

PAPER DETAILS

TITLE: Sebeke baglantili fotovoltaiik panel destekli elektrikli araç sarj istasyonlarının analizi

AUTHORS: Enes Talha Tamgaci, Murat Ünlü

PAGES: 297-307

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4238651>



Şebeke bağlantılı fotovoltaik panel destekli elektrikli araç şarj istasyonlarının analizi

Analysis of grid-connected photovoltaic panel assisted electric vehicle charging stations

Enes Talha Tamgacı^{1,*} , Murat Ünlü² 

^{1,2} Kocaeli Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, 41040, Kocaeli, Türkiye

Öz

Günümüzde, çevre dostu ve sürdürülebilir bir ulaşımın önemi giderek artmaktadır. Bu bağlamda, elektrikli araçlar önemli bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Buna bağlı olarak her geçen gün elektrikli araçların kullanımı artmaktadır. Elektrikli araçların kullanımının arttığı bu dönemlerde önemli konulardan birisi de elektrikli araç şarj istasyonlarıdır. Bu makalede elektrikli araç şarj istasyonu önemi ve seviyeleri, AA ve DA şarj istasyonu farkları ortaya konmuştur. Son olarak, 3 farklı şarj istasyonu senaryosu tasarlanmıştır. 36 kW, 144 kW, 900 kW şarj istasyonuna ve diğer yüklerle sahip sistemlerin genel yük durumuna göre fotovoltaik (FV) panellerin şebekeden güç talebini %72.5, %64.7, %58.2 oranında azaltarak karbon salınımını 13 ton ve 430 ton azaltılabileceğini ortaya koyan farklı senaryolar modellenmiş ve teknik yönden analizi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Elektrikli araç şarj istasyonları, Fotovoltaik paneller, Simülasyon, HOMERGrid, Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem

1 Giriş

Günümüzde, çevre bilinci ve sürdürülebilirlik hedefleri küresel çapta giderek daha fazla öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, ulaşım sektörü de büyük bir dönüşüm geçirmektedir. Fosil yakıtlara dayalı geleneksel içten yanmalı motorlar, atmosfere zararlı emisyonlar yayarak çevresel sorunlara ve iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır. Bu sorunlara çözüm olarak, elektrikli araçlar önemli bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Elektrikli araçlar, içten yanmalı motorlara kıyasla çevre dostu bir ulaşım çözümü sunarlar. Elektrikle çalışan motorlar, sıfır emisyon üretir ve dolayısıyla hava kalitesini artırırken, karbon ayak izini azaltarak iklim değişikliğiyle mücadelede katkıda bulunurlar. Ayrıca, elektrikli araçlar enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanır ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak şarj edildiklerinde tamamen karbon nötr olabilirler.

Elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte şarj istasyonlarının da geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Abstract

The importance of environmentally friendly and sustainable transportation is increasing. In this context, electric vehicles stand out as an important solution. Accordingly, the use of electric vehicles is increasing day by day. One of the important issues in these periods when the use of electric vehicles is increasing is electric vehicle charging stations. This article reveals the importance and levels of electric vehicle charging stations, the differences between AA and DC charging stations. Finally, 3 different charging station scenarios were designed. Different scenarios were modeled and technical performance analysis was performed, which revealed that photovoltaic (PV) panels can reduce the power demand from the grid by 72.5%, 64.7%, and 58.2%, and carbon emissions from 13 tons to 430 tons, depending on the overall load change of systems with 36 kW, 144 kW, 900 kW charging stations and other loads.

Keywords: Electric vehicle charging stations, Photovoltaic panels, Simulation, HOMERGrid, Grid-connected photovoltaic system

Elektrikli araç şarj istasyonları, araçların bataryalarını şarj etmek için gerekli olan elektrik enerjisini sağlar. Elektrikli araç şarj istasyonları genellikle birkaç bileşenden oluşur. Bu bileşenler güç kaynakları, konnektörler, dönüştürücüler ve bataryadır. Bu sistemler tasarlanırken IEC, ISO ve EPDK gibi kurumların standartlarına uygun olarak tasarlanmalıdır.

Elektrikli araç şarj istasyonları genellikle farklı seviyelerde sınıflandırılır. Bunların her biri farklı güç seviyeleri ve şarj hızlarına sahiptir, bu da kullanıcıların ihtiyaçlarına ve kullanım senaryolarına göre tercih edilecek olanı belirler. Seviye 1 şarj istasyonları ev tipi prizler aracılığıyla düşük güçte şarj imkânı sunarken, Seviye 2 şarj istasyonları daha yüksek güç ve hız sağlar ve genellikle evlerde veya ticari alanlarda bulunur. Seviye 3, yani hızlı şarj istasyonları ise en yüksek güç ve hızda şarj sağlar ve genellikle otoyollar ve alışveriş merkezleri gibi yoğun kullanım alanlarında bulunur.

AA (alternatif akım) ve DA (doğru akım) şarj istasyonları arasındaki temel fark, enerjinin araca iletilme şeklidir. AA şarj istasyonlarında alternatif akım her araç için

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: tamgacienestalha@gmail.com (E. T. Tamgacı)

Geliş / Received: 26.09.2024 Kabul / Accepted: 24.12.2024 Yayımlanma / Published: 15.01.2025

doi: 10.28948/ngumuh.1555555

ayrı şekilde doğru akıma çevrilir. DA şarj istasyonlarında ise doğrudan tüm istasyon DA hata sahip olur ve aracın bataryasına doğru doğru akım sağlar.

Şarj istasyonlarının yanı sıra, şebeke kapasitesi ve şarj yönetimi de önemli bir konudur. Elektrikli araçların yoğun kullanımı durumunda şebeke aşırı yüklenmesini önlemek için akıllı şarj yönetimi sistemleri kullanılır. Bu sistemler, elektrik talebini dengelemek ve şarj istasyonlarının etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamak için şarj hızlarını ve zamanlamalarını ayarlarlar. Tüm bu faktörler, elektrikli araçların yaygınlaşması için etkili bir şarj altyapısının oluşturulmasını gerektirir. Bu altyapı, ev tipi şarj cihazlarından hızlı AA ve DA şarj istasyonlarına kadar çeşitli seviyelerde şarj imkanı sunmalıdır. Ayrıca, akıllı şarj yönetimi sistemleriyle şebeke entegrasyonu ve kullanım verimliliği sağlanmalıdır. Bu şekilde, elektrikli araçların yaygınlaşması için gerekli altyapı sağlanabilir ve sürdürülebilir bir ulaşım geleceği inşa edilebilir.

Elektrikli araç (EV) şarj istasyonlarının güneş enerjisiyle desteklenmesi, yenilenebilir enerji teknolojileri ve sürdürülebilir taşımacılık alanlarında giderek daha fazla ilgi görmektedir. Literatürde, bu alandaki çalışmalarda yenilikçi sistemlerin teknik, ekonomik ve çevresel katkıları detaylı olarak ele alınmıştır.

Bir çalışmada, enerji depolama sistemleri (ESS) ile entegre edilmiş güneş enerjisi tabanlı şarj istasyonlarının, maksimum güç noktası izleme (MPPT) teknolojisi ile enerji üretimini optimize ettiği gösterilmiştir. Bu tür sistemlerin, şebekeden bağımsız olarak sürdürülebilir enerji sağlama potansiyeli taşıdığı ifade edilmiştir [1].

Bir diğer araştırma, fotovoltaik (PV) sistemlerin "şarj ederken park etme" konseptine uygun çözümler sunduğunu ortaya koymuştur. Bu sistemlerin, güneş ışığından doğrudan yararlanarak EV'leri şarj etme imkanı tanıdığı ve karbon ayak izini azalttığı vurgulanmıştır. Ancak, kesintili enerji üretimi ve kapasite limitleri gibi zorluklar dikkat çekmektedir [2].

Çin'de, enerji sektörü en büyük karbon salıncısı ve ulaşım sektörü en hızlı büyüyen karbon salıncısı olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, bir çalışmada Shenzhen şehrinde güneş enerjisiyle çalışan bir elektrikli araç şarj istasyonu modeli önerilmiştir. Model, günlük 4500 kWh enerji talebini karşılayacak şekilde tasarlanmış ve ekonomik olarak uygulanabilir olduğu gösterilmiştir. Örneğin, bu modelle karbon dioksit, kükürt dioksit ve azot oksit salınımlarında sırasıyla %99.8, %99.7 ve %100 oranında azalma sağlanabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca, maliyet analizinde enerji üretim maliyetinin, sistemin ekonomik sürdürülebilirliğini desteklediği görülmüştür. Bu çalışma, karbon fiyatlandırmasının yenilenebilir enerjiye olan yatırımı nasıl teşvik edebileceğini de ele almıştır ve sonuçlar, karbon fiyatının ton başına 20 doların üzerine çıktığında daha etkili olduğunu göstermiştir [3].

Bir diğer çalışmada, güneş enerjisi destekli EV şarj istasyonlarında DC mikro şebekelerin kullanımını incelemiştir. Sistemde, sabit batarya depolama, PV paneller ve şebeke bağlantısı birlikte kullanılmıştır. Çalışma, yavaş şarj modlarının uzun park sürelerinde PV enerjisinden maksimum faydayı sağladığını ve şarj maliyetlerini

düşürdüğünü göstermiştir. Buna karşın, hızlı şarj modlarının daha yüksek maliyetlerle şebekeye bağlı olduğu vurgulanmıştır. Bu sistemin, güneş enerjisinin EV şarj altyapısına entegrasyonu için etkili bir çözüm olduğu ifade edilmiştir [4].

2023 yılında gerçekleştirilen Pakistan'daki farklı şehirler için şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem ile elektrikli araçlar şarj istasyonu tasarımı, mevcut akaryakıt istasyonlarının mevcut çatı alanına uygun olarak gerçekleştirilmiş olup, modelleme çalışmaları, mevcut akaryakıt istasyonlarının ortalama çatı alanlarına Lahor ve Islamabad'da ek PV sistemleri kurularak güneş enerjisi yararlanmayı 72 kWh kadar artırılabilirliğini öne sürmüştür [5]. Aynı yıl Bağlades'te yapılan başka bir çalışmada, Dhaka-Mawa Otoyolu boyunca 20 EA için 300 kWp güneş enerjili EA şarj istasyonunun ayrıntılı tasarımını PVsyst 7.2 yazılımı ile yapılmış olup, sistemin 25 yıllık ömrü boyunca net 6.460,2 ton CO₂ azaltımı sağlaması beklenmektedir [6]. 2024 yılında ArcGIS10.8.2 analiz proramı kullanılarak yapılan çalışma teknik, ekonomik ve çevresel verilere dayanmaktadır. Özellikle, bu eyaletteki Mahshahr İlçesi, şarj istasyonları için gereken enerjinin %90.55'ini güneş enerjisiyle sağlanabileceği ortaya koymuştur. Ayrıca çalışmada, bu alanın 2040 yılına kadar araçların %11'ini elektrikli arabalara dönüştürme kapasitesine sahip olduğunu ve CO₂ emisyonlarını 30 tondan fazla azaltılabileceğini göstermiştir [7].

Antalya'da gerçekleştirilen bir çalışmada; fotovoltaik (PV) paneller ve şebeke bağlantılı bir hibrit güç sistemi (HPS) kullanılarak EV şarj altyapısı modellenmiş ve optimize edilmiştir. HOMER yazılımı kullanılarak farklı senaryolar, teknik, ekonomik ve çevresel kriterler açısından değerlendirilmiştir. Antalya'nın yüksek güneş ışınlam seviyeleri (ortalama günlük 4.5 kWh/m²) göz önüne alındığında, doğru PV kapasitesinin yük profilleriyle eşleştirilmesiyle hem enerji verimliliği artırılmış hem de şebekeye olan bağımlılık azaltılmıştır [8].

FV sistem destekli şarj istasyonu için konum seçimi önemli bir konudur. 2022 yılında İran'da gerçekleştirilen bir çalışmada İran'ın Kış Adası'na inşa edilmesi planlanan bir güneş enerjili araç şarj istasyonu, GIS ve çok değişkenli parametrelerle seçildi. İstasyon seçilirken parklara, restoranlara, kentsel yoğunluğun olduğu kamusal alanlara yakınlık, ana arter ve kavşaklara yakınlık, toplu taşımaya yakınlık, havaalanları ve köprülere yakınlık, erişilebilirlik vb. kriterler incelenmiş ve nihai karar lokasyon seçiminde verilmiştir [9]. 2023 yılında Birleşik Krallık'taki Nottingham Üniversitesi'ndeki bir park alanında uygulama için bir PV güneş enerjisi sistemi tarafından taşınmıştır. EV'lerin şarj talebini hesaplamak için stokastik bir yaklaşım kullanılmıştır. Ayrıca, çalışma 3kW ve 7kW kapasiteli şarj cihazlarının en iyi kombinasyonunu belirlemek için altı farklı şarj istasyonu senaryosu sunmaktadır. Bu çalışma, 3kW ve 7kW kapasiteli şarj cihazlarının gelecekteki şarj istasyonu kombinasyonunun ön araştırmasını sağlayacaktır. Bu çalışma, şarj kapasitesi ve şarj oranının, güneş enerjisi potansiyelinin ve kurulumun ekonomik uygulanabilirliğinin en iyi kombinasyonunu değerlendirmek için kampüs park alanlarına kurulacak gelecekteki şarj istasyonlarının ön

araştırması yapılmıştır. Bu çalışma ile sistemin günde 36.8 kg CO₂'ye kadar tasarruf edilebileceği ve dolayısıyla sıfır karbon hedeflerine de büyük destek sağladığını ortaya koymuştur [10]. 2024 yılında FV sistem ile bütünleşik elektrikli araç şarj istasyonunda depolama sistemi uygulaması yapılmıştır. Elektrikli araç şarj istasyonu güç yönetim şemasını Matlab ve Opal RT simülasyonu ile doğrulamak için, fotovoltaiik panel gücüne ve yüküne göre farklı çalışma koşulları dikkate alınıp. Farklı koşullar altındaki sonuçlar karşılaştırılıp ve incelenmiştir [11]. 2024 yılında Rüzgar ve güneş enerjisiyle çalışan net sıfır enerjili bir şehirde akıllı elektrikli araç şarjı ve V2G (araçtan şebekeye) ile şehir ölçeğinde bir enerji eşleştirme optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. [12].

Bu literatür taraması, güneş enerjisi destekli EV şarj istasyonlarının hem sürdürülebilir taşımacılıkta hem de yenilenebilir enerji kullanımında önemli fırsatlar sunduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı, elektrikli araç şarj istasyonlarının yapısını, farklı seviyelerini, AA ve DA şarj istasyonları arasındaki farkları detaylı bir şekilde ele almaktır. Aynı zamanda bu çalışmanın sonunda yapılan simülasyon sayesinde bu konuda bilgi sahibi olmak isteyen araştırmacılara, fotovoltaiik panel destekli 3 farklı şarj istasyonu örneği sunarak elektrikli araç endüstrisine dair bir perspektif sunulacaktır. Bu 3 senaryodaki şarj istasyonları 36 kW (AA Seviye 2), 144 kW (AA Seviye 2), 900 kW (Seviye 3 Hızlı Şarj) olarak belirlenmiştir. Bütün senaryolarda hem şarj istasyonu yükleri için hem de şarj istasyonunun kurulduğu bölgedeki diğer yükleri karşılaması için güneş panelleri entegre edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından destek alınarak şebekedeki talebi azaltmak ve karbon salınımını azaltmak hedeflenmiştir.

2 Materyal ve metot

Bu çalışmada, NREL (Amerikan ulusal araştırma laboratuvarı) tarafından geliştirilmiş olan HOMERGrid simülasyon programı kullanılmıştır. Bu simülasyon programı enerji sisteminin tasarım işini kolaylaştırır, modelleyicinin bağımsız, uygun maliyetli, verimli ve şebekeden bağımsız veya şebeke bağlantılı olabilen dağıtılmış üretim sistemleri için çeşitli enerji sistemi tasarımları tasarlamasına ve bunlar arasında bir karşılaştırma yapmasına yardımcı olur. Enerji sistemi yapılırken ihtiyaç duyulan sistemin toplam kapasitesi, bağlı yük verileri, mevcut enerji kaynağı verileri ve her elemanın maliyet tahmini gibi simülasyon için yazılıma verilmesi gereken belirli özellikler vardır. Net mevcut maliyet ve enerji üretim maliyetine dayalı olarak en uygun maliyetli enerji sistemini ortaya koymak mümkündür.

Bu çalışmada üç farklı fotovoltaiik panel destekli şebeke bağlantılı elektrikli araç şarj istasyonlarının simülasyonları HOMER programı kullanılarak yapılmıştır. Senaryo 1'de ev tipi FV panel destekli; Senaryo 2'de iş yeri veya üniversite gibi bir yerdeki FV panel destekli şarj istasyonu ve son olarak Senaryo 3'de üniversite, fabrika, avm veya otoban üzeri hızlı şarj istasyonu olan bir tesis için bir enerji sistemi için modelleyiciye verilen, mali ve teknik fizibilite kriterlerine göre ağırlıklandırılan çok sayıda tasarım

seçeneği vardır. Bu çalışmada enerji tüketimleri üzerine analizler gerçekleştirilmiştir.

3 Elektrikli araç şarj istasyonları

Şarj istasyonu seviyelerinin arasındaki temel farklılık çıkış güçleridir. Çıkış gücü şarjın hızını yani süresini belirlemektedir. Seviye 1 AA şarj istasyonları, seviye 2 AA şarj istasyonları, seviye 3 AA ve DA şarj istasyonları olmak üzere 3 başlıkta incelenmiştir.

3.1 Seviye 1 şarj istasyonu

AA Seviye 1 şarj istasyonunda 120V/12-16A ile araç direkt olarak prizden şarj edilebilir. 1.5 kW'tan 3.5 kW'a kadar güç çekebilir. Bu seviyenin %100 şarj durumuna ulaşması ortalama 8-12 saat sürecektir. Seviye 1 şarj istasyonunun avantajı, evler ve ofis siteleri için ek bir altyapıya ihtiyaç duyulmamasıdır. Diğer şarj istasyonlarına göre maliyeti en düşük olan şarj istasyonudur [13].

3.2 Seviye 2 şarj istasyonu

AA Seviye 2 şarj istasyonlarında 230V/12-80 A gerilim ve akım değerlerinde tek fazlı veya üç fazlı olarak araç şarj edilebilir. Bu modda araç direkt olarak prizden şarj edilmez. Şarjı kontrol edebilmemize yarayan bir adaptör bulunur. Bu seviyedeki bir şarj istasyonunda şarj olan aracın %100 şarj durumuna ulaşması ortalama 4-8 saat sürecektir. 5 kW'tan 30 kW'a kadar güç çekebilir Seviye 2 şarjın birçok avantajı olmasına rağmen, güç tüketiminin %25'e kadar çıkabilmesi gibi bazı dezavantajları da vardır [14]. AA seviye 2 şarj istasyonu kurulumunun maliyeti, AA seviye 1 şarj istasyonuna göre daha fazla olmasına rağmen daha kısa şarj süresi nedeniyle elektrikli araç kullanıcıları seviye 2 şarj teknolojisini tercih etmektedir.

3.3 Seviye 3 şarj istasyonu

Seviye 3 şarj istasyonları AA ve DA olarak 2 başlıkta incelenmiştir. Bu şarj istasyonları hızlı şarj istasyonu olarak bilinmektedir. Fosil yakıtlı araçların kullandığı benzin istasyonları gibi ticari amaçla; otoban, alışveriş merkezi gibi yerlerde kullanılır.

3.3.1 AA seviye 3 şarj istasyonu

AA Seviye 3 Şarj, 230-480 V/32-250 A olarak tek fazlı veya üç fazlı olarak kullanılabilir. Bu mod için AA hızlı şarj istasyonu da denmektedir. Bu seviyedeki şarj istasyonları kişisel değil genelde ticari amaçla kullanılmaktadır.

3.3.2 DA hızlı şarj istasyonu

DA hızlı şarjın gerilim-akım seviyesi 1000 V/400A'e kadar çıkmaktadır. DA hızlı şarjın temel avantajlarından biri, şarj süresinin diğer şarj seviyelerine göre daha kısa olmasıdır. Ancak bu ücretlendirmenin maliyeti yüksektir. Arıza oluşması durumunda üst düzey koruma sistemine ihtiyaç duyar. DA hızlı şarj zamandan tasarruf sağlasa da batarya ömrünü kısaltabilir ve her araç DA hızlı şarj için uygun değildir [15].

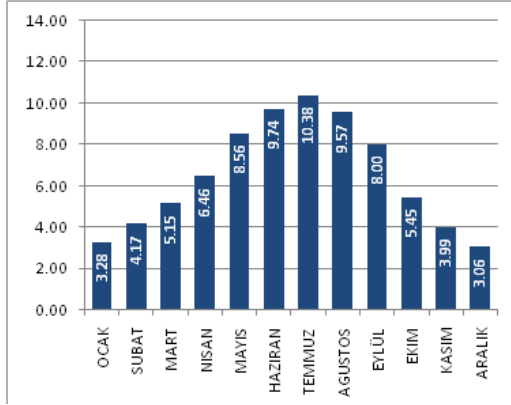
300

4 Şarj istasyonu simülasyonları

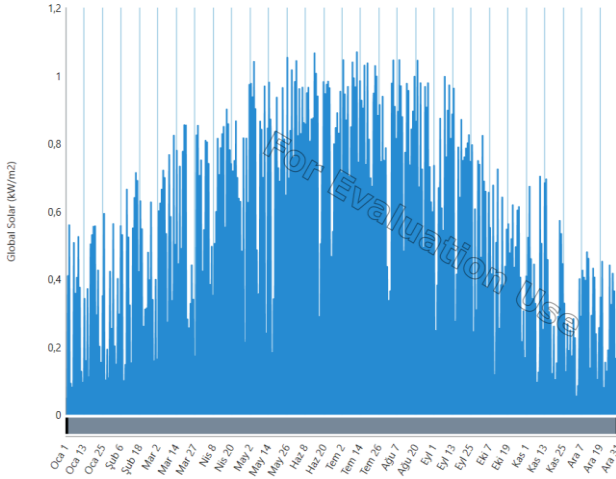
Simüle edilmek üzere 3 farklı şarj istasyonu senaryosu belirlenmiştir. Tüm sistemler FV panellerle desteklenerek şebekeden istenen güç azaltılmış ve aynı zamanda şebekeye satışı da yapılarak tasarruf sağlanmıştır. FV paneller sadece şarj istasyonunun ihtiyacını karşılamak için değil, sistemin kurulduğu yerdeki (ev, işyeri, üniversite, alışveriş merkezi) diğer yüklere enerji sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. FV panelden üretilen enerjiyi depolamak için lityum-iyon batarya ve dönüştürücü de sistemlere eklenmiştir. Senaryolar:

1. AA Seviye 2 - 36 kW Şarj İstasyonu
2. AA Seviye 2 – 144 kW Şarj İstasyonu
3. AA Seviye 3 - 900 kW Hızlı Şarj İstasyonu

Bu sistemlerin kurulacağı bölgenin yıllık güneşlenme süresi Şekil 3'te aylık oratama (Şekil 3a) ve saatlik olarak verilmiştir (Şekil 3b).



(a)



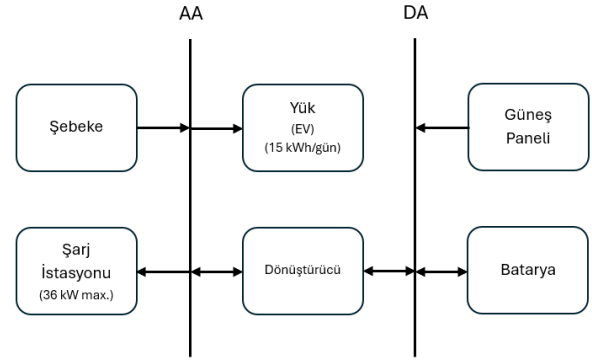
(b)

Şekil 3. Sistemlerin kurulacağı bölgenin yıllık güneşlenme süresi (a) Aylık ortalama (b) Saatlik

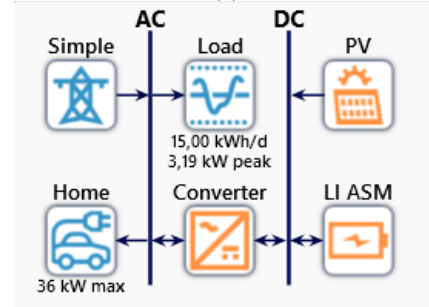
4.1 Senaryo 1 – AA Seviye 2 – 36 kW şarj istasyonu

AA seviye 2 – 36 kW şarj istasyonu kişisel bir şarj istasyonu olarak evde kullanılmak için tasarlanmıştır. Aynı anda 2 aracı şarj edebilmektedir. 90 m² alana kurulan 15 kW'lık kurulu güce sahip FV sistem de eklenerek tasarruf sağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Evdeki diğer yükler

günlük ortalama 15 kWh olarak belirlenmiştir. Bu senaryo için tasarlanan sistem şeması ve HOMERGrid blok şeması Şekil 4'te verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4. Senaryo 1–AA Seviye 2–36 kW şarj istasyonu şeması

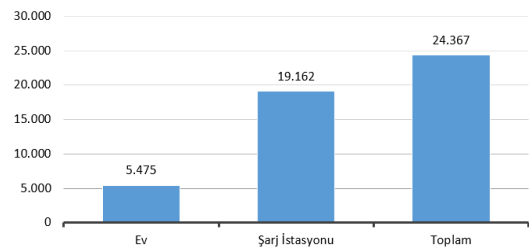
İki aracı şarj edebilen 36 kW'lık şarj istasyonunda şarj edilecek olan 2 aracın değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Senaryo 1'de şarj edilecek araçların özellikleri

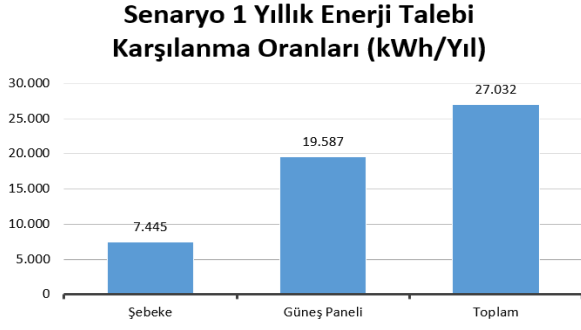
Araç	Araç Sayısı	Araç Başına Maksimum Şarj Gücü (kW)	Araç Başına Gerekli Şarj Enerjisi (kWh)
BMW i3	1	7.7	12
Tesla Model 3	1	17.2	30

AA Seviye 2 şarj istasyonlarındaki şarj ortalama 6-8 saat sürmektedir. Yılda ortalama 24500 kWh tüketim olan bu sistemde 5500 kWh'lık kısmını yük, 19162 kWh'lık kısmını şarj istasyonu tüketmektedir (bkz. Şekil 5).

Senaryo 1 Yıllık Tüketim Oranları (kWh/Yıl)



Şekil 5. Senaryo 1'deki yıllık tüketim oranları

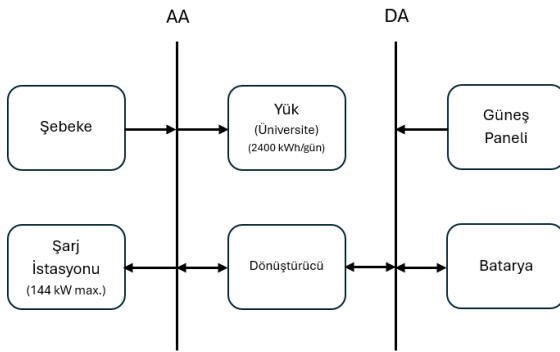


Şekil 6. Senaryo 1’deki yıllık enerji talebi karşılama oranları

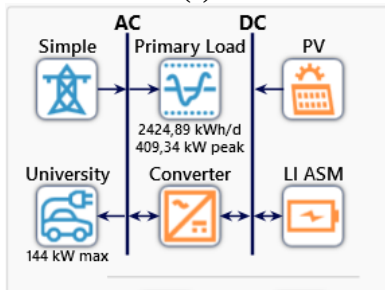
Gerekli olan enerjinin %72.5’lik kısmı güneş panellerinden karşılanmıştır (bkz. [Şekil 6](#)). FV sistem sayesinde şebekedeki enerji talebi azalmıştır ve elektrikli aracı şarj etmek için gerekli olan enerji de panellerden üretilmiştir.

4.2 Senaryo 2 – AA Seviye 2 – 144 kW şarj istasyonu

AA seviye 2 – 144 kW şarj istasyonu, üniversite-iş yeri gibi yerlerde kullanılması ön görülen şarj istasyonu olarak tasarlanmıştır. Her bir konnektör 18 kW gücünde ve aynı anda 8 aracı şarj etme kapasitesine sahiptir. 3000 m² alana toplam 500 kW’lık kurulu güce sahip FV sistem eklenerek tasarruf sağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Kurulacak olan yerdeki diğer yük talebi günlük ortalama 2400 kWh olarak belirlenmiştir. Bu senaryo için tasarlanan sistem şeması ve HOMERGrid blok şeması [Şekil 7](#)’de verilmiştir.



(a)



(b)

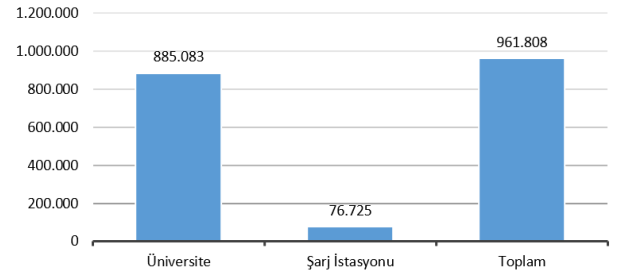
Şekil 7. Senaryo 2–AA Seviye 2–144 kW şarj istasyonu şeması

Aynı anda 8 aracı şarj edebilen 144 kW’lık şarj istasyonunda şarj olacak olan araçların güç değerleri [Tablo 4](#)’te verilmiştir. Bu senaryo da 1. senaryodaki gibi AA 2. seviye şarj istasyonudur. Ortalama 6-8 saatte şarj edilmesi beklenmektedir. Bu iki istasyon arasındaki farklar, FV sistem farkı ve yük talebidir. Yılda ortalama 961 MWh tüketim olan bu sistemde 885 MWh’lık kısmını yük, 76 MWh’lık kısmını şarj istasyonu tüketmektedir (bkz. [Şekil 8](#)). Gerekli olan enerjinin %64.7’lik kısmı FV sistemden karşılanmıştır (bkz. [Şekil 9](#)). 1. şarj istasyonunda enerji tüketiminin %77.78’i şarj istasyonu tarafından yapılmaktadır. Bu sistemde ise diğer yüklerin fazla olması sebebiyle şarj istasyonunun tükettiği enerji sadece %7.98 seviyesinde kalmıştır. Eğer FV sistemin sadece şarj istasyonu ihtiyacını karşılaması istenirse 500kW’lık FV sistem yerine daha düşük güçte bir sistem kurulabilir. Bu sayede sistemin maliyeti düşürülebilir.

Tablo 4. Senaryo 2’de şarj edilecek araçların özellikleri

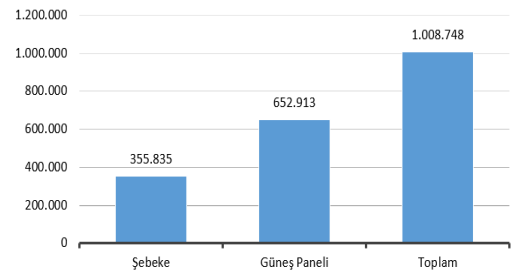
Araç	Araç Sayısı	Araç Başına Maksimum Şarj Gücü (kW)	Araç Başına Gerekli Şarj Enerjisi (kWh)
BMW i3	1	7.7	12
Tesla Model 3	3	17.2	30
Nissan Leaf	2	6.6	15
Tesla Model X	2	17.2	40

Senaryo 2 Yıllık Tüketim Oranları (kWh/Yıl)



Şekil 8. Senaryo 2’deki yıllık tüketim oranları

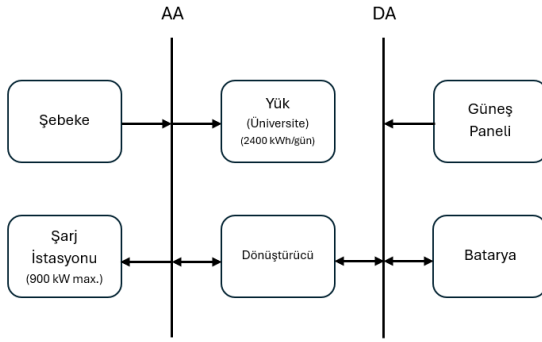
Senaryo 2 Yıllık Enerji Talebi Karşılama Oranları (kWh/Yıl)



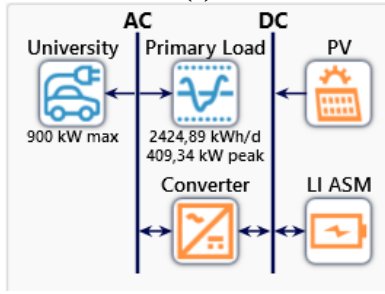
Şekil 9. Senaryo 2’deki yıllık enerji talebi karşılama oranları

4.3 Senaryo 3 – AA Seviye 3 – 900 kW hızlı şarj istasyonu

Üçüncü ve son senaryoda ise diğer istasyonlardan farklı olarak hızlı şarj istasyonu incelenmiştir. Bu şarj istasyonunun üniversite, alışveriş merkezi veya otoban gibi yerlerde kullanımı uygundur. Bu senaryo için tasarlanan sistem şeması ve HOMERGrid blok şeması Şekil 10'da verilmiştir. Her bir konnektör 150 kW gücünde ve aynı anda 6 aracı şarj etme kapasitesine sahiptir. 2. senaryoda olduğu gibi yine 3000 m² alana toplam 500 kW'lık FV sistem eklenerek tasarruf sağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Kurulacak olan yerdeki diğer yük talebi günlük ortalama 2400 kWh olarak belirlenmiştir.



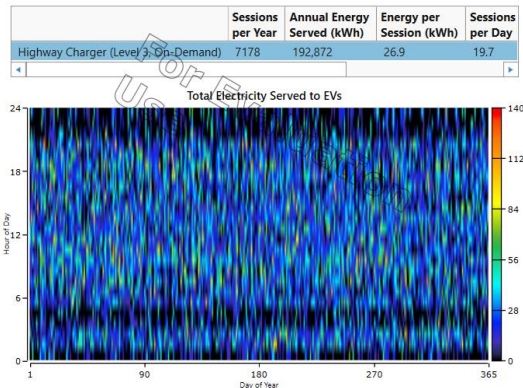
(a)



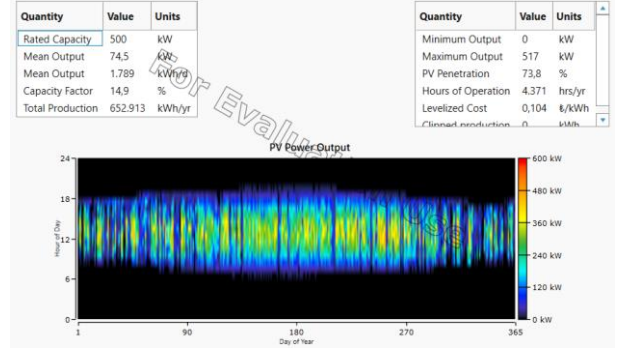
(b)

Şekil 10. Senaryo 3-AA Seviye 2-900 kW şarj istasyonu şeması

Senaryo 3 için HOMERGrid'ten elde edilen EA şarj istasyonu saatlik tüketim değişimi Şekil 11'de gösterilmektedir.



Şekil 11. EA Şarj istasyonu saatlik tüketim değişimi



Şekil 12. FV sistemin çıkış gücünün saatlik değişimi

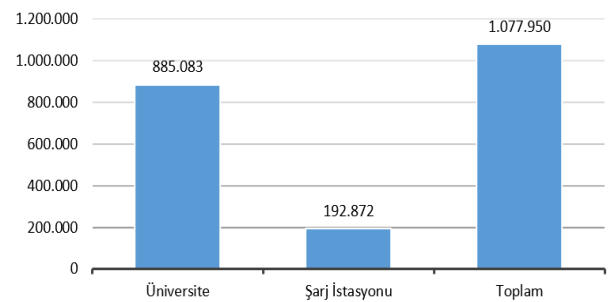
Şekil 12'de FV sistemin çıkış gücünün yıl boyunca saatlik değişimi verilmiştir. Aynı anda 6 aracı şarj edebilen 900 kW'lık şarj istasyonunda şarj olacak olan araçların güç değerleri girilmiştir (bkz. Tablo 5). Diğer istasyonlardan temel farkı hızlı şarj istasyonu olmasıdır ve yaklaşık 20-30 dakikada aracı şarj etmektedir.

Tablo 5. Senaryo 3'te şarj edilecek araçların özellikleri

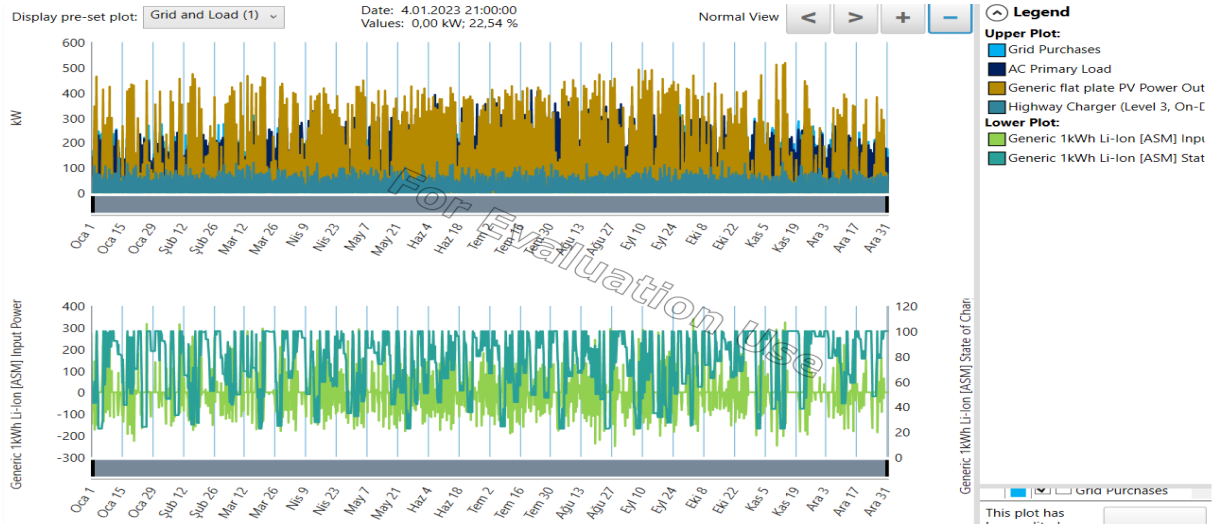
Araç	Araç Sayısı	Araç Başına Maksimum Şarj Gücü (kW)	Araç Başına Gerekli Şarj Enerjisi (kWh)
Büyük Araçlar	2	150	20
Küçük Araçlar	4	50	20

Senaryo 3 için 1 yıl boyuncaki anlık olarak şebekeden çekilen, lokal yük ve şarj istasyonu için harcanan ve FV sistemin ürettiği gücü gösteren grafik Şekil 13'te verilmiştir. Ayrıca Şeklin alt kısmında burada kullanılan bataryanın anlık şarj/deşarjını ve şarj durumunu (SoC) gösteren değişim verilmiştir. Değişimin daha net olarak görülebilmesi için 1 haftalık (29 Haziran-5 Temmuz) değişimi gösteren grafik ayrıca Şekil 14'te verilmiştir. Şekil 15'te yük ve şarj istasyonu enerji ihtiyacının şebeke ve FV sistemden karşılanma oranının aylık değişimi gösterilmiştir.

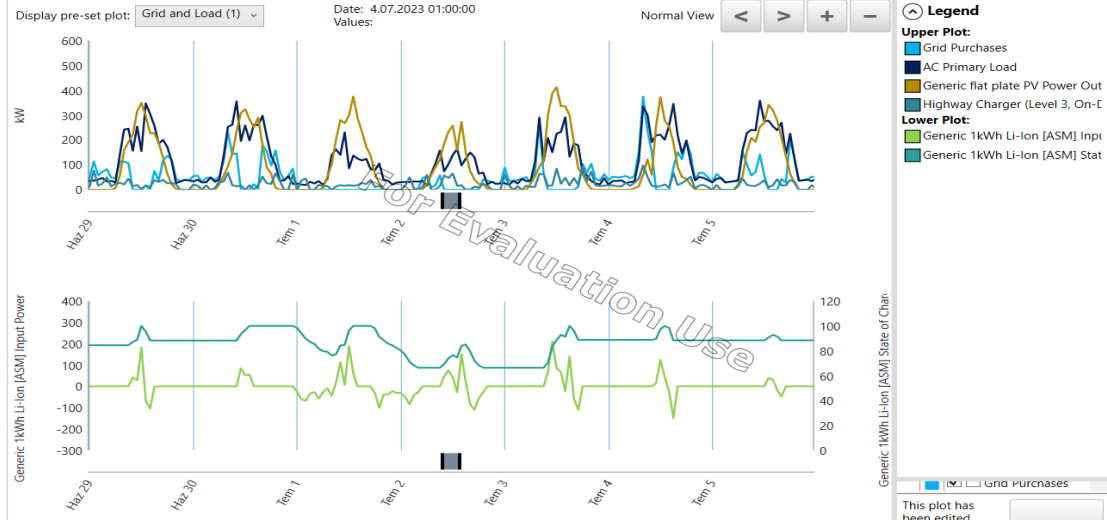
Senaryo 3 Yıllık Tüketim Oranları (kWh/Yıl)



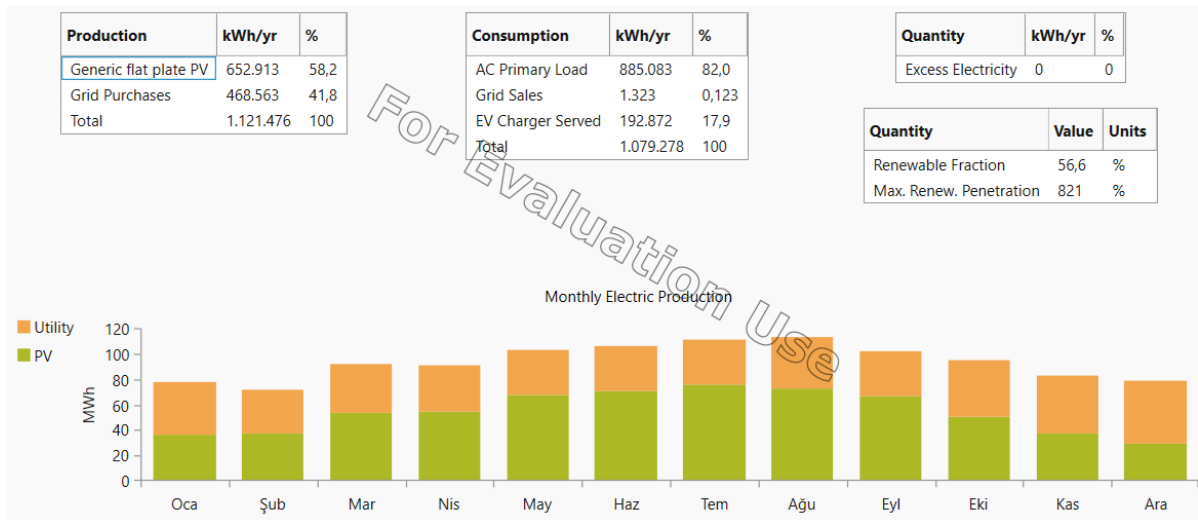
Şekil 16. Senaryo 3'teki yıllık tüketim oranları



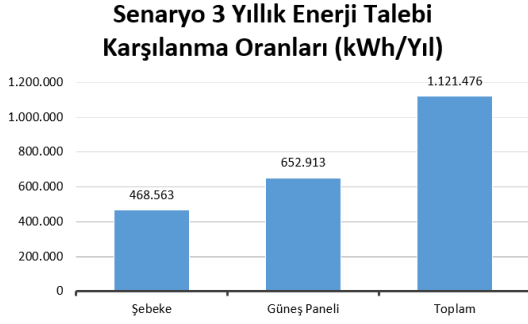
Şekil 13. Bir yıl boyunca şebekeden çekilen, lokal yük ve şarj istasyonu için harcanan ve FV sistemin ürettiği gücün anlık değişimi



Şekil 14. FV sistemin çıkış gücünün saatlik değişimi



Şekil 15. Enerji talebinin şebekeden ve FV sistemden karşılanma oranlarının aylık değişimi



Şekil 17. Senaryo 3'teki yıllık enerji talebi karşılama oranları

Yılda ortalama 1077 MWh tüketim olan bu sistemde 885 MWh'lık kısmını yük, 192 MWh'lık kısmını şarj istasyonu tüketmektedir (bkz. [Şekil 16](#)). Gerekli olan enerjinin %58,2'lik kısmı FV sistemden karşılanmıştır (bkz. [Şekil 17](#)).

5 Sonuçlar ve tartışma

FV güneş enerjisinin EA şarj sistemlerine entegre edilmesi giderek artan bir konudur. Bunun başlıca sebepleri; elektrikli araçların yaygınlaşması ve hızlı büyüyen bir sektör olması, sera gazlarının çevre üzerindeki etkisiyle mücadele etme ihtiyacı ve FV panellerin maliyetinde devam eden düşüştür. FV ile çalışan şarj sistemleri, şarj için FV üretiminin yetersizliği, elektrik şebekesine bağımlılığın devam etmesi FV destekli sistemlerini daha makul bir seçenek yapmaktadır. Bu çalışmada öncelikle dünya çapında önem arz eden konulardan birisi olan elektrikli şarj istasyonları incelenmiştir. Bunun ardından, şebekeye bağlı sistemlerde otopark bölgelerine ve binaya entegre FV'ye destekli bir EA şarj için farklı senaryolar kullanılmıştır. Böylelikle elektrikli araçlar için gerekli enerji kısmen FV üretimi tarafından sağlanan enerjiyle geri kalan kısmı şebekeden sağlanması, şarj edilecek araç olmadığı durumlarda FV'den elde edilen enerji, şebeke bağlantısıyla depolanmadan şebekeye aktarılması veya depolanması amaçlanmıştır.

HOMERGrid simülasyon programı aracılığıyla; 36 kW Şarj İstasyonu (AA Seviye 2), 144 kW Şarj İstasyonu (AA Seviye 2) ve 900 kW Hızlı Şarj İstasyonu (Seviye 3) şarj istasyonu için sırasıyla 90 m² alana kurulan 15 kW'lık kurulu güce sahip FV sistem, 3000 m² alana toplam 500 kW'lık ve yine 3000 m² alana toplam 500 kW'lık FV sistem eklenerek FV panellerin kurulum yerlerine göre şarj istasyonuna farklı güç oranlarında katkı sağladığı 3 farklı senaryo incelenmiştir. Bu üç farklı senaryoda şarj istasyonları için simülasyon yapılarak sistemlerdeki günlük yük profili, yıllık tüketim ve yük talebinin FV panel ve şebekeden alınma oranları ve şebekeye enerji aktarma miktarları gibi çıktılar elde edilmiştir. HOMERgrid'ten alınan sonuçlar senaryo-3 için verilmiştir, diğer senaryolar için alınan değerler tablo ve grafik olarak verilmiştir. Şarj istasyonlarını desteklemesi için sisteme FV paneller eklenmiştir. Aynı zamanda sisteme acil ihtiyaçlar için batarya eklenmiştir bu sayede üretilen fazla enerjinin depolanması sağlanmıştır. İstenilen durumlara göre şebekeye satılacak enerji miktarı, batarya boyutu, FV panel

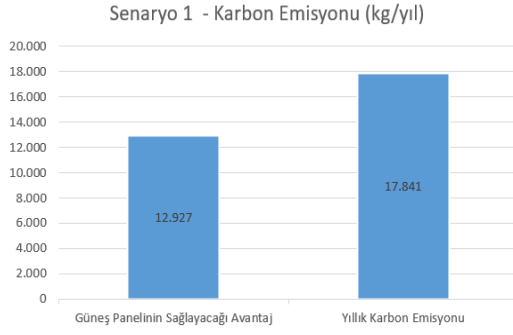
güç değerleri değiştirilebilir. Kurulan bu sistemler ortalama 6-7 yılda yatırım maliyetini amorti ettikten sonra hem diğer yüklerde hem de şarj istasyonlarında çok büyük katma değer yaratacaktır. Ayrıca CO₂ emisyonu dünyanın en önemli sorunlarından biri halinde ve elektrikli araçların yaygınlaştığı bu dönemlerde şarj istasyonlarını FV panellerle destekleme karbon emisyonunu azaltmak için bir fayda sağlamaktadır. [Tablo 6](#)'da üç farklı senaryoyu özetlemekte ve elde edilen sonuçları özetlemektedir.

Tablo 6. Tüm senaryolar için sistemin özeti ve sonuçları

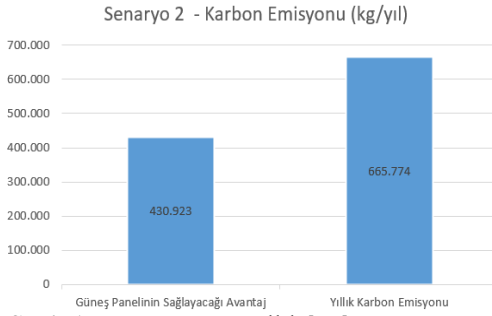
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
Batarya (kWh)	1	1	1
Lokal Yük (kWh)	15	2400	2400
EA şarj istasyonu kurulu gücü (kW)	36	144	900
FV Sistem kurulu gücü (kW)	15	500	500
Ev / Üniversite (kWh/yıl)	5.475	885.083	885.083
EA Şarj istasyonu tüketimi (kWh/yıl)	19.162	76.725	192.872
FV sistemden sağlanan enerji (kWh/yıl)	19.587	652.913	652.913
Şebekeden çekilen enerji (kWh/yıl)	7.445	355.835	468.563
Şebekeden satılan enerji (kWh/yıl)	438	3.665	1.323
FV sistemden faydalanma oranı	%62.1	%63.1	%56
Karbon Emisyonu azaltımı (kg/yıl)	12.927	430.923	430.923

Bu sonuçlara göre 3 senaryo için de yaklaşık aynı oranda yenilenebilir enerjiye faydalanılmış ve şebekeye enerji satma minimumunda kalmıştır. Üç durumda da enerjinin büyük oranda üretildiği yerde kullanıldığı görülmektedir. Batarya kapasitesi maliyet yükünü artırmamak ve şebeke bağlı bir sistem olduğu için minimumda tutulmuştur.

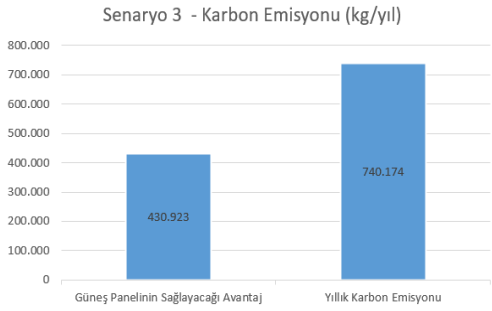
[Şekil 18](#), [Şekil 19](#) ve [Şekil 20](#)'de 3 senaryonun yıllık karbon emisyonları ve güneş panellerinin sağlayacağı katkılar verilmiştir. Senaryo 1 için yıllık yaklaşık 13 ton, Senaryo 2 ve Senaryo 3 için yaklaşık 430 ton CO₂ emisyonunu azaltabileceğini ortaya koymaktadır.



Şekil 18. Senaryo 1 – yıllık karbon emisyonu



Şekil 19. Senaryo 2 – yıllık karbon emisyonu



Şekil 20. Senaryo 3 – yıllık karbon emisyonu

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %5

Kaynaklar

- [1] M. Umair, N.M. Hidayat, A. S. Ahmad, N.H.N. Ali, M.I.M. Mawardi and E. Abdullah, A renewable approach to electric vehicle charging through solar energy storage. PLOS One 19 (2), 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297376>.
- [2] A. J. Alrubaie, M. Salem, K. Yahya, M. Mohamed and M. Kamarol, A comprehensive review of electric vehicle charging stations with solar photovoltaic system considering market, technical requirements, network implications, and future challenges. Sustainability, 15 (10), 8122, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15108122>.
- [3] B. Ye, J. Jiang, L. Miao, P. Yang, J. Li, B. Shen, Feasibility study of a solar-powered electric vehicle

- charging station model. Energies, 8, 13265-13283, 2015. <https://doi.org/10.3390/en8112368>.
- [4] S. C. Mohamad, M. Sechilariu, F. Locment, Y. Krim, Pv-powered electric vehicle charging stations: preliminary requirements and feasibility Conditions. Applied Sciences, 11, 1770, 2021. <https://doi.org/10.3390/app11041770>.
- [5] T. H. Shah, A. Shabbir, A. Waqas, A. K. Janjua, N. Shahzad, H. Pervaiz and S. Shakir, Techno-economic appraisal of electric vehicle charging stations integrated with on-grid photovoltaics on existing fuel stations: a multicity study framework. Renewable Energy, 209, 133–144, 2023. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2023.03.128>.
- [6] R. Redwan, M. Hasan, A. Nadia, M. S. Khan, N. A. Chowdhury and N. U. R. Chowdhury, Design analysis and techno-economic assessment of a photovoltaic-fed electric vehicle charging station at Dhaka-Mawa expressway in Bangladesh. Energy Conversion and Management: X, 24, 100737, 2024. <https://doi.org/10.1016/J.ECMX.2024.100737>.
- [7] M. Razeghi, A. R. Araghi, A. Naseri, and H. Yousefi, Strategic deployment of GIS-optimized solar charging stations for electric vehicles: a multi-criteria decision-making approach. Energy Conversion and Management: X, 24, 100712, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2024.100712>.
- [8] M. Terkeş and A. Demirci, Feasibility analysis of solar-powered electric vehicle charging stations considering demand profiles. International Journal of Research and Analytical Reviews, 10 (3), 906-917, 2023.
- [9] M. H. Ghodusinejad, Y. Noorollahi and R. Zahedi, Optimal site selection and sizing of solar EV charge stations. Journal of Energy Storage, 56, 105904, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105904>.
- [10] A. Dik, A. Omer and R. Boukhanouf, Investigation of cost-effective electric vehicle charging station assisted by photovoltaic solar energy system. Transportation Research procedia, 70, 423-432, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.048>.
- [11] D. Gogoi, A. Bharatee and P. K. Ray, Implementation of battery storage system in a solar PV-based EV charging station. Electric Power Systems Research, 229, 110113, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.110113>.
- [12] R. Fachrizal, K. Qian, O. Lindberg, M. Shepero, R. Adam, J. Widén and J. Munkhammar, Urban-scale energy matching optimization with smart EV charging and V2G in a net-zero energy city powered by wind and solar energy. eTransportation, 20, 100314, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.etrans.2024.100314>.
- [13] M. G. F. Savari, M. J. Sathik, L. A. Raman, E. A. Adel, H. M. Hasanien, D. Almakhles, H. E. A. A. Shady and A. I. Omar, Assessment of charging technologies, infrastructure and charging station recommendation schemes of electric vehicles: A review. Ain Shams Engineering Journal, 14 (4), 101938, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101938>.

- [14] H. Tu, H. Feng, S. Srdic and S. Lukic, Extreme fast charging of electric vehicles: a technology overview. IEEE Transactions on Transportation Electrification, 5 (4), 861-878, 2019. <https://doi:10.1109/TTE.2019.2958709>.
- [15] M. R. Khalid, I. A. Khan, S. Hameed, M. S. J. Asghar and J.-S. Ro, A Comprehensive review on structural topologies, power levels, energy storage systems, and standards for electric vehicle charging stations and their impacts on grid. IEEE Access, 9, 128069- 128094, 2021. <https://doi: 10.1109/ACCESS.2021.3112189>.

