

Primjena sunčeve energije u praksi

Katić, Anita

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:608008>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

STROJARSKI ODJEL

Stručni studij strojarstva

Anita Katić

PRIMJENA SUNČEVE ENERGIJE U PRAKSI

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2015.

Veleučilište u Karlovcu
STROJARSKI ODJEL
Stručni studij strojarstva

Anita Katić

PRIMJENA SUNČEVE ENERGIJE U PRAKSI

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Ljubomir Majdandžić, dipl. ing.

Karlovac, 2015.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Strojarstva
(označiti)

Usmjerenje: **Strojarske konstrukcije**

Karlovac, 02.02.2015.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: **Anita Katić**

Matični broj: 0110609054

Naslov: **PRIMJENA SUNČEVE ENERGIJE U PRAKSI**

Opis zadatka:

Radom je potrebno da student opiše načine korištenja energije Sunčeva zračenja u dobivanju korisnih oblika energije poput toplinske i električne energije.

Potrebno je opisati solarne toplinske kolektore za dobivanje toplinske energije i fotonaponske sustave za proizvodnju električne energije.

Posebno je potrebno opisati i analizirati mogućnosti korištenja Sunčeve energije u prometu. Pokazati praktične primjere korištenja Sunčeve energije u različitim izvedbama u prometu, osobito kod promicanja solarne tehnologije u automobilizmu.

Na kraju rada je potrebno dati kritički osvrt na probleme i poteškoće u masovnijoj primjeni ovih tehnologija u prometu.

Zadatak izraditi i opremiti sukladno Pravilniku o diplomskom ispitu VUK-a.

Zadatak zadan:
02.02.2015.

Rok predaje rada:
24.04.2015.

Predviđeni datum obrane:
29.04.2015.

Mentor:

Prof. dr.sc. Ljubomir Majdandžić

Predsjednik Ispitnog
povjerenstva:

Marijan Brozović, dipl.ing.

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj završni rad na temu primjene Sunčeve energije u praksi napisala samostalno, na temelju znanja stečenog tijekom studiranja, uz pomoć stručne literature, intereta i korisnih savjeta mentora.

Zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc. Ljubomiru Majdandžiću na pruženoj prilici i pomoći tijekom pisanja ovog rada. Također, zahvaljujem se svima koji su bili uz mene sve ove godine studiranja, a posebno obitelji i prijateljima koji su me poticali da dodem do kraja studija.

Anita Katić

SAŽETAK

Shvaćajući da neobnovljivi izvori energije ugrožavaju okoliš i ljude, svijet se sve više počeo okretati prema obnovljivim izvorima energije. Jedan od njih je Sunce.

Osim potražnje za iskorištavanjem Sunčeve energije za potrebe kućanstva, kao što su zagrijavanje prostora, zagrijavanje vode ili proizvodnja električne energije, javlja se potreba i za iskorištavanjem u automobilskoj industriji i ostalim vozilima kao što su plovila ili letjelice. Zasad, takav način iskorištavanja Sunčeve energije još uvijek je u razvoju, ali napredak je vidljiv.

U ovom radu osvrnuti ću se na solarnu energiju i njeno općenito iskorištavanje, razvoj i napredak solarne energije u automobilizmu, konceptualne automobile budućnosti te ostala vozila.

SUMMARY

Understanding that non – renewable resources very harmful to the enviroment and people, the world is more and more started turning to renewable energy sources. This an energy source is the Sun.

One method is to use solar energy for household needs like space heating, water heating or electricity generation. Another method is to use in the automotive industry and other vehicles like boats or aircraft. For now this way of using solar energy is still in development but progress is evident.

In this work I will look at solar energy and it's general use, development and progress of solar energy in motorsports, conceptual future cars and other vehicles.

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. SUNCE..... | 2 |
| 2.1 Energija Sunca..... | 2 |
| 2.2 Iskorištavanje Sunčeve energije | 4 |
| 2.2.1 Solarni kolektori..... | 7 |
| 2.2.2. Fotonaponske ćelije..... | 9 |
| 2.2.3. Fokuseranje Sunčeve energije | 10 |
| 3. SOLARNI AUTOMOBILI | 11 |
| 3.1 Razvoj solarnih automobila..... | 15 |
| 3.2. Solarni automobili današnjice | 20 |
| 3.2.1. World Solar Challenge..... | 21 |
| 3.3. Solarni automobili u Hrvatskoj..... | 24 |
| 4. AUTOMOBILI BUDUĆNOSTI..... | 28 |
| 5. SOLARNA VOZILA | 31 |
| 5.1. Solarna plovila..... | 31 |
| 5.2. Solarni vlakovi..... | 32 |
| 5.3. Solarna letjelica | 33 |
| 5.4. Solarni bicikl..... | 34 |
| 6. ZAKLJUČAK | 35 |
| 7. LITERATURA..... | 36 |
| 8. POPIS SLIKA | 38 |

1. UVOD

Oduvijek je poznato kako postoji velika povezanost čovjeka s prirodom. U želji za višim i boljim standardom života društvo ne postavlja granice kada je u pitanju iskorištavanje svega onoga što nam priroda daje, od hrane, vode, klime pa sve do same energije čijom potrošnjom se stvaraju velike količine raznog otpada koji u konačnici zagađuje okoliš. Zbog toga je važno zaštititi okoliš koliko god je to u čovjekovoj mogućnosti.

Sunce je jedan od najvećih čimbenika razvoja i postojanja današnjeg svijeta, naše planete Zemlje. Ono oblikuje vrijeme i klimu te predstavlja glavni izvor elektromagnetskog zračenja i neiscrpnog izvora obnovljivog oblika energije. Obnovljivi izvori energije dijele se na tradicionalne i na nove izvore energije. Tradicionalni se odnose na biomasu i velike hidroelektrane, dok novi izvori energije se odnose na iskorištavanje energije Sunca, vjetra, geotermanih izvora i slično. Vrlo je bitan razvoj obnovljivih oblika energije jer osim što su ekološki čisti, njihovom upotrebom smanjuje se CO₂, jedan od krivaca za globalno zatopljenje.

Danas, najpopularniji obnovljivi izvor energije je upravo Sunce i njegova solarna energija. Možemo ga upotrebljavati na mnogo načina kao što su proizvodnja električne energije upotrebom fotonaponskih ćelija ili upotrebom koncentrirane solarne energije, zagrijavanje zgrada, zagrijavanje vode ili zraka uz pomoć solarnih panela, i slično.

U ovom radu osvrnuti ću se na samu solarnu energiju te njeno iskorištavanje u domaćinstvu, pretvorbu solarne energije u električnu, posebice u vezi solarnih automobila i ostalih solarnih vozila.

2. SUNCE

2.1 Energija Sunca

Sunce je najveći izvor energije na Zemlji te je glavni izvor elektromagnetskog zračenja koje prolazi atmosferom. Sunčevo zračenje zajedno sa sekundarnim sunčevim izvorima kao što su energija vjetera i energija valova, hidroenergija i biomasa zajedno čine većinu raspoložive obnovljive energije na Zemlji. Međutim, upotrebljava se samo neznatan dio raspoložive energije Sunca.

Sunčeva energija potječe od nuklearnih reakcija u njegovom središtu, gdje temperatura doseže 15 milijuna °C. Radi se o fuziji, kod koje spajanjem vodikovih atoma nastaje helij, uz oslobađanje velike količine energije. Svake sekunde na ovaj način u helij prelazi oko 600 milijuna tona vodika, pri čemu se masa od nekih 4 milijuna tona vodika pretvori u energiju. Ova se energija u vidu svjetlosti i topline širi u svemir pa tako jedan njezin mali dio dolazi i do Zemlje. Tako pod optimalnim uvjetima na površini Zemlje može se dobiti 1 kW/m^2 , a stvarna vrijednost ovisi o lokaciji, godišnjem dobu, dobu dana, vremenskim uvjetima, itd. U Hrvatskoj je prosječna vrijednost dnevne insolacije na horizontalnu plohu $3\text{-}4,5 \text{ kWh/m}^2$. [1]



Slika 2.1. Insolacijski nivo u svijetu

Na karti koja prikazuje insolacijski nivo vidi se da Europa nije na vrlo pogodnom području za eksploataciju, ali unatoč tome u Europi je direktno iskorištavanje Sunčeve

energije u velikom porastu. Većinom je to rezultat politike pojedinih država koje subvencioniraju instaliranje elemenata za pretvorbu Sunčeve energije u iskoristivi oblik energije. Osnovni problemi iskorištavanja su: mala gustoća energetskega toka, velike oscilacije intenziteta zračenja i veliki investicijski troškovi. [2]

Energija koju Zemlja i Hrvatska prime sa Sunca u jednom danu (24 sata) može se izračunati po izrazu:

$$E_Z = P_Z \cdot t \quad [\text{Ws}]$$

$$P_Z = K \cdot G_0 \cdot A_H \quad [\text{W}]$$

$$A_H = 2 \cdot R_Z \cdot \Pi \quad [\text{m}^2]$$

gdje je :

E_Z – energija koju sa Sunca primi Zemlja,

$G_0 = 1370 \text{ W/m}^2$ – snaga Sunčeva zračenja na rubu atmosfere,

$R_Z = 6,378 \cdot 10^6 \text{ m}$ – polumjer Zemlje,

$A_H = 56594 \text{ km}^2$ – površina Hrvatske,

$K = 0,5$ – indeks prozračnosti,

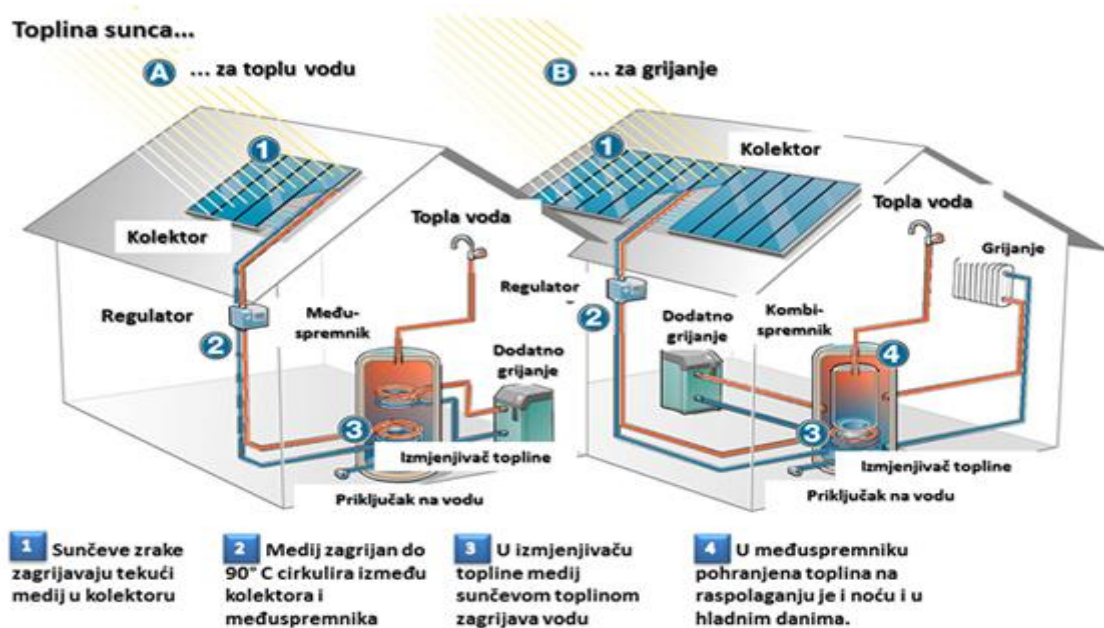
$t = 12$ sati, Sunce sija 12 sati na dan.

2.2 Iskorištavanje Sunčeve energije

Osnovni principi direktnog iskorištavanja energije Sunca su: solarni kolektori, fotonaponske ćelije i fokusiranje Sunčeve energije.

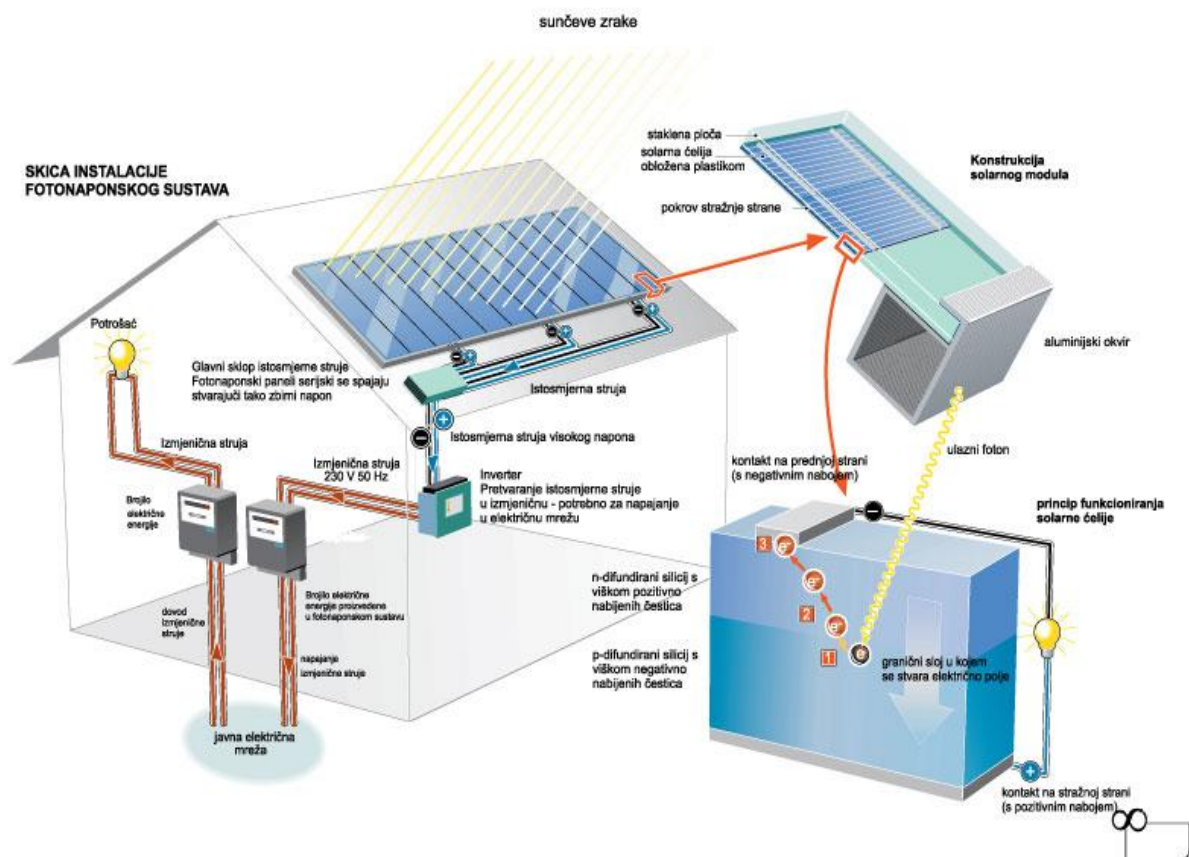
Osim direktnog iskorištavanja, Sunčeva energija se može iskorištavati kroz aktivne i pasivne sustave. Pasivni način označava iskorištavanje energije Sunca za grijanje prostora primjenom odgovarajuće arhitekture, dok je aktivno odličje moderne tehnologije za grijanje PTV-a (potrošna topla voda) i prostora, hlađenje, proizvodnju pare i električne energije.

Aktivno termičko iskorištavanje energije Sunca dobijemo tako da Sunčevu energiju pomoću uređaja sa zrakom ili tekućim medijem (kolektori) neposredno pretvaramo u toplinsku energiju. U ovom slučaju strujanje medija zahtjeva posebnu energiju. Zagrijani medij najčešće koristimo za zagrijavanje sanitarne vode, ali ponekada i za zagrijavanje bazena, staklenika, sušenje voća. Sakupljenu energiju najčešće je potrebno skladištiti, jer ju želimo koristiti kada nam sunčeva energija nije na raspolaganju, tj. proizvodi se kada nema potrebe za njenim korištenjem. Zagrijanu tekućinu, tako skladištimo u izoliranim spremnicima, a zagrijani zrak u akumulacijama od kamena.



Slika 2.2.1. Aktivni način iskorištavanja energije Sunca za proizvodnju potrošne tople vode

Kod aktivnog fotonaponskog iskorištavanja energije Sunca, pomoću fotonaponskih modula energiju Sunca pretvaramo u električnu energiju. Na ovaj način dobivenu energiju istosmjernog napona može se koristiti za rasvjetu, ventilaciju i sl. Prema potrebi, potrošači koji trebaju izmjenični napon od 230V, mogu koristiti ovakve sustave uz upotrebu dodatne inverterske jedinice. Energija se može sakupiti i skladištiti u akumulatorima. U brojnim slučajevima, potrebna je opskrba električnom energijom na mjestima gdje nije izgrađena električna mreža, a zbog velikih troškova se niti ne planira (vikendice, otoci, udaljena mjesta...). U ovim slučajevima nameću se kao rješenje fotonaponski sustavi, i to samostalni ili u kombinaciji sa vjetrogeneratorima ili dizelskim generatorima, tzv. hibridni sustavi.



Slika 2.2.2. Aktivni način iskorištavanja energije Sunca za dobivanje električne energije

Pasivno korištenje energije Sunca primjenjuje se prvenstveno u zgradarstvu. Tu podrazumijevamo orijentaciju zgrada, energetske koncipirane vanjske zidove, višeslojne fasade i sl. Tako izgrađena zgrada troši značajno manje energije za grijanje u odnosu na klasično građene zgrade. Osnovno je kod planiranja tih zgrada da su prostorije u kojima se najviše boravi orijentirane prema jugu, jer u tom slučaju mogu iskoristiti energiju sunčeva zračenja. Uz to, prostorije u kojima se manje boravi, tj. koje je potrebno manje grijati, orijentiraju se na sjevernu stranu građevine. Ovakvim načinom gradnje zimi imamo značajne solarne (toplinske) dobitke. Slojevitim fasadama rješava se kako toplinska izolacija, kao i skladištenje topline. Bit pasivnog korištenja solarne energije jeste da navedene stavke ne koristimo pojedinačno, već da po mogućnosti sve integriramo u jednu cjelinu. [3]



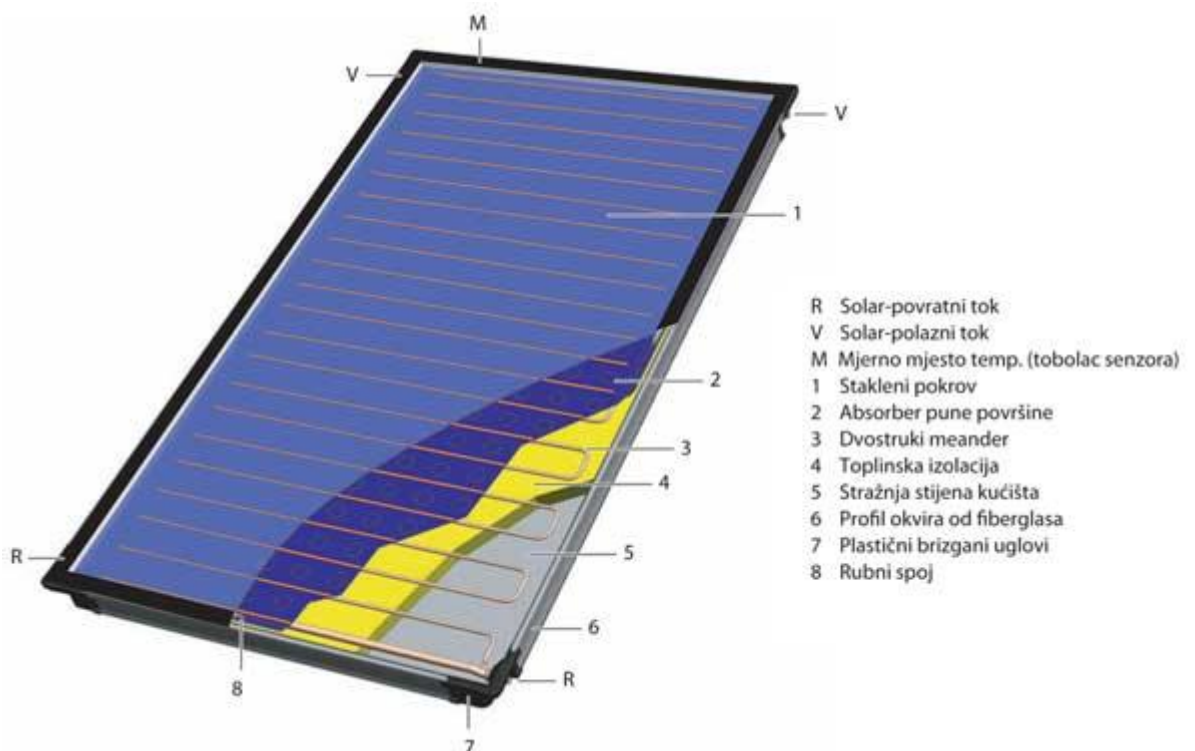
Slika 2.2.3. Pasivno korištenje energije Sunca

2.2.1 Solarni kolektori

Solarni kolektori su elementi solarnog sustava, koji direktno pretvaraju Sunčevu energiju u toplinsku energiju vode ili neke druge radne tvari.

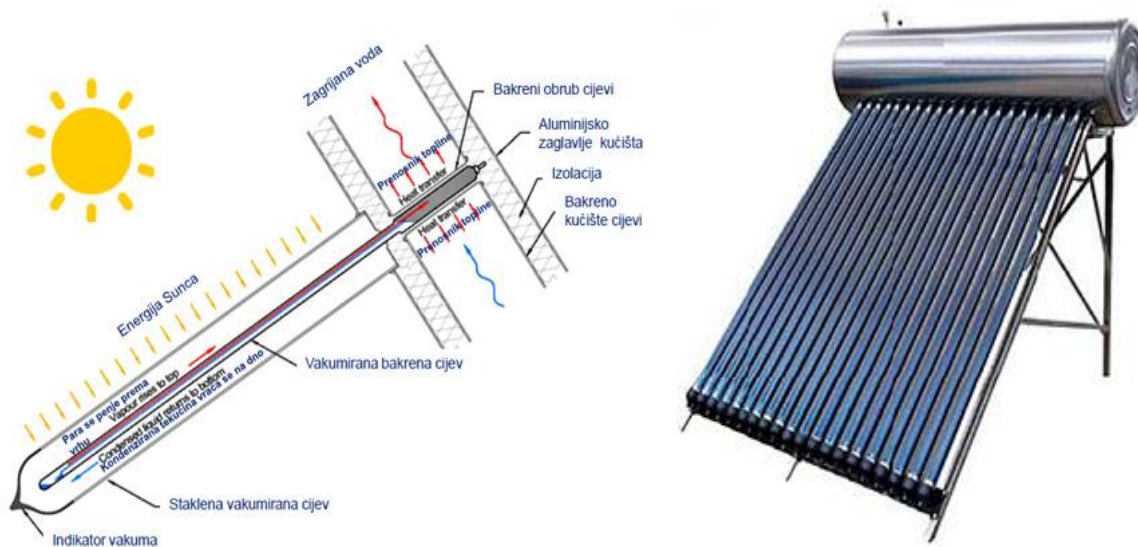
Neki od bitnijih solarnih kolektora su pločasti i vakumski kolektori koji pripadaju u nekoncentrirane solarne kolektore. Pa tako solarni nekoncentrirani kolektori se najčešće pojavljuju u obliku pločastih kolektora.

Pločasti kolektor ima stupanj iskoristivosti Sunčeve energije 50-80%, te je osnovni dio Sunčevog toplovodnog sustava. Prekriven je Sunčevim staklom, te je otporan na tuču i lom. Najčešće se postavljaju okomito ili horizontalno, okrenuti prema jugu i nagnuti prema horizontali. Kut nagiba je najčešće od 35° do 45°, no postoje i neki drugi načini postavljanja ove vrste kolektora.



Slika 2.2.1.1. Pločasti solarni kolektor

Vakumski kolektori imaju vakumirane cijevi čime su im toplinski gubici prema okolini svedeni na minimum. Efikasniji su od ravnih pločastih kolektora. Za usporedbu, kod sustava za pripremu tople potrošne vode efikasniji su za 25-30 %, a kod sustava gdje se traže visoke temperature vode (apsorbcijsko hlađenje) i do 50 %. Za razliku od ravnih pločastih kolektora mogu se koristiti na potpuno ravnim ili okomitim površinama (fasada) zahvaljujući okretnim cijevima. Svaka cijev, a time i apsorber koji se nalazi u njoj može se zaokrenuti oko svoje osi maksimalno za 25 stupnjeva. [4]



Slika 2.2.1.2 Vakumski solarni kolektor

2.2.2. Fotonaponske ćelije

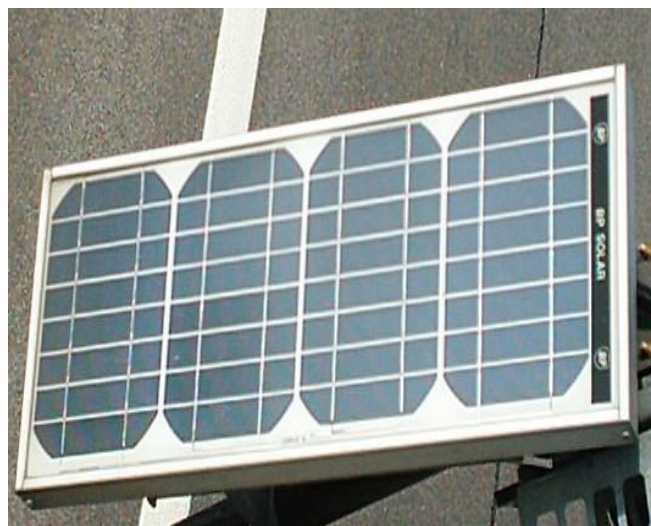
Fotonaponske ćelije, FN (engl. Photovoltaic, PV) ili fotoćelije su poluvodički elementi koji direktno pretvaraju energiju sunčeva zračenja u električnu energiju, a funkcioniraju kao ekološki izuzetno prihvatljiv i gospodarski sve zanimljiviji izvor električne struje. Fotonaponske (FN) ćelije proizvode se iz silicija, a izvode se kao monokristalne, polikristalne i amorfne.

Grupe ćelija tvore solarne module, koji dalje tvore solarne panele (solarne ploče ili fotonaponske ploče). Energija proizvedena solarnim modulima primjer je solarne energije. Fotonaponske ploče mogu se koristiti kao samostalni izvori energije ili kao dodatni izvor energije. Kao samostalni izvor energije koriste se npr. na satelitima, cestovnim znakovima, kalkulatorima i udaljenim objektima koji zahtijevaju dugotrajni izvor energije.

Svemirske misije puno polažu u ovu tehnologiju, jer je u Svemiru snaga sunčeva zračenja puno veća pa je i dobivena Sunčeva energija veća. Kao dodatni izvori energije fotonaponske ćelije mogu se priključiti na distribucijsku električnu mrežu nekog državnog sustava, ali za sada je to ekonomski neisplativo. [5]



Slika 2.2.2.1 Fotonaponska ćelija



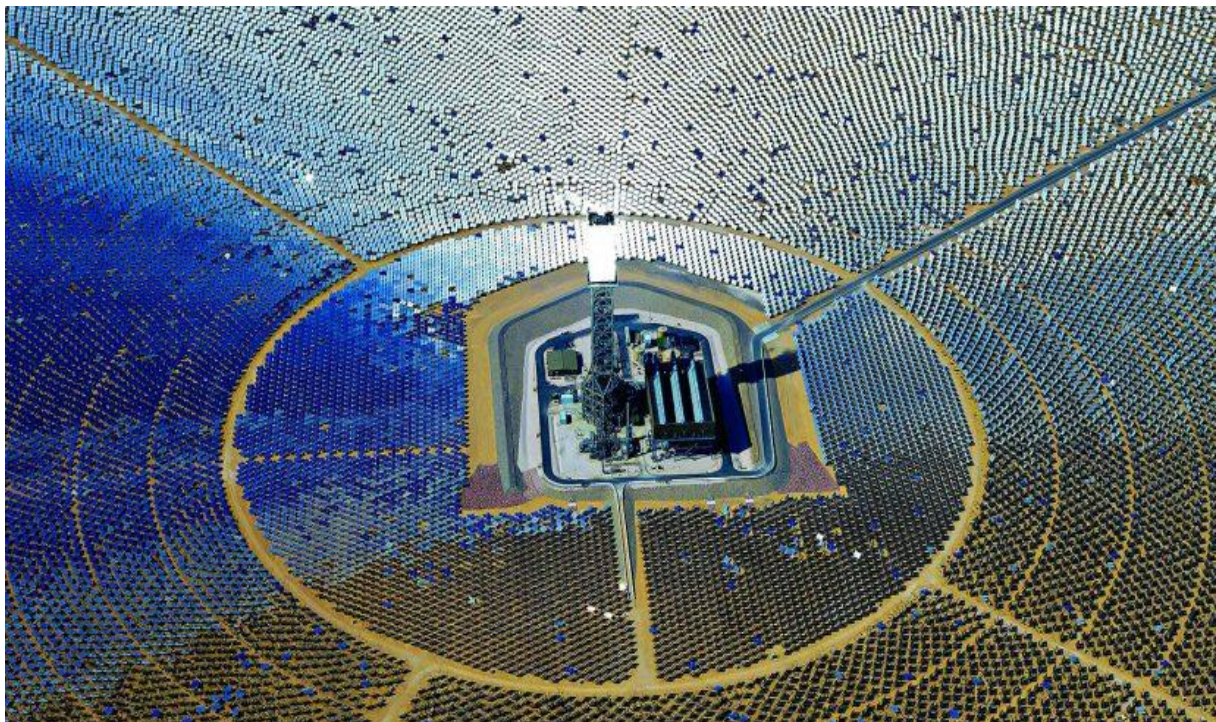
Slika 2.2.2.2. Solarni ili fotonaponski modul

2.2.3. Fokusiranje Sunčeve energije

Fokusiranje Sunčeve energije upotrebljava se u Sunčevim elektranama za pogon velikih generatora ili toplinskih pogona. Fokusiranje se postiže pomoću mnogo leća ili češće pomoću zrcala složenih u tanjur ili konfiguraciju tornja.

Primjer jedne takve elektrane je *Ivanpah Solar Electricity Generating System* – najveća današnja solarna farma smještena u Mojave pustinji u Kaliforniji, koja koristi "*BrightSource Energy's power-tower*" termalnu tehnologiju. Sastavljena od tri odvojene solarne elektrane koje se prostiru na više od 14 km² i proizvodi električnu energiju za potrebe 140.000 domaćinstava u Kaliforniji u vrijeme najvećih dnevnih opterećenja.

Za razliku od fotonaponskog, ovaj sistem ne pretvara direktno solarnu radijaciju u električnu energiju nego 300.000 softverski upravljanih ogledala prate kretanje sunca i fokusiraju sunčevu energiju prema solarnim prijemnicima (bojlerima), smještenim na vrhu 140 metara visokih tornjeva. Na taj način zagrijava se voda u bojlerima do 530°C, a para koja nastaje u procesu se koristi za pokretanje turbina za proizvodnju 392 MW električne energije (bruto). [6]



Slika 2.2.3.1. Najveća solarna farma na svijetu *Ivanpah Solar Electricity Generating System*

3. SOLARNI AUTOMOBILI

U današnje vrijeme, zbog stalnih poskupljenja nafte i njezinih derivata, sve ubrzanijeg globalnog zatopljenja, koje je jednim dijelom uzrokovano emisijama ugljikovog dioksida (CO₂), sve više oživljava ideja o solarnim automobilima i općenito solarnim vozilima.

Solarni automobil pripada vrsti solarnih vozila, a samo solarno vozilo označava električno vozilo koje za pogon elektromotora koristi direktnu sunčevu energiju. Uobičajeno je da solarno vozilo ima na sebi ugrađene solarne ploče u kojima se nalaze fotonaponske ćelije, koje pretvaraju Sunčevu energiju u električnu. Kod takvih vozila solarna energija se može koristiti u potpunosti za pogon vozila ili samo jednim dijelom. Uz to što služi za pogon, solarna energija se može iskoristiti i za uređaje unutar samog vozila. [7]

Solarna vozila još uvijek nisu toliko raširena u slobodnoj prodaji za svakodnevnu upotrebu već se većinom koriste za demonstracije i u istraživačke svrhe, često spozorirane od strane vladinih agencija. Međutim, postoji nekoliko vrsta koje se mogu naći na tržištu poput solarnih brodova.



Slika 3.1. Solarno vozilo katamaran *Planet Solar* (*Turanor*); najveći današnji brod na solarni pogon

Solarni automobil je kombinacija tehnologija koje se inače koriste u zrakoplovstvu, biciklizmu, alternativnim oblicima energije i automobilske industrije. Većina solarnih automobila je napravljena u svrhu solarnih utrka. Od 2011. godine polako su se počeli dizajnirati solarni automobili za svakodnevnu upotrebu.

Fotonaponske ćelije su osnovni dijelovi solarnog automobila. Pomoću njih Sunčeva energija direktno se pretvara u električnu. Fotoni¹ Sunčevih zraka udaraju u elektrone koji se nalaze na ćeliji i stavljaju ih u veći energetska nivo te na taj način stvaraju električnu struju. Ćelije se najčešće rade od silicija, koji je najučinkovitiji materijal efikasnosti od 15 do 20%. Osim silicija koriste se i legure od indija, galija i dušika. [8]

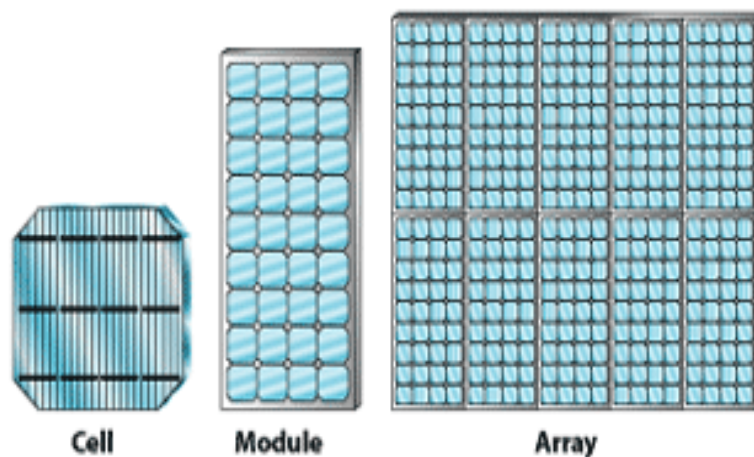


Slika 3.2. Solarni automobil *Tokai Challenger*

¹ Fotoni - čestice koje se mogu opisati kao elektromagnetni energetska paketi određene frekvencije; primjer fotona je svijetlost, u ovom slučaju Sunčeva svijetlost.

Fotonaponske ćelije sastavljaju se tako da čine solarne module. Više modula čine solarne panele, koji mogu onda biti postavljeni na nekoliko načina:

- a) Horizontalni način - najčešći raspored ćelija koji daje najvišu ukupnu snagu tijekom većine dana u ljeti i ima najmanju interakciju s vjetrom; mogu biti integrirani ili u obliku slobodne nadstrešnice.
- b) Vertikalni način - ovaj raspored ćelija je samostalnog oblika ili integriran u obliku jedra koja inače koriste energiju vjetra; korisna solarna energija je ograničena ujutro, poslije podne ili zimu kada je Sunce jako nisko, a vozilo se kreće u takvom pravcu.
- c) Prilagodljiv način - kod ovakvog načina rasporeda solarni paneli se mogu gibati oko osi putanje vozila tako da povećaju snagu kada je sunce nisko ili sa strane vozila.
- d) Integrirani način - odnosi se na neka vozila kod kojih je svaki slobodan prostor popunjen sa ćelijom; neke su ćelije pod optimalnim kutom, a neke u hladu.
- e) Prikolice - solarne prikolice su posebno korisne za opremanje vozila sa malom stabilnošću, npr. bicikle.
- f) Daljinski način - montiranje panela na neku nepokretnu lokaciju umjesto na vozilo; snaga može biti maksimalna, a otpor minimalni, međutim, na taj način dolazi do većih električnih gubitaka nego što je to kod pravog solarnog vozila, a i baterija treba biti puno veća.



Slika 3.3. Fotonaponske ćelije (solarne ćelije), moduli i solarni paneli

Geometrija solarnog panela određuje se s obzirom na optimizaciju izlazne snage, aerodinamičnog otpora i mase samog vozila. Na solarnim automobilima paneli su drugačije motirani nego kod nepomičnih konstrukcija. Obično se koriste obostrano ljepljive trake postavljene na tijelo automobila na koje se stavljaju solarni paneli. Ti paneli sami po sebi su obloženi s tankim slojevima termoplastične gume (*Tedlar*).

Baterija koja se mora nalaziti unutar solarnog automobila, kada se napuni preko fotonaponskih ćelija, dovoljna je da auto prijeđe oko 400 kilometara bez sunca i omogućuje brzinu vožnje do nekih 97 km/h. Pomoću baterije, naravno, pokreće se motor, koji troši manje snage nego neki kućanski aparati i obično ima od 2 do 3 konjske snage. [11]

Materijali koji se načešće koriste za samu konstrukciju solarnog automobila su aluminij i karbon. Osim tih materijala sve češće se koriste kompozitni materijali, koji su sastavljeni od najmanje dvije vrste materijala od kojih je jedan osnovni materijal, a drugi je materijal za očvršćivanje, npr vlakna ili čestice. Ti materijali za očvršćivanje mogu biti na primjer karbonska vlakna ili kevlar². [12]

Izgledi solarnih automobila često podsjećaju na zrakoplove ili svemirske letjelice, a razlog tome je da se postigne što bolja aerodinamičnost, tj. da otpor zraka bude što manji.

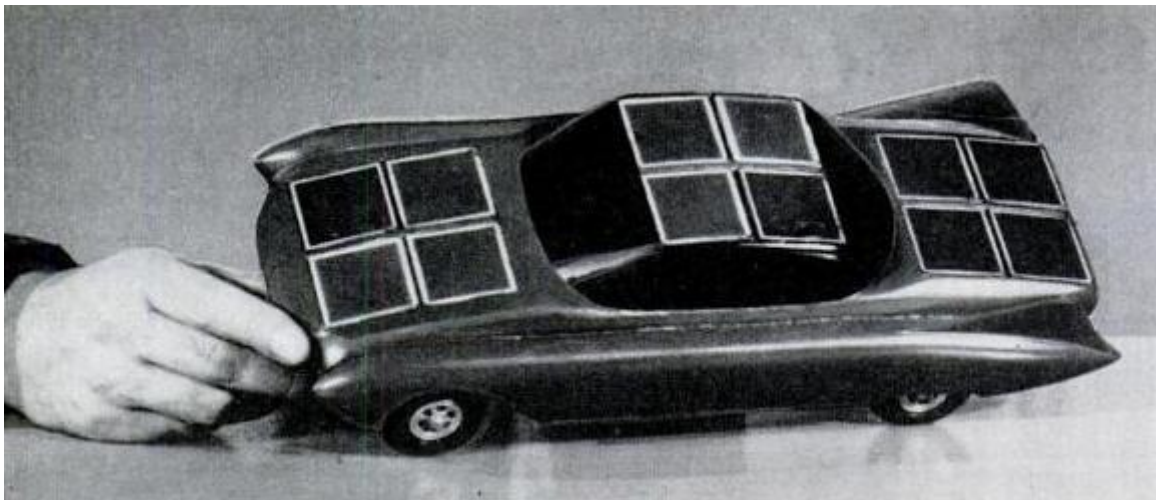


Slika 3.4. Solarni automobil *Solar - World No. 1*

² Kevlar - vrsta jako otpornog sintetičkog vlakna (fibera). Ovaj materijal je pet puta izdržljiviji od metala i dobro podnosi visoke temperature. Zbog svoje kemijske strukture Kevlar je veoma lagan pa se zbog toga koristi u proizvodnji dijelova aviona, svemirskih raketa i satelita, kao i bolida Formule 1. Zbog svoje izdržljivosti, Kevlar se također koristi i u proizvodnji pancirnih košulja.

3.1 Razvoj solarnih automobila

Prvi početci solarnih automobila kreću 1955. godine kad je William G. Cobb izumio *Sunmobile*. Radilo se o automobilu od svega 38 centimetara na kojem se nalazilo 12 fotoaponskih ćelija napravljenih od selena. To je bio modelski prikaz solarnog automobila. Fotonaponske ćelije su bile spojene serijski i paralelno i pretvarale su svjetlost sunca izravno u električnu energiju koja je pokretala nisko - inercijski elektromotor. Motor se vrtio na 2000 okretaja po minuti i pokretao na 1,5 volti. Energijom motora pokretao se pogon osovine, a energijom pogona osovine pokretala se kolotura uz pomoć koje se okretala stražnja osovina automobila. Model je bio napravljen od laganog *balsa drveta*³.



Slika 3.1.1. Prvi solarni automobil *Sunmobile*, od svega 38 cm dužine

³ Balsa drvo (lat. *Ochroma lagopus*) - vrsta drveta iz porodice baobaba, raste u Srednjoj i Južnoj Americi, stablo visine do 25 metara, vrlo lagano drvo.

Nedugo nakon Cobb-ovog prvog solarnog automobila, godine 1958. *The International Rectifier Company* pretvorila je Baker-ov starodobni model električnog automobila iz 1912. godine u automobil koji je za pokretanje koristio fotonaponsku energiju. Oko 10 640 samostalnih solarnih ćelija bilo je ugrađeno na krov te na taj način se dobivala električna energija za pokretanje elektromotora, a time i samog automobila. Ovaj automobil je prvi solarni koji je osoba mogla voziti, međutim za javnost je postao dostupan tek 1962. godine.



Slika 3.1.2. Staromodni model automobila pretvoren u solarni automobil pod vodstvom tvrke *The International Rectifier Company*

U 1977. godini Ed Passerani, profesor na Sveučilištu Alabama, napravio je solarni *Bluebird* automobil, koji nije imao baterije u sebi nego ga je pokretala električna energija dobivena pomoću solarnih ćelije.

U razdoblju između 1977. i 1980. godine (točan datum se ne zna), na Tokyo Denki University, profesor Masaharu Fujita prvi je kreirao solarni bicikl, a potom i solarni automobil na 4 kotača. Taj solarni automobil zapravo je bio napravljen od dvaju spojenih solarnih bicikala.

Godine 1979. englez Alain Freeman izumio je solarni automobil sa tri kotača. Njegov solarni automobil je imao solarni panel, koji je služio kao i krov tog istog automobila.



Slika 3.1.3. Solarni automobil Alaina Freemana s tri kotača

1980. godine u Izraelu na sveučilištu Tel Aviv, Arye Braunstein sa svojim suradnicima kreirao je solarni automobil *Citicar*, koji je imao solarne panele na poklopcu motora i na krovu. Bio je sastavljen od 432 ćelije, koje su mogle stvoriti do 400 W vršne snage te 8 baterija od 6 volti za pohranu fotonaponske energije. *Citicar* je imao 600 kilograma te je mogao dostići brzinu od 65 kilometara na sat i prijeći udaljenost od 80 kilometara.



Slika 3.1.4. Solarni automobil *Citicar*

Izumitelji Hans Tholstrup i Larry Perkins 1981. godine izumili su prvi solarni automobil za utrke *Quiet Achiever*, a samo godinu dana poslije s tim istim solarnim automobilom su prešli put od Perth do Sydneja, to jest prešli su s njim preko cijelog kontinenta Australija. Kasnije, Hans Tholstrup je postao začetnikom utrke *World Solar Challenge*⁴ u Australiji.



Slika 3.1.5. Solarni automobil *Quiet Achiever*

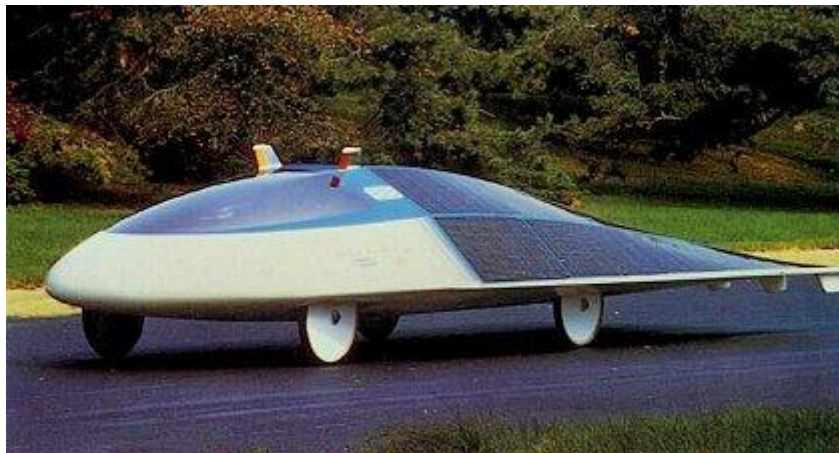
Sunrunner je još jedan solarni automobil za utrke kojeg su razvili Greg Johanson i Joel Davidson 1984.. *Sunrunner* je bio prvi automobil napajan samo s solarnom energijom bez upotrebe baterija. Također, *Sunrunner* je postavio i prvi rekord što se tiče solarnih automobila postigavši maksimalnu brzinu od 65 km/h te tako ušao u Guinness-ovu knjigu rekorda.

⁴ World Solar Challenge je najveća svjetska utrka solarnih automobila od 3021 kilometara koja se održava u Australiji svake druge godine.



Slika 3.1.6. Solarni automobil *Sunrunner*

Tri godine kasnije, General Motors napravio je *Sunracer* koji je uspio prijeći put od 3000 kilometara s prosječnom brzinom od 68 km/h.



Slika 3.1.7. Solarni automobil *Sunracer*

Od tog razdoblja do danas razvijeno je još mnoštvo solarnih automobila, što u vlastite svrhe, a što u svrhe natjecanja i izložbi. Ovi navedeni solarni automobili su jedni od značajnijih za razvijanje solarne tehnologije u automobilizmu. [10]

3.2. Solarni automobili današnjice

Solarni atomobili danas, s obzirom na solarne automobile u 20. stoljeću, nisu se previše izmijenili. I dalje su to automobili slični običnim automobilima osim što im je glavni pokretač Sunce. Ono što se izmijenilo je ljudska svijest o tome koliko nam je prijeko potrebno smišljati načine iskorištavanja solarne energije i biti što inovativniji. Tako danas nema države u kojoj se na neki način ne radi na osmišljavanju što inovativnijeg solarnog automobila. Škole i fakulteti prednjače u tome, pogotovo u svrhe natjecanja na solarnim utrkama, koje su sve brojnije danas. Osim škola i fakulteta, neke od najvećih automobilskih industrija počelo je osmišljavati svoje koncepte "automobila budućnosti", ali o tome više u idućem poglavlju.

Što se tiče solarnih utrka, bez kojih danas možda nebi bilo toliko solarnih autmobila, postoje daljinske i brzinske. Daljinske, kao što im samo ime govori, su utrke na daljinu. Kod brzinskih utrka, za razliku od utrka na velike udaljenosti, vozila koja sudjeluju u ovim utrkama ne koriste baterije ili uređaje za pohranu energije. Obično se natjecatelji utrkuju jedan protiv drugog na četvrt kilometra udaljenosti na ravnoj stazi. Trenutno se solarne brzinske utrke održavaju svake godine subotom koja je najbliža ljetnom solsticiju⁵ u Wenatchee, Washington, SAD.

Prva solarna utrka bila je *Tour de Sol* 1985. godine u Švicarskoj koja pripada daljinskim vrstama utrka. Današnje dvije najistaknutije daljinske utrke solarnih automobila su *World Solar Challenge* i *North American Solar Challenge*. *World Solar Challenge* utrka dugačka je oko 3000 kilometara i vozi se jednog kraja Australije na drugi, a *North American Solar Challenge* između 1900 i 2900 kilometara preko Sjeverne Amerike.

⁵ Solsticij ili suncostaj – vrijeme kada Sunce u prividnom gibanju oko Zemlje postigne najveću pozitivnu deklinaciju +23°27' (ljetni solsticij), odnosno najveću negativnu deklinaciju od -23°27' (zimski solsticij). Ljetni solsticij je 21. Lipnja i tad je dan na sjevernoj polutci Zemlje najdulji, a zimski je 21. prosinca i tad je dan najkraći.

3.2.1. World Solar Challenge

World Solar Challenge utrka nastala je tako što dvojica izumitelja, Hans Tholstrup i Larry Perkins, napravili svoj prvi solarni automobil *Quiet Achiever* te s njim prešli put od Perthu do Sydneja u Australiji 1982. godine. Nedugo nakon toga, Hans je osmislio solarnu utrku, koja se održava i dan danas, prvotno svake tri, a u novije vrijeme svake dvije godine.

Utrka je dugačka 3021 kilometar te privlači timove iz cijelog svijeta. U utrci sudjeluju prvenstveno sveučilišta, ali ima i timova iz srednjih škola, te timova koje financiraju privatna poduzeća. Održava se s svrhom kako bi se nastavio razvoj napredne automobilske tehnologije te kako bi se promovirale alternative konvencionalnim automobilskim motorima, u ovom slučaju solarni pogon automobila. [13]



Slika 3.2.1. Karta rute u utrci *World Solar Challenge*

Najbolji sudionici utrke postižu prosječnu brzinu od oko 100 km/h. Vrijeme održavanja utrke tokom jednog dana i računanje vremena je samo za vrijeme dnevne svjetlosti, te se ostatak vremena ne računa. Sama strategija utrke temelji se na učinkovitom balansiranju energetske resursa te potrošnje snage. U svakom trenutku, optimalna brzina automobila ovisi o vremenskim uvjetima i kapacitetu baterije. Isto tako, vrlo je bitno napuniti bateriju što je više moguće po dnevnom svjetlu kad se auto ne utrkuje, a to se ostvaruje tako da solarni paneli se postavljaju okomito na zrake sunca da bi upili što više solarne energije. Utrka se ne vozi po noći.

Postoje razna pravila utrke. Tako je jedno od njih da automobili na putu od Darvina do Adelaide moraju doći isključivo samo pomoću solarne energije. Pravila na cesti vrijede kao za ostale utrke običnih automobila, međutim dopušteno im je iskoristiti cestovne prilike na način da iskoriste što više solarne energije, npr. poslije podne kada je sunce na zapadu bilo bi poželjno voziti na desnoj strani ceste, pod uvjetom da nema prometa u suprotnom smjeru. U svakom timu moraju biti najmanje dva vozača, a najviše četiri, s tim da težina vozača mora biti najmanje 80 kilograma, u protivnom ako je težina manja, u automobil će se dodati balast kako bi se nadoknadila razlika u težini. Kapacitet baterije je ograničen na snagu od 5 kWh, te se ne smije mijenjati tijekom natjecanja, osim u slučaju kvara. Što se tiče dizajna samog auta jedina pravila koja postoje su u vezi dimenzija, ostalo nije strogo određeno.

Od 2007. godine automobili se počinju razvrstavati u različite klase – *Challenger* i *Adventure*, a od 2013. godine dodaju se još dvije klase – *Cruiser* i *Evolution*. Klase se razvijaju i dodaju na osnovi povratnih informacija od samih natjecatelja, pa tako klasu *Challenger Solar EV (Electrical vehicle)* odlikuju vozila koja su efikasna, ali nisu praktična i udobna i u vozilu se smije nalaziti samo jedan vozač. Klasu *Cruiser Solar EV* odlikuje praktičnost i vozila u ovoj klasi moraju imati dva ili više putnika/vozača koji trebaju biti okrenuti prema naprijed. U *Adventure* klasi se natječu vozila koja ne ispunjavaju uvjete za *Challenger* klasu, dok u klasi *Evolution* se nalaze vozila koja ne ispunjavaju sve kriterije *Solar EV*.

Zadnja utrka *World Solar Challenge* je održana 2013. Godine od 6. Do 13. Kolovoza. Na toj utrci u klasi *Challenger* pobjedu je odnio *Nuna 7*. To je solarni automobil iz *Nuna series* napravljen od strane Nizozemskog solarnog tima Nuon Solar Car Team, koji je predstavljao nizozemsko Sveučilište tehnologije Delft. *Nuna 7* je sedmi automobil tog tima, koji se sastojao od 16 studenata. Duljina vozila iznosila je 1,12 m, a ukupna masa automobila iznosila je 190 kilograma. Na njegovom krovu nalazilo se ukupno 391 monokristalnih silikonskih solarnih ćelija te prosječna efikasnost iznosi 21%. Elektromotor koji pogoni ovo vozilo je CSIRO InWheel Direct Drive elektromotor. U automobilu se nalazi 21 kg Li-Ion baterija kapaciteta 5,3 kWh. Ovaj automobil je izrađen od karbonskih vlakana te aramidskih vlakana na dijelovima gdje je potrebna dodata zaštita vozača. Otpor zraka mu je 12 puta manji nego kod običnog automobila, a otpor kotrljanja 10 puta manji. Stražnji ovjes automobila izrađen je od aluminija s metalnim oprugama.

To je prvi automobil koji je koristio sustav leća pod nazivom koncentrator. Na taj način je ostvario veću efikasnost i veću količinu spremljene energije. Svrha koncentratora je da usmjerava veliku količinu solarne energije na malo područje ćelija od galij – arsenida. Oni se rastvaraju kada automobil stoji i tijekom jutra i večeri. *Nuno 7* do cilja je stigao za 33 sata i 3 miute s prosječnom brzinom od 90,71 km/h. [14]



Slika 3.2.1.1. *Nuna 7*, pobjednik utrke *World Solar Challenge* 2013. u klasi *Challenger*

Na principu konstrukcije vanjskog i unutarnjeg izgleda *Nune 7*, rade se svi takvi solarni automobili u svrhu raznih natjecanja i utrka, osim što su iz dana u dan inovativniji.

3.3. Solarni automobili u Hrvatskoj

Uz sve države svijeta, koje se trude u vezi solarnog napredka automobila i općenito solarne tehnologije, našla se i naša Hrvatska. Već dugi niz godina u Hrvatskoj postoji solarna osvještjenost, ali do nedavno to je bilo samo u vezi proizvodnje električne energije i potrošne tople vode uz pomoć solarne energije. Danas se već možemo pohvaliti i našim prvim solarni automobilom. Sve je započelo osnivanjem projekta nazvan *SOELA* ili *Solarni Električni Automobil*.

SOELA je osnovana u Tehničkoj školi Sisak, te se financira sredstvima iz Europske Unije u iznosu od 190 000 eura. U projektu prvotno je sudjelovalo 5 srednjih strukovnih škola, međutim ta brojka se sve više povećava. *SOELA* je vrlo specifičan, jedinstven i inovativan projekt jer se njegovom realizacijom želi postići razina kompetencije nastavnika i učenika, a posebno se to odnosi na podizanje kvalitete stručne prakse kao osnovnog temelja posojeće, ali i buduće proizvodnje u gospodarstvu Republike Hrvatske. [15]



Slika 3.3.1. Solarni automobil za projekt *SOELA*

Zadatak škola koje sudjeluju u tom projektu je da naprave solarni automobil od istih zadanih komponenti i u okviru redovnog nastavog procesa zajedno s svojim mentorima projektirati oblik solarnog automobila i ugraditi zadanu opremu. Na kraju tog ciklusa organizira se utrka napravljenih solarnih automobila u Sisku, točnije u Lonjskom polju. To je započeto 2013. godine, nastavlja se i danas i to je jedina utrka takve vrste u Europskoj uniji.

Zajedničke komponente, koje su škole dobile sastoji se od elektromotora snage 1500 W i napona 48 V, koji se nalazi u stražnjem kotaču. Dobiveni solarni fotonaponski modul je snage 90 W i napona 12 V, te je postavljen s gornje strane karoserije i daje ukupnu snagu od 540 W. Akumulatori koji se koriste su kapaciteta 100 Ah. Dizajn i oblik automobila je po izboru, jedino što je ograničen jer svih 5 škola su na raspolaganje dobile istu količinu aluminijskih profila.

Na prvoj utrci održanoj u Sisku pobijedila je sisačka Tehnička škola sa svojim solarni automobilom. Njihov automobil je projektiran za jednog vozača s maksimalnom brzinom do 40 kilometara na sat. Izrađen je od aluminijskih cijevi, ima tri kotača od kojih je jedan pogonski čime su manjili moguće gubitke u prijenosu snage motora na kotače, lanac i zupčanike, te mu je ugražen fotonaponski sustav. [16]



Slika 3.3.2. Solarni automobil sisačke Tehničke škole



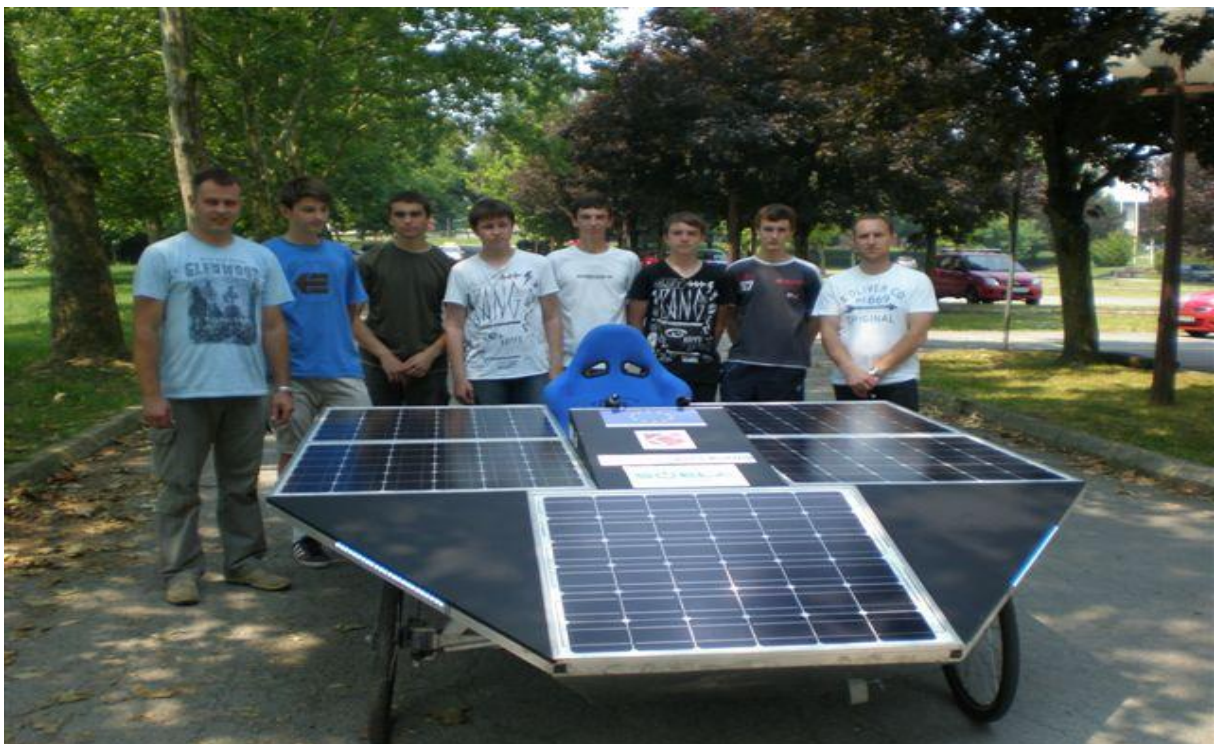
Slika 3.3.3. Solarni automobil Elektrotehničke i prometne škole u Osijeku



Slika 3.3.4. Solarni automobil Strukovne škole Vice Vlatkovića iz Zadra



Slika 3.3.5. Solarni automobil Srednje strukovne škole Velika Gorica



Slika 3.3.6. Solarni automobil Tehničke škole Kutina

4. AUTOMOBILI BUDUĆNOSTI

Automobili budućnosti odnose se na automobile kod kojih pogon može izričito biti solarni ili uz još neki izvor energije. Ovdje će biti predstavljena samo neka od takvih automobila, koje bi danas svatko htio imati i to izričito zbog privlačnog izgleda samog automobila.

Koenigsess Quant je automobil Švedske kompanije koja se bavi razvojem superautomobila. To je konceptni automobil, koji koristi najneobičniju kombinaciju izvora energije: solarne energije i pirit, materijal koji inače se mješa sa zlatom. Najavljeno je kako će *Quant* moći preći 480 kilometara sa samo 20 minuta punjenja.

Quant je sportska verzija automobila budućnosti koji ima dva izmjenično-induktivna elektromotora snage 512 KS i momenta 714,51 Nm. Šasija mu je napravljena od karbonskih vlakana, a vanjska konstrukcija od aluminija. Cijelo tijelo automobila je prekriveno, uključujući i prozore, tankim slojem solarnih ćelija, koje jednim dijelom daju snagu elektromotoru.



Slika 4.1. *Koenigsess Quant*, Švedski automobil budućnosti

Slijedeći automobil koji se isto smatra automobilom budućnosti je *Antro Solo*. To je mađarski automobil koji koristi kombinaciju solarne i plinsko-električne energije. Tijekom sunčanog vremena, sami solarni paneli na krovu su dovoljni za napajanje automobila na kratkim putovanjima od 15 do 25 kilometara.



Slika 4.2. *Antro Solo*, Mađarski koncept solarnog automobila

Engleski automobil *Lotus Eco Elise*, iako nije potpuno ekološki čist i jos uvijek ovisi o fosilnim gorivima, ugrađeni solarni paneli na njemu napajaju cijelu elektroniku u automobilte na taj način štede energiju.



Slika 4.3. *Lotus Eco Elise*

Još jedan konceptualni automobil budućnosti je *Mindset Six50*. Taj automobil može preći 100 km sa samo jednim punjenjem, koje vrši pomoću svojih krovnih solarnih panela. *Mindset Six50* nije potpuno solarni automobil, nego je u kombinaciji s benzinom. Teži oko 800 kg. Napravljen je od kombinacije plastike i aluminija; šasija je aluminijska, a vanjska konstrukcija od plastike. Motor mu snage od 70 kW te omogućuje brzinu automobila do 140 km/h, a ubrzanje do 100 km/h ua 6 sekundi.

Jedna od glavnih prednosti ovog automobila je njegova cijena, iako trenutno nije u proizvodnji. Cijena mu se procjenjuje na 31 000 eura, što je dosta kompetitivna cijena mnogim sličnim automobilima. [17]



Slika 4.4. Automobil *Mindset Six50*

5. SOLARNA VOZILA

U poglavlju 3.SOLARNI AUTOMOBILI spomenuto je da solarni automobili pripadaju u solarna vozila. Osim solarnih automobila u solarna vozila možemo svrstati i bicikle, vlakove, brodove, letjelice, itd.

5.1. Solarna plovila

Do sad su se solarna plovila koristila samo za neke manje udaljenosti na rijekama i kanalima. Međutim kako sve napreduje tako i solarna tehnologija plovila. Današnje najveće solarno plovilo je katamaran *Planet Solar*. Dugačak je 31 metra i prekriven je s više od 500 četvornih metara solarnih ploča snage 93 kW koje opskrbljuju energijom dva elektromotora te ih na taj način pokreću. Sunčeva energija mu je jedino gorivo, te se ona pohranjuje u litij-ionske baterije koje teže 8,5 tona te čine značajnu masu katamarana. Brzina kretanja mu je do 14 čvorova ili 26 km/h. U slučaju kada je loše vrijeme i nema sunca, ima mogućnost rada oko tri dana. *Planet Solar* sagrađen je u Njemačkoj i porinut je u more 31.03.2010. godine. [18]



Slika 5.1.1. *Planet Solar*

5.2. Solarni vlakovi

Solarni vlak koji se kreće tračnicama te koji ima vlastiti solarni pogon i solarne panele na sebi, još nije napravljen, ali je na dobrom putu do toga. Vlak koji povezuje Pariz i Amsterdam biti će prvi koji u Europi koji će na jednoj dionici upotrebljavati energiju iz solarnih ploča za pogonsko gorivo. Te solarne ploče postavljene su iznad tunela kojim prolazi pruga. Tunel je dugačak 3,6 kilometara i ima 16 000 solarnih ploča ukupne površine 50 000 četvornih metara, što odgovara površini 8 nogometnih stadiona. Osim napajanja vlaka, te solarne ćelije prozvesti će toliko električne struje da će je isporučivati i gradu Antwerpenu, pošto te tunel i nalazi tu tom gradu. U jednoj godini proizvesti će se dovoljno struje da zadovolji potrebe gotovo tisuću obitelji. Te solarne ploče, tijekom dvadeset godina, spriječiti će da 47 milijuna kilograma ugljikova dioksida ode u atmosferu. [19]



Slika 5.2.1. Solarni tunel za pogon vlaka na jednoj dionici puta u gradu Antwerpen, Belgija

5.3. Solarna letjelica

Solarna letjelica je vrsta električne letjelice, koju pokreće elektromotor, a struja mu dolazi uglavnom od fotonaponskih ćelija i od baterija gdje se solarna energija skladišti. Za sad, solarne letjelice su još uvijek u fazi ispitivanja. Najambiciozniji projekt solarne letjelice je *Solar Impulse*. Ta vrsta solarne letjelice je avion pogonjen Sunčevom energijom.

Solar Impulse pogoni otprilike 12 000 fotoćelija koje pokrivaju njegova velika krila i pune bateriju što zrakoplovu omogućuje letenje danju i noću bez dodavanja goriva. S obzirom da mu je promjer krila jednak kao i na običnim zrakoplovima, težina mu je kao kod nekog prosječnog automobila, što nije baš pohvalno u slučaju lošeg vremena. [20]



Slika 5.3.1. *Solar Impulse*, avion na solarni pogon

5.4. Solarni bicikl

Solarni bicikl je solarno vozilo koje osim solarne energije koristi i mehaničku energiju pedaliranja vozača. Jedan takav primjer bicikla je *Leaos*. To je prvi električni bicikl na solarno punjenje. *Leaos* je nezavisan od tradicionalnih izvora energije. Potrebno mu je samo Sunce. Međutim, kada na ekranu, koji je ugrađen na volanu bicikla, pokaže se nizak nivo energije, bicikl se može dopuniti s drugim izvorom energije, u ovom slučaju električne. Napravljen je od karbonskih vlakana, što omogućuje raznovrsnost dizajna, ali i ugrađivanje tehničkih elemenata kao što su solarni paneli. Zahvaljujući dizajnu bicikla, površina je iskorištena za stvaranje dovoljno energije da se prijeđe do 30 kilometara na dan.

Leaos se proizvodi u dvije verzije. Jedna verzija dostiže brzinu od 25 km/h, dok druga od 45 km/h. Uklonjiva baterija je kapaciteta 11,6 Ah, a sam bicikl ima masu od 22 kilograma.



Slika 5.4.1. Solarni bicikl *Leaos*

6. ZAKLJUČAK

Sunce je čisti izvor energije koja ne košta nista i ima je u neograničenim količinama. S obzirom na očigledne promjene u svijetu, kao što su nagle promijene klime, pitanje spašavanja čovječanstva od njegovog djelovanja nije zakašnjelo. Srećom, vidimo danas na primjeru iskorištavanja solarne energije u razne svrhe, da je čovječanstvo postalo svjesno da je došlo vrijeme da se malo pomalo izbacuju konvencionalni oblici energije kao što su nafta, ugljen i nuklearna goriva, a počnu se koristiti obnovljivi izvori energije.

U ovom radu opisano je kako se sunčeva energija može iskoristiti, na jeftin i isplativ načini bez zagađivanja naše Zemlje. Izbor je razan, od iskorištavanja u svrhu zagrijavanja potrošne tople vode, grijanja ili hlađenja, pa sve do proizvodnje električne struje.

Jedan od najvećih zagađivača zraka i okoliša su automobili. Zato se sve više radi na promicanju solarne tehnologije u automobilizmu. Za sad još uvijek se ne mogu mjeriti s običnim automobilima što se tiče brzine i korisnosti, međutim razvoj solarne tehnologije i ekološki čiste tehnologije općenito, na dobrom je putu da jednog dana automobili i ostala vozila na fosilno gorivo postanu samo prošlost.

7. LITERATURA

- [1] <http://www.chee-ipa.org/hr/obnovljivi-izvori-energije/energija-sunca>
- [2] http://www.izvorienergije.com/energija_sunca.html
- [3] <http://www.centar-energije.com/nacini-aktivnog-i-pasivnog-koristenja-energije-sunca>
- [4] http://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Dev_toplovodni_kolektor
- [5] http://sh.wikipedia.org/wiki/Solarna_fotonaponska_energija
- [6] <http://www.eko.zagreb.hr/default.aspx?id=88>
- [7] http://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Devo_vozilo
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_car
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_vehicle
- [10] <http://www.automostory.com/first-solar-car.htm>
- [11] <http://www.hometrainingtools.com/a/solar-car>
- [12] <http://solarcar.stanford.edu/design/systems/composites/>
- [13] http://www.worldsolarchallenge.org/page/view_by_id/76
- [14] http://en.wikipedia.org/wiki/World_Solar_Challenge
- [15] <http://soela.hr/>
- [16] <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2355-soela-ucenici-pet-hrvatskih-strukovnih-skola-izradili-solarne-elektricne-automobile>
- [17] <http://pixelizam.com/koncepti-automobila-koje-pokrece-solarna-energija/>
- [18] <http://znanost.geek.hr/clanak/solarni-brod-kao-primjer-iskoristavanja-sunceve-energije/>
- [19] <http://www.vecernji.hr/zanimljivosti/krenuo-prvi-vlak-u-europi-koji-koristi-suncevu-energiju-297544>
- [20] <http://www.vecernji.hr/zanimljivosti/avion-na-sunce-solarna-letjelica-za-novu-eru-zrakoplovstva-542026>

- [21] <http://www.kucastil.rs/tehnika/prvi-elektricni-bicikl-na-solarno-punjenje>
- [22] <http://www.caranddriver.com/news/koenigsegg-quant-concept-auto-shows>
- [23] <http://gas2.org/2008/06/18/mindset-six50-electric-car-mixes-gas-li-ion-and-solar-power/>
- [24] <http://sr.scribd.com/doc/161004048/Plovila-na-solarni-pogon#scribd>
- [25] http://hr.wikipedia.org/wiki/Utrke_sun%C4%8Devih_automobila
- [26] <http://www.zajednosmojaci.hr/projekti-2014/elektrotehnicka-i-prometna-skola-osijek-315>
- [27] <http://www.dw.de/preko-%C4%8Ditave-australije-na-sun%C4%8Dev-pogon/a-4815981>
- [28] [http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_cars_\(with_homologation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_cars_(with_homologation))
- [29] <http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2014/01/pictures/140109-ford-solar-car-at-ces-2014-sun-power-vehicles/>
- [30] <http://solarcar.stanford.edu/>
- [31] <http://www.technologystudent.com/energy1/solcar1.htm>
- [32] http://www.worldsolarchallenge.org/page/view_by_id/76
- [33] <http://techcrunch.com/2014/09/24/the-first-four-seater-solar-powered-vehicle-hits-the-u-s-road/>
- [34] <http://www.benefits-of-recycling.com/solarenergycars-2/>
- [35] http://www.automania.hr/art/prvi_hrvatski_solarni_automobil_izradili_su_uchenici_u_skl_opu_projekta_soel
- [36] <http://www.sisak.info/utrkom-solarnih-automobila-u-sisku-završena-soela/>
- [37] <http://www.poslovni.hr/startup-i-vase-price/solarni-automobil-iz-siska-postize-40-km-na-sat-282352#>
- [38] <http://netmobil.net.hr/techmobil/u-osijeku-napravljen-jedan-od-prvih-solarnih-elektricnih-automobila-u-hrvatskoj>
- [39] "Solarni sustavi", dr.sc. Ljubomir Majdandžić

8. POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 2.1. Insolacijski nivo u svijetu..... | 2 |
| Slika 2.2.1. Aktivni način iskorištavanja energije Sunca za proizvodnju potrošne tople vode..... | 4 |
| Slika 2.2.2. Aktivni način iskorištavanja energije Sunca za dobivanje električne energije..... | 5 |
| Slika 2.2.3. Pasivno korištenje energije Sunca..... | 6 |
| Slika 2.2.1.1. Pločasti solarni kolektor..... | 7 |
| Slika 2.2.1.2 Vakumski solarni kolektor..... | 8 |
| Slika 2.2.2.1 Fotonaponska ćelija..... | 9 |
| Slika 2.2.2.2. Solarni ili fotonaponski modul..... | 9 |
| Slika 2.2.3.1. Najveća solarna farma na svijetu <i>Ivanpah Solar Electricity Generating System</i> | 10 |
| Slika 3.1. Solarno vozilo katamaran <i>Planet Solar (Turanor)</i> ; najveći današnji brod na solarni pogon..... | 11 |
| Slika 3.2. Solarni automobil <i>Tokai Challenger</i> | 12 |
| Slika 3.3. Fotonaponske ćelije (solarne ćelije), moduli i solarni paneli..... | 13 |
| Slika 3.4. Solarni automobil <i>Solar - World No. 1</i> | 14 |
| Slika 3.1.1. Prvi solarni automobil <i>Sunmobile</i> , od svega 38 cm dužine..... | 15 |
| Slika 3.1.2. Staromodni model automobila pretvoren u solarni automobil pod vodstvom tvrtke <i>The International Rectifier Company</i> | 16 |
| Slika 3.1.3. Solarni automobil Alaina Freemana s tri kotača..... | 17 |
| Slika 3.1.4. Solarni automobil <i>Citicar</i> | 17 |
| Slika 3.1.5. Solarni automobil <i>Quiet Achiever</i> | 18 |
| Slika 3.1.6. Solarni automobil <i>Sunrunner</i> | 19 |

| | |
|---|----|
| Slika 3.1.7. Solarni automobil <i>Sunraycer</i> | 19 |
| Slika 3.2.1. Karta rute u utrci <i>World Solar Challenge</i> | 21 |
| Slika 3.2.1.1. <i>Nuna 7</i> , pobjednik utrke <i>World Solar Challenge 2013.</i> u klasi <i>Challenger</i> | 23 |
| Slika 3.3.1. Solarni automobil za projekt <i>SOELA</i> | 24 |
| Slika 3.3.2. Solarni automobil sisačke Tehničke škole..... | 25 |
| Slika 3.3.3. Solarni automobil Elektrotehničke i prometne škole u Osijeku..... | 26 |
| Slika 3.3.4. Solarni automobil Strukovne škole Vice Vlatkovića iz Zadra..... | 26 |
| Slika 3.3.5. Solarni automobil Srednje strukovne škole Velika Gorica..... | 27 |
| Slika 3.3.6. Solarni automobil Tehničke škole Kutina..... | 27 |
| Slika 4.1. <i>Koenigsess Quant</i> , Švedski automobil budućnosti..... | 28 |
| Slika 4.2. <i>Antro Solo</i> , Mađarski koncept solarnog automobila..... | 29 |
| Slika 4.3. <i>Lotus Eco Elise</i> | 29 |
| Slika 4.4. Automobil <i>Mindset Six50</i> | 30 |
| Slika 5.1.1. <i>Planet Solar</i> | 31 |
| Slika 5.2.1. Solarni tunel za pogon vlaka na jednoj dionici puta u gradu Antwerpen, Belgija..... | 32 |
| Slika 5.3.1. <i>Solar Impulse</i> , avion na solarni pogon..... | 33 |
| Slika 5.4.1. Solarni bicikl <i>Leaos</i> | 34 |