



Doç. Dr. Talat Özden
Modül Teknolojileri Birimi

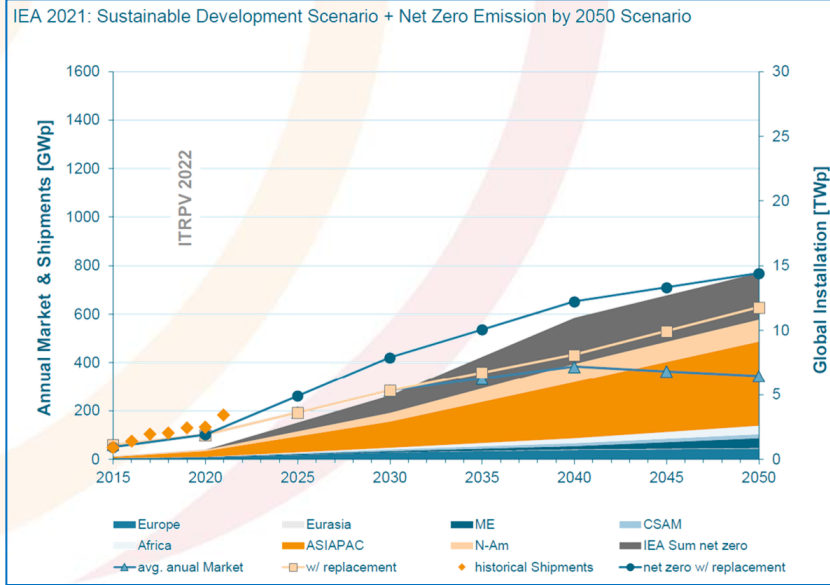
Tarım ve Güneş Enerjisi



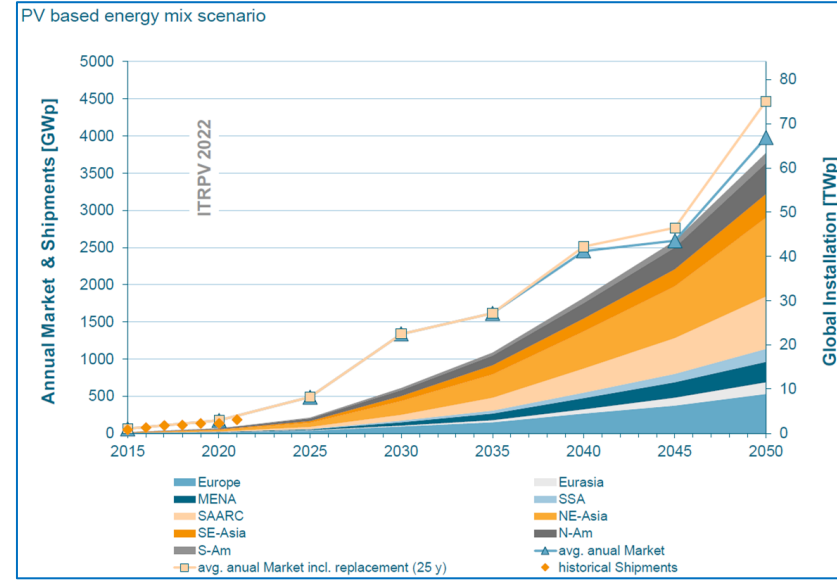
FV Sektöründe Bugün ve Gelecek Hedefleri

Dünyada Fotovoltaik Kurulu Güç > 1 TWp (2022)

~ 0.5 TWp



~ 2.5 TWp



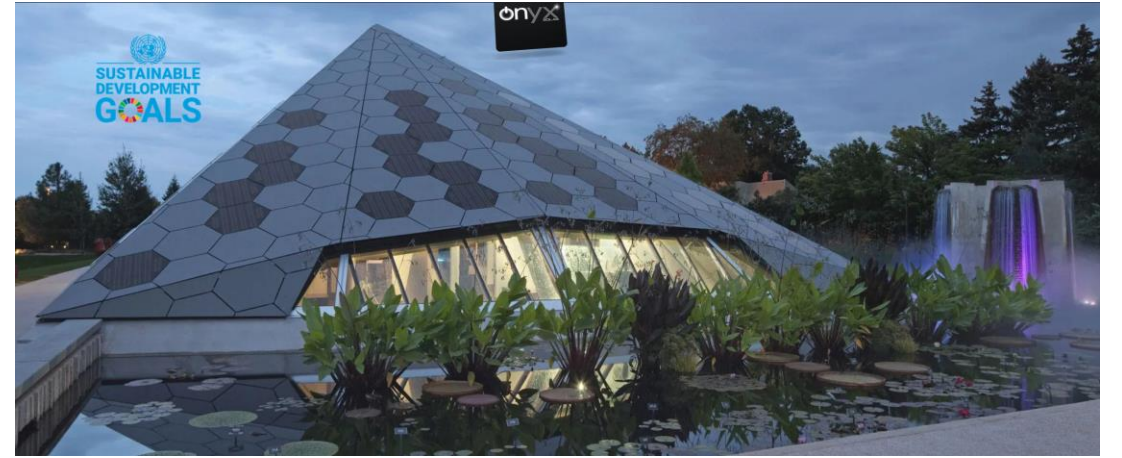
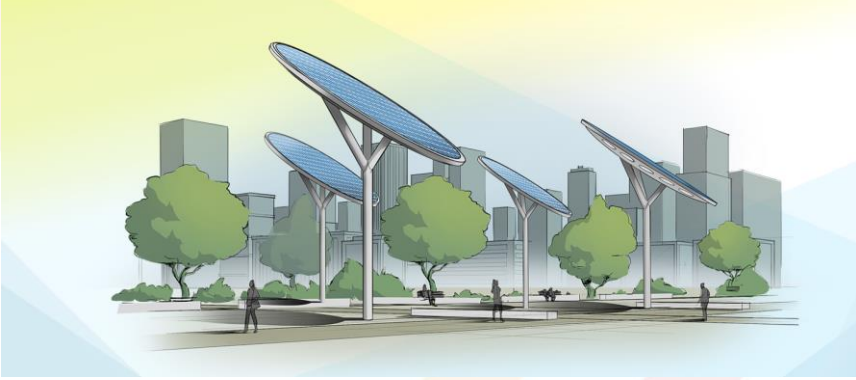
Türkiye'de Fotovoltaik Kurulu Güç > 11 GWp (Eylül - 2023)
Geçen ay toplam üretilen enerjinin ~ % 7'si güneşten elde edildi.

Türkiye'nin ulusal enerji planına göre Fotovoltaik kurulu gücümüzün **2035** yılında **53 GWp**'e çıkması hedefleniyor.

~ 3.5 GWp

Kaynak: <https://www.vdma.org/international-technology-roadmap-photovoltaic>
https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf
https://ytbsbilgi.teias.gov.tr/ytbsbilgi/frm_istatistikler.jsf

Sektörel Gelişim





Sektörel Gelişim



Neden TarımGES ?

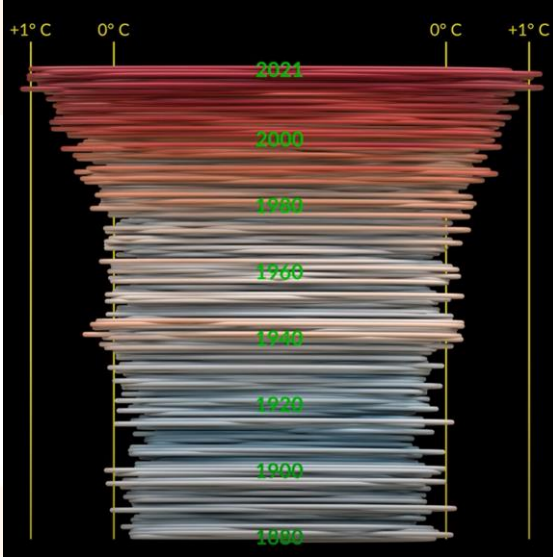
ve

Türkiye için gerekli mi ?



Neden TarımGES ? ve Türkiye için gerekli mi?

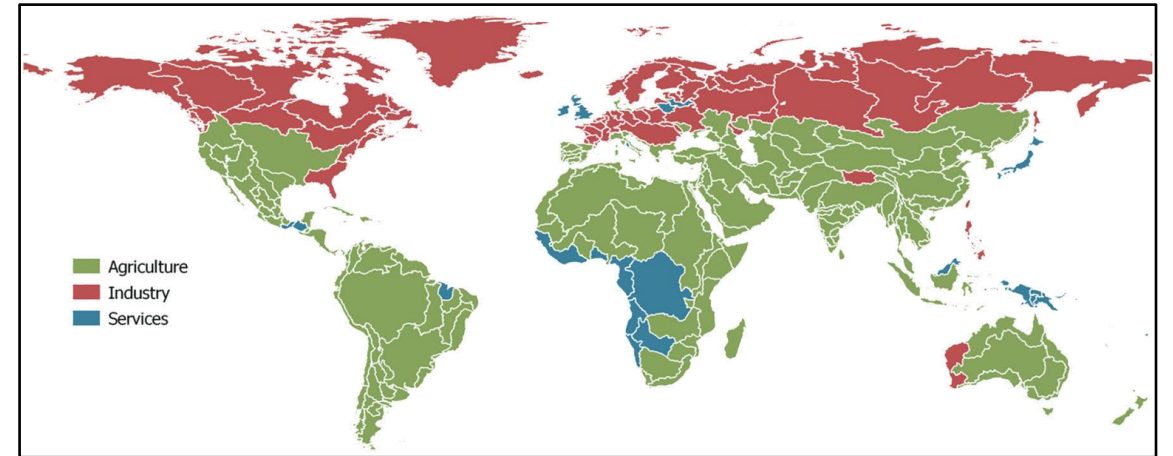
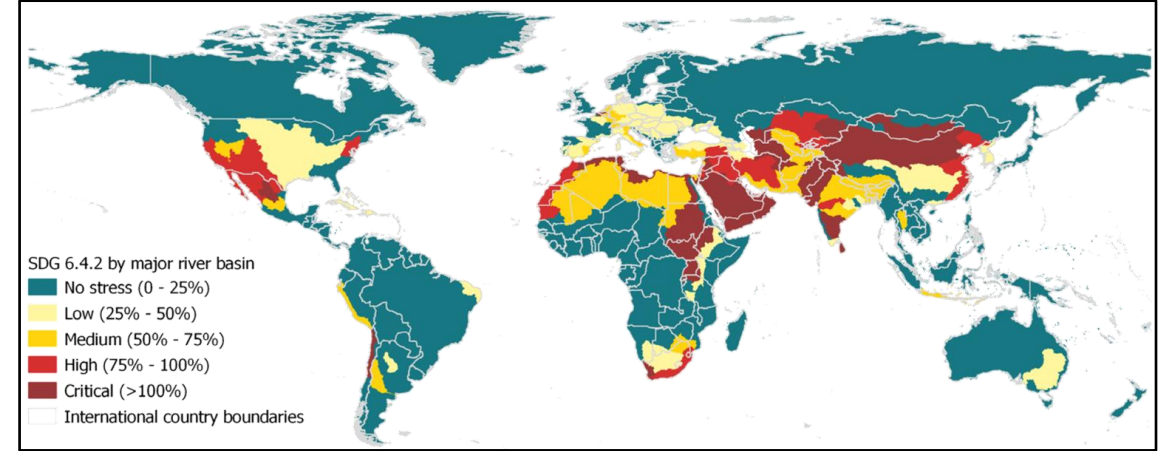
Problem 1: Küresel Isınma



Sebebi: Fosil Yakıtlar
Çözüm: Yenilenebilir Enerji
En ucuz çözüm: Güneş Enerjisi



Problem 2: Su stresi



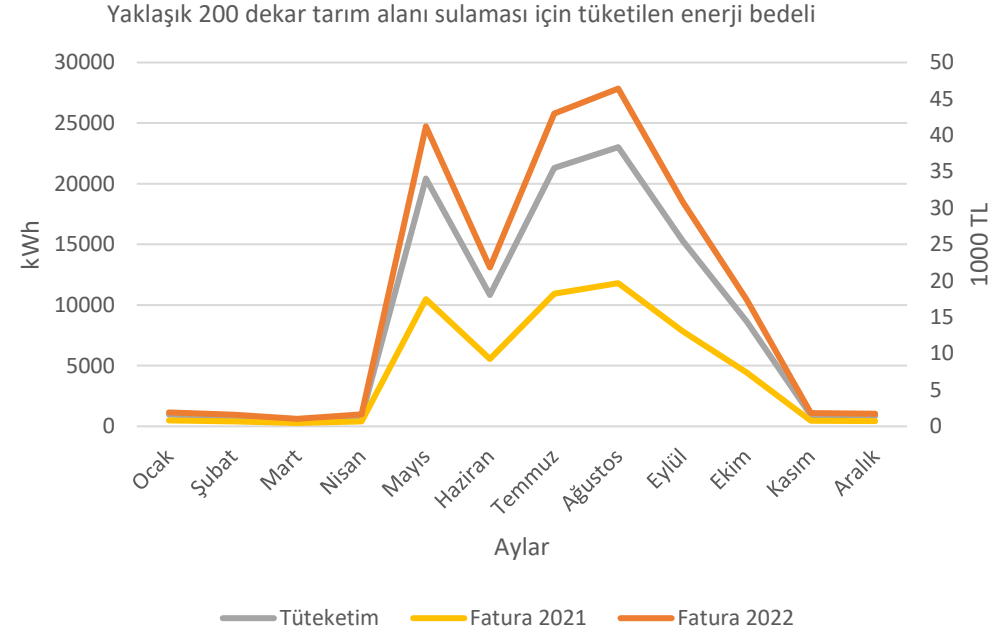
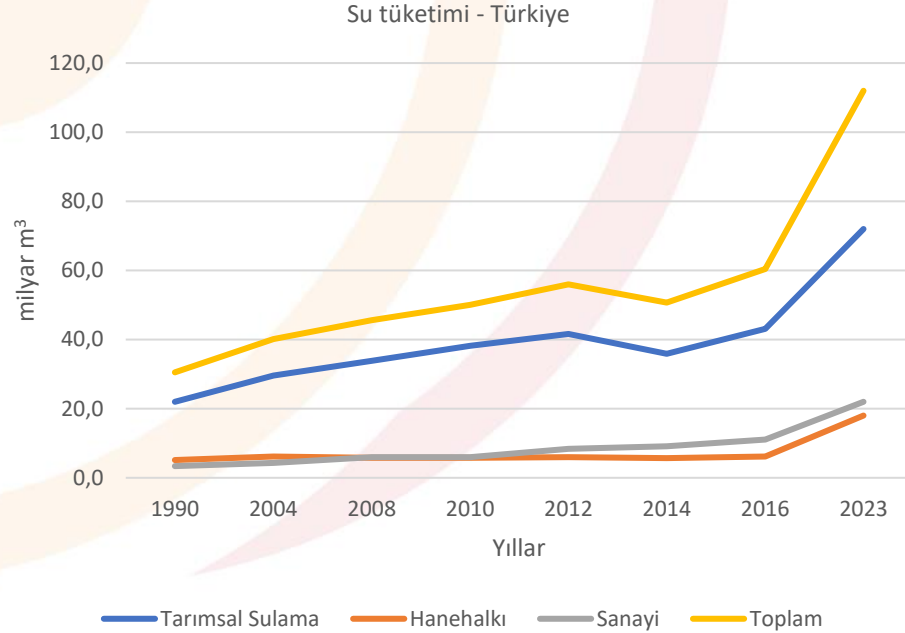
https://climate.nasa.gov/climate_resources/300/video-climate-spiral/
<https://svs.gsfc.nasa.gov/4975>

<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb6241en> <https://www.fao.org/3/cb6241en/cb6241en.pdf>
<https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10141956/1/ucloe-03-026.pdf>



Neden TarımGES ? ve Türkiye için gerekli mi ?

Problem 3: Türkiye’de su tüketimi ve tarımsal sulamada enerji maliyeti



Yıllık Toplam Elektrik Faturası

- Yaklaşık 90,000 TL (2021)
- Yaklaşık 240,000 TL (2022)

DSİ 2019 yılı verileri (Sol Grafik)
Ayaş Akkaya Mahallesi'nde bir çiftçi (Hububat, Sebze, Yem bitkisi)



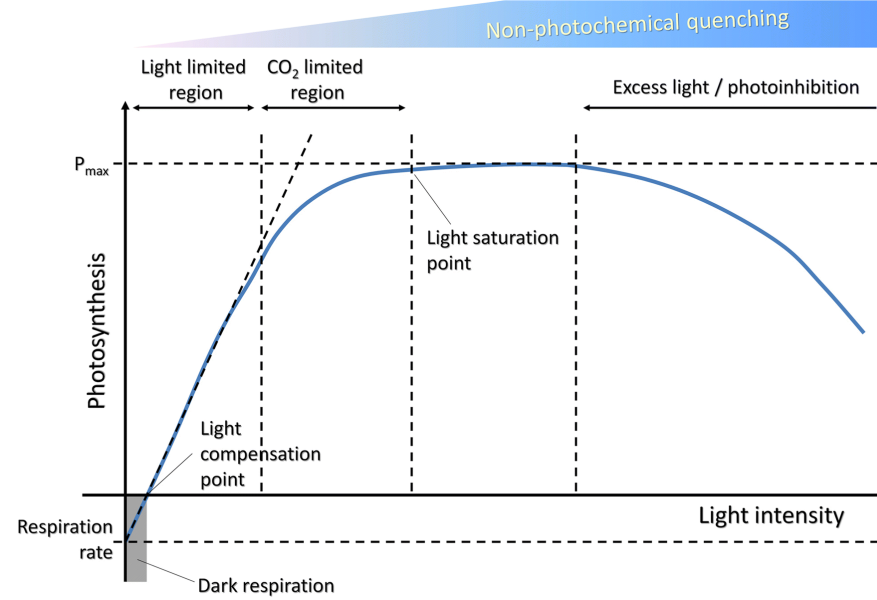
Neden TarımGES ? ve Türkiye için gerekli mi ?

Problem 4: Türkiye'nin tahıl ambarı İç Anadolu ve diğer bölgelerdeki tarım üreticisinin karşılaştığı problemler

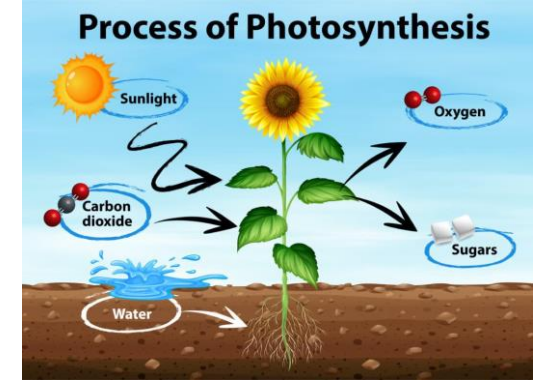


- 400 m'lere varan derinlikten su çıkarılması
- Su kaynaklarının kendini yenileyememesi
- Toprak kalitesinin düşmesi (Gizli Açlık)

Problem 5: Fotosentez



PAR: Photosynthetically active radiation (400-700 nanometre)



http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652017000300323
<https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12934-018-1019-3/figures/2>
<https://www.science-sparks.com/what-is-photosynthesis/>



Neden TarımGES ? ve Türkiye için gerekli mi ?





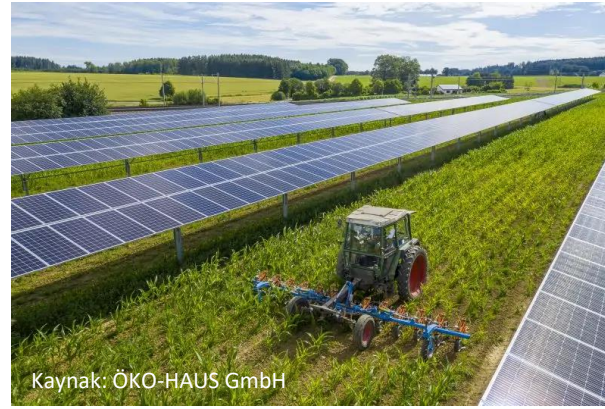
Tarımsal Fotovoltaik (TarımGES) Çeşitleri

Cevaplanması gereken sorular (ArGe) ?

- Hangi ürün deseni ile Hangi tasarım ?
- Tasarımın tarımla uyumu ?
- TarımGES altı tarım nasıl yapılmalı ?
- Hareketli tasarımlar için nasıl bir kontrol algoritması ?
- TarımGES, nasıl bir iş modeli ile hayata geçmeli ?



Kaynak: Agrithermic



Kaynak: ÖKO-HAUS GmbH



Kaynak: Fraunhofer ISE



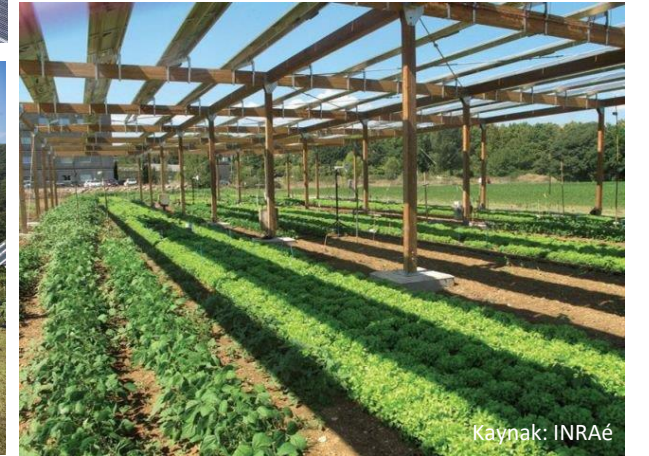
Kaynak: BayWa r.e.



Kaynak: CVE



Kaynak: NREL



Kaynak: INRAé



Neden TarımGES? ve Türkiye için gerekli mi?

ARTICLES

NATURE SUSTAINABILITY

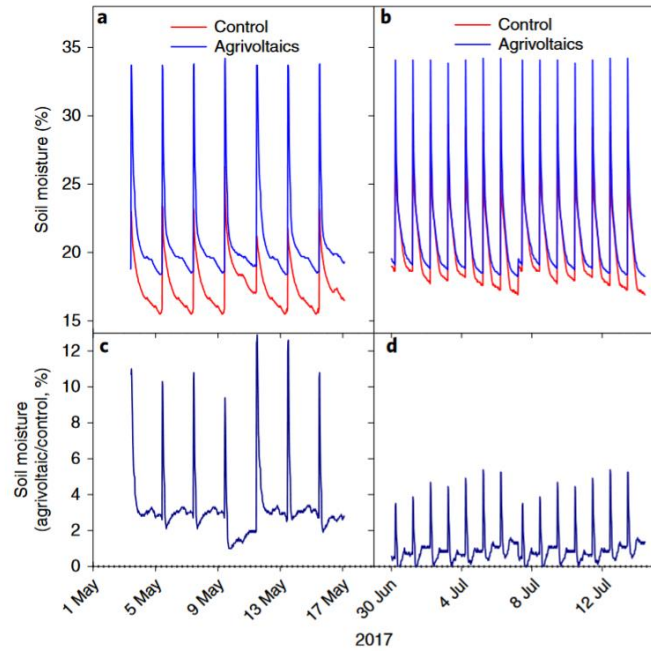


Fig. 5 | Impacts of colocation of agriculture and solar PV panels (agrivoltaic) over traditional (control) installations on irrigation resources, as indicated by soil moisture. a,b, Thirty-minute average volumetric water content (soil moisture) in the top 5 cm of the soil in the agrivoltaic and control settings. **c,d**, Differences between soil moisture in an agrivoltaic setting and in control plots, where positive values indicate additional moisture in the agrivoltaic setting. **a,c**, A period when plots were watered every two days. **b,d**, A period when plots were watered every day.

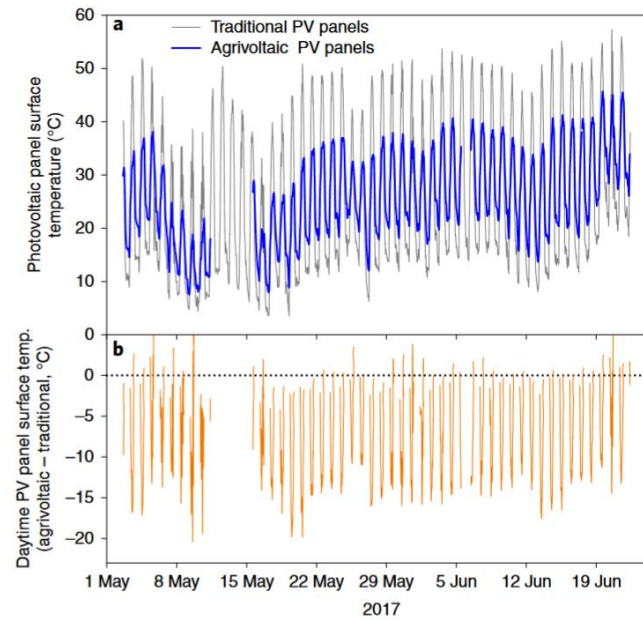
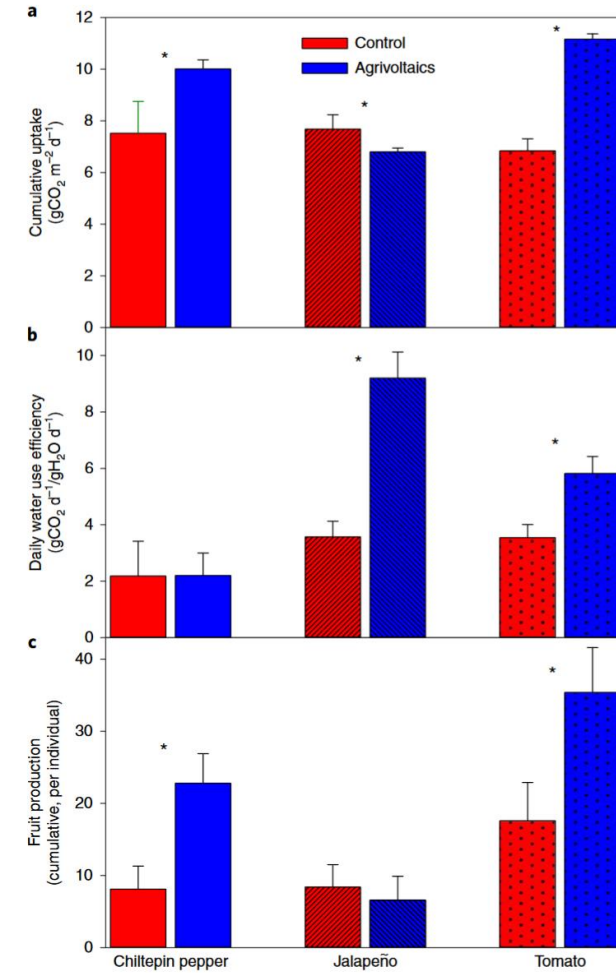
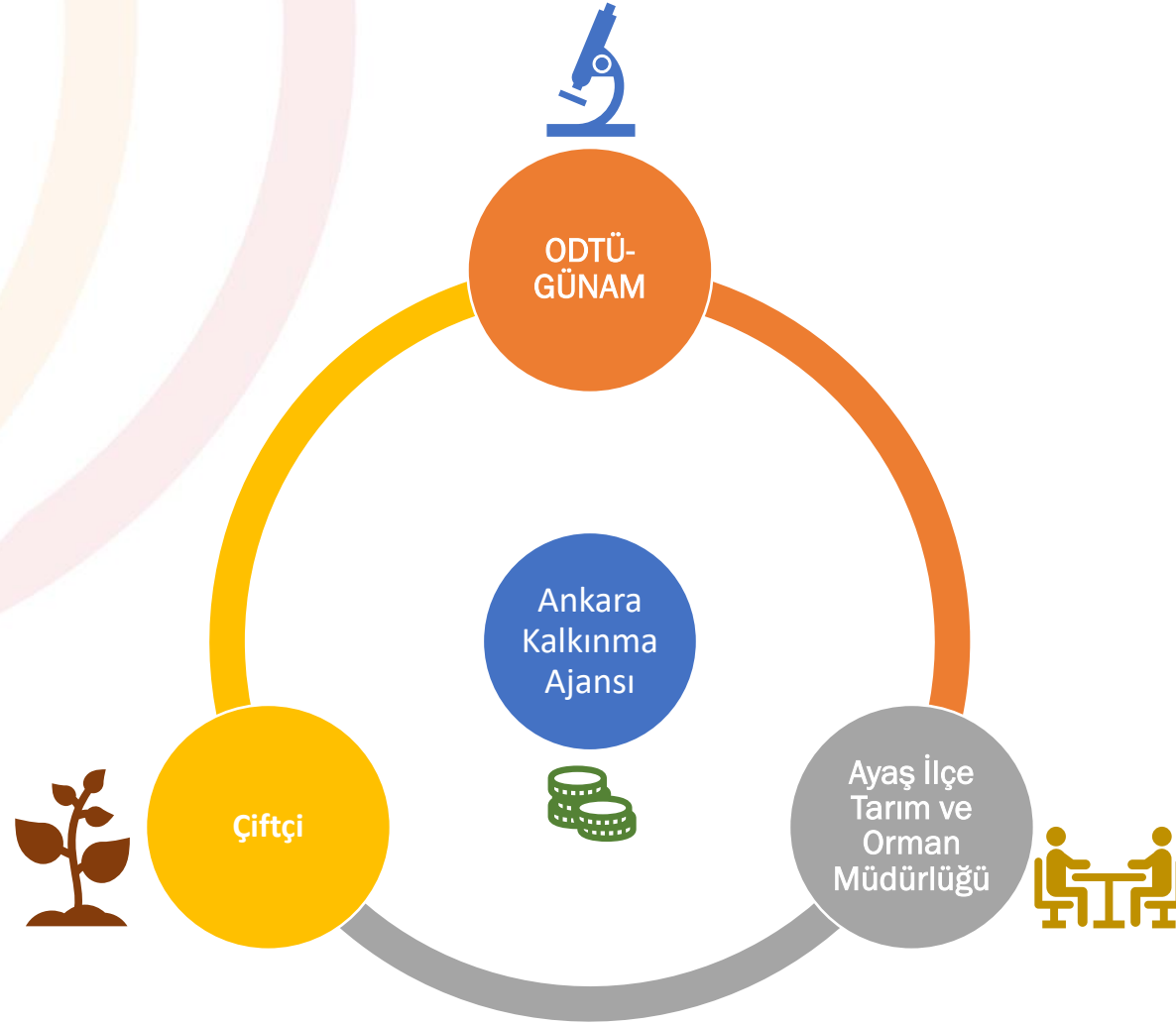


Fig. 6 | Impacts of colocation of agriculture and solar PV panels (agrivoltaic) over traditional ground-mounted installations on the surface temperature of PV panels. a, Thirty-minute average photovoltaic panel temperature, as measured by a thermistor placed on the rear of panels. **b**, Differences in panel temperature between the agrivoltaic and traditional ground-mounted settings. Negative values indicate the degree to which panels in the agrivoltaic setting were cooler. Positive values—indicating warmer conditions—occurred during the night-time when the PV systems were not operating.



<https://www.nature.com/articles/s41893-019-0364-5#citeas>





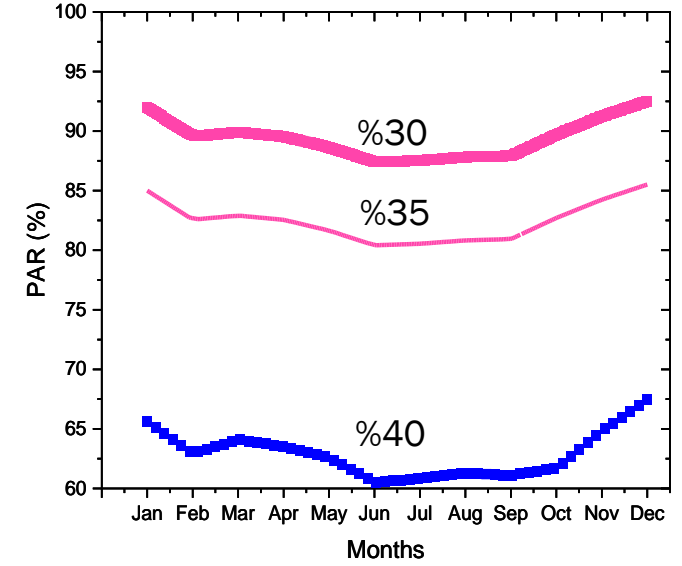
Ayaş TarımGES



Proje Süresi : 15 Ay (Ortak protokole göre 5 yıl boyunca araştırmalar sürecek)
Proje başlangıcı : 28 Nisan 2022



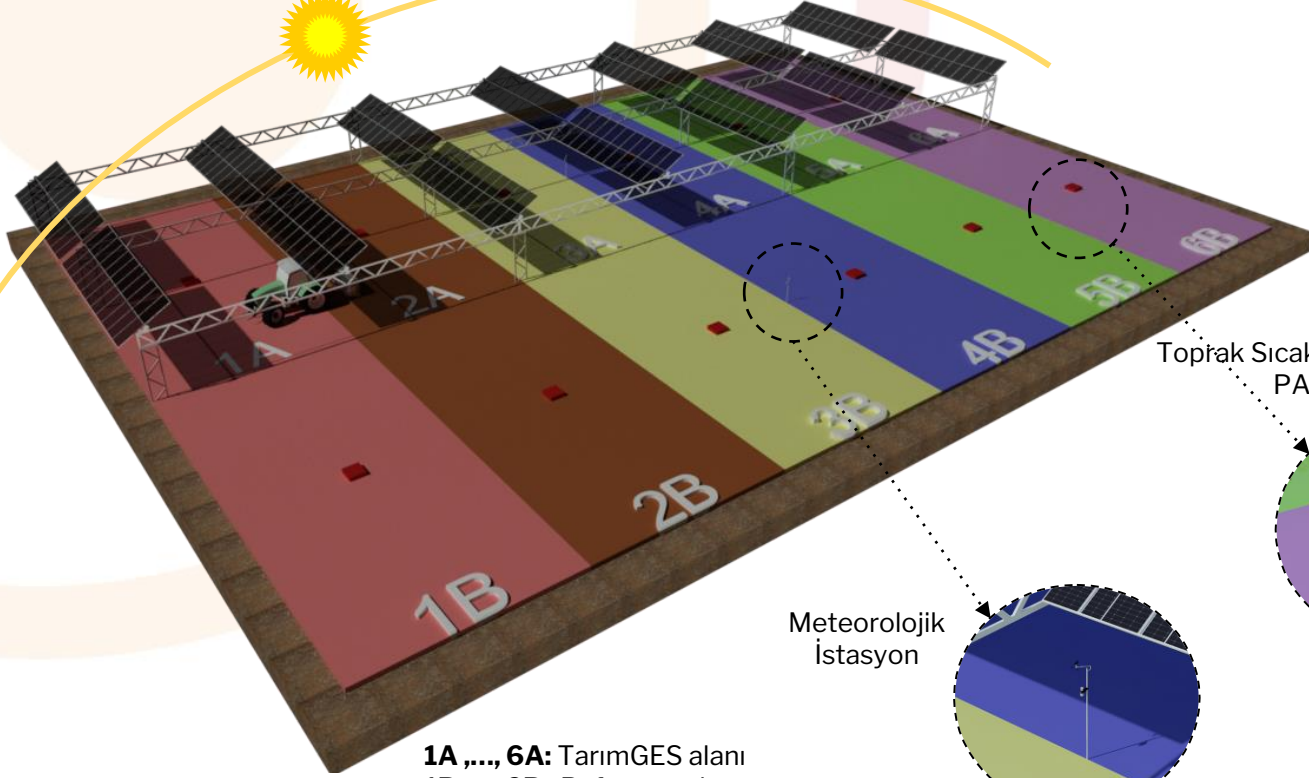
Kaplama Oranına Göre Analizler



$$PAR(d) = \frac{G_{hor}(d, \alpha, \text{TarımGES altı})}{G_{hor}(\text{TarımGES dışı})} \times 100 \%$$



Ayaş TarımGES



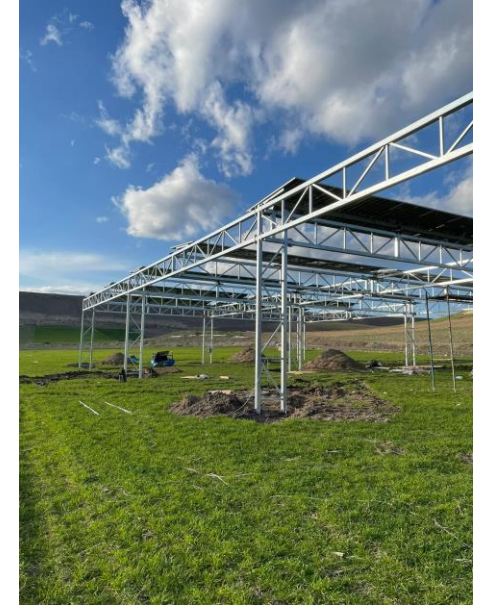
1A ,..., 6A: TarımGES alanı
1B ,..., 6B: Referans alan

Toprak Sıcaklık ve Nem Sensörü
PAR Sensörü

Meteorolojik İstasyon

Ekim Alanları

	1A ve 1B	2A ve 2B	3A ve 3B	4A ve 4B	5A ve 5B	6A ve 6B
1. Ekim	Domates	Biber	Salatalık	Havuç	Ispanak	Kırmızı Lahana
2. Ekim	-	-	-	-	Ispanak	-





Ayaş TarımGES



Tamamlanma Tarihi:
30 Haziran 2023



Ayaş TarımGES





Ayaş TarımGES - Domates



Referans



Referans



TarımGES



TarımGES



Ayaş TarımGES - Biber



TarımGES



Referans



Ayaş TarımGES - Salatalık





Ayaş TarımGES - Havuç

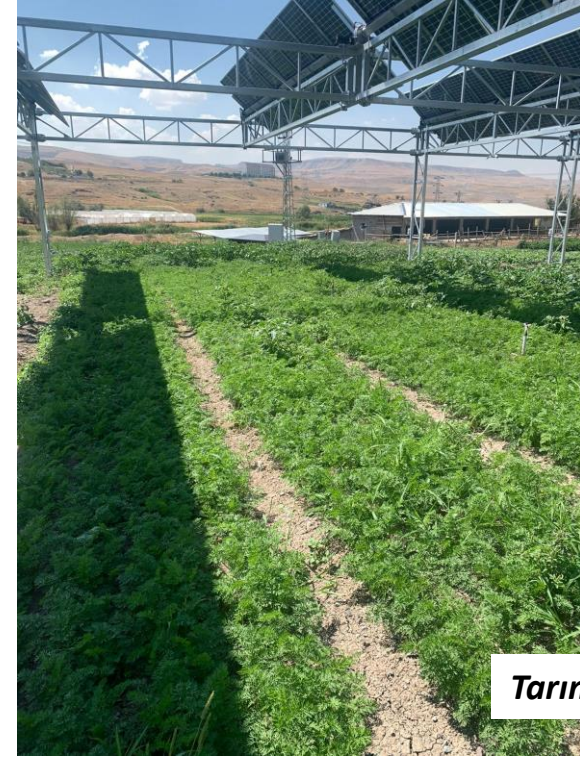


Referans

TarımGES



Referans



TarımGES



Ayaş TarımGES - Ispanak





Ayaş TarımGES – Kırmızı Lahana



Referans



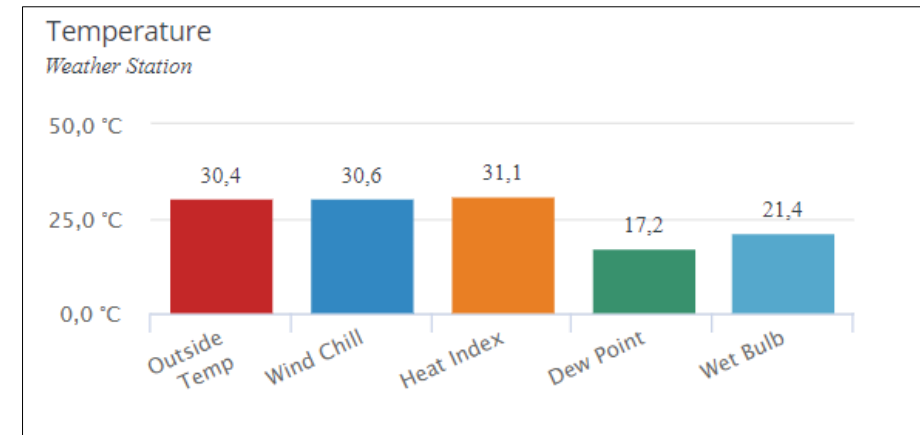
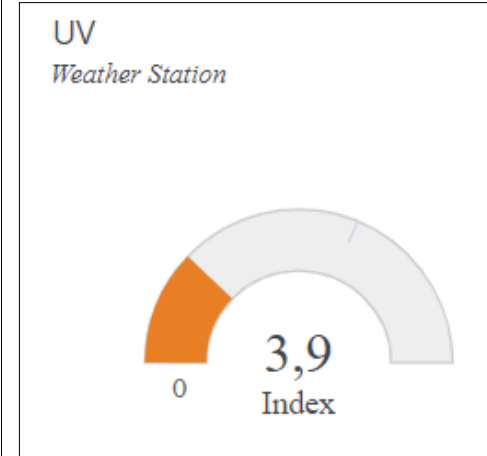
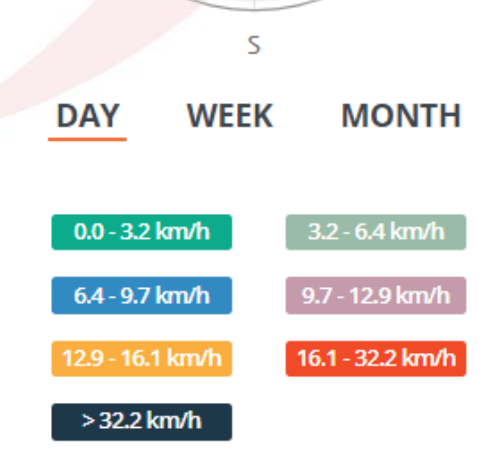
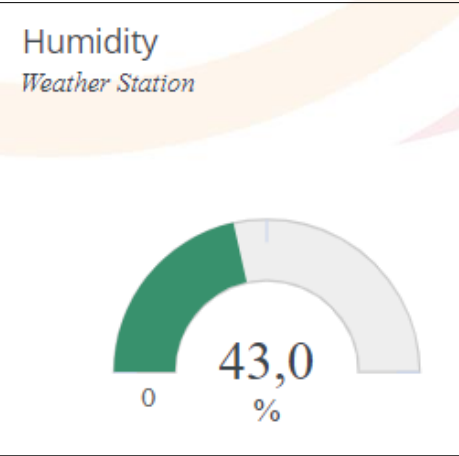
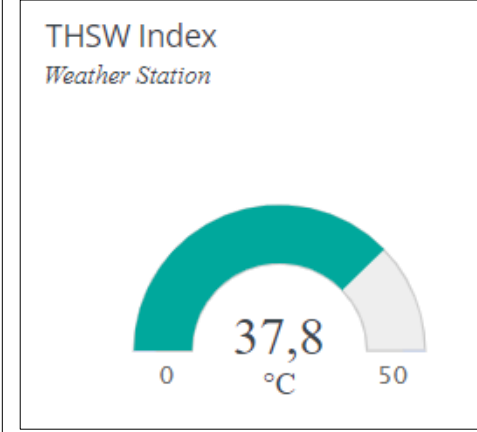
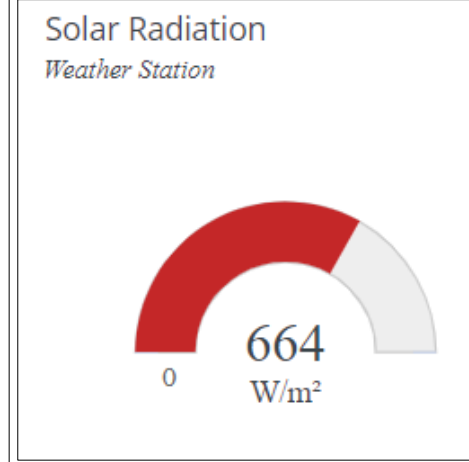
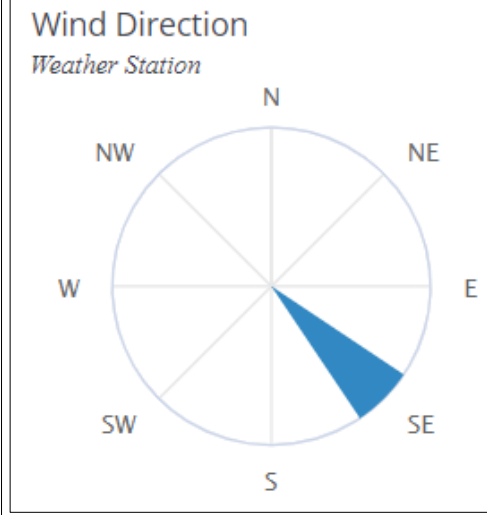
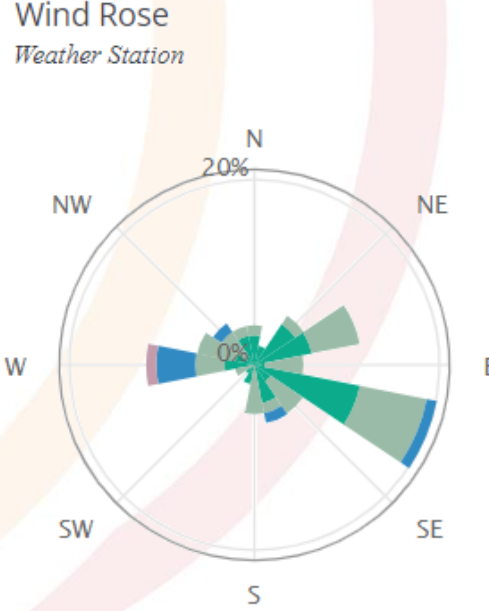
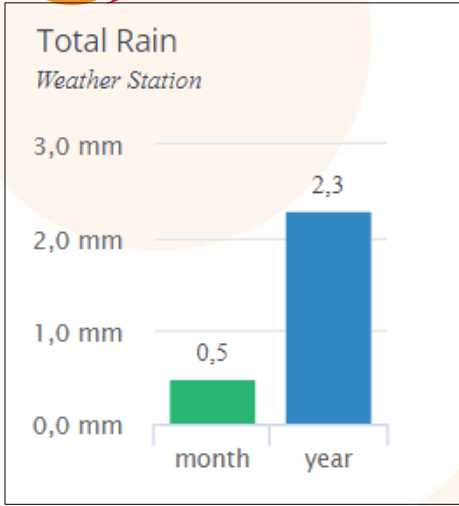
TarımGES



TarımGES



Ayaş TarımGES – Çevresel Koşulların Ölçümü



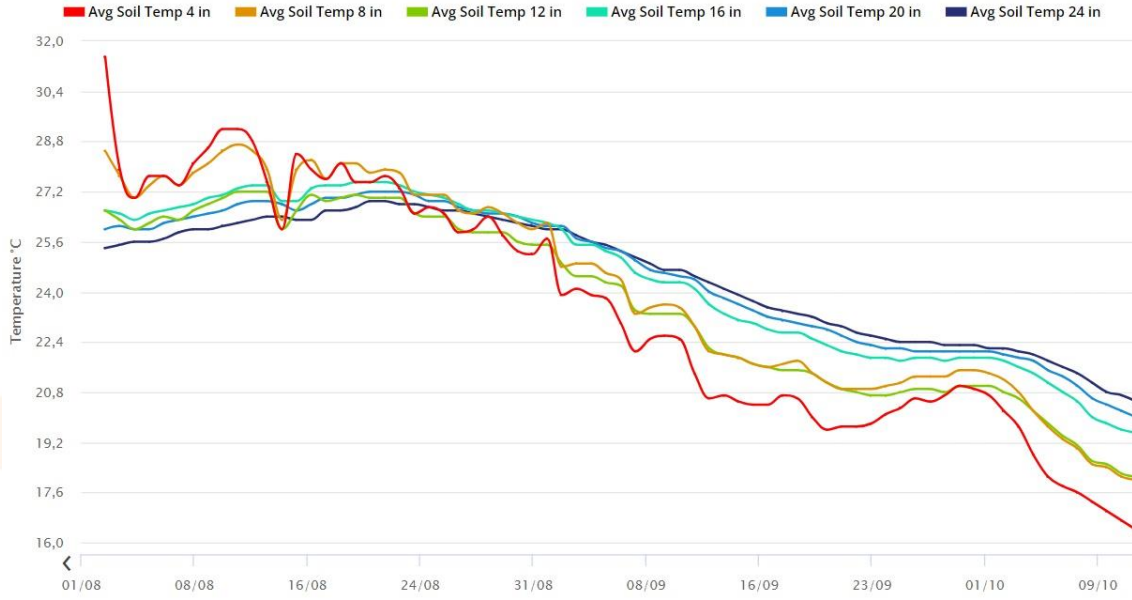
6'sı TarımGES altında, 6'sı Referans alandaki ölçümlerde kullanılan çeşitli sensörlerden 250 parametre takip ediliyor.



Ayaş TarımGES – Toprak Sıcaklığı

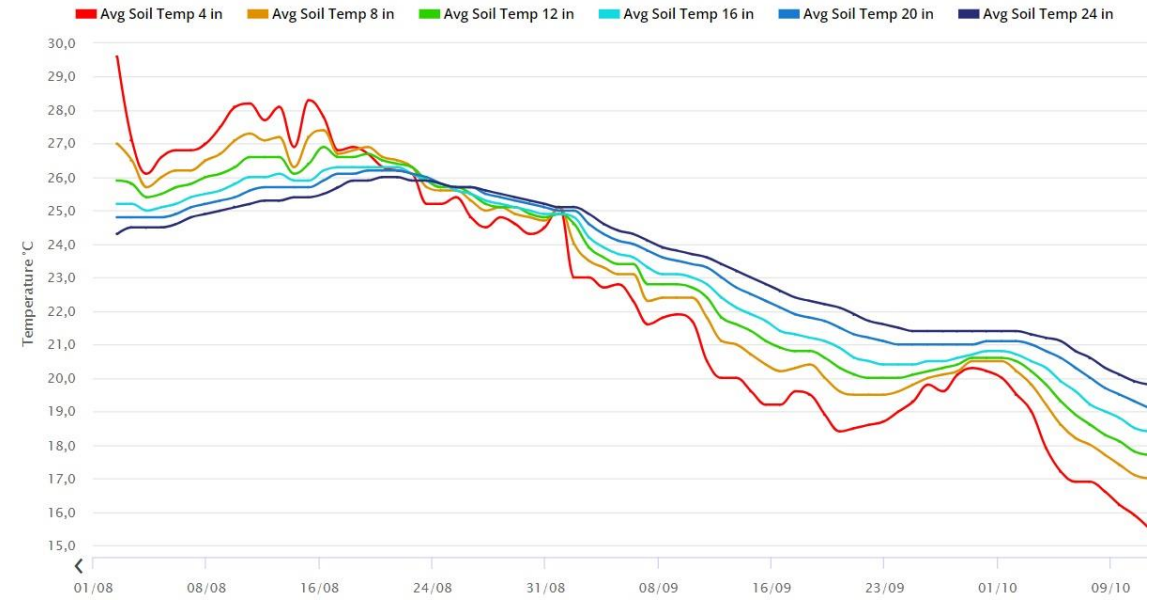


Toprak Sıcaklığı_Domates_Ağustos-Eylül-Ekim



Referans Alan

Toprak Sıcaklığı_Domates_Ağustos-Eylül-Ekim



TarımGES

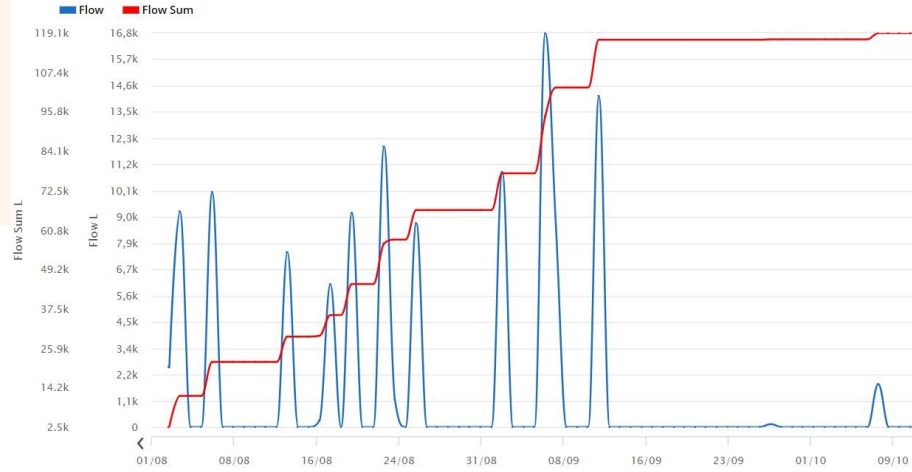


Ayaş TarımGES – Toprak Nemi ve Sulama

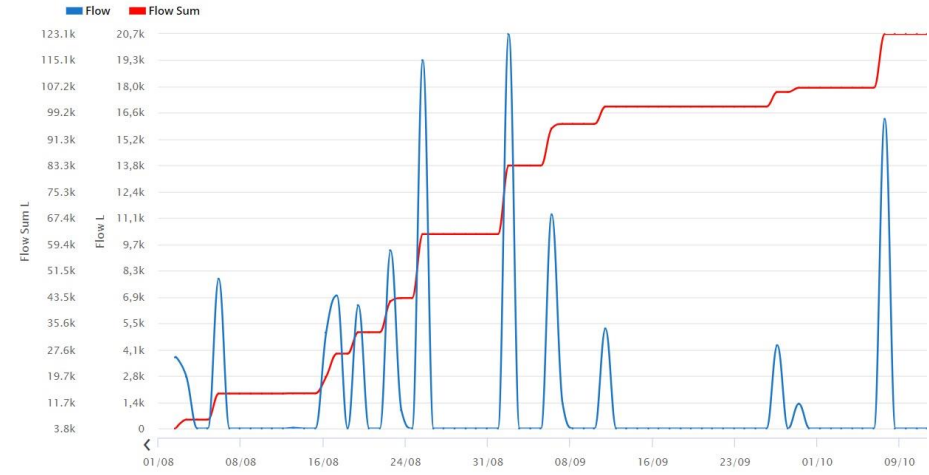
Domates



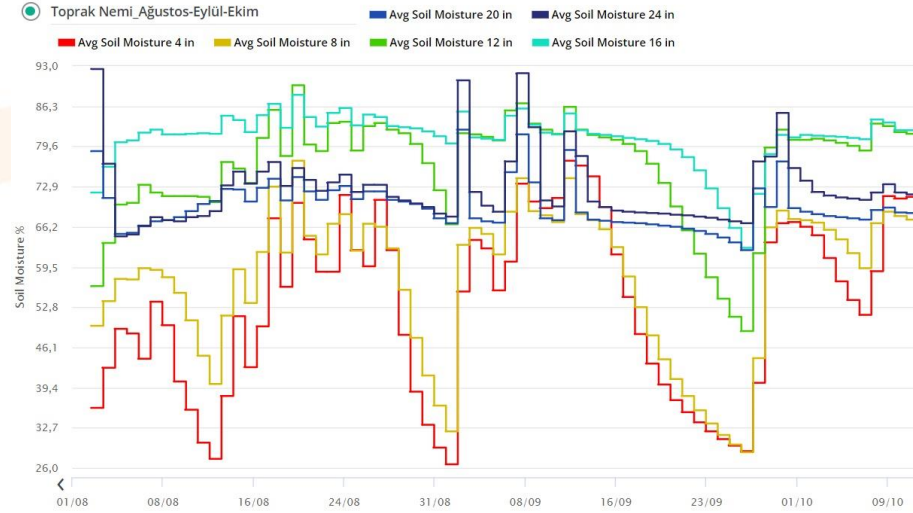
Sulama_Ağustos-Eylül-Ekim



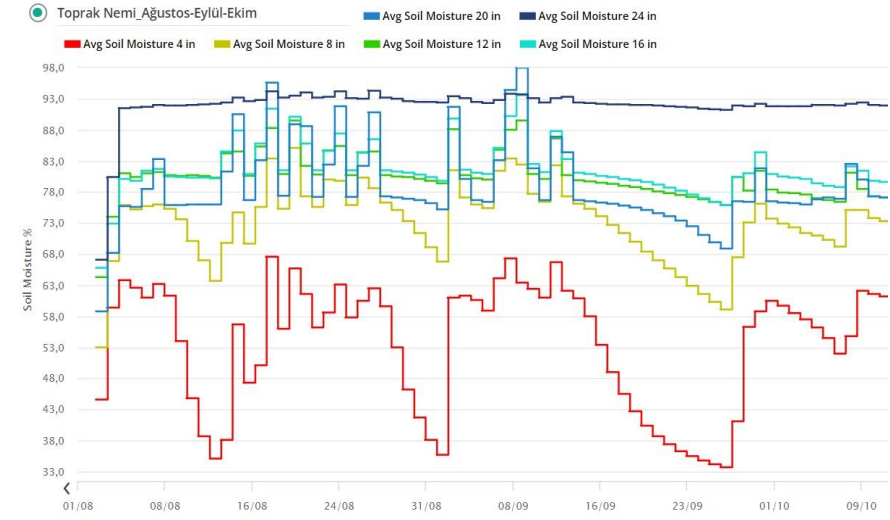
Sulama_Ağustos-Eylül-Ekim



Toprak Nemi_Ağustos-Eylül-Ekim



Toprak Nemi_Ağustos-Eylül-Ekim



Referans Alan

TarımGES



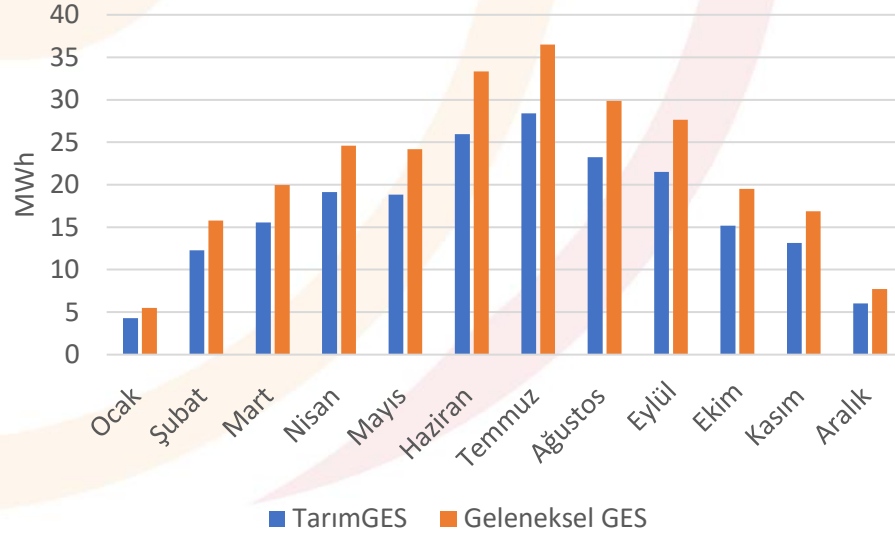
Ayaş TarımGES – Ara dönem havuç verim analizi

Havuç





Ayaş TarımGES – Verimlilik



Hasat Tarihi	Ürün	TarımGES	Referans Alan	$\eta_{TarımGES}$
4/10/2023	Sivri Biber	32 Kg	40 Kg	% 80

$$\eta_{Arazinin\ ikili\ kullanımı} = \eta_{Tarım} + \eta_{Enerji}$$

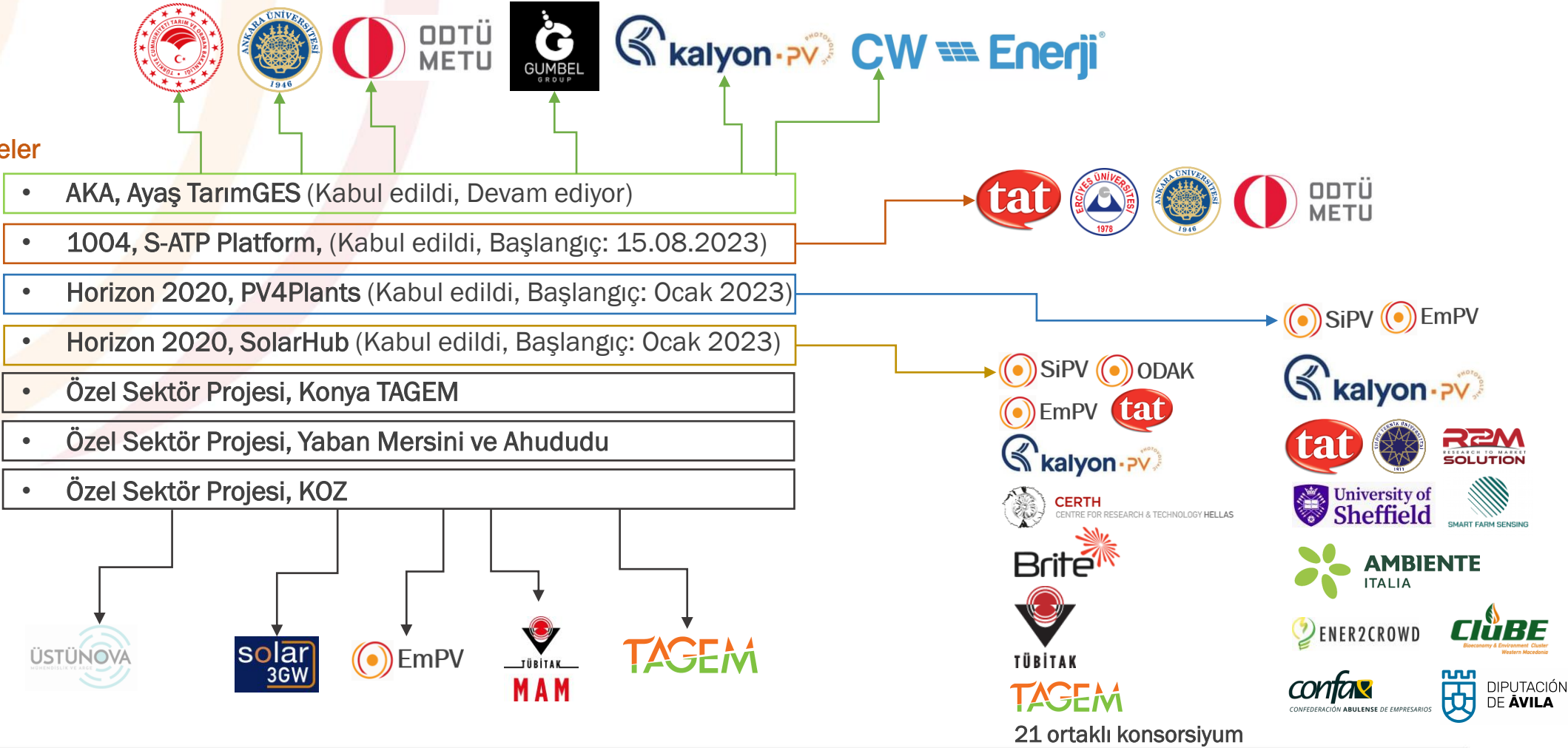
$$\eta_{Arazinin\ ikili\ kullanımı} = 80 + 78$$

$$\eta_{Arazinin\ ikili\ kullanımı} = \% 158$$



ODTÜ-GÜNAM TarımGES Projeleri

Projeler





Tarıma Entegre Fotovoltaik Sistemler

ODTÜ-GÜNAM Vizyonu

- Tarım-GES tasarım metodolojisini belirleyecek veri setini oluşturmak (için bitki ve iklim bölgesi bazında),
- Tarım-GES için uygun tarım ürünlerini belirlemek (TAGEM, ziraat fakülteleri ve sektör temsilcileri ile),
- Yasal düzenleme için doğru veriler sağlamak,
- Tarımsal üretimin devamını garanti altına alan iş modellerini geliştirmek,
- TarımGES'e özel dijitalleşme/robotikleşme sağlayabilecek yazılımlar/donanımlar geliştirmek.

ODTÜ-GÜNAM Tarıma Entegre Fotovoltaik Sistemler Araştırma Grubu

- Doç. Dr. Talat Özden
- Doç. Dr. Selçuk Yerci
- Prof. Dr. Raşit Turan
- Dr. Duygu Kuzyaka
- Dr. Bilge Şentürk
- Araştırmacı Ahmet Hamdi Aksoy, Araştırmacı Rıdvan Çelik,
- Araştırmacı Ömer Yalçın, 3 Genç araştırmacı
- Doç. Dr. Ozan Keysan, Doç. Dr. Pınar Derin Güre, Doç. Dr. Seven Ağır
- Doç. Dr. İpek Gürsel Dino, Dilara Güney

Tarım Ortaklarımız

- TAGEM
- Ziraat Fakülteleri (Ankara, Erciyes, ...)
- İl/İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri
- Çiftçiler / Tarım Üreticileri

İşbirlikçilerimiz

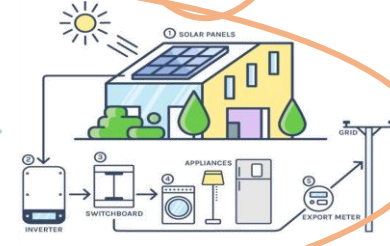
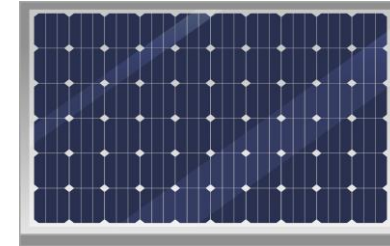
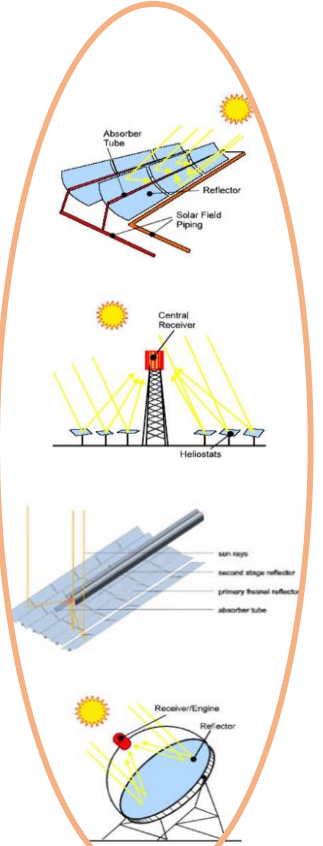
- Sektörel STK'lar
- Panel üreticileri
- Taşıyıcı ve hareketli sistem üreticileri

ODTÜ- GÜNAM



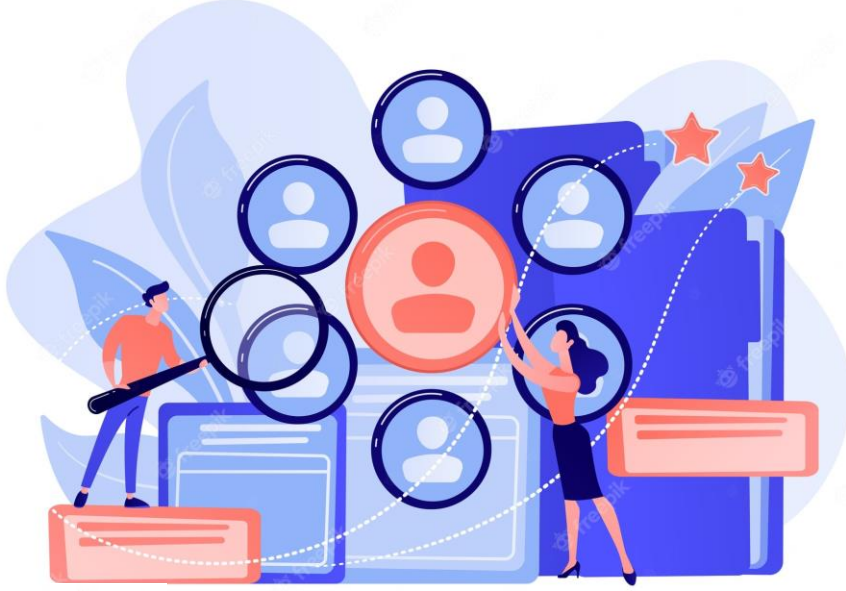
ODTÜ-GÜNAM, güneş enerjisi bilimi ve teknolojisi alanında araştırma geliştirme yapan disiplinlerarası bir mükemmeliyet merkezidir.

ODTÜ-GÜNAM alanında küresel bir oyuncu olma misyonuyla, zengin altyapısı ve beşeri sermayesi ile, fotovoltaik ve yoğunlaştırılmış güneş termal enerjileri yanısıra yüksek performanslı binalar, akıllı şehirler, akıllı şebekeler gibi son teknolojiler dahil olmak üzere güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesinde lider ve en kapsamlı ulusal merkezdir.





İnsan Kaynağı



Araştırmacı (PhD): 20



Araştırmacı (Diğer): 39



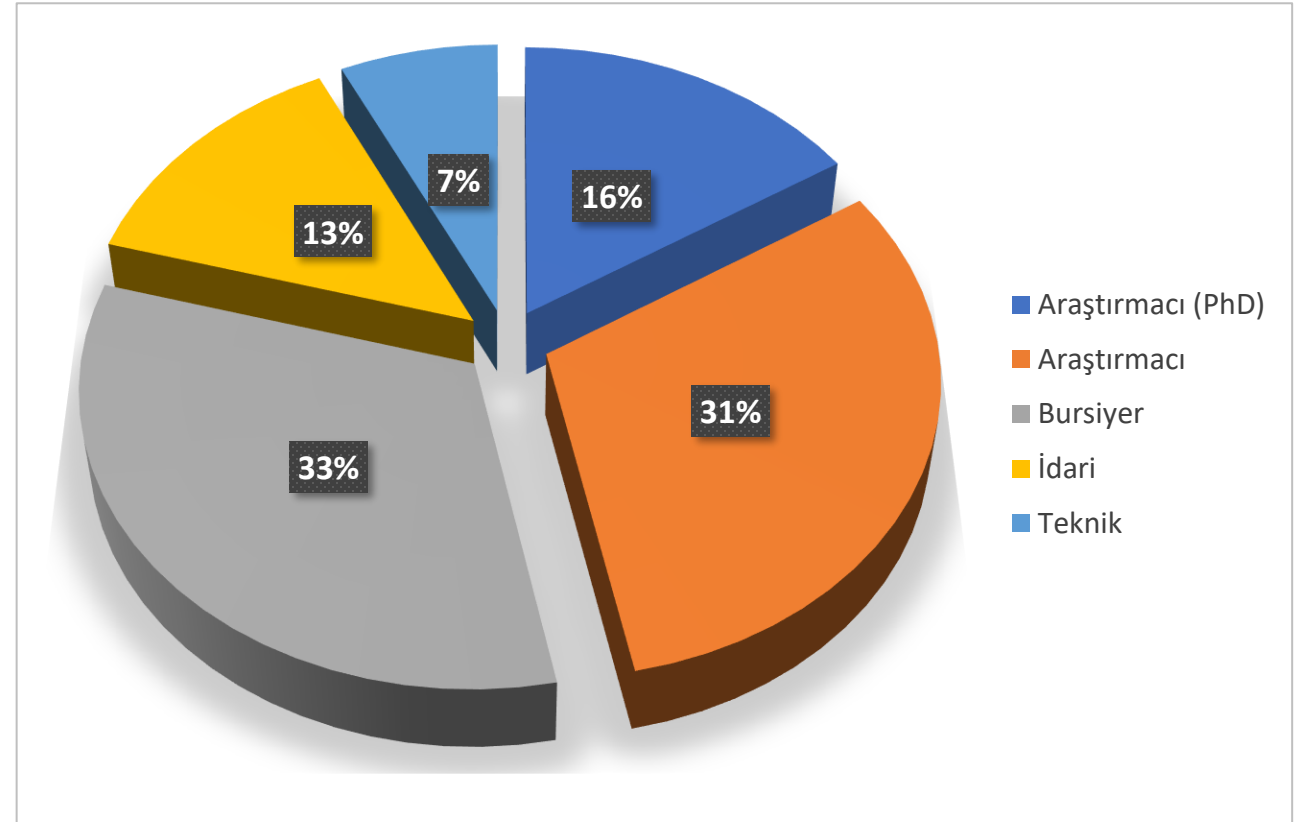
Bursiyer: 41



İdari : 17



Teknik Personel: 9





Bilim ve Teknoloji Birimleri



Silisyum FV
Teknolojiler

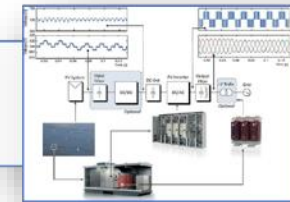
Gelişen FV
Teknolojiler

Modül
Teknolojileri

Güç Elektroniği ve
Şebeke
Teknolojileri

Yoğunlaştırılmış
Isıl Güneş
Teknolojileri

Test ve
Karakterizasyon
Teknolojileri



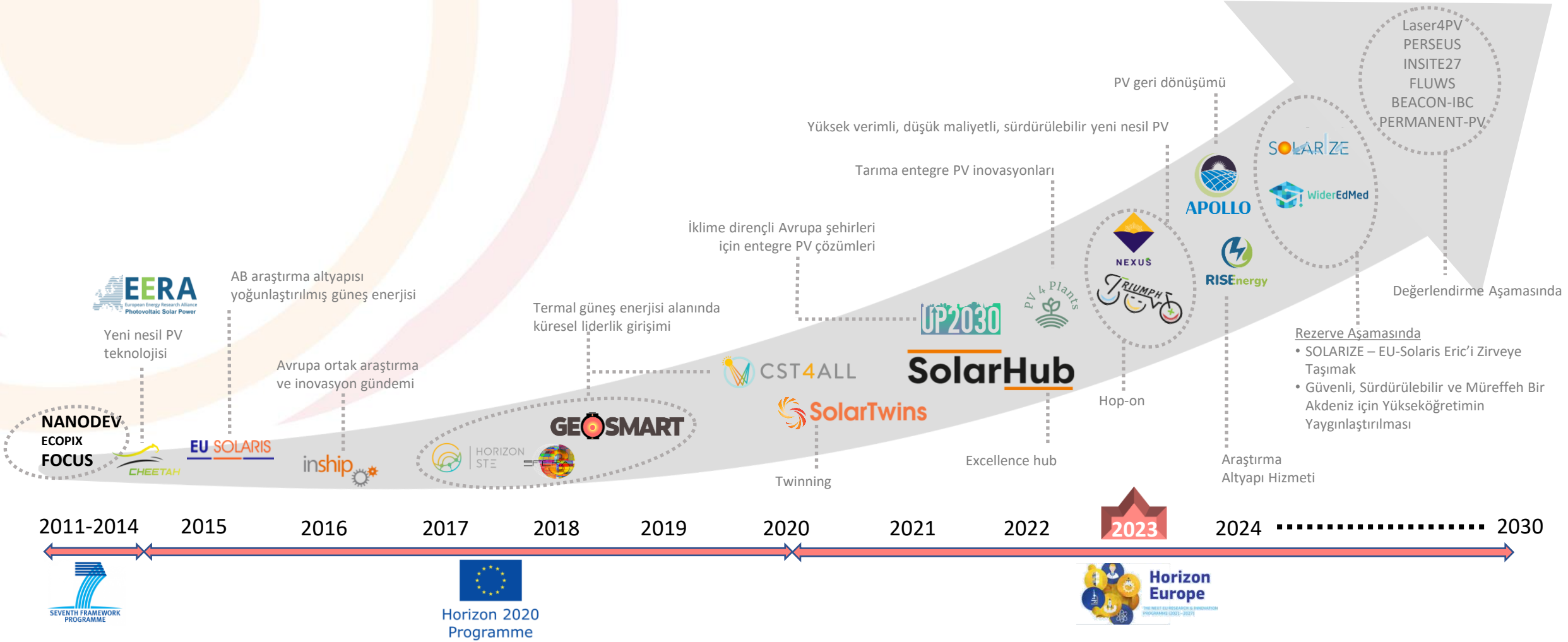


ODTÜ-GÜNAM Fotovoltaik Hattı (GPVL)





7. Çerçeve Programı, Ufuk 2020 & Ufuk Avrupa Portfolyosu



2011-2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2030



Teşekkürler

Tarım ve Güneş Enerjisi

Doç. Dr. Talat Özden
Modül Teknolojileri Birimi

talat.ozden@odtugunam.org

11 Aralık 2023





Tarıma Entegre Fotovoltaik Sistemler: Literatür

Kaynak	Bölge	Bölgenin İklim özelliği	Panel Sistem Özellikleri	Kaplama Oranı	Tarımsal ürün	Referans alana göre tarımsal üründe değişim
Barron-Gafford (2019)	North of Tuscon, AZ, USA	Sıcak ve kurak	3,3 m yükseklik, 32° eğimli	%62	Domates (cherry) Acı biber (Chiltepin) Meksika biberi	%200 artış %300 artış Değişim yok
Hudelson ve Lieth (2021)	Davis, California, USA	Sıcak ve kurak	Güney yönelimli Tek eksen güneşi takipli	%35-45 %15 <%45 %15 %45 >%15	Lahana Pazı Domates Biber Biber Ispanak	Değişim yok (+) Değişim yok (+) Değişim yok (-)
Marrou (2013)	Montpellier, Fransa	Akdeniz İklimi (Sıcak ve kurak)	Tek eksen güneşi takipli 4 m yükseklik 25° eğimli 0,8 m genişlik	%50 %30	Marul	2010 yılında %58 (-) 2011 yılında %21 (-) 2010 yılında %19 (-) 2011 yılında %1 (-)
Trommsdorff (2021)	Baden-Württemberg, Almanya	Sert kış ve sıcak yaz	5,5 m yükseklik 9,5 m aralık 232° azimuth Çift yüzü panel 194.4 kW 20° eğimli	%33	Patates Kereviz Yonca Kışlık buğday	2017 yılında %18 (-) 2018 yılında %11 (+) 2017 yılında %18 (-) 2018 yılında %12 (+) 2017 yılında %5 (-) 2018 yılında %8 (-) 2017 yılında %19 (-) 2018 yılında %3 (+)
Valle (2017)	Lavalette, Fransa	Ilıman İklim	5 m yükseklik 11° eğimli	%18 %37 %42	Marul	%19 (-) %27 (-) %29 (-)
Amaducci (2018)	Romagna Bölgesi, İtalya	Sıcak ve kurak	Tek eksen güneşi takipli 30° eğimli 4,83 m yükseklik	%13 %13 %36 %36	Mısır	%4,3 (+) %12,5 (+) %5,4 (+) %10,8 (+)
Elamri (2018)	Montpellier, Fransa	Akdeniz İklimi (Sıcak ve kurak)		%35 %20 %30 %50	Marul	Bahar hasadı %23 (-) %23 (-) %22 (-) Yaz hasadı %14 (-) %18 (-) %31 (-)