T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LİSANSSIZ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE ŞEBEKEYE ENERJİ AKTARIM LİMİTLERİNİN TASARIM PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ANALİZİ

Kevser YÜCEKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Tesisleri Programı

Danışman

Doç. Dr. Ali DURUSU

Temmuz, 2025

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LİSANSSIZ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE ŞEBEKEYE ENERJİ AKTARIM LİMİTLERİNİN TASARIM PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ANALİZİ

Kevser YÜCEKAYA tarafından hazırlanan tez çalışması 02.07.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Anabilim Dalı, Elektrik Tesisleri Programı **YÜKSEK LİSANS** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ali DURUSU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Ali DURUSU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Bedri KEKEZOĞLU, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Hakan AKÇA, Üye
Ege Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Ali DURUSU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Lisanssız Güneş Enerji Santrallerinde Şebekeye Enerji Aktarım Limitlerinin Tasarım Parametreleri Üzerine Etkilerinin Analizi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Kevser YÜCEKAYA

Aileme

ve

hocama

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren, her zaman destek olan değerli danışmanım Doç. Dr. Ali DURUSU'ya teşekkür ederim. Sabırlı yaklaşımı, yapıcı yönlendirmeleri ve destekleyici tutumuyla bu sürecin sağlıklı ilerlemesinde büyük katkı sağlamıştır.

Tez süreci boyunca anlayışları, sabırları ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme; özellikle de dualarını benden hiçbir zaman esirgemeyen canım annem Niymet YÜCEKAYA'ya sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Kevser YÜCEKAYA

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii
KISALTMA LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ ix
TABLO LİSTESİ xi
ÖZET xiii
ABSTRACT xv
1 GİRİŞ 1
1.1 Tezin Amacı 1
1.2 Literatür Özeti 2
2 GÜNEŞ ENERJİSİ 5
2.1 Türkiye'de Güneş Enerjisi 6
2.2 Güneş Geometrisi 8
2.2.1. Deklinasyon Açısı 9
2.2.2. Saat Açısı 10
2.2.3. Zenit, Azimut ve Eğim Açıları 10
2.2.4. Atmosfer Dışı Işınım 11
3 GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ VE FOTOVOLTAİK SİSTEMLER 12
3.1 Fotovoltaik Paneller ve Yapısı 12
3.1.1. Fotovoltaik Panellerde Elektrik Enerjisi Üretimi 15
3.2 Fotovoltaik Panellerin Türleri 16
3.2.1. Birinci Nesil PV Paneller (Kristal Silikon Tabanlı) 16
3.2.2. İkinci Nesil PV Paneller (İnce Film Teknolojiler) 17
3.2.3. Üçüncü Nesil PV Paneller (Gelişmiş Teknolojiler) 18
3.3 Dünya ve Türkiye'de PV Sistemlerin Durumu 19
3.4 Türkiye'de Lisanssız GES Yasal Mevzuatları 21

4 GÜNEŞ ENERJİ SANTALLERİ TASARIMI **23**
4.1 Güneş Enerji Santral Tasarım Hesapları 23
4.1.1. Eğimli Yüzeye Gelen Güneş Işınımının Hesaplanması 24
4.1.2. Optimum Azimut ve Eğim Açıları 26
4.1.3. Fotovoltaik Panel Seçimi 30
4.1.4. PV Hücresinin Sıcaklığının Hesaplanması 30
4.1.5. Fotovoltaik Panellerinin Çıkış Değerleri 31
4.1.6. Saha Yerleşimi ve Boyutlandırma Ön Hesaplamaları 32
4.1.7. PV Santral Sahası Tasarımı 32
4.1.8. İnverter Seçimi ve Sayısının Belirlenmesi 33
4.1.9. Gölgeleme Alanının Hesaplanması 35
4.1.10 Santral Çıkış Gücünün Hesaplanması 36
5 FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE TASARIM, BOYUTLANDIRMA VE ANALİZ **37**
5.1 Tüketim Verilerinin İncelenmesi 38
5.2 Farklı Güç Kapasitelerinde Fotovoltaik Sistem Tasarımı 39
5.3 Metodoloji 42
5.4 Kapasite Bazlı Ekonomik Analiz ve En Uygun Boyutlandırmanın Belirlenmesi 43
5.4.1. Farklı Güç Kapasiteli Santralin Satış Kısıtlamasının Bulunmadığı Durumdaki Ekonomik Analizi 43
5.4.2. Farklı Kurulu Güce Sahip Santralin Satış Kısıtlaması Altındaki Ekonomik Analizi 46
5.5 Seçilen Kapasiteyle Detaylı Sistem Tasarımının Analizi 50
6 SONUÇ **60**
KAYNAKÇA **62**
A EK-MAHSUPLAŞMA TABLOLARI **69**
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **80**

SİMGE LİSTESİ

k_T	Açıklık indeksi
I_o	Atmosfer dışı ışınım
δ	Deklinasyon açısı
T_a	Dış ortam sıcaklığı
β	Eğim açısı
R_b	Eğimli yüzey direkt ışınımının global ışınıma oranı
I_T	Eğimli yüzeydeki toplam ışınım
φ	Enlem
I	Global ışınım (yatay yüzeydeki ışınım)
n	Gün numarası
SC	Güneş sabiti
T_c	PV hücre sıcaklığı
K_i	PV panel akım sıcaklık katsayısı
K_v	PV panel gerilim sıcaklık katsayısı
$Tref$	Referans sıcaklık
ω_s	Rüzgâr hızı
k_r	Rüzgâr sıcaklık katsayısı
ω	Saat açısı
I_b	Yatay yüzeydeki direkt ışınım
I_d	Yatay yüzeydeki yayınık ışınım
γ	Yüzey azimut açısı
ρ	Yüzey yansıtma katsayısı

KISALTMA LİSTESİ

EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GHI	Global Yatay Işınım
LST	Yerel Güneş Zamanı
MPP	Maksimum Güç Noktası
MPPT	Maksimum Güç Takibi
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
PV	Fotovoltaik
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Güneş ışınımının atmosferdeki dağılımı 6
Şekil 2.2 Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası [GEPA] 7
Şekil 2.3 Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m^2-gün) [GEPA] 7
Şekil 2.4 Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat) [GEPA] 8
Şekil 2.5 Güneş geometrisi [22] 8
Şekil 2.6 Dünya'nın Güneş etrafında yıl boyunca izlediği yörüngesel hareket [25] 9
Şekil 2.7 Deklinasyon açısının yıl içindeki saatlik değişimi 10
Şekil 2.8 Saat açısının gün içindeki değişimi [28] 10
Şekil 2.9 Zenit, azimut ve eğim açıları [5] 11
Şekil 3.1 Fotovoltaik hücrenin yapısı 12
Şekil 3.2 PV hücrenin eşdeğer devre modeli 13
Şekil 3.3 Fotovoltaik hücrelerinin akım-gerilim (I-V) ve güç-gerilim (P-V) dalga formu 14
Şekil 3.4 Sabit hücre sıcaklığı koşulunda ışınım düzeyinin, PV hücresinin akım-gerilim karakteristiği 14
Şekil 3.5 Sabit ışınım altında sıcaklığın, PV hücresinin akım-gerilim karakteristiği üzerindeki etkisi 15
Şekil 3.6 Güneş hücreleri, modül, panel ve dizi gibi sistem bileşenlerini 15
Şekil 3.7 Monokristal panel, polikristal panel 17
Şekil 3.8 İnce film güneş paneli 18
Şekil 3.9 Perovskit güneş hücresi 18
Şekil 3.10 Organik fotovoltaik hücre 19
Şekil 3.11 Kaynak türlerine göre lisanssız elektrik üretim kapasitesinin dağılımı [65] 20
Şekil 3.12 2025 yılı itibarıyla ihtiyaç fazlası enerji alımlarının enerji kaynaklarına göre dağılımı [65] 20
Şekil 3.13 YEKDEM kapsamında her enerji kaynağı için farklı teşvik tarifeleri .22
Şekil 3.14 2019 yılı Mayıs ayından sonra devreye girecek lisanssız santraller, YEKDEM kapsamında güncellenmiş tarife 22
Şekil 4.1 Güneş ışınımının temel bileşenleri 25

Şekil 4.2 Global ışınım değişimleri 27
Şekil 4.3 Dış ortam sıcaklığı değişimleri.....28
Şekil 4.4 Rüzgâr hızı değişimleri 28
Şekil 4.5 Yıllık toplam ışınımımın farklı eğim ve azimut açılarına göre değişimi29
Şekil 4.6 Işınım, sıcaklık ve rüzgâr hızı dikkate alınması durumunda toplam PV çıkış gücüne göre optimum eğim ve azimut açısı 29
Şekil 4.7 Panellerin ve dizilerin santral sahasında belirli bir düzen içerisinde yerleşimi.....32
Şekil 4.8 Santral saha yerleşimleri 33
Şekil 4.9 İki fotovoltaik dizinin birbirine gölgeleme etkisi.....35
Şekil 5.1 PV yüzeyine ulaşan güneş ışınımın saatlik değişimi.....40
Şekil 5.2 PV çıkış gücü saatlik değişimi 40
Şekil 5.3 Şebeke satış kısıtı bulunmayan GES kapasitelerinin enerji akışı.....45
Şekil 5.4 Şebeke satış kısıtı olan GES kapasitelerinin enerji akışları 48

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 PV panellerin parametreleri 30
Tablo 4.2 Rüzgarın hücre sıcaklığına etkisini gösteren katsayılar.....31
Tablo 4.3 İnverter teknik bilgileri 34
Tablo 5.1 Tüketim tesisine ait elektrik tüketim verileri 38
Tablo 5.2 Farklı kurulu güç değerlerine sahip PV sistemlerin tasarım parametreleri 39
Tablo 5.3 Farklı kurulu güç kapasitelerine sahip PV sistemlerin aylık ve yıllık enerji üretim miktarları 41
Tablo 5.4 5 MWp kapasiteli santralin satış kısıtlaması yokken mahsuplaşma tablosu 44
Tablo 5.5 3 MWp kapasiteli santralin satış kısıtlaması yokken mahsuplaşma tablosu 44
Tablo 5.6 Farklı güç kapasiteli santrallerin satış kısıtlaması yokken gelir gider tablosu 45
Tablo 5.7 Farklı güç kapasiteli santrallerin şebeke kısıtlaması yokken geri ödeme süresi tablosu.....46
Tablo 5.8 5 MWp kapasiteli santralin satış kısıtlaması varken mahsuplaşma tablosu 47
Tablo 5.9 3 MWp kapasiteli santralin satış kısıtlaması varken mahsuplaşma tablosu 48
Tablo 5.10 Farklı güç kapasiteli santrallerin satış kısıtlaması varken gelir gider tablosu 49
Tablo 5.11 Farklı güç kapasiteli santrallerin şebeke kısıtlaması varken geri ödeme süresi tablosu.....49
Tablo 5.12 Eğim açısı β=26° ve azimut açısı γ=-45° olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu.....51
Tablo 5.13 Eğim açısı β=26° ve azimut açısı γ=45° olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu.....51
Tablo 5.14 Azimut açısının (γ) değişimine bağlı olarak 3 MWp GES için aylık mahsuplaşma ve üretim değerleri 52
Tablo 5.15 Azimut açısının (γ) değişimine bağlı olarak 3 MWp GES sisteminin ekonomik performans karşılaştırması 52

Tablo 5.16 Azimut açısının (γ) değişimine bağlı olarak 3 MWp GES sisteminin ekonomik geri ödeme süresi analizi.....53

Tablo 5.17 Azimut Açısı γ=0° ve eğim açısı β=31° olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu.....54

Tablo 5.18 Azimut Açısı γ=0° ve eğim açısı β=56° olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu.....54

Tablo 5.19 Azimut açısı γ=0° ve farklı eğim açıları için üretilen, satılan ve tüketilen elektrik miktarları ile panel yerleşim parametreleri.....55

Tablo 5.20 Azimut açısı γ=0° sabitken farklı eğim açılarına göre 5 yıllık ekonomik performans göstergeleri 55

Tablo 5.21 Farklı eğim açılarına göre 3 MW GES sisteminin 5 yıllık net getiri ve geri ödeme süresi analizi.....56

Tablo 5.22 İnverter 250 kW ve Panel 320 W olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu 57

Tablo 5.23 İnverter 250 kW ve Panel 345 W olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu 57

Tablo 5.24 İnverter ve panel özelliklerine göre enerji üretimi ve tüketim değerleri 58

Tablo 5.25 İnverter ve panel güçlerine göre ekonomik performans analizi 59

Tablo 5.26 İnverter ve panel güçlerine göre geri ödeme süresi analizi 59

ÖZET

Lisanssız Güneş Enerji Santrallerinde Şebekeye Enerji Aktarım Limitlerinin Tasarım Parametreleri Üzerine Etkilerinin Analizi

Kevser YÜCEKAYA

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Ali DURUSU

Günümüzde artan enerji talebi, petrol ve doğalgaz krizleri ile fosil enerji kaynaklarının gelecekte tükenecek olması, yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelimi zorunlu hale getirmektedir. Bu bağlamda, güneş enerjisi santralleri sürdürülebilir ve çevre dostu enerji üretiminin önemli bir bileşeni olmuştur. Özellikle Türkiye'de hızla gelişen lisanssız üretim modeli sayesinde PV sistemlerin kurulumu yaygınlaşmış, bireysel ve küçük ölçekli yatırımcıların enerji üretim sürecine katılımı artmıştır. Ancak, lisanssız elektrik üretim yönetmeliğinde yapılan düzenlemeler ile birlikte, şebekeye enerji aktarımına ilişkin çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir. Mevzuatla belirlenen ve tüketimle ilişkilendirilen bağlantı gücü limitleri, santrallerin teknik tasarım süreçlerinde belirleyici bir faktör haline gelmiştir. Bu sınırlamalar; panel yerleşimi, yönelim ve eğim açısı, inverter kapasitesi ve genel sistem boyutu gibi birçok tasarım parametresini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, Türkiye'deki güncel lisanssız elektrik üretimi yönetmeliği kapsamında uygulanan bağlantı gücü kısıtlamalarının, PV santrallerin hem teknik hem de ekonomik performansı üzerindeki etkileri detaylı biçimde analiz

edilmiştir. Farklı tüketim ve üretim senaryoları altında gerçekleştirilen simülasyon analizleri ile maksimum enerji verimliliği sağlayacak optimum sistem tasarım yapısı ortaya konulmuştur. Ayrıca, şebekeye anlık enerji aktarım limitlerinin yıllık üretim miktarı, yatırım geri dönüş süresi ve sistem verimliliği gibi önemli performans göstergeleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, tasarım aşamasında mevzuata dayalı kısıtların dikkate alınmamasının, sistemin genel verimliliğini ve yatırımın ekonomik sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkileyebileceğini göstermektedir. Bu doğrultuda çalışma, lisanssız PV yatırımlarında mevzuata uygun, optimum verim sağlayacak sistem tasarımlarına yönelik teknik öneriler sunarak sektöre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lisanssız elektrik üretimi, fotovoltaik sistemler, enerji aktarım limiti, PV sistem tasarımı, teknik tasarım parametreleri, mevzuat etkisi

ABSTRACT

Analysis Of The Effects Of Energy Transfer Limits To The Grid On Design Parameters In Unlicensed Solar Power Plants

Kevser YÜCEKAYA

Department of Electrical Engineering
Master of Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali DURUSU

Today, the increasing energy demand, oil and natural gas crises and the depletion of fossil energy resources in the future make it necessary to turn to renewable energy technologies. In this context, solar power plants have become an important component of sustainable and environmentally friendly energy production. Thanks to the rapidly developing unlicensed generation model, especially in Turkey, the installation of PV systems has become widespread, and the participation of individual and small-scale investors in the energy production process has increased. However, with the regulations made in the regulation on unlicensed electricity generation, various restrictions have been imposed on the transfer of energy to the grid. Connection power limits, which are determined by legislation and associated with consumption, have become a determining factor in the technical design processes of power plants. These limitations are; It directly affects many design parameters such as panel placement, orientation and tilt angle, inverter capacity and overall system size. In this study, the effects of the connection power restrictions applied within the scope of the current unlicensed electricity generation regulation in Turkey on both the technical and economic performance of PV power plants

were analyzed in detail. With the simulation analyzes carried out under different consumption and production scenarios, the optimum system design structure that will provide maximum energy efficiency has been revealed. In addition, the effects of instantaneous energy transfer limits to the grid on important performance indicators such as annual production amount, return on investment and system efficiency were evaluated. The findings show that failure to take into account the legislative constraints at the design stage may adversely affect the overall efficiency of the system and the economic sustainability of the investment. In this direction, the study aims to contribute to the sector by providing technical suggestions for system designs that will provide optimum efficiency in accordance with the legislation in unlicensed PV investments.

Keywords: Unlicensed power generation, photovoltaic systems, energy transfer limits, PV system design, technical design parameters, regulatory impact

1
GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca elektrik enerjisine olan ihtiyaç sürekli var olmuştur. Elektrik enerjisinin sürekliliği, hem sosyal hem de ekonomik açıdan insanların yaşamında hayati bir rol üstlenmektedir. Nüfus artışı, endüstriyelleşmenin hızlanması ve teknolojik gelişmeler gibi etkenler, enerji talebinde bir artışa yol açmıştır. Petrol ve doğalgaz krizleri ile fosil enerji kaynaklarının gelecekte tükenme riski, sürdürülebilir bir yaşam için yeni enerji kaynaklarına olan ihtiyacı artırmaktadır.

2016 yılında imzalanan Paris İklim Anlaşması, CO_2 emisyonlarının azaltılmasını hedeflediği için enerji kaynaklarının dönüşümünü zorunlu hale getirmiştir. Bu enerji kaynakları arasında güneş enerjisi, elektrik üretimindeki gelişmeler açısından kritik bir öneme sahiptir. Güneş enerjisi santrallerinin kurulu gücü her geçen gün artış göstermektedir.

Ülkemizde ve dünya genelinde PV santrallerinin kurulumu, kanun ve yönetmeliklerle desteklenmesi sonucunda yatırımcılar, maliyetleri azaltırken üretecekleri enerji miktarını artırmayı hedefleyen projeler geliştirmektedirler. PV santral tasarımlarında, tasarımcıların en iyi sonuçlara ulaşabilmesi için birçok parametreyi dikkate almaları gereklidir.

1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasının ana hedefi, Türkiye'de lisanssız güneş enerjisi santrallerinin tasarım süreçlerinde, mevzuat tarafından belirlenen şebekeye enerji aktarım limitleri ve teknik kısıtlar dikkate alınarak, fotovoltaik (PV) sistemlerin performansını ve ekonomik verimliliğini artırmaya yönelik bütüncül bir tasarım yaklaşımı geliştirmektir. Çalışmada, PV santral tasarımında kritik öneme sahip olan panel sayısı, panel teknolojisi, inverter özellikleri, saha yerleşimi ve gölgeleme gibi çok sayıda parametre sistematik olarak ele alınacaktır. Ayrıca, şebeke kısıtlarının tasarım kararlarına etkisini ortaya koyarak, lisanssız güneş enerjisi santrallerinde

enerji üretimini maksimize eden, sistem maliyetlerini ve yatırım risklerini minimize eden ekonomik teknik açıdan en verimli tasarım yapısı geliştirilecektir. Bu çalışma kapsamında amaç, PV santral tasarım parametrelerinin etkilerini kapsamlı bir şekilde analiz etmek ve elde edilen bulgular ışığında, mevzuata uygun, teknik olarak verimli ve ekonomik açıdan sürdürülebilir tasarım çözümleri geliştirmektir.

1.2 Literatür Özeti

Güneş enerjisi kullanarak elektrik üretimi, sanayi ve konut sektörlerinde hızla yayılmaktadır. Bu eğilim, sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan talebi karşılamanın yanı sıra, karbon salınımını azaltma hedeflerine de önemli bir katkı sağlamaktadır. Özellikle fotovoltaik (PV) sistemler, teknolojik yenilikler ve maliyetlerdeki düşüşle birlikte daha ulaşılabilir hale gelmiştir. PV santrallerinin kurulumu hem yerel hem de uluslararası düzeyde yasa ve yönetmeliklerle teşvik edilip desteklenmektedir. Bu durum, yatırımcıları, santral maliyetlerini minimize etmek ve enerji üretim kapasitesini maksimum seviyeye çıkarmak amacıyla en verimli tasarımları yapmaya yönlendirmektedir. Bununla birlikte, bu santrallerin verimli bir şekilde tasarlanıp işletilebilmesi, teknik parametrenin dikkatlice optimize edilmesini gerektirir.

Fotovoltaik (PV) sistemlerin ürettikleri elektrik enerjisi miktarı farklı faktörlere bağlıdır. Bu faktörler arasında güneş ışınım seviyesi, panelin eğim ve azimut açısı ile çevresel koşullar gibi unsurlar yer almaktadır [1]. Fotovoltaik (PV) sistemlerin enerji üretimini en çok etkileyen unsurlardan biri, güneş ışınımıdır [2].

PV sistemlerin tasarımı ve geliştirilmesinde, sistem üzerine düşen güneş ışığının miktarının ve ışınım değişikliklerinin doğru bir şekilde bilgi sahibi olunması önemlidir. Ancak, birçok bölge için ölçülmüş güneş ışınımı verileri mevcut olmadığı için, ışınımın tahmin edilmesi gerekmektedir [3].

Güneş ışınımının tahmini için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemler, çoğunlukla yatay düzlemdeki güneş ışınımını hesaplamak amacıyla geliştirilmiştir. PV sistemler üzerine düşen ışınım miktarı, özellikle sistemin yönü ve eğim açısına bağlı olarak değişmektedir [4].

PV paneller, genellikle ekvatora yönünde yönlendirilir. Bu, kuzey yarım kürede güneye, güney yarım kürede ise kuzeye yerleştirme anlamına gelir. Ancak, ışınımın bölgesel günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık olarak değişimlerinin farklılık

göstermesi nedeniyle, PV panellerin optimum eğim açıları her bölgeye göre değişiklik gösterir [5].

H.M.S. Hussein ve çalışma arkadaşları, Kahire'de gerçekleştirdikleri araştırmada, fotovoltaik (PV) panellerin en yüksek ışınımı alabilmesi için güney yönüne konumlandırılması ve mevsime bağlı olarak eğim açısının değiştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca, batıya yönlendirilmiş panellerin, doğuya yönlendirilmiş panellere kıyasla daha fazla enerji ürettiği sonucuna varmışlardır [6].

Q. Zhao ve ekibi, gerçekleştirdiği araştırmada, PV panellerin en uygun eğim açısını belirlemek için kısa ve uzun süreli verileri inceleyerek matematiksel bir yöntem kullanmışlardır. Günlük optimum eğim açısına göre yapılan konumlandırmanın, aylık optimum eğim açısıyla yapılan konumlandırmaya kıyasla daha fazla ışınım sağladığını göstermişlerdir. Ayrıca, güneş ışınımının günlük tahmini için önerdikleri iki farklı yöntemi, günlük ortalama ışınım tahminleriyle karşılaştırmışlardır [7].

Koray Ulgen'in İzmir'de gerçekleştirdiği araştırmada, güneş kolektörlerinin en uygun eğim açısının yıl boyunca 0-61˚ arasında seyrettiğini ifade etmiştir. Mevsimsel bazda, kışın 55.7˚, ilkbaharda 18.3˚, yazın 4.3˚ ve sonbaharda ise 43˚ eğim açılarına sahip olmaları gerektiğini ifade etmiştir. Sabit konumlu sistemler için yıllık en uygun eğim açısının 30,3˚ olduğunu belirlenmiştir [8].

H. Gunerhan ve A. Hepbasli tarafından İzmir için yapılan çalışmada, binalarda faydalanılan güneş enerjisi sistemlerinin en ideal eğim açıları incelenmiştir. İzmir'deki deneysel verilere dayanarak, maksimum ışınımın PV panellerin güney yönüne yerleştirilmesiyle sağlanacağı belirtilmiştir. Ayrıca, kollektör yüzeyinde bulunan ışınım miktarını artırmak amacıyla, kollektörlerin aylık ortalama eğim açılarına göre yerleştirilmesi ve bu eğim açılarının her ayda bir yenilenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir [9].

M. Kacira ve arkadaşları, Şanlıurfa üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmada, sabit konumda yerleştirilmiş PV panellerin optimum eğim açılarını belirleyip, sonuçları iki eksenli güneş izleyicisiyle karşılaştırmışlardır. Yıl boyunca aylık optimum eğim açısının 13˚ ile 61˚ arasında değiştiğini ve enlem açısına eşit bir eğim açısıyla yerleştirilen panele göre %3.9 oranında daha fazla ışınım aldıklarını açıklamışlardır. Ayrıca, temmuz ayında bir gün için, iki eksenli bir izleyicinin enerji

çıktısının, 14˚ eğim açısında güney yönüne konumlandırılmış bir panele göre %34,6 daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir [10].

H. Khorasinizadeh, İran'da gerçekleştirdiği çalışmada, ülkenin altı farklı şehrinde düşey olarak yerleştirilen panellerin azimut açılarının +90˚ ile -90˚ arasında değişiminin, yüzeye ulaşan ışınım miktarı üzerindeki etkisini analiz etmiştir [11].

Birçok araştırmada, PV panellerin en uygun azimut açısı (yönü), kuzey yarım kürede güneye, güney yarım kürede ise kuzeye doğru (0º) olarak belirlenmektedir. Bu yöntem, açık hava koşullarında verimli sonuçlar sağlasa da hava kapalı olduğunda veya geçici etkenler (bulut, sis vb.) nedeniyle güneş ışınımı panel yüzeyine ulaşamadığında, PV panellerin optimum azimut açısının değişebileceği gözlemlenmiştir [1].

İstanbul'da kamuya açık bir park yerine entegre edilmesi hedeflenen şebekeye bağlı PV/Batarya sisteminin en uygun eğim ve azimut açısına ilişkin bir analiz yapılmıştır. Çalışmada, yalnızca ışınım bazlı, ışınım ve sıcaklık temelli, ışınım, sıcaklık ve rüzgar hızı temelli PV enerji üretim modelleri değerlendirilmiş, ayrıca üretim yapılan enerjinin park alanındaki yükleri karşılaması durumda ekonomik açıdan en uygun eğim ve azimut açısı belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, tüm senaryolar için optimum eğim açısının 26°-27° arasında olduğu saptanmıştır. Azimut açısı ise ilk üç modelde 2° batı olarak belirlenirken, ekonomik analiz içeren son modelde 10° batı olarak tespit edilmiştir [12].

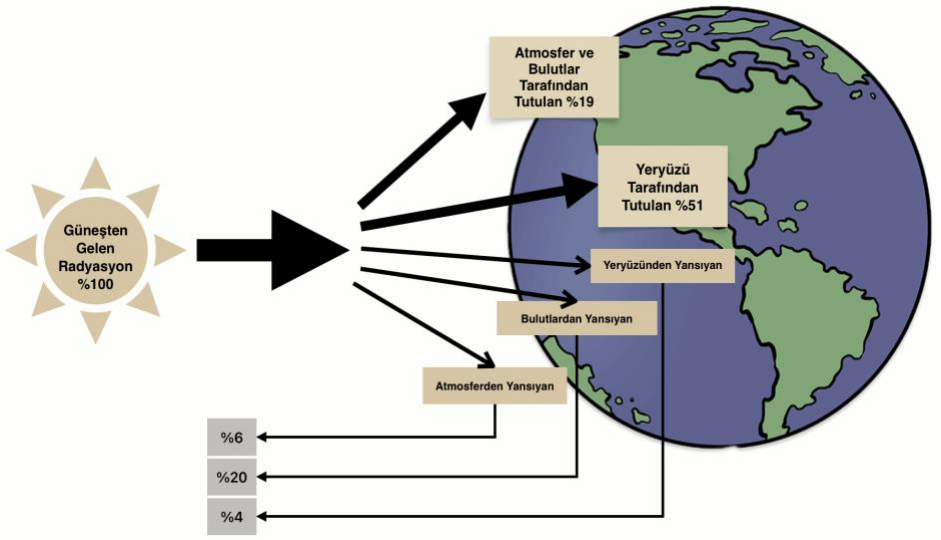
Bulutlu günlerde ve gece saatlerinde güneş ışınımının azalması, enerji üretiminin düşmesine neden olur. Benzer şekilde, güneş panellerinin üzerine düşen ışığı engelleyen nesneler, gölgelenme kayıplarına neden olarak verimliliği olumsuz yönde etkiler [13]. Rüzgâr hızı ve yoğunluğu da enerji üretimini etkileyen önemli faktörler arasındadır [14]. Güneş panelleri, sıcaklık değişimlerine duyarlıdır ve yüksek sıcaklıklar verimliliklerini düşürebilir. Panel sıcaklığı arttıkça, elektrik üretim verimliliğinde azalma meydana gelir [15]. Ayrıca, panellerin yüzeyinde biriken toz ve kir, güneş ışığının emilimini engelleyerek enerji kayıplarına yol açabilir [16].

2
GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş, evrenin temel güç kaynağı olup, bilinen enerji kaynakları arasında en temiz ve sonsuz olanlardan biridir. Dünya, Güneş'ten yılda yaklaşık 1,5 katrilyon ($1,5 \times 10^{15}$) MWh enerji almaktadır. Güneş enerjisi, elektromanyetik radyasyon olarak uzaya ve gezegenlere dağılır. Dünya'ya ulaşan güneş enerjisi, gezegenin bir yıl boyunca tükettiği enerjinin 28.000 katına eşittir [17].

Güneş enerjisi, Dünya üzerindeki en bol enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilir. Güneş ışınları, yıl boyunca kesintisiz olarak Dünya yüzeyine yayılır. Güneş radyasyonu, atmosferdeki yoğunluk kayıpları nedeniyle yer yüzeyine ulaşmadan önce zayıflar. Atmosfere girişte, güneş ışımasının yoğunluğu 1367 W/m² olarak belirlenirken, yer yüzeyine ulaştığında bu değer 1000 W/m²'ye düşer. Ancak, Dünya yüzeyine ulaşan güneş ışınımının gücü, coğrafi konum, hava koşulları, çevre kirliliği ve şehirleşme gibi etkenlere bağlı olarak farklılık gösterir [18].

Güneş enerjisi, tükenmez, sürekli ve yenilenebilir bir kaynak olmasının yanı sıra, tamamen ücretsizdir. Fosil yakıtların aksine, çevreye zarar veren gaz emisyonlarına neden olmaması, onu temiz ve çevre dostu bir enerji türü yapmaktadır. Fosil yakıtların yanması sonucunda atmosfere salınan karbondioksit (CO_2) miktarı, son yüzyılda yaklaşık %30 artış göstermiştir ve önümüzdeki 50 yıl içinde bu oranın daha da artması beklenmektedir. Atmosferde biriken CO_2'nin oluşturduğu sera etkisi, küresel sıcaklık artışına sebep olmuş ve son yüzyılda dünya ortalama sıcaklığını 0,7 °C yükseltmiştir. Küresel sıcaklık artışının 1 °C'yi geçmesi, iklim bölgelerinde belirgin değişimlere neden olabilirken, 3°C'lik bir artış kutup buzullarının hızla erimesine, deniz seviyelerinin yükselmesine, göllerin kurumasına ve tarımsal kuraklığa yol açabilir. Modern yaşamda enerjiye duyulan ihtiyaç göz önüne alındığında, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltarak sürdürülebilir ve çevreci çözümler geliştirmek kaçınılmazdır. Bu bağlamda, temiz, yenilenebilir ve doğa dostu bir alternatif olarak güneş enerjisi büyük bir potansiyele sahiptir [19].



Şekil 2.1 Güneş ışınımının atmosferdeki dağılımı

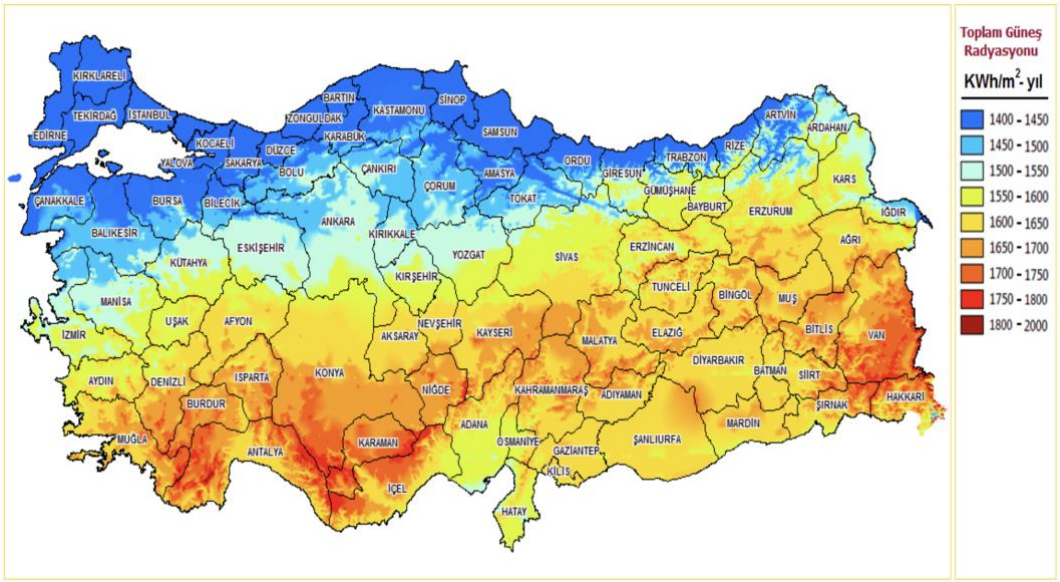
Güneşten gelen güneş radyasyonun %51'i doğrudan yeryüzüne varır. Geri kalan %49'luk kısmının %4'ü yeryüzünden geri yansırken, %26'sı bulutlar ve atmosfer tarafından uzaya geri yansıtılır. Kalan %19'luk bölüm ise atmosferde bulunan gazlar, parçacıklar ve bulutlar tarafından emilir [20].

Güneş'ten Dünya'ya ulaşan enerjinin çok küçük bir bölümü bile, mevcut enerji tüketimimizi fazlasıyla karşılayacak düzeydedir. Güneş enerjisi doğaya zarar vermeyen, yenilenebilir ve sınırsız bir enerji kaynağıdır. Bu durumda, güneş enerjisi geleceğin en kritik enerji kaynaklarından biri olma potansiyeline sahiptir.

2.1 Türkiye'de Güneş Enerjisi

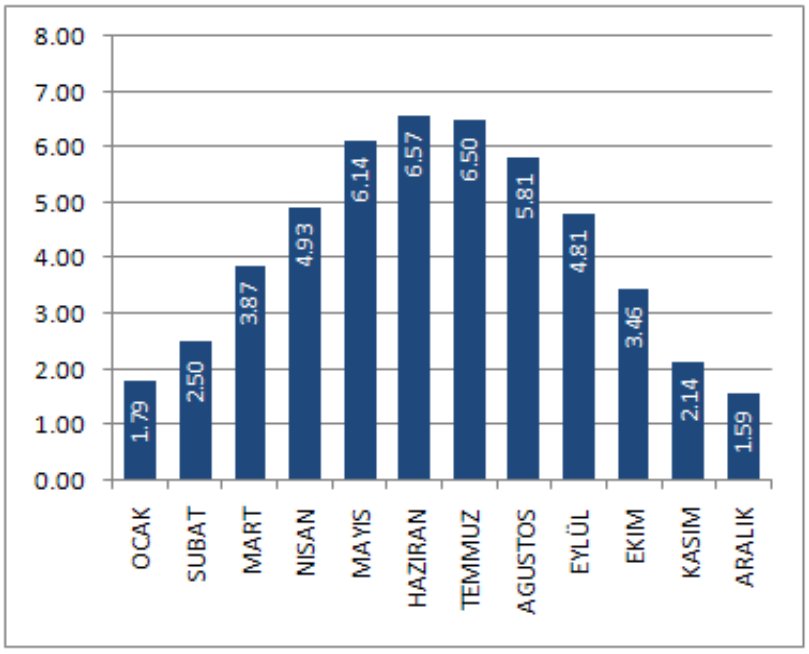
Ülkemiz, coğrafi konumu sayesinde güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeye göre avantajlı bir durumda yer almaktadır. Dünya, her saniyede yaklaşık 170 milyon MW enerji alırken, Türkiye'nin yıllık enerji üretimi ise 100 milyon MW civarındadır. Bu, her saniye gelen güneş enerjisinin, Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 1.700 katına denk geldiğini göstermektedir [19]. Ayrıca, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerine göre, ülkemizin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2.741 saattir ve yıllık toplam ışınım değeri 1.527,46 kWh/m^2 hesaplanmıştır. Bu da Türkiye'nin stratejik coğrafi konumunun, güneş enerjisi üretimi için ne denli büyük bir potansiyel sunduğunu ortaya koymaktadır [21]. Türkiye enerji ve tabii kaynaklar bakanlığının yayınladığı GEPA (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası) Şekil 2.2'de görüldüğü üzere Türkiye'nin en yüksek güneş

enerjisi potansiyeline sahip bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, onu Akdeniz Bölgesi takip etmektedir.



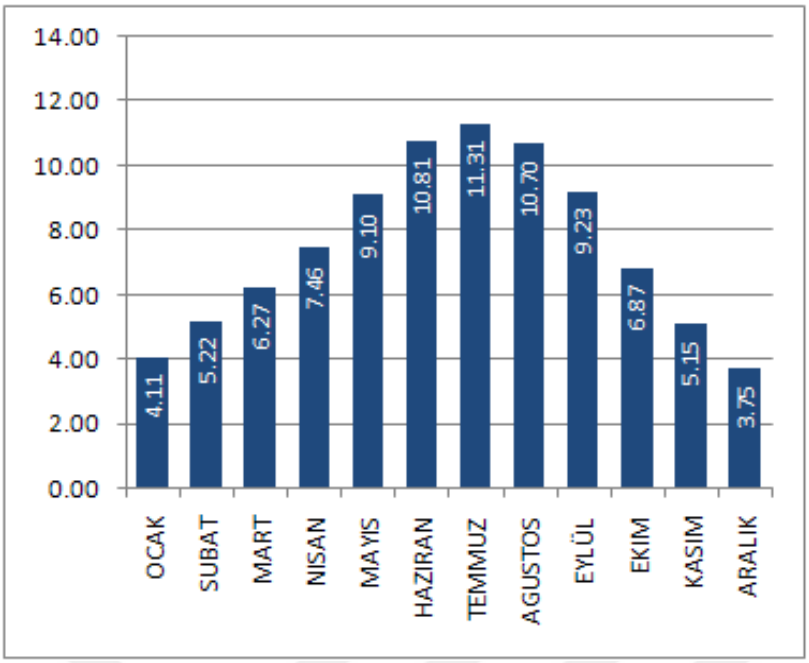
Şekil 2.2 Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası [GEPA]

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi, Türkiye'nin global radyasyon değerlerinin en yüksek güneş enerjisi üretim yapılacak ayları sırası ile haziran ve temmuz ayıdır. En düşük ayları sırası ile aralık ve ocak ayıdır.



Şekil 2.3 Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m^2-gün) [GEPA]

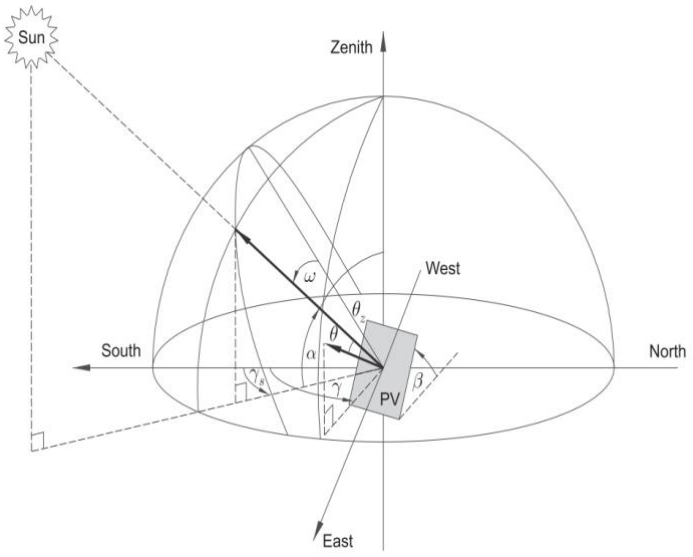
Şekil 2.4'te olduğu gibi, Türkiye'nin güneşlenme süreleri en düşük (Aralık – Ocak – Şubat), en yüksek (Haziran – Temmuz – Ağustos) aylarıdır.



Şekil 2.4 Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat) [GEPA]

2.2 Güneş Geometrisi

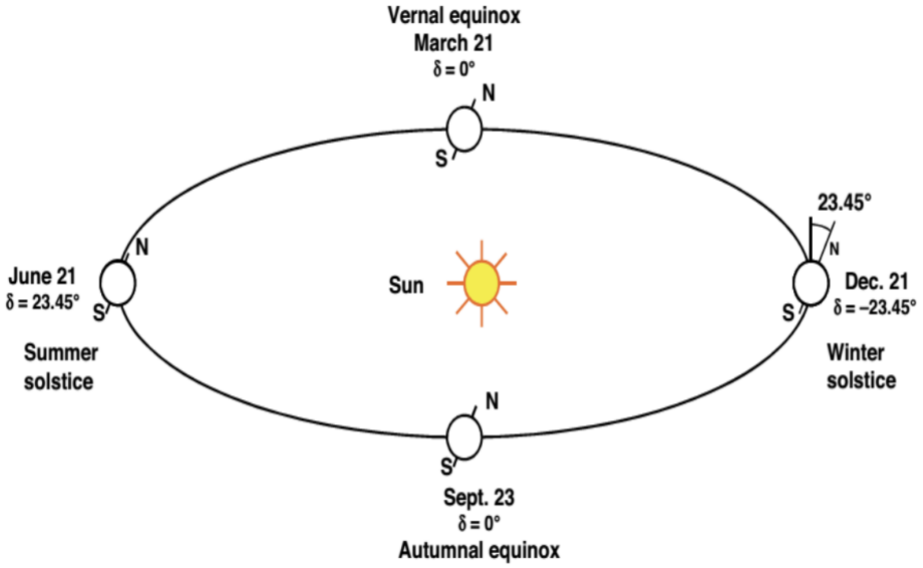
Güneş geometrisi, güneş ışınlarının dünya üzerindeki çeşitli yüzeylerle oluşturduğu açısal ilişkileri inceler. Bu bağlamda deklinasyon açısı, saat açısı, zenit açısı, azimut açısı, yüzey eğim açısı ve atmosfer dışı ışınım gibi parametreler bulunmaktadır. Fotovoltaik panel sistemlerinin verimliliği ve tasarımı, yüzey eğim açısı, güneşin konumu, ışınımı ve hareketi gibi faktörlere bağlıdır.



Şekil 2.5 Güneş geometrisi [22]

2.2.1 Deklinasyon Açısı

Deklinasyon açısı (δ), Dünya'nın kendi ekseninin 23,45° eğikliğinden kaynaklanan ve Güneş etrafındaki hareketi sırasında değişen açısal bir parametredir [23]. Dünya'nın eksenindeki eğikliği ve güneş etrafındaki yörüngesi yüzünden deklinasyon açısı yıl boyunca değişerek mevsimlerin oluşumunda önemli bir rol oynar [24]. Deklinasyon yani sapma açısı kuzey yarımkürede yaz mevsiminin ortasında +23,45°**,** kış mevsiminin ortasında ise -23,45° değerine ulaşır. Ekinoks tarihlerinde (21 Mart ve 23 Eylül) ise Güneş ışınları ekvatora tam dik geldiğinden, deklinasyon açısı 0° olur [23].

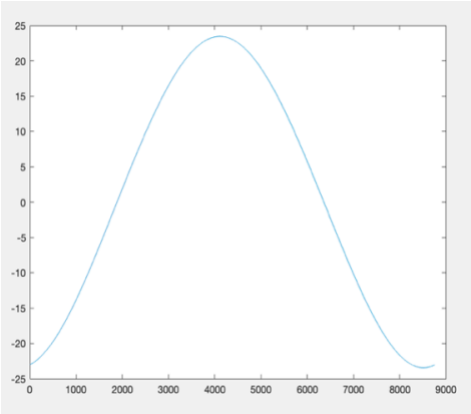


Şekil 2.6 Dünya'nın Güneş etrafında yıl boyunca izlediği yörüngesel hareket [25]

- 21 Mart (ilkbahar ekinoksu) → δ = 0°
- 21 Haziran (yaz gündönümü) → δ = +23,45°
- 23 Eylül (sonbahar ekinoksu) → δ = 0°
- 21 Aralık (kış gündönümü) → δ = -23,45°

Bu değişim, güneş ışınlarının geliş açısını doğrudan etkilediğinden**,** fotovoltaik panellerin tasarımı ve enerji üretimi verimliliğinin optimizasyonunda kritik bir rol oynar [23]. n yılın ilgili günü olmak üzere deklinasyon açısı (2.1) eşitliğindeki formülle hesaplanır [26].

$$\delta = 23{,}45°\sin\left(\frac{284+n}{365} \times 2\pi\right) \qquad (2.1)$$

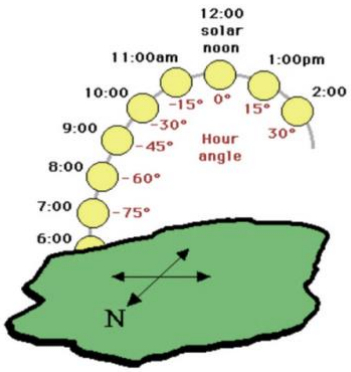


Şekil 2.7 Deklinasyon açısının yıl içindeki saatlik değişimi

2.2.2 Saat Açısı

Saat Açısı, yerel güneş saati (LST) temel alınarak, güneşin gökyüzündeki hareketini derece cinsinden ifade eden bir açıdır. Bu açı, güneşin günlük hareketini belirlemek için kullanılır ve güneş tam öğle vaktinde 0° olarak kabul edilir. Dünya'nın kendi ekseni etrafında saatte 15 derece dönmesi nedeniyle, her saat başına güneşin gökyüzündeki konumu 15 derece değişir. Sabah saatlerinde negatif, öğleden sonra ise pozitif değer alır [27]. Denklem (2.2) kullanılarak hesaplanır.

$$\omega = 15°(\mathrm{LST} - 12) \tag{2.2}$$



Şekil 2.8 Saat açısının gün içindeki değişimi [28]

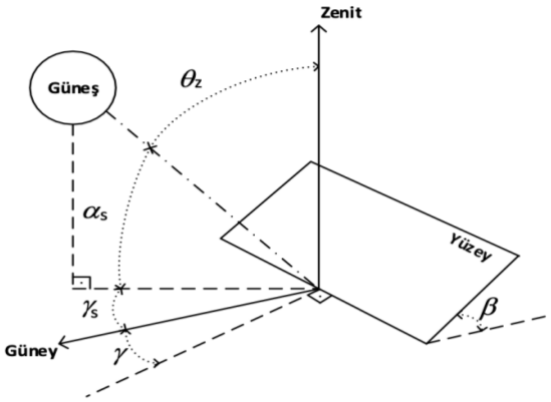
2.2.3 Zenit, Azimut ve Eğim Açıları

Güneşin gökyüzündeki hareketini açıklayabilmek için, Dünya yüzeyine dikey olarak kabul edilen bir doğrultuya göre güneşin konumunun açısal olarak belirlenmesi gereklidir. Bu dik doğrultuya "zenit" adı verilir. Yeryüzündeki herhangi bir noktadan gökyüzüne dik olarak uzatılan bir doğru ile güneş ışınları arasında oluşan açı, zenit açısı (θz) olarak tanımlanır. Güneş, öğle vaktinde

gökyüzündeki en yüksek konumuna gelir ve zenit açısı en düşük değere ulaşır [29-30]. Zenit açısı, denklem (2.3) ile belirtilen formül aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$\cos\theta z = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos\omega \quad (2.3)$$

Formülde, $\boldsymbol{\varphi}$ enlem açısını, $\boldsymbol{\delta}$ deklinasyon açısını ve $\boldsymbol{\omega}$ saat açısını temsil eder [30].



Şekil 2.9 Zenit, azimut ve eğim açıları [5]

Güneşin güney-kuzey ekseni ile arasındaki açı "güneş azimut açısı ($\boldsymbol{\gamma s}$)" olarak adlandırılırken, bir yüzeyin güney-kuzey ekseni ile olan açısı "yüzey azimut açısı ($\boldsymbol{\gamma}$)" olarak isimlendirilir. Bir yüzeyin yeryüzü ile oluşturduğu açı, eğim açısı ($\boldsymbol{\beta}$) olarak tanımlanmaktadır. Bu açılarla ile ilgili detaylı görsel Şekil 2.9'da bulunmaktadır. Bu açıların, güneş enerjisi sistemlerinin tasarımında ve verimliliğinin artırılmasında önemli bir rolü vardır. Güneş panellerinin doğru güneş azimut açısı ve eğim açısıyla yerleşitirilmesi, panellerin en fazla güneş ışığına maruz kalmasını sağlar, böylece enerji üretimi etkin bir şekilde artırılır [31].

2.2.4 Atmosfer Dışı Işınım

Atmosferin dışında ölçülen güneş ışınımına güneş sabiti (Solar Constant - SC) adı verilir ve bu değerin ortalama olarak 1367 W/m² olduğu kabul edilir. Güneş sabiti, Güneş'ten yayılan enerjinin, Dünya ile Güneş arasındaki ortalama mesafede, 1 metrekarelik dik yüzeye düşen toplam radyasyon miktarını temsil eder. Atmosfer dışındaki bu ışınım miktarı (2.4) numaralı denklemle ifade edilir [32].

$$I_o = SC\left[1 + 0.0034\cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right] \quad (2.4)$$

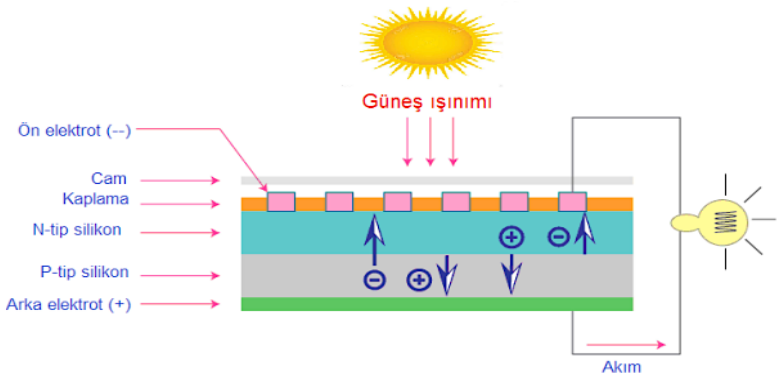
Burada n yıl içindeki günün numarasıdır.

3
GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ VE FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

3.1 Fotovoltaik Paneller ve Yapısı

Fotovoltaik paneller, herhangi bir harici mekanik ya da kimyasal işleme ihtiyaç duymaksızın, doğrudan üzerlerine düşen güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürebilen sistemlerdir. Bu enerji dönüşümü, panelin içinde yer alan yarı iletken malzemelerin, güneşten gelen fotonlarla etkileşime girerek elektronların hareketini başlatmasıyla gerçekleşmektedir [33].

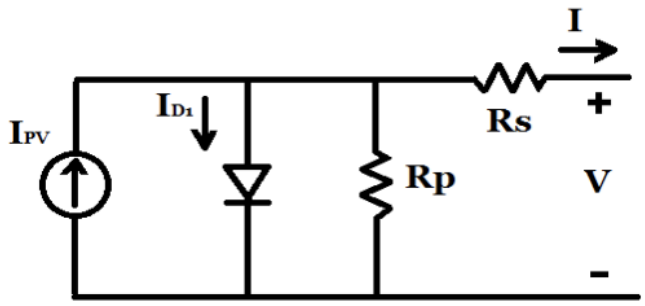
Fotovoltaik (PV) hücreler, yarı iletken yapıları itibarıyla p-n birleşimli diyotlarla benzer özellikler taşır. Bu hücrelerin performansı ışınım, sıcaklık, rüzgâr hızı ve nem gibi çeşitli çevresel değişkenlerden etkilenir. Ancak en kritik iki parametre, gelen güneş ışınımı düzeyi ile ortam sıcaklığıdır [34].



Şekil 3.1 Fotovoltaik hücrenin yapısı

Şekil 3.2'de görüldüğü gibi fotovoltaik (PV) hücre, ışık enerjisini doğru akıma dönüştüren p-n yarı iletken yapısına sahip bir elektronik eleman olarak tanımlanabilir. İdeal durumlar düşünüldüğünde tek diyotlu eşdeğer devre modeli, sade yapısı nedeniyle FV hücre analizlerinde sıkça tercih edilmektedir. Bu model; akım kaynağı, diyot, seri direnç (R_s) ve paralel direnç (R_p) olmak üzere dört temel

bileşenden oluşur. Bu devrede, **I_{PV}** gösterilen akım kaynağı ışık etkisiyle üretilen akımı temsil eder. Devredeki **I_{D1}** diyottan geçen akım, **I** hücrenin çıkış akımını, **V_{PV}** ise çıkış gerilimini göstermektedir [35,36].



Şekil 3.2 PV hücrenin eşdeğer devre modeli

$$I = I_{PV} - I_D \tag{3.1}$$

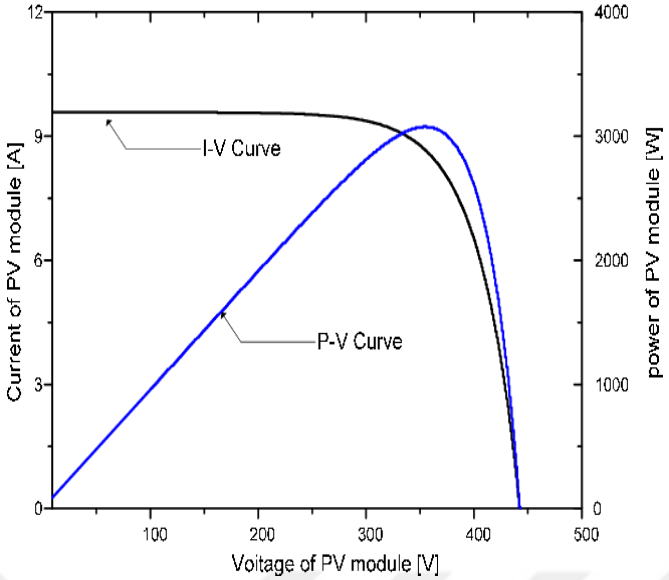
Paralel kaçak akım direnci, pratikte oldukça büyük değerlere sahip olduğundan devreden geçen kaçak akım ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Bu varsayım altında sistemin çıkış akımı devre analizi sadeleştirilip (3.1) numaralı eşitlikte gibi olur [37].

$$I_{PV} = \left(I_{SC} + K_i\left(T - T_{ref}\right)\right) \cdot \left(G/G_{nom}\right) \tag{3.2}$$

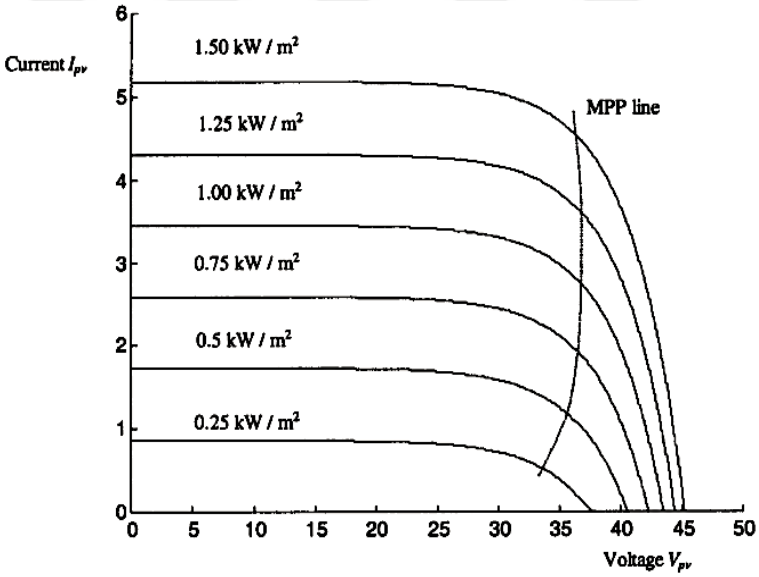
Bu denklemde I_{SC}, PV hücresinin 25 °C sıcaklıkta ve ışınım altında ölçülen kısa devre akımını temsil ederken K_i, kısa devre akımının sıcaklığa bağlı değişimini belirten katsayıdır. $T_{ref,}$ hücrenin referans sıcaklığı olarak tanımlanır. G anlık ışınım değeri, G_{nom} standart test koşullarında güneş ışınım şiddetini temsil eder ve bu değer 1000 W/m² olarak belirlenmiştir. Diğer yandan, hücredeki doyma akımı sıcaklıkla birlikte değişim gösterir [36,38].

$$I = I_{PV} - I_0\left(e^{\frac{q(V+I_pR_S)}{AkT}} - 1\right) \tag{3.3}$$

Bu eşitlikte $\boldsymbol{I_0}$ diyot satürasyon akımı, $\boldsymbol{T}$ Kelvin cinsinden hücre sıcaklığını, $\boldsymbol{k}$ Boltzmann sabitini (1,380649 × 10^{-23} Joule/K), $\boldsymbol{q}$ elektron yükünü (-1,602 × 10^{-19}Columb) ve $\boldsymbol{A}$ güneş pilinde kullanılan malzemeye göre ideal bir faktörünü temsil eder [39,40].

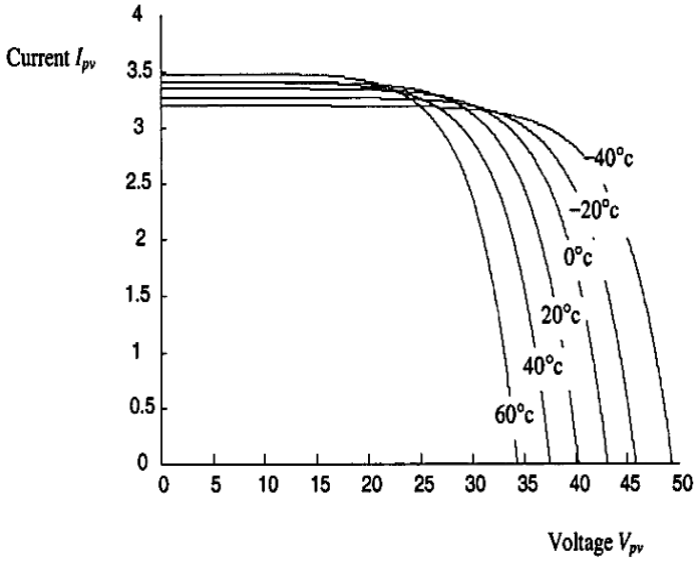


Şekil 3.3 Fotovoltaik hücrelerinin akım-gerilim (I-V) ve güç-gerilim (P-V) dalga formu



Şekil 3.4 Sabit hücre sıcaklığı koşulunda ışınım düzeyinin, PV hücresinin akım-gerilim karakteristiği

Şekil 3.4'te görüldüğü üzerine, sabit hücre sıcaklığında ışınım düzeyi arttıkça fotovoltaik hücrenin maksimum güç çıkışı artar. PV güç çıkışı, güneş ışınımı ile neredeyse doğrusal bir ilişki içindedir. Şekil 3.5'te Fotovoltaik dizilerde, çevresel sıcaklık arttıkça elde edilen maksimum çıkış gücünün azaldığını göstermektedir. Yüksek sıcaklık, yarıiletken iç yapısında taşıyıcıların yeniden kombinasyon hızını artırır, bu da gerilim kaybına neden olur [41].

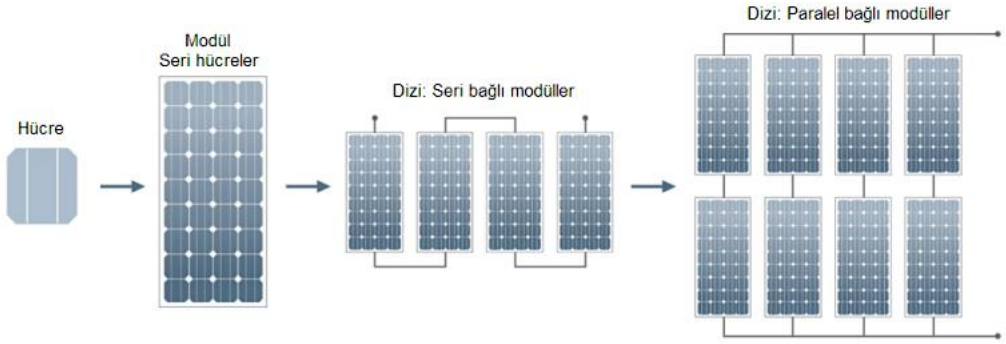


Şekil 3.5 Sabit ışınım altında sıcaklığın, PV hücresinin akım-gerilim karakteristiği üzerindeki etkisi

3.1.1 Fotovoltaik Panellerde Elektrik Enerjisi Üretimi

Işık enerjisi fotovoltaik hücreye ulaştığında, hücrenin yarıiletken malzemesindeki elektronların uyarılmasına neden olur. Bu uyarılmış elektronların yönlü hareketi, hücre içerisinde bir potansiyel fark oluşturarak şekilde yönlendirilir ve elektrik akımı meydana gelir [42].

Bir fotovoltaik (PV) hücrenin çıkış gerilimi yaklaşık 0.5-volt seviyesindedir. Ancak bu gerilim tek başına yetersiz olduğundan, güç çıkışını artırmak amacıyla birden fazla hücre seri veya paralel bağlanarak bir araya getirilir. Şekil 3.6'da olduğu gibi oluşturulan yapılar şu şekilde sınıflandırılır: Seri veya paralel bağlanan hücreler modülleri, modüllerin birleşimi panelleri, panellerin gruplanması dizileri oluşturur [43].



Şekil 3.6 Güneş hücreleri, modül, panel ve dizi gibi sistem bileşenlerini

Güneş enerjisi, fotovoltaik hücrenin yapısal özelliklerine ve kullanılan malzemenin türüne bağlı olarak yaklaşık %5 ile %20 arasında değişen bir verimle elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir [44]. Fotovoltaik panellerin enerji dönüşüm verimliliğini azaltan çeşitli çevresel ve fiziksel değişkenler bulunmaktadır. Bu olumsuz etkenlerin arasında panel sıcaklığının artması, yüzeydeki toz ve kir birikimi, gölgeleme etkileri, panelin konum açısı, ışınım yoğunluğu ve ışığın panel yüzeyine geliş açısı bulunmaktadır. Bu değişkenler, sistem performansı üzerinde doğrudan etkili olur [45].

3.2 Fotovoltaik Panellerin Türleri

Fotovoltaik güneş pillerinin üretiminde temel yarıiletken malzeme olarak silisyum kullanılmaktadır. Silisyumun doğal kaynağı ise silikat minerallerinden elde edilen kumdur. Yerkabuğunda bol miktarda bulunması nedeniyle, fotovoltaik teknolojilerin sürdürülebilirliği açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır [46].

Güneş pilleri, çeşitli üretim teknikleri ve malzemelerle farklı yapısal ve elektriksel özelliklere sahip olacak şekilde geliştirilmiştir ve üç ana nesil altında sınıflandırılmaktadır. Bunlar; birinci nesil (kristal silikon tabanlı), ikinci nesil (ince film teknolojiler) ve üçüncü nesil (gelişmiş teknolojiler) temel alan hücre teknolojilerini ifade etmektedir.

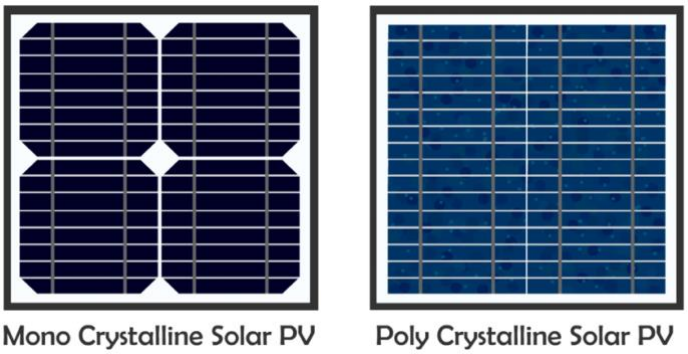
3.2.1 Birinci Nesil PV Paneller (Kristal Silikon Tabanlı)

Birinci nesil güneş panelleri, yüksek saflıkta silisyum bazlı yarıiletken hücrelerden oluşur ve ticari pazarda en yaygın kullanılan PV teknolojisidir. Bu grup iki ana alt kategoriye ayrılır:

Monokristal Silikon (c-Si): Tek kristal yapıya sahip olan bu hücreler, elektronların daha serbest hareket etmesine olanak tanıdığı için yüksek verimlilik (%20–24) sunar. Üretim maliyetleri nispeten yüksektir; ancak alan verimliliği avantajı sayesinde sınırlı alanlarda tercih edilmektedir [47].

Polikristal Silikon (mc-Si): Birden fazla küçük kristal yapının birleşmesiyle oluşur. Üretimi daha ucuzdur ancak verimlilikleri genellikle daha düşüktür (%16–18). Kristal yapılar arasındaki sınırlar, elektron hareketliliğini kısıtlayarak enerji dönüşüm verimliliğini azaltır [48].

Bu teknolojiler uzun ömürlüdür (25–30 yıl) ve yüksek çevresel dayanıklılık sunar [49].



Şekil 3.7 Monokristal panel, polikristal panel

3.2.2 İkinci Nesil PV Paneller (İnce Film Teknolojiler)

İkinci nesil güneş panelleri, yarıiletken malzeme katmanlarının cam, metal ya da plastik yüzeylere çok ince tabakalar halinde kaplanması ile elde edilir. Malzeme tüketiminin düşük olması, bu teknolojilerin üretim maliyetlerini azaltmıştır. Başlıca teknolojiler şunlardır:

Amorf Silikon (a-Si): Amorf silikon güneş hücreleri, kristal bir yapıya sahip olmayan düzensiz atom dizilimine sahiptir. Bu yapı, elektronların hareketini kısıtlayarak verimliliği düşürse de geniş ışık spektrumunu yakalamasını sağlar. Düşük verimliliğe (%6–9) sahip olmasına karşın, düşük ışık koşullarında başarılı bir performans gösterir. Genellikle küçük ölçekli tercih edilmektedir [50].

Kadmiyum Tellürid (CdTe): CdTe panellerde kullanılan kadmiyum, toksik bir ağır metaldir ve çevre için riskler taşır. Bu riskler, üretim ve kullanım sonrası süreçlerde ortaya çıkabilir. Kadmiyumun doğaya sızması, çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler doğurabilir. Verimliliği %15–18 civarındadır. Üretimi kolay ve maliyeti düşüktür. Bu nedenle, imalat ve geri dönüşümde sıkı çevresel ve güvenlik önlemleri alınmalıdır [51].

Bakır-İndiyum-Galyum-Selenid (CIGS): CIGS panellerin üretimi, indiyum ve galyum gibi sınırlı ve maliyetli elementlerin temini nedeniyle zorluklar yaratmaktadır. İndiyum özellikle çinko üretiminin yan ürünü olduğundan arzı sınırlıdır. Bu paneller %15-20 verimlilik potansiyeline sahip olup, esnek yüzeylere

uygulanabilirliği ile öne çıkmaktadır. Malzeme temini ve karmaşık üretim süreçleri ise zorluk oluşturmaktadır [52].

İnce film paneller, düşük maliyetli ve hafif olmalarının yanı sıra esnek yapıları sayesinde bütünleşmiş mimari uygulamalarda kullanılabilmektedir [53].

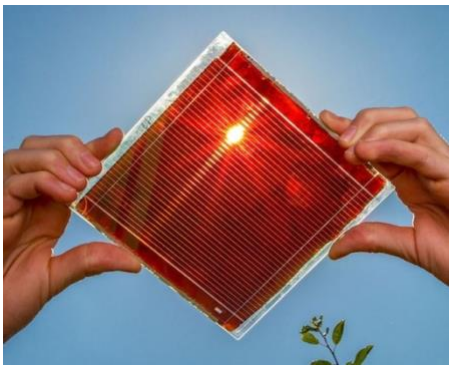


Şekil 3.8 İnce film güneş paneli

3.2.3 Üçüncü Nesil PV Paneller (Gelişmiş Teknolojiler)

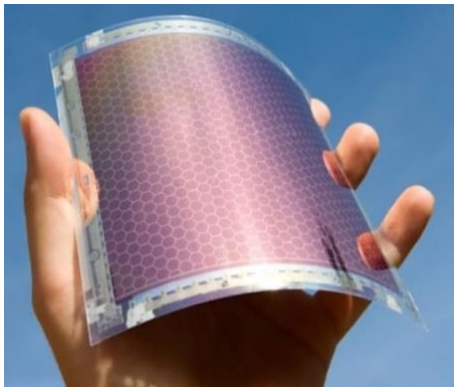
Üçüncü nesil fotovoltaik teknolojiler, hâlen araştırma ve geliştirme aşamasında olan, geleneksel silikon temelli yapılar dışında kalan sistemleri içermektedir. Bu grubun amacı, yüksek verimlilik ve düşük üretim maliyetini bir araya getirmektir. Başlıca alt teknolojiler şunlardır:

Perovskit Güneş Hücreleri: Perovskit güneş hücrelerinin ticari olarak yaygınlaşmasının önündeki ana engellerden biri, çevresel faktörlere karşı düşük kararlılıklarıdır. Nem, sıcaklık ve ultraviyole (UV) ışınım gibi etkenler, perovskit malzemelerin yapısal bozulmasına ve performans kaybına neden olmaktadır. Organik-inorganik hibrit yapıya sahip perovskit malzemelerle üretilen bu hücreler, kısa sürede yüksek verimlilik seviyelerine (%25+) ulaşmıştır [54].



Şekil 3.9 Perovskit güneş hücresi

Organik Fotovoltaik (OPV): Organik polimer ve moleküllerle üretilen bu hücreler esnek, hafif ve şeffaf olabilir. Verimlilikleri sınırlı olup (%10–15), genellikle düşük güçlü uygulamalar için uygundur [55].



Şekil 3.10 Organik fotovoltaik hücre

Perovskit ve OPV teknolojileri, güneş enerjisinde büyük potansiyel taşır. Bu teknolojiler, geleceğin yüksek verimli ve düşük maliyetli güneş enerjisi çözümleri arasında yer almakta olup, ticari başarı için dayanıklılık ve ölçeklenebilirlik sorunlarının çözülmesi gerekir. Araştırma ve geliştirme bu teknolojilerin yaygınlaşması için kritik öneme sahiptir [56,57].

3.3 Dünya ve Türkiye'de PV Sistemlerin Durumu

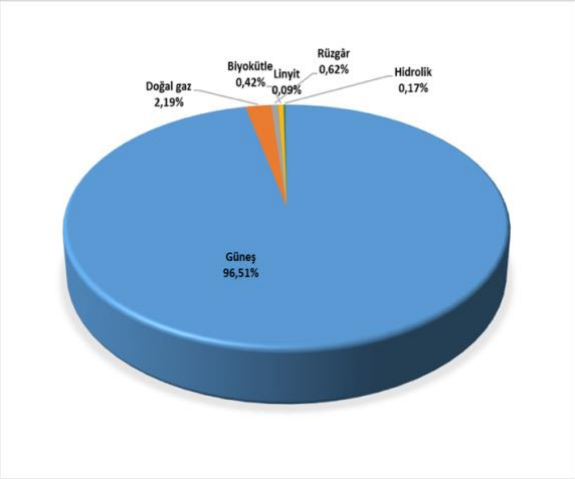
Dünya genelinde PV sistemlerinin durumu; 2024 yılı sonu itibarıyla, küresel güneş enerjisi kurulu gücü 2 TW seviyesini aşmıştır [58]. Yıllık kapasite artışı dünya genelinde güneş enerjisi kapasitesi 452 GW artarak rekor bir büyüme kaydetmiştir [59]. Çin, toplam kurulu kapasitenin %51'ini oluşturarak lider konumdadır. ABD ve Hindistan, Çin'i takip eden en büyük pazarlar arasında yer almaktadır [60].

Türkiye'de PV sistemlerinin durumu; 2025 yılı mart ayı itibarıyla, Türkiye'nin toplam güneş enerjisi kurulu gücü 21,6 GW seviyesine ulaşmıştır [61]. 2023-2024 yıllarında toplam 8,9 GW'lık yeni kapasite eklenmiş, bu da %82'lik bir artışa işaret etmektedir [62]. Türkiye, 2025 yılı sonuna kadar güneş enerjisi kurulu gücünü 22,6 GW'a çıkarmayı hedeflemektedir [63].

3.3.1 Türkiye'de Lisanssız PV Sistemlerin Durumu

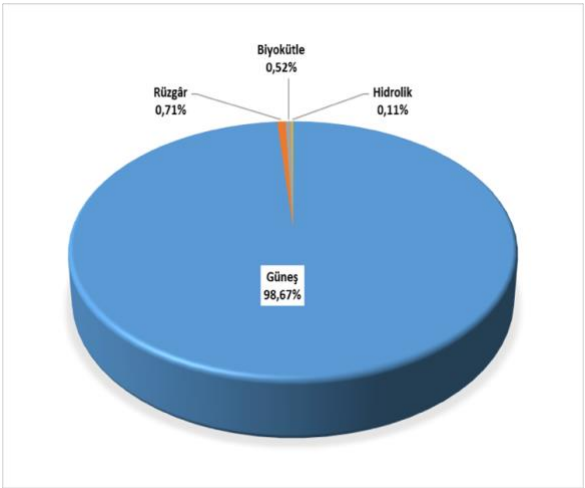
2024 yılında Türkiye'nin elektrik tüketimi %3,8 artışla 347,9 TWh'e, üretimi ise %5,4 artışla 348,9 TWh'e ulaşmıştır. Elektrik üretiminin %7,5'i güneş enerjisi kaynaklıdır. 2025 Nisan sonunda Türkiye'nin toplam kurulu gücü 118.668 MW olup, bunun %18,7'si güneş enerjisindendir. Türkiye genelindeki toplam elektrik

üretim santrali sayısı, lisanssız tesisler dahil olmak üzere, toplam elektrik üretim santrali sayısı 35.620'ye ulaşmış ve bunların 33.545'i güneş enerjisi kaynaklıdır [64].



Şekil 3.11 Kaynak türlerine göre lisanssız elektrik üretim kapasitesinin dağılımı [65]

Güneş enerjisi, Türkiye'de lisanssız kurulu gücün %96'sından fazlasını oluşturarak sektörde önemli bir yer tutar. Bu eğilim, düşük yatırım maliyetleri, teknolojik yaygınlık ve mevzuatsal teşviklerle desteklenmektedir.



Şekil 3.12 2025 yılı itibarıyla ihtiyaç fazlası enerji alımlarının enerji kaynaklarına göre dağılımı [65]

Güneş enerjisi, en yüksek katkıyı sağlayan enerji kaynağı olarak ön plana çıkmaktadır. Lisanssız üretim sektöründe gerek üretim gerekse satış açısından lider konumundadır. Bu durum, Türkiye'de küçük ölçekli güneş enerjisi santrali (GES) yatırımlarının yaygınlaştığını ve desteklendiğini göstermektedir.

3.4 Türkiye'de Lisanssız GES Yasal Mevzuatları

3 Aralık 2010 tarihinde Türkiye'de ilk lisanssız elektrik üretim yönetmeliği yürürlüğe girmiş olup kurulu gücü 500 kW'a kadar olan yenilenebilir enerjiye dayalı üretim tesislerinin tabi olduğu usuller düzenlenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretim tesisleri, ihtiyaç fazlası enerjiyi Türkiye'nin ortalama elektrik toptan satış fiyatı üzerinden değerlendirecektir. Üretim ve tüketim tesislerinin aynı dağıtım bölgesinde bulunması gerekmektedir [66].

2011 yılında yürürlüğe giren YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması), yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretimini teşvik eden bir tarife sistemi ile I Sayılı Cetvel 'de belirtilen fiyatlarla satın alma garantisi sağlamaktadır [67].

2 Ekim 2013'te yapılan düzenlemeyle, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için maksimum kurulu güç sınırı 1000 kW'a yükseltildi. Ayrıca, Bakanlar Kurulu kararıyla bu sınırın 5000 kW'a kadar artırılmasına olanak tanıyan yasal değişiklik yürürlüğe girdi [68].

10 Mayıs 2019'da alınan kararla, EPDK ihtiyaç fazlası enerji için tüketicinin kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedelini uygulayacağını duyurmuştur [69]. 12 Mayıs 2019 tarihinde yapılan yönetmelik değişikliğiyle birlikte, 5.1.c maddesi uyarınca yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulacak üretim tesislerinin, ilişkilendirildikleri tüketim tesislerinin bağlantı anlaşmasındaki gücü aşamayacağı hükmü getirilmiştir. Bunun yanı sıra, bu tarihten sonra kurulan lisanssız yenilenebilir enerji üretim tesislerinde saatlik mahsuplaşma uygulaması kaldırılarak yerine aylık mahsuplaşma sistemi getirilmiştir [70].

9 Mayıs 2021 tarihinde yürürlüğe giren düzenleme ile yönetmeliğe eklenen 5.1.h maddesi çerçevesinde, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için bağlantı anlaşmasında belirtilen sözleşme gücüyle sınırlı kalmak şartıyla kurulu güç sınırı kaldırılmıştır [71].

12 Mayıs 2019 tarihinden sonra yapılan başvurular sonucunda bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu almaya hak kazanan kişiler için, ihtiyaç fazlası olarak satılabilecek elektrik üretimi, ilgili tüketim tesisinin toplam elektrik tüketimini aşamaz. Belirtilen sınırın üzerindeki üretim ise sisteme bedelsiz olarak verilmiş kabul edilerek YEKDEM kapsamında katkı olarak değerlendirilir [72].

2011 yılında yürürlüğe giren YEKDEM, Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik etmek amacıyla oluşturulmuş önemli bir politika aracıdır. Bu mekanizma, ilgili kanuna yapılan düzenlemeyle devreye alınmış olup, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten tesislere belirli bir süre için sabit fiyatla alım garantisi sunarak yatırımcıların mali risklerini azaltmayı hedeflemiştir [97]. Söz konusu teşvik kapsamında, üreticiler kullandıkları kaynak türüne göre Şekil 3.13'de I Sayılı Cetvel'de yer alan fiyatlardan yararlanabilmiş ve böylelikle ekonomik sürdürülebilirlik açısından avantaj elde etmişlerdir.

(Değişik:25/11/2020-7257/22 md.) **I Sayılı Cetvel**	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3 (ABD Doları cent/kWh)
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3 (ABD Doları cent/kWh)
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5 (ABD Doları cent/kWh)
ç. Biyokütleye dayalı üretim tesisi (çöp gazı dâhil)	13,3 (ABD Doları cent/kWh)
d. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3 (ABD Doları cent/kWh)

Şekil 3.13 YEKDEM kapsamında her enerji kaynağı için farklı teşvik tarifeleri

e. 10/5/2019 tarihinden itibaren bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu almaya hak kazanılan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisanssız elektrik üretim faaliyeti kapsamındaki tesisler	EPDK tarafından TL kuruş/kWh olarak ilan edilen kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli

Şekil 3.14 2019 yılı Mayıs ayından sonra devreye girecek lisanssız santraller, YEKDEM kapsamında güncellenmiş tarife

11 Ağustos 2022 tarihinde Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği'ne yapılan güncelleme ile, ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin şebekeye satışına yönelik kısıtlamalar getirilmiştir. Bu düzenleme kapsamında, üreticilerin satışa sunabileceği fazla elektrik miktarı, tüketim miktarlarına bağlı olarak sınırlandırılmıştır. Buna göre, cari yıl içinde şebekeye satılabilecek fazla enerji miktarı, önceki yılın toplam elektrik tüketimi ile sınırlı tutulmaktadır. Ancak, eğer cari yıl tüketimi bir önceki yılın tüketiminden fazla ise, aradaki fark kadar ek bir satış hakkı tanınmaktadır. Şebekeye verilen ihtiyaç fazlası elektrik, belirlenen bu limitlerin üzerinde olursa, aşan kısmın bedelsiz olarak şebekeye aktarılması gerekmektedir. Belediye, sanayi işletmeleri ve tarımsal sulama tesisleri, sözleşme gücünün iki katına kadar üretim tesisi kurma yetkisine sahiptir. Bu tesislerin aynı dağıtım bölgesinde yer alma zorunluluğu kaldırılmıştır [73].

4
GÜNEŞ ENERJİ SANTALLERİ TASARIMI

4.1 Güneş Enerji Santral Tasarım Hesapları

Bu bölümde, sistem performans analizlerinde kullanılmak üzere çeşitli meteorolojik, geometrik ve elektriksel parametreler değerlendirilmiştir. Bunlar arasında atmosfer dışı ışınım, eğimli yüzeyde ölçülen global güneş ışınımı, coğrafi enlem, deklinasyon açısı, azimut açısı, panel eğim açısı, yüzey yansıma katsayısı, rüzgâr hızı, ortam sıcaklığı, referans sıcaklık, panel boyutları, fotovoltaik panel dizilerindeki sıra sayısı, iki PV panel dizileri arasındaki mesafe, yüzey kirlilik oranı, panel ve inverter vb. özellikleri bulunmaktadır.

Güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde temel alınan radyasyon verileri; atmosfer dışı güneş ışınımı ve eğimli yüzey üzerindeki global güneş ışınımı değerlerinden oluşmaktadır. Güneş geometrisine dair yapılan hesaplamalarda, deklinasyon açısı, güneş saat açısı ve konuma bağlı enlem bilgileri dikkate alınmıştır. PV panelin konumlandırılmasına bağlı olarak azimut açısı ve eğim açısı parametreleri değerlendirilmiş, yansıtılan ışınımın etkisini belirlemek amacıyla yüzey yansıtma katsayısı hesaba katılmıştır.

Sistem performansını etkileyen meteorolojik faktörler arasında rüzgâr hızı ve ortam sıcaklığı yer almakta olup, bu veriler PV panel sıcaklığı hesaplamalarında kullanılmıştır. PV panel modüller için referans sıcaklık değeri ile rüzgâr sıcaklık katsayısı, akım-gerilim sıcaklık katsayıları dikkate alınarak panel çalışma koşulları analiz edilmiştir. Elektriksel parametreler kapsamında ise maksimum güç noktası (MPP) akımı ve gerilimi, açık devre gerilimi, panel ölçüleri, dizilerdeki sıra sayısı ve diziler arası mesafe gibi tasarımsal değişkenler modellenmiştir. Ayrıca, inverter bileşenine ilişkin olarak minimum ve maksimum giriş gerilimleri ile maksimum MPPT gerilimi gibi sınır koşulları tanımlanmıştır. Panel performansını olumsuz

yönde etkileyebilecek çevresel kirlenme faktörü de (yüzey kirlilik oranı) analiz sürecine dâhil edilmiştir.

Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nde kurulması planlanan PV santral için çeşitli senaryolar göz önünde bulundurularak sistem tasarımı, MATLAB_R2021a yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

4.1.1 Eğimli Yüzeye Gelen Güneş Işınımının Hesaplanması

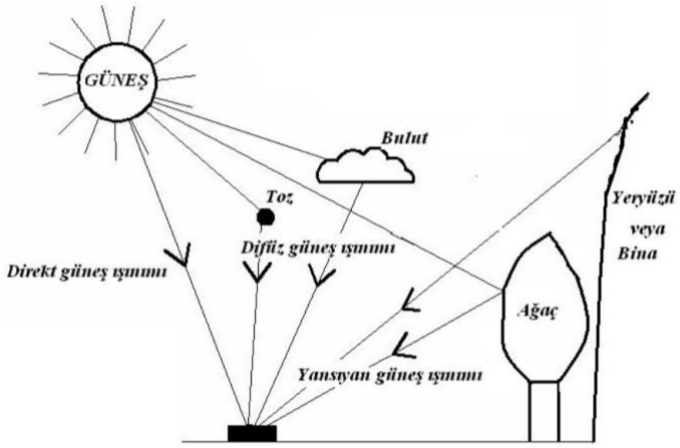
Dünya yüzeyine ulaşan toplam güneş ışınımı, iki ana bileşenin toplamından oluşur: Atmosferden doğrudan ve dağılmadan gelen normal I_b(direkt) ışınım ve atmosfere giren güneş ışınlarının bir kısmı atmosferdeki gazlar ve partiküller ile etkileşime girerek çeşitli yönlere saçılan yayınık I_d (difüz) ışınım. Bu iki bileşenin toplamı, yatay yüzeye ulaşan küresel I (global) ışınımı verir ve bu ilişki genellikle (4.1) numaralı denklem ile ifade edilir [74].

$$I(t) = I_b(t) + I_d(t) \tag{4.1}$$

Yayınık ışınımın miktarı, gökyüzü açıklık indeksi olarak adlandırılan (k_T) parametresine bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu indeks, atmosferin ne kadar şeffaf olduğunu yani güneş ışınımının ne ölçüde doğrudan yeryüzüne ulaştığını gösterir. Gökyüzü açıklık indeksi, yeryüzüne ulaşan global ışınım (I) ile atmosfer dışındaki teorik maksimum güneş ışınımı olan atmosfer dışı ışınım **(I_o)** arasındaki oranın bir fonksiyonu şeklinde tanımlanır. Yayınık ışınım ile açıklık indeksine ilişkin hesaplamalar sırasıyla denklem (4.2) ve denklem (4.3**)** ile ifade edilmektedir [75].

$$\frac{I(t)}{I_d(t)} = \begin{cases} 1 - 0.09k_T(t), k_T(t) \le 0.22 \\ 0.9511 - 0.1604k_T(t) + 4.388{k_T}^2(t) - 16.638{k_T}^3(t) + 12.336{k_T}^4(t), 0.22 \le k_T(t) \le 0.80 \\ 0.165, k_T(t) > 0.80 \end{cases} \tag{4.2}$$

$$k_T(t) = \frac{I(t)}{I_o(t)} \tag{4.3}$$



Şekil 4.1 Güneş ışınımının temel bileşenleri

İzotropik gökyüzü modeline göre, Şekil 4.1'de görüldüğü gibi, güneş ışınımının temel bileşenleri olan ışınımlar; yüzeye doğrudan (direkt) gelen ışınım, yayınık (difüz) olarak gelen ışınım ve yansıyan ışınımların toplamı, eğimli yüzeye düşen toplam ışınımı verir [76,77]. Eğimli yüzeye düşen toplam ışınım, (4.4) numaralı denklemdeki formül ile hesaplanabilir.

$$I_T(t,\beta) = I_b(t)\cdot R_b(t,\beta) + I_d(t)\cdot\left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + I(t)\cdot\rho\cdot\left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right) \qquad (4.4)$$

Burada ρ yüzey yansıtma katsayısını olup genellikle (0.2) olarak alınır. β Yüzey eğim açısını ifade eder. R_b ise eğimli bir yüzeydeki direkt güneş ışınımının yatay bir yüzeye gelen direkt ışınıma oranını belirtir ve bu oran (4.5) numaralı denklem ile hesaplanır [78].

$$R_b(t,\beta) = \frac{\cos(\theta)}{\cos(\theta_z)} \qquad (4.5)$$

cos(θz): Yatay yüzeye gelen güneş ışınlarının açısının kosinüsü (2.3) numaralı denklemde olduğu gibi hesaplanır.

cos(θ): Eğimli yüzeye gelen güneş ışınlarının açısının kosinüsü aşağıdaki (4.6) numaralı denklemde olduğu gibi hesaplanır [79].

$$\begin{aligned}\cos\theta(t,\beta) = {} & \sin\varphi\cos\beta\sin\delta(t) - \cos\varphi\sin\beta\cos\gamma\sin\delta(t) \\ & + \cos\varphi\cos\beta\cos\delta(t)\cos\omega(t) + \sin\varphi\sin\beta\cos\gamma\cos\delta(t)\cos\omega(t) \\ & + \sin\beta\sin\gamma\cos\delta(t)\sin\omega(t)\end{aligned} \qquad (4.6)$$

4.1.2 Optimum Azimut ve Eğim Açıları

Fotovoltaik (PV) sistemlerin performansı, yalnızca güneş ışınımı miktarına değil; aynı zamanda sıcaklık, rüzgâr hızı ve çevresel kirlilik gibi çeşitli dış çevre koşullarına da duyarlıdır. Dolayısıyla, PV panel yüzeyine ulaşan ışınımın maksimum seviyeye çıkarılması, sistemin toplam enerji üretimini en yüksek düzeye ulaştırmak açısından tek başına yeterli bir kriter değildir [80].

Gerçek çevresel koşullar altında gerçekleştirilen bir çalışmada, PV paneller sekiz farklı eğim açısında (0° ile 70° arası, 10°'lik artışlarla) konumlandırılarak bir yıl boyunca enerji üretimleri izlenmiştir. Elde edilen veriler, yaz aylarında eğim açısına bağlı enerji üretim farklarının %6'yı, kış aylarında ise %10'u aşmadığını göstermiştir. Bu bulgular doğrultusunda, optimum eğim açısının PV sistem performansı üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır [81].

Optimum eğim açısının hesaplamaları deneysel olarak doğrulanmasına yönelik olarak Tahran'da çeşitli eğim açılarına sahip (0°, 23°, 29°, 35° ve 42°) PV modüller kullanılarak bir saha çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, yaz aylarında yatay (0°) yerleştirilen modül en yüksek performansı sergilemiştir. Ancak, yıllık toplam enerji üretimi dikkate alındığında en verimli açının 29° olduğu belirlenmiştir. İlginç şekilde, kış aylarında teorik olarak en yüksek üretimin 42° eğim açısında beklenmesine rağmen, yine 29°'lik açıyla yerleştirilen modül daha iyi performans göstermiştir [82].

5 kWp gücünde monokristal bir fotovoltaik (PV) sistem kullanılarak gerçekleştirilen analizde, panel eğim açısının yıllık, altı aylık, mevsimsel ve aylık dönemlerde değiştirilmesinin enerji üretimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya dayanarak aylık olarak eğim ayarlamalarının, panelleri sabit yatay konumda tutmaya kıyasla yaklaşık %17 oranında daha yüksek enerji üretimi ve mevsimsel ve altı aylık periyotların ayarlamalarına bakıldığında yaklaşık %15 düzeyinde üretim artışı sağladığı görülmüştür. PV sistemlerinin eğim açılarının düzenli aralıklarla optimize edilmesinin, sistem verimliliğini artırma açısından önemli katkılar sağlayabileceğini ortaya koymaktadır [83].

Kanada ve ABD'deki fotovoltaik (PV) sistem uygulamalarına yönelik optimum eğim ve azimut açılarına dair yapılan analizlerde, panel yönlendirmesinin sistem verimliliği üzerindeki etkisi ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Elde edilen bulgular,

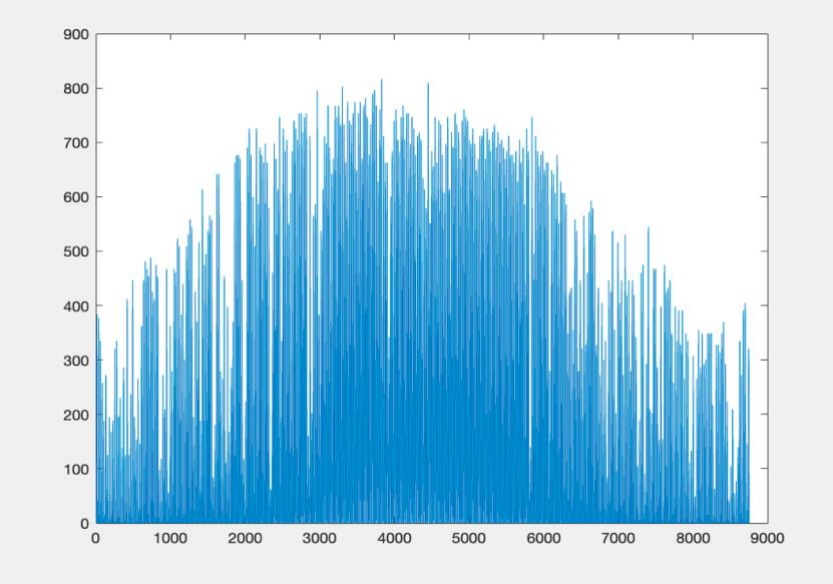
optimum eğim değerlerinin her iki bölgenin coğrafi enlemlerinden bir miktar düşük olduğunu ortaya koymuştur. Aynı çalışmada, azimut açısının ideal değerinin güney yönüne oldukça yakın olduğu saptanmıştır. Bu doğrultuda, PV sistemlerin maksimum enerji üretimi sağlaması amacıyla panellerin güney yönelimli yerleştirilmesi ve eğim açılarının bölgesel enleme yakın olacak şekilde optimize edilmesi gerektiği vurgulanmıştır [84].

Bu çalışmada, fotovoltaik (PV) sistemler için en uygun eğim ve azimut açılarını belirlemeye yönelik bir yöntem geliştirilmiş ve bu kapsamda çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Bu Analizler kapsamında, PV panel yüzeyine gelen yıllık toplam güneş ışınımı (Wh/m^2) ile Işınım, sıcaklık ve rüzgâr hızı verileri esas alınarak PV Santral toplam yıllık enerji üretimi (Wh) hesaplanmıştır. Bu sistem bileşenleri sonucunda optimum açılarının belirlenmesine yönelik yapılan değerlendirmeler sonuçlar elde edilmiştir.

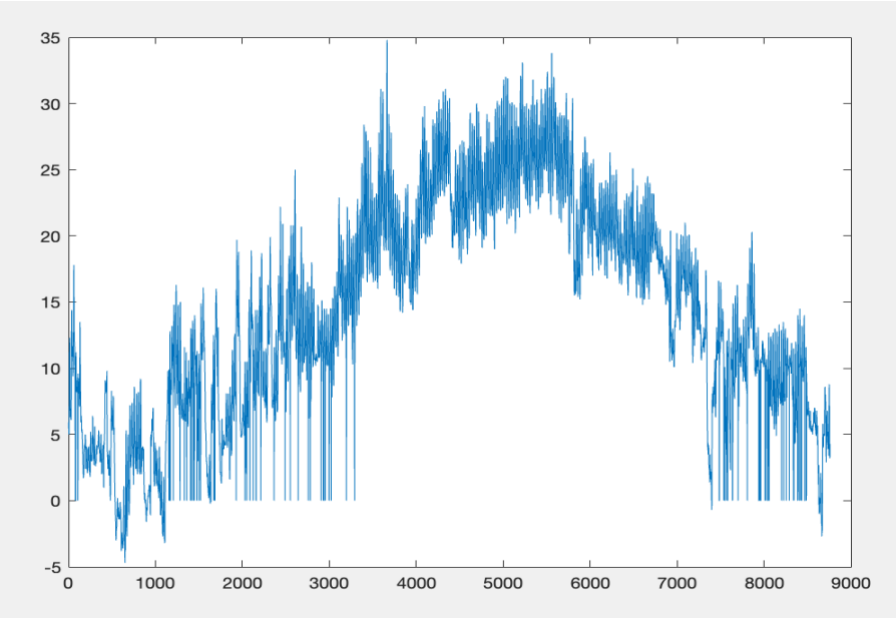
İstanbul YTÜ Davutpaşa Kampüsünde kurulu gücü 5 MW olan arazi tipi lisanssız güneş enerji santrali kurulması düşünülmüştür.

(Enlem:41.0280º, Boylam: 28.8904º).

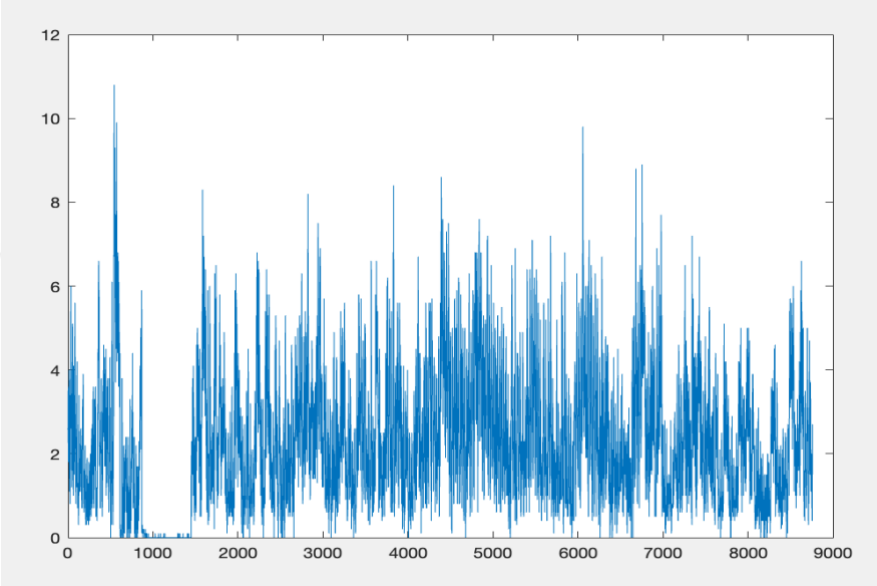
2006 yılına ait İstanbul verilerine göre, şekil 4.2'de saatlik bazda global ışınımı, şekil 4.3'te dış ortam sıcaklığı ve şekil 4.4'te rüzgâr hızı değişimleri kaydedilmiş ve analiz edilmiştir.



Şekil 4.2 Global ışınım değişimleri

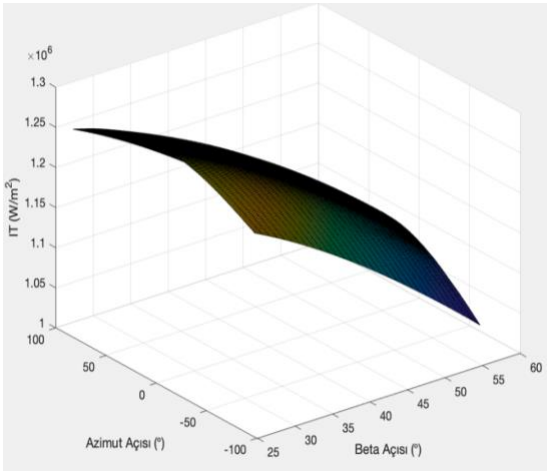


Şekil 4.3 Dış ortam sıcaklığı değişimleri



Şekil 4.4 Rüzgâr hızı değişimleri

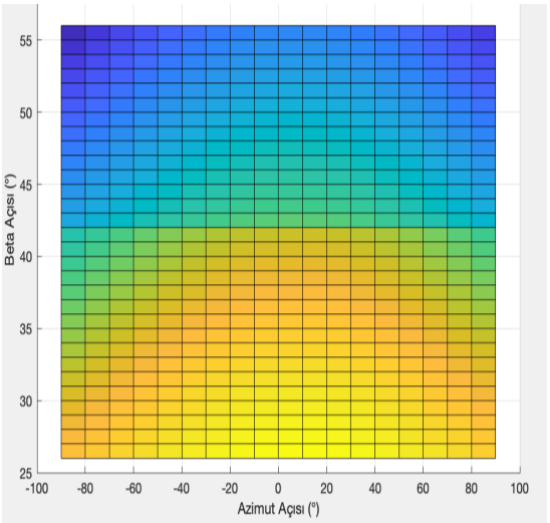
PV Panel Yüzeyine Gelen Yıllık Toplam Güneş Işınımı (Wh/m²): Yukarıdaki ışınım verisi doğrultusunda optimum eğim açısı (26° ile 56° arası, 1° artışlarla) ve optimum azimut açısı (-90° ile 90° arası, 1° artışlarla) belirlemek için, 8760 saatlik bir süre boyunca MATLAB ortamında testler yapılmıştır. Yalnızca global ışınımı verileri temel alınarak yapılan hesaplamalar doğrultusunda İstanbul koşullarında PV paneller için en uygun eğim açısının 26° ve azimut açısının ise 0° civarında olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 4.5 Yıllık toplam ışınımımın farklı eğim ve azimut açılarına göre değişimi

En uygun eğim ve azimut açılarında elde edilenler toplam güneş ışınım değeri 1289500 Wh/m^2 olarak belirlenmiştir.

PV Santral Toplam Yıllık Enerji Üretimi (Wh): Işınım, sıcaklık ve rüzgâr hızı verileri doğrultusunda optimum eğim açısı (26° ile 56° arası, 1° artışlarla) ve optimum azimut açısı (-90° ile 90° arası, 1° artışlarla) belirlemek için, 8760 saatlik bir süre boyunca test edilmiştir. Hesaplamalar doğrultusunda PV paneller için en uygun eğim açısının 26° ve azimut açısının ise 0° civarındadır. En uygun eğim ve azimut açılarında elde edilen PV toplam çıkış gücü değeri 5583710000 Wh olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.6 Işınım, sıcaklık ve rüzgâr hızı dikkate alınması durumunda toplam PV çıkış gücüne göre optimum eğim ve azimut açısı

4.1.3 Fotovoltaik Panel Seçimi

PV sistem tasarımında panel seçimi, sistem performansı için kritiktir. Güneş ışığını elektriğe dönüştürme sürecinde panelin elektriksel ve fiziksel özellikleri önem taşır. Bu çalışmada, farklı güç sınıflarına ve hücre yapılarına sahip üç panel teknolojisi teknik parametrelerle karşılaştırılmıştır. Tablo (4.1)'de panel modelleri Ankara solar firmasına ait olup, farklı hücre teknolojileri ve güç aralıklarını temsil etmektedir.

Tablo 4.1 PV panellerin parametreleri

PARAMETRE	AS-MQ7-144 HC	AS-M66 (315–340W)	AS-P72 (310–345W)
$P_{mpp,stc}$	545 W	320 W	345 W
$I_{sc,stc}$	13.11 A	10.06 A	9.60 A
$V_{oc,stc}$	49.8 V	40.4 V	46.5 V
$I_{mpp,stc}$	13.11 A	9.64 A	9.11 A
$V_{mpp,stc}$	41.6 V	33.2 V	37.9 V
Verim η	21.09 %	19.24 %	17.78 %
K_i	0.050 °C/A	0.052 °C/A	0.050 °C/A
K_v	-0.28 V/°C	-0.29 V/°C	-0.31 V/°C
k_r	1.509	1.509	1.468
$L_{vp,1}$	1.134	1.004	0.992
$L_{vp,2}$	2.279	1.660	1.956

4.1.4 PV Hücresinin Sıcaklığının Hesaplanması

PV panellerin enerji üretimini doğru tahmin etmek için hücre sıcaklığını bilmek önemlidir. Hücre sıcaklığı, çevresel hava sıcaklığına, güneş ışınımına ve rüzgâr

hızına bağlıdır. Bu nedenle, hücre sıcaklığının çevresel değişkenler üzerinden modellenmesi gerekir [80,85].

$$T_c(t) = 1.14 \cdot (T_a(t) - T_{ref}) + 0.0175 \cdot (I_T(t, \beta) - 300) - k_r \cdot \omega_s(t) + 30 \quad (4.7)$$

PV hücre sıcaklığının hesaplandığı (4.7) denklemde:

- T_a, dış ortam sıcaklığını;
- T_{ref}, referans sıcaklığı (sabit olarak 25 °C alınır);
- k_r, rüzgâr sıcaklık katsayısını;
- ω_s, rüzgâr hızını ifade etmektedir.

Dış ortam sıcaklığı (T_a) ve rüzgâr hızı (ω_s) sahada ölçülmektedir. Panel yüzeyine gelen eğimli ışınım, yatay düzlemde ölçülen global güneş ışınımına göre hesaplanır. Modeldeki referans sıcaklık 25 °C olarak kabul edilmiştir [85].

Rüzgâr sıcaklık katsayısına dair değerler, uzun vadeli saha ölçümleri ve mevcut çalışmalar doğrultusunda belirlenmiş olup, üç farklı fotovoltaik (PV) teknoloji türü için Tablo 4.2'de sunulmuştur [86].

Tablo 4.2 Rüzgarın hücre sıcaklığına etkisini gösteren katsayılar

Fotovoltaik Hücre Yapısı	Rüzgâr Sıcaklık Katsayısını (k_r)
Monokristal	1.509
Polikristal	1.468
İnce film	1.450

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

4.1.5 Fotovoltaik Panellerinin Çıkış Değerleri

Bir fotovoltaik panelin yıl boyunca (1–365 gün) ve gün içerisindeki saatlik periyotlarda (1–24 saat) üretebileceği maksimum çıkış gücü, standart test koşulları, anlık güneş ışınımı ve çevresel dış ortam koşulları dikkate alınarak hesaplanır. Saatlik bazda PV sisteminin çıkış gücünün belirlenmesinde kullanılan matematiksel ifadeler, eşitlik (4.8) ile (4.11) arasında sunulmuştur [87].

$$P_{mpp}(t,\beta) = V_{mpp}(t) \cdot I_{mpp}(t,\beta) \quad (4.8)$$

$$V_{mpp}(t) = V_{mpp,stc} + K_v \cdot (T_c(t) - 25) \quad (4.9)$$

$$V_{oc}(t) = V_{oc,stc} + K_v \cdot (T_c(t) - 25) \quad (4.10)$$

$$I_{mpp}(t,\beta) = \left(I_{mpp,stc} + K_i \cdot (T_c(t) - 25)\right) \cdot \frac{I_T(t,\beta)}{1000} \quad (4.11)$$

4.1.6 Saha Yerleşimi ve Boyutlandırma Ön Hesaplamaları

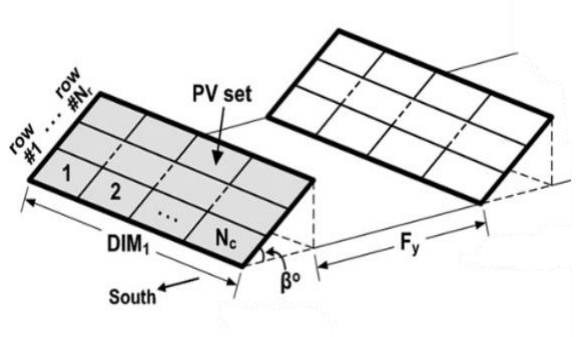
Fotovoltaik (PV) dizi yerleşimi planlamasında, dizilerin yükseklikleri, yatay izdüşüm genişlikleri ve aralarındaki mesafe önemlidir. Şekil 4.7'de yer alan görselden anlaşılacağı üzere, santral yerleşim planlamasında kullanılan hesaplamalar için panel boyutları (L_{pv1}, L_{pv2}), bir dizideki üst üste yer alan panel sayısı (N_r), diziler arası mesafe belirlemede kullanılan katsayısı (d) ve panel eğim açısı (β) kullanılır. Ön tasarım hesaplamaları matematiksel olarak eşitlik (4.12) - (4.15) ile tanımlanır [5].

$$L_T = N_r \cdot L_{pv2} \quad (4.12)$$

$$W_T = L_T \cdot \cos(\beta) \quad (4.13)$$

$$H_T = L_T \cdot \sin(\beta) \quad (4.14)$$

$$F_y = d \cdot H_T \quad (4.15)$$



Şekil 4.7 Panellerin ve dizilerin santral sahasında belirli bir düzen içerisinde yerleşimi

4.1.7 PV Santral Sahası Tasarımı

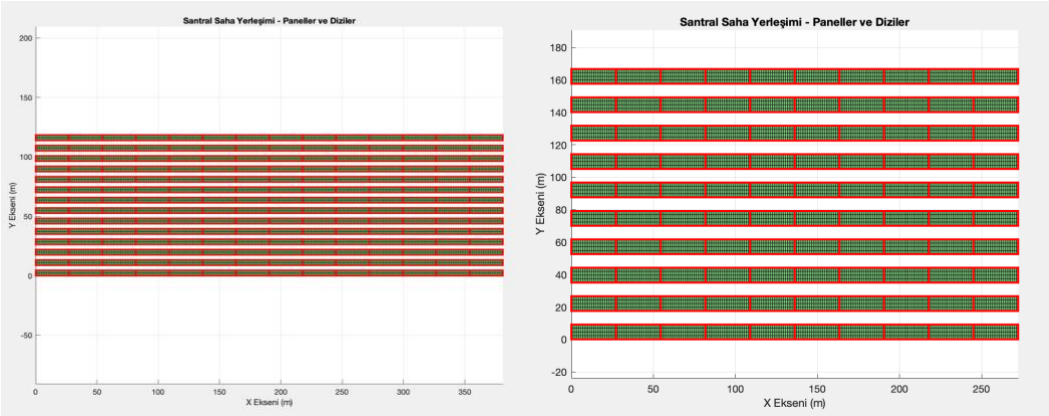
Fotovoltaik (PV) santral saha tasarımı, panel ve masa yerleşimini optimize ederek araziyi verimli kullanmayı ve enerji üretimini maksimize etmeyi hedefler. Yerleşim planları oluşturulurken fiziksel boyutlar, gölgeleme etkileri ve eğim açısı dikkate

alınır. Bu bölümde, masa ve panel sayısının hesaplanmasına yönelik matematiksel modellemeler MATLAB kullanılarak yapılmıştır. Santral tasarımında kullanılan yerleşim planlamasında, masa alanı (4.16) denklemi kullanılarak elde edilmektedir.

$$\text{Masa alanı} = \mathrm{N_c L_{pv1}(W_T + F_{y)}} \tag{4.16}$$

Santral sahasına yerleştirilebilecek masa sayısı, ifade (4.17) ile hesaplanır.

$$\text{Toplam Masa sayısı} = \text{floor}(\frac{\text{Saha Alanı}}{\text{Masa Alanı}}) \tag{4.17}$$



Şekil 4.8 Santral saha yerleşimleri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

4.1.8 İnverter Seçimi ve Sayısının Belirlenmesi

İnverter teknolojisi, farklı güç kapasiteleri ve uygulama alanlarıyla birçok üretici tarafından geliştirilmektedir. Bu, fotovoltaik santral tasarımlarında çeşitli inverter seçeneklerinin değerlendirilmesini sağlar. Farklı inverter tipleri sisteme dahil edilebilir ve en uygun olanı seçilebilir. Potansiyel inverterlere ait teknik veriler girilir ve düzenlenebilir. İncelenecek temel parametreler aşağıda listelenmiştir.

- İnverter Nominal Gücü: P_i
- Minimum Giriş Gerilimi: $V_{i,min}$
- Maksimum Giriş Gerilimi: $V_{i,max}$
- Minimum MPPT Gerilimi: $V_{i,mppt,min}$
- Maksimum MPPT Gerilimi: $V_{i,mppt,max}$
- Verim: η_{inv}

Tablo 4.3'te yer alan inverter modelleri, HUAWEI firmasının farklı güç sınıflarına sahip inverter teknolojilerini temsil etmektedir.

Tablo 4.3 İnverter teknik bilgileri

Özellik	SUN2000-250KTL-H1	SUN2000-100KTL-H1	SUN2000-60KTL-M0
P_i	250 kW	100 kW	60 kW
$V_{i,max}$	1500 V	1500 V	1100 V
$V_{i,min}$	550 V	650 V	200 V
$V_{i,mppt,min}$	500 V	600 V	200 V
$V_{i,mppt,max}$	1500	1500 V	1000 V
η_{inv}	%98,8	%98,8	%98,7

PV santrallerde inverter sayısı, nominal güç, her bir invertere bağlanacak PV panel sayısı ve toplam panel sayısına göre belirlenir. İlk olarak, seri ve paralel bağlanacak panellerin sayısına göre inverter girişine bağlanacak toplam PV panel sayısı hesaplanır. Daha sonra, toplam panel sayısının bir invertere bağlanacak panel sayısına bölünmesiyle gerekli inverter sayısı bulunur. Eğer tam sayı bölünmeden dolayı kalan paneller varsa, bu paneller mevcut inverterlere dağıtılır. Dağıtım sonrası bir inverterin gücü nominal değeri %15'ten fazla aşmıyorsa, mevcut inverterler yeterlidir; aksi halde ek bir inverter gereklidir [5].

$$N_{block} = N_s\, N_p \tag{4.18}$$

$$y = mod(N_I, N_{block}) \tag{4.19}$$

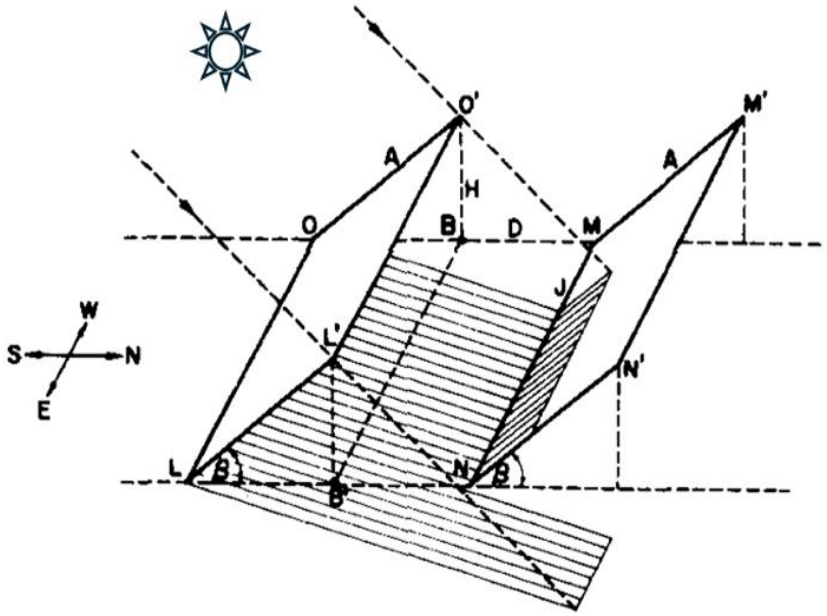
$$x_i = (N_I - y)/N_{block} \tag{4.20}$$

$$N_i \begin{cases} x_i + 1, & \left(\frac{y}{x_i}\right) P_{pv,stc} > 0.15 P_i \\ x_i, & \left(\frac{y}{x_i}\right) P_{pv,stc} \leq 0.15 P_i \end{cases} \tag{4.21}$$

Burada $P_{pv,stc}$, PV panelin standart test koşullarındaki çıkış gücünü ifade ederken; N_I, santral sahasına yerleştirilen toplam PV panel sayısını temsil etmektedir. N_{block} ise bir inverterin girişine bağlanan PV panel sayısını göstermektedir.

4.1.9 Gölgeleme Alanının Hesaplanması

PV santral sahasında çevresel gölgelenme etkisi olmadığı kabul edilmiştir. Ancak PV dizilerinin birbirini gölgelemesi, enerji üretimini azaltarak toplam çıkış gücünde düşüşe neden olmaktadır.



Şekil 4.9 İki fotovoltaik dizinin birbirine gölgeleme etkisi

Şekil 4.9'da görüldüğü üzere iki PV dizisinin birbirini gölgelemesi durumunda, bu etkileşimin santral çıkış gücüne olan etkisini hesaplayabilmek için gölgelenen yüzey alanının belirlenmesi gerekmektedir. Gölgelemeden etkilenen yüzey alanı, denklem (4.22)'de kullanılarak hesaplanır [88].

$$\xi_t(t) = \left[1 - \left(\frac{\cos(\varphi)\cos(\delta(t))\cos(\omega(t)) + \sin(\varphi)sin(\delta(t))}{\cos(\varphi-\beta)\cos(\delta(t))\cos(\omega(t)) + \sin(\varphi-\beta)\sin(\delta(t))}\right)\left(\frac{F_y + L_T\cos(\beta)}{L_T}\right)\right] x$$

$$\left[1 - \left(\frac{\cos(\delta(t))\sin(\omega(t))\sin(\beta)}{\cos(\varphi-\beta)\cos(\delta(t))\cos(\omega(t)) + \sin(\varphi-\beta)\sin(\delta(t))}\right)\left(\frac{F_y + L_T\cos(\beta)}{M_{rowi}}\right)\right] \quad (4.22)$$

(4.22) numaralı denklemde yer alan köşeli parantez içindeki her iki ifadenin de pozitif değerler alması halinde gölgeleme alanı hesaplanmaktadır. Aksi takdirde, gölgeleme alanı sıfır olarak kabul edilir [88].

4.1.10 Santral Çıkış Gücünün Hesaplanması

Santral çıkış gücü hesaplanırken, önce bir PV panelin üretebileceği elektriksel güç belirlenir. Gölgeleme etkileri, performans kaybı ve kirlilik nedeniyle verim düşüşleri dikkate alınır. Ayrıntılı hesaplama yöntemi (4.23) numaralı formülde sunulmuştur [89].

$$P_{pv}(t,\beta) = (1-r)\left(1-d_f\right) \times P_{mpp}(t,\beta) \tag{4.23}$$

Burada kullanılan değişkenlerden r PV panelin yıllık performans kaybını (0,005) ve $d_f$kirlilik nedeniyle PV panelin çıkış gücündeki düşüş oranıdır (0,069) alınmaktadır [90].

$$A_s(t) = \xi(t)\text{SIF} \tag{4.24}$$

PV dizilerinin birbirini gölgelemesi durumunda, santral çıkış gücündeki kayıpların hesaplanmasında gölgelenen alan ve bu gölgenin etkisini ifade eden faktör dikkate alınmaktadır [17]. Bu bağlamda SIF, gölge etkisini temsil eden katsayı olup hesaplamalarda 2 olarak kabul edilmiştir [91].

Gölgelendirme koşulları dikkate alındıktan sonra, santralin toplam çıkış gücü hesaplanabilir. İlk sıra gölgelenmediği için hesaplamalar ikinci sıra ve sonrası için yapılmıştır. Dizi inverterlerinin kullanıldığı durumlarda ise çıkış gücü, (4.25) ile (4.27) arasındaki denklemler kullanılarak belirlenir [5].

$$P_{i,in}(t,\beta) = \left(1-A_s(t)\right)(1-\eta_{cdc})\eta_{mppt}P_{pv}(t,\beta)N_{block} \tag{4.25}$$

$$P_o(t,\beta) = \begin{cases} 0, & P_{i,in}(t,\beta) < P_{i,sc} \parallel N_s V_{mpp}(t) < V_{i,min}) \\ n_{inv}P_{i,in}(t,\beta), & P_{i,in}(t,\beta) < P_i \parallel P_{i,in}(t,\beta) = P_i \\ n_{inv}P_i, & P_{i,in}(t,\beta) > P_i \end{cases} \tag{4.26}$$

$$P_{plant}(t,\beta) = \eta_{tr}(1-\eta_{cac})(1-\eta_{cic})P_o(t,\beta)N_i \tag{4.27}$$

Tanımlamalar:

- $P_{i,in}$: İnverter giriş gücü,
- n_{inv}: İnverter verimi,
- P_o: İnverter çıkış gücü,
- η_{tr}: Transformatör verimi,
- η_{cdc}, η_{cac}, η_{cic}: DC kablo (0.03), AC kablo (0.01) ve diğer şebeke elemanları (0.01) kayıp oranlarıdır [92].

5
FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE TASARIM, BOYUTLANDIRMA VE ANALİZ

Bu çalışmada, lisanssız güneş enerjisi santrallerinde şebekeye enerji aktarım sınırlarının sistem tasarımı üzerindeki etkileri kapsamlı biçimde incelenmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nde yer alan, aylık tüketim profili belirlenmiş bir tesis esas alınarak, çeşitli kurulu güç senaryoları (2,5 MWp–5 MWp aralığında) için güneş enerjisi santrali tasarımları gerçekleştirilmiştir. Her bir senaryo hem teknik performans hem de ekonomik geri dönüş açısından değerlendirilmiştir.

Çalışmada ekonomik analizler 25 yıl yerine 5 yıl üzerinden yapılmıştır. Bunun nedeni, çalışmanın öncelikli olarak uzun vadeli yatırım analizinden ziyade tasarım parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirmeye odaklanmasıdır. Bu bağlamda, yatırımın uzun vadeli getirilerinden çok, yeni yönetmelikle getirilen enerji satış kısıtlarının sistem boyutlandırması, verimlilik ve teknik yapı üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Eski yönetmelikte ihtiyaç fazlası enerjinin şebekeye sınırsız aktarılabildiği durum ile yeni düzenlemeyle getirilen satış kısıtlaması senaryoları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu analizler doğrultusunda, mevcut tüketim yapısı ve mevzuat sınırları gözetilerek en uygun sistem kapasitesi belirlenmiş, bu kapasiteye göre detaylı PV sistem tasarımı yapılmıştır.

Tasarım sürecinde, fotovoltaik santrallerin boyutlandırılması, panel yerleşimi, yönelim ve eğim açısı, yıllık enerji üretimi ve yatırım geri dönüş süresi gibi temel parametreler analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, şebekeye enerji aktarım limitlerinin PV santral tasarımı üzerindeki belirleyici etkisini ortaya koymuş; lisanssız üretim uygulamalarında mevzuat değişikliklerinin teknik ve ekonomik tasarım kararlarını nasıl şekillendirdiği bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır.

5.1 Tüketim Verilerinin İncelenmesi

Elektrik ihtiyacının karşılandığı ve ihtiyaç fazlası enerjinin şebekeye satışının öngörüldüğü fakülteye ait son beş yıla ilişkin elektrik tüketim verileri Tablo 5.1'de gösterilmektedir. Bu veriler, üniversite yerleşkesinin toplam enerji tüketimi referans alınarak belirli bir ölçekleme katsayısı ile türetilmiş yapay verilerdir; ancak tüketim eğilimleri, gerçek tüketim profili ile yüksek düzeyde benzerlik göstermektedir. Özellikle 2020 ve 2021 yıllarında COVID-19 pandemisinin etkisiyle uygulanan kapanmalar ve uzaktan eğitim süreçleri, toplam enerji talebinde belirgin düşüşlere neden olmuştur. Bu dönemde tüketim miktarlarında azalma kaydedilmesine rağmen, genel tüketim eğilimlerinin yıllar boyunca benzer şekilde devam ettiği gözlemlenmiştir. Yıllık tüketim döngüsünde, bahar dönemlerinde enerji ihtiyacının azaldığı, yaz ve kış aylarında ise arttığı mevsimsel bir tüketim profili ortaya çıkmaktadır. İlgili tüketim noktası, dağıtım sistemine doğrudan bağlantılı olup kamu ve özel hizmetler sektöründe faaliyet gösteren kullanıcı kategorisinde değerlendirilmekte ve tek terimli, tek zamanlı orta gerilim (OG) tarifesi üzerinden enerji tüketimini gerçekleştirmektedir.

Tablo 5.1 Tüketim tesisine ait elektrik tüketim verileri

AY/ kWh	2018	2019	2020	2021	2022
Ocak	265524,1	268137,5	240808,3	136143,9	257730,5
Şubat	240192,5	239307,5	234437,8	150597,7	214710,8
Mart	224921,0	242893,8	189192,8	180731,7	284138,6
Nisan	224719,2	213924,2	124836,5	138990,2	197296,9
Mayıs	205897,7	199667,0	95059,6	110118,8	179215,4
Haziran	206570,5	218416,1	118233,2	128945,5	217013,6
Temmuz	263899,1	256856,0	136221,5	200588,2	198259,4
Ağustos	229940,8	222613,0	137090,9	242541,9	231615,5
Eylül	183950,6	220341,2	130373,8	17067,0	185492,9
Ekim	239721,5	197405,5	127196,3	176752,1	161729,1
Kasım	231405,3	191770,0	151751,7	218742,1	148077,5
Aralık	287357,4	235690,2	94443,8	254579,0	255024,0
Toplam	**2804099,6**	**2707021,8**	**1779646,3**	**1955798,0**	**2530304,1**

5.2 Farklı Güç Kapasitelerinde Fotovoltaik Sistem Tasarımı

Fotovoltaik (PV) sistem tasarımlarında kurulu güç kapasitesine bağlı olarak birçok teknik parametrede farklılıklar gözlemlenmektedir. Bu bölümde, 2,5 MWp ile 5 MWp arasında değişen kurulu güce sahip PV santrallerin, temel tasarım bileşenleri açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Tasarımda kullanılan parametreler arasında inverter bağlantı yapıları, PV dizi yerleşimi, saha alanı kullanımı ve GCR (Ground Coverage Ratio) yer almaktadır.

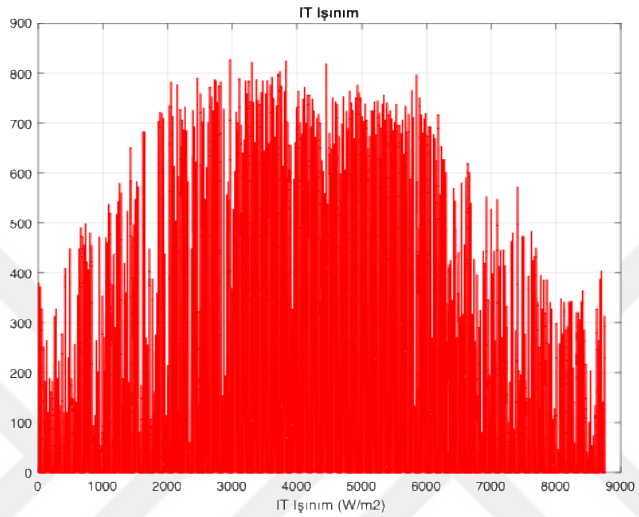
Tablo 5.2 Farklı kurulu güç değerlerine sahip PV sistemlerin tasarım parametreleri

	5 MWp	4,5 MWp	4 MWp	3,5 MWp	3 MWp	2,5 MWp
İnverter girişine seri bağlanacak PV grubu sayısı (Ns)	24	24	24	24	24	24
İnverter girişine paralel bağlanacak PV grubu sayısı (Np)	19	19	19	19	19	19
PV dizilerinde üst üste yerleştrilecek PV sıra sayısı (Nr)	2	2	2	2	2	2
PV dizilerinde yan yana yerleştrilecek PV sıra sayısı (Nc)	24	24	24	24	24	24
Eğim açısı (β)	26	26	26	26	26	26
Diziler arasındaki mesafe katsayısı (d)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Panel Sayısı	9120	8208	7296	6384	5472	4560
İnverter Sayısı	20	18	16	14	12	10
Saha Alanı (m^2)	43000	38600	34350	30150	25850	21650
GCR (%)	54,80	49,32	43,84	38,36	32,88	27,40

Santral tasarımında, Tablo 4.1'de belirtilen AS-MQ7-144 HC model 545 W gücündeki PV paneller ile Tablo 4.3'te yer alan SUN2000-250KTL-H1 model, 250.000 W kapasiteli inverterler kullanılmıştır. Tablo 5.2'ye göre sistem kapasitesi arttıkça, inverter ve PV panel sayısında orantılı bir artış gözlemlenmiştir. Örneğin, 5 MWp kurulu güce sahip bir sistemde 9120 panel ve 20 inverter bulunurken, 2,5 MWp sistemde bu değerler 4560 panel ve 10 inverter olarak belirlenmiştir. Bu durum, sistemin ölçeklenebilir ve modüler bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Tüm sistemlerde inverter girişlerine seri ve paralel olarak bağlanan PV grup sayıları (sırasıyla 24 ve 19) sabit tutulmuş; böylece sistemin her kapasite için benzer bir yapıyla kurulması sağlanmış ve farklı güç seviyelerine uyum gösterebilecek esnek bir tasarım elde edilmiştir. Ayrıca, PV dizilerinin fiziksel yerleşiminde sıra sayıları (Nr = 2, Nc = 24) tüm projelerde sabit tutulmuş, eğim

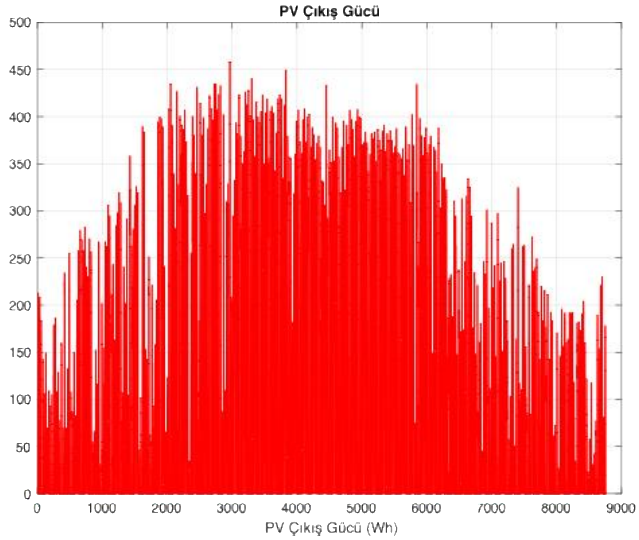
açısı (β = 26°) ve diziler arası mesafe katsayısı (d = 2,1) da değiştirilmeden sistemlerin optimum ışınım alması hedeflenmiştir.

Tablo 5.2'de gösterilen PV dizi yerleşimine göre, panellerin fiziksel konumlandırması yapılmıştır. Bu yerleşim dikkate alındığında, Şekil 4.2'de sunulan yatay düzleme gelen global güneş ışınımı verileri baz alınarak, yıl boyunca PV yüzeylerine ulaşan ışınımın saatlik değişimi Şekil 5.1'de yer almaktadır.



Şekil 5.1 PV yüzeyine ulaşan güneş ışınımın saatlik değişimi

Gölgeleme etkisi hesaba katılmadan yapılan değerlendirmede, PV panellerin yıl içindeki saatlik çıkış gücü değişimi ise Şekil 5.2'de yer almaktadır.



Şekil 5.2 PV çıkış gücü saatlik değişimi

Güneş enerjisi santrallerinde Güneş Paneli Yoğunluk Oranı (GCR) değerlendirildiğinde, kurulu gücün azalmasıyla birlikte GCR oranının arttığı gözlemlenmiştir. Özellikle 5 MWp kapasiteli sistemlerde GCR %54,80 iken, 2,5 MWp kapasiteli sistemlerde bu oran %27,40 seviyelerine kadar düşmektedir. Bu durum, düşük kapasiteli santrallerde panel yerleşiminin daha yoğun ve arazi kullanımının daha az olduğunu göstermektedir.

Farklı kurulu güç kapasitelerine sahip (2,5 MWp ile 5 MWp arası) fotovoltaik sistemlerin enerji üretim performansları, Tablo 5.2'de görülen sistem yapılarına dayalı olarak MATLAB_R2021a ortamında geliştirilen simülasyon modeli aracılığıyla değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, her bir sistem için aylık üretim verileri üzerinden yıllık enerji üretimi hesaplanmış ve karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçlar Tablo 5.3'te yer almaktadır.

Tablo 5.3 Farklı kurulu güç kapasitelerine sahip PV sistemlerin aylık ve yıllık enerji üretim miktarları

AY/ kWh	5 MWp	4,5 MWp	4 MWp	3,5 MWp	3 MWp	2,5 MWp
Ocak	201254,0	181177,6	161046,7	140915,9	120785,0	100627,0
Şubat	259878,7	233908,0	207918,2	181928,4	155938,6	129939,4
Mart	405895,5	364941,4	324392,3	283843,3	243294,3	202947,7
Nisan	573935,6	513676,9	456601,7	399526,5	342451,3	286967,8
Mayıs	720293,6	647234,9	575319,9	503404,9	431489,9	360146,8
Haziran	745068,2	670634,8	596119,8	521604,8	447089,8	372534,1
Temmuz	760981,2	685570,0	609395,6	533221,1	457046,7	380490,6
Ağustos	699105,6	630037,3	560033,2	490029,0	420024,9	349552,8
Eylül	503165,9	453496,9	403108,4	352719,8	302331,3	251583,0
Ekim	311113,5	280264,2	249123,7	217983,2	186842,8	155556,8
Kasım	235097,6	211735,9	188209,7	164683,4	141157,2	117548,8
Aralık	185983,9	167458,0	148851,6	130245,1	111638,7	92992,0
Toplam	**5601773,3**	**5040135,8**	**4480120,7**	**3920105,6**	**3360090,5**	**2800886,7**

En yüksek enerji üretimi, 5 MWp kapasiteli sistemde 5601773,3 kWh olarak gerçekleşirken, en düşük üretim performansı 2,5 MWp kapasiteli sistemde 2800886,7 kWh seviyesinde kaydedilmiştir. Aylık bazda değerlendirme yapıldığında, temmuz ayı en yüksek enerji üretiminin gerçekleştiği dönem olurken, aralık ayı en düşük üretim değerine sahiptir. Bu durum, mevsimsel güneş ışınımı değişiminin fotovoltaik sistemlerin üretim performansı üzerindeki etkisini göstermektedir.

5.3 Metodoloji

8 Ağustos 2022 tarihinde Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği'nde yapılan düzenleme ile, 2019 yılı sonrasında kurulan ve YEKDEM kapsamında yer alan 50 kW'tan büyük tüm lisanssız üretim tesislerine, şebekeye ihtiyaç fazlası elektrik satışı konusunda sınırlamalar getirilmiştir. Bu çalışmada, söz konusu düzenlemenin farklı kurulu güç kapasitelerine sahip bir güneş enerjisi santrali (GES) yatırımı üzerindeki etkileri, hem düzenleme öncesi (satış kısıtlaması yokken) hem de düzenleme sonrası (satış kısıtlaması varken) senaryolar üzerinden karşılaştırmalı olarak analiz edilecektir. Bu kapsamda, santral tarafından üretilen elektrik enerjisi ile tüketim tesisinin aylık elektrik ihtiyacı dikkate alınarak mahsuplaşma esasına dayalı hesaplamalar yapılacaktır. İlk ekonomik analiz sonucunda yatırımın verimli olmadığı belirlenmesi durumunda, satış kısıtlaması uygulaması doğrultusunda tüketim verileri esas alınarak santral için en uygun kurulu güç kapasitesi belirlenecek ve ardından tasarım analizleri bu yeni kapasite üzerinden yeniden yürütülecektir. Böylece, lisanssız üretim yatırımları için hem teknik hem de ekonomik anlamda optimum tasarım koşulları oluşturulacaktır.

Küresel ölçekte güneş enerjisi sistemlerine ilişkin maliyet eğilimleri de bu analizlerde önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. 2022 ile 2023 yılları arasında, kamu ölçekli güneş fotovoltaik (PV) projelerine ilişkin küresel ağırlıklı ortalama seviyelendirilmiş elektrik üretim maliyeti (LCOE), %12 oranında azalarak 0,044 $/kWh seviyesine gerilemiştir. Bu azalma, aynı dönemde toplam kurulum maliyetlerinde gözlemlenen %17'lik düşüşe bağlı olarak, birim kurulum maliyetinin 908 $//kW'tan 758 $//kW düzeyine inmesiyle mümkün olmuştur [93].

Benzer şekilde, güneş enerjisi santrallerinin işletme ve bakım maliyetlerinde de son on yılda dikkate değer bir azalma yaşanmıştır. Güneş enerjisi tesislerinin işletme ve

bakım maliyetlerinin, 2011–2021 dönemi boyunca %58 oranında azaldığı ve bu maliyetlerin 13 $/kW-yıl seviyesine gerilediği belirtilmiştir [94].

Tablo 5.1'de sunulan son beş yıla ait elektrik tüketim verileri temel alınarak, ilgili tüketim tesisinin enerji ihtiyacının her beş yıllık periyotta benzer düzeylerde tekrarlandığı varsayılmıştır. Ayrıca, üretim santralinin 2024 yılı ocak ayında faaliyete geçtiği kabul edilmiştir. Santralin elektrik üretim kapasitesinin, işletme ömrü süresince yıllık %0,8 oranında yaşlanma etkisine bağlı olarak doğrusal biçimde azalacağı öngörülmektedir.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından onaylanan ve 5 Nisan 2025 itibarıyla yürürlüğe giren tek terimli, tek zamanlı orta gerilim (OG) tarife yapısına göre; kamu, özel hizmetler sektörü ve diğer abone grupları için belirlenen elektrik birim satış fiyatı 487,8015 kr/kWh olarak açıklanmıştır. Aynı tarihte geçerli olan dolar kuru 38,1137 TL/$ seviyesinde olup, bu verilere göre elektrik birim fiyatı yaklaşık 0,128 $/kWh olarak hesaplanmaktadır [95].

Ekonomik değerlendirme süreci dolar bazında yürütülecek olup, tüm maliyet ve gelir kalemleri bu para birimi üzerinden analiz edilecektir.

5.4 Kapasite Bazlı Ekonomik Analiz ve En Uygun Boyutlandırmanın Belirlenmesi

5.4.1 Farklı Güç Kapasiteli Santralin Satış Kısıtlamasının Bulunmadığı Durumdaki Ekonomik Analizi

2,5 MWp ile 5 MWp arasındaki farklı güç kapasitelerine sahip santrallerin Tablo 5.3'te ilk beş yıla ait elektrik üretim verileri ile fakülte binasının tüketim değerleri Tablo 5.1'de verilmiş olup, ilgili bölümde satış kısıtlamasının bulunmadığı duruma göre gerçekleşen aylık mahsuplaşma miktarları detaylandırılmıştır.

- 5 MWp Santralin Satış Kısıtlamasının Bulunmadığı Durum;

Tablo 5.4'te yer alan parametreler doğrultusunda; toplam üretim 27564295,6 kWh, elektrik satışı 16326301,8 kWh, fatura tüketimi 410335,8 kWh ve fatura tasarrufu ise 11776869,7 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.4 5 MWp kapasiteli santralin satış kısıtlaması yokken mahsuplaşma tablosu

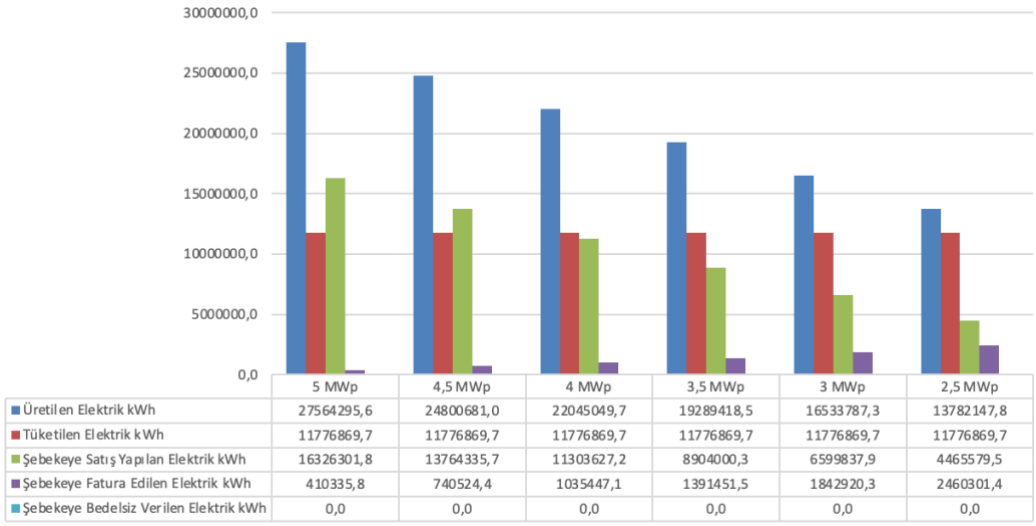
5 MWp Satış Kısıtlaması Yokken Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	201254,0	259878,7	405895,5	573935,6	720293,6	745068,2	760981,2	699105,6	503165,9	311113,5	235097,6	185983,9	5601773,3
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-64270,1	19686,3	180974,4	349216,4	514395,9	538497,7	497082,1	469164,8	319215,4	71392,0	3692,3	-101373,5	2797673,7
Satış	0,0	19686,3	180974,4	349216,4	514395,9	538497,7	497082,1	469164,8	319215,4	71392,0	3692,3	0,0	2963317,3
Fatura	-64270,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	101373,5	37103,4
2.YIL	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	199644,0	257799,7	402648,3	569344,1	714531,2	739107,6	754893,4	693512,7	499140,6	308624,6	233216,8	184496,1	5556959,1
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-68493,5	18492,2	159754,5	355420,0	514864,2	520691,6	498037,4	470899,8	278799,5	111219,1	41446,8	-51194,1	2849937,3
Satış	0,0	18492,2	159754,5	355420,0	514864,2	520691,6	498037,4	470899,8	278799,5	111219,1	41446,8	0,0	2969625,0
Fatura	68493,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51194,1	119687,6
3.YIL	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	198046,8	255737,3	399477,1	564789,4	708815,0	733194,8	748854,2	687964,6	495147,5	306155,6	231351,1	183020,1	5512503,5
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-42761,5	21299,4	210234,3	439952,9	613755,4	614961,5	612632,7	550873,7	364773,7	178959,3	79599,4	88576,3	3732857,2
Satış	0,0	21299,4	210234,3	439952,9	613755,4	614961,5	612632,7	550873,7	364773,7	178959,3	79599,4	88576,3	3775618,7
Fatura	42761,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42761,5
4.YIL	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	196462,4	253691,4	396231,7	560271,1	703144,5	727329,2	742863,4	682460,9	491186,3	303706,4	229500,3	181555,9	5468403,4
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	60318,5	103093,7	215500,0	421280,9	593025,6	598383,7	542275,2	439919,0	474119,3	126954,2	10758,2	-73023,0	3512605,5
Satış	60318,5	103093,7	215500,0	421280,9	593025,6	598383,7	542275,2	439919,0	474119,3	126954,2	10758,2	0,0	3585628,5
Fatura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73023,0	73023,0
5.YIL	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	194890,7	251661,9	393061,8	555788,9	697519,3	721510,6	736920,5	677001,2	487256,8	301276,7	227664,3	180103,5	5424656,2
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-62839,8	36951,1	108923,3	358492,0	518303,9	504497,0	538661,1	445385,7	301764,0	139547,6	79586,8	-74920,5	2894352,1
Satış	0,0	36951,1	108923,3	358492,0	518303,9	504497,0	538661,1	445385,7	301764,0	139547,6	79586,8	0,0	3032112,5
Fatura	62839,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74920,5	137760,3

- 3 MWp Santralin Satış Kısıtlamasının Bulunmadığı Durum;

Tablo 5.5 3 MWp kapasiteli santralin satış kısıtlaması yokken mahsuplaşma tablosu

3 MWp Satış Kısıtlaması Yokken Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120785,0	155938,6	243294,3	342451,3	431489,9	447089,8	457046,7	420024,9	302331,3	186842,8	141157,2	111638,696	3360090,5
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-144739,0	-84253,8	18373,2	117732,1	225592,2	240519,4	193147,6	190084,1	118380,7	-52878,8	-90248,1	-175718,7	555990,9
Satış	0,0	0,0	18373,2	117732,1	225592,2	240519,4	193147,6	190084,1	118380,7	0,0	0,0	0,0	1103829,3
Fatura	144739,0	84253,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52878,8	90248,1	175718,7	547838,4
2.YIL	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119818,8	154691,1	241347,9	339711,6	428038,0	443513,1	453390,3	416664,7	299912,6	185348,0	140028,0	110745,6	3333209,8
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-148318,7	-84616,4	-1545,9	125787,5	228371,0	225097,1	196534,4	194051,7	79571,5	-12057,5	-51742,0	-124944,6	626188,0
Satış	0,0	0,0	0,0	125787,5	228371,0	225097,1	196534,4	194051,7	79571,5	0,0	0,0	0,0	1049413,1
Fatura	148318,7	84616,4	1545,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12057,5	51742,0	124944,6	423225,1
3.YIL	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118860,2	153453,6	239417,1	336994,0	424613,7	439965,0	449763,2	413331,4	297513,3	183865,2	138907,8	109859,6	3306544,1
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-121948,1	-80984,2	50224,3	212157,4	329554,1	321731,8	313541,7	276240,4	167139,6	56668,9	-12843,9	15415,9	1526897,9
Satış	0,0	0,0	50224,3	212157,4	329554,1	321731,8	313541,7	276240,4	167139,6	56668,9	0,0	15415,9	1742674,1
Fatura	121948,1	80984,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12843,9	0,0	215776,3
4.YIL	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117909,3	152226,0	237501,8	334298,0	421216,8	436445,3	446165,1	410024,7	295133,2	182394,3	137796,5	108980,7	3280091,8
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-18234,6	1628,3	56770,1	195307,9	311098,0	307499,8	245576,9	167482,8	278066,2	5642,2	-80945,6	-145598,2	1324293,8
Satış	0,0	1628,3	56770,1	195307,9	311098,0	307499,8	245576,9	167482,8	278066,2	5642,2	0,0	0,0	1569072,2
Fatura	18234,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80945,6	145598,2	244778,4
5.YIL	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116966,1	151008,2	235601,8	331623,6	417847,1	432953,7	442595,8	406744,5	292772,2	180935,2	136694,1	108108,9	3253851,0
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-140764,5	-63702,6	-48536,8	134326,7	238631,6	215940,1	244336,3	175129,0	107279,3	19206,1	-11383,3	-146915,1	723547,0
Satış	0,0	0,0	0,0	134326,7	238631,6	215940,1	244336,3	175129,0	107279,3	19206,1	0,0	0,0	1134849,2
Fatura	140764,5	63702,6	48536,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11383,3	146915,1	411302,3

Tablo 5.5'te yer alan parametreler incelendiğinde; toplam üretim 16533787,3 kWh, elektrik satışı 6599837,9 kWh, fatura tüketimi 1842920,3 kWh ve fatura tasarrufu ise 11776869,7 kWh olarak hesaplanmıştır.



	5 MWp	4,5 MWp	4 MWp	3,5 MWp	3 MWp	2,5 MWp
Üretilen Elektrik kWh	27564295,6	24800681,0	22045049,7	19289418,5	16533787,3	13782147,8
Tüketilen Elektrik kWh	11776869,7	11776869,7	11776869,7	11776869,7	11776869,7	11776869,7
Şebekeye Satış Yapılan Elektrik kWh	16326301,8	13764335,7	11303627,2	8904000,3	6599837,9	4465579,5
Şebekeye Fatura Edilen Elektrik kWh	410335,8	740524,4	1035447,1	1391451,5	1842920,3	2460301,4
Şebekeye Bedelsiz Verilen Elektrik kWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Şekil 5.3 Şebeke satış kısıtı bulunmayan GES kapasitelerinin enerji akışı

Şekil 5.3'teki verilere göre, 5 MWp kapasiteli sistem 5 yılda toplam 27564295,6 kWh elektrik üretirken 2,5 MWp kapasiteli sistem ise toplam 13782147,8 kWh elektrik üretmektedir. Şebekeye satılan elektrik miktarı, kurulu güç arttıkça yükselirken, şebekeden fatura edilen elektrik miktarı ise güç düştükçe artış göstermektedir. Satışa konu elektrik miktarlarının belirlenmesinin ardından, ilgili parametrelere dayanarak yatırım maliyeti, elektrik satışı, fatura, fatura tasarrufu ve gelir gider verileri ayrıntılı biçimde Tablo 5.6'da gösterilmiştir. Buna göre, kurulum maliyeti 758 $/kW olarak kabul edilen farklı kapasitedeki lisanssız GES projelerinin ekonomik analizleri yapılmış; şebeke satış kısıtlamasının bulunmadığı senaryoda 5 yıllık net bugünkü değerler ve yatırımın geri ödeme süreleri Tablo 5.7'de detaylı şekilde sunulmuştur.

Tablo 5.6 Farklı güç kapasiteli santrallerin satış kısıtlaması yokken gelir gider tablosu

GES Kapasitesi	Kurulum Maliyeti (USD)	5 Yıllık Toplam Elektrik Satış Miktarı (kWh)	Satış Geliri (USD)	5 Yıllık Toplam Elektrik Fatura Miktarı (kWh)	Fatura Gideri (USD)	5 Yllık Toplam Faydalanılan Tüketilen Elektirk (kWh)	Faydalanılan Tüketilen Geliri(USD)	5 Yıllık Toplam Net Getiri (USD)
5 MWp	3.790.000,0	16326301,8	2.171.398,1	410335,8	52.523,0	11776869,7	1.507.439,3	3.626.314,5
4,5 MWp	3.411.000,0	13764335,7	1.830.656,6	740524,4	94.787,1	11776869,7	1.507.439,3	3.243.308,8
4 MWp	3.032.000,0	11303627,2	1.503.382,4	1035447,1	132.537,2	11776869,7	1.507.439,3	2.878.284,5
3,5 MWp	2.653.000,0	8904000,3	1.184.232,0	1391451,5	178.105,8	11776869,7	1.507.439,3	2.513.565,6
3 MWp	2.274.000,0	6599837,9	877.778,4	1842920,3	235.893,8	11776869,7	1.507.439,3	2.149.324,0
2,5 MWp	1.895.000,0	4465579,5	593.922,1	2460301,4	314.918,6	11776869,7	1.507.439,3	1.786.442,8

En düşük beş yıllık net gelir 2,5 MWp kurulu güce sahip güneş enerjisi santrali için hesaplanmış olup, bu kapasitedeki sistem 1.786.442,8 $ düzeyinde getiri sağlamıştır. Buna karşılık, en yüksek net gelir ise 5 MWp kapasiteli sistemde elde edilmiş ve söz konusu sistem, beş yıllık dönemde toplamda 3.626.314,5 $ düzeyinde ekonomik getiri üretmiştir.

Tablo 5.7 Farklı güç kapasiteli santrallerin şebeke kısıtlaması yokken geri ödeme süresi tablosu

Amortisman Süresi (Kurulum / Net Getiri)					
GES Kapasitesi	5 Yıllık Toplam Net Getiri (USD)	Yıllık Ortalama Net Getiri (USD)	İşletme Bakım Maliyeti (USD)	Kurulum Maliyeti (USD)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
5 MWp	3.626.314,5	725.262,9	65.000,0	3.790.000,0	5,74
4,5 MWp	3.243.308,8	648.661,8	58.500,0	3.411.000,0	5,78
4 MWp	2.878.284,5	575.656,9	52.000,0	3.032.000,0	5,79
3,5 MWp	2.513.565,6	502.713,1	45.500,0	2.653.000,0	5,80
3 MWp	2.149.324,0	429.864,8	39.000,0	2.274.000,0	5,82
2,5 MWp	1.786.442,8	357.288,6	32.500,0	1.895.000,0	5,83

Tablo 5.7'de sunulan verilere göre, kurulu güç kapasitesi arttıkça güneş enerjisi santrali yatırımlarının ekonomik verimliliğinde artış gözlemlenmektedir. Özellikle 5 MWp kapasiteli sistem, diğer kurulu güç alternatifleriyle karşılaştırıldığında en yüksek toplam net geliri sağlamakta ve en kısa geri ödeme süresine sahip olması nedeniyle yatırım açısından en avantajlı seçenek olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, incelenen tüm kapasite düzeylerinde geri ödeme sürelerinin birbirine oldukça yakın değerlerde seyretmesi, yatırım kararlarının yalnızca ekonomik göstergeler temelinde değerlendirilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, yatırım planlamasında mevzuatsal sınırlamalar gibi teknik kriterlerin dikkate alınması, sürdürülebilir ve optimize edilmiş bir sistem tasarımı dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır

5.4.2 Farklı Kurulu Güce Sahip Santralin Satış Kısıtlaması Altındaki Ekonomik Analizi

11 Ağustos 2022 tarihli Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği değişikliğiyle yürürlüğe giren yeni düzenleme, lisanssız üretim tesislerinin şebekeye enerji satışında önemli kısıtlamalar getirmiştir. Bu kapsamda, artık yalnızca bir önceki takvim yılına ait toplam tüketim miktarı kadar ihtiyaç fazlası enerji şebekeye satışa sunulabilmekte; bu sınırın üzerindeki üretim ise herhangi bir bedel ödenmeksizin

şebekeye verilmektedir. Ayrıca, içinde bulunulan yılın herhangi bir ayında tüketim miktarının bir önceki yılın toplamını aşması halinde, aşan miktar kadar satış hakkı o tarihten itibaren geçerli olacak şekilde artırılmaktadır [96].

Bu çalışma kapsamında, söz konusu yönetmelik değişikliğinin farklı kurulu güç kapasitelerine sahip güneş enerjisi santralleri üzerindeki ekonomik etkileri analiz edilmiştir. Özellikle 2,5 MWp ile 5 MWp arası değişen kapasitelere sahip sistemler için hem üretim hem de tüketim verileri dikkate alınarak ihtiyaç fazlası enerjinin satış potansiyeli sınırlandırılmış ve ekonomik performans bu kısıtlar çerçevesinde yeniden değerlendirilmiştir.

- 5 MWp Santralin Satış Kısıtlaması Olduğu Durum;

Tablo 5.8 5 MWp kapasiteli santralin satış kısıtlaması varken mahsuplaşma tablosu

5 MWp Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	201254,0	259878,7	405895,5	573935,6	720293,6	745068,2	760981,2	699105,6	503165,9	311113,5	235097,6	185983,9	5601773,3
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-64270,1	19686,3	180974,4	349216,4	514395,9	538497,7	497082,1	469164,8	319215,4	71392,0	3692,3	-101373,5	2797673,7
Mahsup Sonrası+	0,0	19686,3	180974,4	349216,4	514395,9	538497,7	497082,1	469164,8	319215,4	71392,0	3692,3	0,0	2963317,3
Mahsup Sonrası-	64270,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	101373,5	165643,6
Satış	0,0	19686,3	180974,4	349216,4	514395,9	538497,7	497082,1	0,0	319215,4	71392,0	3692,3	0,0	2494152,5
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	199644,0	257799,7	402648,3	569344,1	714531,2	739107,6	754893,4	693512,7	499140,6	308624,6	233216,8	184496,1	5556959,1
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-68493,5	18492,2	159754,5	355420,0	514864,2	520691,6	498037,4	470899,8	278799,5	111219,1	41446,8	-51194,1	2849937,3
Mahsup Sonrası+	0,0	18492,2	159754,5	355420,0	514864,2	520691,6	498037,4	470899,8	278799,5	111219,1	41446,8	0,0	2969625,0
Mahsup Sonrası-	68493,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51194,1	119687,6
Satış	0,0	18492,2	159754,5	355420,0	514864,2	520691,6	498037,4	470899,8	0,0	111219,1	41446,8	0,0	2690825,5
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	198046,8	255737,3	399427,1	564789,4	708815,0	733194,8	748854,2	687964,6	495147,5	306155,6	231351,1	183020,1	5512503,5
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-42761,5	21299,4	210234,3	439952,9	613755,4	614961,5	612632,7	550873,7	364773,7	178959,3	79599,4	88576,3	3732857,2
Mahsup Sonrası+	0,0	21299,4	210234,3	439952,9	613755,4	614961,5	612632,7	550873,7	364773,7	178959,3	79599,4	88576,3	3775618,7
Mahsup Sonrası-	42761,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42761,5
Satış	0,0	21299,4	210234,3	439952,9	613755,4	614961,5	612632,7	0,0	0,0	178959,3	0,0	0,0	2691795,5
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	196462,4	253691,4	396231,7	560271,1	703144,5	727329,2	742863,4	682460,9	491186,3	303706,4	229500,3	181555,9	5468403,4
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	60318,5	103093,7	215500,0	421280,9	593025,6	598383,7	542275,2	439919,0	474119,3	126954,2	10758,2	-73023,0	3512605,5
Mahsup Sonrası+	60318,5	103093,7	215500,0	421280,9	593025,6	598383,7	542275,2	439919,0	474119,3	126954,2	10758,2	0,0	3585628,5
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73023,0	73023,0
Satış	60318,5	103093,7	215500,0	421280,9	593025,6	0,0	0,0	0,0	0,0	126954,2	10758,2	0,0	1530931,2
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	194890,7	251661,9	393061,8	555788,9	697519,3	721510,6	736920,5	677001,2	487256,8	301276,7	227664,3	180103,5	5424656,2
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Mahsup Sonrası+	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Satış	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0

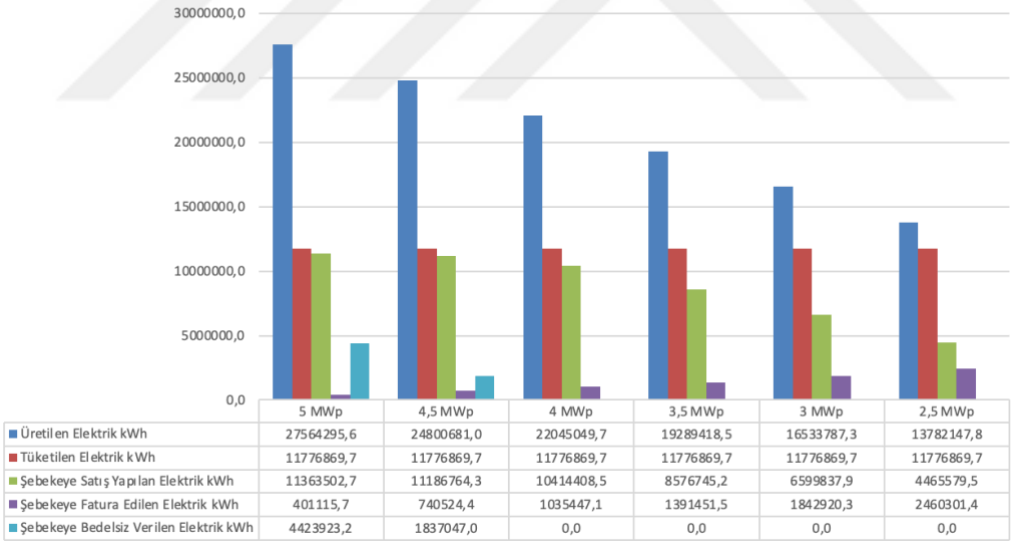
Tablo 5.8'de sunulan verilere göre; toplam üretim 27564295,6 kWh, elektrik satışı 11363502,7 kWh, fatura tüketimi 401115,7 kWh ve fatura tasarrufu ise 11776869,7 kWh olarak hesaplanmıştır.

- 3 MWp Santralin Satış Kısıtlaması Olduğu Durum;

Tablo 5.9'da veriler incelendiğinde; toplam üretim 16533787,3 kWh, elektrik satışı 6599837,9 kWh, fatura tüketimi 1842920,3 kWh ve fatura tasarrufu ise 11776869,7 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.9 3 MWp kapasiteli santralin satış kısıtlaması varken mahsuplaşma tablosu

3 MWp Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120785,0	155938,6	243294,3	342451,3	431489,9	447089,8	457046,7	420024,9	302331,3	186842,8	141157,2	111638,7	3360090,5
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-144739,0	-84253,8	18373,2	117732,1	225592,2	240519,4	193147,6	190084,1	118380,7	-52878,8	-90248,1	-175718,7	555990,9
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	18373,2	117732,1	225592,2	240519,4	193147,6	190084,1	118380,7	0,0	0,0	0,0	1103829,3
Mahsup Sonrası-	144739,0	84253,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52878,8	90248,1	175718,7	547838,4
Satış	0,0	0,0	18373,2	117732,1	225592,2	240519,4	193147,6	190084,1	118380,7	0,0	0,0	0,0	1103829,3
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119818,8	154691,1	241347,9	339711,6	428038,0	443513,1	453390,3	416664,7	299912,6	185348,0	140028,0	110745,6	3333209,8
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148318,7	-84616,4	-1545,9	125787,5	228371,0	225097,1	196534,4	194051,7	79571,5	-12057,5	-51742,0	-124944,6	626188,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	125787,5	228371,0	225097,1	196534,4	194051,7	79571,5	0,0	0,0	0,0	1049413,1
Mahsup Sonrası-	148318,7	84616,4	1545,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12057,5	51742,0	124944,6	423225,1
Satış	0,0	0,0	0,0	125787,5	228371,0	225097,1	196534,4	194051,7	79571,5	0,0	0,0	0,0	1049413,1
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118860,2	153453,6	239417,1	336994,0	424613,7	439965,0	449763,2	413331,4	297513,3	183865,2	138907,8	109859,6	3306544,1
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-121948,1	-80984,2	50224,3	212157,4	329554,1	321731,8	313541,7	276240,4	167139,6	56668,9	-12843,9	15415,9	1526897,9
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	50224,3	212157,4	329554,1	321731,8	313541,7	276240,4	167139,6	56668,9	0,0	15415,9	1742674,1
Mahsup Sonrası-	121948,1	80984,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12843,9	0,0	215776,3
Satış	0,0	0,0	50224,3	212157,4	329554,1	321731,8	313541,7	276240,4	167139,6	56668,9	0,0	15415,9	1742674,1
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117909,3	152226,0	237501,8	334298,0	421216,8	436445,3	446165,1	410024,7	295133,2	182394,3	137796,5	108980,7	3280091,8
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18234,6	1628,3	56770,1	195307,9	311098,0	307499,8	245576,9	167482,8	278066,2	5642,2	-80945,6	-145598,2	1324293,8
Mahsup Sonrası+	0,0	1628,3	56770,1	195307,9	311098,0	307499,8	245576,9	167482,8	278066,2	5642,2	0,0	0,0	1569072,2
Mahsup Sonrası-	18234,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80945,6	145598,2	244778,4
Satış	0,0	1628,3	56770,1	195307,9	311098,0	307499,8	245576,9	167482,8	278066,2	5642,2	0,0	0,0	1569072,2
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116966,1	151008,2	235601,8	331623,6	417847,1	432953,7	442595,8	406744,5	292772,2	180935,2	136694,1	108108,9	3253851,0
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-140764,5	-63702,6	-48536,8	134326,7	238631,6	215940,1	244336,3	175129,0	107279,3	19206,1	-11383,3	-146915,1	723547,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	134326,7	238631,6	215940,1	244336,3	175129,0	107279,3	19206,1	0,0	0,0	1134849,2
Mahsup Sonrası-	140764,5	63702,6	48536,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11383,3	146915,1	411302,3
Satış	0,0	0,0	0,0	134326,7	238631,6	215940,1	244336,3	175129,0	107279,3	19206,1	0,0	0,0	0,0



	5 MWp	4,5 MWp	4 MWp	3,5 MWp	3 MWp	2,5 MWp
Üretilen Elektrik kWh	27564295,6	24800681,0	22045049,7	19289418,5	16533787,3	13782147,8
Tüketilen Elektrik kWh	11776869,7	11776869,7	11776869,7	11776869,7	11776869,7	11776869,7
Şebekeye Satış Yapılan Elektrik kWh	11363502,7	11186764,3	10414408,5	8576745,2	6599837,9	4465579,5
Şebekeye Fatura Edilen Elektrik kWh	401115,7	740524,4	1035447,1	1391451,5	1842920,3	2460301,4
Şebekeye Bedelsiz Verilen Elektrik kWh	4423923,2	1837047,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Şekil 5.4 Şebeke satış kısıtı olan GES kapasitelerinin enerji akışları

Şekil 5.4'te verilerine göre, üretilen elektrik miktarı kapasite ile doğru orantılı olarak artış göstermektedir; 2,5 MWp kapasiteli santralde 13782147,8 kWh üretim gerçekleşirken, 5 MWp kapasitede bu değer 27564295,6 kWh ulaşmaktadır. Şebeke satış kısıtlamalarının uygulandığı durumda, farklı kurulu güç kapasitelerine sahip lisanssız GES projeleri için beş yıllık dönem boyunca hesaplanan net bugünkü değer ve yatırımın geri ödeme süreleri, Tablo 5.10'da ayrıntılı biçimde sunulmuştur.

Tablo 5.10 Farklı güç kapasiteli santrallerin satış kısıtlaması varken gelir gider tablosu

GES Kapasitesi	Kurulum Maliyeti (USD)	5 Yıllık Tolam Elektrik Satış Miktarı (kWh)	Satış Geliri (USD)	5 Yıllık Toplam Elektrik Fatura Miktarı (kWh)	Fatura Gideri (USD)	5 Yllık Toplam Faydalanılan Tüketilen Elektirk (kWh)	Faydalanılan Tüketilen Geliri(USD)	5 Yıllık Toplam Net Getiri (USD)
5 MWp	3.790.000,0	11363502,7	1.511.345,9	401115,7	51.342,8	11776869,7	1.507.439,3	2.967.442,4
4,5 MWp	3.411.000,0	11186764,3	1.487.839,7	740524,4	94.787,1	11776869,7	1.507.439,3	2.900.491,9
4 MWp	3.032.000,0	10414408,5	1.385.116,3	1035447,1	132.537,2	11776869,7	1.507.439,3	2.760.018,4
3,5 MWp	2.653.000,0	8576745,2	1.140.707,1	1391451,5	178.105,8	11776869,7	1.507.439,3	2.470.040,6
3 MWp	2.274.000,0	6599837,9	877.778,4	1842920,3	235.893,8	11776869,7	1.507.439,3	2.149.324,0
2,5 MWp	1.895.000,0	4465579,5	593.922,1	2460301,4	314.918,6	11776869,7	1.507.439,3	1.786.442,8

Şebeke kısıtının bulunduğu durumlarda, üretim fazlası enerjinin şebekeye satılamaması nedeniyle GES sistemlerinin ekonomik verimliliği doğrudan etkilenmektedir. Tablo 5.10 verilerine göre, artan kurulu güce rağmen şebekeye satılan elektrik miktarında ve buna bağlı satış gelirinde belirgin bir artış sağlanamamaktadır.

5 MWp kapasiteli bir sistem, 3 MWp'ye yaklaşık kıyasla %66 daha fazla kurulum maliyetine sahipken, 5 yıllık net getirisi sadece yaklaşık %38 daha fazladır. Bu fark, yatırımın verimliliği açısından beklenenin oldukça altındadır.

Tablo 5.11 Farklı güç kapasiteli santrallerin şebeke kısıtlaması varken geri ödeme süresi tablosu

Amortisman Süresi (Kurulum / Net Getiri)					
GES Kapasitesi	5 Yıllık Toplam Net Getiri (USD)	Yıllık Ortalama Net Getiri (USD)	İşletme Bakım Maliyeti (USD)	Kurulum Maliyeti (USD)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
5 MWp	2.967.442,4	593.488,5	65.000,0	3.790.000,0	7,17
4,5 MWp	2.900.491,9	580.098,4	58.500,0	3.411.000,0	6,54
4 MWp	2.760.018,4	552.003,7	52.000,0	3.032.000,0	6,06
3,5 MWp	2.470.040,6	494.008,1	45.500,0	2.653.000,0	5,92
3 MWp	2.149.324,0	429.864,8	39.000,0	2.274.000,0	5,82
2,5 MWp	1.786.442,8	357.288,6	32.500,0	1.895.000,0	5,83

Tablo 5.11'in değerlendirilmesi sonucunda, en kısa geri ödeme süresinin 3 MWp kurulu güce sahip sistemde (5,82 yıl) gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla 2,5 MWp (5,83 yıl) ve 3,5 MWp (5,92 yıl) kapasiteli santraller takip etmektedir. Bu

üç sistem arasında gözlemlenen geri ödeme süresi farklarının oldukça sınırlı olması, söz konusu kapasite aralığını yatırım açısından en uygun kapasite aralığı olarak öne çıkarmaktadır. Yatırım geri dönüş hızının yüksekliği, bu güç aralığını tercih edilmesi sermaye geri kazanımı ve finansal sürdürülebilirlik bakımından avantaj sağlamaktadır.

Yapılan karşılaştırmalı analiz sonuçlarına göre, şebeke kısıtı olması halinde en verimli sistem kapasitesi 3 MWp seviyesindedir. Bu kapasitede hem üretim miktarı yeterli düzeydedir hem de şebekeye aktarılan enerji, tüketim sınırlarını aşmadığı için üretimin tamamından gelir elde etmek mümkün olmaktadır**.**

Şebeke kısıtları, güneş enerji santrallerinin ekonomik performansı üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu nedenle yatırım planlaması yapılırken, sadece kurulu gücün büyüklüğü değil, aynı zamanda şebekeye aktarılabilecek elektrik miktarı da göz önünde bulundurulmalıdır. Kurulu gücün ihtiyaçtan fazla seçilmesi, üretim fazlasının şebekeye satılamamasına yol açarak, beklenen ekonomik getiriyi azaltabilir.

5.5 Seçilen Kapasiteyle Detaylı Sistem Tasarımının Analizi

Bu bölümde, 3 MWp kurulu gücündeki lisanssız Güneş Enerji Santrali (GES) için farklı tasarım parametrelerine bağlı performans analizleri sunulmaktadır. Sistem tasarımına ilişkin değerlendirmeler üç temel senaryo üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Birinci Durum: Eğim açısı sabit tutulmuş (β=26°) ve azimut açısı γ=-45° ile γ=45° arasında 15° aralıklarla değiştirilerek panel yöneliminin güneş ışınımı alma kapasitesine etkisi incelenmiştir. Bu analiz, panel konumlandırmasının enerji üretimi üzerindeki rolünü ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

Örnek; Tablo 5.12'de eğim açısı β=26° ve azimut açısı γ=−45° olan; Tablo 5.13'te ise eğim açısı yine β=26° ancak azimut açısı γ=45° olarak tanımlanan sistem tasarımlarına ait, satış kısıtlamasının uygulandığı durumda aylık enerji mahsuplaşma değerleri detaylı şekilde verilmiştir.

Tablo 5.12'te verilen verilere göre; toplam üretim miktarı 16367014,0 kWh, şebekeye yapılan elektrik satışı 6455236,6 kWh ve fatura edilen elektrik tüketimi 1865092,3 kWh olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.12 Eğim açısı β=26° ve azimut açısı γ=-45° olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu

3 MWp (β=26°, γ=-45°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120177,8	154793,0	238054,2	332241,9	422601,4	443886,9	456119,4	418235,8	301572,8	186549,3	140609,9	111355,5	3326197,9
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-145346,3	-85399,4	13133,2	107522,7	216703,7	237316,4	192220,3	188295,1	117622,2	-53172,2	-90795,4	-176001,9	522098,3
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	13133,2	107522,7	216703,7	237316,4	192220,3	188295,1	117622,2	0,0	0,0	0,0	1072813,5
Mahsup Sonrası-	145346,3	85399,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53172,2	90795,4	176001,9	550715,2
Satış	0,0	0,0	13133,2	107522,7	216703,7	237316,4	192220,3	188295,1	117622,2	0,0	0,0	0,0	1072813,5
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119216,4	153554,7	236149,8	329583,9	419220,6	440335,8	452470,4	414889,9	299160,2	185056,9	139485,0	110464,7	3299588,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148921,1	-85752,8	-6744,0	115659,8	219553,6	221919,8	195614,5	192277,0	78819,0	-12348,7	-52284,9	-125225,5	592566,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	115659,8	219553,6	221919,8	195614,5	192277,0	78819,0	0,0	0,0	0,0	1023843,6
Mahsup Sonrası-	148921,1	85752,8	6744,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12348,7	52284,9	125225,5	431277,1
Satış	0,0	0,0	0,0	115659,8	219553,6	221919,8	195614,5	192277,0	78819,0	0,0	0,0	0,0	1023843,6
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118262,6	152326,2	234260,6	326947,3	415866,8	436813,1	448850,7	411570,8	296766,9	183576,4	138369,2	109580,9	3273191,6
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-122545,6	-82111,6	45067,7	202110,7	320807,3	318579,9	312629,1	274479,9	166393,1	56380,1	-13382,5	15137,2	1493545,3
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	45067,7	202110,7	320807,3	318579,9	312629,1	274479,9	166393,1	56380,1	0,0	15137,2	1711585,1
Mahsup Sonrası-	122545,6	82111,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13382,5	0,0	218039,8
Satış	0,0	0,0	45067,7	202110,7	320807,3	318579,9	312629,1	274479,9	166393,1	56380,1	0,0	15137,2	1711585,1
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117316,5	151107,6	232386,5	324331,7	412539,9	433318,6	445259,9	408278,3	294392,8	182107,8	137262,2	108704,3	3247006,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18827,4	510,0	51654,8	185341,5	302421,1	304373,2	244671,7	165736,4	277325,8	5355,7	-81479,9	-145874,7	1291208,1
Mahsup Sonrası+	0,0	510,0	51654,8	185341,5	302421,1	304373,2	244671,7	165736,4	277325,8	5355,7	0,0	0,0	1537390,0
Mahsup Sonrası-	18827,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81479,9	145874,7	246181,9
Satış	0,0	510,0	51654,8	185341,5	302421,1	304373,2	244671,7	165736,4	277325,8	5355,7	0,0	0,0	1537390,0
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116378,0	149898,8	230527,4	321737,0	409239,6	429852,1	441697,8	405012,0	292037,6	180651,0	136164,1	107834,7	3221030,0
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-141352,5	-64812,0	-53611,2	124440,2	230024,2	212838,5	243438,4	173396,6	106544,7	18921,9	-11913,3	-147189,3	690726,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	124440,2	230024,2	212838,5	243438,4	173396,6	106544,7	18921,9	0,0	0,0	1109604,3
Mahsup Sonrası-	141352,5	64812,0	53611,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11913,3	147189,3	418878,3
Satış	0,0	0,0	0,0	124440,2	230024,2	212838,5	243438,4	173396,6	106544,7	18921,9	0,0	0,0	1109604,3

Tablo 5.13'teki toplam üretim miktarı 16423291,2 kWh, şebekeye yapılan elektrik satışı 6514287,8 kWh ve fatura edilen elektrik tüketimi 1867120,5 kWh olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.13 Eğim açısı β=26° ve azimut açısı γ=45° olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu

3 MWp (β=26°, γ=45°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	119930,3	154858,2	242214,9	346342,9	434044,2	445568,3	450901,2	411932,2	296472,8	184587,4	139940,5	110841,9	3337634,9
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-145593,8	-85334,2	17293,9	121623,7	228146,5	238997,8	187002,1	181991,4	112522,3	-55134,1	-91464,8	-176515,5	533535,3
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	17293,9	121623,7	228146,5	238997,8	187002,1	181991,4	112522,3	0,0	0,0	0,0	1087577,7
Mahsup Sonrası-	145593,8	85334,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55134,1	91464,8	176515,5	554042,5
Satış	0,0	0,0	17293,9	121623,7	228146,5	238997,8	187002,1	181991,4	112522,3	0,0	0,0	0,0	1087577,7
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	118970,8	153619,3	240277,2	343572,1	430571,9	442003,7	447294,0	408636,8	294101,1	183110,7	138821,0	109955,2	3310933,8
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-149166,6	-85688,2	-2616,6	129648,0	230904,8	223587,7	190438,1	186023,8	73759,9	-14294,9	-52949,0	-125735,0	603912,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	129648,0	230904,8	223587,7	190438,1	186023,8	73759,9	0,0	0,0	0,0	1034362,3
Mahsup Sonrası-	149166,6	85688,2	2616,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14294,9	52949,0	125735,0	430450,3
Satış	0,0	0,0	0,0	129648,0	230904,8	223587,7	190438,1	186023,8	73759,9	0,0	0,0	0,0	1034362,3
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118019,1	152390,4	238355,0	340823,6	427127,3	438467,7	443715,7	405367,7	291748,3	181645,8	137710,4	109075,5	3284446,3
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-122789,2	-82047,5	49162,2	215987,0	332067,7	320234,5	307494,1	268276,7	161374,5	54449,5	-14041,3	14631,8	1504800,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	49162,2	215987,0	332067,7	320234,5	307494,1	268276,7	161374,5	54449,5	0,0	15377,6	1724423,9
Mahsup Sonrası-	122789,2	82047,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14041,3	0,0	218878,0
Satış	0,0	0,0	49162,2	215987,0	332067,7	320234,5	307494,1	268276,7	161374,5	54449,5	0,0	15377,6	1724423,9
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117074,9	151171,3	236448,1	338097,0	423710,3	434960,0	440165,9	402124,7	289414,3	180192,6	136608,7	108202,9	3258170,8
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-19069,0	573,6	55716,4	199106,8	313591,5	306014,5	239577,8	159582,8	272347,3	3440,5	-82133,4	-146376,0	1302372,8
Mahsup Sonrası+	0,0	573,6	55716,4	199106,8	313591,5	306014,5	239577,8	159582,8	272347,3	3440,5	0,0	0,0	1549951,2
Mahsup Sonrası-	19069,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82133,4	146376,0	247578,4
Satış	0,0	573,6	55716,4	199106,8	313591,5	306014,5	239577,8	159582,8	272347,3	3440,5	0,0	0,0	1549951,2
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116138,3	149961,9	234556,6	335392,2	420320,6	431480,3	436644,6	398907,7	287099,0	178751,1	135515,9	107337,3	3232105,4
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-141592,2	-64748,9	-49582,0	138095,3	241105,2	214466,7	238385,2	167292,3	101606,1	17022,0	-12561,6	-147686,7	701801,3
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	138095,3	241105,2	214466,7	238385,2	167292,3	101606,1	17022,0	0,0	0,0	1117972,7
Mahsup Sonrası-	141592,2	64748,9	49582,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12561,6	147686,7	416171,4
Satış	0,0	0,0	0,0	138095,3	241105,2	214466,7	238385,2	167292,3	101606,1	17022,0	0,0	0,0	1117972,7

Tablo 5.14 Azimut açısının (γ) değişimine bağlı olarak 3 MWp GES için aylık mahsuplaşma ve üretim değerleri

		Şebekeye Satış Yapılan Elektrik kWh	Şebekeye Fatura Edilen Elektrik kWh	Üretilen Elektrik kWh	Tüketilen Elektrik kWh	Panel Sayısı	Diziler arasındaki mesafe katsayısı (d)
Eğim Açısı (β=26°)	Azimut Açısı γ=-45°	6455236,6	1865092,3	16367014,0	11776869,7	5472	2,1
	Azimut Açısı γ=-30°	6528347,8	1852781,3	16452436,2	11776869,7	5472	2,1
	Azimut Açısı γ=-15°	6575928,6	1845204,6	16507593,7	11776869,7	5472	2,1
	Azimut Açısı γ=0°	6599837,9	1842920,3	16533787,3	11776869,7	5472	2,1
	Azimut Açısı γ=15°	6600171,5	1846298,5	16530742,7	11776869,7	5472	2,1
	Azimut Açısı γ=30°	6572909,8	1854591,0	16495188,5	11776869,7	5472	2,1
	Azimut Açısı γ=45°	6514287,8	1867120,5	16423291,2	11776869,7	5472	2,1

Tablo 5.14'te azimut açısının 0° olduğu durumda maksimum üretim ve satış gerçekleşirken, açının doğuya (−45°) veya batıya (+45°) kaymasıyla birlikte üretimde ve satışta azalma gözlemlenmiştir. Bu durum, optimum panel yöneliminin santral verimliliği üzerindeki belirleyici etkisini ortaya koymaktadır.

Tablo 5.15 Azimut açısının (γ) değişimine bağlı olarak 3 MWp GES sisteminin ekonomik performans karşılaştırması

		Kurulum Maliyeti (USD)	5 Yıllık Toplam Elektrik Satış Miktarı (kWh)	Satış Geliri (USD)	5 Yıllık Toplam Elektrik Fatura Miktarı (kWh)	Fatura Gideri (USD)	5 Yıllık Toplam Faydalanılan Tüketilen Elektrik (kWh)	Faydalanılan Tüketilen Geliri(USD)	5 Yıllık Toplam Net Getiri (USD)
Eğim Açısı (β=26°)	Azimut Açısı γ=-45°	2.274.000,0	6455236,6	858.546,5	1865092,3	238.731,8	11776869,7	1.507.439,3	2.127.254,0
	Azimut Açısı γ=-30°	2.274.000,0	6528347,8	868.270,3	1852781,3	237.156,0	11776869,7	1.507.439,3	2.138.553,6
	Azimut Açısı γ=-15°	2.274.000,0	6575928,6	874.598,5	1845204,6	236.186,2	11776869,7	1.507.439,3	2.145.851,6
	Azimut Açısı γ=0°	2.274.000,0	6599837,9	877.778,4	1842920,3	235.893,8	11776869,7	1.507.439,3	2.149.324,0
	Azimut Açısı γ=15°	2.274.000,0	6600171,5	877.822,8	1846298,5	236.326,2	11776869,7	1.507.439,3	2.148.935,9
	Azimut Açısı γ=30°	2.274.000,0	6572909,8	874.197,0	1854591,0	237.387,6	11776869,7	1.507.439,3	2.144.248,7
	Azimut Açısı γ=45°	2.274.000,0	6514287,8	866.400,3	1867120,5	238.991,4	11776869,7	1.507.439,3	2.134.848,2

Tablo 5.15'te sabit kurulum maliyeti altında, en yüksek net getiri 0° azimut açısıyla elde edilmiştir. Azimut açısının bu değerden sapmasıyla birlikte satış gelirleri ve

fatura tasarrufları azalarak net getiride düşüş yaşanmıştır. En düşük ekonomik performans ise -45° ve +45° azimut açılarında gözlemlenmiştir.

Tablo 5.16 Azimut açısının (γ) değişimine bağlı olarak 3 MWp GES sisteminin ekonomik geri ödeme süresi analizi

		5 Yıllık Toplam Net Getiri (USD)	Yıllık Ortalama Net Getiri (USD)	Kurulum Maliyeti (USD)	İşletme Bakım Maliyeti (USD)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Eğim Açısı (β=26°)	Azimut Açısı γ=-45°	2.127.254,0	425.450,8	2.274.000,0	39.000,0	5,88
	Azimut Açısı γ=-30°	2.138.553,6	427.710,7	2.274.000,0	39.000,0	5,85
	Azimut Açısı γ=-15	2.145.851,6	429.170,3	2.274.000,0	39.000,0	5,83
	Azimut Açısı γ=0°	2.149.324,0	429.864,8	2.274.000,0	39.000,0	5,82
	Azimut Açısı γ=15°	2.148.935,9	429.787,2	2.274.000,0	39.000,0	5,82
	Azimut Açısı γ=30°	2.144.248,7	428.849,7	2.274.000,0	39.000,0	5,83
	Azimut Açısı γ=45°	2.134.848,2	426.969,6	2.274.000,0	39.000,0	5,86

Tablo 5.16'da yıllık ortalama net getiri ve geri ödeme süresi analiz edilmiştir. En kısa geri ödeme süresi 0° ve +15° azimut açıları için 5,82 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu açıların ekonomik açıdan optimum yönelim olduğu görülmektedir. Geri ödeme süresi azimut açısındaki sapma arttıkça uzamaktadır. Örneğin, -45° azimut açısında geri ödeme süresi 5,88 yıla kadar yükselmektedir.

İkinci Durum: Azimut açısı sabit (γ=0°) bırakılarak, eğim açısı 26° ile 56° arasında 5° aralıklarla değiştirilmektedir. Böylece, panel eğim açısının yıllık enerji üretimi üzerindeki etkisi sistematik bir biçimde değerlendirilmiştir.

Örnek; Tablo 5.17'de azimut açısı γ=0° ve eğim açısı β=31° olan; Tablo 5.18'de ise azimut açısı yine γ=0° ancak eğim açısı β=56° olarak belirlenen sistem düzenlemelerine ait, satış kısıtlamasının uygulandığı koşullarda aylık bazda gerçekleşen enerji mahsuplaşma değerleri detaylı biçimde sunulmuştur.

Tablo 5.17'de veriler doğrultusunda; sistemin toplam elektrik üretimi 16299486,7 kWh olarak gerçekleşmiştir. Bu üretimin 6407375,3 kWh'lik kısmı şebekeye satılmış, 1884758,4 kWh'lik kısmı ise doğrudan tüketilerek faturalandırılmıştır.

Tablo 5.17 Azimut Açısı γ=0° ve eğim açısı β=31° olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu

3 MWp (γ=0° , β=31°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	119141,9	153907,1	240560,1	337881,1	424776,2	439523,6	449720,6	414492,7	298712,2	184336,3	139375,2	110047,8	3312474,6
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-146382,2	-86285,4	15639,0	113161,9	218878,5	232953,1	185821,4	184551,9	114761,7	-55385,2	-92030,1	-177309,6	508375,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	15639,0	113161,9	218878,5	232953,1	185821,4	184551,9	114761,7	0,0	0,0	0,0	1065767,5
Mahsup Sonrası-	146382,2	86285,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55385,2	92030,1	177309,6	557392,5
Satış	0,0	0,0	15639,0	113161,9	218878,5	232953,1	185821,4	184551,9	114761,7	0,0	0,0	0,0	1065767,5
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	118188,8	152675,8	238635,6	335178,0	421378,0	436007,4	446122,8	411176,7	296322,5	182861,6	138260,2	109167,5	3285974,8
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-149948,7	-86631,7	-4258,2	121253,9	221710,9	217591,4	189266,8	188563,7	75981,4	-14544,0	-53509,8	-126522,7	578953,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	121253,9	221710,9	217591,4	189266,8	188563,7	75981,4	0,0	0,0	0,0	1014368,1
Mahsup Sonrası-	149948,7	86631,7	4258,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14544,0	53509,8	126522,7	435415,1
Satış	0,0	0,0	0,0	121253,9	221710,9	217591,4	189266,8	188563,7	75981,4	0,0	0,0	0,0	1014368,1
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	117243,2	151454,4	236726,5	332496,6	418006,9	432519,4	442553,8	407887,3	293951,9	181398,7	137154,1	108294,1	3259687,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-123565,0	-82983,4	47533,7	207660,1	322947,4	314286,1	306332,3	270796,4	163578,2	54202,4	-14597,6	13850,4	1480040,8
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	47533,7	207660,1	322947,4	314286,1	306332,3	270796,4	163578,2	54202,4	0,0	13850,4	1701186,8
Mahsup Sonrası-	123565,0	82983,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14597,6	0,0	221146,1
Satış	0,0	0,0	47533,7	207660,1	322947,4	314286,1	306332,3	270796,4	163578,2	54202,4	0,0	13850,4	1701186,8
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	116305,3	150242,8	234832,7	329836,6	414662,9	429059,2	439013,4	404624,2	291600,3	179947,5	136056,9	107427,8	3233609,5
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-19838,6	-354,9	54101,0	190846,5	304544,1	300113,7	238425,2	162082,3	274533,3	3195,4	-82685,2	-147151,2	1277811,6
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	54101,0	190846,5	304544,1	300113,7	238425,2	162082,3	274533,3	3195,4	0,0	0,0	1527841,5
Mahsup Sonrası-	19838,6	354,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82685,2	147151,2	250029,9
Satış	0,0	0,0	54101,0	190846,5	304544,1	300113,7	238425,2	162082,3	274533,3	3195,4	0,0	0,0	1527841,5
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	115374,9	149040,8	232954,0	327197,9	411345,6	425626,7	435501,3	401387,2	289267,5	178507,9	134968,4	106568,3	3207740,7
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-142355,7	-65669,9	-51184,5	129901,0	232130,2	208613,1	237241,9	169771,7	103774,6	16778,8	-13109,0	-148455,7	677436,6
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	129901,0	232130,2	208613,1	237241,9	169771,7	103774,6	16778,8	0,0	0,0	1098211,4
Mahsup Sonrası-	142355,7	65669,9	51184,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13109,0	148455,7	420774,8
Satış	0,0	0,0	0,0	129901,0	232130,2	208613,1	237241,9	169771,7	103774,6	16778,8	0,0	0,0	1098211,4

Tablo 5.18'de sistemin toplam elektrik üretimi 14335743,2 kWh olarak kaydedilmiştir. Bu üretimin 4833324,5 kWh'ı şebekeye satılırken, 2274451,0 kWh'lık bölümü doğrudan tüketim için kullanılarak faturalandırılmıştır.

Tablo 5.18 Azimut Açısı γ=0° ve eğim açısı β=56° olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu

3 MWp (γ=0° , β=56°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	105904,0	137148,0	215335,1	298703,5	369242,7	379192,9	390349,6	365429,9	266169,0	163902,0	124446,9	97567,8	2913391,5
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-159620,0	-103044,5	-9586,0	73984,3	163345,0	172622,4	126450,5	135489,1	82218,4	-75819,5	-106958,4	-189789,6	109291,8
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	73984,3	163345,0	172622,4	126450,5	135489,1	82218,4	0,0	0,0	0,0	754109,8
Mahsup Sonrası-	159620,0	103044,5	9586,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75819,5	106958,4	189789,6	644818,0
Satış	0,0	0,0	0,0	73984,3	163345,0	172622,4	126450,5	135489,1	82218,4	0,0	0,0	0,0	754109,8
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	105056,8	136050,8	213612,4	296313,9	366288,8	376159,3	387226,8	362506,5	264039,6	162590,8	123451,3	96787,3	2890084,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-163080,6	-103256,7	-29281,4	82389,8	166621,8	157743,3	130370,9	139893,5	43698,5	-34814,7	-68318,7	-138902,9	183062,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	82389,8	166621,8	157743,3	130370,9	139893,5	43698,5	0,0	0,0	0,0	720717,7
Mahsup Sonrası-	163080,6	103256,7	29281,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34814,7	68318,7	138902,9	537655,1
Satış	0,0	0,0	0,0	82389,8	166621,8	157743,3	130370,9	139893,5	43698,5	0,0	0,0	0,0	720717,7
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	104216,4	134962,4	211903,5	293943,4	363358,5	373150,0	384129,0	359606,4	261927,3	161290,1	122463,7	96013,0	2866963,7
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-136591,9	-99475,5	22710,7	169106,9	268298,9	254916,8	247907,5	222515,5	131553,5	34093,8	-29288,0	1569,2	1087317,4
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	22710,7	169106,9	268298,9	254916,8	247907,5	222515,5	131553,5	34093,8	0,0	1569,2	1352672,8
Mahsup Sonrası-	136591,9	99475,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29288,0	0,0	265355,4
Satış	0,0	0,0	22710,7	169106,9	268298,9	254916,8	247907,5	222515,5	131553,5	34093,8	0,0	1569,2	1352672,8
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	103382,6	133882,7	210208,3	291591,8	360451,6	370164,8	381056,0	356729,6	259831,9	159999,8	121484,0	95244,9	2844028,0
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-32761,3	-16715,0	29476,6	152601,7	250332,8	241219,4	180467,8	114187,7	242764,9	-16752,3	-97258,1	-159334,1	888230,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	29476,6	152601,7	250332,8	241219,4	180467,8	114187,7	242764,9	0,0	0,0	0,0	1211050,8
Mahsup Sonrası-	32761,3	16715,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16752,3	97258,1	159334,1	322820,8
Satış	0,0	0,0	29476,6	152601,7	250332,8	241219,4	180467,8	114187,7	242764,9	0,0	0,0	0,0	1211050,8
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	102555,6	132811,6	208526,6	289259,1	357568,0	367203,5	378007,5	353875,7	257753,2	158719,8	120512,1	94482,9	2821275,7
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-155175,0	-81899,1	-75612,0	91962,2	178352,6	150189,9	179748,1	122260,3	72260,4	-3009,3	-27565,3	-160541,1	290971,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	91962,2	178352,6	150189,9	179748,1	122260,3	72260,4	-3009,3	0,0	0,0	791764,1
Mahsup Sonrası-	155175,0	81899,1	75612,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3009,3	27565,3	160541,1	503801,8
Satış	0,0	0,0	0,0	91962,2	178352,6	150189,9	179748,1	122260,3	72260,4	0,0	0,0	0,0	794773,5

Tablo 5.19 Azimut açısı γ=0° ve farklı eğim açıları için üretilen, satılan ve tüketilen elektrik miktarları ile panel yerleşim parametreleri

		Şebekeye Satış Yapılan Elektrik kWh	Şebekeye Fatura Edilen Elektrik kWh	Üretilen Elektrik kWh	Tüketilen Elektrik kWh	Panel Sayısı	Diziler arasındaki mesafe katsayısı (d)
Azimut Açısı γ=0°	Eğim Açısı (β=26°)	6599837,9	1842920,3	16533787,3	11776869,7	5472	2,10
	Eğim Açısı (β=31°)	6407375,3	1884758,4	16299486,7	11776869,7	5472	1,86
	Eğim Açısı (β=36°)	6169906,3	1938565,8	16008210,2	11776869,7	5472	1,72
	Eğim Açısı (β=41°)	5891366,9	2005560,3	15662676,3	11776869,7	5472	1,62
	Eğim Açısı (β=46°)	5573397,0	2082097,3	15268169,5	11776869,7	5472	1,58
	Eğim Açısı (β=51°)	5218832,3	2170872,3	14824829,8	11776869,7	5472	1,53
	Eğim Açısı (β=56°)	4833324,5	2274451,0	14335743,2	11776869,7	5472	1,52

Tablo 5.19'da eğim açısının artmasıyla birlikte, toplam üretilen elektrik ve şebekeye satış yapılan elektrik miktarlarında belirgin bir azalma gözlemlenmektedir. Öte yandan, şebekeden fatura edilen elektrik miktarı eğim açısı arttıkça artış göstermektedir. Bu durum, daha dik eğim açılarıyla panel verimliliğinin ve üretiminin azaldığını, dolayısıyla şebekeden alınan elektrik ihtiyacının yükseldiğini göstermektedir. Ayrıca, diziler arasındaki mesafe katsayısının eğim açısına bağlı olarak azaldığı, yani panellerin daha sık yerleştirildiği anlaşılmaktadır.

Tablo 5.20 Azimut açısı γ=0° sabitken farklı eğim açılarına göre 5 yıllık ekonomik performans göstergeleri

		Kurulum Maliyeti (USD)	5 Yıllık Toplam Elektrik Satış Miktarı (kWh)	Satış Geliri (USD)	5 Yıllık Toplam Elektrik Fatura Miktarı (kWh)	Fatura Gideri (USD)	5 Yıllık Toplam Faydalanılan Tüketilen Elektrik (kWh)	Faydalanılan Tüketilen Geliri(USD)	5 Yıllık Toplam Net Getiri (USD)
Azimut Açısı γ=0°	Eğim Açısı (β=26°)	2.274.000,0	6599837,9	877.778,4	1842920,3	235.893,8	11776869,7	1.507.439,3	2.149.324,0
	Eğim Açısı (β=31°)	2.274.000,0	6407375,3	852.180,9	1884758,4	241.249,1	11776869,7	1.507.439,3	2.118.371,2
	Eğim Açısı (β=36°)	2.274.000,0	6169906,3	820.597,5	1938565,8	248.136,4	11776869,7	1.507.439,3	2.079.900,4
	Eğim Açısı (β=41°)	2.274.000,0	5891366,9	783.551,8	2005560,3	256.711,7	11776869,7	1.507.439,3	2.034.279,4
	Eğim Açısı (β=46°)	2.274.000,0	5573397,0	741.261,8	2082097,3	266.508,4	11776869,7	1.507.439,3	1.982.192,7
	Eğim Açısı (β=51°)	2.274.000,0	5218832,3	694.104,7	2170872,3	277.871,7	11776869,7	1.507.439,3	1.923.672,4
	Eğim Açısı (β=56°)	2.274.000,0	4833324,5	642.832,2	2274451,0	291.129,7	11776869,7	1.507.439,3	1.859.141,7

Tablo 5.20'de kurulum maliyeti sabit olmakla birlikte; elektrik satış miktarı, satış geliri, şebekeye fatura edilen elektrik miktarı ve buna bağlı giderler ile faydalanılan tüketimin getirisi dikkate alınarak net getiri değerleri hesaplanmıştır. Eğim açısı arttıkça, şebekeye satılan elektrik miktarı azaldığından, toplam satış geliri ve net getiri düşüş göstermektedir.

Tablo 5.21 Farklı eğim açılarına göre 3 MW GES sisteminin 5 yıllık net getiri ve geri ödeme süresi analizi

		5 Yıllık Toplam Net Getiri (USD)	Yıllık Ortalama Net Getiri (USD)	Kurulum Maliyeti (USD)	İşletme Bakım Maliyeti (USD)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Azimut Açısı γ=0°	Eğim Açısı (β=26°)	2.149.324,0	429.864,8	2.274.000,0	39.000,0	5,82
	Eğim Açısı (β=31°)	2.118.371,2	423.674,2	2.274.000,0	39.000,0	5,91
	Eğim Açısı (β=36°)	2.079.900,4	415.980,1	2.274.000,0	39.000,0	6,03
	Eğim Açısı (β=41°)	2.034.279,4	406.855,9	2.274.000,0	39.000,0	6,18
	Eğim Açısı (β=46°)	1.982.192,7	396.438,5	2.274.000,0	39.000,0	6,36
	Eğim Açısı (β=51°)	1.923.672,4	384.734,5	2.274.000,0	39.000,0	6,58
	Eğim Açısı (β=56°)	1.859.141,7	371.828,3	2.274.000,0	39.000,0	6,83

Tablo 5.21'de en yüksek ekonomik kazanç, 2.149.324 USD net getirisi ve 5,82 yıl geri ödeme süresiyle β=26° eğim açısında elde edilmiştir. Eğim açısı arttıkça üretim verimliliğinde düşüş yaşanmış ve bu durum net gelirleri azaltarak geri ödeme süresini uzatmıştır. En düşük performans ise β=56° eğim açısında gözlenmiş; bu durumda net getiri 1.859.141,7 USD'ye gerilemiş, geri ödeme süresi ise 6,83 yıla kadar uzamıştır.

Üçüncü Durum: Tablo 4.3'te verilen farklı inverter kapasiteleri (250 kW, 100 kW ve 60 kW) ile Tablo 4.1'de belirtilen panel güç değerleri (320 W, 345 W, 545 W) temel alınarak sistem bileşenlerinin teknik özellikleri ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Bu kapsamda, invertör ve panel seçimlerinin santral tasarımına olan etkileri analiz edilmiş hem teknik uygunluğu hem de ekonomik verimliliği değerlendirilmiştir.

Örnek; Tablo 5.22'de, 250 kW gücünde inverter ve 320 W panellerden oluşan sistem tasarımına ait; Tablo 5.23'te ise yine 250 kW inverter ile 345 W paneller kullanılan sistem tasarımına ilişkin, satış kısıtlaması altında aylık bazda gerçekleşen enerji mahsuplaşma değerleri ayrıntılı olarak sunulmaktadır.

Tablo 5.22'de yer alan verilere göre, sistemin toplam elektrik üretimi 16573043,0 kWh olarak gerçekleşmiştir. Bu miktarın 6626031,3 kWh'lik kısmı şebekeye satış amacıyla aktarılırken, 1829858,0 kWh'lik bölümü doğrudan tüketim kapsamında değerlendirilerek faturalandırılmıştır.

Tablo 5.22 İnverter 250 kW ve Panel 320 W olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu

3 MWp (İnverter=250kW Panel=320W) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	121040,2	156602,3	244407,6	344119,8	432735,8	447610,4	457501,9	419065,3	303301,9	187731,1	141854,8	112097,1	3368068,3
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-144483,9	-83590,1	19486,6	119400,6	226838,1	241039,9	193602,8	189124,6	119351,3	-51990,4	-89550,5	-175260,3	563968,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	19486,6	119400,6	226838,1	241039,9	193602,8	189124,6	119351,3	0,0	0,0	0,0	1108843,9
Mahsup Sonrası-	144483,9	83590,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51990,4	89550,5	175260,3	544875,3
Satış	0,0	0,0	19486,6	119400,6	226838,1	241039,9	193602,8	189124,6	119351,3	0,0	0,0	0,0	1108843,9
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	120071,8	155349,5	242452,4	341366,9	429274,0	444029,5	453841,9	415712,8	300875,5	186229,3	140719,9	111200,3	3341123,8
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148065,6	-83958,0	-441,4	127442,7	229606,9	225613,4	196986,0	193099,8	80534,3	-11176,3	-51050,1	-124489,9	634102,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	127442,7	229606,9	225613,4	196986,0	193099,8	80534,3	0,0	0,0	0,0	1053283,2
Mahsup Sonrası-	148065,6	83958,0	441,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11176,3	51050,1	124489,9	419181,2
Satış	0,0	0,0	0,0	127442,7	229606,9	225613,4	196986,0	193099,8	80534,3	0,0	0,0	0,0	1053283,2
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	119111,3	154106,7	240512,8	338635,9	425839,8	440477,2	450211,2	412387,1	298468,5	184739,5	139594,2	110310,7	3314394,8
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-121697,0	-80331,1	51319,9	213799,4	330780,2	322244,0	313989,6	275296,2	168094,7	57543,1	-12157,5	15867,0	1534748,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	51319,9	213799,4	330780,2	322244,0	313989,6	275296,2	168094,7	57543,1	0,0	15867,0	1748934,2
Mahsup Sonrası-	121697,0	80331,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12157,5	0,0	214185,7
Satış	0,0	0,0	51319,9	213799,4	330780,2	322244,0	313989,6	275296,2	168094,7	57543,1	0,0	15867,0	1748934,2
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	118158,4	152873,9	238588,7	335926,9	422433,0	436953,4	446609,5	409088,0	296080,7	183261,5	138477,4	109428,3	3287879,6
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-17985,5	2276,2	57857,0	196936,7	312314,2	308007,9	246021,3	166546,1	279013,7	6509,4	-80264,7	-145150,7	1332081,7
Mahsup Sonrası+	0,0	2276,2	57857,0	196936,7	312314,2	308007,9	246021,3	166546,1	279013,7	6509,4	0,0	0,0	1575482,6
Mahsup Sonrası-	17985,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80264,7	145150,7	243400,9
Satış	0,0	2276,2	57857,0	196936,7	312314,2	308007,9	246021,3	166546,1	279013,7	6509,4	0,0	0,0	1575482,6
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	117213,1	151650,9	236680,0	333239,4	419053,6	433457,8	443036,6	405815,3	293712,1	181795,4	137369,6	108552,8	3261576,6
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-140517,4	-63059,9	-47458,6	135942,6	239838,2	216444,2	244777,2	174199,8	108219,2	20066,3	-10707,9	-146471,2	731272,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	135942,6	239838,2	216444,2	244777,2	174199,8	108219,2	20066,3	0,0	0,0	1139487,4
Mahsup Sonrası-	140517,4	63059,9	47458,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10707,9	146471,2	408214,9
Satış	0,0	0,0	0,0	135942,6	239838,2	216444,2	244777,2	174199,8	108219,2	20066,3	0,0	0,0	1139487,4

Tablo 5.23'te sistemin toplam elektrik üretimi 16661796,5 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu üretimin 6720756,5 kWh'ı şebekeye satış olarak yönlendirilmiş, 1835829,7 kWh'ı ise doğrudan fatura edilmiştir.

Tablo 5.23 İnverter 250 kW ve Panel 345 W olan sistem için satış kısıtlaması durumunda aylık mahsuplaşma tablosu

3 MWp (İnverter=250kW Panel=345W) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120332,9	156267,2	244236,2	344962,1	435444,5	451634,2	461724,0	424361,0	305318,5	188377,1	141717,6	111730,0	3386105,3
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-145191,2	-83925,3	19315,2	120242,9	229546,8	245063,7	197824,9	194420,3	121367,9	-51344,4	-89687,7	-175627,4	582005,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	19315,2	120242,9	229546,8	245063,7	197824,9	194420,3	121367,9	0,0	0,0	0,0	1127781,7
Mahsup Sonrası-	145191,2	83925,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51344,4	89687,7	175627,4	545776,0
Satış	0,0	0,0	19315,2	120242,9	229546,8	245063,7	197824,9	194420,3	121367,9	0,0	0,0	0,0	1127781,7
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119370,2	155017,0	242282,3	342202,4	431961,0	448021,1	458030,2	420966,1	302875,9	186870,1	140583,9	110836,2	3359016,5
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148767,3	-84290,5	-611,5	128278,3	232294,0	229605,0	201174,3	198353,2	82534,8	-10535,5	-51186,1	-124854,0	651994,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	128278,3	232294,0	229605,0	201174,3	198353,2	82534,8	0,0	0,0	0,0	1072239,5
Mahsup Sonrası-	148767,3	84290,5	611,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10535,5	51186,1	124854,0	420244,8
Satış	0,0	0,0	0,0	128278,3	232294,0	229605,0	201174,3	198353,2	82534,8	0,0	0,0	0,0	1072239,5
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118415,2	153776,9	240344,0	339464,8	428505,3	444436,9	454366,0	417598,4	300452,9	185375,1	139459,2	109949,5	3332144,3
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-122393,0	-80660,9	51151,2	214628,3	333445,7	326203,7	318144,4	280507,5	170079,1	58178,8	-12292,5	15505,7	1552498,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	51151,2	214628,3	333445,7	326203,7	318144,4	280507,5	170079,1	58178,8	0,0	15505,7	1767844,5
Mahsup Sonrası-	122393,0	80660,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12292,5	0,0	215346,5
Satış	0,0	0,0	51151,2	214628,3	333445,7	326203,7	318144,4	280507,5	170079,1	58178,8	0,0	15505,7	1767844,5
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117467,9	152546,7	238421,3	336749,1	425077,3	440881,4	450731,0	414257,6	298049,3	183892,1	138343,5	109069,9	3305487,2
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18676,0	1949,0	57689,6	197758,9	314958,4	311936,0	250142,9	171715,7	280982,3	7140,0	-80398,5	-145509,1	1349689,2
Mahsup Sonrası+	0,0	1949,0	57689,6	197758,9	314958,4	311936,0	250142,9	171715,7	280982,3	7140,0	0,0	0,0	1594272,8
Mahsup Sonrası-	18676,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80398,5	145509,1	244583,6
Satış	0,0	1949,0	57689,6	197758,9	314958,4	311936,0	250142,9	171715,7	280982,3	7140,0	0,0	0,0	1594272,8
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116528,2	151326,3	236513,9	334055,1	421676,6	437354,4	447125,2	410943,6	295664,9	182421,0	137236,8	108197,3	3279043,3
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-141202,4	-63384,4	-47624,6	136758,2	242461,2	220340,8	248865,8	179328,1	110172,0	20691,9	-10840,7	-146826,7	748739,2
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	136758,2	242461,2	220340,8	248865,8	179328,1	110172,0	20691,9	0,0	0,0	1158618,0
Mahsup Sonrası-	141202,4	63384,4	47624,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10840,7	146826,7	409878,8
Satış	0,0	0,0	0,0	136758,2	242461,2	220340,8	248865,8	179328,1	110172,0	20691,9	0,0	0,0	1158618,0

Tablo 5.24 İnverter ve panel özelliklerine göre enerji üretimi ve tüketim değerleri

İnverter Özellikleri	Panel Özellikleri	Şebekeye Satış Yapılan Elektrik kWh	Şebekeye Fatura Edilen Elektrik kWh	Üretilen Elektrik kWh	Tüketilen Elektrik kWh	Panel Sayısı	İnverter Sayısı	Ns	Np
250kW	545 W	6599837,9	1842920,3	16533787,3	11776869,7	5472	12	24	19
	320 W	6626031,3	1829858,0	16573043,0	11776869,7	9360	12	30	26
	345 W	6720756,5	1835829,7	16661796,5	11776869,7	8736	14	26	24
100kW	545 W	6599841,0	1842892,8	16533817,9	11776869,7	5472	32	19	9
	320 W	6626031,3	1829858,0	16573043,0	11776869,7	9360	30	26	12
	345 W	6720756,5	1835829,7	16661796,5	11776869,7	8736	32	21	13
60kW	545 W	6586334,7	1846151,7	16517052,7	11776869,7	5472	57	16	6
	320 W	6612316,8	1833108,7	16556077,8	11776869,7	9360	52	15	12
	345 W	6707223,4	1838847,2	16645246,0	11776869,7	8736	52	12	14

Tablo 5.24'te tablo incelendiğinde, panel gücü ile toplam üretilen elektrik enerjisi arasında doğrudan doğrusal bir artış eğilimi olmadığı görülmektedir. Örneğin, 250 kW inverter gücüne sahip sistemde 345 W panel kullanılması durumunda, toplam elektrik üretimi 16661796,5 kWh ile en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Benzer şekilde, aynı panel gücü için inverter gücü azaldıkça inverter sayısının arttığı ve sistem dizilim parametreleri serilerdeki panel sayısı Ns ve paralel dizilerdeki panel sayısı Np değişiklik gösterdiği görülmektedir.

Montaj yükü açısından değerlendirildiğinde, sistem tasarımında inverter gücünün sabit tutulduğu senaryolarda, panel gücündeki değişimlerin panel sayısı ve inverter sayısı üzerinde doğrudan etkili olduğu gözlemlenmektedir. Örneğin, 250 kW inverter gücü sabit tutulduğunda, 545 W panellerle çalışan bir sistemde 5472 adet panel ve 12 inverter yeterli olurken; panel gücünün 345 W'a düşmesi durumunda, aynı enerji çıktısını sağlamak için 8736 panel ve 14 invertere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, inverter gücü sabitken panel gücünün azalması hem panel sayısında hem de inverter sayısında artışa neden olmakta, dolayısıyla montaj yükünü artırmaktadır. İnverter sayısındaki bu artış, sistemin elektriksel altyapısının karmaşıklığını artırmakta ve yatırım maliyeti ile bakım gereksinimlerini doğrudan etkilemektedir.

Şebekeye satış yapılan elektrik ve faturalandırılan elektrik tüketim değerleri, panel ve inverter güçlerine bağlı olarak küçük farklılıklar göstermektedir. Panel gücü değerlerinin sıralı biçimde artmamasına rağmen, özellikle 345 W panel kullanılan sistemde bu parametrelerin diğer sistem düzenlemelerine kıyasla daha yüksek seviyelerde gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, sistem bileşenlerinin teknik

özelliklerinin enerji üretim performansına doğrudan etki ettiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 5.25 İnverter ve panel güçlerine göre ekonomik performans analizi

İnverter Özellikleri	Panel Özellikleri	Kurulum Maliyeti (USD)	5 Yıllık Toplam Elektrik Satış Miktarı (kWh)	Satış Geliri (USD)	5 Yıllık Toplam Elektrik Fatura Miktarı (kWh)	Fatura Gideri (USD)	5 Yıllık Toplam Faydalanılan Tüketilen Elektrik (kWh)	Faydalanılan Tüketilen Geliri(USD)	5 Yıllık Toplam Net Getiri (USD)
250kW	545 W	2.274.000,0	6599837,9	877.778,4	1842920,3	235.893,8	11776869,7	1.507.439,3	2.149.324,0
	320 W	2.274.000,0	6626031,3	881.262,2	1829858,0	234.221,8	11776869,7	1.507.439,3	2.154.479,7
	345 W	2.274.000,0	6720756,5	893.860,6	1835829,7	234.986,2	11776869,7	1.507.439,3	2.166.313,7
100kW	545 W	2.274.000,0	6599841,0	877.778,9	1842892,8	235.890,3	11776869,7	1.507.439,3	2.149.327,9
	320 W	2.274.000,0	6626031,3	881.262,2	1829858,0	234.221,8	11776869,7	1.507.439,3	2.154.479,7
	345 W	2.274.000,0	6720756,5	893.860,6	1835829,7	234.986,2	11776869,7	1.507.439,3	2.166.313,7
60kW	545 W	2.274.000,0	6586334,7	875.982,5	1846151,7	236.307,4	11776869,7	1.507.439,3	2.147.114,4
	320 W	2.274.000,0	6612316,8	879.438,1	1833108,7	234.637,9	11776869,7	1.507.439,3	2.152.239,5
	345 W	2.274.000,0	6707223,4	892.060,7	1838847,2	235.372,4	11776869,7	1.507.439,3	2.164.127,6

Tablo 5.25'te verileri incelendiğinde, kurulum maliyetlerinin tüm sistemlerde sabit kaldığı görülmektedir. Buna karşın, kullanılan panel gücüne bağlı olarak 5 yıllık toplam elektrik satış miktarı ve dolayısıyla satış gelirlerinde farklılıklar mevcuttur. Özellikle 345 W paneller kullanıldığında, satış miktarı ve satış geliri en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Fatura edilen elektrik tüketimi ve buna bağlı giderler de benzer bir dağılım göstermektedir. En verimli performans 345 W panellerde gözlemlenmiş olup, fatura giderleri hafif bir azalma eğilimi göstermektedir.

Tablo 5.26 İnverter ve panel güçlerine göre geri ödeme süresi analizi

İnverter Özellikleri	Panel Özellikleri	5 Yıllık Toplam Net Getiri (USD)	Yıllık Ortalama Net Getiri (USD)	Kurulum Maliyeti (USD)	İşletme Bakım Maliyeti (USD)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
250kW	545 W	2.149.324,0	429.864,8	2.274.000,0	39.000,0	5,82
	320 W	2.154.479,7	430.895,9	2.274.000,0	39.000,0	5,80
	345 W	2.166.313,7	433.262,7	2.274.000,0	39.000,0	5,77
100kW	545 W	2.149.327,9	429.865,6	2.274.000,0	39.000,0	5,82
	320 W	2.154.479,7	430.895,9	2.274.000,0	39.000,0	5,80
	345 W	2.166.313,7	433.262,7	2.274.000,0	39.000,0	5,77
60kW	545 W	2.147.114,4	429.422,9	2.274.000,0	39.000,0	5,82
	320 W	2.152.239,5	430.447,9	2.274.000,0	39.000,0	5,81
	345 W	2.164.127,6	432.825,5	2.274.000,0	39.000,0	5,77

Tablo 5.26'da tüm sistemlerde kurulum maliyeti ve işletme bakım maliyeti sabit olarak alınmıştır. Özellikle 345 W panel kullanan sistemler, en yüksek net getiri performansını sergilemektedir. Analiz sonuçlarına göre, 345 W panel kullanan sistemler, tüm senaryolar içerisinde en yüksek net getiri performansına sahip seçenekler olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemlerin hem 5 yıllık toplam net getirisi hem de yıllık ortalama net getirisi diğer sistemlere kıyasla daha yüksek gerçekleşmiştir.

6
SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye koşullarında lisanssız güneş enerjisi santrallerinde (GES) sistem tasarım parametrelerinin teknik performans ve ekonomik geri dönüş üzerindeki etkileri ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Azimut ve eğim açıları, panel ve invertör özellikleri ile şebeke satış kısıtlamalarının enerji üretimi, tüketim ve net getiri üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Analiz sonuçları, sistem verimliliği ve ekonomik performansın büyük ölçüde tasarım parametrelerine bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Optimum eğim ve azimut açıları doğru bir şekilde belirlendiğinde, yıllık enerji üretiminde önemli kazanımlar elde edilmektedir. Ayrıca yatırımın geri ödeme süresi kısalmaktadır. Özellikle eğim açısının 26° civarında tutulması, enerji üretimi açısından avantaj sağlamaktadır. Azimut açısının 0°'ye yakın değerlerde tutulması da güneş ışınımının maksimum seviyede alınmasını desteklemektedir.

Panel gücü ve inverter kapasitesi gibi bileşenlerin seçimi de ekonomik performansı doğrudan etkilemektedir. Daha yüksek güç kapasiteli paneller, sistemden elde edilen toplam enerji miktarını artırmakta ve böylece net getiri değerleri yükselmektedir. Ancak bu artış, sadece enerji üretimini değil, aynı zamanda kurulumdaki ekipman sayısını da doğrudan etkilemektedir. Örneğin, daha düşük güçlü panellerin kullanıldığı senaryolarda daha fazla panel ve invertere ihtiyaç duyulmakta; bu da sistemin mekanik montaj yükünü, altyapı karmaşıklığını ve dolaylı olarak bakım maliyetlerini artırmaktadır. İnverter gücündeki değişikliklerin sistem performansına etkisi ise panel gücüne göre daha sınırlı kalmıştır. Bu doğrultuda, yatırım planlamasında panel teknolojisi ve gücünün öncelikli olarak optimize edilmesi gerekmektedir.

Ekonomik analizlerde, sabit kurulum ve işletme maliyetlerine rağmen net getiri artmakta ve geri ödeme süreleri ortalama 5,7 ile 6,8 yıl arasında değişmektedir. İşletme ve bakım maliyetlerinin nispeten düşük olması, lisanssız GES yatırımlarının finansal sürdürülebilirliğini olumlu yönde desteklemektedir.

Çalışma çerçevesinde ele alınan satış kısıtlamaları ve enerji mahsuplaşma uygulamaları, şebekeye satılabilecek elektrik miktarını kısıtlamakta, bu durum doğrudan tüketim miktarını ve faturalandırmayı artırmaktadır. Bu durum, enerji yönetimi ve mevzuat uyumunun yatırımın ekonomik başarısında kritik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, lisanssız GES sistemlerinde teknik parametrelerin doğru bir şekilde belirlenmesi hem enerji üretim verimliliğini artırmakta hem de ekonomik getiriyi en üst düzeye çıkarmaktadır. Türkiye'de lisanssız elektrik üretiminde artan talep ve yenilenebilir enerji politikaları dikkate alındığında, bu tür sistemlerin planlanması ve uygulanmasında kapsamlı teknik ve ekonomik analizlerin gerçekleştirilmesi gereklidir.

KAYNAKÇA

[1] J. D. Rhodes, C. R. Upshaw, W. J. Cole, C. L. Holcomb, and M. E. Webber, "A multi-objective assessment of the effect of solar PV array orientation and tilt on energy production and system economics," *Solar Energy*, vol. 108, pp. 28–40, 2014.

[2] G. Makrides, B. Zinsser, M. Norton, G. E. Georghiou, M. Schubert, and J. H. Werner, "Potential of photovoltaic systems in countries with high solar irradiation," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 2, pp. 754–762, 2010.

[3] A. K. Yadav and S. S. Chandel, "Tilt angle optimization to maximize incident solar radiation: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 23, pp. 503–513, 2013.

[4] K. E. N'Tsoukpoe, "Effect of orientation and tilt angles of solar collectors on their performance: Analysis of the relevance of general recommendations in the West and Central African context," *Scientific African*, vol. 15, p. e01069, 2022.

[5] A. Durusu, *Fotovoltaik güneş santral tasarımı ve saha optimizasyonu için yeni bir yaklaşım*, 2016.

[6] H. M. S. Hussein, G. E. Ahmad, and H. H. El-Ghetany, "Performance evaluation of photovoltaic modules at different tilt angles and orientations," *Energy Conversion and Management*, vol. 45, no. 15–16, pp. 2441–2452, 2004.

[7] Q. Zhao, P. Wang, and L. Goel, "Optimal PV panel tilt angle based on solar radiation prediction," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Probabilistic Methods Applied to Power Systems*, 2010, pp. 425–430.

[8] K. Ulgen, "Optimum tilt angle for solar collectors," *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, vol. 28, no. 13, pp. 1171–1180, 2006.

[9] H. Gunerhan and A. Hepbasli, "Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications," *Building and Environment*, vol. 42, no. 2, pp. 779–783, 2007.

[10] M. Kacira, M. Simsek, Y. Babur, and S. Demirkol, "Determining optimum tilt angles and orientations of photovoltaic panels in Sanliurfa, Turkey," *Renewable Energy*, vol. 29, no. 8, pp. 1265–1275, 2004.

[11] K. Mohammadi and H. Khorasanizadeh, "A review of solar radiation on vertically mounted solar surfaces and proper azimuth angles in six Iranian major cities," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 47, pp. 504–518, 2015.

[12] A. Durusu, A. Erduman, and F. Yıldız, “Comparative study of photovoltaic array optimum tilt angle and orientation with multi-objective consideration,” *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, vol. 8, no. 4, pp. 1031–1041, 2020.

[13] N. Varga and M. J. Mayer, “Model-based analysis of shading losses in ground-mounted photovoltaic power plants,” *Solar Energy*, vol. 216, pp. 428–438, 2021.

[14] A. Vasel and F. Iakovidis, “Rüzgar yönünün güneş PV santrallerinin performansına etkisi,” *Enerji Dönüşümü ve Yönetimi*, vol. 153, pp. 455–461, 2017.

[15] R. D. Jilte, S. B. Kedare, and J. K. Nayak, “Investigation on convective heat losses from solar cavities under wind conditions,” *Energy Procedia*, vol. 57, pp. 437–446, 2014.

[16] A. M. Pavan, A. Mellit, and D. De Pieri, “The effect of soiling on energy production for large-scale photovoltaic plants,” *Solar Energy*, vol. 85, no. 5, pp. 1128–1136, 2011.

[17] F. Ç. Kılıç, “Güneş enerjisi, Türkiye’deki son durumu ve üretim teknolojileri,” *Mühendis ve Makina*, vol. 56, no. 671, pp. 28–40, 2015.

[18] S. Bailey, D. Brinker, H. Curtis, P. Jenkins, and D. Scheiman, “Solar cell calibration and measurement techniques,” in *Proc. 32nd Intersociety Energy Conversion Eng. Conf. (IECEC-97)*, vol. 1, pp. 412–415, Jul. 1997.

[19] K. B. Varınca and M. T. Gönüllü, “Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma,” in *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 2006, pp. 21–23.

[20] Meteoroloji Genel Müdürlüğü. [Online]. Available: https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=7. Accessed: Mar. 19, 2025.

[21] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. [Online]. Available: https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes. Accessed: Mar. 10, 2025.

[22] M. Despotovic and V. Nedic, “Comparison of optimum tilt angles of solar collectors determined at yearly, seasonal and monthly levels,” *Energy Conversion and Management*, vol. 97, pp. 121–131, 2015.

[23] J. A. Duffie, W. A. Beckman, and N. Blair, *Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind*, Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2020.

[24] M. Iqbal, *An Introduction to Solar Radiation*, Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2012.

[25] H. Häberlin, *Photovoltaics: System Design and Practice*, Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2012.

[26] P. I. Cooper, “The absorption of radiation in solar stills,” *Solar Energy*, vol. 12, no. 3, pp. 333–346, 1969.

[27] E. Görcelioğlu, “Güneş açıları ve bunların peyzaj düzenlemelerindeki önemi,” *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, vol. 36, no. 3, pp. 33–52, 1986.

[28] Sustainable By Design. [Online]. Available: https://www.susdesign.com/popups/sunangle/hour-angle.php. Accessed: Apr. 6, 2025.

[29] A. Şenpınar, "Güneş açılarına bağlı olarak optimum sabit güneş paneli açısının hesaplanması," *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, vol. 4, no. 2, pp. 36–41, 2006.

[30] D. L. Hartmann, *Global Physical Climatology*, vol. 103, Oxford, UK: Newnes, 2015.

[31] A. G. Olabi, Ed., *Renewable Energy – Volume 1: Solar, Wind, and Hydropower*, Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2023.

[32] V. Quaschning, *Understanding Renewable Energy Systems*, London, UK: Routledge, 2014.

[33] M. A. Green, *Third generation photovoltaics*, Springer, 2006.

[34] A. Luque and S. Hegedus, Eds., *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, John Wiley & Sons, 2011.

[35] D. A. Nugraha and K. L. Lian, "A novel MPPT method based on cuckoo search algorithm and golden section search algorithm for partially shaded PV system," *Can. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 42, no. 3, pp. 173–182, 2019.

[36] E. İşen and Ö. Koçhan, "Fotovoltaik panelin tek diyotlu modellenmesi," *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2020.

[37] T. Ikegami, T. Maezono, F. Nakanishi, Y. Yamagata, and K. Ebihara, "Estimation of equivalent circuit parameters of PV module and its application to optimal operation of PV system," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 67, no. 1–4, pp. 389–395, 2001.

[38] H. L. Tsai, C. S. Tu, and Y. J. Su, "Development of generalized photovoltaic model using MATLAB/SIMULINK," in *Proc. World Congress on Engineering and Computer Science*, 2008, pp. 1–6.

[39] N. Pandiarajan and R. Muthu, "Mathematical modeling of photovoltaic module with Simulink," in *Proc. 1st Int. Conf. Electr. Energy Syst.*, Jan. 2011, pp. 258–263.

[40] F. A. Lindholm, J. G. Fossum, and E. L. Burgess, "Application of the superposition principle to solar-cell analysis," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 26, no. 3, pp. 165–171, 2005.

[41] Y. T. Tan, *Impact on the power system with a large penetration of photovoltaic generation*, Ph.D. dissertation, The Univ. of Manchester, 2004.

[42] T. Erge and F. Sick, *Photovoltaics in buildings: A design handbook for architects and engineers*, Routledge, 2014.

[43] G. Çelebi, "Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri," *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, vol. 17, no. 3, 2002.

[44] F. Dinçer, "Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli-ekonomik analizi ve AB ülkeleri ile karşılaştırmalı değerlendirme," *KSÜ Müh. Bilim. Der.*, vol. 14, no. 1, 2011.

[45] A. Kerem, M. Atik, and A. Bayram, “Fotovoltaik (PV) panel sisteminde yüzey soğutma işleminin elektrik üretimine etkisinin deneysel incelenmesi,” *Int. J. Eng. Res. Dev.*, vol. 12, no. 2, pp. 565–578, 2020.

[46] M. Çolak, “Binalarda Güneş Pili Uygulamaları,” presented at *Güneş Mimarisi ve Güneş Enerjisi Sempozyumu*, 1997.

[47] A. M. Oni, A. S. Mohsin, M. M. Rahman, and M. B. H. Bhuian, “A comprehensive evaluation of solar cell technologies, associated loss mechanisms, and efficiency enhancement strategies for photovoltaic cells,” *Energy Reports*, vol. 11, pp. 3345–3366, 2024.

[48] T. Saga, “Advances in crystalline silicon solar cell technology for industrial mass production,” *NPG Asia Mater.*, vol. 2, no. 3, pp. 96–102, 2010.

[49] “The Advantages and Disadvantages of Polycrystalline Solar Panels,” *Solar Panel Insider*, 18 May 2025. [Online]. Available: https://solarpanelinsider.com/the-advantages-and-disadvantages-of-polycrystalline-solar-panels/

[50] J. Meier et al., “Potential of amorphous and microcrystalline silicon solar cells,” *Thin Solid Films*, vol. 451, pp. 518–524, 2004.

[51] N. I. Ahmad et al., “A comprehensive review of flexible cadmium telluride solar cells with back surface field layer,” *Heliyon*, vol. 9, no. 11, 2023.

[52] “CIGS Solar Cell: Explore the Cutting-Edge Thin-Film Technology,” *Fenice Energy*, 19 May 2025. [Online]. Available: https://blog.feniceenergy.com/cigs-solar-cell-explore-the-cutting-edge-thin-film-technology/

[53] M. Bojic et al., “Flexible thin-film solar photovoltaics: research and application,” *Energy Procedia*, 2016.

[54] S. F. Ahmed et al., “Perovskite solar cells: Thermal and chemical stability improvement, and economic analysis,” *Mater. Today, Chem.*, vol. 27, 101284, 2023.

[55] M. Jahandar et al., “Highly efficient flexible organic photovoltaic modules …,” *Chem. Eng. J.*, vol. 448, 137555, 2022.

[56] Z. Hu et al., “The current status and development trend of perovskite solar cells,” *Engineering*, vol. 21, pp. 15–19, 2023.

[57] A. U. I. Shah and E. L. Meyer, “Perovskite-based solar cells in photovoltaics for commercial scalability …,” *Solar Energy*, vol. 286, 113172, 2025.

[58] “Reuters: Global solar capacity hits 2 TW on path to climate goal, data shows,” *Reuters*, 19 May 2025. [Online]. Available: https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/global-solar-capacity-hits-2-tw-path-climate-goal-data-shows-2024-11-07/

[59] IRENA, “Renewable Capacity Statistics 2025,” 15 Mar. 2025. [Online]. Available: https://www.irena.org/Publications/2025/Mar/Renewable-capacity-statistics-2025

[60] “China is building vast new 'Great Wall' – and it'll power Beijing,” *New York Post*, 10 May 2025. [Online]. Available: https://nypost.com/2024/12/31/world-news/china-is-building-vast-new-great-wall-and-itll-power-beijing/

[61] “Türkiye’s solar capacity surpasses 21 GW,” *PV Magazine*, 19 Apr. 2025. [Online]. Available: https://www.pv-magazine.com/2025/04/18/turkiyes-solar-capacity-surpasses-21-gw/

[62] “Turkey’s solar capacity surges past 21.6 GW as unlicensed installations drive 82% growth spurt,” *Solar Be Global*, 18 Apr. 2025. [Online]. Available: https://www.solarbeglobal.com/turkeys-solar-capacity-surges-past-21-6-gw-as-unlicensed-installations-drive-82-growth-spurt/

[63] “Turkey targets 22.6 GW of solar by end of 2025,” *PV Magazine*, 21 Mar. 2025. [Online]. Available: https://www.pv-magazine.com/2024/10/21/turkey-targets-22-6-gw-of-solar-by-end-of-2025/

[64] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Elektrik,” 11 Haziran 2025. [Çevrimiçi]. Available: https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik

[65] T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, “Elektrik Piyasası Aylık Sektör Raporu Listesi 2025,” 9 Mayıs 2025. [Çevrimiçi]. Available: https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-23/aylik-sektor-raporu

[66] Resmî Gazete, “ELEKTRİK PİYASASINDA LİSANSSIZ ELEKTRİK ÜRETİMİNE İLİŞKİN YÖNETMELİK,” Sayı: 27774, 3 Aralık 2010. [Çevrimiçi]. Available: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/12/20101203-3.htm

[67] YEKDEM, “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik,” Sayı: 28001, 21 Temmuz 2011. [Çevrimiçi]. Available: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/07/20110721-6.htm

[68] Resmî Gazete, “ELEKTRİK PİYASASINDA LİSANSSIZ ELEKTRİK ÜRETİMİNE İLİŞKİN YÖNETMELİĞİN UYGULANMASINA DAİR TEBLİĞ,” Sayı: 28783, 2 Ekim 2013. [Çevrimiçi]. Available: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/10/20131002-6.htm

[69] EPDK, “Elektrik Piyasası Duyurular Listesi.” [Çevrimiçi]. Available: https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-1161/duyurular#

[70] Resmî Gazete, “ELEKTRİK PİYASASINDA LİSANSSIZ ELEKTRİK ÜRETİM YÖNETMELİĞİ,” Sayı: 30772, 12 Mayıs 2019. [Çevrimiçi]. Available: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190512-1.htm

[71] Resmî Gazete, “ELEKTRİK PİYASASI LİSANS YÖNETMELİĞİNDE DEĞİŞİKLİK,” Sayı: 31479, 9 Mayıs 2021. [Çevrimiçi]. Available: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/05/20210509-4.htm

[72] Resmî Gazete, “EPDK Kurul Kararı,” Sayı: 31920, 11 Ağustos 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/08/20220811-3.pdf

[73] EPDK, “Yeni Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği.” [Çevrimiçi]. Available: https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/2-12744/yeni-lisanssiz-elektrik-uretimi-yonetmeligi

[74] S. A. Kalogirou, *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*, Elsevier, 2023.

[75] D. G. Erbs, S. A. Klein, and J. A. Duffie, “Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly-average global radiation,” *Solar Energy*, vol. 28, no. 4, pp. 293–302, 1982.

[76] B. Y. Liu and R. C. Jordan, “The long-term average performance of flat-plate solar-energy collectors: With design data for the US, its outlying possessions and Canada,” *Solar Energy*, vol. 7, no. 2, pp. 53–74, 1963.

[77] H. C. Hottel, “Performance of flat-plate energy collectors,” *Proc. Course Symp. *, Cambridge, 1954.

[78] J. A. Duffie, W. A. Beckman, and N. Blair, *Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind*, John Wiley & Sons, 2020.

[79] D. R. Myers, *Solar Radiation: Practical Modeling for Renewable Energy Applications*, CRC Press, 2017.

[80] E. Skoplaki and J. A. Palyvos, “On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations,” *Solar Energy*, vol. 83, no. 5, pp. 614–624, 2009.

[81] S. Beringer, H. Schilke, I. Lohse, and G. Seckmeyer, “Case study showing that the tilt angle of photovoltaic plants is nearly irrelevant,” *Solar Energy*, vol. 85, no. 3, pp. 470–476, 2011.

[82] E. Asl-Soleimani, S. Farhangi, and M. S. Zabihi, “The effect of tilt angle, air pollution on performance of photovoltaic systems in Tehran,” *Renewable Energy*, vol. 24, no. 3–4, pp. 459–468, 2001.

[83] R. Abdallah, A. Juaidi, S. Abdel-Fattah, and F. Manzano-Agugliaro, “Estimating the optimum tilt angles for south-facing surfaces in Palestine,” *Energies*, vol. 13, no. 3, p. 623, 2020.

[84] I. H. Rowlands, B. P. Kemery, and I. Beausoleil-Morrison, “Optimal solar-PV tilt angle and azimuth: An Ontario (Canada) case-study,” *Energy Policy*, vol. 39, no. 3, pp. 1397–1409, 2011.

[85] R. Ayaz, “Farklı PV teknolojilerinin gerçek ortam verileri kullanılarak modellenmesi ve İstanbul şartlarında optimum eğim açılarının belirlenmesi,” *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.

[86] G. TamizhMani, L. Ji, Y. Tang, L. Petacci, and C. Osterwald, “Photovoltaic module thermal/wind performance: Long-term monitoring and model development for energy rating,” in *NCPV and Solar Program Review Meeting Proceedings*, Denver, CO, Mar. 2003, pp. 24–26. NREL/CP-520-35645.

[87] A. Kornelakis and E. Koutroulis, “Methodology for the design optimisation and the economic analysis of grid-connected photovoltaic systems,” *IET Renewable Power Generation*, vol. 3, no. 4, pp. 476–492, 2009.

[88] J. Appelbaum and J. Bany, “Shadow effect of adjacent solar collectors in large scale systems,” *Solar Energy*, vol. 23, no. 6, pp. 497–507, 1979.

[89] T. Kerekes, E. Koutroulis, D. Séra, R. Teodorescu, and M. Katsanevakis, “An optimization method for designing large PV plants,” *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 3, no. 2, pp. 814–822, 2012.

[90] T. Kerekes, E. Koutroulis, S. Eyigün, R. Teodorescu, M. Katsanevakis, and D. Sera, “A practical optimization method for designing large PV plants,” in *Proc. 2011 IEEE Int. Symp. Ind. Electron. *, pp. 2051–2056, IEEE, Jun. 2011.

[91] C. Deline, “Partially shaded operation of a grid-tied PV system,” in *Proc. 2009 34th IEEE Photovoltaic Specialists Conf. (PVSC)*, pp. 1268–1273, IEEE, Jun. 2009.

[92] C. S. Solanki, *Solar Photovoltaic Technology and Systems: A Manual for Technicians, Trainers and Engineers*, PHI Learning Pvt. Ltd., 2013.

[93] IRENA, "Renewable Power Generation Costs in 2023," Sep. 2024. [Online]. Available: https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023. [Accessed: May 17, 2025].

[94] IRENA, "Renewable Power Generation Costs in 2021," Jul. 2022. [Online]. Available: https://www.irena.org/Publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021. [Accessed: May 18, 2025].

[95] EPDK, "Elektrik Faturalarına Esas Tarife Tabloları," May 2025. [Online]. Available: https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari. [Accessed: May 10, 2025].

[96] EPDK, "Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği Mevzuat Değişikliğine İlişkin Duyuru," Aug. 11, 2022. [Online]. Available: https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/4-12766/11082022-tarihli-lisanssiz-elektrik-uretim-yone. [Accessed: Jun. 15, 2025].

[97] Türkiye Büyük Millet Meclisi, “5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun,” *Resmî Gazete*, Sayı: 25819, 18 Mayıs 2005. [Çevrimiçi]. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050518-1.htm

A
EK-MAHSUPLAŞMA TABLOLARI

4,5 MWp Satış Kısıtlaması Yokken Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu

1.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2024 ÜRETİM	181177,6	233908,0	364941,4	513676,9	647234,9	670634,8	685570,0	630037,3	453496,9	280264,2	211735,9	167458,0	5040135,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-84346,5	-6284,5	140020,4	288957,7	441337,2	464064,3	421670,9	400096,5	269546,4	40542,6	-19669,4	-119899,4	2236036,2
Satış	0,0	0,0	140020,4	288957,7	441337,2	464064,3	421670,9	400096,5	269546,4	40542,6	0,0	0,0	2466236,0
Fatura	84346,5	6284,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19669,4	119899,4	230199,8
2.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2025 ÜRETİM	179728,1	232036,7	362021,9	509567,5	642057,0	665269,7	680085,5	624997,0	449869,0	278022,0	210042,0	166118,4	4999814,7
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-88409,3	-7270,8	119128,1	295643,3	442390,0	446853,6	423229,5	402384,0	229527,8	80616,5	18272,0	-69571,8	2292792,9
Satış	0,0	0,0	119128,1	295643,3	442390,0	446853,6	423229,5	402384,0	229527,8	80616,5	18272,0	0,0	2458044,9
Fatura	88409,3	7270,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69571,8	165252,0
3.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2026 ÜRETİM	178290,3	230180,4	359125,7	505490,9	636920,6	659947,5	674644,8	619997,0	446270,0	275797,9	208361,6	164789,4	4959816,2
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-62518,0	-4257,4	169932,9	380654,4	541861,0	541714,3	538423,3	482906,1	315896,2	148601,5	56609,9	70345,7	3180169,9
Satış	0,0	0,0	169932,9	380654,4	541861,0	541714,3	538423,3	482906,1	315896,2	148601,5	56609,9	70345,7	3246945,3
Fatura	62518,0	4257,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66775,4
4.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2027 ÜRETİM	176864,0	228339,0	356252,7	501447,0	631825,2	654667,9	669247,6	615037,1	442699,9	273591,5	206694,7	163471,1	4920137,7
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	40720,1	77741,3	175521,0	362456,9	521706,4	525722,5	468659,4	372495,2	425632,9	96839,4	-12047,3	-91107,8	2964339,7
Satış	40720,1	77741,3	175521,0	362456,9	521706,4	525722,5	468659,4	372495,2	425632,9	96839,4	0,0	0,0	3067494,9
Fatura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12047,3	91107,8	103155,2
5.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2028 ÜRETİM	175449,1	226512,3	353402,7	497435,4	626770,6	649430,6	663893,6	610116,8	439158,3	271402,8	205041,2	162163,3	4880776,6
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-82281,4	11801,5	69264,1	300138,6	447555,2	432417,0	465634,2	378501,3	253665,4	109673,7	56963,7	-92860,7	2350472,5
Satış	0,0	11801,5	69264,1	300138,6	447555,2	432417,0	465634,2	378501,3	253665,4	109673,7	56963,7	0,0	2525614,6
Fatura	82281,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	92860,7	175142,1

4 MWp Satış Kısıtlaması Yokken Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu

1.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2024 ÜRETİM	161046,7	207918,2	324392,3	456601,7	575319,9	596119,8	609395,6	560033,2	403108,4	249123,7	188209,7	148851,6	4480120,7
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-104477,4	-32274,3	99471,3	231882,5	369422,2	389549,3	345496,4	330092,4	219157,8	9402,2	-43195,6	-138505,8	1676021,1
Satış	0,0	0,0	99471,3	231882,5	369422,2	389549,3	345496,4	330092,4	219157,8	9402,2	0,0	0,0	1994474,2
Fatura	104477,4	32274,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43195,6	138505,8	318453,1
2.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2025 ÜRETİM	159758,3	206254,8	321797,2	452948,9	570717,4	591350,8	604520,4	555552,9	399883,5	247130,7	186704,0	147660,8	4444279,7
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-108379,1	-33052,7	78903,4	239024,7	371050,3	372934,8	347664,5	332939,9	179542,4	49725,2	-5066,0	-88029,4	1737257,9
Satış	0,0	0,0	78903,4	239024,7	371050,3	372934,8	347664,5	332939,9	179542,4	49725,2	0,0	0,0	1971785,2
Fatura	108379,1	33052,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5066,0	88029,4	234527,2
3.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2026 ÜRETİM	158480,3	204604,8	319222,8	449325,3	566151,6	586620,0	599684,2	551108,5	396684,5	245153,7	185210,3	146479,5	4408725,5
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-82328,0	-29833,0	130030,0	324488,7	471092,0	468386,8	463462,7	414017,5	266310,7	117957,3	33458,6	52035,7	2629079,2
Satış	0,0	0,0	130030,0	324488,7	471092,0	468386,8	463462,7	414017,5	266310,7	117957,3	33458,6	52035,7	2741240,3
Fatura	82328,0	29833,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	112161,0
4.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2027 ÜRETİM	157212,4	202968,0	316669,0	445730,7	561622,4	581927,1	594886,8	546699,6	393511,0	243192,4	183728,7	145307,7	4373455,7
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	21068,5	52370,3	135937,3	306740,5	451503,6	452981,6	394298,6	304157,7	376444,0	66440,3	-35013,4	-109271,3	2417657,8
Satış	21068,5	52370,3	135937,3	306740,5	451503,6	452981,6	394298,6	304157,7	376444,0	66440,3	0,0	0,0	2561942,5
Fatura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35013,4	109271,3	144284,7
5.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2028 ÜRETİM	155954,7	201344,2	314135,7	442164,8	557129,4	577271,6	590127,7	542326,0	390362,9	241246,9	182258,8	144145,2	4338468,1
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-101775,8	-13366,5	29997,1	244868,0	377914,0	360258,0	391868,3	310710,5	204870,0	79517,8	34181,4	-110878,8	1808164,0
Satış	0,0	0,0	29997,1	244868,0	377914,0	360258,0	391868,3	310710,5	204870,0	79517,8	34181,4	0,0	2034185,1
Fatura	101775,8	13366,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	110878,8	226021,1

3,5 MWp Satış Kısıtlaması Yokken Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2024 ÜRETİM	140915,9	181928,4	283843,3	399526,5	503404,9	521604,8	533221,1	490029,0	352719,8	217983,2	164683,4	130245,1	3920105,6
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-124608,2	-58264,0	58922,3	174807,3	297507,2	315034,3	269322,0	260088,2	168769,3	-21738,3	-66721,9	-157112,3	1116006,0
Satış	0,0	0,0	58922,3	174807,3	297507,2	315034,3	269322,0	260088,2	168769,3	0,0	0,0	0,0	1544450,6
Fatura	124608,2	58264,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21738,3	66721,9	157112,3	428444,6
2.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2025 ÜRETİM	139788,5	180473,0	281572,6	396330,3	499377,7	517432,0	528955,4	486108,8	349898,1	216239,4	163366,0	129203,2	3888744,8
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-128348,9	-58834,5	38678,8	182406,1	299710,7	299015,9	272099,4	263495,8	129556,9	18833,8	-28404,0	-106487,0	1181723,0
Satış	0,0	0,0	38678,8	182406,1	299710,7	299015,9	272099,4	263495,8	129556,9	18833,8	0,0	0,0	1503797,4
Fatura	128348,9	58834,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28404,0	106487,0	322074,4
3.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2026 ÜRETİM	138670,2	179029,2	279320,0	393159,6	495382,7	513292,5	524723,7	482219,9	347098,9	214509,5	162059,1	128169,6	3857634,8
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-102138,0	-55408,6	90127,2	268323,1	400323,1	395059,3	388502,2	345129,0	216725,1	87313,1	10307,4	33725,8	2077988,5
Satış	0,0	0,0	90127,2	268323,1	400323,1	395059,3	388502,2	345129,0	216725,1	87313,1	10307,4	33725,8	2235535,2
Fatura	102138,0	55408,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	157546,7
4.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2027 ÜRETİM	137560,9	177597,0	277085,4	390014,3	491419,6	509186,2	520525,9	478362,2	344322,1	212793,4	160762,6	127144,2	3826773,7
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	1417,0	26999,3	96353,7	251024,2	381300,8	380240,7	319937,8	235820,3	327255,1	36041,3	-57979,5	-127434,7	1870975,8
Satış	1417,0	26999,3	96353,7	251024,2	381300,8	380240,7	319937,8	235820,3	327255,1	36041,3	0,0	0,0	2056390,0
Fatura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57979,5	127434,7	185414,2
5.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2028 ÜRETİM	136460,4	176176,2	274868,7	386894,2	487488,2	505112,7	516361,7	474535,3	341567,5	211091,0	159476,5	126127,0	3796159,6
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-121270,1	-38534,6	-9269,8	189597,3	308272,8	288099,1	318102,3	242919,8	156074,7	49361,9	11399,0	-128897,0	1265855,5
Satış	0,0	0,0	0,0	189597,3	308272,8	288099,1	318102,3	242919,8	156074,7	49361,9	11399,0	0,0	1563826,9
Fatura	121270,1	38534,6	9269,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128897,0	297971,5

2,5 MWp Satış Kısıtlaması Yokken Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2024 ÜRETİM	100627,0	129939,4	202947,7	286967,8	360146,8	372534,1	380490,6	349552,8	251583,0	155556,8	117548,8	92992,0	2800886,7
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-164897,1	-110253,1	-21973,3	62248,6	154249,1	165963,6	116591,5	119612,0	67632,4	-84164,8	-113856,5	-194365,4	-3213,0
Satış	0,0	0,0	0,0	62248,6	154249,1	165963,6	116591,5	119612,0	67632,4	0,0	0,0	0,0	686297,2
Fatura	164897,1	110253,1	21973,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	84164,8	113856,5	194365,4	689510,2
2.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2025 ÜRETİM	99822,0	128899,8	201324,1	284672,1	357265,6	369553,8	377446,7	346756,4	249570,3	154312,3	116608,4	92248,0	2778479,6
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-168315,5	-110407,7	-41569,7	70747,9	157598,6	151137,8	120590,7	124143,4	29229,2	-43093,2	-75161,6	-143442,2	71457,8
Satış	0,0	0,0	0,0	70747,9	157598,6	151137,8	120590,7	124143,4	29229,2	0,0	0,0	0,0	653447,6
Fatura	168315,5	110407,7	41569,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43093,2	75161,6	143442,2	581989,8
3.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2026 ÜRETİM	99023,4	127868,6	199713,6	282394,7	354407,5	366597,4	374427,1	343982,3	247573,7	153077,8	115675,5	91510,0	2756251,7
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-141784,9	-106569,2	10520,7	157558,2	259347,9	248364,2	238205,6	206891,4	117200,0	25881,5	-36076,2	-2933,7	976605,5
Satış	0,0	0,0	10520,7	157558,2	259347,9	248364,2	238205,6	206891,4	117200,0	25881,5	0,0	0,0	1263969,4
Fatura	141784,9	106569,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36076,2	2933,7	287364,0
4.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2027 ÜRETİM	98231,2	126845,7	198115,8	280135,5	351572,2	363664,6	371431,7	341230,5	245593,2	151853,2	114750,1	90778,0	2734201,7
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-37912,7	-23752,0	17384,1	141145,4	241453,4	234719,1	170843,5	98688,6	228526,2	-24898,9	-103991,9	-163801,0	778403,8
Satış	0,0	0,0	17384,1	141145,4	241453,4	234719,1	170843,5	98688,6	228526,2	0,0	0,0	0,0	1132760,3
Fatura	37912,7	23752,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24898,9	103991,9	163801,0	354356,5
5.YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2028 ÜRETİM	97445,4	125830,9	196530,9	277894,5	348759,7	360755,3	368460,3	338500,6	243628,4	150638,4	113832,1	90051,7	2712328,1
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-160285,2	-88879,8	-87607,6	80597,6	169544,2	143741,7	170200,8	106885,1	58135,5	-11090,7	-34245,3	-164972,3	182024,0
Satış	0,0	0,0	0,0	80597,6	169544,2	143741,7	170200,8	106885,1	58135,5	0,0	0,0	0,0	729105,0
Fatura	160285,2	88879,8	87607,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11090,7	34245,3	164972,3	547080,9

4,5 MWp Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu

1.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2024 ÜRETİM	181177,6	233908,0	364941,4	513676,9	647234,9	670634,8	685570,0	630037,3	453496,9	280264,2	211735,9	167458,0	5040135,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-84346,5	-6284,5	140020,4	288957,7	441337,2	464064,3	421670,9	400096,5	269546,4	40542,6	-19669,4	-119899,4	2236036,2
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	140020,4	288957,7	441337,2	464064,3	421670,9	400096,5	269546,4	40542,6	0,0	0,0	2466236,0
Mahsup Sonrası-	84346,5	6284,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19669,4	119899,4	230199,8
Satış	0,0	0,0	140020,4	288957,7	441337,2	464064,3	421670,9	400096,5	269546,4	40542,6	0,0	0,0	2466236,0
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	179728,1	232036,7	362021,9	509567,5	642057,0	665269,7	680085,5	624997,0	449869,0	278022,0	210042,0	166118,4	4999814,7
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-88409,3	-7270,8	119128,1	295643,3	442390,0	446853,6	423229,5	402384,0	229527,8	80616,5	18272,0	-69571,8	2292792,9
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	119128,1	295643,3	442390,0	446853,6	423229,5	402384,0	229527,8	80616,5	18272,0	0,0	2458044,9
Mahsup Sonrası-	88409,3	7270,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69571,8	165252,0
Satış	0,0	0,0	119128,1	295643,3	442390,0	446853,6	423229,5	402384,0	229527,8	80616,5	18272,0	0,0	2458044,9
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	178290,3	230180,4	359125,7	505490,9	636920,6	659947,5	674644,8	619997,0	446270,0	275797,9	208361,6	164789,4	4959816,2
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-62518,0	-4257,4	169932,9	380654,4	541861,0	541714,3	538423,3	482906,1	315896,2	148601,5	56609,9	70345,7	3180169,9
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	169932,9	380654,4	541861,0	541714,3	538423,3	482906,1	315896,2	148601,5	56609,9	88576,3	3265176,0
Mahsup Sonrası-	62518,0	4257,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66775,4
Satış	0,0	0,0	169932,9	380654,4	541861,0	541714,3	538423,3	482906,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2655491,9
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	176864,0	228339,0	356252,7	501447,0	631825,2	654667,9	669247,6	615037,1	442699,9	273591,5	206694,7	163471,1	4920137,7
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	40720,1	77741,3	175521,0	362456,9	521706,4	525722,5	468659,4	372495,2	425632,9	96839,4	-12047,3	-91107,8	2964339,7
Mahsup Sonrası+	40720,1	77741,3	175521,0	362456,9	521706,4	525722,5	468659,4	372495,2	425632,9	96839,4	0,0	0,0	3067494,9
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12047,3	91107,8	103155,2
Satış	40720,1	77741,3	175521,0	362456,9	521706,4	525722,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1703868,1
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	175449,1	226512,3	353402,7	497435,4	626770,6	649430,6	663893,6	610116,8	439158,3	271402,8	205041,2	162163,3	4880776,6
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-82281,4	11801,5	69264,1	300138,6	447555,2	432417,0	465634,2	378501,3	253665,4	109673,7	56963,7	-92860,7	2350472,5
Mahsup Sonrası+	0,0	11801,5	69264,1	300138,6	447555,2	432417,0	465634,2	378501,3	253665,4	109673,7	56963,7	0,0	2525614,6
Mahsup Sonrası-	82281,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	92860,7	175142,1
Satış	0,0	11801,5	69264,1	300138,6	447555,2	432417,0	465634,2	0,0	9675,6	109673,7	56963,7	0,0	1903123,5

4 MWp Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu

1.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2024 ÜRETİM	161046,7	207918,2	324392,3	456601,7	575319,9	596119,8	609395,6	560033,2	403108,4	249123,7	188209,7	148851,6	4480120,7
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-104477,4	-32274,3	99471,3	231882,5	369422,2	389549,3	345496,4	330092,4	219157,8	9402,2	-43195,6	-138505,8	1676021,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	99471,3	231882,5	369422,2	389549,3	345496,4	330092,4	219157,8	9402,2	0,0	0,0	1994474,2
Mahsup Sonrası-	104477,4	32274,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43195,6	138505,8	318453,1
Satış	0,0	0,0	99471,3	231882,5	369422,2	389549,3	345496,4	330092,4	219157,8	9402,2	0,0	0,0	1994474,2
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	159758,3	206254,8	321797,2	452948,9	570717,4	591350,8	604520,4	555552,9	399883,5	247130,7	186704,0	147660,8	4444279,7
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-108379,1	-33052,7	78903,4	239024,7	371050,3	372934,8	347664,5	332939,9	179542,4	49725,2	-5066,0	-88029,4	1737257,9
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	78903,4	239024,7	371050,3	372934,8	347664,5	332939,9	179542,4	49725,2	0,0	0,0	1971785,2
Mahsup Sonrası-	108379,1	33052,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5066,0	88029,4	234527,2
Satış	0,0	0,0	78903,4	239024,7	371050,3	372934,8	347664,5	332939,9	179542,4	49725,2	0,0	0,0	1971785,2
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	158480,3	204604,8	319222,8	449325,3	566151,6	586620,0	599684,2	551108,5	396684,5	245153,7	185210,3	146479,5	4408725,5
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-82328,0	-29833,0	130030,0	324488,7	471092,0	468386,8	463462,7	414017,5	266310,7	117957,3	33458,6	52035,7	2629079,2
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	130030,0	324488,7	471092,0	468386,8	463462,7	414017,5	266310,7	117957,3	33458,6	88576,3	2777780,9
Mahsup Sonrası-	82328,0	29833,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	112161,0
Satış	0,0	0,0	130030,0	324488,7	471092,0	468386,8	463462,7	414017,5	266310,7	117957,3	33458,6	0,0	2689204,5
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	157212,4	202968,0	316669,0	445730,7	561622,4	581927,1	594886,8	546699,6	393511,0	243192,4	183728,7	145307,7	4373455,7
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	21068,5	52370,3	135937,3	306740,5	451503,6	452981,6	394298,6	304157,7	376444,0	66440,3	-35013,4	-109271,3	2417657,8
Mahsup Sonrası+	21068,5	52370,3	135937,3	306740,5	451503,6	452981,6	394298,6	304157,7	376444,0	66440,3	0,0	0,0	2561942,5
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35013,4	109271,3	144284,7
Satış	21068,5	52370,3	135937,3	306740,5	451503,6	452981,6	0,0	304157,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1724759,6
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	155954,7	201344,2	314135,7	442164,8	557129,4	577271,6	590127,7	542326,0	390362,9	241246,9	182258,8	144145,2	4338468,1
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-101775,8	-13366,5	29997,1	244868,0	377914,0	360258,0	391868,3	310710,5	204870,0	79517,8	34181,4	-110878,8	1808164,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	29997,1	244868,0	377914,0	360258,0	391868,3	310710,5	204870,0	79517,8	34181,4	0,0	2034185,1
Mahsup Sonrası-	101775,8	13366,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	110878,8	226021,1
Satış	0,0	0,0	29997,1	244868,0	377914,0	360258,0	391868,3	310710,5	204870,0	79517,8	34181,4	0,0	2034185,1

3,5 MWp Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu

1.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2024 ÜRETİM	140915,9	181928,4	283843,3	399526,5	503404,9	521604,8	533221,1	490029,0	352719,8	217983,2	164683,4	130245,1	3920105,6
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-124608,2	-58264,0	58922,3	174807,3	297507,2	315034,3	269322,0	260088,2	168769,3	-21738,3	-66721,9	-157112,3	1116006,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	58922,3	174807,3	297507,2	315034,3	269322,0	260088,2	168769,3	0,0	0,0	0,0	1544450,6
Mahsup Sonrası-	124608,2	58264,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21738,3	66721,9	157112,3	428444,6
Satış	0,0	0,0	58922,3	174807,3	297507,2	315034,3	269322,0	260088,2	168769,3	0,0	0,0	0,0	1544450,6
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	139788,5	180473,0	281572,6	396330,3	499377,7	517432,0	528955,4	486108,8	349898,1	216239,4	163366,0	129203,2	3888744,8
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-128348,9	-58834,5	38678,8	182406,1	299710,7	299015,9	272099,4	263495,8	129556,9	18833,8	-28404,0	-106487,0	1181723,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	38678,8	182406,1	299710,7	299015,9	272099,4	263495,8	129556,9	18833,8	0,0	0,0	1503797,4
Mahsup Sonrası-	128348,9	58834,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28404,0	106487,0	322074,4
Satış	0,0	0,0	38678,8	182406,1	299710,7	299015,9	272099,4	263495,8	129556,9	18833,8	0,0	0,0	1503797,4
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	138670,2	179029,2	279320,0	393159,6	495382,7	513292,5	524723,7	482219,9	347098,9	214509,5	162059,1	128169,6	3857634,8
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-102138,0	-55408,6	90127,2	268323,1	400323,1	395059,3	388502,2	345129,0	216725,1	87313,1	10307,4	33725,8	2077988,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	90127,2	268323,1	400323,1	395059,3	388502,2	345129,0	216725,1	87313,1	10307,4	33725,8	2235535,2
Mahsup Sonrası-	102138,0	55408,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	157546,7
Satış	0,0	0,0	90127,2	268323,1	400323,1	395059,3	388502,2	345129,0	216725,1	87313,1	10307,4	33725,8	2235535,2
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	137560,9	177597,0	277085,4	390014,3	491419,6	509186,2	520525,9	478362,2	344322,1	212793,4	160762,6	127144,2	3826773,7
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	1417,0	26999,3	96353,7	251024,2	381300,8	380240,7	319937,8	235820,3	327255,1	36041,3	-57979,5	-127434,7	1870975,8
Mahsup Sonrası+	1417,0	26999,3	96353,7	251024,2	381300,8	380240,7	319937,8	235820,3	327255,1	36041,3	0,0	0,0	2056390,0
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57979,5	127434,7	185414,2
Satış	1417,0	26999,3	96353,7	251024,2	381300,8	380240,7	319937,8	235820,3	0,0	36041,3	0,0	0,0	1729134,9
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	136460,4	176176,2	274868,7	386894,2	487488,2	505112,7	516361,7	474535,3	341567,5	211091,0	159476,5	126127,0	3796159,6
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-121270,1	-38534,6	-9269,8	189597,3	308272,8	288099,1	318102,3	242919,8	156074,7	49361,9	11399,0	-128897,0	1265855,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	189597,3	308272,8	288099,1	318102,3	242919,8	156074,7	49361,9	11399,0	0,0	1563826,9
Mahsup Sonrası-	121270,1	38534,6	9269,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128897,0	297971,5
Satış	0,0	0,0	0,0	189597,3	308272,8	288099,1	318102,3	242919,8	156074,7	49361,9	11399,0	0,0	1563826,9

2,5 MWp Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu

1.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YIL TOPLAM
2024 ÜRETİM	100627,0	129939,4	202947,7	286967,8	360146,8	372534,1	380490,6	349552,8	251583,0	155556,8	117548,8	92992,0	2800886,7
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-164897,1	-110253,1	-21973,3	62248,6	154249,1	165963,6	116591,5	119612,0	67632,4	-84164,8	-113856,5	-194365,4	-3213,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	62248,6	154249,1	165963,6	116591,5	119612,0	67632,4	0,0	0,0	0,0	686297,2
Mahsup Sonrası-	164897,1	110253,1	21973,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	84164,8	113856,5	194365,4	689510,2
Satış	0,0	0,0	0,0	62248,6	154249,1	165963,6	116591,5	119612,0	67632,4	0,0	0,0	0,0	686297,2
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	99822,0	128899,8	201324,1	284672,1	357265,6	369553,8	377446,7	346756,4	249570,3	154312,3	116608,4	92248,0	2778479,6
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-168315,5	-110407,7	-41569,7	70747,9	157598,6	151137,8	120590,7	124143,4	29229,2	-43093,2	-75161,6	-143442,2	71457,8
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	70747,9	157598,6	151137,8	120590,7	124143,4	29229,2	0,0	0,0	0,0	653447,6
Mahsup Sonrası-	168315,5	110407,7	41569,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43093,2	75161,6	143442,2	581989,8
Satış	0,0	0,0	0,0	70747,9	157598,6	151137,8	120590,7	124143,4	29229,2	0,0	0,0	0,0	653447,6
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	99023,4	127868,6	199713,6	282394,7	354407,5	366597,4	374427,1	343982,3	247573,7	153077,8	115675,5	91510,0	2756251,7
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-141784,9	-106569,2	10520,7	157558,2	259347,9	248364,2	238205,6	206891,4	117200,0	25881,5	-36076,2	-2933,7	976605,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	10520,7	157558,2	259347,9	248364,2	238205,6	206891,4	117200,0	25881,5	0,0	0,0	1263969,4
Mahsup Sonrası-	141784,9	106569,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36076,2	2933,7	287364,0
Satış	0,0	0,0	10520,7	157558,2	259347,9	248364,2	238205,6	206891,4	117200,0	25881,5	0,0	0,0	1263969,4
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	98231,2	126845,7	198115,8	280135,5	351572,2	363664,6	371431,7	341230,5	245593,2	151853,2	114750,1	90778,0	2734201,7
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-37912,7	-23752,0	17384,1	141145,4	241453,4	234719,1	170843,5	98688,6	228526,2	-24898,9	-103991,9	-163801,0	778403,8
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	17384,1	141145,4	241453,4	234719,1	170843,5	98688,6	228526,2	0,0	0,0	0,0	1132760,3
Mahsup Sonrası-	37912,7	23752,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24898,9	103991,9	163801,0	354356,5
Satış	0,0	0,0	17384,1	141145,4	241453,4	234719,1	170843,5	98688,6	228526,2	0,0	0,0	0,0	1132760,3
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	97445,4	125830,9	196530,9	277894,5	348759,7	360755,3	368460,3	338500,6	243628,4	150638,4	113832,1	90051,7	2712328,1
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-160285,2	-88879,8	-87607,6	80597,6	169544,2	143741,7	170200,8	106885,1	58135,5	-11090,7	-34245,3	-164972,3	182024,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	80597,6	169544,2	143741,7	170200,8	106885,1	58135,5	0,0	0,0	0,0	729105,0
Mahsup Sonrası-	160285,2	88879,8	87607,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11090,7	34245,3	164972,3	547080,9
Satış	0,0	0,0	0,0	80597,6	169544,2	143741,7	170200,8	106885,1	58135,5	0,0	0,0	0,0	729105,0

3 MWp (β=26°, γ=-30°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120545,5	155377,7	240264,6	336040,6	426180,1	445616,2	457285,6	419987,5	302670,0	186962,7	141049,1	111578,4	3343557,9
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-144978,5	-84814,8	15343,6	111321,4	220282,3	239045,7	193386,4	190046,8	118719,4	-52758,9	-90356,2	-175779,0	539458,3
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	15343,6	111321,4	220282,3	239045,7	193386,4	190046,8	118719,4	0,0	0,0	0,0	1088145,6
Mahsup Sonrası-	144978,5	84814,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52758,9	90356,2	175779,0	548687,3
Satış	0,0	0,0	15343,6	111321,4	220282,3	239045,7	193386,4	190046,8	118719,4	0,0	0,0	0,0	1088145,6
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119581,2	154134,6	238342,5	333352,3	422770,6	442051,2	453627,3	416627,6	300248,6	185467,0	139920,7	110685,8	3316809,4
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148556,3	-85172,9	-4551,3	119428,1	223103,6	223635,2	196771,3	194014,7	79907,5	-11938,6	-51849,3	-125004,4	609787,6
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	119428,1	223103,6	223635,2	196771,3	194014,7	79907,5	0,0	0,0	0,0	1036860,3
Mahsup Sonrası-	148556,3	85172,9	4551,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11938,6	51849,3	125004,4	427072,7
Satış	0,0	0,0	0,0	119428,1	223103,6	223635,2	196771,3	194014,7	79907,5	0,0	0,0	0,0	1036860,3
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118624,5	152901,6	236435,8	330685,4	419388,5	438514,8	449998,3	413294,6	297846,6	183983,2	138801,4	109800,3	3290275,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-122183,8	-81536,3	47242,9	205848,9	324328,9	320281,6	313776,7	276203,7	167472,9	56786,9	-12950,3	15356,6	1510628,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	47242,9	205848,9	324328,9	320281,6	313776,7	276203,7	167472,9	56786,9	0,0	15356,6	1727299,1
Mahsup Sonrası-	122183,8	81536,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12950,3	0,0	216670,4
Satış	0,0	0,0	47242,9	205848,9	324328,9	320281,6	313776,7	276203,7	167472,9	56786,9	0,0	15356,6	1727299,1
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117675,5	151678,3	234544,3	328040,0	416033,3	435006,7	446398,3	409988,3	295463,9	182511,4	137690,9	108921,9	3263952,8
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18468,4	1080,7	53812,6	189049,8	305914,5	306061,2	245810,1	167446,4	278396,9	5759,2	-81051,1	-145657,0	1308154,8
Mahsup Sonrası+	0,0	1080,7	53812,6	189049,8	305914,5	306061,2	245810,1	167446,4	278396,9	5759,2	0,0	0,0	1553331,3
Mahsup Sonrası-	18468,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81051,1	145657,0	245176,5
Satış	0,0	1080,7	53812,6	189049,8	305914,5	306061,2	245810,1	167446,4	278396,9	5759,2	0,0	0,0	1553331,3
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116734,1	150464,9	232667,9	325415,6	412705,1	431526,6	442827,1	406708,3	293100,1	181051,3	136589,4	108050,5	3237841,1
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-140996,4	-64245,8	-51470,6	128118,8	233489,7	214513,0	244567,7	175092,9	107607,3	19322,2	-11488,0	-146973,5	707537,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	128118,8	233489,7	214513,0	244567,7	175092,9	107607,3	19322,2	0,0	0,0	1122711,4
Mahsup Sonrası-	140996,4	64245,8	51470,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11488,0	146973,5	415174,4
Satış	0,0	0,0	0,0	128118,8	233489,7	214513,0	244567,7	175092,9	107607,3	19322,2	0,0	0,0	1122711,4

3 MWp (β=26°, γ=-15°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120756,8	155777,1	242006,7	339250,3	429185,7	446685,0	457589,3	420593,8	302936,8	187065,7	141241,9	111678,2	3354767,3
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-144767,2	-84415,4	17085,7	114531,1	223288,0	240114,5	193690,2	190653,0	118986,3	-52655,8	-90163,4	-175679,2	550667,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	17085,7	114531,1	223288,0	240114,5	193690,2	190653,0	118986,3	0,0	0,0	0,0	1098348,8
Mahsup Sonrası-	144767,2	84415,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52655,8	90163,4	175679,2	547681,1
Satış	0,0	0,0	17085,7	114531,1	223288,0	240114,5	193690,2	190653,0	118986,3	0,0	0,0	0,0	1098348,8
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119790,8	154530,9	240070,7	336536,3	425752,2	443111,5	453928,6	417229,0	300513,3	185569,2	140111,9	110784,7	3327929,2
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148346,7	-84776,7	-2823,1	122612,2	226085,2	224695,4	197072,7	194616,1	80172,2	-11836,4	-51658,0	-124905,5	620907,4
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	122612,2	226085,2	224695,4	197072,7	194616,1	80172,2	0,0	0,0	0,0	1045253,7
Mahsup Sonrası-	148346,7	84776,7	2823,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11836,4	51658,0	124905,5	424346,3
Satış	0,0	0,0	0,0	122612,2	226085,2	224695,4	197072,7	194616,1	80172,2	0,0	0,0	0,0	1045253,7
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118832,4	153294,6	238150,1	333844,0	422346,2	439566,6	450297,2	413891,2	298109,2	184084,6	138991,1	109898,5	3301305,7
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-121975,8	-81143,2	48957,3	209007,5	327286,6	321333,4	314075,7	276800,3	167735,4	56888,3	-12760,6	15454,7	1521659,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	48957,3	209007,5	327286,6	321333,4	314075,7	276800,3	167735,4	56888,3	0,0	15454,7	1737539,2
Mahsup Sonrası-	121975,8	81143,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12760,6	0,0	215879,7
Satış	0,0	0,0	48957,3	209007,5	327286,6	321333,4	314075,7	276800,3	167735,4	56888,3	0,0	15454,7	1737539,2
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117881,8	152068,3	236244,9	331173,3	418967,5	436050,1	446694,8	410580,1	295724,3	182611,9	137879,1	109019,3	3274895,3
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18262,1	1470,6	55513,2	192183,1	308848,6	307104,6	246106,6	168038,2	278657,3	5859,8	-80863,0	-145559,7	1319097,3
Mahsup Sonrası+	0,0	1470,6	55513,2	192183,1	308848,6	307104,6	246106,6	168038,2	278657,3	5859,8	0,0	0,0	1563782,1
Mahsup Sonrası-	18262,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80863,0	145559,7	244684,8
Satış	0,0	1470,6	55513,2	192183,1	308848,6	307104,6	246106,6	168038,2	278657,3	5859,8	0,0	0,0	1563782,1
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116938,7	150851,7	234354,9	328523,9	415615,7	432561,7	443121,3	407295,4	293358,5	181151,0	136776,1	108147,1	3248696,1
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-140791,8	-63859,0	-49783,6	131227,0	236400,3	215548,0	244861,8	175680,0	107865,7	19421,9	-11301,4	-146876,9	718392,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	131227,0	236400,3	215548,0	244861,8	175680,0	107865,7	19421,9	0,0	0,0	1131004,8
Mahsup Sonrası-	140791,8	63859,0	49783,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11301,4	146876,9	412612,7
Satış	0,0	0,0	0,0	131227,0	236400,3	215548,0	244861,8	175680,0	107865,7	19421,9	0,0	0,0	1131004,8

3 MWp (β=26°, γ=15°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120664,3	155830,4	243682,1	345922,2	432932,0	446745,6	455670,8	418308,0	301052,1	186320,2	140854,5	111489,7	3359471,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-144859,8	-84362,1	18761,0	121203,0	227034,3	240175,1	191771,7	188367,2	117101,5	-53401,4	-90550,8	-175867,7	555372,2
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	18761,0	121203,0	227034,3	240175,1	191771,7	188367,2	117101,5	0,0	0,0	0,0	1104413,9
Mahsup Sonrası-	144859,8	84362,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53401,4	90550,8	175867,7	549041,7
Satış	0,0	0,0	18761,0	121203,0	227034,3	240175,1	191771,7	188367,2	117101,5	0,0	0,0	0,0	1104413,9
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119699,0	154583,7	241732,6	343154,8	429468,6	443171,6	452025,4	414961,5	298643,7	184829,6	139727,7	110597,8	3332596,0
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148438,5	-84723,8	-1161,2	129230,7	229801,6	224755,6	195169,5	192348,6	78302,5	-12576,0	-52042,3	-125092,4	625574,2
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	129230,7	229801,6	224755,6	195169,5	192348,6	78302,5	0,0	0,0	0,0	1049608,4
Mahsup Sonrası-	148438,5	84723,8	1161,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12576,0	52042,3	125092,4	424034,1
Satış	0,0	0,0	0,0	129230,7	229801,6	224755,6	195169,5	192348,6	78302,5	0,0	0,0	0,0	1049608,4
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118741,4	153347,0	239798,7	340409,6	426032,8	439626,3	448409,2	411641,9	296254,5	183351,0	138609,9	109713,0	3305935,3
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-122066,9	-81090,8	50605,9	215573,1	330973,3	321393,0	312187,7	274550,9	165880,7	56154,6	-13141,8	15269,3	1526289,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	50605,9	215573,1	330973,3	321393,0	312187,7	274550,9	165880,7	56154,6	0,0	15269,3	1742588,5
Mahsup Sonrası-	122066,9	81090,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13141,8	0,0	216299,5
Satış	0,0	0,0	50605,9	215573,1	330973,3	321393,0	312187,7	274550,9	165880,7	56154,6	0,0	15269,3	1742588,5
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117791,4	152120,3	237880,3	337686,3	422624,6	436109,2	444821,9	408348,7	293884,5	181884,2	137501,0	108835,3	3279487,8
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18352,5	1522,6	57148,6	198696,2	312505,7	307163,8	244233,8	165806,8	276817,5	5132,0	-81241,1	-145743,7	1323689,8
Mahsup Sonrası+	0,0	1522,6	57148,6	198696,2	312505,7	307163,8	244233,8	165806,8	276817,5	5132,0	0,0	0,0	1569027,0
Mahsup Sonrası-	18352,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81241,1	145743,7	245337,2
Satış	0,0	1522,6	57148,6	198696,2	312505,7	307163,8	244233,8	165806,8	276817,5	5132,0	0,0	0,0	1569027,0
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116849,1	150903,3	235977,3	334984,8	419243,6	432620,4	441263,4	405081,9	291533,4	180429,1	136401,0	107964,6	3253251,9
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-140881,4	-63807,4	-48161,2	137687,9	240028,1	215606,7	243003,9	173466,5	106040,5	18700,0	-11676,4	-147059,4	722947,8
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	137687,9	240028,1	215606,7	243003,9	173466,5	106040,5	18700,0	0,0	0,0	1134533,8
Mahsup Sonrası-	140881,4	63807,4	48161,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11676,4	147059,4	411585,9
Satış	0,0	0,0	0,0	137687,9	240028,1	215606,7	243003,9	173466,5	106040,5	18700,0	0,0	0,0	1134533,8

3 MWp (β=26°, γ=30°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120368,8	155459,3	243304,4	346706,3	434571,6	446433,5	453604,0	415562,8	299035,1	185535,6	140450,1	111214,9	3352246,3
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-145155,3	-84733,1	18383,4	121987,1	228673,9	239863,0	189704,8	185622,0	115084,6	-54186,0	-90955,2	-176142,5	548146,6
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	18383,4	121987,1	228673,9	239863,0	189704,8	185622,0	115084,6	0,0	0,0	0,0	1099318,7
Mahsup Sonrası-	145155,3	84733,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54186,0	90955,2	176142,5	551172,0
Satış	0,0	0,0	18383,4	121987,1	228673,9	239863,0	189704,8	185622,0	115084,6	0,0	0,0	0,0	1099318,7
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119405,8	154215,6	241357,9	343932,6	431095,0	442862,0	449975,1	412238,3	296642,8	184051,3	139326,5	110325,2	3325428,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148731,6	-85091,9	-1535,9	130008,5	231428,0	224445,9	193119,2	189625,3	76301,7	-13354,3	-52443,4	-125365,0	618406,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	130008,5	231428,0	224445,9	193119,2	189625,3	76301,7	0,0	0,0	0,0	1044928,6
Mahsup Sonrası-	148731,6	85091,9	1535,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13354,3	52443,4	125365,0	426522,1
Satış	0,0	0,0	0,0	130008,5	231428,0	224445,9	193119,2	189625,3	76301,7	0,0	0,0	0,0	1044928,6
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118450,6	152981,9	239427,1	341181,1	427646,3	439319,1	446375,3	408940,4	294269,7	182578,9	138211,9	109442,6	3298824,9
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-122357,7	-81455,9	50234,3	216344,6	332586,7	321085,9	310153,8	271849,5	163895,9	55382,6	-13539,8	14998,9	1519178,6
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	50234,3	216344,6	332586,7	321085,9	310153,8	271849,5	163895,9	55382,6	0,0	14998,9	1736532,0
Mahsup Sonrası-	122357,7	81455,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13539,8	0,0	217353,4
Satış	0,0	0,0	50234,3	216344,6	332586,7	321085,9	310153,8	271849,5	163895,9	55382,6	0,0	14998,9	1736532,0
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117503,0	151758,1	237511,7	338451,7	424225,1	435804,5	442804,3	405668,9	291915,5	181118,2	137106,2	108567,1	3272434,3
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18640,9	1160,4	56780,0	199461,5	314106,3	306859,1	242216,1	163127,0	274848,5	4366,1	-81635,8	-146011,9	1316636,3
Mahsup Sonrası+	0,0	1160,4	56780,0	199461,5	314106,3	306859,1	242216,1	163127,0	274848,5	4366,1	0,0	0,0	1562925,0
Mahsup Sonrası-	18640,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81635,8	146011,9	246288,6
Satış	0,0	1160,4	56780,0	199461,5	314106,3	306859,1	242216,1	163127,0	274848,5	4366,1	0,0	0,0	1562925,0
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116562,9	150544,0	235611,6	335744,1	420831,3	432318,1	439261,9	402423,5	289580,2	179669,3	136009,4	107698,5	3246254,8
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-141167,6	-64166,8	-48527,0	138447,2	241615,9	215304,5	241002,5	170808,0	104087,3	17940,2	-12068,1	-147325,5	715950,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	138447,2	241615,9	215304,5	241002,5	170808,0	104087,3	17940,2	0,0	0,0	1129205,6
Mahsup Sonrası-	141167,6	64166,8	48527,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12068,1	147325,5	413254,8
Satış	0,0	0,0	0,0	138447,2	241615,9	215304,5	241002,5	170808,0	104087,3	17940,2	0,0	0,0	1129205,6

3 MWp (γ=0° , β=36°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	117134,0	151405,6	236977,2	332105,3	416484,8	430345,1	440773,1	407456,1	294049,8	181264,3	137156,2	108128,3	3253279,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-148390,1	-88786,8	12056,2	107386,1	210587,1	223774,6	176873,9	177515,3	110099,2	-58457,2	-94249,1	-179229,1	449180,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	12056,2	107386,1	210587,1	223774,6	176873,9	177515,3	110099,2	0,0	0,0	0,0	1018292,5
Mahsup Sonrası-	148390,1	88786,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58457,2	94249,1	179229,1	569112,4
Satış	0,0	0,0	12056,2	107386,1	210587,1	223774,6	176873,9	177515,3	110099,2	0,0	0,0	0,0	1018292,5
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	116196,9	150194,4	235081,4	329448,4	413152,9	426902,4	437246,9	404196,4	291697,4	179814,2	136058,9	107263,3	3227253,5
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-151940,5	-89113,1	-7812,4	115524,3	213485,9	208486,3	180390,9	181583,4	71356,2	-17591,3	-55711,1	-128426,9	520231,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	115524,3	213485,9	208486,3	180390,9	181583,4	71356,2	0,0	0,0	0,0	970827,1
Mahsup Sonrası-	151940,5	89113,1	7812,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17591,3	55711,1	128426,9	450595,4
Satış	0,0	0,0	0,0	115524,3	213485,9	208486,3	180390,9	181583,4	71356,2	0,0	0,0	0,0	970827,1
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	115267,3	148992,8	233200,7	326812,8	409847,7	423487,1	433748,9	400962,9	289363,8	178375,7	134970,4	106405,2	3201435,5
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-125540,9	-85445,0	44007,9	201976,3	314788,2	305253,9	297527,4	263871,9	158990,0	51179,4	-16781,3	11961,4	1421789,2
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	44007,9	201976,3	314788,2	305253,9	297527,4	263871,9	158990,0	51179,4	0,0	11961,4	1649556,4
Mahsup Sonrası-	125540,9	85445,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16781,3	0,0	227767,2
Satış	0,0	0,0	44007,9	201976,3	314788,2	305253,9	297527,4	263871,9	158990,0	51179,4	0,0	11961,4	1649556,4
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	114345,2	147800,9	231335,1	324198,3	406568,9	420099,2	430278,9	397755,1	287048,9	176948,7	133890,7	105553,9	3175824,0
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-21798,7	-2796,8	50603,4	185208,2	296450,1	291153,8	229690,7	155213,2	269981,9	196,6	-84851,4	-149025,0	1220026,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	50603,4	185208,2	296450,1	291153,8	229690,7	155213,2	269981,9	196,6	0,0	0,0	1478498,0
Mahsup Sonrası-	21798,7	2796,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	84851,4	149025,0	258471,9
Satış	0,0	0,0	50603,4	185208,2	296450,1	291153,8	229690,7	155213,2	269981,9	196,6	0,0	0,0	1478498,0
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	113430,4	146618,5	229484,5	321604,7	403316,4	416738,5	426836,7	394573,1	284752,5	175533,1	132819,6	104709,5	3150417,4
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-144300,1	-68092,3	-54654,1	124307,9	224101,0	199724,8	228577,3	162957,6	99259,7	13804,0	-15257,9	-150314,5	620113,4
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	124307,9	224101,0	199724,8	228577,3	162957,6	99259,7	13804,0	0,0	0,0	1052732,2
Mahsup Sonrası-	144300,1	68092,3	54654,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15257,9	150314,5	432618,9
Satış	0,0	0,0	0,0	124307,9	224101,0	199724,8	228577,3	162957,6	99259,7	13804,0	0,0	0,0	1052732,2

3 MWp (γ=0° , β=41°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	114779,9	148453,0	232584,0	325164,9	406700,1	419634,9	430274,6	398963,2	288429,9	177658,3	134517,7	105897,9	3183058,4
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-150744,1	-91739,4	7662,9	100445,7	200802,4	213064,4	166375,5	169022,4	104479,3	-62063,2	-96887,6	-181459,5	378958,8
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	7662,9	100445,7	200802,4	213064,4	166375,5	169022,4	104479,3	0,0	0,0	0,0	961852,7
Mahsup Sonrası-	150744,1	91739,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62063,2	96887,6	181459,5	582893,9
Satış	0,0	0,0	7662,9	100445,7	200802,4	213064,4	166375,5	169022,4	104479,3	0,0	0,0	0,0	961852,7
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	113861,7	147265,4	230723,3	322563,6	403446,5	416277,8	426832,4	395771,5	286122,4	176237,0	133441,6	105050,7	3157593,9
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-154275,7	-92042,1	-12170,5	108639,4	203779,5	197861,8	169976,5	173158,5	65781,3	-21168,5	-58328,4	-130639,5	450572,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	108639,4	203779,5	197861,8	169976,5	173158,5	65781,3	0,0	0,0	0,0	919197,0
Mahsup Sonrası-	154275,7	92042,1	12170,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21168,5	58328,4	130639,5	468624,8
Satış	0,0	0,0	0,0	108639,4	203779,5	197861,8	169976,5	173158,5	65781,3	0,0	0,0	0,0	919197,0
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	112950,8	146087,3	228877,5	319983,1	400219,0	412947,6	423417,8	392605,3	283833,5	174827,1	132374,0	104210,3	3132333,2
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-127857,5	-88350,6	39684,7	195146,5	305159,4	294714,4	287196,2	255514,4	153459,7	47630,8	-19377,7	9766,5	1352686,9
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	39684,7	195146,5	305159,4	294714,4	287196,2	255514,4	153459,7	47630,8	0,0	9766,5	1588272,6
Mahsup Sonrası-	127857,5	88350,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19377,7	0,0	235585,7
Satış	0,0	0,0	39684,7	195146,5	305159,4	294714,4	287196,2	255514,4	153459,7	47630,8	0,0	9766,5	1588272,6
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	112047,2	144918,6	227046,5	317423,2	397017,2	409644,0	420030,4	389464,5	281562,8	173428,5	131315,1	103376,6	3107274,5
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-24096,7	-5679,1	46314,8	178433,1	286898,4	280698,6	219442,2	146922,6	264495,8	-3323,6	-87427,0	-151202,4	1151476,6
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	46314,8	178433,1	286898,4	280698,6	219442,2	146922,6	264495,8	0,0	0,0	0,0	1423205,4
Mahsup Sonrası-	24096,7	5679,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3323,6	87427,0	151202,4	271728,8
Satış	0,0	0,0	46314,8	178433,1	286898,4	280698,6	219442,2	146922,6	264495,8	0,0	0,0	0,0	1423205,4
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	111150,8	143759,2	225230,1	314883,8	393841,1	406366,9	416670,2	386348,7	279310,3	172041,1	130264,5	102549,6	3082416,3
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-148579,7	-70951,5	-58908,4	117586,9	214625,6	189353,3	218410,7	154733,3	93817,4	10312,0	-17812,9	-152474,4	552112,3
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	117586,9	214625,6	189353,3	218410,7	154733,3	93817,4	10312,0	0,0	0,0	998839,3
Mahsup Sonrası-	148579,7	70951,5	58908,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17812,9	152474,4	446727,0
Satış	0,0	0,0	0,0	117586,9	214625,6	189353,3	218410,7	154733,3	93817,4	10312,0	0,0	0,0	998839,3

3 MWp (γ=0° , β=46°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	112112,0	145076,8	227536,4	317382,3	395533,1	407502,3	418333,3	389089,9	281880,3	173541,9	131514,4	103382,0	3102884,5
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-153412,1	-95115,6	2615,4	92663,1	189635,3	200931,8	154434,1	159149,1	97929,7	-66179,6	-99890,9	-183975,4	298784,8
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	2615,4	92663,1	189635,3	200931,8	154434,1	159149,1	97929,7	0,0	0,0	0,0	897358,6
Mahsup Sonrası-	153412,1	95115,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66179,6	99890,9	183975,4	598573,7
Satış	0,0	0,0	2615,4	92663,1	189635,3	200931,8	154434,1	159149,1	97929,7	0,0	0,0	0,0	897358,6
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	111215,1	143916,2	225716,1	314843,2	392368,8	404242,3	414986,6	385977,2	279625,2	172153,6	130462,2	102554,9	3078061,4
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-156922,4	-95391,3	-17177,7	100919,1	192701,8	185826,2	158130,6	163364,2	59284,1	-25252,0	-61307,7	-133135,3	371039,6
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	100919,1	192701,8	185826,2	158130,6	163364,2	59284,1	0,0	0,0	0,0	860226,0
Mahsup Sonrası-	156922,4	95391,3	17177,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25252,0	61307,7	133135,3	489186,4
Satış	0,0	0,0	0,0	100919,1	192701,8	185826,2	158130,6	163364,2	59284,1	0,0	0,0	0,0	860226,0
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	110325,4	142764,9	223910,4	312324,5	389229,9	401008,3	411666,7	382889,4	277388,2	170776,4	129418,5	101734,5	3053436,9
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-130482,9	-91673,0	34717,5	187488,0	294170,3	282775,1	275445,2	245798,5	147014,4	43580,0	-22333,2	7290,7	1273790,6
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	34717,5	187488,0	294170,3	282775,1	275445,2	245798,5	147014,4	43580,0	0,0	7290,7	1518279,7
Mahsup Sonrası-	130482,9	91673,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22333,2	0,0	244489,1
Satış	0,0	0,0	34717,5	187488,0	294170,3	282775,1	275445,2	245798,5	147014,4	43580,0	0,0	7290,7	1518279,7
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	109442,8	141622,8	222119,1	309825,9	386116,0	397800,2	408373,4	379826,3	275169,1	169410,1	128383,2	100920,6	3029009,4
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-26701,1	-8974,9	41387,4	170835,7	275997,2	268854,8	207785,2	137284,4	258102,1	-7342,0	-90358,9	-153658,4	1073211,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	41387,4	170835,7	275997,2	268854,8	207785,2	137284,4	258102,1	0,0	0,0	0,0	1360246,7
Mahsup Sonrası-	26701,1	8974,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7342,0	90358,9	153658,4	287035,3
Satış	0,0	0,0	41387,4	170835,7	275997,2	268854,8	207785,2	137284,4	258102,1	0,0	0,0	0,0	1360246,7
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	108567,2	140489,8	220342,1	307347,3	383027,1	394617,8	405106,4	376787,7	272967,8	168054,9	127356,1	100113,2	3004777,3
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-149163,3	-74221,0	-63796,4	110050,4	203811,7	177604,2	206847,0	145172,2	87474,9	6325,8	-20721,3	-154910,8	474473,3
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	110050,4	203811,7	177604,2	206847,0	145172,2	87474,9	6325,8	0,0	0,0	937286,1
Mahsup Sonrası-	149163,3	74221,0	63796,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20721,3	154910,8	462812,8
Satış	0,0	0,0	0,0	110050,4	203811,7	177604,2	206847,0	145172,2	87474,9	6325,8	0,0	0,0	937286,1

3 MWp (γ=0° , β=51°) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	109146,9	141299,1	221773,0	308541,4	383018,1	393990,2	404993,9	377886,4	274442,2	168945,2	128150,6	100599,3	3012786,4
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-156377,2	-98893,3	-3148,0	83822,2	177120,4	187419,8	141094,8	147945,6	90491,7	-70776,3	-103254,7	-186758,1	208686,8
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	83822,2	177120,4	187419,8	141094,8	147945,6	90491,7	0,0	0,0	0,0	827894,4
Mahsup Sonrası-	156377,2	98893,3	3148,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70776,3	103254,7	186758,1	619207,6
Satış	0,0	0,0	0,0	83822,2	177120,4	187419,8	141094,8	147945,6	90491,7	0,0	0,0	0,0	827894,4
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	108273,7	140168,7	219998,8	306073,0	379954,0	390838,3	401754,0	374863,3	272246,7	167593,7	127125,4	99794,5	2988684,1
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-159863,7	-99138,8	-22895,0	92148,9	180287,0	172422,3	144898,0	152250,3	51905,6	-29811,9	-64644,6	-135895,7	281662,3
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	92148,9	180287,0	172422,3	144898,0	152250,3	51905,6	0,0	0,0	0,0	793912,0
Mahsup Sonrası-	159863,7	99138,8	22895,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29811,9	64644,6	135895,7	512249,7
Satış	0,0	0,0	0,0	92148,9	180287,0	172422,3	144898,0	152250,3	51905,6	0,0	0,0	0,0	793912,0
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	107407,5	139047,4	218238,8	303624,4	376914,4	387711,6	398539,9	371864,4	270068,7	166252,9	126108,4	98996,1	2964774,7
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-133400,7	-95390,5	29046,0	178787,9	281854,8	269478,4	262318,4	234773,5	139695,0	39056,6	-25643,3	4552,4	1185128,4
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	29046,0	178787,9	281854,8	269478,4	262318,4	234773,5	139695,0	39056,6	0,0	4552,4	1439562,9
Mahsup Sonrası-	133400,7	95390,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25643,3	0,0	254434,5
Satış	0,0	0,0	29046,0	178787,9	281854,8	269478,4	262318,4	234773,5	139695,0	39056,6	0,0	4552,4	1439562,9
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	106548,3	137935,0	216492,9	301195,5	373899,0	384609,9	395351,6	368889,5	267908,2	164922,9	125099,5	98204,2	2941056,5
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-29595,6	-12662,7	35761,2	162205,3	263780,2	255664,4	194763,4	126347,6	250841,2	-11829,2	-93642,6	-156374,8	985258,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	35761,2	162205,3	263780,2	255664,4	194763,4	126347,6	250841,2	0,0	0,0	0,0	1289363,4
Mahsup Sonrası-	29595,6	12662,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11829,2	93642,6	156374,8	304104,9
Satış	0,0	0,0	35761,2	162205,3	263780,2	255664,4	194763,4	126347,6	250841,2	0,0	0,0	0,0	1289363,4
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	105695,9	136831,5	214761,0	298785,9	370907,8	381533,0	392188,8	365938,4	265764,9	163603,5	124098,7	97418,5	2917528,0
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-152034,6	-77879,2	-69377,6	101489,0	191692,4	164519,4	193929,4	134322,9	80272,1	1874,4	-23978,7	-157605,5	387224,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	101489,0	191692,4	164519,4	193929,4	134322,9	80272,1	1874,4	0,0	0,0	868099,6
Mahsup Sonrası-	152034,6	77879,2	69377,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23978,7	157605,5	480875,6
Satış	0,0	0,0	0,0	101489,0	191692,4	164519,4	193929,4	134322,9	80272,1	1874,4	0,0	0,0	868099,6

3 MWp (İnverter=100kW Panel=545W) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120788,1	155938,6	243294,3	342451,3	431489,9	447089,8	457046,7	420024,9	302331,3	186842,8	141157,2	111641,8	3360096,7
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-144735,9	-84253,8	18373,2	117732,1	225592,2	240519,4	193147,6	190084,1	118380,7	-52878,8	-90248,1	-175715,6	555997,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	18373,2	117732,1	225592,2	240519,4	193147,6	190084,1	118380,7	0,0	0,0	0,0	1103829,3
Mahsup Sonrası-	144735,9	84253,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52878,8	90248,1	175715,6	547832,1
Satış	0,0	0,0	18373,2	117732,1	225592,2	240519,4	193147,6	190084,1	118380,7	0,0	0,0	0,0	1103829,3
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119621,8	154691,1	241347,9	339711,6	428038,0	443513,1	453390,3	416664,7	299912,6	185348,0	140028,0	110748,7	3333216,0
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148315,6	-84616,4	-1545,9	125787,5	228371,0	225097,1	196534,4	194051,7	79571,5	-12057,5	-51742,0	-124941,5	626194,2
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	125787,5	228371,0	225097,1	196534,4	194051,7	79571,5	0,0	0,0	0,0	1049413,1
Mahsup Sonrası-	148315,6	84616,4	1545,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12057,5	51742,0	124941,5	423218,9
Satış	0,0	0,0	0,0	125787,5	228371,0	225097,1	196534,4	194051,7	79571,5	0,0	0,0	0,0	1049413,1
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118863,3	153453,6	239417,1	336994,0	424613,7	439965,0	449763,2	413331,4	297513,3	183865,2	138907,8	109862,7	3306550,2
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-121945,0	-80984,2	50224,3	212157,4	329554,1	321731,8	313541,7	276240,4	167139,6	56668,9	-12843,9	15418,9	1526904,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	50224,3	212157,4	329554,1	321731,8	313541,7	276240,4	167139,6	56668,9	0,0	15418,9	1742677,2
Mahsup Sonrası-	121945,0	80984,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12843,9	0,0	215773,2
Satış	0,0	0,0	50224,3	212157,4	329554,1	321731,8	313541,7	276240,4	167139,6	56668,9	0,0	15418,9	1742677,2
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117912,4	152226,0	237501,8	334298,0	421216,8	436445,3	446165,1	410024,7	295133,2	182394,3	137796,5	108983,8	3280097,8
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18231,5	1628,3	56770,1	195307,9	311098,0	307499,8	245576,9	167482,8	278066,2	5642,2	-80945,6	-145595,2	1324299,9
Mahsup Sonrası+	0,0	1628,3	56770,1	195307,9	311098,0	307499,8	245576,9	167482,8	278066,2	5642,2	0,0	0,0	1569072,2
Mahsup Sonrası-	18231,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80945,6	145595,2	244772,3
Satış	0,0	1628,3	56770,1	195307,9	311098,0	307499,8	245576,9	167482,8	278066,2	5642,2	0,0	0,0	1569072,2
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116969,1	151008,2	235601,8	331623,6	417847,1	432953,7	442595,8	406744,5	292772,2	180935,2	136694,1	108111,9	3253857,1
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-140761,5	-63702,6	-48536,8	134326,7	238631,6	215940,1	244336,3	175129,0	107279,3	19206,1	-11383,3	-146912,1	723553,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	134326,7	238631,6	215940,1	244336,3	175129,0	107279,3	19206,1	0,0	0,0	1134849,2
Mahsup Sonrası-	140761,5	63702,6	48536,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11383,3	146912,1	411296,2
Satış	0,0	0,0	0,0	134326,7	238631,6	215940,1	244336,3	175129,0	107279,3	19206,1	0,0	0,0	1134849,2

3 MWp (İnverter=100kW Panel=320W) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	121040,2	156602,3	244407,6	344119,8	432735,8	447610,4	457501,9	419065,3	303301,9	187731,1	141854,8	112097,1	3368068,3
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-144483,9	-83590,1	19486,6	119400,6	226838,1	241039,9	193602,8	189124,6	119351,3	-51990,4	-89550,5	-175260,3	563968,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	19486,6	119400,6	226838,1	241039,9	193602,8	189124,6	119351,3	0,0	0,0	0,0	1108843,9
Mahsup Sonrası-	144483,9	83590,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51990,4	89550,5	175260,3	544875,3
Satış	0,0	0,0	19486,6	119400,6	226838,1	241039,9	193602,8	189124,6	119351,3	0,0	0,0	0,0	1108843,9
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	120071,8	155349,5	242452,4	341366,9	429274,0	444029,5	453841,9	415712,8	300875,5	186229,3	140719,9	111200,3	3341123,8
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148065,6	-83958,0	-441,4	127442,7	229606,9	225613,4	196986,0	193099,8	80534,3	-11176,3	-51050,1	-124489,9	634102,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	127442,7	229606,9	225613,4	196986,0	193099,8	80534,3	0,0	0,0	0,0	1053283,2
Mahsup Sonrası-	148065,6	83958,0	441,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11176,3	51050,1	124489,9	419181,2
Satış	0,0	0,0	0,0	127442,7	229606,9	225613,4	196986,0	193099,8	80534,3	0,0	0,0	0,0	1053283,2
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	119111,3	154106,7	240512,8	338635,9	425839,8	440477,2	450211,2	412387,1	298468,5	184739,5	139594,2	110310,7	3314394,8
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-121697,0	-80331,1	51319,9	213799,4	330780,2	322244,0	313989,6	275296,2	168094,7	57543,1	-12157,5	15867,0	1534748,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	51319,9	213799,4	330780,2	322244,0	313989,6	275296,2	168094,7	57543,1	0,0	15867,0	1748934,2
Mahsup Sonrası-	121697,0	80331,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12157,5	0,0	214185,7
Satış	0,0	0,0	51319,9	213799,4	330780,2	322244,0	313989,6	275296,2	168094,7	57543,1	0,0	15867,0	1748934,2
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	118158,4	152873,9	238588,7	335926,9	422433,0	436953,4	446609,5	409088,0	296080,7	183261,5	138477,4	109428,3	3287879,6
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-17985,5	2276,2	57857,0	196936,7	312314,2	308007,9	246021,3	166546,1	279013,7	6509,4	-80264,7	-145150,7	1332081,7
Mahsup Sonrası+	0,0	2276,2	57857,0	196936,7	312314,2	308007,9	246021,3	166546,1	279013,7	6509,4	0,0	0,0	1575482,6
Mahsup Sonrası-	17985,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80264,7	145150,7	243400,9
Satış	0,0	2276,2	57857,0	196936,7	312314,2	308007,9	246021,3	166546,1	279013,7	6509,4	0,0	0,0	1575482,6
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	117213,1	151650,9	236680,0	333239,4	419053,6	433457,8	443036,6	405815,3	293712,1	181795,4	137369,6	108552,8	3261576,6
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-140517,4	-63059,9	-47458,6	135942,6	239838,2	216444,2	244777,2	174199,8	108219,2	20066,3	-10707,9	-146471,2	731272,5
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	135942,6	239838,2	216444,2	244777,2	174199,8	108219,2	20066,3	0,0	0,0	1139487,4
Mahsup Sonrası-	140517,4	63059,9	47458,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10707,9	146471,2	408214,9
Satış	0,0	0,0	0,0	135942,6	239838,2	216444,2	244777,2	174199,8	108219,2	20066,3	0,0	0,0	1139487,4

3 MWp (İnverter=100kW Panel=345W) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120332,9	156267,2	244236,2	344962,1	435444,5	451634,2	461724,0	424361,0	305318,5	188377,1	141717,6	111730,0	3386105,3
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-145191,2	-83925,3	19315,2	120242,9	229546,8	245063,7	197824,9	194420,3	121367,9	-51344,4	-89687,7	-175627,4	582005,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	19315,2	120242,9	229546,8	245063,7	197824,9	194420,3	121367,9	0,0	0,0	0,0	1127781,7
Mahsup Sonrası-	145191,2	83925,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51344,4	89687,7	175627,4	545776,0
Satış	0,0	0,0	19315,2	120242,9	229546,8	245063,7	197824,9	194420,3	121367,9	0,0	0,0	0,0	1127781,7
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119370,2	155017,0	242282,3	342202,4	431961,0	448021,1	458030,2	420966,1	302875,9	186870,1	140583,9	110836,2	3359016,5
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148767,3	-84290,5	-611,5	128278,3	232294,0	229605,0	201174,3	198353,2	82534,8	-10535,5	-51186,1	-124854,0	651994,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	128278,3	232294,0	229605,0	201174,3	198353,2	82534,8	0,0	0,0	0,0	1072239,5
Mahsup Sonrası-	148767,3	84290,5	611,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10535,5	51186,1	124854,0	420244,8
Satış	0,0	0,0	0,0	128278,3	232294,0	229605,0	201174,3	198353,2	82534,8	0,0	0,0	0,0	1072239,5
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118415,2	153776,9	240344,0	339464,8	428505,3	444436,9	454366,0	417598,4	300452,9	185375,1	139459,2	109949,5	3332144,3
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-122393,0	-80660,9	51151,2	214628,3	333445,7	326203,7	318144,4	280507,5	170079,1	58178,8	-12292,5	15505,7	1552498,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	51151,2	214628,3	333445,7	326203,7	318144,4	280507,5	170079,1	58178,8	0,0	15505,7	1767844,5
Mahsup Sonrası-	122393,0	80660,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12292,5	0,0	215346,5
Satış	0,0	0,0	51151,2	214628,3	333445,7	326203,7	318144,4	280507,5	170079,1	58178,8	0,0	15505,7	1767844,5
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117467,9	152546,7	238421,3	336749,1	425077,3	440881,4	450731,0	414257,6	298049,3	183892,1	138343,5	109069,9	3305487,2
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18676,0	1949,0	57689,6	197758,9	314958,4	311936,0	250142,9	171715,7	280982,3	7140,0	-80398,5	-145509,1	1349689,2
Mahsup Sonrası+	0,0	1949,0	57689,6	197758,9	314958,4	311936,0	250142,9	171715,7	280982,3	7140,0	0,0	0,0	1594272,8
Mahsup Sonrası-	18676,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80398,5	145509,1	244583,6
Satış	0,0	1949,0	57689,6	197758,9	314958,4	311936,0	250142,9	171715,7	280982,3	7140,0	0,0	0,0	1594272,8
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116528,2	151326,3	236513,9	334055,1	421676,6	437354,4	447125,2	410943,6	295664,9	182421,0	137236,8	108197,3	3279043,3
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-141202,4	-63384,4	-47624,6	136758,2	242461,2	220340,8	248865,8	179328,1	110172,0	20691,9	-10840,7	-146826,7	748739,2
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	136758,2	242461,2	220340,8	248865,8	179328,1	110172,0	20691,9	0,0	0,0	1158618,0
Mahsup Sonrası-	141202,4	63384,4	47624,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10840,7	146826,7	409878,8
Satış	0,0	0,0	0,0	136758,2	242461,2	220340,8	248865,8	179328,1	110172,0	20691,9	0,0	0,0	1158618,0

3 MWp (İnverter=60kW Panel=545W) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120662,8	155780,8	243048,0	342104,6	431053,2	446637,3	456584,1	419599,7	302025,3	186653,7	141014,4	111525,7	3356689,6
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-144861,3	-84411,6	18127,0	117385,4	225155,5	240066,8	192685,0	189659,0	118074,7	-53067,9	-90390,9	-175831,7	552590,0
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	18127,0	117385,4	225155,5	240066,8	192685,0	189659,0	118074,7	0,0	0,0	0,0	1101153,4
Mahsup Sonrası-	144861,3	84411,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53067,9	90390,9	175831,7	548563,4
Satış	0,0	0,0	18127,0	117385,4	225155,5	240066,8	192685,0	189659,0	118074,7	0,0	0,0	0,0	1101153,4
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119697,5	154534,6	241103,6	339367,8	427604,8	443064,2	452931,4	416242,9	299609,1	185160,4	139886,3	110633,5	3329836,1
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148440,0	-84773,0	-1790,2	125443,7	227937,8	224648,2	196075,5	193630,0	79267,9	-12245,1	-51883,7	-125056,7	622814,3
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	125443,7	227937,8	224648,2	196075,5	193630,0	79267,9	0,0	0,0	0,0	1047003,0
Mahsup Sonrası-	148440,0	84773,0	1790,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12245,1	51883,7	125056,7	424188,6
Satış	0,0	0,0	0,0	125443,7	227937,8	224648,2	196075,5	193630,0	79267,9	0,0	0,0	0,0	1047003,0
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118739,9	153298,3	239174,8	336652,9	424183,9	439519,7	449308,0	412913,0	297212,2	183679,1	138767,2	109748,4	3303197,4
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-122068,4	-81139,6	49982,0	211816,3	329124,4	321286,5	313086,4	275822,1	166838,4	56482,8	-12984,5	15304,7	1523551,2
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	49982,0	211816,3	329124,4	321286,5	313086,4	275822,1	166838,4	56482,8	0,0	15304,7	1739743,6
Mahsup Sonrası-	122068,4	81139,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12984,5	0,0	216192,5
Satış	0,0	0,0	49982,0	211816,3	329124,4	321286,5	313086,4	275822,1	166838,4	56482,8	0,0	15304,7	1739743,6
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117790,0	152071,9	237261,4	333959,6	420790,5	436003,6	445713,5	409609,7	294834,5	182209,7	137657,0	108870,4	3276771,8
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18353,9	1474,2	56529,7	194969,5	310671,6	307058,1	245125,3	167067,8	277767,5	5457,6	-81085,0	-145708,5	1320973,9
Mahsup Sonrası+	0,0	1474,2	56529,7	194969,5	310671,6	307058,1	245125,3	167067,8	277767,5	5457,6	0,0	0,0	1566121,4
Mahsup Sonrası-	18353,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81085,0	145708,5	245147,5
Satış	0,0	1474,2	56529,7	194969,5	310671,6	307058,1	245125,3	167067,8	277767,5	5457,6	0,0	0,0	1566121,4
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116847,7	150855,3	235363,3	331288,0	417424,1	432515,5	442147,8	406332,8	292475,8	180752,0	136555,8	107999,5	3250557,7
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-140882,9	-63855,4	-48775,2	133991,1	238208,7	215501,9	243888,4	174717,3	106983,0	19022,9	-11521,7	-147024,5	720253,6
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	133991,1	238208,7	215501,9	243888,4	174717,3	106983,0	19022,9	0,0	0,0	1132313,3
Mahsup Sonrası-	140882,9	63855,4	48775,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11521,7	147024,5	412059,7
Satış	0,0	0,0	0,0	133991,1	238208,7	215501,9	243888,4	174717,3	106983,0	19022,9	0,0	0,0	1132313,3

3 MWp (İnverter=60kW Panel=320W) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120917,6	156443,8	244160,3	343771,5	432291,9	447154,3	457030,0	418641,2	302976,9	187538,1	141711,2	111983,7	3364620,5
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-144606,4	-83748,6	19239,2	119052,3	226394,1	240583,9	193130,9	188700,4	119026,4	-52183,4	-89694,1	-175373,7	560520,9
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	19239,2	119052,3	226394,1	240583,9	193130,9	188700,4	119026,4	0,0	0,0	0,0	1106127,3
Mahsup Sonrası-	144606,4	83748,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52183,4	89694,1	175373,7	545606,3
Satış	0,0	0,0	19239,2	119052,3	226394,1	240583,9	193130,9	188700,4	119026,4	0,0	0,0	0,0	1106127,3
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119950,3	155192,3	242207,0	341021,4	428833,5	443577,1	453373,8	415292,0	300553,1	186037,8	140577,5	111087,8	3337703,6
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148187,1	-84115,3	-686,8	127097,2	229166,5	225161,0	196517,8	192679,1	80211,9	-11367,7	-51192,5	-124602,4	630681,8
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	127097,2	229166,5	225161,0	196517,8	192679,1	80211,9	0,0	0,0	0,0	1050833,6
Mahsup Sonrası-	148187,1	84115,3	686,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11367,7	51192,5	124602,4	420151,9
Satış	0,0	0,0	0,0	127097,2	229166,5	225161,0	196517,8	192679,1	80211,9	0,0	0,0	0,0	1050833,6
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118990,7	153950,7	240269,3	338293,2	425402,9	440028,5	449746,8	411969,7	298148,7	184549,5	139452,9	110199,1	3311001,9
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-121817,6	-80487,1	51076,5	213456,7	330343,3	321795,3	313525,3	274878,8	167774,9	57353,2	-12298,8	15755,3	1531355,7
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	51076,5	213456,7	330343,3	321795,3	313525,3	274878,8	167774,9	57353,2	0,0	15755,3	1745959,2
Mahsup Sonrası-	121817,6	80487,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12298,8	0,0	214603,5
Satış	0,0	0,0	51076,5	213456,7	330343,3	321795,3	313525,3	274878,8	167774,9	57353,2	0,0	15755,3	1745959,2
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	118038,8	152719,1	238347,2	335586,9	421999,6	436508,3	446148,8	408674,0	295763,5	183073,1	138337,2	109317,5	3284513,9
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18105,1	2121,4	57615,5	196596,7	311880,8	307562,8	245560,6	166132,1	278696,5	6321,0	-80404,8	-145261,5	1328716,0
Mahsup Sonrası+	0,0	2121,4	57615,5	196596,7	311880,8	307562,8	245560,6	166132,1	278696,5	6321,0	0,0	0,0	1572487,4
Mahsup Sonrası-	18105,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80404,8	145261,5	243771,4
Satış	0,0	2121,4	57615,5	196596,7	311880,8	307562,8	245560,6	166132,1	278696,5	6321,0	0,0	0,0	1572487,4
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	117094,5	151497,4	236440,4	332902,2	418623,6	433016,2	442579,6	405404,6	293397,4	181608,5	137230,5	108443,0	3258237,8
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-140636,1	-63213,4	-47698,1	135605,3	239408,2	216002,6	244320,2	173789,1	107904,5	19879,4	-10846,9	-146581,0	727933,8
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	135605,3	239408,2	216002,6	244320,2	173789,1	107904,5	19879,4	0,0	0,0	1136909,3
Mahsup Sonrası-	140636,1	63213,4	47698,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10846,9	146581,0	408975,5
Satış	0,0	0,0	0,0	135605,3	239408,2	216002,6	244320,2	173789,1	107904,5	19879,4	0,0	0,0	1136909,3

3 MWp (İnverter=60kW Panel=345W) Satış Kısıtlaması Durumunda Aylık Mahsuplaşma Tablosu													
1.YIL 2024	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2024 ÜRETİM	120223,2	156112,0	244001,1	344613,0	435012,9	451177,0	461256,7	423931,5	305009,4	188186,4	141592,4	111626,0	3382741,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
2023 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
Aylık Mahsuplaşma	-145300,9	-84080,4	19080,1	119893,8	229115,2	244606,6	197357,5	193990,7	121058,9	-51535,1	-89812,9	-175731,4	578642,2
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	19080,1	119893,8	229115,2	244606,6	197357,5	193990,7	121058,9	0,0	0,0	0,0	1125102,8
Mahsup Sonrası-	145300,9	84080,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51535,1	89812,9	175731,4	546460,6
Satış	0,0	0,0	19080,1	119893,8	229115,2	244606,6	197357,5	193990,7	121058,9	0,0	0,0	0,0	1125102,8
2.YIL 2025	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2025 ÜRETİM	119261,4	154863,1	242049,1	341856,1	431532,8	447567,6	457566,6	420540,1	302569,4	186680,9	140459,7	110733,0	3355679,9
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
2024 TÜKETİM	265524,1	240192,5	224921,0	224719,2	205897,7	206570,5	263899,1	229940,8	183950,6	239721,5	231405,3	287357,4	2804099,6
Aylık Mahsuplaşma	-148876,0	-84444,4	-844,7	127931,9	231865,8	229151,6	200710,7	197927,1	82228,2	-10724,6	-51310,3	-124957,2	648658,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	127931,9	231865,8	229151,6	200710,7	197927,1	82228,2	0,0	0,0	0,0	1069815,2
Mahsup Sonrası-	148876,0	84444,4	844,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10724,6	51310,3	124957,2	421157,2
Satış	0,0	0,0	0,0	127931,9	231865,8	229151,6	200710,7	197927,1	82228,2	0,0	0,0	0,0	1069815,2
3.YIL 2026	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2026 ÜRETİM	118307,3	153624,2	240112,7	339121,2	428080,5	443987,1	453906,1	417175,7	300148,8	185187,5	139336,0	109847,2	3328834,4
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
2025 TÜKETİM	268137,5	239307,5	242893,8	213924,2	199667,0	218416,1	256856,0	222613,0	220341,2	197405,5	191770,0	235690,2	2707021,8
Aylık Mahsuplaşma	-122500,9	-80813,6	50919,9	214284,7	333020,9	325753,9	317684,6	280084,8	169775,0	57991,2	-12415,7	15403,4	1549188,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	50919,9	214284,7	333020,9	325753,9	317684,6	280084,8	169775,0	57991,2	0,0	15403,4	1764918,4
Mahsup Sonrası-	122500,9	80813,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12415,7	0,0	215730,3
Satış	0,0	0,0	50919,9	214284,7	333020,9	325753,9	317684,6	280084,8	169775,0	57991,2	0,0	15403,4	1764918,4
4.YIL 2027	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2027 ÜRETİM	117360,9	152395,2	238191,8	336408,3	424655,9	440435,2	450274,8	413838,3	297747,6	183706,0	138221,3	108968,4	3302203,7
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
2026 TÜKETİM	240808,3	234437,8	189192,8	124836,5	95059,6	118233,2	136221,5	137090,9	130373,8	127196,3	151751,7	94443,8	1779646,3
Aylık Mahsuplaşma	-18783,0	1797,6	57460,1	197418,1	314537,1	311489,7	249686,7	171296,4	280680,6	6953,9	-80520,8	-145610,6	1346405,8
Mahsup Sonrası+	0,0	1797,6	57460,1	197418,1	314537,1	311489,7	249686,7	171296,4	280680,6	6953,9	0,0	0,0	1591320,2
Mahsup Sonrası-	18783,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80520,8	145610,6	244914,4
Satış	0,0	1797,6	57460,1	197418,1	314537,1	311489,7	249686,7	171296,4	280680,6	6953,9	0,0	0,0	1591320,2
5.YIL 2028	**OCAK**	**ŞUBAT**	**MART**	**NİSAN**	**MAYIS**	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**	**KASIM**	**ARALIK**	**YIL TOPLAM**
2028 ÜRETİM	116422,0	151176,1	236286,3	333717,0	421258,6	436911,7	446672,6	410527,6	295365,6	182236,3	137115,5	108096,6	3275786,1
2028 TÜKETİM	257730,5	214710,8	284138,6	197296,9	179215,4	217013,6	198259,4	231615,5	185492,9	161729,1	148077,5	255024,0	2530304,1
2027 TÜKETİM	136143,9	150597,7	180731,7	138990,2	110118,8	128945,5	200588,2	242541,9	17067,0	176752,1	218742,1	254579,0	1955798,0
Aylık Mahsuplaşma	-141308,5	-63534,7	-47852,3	136420,1	242043,2	219898,1	248413,2	178912,2	109872,8	20507,2	-10961,9	-146927,4	745482,1
Mahsup Sonrası+	0,0	0,0	0,0	136420,1	242043,2	219898,1	248413,2	178912,2	109872,8	20507,2	0,0	0,0	1156066,8
Mahsup Sonrası-	141308,5	63534,7	47852,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10961,9	146927,4	410584,7
Satış	0,0	0,0	0,0	136420,1	242043,2	219898,1	248413,2	178912,2	109872,8	20507,2	0,0	0,0	1156066,8

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. K. Yücekaya and A. Durusu, “Investigation of the effect of grid sales restrictions on power plant design parameters in photovoltaic systems,” 6th BİLSEL International Gordion Science Researches Congress*,* Ankara, Türkiye, Jun. 2025, pp. 342-343.