

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TURİZM MÜHENDİSLİĞİNDE ENERJİ YÖNETİMİ:
BİR SAHA ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yahya SEVİNÇ

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN

Nisan 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TURİZM MÜHENDİSLİĞİNDE ENERJİ YÖNETİMİ:
BİR SAHA ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yahya SEVİNÇ

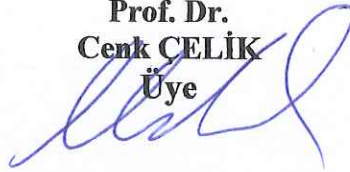
Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 19 / 04 / 2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
Hakan Serhad SOYHAN
Jüri Başkanı



Prof. Dr.
Cenk ÇELİK
Üye



Dr.Öğr.Üyesi
Gökhan COŞKUN
Üye



BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Yahya SEVİNÇ

19.04.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince değerli bilgi ve deneyimlerinden istifade ettiğim, tezimle alakalı konularda bilgi birikimi ve desteğini esirgemeyen sayın Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN ve Dr. Öğr. Üyesi Üsame Demir'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLOLAR LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
TURİZM TESİSLERİNDE ENERJİNİN KULLANIM ŞEKLİ VE SIFIR	
ENERJİLİ BİNALAR KAVRAMI.....	3
2.1. Sürdürülebilirlik ve Turizm.....	4
2.2. Enerji Tasarruflu Binalar.....	6
2.3. Akıllı Bina	7
2.4. Sıfır Enerjili Binalar	7
2.5. Konaklama Sektöründe Enerji Tüketimi.....	11
2.6. Konaklama Sektöründe Enerji Verimliliği Uygulamaları.....	13
BÖLÜM 3.	
BİR OTELDE KULLANILABİLECEK YENİLENEBİLİR ENERJİ	
KAYNAKLARI	16
3.1. Otellerde Enerji Çeşitliliği ve Verimliliğinin İncelenmesi	16
3.2. Binaların Elektrik İhtiyacında Güneşin Kullanımı.....	17

BÖLÜM 4.

BİR OTELDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI.....	21
4.1. Tesisin Güneş Enerji Potansiyeli	21
4.1.1. Fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi (PVGIS)	22
4.1.2. Güneş enerjisi potansiyeli atlası (GEPA) veri tabanı	23
4.1.3. Meteororm veri tabanı	25
4.1.4. NASA veri tabanı	26
4.1.5. Veri tabanlarının kıyaslanması	27
4.2. Tesis Hakkında Genel Bilgiler	28
4.3. Tesiste Enerji Verimliliği Kapsamında Yapılan Çalışmalar	29
4.4. Santral Sahasının Özellikleri	35
4.5. PV*SOL Analiz Programı.....	35
4.5.1. PV*SOL analiz programının özellikleri.....	35

BÖLÜM 5.

HESAPLAMALAR VE FİZİBİLİTE DEĞERLERİ.....	37
5.1. Kabuller ve Hesaplamalar	39
5.1.1. Panellerin dikey yerleşim hesaplamaları.....	39
5.1.2. Panellerin yatay yerleşim hesaplamaları.....	46

BÖLÜM 6.

OTELE KURULACAK SİSTEMİN EKONOMİK ANALİZİ.....	52
6.1. Gelirler	52
6.1.1. Elektrik satış gelirleri	52
6.1.2. Karbon satış gelirleri	54
6.2. Yatırım Bedelleri	55
6.2.1. Mühendislik hizmeti.....	55
6.2.2. Makine donanım.....	56
6.2.2.1. Panel	56
6.2.2.2. İnverter.....	57
6.2.2.3. Konstrüksiyon.....	57
6.2.2.4. Kablo.....	57

6.2.2.5. Kurulum ve devreye alma.....	58
6.2.2.6. Tel çit, güvenlik kameraları ve aydınlatma	58
6.2.2.7. Trafo ve enerji nakil hattı	58
6.2.3. Yıldırımdan korunma (Paratonel) ve topraklama.....	59
6.2.4. Üretim lisans bedeli.....	59
6.2.5. Yatırım bedelleri toplamı	59
6.3. Proje Giderleri	60
6.3.1. Personel gideri.....	60
6.3.2. Bakım ve yenileme gideri	60
6.3.3. Sigorta gideri	60
6.3.4. Beklenmeyen giderler	60
6.3.5. İletim sistemi kullanım ve işletim bedeli	61
6.3.6. Proje giderleri toplamı.....	61
6.4. Mali Tablolar.....	62
6.4.1. Geri ödeme süresi hesabı (Amortisman).....	65
6.4.2. Geri ödeme süresi hesabı ile ekonomik analiz.....	65
BÖLÜM 7.	
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	73

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AKTOB	: Akdeniz Turistik Otelciler ve İşletmeciler Birliği
CDB	: Dış sıcaklık
COP	: Performans katsayısı
CWB	: İç sıcaklık
EUAs	: Avrupa Birliği ödenekleri
LNG	: Sıvılaştırılmış doğal gaz
MPP	: Maksimum güç noktası
NGS	: Nükleer güç santrali
STC	: Standart test koşulları
VRV	: Değişken debili soğutucu akışkan hacimli klima sistemi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Güneş paneli elektrik üretimi prensibi [45].	19
Şekil 4.1. Türkiye güneşlilik haritası [46].....	22
Şekil 4.2. Sapanca güneşlilik haritası (GEPA) [51].	24
Şekil 4.3. Aylık global ışınım değerlerinin karşılaştırılması.....	27
Şekil 4.4. Yıllık global ışınım değerlerinin karşılaştırılması	28
Şekil 5.1. Sistemin kurulacağı yer	37
Şekil 5.2. Proje alanı	37
Şekil 5.3. Dikey yerleşim proje alan detayı	38
Şekil 5.4. Yatay yerleşim proje alan detayı.....	38
Şekil 5.5. Panellerin dikey yerleşimi ile elektrik enerjisi üretim şeması.	39
Şekil 5.6. Paneller dikey yerleştirildiğinde 1. yılda aylara göre üretilen enerji miktarı.....	45
Şekil 5.7. Panellerin yatay yerleşimi ile elektrik enerjisi üretim şeması	47
Şekil 5.8. Paneller yatay yerleştirildiğinde 1. yılda aylara göre üretilen enerji miktarı.....	50

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Konaklama tesislerinde günlük kişi başı enerji tüketimi	11
Tablo 2.2. Antalya ilinde 9 farklı otelde 2008-2012 Gider Ortalamaları.....	11
Tablo 2.3. Su, Enerji ve Yakıt Maliyetleri Dağılımı.....	12
Tablo 2.4. 2003-2013 Yılları Türkiye Enerji Tüketimi.....	13
Tablo 4.1. Sapanca aylık ışınım verileri (PVGIS) [48].....	23
Tablo 4.2. Sapanca aylık ışınım verileri (GEPA) [52].....	24
Tablo 4.3. Sakarya global ışınım verileri (kWh/m ² -ay) (Meteonorm) [53].....	25
Tablo 4.4. Sakarya ili ışınım verileri (NASA) [55].....	26
Tablo 4.5. Sakarya ili için global ışınım değerlerinin 4 veri tabanına göre kıyaslanması	27
Tablo 4.6. Otel 2015,2016,2017 yılları elektrik tüketimi	29
Tablo 4.7. Dış ünitelerin ısıtma-soğutma kapasiteleri, COP değerleri ve adetleri...	30
Tablo 4.8. İç ünitelerin ısıtma-soğutma kapasiteleri ve adetleri	31
Tablo 4.9. 2013-2018 yılları arasında VRV sisteminin tükettiği elektrik enerjisi...	31
Tablo 5.1. Panellerin dikey yerleşiminde oluşan enerji bilançosu.....	41
Tablo 5.2. Panelleri dikey yerleştirilerek kurulacak sistemin teknik özellikleri.....	45
Tablo 5.3. Panellerin yatay yerleşiminde oluşan enerji bilançosu	48
Tablo 5.4. Panelleri yatay yerleştirilerek kurulacak sistemin teknik özellikleri	50
Tablo 6.1. Elektrik satış fiyatları [57].....	53
Tablo 6.2. Üretim lisans bedeli [59].....	59
Tablo 6.3. Paneller dikey yerleştirildiğinde güneş enerji santralinin geri dönüşüm hesabı	63
Tablo 6.4. Paneller yatay yerleştirildiğinde güneş enerji santralinin geri dönüşüm hesabı	64

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Enerji yönetimi, Otel, Turizm Mühendisliği.

Günümüzde hızla gelişen turizm sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi, sektörde çevre dostu teknolojilerin yaygınlaştırılarak enerji kaynağı çeşitliliğinin artırılması ve enerji yönetiminin etkin bir şekilde kurgulanması gerekmektedir. Hali hazırda otel yönetiminde kullanılan geleneksel yapı içinde otelin yönetimi turizm yada işletme eğitimi almış uzmanlar tarafından yapılmakta teknik konularda ise bu yöneticiler mevcut ve yenilikçi enerji teknolojilerine hakim olamadıklarından otellerde enerji yönetimi ve verimliliği göz ardı edilmektedir. Bu tez kapsamında yapılan incelemelerde Turizm Mühendisi olarak adlandırılacak, hem turizm konularında uzmanlaşmış hem de bu sektörde kullanılacak konvansiyonel ve yenilikçi teknolojilere hakim bir meslek grubunun otel yönetimlerinde etkin bir şekilde yer alması durumunda sağlanabilecek kazanımlar ele alınmıştır. Literatürde bulunan ülkemizdeki bazı otelleri enerji verimliliği açısından ele alan çalışmalar referans alınarak bu çalışmaların Turizm Mühendisliği ve enerji yönetimi açısından incelemeleri yapılmış, önerdiğimiz konsept içinde bu çalışmaların sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçların doğrulaması Sakarya ilinde bulunan beş yıldızlı bir otel modellenerek yapılmıştır. Tez çalışması sonucunda elde edilen sonuçlar turizm sektöründe turizm mühendisleri tarafından enerji yönetiminin yönetim seviyesinde ele alınmasının hem enerji verimliliğini artıracaklarını hem de yerli-yenilenebilir-çevreci teknolojilere hızlı ve etkin bir geçişi sağlayabileceğini göstermiştir.

ENERGY MANAGEMENT IN TOURISM ENGINEERING : A CASE STUDY

SUMMARY

Keywords: Energy Management, Hotels, Tourism Engineering

Nowadays, it is necessary to provide sustainability in the rapidly developing tourism sector, to increase the diversity of energy source by spreading environment friendly technologies and to manipulate energy management effectively. In the traditional structure used in the hotel management, the energy management is manipulated by experts who have been trained in business or tourism areas, and in the technical issues these managers are not able to dominate the existing and innovative energy technologies and the energy management and productivity in the hotels are overlooked. In the scope of this thesis, a new discipline that can be called as Tourism Engineering is proposed for Turkey where the graduates will have knowledge in tourism areas and also have been educated about conventional and innovative technologies that can be used in tourism sector take place effectively in hotel management. Based on the studies on the energy efficiency of some of the hotels in several countries, applications were examined in terms of tourism engineering and energy management and the results of these studies were evaluated within the concept we proposed in this master thesis. Verification of the results made by modeling a five star hotel in the province of Sakarya. The results obtained as a result of the thesis study show that tourism engineers in the tourism sector can direct energy management at the management level and increase energy efficiency as well as provide a fast and efficient transition to domestic-renewable-environmental technologies.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünyadaki enerji ihtiyacı 18. yüz yılın sonlarından bu zamana kadar teknolojik gelişmeler ve insanların yaşam standardındaki yükselişle beraber önemli oranda artmıştır.

İnsanların yükleri kaldırma ve zirai faaliyetler gibi zorunlu ihtiyaçlarını giderebilmek için enerji ihtiyacı oluşmuş, ilerleyen zamanlarda insanların doğal ihtiyacı olan aydınlatma, taşımacılık, barınma, iklimlendirme, iletişim, üretim vb. konularda enerjinin kullanımı kaçınılmaz hale gelmiştir.

Nüfusun artması ve teknolojinin gelişmesi ile enerji ihtiyacı daha da artmıştır. Enerji taleplerinin karşılanabilmesi için devletlerde enerji ile alakalı politikalar üretmeye başlamıştır.

Son dönemde yapılan çalışmalar incelendiğinde enerji tüketiminin önümüzdeki 25 yıllık dönemde yarıya yakın artacağı öngörülmektedir.

Dünyada ve ülkemizde turizm sektörünün gelişmesi, turizmde sürdürülebilirliğin sağlanması, çevreye zarar vermeyen teknolojilerin arttırılması ve yaygınlaştırılması, enerji yönetiminin etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Ülkemizdeki turizm tesislerinde enerji giderleride gider bütçesinde büyük pay sahibidir. Turizm tesisindeki aydınlatma, ısıtma, soğutma, pişirme, havalandırma, makina ve ekipmanlarda kullanılan enerji giderlerinin azaltılması enerji yönetiminin etkin şekilde planlanması ve uygulanması ile mümkün olacaktır. Ülkemizdeki genel yapı içinde otel yönetimleri turizm veya işletme eğitimi almış uzmanlar tarafından oluşmakta, bu uzmanlar enerji yönetimi konusuna tam hakim olmadıkları için enerji

yönetimi ve enerji verimliliği gözardı edilmektedir. Turizm Mühendisi olarak adlandırabileceğimiz; turizm konusunda uzmanlaşmış, enerji yönetimini etkin şekilde uygulayan meslek grubunun, otel yönetiminde yer alması durumunda sağlayacağı kazanımlar bu tez de ele alınmıştır.

Bu tez kapsamında Sakarya Sapanca ilçesi sınırları içerisinde yer alan bir otelin enerji sarfiyatının bir kısmının güneş enerjisi ile karşılanması durumu incelenmiştir. Güneş enerji sistemi için batarya ve diğer maliyetler açısından off-grid sistem yerine on-grid sistem düşünülmüştür. Buna bağlı olarak güneş enerji analizi yapan bir yazılım kullanılarak güneş enerji bilançosu hesaplanmıştır. Daha sonrasında bu yatırımın amortisman süresi hesaplanarak sistemin karlılık analizi incelenmiştir.

BÖLÜM 2. TURİZM TESİSLERİNDE ENERJİNİN KULLANIM ŞEKLİ VE SIFIR ENERJİLİ BİNALAR KAVRAMI

Tezde, doğal çevrenin ve enerjinin sürdürülebilirliğini sağlamak ve işletim maliyetlerini düşürmek isteyen turizm işletmecilerinin enerji verimi uygulamaları konu edinilmiştir. Ayrıca turizm sektöründe kendi işletmesi için gerekli olan enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak üreten sıfır enerjili bina kavramına yönelik bilgiye değinilmiştir. Bu konuda ise günümüzde yeni yeni bilinen kavram olan sıfır enerji sistemindeki yapıların işletmeciye ve çevreye sağladığı faydalara değinilmiş ve sıfır enerjili binalar ve akıllı binalar arasındaki farklar üzerinde durulmuştur. Sıfır enerjili oteller, doğal çevrenin yaşam kalitesini artırarak müşterilerin gözünde değer yaratacak, bunların yanı sıra bu otellerin dışarıdan ihtiyaç duyduğu enerji miktarı sıfıra indirilerek, ürettiği enerjiden gelirden elde edebilecektir. Böylece, işletmeler arası rekabette sıfır enerjisiyle çalışan otellerin bir adım önde ilerlemesini sağlayacaktır.

Enerji tüketimi ve enerji ihtiyacını karşılayabilme bir ülkenin kalkınabilirliğinin göstergesi olarak kabul edilebilmektedir. Nüfus artışları ve insanların yaşam alanlarındaki konforlarının artması teknolojik gelişmeler ve bu gelişmeler sonucu sanayileşmenin artmasına bağlı olarak enerji tüketim miktarı da artmaktadır. Bu enerji ihtiyacı temel olarak petrol, doğalgaz, kömür gibi temel fosil yakıtlardan karşılanması sebebiyle fosil yakıt miktarında yüksek hızda azalma, enerji krizleri ve yakıt fiyatlarında yükselişlere sebep olmaktadır. Bu sebepten turizm sektöründeki enerji ihtiyacını karşılayabilecekleri alternatif enerji kaynaklarını kullanmaya yönelmektedir [1].

İnsanlar yaşamlarını sürdürebilmek için enerjiye gereksinim duyarlar. Bu enerjinin çoğunluğunu fosil kaynaklı enerjiden temin ederler. Fosil yakıtların kısa bir süre

sonunda azalıp tükeneceği ve bu yakıtların çevreye olan olumsuz etkilerinin görülmesiyle, insanlar yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir.

Turizm işletmeleri, müşterilerin gereksinim ve isteklerini karşılayabilmek için yoğun enerji kullanımına ihtiyaç duymaktadır. Günümüzde çok tercih edilen fosil yakıtlarından elde edilen enerji inşaat adımıyla başlayıp faaliyet süreci boyunca devam etmekte, buldukları bölgeye karbon gazı ve diğer sera gazları salınımına sebep olarak mikro ölçekte bölgedeki canlı çeşitliliğine ve bu çevrede yaşayan insanların yaşamını sürdürmek için gereksinim duyduğu temiz havanın kalitesini düşürmekte, makro boyutlarda günümüzün en büyük sorunlarından birisi olan küresel ısınmaya sebebiyet vermektedir. Otellerin vermesi gerekmekte olan hizmetleri üretebilmek için ihtiyacı olduğu enerjiyi karşılarken fosil enerji kaynaklarına olan bağılıklarını en düşük seviyeye indirmek isteği ve bununla birlikte enerji maliyetlerini düşürmek için farklı çözüm yolları araştırması ve otelde kalması planlanan müşterilerin sorumluluk bilinci gelişmiş ve çevreye saygılı otelleri seçmesi bu sektörü yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya zorlamaktadır. Bu bağlamda tezde, yenilenebilir enerjiyi kullanarak kendi enerji ihtiyacını karşılayabilen Avrupa Birliği Neredeyse Sıfır Enerjili Oteller Projesi hakkında bilgilere değinilmiştir. Tezin amaçladığı hedef; Sıfır enerji sistemli bina tanımını tanıtmak ve günümüzde kullanılmakta olan enerji verimlilikleri arasındaki farklılıkları belirlemektir. Avrupa'da Neredeyse Sıfır Enerjili Oteller Projesi dahilinde 2015 yılından günümüze örnek otellerin inşaat adımıyla olması, incelemelerin ayrıntılı bir şekilde ele alınmasına sebep olmuştur.

2.1. Sürdürülebilirlik ve Turizm

Turizm çevrenin şartlarıyla birebir ilgilidir. Turistin gezisi sırasında gezdiği yerlerde yaşamını sürdürebilmesi için o yerin doğal kaynaklarından istifade edeceği veya bir doğal kaynağın orijinallini kaybetmesi ve cazibesini yitirmesi nedeni ile bu geziden vazgeçebileceği gözönüne alındığında; turizm, süreklilik ve çevrenin bir bütünü oluşturduğu söylenebilir. Turizmin devam edebilmesi, kültür ve doğal kaynakların

varlığını devam ettirmesi ile mümkündür. Turizm tesislerinin faaliyet gösterdiği yerler; çevre, kültür ve doğası bozulmamış yerlerin etrafında toplanmaktadır [2].

Örneğin, Kapadokya’da yer alan peri bacaları etrafında kurulmuş olan otellerin sürekliliği peri bacalarının devamlılığıyla doğru orantılıdır. Bu sebeple turist misafir eden ülkeler için turistlerin ihtiyaçlarını karşılamakta olan eserlerin gelecek zamandaki değerinin arttırılması ve korunulması devamlılık açısından büyük öneme sahiptir.

Kuruluşların ürün veya hizmet üretirken ihtiyacı olan fosil yakıt enerjisinin doğaya ve insanlara verdiği zararların en düşük seviyelere indirilmesi ve çevrenin sürdürülebilirliğini sağlamak için fosil enerjilerin kullanımı konusunda tasarruflu davranılması ve enerji sürdürülebilirliğini devam ettirilmedi.

Yenilenmeyen enerji kaynağı olarak kömür, petrol, doğalgaz, nükleer enerjinin kullanımı, küresel ısınmayı son bin yılın en yüksek derecelerine çıkarmıştır. Küresel ısınma milyarlarca dolar zarara yol açan doğal felaket oranlarında artışa sebep oluşturmaktadır. 2030-2050 yılları arasında en büyük yenilenemeyen kaynaklarından birisi olan petrol rezervleri yetersiz kalacak ve ihtiyacı karşılayamaz duruma geleceği düşünülmektedir. Bu sebeplerden ötürü, insanlar yenilenemeyen enerjilerin sonu gelmeden yenilenebilir enerji kaynaklarına geçmek zorundadır [3].

17.05.2005 yılında çıkartılan “5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynaklarını “ Güneş, biokütle, rüzgar, jeotermal, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile nehir ya da kanal veya rezervuar alanı on beş kilometrekareden az olan hidroelektrik üretim tesisi” kapsamında tanımlamıştır.

Yine Türkiye de 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu çıkarılmış ,bu kanun enerjinin etkili bir biçimde kullanılması, israfın önlenmesi, enerji masrafının ekonomik yükünün azaltılması ve doğanın korunabilmesi için enerji kaynaklarının ve enerji kullanımında verimliliğin arttırılması adına enerji üretimi, iletimi, dağıtımı ve

tüketimi adımlarında, endüstriyel kuruluşlarda, binalar ve elektrik enerjisi üretim tesislerinde enerji verimliliğinin artırılması ve desteklenmesi, toplumun bu konuda bilinçlenmesine, fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve yaygınlaşmasına yönelik uygulanacak usul ve esasları kapsamaktadır [4].

Tüm dünya devletlerinin yenilenebilir enerji için sağladığı destekler sonrası teşvikler 2009 yılına gelindiğinde 57 milyar dolara ulaşmıştır. Yenilenebilir enerji desteğinin 2035 yılına gelindiğinde ise 205 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir [5]. Dünyada, yenilenebilir enerjiye verilen teşvikler, alım ve prim garantileri, yatırım ve ihale teşvikleri, yeşil sertifikaya dayalı vergi muafiyeti veya indirimleri şeklinde uygulanmaktadır [6].

2.2. Enerji Tasarruflu Binalar

Bu binalar, içinde yaşayanlara güvenlik, rahatlık gibi imkanlar sunarken, doğal kaynakların kullanımını en aza indirgeyerek, doğal yaşam dengesinin bozulmayacağı şekilde ve çevreye saygı göstererek tasarlanan bina yapılarıdır [7].

Bina yapım sürecinde ormanların zarar görmesi, doğal su kaynaklarının kirlenmesi, yeraltından çıkartılan enerji kaynaklarının ortalama %50'sine ihtiyaç duyulması sürdürülebilirlik seviyesini aşan bir tüketim olduğunu göstermektedir. Diğer bir yandan, dünya enerjisinin %50'side binalarda tüketilmektedir [8].

Çevre ve Şehircilik bakanlığı tarafından yapılan açıklamaya göre, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine göre binalarda kullanılan havalandırma, ısıtma, sıcak su, soğutma, aydınlatma, yenilenebilir enerji kaynaklarından tasarruf edilerek karbondioksit salınımı ve ısı kayıplarının önemli ölçüde önüne geçilerek enerji tasarruflu bina sayısı gün geçtikçe artması sağlanmıştır. Buna göre; 1 Ocak 2011 tarihinden itibaren inşa edilecek binalar için zorunlu hale getirilen Enerji Kimlik Belgesi alan yapı 742 bin 940'a ulaşmıştır [9].

Günümüzde bina yapımlarında ve restorasyonlarında enerji tasarrufu sağlanabilmesi için akıllı bina sistemine uygun uygulamalara yer verilmektedir. Özellikle, turizm sektöründe müşterilerin beklentileri ve konfor ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla yüksek miktarda enerji tüketimi yapan oteller, enerji ihtiyaçlarını düşürmek için akıllı bina uygulamalarına yönelmektedir.

2.3. Akıllı Bina

Günümüzde teknolojik gelişmelerin çok hızlı gelişmesiyle insanların yaşamını sürdürdüğü binalar değişiklik göstermeye devam etmiştir. Bu gelişmeler sonucu akıllı bina terimi insanoğlunun yaşamına girmiştir. 1980'li yıllarda sürdürülebilirlik ile beraber uygulamaya geçen akıllı bina kavramının ilk örneği Hartford şehrindeki belediyeye hizmet vermekte olan binadır (City Place Building) [10]. Konaklama sektöründe odalarda kapı sistemlerinde kartlı sistemlerin kullanılabilir duruma gelmesi, otelde ortak kullanım alanlarında fotoselli aydınlatma sistemleri ve havalandırma tesisatlarında otomasyonun kullanılması, lavabo sistemlerinde ise su israfının önüne geçmek amacıyla hareketlere duyarlı musluk sistemlerinin kullanılması, muslukların uçlarında su tasarrufu sağlayan mekanizmaların kullanılması, odadaki güneş ışığının seviyesini otomatik olarak belirleyip ışık oranı düşükse aydınlatma sistemini otomatik olarak dengeleyen sistemlerin kullanılması otel gibi işletmelerde akıllı bina sistemlerine örnek gösterilebilir.

Bu uygulamaları kullanan otel işletmeleri gün geçtikçe azalan ve fiyatları artan fosil enerji yakıtlarından elde edilen enerjiye gerek kalmayacağı için otel maliyetlerinde düşüş olacaktır.

2.4. Sıfır Enerjili Binalar

Yenilenemeyen enerjinin orta vadede tükeneceği düşünceleri enerji tasarrufu çalışmalarının yanısıra insanları yenilenebilen enerji kullanımına yönelmek durumuna getirmiştir. Bu nedenlerden ötürü enerji ihtiyacı çok düşük olan sıfır enerjiyle çalışan yapılar ve net sıfır enerjiyle çalışan yapılar gün geçtikçe

popülaritesini arttırmaktadır.Sıfır enerji sistemiyle çalışan yapılar kullanılmaya başladıktan sonra yenilenebilen enerji kaynakları kullanılarak ihtiyaç duyduğu enerjiyi karşılamak değildir.Yapım aşamasında her ayrıntı incelenerek çevrenin sürdürülebilirliğini sağlayan, geri dönüşümlü ürünler kullanılarak, karbon gazı salınım oranı olmayan ve canlıların yaşama döngüsü içinde akıllı bina çalışmalarında bulunan çevreci bina veya sürdürülebilir yapı olarakta belirtilebilecek binalardır [11].

Çevreye ve doğaya karbon salınımı yapmayan binalar sıfır enerjili bina olarak tanımlanabilir. Bu binalar kendi enerjisini ürettiği için merkezi grid den bağımsızdır [12].Bu yapılar buldukları bölgenin iklim, coğrafi özellikleri ve kaynakları göz önüne alınıp yapımına başlanılan binalardır. Burada yerleşmenin önemi ortaya çıkmaktadır. Yapılarda kullanılması planlanan yenilenebilir enerjili sistemler kullanılması planlanan bölgenin karakteristiğine göre belirlenir. Örneğin bina, yıl boyunca fazla güneş alan bir bölgede bulunuyor ise güneş enerjisinden, rüzgârın kuvvetli estiği bir yerde bulunuyorsa rüzgâr enerjisinden, dalgaların kuvvetli olduğu bir sahil kenarından bulunuyorsa su dalgalanmaları ya da gel-git olayı sonucu açığa çıkan enerjiden, kendisi için gerekli enerjiyi üretip elde edebilir. Bu sebeplerden dolayı yenilenmeyen enerjilere ihtiyacın en aza düşürülerek, o bölgede CO₂ salınımı yapmayarak doğal çevreyi korumaya destek verilmiş olur.

Sıfır enerji sistemiyle çalışan yapılar pasif ve aktif olmak üzere iki uygulama olarak incelenir. Pasif yapı uygulamaları binanın yapım adımlarındaki tüm uygulamaları kapsamaktadır. Bunlar;

- Yapım süresinin kısaltılması; bu süreç yapım süresinin olabileceği oranda kısaltılıp ihtiyaç duyulan enerji oranının azaltılması anlamındadır [13].
- Malzeme seçimi, yerel ve yakın çevrede bulunan malzemelerden kullanılarak taşıma için harcanması gereken enerjiye gerek duyulmaması nedeniyle tasarruf sağlanır [14].
- Geri dönüşümlü malzemelerin kullanılması, kullanılması planlanan malzemelerin kullanılma süreleri sonunda geri dönüşebilen özellikte olabilmesi

ve diğ er bir söyleyiş le yeniden üretimde aynı malzemelerin kullanılması sürdürülebilirliği sağlar [15].

- Atık olarak çıkabilecek ürünlerin oranının düşürülmesi yada tekrardan kullanılabilmesi [16].
- Bina yalıtımının önemi; bina yalıtımı sağlanmadığında tüketilen yakıtın miktarı daha fazla olmakta, kullanılan bu enerji yapıyı ısıtmak veya soğutmak yerine atmosfere etki etmektedir. Bu sebepten yapılarda yalıtım kullanılması enerjinin tasarrufu açısından çok büyük bir önem arz etmektedir [17].
- Yapılarda yapım aşamasında maliyetleri yüksek oranda olsada yıllar üzerinden düşünüldüğünde uzun süre zarfında enerji verimliliği yüksek malzemeler tercih edilmelidir [18].

Sıfır enerji sistemiyle çalışan yapılarda kullanılan uygulama şekli, yapılarda ihtiyaç duyulacak enerjinin üretilmesine yönelik çalışmalardır. Enerji üretebilme seçenekleriye coğrafi ya da iklimsel açısından avantajlı olduğu koşullara göre şekillenecektir. Aktif uygulamalar, güneş enerjisinden yararlanan fotovoltaik sistemler, rüzgâr enerjisinden yararlanan rüzgâr tribünleri, ısı pompaları, jeotermal enerji, biyokütle enerji, dalgalar ve gelgit enerjisidir [19].

Enerji maliyetleri turizm üzerine çalışan işletmelerde personellerin giderleri sonrası en yüksek gider oranına sahiptir. Otel misafirlerinin konforunun sağlanabilmesi için enerji tüketimi artmaktadır[20]. Konaklama sektöründe kullanılan bu enerji kaynakları eğer fosil yakıtlardan (petrol, doğalgaz gibi) üretilirse önemli bir çevre kirliliği oluşturmaktadır. Sıfır fosil enerji tüketimi sağlayan binalar kendi enerjisini yenilenebilir çevre dostu kaynaklardan ürettiğinden, bu işletmeler hem enerji maliyetlerini minimuma indirmekte hem de fosil yakıtlar kullanılmadığı için çevre sorunlarına yol açmayan, çevreci işletmeler olarak nitelendirilebilmektedirler.

Sıfır enerjili oteller projesi dahilinde konaklama hizmeti veren işletmelere teknik çözüm analiz edilerek yenilenebilir enerjiye yönelik yatırım planına destek olunacak, yatırım maliyetinin ne oranda olması gerektiğine ve bu yatırım maliyetinin geri dönüşünün nasıl olacağına dair bilgiler sağlanacaktır [21].

Avrupa Birliği sıfır enerjili otel projesi faaliyet süreci olan Nisan 2013-Mart 2016 tarihleri arasında bir otelde gerekli olan yıl içerisindeki yenilenebilir enerji üretimi oranını 165 ton petrolden karşılanabilecek enerjiyle eş değerde olacağı şekilde hesaplar, 2020'ye kadarki süreçte yenilenebilir enerjiyi 1238 ton petrol enerjisine aynı oranda olmasını planlanmaktadır. 2050 yılına kadarki süreçte ise otel gibi işletmelerin ihtiyaç duyduğu tüm enerjinin tamamı yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılanabilmesidir [22].

Enerji yönetimini etkin uygulayan oteller;

- İşletim ve bakım maliyetlerini düşürür,
- Pazar içinde rekabet avantajı sağlar,
- Misafirlerinin ufkunu geliştirir,
- Fosil enerjiye olan bağımlılık önemli ölçüde azaltılmış olur ve yaşam kalitesini artırarak, misafirlerin gözünde değer yaratır [23].

Sıfır enerji sistemine çok yakın olan konaklama işletmeleri kendi alanları içinde, güneş enerjisinden yararlanan güneş pili denilen (fotovoltaik) sistemlerden, rüzgâr tribünlerinden ve ısı pompası sistemlerini kullanarak gidermektedir. Bu sistemler sıfır CO₂ salınımı yapan yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bu sistemler tarafından doğada sınırsız oranda bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını elektrik enerjisi olarak çeviren konaklama işletmelerinin ihtiyacı olan enerjiyi sağlar.

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği çıkarılmıştır. Bu yönetmeliğe göre, binalarda kullanılan enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli bir biçimde kullanılmasının sağlanabilmesi ve enerji israfının önüne geçilmesi için binaların enerji ihtiyacı ve tüketimi sınıflandırılmaktadır. A'dan G'ye kadar yapılan harf sınıflandırmasına göre, A sınıfı en yüksek verimli binayı belirtmektedir, G sınıfı ise verimi en düşük seviyede olan binayı belirtmektedir. Bu yönetmeliğe göre yeni inşa edilen binaların en az C sınıfı enerji tasarrufuna sahip olması gerekmektedir. 1 Ocak 2020 tarihinden itibaren Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yaptığı açıklamaya göre Enerji Kimlik Belgesi olmayan binalara cezai yaptırımlar uygulanacağını belirtilmiştir [24].

2.5. Konaklama Sektöründe Enerji Tüketimi

Konaklama tesisleri misafir memnuniyetini sağlamak, en üst düzeyde hizmet vermek ve misafirlerine ürün sunabilmek için yoğun enerjiye ihtiyaç duymakta ve enerji tüketmektedirler. Tüketilen enerji maliyetlerinin yüksek oluşu, bütçe gider kalemlerinde enerji giderlerinin üst sıralarda yer alması nedeniyle araştırmacı ve otel yöneticilerinin dikkatlerini enerji miktarına yoğunlaştırmış ve bu giderlerin nasıl azaltılabileceğiyle alakalı çalışma yapmalarına neden olmuştur. 5 yıldızlı konaklama işletmelerinde bir kişinin günlük ihtiyaç duyduğu elektrik, su ve fosil yakıtların tüketimleri Tablo 2.1.'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Konaklama tesislerinde günlük kişi başı enerji tüketimi

Elektrik Tüketimi	Su Tüketimi	Fosil Yakıt Tüketimi
21-22 KW	420-440 Litre	7-10 Litre

Kaynak: Öger grubu (2011); Coastlearn, Gössling'ten (2000) uyarlanmıştır [25].

Resort dergisinin Mart 2014 tarihli sayısında yayınlanan, AKTOB'un yaptığı bir araştırmaya göre Antalya genelinde faaliyet gösteren 9 tesiste 2008-2012 yılları arasında gider ortalama değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 2.2. Antalya ilinde 9 farklı otelde 2008-2012 Gider Ortalamaları

Masraflar	Beş Yıldızlı	Dört Yıldızlı	Tatil köyü
Çalışanlar	46	48	52
Yiyecek	21	21	17
İçecek	11	9	9
Yakıt-Enerji	10	9	8
Su	1,5	1,5	3
Teknik Servis	1,01	1,47	3,42
Temizlik Malzemeleri	0,81	0,89	2,06
Diğer	8,03	8,27	2,67

Kaynak: AKTOB Ar-Ge [26].

Bu gider dağılımları içinde personel (çalışanlar) ve yiyecek-içecek giderlerinin ardından enerji ve yakıt maliyetleri gelmektedir. 5 yıldızlı konaklama tesisinde bir yıl içinde iki milyon kW/h'dan fazla elektrik enerjisi tüketilmekte ve bazı konaklama tesislerinde 200 tondan fazla sıvılaştırılmış doğalgaz kullanılmaktadır. Bu değerler tüm giderler içinde önemli bir orana sahiptir. Beş yıldızlı bir otelde toplam masrafların % 9-10'unu elektrik enerjisi giderleri oluşturmaktadır, sıvılaştırılmış

doğalgaz da ilave edildiğinde % 11, su gibi temel ihtiyaçlarda dahil edildiğinde % 12 seviyelerine gelebilmektedir [27].

Tablo 2.3. Su, Enerji ve Yakıt Maliyetleri Dağılımı

Maddeler	Payı, % (TL)
Elektrik	63
Su-Elektrik	19
LNG	17

Kaynak: AKTOB Ar-Ge [27].

Akdeniz ülkelerinden İspanya, Yunanistan, İtalya, Romanya, Hırvatistan, İsveç ve Fransa'daki konaklama işletmelerinde kullanılan enerjilerin m² bazında hesaplandığı bir Avrupa Birliği projesinde, projeye katılan ülkelerdeki otellerin ortak özellikleri olarak ortalama zemin alanı 2000m², ortalama enerji tüketimi ise m²'de tüm yıl içerisinde ortalama olarak 350 kwh olarak belirtilmiştir. Bu tüketimin ise %33,3'ü elektrik, %33,3 ısıtma (%50 doğalgaz, %50 akaryakıt), %33,3'üyse soğutmak için kullanıldığı belirlenmiştir. Bu konaklama tesislerinin kullandıkları yenilenebilir enerji oranları ise %20 oranlarında seyrettiği ve üretilen enerjinin %50'si ısınma için %50'si elektrik için kullanıldığı bilgileri verilmiştir [28]. Gössling'in 2000 yılında incelediği araştırmaya göre, konaklama işletmelerinde konaklayan misafirlerin günlük kaynak tüketimlerinin büyük miktarlara ulaştığını belirtmiştir. Destinasyon bölgesine ulaşım, ısıtma, soğutma, aydınlatma, yemek yapma, yiyecek ve içeceklerin ithalatı, temizlik, banyo, yüzme ve ortaklaşa kullanım alanı olan yeşil alanların sulanması gibi faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için enerji tüketimine gereksinim duyulmaktadır. Gössling (2000) çalışmasında, konaklama işletmesinin birinde iki hafta süre kalan bir turist bu süre boyunca yüz litreden fazla fosil yakıt tükettiğini belirtmiştir. Otel yıllık giderlerinde enerji maliyetinin diğer giderlerden oldukça yüksek olması otellerde konaklama ücretlerinin artmasına ya da hizmet kalitesinin azalmasına neden olmaktadır.

Tablo 2.4. 2003-2013 Yılları Türkiye Enerji Tüketimi

Enerji Kaynakları/ Yıllık Tüketim	2003		2007		2012		2013	
	Tüketim	%	Tüketim	%	Tüketim	%	Tüketim	%
Petrol	30,8	39,29	36,6	32,53	31,4	25,61	33,1	26,5
Doğalgaz	18,8	23,98	32,5	31,46	40,7	33,20	41,1	33,47
Kömür	20,7	26,4	28,9	27,98	35,7	29,12	33,0	26,87
Nükleer	-	0	-	0	-	0	-	0
Hidroelektrik	8	10,2	8,1	7,84	13,1	10,69	13,4	10,91
Yenilebilir Enerji	0,1	0,13	0,2	0,19	1,7	1,39	2,2	1,79
Toplam	78,4	100	103,3	100	122,6	100	122,8	100

Kaynak: AKTOB Ar-Ge [29].

Tablo 2.4.'te belirtilen 2003 ve 2013 yılları arasındaki Türkiye enerji kullanımı miktarlarına ait veriler yıllara göre tüketim miktarı olarak verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde Türkiye’de petrol tüketiminde belirli bir oranda azalma görülürken doğalgaz tüketiminde ise belirli bir oranda artış görülmektedir. Genel olarak incelendiğinde ise 2003 ve 2013 yılları arasında Türkiye’de kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketim oranında orantısız bir artış olduğu görülse de ortalama %1,79 değerindeki artış diğer ülkelere oranla düşük seviyelerde kalmaktadır [29].

2.6. Konaklama Sektöründe Enerji Verimliliği Uygulamaları

Enerji ihtiyacını azaltan işletmeler, tasarruf etmiş olduğu enerji maliyetini işletmenin diğer bölümlerinde kullanarak hizmet ve ürün kalitesini artırabilir. Böylece, müşteri sadakati ve halkın güvenini kazanır, işletmenin iç müşterisi olan personelin bağlılığı artırılarak örgütsel vatandaşlık sağlar, küresel pazarda ise işletmenin rekabet etme oranını güçlendirerek ilerki süreçte otele ve çevreye sürdürülebilirlik kazandırır [30].

Birincil enerji kaynaklarının dünya üzerinde oranlarının git gide azalması, olası siyasi ve ekonomik kriz durumlarından etkilenebilmesi sebebiyle enerji maliyetleri değişiklik göstermektedir. Oteller ihtiyaç duyduğu enerjinin verimli kullanılabilmesi için farklı düzenleme çalışmalarıyla ilgilenmektedir. Bu çalışmalarla ilgili örnekler;

- Hilton Otelleri 2009-2014 yılları arasında dünya genelindeki otellerinin tamamında kullandığı enerji oranını %5 azaltmayı hedeflemiştir [31]. Enerji tüketimini %9.7 oranında, CO₂ emisyonunun da %10.9 oranında azalttığını

belirtmiştir [32].

- Sheraton Auckland Oteli çarşaf, havlu, nevresim, masa örtüleri ve benzer yıkanabilir malzemelerin kurutması sırasında %65, yıkaması esnasında %35 enerji tükettiğini öğrenmiş ve konaklama şirketi malzemelerin yıkanma sıcaklığını 85°C'den 65°C düşürerek üç ayda 2000\$ tasarruf sağlamıştır. Sheraton Takoma Oteli, misafirlerin kullandığı odalar gibi çeşitli alanlardaki aydınlatma için kullandığı akkor lambaları yüksek tasarruflu lambalarla değiştirerek, 18 ayda yaklaşık 15.000\$ dolar tasarruf sağlamıştır. Hyatt Regency Oteli konukların odalardan çıktıklarında klimayı ve diğer enerji tüketen sistemleri açık bıraktıklarını görmüş, enerji kullanımıyla ilgili 16.000\$ lık bir projeye imza atarak misafirler odalarından çıktıkları anda buzdolabı ve alarm sistemleri hariç tüm enerjiyi sistemlerini kapatan bir proje geliştirmişlerdir. Çalışmalar sonrası 14 ayda 14.000\$ geri dönüş sağlamıştır [33].
- The Marmara Taksim Oteli, 2011 yılında elektrik ihtiyacını özel şirketlerin birisinden toplu halde alarak ve aydınlatma sisteminde yüksek tasarruflu florasan lamba kullanılarak 80.000 kWh değerinde enerji tasarrusu sağlayıp elektrik enerjisi maliyetini %30'a düşürmüştür [34].
- Renaissance İstanbul Bosphorus, Kültür ve Turizm Bakanlığında Yeşil Yıldız olarak ve bu kapsamda yapmış olduğu yatırımlarla 2017 yılına kadar odalarda kullanılan enerji oranını %15 düşürülerek 100.000€ tasarruf etmeyi amaçladıklarını belirtmişlerdir [35].
- Divan İstanbul City oteli, ısı kayıplarını önlemek için renkli cam, gecenin ilerleyen saatlerinde işletme ışıklandırmalarını biraz daha düşürerek, arıtma sistemlerinde yapılan düzenlemeler ile %12 oranında tasarrufa ulaşmıştır [36].
- Holiday Inn İstanbul City oteli 200.000 TL bütçeyle 2011 yılında yeşil yıldız belgesini aldı. Yaptıkları çalışmalar sonucu 2010 yılına oranlandığında kişi başına düşen petrol tüketim oranı %30 azaltılmıştır. Yaz mevsiminde kullanılan sıcak suyun güneş enerjisinden elde edildiğini belirtmiştir [37].

Türkiye’de enerji verimliliği uygulamaları ve yeşil yıldız projesiyle otellerde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemine dikkat çekilmiştir. Bu sayede kamu kuruluşları, özel sektöre daha fazla yenilenebilir enerji üretebilecek sistemleri kurmaları yönünde özendirici teşvikler geliştirilmiştir. AB ise 2020-2050 projesi olan neredeyse sıfır enerjili yapılardan, net sıfır enerjili yapılara geçilmesini zorunlu tutmuştur. Konaklama sektöründe ise “Neredeyse Sıfır Enerjili Oteller” projesi konusunda yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesi yönünde proje çalışmaları vardır.

BÖLÜM 3. BİR OTELDE KULLANILABİLECEK YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Türkiye’de 2017 yılında tüketilen elektrik enerjisi yaklaşık 295 milyar kWh olmuştur [38]. Halen elektrik üretimi, tüketimi karşılamakla beraber ülkemizde gelecekte oluşabilecek enerji talebini daha düşük maliyetlerle hizmet sunabilmek için, nükleer santral, büyük hidroelektrik santralleri gibi enerji üretiminin yüksek olduğu projelerin yapılması gerekmektedir. Böyle bir nükleer enerji santralinin kuruluş maliyeti kWh başına 4000 \$ seviyesindedir [39]. Akkuyu NGS, her biri 1200 MWe kuruluş güce sahip 4 üniteden oluşacaktır [40]. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünün yapmış olduğu çalışmalara göre, turizm sektöründe yaklaşık olarak %20-30 arasında enerji tasarrufu sağlayacağı düşünülmektedir [41]. Bununla birlikte, yeni yapılacak binaların güneş enerjisini kullanması ile, mevcut binaların tükettiği fosil kaynaklı enerjinin %50’sini kullanacak şekilde dizayn edilmesi mümkündür [42].

3.1. Otellerde Enerji Çeşitliliği ve Verimliliğinin İncelenmesi

Bir otelin enerji çeşitliliği ve verimliliğinin sağlanmasında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri, enerji verimliliğini ve çeşitliliğini sağlarken, müşterilerin konforundan ödün vermemektir. Bu nedenle enerji verimliliği ve çeşitliliği, müşterilerin inisiyatifine bırakılmadan sağlanmalıdır. Güneş enerjisi sadece fotovoltaik elemanlar ile elektrik üretimi için değil aynı zamanda doğal aydınlatma ve ısıtma amacıyla kullanılarak enerji verimliliğine katkı sağlar. Turizm işletmelerinde güneş enerjisinden yararlanılarak kullanım suyunun ısıtılması, havuz suyunun ısıtılması ve klima santralleri gibi cihazlarda sıcak suyun kullanılması ile ısıtma amaçlı olarak da kullanılabilir. Konfor kriterlerinin en önemlisi aydınlatma olmaktadır ve kaliteli bir aydınlatmada en önemli husus; görme yeteneği ve konforunda azalma olmadan, minimum düzeyde gerekli olan aydınlık düzeyini

sağlamaktır [43]. Lüks bir otelin aydınlatması için önerilecek çözümde, gün ışığı aydınlatması LED lambaların kullanımıyla birlikte kullanıldığında önemli bir verimlilik artışı sağlanabilir. Aydınlatma tüketimi,

$$\text{Aydınlanma Tüketimi} = [(PL \times nL) + (PB \times nB)] \times ty \quad (3.1)$$

formülü ile hesaplanabilir. Burada

PL : Lamba gücü (W)

nL: Lamba sayısı

PB: Balast gücü

nB: Balast sayısı

ty: Yıllık çalışma süresi (saat)

olup bu tüketimi karşılamak için gerekli maliyet ve amortisman süresi

$$\text{Aydınlanma Maliyeti} = [(\text{Aydınlatma Tük.}) \times (\text{Elektrik Birim Fiyatı})] \quad (3.2)$$

$$\text{Amortisman Süresi} = \left[\frac{(\text{Armatür ve Lamba Fiy.}) \times (\text{Armatür Say.})}{\text{Yıllık Mali Tasarruf}} \right] \quad (3.3)$$

Ortaya çıkan bu maliyet ve amortisman süresi güneş enerjisi kullanılarak yaklaşık %50 oranında azaltılabilecektir.

3.2. Binaların Elektrik İhtiyacında Güneşin Kullanımı

Güneş sistemi dünya için temel bir enerji kaynağı olup dünya, güneşten yaklaşık 150 milyon km uzaktadır. Dünyaya gelen güneş enerjisi çeşitli dalga boylarındaki ışınımlardan oluşmaktadır. Bu ışınlar saniyede 300.000 km mesafe katetmektedir. Bu hız ışık hızı olarak bilinmektedir. Bu güneş ışınları ışınım (radyasyon) yolu ile güneşten dünyamıza ulaşır. Isı ışınımında enerji, fiziksel bir ortam olmaksızın elektromanyetik dalgalar yardımıyla yayılarak geçer. Işınım ile ısı transferi için bir ortam gerekliliği bulunmamaktadır.

Stefan-Boltzman Kanunu ile T_s sıcaklığına sahip bir yüzeyden birim zamanda yayılabilecek maksimum ışınım miktarı aşağıdaki gibi belirlenir [44].

Siyah cisim için

$$Q_{yay} = \sigma A_s T_s^4 \text{ (W)} \quad (3.4)$$

Gerçek cisim için

$$Q_{yay} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4 \text{ (W)} \quad (3.5)$$

Burada

σ =Stefan-Boltzman sabiti $5.670 \times 10^{-8} \text{ (W/m}^2 \text{K}^4)$

A_s =Yüzey alanı (m^2)

T_s =Yüzeyin mutlak sıcaklığı (K)

olup ε yüzeyin yayıcılığını (yayma katsayısı) gösterir. Gerçek cisim için yayma katsayısı $0 \leq \varepsilon \leq 1$, siyah cisim için ise $\varepsilon = 1$ olarak kabul edilmiştir. Cisimler için gelen ışınım ise

$$\text{Siyah cisim için} \quad Q_{gelen} = \sigma A_s T_s^4 \text{ (W)} \quad (3.6)$$

$$\text{Gerçek cisim için} \quad Q_{gelen} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4 \text{ (W)} \quad (3.7)$$

şeklinde hesaplanır. Burada yüzey üzerine gelen ışınımın bir kısmı ya da tamamı yüzey tarafından soğrulabileceği için α yüzeyin soğurma (yutma) oranı tanımlanmıştır.

$$Q_{soğrulan} = \alpha Q_{gelen} \quad (3.8)$$

Yüzeyin soğurganlığı (soğurma katsayısı) : $0 \leq \alpha \leq 1$ olup siyah cisim için $\alpha = 1$ olarak tanımlanmıştır.

Bir cismin soğurduğu ve yaydığı ışınım arasındaki fark net ışınım ısı transferi olarak ifade edilmiştir:

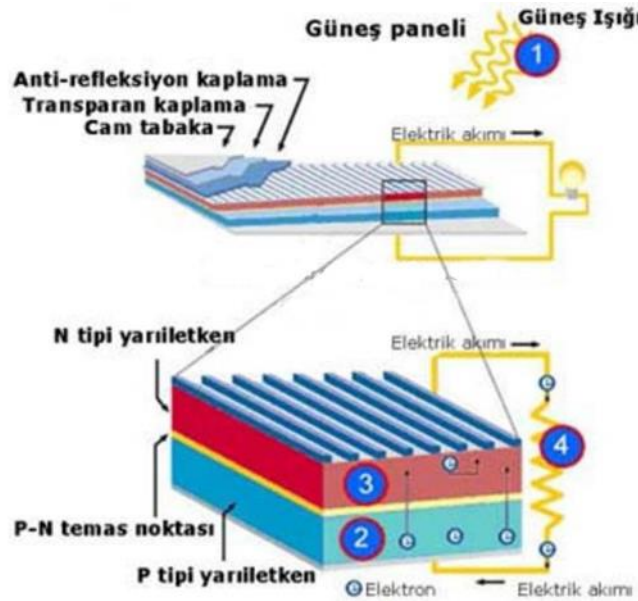
$$Q_{\text{ışınım}} = Q_{\text{yayılan}} - Q_{\text{soğrulan}} \quad (3.9)$$

$$Q_{\text{ışınım}} = Q_{\text{yayılan}} - \alpha Q_{\text{gelen}} \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{ışınım}} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4 - \varepsilon \sigma A_s T_\varphi^4 \quad (\text{W}) \quad (3.11)$$

olarak hesaplanabilir.

Güneş pilleri ışınım enerjisini elektrik enerjisine çeviren fotovoltaiik araçlar olup yarı iletken bir diyot şeklindedir. Güneş pili hücrelerinin üst tabakaları kaplama ve korumalardan oluşur. Bu üst tabakaların altında ise N ve P tipi yarıiletken maddeler bulunur. Şekil 3.1.'de elektrik üretimi prensibi verilen güneş pillerinde yarıiletken madde olarak genellikle çok kristalli silisyum kullanılır [45].



Şekil 3.1. Güneş paneli elektrik üretimi prensibi [45].

Şekil 3.1.'de görüldüğü üzere güneş ışığı güneş pili üzerine düştükten sonra fotovoltajik hücreler tarafından soğurulur ve P tipi yarıiletken maddeden elektron koparır. Bu elektronlar N tipi yarıiletken maddeye doğru akarak doğru akımı (DC) oluşturur ve P tipi yarıiletken maddeye geri döner. Böylece elektrik üretilmiş olur [45].

Tezin bundan sonraki kısmında Sakarya ilinde mevcut olan bir beş yıldızlı otelde güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi yapılması fizibilite çalışması sunulacaktır.

BÖLÜM 4. BİR OTELDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

Sakarya ili Sapanca İlçesi sınırları dâhilinde bulunan beş yıldızlı bir otelde güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde eden enerji üretim santrali kurmaya yönelik olarak planlanmıştır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmeyi amaçlayan bu tesiste fotovoltaik teknolojisinden faydalanacak ve otelin elektrik giderleri minimize edilecektir. Fazla üretilen enerjiyi çift yönlü sayaçla sisteme aktararak elektrik satışı yapılacaktır. Böylece CO₂ salınımı da azalacak elde edilecek karbon hissesi borsa da değerlendirilip ekstra kazanç sağlanacaktır.

4.1. Tesisin Güneş Enerji Potansiyeli

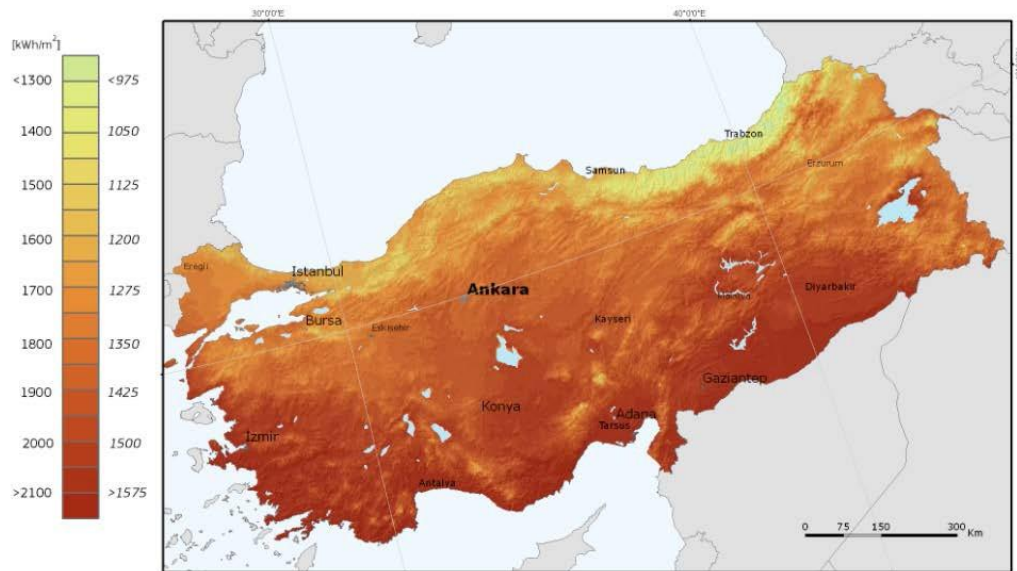
Güneş enerjisi tesisleri için en önemli parametrelerden birisi güneşlilik verileridir. Güneşlilik parametreleri fizibilite çalışmaları sırasında kurulacak olan bir güneş enerji santralinden üretilebilecek enerji miktarının hesaplanması için gereklidir. Bu hesaplamalar için gerekli olan parametreler ölçüm istasyonlarından elde edilen ışınım değerlerine göre yapılmaktadır. Ölçüm istasyonlarından alınan verilerin, istasyon bünyesinde oluşabilecek aksaklıklardan dolayı bir tek ölçüm istasyonundan alınan verilerin hatalı hesaplamalara neden olabileceği düşünülmektedir. Bu hataların önüne geçmek amacıyla güneş enerjisi fizibilite çalışmalarında kabul görmüş farklı ölçüm merkezlerinden elde edilen veriler kullanılarak yapılmasıyla hesaplamaların daha doğru olacağı öngörülmektedir. Santralin kurulması planlanan bölge yakınlarında kurulabilecek bir ölçüm istasyonu aracılığıyla doğruluğu daha yüksek veriler elde edilebileceği için fizibilite çalışmalarının duyarlılığını kuvvetlendirecek faktörler arasında değerlendirilmektedir.

Tez çalışmasında, güneşlenme verilerini Sapanca ilçesi için 4 farklı veri tabanı verileri kullanılarak sonuçların hassasiyeti daha da arttırılmış olacaktır. Meteoroloji,

Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) ve Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (PVGIS) güneşlilik verilerinden elde edilen değerlerin ortalaması alınarak kullanılacaktır.

4.1.1. Fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi (PVGIS)

PVGIS, güneş radyasyonu ve FotoVoltaik (PV) panellerin performansı hakkında bilgi veren bir web sitesidir. Ortak Araştırma Merkezi (EC JRC) tarafından Avrupa Birliği (AB) çatısı altında geliştirilmiştir. PVGIS’I dünyanın her yerinde farklı PV sistemlerinden ne kadar enerji alabileceğinizi hesaplamak için kullanabiliriz [46].



Şekil 4.1. Türkiye güneşlilik haritası [46].

Şekil 4.1.’de Türkiye’nin güneşlilik haritası görülmektedir. 1.400-2.000 kWh/m² aralığında küresel ışınım değerine sahip olduğu bu haritada görülmektedir [47]. Kuzey bölgelerde ışınım değerleri 1.400-1.500 kWh/m² iken Ege ve Orta Anadolu’da 1.600-1.800 kWh/m² aralığında olduğu, Güneydoğu Anadolu’da ve Akdeniz Bölgesi’nde ışınımın en üst seviyedeki 1.900 kWh/m² düzeyine ve üstüne erişmektedir. Buradan dünya geneli güneşlilik harita incelendiğinde de görüldüğü üzere ekvatora yaklaştıkça güneşlilik değerleri arttığı bilinmektedir.

Tablo 4.1. Sapanca aylık ışınlm verileri (PVGIS) [48].

Ay	Sapanca ışınlm verileri (kWh/m ² -ay)
Ocak	66
Şubat	85,5
Mart	118,2
Nisan	142,2
Mayıs	171
Haziran	188,4
Temmuz	194,4
Ağustos	189,3
Eylül	157,2
Ekim	116,7
Kasım	97,2
Aralık	63

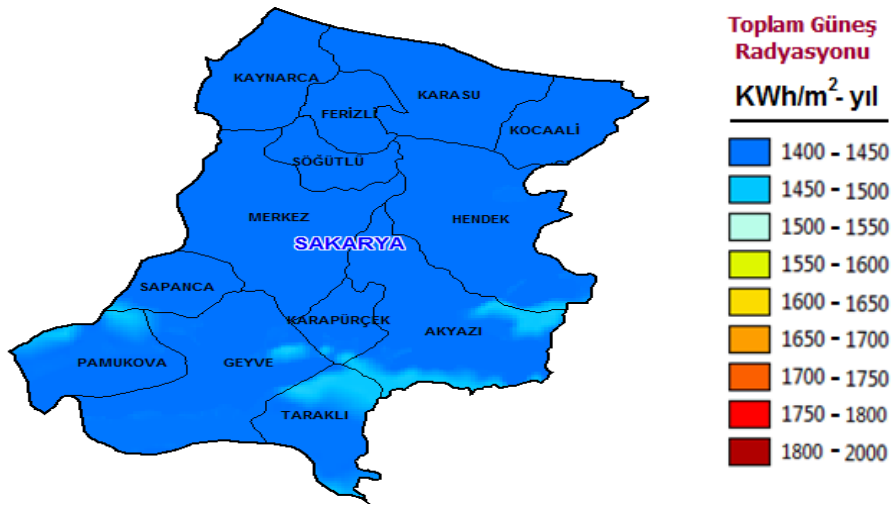
PVGIS online veri tabanına göre Sapanca ilçesinde mevcut tesiste planlanan güneş enerjisi tesisinin kurulacağı konumun global ışınlm değerleri aylara göre Tablo 4.1.'de verilmiştir. Tablodaki veriler incelendiğinde, en düşük aylık güneşlenmenin aralık ayı içerisinde gerçekleştiği en yüksek ise temmuz ayında gerçekleştiği görülmektedir. Bu PVGIS verilerine göre yıllık toplam global ışınlm değeri 1589,1 kWh/m² olduğu anlaşılmaktadır [48].

4.1.2. Güneş enerjisi potansiyeli atlası (GEPA) veri tabanı

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün alt birimi olan Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası ile ülkemizin global güneş radyasyonu verileri hazırlanmaktadır [49]. Model ölçümlemesinin yapılması ve modele temel alınacak parametrelerin hesaplanabilmesi için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) istasyon merkezlerinde 1985 – 2006 tarih aralığında ölçümü yapılan 22 senelik saatlik güneş ölçüm değerlerinden faydalanılarak hazırlanmıştır. Ülkemizin senelik ortalama güneşlenme süresi 7,49 saat ve güneş ışınlmı 4,17 kWh/m².gün olarak saptanmıştır [50].

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), ülkemizdeki senelik toplam güneş ışınlm değerlerinden hareketle oluşturulan renk aralıklarına göre renklendirilmiştir. Dijital ortamda hazırlanan atlastan ilçe ve illerin ay içindeki günlük güneşlenme süresinin toplamı, aylara göre günlük ortalama güneş ışınlm toplamı, gibi veriler elde

edilebilmektedir.



Şekil 4.2. Sapanca güneşlilik haritası (GEPA) [51].

Sapanca İlçesine ait ayrıntılı güneş ışınım haritasının GEPA’da yayınlanmış haline Şekil 4.2.’de yer verilmiştir [51]. GEPA verilerinde de görüldüğü üzere Sapanca ilçesinin yıllık güneşlilik değerlerinin 1.400–1.450 kWh/m² değer aralığında kaldığı görülmektedir.

Tablo 4.2. Sapanca aylık ışınım verileri (GEPA) [52].

Ay	Sapanca ışınım verileri (kWh/m ² -ay)
Ocak	42,9
Şubat	65,4
Mart	97,5
Nisan	132,6
Mayıs	169,2
Haziran	181,2
Temmuz	175,8
Ağustos	158,1
Eylül	125,7
Ekim	87
Kasım	51
Aralık	36,6

Işınım değerleri incelendiğinde en yüksek ışınım miktarı 181,2 kWh/m² değeriyle haziran ayında meydana gelmiştir. En düşük ışınım miktarıysa 36,6 kWh/m² ile aralık ayında meydana gelmiştir. GEPA verilerine göre yıl içerisinde toplamda 1323 kWh/m² küresel ışınım öngörüsünde bulunmaktadır [52].

4.1.3. Meteonorm veri tabanı

Meteonorm yazılımı, ölçüm merkezinden aldığı verilerin analizini yapan bir çeşit referans yazılımdır. Dünya üzerinde toplamda 8000 den fazla ölçüm merkezinden aldığı verileri analiz etmektedir. İstenilen herhangi bir koordinata ait güneşlenme süresi, güneş ışınımı, sıcaklık ve yağış miktarı gibi tasarım parametrelerinin hesabını yapmaktadır. Meteonorm yazılımı yüksek güvenilirlikte bir veri tabanı olarak kabul edildiği için güneş enerjisi projeleri planlanırken yaygın bir şekilde yararlanılmakta olan bir yazılımdır. Güneş enerjisi santrali kurulacak bölgelerde ölçüm merkezi bulunmuyorsa meteonorm yazılımı, santralin kurulması planlanan bölgeye en yakın istasyonlarından ölçülen verilerden yararlanarak interpolasyon modelleri ile hesaplamalar yapmaktadır. İnterpolasyon yöntemiyle elde edilen verilerde aylara göre belirlenmiş ışınım değerlerinde % 9 ve sıcaklık için 1,5° C duyarlılık oranı olduğu belirtilmiştir. Işınım değerleri için 1991 ve 2010 yılları arası ele alınırken sıcaklık veri değerleri içinse 2000 ve 2009 yılları arası ölçüm periyotları referans alınıp, Sakarya'daki güneş enerji santrali Meteonorm verilerine göre; Bolu (134 km), Bursa (183 km), İstanbul (153 km) uzaklıkta yer alan güneş ışınım ölçüm istasyonlarındaki değerler interpolasyon yöntemiyle hesaplanarak güneş enerjisi santrali konumundaki aylık ışınım verileri elde edilmiştir.

Tablo 4.3. Sakarya global ışınım verileri (kWh/m²-ay) (Meteonorm) [53].

Aylar	Bolu	Bursa	İstanbul	Ortalana
Ocak	42,9	43	42	42,6
Şubat	57	58	56	57
Mart	96	94	94	94,6
Nisan	133	135	132	133,3
Mayıs	172	160	172	168
Haziran	182	185	185	184
Temmuz	188	192	190	190
Ağustos	168	172	165	168,3
Eylül	126	123	125	124,6
Ekim	89	84	86	86,3
Kasım	56	62	55	57,6
Aralık	40	48	40	42,6

Tablo 4.3.'te görüldüğü gibi en fazla ışınım miktarı şehir ortalamalarına bakıldığında 190 kWh/m² değeri ile temmuz ayında saplanırken en düşük ışınım miktarıysa 42,6 kWh/m² ile ocak ayında elde edilmiştir. Meteonorm verilerine göre yıl içerisinde

toplamda 1348,9 kWh/m² global ışınım değeri interpolasyon yöntemiyle öngörülmüştür [54].

4.1.4. NASA veri tabanı

Enerji performansına ait verilerin analiz edilmesi için kullanılan en uygun programlardan birisi RetScreen Expert programıdır. Program yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği gibi fizibilite çalışmaları için gerekli duyulan enerji performanslarına ait analizleri yapmaktadır. RetScreen Exper program iklim veri tabanı olarak NASA(National Aeronautics and Space Administration- Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)' den aldığı verilerden faydalanmaktadır.Kurulması planlanan santral sahasının hesaplamalarında yüksek doğruluk için santrale en yakın ölçüm istasyonunun ışınım verileri gereklidir.Bu nedenle santral sahasına en yakın ölçüm istasyonu olan NASA Adapazarı istasyonu aylık ışınım verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.4. Sakarya ili ışınım verileri (NASA) [55].

Aylar	IŞINIM VERİLERİ (kWh/m ² -ay)
Ocak	50,1
Şubat	69,6
Mart	103,5
Nisan	130,8
Mayıs	171,3
Haziran	195
Temmuz	199,2
Ağustos	175,2
Eylül	140,4
Ekim	90,3
Kasım	57,9
Aralık	41,7

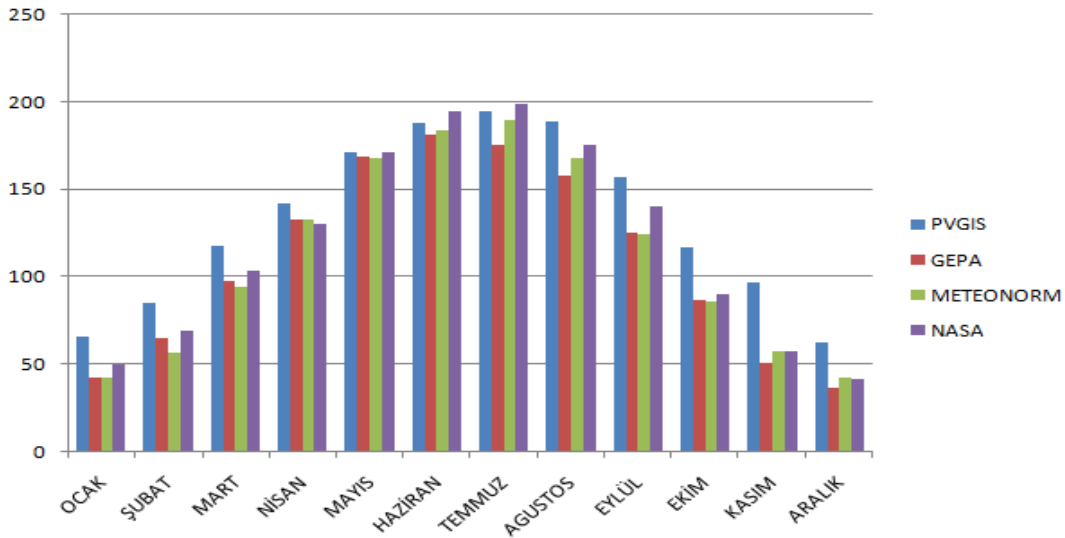
Tablo 4.4. incelendiğinde en yüksek ışınım değeri 199,2 kWh/m² değeriyle temmuz ayında, en düşük ışınım miktarıysa 41,7 kWh/m² değeriyle aralık ayında meydana gelmiştir. NASA verilerine göre yıllık olarak toplamda 1425 kWh/m² global ışınım değerine ulaşılacağı öngörülmüştür [55].

4.1.5. Veri tabanlarının kıyaslanması

Tablo 4.5. Sakarya ili için global ışınım değerlerinin 4 veri tabanına göre kıyaslanması

GLOBAL IŞINIM DEĞERLERİ (kWh/m ² -ay)					
AYLAR	PVGIS	GEPA	METEONORM	NASA	ORTALAMA
OCAK	66	42,9	42,6	50,1	50,4
ŞUBAT	85,5	65,4	57	69,6	69,4
MART	118,2	97,5	94,6	103,5	103,5
NİSAN	142,2	132,6	133,3	130,8	134,7
MAYIS	171	169,2	168	171,3	169,9
HAZİRAN	188,4	181,2	184	195	187,2
TEMMUZ	194,4	175,8	190	199,2	189,9
AĞUSTOS	189,3	158,1	168,3	175,2	172,7
EYLÜL	157,2	125,7	124,6	140,4	137
EKİM	116,7	87	86,3	90,3	95
KASIM	97,2	51	57,6	57,9	65,9
ARALIK	63	36,6	42,6	41,7	46
TOPLAM	1589,1	1323	1348,9	1425	1421,6

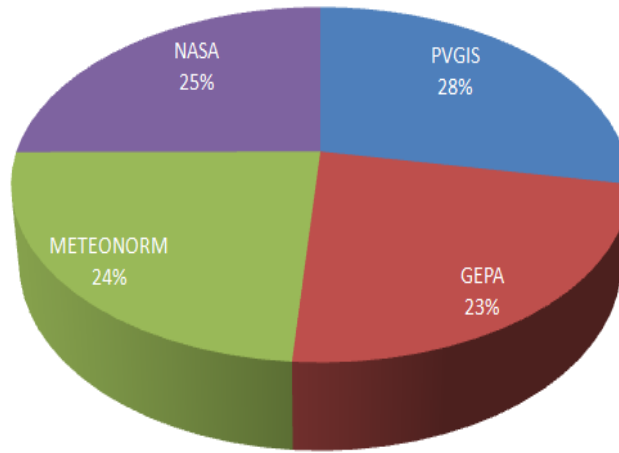
Tablo 4.5.'deki veriler incelendiğinde aylara göre küresel ışınım değerlerinin en üst düzeydeki şiddeti PVGIS hesaplamalarından 1589,1 kWh/m² ile elde edilirken, en alt düzeydeki şiddet ise GEPA 1323 kWh/m² olarak vermiştir.



Şekil 4.3. Aylık global ışınım değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.3.'de farklı veri tabanları esas alınarak elde edilen küresel ışınım değerlerinden faydalanılarak aylık global ışınım değerleri grafiği elde edilmiştir. Buna göre Şekil 4.3.'de, farklı veri tabanlarına ait veri setlerinin yıl içerisinde, aynı seyrinde ilerlediği gözlenmektedir.

GLOBAL IŞINIM DEĞERLERİ (kWh/m²-ay)



Şekil 4.4. Yıllık global ışıma değerlerinin karşılaştırılması

Farklı veri tabanları esas alındığında yıllık küresel ışıma verilerinin şiddet düzeylerine göre en düşükten en yükseğe; GEPA verileri (%23), Meteonorm verileri (%24), NASA verileri (%25) ve PVGIS verileri (%28) şeklinde bölümlendikleri Şekil 4.4.'de belirtilmiştir. Bu 4 ölçüm sistemi birbirleriyle kıyaslanmış ve aralarında yüksek bir değer farklılığı olmadığı anlaşılmıştır. Fakat bu sistemler içerisinde santral sahasındaki en yakın değerleri elde edebileceğimiz en güvenilir veriler Meteonorm sisteminden alınan verileridir. Kurulması planlanan güneş enerji santralinde Meteonorm sisteminin tercih edilmesinin nedeni sahanın ışıma verilerini sahaya yakın konumdaki birden fazla, farklı ışıma istasyonlarından elde edilen değerlerin interpolasyonunu hesaplayarak ışıma değerlerinin oluşturulmasıdır. GEPA, NASA ve PVGIS sistemleri ise santralin kurulması planlanan konuma en yakın konumdaki ışıma ölçüm istasyonunun ışıma değerlerini kullanmasıdır. Hesaplamaların yüksek doğrulukta olabilmesi için Meteonorm veri tabanından elde edilen değerler proje kapsamında kullanılacaktır.

4.2. Tesis Hakkında Genel Bilgiler

Bu tez kapsamında incelenen turizm işletmesi Sakarya İli Sapanca İlçesi sınırları içinde 16881,19 m² arazi üzerine kurulmuş, toplam yapı kullanım alanı 11595 m²

olan beş yıldızlı bir oteldir. Otelin yapı taban alanı 2132 m² dir.Yapı atrium şeklindedir.Loby ,restaurant gibi ortak kullanım alanları atrium yapı sayesinde gündüzleri günışığı ile aydınlatılmakta ,bu kısımların aydınlatması için elektrik enerjisi kullanmaya gerek kalmamaktadır.Ayrıca atrium yapının tavan camlarında ısı ve ses ızalasyonunu sağlamak için U değeri 208 W/m²K,gölgelenme katsayısı 0,68 olan 6 mm +12 mm HB+(4+0.38+4) özelliğinde lamine ısı cam kullanılmıştır.Tesisin dış cephesinde ısı yalıtımı mevcut olup oda balkon kapılarında da ısı yalıtımlı camlar kullanılmıştır.

Tesiste kullanım sıcak suyu herbiri 1000 lt kapasiteli 16 adet boylerde, doğalgazlı kalorifer kazanları ile sağlanmaktadır. Odalar ve ortak alanların ısıtma ve soğutmaları ise VRV sistemi ile sağlanmaktadır. Tesiste 2015-2017 yılları arasında gerçekleşen elektrik tüketim değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.6. Otel 2015, 2016, 2017 yılları elektrik tüketimi

<i>Aylar</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>
Ocak	252.249	280.337	283.736
Şubat	230.492	244.978	249.525
Mart	247.415	249.246	238.587
Nisan	232.970	227.263	232.698
Mayıs	243.914	242.677	238.155
Haziran	226.119	244.372	228.339
Temmuz	272.884	272.389	292.379
Ağustos	322.022	293.159	298.114
Eylül	268.152	244.598	245.753
Ekim	223.813	224.181	221.222
Kasım	218.195	227.390	233.035
Aralık	272.878	289.085	244.896
Yıllık Tüketim (kWh)	3.011.101	3.039.674	3.006.440

4.3. Tesiste Enerji Verimliliği Kapsamında Yapılan Çalışmalar

Sürekli artan enerji maliyetlerinden dolayı tüm işletmeler enerji tüketimlerini azaltmak için arayışa girmiş,günün teknolojisine de uygun olarak daha ekonomik, daha az enerji tüketen cihaz ve ekipmalara yönelik olmuştur.İncelemesi yapılan otel işletmesi 2005 yılındaki kuruluş aşamasında tesisin ısıtma ve soğutma ihtiyacını karşılamak için konvansiyonel sistem yerine VRV sistemini tercih ederek enerji tasarrufu sağlamıştır.VRV sistemi yerine konvansiyonel sistemler kullanılması

durumunda işletmenin farklı zamanlardaki doluluk oranlarında konvansiyonel sistemde tüm hacimleri ısıtmak veya soğutmak durumunda kalırken VRV sisteminde müşteri olan odalar ısıtılıp soğutulmakta boş odalarda ise herhangi bir ısıtma soğutma yapılmamaktadır. Konvansiyonel sistemlerde her kata konulacak kapatma vanası ile boş olan odalardaki israf önlenebileceken bu durumda da müşterilerin istedikleri oda türü konusunda sıkıntılar yaşanacaktır. VRV sisteminde odaların müsaitliğine göre kullanılmayan bir hacmi iklimlendirmeden de, enerji israfı yapmadan da müşterilerin istediği doğrultuda odalar tahsis edilebilmektedir. Ayrıca Chiller ile soğutma sisteminde fancoil sistemlerin ses seviyesinin yüksek olması VRV iç ünitelerinin daha sessiz olması açısından VRV sistemi tercih edilmiştir. Ayrıca konvansiyonel sistemlerin (soğutma için chiller, pompalar, boru tesisatı, fancoiller, soğutma kulesi, ısıtma için kazan, boru tesisatı, pompa) bileşenlerinden oluşur iken, VRV sistemi boru tesisatı, dış ve iç ünitelerden oluşmaktadır. Fancoil sisteminde ortamdaki ısı su ile taşınırken VRV sisteminde R410A gaz ile taşınır. R410A gazının suya göre avantajlı olduğu bilinmektedir.

Tesiste değişik kapasitelere sahip 25 adet dış ünite ve yine değişik kapasitelere sahip 225 adet iç ünitelerden oluşan hava soğutmalı VRV sistemi kullanılmakta, iç ünitelerin herbiri kumanda ile kontrol edilebilmekte ayrıca otomasyon sistemi ile de kontrol sağlanabilmektedir. VRV sisteminin dış ünite adetleri, ısıtma ve soğutma kapasiteleri, COP değerleri ve dış ünitelerin ortalama COP değerleri Tablo 4.7.'de verilmiştir. Bu cihazların katalog değerlerine göre soğutma için iç ortam sıcaklığı 27 °CDB, 19 °CWB ve dış ortam sıcaklığı 35 °CDB'dir. Isıtma için iç ortam sıcaklığı 20 °CDB ve dış ortam sıcaklığı 7 °CDB, 6 °CWB

Tablo 4.7. Dış ünitelerin ısıtma-soğutma kapasiteleri, COP değerleri ve adetleri

Adet	Soğutma kapasitesi (kW)	Isıtma kapasitesi (kW)	COP (Soğutma)	COP (Isıtma)
1	89	100	2,85	3,56
15	44,5	50	2,85	3,57
4	40	45	2,8	3,49
1	33,5	37,5	3,16	3,47
3	28	31,5	3,11	3,38
1	22,4	25	3,21	3,63
Ortalama			2,9	3,5324

Ayrıca iç ünitelerin adetleri, ısıtma ve soğutma kapasiteleri Tablo 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.8. İç ünitelerin ısıtma-soğutma kapasiteleri ve adetleri

Soğutma Kapasitesi (kW)	Isıtma Kapasitesi (kW)	Adet	Toplam Soğutma Kapasitesi (kw)	Toplam Isıtma Kapasitesi (kw)
28	31,5	7	196	220,5
9	10	19	171	190
7,1	8	22	156,2	176
5,6	6,3	7	39,2	44,1
4,5	5	2	9	10
3,6	4	1	3,6	4
2,8	3,2	9	25,2	28,8
9	10	3	27	30
7,1	8	12	85,2	96
5,6	6,3	1	5,6	6,3
5,6	6,3	3	16,8	18,9
3,6	4	16	57,6	64
3,6	4	10	36	40
2,8	3,2	8	22,4	25,6
2,2	2,5	105	231	262,5
Toplam		225	1.081,8	1.216,7

2013-2018 yılları arasında vrv sisteminin tükettiği elektrik enerjisi ay bazında kayıt altına alınmış olup Tablo 4.9.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. 2013-2018 yılları arasında VRV sisteminin tükettiği elektrik enerjisi

Aylar	2013	2014	2015	2016	2017	Ortalama Aylık Tüketim (kWh)
Ocak	29.940	20.700	34.140	38.400	43.500	33.336
Şubat	22.740	21.840	27.030	21.300	32.100	25.002
Mart	19.980	18.060	23.040	19.200	20.400	20.136
Nisan	17.730	13.050	18.240	18.000	16.800	16.764
Mayıs	29.040	20.580	23.790	21.000	20.100	22.902
Haziran	43.500	34.020	29.310	42.900	36.600	37.266
Temmuz	40.800	46.050	55.200	53.700	63.300	51.810
Ağustos	55.890	58.800	69.030	59.100	63.600	61.284
Eylül	27.030	30.990	44.130	30.900	42.600	35.130
Ekim	14.310	18.180	18.030	16.800	18.300	17.184
Kasım	13.920	15.570	13.650	17.100	21.600	16.368
Aralık	32.250	23.250	31.620	44.400	23.100	30.924
Yıllık Tüketim (kWh)	347.130	321.090	387.510	382.800	402.000	368.106

Bu tablodaki değerler 25 adet dış üniteye bağlı bir elektrik sayacı ile ölçülmüştür. İç ünitelerin tesisin farklı noktalarında olması ve hepsinin enerji tüketiminin elektrik sayacı ile ölçülmesi maliyetli olacağından aynı zamanda iç ünitelerin elektrik güçlerinin dış ünite yanında ihmal edilebilir ölçüde küçük olmasından dolayı iç ünitelerin elektrik enerjisi tüketimleri tabloda yer almamaktadır. Genel olarak turizm

tesisinin doluluk oranına göre tüketim değişmekte özellikle yaz aylarında doluluktan dolayı soğutma yükü artmakta ve buna bağlı olarak enerji tüketimi de artış göstermektedir. Aynı zamanda fancoil fan gücü ile VRV sisteminin iç ünite fan gücünün birbirine yakın olduğundan iç ünitelerin elektrik tüketimleri hesaplama dahil edilmemiştir.

Vrv ve Fancoil Sistemini Isıtma Amaçlı Karşılaştırdığımızda;

Mevcut VRV sisteminde 25 adet dış ünite için ısıtma ortalama verimi COP:3,5324 olarak hesaplanmıştır. (1 kwh elektrik enerjisi kullanıldığında VRV sisteminde 3,5324 kwh'lik ısıtma yükü elde ediliyor). Hava şartlarına bağlı olmakla beraber genellikle Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan aylarında VRV sistemi ısıtma için kullanılmaktadır. 2013-2018 yılları arasında VRV dış ünitelerinde tüketilen elektrik enerjisinin 6 aylık gerçekleşen ortalama tüketim değeri 142.530 kWh'dır.

$142.530 \text{ kWh} \times 0,38 = 54.161,4 \text{ TL}$ (6 ayda VRV ile ısıtma için harcanan bedel)

$142.530 \times 3.5324: 503.472,9 \text{ kWh}$ ısıtma yükü VRV sistemi ile karşılanmıştır.

Eğer bu ısıtma yükü doğalgazlı kalorifer kazanı ile karşılansaydı, doğalgaz ile ısıtma yapılması durumunda kazanın verimi %90 alındığında $503.472,9 \text{ kwh} / 0,90 = 559.414,3 \text{ kwh}$ ısıtma yükü elde edilmesi gerekmektedir. Doğalgazın birim fiyatının 0,08966955 TL olduğu göz önüne alınırsa;

$559.414,3 \text{ kwh} \times 0,08966955 \text{ t/kwh}: 50.162,4 \text{ TL}$ (Doğalgazla Isıtma Yapıldığında 6 Ay İçin Ödenecek Doğalgaz Bedeli)

Doğalgaz kazanı ile ısıtma yapıldığında sıcak suyun devir-daimi için sirkülasyon pompaları gerekmektedir. Bu otel işletmesi için seçilen sirkülasyon pompası 1.76 kW ikiz pompalardan 4 adet alınması durumunda pompaların 24 saat devrede olması ve 180 gün boyunca çalışması hesaba katılırsa 30.412 kW elektrik enerjisi tüketecektir. Elektrik enerjisinin birim fiyatı 0.38 kr/kWh alınırsa 11.556,5 TL

elektrik maliyeti olacaktır.

Doğalgazla 6 aylık ısıtma bedeli 50.162,4 TL +11.556,5 TL =67.718,9 TL (doğalgazla ısıtma yapıldığında 6 ay için ödenecek enerji bedeli) olarak hesaplanmıştır.

VRV sistemi ve fancoil sistemi ısıtma durumunda aradaki oluşacak fark;

Enerji Maliyeti Farkı = 67.718,9 TL - 54.161,4 TL = 13.557,5 TL (Isıtmada VRV Sistemi Kazancı)

5 yıl süresi içerisinde VRV sistemi kullanılması ile 67.787,5 TL'lik tasarruf sağlanmıştır.6 aylık periyotta vrv sisteminin kullanılması ile %20 lik bir enerji giderinde düşüş gözlemlenmiştir.

Vrv ve Fancoil Sistemini Soğutma Amaçlı Karşılaştırdığımızda;

Mevcut VRV sisteminde 25 adet dış ünite için soğutma ortalama verimi COP: 2,9 olarak hesaplanmıştır. (1 kwh elektrik enerjisi kullanıldığında VRV sisteminde 2,9 kwh'lik ısıtma yükü elde ediliyor). Hava şartlarına bağlı olmakla beraber genellikle Mayıs+Haziran+Temmuz+Ağustos+Eylül+Ekim aylarında VRV sistemi soğutma için kullanılmaktadır. 2013-2018 yılları arasında. VRV dış ünitelerinde tüketilen elektrik enerjisinin 6 aylık gerçekleşen ortalama tüketim değeri 225.576 kWh'dır.

$225.576 \text{ kWh} \times 0,38 = 85.718,8 \text{ TL}$ (6 ayda VRV ile soğutma için harcanan bedel)

$225.576 \times 2,9: 654.170,4 \text{ kWh}$ soğutma yükü VRV sistemi ile karşılanmıştır.

Eğer bu soğutma yükü chiller ile karşılansaydı hava soğutmalı Chiller ile soğutma yapılması durumunda Hava soğutmalı Chiller'in COP değeri 2,5-2,9 aralığında olduğu bilinmektedir. Burada COP değeri 2,62 olarak alınmıştır.

Chiller ile soğutma yapılması durumunda elektrik sarfiyatı;

$654.170,4 \text{ kWh} / 2.62 = 249.683,3 \text{ kwh}$ soğutma için harcanacak elektrik enerjidir.

Bu elektrik enerjisinin bedeli ise; $249.683,3 \text{ kWh} \times 0,38 \text{ TL/kWh} = 94.879,6 \text{ TL}$ (Hava soğutmalı Chiller ile soğutma yapılması durumunda 6 Ay İçin Ödenecek Elektrik enerjisi Bedeli).

Hava soğutmalı Chiller ile soğutma yapıldığında soğutulan suyun devir-daimi için sirkülasyon pompaları gerekmektedir. Bu otel işletmesi için seçilen sirkülasyon pompası 2,2 kW ikiz pompalardan 4 adet alınması durumunda pompaların 24 saat devrede olması ve 180 gün boyunca çalışması hesaba katılırsa 38.016 kW elektrik enerjisi tüketecektir. Elektrik enerjisinin birim fiyatı 0.38 kr/kWh alınırsa 14446 TL elektrik maliyeti olacaktır.

Chiller ile 6 aylık soğutma bedeli $94.879,6 \text{ TL} + 14.446 \text{ TL} = 109.325,6 \text{ TL}$ olarak hesaplanmıştır.

VRV sistemi ve chiller sistemi soğutma durumunda aradaki oluşacak fark;

Enerji Maliyeti Farkı = $109.325,6 \text{ TL} - 85.718,8 \text{ TL} = 23.606,8 \text{ TL}$ (Soğutmada VRV Sistemi Kazancı)

5 yıl süresi içerisinde VRV sistemi kullanılması ile 118.034 TL'lik tasarruf sağlanmıştır. 6 aylık periyotta vrv sisteminin kullanılması ile %21,5 lik bir enerji giderinde düşüş gözlemlenmiştir. Vrv sisteminin enerji tüketimi tesisin doluluk oranı ve hava şartlarına bağlı değişkenlik göstermekle beraber, tesisin tamamının enerji tüketiminin yaklaşık %20 sini oluşturmaktadır.

Tesiste bulunan aydınlatmaların kurulu gücü yaklaşık 163 kwh civarındadır. Akkor flamanlı lambalar yerine tasarruflu ampuller kullanılarak, mekanik balans yerine elektronik balans kullanılarak, halogen ampuller yerine de led ampuller kullanılarak aydınlatmaya harcanan enerji giderlerinde tasarruf sağlanmıştır. Ortak kullanım alanlarındaki aydınlatmalarda harekete duyarlı sensör kullanılarak gerekmediğinde de enerji tüketmesinin önüne geçilmiştir. Aynı zamanda tesiste kullanılan motorlarda kademe ayarlı ve frekans kontrollü motorlar tercih edilerek enerji verimliliği

gözetilmiştir.

4.4. Santral Sahasının Özellikleri

Güneş enerji tesisinin kurulacağı proje alanı büyüklüğü 2100 m² olup tercih edilen alan güneş ışınını oldukça iyi alan bölgelerden bir tanesidir ve arazi ortalama eğimi ise % 6.15 alınmıştır.

4.5. PV*SOL Analiz Programı

Güneş enerji tesisinin senelik enerji üretiminin, bir güneş enerjisi santraline ait ekonomik analizin en mühim parçalarından olduğu değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, senelik enerji üretimine yönelik olarak yapılan çalışmalarda duyarlılığın mümkün mertebede artırılması için finans kuruluşları tarafından hesaplama sonuçlarının kredilendirildiği ve dünya çapında çok geniş bir kullanım ağına sahip olan PV*SOL yazılımından yararlanılacaktır. PV*SOL programı meteorolojiye ait veriler için finans kuruluşlarınca da uygun bulunan ve tez kapsamı altında bölgedeki ölçüm merkezine en yakın verilerin sağlandığı Meteonorm programı ile temin edilen veriler kullanılmaktadır. Valentin Software dinamik yazılım programı, PV*SOL aracılığıyla depolama sistemleri ve öz tüketimi de hesaba katarak doğru ölçüm yapabilir. Güneş enerji santralinin çevresinde gölgelenme yapan unsurların santrale tesiri entegre yapılır ise santral verimliliği için daha iyi bir netice alınabilir. Saha uygulamalarının üç boyutlu olarak ve en fazla 5000 adet güneş enerji paneliyle gölgelendirme oluşturulup oluşan gölge etkisini hesaplayarak 3 boyutlu sistemlerde enerji analizleri yapılabilmektedir. Bu şekilde gölgelenmenin etkileri ve ayrıntılarını tek bir panel üzerinde değerlendirebildiği için sistemin verimliliği ve optimizasyonunun analizi doğru bir şekilde yapabilir [56].

4.5.1. PV*SOL analiz programının özellikleri

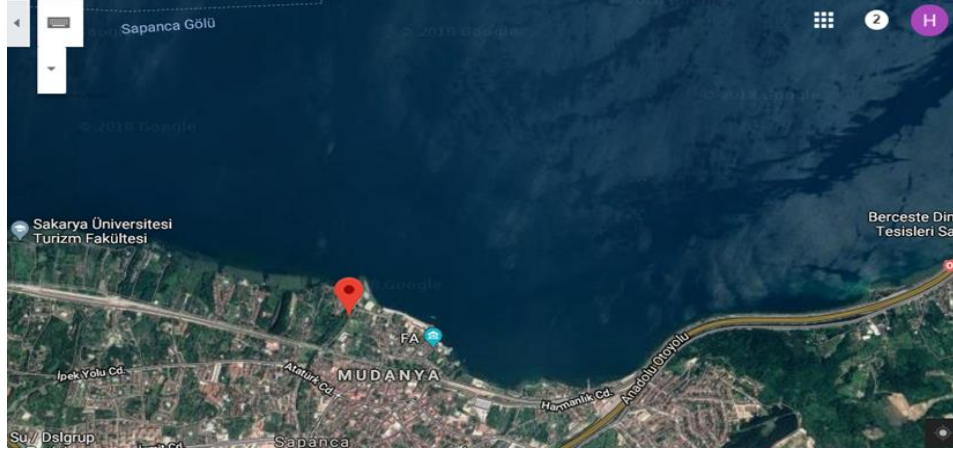
MeteoSyn İklim veritabanının, Dünya üzerinde meteonorm 7.0 değerleri alanında 1986 ve 2005 yılları arasında sunulan 8.000'den çok iklimsel veri bulundurmaktadır.

İklim verileri harita üzerinden rahatlıkla anlaşılabilir. Bunun yanı sıra yeni iklim verilerini, ölçümlerini kaydederek ya da veri tabanında bulunan hâli hazırdaki verileri interpolasyon yöntemiyle hesaplayarak yeni veriler elde edebilir.

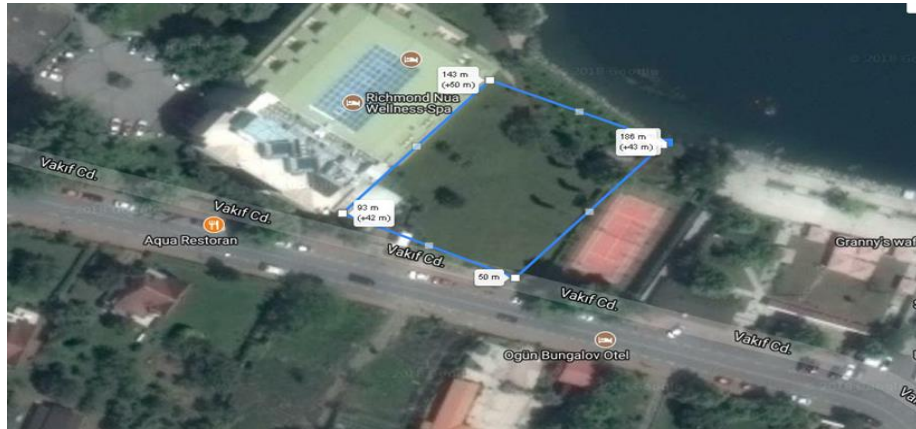
Geniş tabanlı paneller ve eviriciler veri tabanında 13.000 panel bulunmakta ve 3.100 evirici bilgileri bulunmakta ve bu bilgilerin bulunduğu veri tabanı kendisini otomatik olarak güncel duruma getirebilmektedir. Üreticiler veri tabanında bulunan kayıtları güncelleştirebilmektedir. Neticeye varmayı hızlandırmak amacıyla favori listesi oluşturmak mümkündür [56]. PV*SOL analiz programı sonuç özeti, simülasyon sonuçlarını ve tabloları sunmaktadır.

BÖLÜM 5. HESAPLAMALAR VE FİZİBİLİTE DEĞERLERİ

Bu bölümde ilgili otel için kurulması öngörülen fotovoltaik sistemlerle elektrik üretim tesisinin detayları ve yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen fizibilite çalışmalarının detayları verilmiştir.



Şekil 5.1.Sistemin kurulacağı yer

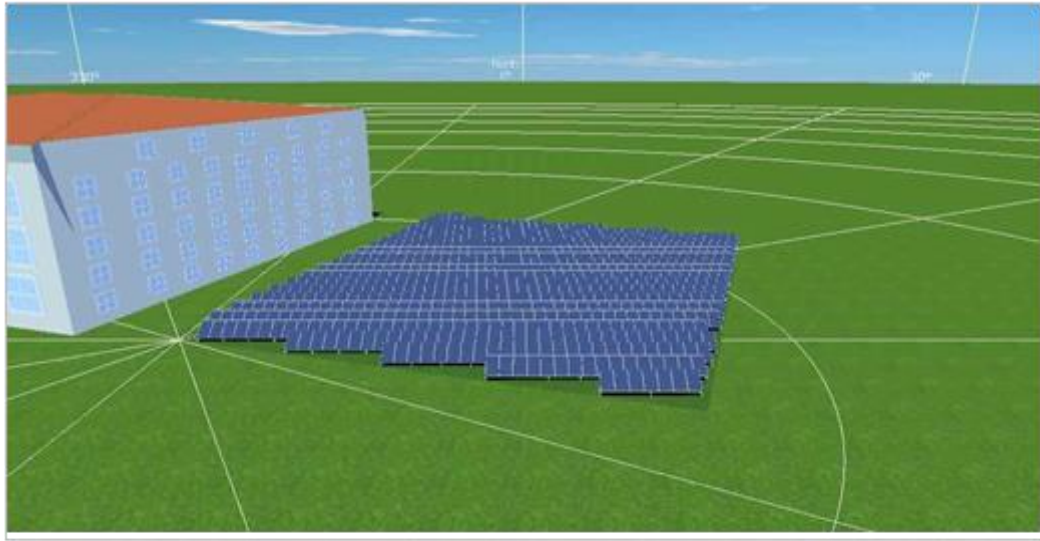


Şekil 5.2. Proje alanı

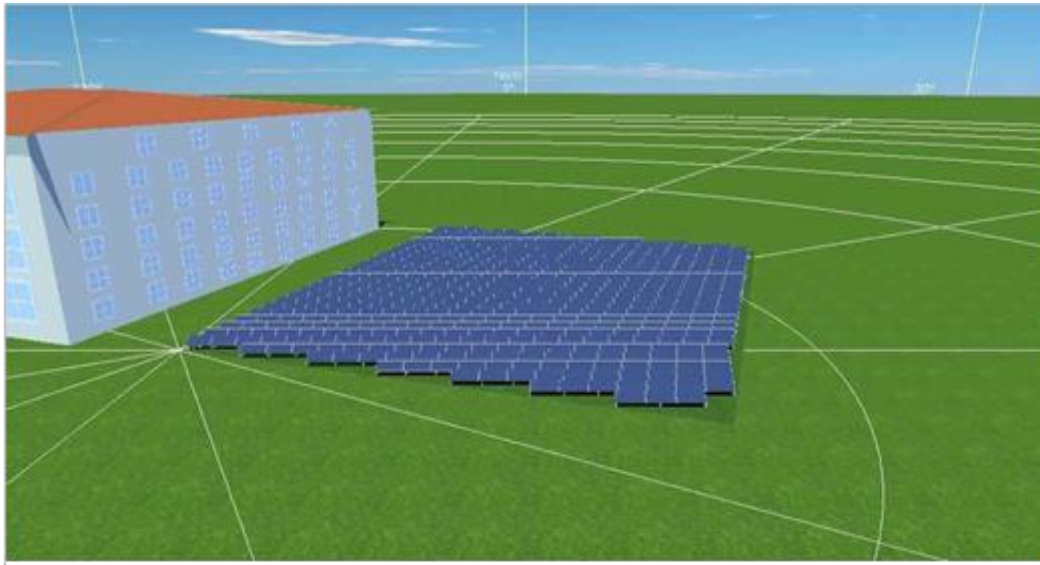
Proje uygulama alanı Sakarya ili Sapanca ilçesinde seçilmiş olup kırmızı balon ile gösterilmiştir. Bina atrium yapıda olduğu için bina üzerinde veya çatısında herhangi

bir uygulama yapılamamaktadır. Bu nedenle otel binası önünde kullanılmayan zeminde uygulama yapılması planlanmıştır. Alanın hemen önünde Sapanca gölü olduğundan gölgelenme yapacak bir yapı bulunmamaktadır.

Proje alanında fotovoltaik ünitelerin dikey ve yatay yerleşimi sonucunda fizibilite değerleri farklılık göstermektedir. Bu nedenle Şekil 5.3. ve 5.4.'de görüldüğü üzere yatay ve dikey olarak üniteler yerleştirilmiş ve iki ayrı fizibilite çalışması yapılmıştır.



Şekil 5.3. Dikey yerleşim proje alan detayı



Şekil 5.4. Yatay yerleşim proje alan detayı

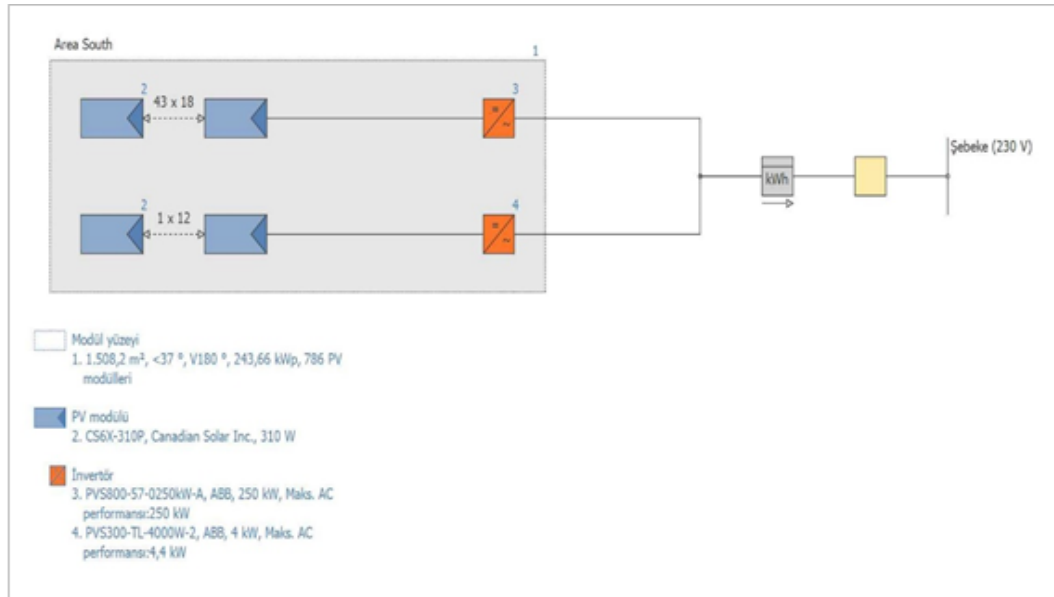
5.1. Kabuller ve Hesaplamalar

5.1.1. Panellerin dikey yerleşim hesaplamaları

Dikey yerleşim hesaplamaları için aşağıdaki veriler kullanılmıştır:

3D, Şebekeye bağlı PV sistemi - Tam besleme

İklim bilgileri	Sapanca (1986 - 2005)
PV jeneratör performansı	243,66 kWp
PV jeneratör yüzeyi	1.508,2 m ²
PV modülleri sayısı	786
İnvertör sayısı	2



Şekil 5.5. Panellerin dikey yerleşimi ile elektrik enerjisi üretim şeması.

Sistemin genel bilgileri;

PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi)	194.718 kWh
Kaçınılan CO emisyonu	116.657 kg/yıl
İklim Bilgileri	Sapanca
Sistem türü	3D, Şebekeye bağlı PV sistemi -Tam

besleme

Pv Jeneratör Modül Yüzeyi

PV modülleri	786 x CS6X-310P
Üretici	Canadian Solar Inc.
Eğim	37 °
Oryantasyon	Güney (180 °)
Montaj durumu	yükseltilmiş boş alan
PV jeneratör yüzeyi	1.508,2 m ²

Her bir komponente ait teknik detaylar aşağıda sunulmuştur:

İnvertör:

Modül yüzeyi	Area South
İnvertör 1	1 x PVS800-57-0250kW-A
Üretici:	ABB
Ara bağlantı	MPP 1: 43 x 18
İnvertör 2	1 x PVS300-TL-4000W-2
Üretici:	ABB
Ara bağlantı	MPP 1: 1 x 12
AC şebekesi	
Fazların sayısı	3
Şebeke gerilimi (tek fazlı)	230 V
Güç faktörü (cos phi)	+/- 1
PV sistemi:	
PV jeneratör performansı	243,7 kWp
Sistem kullanım oranı (PR)	59,6 %
Şebeke besleme ilk yıl içinde	194.718 kWh/yıl
CO emisyonu iyileşmesi	116.657 kg/yıl

Tablo 5.1. Panellerin dikey yerleşiminde oluşan enerji bilançosu

	Değişken	Birim	Kayıp
1	Toplam yatay ışın	1.274,7	kWh/m ² %
2	Belirli ışınımların sapma oranı	-12,75	kWh/m ² 1,00
3	Panel düzeyinin yönü eğiminin oranı	77,58	kWh/m ² 6,15
4	Azimut açısı	0,00	kWh/m ² 0,00
5	Panel üzerinden yansıma oranı	-58,55	kWh/m ² 4,37
6	Modül üzerine toplam ışın	1.281,0	kWh/m ²
7	x modül yüzey alanı	1.508,2	m ²
8	PV toplam ışın	1.932.000,7	kWh
9	Kirlilik oranı	0,00	kWh 0,00
10	Panel verimliliği oranı	-1.619.743,64	kWh 83,84
11	PV nominal enerji	312.257,0	kWh
12	Panelin gölgelenme oranı	-29.792,77	kWh 9,54
13	Panelin düşük ışık davranış oranı	-50.761,94	kWh 17,97
14	Panelin nominal sıcaklık sapma oranı	-9.480,29	kWh 4,09
15	Panel diyot kayıp oranı	-167,18	kWh 0,08
16	Panel uyumsuzluk oranı (üretici bilgileri)	-4.441,10	kWh 2,0
17	Panel ara bağlantı ,gölgeleme	-8.978,93	kWh 4,13
18	Evirici olmadan PV enerji (DC)	208.634,8	kWh
19	MPP gerilim alanı sebebiyle düzenleme	-102,09	kWh 0,05
20	Maks.Ac performans/cospi düzenlemesi	-1,06	kWh 0,00
21	MPP adaptasyon kayıp oranı	-306,56	kWh 0,15
22	PV enerji (DC)	208.225,1	kWh
23	Giriş evirici enerjisi	208.225,1	kWh
24	Giriş ve nominal gerilim arasındaki sapma oranı	-1.590,70	kWh 0,76
25	DC/AC dönüşümü oranı	-7.942,58	kWh 3,84
26	Stand-by tüketimi oranı	-290,09	kWh 0,15
27	Kablo kayıp oranları	-3.968,03	kWh 2,0
28	Stand-by kullanımı hariç PV enerji (AC)	194.433,7	kWh
29	Şebeke besleme (AC)	194.718	kWh

Tabloda kullanılan parametreler aşağıda açıklamaları bulunmaktadır.

1. Toplam yatay ışınım: Yatay düzlemde oluşan küresel ışınımların toplamıdır.
2. Belirli ışınımdan sapma oranı: Fotovoltaik ya da güneş ölçümlerinde her defasında standart spektrum varsayılır. Güneş panellerinde oluşan gerçek ışınım spektrumunun elverişinin daha düşük olabileceği için, oluşan sapmalar ışınım performans değerinden otomatikman çıkartılır.
3. Panel düzeyinin yönü ve eğiminin oranı: Bölgenin arazisine ve panelin yönüne bağlı olarak küresel ışınların verimini ayarlamaya yaramaktadır.
4. Azimut açısı: Panelleri ufuk çizgisine hareket ettiren kısımdır.
5. Panel üzerinden yansıma oranı: Güneşten gelen ışınların bir kısmının enerjiye dönüşmeden panel üzerinden yansıması olayıdır. Yansıma

değerini belirten parametredir.

6. Modül üzerindeki toplam ışın: Paneldeki hücrelere gelen toplam ışınım miktarıdır.
7. Modül yüzey alanları: Panelin yerleştirilme şekline göre yüzey alanını ifade eden parametredir.
8. PV toplam ışın: Panel yüzey alanı ile yatay gelen ışınların çarpımı ile bulunmaktadır.
9. Kirlilik oranı: Gün içerisinde panellerin tozlanmasıyla oluşan verim kaybıdır.
10. Panel verimliliği oranı: Panel nominal etkinlik oranı ile ilişkilidir.
11. PV Nominal Enerji: PV ışın değerinin panelin verim oranı ile çarpılmasıyla oluşmaktadır.
12. Panelin gölgelenme oranı: Gölge oluşmasıyla panele ulaşamayan ışınım oranıdır.
13. Panelin düşük ışık davranış oranı: Güneşten gelen ışığın zamanla değişmesi panelin verimliliğini etkilemektedir. Bu sebeple enerji kaybı oluşur. Kayıplar sonrası üretilen enerji kaybıdır.
14. Panelin nominal sıcaklık sapma oranı: Panellerin verimliliği sıcaklığına bağlıdır. Yüksek sıcaklıklarda kayıplar daha yüksek olmaktadır. Soğuk bölgelerde ise kazanımlara neden olmaktadır.
15. Panel diyot kayıp oranı: Panelleri bağlayan diyotlardaki elektrik kayıplarının oranıdır.
16. Panel uyumsuzluk oranı (üretici bilgileri): Panellerin nominal enerji değerine ne kadar uyumsuz olduğunu belirten parametredir.
17. Panel ara bağlantı, gölgeme: Ara bağlantı ve gölgelemeden dolayı oluşan kayıplardır.
18. Evirici düzenleyici olmadan PV enerjisi (DC): En iyi şekilde yapılandırılmış MPP izleyiciler ve çeviriciler ile elde edilebilecek DC güneş enerjisidir.
19. MPP gerilim alanı sebebiyle düzenleme: İnverterin panelin maksimum güç noktasına denk gelen çalışma gerilimine ayarlanırken oluşan kayıptır.
20. Maks.Ac performans/Cospi düzenlemesi: Cospi düzenlemesi esnasında

oluşan kayıplardır.

21. MPP adaptasyon oranı: MPP izcileri, MPP'yi arayabilecekleri bir giriş voltajı aralığına sahiptir. PV alanının gerçek MPP'si bu aralığın dışında kalırsa, optimal olmayan bir MPP bulunur ve bu durumda enerji maksimumda çalışamaz ve salınımlar yaparbu nedenle enerji kayıpları olur.
22. PV enerji (DC): Üretilmiş olan DC akımdaki enerjidir.
23. Giriş evirici enerjisi: Ürettiğimiz enerjiyi sisteme aktarabilmek için DC akımını AC akımına çeviren kısımdır.
24. Giriş ve nominal gerilim arasındaki sapma oranı: DC giriş voltajını eviriciye geldiğinde salınım hareketi yapması, dönüşüm etkisindeki azalma oranıdır.
25. DC/AC dönüşümü oranı: DC geriliminin AC voltaja dönüştürülmesiyle oluşan kayıp oranıdır.
26. Stand-by tüketimi oranı: Enerji yüklemesi olmadığında eviricinin şebekeden aldığı enerji değeridir.
27. Kablo kayıp oranları: PV sistemindeki AC ve DC kablolarında oluşan kayıplar, enerji kayıplarına sebebiyet vermektedir. Kabloların boyutlandırıldığı safha, PV sisteminin tasarımındaki önemli safhalarından biridir. Birbirlerine paralel ve seri bağlanmış olan PV paneller, eviriciye DC kablolar aracılığıyla bağlanmak durumundadır. İletken boyunca oluşacak gerilim düşümü ve iletken akım taşıma kapasitesi, iletkenin boyutunun belirlenmesini etkileyen faktörlerdir. AC ve DC tarafında %1-4,5 arası gerilim düşümleri kabul edilebilir sınırlar dâhilindedir.
28. Stand-by kullanımı hariç Pv enerji (AC): Panellerin standb-by hariç ürettiği enerjidir.
29. Şebeke besleme: Net enerji kazanımı sonunda şebeke sistemine verilen enerji miktarıdır.

Tablo 5.1.'de dikey yerleştirilmiş panellerin enerji bilançosu ayrıntılı olarak belirtilmektedir. PV*SOL programı yardımı ile yapılan analizlere göre; İlk aşama olarak paneldeki toplam ışın miktarının hesaplanması gerekmektedir. Yatay

ışınımdan standart ışınlm sapma oranı (%1) çıkarılmalıdır. Hesaplanmış olan yatay ışınlm değerine panel düzeyinin oryantasyon ve eğim oranı (%6,15) eklenmektedir. Kurulan sistemde azimut açısı %0 olarak kabul edilmiştir. Panel yüzeyindeki yansımanın oranında (%4,37) çıkarılması gerekmektedir. Böylelikle paneldeki toplam ışınlm 1.281 kWh/m² olarak bulunmaktadır.

Projedeki kurulacak sisteme gelen toplam ışın miktarı projedeki panellerin yüzey alanlarının çarpımı ile 1.932.000,7 kWh olarak bulunur. Sistemdeki kirlilik oranı ihmal edilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda güneş panellerinin verimliliği (% 16,1623) ile çarpılarak sistem nominal enerjisi 312.257 kWh olarak bulunmaktadır.

Projedeki panel kayıpları şu şekildedir;

Gölgelenme oranı (%9,54)

ışık davranış oranı (%17,97)

sıcaklık sapma oranı (% 4,09)

diyot kayıp oranı (% 0,08)

uyumsuzluk oranı (%2)

panel ara bağlantı, gölgeleme (%4,13)

çıkartılarak evirici olmadan sistem enerjisi 208.634,8 kWh elde edilir. Hesaplanmış olan değer MPP adaptasyonundaki kayıp oranı (% 0,15) çıkarılarak sistemdeki enerji (DC) 208.225,1 kWh olarak bulunmaktadır.

Projedeki evirici kayıpları sırası;

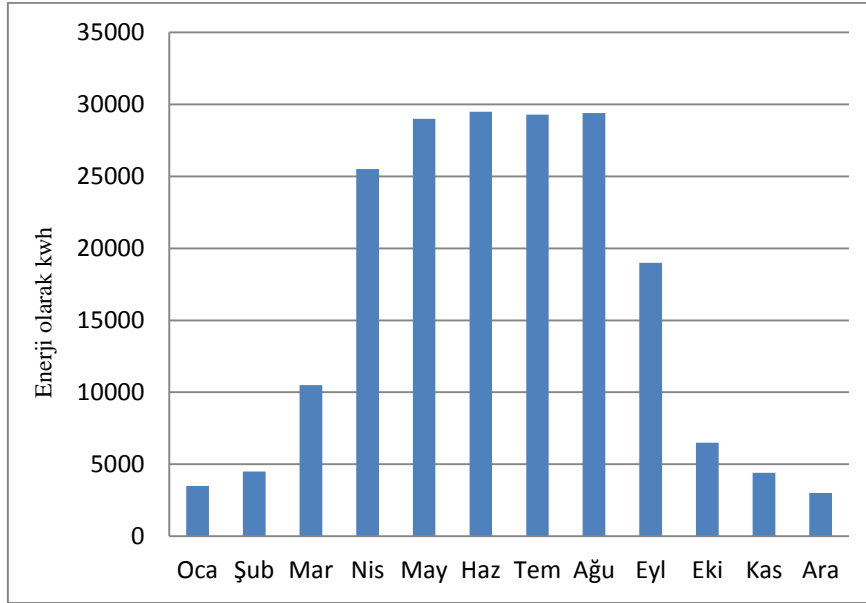
Giriş ve nominal gerilim arasındaki sapma oranı (%0,76)

DC/AC dönüşüm oranı (%3,84)

Stand-by tüketimi oranı (% 0,15)

Kablo kayıp oranı (% 2,0)

çıkartılarak sistem enerjisi (AC) 194.718 kWh olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 5.6. Paneller dikey yerleştirildiğinde 1. yılda aylara göre üretilen enerji miktarı

Kurulacak sistemin teknik özellikleri Tablo 5.2.'de özetlenmiştir.

Tablo 5.2. Panelleri dikey yerleştirilerek kurulacak sistemin teknik özellikleri

PV Modülü CS6X-310P Elektrik Verileri	
Hücre tip	Si polycrystalline
Hücre sayısı	72
Bypass diyotların sayısı	3
PV Modülü CS6X-310P Mekanik Bilgileri	
Genişlik	982 mm
Yükseklik	1954 mm
Derinlik	40 mm
Çerçeve genişliği	35 mm
Ağırlık	23 kg
Çerçevesi	Hayır
PV Modülü CS6X-310P STC'de Bulunan U/I Parametreleri	
MPP içinde gerilim	36,4 V
MPP içinde akım	8,52 A
Nominal performans	310 W
Boşta çalışma gerilimi	44,9 V
Kısa devre akımı	9,08 A
PV Modülü CS6X-310P U/I Kısmi Ağırlık Değerleri	
Işın	250 W/m ²
kısmi yükte MPP içinde gerilim	36,3 V
Kısmi yükte MPP içinde akım	2,1 A
Kısmi yükte boşta çalışma gerilimi	42,5 V
Kısmi yükte kısa devre	2,27 A

Tablo 5.2. (Devamı)

PV Modülü CS6X-310P Diğer Özellikleri	
Gerilim kat sayısı	-159 mV/K
Akım katsayısı	5,9 mA/K
Performans katsayısı	-0,43 %/K
Açı düzeltme faktörü	95 %
Maks. sistem gerilimi	1000 V
Özel ısı kapasitesi	920 J/(kg*K)
Absorbsiyon katsayısı	70 %
Emisyon katsayısı	85 %
İnvertör PVS800-57-0250kW-A Elektrik Verileri	
DC nominal performans	250 kW
AC nominal güç	250 kW
Maks. DC performansı	300 kW
Maks. AC performansı	250 kW
Stand-by tüketimi	60 W
Gece tüketimi	60 W
Yapılan besleme ve başlangıcı	2000 W
Maks. giriş akımı	600 A
Maks. giriş gerilimi	1000 V
DC nominal gerilim	450 V
Besleme süreçlerinin sayısı	3
DC giriş sayısı	4
İnvertör PVS800-57-0250kW-A MPP İzleyici	
MPP İzleyici başına maks. giriş akımı	600 A
MPP İzleyici başına maks. giriş gerilimi	300 kW
Min. MPP Gerilimi	450 V
Maks. MPP Gerilimi	825 V
İnvertör PVS300-TL-4000W-2 Elektrik Verileri	
DC nominal performans	4,2 kW
AC nominal güç	4 kW
Maks. DC performansı	4,5 kW
Maks. AC performansı	4,4 kW
Stand-by tüketimi	12 W
Gece tüketimi	1 W
Yapılan besleme ve başlangıcı	20 W
Maks. giriş akımı	12,7 A
Maks. giriş gerilimi	900 V
DC nominal gerilim	335 V
Besleme süreçlerinin sayısı	1
DC giriş sayısı	4
İnvertör PVS300-TL-4000W-2 MPP İzleyici	
MPP İzleyici başına maks. giriş akımı	12,7 A
MPP İzleyici başına maks. giriş gerilimi	4,5 kW
Min. MPP Gerilimi	335 V
Maks. MPP Gerilimi	800 V

5.1.2. Panellerin yatay yerleşim hesaplamaları

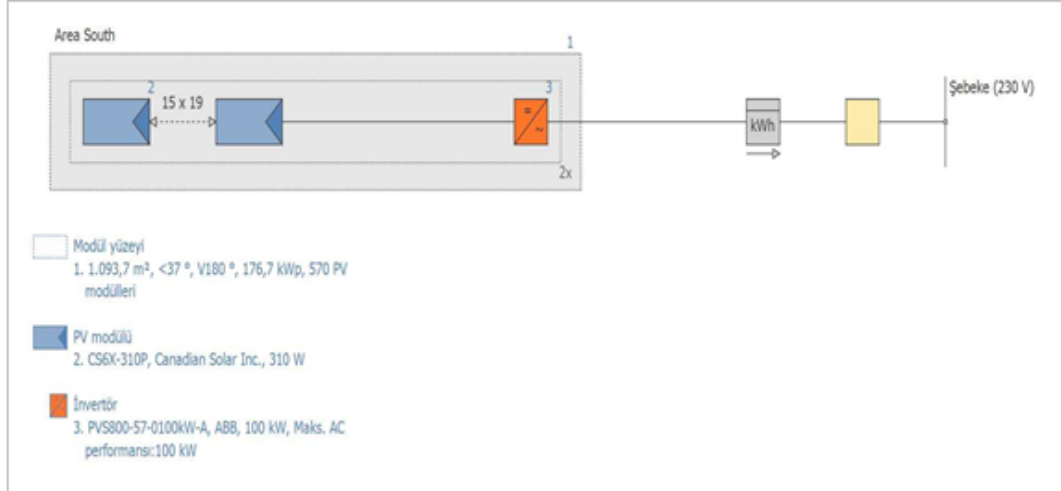
Yatay yerleşim hesaplamaları için aşağıdaki veriler kullanılmıştır:

3D, Şebekeye bağlı PV sistemi - Tam besleme

İklim bilgileri

Sapanca (1986 - 2005)

PV jeneratör performansı	176,7 kWp
PV jeneratör yüzeyi	1.093,7 m ²
PV modülleri sayısı	570
İnvertör sayısı	2



Şekil 5.7. Panellerin yatay yerleşimi ile elektrik enerjisi üretim şeması

Sistemin kurulumu;

İklim Bilgileri	Sapanca
Sistem türü	3D, Şebekeye bağlı PV sistemi -Tam besleme
Pv Jeneratör Modül Yüzeyi	
PV modülleri	570 x CS6X-310P
Üretici	Canadian Solar Inc.
Eğim	37 °
Oryantasyon	Güney (180 °)
Montaj durumu	yükseltilmiş boş alan
PV jeneratör yüzeyi	1.093,7 m ²
Her bir komponente ait teknik detaylar aşağıda sunulmuştur:	

İnvertör:

Modül yüzeyi Area South

İnvertör 1	2 x PVS800-57-0100kW-A
Üretici	ABB
Ara bağlantı	MPP 1: 15 x 19
AC şebekesi	
Fazların sayısı	3
Şebeke gerilimi (tek fazlı)	230 V
Güç faktörü (cos phi)	+/- 1

PV sistemi:

PV jeneratör performansı	176,7 kWp
Sistem kullanım oranı (PR)	73,9 %
Şebeke besleme ilk yıl içinde	174.944 kWh/yıl
CO emisyonu iyileşmesi	104.664 kg/yıl

Tablo 5.3.Panellerin yatay yerleşiminde oluşan enerji bilançosu

	Değişken	Birim	Kayıp
1 Toplam yatay ışın	1.274,7	kWh/m ²	%
2 Belirli ışınların sapma oranı	-12,75	kWh/m ²	1,00
3 Panel düzeyinin yönü ve eğiminin oranı	77,58	kWh/m ²	6,15
4 Azimut açışı	0,00	kWh/m ²	0,00
5 Panel üzerinden yansıma oranı	-58,55	kWh/m ²	4,37
6 Modül üzerine toplam ışın	1.281,0	kWh/m ²	
7 x modül yüzey alanı	1.093,73	m ²	
8 PV toplam ışın	1.401.069,2	kWh	
9 Kirlilik oranı	0,00	kWh	0,00
10 Panel verimliliği oranı	-1.174.623,25	kWh	83,84
11 PV nominal enerji	226.445,9	kWh	
12 Panelin gölgelenme oranı	-12.623,29	kWh	5,57
13 Panelin düşük ışık davranış oranı	-8.849,88	kWh	4,14
14 Panelin nominal sıcaklık sapma oranı	-7.369,15	kWh	3,60
15 Panel diyot kayıp oranı	-608,66	kWh	0,31
17 Panel uyumsuzluk oranı (üretici bilgileri)	-3.939,90	kWh	2,0
18 Panel ara bağlantı ,gölgeleme	-3.939,43	kWh	2,04
19 Evirici olmadan PV enerji (DC)	189.115,6	kWh	
20 MPP gerilim alanı sebebiyle düzenleme	-1.025,47	kWh	0,54
21 Maks.Ac performans/cospi düzenlemesi	0,00	kWh	0,00
21 MPP adaptasyon kayıp oranı	-3.247,46	kWh	0,13
22 PV enerji (DC)	187.842,7	kWh	
23 Giriş evirici enerjisi	187.842,7	kWh	
24 Giriş ve nominal gerilim arasındaki sapma oranı	-1.924,88	kWh	1,02
25 DC/AC dönüşümü oranı	-7.403,14	kWh	3,98
26 Stand-by tüketimi oranı	-504,35	kWh	0,28
27 Kablo kayıp oranı	-3.560,21	kWh	2,0
28 Stand-by kullanımı hariç PV enerji (AC)	174.450,1	kWh	
29 Şebeke besleme (AC)	174.944	kWh	

Tablo 5.3.'de yatay yerleştirilmiş panellerin enerji bilançosu ayrıntılı olarak belirtilmektedir. PV*SOL programı yardımı ile yapılan analizlere göre; İlk aşama olarak paneldeki toplam ışın miktarının hesaplanması gerekmektedir. Yatay ışıınımdan standart ışıını sapma oranı (%1) çıkarılmalıdır. Hesaplanmış olan yatay ışıını değeri panel düzeyinin oryantasyon ve eğilim oranı (%6,15) eklenmektedir. Kurulan sistemde azimut açısı %0 olarak kabul edilmiştir. Panel yüzeyindeki yansımanın oranında (%4,37) çıkarılması gerekmektedir. Böylelikle paneldeki toplam ışıını 1.281 kWh/m² olarak bulunmaktadır.

Projedeki kurulacak sisteme gelen toplam ışın miktarı projedeki panellerin yüzey alanlarının çarpımı ile 1.401.069,2 kWh olarak bulunur. Sistemdeki kirlilik oranı ihmal edilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda güneş panellerinin verimliliği (% 16,1623) ile çarpılarak sistem nominal enerjisi 226.445,9 kWh olarak bulunmuştur.

Projedeki panel kayıpları şu şekildedir;

Gölgeleme oranı (%5,57)

ışık davranış oranı (%4,14)

sıcaklık sapma oranı (% 3,6)

diyot kayıp oranı (% 0,31)

uyumsuzluk oranı (%2)

panel ara bağlantı, gölgeleme (%2,04)

çıkartılarak evirici olmadan sistem enerjisi 189.115,6 kWh elde edilir. Hesaplanmış olan değeri MPP adaptasyonundaki kayıp oranı (% 0,13) çıkarılarak sistemdeki enerji (DC) 187.842,7 kWh olarak bulunmaktadır.

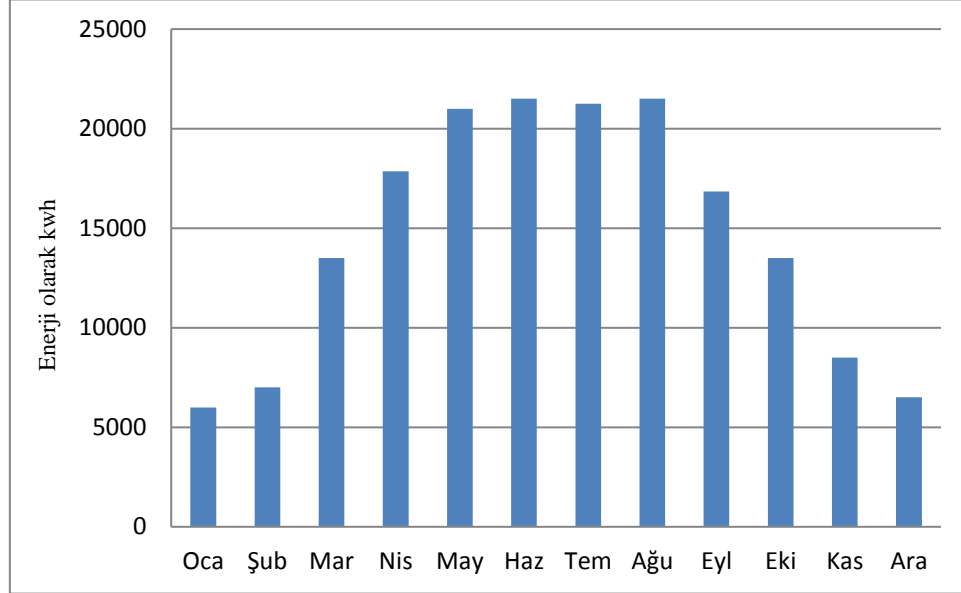
Projedeki evirici kayıpları sırası;

Giriş ve nominal gerilim arasındaki sapma oranı (%1,02)

DC/AC dönüşüm oranı (%3,98)

Stand-by tüketimi oranı (% 0,28)

Kablo kayıp oranı (% 2,0) çıkartılarak sistem enerjisi (AC) 174.944 kWh olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 5.8. Paneller yatay yerleştirildiğinde 1. yılda aylara göre üretilen enerji miktarı

Kurulacak sistemin teknik özellikleri Tablo 5.4.'de özetlenmiştir.

Tablo 5.4. Panelleri yatay yerleştirilerek kurulacak sistemin teknik özellikleri

PV Modülü CS6X-310P Elektrik Verileri	
Hücre tipi	Si polycrystalline
Hücre sayısı	72
Bypass diyotların sayısı	3
PV Modülü CS6X-310P Mekanik Bilgileri	
Genişlik	982 mm
Yükseklik	1954 mm
Derinlik	40 mm
Çerçeve genişliği	35 mm
Ağırlık	23 kg
Çerçevesi	Hayır
PV Modülü CS6X-310P STC'de Bulunan U/I Parametreleri	
MPP içinde gerilim	36,4 V
MPP içinde akım	8,52 A
Nominal performans	310 W
Boşta çalışma gerilimi	44,9 V
Kısa devre akımı	9,08 A
PV Modülü CS6X-310P U/I Kısmi Ağırlık Değerleri	
Işın	250 W/m ²
Kısmi yükte MPP içinde gerilim	36,3 V
Kısmi yükte MPP içinde akım	2,1 A
Kısmi yükte boşta çalışma gerilimi	42,5 V
Kısmi yükte kısa devre	2,27 A

Tablo 5.4. (Devamı)

PV Modülü CS6X-310P Diğer Özellikleri	
Gerilim kat sayısı	-159 mV/K
Akım katsayısı	5,9 mA/K
Performans katsayısı	-0,43 %/K
Açı düzeltme faktörü	95 %
Maks. sistem gerilimi	1000 V
Özel ısı kapasitesi	920 J/(kg*K)
Absorbsiyon katsayısı	70 %
Emisyon katsayısı	85 %
İnvertör PVS800-57-0100kW-A Elektrik Verileri	
DC nominal performans	100 kW
AC nominal güç	100 kW
Maks. DC performansı	120 kW
Maks. AC performansı	100 kW
Stand-by tüketimi	55 W
Gece tüketimi	55 W
Yapılan besleme ve başlangıcı	900 W
Maks. giriş akımı	245 A
Maks. giriş gerilimi	1000 V
DC nominal gerilim	450 V
Besleme süreçlerinin sayısı	3
DC giriş sayısı	1
İnvertör PVS800-57-0100kW-A MPP İzleyici	
MPP İzleyici başına maks. giriş akımı	245 A
MPP İzleyici başına maks. giriş gerilimi	120 kW
Min. MPP Gerilimi	450 V
Maks. MPP Gerilimi	825 V

PVS 800-57-0100kW-A invertörden 2 adet kullanılacaktır.

BÖLÜM 6. OTELE KURULACAK SİSTEMİN EKONOMİK ANALİZİ

Kurulması planlanan güneş enerjisi santrali için gerekli olan yatırım maliyetleri ve proje gelir/gider bilgileri finansal analizin yapılması sırasında en önemli faktörlerdir.

Bu bölümde finansal analizin yapılması sırasında farklı güneş panelleriyle oluşturulan sistemlerin detaylandırılmış finansal tablolarına değinilmiştir. Finansal tablolardan faydalanılarak kurulması planlanan güneş enerjisi santrali için gerekli olan ekonomik analiz belirlenecektir.

Bu sistem kapsamında kullanılan ekipman ve donanımların büyük bir kısmının ithal edilmesi nedeni ile analiz ve hesaplamalarda para birimi olarak Dolar (\$) ve Euro (€) olarak esas alınmıştır. Bu analiz belirlenirken Amerikan Doları 5,20 TL ve Euro 5,94 TL olarak sabit tutulmuştur. Proje süresince enflasyon düzeylerinin ve devalüasyonun eşit miktarlarda artacağı ve bu nedenle Euro ve Dolar bazında malzeme ve işçilik maliyetlerinde ciddi bir değişiklik olmayacağı varsayılmış olup finansal analizlerin hepsi amerikan dolarına göre yapılmıştır.

6.1. Gelirler

6.1.1. Elektrik satış gelirleri

Elektrik gelirlerinin hesaplanmasında Şekil 6.1.'de ifade edilen 08.01.2011 tarih ve 27809 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerji Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun esas alınmıştır [57].

Tablo 6.1. Elektrik satış fiyatları [57].

I Sayılı Cetvel	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13,3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

II Sayılı Cetvel		
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
A- Hidroelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
B- Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Kanat	0,8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	3- Türbin kulesi	0,6
	4- Rotor ve nasele gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,3
C- Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İnvvertör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışığını odaklayan malzeme	0,5
D- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışığını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6- Stirling motoru	1,3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6
E- Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
	2- Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
	3- Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
	4- Buhar veya gaz türbini	2,0
	5- İçten yanmalı motor veya Stirling motoru	0,9
	6- Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	7- Kojenerasyon sistemi	0,4
F- Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Buhar veya gaz türbini	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
	3- Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7

Kanundaki 1 sayılı cetvele göre güneş enerjisi üreten tesislerde üretilen enerjinin 13,3 ABD Doları cent/kwh birim fiyat ile satın alınacağı garanti edilmektedir. 2 sayılı cetvelde de yerli ürün kullanılması durumunda 0,8 ABD Doları cent/kwh ilave teşvik

yapılacağı belirtilmektedir. Bu tezde güneş panellerinin konstrüksiyonlarında yerli ürün kullanılacağı planlanmış olup üretilen enerji 14,1 ABD Doları cent/kwh fiyat ile satılacaktır [57]. Güneş enerjisi panellerinin deformasyonlardan dolayı veriminin her yıl %1 oranında eksileceği planlanmış ve hesaplamalar bu varsayımına göre değerlendirilmiştir.

Santralde kullanılacak panel seçimi dikey ve yatay panel olarak iki farklı türde incelenebilmektedir. Bu panel yerleşim şekillerinde üretilen elektrik miktarları birbirinden farklıdır.

Panel çeşitlerine göre üzerilecek elektrik miktarı şu şekildedir;

Dikey panellerde yıllık üretilen elektrik 194.718 kWh ve yatay panellerde ise 174.944 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre elektrik satışının 14,1 ABD Doları cent/kWh olduğu duruma göre panellerin dikey yerleştirilmesi ile elde edilecek gelir 27.455 USD olarak hesaplanmıştır. Panellerin yatay yerleştirilmesi durumuna göre ise 24.667 USD olarak hesaplanmıştır. Panellerin dikey olarak yerleştirilmesi durumunun daha fazla elektrik üretimi sağladığı için gelir olarak da daha fazla getirisi olduğu açıktır.

6.1.2. Karbon satış gelirleri

Karbon satış geliri olarak, Kyoto Protokolü esneklik mekanizmalarıyla ortaya çıkan emisyon ticareti sistemi, katma değerinin oluşturulması sırasında sera gazı salınımı yapan kuruluşlar (enerji sektörü, demir/çelik sanayi, kağıt endüstrisi, vb.) ile yenilenebilir enerji tesislerinden (biyokütle, biyogaz, hidro, rüzgâr, gibi) oluşmaktadır. Bu yapı içinde kirleticilerin her sene yenilenebilen salınım kotaları (EUAs-Avrupa Birliği Ödenekleri) vardır. Herhangi bir sanayi kurumunun ortaya çıkarabileceği sera gazları salınımı miktarı tahsil edilecek miktarla doğru orantılıdır. Bahse konu kotaların aşılması durumunda kirlilik yaratan kurum, herhangi bir çevre dostu olan yenilenebilir enerji santrali tarafından yapılan emisyon değerlerini azaltmaya yönelik emisyon azaltma sertifikalarından satın alırsa Kyoto

yaptırımlarından etkilenmez. 1 ton Karbondioksit 100 Euro'ya tekabül etmektedir. Öbür yandan, yenilenebilir enerjiler üzerine çalışan yatırımcının doğrudan gelir elde etmesi ve desteklenmesiyle fosil yakıt kullanarak çalışan enerji üretim santrallerinde üretilen enerjiye olan ihtiyaç azaltılabilir. Karbon geliri hesaplamaları yapılırken toplamları ele alınmış ve yıllık ortalama % 1 oranında karbon gelirlerinde düşüş olacağı öngörülmüş ve hesaplamalar bu öngörüye göre yapılmıştır.

6.2. Yatırım Bedelleri

Sistem çalışma şekli belirlenirken öncelikle off grid sistem yani santralin elektrik şebekesine bağlı olmaması durumu düşünülmüştür. Fakat off grid sistemde bataryaların maliyetlerinin yüksek olması ve yenilenebilir enerji ile üretilen enerjiye olan destekten dolayı devlet teşviklerinden faydalanılması için sistemin on grid yani şebekeye bağlı olmasına karar verilmiştir. Bu durum için gerekli olan maliyet bilgileri aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

6.2.1. Mühendislik hizmeti

Güneş enerjisi santrali kurulumu için yatırım yapılması planlanan bölgenin güneş enerjisine uygunluğunun doğru bir şekilde tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Projenin teknik açıdan doğruluğunun tespit edilmesi için santral sahasının gölgelenme değerlendirmesi, temel enerji üretim analizleri, elektrik dağıtım sisteminin belirlenmesi ve karmaşık topografyalı arazilerde inşaat faaliyetlerinin projeye olan etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Sahaların idare için gerekli olan izinler konusunda incelemeleri yapıp devlet kuruluşları ve şahıslar konusunda ortaya çıkabilecek sorunlar ve kontrol altında tutulması gerekli olan süreçler ortaya konulmalıdır. Sahanın ön değerlendirilmesi esnasında santral yapılması planlanan yatırımın incelenmesinde ayrıntılı mali hesapların hesaplanması ve üzerinde durulması oldukça önemlidir. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen üretim ve inşaat maliyetleri göz önünde bulundurularak yapılması planlanan yatırımın finansal modellenmesinin belirlenmesi gerekmektedir.

Panellerin yerleşiminin belirlenmesinde; arazi kullanımı, gölgelenme etkileri ve inşaat süreçlerinin takibi oldukça önemlidir. Değişken topografyalı alanlarda panel gruplarının birbirinden ayrı değerlendirilebilmesi için üç boyutlu çalışmalar yapılması gereklidir. Yüksek çözünürlüklü üretim analizinin gerçekleştirilebilmesi için bölgenin bulutluluğu, sıcaklığı, topografik yapısı, panellerin birbirine etkileri ve gölge oluşturabilecek diğer çevre unsurları dikkate alınmalıdır. Simülasyon yapılarak bu simülasyon sonuçları dahilinde santralde kullanılması planlanan panellerin tek tek üreteceği enerji verimleri öngörülmektedir.

Güneş enerjisi santrallerinin kurulumunda önemli olan şeylerden biriside kurulum öncesi gerekli düzenlemelerdir. Bunlardan en başta bulunanlar santral sahasının toprak yapısının yeniden şekillendirilmesi, sahanın her noktasına ulaşımın kolaylaştırılması ve sahanın drenaj projelerinin hazırlanmasıdır. Kurulum öncesi düzenlemeler sayesinde sahada oluşabilecek yapısal sorunların önemli ölçüde önüne geçilmiş olacaktır.

Mühendislik hizmetleri olarak panellere göre maliyet analizi dikey panelde 2910 USD, yatay panelde 2610 USD olarak beklenmektedir.

6.2.2. Makine donanım

Makine donanım olarak sistemde panel, inverter, paneller için konstrüksiyon aksamı, kablo, kurulum ve devreye alma, tel çit güvenlik kamerası ve aydınlatma, trafo ve enerji nakil hatı gibi sistemlerin maliyetleri hesaplanmış ve detaylı olarak aşağıda verilmiştir.

6.2.2.1. Panel

Günümüzde aktif olarak kullanılmakta olan pek çok güneş paneli markaları ve çeşitleri mevcuttur. Bu çeşitlilik dolayısıyla fiyatlar birbirine oranla farklılık göstermektedir. Bu fiyat oranlarından dolayı güneş santrali maliyetinin büyük oranını güneş panelleri (Fotovoltaik Modüller) teşkil etmektedir. Güneş panellerinin

seçiminde dikkat edilmesi gerekli olan hususlardan bir diğeri ise teknik servis ve garanti durumudur.

Bu hususlara göre seçimi belirlenen panel sistemine göre maliyet dikey panelde 110.213 USD, Yatay panelde 79.925 USD değerindedir.

6.2.2.2. İnverter

Türkçe adı evirici olan bu cihazlar doğru akımı alternatif akıma çeviren sistemlerdir. Ülkemizde çok çeşitli evirici modelleri mevcuttur. Güneş enerjisi santrallerinin kurulmasında güneş paneli seçimi önemli olduğu kadar eviriciler önemlidir. Evirici seçimi yapılırken dikkat edilmesi gerekli olan husus garanti ve teknik servis desteğidir.

Inverter seçimi maliyeti dikey panelde 20.969 USD ve yatay panelde 18.806 USD olduğu belirlenmiştir.

6.2.2.3. Konstrüksiyon

Güneş enerjisi santralının kurulumunun yapılacağı arazinin durumuna göre iki çeşit konstrüksiyondan bir tanesi yapılmaktadır. Bunlar; çakma kazık konstrüksiyon ve beton ayaklı konstrüksiyondur. Çakma kazık konstrüksiyon yapıldığında dikey panelde 7778 USD, yatay panelde 7183 USD maliyetinin olduğu belirlenmiştir.

6.2.2.4. Kablo

Güneş enerjisi santralinden elde edilecek enerjinin depolama veya şebekeye aktarımını sağlayan en temel malzemelerdir. Kablo seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar ise şunlardır; kablo elektrik iletkenliği, sağlamlığı, hava koşullarına ve kaçak akıma karşı izolasyonudur. Bu bilgilere uygun olarak seçilen kablunun maliyeti ise dikey panelde 3527 USD, yatay panelde ise 3370 USD' dir.

6.2.2.5. Kurulum ve devreye alma

Güneş enerji santralinden enerji üretmek için mekanik ve elektrik sistemlerinin sorunsuz bir şekilde çalışması gerekmektedir. Bu sistemler santralin kuruluş aşamasında gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Kurulum ve devreye alma aşaması elektrik ve mekanik sistemlerin kurulumu, aktif hale getirilmesi ve milli elektrik şebekesine enerji aktarılması amaçlı yapılan her bir işlem ve testleri kapsamaktadır. Bu süreç içerisinde yapılacak her türden maliyetleri kapsamaktadır. Maliyet hesaplamaları sonucu dikey panelde 2389 USD, yatay panelde 2142 USD maliyet ihtiyacı vardır.

6.2.2.6. Tel çit, güvenlik kameraları ve aydınlatma

Büyük yatırımlar sonucu aktif hale getirilen bir güneş enerji santralinin güvenliğinin sağlanmasında en önemli hususlardan biridir. Tesisin dış unsurlardan korunması amaçlı tel örgü ile çevrilmesi gerekmekte ve üst düzeyde bir güvenlik sağlanabilmesi için alanı güvenlik kamera sistemi ile izlemek gerekmektedir. Gerekli araştırmalar sonucu maliyet dikey panelde 7500 USD, Yatay panelde ise 7500 USD'dir.

6.2.2.7. Trafo ve enerji nakil hattı

Projedeki sistemde üretilecek enerjinin, trafo kurularak şebeke hattına bağlanabilmesi ve enerji nakil hattı kurulabilmesi için TEİAŞ trafo merkezine bağlantısı yapılmalıdır. Sistem için tahmini keşif bedeli aşağıda sunulmuştur [58].

TEİAŞ trafosu ile güneş enerji santrali trafosu bağlantısı için havai hat yapılırsa 12.000 € / km, yeraltı kablosu kullanılırsa 24.000 € / km dir.

Enerji santralinin bağlanacağı hatta mesafesi 0,85 km olup, yeraltı bağlantısı yapılacağı ve maliyetinin 20.400 € (23.303 USD) olacağı belirlenmiştir. Trafo, DC/AC kablo, OG ölçüm ve deneme tertibatı, kabin, DC sinyal kablosu gibi ekipmanların ücreti 25.000 USD olarak belirlenmiştir.

6.2.3. Yıldırımdan korunma (Paratonel) ve topraklama

Tesiste halihazırda enerji santralinin kurulacağı alanıda kapsayacak şekilde paratonel bulunmaktadır. Enerji tesisatına topraklama tesisatı yapılacak olup maliyeti 7250 USD olarak belirlenmiştir.

6.2.4. Üretim lisans bedeli

2018 yılı Üretim lisans bedelleri EPDK'nın 7557 no lu kararıyla çerçevesi belirlenmiştir. Karar da 02.11.2013 tarih ve 28809 sayılı Resmi Gazete de yayınlanarak yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği 43.maddesi gereğince 2018 yılında uygulanacak lisans alma ve ön lisans,lisans yenileme,yıllık lisans,lisans tadili ve ön lisans ,ön lisans ve lisans sureti çıkarma ücretleri Tablo 6.2.'de verilmiştir.

Tablo 6.2. Üretim lisans bedeli [59]

Kurulu güç değeri, "P(MW)"	
$0 < P \leq 10$ MW	8.700 (Sekizbinyediyüz)TL
$10 < P \leq 25$ MW	17.000 (Onyedibin)TL
$25 < P \leq 50$ MW	25.600 (Yirmibeşbinaltıyüz)TL
$50 < P \leq 100$ MW	42.700 (Kırkikibinyediyüz)TL
$100 < P \leq 250$ MW	85.400 (Seksenbeşbindörtüyüz)TL
$250 < P \leq 500$ MW	170.700 (Yüzyetmişbinyediyüz)TL
$500 < P \leq 1000$ MW	256.000 (İkiyüzellialttbin)TL
$P > 1000$ MW	427.000 (Dörtüyüzirmiyedibin)TL

Doğal yerli kaynaklarla yenilenebilir enerji kaynaklı üretim merkezi için başvurusu için tüzel kişilerden lisans alma bedelinin %10 u alınmaktadır [59]. Bu tez kapsamındaki çalışmada üretim lisansı almak için 870 TL (167 USD) lik lisans alma bedeline ihtiyaç vardır.

6.2.5. Yatırım bedelleri toplamı

Santralin kurulması aşamasında ve ilerleyen süreçte öngörülen maliyetler toplamı hesaplanmıştır.Bu hesaplamalar sonucu belirlenen maliyet aşağıdaki gibidir.

Dikey panelde 211.006 USD, Yatay panelde 177.256 USD'dir.

6.3. Proje Giderleri

6.3.1. Personel gideri

Santralin aktif halde stabil olarak bir düzende çalıştığı kontrolü ve güvenliğinin sağlanması gibi nedenlerden dolayı sürekli olarak kontrol altında tutulması gerekmez. Mevcutta tesiste güvenlik departmanı olduğu için güvenlik personeli maliyeti hesaplamalara dahil edilmemiştir. Santraldeki panellerin temizlikleri her hafta sonu otel teknik servisine yapılacak olup bu nedenle personel gideri hesaba dahil edilmemiştir.

6.3.2. Bakım ve yenileme gideri

Santralin belirli durumlarda aksaklığı uğraması veya bu aksaklıkların önüne geçmek için önceden planlanmış bakım aşamaları içinde belirli bir harcama yapılması gereklidir. Bakım maliyeti incelenmiş olup makina donanım bedelinin % 0,15'i oranında gider olacağı tahmini ile 301 USD olarak belirlenmiştir.

6.3.3. Sigorta gideri

Santral doğa olayları ve çevre sorunlarına karşı korunaksız durumda olduğu için belirli sorunlar açığa çıkması oldukça muhtemeldir. Oluşabilecek kar yükü, fırtına, dolu gibi doğa olayları sonucu hasar oluşabilecektir. Bu sorunların daha büyük maliyetlere sebep olmaması açısından olası sorunlara karşı tüm risk sigorta gideri sigorta şirketleri aracılığıyla elde edilen bilgiye göre, yaklaşık yatırım bedelinin % 2 oranında olup, yıllık sigorta gideri 422 USD'dir.

6.3.4. Beklenmeyen giderler

Fizibilite çalışmaları sırasında öngörülemeyen bazı giderlerin oluşacağı oldukça muhtemeldir. Bu süreçte beklenmeyen giderler ve uygulama sürecinde meydana gelebilecek fiyat artışı gibi sebeplerden dolayı makine ve teçhizat bedeli toplamının

% 2'i değerinde 401 USD öngörölmeyen gider olarak belirlenmiştir.

6.3.5. İletim sistemi kullanım ve işletim bedeli

Enerji santralının işletim ve kullanım bedeli, üretilen enerjinin müşteriye satılması için hangi şebekenin kullanıldığına göre belirlenen üretici firma tarafından TEİAŞ'ye ödenecek tutardır. Enerjiyi üreten firma tarafından iletim hattının kullanılması nedeni ile ödenecek sistem işletim ve kullanım bedeli ise EPDK'nın 8272 nolu kararında belirlenmiştir[60]. Üretilen enerjinin iletim şebekesine doğrudan aktarılarak, dağıtım şirketlerine toptan satışı planlanmakta, satışın doğrudan yapılmasıyla dağıtım şirketinden istifade edilmeyeceği tahmin edilmektedir. Bu nedenle ,yalnızca işletim bedeli ve iletim sistem kullanım bedelinin ödemesi yapılacaktır. Planlanan enerji santrali 5. tarife bölgesinde bulunmaktadır. 8272 nolu karar gereğince 5. bölge için sistem kullanım bedeli 7,17 TL/MWh, işletim bedeli 1,4 TL/MWh olarak belirlenmiştir. Santralin işletmeye giriş tarihinden itibaren ilk beş yıl için sistem kullanım bedelinde %50 indirim yapılacağı belirtilmiştir[60]. Bu indirim uygulandığında sistem kullanım bedeli ve işletim bedeli toplamı 4,98 TL/MWh (0,95 USD /MWh)'dır. Sistem kullanım bedeli ve işletim bedeli yıllık olarak panellerin dikey yerleşiminde 185 USD, yatay yerleşiminde 166 USD olarak hesaplanmıştır.

6.3.6. Proje giderleri toplamı

Mevcut mevzuat ve proje aşamasında belirlenen niteliklere göre belirlenen proje giderleri; personel gideri, bakım ve onarım gideri, sigorta gideri, beklenmeyen giderler, iletim sistemi kullanım ve işletim bedeli şeklindedir.

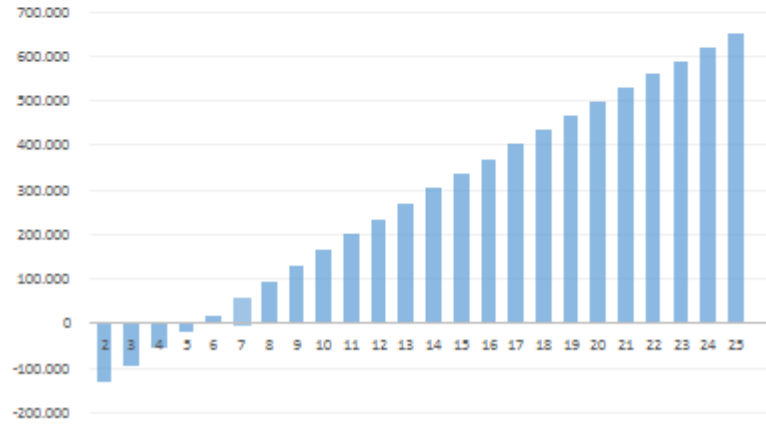
Hesaplama sonucu yıllık proje giderleri toplamı; paneller dikey yerleştirildiğinde 1309 USD, yatay yerleştirildiğinde 1290 USD'dir.

6.4. Mali Tablolar

Aşağıda verilen mali tablolar; gelirler, yatırım bedeli, tahmin edilen finansman şartları ve giderler dikkate alınarak hazırlanmıştır. Bu tip projelerde, projeye yönelik mali tabloların hesabı yapılırken genellikle İKO (İç Kârlılık Oranı) ve /veya “Geri Ödeme Süresi Hesabı” hesaplarından faydalanılmaktadır. Çalışmamız kapsamı içerisinde Geri ödeme süresi hesabı kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Güneş enerjisi sistemlerinin 25 yıllık ekonomik ömürlerinin olduğu öngörülmektedir. Bu nedenle finansal değerlendirmeler yapılırken sistem ömrü değer aralığı için ortalama 25 yıl üzerinden değerlendirme yapılmıştır.

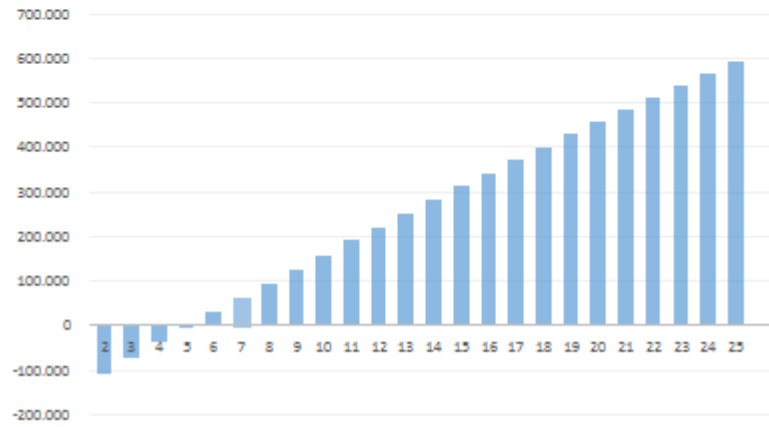
Tablo 6.3. Paneller dikey yerleştirildiğinde güneş enerji santralının geri dönüşüm hesabı

PANELLER DIKEY YERLEŞTİRİLDİĞİNDE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN GERİ DÖNÜŞÜM HESABI			Yıl	Verim Kaybı	Güneş Paneli Verimi	Enerji Üretimi (kWh/yıl)	Yıllık Gelir \$	Karbon Geliri \$	Yatırım Bedeli \$	Yıllık Gider \$	Yatırımın Geri Dönüşü \$
GÜNEŞ PANELİ		CANADIAN SOLAR	1	100%	100%	194.718	27.455,2	13.327,1	-211.006,0	-1.309	-171.533
INVERTER		ABB	2		99%	192.771	27.180,7	13.193,9		-1.322	-132.480
TESİSİN KURULU GÜCÜ		243,7 kW	3		98%	190.824	26.906,1	13.060,6		-1.335	-93.849
YILLIK TOPLAM ENERJİ		194.718 kWh	4		97%	188.876	26.631,6	12.927,3		-1.349	-55.638
ENERJİ SATIŞ BEDELİ		0,141 \$ (usd)/yıl	5		96%	186.929	26.357,0	12.794,1		-1.362	-17.850
KARBON EMİSYONU		116,7 ton/yıl	6		95%	184.982	26.082,5	12.660,8		-1.376	19.518
KARBON EMİSYON BEDELİ		114,2 \$ (usd)	7		94%	183.035	25.807,9	12.527,5		-1.390	56.464
			8		93%	181.088	25.533,4	12.394,2		-1.403	92.988
			9		92%	179.141	25.258,8	12.261,0		-1.417	129.090
			10		91%	177.193	24.984,3	12.127,7		-1.432	164.771
			11	90%	90%	175.246	24.709,7	11.994,4		-1.446	200.029
			12		89%	173.299	24.435,2	11.861,2		-1.460	234.865
			13		88%	171.352	24.160,6	11.727,9		-1.475	269.278
			14		87%	169.405	23.886,1	11.594,6		-1.490	303.269
			15		86%	167.457	23.611,5	11.461,3		-1.505	336.837
			16		85%	165.510	23.337,0	11.328,1		-1.520	369.983
			17		84%	163.563	23.062,4	11.194,8		-1.535	402.705
			18		83%	161.616	22.787,8	11.061,5		-1.550	435.004
			19		82%	159.669	22.513,3	10.928,3		-1.566	466.880
			20		81%	157.722	22.238,7	10.795,0		-1.581	498.332
			21		80%	155.774	21.964,2	10.661,7		-1.597	529.361
			22		79%	153.827	21.689,6	10.528,4		-1.613	559.966
			23		78%	151.880	21.415,1	10.395,2		-1.629	590.147
			24		77%	149.933	21.140,5	10.261,9		-1.646	619.903
			25		76%	147.986	20.866,0	10.128,6		-1.662	649.236

YATIRIMIN GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ
\$ (usd)

Tablo 6.4.Paneller yatay yerleştirildiğinde güneş enerji santralının geri dönüşüm hesabı

PANELLER YATAY YERLEŞTİRİLDİĞİNDE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN GERİ DÖNÜŞÜM HESABI			Yıl	Verim Kaybı	Güneş Paneli Verimi	Enerji Üretimi (kWh/yıl)	Yıllık Gelir \$	Karbon Geliri \$	Yatırım Bedeli \$	Yıllık Gider \$	Yatırımın Geri Dönüşü \$
GÜNEŞ PANELİ		CANADIAN SOLAR	1	100%	100%	174.944	24.667,1	11.991,0	-177.256,0	-1.290	-141.888
İNVERTER		ABB	2		99%	173.195	24.420,4	11.871,1		-1.303	-106.899
TESİSİN KURULU GÜCÜ		176,7 kW	3		98%	171.445	24.173,8	11.751,2		-1.316	-72.290
YILLIK TOPLAM ENERJİ		174.944 kWh	4		97%	169.696	23.927,1	11.631,3		-1.329	-38.061
ENERJİ SATIŞ BEDELİ		0,141 \$(usd) /yıl	5		96%	167.946	23.680,4	11.511,4		-1.342	-4.212
KARBON EMİSYONU		105,0 ton/yıl	6		95%	166.197	23.433,7	11.391,5		-1.356	29.258
KARBON EMİSYON BEDELİ		114,2 \$ (usd)	7		94%	164.447	23.187,1	11.271,5		-1.369	62.347
			8		93%	162.698	22.940,4	11.151,6		-1.383	95.056
			9		92%	160.948	22.693,7	11.031,7		-1.397	127.385
			10		91%	159.199	22.447,1	10.911,8		-1.411	159.333
			11	90%	90%	157.450	22.200,4	10.791,9		-1.425	190.900
			12		89%	155.700	21.953,7	10.672,0		-1.439	222.086
			13		88%	153.951	21.707,1	10.552,1		-1.454	252.892
			14		87%	152.201	21.460,4	10.432,2		-1.468	283.316
			15		86%	150.452	21.213,7	10.312,3		-1.483	313.360
			16		85%	148.702	20.967,0	10.192,4		-1.498	343.021
			17		84%	146.953	20.720,4	10.072,4		-1.513	372.301
			18		83%	145.204	20.473,7	9.952,5		-1.528	401.200
			19		82%	143.454	20.227,0	9.832,6		-1.543	429.717
			20		81%	141.705	19.980,4	9.712,7		-1.558	457.851
			21		80%	139.955	19.733,7	9.592,8		-1.574	485.604
			22		79%	138.206	19.487,0	9.472,9		-1.590	512.974
			23		78%	136.456	19.240,3	9.353,0		-1.606	539.961
			24		77%	134.707	18.993,7	9.233,1		-1.622	566.566
			25		76%	132.957	18.747,0	9.113,2		-1.638	592.789

YATIRIMIN GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ
\$ (usd)

6.4.1. Geri ödeme süresi hesabı (Amortisman)

Kurulması planlanan güneş enerjisi santralının geri ödeme süresi ve yatırım için sarf edilen toplam sermayenin ne kadar zamanda geri kazanılabileceğinin belirlenebilmesi için yapılan hesaplamaların sonucudur. Diğer bir tanımda ise, yatırımdan elde edilecek net kazançların yatırım maliyetini karşılayabilmesi açısından geçmesi gerekli olan süre olarak ifade edilmektedir. Yatırımın için geri ödeme zamanı hesap edilirken yatırımdan sağlanan senelik net para akışları kümülatif şekilde toplanmaktadır. Net para akışlarının kümülatif toplamı ilk yatırım miktarına eşitlendiği sene, yatırım için geri ödeme süresini veriyor [61]. Geri ödeme süresi metodu, yatırım projelerinin değerlendirilmesi aşamasında istifade edilen metotlar içerisinde en yaygın yararlanılanlardan bir tanesi olarak öne çıkmaktadır. Amortisman zamanı, bir vakit kavramıdır, kârlılık ölçütü olarak alınmaz. Yatırım projelerinde amortisman süresi kısa oldukça, yatırım riskinin düşük olacağı ifade edilmektedir.

6.4.2. Geri ödeme süresi hesabı ile ekonomik analiz

Bu çalışmada, 2 farklı yerleşime göre güneş enerji panelleri kıyaslanarak santrallerin kurulumu, bakımı ve işletimi safhasında her ayrıntı tetkik edilmiştir. Amortisman hesabı ile ekonomik analiz yapıldığında grupların tüm ekonomik gelir ve giderleri hesaba girilerek 2 farklı yerleştirilmiş güneş enerji panelinin amortisman süresi detaylı olarak tetkik edilmiştir. Sistemin kendini geri ödemesi hesapları yapılırken güneş enerjisi santrali sisteminin veriminin yılda %1 oranında düşüş gösterdiği kabul edilmiştir. Kullanılması planlanan sistemlerin geri ödeme zamanları Tablo 6.3. ve Tablo 6.4.'de gösterilmiştir. Tablolar incelendiğinde sistemler için işletme yılı belirtilmiştir. Belirtilen zamanlar santralin hangi zamanda amorti ettiğini ifade etmektedir. Amortisman hesap metoduna göre bu müddetler içerisinde en kısa sürede geri ödeyen santralin kurulumu uygun olacaktır.

Tablo 6.3. incelendiğinde dikey yerleştirilmiş güneş enerji panellerinin geri dönüşüm süresinin hesaplanmasında yaklaşık 5 yıl 6 ay içerisinde, Tablo 6.4. incelendiğinde

ise yatay yerleştirilmiş güneş enerji panellerinin geri dönüşüm süresinin yaklaşık 5 yıl 2 ay içerisinde kendi maliyetini karşılamış duruma gelecektir.

Panellerin yerleştirilme şekline göre incelenecek olursa yatay yerleştirilen güneş enerji panellerinin dikey yerleştirilen güneş enerji panellerine göre daha verimli olduğu ve amortisman süresinin daha kısa olduğu anlaşılmaktadır.

BÖLÜM 7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sürdürülebilir kalkınma, doğal çevre ve turizmin devamlılığı açısından enerjinin sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekmektedir. Enerjinin sürdürülebilirliği ise kıt olarak bulunan fosil yakıtlar yerine doğada sınırsız olarak bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak sağlanabilecektir. Bu bağlamda, uluslararası bir hareketi içinde barındıran turizm sektörü ve bu sektörün en önemli kuruluşları olan konaklama işletmelerinin yenilenebilir enerji uygulamalarına geçmesiyle birlikte insanlara bu yeni enerji uygulamalarını deneyimleme olanağı sunarak küresel boyutta diğer sektörlerle oranla daha fazla dikkat çekecektir. Bu özelliğiyle sıfır enerjili bina uygulamalarının konaklama sektöründe uygulanması için gerekli projeler, teşvikler ve yasal düzenlemeler yapılarak konaklama sektörünün sıfır enerji konusunda lider olması hedeflenmelidir.

Bu tezde Turizm Mühendisliği çerçevesinde turizm tesislerinde enerji yönetimi ele alınmıştır. Ülkemiz için yeni bir konsept olan Turizm Mühendisliği çerçevesinde turistik tesislerin enerji sarfiyatlarını azaltacak güneş enerjisine dayalı sistemin fizibilite çalışması ve projelendirilmesi yapılmış, çalışma Sakarya ilinde mevcut beş yıldızlı bir otel için örneklendirilmiştir.

Tez kapsamında yapılan ekonomi analiz çalışması için “Geri Ödeme Süresi Hesabı” hesaplarından yararlanılmıştır. Bu noktada, bahsi geçen analiz yöntemi ile doğru ve detaylı bir ekonomik analiz yapılabildiği anlaşılmıştır. Bu hesaplama yönteminin uygulanması sırasında, gelir ve gider kalemleri kullanılarak bir güneş enerji sistemi için gelir-gider kapsamına girebilecek tüm unsurlar göz önünde bulundurulmuştur. Tezde 2019 senesi sonlarında işlemeye konulacak bir güneş enerji sistemi için ekonomik analiz çalışmaları yapılmış olup, ekonomik analizdeki değerlerin tümü 2019 yılının sonları dikkate alınarak kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre enerji

santralinin geri dönüşüm süresi; panellerin dikey olarak konumlandırılmasıyla 5 yıl 6 ay, yatay konumlandırılmasıyla ise 5 yıl 2 ay olarak bulunmuştur. Bu tezde yenilenebilir enerji kaynaklarıyla enerji üretimi yapan işletmelere devletin sabit fiyatla enerji alım garantisi verdiği kabul edilmiştir. Bu destek yatırımcı için önem arz etmektedir ve teşvik edici olduğu görülmüştür. Güneş enerji sistemleriyle alakalı sürekli yeni teknolojiler ortaya çıkmakta olup sistemlerin enerji ve ekonomik analizleri kısa bir süre zarfında değişiklikler gösterebilmektedir. Bu sebepten dolayı yatırım öncesinde bu husus gözönünde bulundurulmalıdır.

Avrupa Birliği tarafından sıfır enerjili binaların otel sektöründe uygulanmasına yönelik projesine benzer herhangi bir sıfır enerjili otel projesi ülkemizde henüz gerçekleştirilememiştir. Sıfır enerjili otellerin hayata geçirilmesi ve çoğalmasıyla birlikte, konaklama sektörüne bağlı çalışan diğer sektörlerde de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına dair teknolojiler gelişecek ve bu şekilde hem yüksek teknolojili firmalar ortaya çıkacak ve hem de yeni bir istihdam alanı oluşacaktır. Aynı zamanda fosil yakıtların kullanımları azaltılarak çevre kirliliği azaltılabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/498315>, Erişim Tarihi:20.02.2019.
- [2] Yavuz,E.ve Zığındere, Y.Ö. (2000), “Sürdürülebilir Kalkınmanın Turizme Etkisi”,Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:3, Sayı:4, s.321-326.
- [3] İBB 2012, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Şehir Aydınlatma ve Enerji, Enerji Kaynakları, (2014).
- [4] <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/166364>, Erişim Tarihi:20.02.2019.
- [5] IEA– (International Energy Agency), (2010), <https://www.iea.org/newsroom/news/2010/november/world-energy-outlook-2010.html>. Erişim Tarihi:20.02.2019.
- [6] Deloitte, (2012), “Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Beklenti Raporu”.
- [7] Yapı Dergisi,(2003), “Sürdürülebilir Bir Mimarlığa Doğru”, 256, 56-64, İstanbul.
- [8] Erengezin, (2005), “4.Yenilenebilir Enerjiler Sempozyumu ve Sanayi Sergisi Bildiri Özetleri, İzmir.
- [9] <https://emlakkulisi.com/enerji-kimlik-belgesi-alan-bina-sayisi-742-bini-asti/577897> Erişim Tarihi:20.02.2019
- [10] So,A.T.P. ve Chan ,W.L.(2012).Intelligent building systems (Vol.5).Springer Science & Business Media.
- [11] Tsoutsos T. , Tournaki S. , de Santos C. A. ve Vercollotti R. , (2013), “Near Zero Energy Buildings Application in Mediterranean Hotels”, Energy Procedia, 42 , 230-238 .
- [12] Berberoğlu U., (2009), “Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışı Çerçevesinde Enerji Verimliliği Kavramının Güncel Konumu ve Yeni Yaklaşımlar”, MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi .
- [13] Oflazoğlu, Z.n (2013). Mimari Tasarım Yaklaşımı Olarak Sıfır Enerjili Bina Kavramı ve Ülkemizde Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [14] Sev A., (2009), “Sürdürülebilir Mimarlık”, Yem Yayın, İstanbul.
- [15] Gür V.N. , (2007), “Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi”, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- [16] Berberoğlu U., (2009), “Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışı Çerçevesinde Enerji Verimliliği Kavramının Güncel Konumu ve Yeni Yaklaşımlar”, MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi .
- [17] Sezer Ş.F., Cihan T. ve Erbil Y., (2012), “Ts 825 Isı Yalıtım Standartlarındaki Değişikliklerin İncelenmesi ve Isıl Konfor Açısından Değerlendirilmesi”, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilirlik Tasarım Kongresi, 4-5 Mart 2012, İstanbul.
- [18] Sev A., (2009), “Sürdürülebilir Mimarlık”, Yem Yayın, İstanbul.
- [19] T.C. Resmi Gazete, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, (25819), 18.05.2005.
- [20] Sweeting J.E.N ve Sweeting A.R. , (2003), A Practical Guide to Good Practice, Managing Environmental and Social Issues in the Accommodation Sector. The centre for environmental leadership in business and the tour operator’s initiative for sustainable tourism development.
- [21] Tsoutsos T., Tournaki S., de Santos C. A. ve Vercollotti R., (2013), “Neary Zero Energy Buildings Application in Mediterranean Hotels”, Energy Procedia, 42 , 230-238 .
- [22] Tsoutsos T., Tournaki S., de Santos C. A. ve Vercollotti R., (2013), “Neary Zero Energy Buildings Application in Mediterranean Hotels”, Energy Procedia, 42 , 230-238.
- [23] http://www.nezeh.eu/nezeh/why_becoming_a_nearly_zero_energy_hotel.html , Erişim Tarihi: 05.02.2019.
- [24] <http://www.isfikirleri-girisimcilik.com/sifir-enerjili-binalar> , Erişim Tarihi: 20.02.2019.
- [25] http://www.solar-academy.com/menu_detay.asp?id=1138 , Erişim Tarihi: 27.01.2019.
- [26] <https://aktob.org.tr/istatistik/> Erişim Tarihi: 11.01.2019.
- [27] <https://docplayer.biz.tr/1064797-2023-e-dogru-turkiye-de-turizmin-100-yili-turizm-sektorunun-yapisi-buyuklugu-ve-ekonomiye-katkisi>. Erişim Tarihi: 27.01.2019.
- [28] Tsoutsos T., Tournaki S., de Santos C. A. ve Vercollotti R., (2013), “Neary Zero Energy Buildings Application in Mediterranean Hotels”, Energy Procedia, 42 , 230-238.

- [29] https://www.academia.edu/12800375/Yenilenebilir_Enerji_Kaynaklar%C4%B1n%C4%B1n_Kullan%C4%B1m%C4%B1_ve_S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir_Turizme_Olan_Etkileri_-_T%C3%BCrkiye_%C3%96rne%C4%9Fi , Erişim Tarihi 20.02.2019.
- [30] Ali Y., Mustafa M., Al-Mashal K. ve Mohsen M., (2008), Potential of energy savings in the hotel sector in Jordan. *Energy Conversion and Management*, 49(11), 3391-3397.
- [31] Canbay N., (2011), “Turizm Sektöründe Yükselen Trend: Yeşil Oteller”, *Yeşil Bina Dergisi*, http://www.yesilbinadergisi.com/?pid=25558#.Vn_As6BhQ7I, Erişim Tarihi: 19.07.2018.
- [32] <http://tr.hiltonworldwide.com/development/managementservices/engineering.html>, Erişim Tarihi: 17.01.2019.
- [33] Alexander S., (2002), “Green Hotels: Opportunities and Resources for Success”, Zero Waste Alliance, Edited by Carter Kennedy.
- [34] <http://www.enerjivetesisat.com/enerji-haberleri/verimlilik/2499-the-marmarataksim-otel-enerjide-tasarruf-salyor>, Erişim Tarihi: 10.05.2018.
- [35] Konfor Dergisi, (Aralık 2013), “Alarko”, Sayı:91, http://www.alarko-carrier.com.tr/eBulten/Referans/images_91/e_konfor91.pdf, Erişim Tarihi: 12.01.2016.
- [36] <http://www.turob.com/haber.aspx?id=16774>, Erişim Tarihi: 12.07.2016.
- [37] Turizm ve Yatırım İşletme ve Endüstri Dergisi, (Ağustos 2012), Sayı: 36, http://www.turizmyatirimdergisi.com.tr/images/dergi/36-S36_LQ.pdf, Erişim Tarihi: 18.09.2018.
- [38] <https://www.enerji.gov.tr/tr-tr/sayfalar/elektrik>, Erişim Tarihi: 02.03.2019.
- [39] <https://www.enerji.gov.tr/tr-tr/sayfalar/elektrik>, Erişim Tarihi: 02.03.2019.
- [40] <http://www.akkunpp.com/proje-hakkinda>, Erişim Tarihi: 20.02.2019.
- [41] http://www.emo.org.tr/ekler/19347e1c3ca0c0b_ek.pdf Erişim Tarihi: 20.11.2018.
- [42] Cheung, C.K., Fuller, R. and Luther, M., (2005), “Energy-efficient envelope design for high-rise apartments”, *Energy and Buildings*, 17-28.
- [43] Yaman, Y., (2007), “Enerji Tasarrufu ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [44] Stefan, J., (1879), ‘Über die Beziehung zwischen der Wärmes- trahlung und der Temperatur’, Vienna Academy of Sciences, 79, 391–428.

- [45] http://www.robotiksistem.com/gunes_pilleri_nedir.html, Erişim Tarihi: 25.08.2018.
- [46] www.re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/, Erişim Tarihi: 19.11.2018.
- [47] www.re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_opt/pvgis_solar_optimum_TR.png, Erişim Tarihi: 19.11.2018.
- [48] www.re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#, Erişim Tarihi: 19.11.2018.
- [49] www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 22.12.2018.
- [50] www.eie.gov.tr/MyCalculator/Aciklamalar.aspx, Erişim Tarihi: 22.12.2018.
- [51] www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/34.aspx, Erişim Tarihi: 22.12.2018.
- [52] www.eie.gov.tr/mycalculator/pages/34.aspx, Erişim Tarihi: 22.12.2018.
- [53] www.meteonorm.com/, Erişim Tarihi: 01.12.2018.
- [54] www.meteonorm.com/en/, Erişim Tarihi: 01.12.2018.
- [55] www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465, Erişim Tarihi: 18.12.2018.
- [56] www.ye-em.com/pv-sol/, Erişim Tarihi: 26.12.2018.
- [57] 08.01.2011 tarih 27809 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerji Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun.
- [58] Girgin H., Tuğrul B., (2010), “5 MW’lık Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretimi İncelemesi”, Bildiri Kitabı, 469-476.
- [59] <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-15855/elektrik-piyasasinda-2019-yilinda-uygulanacak-ola#>, Erişim Tarihi: 10.02.2019.
- [60] <https://www.teias.gov.tr/tr/tarifeler>, Erişim Tarihi: 10.02.2019.
- [61] <http://www.fizibilite.info/yatirim-geri-odeme-suresi>, Erişim Tarihi: 10.02.2019.

ÖZGEÇMİŞ

Yahya Sevinç, 14.07.1978 Çanakkale doğumludur. 1995 yılında başladığı Trakya Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü 2000 yılında bitirdi. 2014 yılında Sakarya Üniversitesi'nde Makine Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2004 yılı itibariyle otelcilik sektöründe çalışmaya başlamış olup halen otelcilik sektöründe Teknik Servis Müdürü olarak çalışmaktadır.