



Zorlu Energy Solutions

ARAřTIRMA PROJESİ

Güneş Enerji Sistemlerinin E-şarj Cihazlarına Entegrasyonu

Hazırlayan

STAJYER Koray GÖKSU

Mentör

Staj Koçu Burak KÜRTÜR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

	ÖNSÖZ	3
1.1	PV Sol Programı Nedir	4
1.2	Ev Tipi Durum	5
1.3	Ev Tipi Durumun Modellenmesi	6
1.4	Ev Tipi Durum Sonuçlar	8
1.4.1	Enerji Tüketim Raporu.....	8
1.4.2	Ekonomik Analiz Raporu.....	9
1.4.3	Enerji Akış Grafiği.....	10
1.4.4	Sonuç.....	10
2.1	Ev Tipi Durum	11
2.2	Ev Tipi Durumun Modellenmesi	12
2.3	Ev Tipi Durum Sonuçlar	14
2.3.1	Enerji Tüketim Raporu.....	14
2.3.2	Ekonomik Analiz Raporu.....	15
2.3.3	Enerji Akış Grafiği.....	16
2.4.4	Sonuç.....	17
3	Proje Çıktıları.....	18

ÖNSÖZ

Öncelikle proje konumu seçerken ilgilendiğim alanları ve isteklerimi göz önünde bulundurup hiçbir desteği esirgemeyen proje mentörüm ve staj koçum Burak KÜRTÜR, tüm sorularımda yanımda olan Hasan Hüseyin DEMİRCİ, elinden geldiğince bilgi birikimi dahilinde bana yardımcı olmaya çalışan stajyer arkadaşım Yahya ACAR ve bugün burada bu projeyi geliştirmeme imkan sağlayan tüm Zorlu Enerji ailesine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Üniversite hayatım boyunca kazandırdıkları bilgiler ve deneyimler için tüm hocalarıma, güneş enerji sistemleri ve elektrik mühendisliğinin pek çok farklı prensibi konusunda tecrübelerini ve deneyimlerini paylaşmaktan çekinmeyen dostum Ahmet Halit AYDIN'a da ayrıca teşekkür ederim.

Koray Göksu

1.1 PV Sol Programı Nedir:

Valentin Software firması tarafından tasarlanan PV*SOL, fotovoltaik sistemlerin simülasyon ve analizinde kullanılan güneş enerji sistemleri yazılımıdır. Fotovoltaik sistem projelerinde gerekli olan birçok veri ve tasarım aracı bünyesinde bulunmaktadır. Üreticilerin güncellemeleriyle birlikte 22 bin panel, 5500 inverter ve 2600 akü grubu verisi bulunmaktadır. Meteonorm iklim verileri sayesinde istenilen konumun güneşlenme durumları incelenebilmektedir.

Programda projenin uygulanacağı yapı 2 boyutlu ya da 3 boyutlu olarak tasarlanarak analizler yapılabilir. Proje yapılacak alanı harita üzerinden seçilip 3 boyutlu hale getirmek mümkün iken Sketchup gibi çeşitli tasarım programlarından da yapılar programa aktarılabilmektedir. Mevcut elektrik tarifeleri girilerek elde edilecek projenin finansal analizi ve geri dönüş süresi de hesaplanabilmektedir. Yapılan projenin tüm hesaplama ve tasarım analizlerini rapor halinde alabilmek mümkündür.

Durum Çalışmaları ve Yorumları

En sık karşılaştığımız müşteri profili olan özel ev tipi ve halka açık otopark tipi kullanıcıların durumları modellenmiş Sketchup programında 3D olarak tasarlanıp PV*SOL yazılımında simule edilmiştir.

- **Ev Tipi Durum:** 160m2 müstakil ev için projelendirilmiş 16kWp(470Wpx34) kurulu güce sahip 1 adet ZES EVC04 model 22kW AC şarj aletine sahip kurulum paketi.
- **Otopark Tipi Durum:** 360m2 sundurma üstüne kurulmuş 42.3kWp(550Wpx90) kurulu güce sahip 4 adet ZES EVC04 model 22kW AC şarj aletine sahip kurulum paketi

1.2 Ev Tipi Durum:

Ev tipi durumumuzda bir adet Tesla Model X 70D (AC Typ 2 @ 22 kW) model araca sahip iki çocuklu dört kişilik bir ailenin müstakil evine 16kWp çatı tipi GES ve ZES 22kW AC şarj ünitesi kurulumu yaptırdığını varsayıyorum.

Aile Modeli:

- Baba: Beyaz Yaka
- Anne: Beyaz Yaka
- Çocuk: Öğrenci (7-14 Yaş Aralığı)
- Yaşadıkları Bölge: İstanbul/Avrupa



Şekil 1 Ev Tipi Uygulama

Tüketim hesabı yaparken de 2011 yılında TEİAŞ'ın yaptığı araştırmaya dayanarak evin aylık elektrik tüketim değerini 253kWh olarak belirledim.

Günlük araç kullanımının ailenin çalışan fertlerinin beyaz yaka olduğunu da göz önünde bulundurarak 50km olduğunu ve araç şarjını da işten eve döndükleri 18-07 saatleri arasında yaptıklarını varsaydım.



Şekil 2 Ev Tipi Durum Şarj Rutin

1.3 Ev Tipi Durumun Modellenmesi

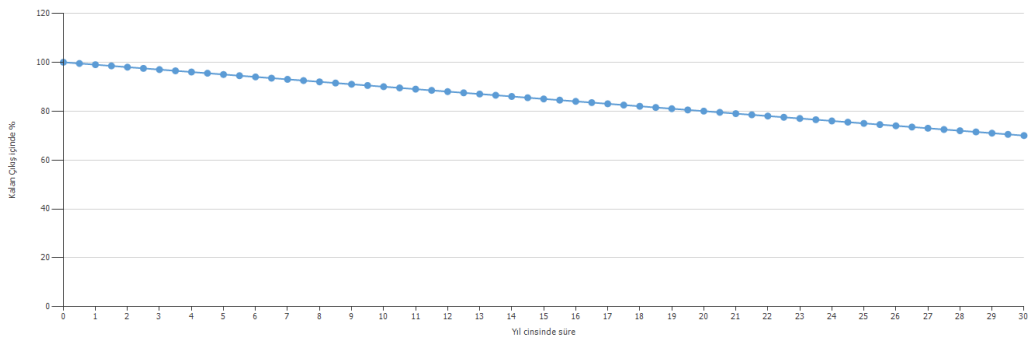
Bu projede ev tipi modelimize kurulumu planlanan fotovoltaik sistemin ve şarj ünitelerinin bilgisayar ortamında modellenmesi için çeşitli yazılımlar kullanılmıştır. Evin modellemesi SketchUp Pro 2021 yazılımında yapılmış mimari görüntü de AutoDesk 3ds Max yazılımını kullanarak elde edilmiştir. Projenin solar ışınım verileri, finansal ve teknik analizleri, gölgelenme, yıpranma, verim vb. tüm teknik çıktıları PV*SOL yazılımının bu amaçla dizayn edilmiş algoritması kullanılarak elde edilmiştir.



SketchUp Tasarımı



3ds Max Tasarımı



PV Sistemin Performans Düşüşü

Mimari tasarımını yaptığım ev toplam 101.32m² brüt çatı alanına sahiptir. Projemizde son zamanlarda çıkan 470 watt monokristal panelleri kullandığımızdan 16.92kW kurulu güç için 36 adet panele ihtiyacımız bulunmaktadır. Bir panelin ortalama kapladığı alan 2 m² olduğunu düşünürsek çatı alanımız kurulum için yeterli alana sahiptir.

Güneş paneli eğim açısını belirlerken, enlem değerinden yararlandım. Bu açı, eğer enlem değeri 25'ten küçükse 0,87 ile çarpılarak hesaplanır. Enlem değeri 25 ile 50 arasında ise 0,87 ile çarpılır ve sonuca 3,1 derece eklenir.

İstanbul 38.45 enleminde yer aldığından güneş panellerin 36.10 derecelik açıyla kullanılması gerekmektedir. Tasarlanan modelde gerekli çatı alanına sahip olduğumuzdan dolayı panellerimizin yerleşimi 36 dereceyle yapılmıştır. Sistemimizin performans düşüşü ise 20 yılda %80'e düşecek şekilde belirlenmiştir.

Sistemimizin kurulumunda;

- 36x Jinko JKM470M-7RL3 Monokristal Panel
- 4x SolarMax 4000SP Invertör
- ZES EVC04 22kW AC Şarj Ünitesi
- Tesla Model X 70D

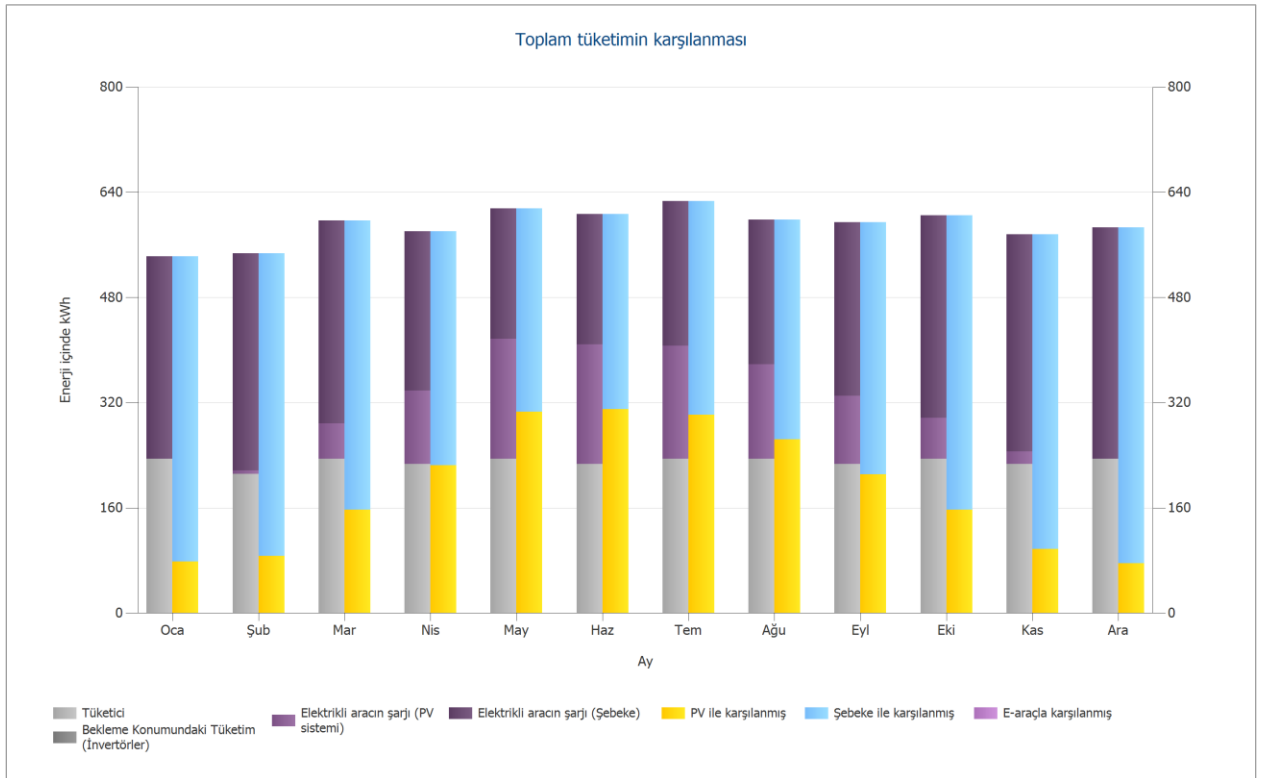
kullanılmıştır.

1.4 Sonuçlar

PV*SOL yazılımı aktif ve güncel veritabanı sayesinde bize yatırım maaliyeti, günlük enerji üretimi, enerji diyagramı vb. çıktıları 25 yıllık planda simule ederek veriyor.

1.4.1 Enerji Tüketim Raporu

Tüketicinin ihtiyacı olan enerjinin nereden karşılandığını incelediğimizde panellerimizin yıl içerisinde enerji ihtiyacının minimum %9.6'sı ile maksimum %51'i oranında karşıladığını gözlemliyoruz.



Ayrıca hanenin tüketiminin büyük bir kısmını oluşturan elektrikli aracın şarj ihtiyacının ise kış aylarında tamamen şebekeden yaz aylarında ise maks. %50'ye varan değerlerde karşılandığını gözlemliyoruz.

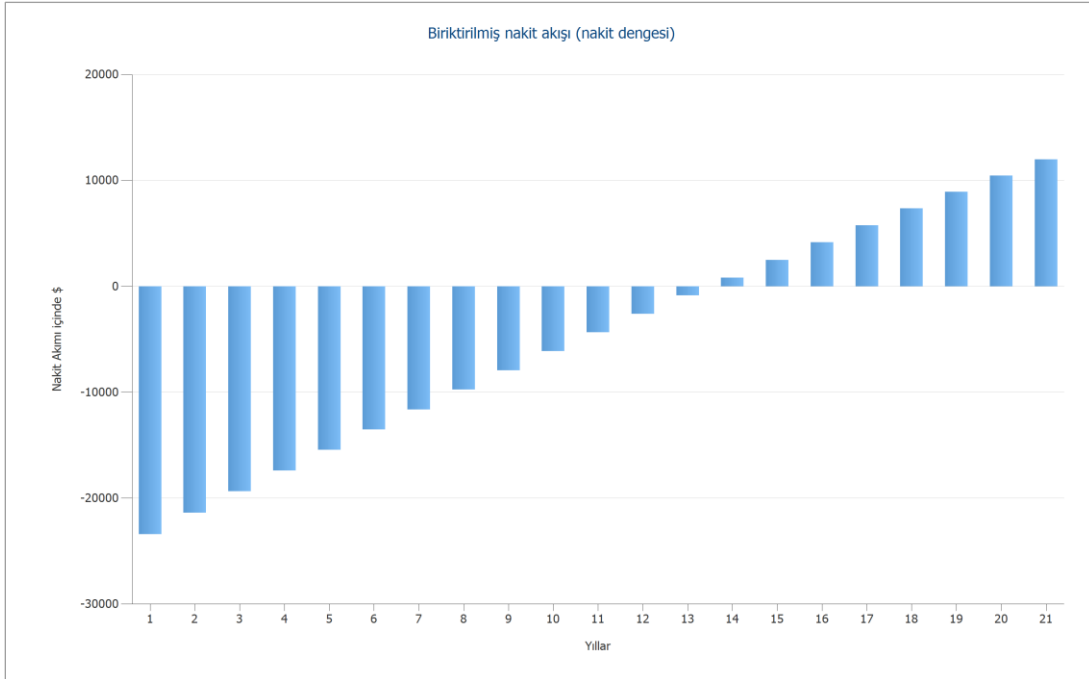
Bunun sebebini ise hane bireylerinin gün içerisinde araçlarını aktif kullandıklarından dolayı aracı şarj etmemelerine yaz aylarında ise günün daha uzun olmasından dolayı panellerimizin enerji üretmeye devam etmesi olarak yorumlayabiliriz.

1.4.2 Ekonomik Analiz Raporu

EPDK'nın mesken abone grubu için belirlediği aktif enerji birim fiyatı 1.59279TL/kWh, dağıtım bedeli ise 0,2651TL/kWh'dır. Bizden enerjiyi alacakları fiyatını hesaplarken de bunları göz önünde bulundurarak (birim fiyat-dağıtım bedeli)*(1-(yüzdelik vergi)) gibi bir kafamda hesap oluşturarak ürettiğimiz enerjiyi devletin 1.08TL/kWh birim fiyattan alacağını öngörerek hesabımı yaptım.

Yatırımımızı ve dönüşünü incelersek belli kalemlere bakmamız gerekiyor:

- Toplam yatırım maliyeti: 456,840.00TL
- Amortisman süresi: 13.5 Yıl
- Elektrik alış/satış fiyatı: 1.80TL/kWh // 1.08TL/kWh
- Enerji Dengesi / Şebekeyi Besleme Kavramı: Besleme Fazlası

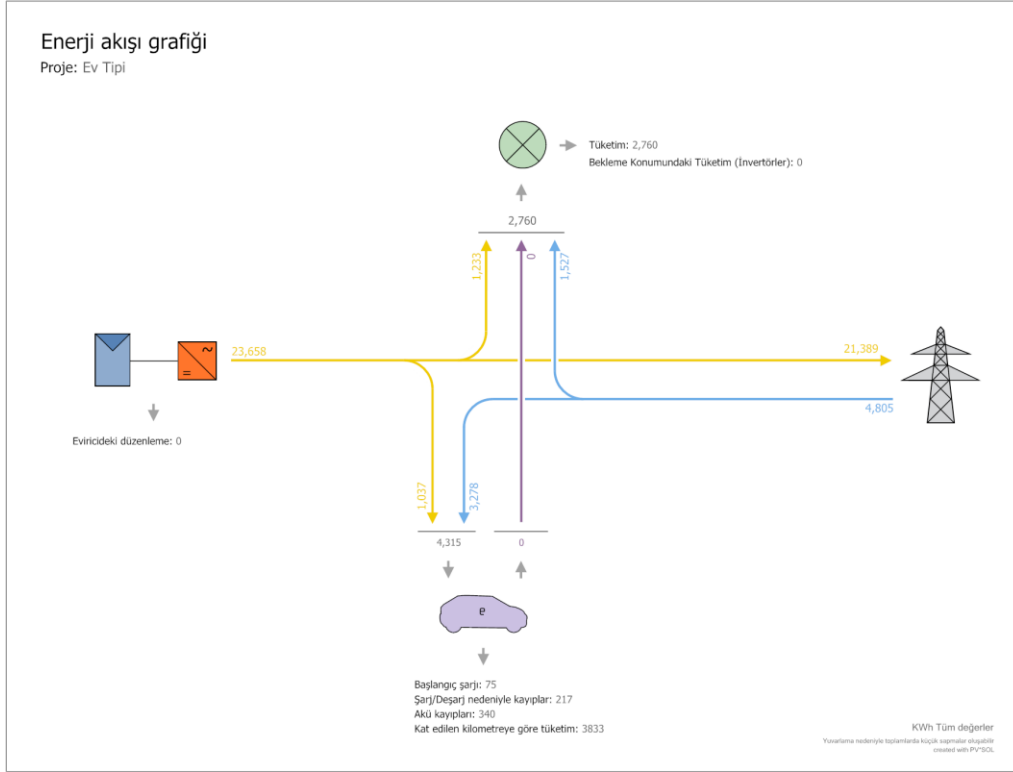


Nakit Akışı

Buradan yola çıkarak güneş enerji sistemimizin kendini 13.5 yıl sonra amorti edip sonrasında bize gelir sağlamaya başlayacağını görüyoruz. Mesken tipinde bu şekilde bir sonuç almamızı da genel olarak panellerimizin aktif enerji ihtiyacı ve e-şarj'dan ziyade şebekeye satış yapmasından dolayı alış/satış arasındaki farktan fazla kar sağlayamadığımızı söyleyebiliriz.

1.4.3 Enerji Akış Grafiği

Enerji akış grafiğimizi incelediğimizde güneş enerji sistemimizin senelik 23,658kW enerji ürettiğini bunun 2270kWh'ini ev içi tüketim ve e-şarj faaliyetleri için kullansa da büyük bir kısmını (21,389kWh) şebekeye sattığını gözlemliyoruz.



Enerji Akış Grafiği

1.4.4 Sonuç

Mesken durumumuzu incelediğimizde GES'imizin kendini 13.5 sene sonra amorti ettiğini ve evin ihtiyacının iklim koşullarına bağlı olarak %9.6-%51'lik kısmını karşıladığını (8730TL/yıl tasarruf) görüyoruz. Fazlasını On-Grid sistem olduğundan dolayı şebekeye satarak bize ek gelir (26500TL/yıl) sağladığını gözlemliyoruz.

Gün içi tüketimin fazla olmamasından dolayı amortisman süresinin uzun ve işlev olarak evin enerjisini genel olarak şebekeden karşıladığını gözlemlese de sürdürülebilirlik ve ülkemizin enerji ihtiyacını karşılamasına katkıda bulunmak için mantıklı bir yatırım olabileceğini söyleyebiliriz.

2.1 Otopark Tipi Durum:

Otopark tipi durumumuzda günlük 20 farklı şehiriçi ağırlıklı araç kullanan müşteriye hizmet sunma imkanı olan bir lokasyonda bulunan bir açık otoparkın sundurmalarının üstüne 42.30kWp çatı tipi GES ve 4 adet ZES EVC-04 22kW AC şarj ünitesi kurulumu yaptırdığını varsayıyorum.

Müşteri Modeli:

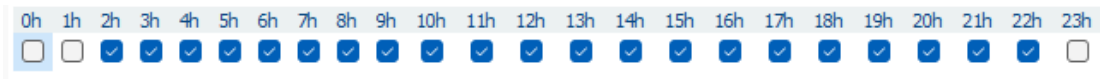
- Genel Halk
- Şehiriçi Kullanım (Ort. Günlük 50km)
- Çoğunluk Renault ZOE R110 model araç sahipleri
- Yaşadıkları Bölge: Afyon



Otopark Aydınlatması

Tüketim hesabı yaparken de 16 araç slotlu bir açık otoparkın 110w 8 adet aydınlatma armatürü ile ortalama günlük 12 saat aydınlatıldığını varsayarak aylık 316.8kw olarak belirledim.

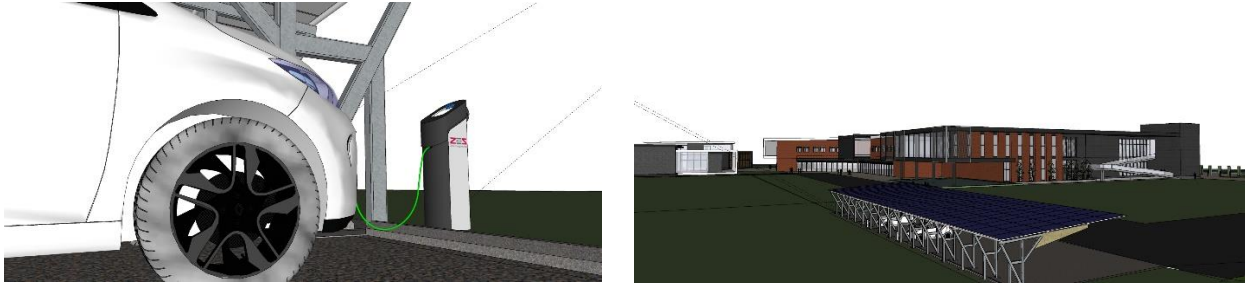
Bu otoparkın şehiriçinde ve herkese açık bir otopark düşünerek saat 02-22 aralığında 20 farklı aracın günlük 50km/saat şehiriçi araç kullanımına bağlı olarak bu doğrultuda ihtiyaçları kadar şarj istasyonlarında araçlarını şarj ettiğini varsaydım.



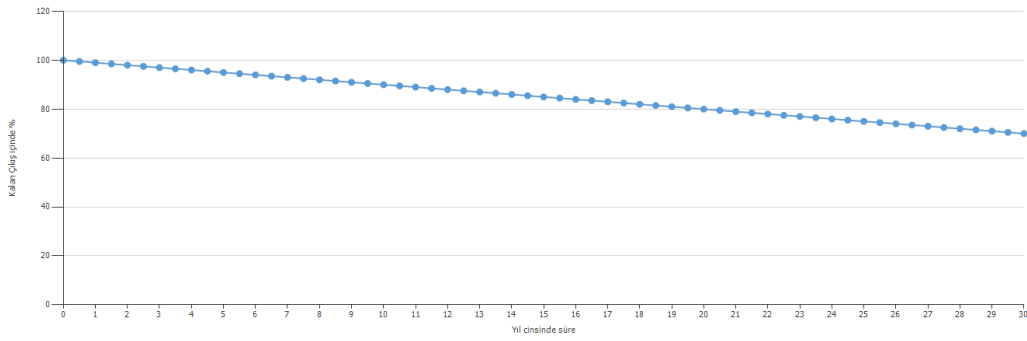
Şekil 2 Otopark Tipi Durum Kullanıma Açık Saatler

2.2 Otopark Tipi Durumun Modellenmesi

Bu projede halka açık otopark tipi modelimize kurulumu planlanan fotovoltaik sistemin ve şarj ünitelerinin bilgisayar ortamında modellenmesi için çeşitli yazılımlar kullanılmıştır. Otoparkın modellenmesi SketchUp Pro 2021 yazılımında yapılmıştır. Projenin solar ışıınım verileri, finansal ve teknik analizleri, gölgelenme, yıpranma, verim vb. tüm teknik çıktıları PV*SOL yazılımının bu amaçla dizayn edilmiş algoritması kullanılarak elde edilmiştir.



SketchUp Tasarımları



PV Sistemin Performans Düşüşü

Mimari tasarımını yaptığım otopark toplam 360m² brüt sundurma üstü çatı alanına sahiptir. Projemizde son zamanlarda çıkan 470 watt monokristal panelleri kullandığımızdan 42.30kW kurulu güç için 90 adet panele ihtiyacımız bulunmaktadır. Bir panelin ortalama kapladığı alan 2 m² olduğunu düşünürsek çatı alanımız kurulum için yeterli alana sahiptir.

Güneş paneli eğim açısını belirlerken, enlem değerinden yararlandım. Bu açı, eğer enlem değeri 25'ten küçükse 0,87 ile çarpılarak hesaplanır. Enlem değeri 25 ile 50 arasında ise 0,87 ile çarpılır ve sonuca 3,1 derece eklenir. Afyon 38 enleminde yer aldığından güneş panellerin derecelik açıyla

kullanılması gerekmektedir. Tasarlanan modelde gerekli çatı alanına sahip olduğumuzdan dolayı panellerimizin yerleşimi 36.16 dereceyle yapılmıştır. Sistemimizin performans düşüşü ise 20 yılda %80'e düşecek şekilde belirlenmiştir.

Sistemimizin kurulumunda;

- 90x Jinko JKM470M-7RL3 Monokristal Panel
- 10x SolarMax 4000SP Invertör
- 4x ZES EVC04 22kW AC Şarj Ünitesi
- 20 Elektrikli Araç (Şehiriçi 50km/gün kullanım yapan)

kullanılmıştır.



SolarMax 4000SP



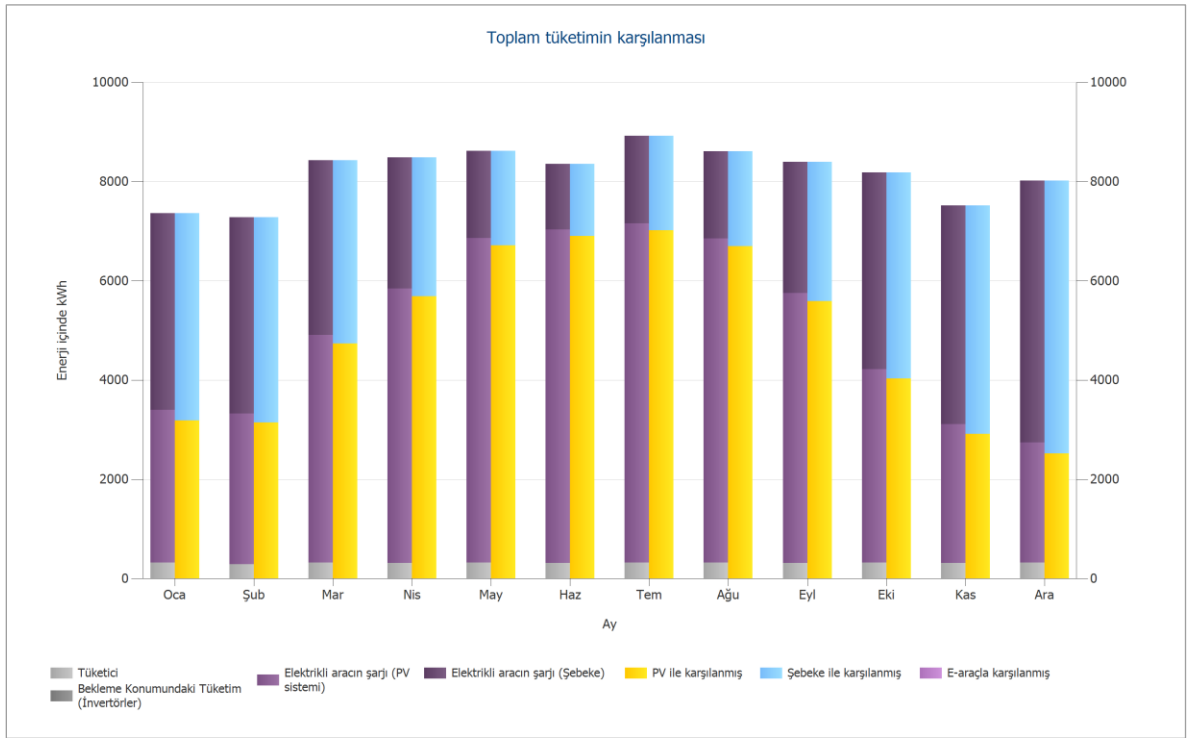
ZES EVC-04

2.3 Sonuçlar

PV*SOL yazılımı aktif ve güncel veritabanı sayesinde bize yatırım maaliyeti, günlük enerji üretimi, enerji diyagramı vb. çıktıları 25 yıllık planda simule ederek veriyor.

2.3.1 Enerji Tüketim Raporu

Tüketicinin ihtiyacı olan enerjinin nereden karşılandığını incelediğimizde panellerimizin yıl içerisinde enerji ihtiyacının minimum %28'i ile maksimum %82.35'i oranında karşıladığını gözlemliyoruz.



Ayrıca otoparkın tüketiminin büyük bir kısmını oluşturan elektrikli aracın şarj ihtiyacının ise kış aylarında %40'a yaz aylarında ise maks. %82.35'e varan değerlerde karşıladığını gözlemliyoruz.

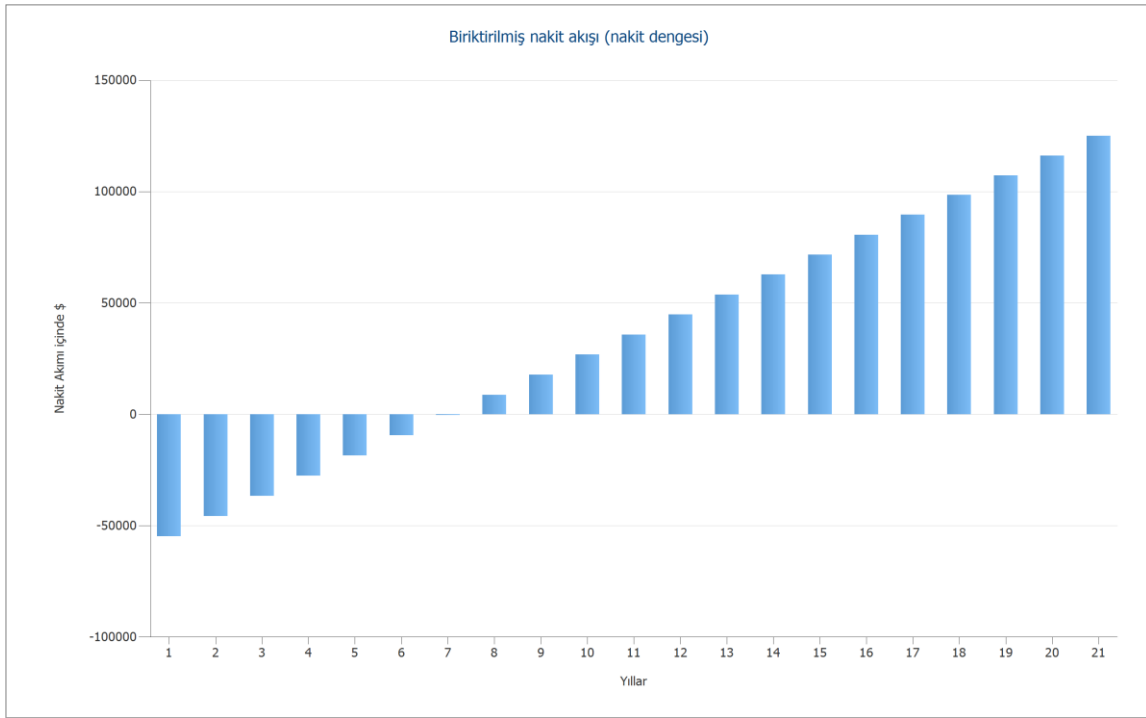
Buna sebep olarak ise güneş radyasyon değerinin ve aydınlık saatlerin yaz aylarında fazla, bulutlu ve yağmurlu günlerin ise az olmasını gösterebiliriz.

2.3.2 Ekonomik Analiz Raporu

EPDK'nın ticarethane abone grubu için 900kWh ve üstü tüketim için belirlediği aktif enerji birim fiyatı 2,437383TL/kWh, dağıtım bedeli ise 0,342716TL/kWh'dır. Bizden enerjiyi alacakları fiyatını hesaplarken de bunları göz önünde bulundurarak (birim fiyat-dağıtım bedeli)*(1-(yüzdelik vergi)) gibi bir kafamda hesap oluşturarak ürettiğimiz enerjiyi devletin 1.08TL/kWh birim fiyattan alacağını öngörerek hesabımı yaptım.

Yatırımımızı ve dönüşünü incelersek belli kalemlere bakmamız gerekiyor:

- Toplam yatırım maliyeti: 1.149.415,79TL
- Amortisman süresi: 6 Yıl
- Elektrik alış/satış fiyatı: 2.78TL/kWh // 1.08TL/kWh
- Enerji Dengesi / Şebekeyi Besleme Kavramı: Besleme Fazlası

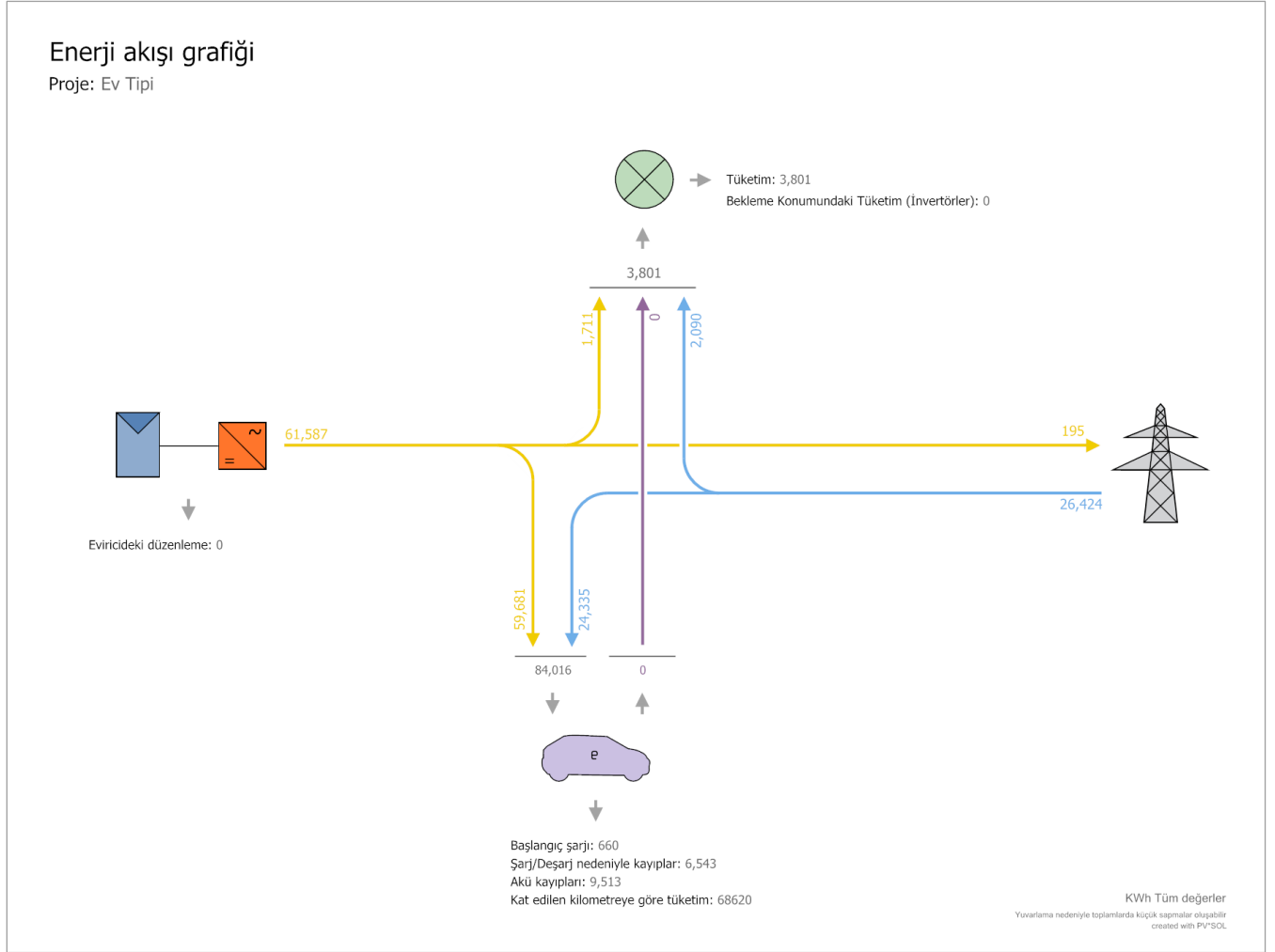


Nakit Akışı

Buradan yola çıkarak güneş enerji sistemimizin kendini 6 yıl sonra amorti edip sonrasında bize gelir sağlamaya başlayacağını görüyoruz. Otopark tipinde böyle verimli bir sonuç almamıza sürekli olarak araçların 7/24 şarj için burayı kullanmasını ve enerji fiyatlarının ülkemizde son zamanlardaki inanılmaz artışını sebep gösterebiliriz.

2.3.3 Enerji Akış Grafiği

Enerji akış grafiğimizi incelediğimizde güneş enerji sistemimizin senelik 61.587kW enerji ürettiğini bunun büyük bir kısmı olan 61392kWh'ini aydınlatma ve e-şarj faaliyetleri için kullansada (195kWh) şebekeye sattığını gözlemliyoruz.



Enerji Akış Grafiği

2.3.4 Sonuç

Halka açık ticarethane sıfatında elektrik fiyatlandırmasına tabii otopark durumumuzu incelediğimizde GES'imizin kendini 6 sene sonra amorti ettiğini ve otoparkın ihtiyacının %28-%82.35'lik kısmını karşıladığını (164000TL/yıl tasarruf) görüyoruz.

Fazlasını On-Grid sistem olduğundan dolayı şebekeye satarak bize ek gelir ne yazık ki yeterince (263TL/yıl) sağlayamadığını gözlemliyoruz... Buna bağlı olarak on-Grid sistemden ziyade off-Grid sistemlerin yatırım maliyetlerinin de azalması açısından daha mantıklı bir tercih olacağını söyleyebiliriz.

Gün içi tüketimin fazla olmasından dolayı amortisman süresinin kısa ve işlev olarak otoparkın enerjisini genel olarak güneş panellerimizden sağladığını görüyoruz.

Yakın geleceğin petrol pompaları olarak görebileceğimiz e-şarj ünitelerinin güneş enerji sistemleri ile açık tip bölgelerde entegrasyonunun gerek ekonomik başarısından gerek dünyamızın sürdürülebilirlik açısından temiz enerjiye ihtiyacından dolayı çok başarılı bir yatırım olacağını söyleyebiliriz.

3.1 Proje Çıktıları

Dünyada yenilebilir enerji kaynaklarına, özellikle de bu alanda güneş santrallerinin yatırımlarına her geçen gün ilgi artmaktadır. Güneş enerji sistemlerinde de son yıllarda yaşanan teknik gelişmeler sonucunda yatırım maliyetlerinin düşmesiyle daha erişebilir hale gelmiştir. Bu gelişmeler güneş enerji santrallerinin uygulama alanlarını genişletmiştir.

Bu proje çalışmasında aktif elektrikli araç şarjı yapılan özel ev ve halka açık otopark tüketicilerinin enerjisinin güneş enerjisi ile karşılanması hedeflenmiştir. Çalışmalar sonucunda otoparkta ekonomik olarak da karlılığı yakalayarak enerji ihtiyacını sağlayabileceğimizi evde ise üretim anında tam verim ile kullanmasak da şebekeye satış yaparak bir miktar kar ederek uzun vadede de olsa yatırımımızı amorti edebileceğimizi gözlemlemiş olduk.

On-Grid olarak incelediğimiz bu kurulumlarda şebekeyle etkileşimin ev tipi kullanıcı için ekonomik olarak çok hayati olduğunu fakat aktif enerji kullanımı olan otopark için gereksiz bir yatırım olabileceğini de gözlemlemiş olduk.

Gelecekte ulaşımda petrollü taşıtların yerini alacak elektrikli araçlar için şimdiden şarj altyapısı kurmakta olan pek çok işletme bulunmakta. Bu çalışma ile birlikte aslında yenilebilir enerji sistemlerinin de bu altyapıya entegrasyonu ile çok daha sürdürülebilir bir dünya elde edebilmenin yanı sıra ekonomik olarak da karlılığı yakalayabileceğimizi gözlemlemiş olduk.