
- RCREEE, (2012), Country Profile Renewable Energy in Libya, dostupno na [http://www.rcreee.org/wpcontent/uploads/2013/05/RCREEE\\_CountryProfile\\_RE\\_2012\\_EN\\_Libya.pdf](http://www.rcreee.org/wpcontent/uploads/2013/05/RCREEE_CountryProfile_RE_2012_EN_Libya.pdf)
- RCREEE, (2013), Provision of Technical Support/Services for an Economical, Technological and Environmental Impact fckLR Assessment of National Regulations and Incentives Renewable Energy and Energy Efficiency, Country Report Libya, <http://www.rcreee.org/wp-content/uploads/2013>
- REN21, (2015), Renewable 2015 Global Status Report.
- Riffel D. & Carvalho, P., (2009). Small-Scale Photovoltaic- Powered Reverse Osmosis Plant without Batteries: Design and Simulation, Desalination, 247(1-3): 378-389.

- Saleh, Ibrahim M. (2006), Prospects of Renewable Energy in Libya, *International Symposium on Solar Physics and Solar Eclipses (SPSE)*, <http://www.irsol.ch>
- Salia, M., Aillerie, M., and Bognoa, B., (2015), Technical and economic sizing of the energy storage in an autonomous hybrid power generator for rural electrification in sub-equatorial area of Africa, *Energy Procedia*, vol. 74, no. 2015, pp. 707–717
- Solargis, (2016), dostupno na [www.solargis.com](http://www.solargis.com)
- Srejić M., (2015), Mogućnost uštede električne energije korišćenjem solarne tehnike za zagrevanje tople vode u domaćinstvu, VI konferencija studenata industrijskog inženjerstva imenadžmenta, Bor
- The UK Government Sustainable Development Strategy, (2005), Securing the Future delivering the UK sustainable development strategy, [http://www.defra.gov.uk/Title\\_40/40cfr61\\_00.html](http://www.defra.gov.uk/Title_40/40cfr61_00.html)
- Turković M, (2016), Naša budućnost posle fosilnih goriva: Obnovljivi izvori energije ili nuklearna energija?, CIRSD
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants). [http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/cfrhtml\\_00/](http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/cfrhtml_00/)
- UN, (1987), World Commission on Environment and Development, Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future available at <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- UN, (1992), Environmental Issues of the UN Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro
- United Nations, (1998), Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Kyoto, Japan
- Upton, H.F. (2011). The Deepwater Horizon Oil Spill and the Gulf of Mexico Fishing Industry. Congressional Research Service. Dostupno na <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R41640.pdf>
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T., Fromentin, J., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F., (2002), Ecological responses to recent climate changes.
- Wheeler, Kevin Ummel & David. (2008). The Economics of Solar Thermal Electricity for Europe, North Africa, and the Middle East. *Renewable Energy*

- <http://www.bvsde.paho.org>
- [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Regional%20Reports/MENA\\_2013\\_lowres.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Regional%20Reports/MENA_2013_lowres.pdf)
- <https://oilprice.com/Alternative-Energy/Solar-Energy/Never-Mind-Oil-Libya-could-Supply-Europe-with-Solar-Power.html>
- <http://www.explorecrete.com/nature/mediterranean.html>