

WOMEN GOING GREENER

2023-1-EL01-KA210-ADU-000164781



Reducing the environmental footprint
of Female Entrepreneurship

MODUL 6:

Vršidba solarne energije



elektropionir



Co-funded by
the European Union

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission can not be held responsible for any use which may be made of the information contained therein



Ovaj dokument je razvila Energetska zadruga Elektropionir u okviru projekta "WomEn Going Greener – Smanjenje ekološkog otiska ženskog preduzetništva".

Ovaj dokument odražava samo stavove autora, a Evropska unija ne može biti odgovorna za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njemu.

Sadržaj

FOTONAPONSKI (PV) PANELI: KAKO RADE.....	5
Solarna energija i Zemlja	5
Kako solarni paneli rade	5
Vrste solarnih panela	5
Materijali za solarne ćelije	6
Istraživanje efikasnijih panela.....	6
Proizvodnja električne energije iz solarnih panela: od jednosmerne struje do naizmenične struje	7
Protok snage: od baterije do invertera	7
Zašto naizmenična struja?	7
Prednosti proizvodnje solarne energije: proizvođač ili proizvođač-potrošač?	7
INTEGRISANJE SOLARNE ENERGIJE U POLJOPRIVREDU.....	9
Uvod	9
Agrivoltaics: solarna i poljoprivredna kolokacija.....	10
Koristi od agrivoltaike za poljoprivrednike i preduzetnike	12
STUDIJE SLUČAJA USPEŠNIH FARMI NA SOLARNI POGON	13
Agrivoltaika u Srbiji	13
Solarna žetva: Prva agrosolarna elektrana u Srbiji.....	14
Solarna elektrana Delta i Brankov solarna	15
Agrivoltaika u Evropi	16
Italija.....	16
Grčka	19
Nemačka	20
Agrivoltaika u SAD	22
Bibliografija	23

FOTONAPONSKI (PV) PANELI: KAKO RADE

Solarna energija i Zemlja

Sunce je kontinuirani izvor energije. Reakcije fuzije koje se stalno dešavaju na Suncu generišu ogromne količine energije, koja se prenosi na Zemlju u obliku elektromagnetnog zračenja, pre svega kao vidljiva svetlost, infracrveno i ultraljubičasto zračenje. Približno 1366 vati po kvadratnom metru ove energije dolazi do Zemljine spoljne atmosfere (poznatu kao solarna konstanta). Nakon prolaska kroz atmosferu, oko 1000 vati po kvadratnom metru dopire do Zemljine površine pod optimalnim uslovima. Zračenje koje dopire do Zemljine površine naziva se **globalno sunčevo zračenje** i predstavlja zbir direktnog zračenja (koje stvara senke), difuznog zračenja (oslabljenog prolaskom kroz oblake) i reflektovanog zračenja (odbijenog od Zemljine površine).

Kako solarni paneli rade

Solarni paneli se sastoje od fotonaponskih (PV) ćelija, koje su obično napravljene od poluprovodničkih materijala kao što je silicijum. Ove ćelije pretvaraju sunčevu svetlost u električnu energiju kroz fotonaponski efekat. Proces funkcioniše na sledeći način:

1. **Apsorpcija fotona:** Kada sunčeva svetlost (fotoni) pogodi solarni panel, energiju apsorbuju PV ćelije.
2. **Elektronska ekscitacija:** Energija iz fotona pobuđuje elektrone u poluprovodničkom materijalu, uzrokujući da se odvoje od svojih atoma.
3. **Stvaranje električnog polja:** Struktura PV ćelije sadrži ugrađena električna polja zbog slojeva poluprovodničkih materijala (obično n-tipa i p-tipa silicijuma). Ovo električno polje prisiljava slobodne elektrone da se kreću u određenom pravcu.
4. **Generisanje struje:** Kretanje ovih elektrona stvara električnu struju.

Vrste solarnih panela

Postoji nekoliko vrsta solarnih panela, svaki sa svojim karakteristikama:

1. **Monokristalni solarni paneli** (najčešće se koriste):
 - **Materijal:** Napravljen od jednog kontinuiranog kristalne strukture silicijuma.
 - **Efikasnost:** Tipično 15-20%.

- **Karakteristike:** Njihova efikasnost u proizvodnji struje je veća i samim tim su i prostorno efikasniji u odnosu na polikristalne panele, ali su skuplji zbog složenijeg proizvodnog procesa.
 - **Izgled:** Uniforma tamne boje.
2. **Polikristalni solarni paneli** (skoro ukinuti sa tržišta):
- **Materijal:** Napravljen od više kristala silicijuma koji su istopili zajedno.
 - **Efikasnost:** Tipično 10-15%.
 - **Karakteristike:** Oni su manje efikasni od monokristalnih panela, ali su pristupačniji i lakši za proizvodnju.
 - **Izgled:** Plavičasta sa fragmentiranom teksturom.
3. **Bifacijalni solarni paneli:**
- **Materijal:** Može biti napravljen od monokristalnih ili polikristalnih ćelija.
 - **Efikasnost:** Tipično 15-20%, ali oni mogu da proizvedu i do 30% više električne energije hvatanjem svetlosti sa obe strane.
 - **Karakteristike:** Ovi paneli su dizajnirani da apsorbuju sunčevu svetlost sa prednje i zadnje strane, što ih čini efikasnijim u okruženjima u kojima se svetlost reflektuje od površina kao što su sneg, voda, pesak ili veštački materijali sa višim koeficijentima refleksije.

Materijali za solarne ćelije

- **silicijum:** Najčešći materijal koji se koristi za solarne ćelije. I monokristalni i polikristalni paneli su napravljeni od silicijuma.
- **Tanki filmovi:** Uključuju kadmijum telurid (CdTe) i bakar indijum galijum selenid (CIGS). Ovi materijali se koriste u tankoslojnim solarnim panelima, koji su lakši i fleksibilniji, ali generalno manje efikasni od panela na bazi silicijuma.

Istraživanje efikasnijih panela

Istraživači i kompanije širom sveta rade na povećanju efikasnosti solarnih panela. Neki od najznačajnijih događaja uključuju:

- **Perovskitne solarne ćelije:** Ovo je noviji tip solarne ćelije koja obećava veću efikasnost i niže troškove proizvodnje. Kompanije poput Oksford PV vode razvoj solarnih ćelija na bazi perovskita, a neki prototipovi postižu preko 28% efikasnosti. Ove ćelije bi mogle biti komercijalno dostupne u narednim godinama.
- **Multi-Junction solarni paneli:** Ove ćelije slažu više slojeva različitih materijala kako bi uhvatile širi spektar sunčeve svetlosti, postižući efikasnost veću od 40%. Oni se trenutno koriste u svemirskim aplikacijama, ali bi mogli postati dostupni za zemaljsku upotrebu kako se troškovi proizvodnje smanjuju.

Proizvodnja električne energije iz solarnih panela: od jednosmerne do naizmjenične struje

Solarni paneli proizvode **jednosmernu struju (DC)**, koja se ne može direktno koristiti u domaćinstvima. Većina kućnih aparata i elektroenergetskih sistema koristi **naizmjeničnu struju (AC)**, tako da je konverzija neophodna.

Protok snage: od baterije do invertera

- **Jednosmerna struja iz panela:** Kada solarni paneli proizvode električnu energiju, to je jednosmerna struja (DC). Ova struja može biti usmerena na baterije za skladištenje ili poslati direktno na pretvarač.
- **Baterije:** Ako sistem koristi baterije, one čuvaju jednosmernu struju, koja se kasnije može koristiti kada nema sunčeve svetlosti, npr. noću. Iz baterija, struja ponovo prolazi kroz inverter pre nego što se koristi u domaćinstvu.
- **Inverter:** Ovo je ključna komponenta svakog solarnog sistema. Inverter pretvara jednosmernu struju iz panela ili baterija u naizmjeničnu struju, koja se može koristiti u domaćinstvima ili vratiti u električnu mrežu.

Zašto naizmjenična struja?

Naizmjenična struja (AC) je standard u elektroenergetskim sistemima za nekoliko prednosti u odnosu na jednosmernu struju (DC):

- **Efikasniji prenos na velike udaljenosti:** Naizmjenična struja se može prenositi na velike udaljenosti sa manje gubitaka energije pomoću transformatora koji mogu podići i smanjiti napon.
- **Jednostavnija distribucija:** AC sistemi su dizajnirani da lako povežu potrošače na mrežu, što ih čini standardom za distribuciju električne energije.
- **Bezbednost i standardizacija:** Upotreba AC je standardizovana u elektroenergetskim mrežama i domaćinstvima širom sveta, obezbeđujući kompatibilnost uređaja i bezbednost sistema.

Prednosti proizvodnje solarne energije: proizvođač ili proizvođač-potrošač?

Proizvođač-potrošač (proizvođač + potrošač): Kada je solarna elektrana direktno priključena na domaćinstvo i električnu mrežu, vlasnik postrojenja postaje potrošač. To znači da oni ne samo da proizvode energiju, već i koriste deo te energije za svoje potrebe. Višak energije može se ubaciti u mrežu, za koju proizvođač-potrošač može dobiti finansijsku naknadu ili kredit za buduću potrošnju energije.

Prednosti:

- Niži računi za struju, jer proizvođač-potrošač koristi sopstvenu proizvedenu energiju.
- Potencijal za zaradu ili smanjenje troškova prodajom viška energije u mrežu.
- Veća energetska nezavisnost i stabilnost.
- Decentralizacija proizvodnih sistema i unapređenje distributivne mreže.

Mane:

- **Visoki početni troškovi:** Instaliranje solarne opreme, uključujući panele, baterije i pretvarače, zahteva značajnu početnu investiciju. Iako se troškovi vremenom nadoknađuju kroz uštedu na računima za struju, troškovi unapred mogu biti prepreka za mnoge vlasnike.
- **Održavanje i zamena:** Dok solarni paneli (25+ godina) imaju dug životni vek, baterije i pretvarači (10-15 godina) zahtevaju redovno održavanje i eventualnu zamenu.
- **Zavisnost od sunčeve svetlosti:** Sistemi-potrošači se oslanjaju na količinu sunčeve svetlosti, tako da proizvodnja energije može da varira u zavisnosti od lokacije, godišnjeg doba i vremenskih uslova. Nedovoljna proizvodnja može zahtevati dodatnu energiju iz mreže.
- **Regulatorne komplikacije:** U nekim zemljama postoje složeni propisi koji se tiču priključenja na mrežu, prodaje viška energije i naknade. To može dovesti do birokratskih izazova za proizvođače-potrošače.

Čista proizvodna elektrana: Solarni sistemi instalirani isključivo za proizvodnju energije za mrežu fokusiraju se na generisanje maksimalne količine električne energije, koja se prodaje distributivnim kompanijama.

Prednosti:

- Fokusirajte se na maksimiziranje proizvodnje bez potrebe za upravljanjem potrošnjom.
- Ostvarivanje prihoda isključivo od prodaje energije.
- Decentralizacija proizvodnih kapaciteta.

Nedostaci:

- **Visoki troškovi instalacije i održavanja:** Izgradnja velikih solarnih elektrana zahteva značajna ulaganja u zemljište, opremu i infrastrukturu za povezivanje na mrežu. Redovno održavanje i upravljanje može da doprinese operativnim troškovima.
- **Uticaj na zemljište i životnu sredinu:** Velike solarne elektrane zahtevaju ogromne površine zemljišta, što može dovesti do sukoba sa potrebom za poljoprivrednim zemljištem ili očuvanje prirodnih staništa.

INTEGRISANJE SOLARNE ENERGIJE U POLJOPRIVREDU

Uvod

Održiva poljoprivreda i proizvodnja zdrave hrane postaju imperativ i jedan od osnovnih ciljeva rastuće globalne populacije. Prema najnovijim procenama Ujedinjenih nacija koje je razradio Worldometer, trenutna svetska populacija je 8,2 milijarde. Ali to nije sve: na osnovu projekcije Ujedinjenih nacija očekuje se da će se svetska populacija povećati sa sadašnjih 8 milijardi na 9,7 milijardi u 2050. godini i mogla bi da dostigne vrhunac na skoro 10,4 milijarde sredinom 2080-ih. S obzirom na ekološku krizu sa kojom se danas sigurno suočavamo, zajedno sa zagađenjem i degradacijom tla, održiva proizvodnja hrane za rastuću populaciju postaće veliki izazov. Pored toga, zemljište je ključni resurs za ljudske aktivnosti pod sve većim pritiskom.

UN procenjuju da je 20% ukupne površine Zemlje degradirano samo između 2000. i 2015. godine. Takođe, važno je napomenuti da je zemljište neophodno za veliki broj ljudskih aktivnosti - stoga korišćenje zemljišta postaje izazovan teren za konfrontaciju različitih aktera (različite privredne aktivnosti, urbanizacija itd.). Kao jedan od glavnih prioriteta na globalnom nivou su napuštanje fosilnih goriva i smanjenje emisije ugljenika, proizvodnja energije iz obnovljivih izvora i zelena tranzicija postaju dodatne aktivnosti koje vrše pritisak na korišćenje zemljišta. Nastaju sukobi između poljoprivrede i širenja obnovljivih izvora energije koji zahtijevaju velike površine kao što su fotonaponski sistemi ili energetske usjevi. Stoga **se postavlja ključno pitanje: može li se proizvodnja hrane i proizvodnja energije iz obnovljivih izvora uskladiti na istom zemljištu?**

Potencijal koji nudi solarna energija je ogroman - to je neiscrpan izvor slobodne energije. Teoretski, solarna energija poseduje potencijal da adekvatno ispuni energetske potrebe celog sveta ako su tehnologije za njenu žetvu i snabdevanje bile lako dostupne. Međutim, postoji mnogo razloga zašto ovaj potencijal nije iskorišćen u dovoljnoj meri. Uprkos obećavajućem potencijalu za solarnu fotonaponsku tehnologiju da smanji globalno oslanjanje na fosilna goriva, razvoj PV velikih razmera doživljava složene izazove, uključujući sukob korišćenja zemljišta i društveni otpor, koji je ranije češće povezan sa velikim vetroelektranama. Rast u razvoju velikih PV može stvoriti sporove o

korišćenju zemljišta, posebno u slučajevima konkurencije između zemljišta za poljoprivredu u odnosu na proizvodnju energije. Društveni otpor je potpuno opravdan s obzirom na sve gore navedeno: ljudske potrebe se povećavaju zbog rastuće populacije, a nezagađena i nedegradirana zemlja se smanjuje. Stoga, da bi se prevazišle prepreke i izvukli najbolje od oba, bilo je neophodno istražiti nove pristupe kao što su "Agrivoltaics" (solarna i poljoprivredna kolokacija).

Agrivoltaics: solarna i poljoprivredna kolokacija

Agrivoltaics, zajednički razvoj zemljišta za poljoprivredu i PV, je inovativan i sve popularniji pristup solarnom razvoju. Većina velikih, prizemnih solarnih fotonaponskih (PV) sistema instalirana je na zemljištu koje se koristi samo za proizvodnju solarne energije. Takve instalacije mogu ugroziti lokalnu zajednicu, poljoprivrednike i lokalnu proizvodnju hrane. To je često bio uzrok socijalnih problema i neslaganja: širom Evrope (posebno u južnoj Evropi) i drugim delovima sveta (npr. SAD, Indija) tokom protekle decenije, bilo je nekoliko slučajeva kada su lokalne zajednice protestovale protiv projekata ogromnih solarnih elektrana na zemlji. Da bi energetska tranzicija bila uspešna, ona mora biti društveno prihvaćena, što je ključno za postizanje pravedne tranzicije. Ako tranzicija podrazumeva isključivanje lokalne zajednice i ograničavanje lokalne proizvodnje hrane i suvereniteta hrane, onda ne možemo govoriti o pravdi ili održivosti.

Ali zahvaljujući agrivoltaičnim sistemima (APV), moguće je locirati solarnu energiju i poljoprivredu na istom zemljištu, što bi moglo pružiti koristi obe konkurentne industrije. Ko-lokacija je definisana kao poljoprivredna proizvodnja, kao što su usjevi ili stočarska proizvodnja ili staništa oprašivača, ispod solarnih panela ili pored solarnih panela. Nakon što su instalirani, solarni paneli ostavljaju oko 90 posto slobodne površine, na kojoj se može uzgajati hrana.

Koncept pristupa dvostruke namjene i za solarnu fotonaponsku energiju, kao i za poljoprivrednu proizvodnju, teoretski su osmislili Goetzberger i Zastrov na Institutu Fraunhofer u Nemačkoj 1981. godine. Predložili su da se podigne struktura (za oko 2 m) i rastojanje između redova (oko 3 puta veća od visine modula) kako bi se postiglo ravnomerno zračenje na tlu, a istovremeno omogućilo kretanje mehanizovane poljoprivredne opreme. U 2004. godini, japanski inženjer Akira Nagashima razvio je prvi agrivoltaični sistem koristeći strukturu sličnu vrtnoj pergoli. Prvi eksperimentalni pilot projekat, međutim, instaliran je u Francuskoj, u blizini južnog grada Monpeljea u proleće 2010. godine. Ova eksperimentalna farma dovela je do istraživanja potencijala agrivoltaičkih sistema na otvorenom polju, što je dovelo do mnogih naučnih publikacija, od uticaja distribucije kiše na uticaj na mikroklimatske uslove zajedno sa rastom, morfologijom i prinomom u usevima kao što su zelena salata, krastavac i durum pšenica.

Brojne empirijske studije istraživale su tehničku održivost agrivoltaičkih sistema, ispitujući PV sa uzgojem biljaka, akvaponikom i stočarskom proizvodnjom. Dokazano je kao tehnički i ekonomski praktično korišćenje poljoprivrednog zemljišta, sposobno da

prevaziđe dominantno razdvajanje proizvodnje hrane i energije i povećá produktivnost zemljišta za 35–73%. Delimična nijansa solarnih panela smanjuje količinu direktne sunčeve svetlosti koja dopire do useva, menja mikroklimu (hladnije danju, toplije noću) i povećava nivo vlage u zemljištu. Istraživači sa Univerziteta u Arizoni, na čelu sa profesorom Gregom Barron-Gaffordom 2019. godine, otkrili su da PV smanjuje količinu dolazne energije ispod panela dajući hladnije dnevne temperature vazduha, u proseku 1,2 ° C niže u agrivoltaičkom sistemu u odnosu na tradicionalno okruženje. Takođe, otkrili su da vlažnost tla može biti i do 15% veća pod PV panelima. Postoje i prednosti i kompromisi zajedničkog lociranja poljoprivrednih kultura sa solarnim instalacijama. U sušnim klimatskim uslovima, na primer, mogu postojati veći prinosi sa nižim potrebama za navodnjavanje; U ekstremno vlažnim okruženjima, razmak između panela i drugi faktori igraju važnu ulogu u upravljanju distribucijom vode na licu mesta i eventualnim prinosima.

Različite vrste useva mogu se uzeti u obzir za uzgoj u agrivoltaičnim sistemima, ali prioritet se daje hortikulturnim proizvodnjama, jer je obrezivanje uličica kompatibilnije sa geometrijskim ograničenjima koja proizilaze iz potporne konstrukcije. Mala veličina poljoprivredne mehanizacije koji se koriste u proizvodnji povrća takođe je motivisala ovaj izbor. Među glavnim proizvodima povrća u Južnoj Evropi i SAD-u, zelena salata je bila posebno adekvatna za ove pionirske sisteme. Danas se najrazličitije vrste voća, povrća, bilja i lekovitog i aromatičnog bilja uzgajaju na farmama agrivoltaike širom sveta.

Ishrana stoke može upravljati vegetacijom pod solarnim nizovima, što se može uzeti u obzir u ranim fazama solarnog planiranja i pobijanjem instalacije na odgovarajući način i podizanjem modula, žica i električnih kutija. Stoka može smanjiti troškove održavanja orezivanja ispod panela i smanjiti potrebu za upotrebom herbicida. Studija koju su sprovedli Towner et al. (2022) pokazuje da je implementacija upravljane ispaše ovaca značajno povećala ukupno skladištenje ugljenika (10-80%) i raspoložive hranjive materije, a veličina promene je u korelaciji sa učestalošću ispaše. Životinje takođe imaju koristi od hladovine koju pružaju solarni paneli. Ovce su najčešće životinje na solarnoj ispaši.

Agrivoltaika takođe može doprineti zaštiti oprašivača. Značaj oprašivača ogleda se u činjenici da su oprašivači, i divlji i pripitomljeni, kao što su pčele, u celini ili delimično odgovorni za proizvodnju približno 75% vodećih svetskih prehrambenih kultura (prema Inicijativi EU za oprašivače). Mnoge populacije oprašivača ugrožene su promenom korišćenja zemljišta, intenzivnom urbanizacijom, intenzivnim poljoprivrednim praksama koje uključuju upotrebu velikih količina hemijskih agenasa (pesticidi, herbicidi, insekticidi ...), zagađenje životne sredine, invazivne vrste, klimatske promene itd. Pa kako agrosolarni može pomoći u zaštiti oprašivača? Pod solarnim panelima mogu se saditi staništa oprašivača, a to je postala veoma uspešna praksa, posebno u SAD-u. Stanište oprašivača pod solarnim nizovima može imati koristi od farmi povećanjem lokalnog poljoprivrednog prinosa i takođe može biti domaćin pčelarskih operacija. Solarno

pčelarstvo je praksa postavljanja košnica pčela na ili blizu solarnih lokacija (solarne farme pogodne za oprašivače = još jedna dobra praksa ko-lociranja).

Koristi od agrivoltaike za poljoprivrednike i preduzetnike

Koje prednosti mogu imati poljoprivrednici i preduzetnici od agrosolarnih elektrana? Takvi objekti pružaju i poljoprivrednicima i preduzetnicima višestruke pogodnosti:

- **Zaštita usjeva od nepovoljnih vremenskih uslova** - solarni paneli djeluju kao zaštita od jakih vjetrova, grada, obilnih padavina, intenzivne insolacije i visokih temperatura (posebno u periodima jakih toplotnih valova). To pozitivno utiče na smanjenje gubitaka, povećava prinos u poljoprivrednoj proizvodnji i povećava ukupnu produktivnost i poslovanje.
- **Stvaranje dodatnog prihoda od proizvodnje električne energije:** poljoprivrednici i preduzetnici ne samo da mogu proizvoditi energiju za svoje potrebe, već mogu prodati i višak proizvedene električne energije. Prednost je u tome što je ovo relativno stabilan i predvidljiv izvor prihoda, što smanjuje finansijski rizik poslovanja. Ako se oslanjamo isključivo na zaradu od poljoprivrednih proizvoda, u velikoj mjeri zavisimo od, na primer, da li će godina biti suva ili će biti dovoljno kiše, ali kada diversifikujemo naše poslovanje i kombinujemo proizvodnju hrane i energije, stvaramo povoljnije i pouzdanije okruženje.
- **Solar Land Lease:** zakup prostora iznad useva trećim licima koji mogu ulagati u solarne elektrane. Ovo je prvenstveno namenjeno onim poljoprivrednicima koji ne žele direktno ulagati u fotonaponske sisteme. Oni mogu iznajmiti svoje zemljište kompanijama koje se bave razvojem fotonaponskih elektrana. Na taj način poljoprivrednik može zaraditi dodatni prihod, bez ulaganja u solarnu opremu. Poljoprivrednik nastavlja da radi ono što najbolje zna - a to je proizvodnja hrane, dok kompanija ili investitor preuzima odgovornost za energetske deo posla. Na ovaj način, potencijalni rizik vezan za energetske tržište preuzima kompanija.
- **Marketinške koristi i doprinos održivosti:** kroz takve saradnje i projekte, poljoprivrednici i preduzetnici poboljšavaju imidž poljoprivrednog i energetskog sektora, bolje pozicioniraju svoje proizvode na tržištu, proizvode održivu i zelenu energiju i doprinose dekarbonizaciji.
- **Smanjenje troškova rada i potrošene energije:** oni poljoprivrednici koji odluče da koriste proizvedenu električnu energiju za svoje potrebe, mogu smanjiti potrošnju električne energije i time smanjiti troškove poslovanja. Danas na tržištu postoji širok spektar različitih uređaja i mašina koje se zasnivaju na solarnoj energiji i koriste se u poljoprivrednom sektoru, kao što su solarni freze, solarne mašine za mužu, solarni

sistemi za ograde, solarni traktori, solarni prskalice, solarni insekti i zamke za štetočine ...

Agrivoltaics nudi brojne prednosti i potencijale, ali treba spomenuti neka ograničenja: neki profesionalci u solarnoj industriji vide agrivoltaične projekte kao složene i zahtijevaju dodatni napor za aktualizaciju, uključujući dodatne slojeve složenosti u dizajnu sistema i povećanu koordinaciju sa zainteresovanim stranama. Stoga je jasno da takvi projekti zahtevaju više vremena, planiranja i finansijskih ulaganja.

STUDIJE SLUČAJA USPEŠNIH FARMI NA SOLARNI POGON

U sledećem poglavlju biće predstavljeno nekoliko različitih agrivoltaičkih projekata iz Srbije, Evrope i SAD, kako komercijalnih tako i pilot kooperativnih projekata.

Agrivoltaika u Srbiji

Agrisolar je relativno nov koncept u Srbiji, ali ima veliki potencijal. Srbija je tradicionalno poljoprivredna zemlja, sa visokim udelom poljoprivrednog zemljišta u odnosu na ukupnu površinu, i sa tradicionalno zastupljenom poljoprivrednom proizvodnjom. Oko 48,7% teritorije Republike Srbije pokriveno je pretežno poljoprivrednim zemljištem. Pod intenzivnim poljoprivrednim kulturama (oranice, vrtovi, vinogradi, voćnjaci i sl.) iznosi 37,1% od ukupnog poljoprivrednog zemljišta, dok je pod travnatom vegetacijom, koja se najvećim dijelom čine livade i pašnjaci 11,6%. Pored toga, potencijal sunčevog zračenja u Srbiji je oko 30% veći nego u centralnoj Evropi. Prema podacima Odeljenja za strateško planiranje u energetici (Ministarstvo rudarstva i energetike Srbije) ukupan iskoristivi potencijal solarne energije procenjuje se na oko 0,64 Mtoe/god, a prosečna godišnja vrednost radijacijske energije je od 1200 kWh/m²/godišnje na severozapadu do 1550 kWh/m²/godišnje na jugoistoku, dok je u centralnom delu oko 1400 kWh / m² / godišnje. Takođe, broj sati sunčevog zračenja na teritoriji Srbije je između 1500 i 2200 sati godišnje, a u proseku ima oko 270 sunčanih dana.

Pored postojanja prirodnih potencijala (poljoprivredna proizvodnja, poljoprivredno zemljište i značajan potencijal solarne energije), Srbija je donela i stratešku odluku (prateći stratešku odluku EU) da uskladi razvoj energetike sa zemljama članicama EU, što znači dekarbonizaciju energetskog sektora do 2050. godine (neto nulta emisija do 2050. godine). Republika Srbija je početkom 2021. godine uvela reforme nacionalnog pravnog okvira u oblasti energetike i klimatskih promena, kao polaznu tačku za proces energetske tranzicije ka klimatski neutralnom razvoju. Time je postignuto potpunije usklađivanje sa odredbama "Trećeg energetskog paketa" energetskog zakonodavstva EU i određenim odredbama paketa "Čista energija za sve Evropljane". Republika Srbija je usvojila novi zakonodavni paket koji se sastoji od izmena i dopuna nekih već postojećih zakona (Zakon

o energetici, Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima) i novih zakona kao što su Zakon o energetskej efikasnosti i racionalnom korišćenju energije, Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije i Zakon o klimatskim promenama. Krajem 2023. godine Vlada Republike Srbije usvojila je Integrisani nacionalni energetski i klimatski plan koji planira da udeo obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije poveća na 45% do 2030. godine.

Sve ovo stvara mogućnosti za daleko intenzivniji razvoj agrovoltaičkih projekata u Srbiji, čiju ekspanziju možemo očekivati u narednim godinama.

Solarna berba: Prva agrosolarna elektrana u Srbiji

U februaru 2024. godine, Organska farma "Organela" postala je dom prve agrosolarne elektrane u Srbiji. Smeštena u ruralnom području zapadne Srbije i okružena prirodnim predelima, Organela proizvodi organsko voće i povrće, a od sada će proizvoditi zelenu električnu energiju i na istom zemljištu na kojem uzgaja organsku hranu. Pod solarnim panelima, farma Organela će uzgajati ribizle i rakete. Solarna elektrana raspolaže sa 48 fotonaponskih panela, ukupne snage 17,5 kW. Postavljanje solarnih panela iznad poljoprivrednog zemljišta donosi dvostruku korist: ispod solarnih panela koji će proizvoditi električnu energiju, postoje biljke kojima je potrebna hladovina kako bi nesmetano rasle. Solarni paneli će im pružiti hladovinu koja im je potrebna, a istovremeno ih štiti od grada. Štaviše, isparavanje iz biljaka će ohladiti solarne panele, povećavajući njihovu efikasnost i obezbeđujući maksimalno korišćenje njihovih kapaciteta. Tokom vrelih letnjih dana, kada temperatura vazduha prelazi 30 stepeni Celzijusa, efikasnost solarnih panela se smanjuje, tako da imaju koristi kada se ohlade isparavanjem iz biljaka koje rastu ispod. Procenjuje se da će ovaj agrisolar smanjiti emisiju CO₂ za 28 tona godišnje i da će godišnji prinos energije biti 25,9MWh.

Solarna žetva je projekat energetske zadruge Elektropionir (u saradnji sa Farmom Organela), a realizuje se u okviru inicijative Inovativna i pravedna zelena tranzicija, koja ima za cilj obezbeđivanje energetske bezbednosti i smanjenje energetske siromaštva, koju sprovodi UNDP Srbija u partnerstvu sa Ministarstvom zaštite životne sredine i Ministarstvom rudarstva i energetike.



Foto: Instalacija agrisolar na farmi Organela, Izvor: Elektropionir



Foto: Solarni paneli i sadnice ribizle na farmi Organela, Izvor: Elektropionir

Solarna elektrana Delta i Brankov solarna

U severnom delu Srbije (AP Vojvodine) u toku su dva nova agrosolarna projekta (u pripremi je planska dokumentacija): "Sunčana elektrana Delta" i "Brankovljeva solarna energija". Sunčana elektrana Delta se nalazi u katastarskoj opštini Banatska Topola, na poljoprivrednom zemljištu. Na 157 hektara predviđena su tri agrosolarna polja. Projekat

obuhvata trafostanicu (110/35 kV), vezu sa 110 kV dalekovodom i električne i optičke kablove (ukupno 180 hektara). Prema nacrtu plana, elektrana će imati priključnu tačku od 88 MW na prenosni sistem. Zemljište ispod solarnih panela koristiće se u poljoprivredne svrhe, kao što je ispaša za malu stoku ili uzgoj usjeva koji ne zahtevaju veliku sunčevu svetlost. Lokacija za drugi projekat, Brankov solarni, nalazi se u katastarskim jedinicama Mokrin i Kikinda. Solarni paneli i prateća oprema zauzimali bi 15 hektara.

Agrivoltaika u Evropi

Trenutno postoji više od 200 agrisolarnih projekata širom Evrope koji prelaze kombinovani kapacitet od 2,8 GW, uključujući i pilot i komercijalne projekte. Ovi projekti se uglavnom nalaze širom Švajcarske, Francuske, Holandije, Litvanije, Nemačke, Španije, Italije, Belgije, Austrije i Velike Britanije. Pored zajedničkih energetske ciljeva i želje za dekarbonizacijom, države članice EU donijele su jasnu odluku o uspostavljanju Zajedničke poljoprivredne politike (CAP), koja je takođe otvorila značajan prostor za promociju i implementaciju agrivoltaičnih projekata. Do sada su zemlje 14 zemalja EU uključile solarni PV u svoje strateške planove Common Agriculture Policy (CAP). Ove zemlje su Austrija, Belgija, Bugarska, Kipar, Češka, Francuska, Nemačka, Irska, Italija, Luksemburg, Malta, Holandija, Španija i Slovenija.

Italija

Broj agrivoltaičkih sistema u Italiji porastao je tokom godina, do tačke u kojoj se sada smatraju jednom od ključnih metoda za postizanje ciljeva dekarbonizacije. Takođe, važno je istaći dva dokumenta: "Integrated National Energy and Climate Plan 2030" koji predviđa povećanje udela energije proizvedene iz fotonaponske energije za 35 GW i 55% električne energije iz OIE do 2030. godine i "Nacionalni plan oporavka i otpornosti" koji ima za cilj smanjenje troškova energije u poljoprivrednom sektoru i predviđa instalaciju najmanje 1,04 GW agronaponskih postrojenja do juna 2026. godine, promovisanje hibridnih poljoprivredno-fotonaponskih sistema. To zapravo znači da možemo očekivati stvarnu ekspanziju agrosolarnih sistema u ovoj zemlji u narednim godinama.

Prva postrojenja za agrivoltaiku od 1 MW u Italiji izgrađena je 2011. godine (i jedna od prvih u Evropi) u Apuliji (region poznat i po italijanskom imenu Puglia, koji se nalazi u južnom poluostrvskom delu zemlje). Poslednjih godina ovaj italijanski preduzetnik i ponosni vlasnik prve agrosolarne farme u ovoj zemlji radi na razvoju novog projekta snage 8 MW, gde će realizovati kombinaciju proizvodnje zelene energije i vina, odnosno uzgoja grožđa.

U prethodnom periodu, desetine agrivoltaičnih projekata instalirano je ili odobreno za ugradnju u Italiji. U 2023. godini odobrena je izgradnja 13 agrovoltaičnih parkova kombinovanog kapaciteta 593,7 MW, koji će kombinovati energetske i poljoprivredne

proizvodnju. Dvanaest od ovih projekata će se nalaziti u Apuliji, dok će jedan biti instaliran u susjednom regionu Basilicata. Očekuje se da će ovi projekti pomoći u postizanju nacionalnih ciljeva obnovljive energije.

Što se tiče agrosolarnog projekta u Basilicata, u opštini Genzano di Lucania (provincija Potenza), elektrana od 10 MW je trenutno u izgradnji. Očekuje se da će ovo postrojenje biti u stanju da generiše 6162 MWh čiste energije godišnje kada bude u potpunosti operativan. Ovaj projekat podrazumeva upotrebu objekata visine 1,5 metra koji će omogućiti uzgoj različitih vrsta usjeva, pčelarstvo i ispašu ovaca.

U narednom periodu očekuje se da će još jedna nova farma agrivoltaika započeti proizvodnju: fabrika Ramacca, koja se nalazi u Ramacki, u provinciji Catania. Postrojenje, poznato kao "Solare Ramacca fiume - Gornalunga", nalaziće se na poljoprivrednom zemljištu od oko 68 hektara i imaće instaliranu snagu od 34 527 MWp. Biće opremljen integrisanim sistemom za skladištenje sa ulaznom snagom od 11,4 MW na solarnim objektima za praćenje. Očekuje se da će ova fabrika proizvesti neto količinu od 72 500 MWh / godišnje električne energije iz obnovljivih izvora. Pored proizvodnje čiste energije, postrojenje će imati značajan uticaj na smanjenje emisije CO2 u atmosferu, sa procenjenim preko 29 000 tona godišnje.

Među već operativnim postrojenjima, tu je i Renantis u Scikliju, u Ragusi, od 9,7 MW novih solarnih kapaciteta. Procenjuje se da postrojenje proizvodi oko 20 GWh obnovljive energije godišnje, što je ekvivalentno potrebama više od 5000 domaćinstava. Na lokaciji će se kombinovati uzgoj autohtonih usjeva i proizvodnja energije. Usjevi su odabrani u saradnji sa Odeljenjem za poljoprivredu, hranu i životnu sredinu Univerziteta u Kataniji i uključuju voćke, lekovito bilje i polifitni travnjak za ispašu ovaca, kao i uzgoj pčela i proizvodnju meda i druge proizvode košnice. Poljoprivrednom delatnošću će upravljati lokalna zadruga, što će doneti značajne koristi celom području, kao i stvaranje novih mogućnosti zapošljavanja na teritorijalnom nivou. Ova inicijativa ne samo da promoviše održivost životne sredine i efikasnost resursa, već doprinosi i ekonomskom i društvenom razvoju lokalne zajednice.

Takođe je vredno pomenuti inicijativu "Agrivoltaics Open Labs" koja se nalazi u Salaparuti (Sicilija). To je jedna vrsta inovacijske laboratorije na otvorenom u kojoj se testira integracija između proizvodnje solarne energije, poljoprivrede i zaštite biodiverziteta. S obzirom da su uzgoj grožđa i proizvodnja vina deo kulture, istorije i tradicije na Siciliji, preduzeće koje je vlasnik vinograda odlučilo je da kombinuje proizvodnju vina i energije i investira u PV instalaciju. Na taj način, pored vina, kompanija proizvodi i energiju, smanjujući troškove i istovremeno favorizujući održivost (tzv. Agrivoltaics Wine).



Foto: Agrivoltaics Open Labs u Salaparuti (Sicilija), Izvor: Enelgreenpower.com

Grčka

Grčka ima neke od najvećih potencijala za obnovljive izvore energije u Evropi, sa 50% više sunčevog zračenja po kvadratnom metru od Nemačke (koja predstavlja jednu od vodećih zemalja u oblasti agrosolarnog razvoja). Južni regioni Grčke dobijaju više od 2000kWh/m² globalnog zračenja godišnje, stvarajući do 1500kWh/kW solarne električne energije. Ostali delovi države takođe imaju značajan solarni potencijal. Tokom protekle decenije, udeo OIE u ukupnoj potrošnji energije se skoro udvostručio, pre svega kao rezultat proizvodnje energije vetra i sunca. Istovremeno, Grčka postepeno ukida ugaj i smanjila je emisiju gasova sa efektom staklene bašte za 43% od 2005. godine. Povoljan geografski položaj i klimatske karakteristike čine ovu zemlju veoma povoljnom za razvoj i ulaganje u agrovoltaične tehnologije. Stoga možemo očekivati njihovu ekspanziju u budućnosti.

Što se tiče agrivoltaičkih projekata u Grčkoj, treba pomenuti jednu zanimljivu inicijativu: U Joanini (severozapadna Grčka, region Epirus) već se planira prvi urbani projekat agrofotonaponske zajednice, a replikacija će uslediti u Skoplju, Severna Makedonija (dve agriPV stanice od 10-15 kW). To je urbani povrtnjak koji će se kombinovati sa proizvodnjom zelene energije iz fotonaponskih panela. Pilot će koordinirati lokalna energetska zajednica CommonEn, a dizajn će pratiti participativne procedure uz uključivanje građana i lokalnih aktera. CommonEn je osnovan 2021. godine, a osnovala ga je Electra Energi (član REScoop.eu).

Drugi projekat koji će ovde biti predstavljen je projekat grčkog startupa Brite Solar, koji gradi proizvodnu liniju u Patrasu za transparentne solarne panele za agrovoltaičnu proizvodnju. Ovaj objekat u Patrasu će imati godišnji kapacitet od 150 MW. Brite Solar ima za cilj da ga u budućnosti poveća na 300 MW. Ova kompanija je do sada implementirala nekoliko uspešnih agrivoltaičnih projekata širom Evrope kao što su:

- Uzgoj borovnice na otvorenom polju u Broekhuizen: jedan od prvih agrivoltaičkih projekata u Holandiji, koji je pokrenuo komercijalni uzgajivač borovnice.
- Uzgoj jagoda na otvorenom polju u Sendenu (Bavarska, Nemačka): pokrenut od strane nemačkog uzgajivača raznovrsnog voća (jabuke, kruške, jagode, razne bobice).
- Kruška jabuke na otvorenom polju i uzgoj u Papendrechtu (zapadna Holandija).
- Uzgoj krušaka na otvorenom polju u Randvijk (Holandija): nalazi se na istraživačkoj farmi kojom upravlja Univerzitet i istraživanje Wageningen, ova demonstracijska instalacija je deo projekta "Sunbiose" koji je dobio podršku holandske vlade kako bi se olakšalo širenje agrivoltaike u holandskom poljoprivrednom sektoru.

Nemačka

Upotreba obnovljivih izvora energije u Nemačkoj ima dugu tradiciju. Od 2000. godine, Zakon o obnovljivim izvorima energije (Erneuerbare Energien Gesetz – EEG) postavio je pravni okvir za energetske tranziciju u ovoj zemlji. Nemačka je postavila cilj da postane neutralna za gasove staklene bašte do 2045. godine. Pored toga, najmanje 80% električne energije koja se troši u Nemačkoj biće proizvedeno iz obnovljivih izvora energije do 2030. godine. Poslednjih godina APV projekti su stekli popularnost u ovoj zemlji, ali su još uvek u veoma ranoj fazi razvoja da bi se nazvali "svakodnevnom praksom". U novini EEG-a za 2021. godinu, agrivoltaika je ušla u pravila inovacija kao deo takozvanih specijalnih solarnih objekata (zajedno sa plutajućim fotonaponskim uređajima i fotonaponskim uređajima na parkiralištu). Od tada, njihov broj raste i sve je više zainteresovanih poljoprivrednika i preduzetnika koji su spremni da investiraju. Prema nedavno objavljenoj studiji Vagner et al. (2024) "*Faktori koji utiču na spremnost na upotrebu agrivoltaike: kvantitativna studija među nemačkim poljoprivrednicima*", 72,4% nemačkih poljoprivrednika spremno je da koristi agrivoltaiku. U 2024. godini u Nemačkoj postoji nekoliko desetina agrovoltaičkih farmi, posebno u južnom delu (Bavarska i Baden-Vurttemberg), gde je broj objekata veći u poređenju sa ostatkom zemlje.

Jedan od zanimljivih primera je prvi pilot agrivoltaike na voćnjaku jabuka u Nemačkoj, koji se nalazi u Gelsdorfu u Rajni-Pfalčkoj (Zapadna Nemačka). Njegov primarni cilj je da poveća otpornost na klimu u voćarstvu dok istovremeno bere zelenu električnu energiju. Ovaj projekat je započeo 2021. godine na farmi organskog voća Nachtvei sa instaliranim kapacitetom od 300 kWp. Proizvedena solarna energija se, između ostalog, koristi za električni traktor na licu mesta i za rad električne pumpe sistema za navodnjavanje, koji zamenjuje dizel generator. Sledeći primer je APV-pilot postrojenje u biodinamičkoj poljoprivrednoj zajednici "Heggelbach" koju vodi šest porodica, koja se nalazi u opštini Herdvangen-Schönach, Baden-Vurttemberg (jugozapadna Nemačka). Ovaj projekat je započeo 2016. godine sa instaliranim kapacitetom od 194 kWp. Poljoprivredna zajednica obrađuje oko 180 hektara. Poljoprivredna osnova obuhvata travu-detelinu (27 ha), žitarice (30 ha), povrće (25 ha), krompir (12 ha) i pašnjake za stado krava. Inovativno rešenje povećalo je efikasnost korišćenja zemljišta na testnom području za više od 60%.

Jedan od trenutnih projekata čija je implementacija u toku je izgradnja APV postrojenja od strane OEKOGENO. OEKOGENO je zadruga sa sedištem u Fribourgu sa 16 000 članova, koja je pokrenula kampanju Crowd-Investment za izgradnju "Oekogeno Agri solarni park" u blizini grada Ottweiler (Saarland, jugozapadna Nemačka). Postrojenje za agrivoltaiku od 3,7 MWp sa bifacijalnim modulima pokrivaće površinu od 11 hektara. Otvoreni prostor, koji ostaje kao hodnici širine 12 metara između modula, koristiće se dva puta: kao pašnjak za goveda pasmine Angus, koju vlasnik zemljišta prodaje kao organsko meso, i kao prostor za uzgoj sijena.



Foto: Prvi pilot agrivoltaike na voćnjaku jabuka u Nemačkoj (organska farma voća Nachtvei, Gelsdorf), Izvor: Baywa-re.de

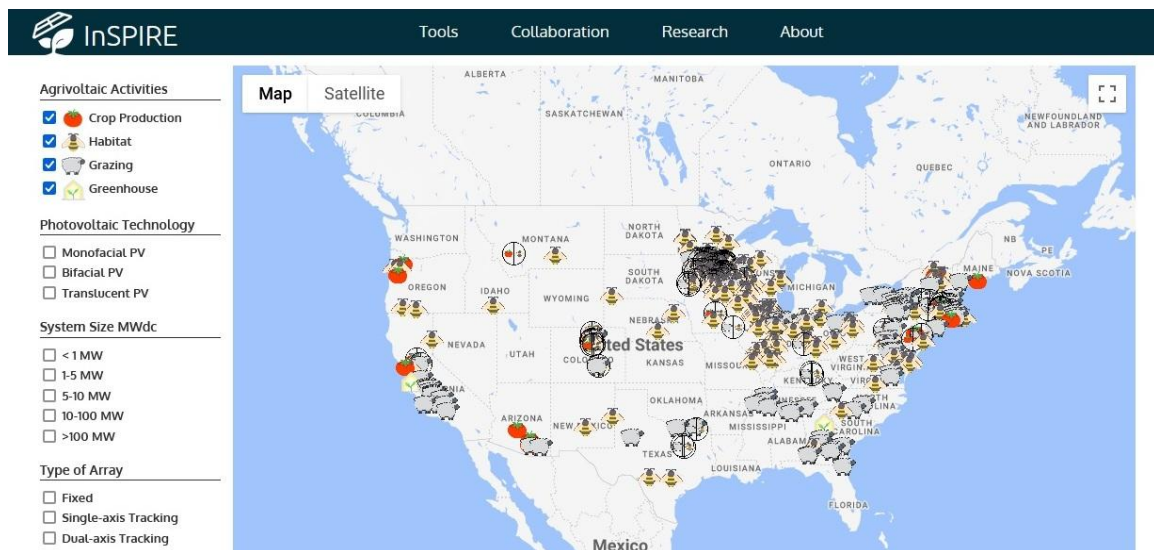


Foto: APV postrojenje u biodinamičkoj poljoprivrednoj zajednici "Heggelbach", Izvor: Baywa-re.de

Agrivoltaika u SAD

U Sjedinjenim Američkim Državama, solarni razvoj se predviđa da značajno raste. Do 2030. godine, solarna instalacija bi mogla da dostigne 330 GW instaliranog kapaciteta (da zadovolji 14% nacionalnih zahteva), a očekuje se da će 209 GW biti solarna na zemlji, što bi zahtevalo oko 8000 km² zemljišta, uključujući poljoprivredno zemljište.

Agrivoltaics projekti u SAD-u počeli su da se razvijaju oko 2011. godine, međutim, njihova značajna ekspanzija počela je nakon 2016. godine. Do avgusta 2024. godine, Nacionalna laboratorija za obnovljivu energiju identifikovala je 571 agrivoltaičkih projekata u Sjedinjenim Državama (sa 10GW), od kojih proizvodnja usjeva uključuje 35 projekata (79MW, 360 hektara), a solarna ispaša uključuje 205 projekata (7555 MW, 49 229 hektara). Ovce su najčešće životinje na solarnoj ispaši, ali postoji i nekoliko farmi na kojima su zastupljene krave, konji, lame i alpake. Kada govorimo o uzgoju hrane pod solarnim panelima u SAD-u, na farmama agrivoltaike najčešće se uzgajaju: povrće (kupus, brokoli, kelj, blitva, paprika, peršun, paradajz, zelena salata, spanać, tikvice, bosiljak, patlidžan, celer, poriluk, grašak, krastavci, pasulj, tikvice, ljutika, karfiol, šargarepa, pasulj, jam, rotkvica, itd); voće (jagoda, borovnice, dinja, lubenica, grožđe), kao i lekovito i aromatično bilje. Broj agrosolarnih farmi raste iz godine u godinu, zbog sve većeg interesovanja američkih poljoprivrednika, a sve to snažno podržava američko Ministarstvo energetike koje je razvilo "Vodič za poljoprivrednike za solarnu energiju" kao oblik podrške svim novim poljoprivrednicima koji žele da se pridruže ovoj inicijativi. Najbrojniji agrivoltaični projekti u SAD-u su definitivno "staništa oprašivača" (418 lokacija sa 4293 MW, što pokriva 23 784 hektara). Države širom zemlje uspostavljaju standarde koji postavljaju poštene, fleksibilne i naučno zasnovane standarde za ono što predstavlja "korisno za oprašivače" u upravljanoj pejzažu solarne farme. Mnoge države su usvojile sopstvene "solarne kartice pogodne za oprašivače".



Mapa: Agrivoltaics instalacije koje se nalaze širom Sjedinjenih Država, Izvor: OpenEI.org

Bibliografija

- Agrisolar Best Practice Guidelines, verzija 2.0. (2023). SolarPover Europe.
- Ašonja, A., Vuković, V. (2018). Potencijali solarne energije u Republici Srbiji: trenutna situacija, mogućnosti i barijere. *Applied Engineering Letters*, 3, 90-97. <https://doi.org/10.18485/aeletters.2018.3.3.2>
- Barron-Gafford, GA, Pavao-Zuckerman, MA, Minor, RL, Sutter, LF, Barnett-Moreno, I., Blackett, DT, Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, AK, Nabhan, GP, & Macknick, JE (2019). Agrivoltaika pruža uzajamnu korist u vezi hrane, energije i vode u sušnim područjima. *Održivost prirode*, 2(9), 848–855. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>
- Coşgun, A., Sacid Endiz, M., Demir, H., & Ozcan, M. (2024). Agrivoltaični sistemi za održivu energiju i integraciju poljoprivrede u Turskoj. *Heliyon*, 10(11), e32300–e32300. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32300>
- Davis, R., Macknick, J. (2022). ASTRO: Olakšavanje napretka u solarnom istraživanju, raspoređivanju i širenju sa malim uticajem. Nacionalna laboratorija američkog Ministarstva energetike (NREL), Kancelarija za energetske efikasnost i obnovljive izvore energije.
- Deteik, L., Salou, T., Drogue, S., & Loiseau, E. (2023). Značaj zemljišta u metodama procene kritičnosti resursa: Prvi korak ka karakterizaciji rizika snabdevanja. *Nauka o ukupnoj životnoj sredini*, 880, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163248>
- Nacrt novog prostornog plana Republike Srbije za period 2010-2035. Beograd: Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, Republika Srbija.
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., Ferard, I. (2011). Kombinovanje solarnih fotonaponskih panela i prehrambenih kultura za optimizaciju korišćenja zemljišta: Prema novim agrovoltaičnim šemama. *Obnovljivi izvori energije*, 36, 10, 2725–2732, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>.
- Strategija razvoja energetskog sektora Republike Srbije za period do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine (2016). Beograd, Republika Srbija: Ministarstvo rudarstva i energetike, Sektor za strateško planiranje u energetici.
- Goetzberger, A., Zastrow, A. (1981). O koegzistenciji solarno-energetske konverzije i uzgoja biljaka. *Int. J. Sol. Energija*, 1, 55–69. <https://doi.org/10.1080/01425918208909875>
- Gvozdenac, D., Nakomčić-Smaragdakis, B., Gvozdenac Urošević, B. (2011). Tehnologije obnovljivih izvora energije. Fakultet tehničkih nauka.
- Hartmann, H.M., Gripoo, M., Heath, G. et al. (2016). Razumevanje novih uticaja i zahteva vezanih za razvoj solarne energije (tehnički izveštaj). Američko ministarstvo energetike, Kancelarija za naučne i tehničke informacije.
- Integrisani nacionalni energetske i klimatski plan Republike Srbije za period do 2030. godine sa projekcijama do 2050. godine. Beograd, Srbija: Ministarstvo rudarstva i energetike.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, AA, & Kim, KH (2018). Solarna energija: Potencijal i buduće perspektive. *Obnovljivi i održivi energetske pregledi*, 82 (1364-0321), 894–900. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>
- Marrou, H., Guilioni, L., Dufour, L., Dupraz, C., Wery, J. (2013). Mikroklima pod agrivoltaičnim sistemima: da li je stopa rasta usjeva pogođena u delimičnoj hladovini solarnih panela? *Agric. For. Meteorol.*, 177, 117–132. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.04.012>

- Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., Dupraz, C. (2013). Produktivnost i efikasnost korišćenja zračenja zelenih salata koje se uzgajaju u delimičnoj hladovini fotonaponskih panela. *Evropski časopis za agronomiju*, 44, 54-66. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>
- Naushad, M., Sagar, A. (2023). Solarna energija u poljoprivredi. *Just Agriculture: multidisciplinary e-newsletter*, 23, 12, e-ISSN: 2582-8223.
- Pascaris, AS, Schelli, C., Burnham, L., & Pearce, JM (2021). Integrisanje solarne energije sa poljoprivredom: Perspektive industrije na tržištu, zajednici i društveno-političkim dimenzijama agrivoltaike. *Energetska istraživanja i društvene nauke*, 75, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102023>
- Pringle, A., Handler, R., Pearce, J. (2017). Akuavoltaics: Sinergije za dvostruku upotrebu vodene površine za solarnu fotonaponsku proizvodnju električne energije i akvakulturu. *Obnovljivi i održivi energetski pregledi*, 80, 572-584. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.191>
- Pumpa, C., Trommdorff, M., Beckman, V., Bretzel, T. (2024). Agrivoltaics in Germany – Status Quo and Future Developments. *AgriVoltaics World Conference 2023, Legal Framework & Public Policies*, <https://doi.org/10.52825/agrip.v2i.1005>
- Saxena, N.N., Kumar, P. (2021). Pregled primene solarne energije u poljoprivrednom sektoru. *Međunarodni časopis za inovativna istraživanja u inženjerstvu i menadžmentu (IJREAM)*, 8, 6. <https://doi.org/10.55524/ijirem.2021.8.6.23>
- Sekiama, T. Akira Nagashima Sunčeva svetlost Sistem za proizvodnju električne energije. Patent br. 2005-277038, 6. oktobar 2005.
- Sovacool, B. (2009). Istraživanje i kontekstualizacija javnog protivljenja obnovljivoj električnoj energiji u Sjedinjenim Američkim Državama. *Održivost*, 1, 3, 702–721. <https://doi.org/10.3390/su1030702>
- Tariq, G. H., Ashraf, M., & Hasnain, US (2021). Solarna tehnologija u poljoprivredi. *IntechOpen*. <https://www.intechopen.com/chapters/77058>
- Toledo, C., Scognamiglio, A. (2021). Dizajn i procena agrivoltaičnih sistema: kritički pregled i opisni model ka održivoj viziji pejzaža (trodimenzionalni agrivoltaični obrasci). *Održivost*, 13(12), 6871. <https://doi.org/10.3390/su13126871>
- Towner, E., Karas, T., Janski, J., Macknick, J. & Ravi, S. (2022). Upravljana ispaša ovaca može poboljšati kvalitet zemljišta i sekvestraciju ugljenika na solarnim fotonaponskim lokacijama [Prezentacija konferencije]. *AGU jesenji sastanak 2021*, Nju Orleans, LA, Sjedinjene Države. <https://doi.org/10.1002/essoar.10510141.1>
- Vagner, J., Buhner, C., Golz, S., Trommsdorff, M., Jurkenbeck, K. (2024). Faktori koji utiču na spremnost da se koristi agrivoltaika: Kvantitativna studija među nemačkim poljoprivrednicima. *Primenjena energija*, 361, 122934, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.122934>
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M., Bürer, M. (2007). Društveno prihvatanje inovacija obnovljivih izvora energije: Uvod u koncept, *Energetska politika*, 35, 5, 2683–2691. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.001>

Web sajтови:

- Associazione Italiana Agrivoltaico Sostenibile, dostupno na <https://www.associazioneitalianagrivoltaicosostenibile.com/>

- Balkan Green Energy News, Brite Solar će završiti postrojenje za agrosolarne panele u Grčkoj do kraja 2024. godine, dostupno na <https://balkangreenenergynews.com/brite-solar-to-complete-agrisolar-panel-plant-in-greece-by-end-2024/>
- Balkan Green Energy News, Solar Harvest: Prva poljoprivredno-solarna elektrana u Srbiji, dostupna na <https://balkangreenenergynews.com/solar-harvest-serbias-first-agrisolar-power-plant/>
- BaiVa-re, Agrivoltaics u Nemačkoj, dostupan na <https://www.baywa-re.de/en/solar/system-applications/agri-pv#our-expertise>
- Brite Solar, Open-Field Agrivoltaics, dostupan u <https://www.britesolar.com/argipv>
- CommonEn Energetska zajednica Epirus, dostupna na <https://www.commonen.gr/en/#erga>
- DW, Energetska demokratija poleti u Grčkoj, dostupno na <https://www.dw.com/en/greece-renewable-energy-gets-a-democratic-retrofit-in-democracys-birthplace/a-68238698>
- Electra Energy.coop, Zajednica Solar Garden, dostupno na <https://electraenergy.coop/en/communitysolargarden-en/>
- Energypress Grčki energetska informativni portal: Agrivoltaika u zajednici: Nova primena socijalne i klimatske pravde, dostupna na <https://energypress.eu/community-agrivoltaics-a-new-application-of-social-and-climate-justice/>
- Enel Green Pover, Agrivoltaics - dragocen saveznik u energetske tranziciji (autor dr Stefano Amaducci), dostupan na <https://www.enelgreenpower.com/learning-hub/contributors/agrivoltaics-ally-energy-transition>
- Enel Green Pover, In Sicilia l'energia rinnovabile si fa come il buon vino, dostupan na <https://www.enelgreenpower.com/it/media/news/2024/03/agrivoltaico-salaparuta>
- Elektropionir, Elektrana solarna berba, dostupan na <https://elektropionir.rs/elektrana-solarna-berba/>
- Evropska komisija, Zajednička poljoprivredna politika, dostupno na https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy_en
- Farmer's Guide to Going Solar, Ministarstvo energetike SAD-a, dostupno na <https://www.energy.gov/eere/solar/farmers-guide-going-solar>
- Sveža energija, Centar za opravišače u energiji, dostupan na <https://fresh-energy.org/beeslovesolar>
- Infobuildenergia, Agrivoltaico e sostenibilità: in Puglia si fa la storia e si crea comunità, dostupno na <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/fotovoltaico-agricoltura-agrivoltaico-progetti/>
<https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/fotovoltaico-agricoltura-agrivoltaico-progetti/>
- Infobuildenergia, Impianti agrivoltaici, come sfruttare l'energia solare per migliorare l'agricoltura, dostupno na <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/impianti-agrivoltaici-energia-solare-agricoltura-esempi/>
- MERCOM Uvid u čistu energiju, dostupan na <https://www.mercomindia.com/italy-greenlights-agrivoltaic-projects>
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, dostupno na <https://va.mite.gov.it/it-IT/Oggetti/Info/9788>
- NREL Transformin Energi, Solar Market Research & Analysis, Agrivoltaics, dostupno na <https://www.nrel.gov/solar/market-research-analysis/agrivoltaics.html>
- OEKOGENO, dostupan na <https://oekogeno.de/>

- Open EI: Informacije o otvorenoj energiji, podaci i resursi, dostupni na https://openei.org/wiki/InSPIRE/Agrivoltaics_Map
- Oksford PV, Perovskitna solarna ćelija postiže efikasnost od 28%, OPE Journal, dostupan na <https://ope-journal.com/news/oxford-pv-perovskite-solar-cell-achieves-28-efficiency>
- PV Magazin, dostupan na <https://www.pv-magazine.com/>
- REScoop.eu, april Priča o uspehu: Kombinovanje negativnih računa za energiju i pozitivnih energetske fjučersa u Grčkoj, dostupno na <https://www.rescoop.eu/news-and-events/stories/april-success-story-combining-negative-energy-bills-and-positive-energy-futures-in-greece>
- Solar Pover Europe: Agrisolar Europe, dostupan na <https://agrisolareurope.org/insights/>
- Ujedinjene nacije: Naša rastuća populacija: dostupno na <https://www.un.org/en/global-issues/population>
- Vorldmeter: Sat svetske populacije, dostupan na <https://www.worldometers.info/world-population/>