

SOLARNE CESTE

Ceste koje proizvode električnu energiju

PRIPREMILA:
Anđela Bogdan

Ideja koja stoji iza solarnih cesta jednostavna je: Sunčeva svjetlost pada na površinu ceste, solarne ćelije ju apsorbiraju i pretvaraju u električnu energiju, a površina ceste djeluje kao velika solarna ploča i struja generirana na taj način može naći praktičnu primjenu odmah uz cestu, primjerice za uličnu rasvjetu, kućanstva ili prometnu signalizaciju, dok se ostatak energije predaje mreži

Potencijal solarne energije

Iskorištavanje Sunčeve energije već nekoliko godina bilježi konstantan rast opsega u gotovo cijelome svijetu te počinje dobivati važnu ulogu u energetske sektoru u većini zemalja. Tehnologije fotonaponskih ćelija i koncentrirane Sunčeve energije ubrzano se razvijaju, a ulaganja investitora sve su veća. Za većinu zemalja najveće prepreke u iskorištavanju Sunčeve energije jesu zamršeno zakonodavstvo i nedovoljni državni poticaji.

cijene obnovljivih izvora energije te želje za što manjom ovisnošću o fosilnim goriivima koja su sve skuplja.

Prvu solarnu (silicijevu) ćeliju otkrio je 1941. Russell Ohl, no njezina djelotvornost pretvorbe bila je ispod jedan posto

Uzmemo li u obzir to da Sunce samo u jednoj sekundi oslobodi više energije nego što je naša civilizacija iskoristila

tijekom svojeg razvoja, važnost istraživanja Sunčeve energije i pretvorbe energije Sunčeva zračenja u korisne oblike energije poprima sasvim novu dimenziju. Unatoč tome što se 30 posto energije Sunčeva zračenja reflektira natrag u svemir, Zemlja od Sunca još uvijek godišnje dobije veliku količinu energije koja je tisuću puta veća od ukupne potrošnje energije svih primarnih izvora. Činjenica jest da su konvencionalni izvori energije (ugljen, nafta, plin, nuklearna goriva) ograničeni i iscrpivi, a i uzrok su emisije sumporovog oksida te ugljikova oksida koja najvećim dijelom doprinose globalnome zatopljenju i klimatskim promjenama. Tehnički iskoristivi potencijal energije Sunčeva zračenja puno je veći od ostalih obnovljivih izvora energije, na primjer biomase, vodene snage i snage vjetra, koji su također samo posljedica ili neki oblik pretvorene Sunčeve energije.

Prvu solarnu (silicijevu) ćeliju otkrio je



Iskorištavanje solarne energije bilježi značajan rast u cijelom svijetu

Pretpostavka je ta da će u sljedećih nekoliko godina opseg iskorištavanja obnovljivih izvora energije, pa tako i Sunčeve energije, konstantno rasti ponajviše zbog zadanih ciljeva kao što su smanjenje emisija stakleničkih plinova, povećanje upotrebe električne energije iz obnovljivih izvora energije i smanjenje



Jedna od najvećih plutajućih solarnih elektrana izgrađena je u Kini

1941. Russell Ohl, no njezina djelotvornost pretvorbe bila je ispod jedan posto. S obzirom na to da je proizvodna cijena prvih solarnih ćelija bila vrlo visoka, one svoju pravu komercijalnu primjenu nisu našle na Zemlji, već u svemirskim istraživanjima na satelitima. Tek je naftna kriza 70-ih godina prošlog stoljeća "prizemljila" te uređaje. Najveće naftne tvrtke procijenile su da će u 21. stoljeću upravo fotonaponska tehnologija dominirati u zadovoljavanju potreba za električnom energijom, i to zbog opadanja raspoloživih zaliha fosilnih goriva.

Industrija fotonaponskih modula i ostalih pripadajućih komponenata u prosjeku raste po stopi od 50 posto godišnje i u skladu s time spada u najbrže rastuće industrije posljednjeg desetljeća

Industrija fotonaponskih modula i ostalih pripadajućih komponenata u prosjeku raste po stopi od 50 posto godišnje i u skladu s time spada u najbrže rastuće industrije posljednjeg desetljeća. Danas inženjeri u građevinskim nacrtima novih projekata nastoje što više uklopiti fotonaponsku tehnologiju. Od plutajućih solarnih elektrana na spremnicima za vodu u Japanu do solarnih farmi u Sahari stalno se pomiču granice u smišljanju novih rješenja. Jedna od možda najrevolucionarnijih primjena solarnih fotonaponskih sustava svakako su solarne ceste. Projekti nazvani *SolaRoad* i *Solar Roadways* imaju vrlo ambiciozan cilj, a to je da se sve postojeće asfaltirane površine (ceste, autoceste, parkirališta, igrališta i drugo) zamijene solarnim panelima.

Ideja koja stoji iza solarnih cesta jednostavna je: Sunčeva svjetlost pada na površinu ceste, solarne ćelije ju apsorbiraju i pretvaraju u električnu energiju. Površina ceste djeluje kao velika solarna ploča i struja generirana na taj način može naći praktičnu primjenu odmah uz cestu (npr. ulična rasvjeta, prometni sustavi, kućanstva) i predati ostatak energije mre-



Šesterokutni solarni paneli za ceste

ži. Postoji i mogućnost da se ta energija iskoristi i za punjenje sve popularnijih električnih automobila, i to dok još voze cestom, bez potrebe za zaustavljanjem. U tehničkom pogledu solarna cesta zapravo je troslojna konstrukcija. Prvi, površinski sloj je čvrsto, izdržljivo i prozirno staklo koje propušta Sunčeve zrake do solarnih panela, a otporno je na Sunčevu svjetlost, kišu i snijeg. Štiti osjetljivu elektronsku tehnologiju, a može podnijeti i teška prometna opterećenja. Drugi, elektronički sloj sastoji se od solarnih ćelija i velikog broja LED lampica koje cestu pretvaraju u "pametnu prometnicu", odnosno u jedan veliki ekran. Taj sloj igra ulogu pohrane električne energije. Treći sloj odnosno podloga služi kao mreža za prijenos podataka.

Prvi pilot-projekti solarne ceste u SAD-u

Prva ozbiljnija testiranja solarnih panela na cestama provedena su u američkoj tvrtki *Solar Roadways*. Vlasnici tvrtke, inženjeri Scott i Julie Brusaw, osmislili su koncept koji se temelji na ideji prema kojoj bi se sve sadašnje asfaltne površine prekrile specijalno dizajniranim solarnim panelima umjesto asfaltom ili betonom. Jasno je to da se takva vrsta projekta ne može realizirati preko noći i stoga je njihov plan najprije pokriti manje površine kao što su parkirališta, igrališta, staze i pločnici, a tek potom ceste i autoceste. *Solar Roadway* osmišljena je kao inteligentna solarna cesta koja omogućuje čistu, obnovljivu energiju, a istodobno



Parkiralište prekriveno solarnim panelima



Koncept solarne ceste

stvara uvjete za sigurnu vožnju, isporuku energije i prijenos podataka. Solarni je panel šesterokutnog oblika, površine otprilike jednog četvornog metra i mase približno 50 kilograma. Gornja je površina kaljeno staklo koje je s gornje strane tretirano tako da se dobije teksturirana površina za sprječavanje proklizavanja. Ispod gornje staklene površine nalaze se fotonaponske solarne ćelije i tiskana pločica koja mehanički i električki povezuje sve elektroničke komponente. Na tiskanoj pločici nalaze se LED lampice za osvjjetljenje panela koje se koriste za stvaranje potrebnih oznaka na cesti. Sve ostale oznake na cestama bile bi svjetleće i ne bi trebalo svake godine bojiti crte, već ih samo reprogramirati, ako je to potrebno. S druge strane, u tiskane pločice smješteni su grijači čija je zadaća održavanje panela iznad temperature smrzavanja u zimskim uvjetima.

U fazi laboratorijskih testiranja ponajprije je trebalo provjeriti čvrstoću solarnih panela, odnosno podnose li teret vozila i teških kamiona. Gornja staklena površina testirana je na trenje, opterećenje pod pritiskom i otpornost na udarce u sveučilišnim građevinskim laboratorijima diljem SAD-a. Sva su ispitivanja dala zadovoljavajuće rezultate. Osim čvrstoće panela, u laboratorijskoj fazi testiranja ispitane su i LED diode za isctavanje

uzoraka, bežična mreža za komunikaciju mikroprocesora u pločama i protokoli za komunikaciju. Nakon što je zaključeno to da solarni paneli zadovoljavaju potrebne uvjete, preostalo je još napraviti vanjski prototip za terensko ispitivanje.

Prvo testiranje solarnih panela provedeno je u Idahu 2006., kada je popločeno parkiralište dimenzija 3,6 m x 11 m, tj. sa 108 prototipnih modula



Prvo ispitivanje solarnog pločnika u Idahu

Prvo testiranje solarnih panela provedeno je u Idahu 2006., kada su vlasnici te tvrtke popločili parkiralište dimenzija 3,6 m x 11 m. Prototip parkirališta sastojao se od 108 prototipnih modula *Solar Road*. Ispitni uzorak bio je solarni panel snage 36 W i površine pokrivene sa 69 posto solarnih fotonaponskih ćelija. Zaključeno je to da solarni paneli na zemlji generiraju manje energije od onih smještenih na krovovima, jer se panel na zemlji ne može uvijek postaviti u optimalan kut prema Suncu. Dakle, na tlu je prostor za solarne ploče znatno veći nego na krovovima, a i ugradnja je znatno pojednostavljena. Scott Brushaw nije izračunao to koliko bi solarne ceste bile skuplje od asfalta, no prve su procjene bile da solarne ceste mogu biti i do tri puta skuplje od običnih cesta, što je velika mana cijelog projekta. Ipak, prvo je Brusaw morao dokazati to da takav koncept funkcionira na parkiralištu kako bi mogao početi s proizvodnjom svoje prve komercijalne solarne ploče za cestu. U tome je i uspio, no tek nakon cijelog desetljeća provedenog u istraživanju i dorađivanju inovativnoga koncepta.

Na temelju te tehnologije SAD će svoju prvu solarnu cestu početi graditi već u drugoj polovini 2018. Zajedno s tvrtkom *Solar Roadways Missouri Department of Transportation* (MoDOT) početak će mijenjati asfalt solarnim panelima na odmorima uz cestu te će na temelju tih



Legendarna američka cesta *Route 66* trebala bi uskoro postati solarna cesta (Dietmar Rabich)

saznanja i testiranja ocijeniti mogućnost postavljanja solarnih panela duž legendarne američke ceste *Route 66*. Iako danas službeno više ne postoji, legendarna američka *Route 66* još uvijek je najpoznatija cesta na svijetu kojom se mnogobrojni avanturisti i danas pokušavaju voziti. "Majka cesta", kako je Amerikanci još nazivaju, spajala je istočnu i zapadnu obalu, protežući se od Chicaga do Santa Monice u Kaliforniji. Prometnica koja "presijeca" SAD bila je savršena relacija za sve znatiželjne turiste. Za taj je projekt Vlada SAD-a odobrila 850 tisuća dolara, a na platformi za prikupljanje donacija, tzv. *crowdfunding*, prikupljeno je više od dva milijuna dolara.

Po procjenama stručnjaka iz tvrtke *Solar Roadway*, kada bi se na svim prometnicama u SAD-u počela koristiti ta nova solarna tehnologija, godišnja količina proizvedene električne energije sunčanim kolektorima veća od 13.000 milijardi kilovatsati ne samo da bi zadovoljila domaće potrebe, već bi bila dostatna za napajanje cijelog svijeta strujom. Održavanje bi također bilo jeftinije jer su solarne ploče međusobno povezane mikročipovima. Ako se jedna pokvari, druge prijavljuju problem pa bi se ta ploča lako mogla zamijeniti, a kvar bi se mogao popraviti u nekoliko minuta. Također, solarne ploče bile bi zagrijane pa se ceste ne bi zaleđivale tijekom zime, a ne bi bilo potrebe ni za čišćenjem snijega. To dovodi do znatno manje zastoja u prometu i manje

prometnih nesreća nego što je to slučaj s konvencionalnim cestama.

Na temelju solarne tehnologije SAD će svoju prvu solarnu cestu početi graditi već u drugoj polovini 2018., a proizvedena električna energija bit će veća od 13.000 milijardi kilovatsati



Solarni paneli i obični betonski elementi tijekom testiranja na snijeg

Prometnice na kojima su položeni solarni paneli po kojima se može voziti izvrsna su zamisao u teoriji. Iako je okretanje prema obnovljivim izvorima energije pohvalno, solarni paneli na cestama nisu rješenje bez problema. Iako se s razvojem tehnologije očekuje pad troškova

ugradnje solarnih panela na cestama, oni su još uvijek prilično skupi, postavljanje traje dugo, a potrebno je i obučiti ljude koji će takve ceste održavati.

Solarne ceste u Europi

SolarRoad je prva solarna cesta, točnije biciklistička staza, koja je u studenome 2014. otvorena u nizozemskome Krommenieu, selu smještenome sjeveroistočno od Amsterdama u Nizozemskoj. Staza se sastoji od solarnih panela dimenzija 2,5 x 3,5 m, a duga je ukupno 70 m. Postavljena je kako bi se testiralo korištenje takvog koncepta na prometnim cestama u Nizozemskoj i diljem svijeta, što je i krajnji cilj projekta. Ispitivanje će trajati četiri godine, što bi trebalo biti dovoljno da bi se pokazalo kako u praksi funkcionira taj fotonaponski sustav. Trenutačno taj fotonaponski sustav svu proizvedenu električnu energiju predaje javnoj elektroenergetskoj mreži. S gledišta električne izvedbe, u trenutnoj pilotnoj fazi *SolarRoad* je običan fotonaponski sustav priključen na javnu elektroenergetsku mrežu. Korištene ćelije izrađene su od polikristalnog silicija (Pc-Si). U prvih šest mjeseci prinos energije *SolarRoda* nadmašio je očekivanja i u pola godine proizvedeno je više od 3000 kWh. Ta količina energije može opskrbljivati manje kućanstvo električnom energijom godinu dana i može se očekivati godišnji prihod veći od 70 kWh po kvadratnom metru. Ipak, pilot-projekt pokazao je i određene nedostatke na kojima treba doraditi cijeli projekt. Početkom proljeća 2015. na malome dijelu površine *SolarRoda* došlo je do oštećenja. Istraživanje je pokazalo to da velike promjene temperatura mogu izazvati lokalna raslojavanja radi skupljanja materijala na hladnoći. Otkad je staza otvorena, koristilo ju je više od 150.000 biciklista. Loši vremenski uvjeti i oscilacije u temperaturi uzrokovali su ljuštenje premaza na zaštitnome staklu, no ono je u međuvremenu popravljeno, a sada se izrađuju kvalitetnije vrste premaza. Francuska se također može pohvaliti prvom solarnom cestom za automobile. U nju je uloženo pet milijuna eura, a solarna cesta duga kilometar prolazi kroz mjesto Tourouvre-au-Perche u Normandiji. Po-



SolaRoad u Nizozemskoj

služit će kao uzorak za ispitivanje da bi se istražilo može li generirati dovoljno energije za selo u kojem živi 3400 stanovnika. U cestu je ugrađeno ukupno 2800 m² solarnih panela koji mogu skupljati Sunčevu svjetlost i generirati je u električnu energiju. Projekt su financirale lokalne vlasti, a cestom svaki dan prođe približno 2000 vozila. Ostaje vidjeti je li investicija opravdana s obzirom na klimatske uvjete jer taj dio Francuske ima tek 44 sunčana dana na godinu. Troškovi proizvodnje solarnih panela trenutno su vrlo visoki pa mnogi Francuzi smatraju da to i nije najpametniji način trošenja javnih sredstava.

Kritike stručnjaka

Implementacija solarnih cesta izazvala je velike rasprave među stručnjacima. Dio njih zalaže se za takva rješenja zbog proizvodnje energije iz obnovljivih izvora energije, tj. Sunca. Međutim, dio se stručnjaka oštro protivi tomu, navodeći probleme poput neisplativosti rješenja za ceste kojima će prelaziti tisuće automobila na dan jer su solarni paneli skupi za tako velike površine kao što su autoceste. Treći navode razloge poput prljanja površine solarnih panela, čime se smanjuje njihova učinkovitost, a dodatni je problem i kut pod kojim Sunce

obasjava takve površine, a koji se mijenja tijekom dana.

Neki se stručnjaci oštro protive novoj tehnologiji, navodeći probleme poput neisplativosti rješenja za ceste kojima će prelaziti tisuće automobila na dan jer su solarni paneli skupi za tako velike površine kao što su autoceste

Tu je i problem prljanja guma na glatku staklenu površinu panela, jer, kako kažu, postoji razlog zašto je asfalt hrpav. Veliki troškovi projekta znače kako neće brzo početi vraćati uloženi novac. Kritičari se pitaju i to koliko su solarni paneli na kolnicima doista dugotrajni i otporni na habanje koje će stvarati kamioni, automobili, motocikli i bicikli te vremenske neprilike.

Postavlja se i pitanje o povećanju troškova održavanja solarnih cesta. Ako se energiju stvorenu na cestama koristi za prometnu signalizaciju i napajanje domova, iznimno je važno imati spremno rješenje za brzu detekciju i zamjenu oštećenoga kolektora. Isto vrijedi i za oblačne i zimske dane kada je učinkovitost solarnih panela znatno manja.

S druge strane tehnologija se razvija upravo kada joj se zadaju teške, često nemoguće zadaće. Može li se stići do Mjeseca? Ima li smisla ondje ići? Bez obzira na to kakav je odgovor na to pitanje, jasno je to da je let na Mjesec razvio tehnologiju, među ostalim, i spomenute solarne panele. Radi li se o još većem udaljavanju od prirode koje bi ljudima donijelo još veće probleme ili o genijalnome ekološkom projektu koji koristi prirodne resurse za korištenje tehnologije koju ionako već upotrebljavamo? Provedba projekata solarnih cesta označila bi početak revolucije u



Uzorak solarne ćelije za ceste



Solarna cesta u Francuskoj

energetici i u rješavanju krize ovisnosti o fosilnim gorivima, u stvaranju infrastrukture za električna vozila i druge prednosti za svjetliju i zeleniju budućnost. Tvrtke koje su se upustile u razvoj fotonaponskih panela za ceste sigurno će unaprijediti njihovu tehnologiju i otkloniti potencijalne nedostatke nakon što budu dovršena sva testiranja, ali na isplativnost cijelog projekta ipak treba pričekati. Zbog svega navedenog so-



Solarna biciklistička staza

larni paneli na cestama još uvijek su na razini pilot-projekata manjeg opsega. Može se očekivati kako će tako ostati još neko (dulje) vrijeme.

Izvor:

<http://www.solarroadways.com/>

<http://www.obnovljivi.com/energija-sunca/52-znacaj-i-vizija-energije-sunca-u-buducnosti?showall=1>

<https://cleantechnica.com/2017/03/12/dutch-solar-bike-path-solaroad-successful-expanding/>

<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:481669>