

TAASTUVATE ENERGIAALLIKATE KASUTAMINE PÕLLUMAJANDUSES

MOODUL 2

INTELLECTUAL
OUTPUT 1
2020-1-ES01-KA202-
082440



Kaasrahastas
Euroopa Liidu programm
„Erasmus+”

Euroopa Komisjoni toetus käesoleva väljaande koostamisele ei tähenda väljaandes esitatud sisu kinnitamist. Väljaandes esitatud sisu peegeldab vaid autorite seisukohti. Euroopa Komisjon ei vastuta selles sisalduva teabe kasutamise eest.

AUTORID

Fundación de la Comunitat Valenciana para una economía baja en carbón

Area Europa srl

Eszterhazy Karoly Egyetem

Federación EFAS CV la Malvesía

Järvamaa Kutsehariduskeskus

Stowarzyszenie Edukacji Rolniczej i Lesnje EUROPEA Polska

08/2021



Sissejuhatus

See moodul koosneb taastuvenergia rakendamisest põllumajanduses, keskendudes fotogalvaanilisele energiale ja uuest modaalsusest nimega Agri-PV või agrisolar, mis on uuenduslik nägemus jätkusuutlikuma põllumajanduse loomiseks Euroopas päikese- ja fotogalvaanilise energia abil. Seda tüüpi põllumajandus avaldab mõju sotsiaalsel, keskkonna- ja majandustasandil.

Sissejuhatus taastuvenergiasse

Euroopa energiasektor

Euroopa tarbib ja impordib üha rohkem energiat. ELi riigid on hästi teadlikud koordineeritud tegevuse eelistest selles ülimalt strateegilises valdkonnas. See on viinud ühiste reegliteni kogu Euroopas ja jõupingutuste ühendamiseni, et tagada vajalik energia taskukohase hinnaga, tekitades samal ajal võimalikult vähe saastet.

EL vaatas põhjalikult läbi oma energiapoliitika raamistiku, et aidata meil liikuda fossiilkütustelt puhtama energia poole – ja täpsemalt täita ELi Pariisi kokkuleppe kohustusi kasvuhuonegaaside heitkoguste vähendamisel.

Kokkulepe selle uue energia reeglistiku kohta, mida nimetatakse puhta energia paketiks kõigile eurooplastele, tähistas olulist sammu 2015. aastal avaldatud energialiidu strateegia elluviimise suunas.

Uued eeskirjad toovad märkimisväärset kasu tarbijatele, keskkonnale ja majandusele. Koordineerides neid muudatusi ELi tasandil, rõhutavad õigusaktid ka ELi juhtrolli globaalse soojenemise vastu võitlemisel ja annavad olulise panuse ELi pikaajalisesse strateegiasse, mille eesmärk on saavutada 2050. aastaks süsinikuneutraalsus (netoheide).

EL on seadnud ambitsioonika ja siduva eesmärgi, et 2030. aastaks on taastuvate energiaallikate osakaal ELi energiaallikates 32%. Seda kohustust sisaldav läbivaadatud taastuvenergia direktiiv (2018/2001/EL) jõustus 2018. aasta detsembris.

Maailma suurim importija

Euroopa Liit, maailma suuruselt teine majandus, tarbib viiendiku maailma energiast, kuid tal on väga vähe oma varusid. Õnneks on siin Euroopas meie energiaallikate portfelli väga mitmekesine: alates Austria paljudest tammidest, Poola söekaevandustest ja Prantsusmaa tuumaelektrijaamadest kuni Põhjamere naftapuurtoornide ning Taani ja Hollandi gaasiväljadeni. Ükski Euroopa riik ei ole sarnane ja see on eelis. Muidugi eeldusel, et need riigid teevad koostööd, et oma mitmekesisust maksimaalselt ära kasutada.

Euroopa energiasõltuvusel on meie majandusele tohtu mõju. Ostame naftat Naftat Eksportivate Riikide Organisatsioonilt (OPEC) ja Venemaalt ning gaasi Alžeerias, Norrast ja Venemaalt. Euroopa riigikassa ammendub igal aastal üle 350 miljardi euro, et selle eest maksta. Ka energiakulud kasvavad pidevalt. See ei jäta meile muud võimalust: ELi riigid peavad olema tõhusad, seadma ambitsioonikad eesmärgid ja tegema koostööd, et mitmekesistada oma energiaallikaid ja tarnekanaleid.

Kliima piirangud

Juhtivad eksperdid on näidanud, kui suured on kliimamuutuste kulud, kui maailmal ei õnnestu kasvuhoonegaaside heitkoguseid vähendada. Energiasektor on sellega otseselt seotud, kuna üle 80 % selle toodangust pärineb fossiilkütustest, mis põletamisel eraldavad süsinikdioksiidi (CO₂), mis on peamine kasvuhoonegaas. Seetõttu peab Euroopa energiasektor tulevikus vähendama fossiilkütuste kasutamist ja kasutama palju rohkem vähese CO₂-heitega energiaallikaid.

Taastuvenergia osana lahendusest

Taastuvenergia on Euroopa pikaajalise energiastrateegia keskmes, sest see aitab vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid ja vähendab Euroopa energiaimporti, muutes Euroopa sõltumatumaks. See õitsev majandussektor aitab kaasa Euroopa juhtpositsioonile tehnoloogilises valdkonnas, pakkudes ELi riikidele ja nende piirkondadele uusi rohelisi töökohti ja suure lisandväärtusega eksporti.

ELi praegune eesmärk on, et 2020. aastal tuleks 20% Euroopa Liidus tarbitavast energiast taastuvatest allikatest (ja 2030. aastaks vähemalt 27%). Selle eesmärgi edendamine kogu Euroopas on toonud kaasa taastuvate energiaallikate tootmisvõimsuse märkimisväärse kasvu. 2011. aastal paigaldati kogu maailmas üle 100 gigavati päikesepaneele, neist 70% ELis. ELi taastuvenergia tootmine aitab igal aastal vähendada fossiilkütuste importi ligikaudu 400 miljardi euro väärtuses.

Euroopa laienev taastuvenergia turg on oluliselt vähendanud taastuvenergia tehnoloogiate kulusid: näiteks päikesepaneelide hind on viimase seitsme aasta jooksul langenud 70%..

Taastuvenergia on ka osa kasvavast nn rohelise tehnoloogia sektorist, mis annab Euroopas tööd üha enamatele inimestele. 2011. aastal oli taastuvenergiaga seotud töökohti 1,2 miljonil inimesel. Aastaks 2020 annab taastuvenergia ja energiatõhususe sektor kogu ELis tööd enam kui 4 miljonile inimesele.

Peamised taastuvenergia allikad

Taastuvad energiaallikad pärinevad energiaallikatest, mis täienevad või uuenevad looduslikult. Taastuvad energiaallikad hõlmavad järgmist:



- **Tuuleenergia**

Tuule kineetiline energia muudetakse tuuleturbiinide abil elektriks. Turbiinid võivad asuda nii maal kui ka avamerel. Toodetud võimsus varieerub sõltuvalt tuule kiirusest, mis võib muuta toiteallika lühikese aja jooksul raskesti ennustatavaks.

Tuuleenergia kui taastuvenergiaallikas moodustas 2015. aastal EL-28 taastuvenergia primaarenergia kogutoodangust peaaegu 13%.

Joonis

1. Tuuleenergia. (Green Education for Active Talents).

- **Päikeseenergia**

Päikeseenergia on taastuv energiaallikas. Umbes 6% kogu taastuvenergia primaarenergia toodangust EL-28s 2015. aastal toodeti sel viisil. Kõige tavalisem näide päikesest elektri ja soojustootmisest on:

- Päikeseenergia muundamine elektriks fotogalvaanilise elemendi abil
- Päikesekiirte energia kontsentratsioon vastuvõtja soojendamiseks. See päikesesoojus muudetakse turbiinide abil mehaaniliseks energiaks ja seega tarbimiseks kasutatavaks elektrienergiaks
- Soojusenergia tootmine päikeseenergia tehnoloogiate



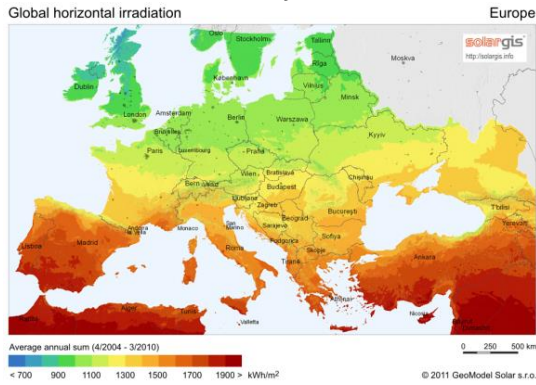
abil

Joonis 2. Päikeseenergia. (Green Education for Active Talents).

Elektri ja soojustootmisel päikeseenergia abil on järgmised põhijooned:

- Päikeseenergia on lõpmatu ressurss ja see on vabalt saadaval.
- Päikeseenergia kogumiseks kollektoritega on vaja suuri maa-alasid.
- Tootmine sõltub päikesevalguse kestuse tasemest, mis on erinevates piirkondades ja ilmastikutingimustes erinev.
- Päikeseenergiat saab kasutada kaugemates piirkondades, kus elektrivõrk pole saadaval.
- Üha enam igapäevaseid seadmeid saab kasutada päikeseenergiaga.

Joonis 3. Globaalne horisontaalne kiiritus. (Green Education for Active Talents).



• Hüdenergia

2015. aastal oli hüdenergia Euroopa suurim taastuvenergia ressurss, mis moodustas üle 14% kogu taastuvenergia primaarenergia toodangust EL-28s..

Hüdenergia genereerimiseks muundatakse esmalt vees salvestatud potentsiaalne energia voolava vee kineetiliseks energiaks, mis seejärel muudetakse turbiinide kaudu elektrienergiaks.

Peamised hüdenergia tehnoloogiad on:

- Jooksvad hüdrolektriijaamad – saavad jõeveest elektri tootmiseks energiat.
- Veehoidla hüdrolektriijaamad – kasutavad elektri tootmiseks reservuaaris hoitavat vett.
- Pumbajaamad – siin pumbatakse vett alumisest reservuaarist ülemisse reservuaari, kui elektrienergia nõudlus ületab.

Kui on olemas veehoidla, saab vajaduse korral toota hüdenergia, et rahuldada nõudluse kiireid või ootamatuid kõikumisi. Siiski on alade võimalused piiratud ja maakasutuse ja ümberehitamise tõttu võivad keskkonnamõjud olla suured.

Joonis 4. Hüdenergia. (Green Education for Active Talents).



• Biomassist saadav energia

Biomassi – mittefossiilse päritoluga orgaanilist materjali, sealhulgas orgaanilisi jäätmeid – saab põletamise teel muuta bioenergiaks kas otse või saadud toodete kaudu. Umbes 64% 2015. aastal EL-28 taastuvenergia primaarenergia kogutoodangust toodetakse sel viisil.

Biojätmetest toodetud kütused on näiteks biodiisel vanast õlist, biogaas loomasõnnikust ja orgaanilistest majapidamisjätmetest ja biokütus taimede või taimekasvatusest tekkivast biomassist.

Bioenergia tootmisel saab kasutada järgmisi materjale:

- Puit ja puidujäätmed.
- Tahkete olmejäätmete orgaaniline osa.
- Tööstusjäätmete orgaaniline osa.
- Reovesi
- Sõnnik.
- Põllukultuurid ja toiduainete tootmise kõrvalsaadused.

Soodsad ilmastikuolud panevad taimed kasvama. Orgaanilist ainet, millest need taimed koosnevad, nimetatakse biomassiks. Biomassi saab kasutada elektri, transpordikütuste või kemikaalide tootmiseks. Biomassi kasutamist nimetatud eesmärkidel nimetatakse biomassi energiaks.

- Biomassi, eriti puidust biomassi, saab soojuse ja/või elektri tootmiseks otse põletada.
- Biogaas, peamiselt metaan ja süsihappegaas, tekib orgaanilise aine, näiteks reovee, sõnniku, orgaaniliste olmejäätmete ja taimekultuuride bakteriaalsel lagunemisel..
- Biokütused on mittefossiilse bioloogilise päritoluga vedelkütused, on ka taastuv energiaressurss. Biokütused võib sõltuvalt kasutatud materjalist jagada biobensiiniks ja biodiisliks.

Kuna orgaaniline taimne aine on kasvades neelanud süsihappegaasi, eraldab see bioenergia saamiseks lõpuks põletamisel atmosfääri võrreldava koguse süsinikku..

Põllumajandusliku biokütuse tootmine konkureerib põllumajandusliku toidu tootmisega. Helmholtzi Keskkonnauuringute Keskuse (UFZ) andmetel kasvab bioenergia tarbeks taimekasvatus EL-is kiiresti ning 2011. aastal kasutati selleks 13% Euroopa põllumajandusmaast. Bioenergia põllukultuuride maanõudlus on poleemikat tekitav ja seda tuleb tasakaalustada



maakorralduse üldise säästva lähenemisviisi kontekstis.

Joonis 5. Biomassist saadav energia (Green Education for Active Talents).

- **Geotermiline energia**

2015. aastal moodustas geotermiline energia ligikaudu 3% kogu taastuvenergia primaartoodangust EL-i 28 riigis.

Geotermiline energia esineb maakeral soojuse kujul ja seda salvestatakse kivimites, kinnipeetud aurudes, vees või soolvees. Seda soojusenergiat saab kasutada otse kütteks või elektri tootmiseks.

Geotermilise energia suur eelis seisneb selle tarnekindluses ja peaaegu piiramatus saadavuses. Tehnoloogiline süsteem (torusüsteem) võib aga nõuda palju ruumi ning raskusi on peamiselt sügaval maapinna all asuvate seadmete hooldamisega. Lisaks võivad sellise energiatootmise kõrvalsaadusena vabaneda potentsiaalselt kahjulikud või ohtlikud ained.

Rahvusvahelise Energiaagentuuri (IEA) andmetel võib geotermiline energia aastaks 2050 moodustada ligikaudu 3,5% maailma aastasest elektritoodangust ja 3,9% soojusenergiast (va



maasoojuspumbad).

Joonis 6. Geotermiline energia. (Green Education for Active Talents).

- **Loode-, laine- ja ookeanienergia**

Loodete, lainete ja ookeanide energia panus elektritootmisse nii ELi riikides kui ka kogu maailmas on praegu väike. 2015. aastal moodustas see energiaallikas 0,02% kogu taastuvatest



energiaallikatest toodetud elektrist EL 28s.

Alates 1970. aastatest on välja töötatud mitmesuguseid tehnoloogiaid ookeanide erinevate energiaallikate kasutamiseks, kuid ühtegi erinevat tüüpi tehnoloogiat ei ole veel laialdaselt rakendatud, kuigi Prantsusmaa ja Ühendkuningriik on ELi ainsad riigid, kes ka 2015. aastal sellisel viisil energia tootsid.

Joonis 7. Ookeani energia. (Green Education for Active Talents).

Loodete, lainete ja ookeanide energiaallikad hõlmavad:

- Loodete energia: loodete potentsiaalset energiat, mis on tingitud nende tõusust ja langusest, saab ära kasutada paisu ehitamise või muu konstruktsiooniga.
- Loode (mere) hoovused: loodete hoovustega seotud kineetilist energiat saab kasutada modulaarsete süsteemide abil.
- Laineenergia: ookeanilainetega seotud kineetilist ja potentsiaalset energiat saab kasutada mitmete arenduses olevate tehnoloogiate abil.
- Temperatuurigradiendid: merepinna ja süvavee temperatuuride erinevusi saab kasutada ookeani soojusenergia muundamise (OTEC) protsesside abil.

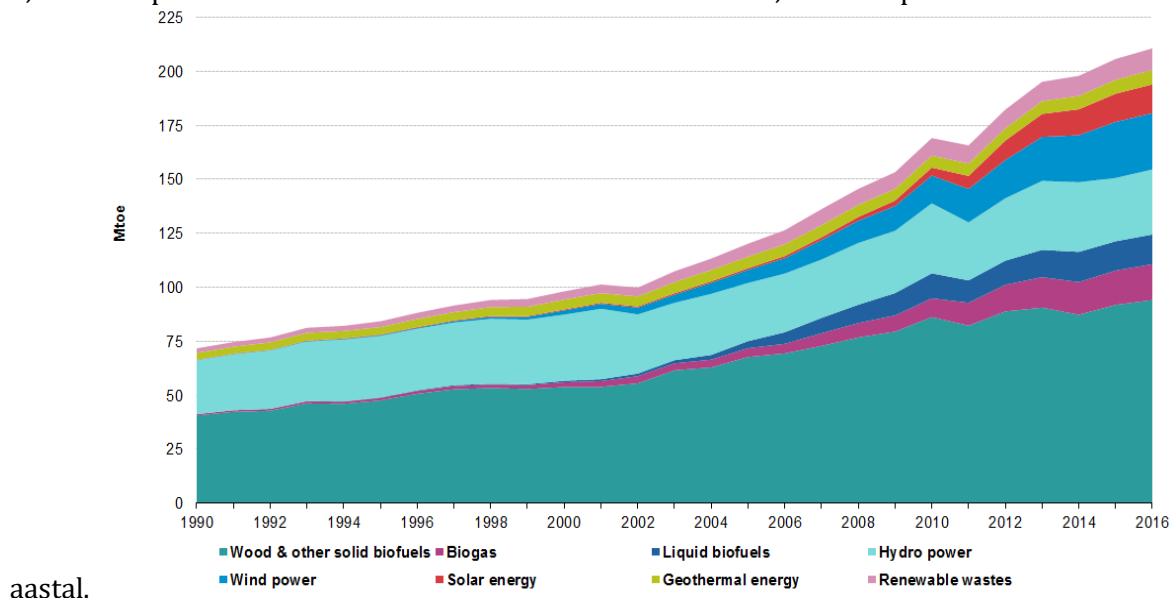
- Soolsuse gradiendid: jõgede suudmes, kus magevesi seguneb soolase veega, saab energiat luua rõhu all oleva pöördosmoosi protsessi ja sellega seotud muundustehnoloogiate abil.

ELi taastuvenergia areng

Taastuvate energiaallikate hulka kuuluvad tuuleenergia, päikeseenergia (soojus-, fotogalvaaniline ja kontsentreeritud), hüdroenergia, loodete energia, geotermiline energia, biokütused ja taastuv osa jäätmetest.

Taastuvenergia kasutamisel on palju potentsiaalseid eeliseid, sealhulgas kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemine, energiavarustuse mitmekesistamine ja sõltuvuse vähenemine fossiilkütuste (eelkõige nafta ja gaasi) turgudest. Taastuvate energiaallikate kasvul võib olla ka potentsiaali suurendada tööhõivet ELis, luues töökohti uute nn roheliste tehnoloogiate abil.

Taastuvenergia on ELis viimastel aastatel jõudsalt kasvanud. Täpsemalt on taastuvatest allikatest toodetud energia osa energia kogutarbimises viimastel aastatel peaaegu kahekordistunud, umbes 8,5 protsendilt 2004. aastal 17,0 protsendini 2016.



Joonis 8. Taastuvatest energiaallikatest toodetud primaarenergia EL-28 1990-2016. (Eurostat).

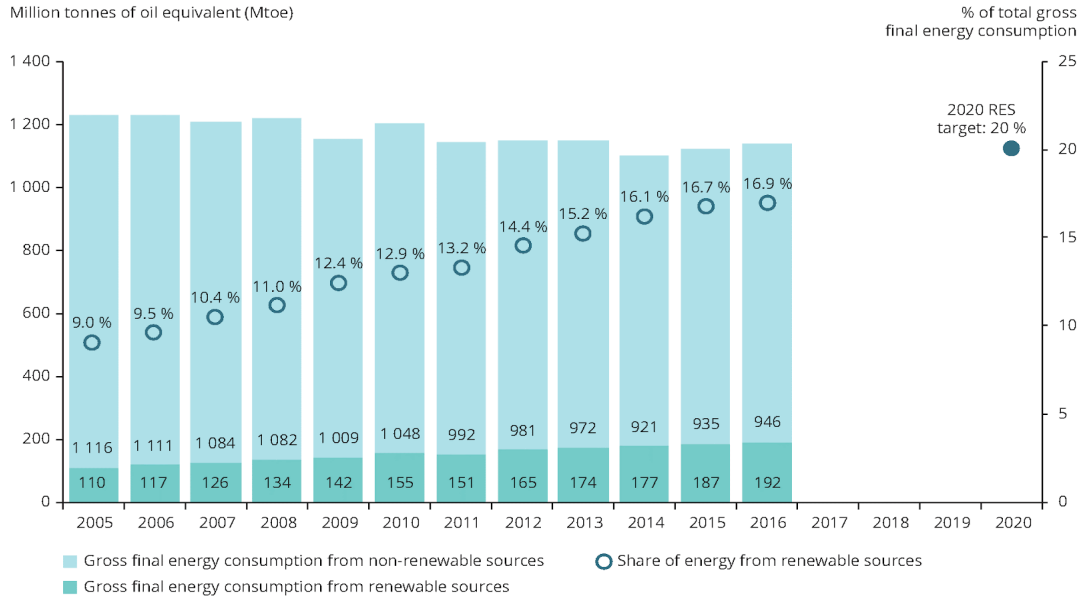
See positiivne areng on ajendatud direktiiviga 2009/28/EÜ (taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamine) kehtestatud õiguslikult siduvatest eesmärkidest taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaalu suurendamiseks. Kuigi EL tervikuna on teel oma 2020. aasta eesmärkide täitmisele, peavad mõned liikmesriigid tegema täiendavaid jõupingutusi, et täita oma kohustusi seoses kahe peamise eesmärgiga: taastuvatest allikatest toodetud energia üldine osakaal energia kogutarbimises ja taastuvatest allikatest toodetud

energia

Million tonnes of oil equivalent (Mtoe)

osakaal

transpordis.



Joonis 9. Taastuva ja taastumatu energia lõpptarbimine (bruto)
(European Environment Agency).

Taastuvate energiaallikate (RES) tarbimise hinnanguline mõju

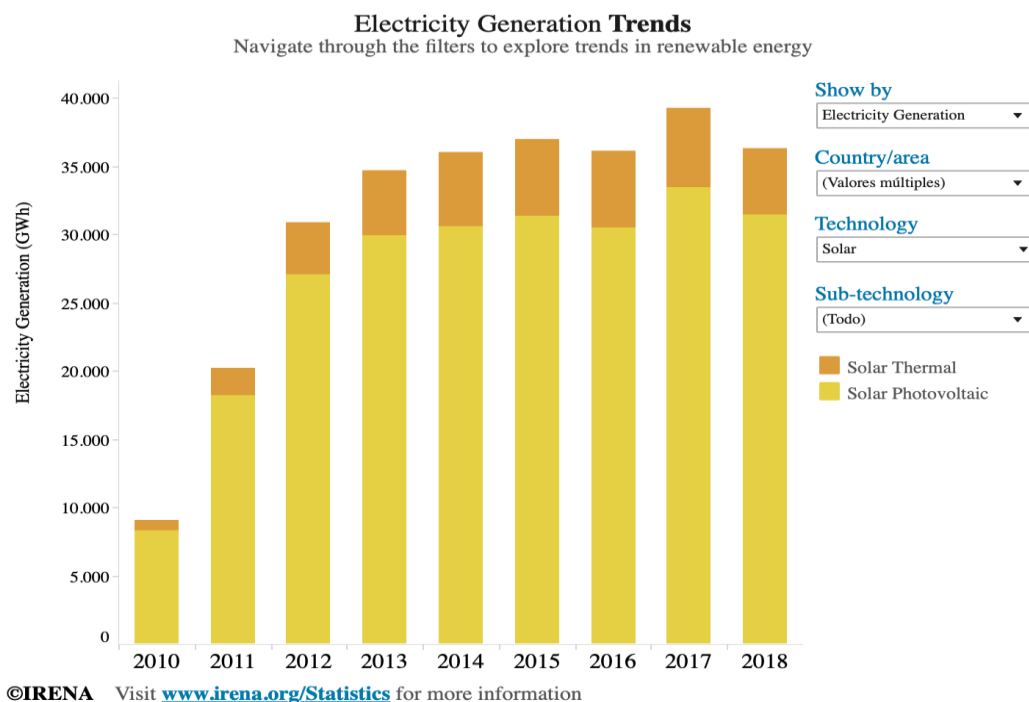
2015. aastal võimaldas taastuvenergia täiendav tarbimine võrreldes 2005. aasta taastuvenergia kogutarbimise tasemega EL-il:

- Vähendada kasvuhoonegaaside koguheidet 447 miljoni tonni CO₂ võrra, mis võrdub 9% ELi kasvuhoonegaaside koguheitest.
- Vähendas oma nõudlust fossiilkütuste järele 135 Mtoe (Megatonni nafta ekvivalenti) võrra ehk ligikaudu 10% fossiilkütuste sisetarbimisest ELi tasandil.
- Vähendada oma esmast tarbimist 36 Mtoe võrra, mis võrdub primaarenergia tarbimise 2% vähendamisega kogu ELis.

Fotogalvaaniline päikeseenergia

Eurostati allikate andmetel oli päikeseenergia 2008. aastal Euroopas taastuvenergia abil toodetud energia hulgas vaid 1%. Tänu selle rakendatavusele erinevates seadetes on see tõusnud „vaid 7,4 TWh-lt 2008. aastal 125,7 TWh-ni 2019. aastal“ (taastuvenergia statistika, 2020).

Päikeseenergia, nagu selle nimigi ütleb, pärineb päikesest, muutes päikesevalguse elektriks (Euroopa Komisjon, 2021). Seda tüüpi taastuvenergia "on puhtaim ja kõige rikkalikum saadaolev taastuvenergia allikas" (Solar Energy Industries Association) ja seda saab olenevalt kasutatavast tehnoloogiast kasutada elektri ja kütte tootmiseks. Selles mõttes on energia tootmiseks kolm peamist viisi: fotogalvaanika, päikeseküte ja -jahutus ning päikeseenergia koondamine. Iga meetod töötab erineval viisil, kuid tulemuseks on elektri või kütte/jahutuse teke:



Joonis 10. Elektritootmise suundumused. (European Environment Agency).

- Fotogalvaanika (PV): kasutab päikesepaneelideks kokkupandud päikeseptareisid, et muuta päikesevalgus fotogalvaanilise efekti abil energiaks. See on "paigaldatud maapinnale, katustele või tammidele või järvedele hõljudes" (Euroopa Komisjon, 2021).
- Päikeseküte ja -jahutus (SHC): kogub päikese soojusenergiat ning pakub sooja vett, ruumi soojendamist, jahutust ja basseini soojendamist (Solar Energy Association Industries).
- Kontsentreeritud päikeseenergia (CSP): kasutab päikesevalguse koondamiseks peegleid. Seda tehes toodab see soojust ja auru, mis toodavad hiljem elektrit.

Järgnevalt keskendub dokument seda tüüpi päikeseenergia kasutamisele spetsiaalselt põllumajanduslikes majapidamistes.

Fotogalvaaniliste seadmete komponendid

Fotogalvaanilised seadmed muudavad päikesekiirgust kollektorivälja (PV või fotogalvaanilise paneeli) kaudu. See kollektoriväli on alati varustatud patareide või muude tehnoloogiatega, et muuta kiirgus paneelide tekitatud energiaks.

On olemas erinevat tüüpi komponente, mis võivad olenevalt paigalduse tüübist, selle kasutamisest ja eesmärkidest erineda. Fotogalvaanilise paigaldise kõige levinumad komponendid on :

- Fotogalvaaniline paneel
- Fotogalvaaniliste paneelide tugistruktuurid
- Regulaator/maksimeerija
- Patareid
- Toiteinverterid

- **Fotogalvaaniline paneel**

Üldiselt moodustavad fotogalvaanilised paneelid üksikud elemendid, mida nimetatakse päikeseplatadeks. Päikeseplatadeid vastutavad elektrienergia tootmise eest. Päikeseplatade kombinatsioon loob päikesepaneeli ja seda kasutatakse päikeseenergia muundamiseks elektriks (pingeks). Tavaliselt on päikesepaneeli moodustavate päikeseplatade minimaalne arv 36, kuid selle suurus võib olenevalt rakenduse eesmärgist erineda.

Viimasel ajal on enimlevinud fotogalvaaniliste paneelide tüüp monokristallilised elemendid, kuna need on efektiivsemad ning polükristalliliste paneelide hinnaerinevus on viimastel aastatel vähenenud. Sellegipoolest kasutatakse ka teisi tüüpe, nagu polükristallilised ja amorfseid õhukese kilega päikesepaneelid. Edaspidiseks nende kolme PV-elementi lühike määratlus:

Kõige tavalisemad fotogalvaanilised elemendid	
<p>Monokristalliline silikoon</p> 	<p>Ühest silikoonkristallist valmistatud element tagab 14-21% efektiivsuse. Suurima efektiivsuse kasutamisel on sama võimsuse saamiseks vaja väikseimat pinda. Tänapäeval on suhe umbes 225 W/m².</p>
<p>Polükristalliline silikoon</p> 	<p>Elementide tüüp, mis oli vanasti odavam kui monokristalliline räni (tänapäeval on hinnad tasakaalustatumad), valmistatud mitmest erinevat tooni sinisest silikoonkristallidest, mille efektiivsus on 12-18%, saavutades maksimaalse pinnavõimsuse suhte 175 W/m².</p>
<p>Amorfne silikoon</p> 	<p>Silikooni mittekristalliline vorm, mida nimetatakse ka õhukesteks kilepaneelideks, mida kasutatakse erinevatel pindadel kasutamiseks. Painduv paneel, mida saab kasutada kõverate või ebakorrapäraste pindade korral. Ja nende efektiivsus on 6-10%.</p>
<p>CIS and CISG cells</p>	<p>Vasest, indiumist, seleniidist ja galliumist valmistatud õhukese kilega päikesepaneelides kasutatavad elemendid. Koos amorfse räniga on see üks kolmest levinud õhukese kilega fotogalvaanilisest tehnoloogiast (on olemas kolmas kaadmiumtelluriid). CISG-i kihid on paindlikud ja kasutavad tavaliselt kõrgtemperatuurse sadestamise tehnikaid, kuid nende toimivusest maksimumi saamiseks on parem kasutada neid klaasile kinnitatuna. Kuigi seda tüüpi elemendid edestavad raku tasemel polüräni, on selle mooduli efektiivsus väiksem tänu vähem küpsele ülesskaleerimisele.</p>

Fotogalvaaniliste paneelide tugistruktuurid

Fotogalvaaniline moodul on toetatud ja saab vajaliku kalde, et saavutada konstruktsiooni maksimaalne efektiivsus. Struktuur võimaldab PV-moodulid kinnitada tuuleilide vastu ja ühendada ning vedada vajalik juhtmestik. Struktuur on valmistatud anodeeritud alumiiniumist (lihtsam transportida ja kaalub vähem) või tsingitud terasest.

Päikesepaneeli toetavaid struktuure on erinevat tüüpi:

- Fikseeritud struktuur: see on ankurdatud ja paigale kinnitatud konstruktsiooni tüüp. See võib olla ühetasandiline ja kaldu.
 - Ühetasandiline struktuur – paikneb paralleelselt paigaldatud paneelide pinnaga, et optimeerida nende integreerimist. Soovitav on jätta paneelide ventilatsiooniruum pinna ja konstruktsiooni vahele.

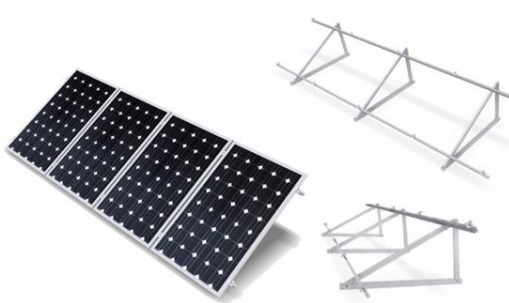


Joonis 11. Ühetasandiline (Sunfer Energy)



Joonis 12. Mar de Fulles (Heliotec S.L)

- Kaldega struktuur: Konstruksiooni tüüp, millega saab ideaalse kalde saavutamiseks käsitsi muuta paigaldusnurga kallet kahest asendist.



Joonis 13. Kaldega (Sunfer Energy)

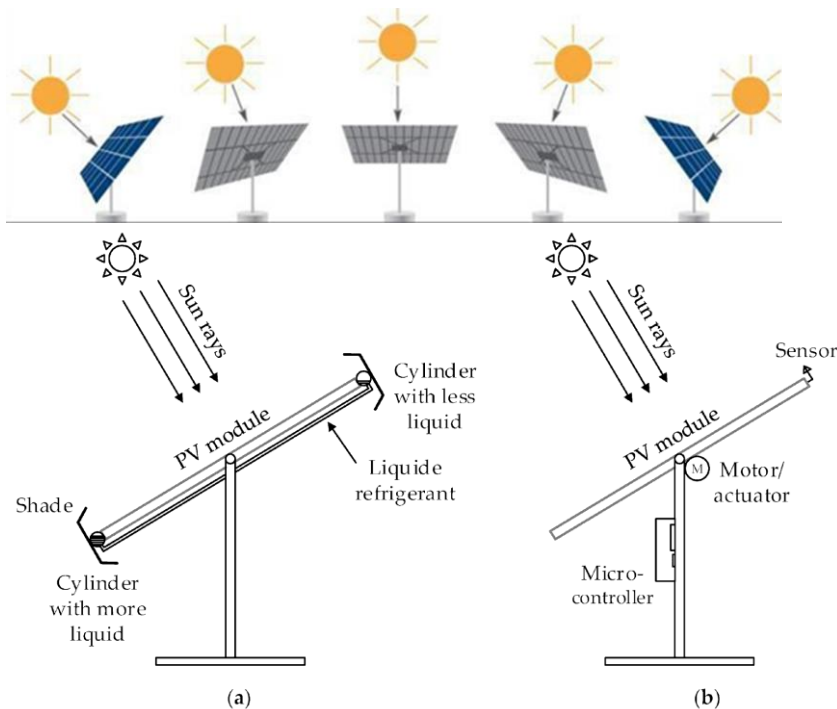


Joonis 14. Mas de Noguera (Heliotec S.L)

- Päikese jälgimise struktuur: see suudab jälgida ühte telge, liikudes mööda ühte või kahte telge, et muuta paneeli kallet. Seda tüüpi struktuur on kõige tõhusam, kuna see võib ulatuda kuni 40% fotogalvaanilise tootmise efektiivsusest.

Regulaatorid ja maksimeerijad

- Regulaatorid: elektroonikaseadmed, mille sisendpinge on tavaliselt 12, 24 või 48 V, mis juhib ja stabiliseerib aku laetust liiga madalaks või liiga kõrgeks, optimeerides aku tööiga.
- Maksimeerijad (maksimaalse võimsuspunkti jälgimine – MPPT): need on uue tehnoloogiaga kontrolleri-laadimisseadmed (võimsusmuundurid), mida kasutatakse fotogalvaanilise paneeli vooluenergia analüüsimiseks ja võrdlemiseks nende sisemise algoritmiga ning nende parimaks ärakasutamiseks. Nad võivad isegi jõuda sisendipinge 150cc.



Joonis 15. Kahe telje jälgimissüsteem (C. Juda, 2013)

Joonis 16. Üks telg (Seme et al, 2020)

Akud

Aku on vastuvõtjasüsteem, mis suudab salvestada allikast saadavat energiat. Tehnoloogia uuendab pidevalt ja tänapäeval on olemas erinevat tüüpi patareisid, eriti just taastuvenergia valdkonnas kasutamiseks, nii et siis saame kirjeldada:

- Monoblokaku: see on ökonoomne, vähese hooldusega aku, mis võib jõuda kuni 400 tsüklini kuni 75% tühjenemiseni. Tavaliselt kasutatakse neid vähese nõudlusega haagissuvilates, laevades või suvilates.
- GEL- ja AGM-monoplokk-akud: akud, mis ei eralda töötamise ajal gaase, on vähese isetühjenemisega ja suudavad säilitada laetust 6 kuud, seega kaotavad nad oma eluea jooksul vähem võimsust oma madalama sulfaadisisalduse tõttu. Geel- ja AGM-monoblokakud sobivad ideaalselt laevadele, haagissuvilatele ja päikeseenergiaseadmetele, kuna need on madalamad.
- Poolstatsioonarsed monoplokk-akud: akud, mida tavaliselt kasutatakse päikeseenergia ja suure tsükliga akudes. Seda tüüpi akusid on kaks erinevat mudelit: lameplaat või toruplaat, kus toruplaadi tehnoloogia dubleerib lameplaaditehnoloogia eluiga.
- CPZS akud: 2V elemendiga akud, mis sisaldavad läbipaistmatut polüpropüleenit, mis annavad neile vastupidavuse sügavtühjenemisele ja kestavad 3000 tsükli 50% tühjenemise juures..
- OPZS akud: kõige soovitatavamad akud fotogalvaaniliste päikesepatareide jaoks, läbi nende seina nähtav elektrolüüt teeb nende korrasoleku jälgimise lihtsamaks. Nad võivad kaotada poole oma elueast, kui elektrolüüt ei ole piisav, kuid tavaliselt on nende eluiga kuni 3000 tsükli tühjenemistsükli 50%.
- OPZV akud: toruplaatakad, kus elektrolüüt on geeljas. Need on sellised akud, mida saab paigaldada mis tahes asendisse ja mille tõhusus on madala sulfaadisisalduse tõttu kogu eluea jooksul suurem. OPZV-akusid soovitatakse kasutada oludes, kus vesi võib jõuda akudeni ja siderajatiste jaoks. Neil on suurem energiatõhusus ja need on kallimad kui OPZS akud.

- Nikkel-raudakud: taastuvad akud, mida saab vahetada iga 7 või 8 aasta tagant, kuna neis on elektrolüüt, mis akut ajapikku ei kahjusta, seega on need pika elueaga akud. William Edison patenteeris tehnoloogia 20. sajandil autodes kasutamiseks..
- Liitiumioonakud: seda tüüpi akud on viimastel aastatel palju arenenud. Tänapäeval kasutatakse neid fotogalvaanikas laialdaselt, kuna nende eluiga on pikendatud ligikaudu 10-aastase garantiiga. See võimaldab umbes 6000 tsüklit (laadimiste arv) ja need ei vaja hooldust. Lisaks on neil suur salvestusmaht ja väike kaalu-mahusuhe.

Toiteinverter

Toiteinverterid on seadmed, mida kasutatakse alalisvoolu muundamiseks akust või otse fotogalvaanilistest paneelidest vahelduvvooluks võrgu pingel ja sagedusel.

Võib leida kahte tüüpi invertereid :

- Võrguga ühendatud inverter: seda tüüpi inverterid vajavad võrgu signaali, et muundada võrgus genereeritud energiat sama kiirusega. Nende vooluvõimsus võib ulatuda 20–300 W fotogalvaanilistesse moodulitesse immutatud inverterite kuni keskmiste ja keskmiste inverteriteni, mis võivad ulatuda üle 100 kW.
- Eraldiseisvad inverterid: seda tüüpi inverterid lihtsalt muundavad energia nende inverterite vahel eelvalitud väärtusteks. Saame eristada 3 erinevat tüüpi:
- Ruutlaine inverterid: inverterid, mida saab kasutada ainult televiisori, arvuti või väikeste elektriseadmete toitmiseks, kuna need on teistest vähem tõhusad ega sobi asünkroonmootoritele, kuna need tekitavad liiga palju harmoonilisi ja põhjustavad häireid..
- Modifitseeritud siinuslaine inverterid: need lained pakuvad parimat hinda ja kvaliteeti toitevalgustusele, televiisorile või on modifitseeritud, et need oleksid siinusele lähemal.
- Puhta siinuslaine inverterid: on seda tüüpi inverterid, mis vajavad keerulist tehnoloogiat ja toodavad puhast siinuslainet.

Paigalduste tüübid

Fotogalvaanilisi päikesepatareisisid on kolme tüüpi, olenevalt kasutusest:

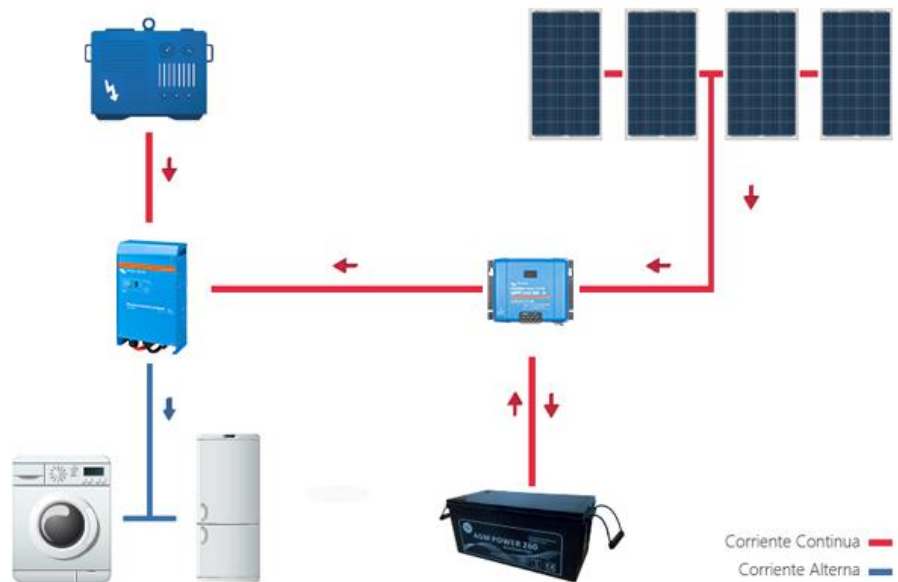
- **Off-grid (Võrgust väljas)**

Seda tüüpi elektrifitseerimispaigaldisi kasutatakse isoleeritud majades, hotellides, tööstustes ja maapiirkondades. See paigaldamine toimub seal, kus toodetud ja salvestatud energia kasutatakse erinevalt. Seda tüüpi paigaldised ei ole võrgujaotusega ühendatud. Seda paigaldust leidub kohtades, kus jaotusvõrgu loomine on majanduslikult oluline või kus puudub juurdepääs jaotusvõrgule.

Seda tüüpi paigalduse komponendid on:

- Fotogalvaaniline paneel
- Regulaator/maksimeerija
- Akupank

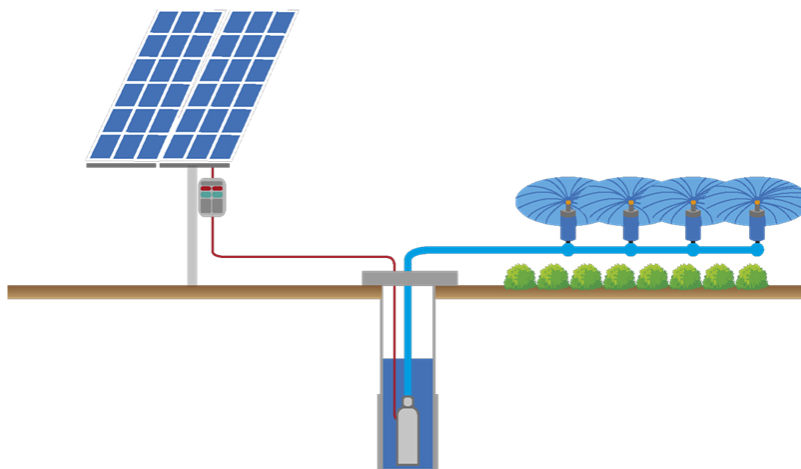
- Inverterlaadija
- Abigeneraator



Sellise paigalduse korral laeb regulaator akut paneeli või alalisvoolu tekitatud energiaga ning regulaatori poolt akusse salvestatud energia eemaldamiseks on vaja inverterit.

Võrgust väljas kasutatakse ka paigaldistes, mis ei vaja oma kasutamiseks salvestatud energiat ja töötavad ainult seal, kus on olemas fotogalvaaniline tootmine, näiteks: päikesepump, päikeseenergia niisutus, basseini, puhastus- või ventilatsiooniseadmed.

- Päikeseenergia toimivad niisutussüsteemid: paigaldise tüüp, mille puhul on vaja, et kontrollid reguleeriks niisutusvoolu või pumpaks voolu maardlasse sõltuvalt olemasolevast päikesekiirgusest (mõned pumbad sisaldavad kontrollid). Praegu on levinud päikesepumpade kontrollidena sagedusmuundurite kasutamine.

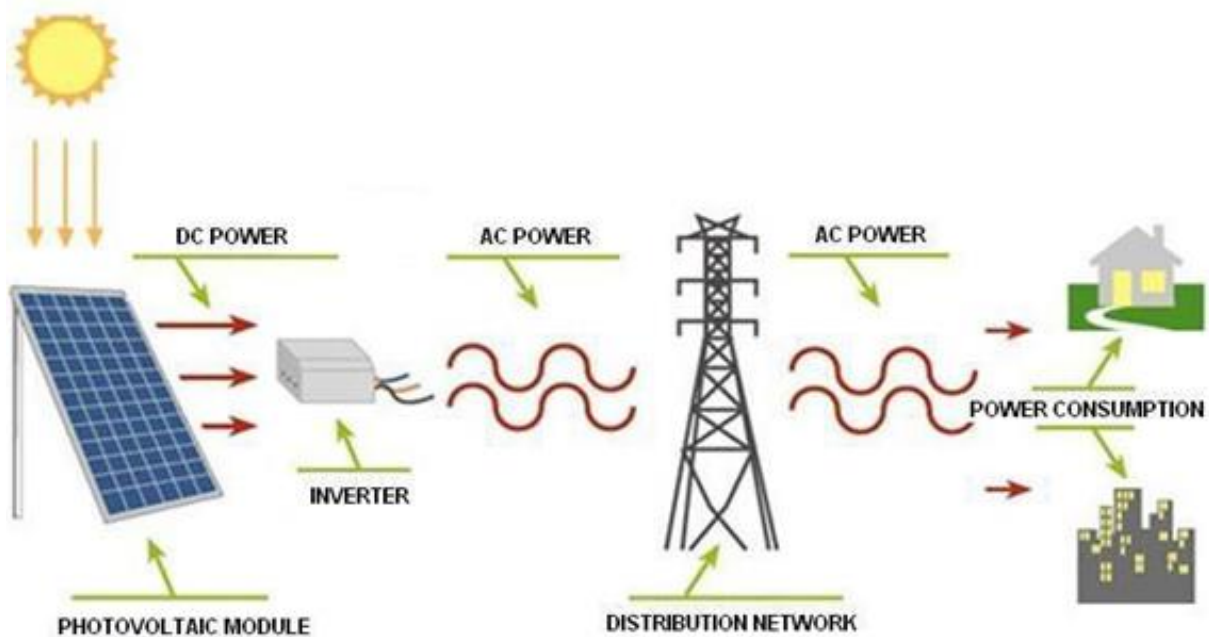


Joonis 17. Võrguühenduseta päikeseenergia põhinev niisutussüsteem (Eficiencia V)

- Ujumisbasseinide päikeseenergia puhastamine: paigaldustüüp, kus fotogalvaanilised päikesepaneelid kannavad genereeritud energia otse pumba kontrolleri, et reguleerida voolu.

- **Elektrivõrku ühendatud paigaldis**

Elektriturul kasutatav paigaldise tüüp, mis suunab kogu toodetud energia elektri jaotusvõrku. Paigalduseks on ainult vaja: päikeseplatari fotogalvaanilisi paneele ja võrguühendusega inverterit.



Joonis 18. Võrguühendusega (Compartir Materiales, 2019)

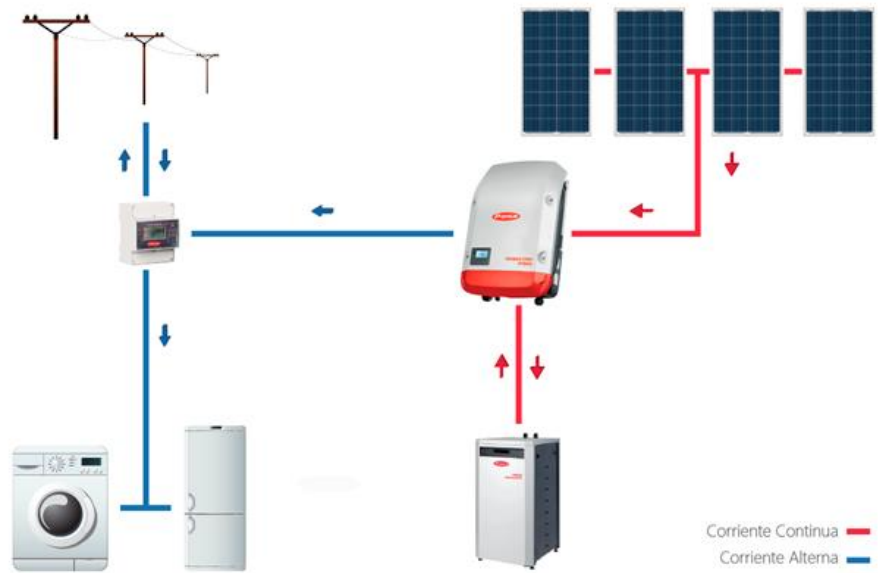
- **Fotogalvaanilise omatarbimise paigaldus**

Fotogalvaaniline omatarbimine on paigaldustüüp, mis ühendab võrguühenduse ja võrguvälise paigaldussüsteemi. Paigalduse tüüp, mis tarbib vajalikku energiat ja suunab ülejäägi elektrivõrku.

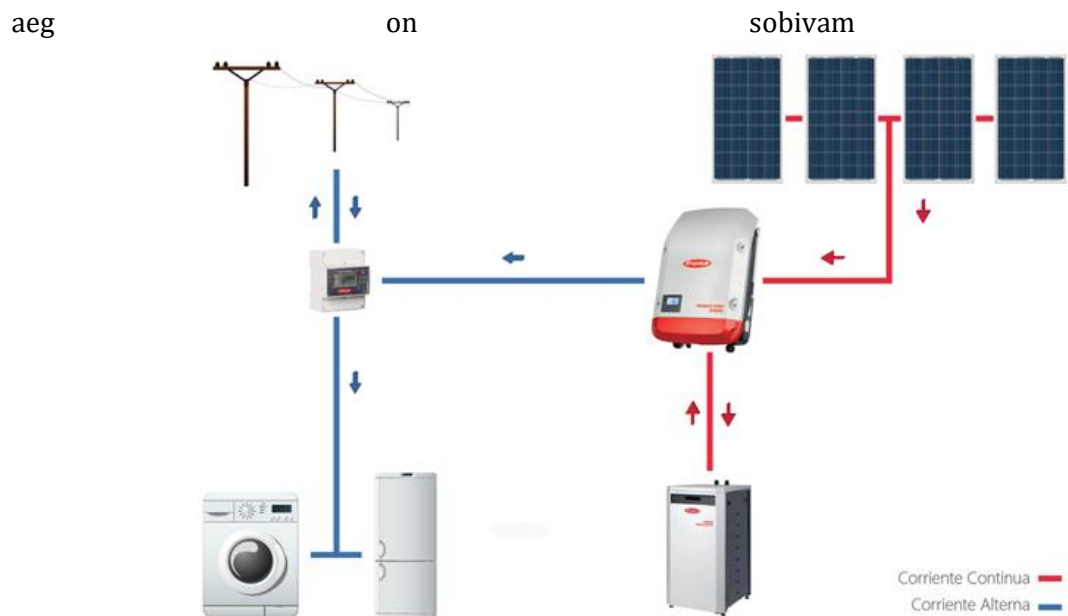
Omatarbimissüsteeme on kahte tüüpi:

- Otsene omatarbimine: paigaldise tüüp, kus kohtlaeng tarbib otse ja koheselt paigaldise

toodetud energiat ning suunab üleliigse energia elektri jaotusvõrku



- Omatarbimine koos akumulatsiooniga: see on paigaldustüüp, kus akude laadimine või tühjenemine toimub lisaseadmete abil ja akudesse talletatud energiat kasutatakse, kui



Arvutused ja disain

See alapeatükk annab õpilastele võimaluse teada PV-süsteemi õige suuruse määramise aluseid. See hõlmab energiavajaduse, süsteemikadude ja iga paigalduskomponendi mõõtmete arvutamist. Selle mõistmine on väga oluline seadmete optimaalselt pikaks elueaks.

- **Energiavajaduse arvutamine**

Fotogalvaanilise süsteemi projekteerimisel on vaja igapäevast energiatarbimist. Seetõttu on vaja loetleda kõik seadmed ja nende kasutuses olevate igapäevaste töötundide arv.

Tabel 1. Erinevate seadmete energiatarve (Allikas: Low Carbon Economy)

Seade	Energiatarve (W)	Töötunde/päevas
Külmkapi klass A+	80	10h
Led teler	70	3h
Pesumasin	350	1.5h
Mikrolaine	900	0.3h
Blender	200	0.25h
Arvuti	200	2h
Köögi/söögitoa valgustus	26 x 6 ühikut	3h
Ruumi valgustus	26	1h
Omatarbimine	4	24h

Vajaliku võimsuse E_d (Wh) arvutamiseks korrutatakse nimivõimsus P (w) töötunniga (h) või seadmega.

$$E_d (Wh) = E (P (W) \cdot h)$$

- **Kaad süsteemis**

Määratud kaldenurka tuleb paneeli genereeritud energia arvutamisel arvesse võtta.

Performance Ratios (PR), mida nimetatakse süsteemikadudeks, on 0,6 kui on paigaldatud aku akumulatsioonisüsteem, kui see on 0,8 ja akusüsteem on akumulatsioonivaba, seega on see otsese põlvkonna süsteem.

Performance ratio kalkuleeritakse:

Kadu paiknemisest	=	Kaad orientatsiooni tõttu (lõunaorientatsiooni väärtus on 0)
Kaad mustumisest	=	on kaad mustusest, on 5% laengutest keskkondades
Varjukaotus	=	on varjude kaotused
Kaablikaadu	=	hinnanguliselt 3%, on juhtmestiku kadu
Inverteri jõudlus	=	hinnanguliselt 94–96%, see on inverteri jõudlus ja see saadakse tehnilistelt andmelehtedelt
regulaatori jõudlus	=	tehnilistelt andmelehtedelt saadud summaks arvutatakse maksimeerija puhul 98%; see on regulaatori/maksimeerija jõudlus
Aku jõudlus	=	aku jõudlus
Kaotuse ärahoidja	=	paneelide vananemisest tingitud kahju, mis on määratletud paneelide tehnilises lehes ja see on 20% paneelide kadudest

- **Fotogalvaaniliste paneelide mõõtmed**

Kui oleme teadlikud päevasest tarnitavast energiast ja kadudest süsteemis, paigaldatavate paneelide omadustest (tüübid) (monokristallilised, polükristallilised, amorfised) tulenevast nominaalsest tippvõimsusest, saame nüüd kalkuleerida vajaminevate paneelide mahu.

Ametlikus andmebaasis, mis on saadaval iga riigi või piirkonna kohta, saate määrata paneelide kiirgusala ja esitada ka paigaldatavate paneelide kaldpindade kiirguse. Mõnes neist andmebaasidest genereeritakse päeva- ja kuuenergia koguväärtused. Näiteks, PVGIS (Photovoltaic geographical information system), sisestades nõutava parameetri, saab arvutada PV toodangu, klõpsates vahekaardil igakuised kiirgused ja valides kaartide paigaldamise asukoha ja klõpsates nuppu "irradiation at the chosen angle: deg" paremal küljel, et määrata paneeli paigaldusnurgad.

Tegelik kasutatav energia arvutatakse, korrutades süsteemi efektiivsuse (võimsuse suhe arvutatud EC.2-ga) saadud kiirgustihedusega ($H(45)$).

- **Igapäevase PSH jaoks**

1000 W/m² hüpoteetiline päikesekiirguse ajavahemik, mida tuntakse PSH-na (Peak Sun Hours), mida tavaliselt kasutatakse fotogalvaanilise päikesepaneeli puhul. On samaväärne päikesekiirguse tundide arv, mida päevas kasutatakse ja see varieerub iga kuu sõltuvalt kiirguspiirkonnast.

- Igakuise PSH jaoks

Seetõttu saadakse kuu (i) paigaldatav võimsus (P_i) koormuste varustamiseks vajaliku energia (Ed) jagamisel igakuise PSH-ga.

Pi jagatakse valitud paneelide tippvõimsuste (W_p) vahel, et leida paigaldatavate paneelide arv (np).

- **Regulaatori või maksimeeri MPPT arvutamine**

Koormusvool iseloomustab regulaatoreid ja maksimeerijaid regulaatori väljundis ning väljundpinget akude juures.

Sõltuvalt sellest, kas tegemist on laadimisregulaatori või maksimeeriva MPPT-ga, arvutatakse koormusvool erineva meetodi abil. Paigaldatud pangaakud peaksid olema väljundregulaatoriks või maksimeerimispingeks.

- **Regulaatori arvutamine**

Tavaliselt on soovitatav valida regulaator, mis talub samaaegset ülekoormust:

Regulaatori väljundvool: see peaks olema maksimaalse tarbimise tingimustes vähemalt 25% suurem koormusvoolust ja selle valem on:

I_{max_cons} = maksimaalne tarbitav koormusvool ja see arvutatakse kohaliku koormuse maksimaalse nõutava võimsuse jagamisel akude pingega (regulaatori väljundpinge).
Selle valem on:

Regulaatori sisendvool: arvutatakse 25% võrra, mis on suurem kui lühisgeneraatori vool.

Selle valem on:

I_{sc}	=	paneeli lühisvool
N_{pp}	=	paneelid, mis on paigaldatud paralleelselt mitmele seeriale

- **Aku jõudluse arvutamine**

Fotogalvaanilise energiasüsteemi üks olulisemaid punkte on akude jõudlus, mis määrab praeguse kvaliteedi.

Võimsuse, mida akud vajavad paigaldustarbimise varustamiseks, saab arvutada:

akude nõutav võimsus	
$C_{bat}[Ah]$	=
N	= autonoomsed päevad, see võib ulatuda 2-5 päevani sõltuvalt vajadustest ja kasutusest
E_d	= maja jaoks vajalik päevane energia [Wh]
V_{bat}	= akupanga pinge [V]
DOD_{max}	= surmaaku tühjenemise maksimum ja pliiaaku puhul võib selle võtta vahemikus (60–80).

- **Inverteri arvutamine**

Kui aku mahutavus on teada, peaksime selle valemi abil määrama inverteri võimsuse, mida vajame paigaldamiseks:

paigaldatava inverteri võimsus [W]	
$P_{inv}[W]$	=
P_{eqsim}	= samaaegselt ühendatud seadmed [W]

Agri-PV

Tutvustame Agri-PV-d

Euroopa rohelises kokkuleppes esitatakse visioon saavutada 2050. aastaks kliimaneutraalsus. See nõuab Euroopa ühiskonna ja majanduse põhjalikku ümberkujundamist, eelkõige energia- ja toiduainesektoris.

2019. aastal Euroopa Liidus vastu võetud puhta energia pakett (*Clean Energy Package*, CEP) sätestas raamistikku kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamist 2030. aastaks 40%, osaliselt saavutades taastuvenergia osakaalu energia lõppnõudluses vähemalt 32%. 2020. aastal pakkus Euroopa Komisjon välja Euroopa kliimaseaduse, mis seaks lisaks ambitsioonikamatele 2030. aasta eesmärkidele ka õiguslikult siduva eesmärgi saavutada 2050. aastaks kasvuhoonegaaside null netoheide.

Alates 1962. aastast on EL-i tasandi põllumajanduse põhipoliitikaks ühine põllumajanduspoliitika (*Common Agricultural Policy*, CAP). Ühine põllumajanduspoliitika andis 2018. aastal põllumajandustootjatele toetust 58,82 miljardit eurot (Euroopa Komisjon, 2020) kahe samba raames: esimene samm hõlmab otsetoetusi põllumajandustootjatele ja teine samm on suunatud säästva maaelu arengule. Euroopa Komisjon tegi ettepaneku ÜPP läbivaatamiseks 2018. aastal perioodiks 2021–2027, mille üle peetakse praegu läbirääkimisi. Läbivaatamise eesmärk on ajakohastada ja muuta ELi põllumajanduspoliitika keskkonnasõbralikumaks, kohandades seda muutuva põllumajanduse, energeetika ja kliimamuutuste raamistikuga.

Selle raames pakub põllumajanduslik fotogalvaanika ("AgriPV") võimalust üheaegselt ellu viia Euroopa rohelist kokkulepet, täita ELi süsinikdioksiidiheite vähendamise eesmärgi ja saavutada ühise põllumajanduspoliitika eesmärgid.

Agri-PV põhimõte on lihtne: põllumajanduse infrastruktuuri nutikas kombinatsioon päikesepaneelide paigaldusega. See kombinatsioon avab mitmesugused häirivad rakendused, mis kasutavad ära päikeseenergia ja põllumajanduse sünergia. Agri-PV võimaldab päikeseenergiat

kombineerida konkreetse maa- ja põllumajandustegevusega, pakkudes lahendusi põllumeeste ja maakogukondade vajadustele, suunates investeringuid ja luues maapiirkondades töökohti, toetades traditsioonilisi ja jätkusuutlikke põllumajandustavasid ja suurendades põllumajanduse vastupanuvõimet kliimamuutustele.

ELil on võtmeroll mitmekordse sünergia edendamisel põllumajanduse ja Agri-PV süsteemide abil päikeseenergia tootmise vahel. Otse põllukultuuride kohale paigaldatud päikeseenergia annab varju, kaitseb põllukultuure rahe või külma eest, võimaldab stabiilset saagikust ja suurendab PV-paneelide elektritootlust (Barron – Gafford, 2019). Päikepaneeli saab paigaldada põllumajanduslikele angaaridele või kasvuhoonetele ning see võib toetada kaasaegse taristu arendamist, mis parandab põllumajandussektori konkurentsivõimet. Kommunaalotstarbelised päikesefarmid pakuvad lammastele ideaalset keskkonda karjatamiseks (Kochendoerfer *et al.*, 2019). Üldiselt on päikeseenergia põllumajanduse infrastruktuuri integreerimiseks juba kasutatud palju meetodeid, kusjuures turule ilmub regulaarselt uuendusi. Riiklik poliitika peaks hoogustama väljakujunenud agri-PV-süsteemide kasutuselevõttu, toetades samal ajal uuenduslikke agri-PV-lahendusi.

Arvatakse, et Agri-PV kasutuselevõtt ainult 1% maailma põllumaast võib aidata rahuldada kogu globaalset energianõudlust (Adeh, Good, Calaf ja Higgins, 2019). Alates 2014. aastast on maailmas kasutusele võetud umbes 2800 Agri-PV süsteemi, mille koguvõimsus on umbes 2,9 GWp (Bay War.e.). Sektor on märgatavalt kasvanud Jaapanis, Lõuna-Koreas ja Hiinas, kus regulatiivsed raamistikud ja toetusskeemid on kehtinud juba mitu aastat (Schindele *et al.*, 2020).

Agri-PV potentsiaal Euroopas on tohutu: tehniline võimsus on üle 700 GW, kui Agri-PV rakendataks vaid 1% ELi põllumaast (Euroopa Komisjon, 2018). Agri-PV areng Euroopas on aga EL-i liikmesriikide vahel killustatud. Agri-PV arendamine Euroopas võib seada Euroopa päikesetööstusele selles kiiresti kasvavas turusegmendis ülemaailmse liidri.

Selleks et EL saaks realiseerida oma potentsiaali ja saada ülemaailmseks liidriks agri-PV valdkonnas, on selleks vajalik kujundada Euroopas raamistik sektori kasvu kiirendamiseks. Meie eesmärk on rõhutada sünergiat agri-PV ja ELi säästva maaelu arengu poliitika vahel. Põllumajandus- ja toiduainesektori tulevik, kliimamuutustega kohanemine ja CO₂ sidumine. Lisaks pakume konkreetseid poliitilisi soovitusi, mida saavad arvesse võtta poliitikud- ja regulatsioonide kujundajad, kes töötavad ELi, riiklikul, piirkondlikul ja kohalikul tasandil põllumajanduse, energia, kliima ja keskkonna teemadel.

Säästva arengu võimaldamine maapiirkondades

Lisaks CEP-i ja eriti taastuvenergia direktiivi (Euroopa Liit, 2018) täielikule rakendamisele peaksid Euroopa Liit ja selle liikmesriigid soodustama agri-PV arengut Euroopas vähemalt nelja poliitilise algatuse kaudu:

1. Ühise põllumajanduspoliitika (CAP'i) läbivaatamine: Agri-PV võib võimaldada CAP'i eesmärkide saavutamist. Ühise põllumajanduspoliitika teine samm peaks edendama agri-PV kasutuselevõttu ja liikmesriigid peaksid lisama oma ühise põllumajanduspoliitika strateegilistesse kavadesse põllumajandusliku elektrienergia arengukavad..
2. Talust taldrikule strateegia rakendamine: Agri-PV võib olla kaasaegse, jätkusuutliku, tervisliku ja õiglase toidusüsteemi keskmeks. Strateegia „Talust taldrikule” horisontaalne rakendamine peaks integreerima Agri-PV erinevaid panuseid, et suurendada jätkusuutlikkust, parandada vastupanuvõimet ja hoogustada innovatsiooni põllumajandus- ja toiduainesektoris.
3. ELi kliimamuutustega kohanemise strateegia läbivaatamine. Agri-PV lahendused aitavad kaasa põllumajandustavade kliimamuutustele vastupidavusele. Muudetud ELi

kliimamuutustega kohanemise strateegia peaks pakkuma sihipärast toetust agri-PV-lahendustele, mis parandavad põllumajanduse vastupanuvõimet kliimamuutustele.

4. Puhta energia ELi saarte algatus: maapuudusega piirkonnad sobivad eriti hästi agri-PV kasutuselevõtuks. ELi saared peaksid oma puhta energia ülemineku tegevuskavadesse integreerima kavad põllumajandusliku PV kasutuselevõtmiseks, et toetada toidu- ja energiapuudust.

Agri-PV ja ühise põllumajanduspoliitika eesmärkide tulevik

Euroopa roheline kokkuleppe üks peamisi eesmärke on tagada, et läbivaadatud ühine põllumajanduspoliitika kajastaks täielikult ELi kliimaambitsioone. Selle saavutamiseks tuleb tagada, et vähemalt 40% ÜPP kogueelarvest panustatakse kliimameetmetesse. Lisaks sellele hõlmab ÜPP rahastamist ja meetmeid maaelu arengu toetamiseks ehk „teiseks sambaks“. 2014.–2020. aasta eelarves oli teise samba rahastamisvahendi, Maaelu Arengu Euroopa Põllumajandusfondi (EAFRD) eelarve ligikaudu 100 miljardit eurot.

Komisjoni ühise põllumajanduspoliitika ettepaneku eesmärk on ajakohastada teise samba juhtimist ja elluviimist, seades selged eesmärgid ja lastes liikmesriikidel välja töötada oma strateegiad maaelu säästva arengu jaoks. Komisjon on välja pakkunud 9 konkreetset eesmärki (vt joonis 1), mis keskenduvad põllumajandusettevõtete majanduslikule elujõulisusele, vastupidavusele ja sissetulekutele, keskkonna- ja kliimategevuse tulemuslikkuse parandamisele ning maapiirkondade tugevdatud sotsiaal-majanduslikule struktuurile (Euroopa Komisjon, 2018). ELi liikmesriigid valmistavad praegu ette ÜPP strateegilisi plaane, milles kirjeldatakse üksikasjalikult nende eesmärkide saavutamiseks võetavaid sekkumisi, mida rahastatakse EAFRD vahenditest. Neid plaane hindab Euroopa Komisjon ja need sisaldavad konkreetseid eesmärke ning liikmesriigid esitavad nende kohta igal aastal aruande.

Kooskõlas tulevase ühise põllumajanduspoliitika eesmärkidega peaksid ELi liikmesriigid integreerima agri-PV oma ühise põllumajanduspoliitika strateegilistesse kavadesse. See suurendab investeeringuid maakogukondadesse, pakub maapiirkondades töövõimalusi, aitab kaasa põllumajandustavade vastupidavusele, suurendab maakasutuse tõhusust ja parandab veemajandust ning võimaldab saavutada ÜPP üheksat eesmärki.

Kuidas Agri-PV aitab kaasa ühise põllumajanduspoliitika eesmärkide saavutamisele?



#EUBudget #FutureofCAP



Joonis 11. 9 CAP'i eesmärki. (Euroopa Komisjon).

Agri-PV käsitletud rakenduste mitmekesisus toob kaasa mitmeid eeliseid, mis aitavad kaasa ülaltoodud ühise põllumajanduspoliitika eesmärkide saavutamisele..

1. Päikeseenergia investeeringud põllumajandusse

- Eesmärgid 1, 2, 7, 8

EL-i põllumeeste sissetulek on paljudes liikmesriikides endiselt oluliselt madalam keskmisest sissetulekust (Euroopa Komisjon, 2018). Agri-PV sektor toodab investeeringuid, mis toetavad põllumajandussektori konkurentsivõimet läbi talude ja seadmete moderniseerimise. Agri-PV kasutuselevõttust saavad kasu nii üksikud talunikud kui ühistud. Kalkulatsioonid on näidanud, et see suurendab talude sissetulekuid enam kui 30% (Dinesh ja Pearce, 2016).

Olenevalt Agri-PV süsteemi omandiõigusest on olemas erinevad mudelid. Agri-PV arendajad saavad tegutseda "kolmanda osapoole investoritena", kus nad arendavad projekti põllumeestele tasuta. Arendajad saavad tasu taastuvelektri müügist, samal ajal kui põllumajandustootjad saavad kasu uuest põllumajandustaristust, nagu uued kohalikud laoruumid või vastupidavad taimekaitsesüsteemid, mis suurendavad põllumajandusettevõtte tootlikkust, või täiendavat tulu maa väljarentimise näol.

Põllumajandustootjad saavad ka investeerida ja sõlmida Agri-PV arendajaga lepingu Agri-PV süsteemi väljatöötamiseks. Selle mudeli kohaselt peavad põllumajandustootjad panustama projektiga seotud CAPEXi kulude katmisse. Nad saavad kasu väiksematest energiaarvetest, kui nad ise elektrit tarbivad, ja stabiilse sissetulekuallika, kui nad suunavad tarbimisest ülejääva elektri elektrivõrku.

2. Päikeseenergia töökohad maakogukondadele

- Eesmärgid 6, 8

Tööpuudus maapiirkondades, eriti noorte jaoks, on oluline väljakutse. Aastatel 2015–2017 oli maapiirkondade noorte keskmine töötuse määr 18% (Euroopa Komisjon, 2019). Lisaks väheneb maapiirkondade elanikkond kogu ELis. Aastatel 2013–2017 lahkus maapiirkondadest suurematesse linnakeskustesse ligikaudu 500 000 inimest (Euroopa Komisjon, 2019). Päikesetööstus stimuleerib maapiirkondade sotsiaalset ja majanduslikku struktuuri, loob uusi töövõimalusi ja mitmekesistab maakogukondade majandusstruktuuri.

Päikeseenergia loob ühe megavati toodetud võimsuse kohta rohkem töökohti kui ükski teine energiaallikas (Solar Power Europea, 2019). Agri-PV projektide arendamine toetab töökohti järgnevates tegevustes nagu agri-PV seadmete paigaldamine, projekteerimine, käitamine ja hooldus..

Maapiirkondade infrastruktuuri moderniseerimine ja talude tootlikkuse suurendamine muudavad maakogukonnad dünaamilisemaks. Kui agri-PV rajatis asendab ajutist infrastruktuuri (nt kasvuhoone), võib see aidata stabiliseerida töövõimalusi ja vähendada töötajate hooajalisust.

3. Päikese eest kaitsvad põllukultuurid

- Eesmärgid 2, 3, 4, 9

Põllumajandus on kliimamuutuste suhtes eriti tundlik. Kõrgemad temperatuurid, veepuudus, uued kahjurid või äärmuslikud ilmastikunähtused ohustavad meie põllumajandus-toiduainete süsteemide vastupidavust. Lisaks sellele suureneb EL-is kasvuhoonetes haritav pind, millel on olenevalt kasutatava kasvuhoone tüübist erinev keskkonnamõju (EIP-Agri, 2019). Agri-PV lahendab mõlemad väljakutsed, suurendades põllumajanduse vastupanuvõimet kliimatingimustele ja parandades kasvuhoonete jätkusuutlikkust.

Päikeseenergia kasutamine põllukultuuride kohal loob sünergiat, mis suurendab põllumajanduse vastupanuvõimet kliimale. Vihmavaesed keskkonnad sobivad eriti hästi agri-PV rajatistele, võimaldades lisaks kohalikele ökosüsteemiteenustele luua sünergiat teatud põllukultuuride tootmise, vee säästmise ja taastuenergia tootmise vahel (Barron-Gafford et al, 2019). Agri-PV-paigaldised pakuvad ka võimalusi füüsiliste kahjuritõrjemeetmete kasutuselevõtuks, vähendades vajadust kasutada keemilisi kahjuritõrjevahendeid..

Agri-PV loob ärivõimaluse, et asendada odavate kasvuhoonete plastik ja pakkuda kõrgtehnoloogilistele kasvuhoonetele puhast elektrit. Eelmises olukorras asendatakse plast vastupidavamate materjalidega, millele lisanduvad kulud kompenseeritakse puhta elektri tootmisega. Viimasel saab kütmisest, jahutusest ja komplekssete tehnoloogiliste lahenduste ülalpidamisest saadava energiakulu katta omatoodetud elektriga..

4. Maaressursi tõhusam kasutamine

- Eesmärgid 4, 5, 6

Aastatel 2000–2017 läks igal aastal kaduma umbes 80 000 hektarit põllumajandusmaad (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2019). Põllumajandusmaa kadumise põhjuseks on peamiselt maa hülgamine ja linnastumine, mis ohustavad vastupanuvõimet kliimamuutustele. Selle probleemi lahendamiseks tegi Euroopa Komisjon 2011. aastal ettepaneku seada maaressursi hõivamise neto-eesmärk (European Commission, 2011). Agri-PV võimaldab maa kahekordset kasutamist, vähendades maa hõivamist ja minimeerides maa konkurentsi põllumajanduse ja taastuenergia vahel.

Agri-PV lahendused põllukultuuride kohal võivad parandada tootlikkust hektari kohta, vähendades samal ajal mulla degradeerumist ja veekasutust. Tootlikkust suurendab dünaamiliste jälgimissüsteemide kasutamine, mis suudavad reguleerida põllukultuuridele pakutavat varju (Valle et al, 2017).

5. Päikeseenergia veemajanduse parandamiseks

- Eesmärgid 1, 2, 4, 5, 6

Põllumajandus, metsandus ja kalapüük moodustavad lõviosa ELi veetarbimisest, moodustades 2015. aastal ligikaudu 40% veevarudest (Euroopa Komisjon, 2019). Nappide veevarude säästev majandamine on ELis põllumajandustavade säilitamiseks hädavajalik. Agri-PV aitab vähendada põllumajanduse veevajadust, kaitstes põllukultuure kuumuse eest ja vähendades aurustumist (Barnon-Gafford et al, 2019).

PV-paneelide varjualune pinnas säilitab mulla niiskuse, pakkudes ideaalseid tingimusi teatud tüüpi põllukultuuridele (Ibid). Veetarbimist saab veelgi optimeerida digitaliseeritud Agri-PV lahendustega, mis suudavad jälgida päikesekiirgust ja paremini reguleerida päikesepaneelide all olevaid mikrokliimatilisi tingimusi. Lisaks saab päikeseenergiat kasutada põhjavee pumpamiseks niisutamisel, asendades diiseldiiselaatoreid.

Agri-PV integreerimine ÜPP strateegilistesse plaanidesse

Tuleb ära kasutada sünergia agri-PV, tulevase ühise põllumajanduspoliitika eesmärkide ning ELi kliima- ja energiaeesmärkide vahel. Selleks on vaja asjakohaseid toetusmehhanisme, mis stimuleerivad erainvesteeringuid agri-PV sektorisse. Piisava investeeringutaseme saavutamine loob vajaliku mastaabisäästu, et suurendada Euroopa agri-PV sektori konkurentsivõimet.

Tulevase ühise põllumajanduspoliitika raames tuleks vormistada „Euroopa agri-PV strateegia”. See strateegia peaks hoogustama väljakujunenud põllumajanduslike fotoelektriliste süsteemide kasutuselevõttu, edendama ELi juhtpositsiooni põllumajanduslike fotoelektriliste tehnoloogiliste uuenduste vallas, suurendama põllumajandussektori tootlikkust ja võimaldama taastuvate energiaressursside kasutuselevõttu maapiirkondades. Tihedas koostöös põllumajandusekspertidega välja töötatud agri-PV strateegia peaks olema suunatud puhtale energiale ülemineku võimaldamisele maapiirkondades, tuginedes ühise põllumajanduspoliitika ja energiasüsteemide integreerimise strateegia eesmärkidele (Euroopa Komisjon, 2020).

Riiklikul tasandil tuleks ühise põllumajanduspoliitika strateegilistes kavades prioriteediks seada päikeseenergia investeeringud, nagu on rõhutatud strateegias "Talust taldrikule". Euroopa Komisjon peaks andma liikmesriikidele välja selged juhised selle kohta, kuidas nende ühise põllumajanduspoliitika strateegilised kavad saaksid maksimeerida agri-PV kasutuselevõttu kooskõlas nende riiklike energia- ja kliimakavadega.

Peale selle peaksid liikmesriigid oma ühise põllumajanduspoliitika strateegilistesse kavadesse lisama kavad põllumajandus-elektrienergia reguleerivate raamistike väljatöötamiseks. Mitmed riigid ja piirkondlikud regionid üle maailma on juba välja töötanud agri-PV regulatiivse raamistiku. Nende hulka kuuluvad Jaapan, Lõuna-Korea, Hiina, Prantsusmaa ja Massachusetts (Schindele et al, 2020). Agri-PV reguleerivad raamistikud on väljatöötamisel Hollandis, Šveitsis, Austrias, Saksamaal, Indias ja Californias.

Agri-PV arengut toetavate regulatiivsete raamistike kavandamisel peaksid poliitikakujundajad keskenduma kuuetele konkreetsele tegevusele:

1. Rakendada sihtotstarbelisi finantsmehhanisme, et toetada väikese, keskmise ja suuremahulise agri-PV-d vastavalt toetuste, Agri-PV Feed-in-Tariffs ("FIT") ja Agri-PV energiapakumiste kaudu.
2. Kavandama Agri-PV-d võimaldav raamistik, tagades, et põllumajandustootjad, kes kasutavad agri-PV-süsteeme, saaksid ühise põllumajanduspoliitika toetusi ja edendades kogukonna juhitud põllumajanduslikku elektrienergiat.
3. Töötama välja agri-PV süsteemide agromajanduslikke, keskkonna- ja sotsiaalseid välismõjusid kajastavad agri-PV indeksid.
4. Määrama Agri-PV projektidele selged ja kindlad kvaliteedihindamise kriteeriumid ning tagada projekti jätkusuutlikkuse sõltumatu ja perioodiline hindamine.
5. Tagada, et agri-PV raamistikud oleksid energia-, põllumajandus-, keskkonna- ja kliimapolitiika poliitikas ühtsed ning et nende väljatöötamine oleks osalusprotsess, mis hõlmab kõiki asjaomaseid sidusrühmi.
6. Eelistada riiklikku teadus- ja arendustegevuse rahastamist teadusprogrammidele, mis toetavad energia üleminekut maapiirkondades.

Säästev põllumajandus ja fotogalvaanika

Agrisolar võib kiirendada üleminekut säästvatele põllumajandussüsteemidele, mis aitab kaasa Euroopa rohelise kokkuleppe eesmärkide saavutamisele, eelkõige Euroopa kliimaseaduse, taastuvenergia direktiivi, ühise põllumajanduspoliitika, bioloogilise mitmekesisuse strateegia ja talust taldrikule strateegia eesmärkidele. *Agrisolar* saab:

1. Aidata kaasa loodusvarade, nagu maa ja vesi, vastutustundlikule kasutamisele

Agrisolaarprojektid on vastutustundlik viis maa ja vee haldamiseks. Kui need on jätkusuutlikult kavandatud ja majandatud, võivad need parandada tootlikkust hektari kohta, vähendades samal ajal mulla degradeerumist, veekasutust või ühekordselt kasutatavate plastide kasutamist.

Põllumajanduslikud süsteemid, mis paiknevad koos PV-paigaldise ja säästva põllumajandustegevusega, võivad aidata kaasa põllumajanduse veevajaduse vähendamisele, kaitstes põllukultuure kuumuse eest ja vähendades aurustumist (Barron-Gafford et al, 2019). Eriti kasulik on varjutus väheste sademetega ja piiratud veega aladele ning kaitseks tugeva põua eest teatud geograafilistes piirkondades (Dinesh et al., 2016). Üks uuring näitas, et sõltuvalt PV-paneelide varjutuse tasemest võib veesääst ulatuda 14–29%ni. (Marrou et al., 2013). Hõredama taimikuga ja kõrge fotosünteesikiirusega taimed on ideaalsed kandidaadid agri-PV süsteemis kasvatamiseks (Adeh et al., 2018).

2. Edendada säästvaid põllumajandustavasid

Põllumajanduslikud päikeseelektrijaamad võivad kasutada füüsilisi tõkkeid kahjurite peletamiseks, näiteks võrku, ja seeläbi vähendada keemiliste kahjuritõrjevahendite kasutamist (Solar Power Europe, 2020) ning aidata kaasa toiduohutusele ja bioloogilise mitmekesisuse kaitsele.

Saksa energiaturu innovatsiooniühingu BNE (Bundesverband Neue Energiewirtschaft eV., 2019) hiljutised uuringud on näidanud, et suuremahulised päikeseelektrijaamad, mis on kavandatud loodusega kokku sobima, avaldavad positiivset mõju bioloogilisele mitmekesisusele, võrreldes enamiku tavapäraste ja monokultuursete kasutusviisidega.

Agri-PV süsteemid võivad kaasa aidata ka paremini süsinikdioksiidi koguda (Barron-Gafford et al., 2019). Rahvusvaheline kliimamuutuste rühm (IPCC) on kindlaks teinud, et sellel on märkimisväärne potentsiaal vähendada kasvuhoonetega seotud heitkoguseid (International Panel on Climate Change, 2020).

3. Suurendage ELi põllumajanduse vastupanuvõimet kliimamuutustele ja muudele šokkidele ja stressidele

Agrosolar lahendusi saab kavandada nii, et see käsitleks kliimamuutuste negatiivseid mõjusid põllumajandusele. Seetõttu võivad nad kaitsta ja varjutada põllumajandustegevust ootamatute ja äärmuslike ilmastikunähtuste, nagu rahe ja liigne päikesekiirgus ning kahjurite ja haiguste eest.

4. Võimaldada säästvat arengut maapiirkondades suurema saagikuse ja uute äri võimaluste kaudu

Päikeseenergia ja põllumajanduse infrastruktuuri nutikas kombinatsioon võib võimaldada maakogukondadel muutuda konkurentsivõimelisemaks ja jätkusuutlikumaks (Solar Power Europe, 2020). Põllumajanduse ja PV koospaiknemine võimaldab saavutada kõrgemat maakasutuse efektiivsust. Simulatsioonid näitavad, et Agri-PV süsteemid võivad suurendada maakasutuse efektiivsust kuni 60–70%, võrreldes samaväärsete monosüsteemidega (Dupraz et al., 2011). Saksamaal katsetatav kartulitega agri-PV süsteem andis saaki enam 3% võrreldes kontrollsüsteemiga, samas kui PV-süsteemid tootsid 83% elektrist, mis oleks toodetud sarnasel maatükil. Maakasutuse efektiivsus tõusis seeläbi kokku 86% (Fraunhofer ISE, 2020).

Säilitades põllumajandusliku tegevuse kui maa esmase kasutuse, aitab maa topeltkasutus ka mitmekesistada põllumeeste sissetulekuid, kaitstes sissetulekuid ja maakogukondade sotsiaalmajanduslikku arengut ka äärmise põua korral (Santa et al., 2017). Täiendav kasu sisaldab väiksemaid kindlustuskulusid võimaliku saagi hävimise korral.

Varjataluvate põllukultuuride ühendamine Agri-PV süsteemidega suurendab talude majanduslikku väärtust võrreldes tavapäraste põllumajandustavade (Dinesh ja Pearce, 2015). PV paigutamine põllukultuuride kohale aitab mõnel juhul stabiliseerida põllukultuuride saaki ja võib isegi suurendada PV elektrilist saagikust tänu taimede jahutavale toimele PV-paneelidele

(Barron – Gafford et al., 2019). Lisatulu toob maakogukondadele otsest kasu ning parandab maapiirkondade infrastruktuuri, väärtusahelaid ja hajutatud elektrivarustust, mis omakorda võib edendada kohalikku põllumajandust (Majumdar, 2018).

2017. aasta uuring (Carreño-Ortega, Á., Galdeano-Gómez, E., Pérez-Mesa, JC ja del Carmen Galera-Quiles, M., 2017) näitab, et põllumajandustootjad võivad saada olulist kasu, eriti Euroopa lõunaosa. Hispaania konkreetsel juhul näitab see, et tavapäraste kasutustingimuste korral 1,8 ha kasvuhuonega (suure mastaabiga) kasvaks talu kasumlikkus 9,89%, mis tõuseks 14,1%ni, kui investeringuid toetab riiklik abi. Teine uuring näitas, et Agri-PV kasutuselevõtt võib suurendada talude sissetulekuid üle 30% (Dinesh et al., 2016)..

Päikeseenergia kui kõige skaleeritavam ja kulutõhusam puhta energia tehnoloogia annab põllumeestele võimaluse olla Euroopa rohelise kokkuleppe ja COVID-i järgse rohelise taastumise keskmes. Päikeseenergia loob rohkem töökohti paigaldatud võimsuse megavati kohta kui ükski teine energiaallikas (Rahvusvaheline Tööstus, 2011). Agrisolaarsed ärimudelid võivad aidata kaasa uute kodanike põllumajandus- ja taastuvenergiakogukondade loomisele. Teadusuuringute Ühiskeskuse (Joint Research Centre, 2020) analüüsitud juhtumiuuringud näitavad, et kogukondlikke energiaprojekte on kogu Euroopas erineval kujul, sealhulgas näiteks päikesepaneelidega varustatud talude katused või maakogukondade poolt põllumajandusmaale paigaldatud tuulegeneraatorid.

Säästva põllumajanduse kontseptsioon

Iga päikeseenergiaprojekti jätkusuutlikkus on seotud selle sotsiaal-majandusliku ja keskkonnaväärtusega. Selles jaotises käsitletakse, milliste kriteeriumide alusel saab kõige paremini hinnata Agrisolari projektide keskkonna- ja sotsiaalmajanduslikku väärtust. Lisateavet selle kohta, kuidas päikeseenergiaprojektide jätkusuutlikkust üldiselt maksimeerida, leiab päikeseenergia jätkusuutlikkuse parimate tavade võrdlusalusest (Solar Power Europe, 2021).

Tõhusa toimimise tagamiseks nii põllumajandusliku taristu kui ka fotogalvaanilise tootmiseseadmena ning peamises jaotises „Põllumajandus ja säästev põllumajandus“ tuvastatud agroökoloogilise sünergia maksimeerimiseks peavad Agrisolari projektiarendajad tegema kõik endast oleneva ja määratlema säästva põllumajanduse kontseptsiooni (SAC).

Üldiselt peaks SAC tagama, et projekt ei oleks vastuolus põllumajandusliku maakasutuse ja põllumajandustegevuse elujõulisusega (ja mõnel juhul ka järjepidevusega). See tuleks välja töötada projekti planeerimisetapi algfaasis ja see peaks sisaldama projekti agronoomiliste, keskkonna- ja sotsiaalmajanduslike mõjude hindamist. SAC-i kasutatakse põllumajandustegevuse kavandamiseks, agrisolar süsteemi täielikuks kohandamiseks põllumajanduslikuks tegevuseks ja süsteemi toimimise asjakohase eluea seire ettevalmistamiseks..

SAC peaks samuti püüdma minimeerida negatiivseid keskkonnamõjusid ja maksimeerida võimalikku keskkonnasünergiat. Samuti tagab see projekti majanduslikult tasuvuse kõigile osapooltele nii põllumajandustegevuse kui ka elektrienergia tootmise osas. SAC hõlmab iga projekti jaoks kohandatud lähenemisi, kohandades agrisolar rajatise põllumajandusettevõtte suuruse, asukoha, pinnase topograafia, kohalike kliimatingimuste, mõjude bioloogilisele mitmekesisusele ja veemajandusele, lisaks kohalike maakogukondadega arvestamisele..

SAC peaks hõlmama kolme üldist valdkonda, sealhulgas põllumajandusliku tegevuse määratlust, mis sobib konkreetset tüüpi agrisolar süsteemiga; süsteemi keskkonnamõjude hindamine; projekti sotsiaalmajanduslike mõjude hindamine. SAC peaks sisaldama süsteemi põllumajandusliku ja fotogalvaanilise jõudluse jälgimise kava kogu selle eluea jooksul. SACi konkreetne sisu varieerub sõltuvalt konkreetsest projektist ja agrisolari lahendusest. Allpool tutvustame mitmeid nõudeid, mis peavad olema SAC-ides sisalduvad, olulised elemendid, mis tuleks lisada SAC-idesse, ja valikulised elemendid, mis võiksid maksimeerida agroenergeetilise sünergia ja Agrisolari süsteemi jätkusuutlikkuse tagamist, kui need kaasatakse.

1. Põllumajandustegevuse määratlus, mis sobib konkreetset tüüpi agrisolarsüsteemiga

SAC peab sisaldama üldist teavet Agrisolari süsteemiga seotud põllumajandustegevuse ja PV-süsteemi kohta, hinnangut kaasatud põllumajanduse sidusrühmade vajadustele, teavet projekti maa kohta ja Agrisolari käitise tehnilist plaani. SAC peab hindama ka põllumajandustegevuseks kasutatavaid seadmeid ja masinaid. SAC kehtivuse peab kinnitama sõltumatu kolmas isik, et tagada põllumajandustegevuse ja päikeseenergiasüsteemi ühilduvus.

Külvikorra puhul peaks SAC sisaldama hinnangut eeldatava külvikorra ajakava kohta. Eelkõige põllukultuuride kasvatamisega kombineeritud agri-PV süsteemide puhul peaks SAC sisaldama hinnangut valguse jaotuse ja põllukultuuride kasvamiseks vajalike mikrokliimatingimuste (nt temperatuur, niiskus ja tuul) kohta. agrisolari loomakasvatuseprojektide puhul peaks SAC kaaluma agrisolari süsteemi mõju loomade heaolule.

Täiendavad elemendid, mida võiks kaaluda, hõlmavad põllumajandustegevuse vastupanuvõime parandamist, eelkõige seda, milliseid süsteeme taimede kaitseks saaks kasutada.

2. Süsteemi keskkonnamõjude hindamine

Nagu tavalistes päikeseenergiaprojektides, on konkreetse projekti keskkonnamõju tõhus hindamine Agrisolari projektide oluline element (Solar Power Europe, 2020). Agrisolaarprojektid peavad vastama projektiriigi juriidilistele nõuetele ja rahvusvaheliselt tunnustatud standarditele, nagu IFC jõudlusstandardid ja ekvaatori põhimõtted (Ibid). Sellega seoses võidakse nõuda mitut luba, sealhulgas keskkonnamõju hindamist (KMH).

Arvestades Agrisolari projektide põllumajanduslikku mõõdet, peab SAC sisaldama ka hinnangut eeldatavate mõjude kohta pinnase erosioonile ja eeldatavale pinnase mudastumisele, vee kättesaadavuse hindamist ja Agrisolari süsteemi mõju veetõhususele..

SAC peaks kavandama ka päikeseenergia süsteemi jääkideta kokkupaneku ja lahtivõtmise, mis peaks minimeerima projekti mõju maale..

Täiendavad elemendid, mida võiks kaaluda, on mõju süsiniku sidumisele ja kohalike ökosüsteemiteenuste pakkumisele, nagu bioloogiline mitmekesisus.

3. Projekti sotsiaalmajanduslike mõjude hinnang

See peab sisaldama projekti äriplaani, projekti majandusliku efektiivsuse hinnangut ja maakasutuse efektiivsuse arvutust. SAC peab sisaldama ka hinnangut töötingimuste kohta põllumajandusettevõttes, sealhulgas elektriseadmete kasutuselevõtuga seotud ohutuskaalutlusi.

Samuti tuleks lisada hinnang eeldatava eluea jooksul saadava rahalise säästu kohta, mis tuleneb lühiealiste materjalide asendamisest vastupidava agrisolari süsteemiga.

SAC võiks sisaldada ka kohalikku tegevuskava, mis ühendab kohalike kogukondade vaated ja huvid. SAC võiks sisaldada põllumajandustoodete turundusplaani või agrisolari talus toodetavate põllumajandustoodete piirkondlikku turuanalüüsi. Sellega seoses võiks kaaluda ka mõju projekti mõjudele kohalikele tarneahelatele.

4. Olelusringi toimivuse hindamine

Arvestades agrisolari-süsteemide kahetist olemust, peaks SAC hõlmama nii süsteemi põllumajandusliku kui ka fotogalvaanilise jõudluse toimivuse jälgimist..

Põllumajanduslike päikeseenergia projektide puhul, mille tulemuslikkus on paranenud või mis on ületanud SACis algselt kavandatud meetmeid, võivad nende reitingud tõusta. Teisest küljest võivad kehva tulemuslikkusega projektide või nende SAC-i mittejärgivate projektide reitingud langeda. Halvima stsenaariumi korral, kui olulist põllumajanduslikku tegevust või energiatõhusust ei ole võimalik tõendada, võidakse projekti staatus Agrisolari projektina tühistada..

Agrisolari projektid peaksid koguma asjakohaseid agronoomilisi, energeetika-, keskkonna- ja sotsiaalmajanduslikke andmeid, mis võivad olla kasulikud Agrisolari kvaliteedi edasiseks parandamiseks tulevikus.

Agrisolari projektid peaksid koguma asjakohaseid agronoomilisi, energeetika-, keskkonna- ja sotsiaalmajanduslikke andmeid, mis võivad olla kasulikud Agrisolari kvaliteedi edasiseks parandamiseks tulevikus.

Agrisolari projektide 3-tärni hindamismetoodika suunas

Konkreetsete Agrisolari projektide kvaliteedi hindamiseks võiks raamistik olla 3 tärni võrdlusalus, mida saaks kasutada enne projekti väljatöötamist ja kogu projekti eluea jooksul.

Nende juhiste eesmärk on inspireerida Agrisolari jaoks tugeva regulatiivse raamistiku väljatöötamist.

Kolmetärniline võrdlusnäitaja näitab, kui hästi konkreetne Agrisolari projekt on kavandatud ja juhitud, pidades silmas selle loodud agroenergeetikat ning selle üldist sotsiaalset ja keskkonnasäästlikkust, agroenergeetikat ja jätkusuutlikkust saab skemaatiliselt kujutada, nagu on näha joonisel 12..

- **Kuidas lugeda 3 tärni võrdlusaluse kriteeriume**

Agrisolari projekt, mis järgib SACi olulisi kriteeriume ("Must kriteeriumid"), nagu SACi enda ettevalmistamine, kvalifitseerub ühe tärniga Agrisolari projektiks. Kui projekt vastab lisakriteeriumitele ("Peaks kriteeriumid"), näiteks näitab sünergiat PV-süsteemi ja põllumajandustegevuse vahel või kas projekt aitab kaasa sotsiaalselt või keskkonnasäästlikele tavadele, kaldub projekt saavutama kahe tärni hinnangu. Lõpuks, ideaalne projekt, mis vastab täiendavatele oma klassi parimatele kriteeriumidele ("Võiks kriteeriumid"), mis maksimeerib agroenergeetilise sünergia või pakub olulisi ökosüsteemi teenuseid, saab täieliku kolme tärni hinnangu..

Oluline on meeles pidada, et kuigi kriteeriumide „Peab“ täitmine on Agrisolari põhioõue, jääb „Peaks“ ja „Võiks“ kriteeriumide täitmine vabatahtlikuks. Ühele või mitmele valikulisele kriteeriumile täitmata jätmine ei välista ühelgi süsteemil kõrgema kvaliteedihinnangu saavutamist. Oluline on see, et nendes suunistes määratletud kriteeriumid ei ole ammendavad ja on mõeldud ainult soovituslikuks.

Joonis 12. Kriteeriumide ja mõõtmete tabel (Solar Power Europe).



	MUST CRITERIA ★☆☆	SHOULD CRITERIA ★★★	COULD CRITERIA ★★★★
DIMENSION 1: Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> • Has a SAC concept which includes general information of agricultural activity and PV system, assessment of needs of agricultural stakeholder, information on project land, technical plan of Agrisolar system, assess the use of equipment/machinery. • Fulfills need of agricultural activity and generates green electricity. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrate synergies between PV and agriculture. • Evaluation of light distribution and micro-climatic conditions • Water management performed. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maximise synergies between PV and agriculture. • Improvements on the resilience of the agricultural activity.
DIMENSION 2: Environment	<ul style="list-style-type: none"> • Effective assessment of environmental impact of the project (standard Environmental Impact Assessment). • Assessment of impacts on soil erosion, soil silting, assessment of water availability. 	<ul style="list-style-type: none"> • Min standards soil preservation during construction and dismantling • Efficient tech, degradability of structures. • Lifecycle approach • Transitioning biodiversity, more sustainable agricultural practices. 	<ul style="list-style-type: none"> • Provision of ecosystem services. • Increased biodiversity measures "BNE guide" (no pesticide, local seeds). • Soil regeneration and carbon capture.
DIMENSION 3: Socioeconomics	<ul style="list-style-type: none"> • Business plan for the project • Assessment of farm working conditions, including safety considerations. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analysis of lifetime financial savings from replacement of short lived materials. • Impacts on local supply chain considered. 	<ul style="list-style-type: none"> • Local action plan integrating views and interests of local communities. • Establishment of/Integration within local agriculture and renewable energy community.
DIMENSION 4: LCA	<ul style="list-style-type: none"> • Performance monitoring of the system. 	<ul style="list-style-type: none"> • Data collection on performance (Agricultural, Environmental, Energy, Socio-economics). 	<ul style="list-style-type: none"> • Detailed evaluation of performance of ecosystem and socioeconomic services provided.

Agrisolari olemasolevad väljakutsed

Regulatiivsed, finants- ja tehnilised tõkked pidurdavad praegu Agrisolari turu kasvu kogu ELis.

- Regulatiivsed ja haldustõkked

Üks peamisi väljakutseid Agrisolari arendamiseks üle Euroopa on Agrisolari projektide arendamist toetavate regulatiivsete raamistike madal kvaliteet või puudumine. Paljudel riikidel, millel on märkimisväärne potentsiaal Agrisolari arendamiseks, nagu Hispaania, Portugal või Itaalia, puudub praegu raamistik Agrisolari arendamiseks. Üheks erandiks on Prantsusmaa, kus pakkumisdokumentide energeetika reguleerimise komisjon annab agrisolarsüsteemide määratluse (CRE, 2017). Prantsusmaa hankeraamistik ei ole aga nii spetsiifiline kui maapealsete päikeseelektrijaamade hankemenetlust reguleeriv kord.

Täpsemalt ei paku olemasolevad hankeraamistikud õigeid stiimuleid Agrisolari projektide arendamiseks. Kuigi mitmed Agrisolari lahendused on olnud äriiselt edukad juba mitu aastat, tähendab mõnede Agri-PV süsteemide uuenduslikkust, et need ei ole traditsiooniliste maapealsete päikese süsteemidega võrreldes alati konkurentsivõimelised. Kuna enamik hankeskeeme sõlmatakse energiahinna alusel, ei saa Agri-PV projektid veel konkureerida tavalistel taastuvenergia hangetel. Ainsad erandid on innovatsioonihanked Prantsusmaal ja Saksamaal. Sellest tulenevalt väheneb potentsiaalsete investorite huvi ja väheneb riigiabi andmine nende arengu soodustamiseks.

Teine väga oluline takistus Agrisolari arendamiseks Euroopas on võimalik kaotada ühise põllumajanduspoliitika toetusi põllumajandustootjate poolt, kes kasutavad oma maal päikeseenergiat. Saksamaal kaotati põllumajandustootjate otsene sissetulekutoetus pärast seda, kui nad võtsid kasutusele Agri-PV süsteemi, mis oli mõeldud lammaste kohapeal karjatamiseks. Kohtud tühistasid selle otsuse ELi õiguse rikkumisena, väites, et ÜPP rakendamine Saksamaal ei järginud EL õigust (Regensburgi halduskohus, 15. novembri 2018. aasta otsus).

Agrisolari arendajatel on raskusi planeerimislubade ja muude vajalike lubade saamisega. See on tingitud teadmiste puudumisest ja kohalike lubade andmise haldusasutuste puudumisest, kes suudaksid faile hinnata.

- Tehnilised tõkked

Üks oluline tehniline takistus on päikesepaneelide, moodulite ja konstruktsioonide kättesaadavus, mis sobivad Agri-PV projektidele. Suuremad moodulitootjad ei turusta veel Agrivoltaicu süsteemide jaoks sobiva suuruse ja efektiivsusega mooduleid. Näiteks PV-moodulid peaksid olema pigem kerged, kuna need on sageli kõrgemal. Moodulid ja konstruktsioonid tuleb samuti kujundada nii, et maapinnale heidetud varjud oleksid põllukultuuride jaoks optimeeritud. Sellega seoses sobivad läbipaistvad tagaplaadid eriti agri-PV süsteemide jaoks, kuna need pakuvad võimalust optimeerida konkreetsete põllukultuuride jaoks kõige sobivamate PV-paneelide läbipaistvust.

Väga oluline väljakutse on ka elektriohutus, sest kohapeal on nii põllumajandustöötajad, põllumajandusmasinad kui ka loomad. Agri-PV süsteemide konstruktsioonid peaksid samuti olema projekteeritud taluma potentsiaalselt tugevamat tuule mõju.

Põllumajandustegevuses põllukultuuride tootmise tagamiseks kasutatavate toodete, komponentide ja väetiste poolt leviv tolm võib lisaks süsteemi võimsusele mõjutada ka PV-mooduli materjalide töökindlust ja vastupidavust.

Juurdepäasetavus võib olla väljakutseks ka Agrisolari projektide arendamisel. Juurdepääsuteed ei pruugi olla hästi hooldatud, samas kui Interneti-ühenduse ja telefonivõrgu kvaliteedi halvenemine võib olla häiritud. Võrguühendused on Agrisolari projektide jaoks veel üks oluline tehniline takistus. Maapiirkondades võib olla väiksem olemasolev võrguvõimsus, mis võib suurendada liitumiskulusid ja kahjustada projekti äritegevust.

- Rahalised tõkked

Paljude Agrisolari lahenduste uuenduslik olemus toob kaasa suurema kapitalikulu võrreldes traditsioonilise maapealse päikeseenergiaga. Lisaks on põllumajandus- ja energiainvesteeringuid kombineerivate keerukate projektidega seotud suuremad riskid muutnud finantsinvestorid ja kindlustusandjad vastumeelseks Agrisolari projektide arendamise toetamisel..

- Muud tõkked

Üks täiendav takistus Agrisolari projektide arendamisel on maaomandi tuvastamise raskus. Põllumajandustootjad ei ole alati oma haritava maa omanikud, mis võib hüpoteegi- ja servituudilepingute sõlmimisel veelgi keerukamaks muuta. Lisaks võivad maaomanike ja põllumajandustootjate vahel tekkida huvide konfliktid, mis võivad tekitada stiimulite lahknemise.

Lisaks võib põllumajanduspartnerite vähesed teadmised päikeseenergia sektorist kaasa tuua täiendavaid takistusi. Põllumajanduspartnerid ei pruugi olla tuttavad tüüpiliste projektiarenduse ajakavadega, projekti elueaga ega põllumajandustegevuse integreerimise tehniliste aspektidega päikeseelektri tootmisega. Mõnel juhul nõuab maapiirkondade sidusrühmade madala usalduse ületamine päikeseenergia arendajate suhtes täiendavaid jõupingutusi. Põllumajanduse sidusrühmade reservatsioonidele vastamine võib olla edu põhisammas.

Kuidas Agrisolari toetada

Võttes arvesse Agrisolari potentsiaali aidata üleminekul keskkonnasäästlikule põllumajandustavale ja vähendada energiasüsteemi süsinikdioksiidi, peaksid reguleerivad ja poliitilised asutused (ELi, riiklikul, piirkondlikul ja kohalikul tasandil) pakkuma sihipärast toetust ülalmainitud takistuste ületamiseks. See kiirendab Euroopa roheline kokkuleppe eesmärkide saavutamist ja tugevdab ELi juhtpositsiooni tulevikukindla tehnoloogilise innovatsiooni vallas..

Agrisolari sobib suurepäraselt Euroopa roheline kokkuleppe eesmärkide toetamiseks, eriti paketi „Fit-for-55” eesmärkide ja ühise põllumajanduspoliitika läbivaatamise toetamiseks. Taastuvenergia direktiivi (REDII) läbivaatamine peaks seadma ambitsioonikad eesmärgid taastuvenergia kasutuselevõtuks ning tugevdama taastuvenergiaprojektide lubamise ja maale juurdepääsu sätteid. Lisaks peaks eelseisva ühise põllumajanduspoliitika teine samm edendada Agrisolari projektide kasutuselevõttu. Teatud tüüpi Agrisolari projektidel on märkimisväärne potentsiaal edendada säästvat maaelu arengut ja aidata kaasa tulevase ühise põllumajanduspoliitika üheksa eesmärgi saavutamisele. Sellega seoses peaksid põllumajandustootjad, kes kasutavad Agrisolari projekte (mis säilitavad maa põllumajandusliku kasutuse), jätkuvalt saama ühisest põllumajanduspoliitikast sissetulekutoetust..

Üldiselt on oluline välja töötada kogu ELi hõlmav Agrisolari standard, mis loob ühise raamistiku ja toetab õigusnormide ühtlustamist kõigis ELi liikmesriikides. ELi standard peaks siiski võimaldama piisavat paindlikkust, et kohaneda riiklike ja piirkondlike põllumajandustavade, kliimatingimuste, mullakvaliteedi või maakulude ja paljude muude teguritega..

ELi liikmesriigid peaksid samuti edendada Agrisolari, töötades välja regulatiivsed ja võimaldades raamistikud Agrisolari projektide arendamiseks. Üldiselt peaksid need raamistikud edendada Agrisolari projektide arendamist strateegiana, mis käsitleb põllumajandusmaale juurdepääsu küsimusi ning edendab säästvaid põllumajandustavasid ja maaelu arengut..

Konkreetselt peaksid põllumajanduspoliitika raamistikud keskenduma kuuele valdkonnale (Solar Power Europe, 2020). Esiteks peaksid põllumajanduspoliitika raamistikud looma sihipärased finantsmehhanismid sõltuvalt projektide suurusest. Lisaks tuleks Agrisolari projektidele, mis pakuvad olulisi bioloogilise mitmekesisuse ja süsinikdioksiidi kogumise teenuseid, ette näha maksuvähendused või täiendavad tuluallikad..

Teiseks, tugevdades usaldusväärseid rahastamismehhanisme, peaksid valitsused looma raamistikud, mis hõlbustaksid Agrisolari projektide arendamist. See võimaldab raamistik peaks käsitlema projektide põhjendamatuid haldustõkkeid, toetama projektide rahastamist ja pakkuma

tehnilist tuge põllumajandustootjatele ja maakogukondadele, kes soovivad arendada Agrisolari projekte. Hea ja sertifitseeritud SAC esitamisel tuleks lubada projekti kiirendatud lubade andmise menetlust.

Neljandaks peaksid ELi liikmesriigid välja töötama tugeva raamistiku, et hinnata Agrisolari projektide kvaliteeti, järgides SAC nelja mõõdet. Oluline on see, et ELi liikmesriigid peaksid tagama, et sellised kvaliteeditagamise raamistikud oleksid jurisdiktsioonide lõikes ühtlustatud, et vältida tarbetuid turutõkkeid.

Viiendaks peaksid põllumajanduspoliitika raamistikud tagama põllumajanduse, energia, keskkonna ja kliimamuutuste poliitika raamistike ühtsuse. Neid tuleks arendada osalusprotsessi kaudu, mis võtab arvesse maapiirkondade sidusrühmade ja päikesetööstuse vajadusi.

Lõpuks peaksid Agrisolari raamistikud suunama avaliku ja erasektori teadus- ja arendustegevuse rahastamise uurimisprogrammidesse, mis keskenduvad koos PV-ga kasvatamiseks sobivate põllukultuuride väljaselgitamisele, Agri-PV süsteemide mõjule saagikusele ja kasumlikkusele ning erinevate fotoelektriliste kontseptsioonide tutvustamisele.

Kolmandaks, tuginedes nendes suunistes edasiarendatud raamistikule, peaksid valitsused välja töötama "põllumajanduslikud indeksid", mis kajastavad agri-PV süsteemide agromajanduslikke, keskkonna- ja sotsiaalseid välismõjusid. Neid indekseid saab kasutada kaartide väljatöötamiseks, mis kajastavad projekti arendamiseks kõige sobivamat maa-ala, võttes arvesse võrgule juurdepääsu kättesaadavust.

Tehnoloogia

Elektritootmise toimimisviis on sama nii põllumajandus- kui ka maapealsete fotogalvaaniliste süsteemide puhul. Nõuded süsteemi tehnilistele komponentidele ja tugelele on aga maaharimise tõttu agrovoltaika puhul täiesti erinevad: süsteemi kõrgus ja joondus, kinnituskonstruktsioon või vundament ja vajaduse korral mooduli konstruktsioon – kõik tuleks kohandada põllutöomasinatega kasvatamine ja taimede vajadused. Keeruline valgus- ja veemajandus on samuti oluline saagikuse maksimeerimiseks.

Põllumaa kahekordseks kasutamiseks põlluharimiseks ja elektritootmiseks paigaldatakse päikesemoodulid tavaliselt kolme kuni viie (humalakasvatases ka rohkem kui seitsme) meetri kõrgusele põllust. See võimaldab suurteil põllumajandusmasinatel, näiteks kombainidel, töödelda agrovoltailise süsteemi all olevat maad. Tagamaks, et taimed saaksid piisavalt valgust ja sademeid, on mooduli ridade vaheline kaugus tavaliste maapealsete fotogalvaaniliste süsteemidega võrreldes tavaliselt suurem. See vähendab pinnakatte astet umbes kolmandikuni. Koos kõrgete tugevatega tagab see lähenemine homogeense valgusjaotuse ja seega ühtlase taimekasvu. Kui rajatud moodulid on paigaldatud, saab valgusjuhtimist kohandada spetsiaalselt kultuurtaimede arengufaasi ja vajadustega (B. Valle, T. Simonneau, F. Sourd, P. Pechier, P. Hamard, T. Frisson, M. Ryckewaert, ja A. Christophe, Applied Energy 206 (2017).

Siin on paigalduskonstruktsiooni ja osaliselt ka päikesemoodulite valik üldiselt üsna erinev maapealsete fotogalvaaniliste süsteemide omast. Erinevad tehnoloogiad ja konstruktsioonid peavad vastama kohaspetsiifilistele nõuetele ja põllumajandustingimustele. Seetõttu on soovitatav süsteemi planeerimisel arvestada valgusjuhtimisega. Üldiselt peaksid agrogalvaanilised süsteemid olema nüüdisaegsed ning vastama üldtunnustatud reeglitele ja standarditele.



Agrivoltaic süsteemid, nagu näiteks Prantsusmaal ja Jaapanis, paigaldatakse sageli kõrgetele tugeledele. Siin kirjeldab kliirenskõrgus vertikaalset takistusteta ruumi maapinna ja madalaima konstruktsioonielemendi vahel. Alljärgnevalt kirjeldatakse erinevaid võimalusi põllumaa kahekordseks kasutamiseks.

Kõrgete tugeodega süsteemid sisaldavad suurt sünergiaefekti potentsiaali. Siiski peavad need võimaldama PV-moodulite all kasvatamist (joonis 14).

PV-moodulid võivad täita ka olulist kaitsefunktsiooni rahe, vihma, öökülma ja muude äärmuslike ilmastikunähtuste eest. Joonisel 13 on kujutatud firma BayWar.e uurimistehas üle viljapuuaias. See Hollandis asuv tehas ehitati suurema rakuvahega moodulitest, mis parandab katusekatet ja kaitsefunktsiooni, pakkudes samal ajal taimedele rohkem päikesevalgust kui teised PV-süsteemid.

Sünergiaefekte saab realiseerida ka maapinna lähedale paigaldatud moodulitega. Next2Sun saavutab selle bifatsiaalsete moodulitega, mis on paigaldatud vertikaalselt. Kuigi seda tüüpi süsteem on paigalduskonstruktsiooni madala kõrguse tõttu kulutõhusam, on saadaval ka valguse juhtimise võimalused. Maapinna lähedale paigaldatud süsteemid võivad siiski tuua kasu, vähendades tuule kiirust, mis mõjutab ka aurustumist.

Teine võimalus on torukujulised PV-moodulid, mis on paigaldatud horisontaalselt tugeledele, mille on rakendanud ettevõtte TubeSolar AG. See uuenduslik lähenemine lubab ühtlaselt valguse ja vee läbilaskvust kogu pinna ulatuses, mis on oluline taimede ühtlaseks kasvuks. Partnerettevõtte Agratio GmbH ühendab need uudsed moodulid odava toega. Siin paigaldatakse päikesetorud tugipostidele ja riputatakse haritava ala kohale, mille tulemuseks on poolvarjus, mis sobib enamiku põllumajanduslike rakenduste jaoks.

Väga kitsad moodulid paigaldatakse Jaapanis põllumaa kohale päikese jagamise nime all, et kohandada valguse kättesaadavust. Siin on agrovoltailised süsteemid põllumajandustootjate jaoks täiendavaks sissetulekuallikaks ja pensioniallikaks. Mõelda on palju muid tehnilisi lahendusi, millel on erinevad eelised ja puudused.

Moodulite tehnoloogiad

Põhimõtteliselt saab põllumajandussüsteemides kasutada igat tüüpi päikesemoduleid. Vahvli põhiste räni päikesepatareidega moodulid moodustavad umbes 95 protsenti ülemaailmsest PV turust. Aktsepteeritud kompositsioon nõuab esiküljel klaaspaneeli ja tagaküljel valget kattekilet. Läbipaistmatud päikesepatareid ühendatakse järjestikku 2-3 mm kaugusel ja lamineeritakse nende kahe elemendi vahele. Paigaldamiseks ja stabiliseerimiseks kasutatakse metallraami.

Läbipaistva tagakatte (klaas, foolium) korral lasevad lahtritevahelised vahed valgusel suures osas läbi pääseda ja allolevate taimedeni jõuda. Tavaliste moodulite puhul moodustavad lahtritevahelised ruumid neli kuni viis protsenti pindalast. Valguse läbilaskvuse suurendamiseks saab ruume suurendada ja mooduli raamid asendada klambrikinnitustega. Suurema läbipaistvuse ja kogupindala suhtega moodulid võivad kaitsta taimi keskkonnamõjude eest, vähendamata samal määral valguse kättesaadavust.

Kahepoolsed moodulid võivad energia tootmiseks kasutada ka tagaküljele langevat ümbritsevat valgust. Olenevalt tagaküljele langevast kiirgustasemest võib elektritootlust suurendada kuni 25 protsenti (tavaliselt 5–15 protsenti). Kuna agrovoltaika puhul kipub ridadevaheline kaugus olema suurem ja toed kõrgemad, on moodulite tagaküljel saadaoleva valguse hulk eriti suur. Seetõttu sobivad bifatsiaalsed moodulid hästi agrovoltaikute jaoks. Heggelbachi uurimisprojektiis kasutati bifacial klaas-klaas mooduleid. Topeltklaasstruktuuriga moodulite eeliseks on ka jääktugevus klaasi purunemise korral – see on kasulik töötavishoiule ja tööohutusele.

Õhukese kile mooduleid (CIS, CdTe, a-Si/ μ -Si) saab realiseerida painduvatele aluspindadele, mis teeb võimalikuks silindrilise painutamise. Muidu identse struktuuriga on nende mass pindalaühiku kohta ligikaudu 500 g/m² (grammi ruutmeetri kohta) väiksem võrreldes vahvli põhiste räni päikesepatareidega moodulitega. Tõhusus on siiski mõnevõrra madalam. Veidi väheneb ka õhukeste kilemoodulite pindalaühiku maksumus.

See kehtib vastavalt orgaanilise fotogalvaanika (OPV) kohta. Põhimõtteliselt on võimalik ka OPV aktiivsete kihtide selektiivne spektraalne reguleerimine, mis tähendab, et osa päikesespektrist saavad üle kanda ja selle all kasvavad põllukultuurid kasutada. OPV on aga endiselt turuletoomise faasis. Madal tõhusus ja vastupidavus on üks väljakutseid.

Kontsentraatori fotogalvaanika (CPV) puhul fokuseeritakse valgus läätsede või peeglite abil väikestele fotoaktiivsetele pindadele. CPV moodulid tuleb rakendada päikese jälgimisega, välja arvatud väga madala kontsentratsiooniga süsteemid. Hajus valgus levib suures osas. Praegu on ainult väga vähesed OPV- ja CPV-moodulite tarnijad, mida kasutatakse agrovoltaikas.

Paigalduskonstruktsioon ja vundament

- **Paigalduskonstruktsiooni projekteerimine**

Kinnitusstruktsiooni tüüp peab olema kohandatud konkreetse põllumajandusliku rakenduse ja selle vastavate vajadustega. Näited hõlmavad süsteemi kõrguse ja terastugede vahekauguste planeerimist. Siin on oluline arvestada põlluotsa pöördriba, kliirensi kõrgust ja põllumasinat töölaust. Heggelbachi uurimistehas kavandati nii, et isegi suured kombainid saaksid selle all sõita. Maapinna ja konstruktsiooni põhja vaheline kaugus on viis meetrit. Lisaks võimalikele sünergiaefektidele on suure kliirensi kõrguse eelisteks ka lihtne juurdepääs maale ja ühtlasem valguse jaotus süsteemi all. Teisest küljest on paigalduskonstruktsiooni investeerimiskulud madalamate kliirensikõrguste korral üldiselt madalamad, kuna on vaja vähem terast ja vastavalt vähenevad staatilised nõuded.

Põllumajandusliku süsteemi ridade vahe, joondus ja kõrgus on üliolulised, kuna need aitavad määrata valguse kättesaadavust. Neid parameetreid tuleks alati kohandada nii, et need vastaksid agrovoltailise süsteemi all kasvatatavate põllukultuuride vajadustele. Näiteks Heggelbachi uurimistehase reavahe on 9,5 meetrit ja moodulirea laius 3,4 meetrit. Olenevalt kultuurtaimede varjutaluvusest on võimalikud kõrgemad või madalamad väärtused. Kuid palju suurem reavahe suurendab maavajadust ja seega ka süsteemikulud võrreldes elektritootlusega.

- **Ühe- ja kaheteljeline jälgimine**

Näiteks Prantsusmaal on süsteeme, mis töötavad 1- või 2-teljelise jälgimisega, mis tähendab, et päikesemoodulid järgivad jälgimismehhanismi abil päikest. Üheteljelise fotogalvaanilise jälgimise korral järgivad moodulid päikest horisontaalselt vastavalt päikese langemisnurgale (kõrgus) või vertikaalselt vastavalt päikese orbiidile (asimuut). Kaheteljelised jälgijad teevad mõlemat ja seega maksimeerivad energiatootlust. Kaheteljelised süsteemid koos suurte moodulitabelitega võivad aga luua moodulite alla umbra, samal ajal kui teised ala osad ei saa üldse varju. PV-moodulite jälgimist peeti Saksamaal asuvate objektide jaoks ebaökonomiseks Heggelbachi süsteemi eeluuringute käigus. Vaatamata kõrgematele soetus- ja hoolduskuludele võib jälgimine siiski optimeerida taimekasvatuse energiasaaki ja valguse haldamist (B. Valle, T. Simonneau, F. Sourd, P. Pechier, P. Hamard, T. Frisson, M. Ryckewaert, ja A. Christophe, Applied Energy 206 (2017)).

- **Ankurdamine ja vundamendid**

Ankurdus või vundament tagab agrovoltailise süsteemi staatika ja stabiilsuse. Süsteemi ehitamisel tuleb esitada tõend nende ohutusnõuete täitmise kohta. Põllumajanduslike süsteemide puhul ei ole väärtusliku põllumaa säilitamiseks soovitatav kasutada püsivaid betoonvundamente. Alternatiivideks on kuhjatud vundament või spetsiaalne ankurdamine Spinnanker ankrutega. Kuna betooni ei kasutata, saab süsteemi lahti võtta ilma jälgi jätmata.

Mobiilsed agrogalvaanilised kontseptsioonid võimaldavad süsteemi kokku panna, uuesti lahti võtta ja teise kohta paigaldada ilma suuremaid masinaid kasutamata. Võimalik kasu: ehitusluba ei pruugi olla vajalik, kuna tegemist ei ole konstruktsiooni muudatusega. Seetõttu võimaldab mobiilne agrovoltaika paindlikult kohaneda põllumajandusliku põllumajandusega, sealhulgas spontaanselt kasutusele võtta kriisipiirkondades.

Valguse juhtimine

Põllumaa vari varieerub sõltuvalt päikese igapäevasest liikumisest ja aasta jooksul muutuvast asukohast. Homogeenne valgus on soovitatav taimede tervislikuks kasvuks, ühtlaseks valmimiseks ja sünergiaefektide maksimeerimiseks. Seda on võimalik saavutada erinevatel viisidel:

1. Heggelbachis ei valitud lõunasuunda (0°). Simulatsioonide ja mõõtmiste põhjal on sobivaim vastavalt edela- või kagusuund, mille kõrvalekalle lõunast on 45°. Arvutustes oli elektritootmise vähenemine umbes viis protsenti. Tegelik joendus võib kohalike tingimuste tõttu erineda.
2. Teine võimalus on säilitada lõunasuunaline suund ja kasutada kitsamaid PV-moduleid, nagu Jaapanis päikeseenergia jagamisel.
3. Homogeense valgustuse saab saavutada ka moodulite ida-lääne suunaga. Selle orientatsiooniga on varju liikumine päeva jooksul maksimaalne. Vältimaks varju tekkimist fikseeritud moodulite all, mis on täiesti valgust mitteläbilaskvad, peaks mooduliridade laius olema süsteemi kõrgusest tunduvalt väiksem. Rusikareeglina peaks kliirensi kõrgus olema vähemalt 1,5 korda suurem kui mooduli ridade laius. See tegur peaks jälgitavate moodulite puhul olema vähemalt 2. Teisest küljest vähendavad läbipaistvad moodulid tegurid mõlemal juhul sõltuvalt valguse läbilaskvuse astmest (vt jaotis 5.3.2 Jälgimine).
4. PV-moodulite kaheteljeline jälgimine on veel üks võimalus valikuliseks valgusjuhtimiseks ja suuremaks elektritootluseks. Nagu punktis 4.3.2 juba kirjeldatud, on see aga seotud suuremate investeerimis- ja hoolduskuludega. Suurte moodullaudade ja kaheteljelise jälgimisega süsteemid kipuvad olema kultuurtaimede kasvatamiseks sobimatud moodulite taga oleva umbra tõttu. Põllu teised osad on omakorda püsivalt avatud täieliku päikesevalguse käes.

Heggelbachis suurendati 20° kaldega PV-moodulite ridade vahekaugust tavaliste maapealsete fotogalvaaniliste süsteemidega võrreldes ligikaudu 60 protsenti, mis teeb taimedele kättesaadavaks umbes 69 protsenti kogu päikesekiirgusest.

Veemajandus

Moodulite räästast maha voolav vihmavesi võib pinnase ära uhudes põhjustada pinnase erosiooni.

Negatiivsete tagajärgede vältimiseks taimede kasvule ohustatud kohtades ja rakendustes võib süsteemi projekteerimisel kaaluda erinevaid veemajanduse lähenemisviise: Sarnaselt valgusjuhtimisele võivad kitsad või torukujulised PV-moodulid takistada suurema veekoguse kogunemist mooduli serva alla. Kui moodulid on ette nähtud põllukultuuride struktuurse kaitse tagamiseks, siis PV-moodulite jälgimine (Y. Elamri, B. Cheviron, A. Mange, C. Dejean, F. Liron ja G. Belaud, Hydrol. Earth Syst. Sci.22.2, 2018) räästast tuleva sademete jaotamiseks või vihmavee suunamiseks on paremad võimalused. Viimasel juhul tuleb kastmisega tagada piisavalt vett. Vihmavee kogumine ja ladustamine võib aidata säilitada põhjaveevarusid, eriti kuivades piirkondades, või teha põllumajanduse võimalikuks..

PV-süsteemi suurus

Paigaldatud agrogalvaaniliste süsteemide keskmine suurus on riigiti märkimisväärselt erinev. Lisaks majanduslikule elujõulisusele, detsentraliseerimisele ja sotsiaalsetele aspektidele on peamised kriteeriumid, mida tuleb arvesse võtta, mõju maastikule ja seega ka sotsiaalne aktsepteerimine. Väiksemaid süsteeme võimsusega 30–120 kWp leidub näiteks Jaapanis. Seevastu Hiinas on juba ehitatud mitmesaja MWp elektrihamu.

Table 3. Põllumajandusliku elektrienergia heakskiitmise sammude ülevaade (Allikas: Fraunhofer ISE, 2020).

PROCESS STEPS	INSTITUTION	COMMENTS
Ehitusluba	Kohalik omavalitsus	Tsoonide kaart ja arengukava
Nõutavad ekspertide arvamused	Sertifitseeritud ekspert	Keskkonna-, pinnase- ja pimestamise kaitse aruanne. Tuulekoormuse katsetamine.
Servituutide registreerimine	Notar	Eesõigus ja omandistruktuur näiteks
Kindlustus	Insurance company	Koostöös Gothaer Versicherungi kindlustusseltsiga läbiviidud uuring näitas, et agrogalvaanilise süsteemi kindlustussumma ei tohiks olla oluliselt kulukam kui võrreldava, tavapärase päikeseenergiapaigaldise puhul.

See, millise tee Saksamaa ette võtab, jääb lahtiseks ja tõenäoliselt vaadatakse seda sõltuvalt piirkonnast erinevalt. Väiksemad süsteemid, mis tavaliselt paigaldatakse spetsiaalsetele põllukultuuridele, sobivad Lõuna-Saksamaa piirkondadega, mida iseloomustavad väiksemad maatükid ja suurem esteetiline tundlikkus. Põhja- ja Ida-Saksamaa piirkondades, kus on suured maa-alad, võivad seevastu olla suuremad agrogalvaanilised süsteemid suurte põllumajandusettevõtete jaoks mõistlikud, et mastaabisäästu abil majanduslikult kompenseerida väiksemat aastast päikesekiirgust..

Agroalvaaniliste süsteemide maavajadus on tavaliselt 20–40 protsenti suurem kui sama nimivõimsusega maapealsete fotogalvaaniliste süsteemidega. Praegu on agroalvaanilise süsteemi võimsus 500–800 kWp hektari kohta, samas kui tavalise PV-süsteemi võimsus on olenevalt konstruktsioonist 600–1100 kWp hektari kohta. Bifatsiaalsete moodulite kasutamine võib suurendada elektritootlikkust: Heggelbachi uurimisjaama võimsus oli esimesel tööaastal 1284 kWh võimsuse kWp kohta, samas kui tavaline päikesepatareiseade toodab selles kohas vaid 1209 kWh kWp kohta.

Heakskiitmine, paigaldamine ja kasutamine

- **Põllumajandussüsteemide heakskiitmisprotsess**

Põllumajandusliku elektrisüsteemi ehitamise heakskiitmise protsessis tuleb arvesse võtta mõningaid üksikasju. Nõutav dokumentatsioon tuleks koostada tihedas koostöös tehnoloogiapartneritega. Ülevaade nõutavatest lubadest, ekspertarvamustest ja dokumentidest on toodud tabelis 3.

Heggelbachi uurimistehases määrati agrovoltailise süsteemi all olev põllumaa sihtotstarbeliseks kasutusalaaks. Seega kaotati põllumaa toetuste nõue jäädavalt, kuigi põlluharimine jätkub. Lisaks ei toetata agroalvaanilist tehnoloogiat maapealsete fotogalvaaniliste energiapakkumiste pakkumismäärusega ega ka EEG-sõtetariifi kaudu.

Saksamaal puudub seni agrovoltailiste süsteemide sertifitseerimissüsteem. Fraunhofer ISE töötab praegu koos projektipartneritega, et koostada DIN-spetsifikatsioon, mis määratleb kvaliteedistandardid, mida kasutatakse pakkumiste, rahastamise abikõlblikkuse või lihtsustatud planeerimisprotsesside kriteeriumidena. See hõlmab agrovoltailiste indeksite määratlust ja vastavaid testimisprotseduure, mida võivad kohaldada sertifitseerijad, nagu VDE (elektri-, elektroonika- ja infotehnoloogia ühendus) või TÜV.

- **Agrovoltailise süsteemi paigaldamine, kasutades näitena Heggelbachi**

Põllumajanduslik süsteem tuleks kohandada vastavate kohalike tingimuste ja viljelusmeetoditega. Projekti planeerimise ja maakasutuse planeerimisega tegeleb tavaliselt spetsialiseerunud ettevõtte. Need ülesanded võttis endale BayWar.e. Heggelbachi uurimistehase jaoks.

Tehnilised partnerid vastutavad kogu planeerimise ning süsteemi ehitamise, paigaldamise ja käitamisega seotud protsesside eest. See sisaldab:

- Partnerite leidmine üleliigse elektri ostmiseks ja selle sisestamiseks võrgumaterjalide hankimise ja logistika planeerimise
- Ehitusplatsi rajamine ja pinnase kaitse
- Süsteemi seadistamine
- Ühenduse, piksekaitse ja jälgimise kontseptsioon
- Võrguühendus
- Tehniline hooldus ja kolimine

Herdwangen-Schönachi linnavolikogus toimus uurimistehase arengukava esimene kuulamine 13. oktoobril 2015 ja ehitustaotlus esitati alles kuus kuud hiljem, 6. aprillil 2016. Fraunhofer ISE sai võrguühenduse heakskiidu Netzelt BW 24. juulil 2015. Ehitusluba väljastati 3. mail 2016. Ehitusloa andmine oli aga seotud sõltumatu katseinseneribüroo statistika läbivaatamisega. Vundamendi tegeliku hoidejõu arvutamiseks ja dokumenteerimiseks koostati ka pinnasearuanne.

Selle ekspertaruande tulemused ja katseinseneri tagasiside lisati agrolgalvaanilise kinnituskonstruksiooni läbivaatamisele.

Lepingud agrolgalvaanisüsteemi paigaldamiseks sõlmiti erinevate ettevõtetega vastavalt hankemäärusele ning ehitusjärg kooskõlastati üksikasjalikult ja tihedas koostöös Hofgemeinschaft Heggelbachiga. Paigaldati agrolgalvaanilise süsteemi jõuelektroonika ja juhtmestik, et uurimisjaama saaks pärast valmimist kiiresti võrku ühendada. Tehti staatikaarvutused ja agrolgalvaanilise süsteemi kohandati vastavalt. Muuhulgas tuli lisaks Spinnanker ankrutele paigaldada ka Alpinanker ankur agrolgalvaanilise süsteemi vundamendiks.

Esialgse ajakava järgi oli ehituse algus planeeritud juulisse 2016. Eeltöid ei saanud aga erinevate ehitusõiguslike hilinemiste tõttu õigeaks ajaks lõpetada, mistõttu ehituse algus venis 2016. aasta augustisse. Viidi edukalt lõpule õigeaks ajaks avamistseremooniatega 18. septembril 2016.

- **Agrivoltaics kasutusel**

Päikesemoodulid ei ole alati täielikult ligipääsetavad põllukultuuride kasvatamise ja tugikonstruktsiooni kõrguse tõttu. Seetõttu tuleks hooldust ja remonti teha siis, kui põllud on söötis. Ohutus on esikohal ja kõik hooldussõidukid ei sobi põldudel kasutamiseks. Edaspidi töötatakse välja asjakohane hooldus- ja remondikontseptsioon, mis määrab kindlaks hooldusvälbad ja hooldustööde ulatuse ning arvutab välja võimalikud kulud.

Küsimused

1. Milliste kriteeriumide alusel saab kõige paremini hinnata *Agrisolar* projektide keskkonna- ja sotsiaalmajanduslikku väärtust? Põhjenda oma vastust.
2. Määratlege kolm kõige levinumat päikesepaneelide tüüpi
3. Millised struktuurid ei ole fikseeritud? koplanaarne; päikese jälgimine ja kaldus.
4. Mis tüüpi fotogalvaanika-paigaldised (PV-paigaldised) on olemas? Põhjenda oma vastust.
5. Mis on "maksimaalse võimsuspunkti jälgimine" (MPPT)? Põhjenda oma vastust.

Viited, kasulikud veebisaidid

Adeh, E., Selker J.S., & Higgins, W. (2018). *Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency*. Retrieved from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0203256>

Adeh Elnaz, H., Good, P., Calaf, M., & Higgins, W. (2019). Solar PV Power Potential is Greatest Over Croplands. *Scientific Reports volume*. Retrieved from www.nature.com/articles/s41598-019-47803-3

Barron-Gafford, Greg A., et al. (2019). *Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands*. Retrieved from: [https://www.nature.com/articles/s41893-019-0364-5](http://www.nature.com/articles/s41893-019-0364-5)

Bundesverband Neue Energiewirtschaft e. V. (2019). *Solar parks – profits for bio-diversity*. Retrieved from <https://www.bne->

online.de/fileadmin/bne/Dokumente/Englisch/Publications/201911_bne_study_biodiversity_profits_from_pv.pdf

- Carreño-Ortega, Á., Galdeano-Gómez, E., Pérez- Mesa, J. C., & del Carmen Galera-Quiles, M. (2017). *Implicaciones políticas y medioambientales de los sistemas fotovoltaicos en la agricultura en el sureste de España: ¿Pueden los invernaderos reducir el efecto invernadero?*, Almería, España: Universidad de Almería.
- CRE (2017). *Appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité innovantes à partir de l'énergie solaire*. Retrieved from <https://www.cre.fr/Documents/Appels-d-offres/appel-d-offres-portant-sur-la-realisation-et-l-exploitation-d-installations-de-production-d-electricite-innovantes-a-partir-de-l-energie-solaire>
- Dinesh, H., & Pearce, J.M. (2016). *The potential of Agrivoltaic systems*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403211501103X>
- EIP-Agri (2019). *EIP-AGRI Focus Group Circular horticulture - Final Report*. Retrieved from https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip-agri_fg_circular_horticulture_final_report_2019_en.pdf
- European Commission (2011). *Roadmap to a Resource Efficient Europe*. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm
- European Commission (2018). *CAP specific objective: Ensuring viable farm income*. Retrieved from: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap_specific_objectives_-_brief_1_-_ensuring_viable_farm_income.pdf
- European Commission (2018). *Trends in the EU agricultural land within 2015-2030*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc113717.pdf>
- European Commission (2019). *CAP specific objective: Jobs and growth in rural areas*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-specific-objectives-brief-8-jobs-and-growth-in-rural-areas_en.pdf
- European Commission (2019). *CAP specific objective: Structural change and generational renewal*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-briefs-7-structural-change_en.pdf
- European Commission (2019). *Evaluation of the Impact of the CAP on Water*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/ext-eval-water-final-report_2020_en.pdf
- European Commission (2020). *Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration*. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/energy_system_integration_strategy.pdf
- European Environmental Agency (2019). *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe*. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture>

- European Union (2018). *DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast)*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>
- European Commission (2021). *Solar power*. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/solar-power_en
- Eurostat (2019). *Renewable energy statistics*. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Online_publications
- Fraunhofer ISE (2020). *Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition. A guideline for Germany*. Retrieved from <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/agrivoltaics-opportunities-for-agriculture-and-the-energy-transition.html>
- International Labour Office (2011). *Investment in renewable energy generates jobs. Supply of skilled workforce needs to catch up*. Retrieved from https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ifp_skills/documents/publication/wcms_168354.pdf (17/06/2021)
- International Panel on Climate Change (2020). *Climate Change and Land*. Retrieved from <https://www.solarpowereurope.org/agri-pv-how-solar-enables-the-clean-energy-transition-in-rural-areas/>
- IRENA (2019). *Renewable Energy Auctions. Status and trends beyond price*. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2019/Dec/Renewable-energy-auctions-Status-and-trends-beyond-price>
- IRENA (2020). *Solar energy Data*. Retrieved from <https://www.irena.org/solar>
- Joint Research Centre (2020). *Energy communities: an overview of energy and social innovation*. Retrieved from <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC119433>
- Kochendoerfer (2019). *The agricultural, economic and environmental potential of co-locating utility scale solar with grazing sheep*. Retrieved from https://docs.wixstatic.com/ugd/6a0421_0d7f1a7b233f4318916feac42b781cd6.pdf
- Marrou, H., Dufour, L., & Wery, J. (2013). *How does Shetler of Solar Panles Influence Water Flows in a Soil-Crop System? – European Journal of Agronomy*. (2013; 50, 38-51).
- Majumdar, D. (2018) – *Dual use of agricultural land: Introducing ‘agrivoltaics’ in Phoenix Metropolitan Statistical Area, USA – Landscape and Urban Planning*. (170, 150–168).
- Regensburg Administrative Court, judgment of November 15, 2018 - RO 5 K 17.1331.
- Santra et al. (2017). *Agri-voltaics or Solar farming: The Concept of Integrating Solar PV Based Electricity Generation and Crop Production in a Single Land use System – International Journal of Renewable Energy* (Research 7(2): 694-699).
- Schindele, S., et al. (2020). *Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. Applied Energy Volume 265 (2020)*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626192030249X>

- Segarra Murria, J., & Jorro Ripoll, J. (2006). *Principles concerning the use of photovoltaic energy. Conditions for efficient exploitation*. La Vall d'Uixó, Spain: Heliotec S.L.
- Segarra Murria, J., & Jorro Ripoll, J. (2006). *Calculations and design*. La Vall d'Uixó, Spain: Heliotec S.L.
- Solar Energy Association Industries (SEIA). *Solar energy*. Retrieved from <https://www.seia.org/initiatives/about-solar-energy>
- Solar Power Europe (2019). *Solar Factsheets – Employment and job creation*. Retrieved from <https://www.solarpowereurope.org/solar-factsheets-employment-and-job-creation/>
- Solar Power Europe (2020). *AGRI-PV: How solar enables the clean energy transition in rural areas*. Retrieved from <https://www.solarpowereurope.org/agri-pv-how-solar-enables-the-clean-energy-transition-in-rural-areas>
- Solar Power Europe (2021). *Solar Sustainability Best Practices Benchmark*. Retrieved from: <https://www.solarpowereurope.org/solar-sustainability-best-practices-benchmark/>
- Valle, B., et al. (2017). *Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops*. Retrieved: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.113>
- Y. Elamri, B. Cheviron, A. Mange, C. Dejean, F. Liron, and G. Belaud, *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22, 2 (2018).

Lisa

Sõnastik

CPzS: torukujuline pliiplaadi vibratsioonikindel aku vedela elektrolüüdi ja läbipaistmatu mahutiga.

EL-28: lühend Euroopa Liidust, mis koosneb 28 riigist – 1. juulist 2013 kuni 31. jaanuarini 2020 – (Belgia, Bulgaaria, Tšehhi Vabariik, Taani, Saksamaa, Eesti, Iirimaa, Kreeka, Hispaania, Prantsusmaa, Horvaatia, Itaalia, Küpros, Läti, Leedu, Luksemburg, Ungari, Malta, Holland, Austria, Poola, Portugal, Rumeenia, Sloveenia, Slovakkia, Soome, Rootsi, Ühendkuningriik), mis toimib majandusliku ja poliitilise blokina.

OPzV: torukujuline pliiplaat statsionaarne aku tahke elektrolüüdiga geeli kujul.

Lühendite loetelu

AC: Alternatiivne vool

AGM: imav klaasmatt

Agri-PV: põllumajanduslik fotogalvaanika

a-Si: Amorfne räni

ÜPP: ühine põllumajanduspoliitika

CapEx: kapitalikulud

CC: püsivool

CdTe: kaadmiumtelluriid

CEP: puhta energia leping

SRÜ: vask, indium ja seleen
CISG: vask, indium, gallium ja seleniid
CO2: süsinikdioksiid
CPV: fotogalvaanika koondaja
CSP: kontsentreeritud päikeseenergia
DC: alalisvool
EAFRD: Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond
ED: Energiaosakond
EEG: saksa keeles tähendab Erneuerbare-Energien-Gesetz, mis tähendab taastuvate energiaallikate seadust
KMH: keskkonnamõju hindamine
EL: Euroopa Liit
FiT: sisendtariifid
KHG: kasvuhoonegaasid
GWP: globaalse soojenemise potentsiaal
IEA: Rahvusvaheline Energiaagentuur
IPCC: rahvusvaheline kliimamuutuste paneel
KW: kilovatt
MPPT: maksimaalse võimsuspunkti jälgimine
MtCO2: süsinikdioksiidi ekvivalent tonnides
Mtoe: megatonni naftaekvivalenti
OPEC: Naftat Eksportivate Riikide Organisatsioon
OPV: orgaaniline fotogalvaanika
OPzS: tähistab O = Ortsfest (statsionaarne) Pz = PanZerplatte (torukujuline plaat) S = Flüssig (üleujutatud); üleujutatud tüüpi torukujulised plaat-, pliihappe-, süvatsükliakud
OTEC: ookeani soojusenergia muundamine
PR: jõudlussuhe
PSH: Päikese tipptunnid
PV: fotogalvaanika(d)
Teadus- ja arendustegevus: teadus- ja arendustegevus
RES: taastuvenergiaallikad
SAC: säästva põllumajanduse kontseptsioon
SHC: päikeseküte ja jahutus

TWh: Teravatt-tund

Ühendkuningriik: Ühendkuningriik

V: Volt

W/m²: vatt ruutmeetri kohta

W: vatti

WP: vati tipp

