



GİRESUN
ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALIŞVERİŞ MERKEZLERİNDE KULLANILAN ENERJİ SİSTEMLERİNİN
ENERJİ ETÜD RAPORUNUN HAZIRLANMASI VE GÜNEŞ ENERJİSİ İLE
ENERJİ TASARRUFU SAĞLANMASI; RİNGS AVM ÖRNEĞİ

Enerji Sistemleri Mühendisliği

Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Seyfettin CAMCI

162108021

2020

GİRESUN

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

**ALİŞVERİŞ MERKEZLERİNDE KULLANILAN ENERJİ SİSTEMLERİNİN
ENERJİ ETÜD RAPORUNUN HAZIRLANMASI VE GÜNEŞ ENERJİSİ İLE
ENERJİ TASARRUFU SAĞLANMASI; RİNGS AVM ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seyfettin CAMCI

Enstitü Anabilim Dalı : Enerji Sistemleri Mühendisliği

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hakan ADATEPE

Şubat 2020

T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALİŞVERİŞ MERKEZLERİNDE KULLANILAN ENERJİ SİSTEMLERİNİN
ENERJİ ETÜD RAPORUNUN HAZIRLANMASI VE GÜNEŞ ENERJİSİ İLE
ENERJİ TASARRUFU SAĞLANMASI; RİNGS AVM ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seyfettin CAMCI

Enstitü Anabilim Dalı : Enerji Sistemleri Mühendisliği

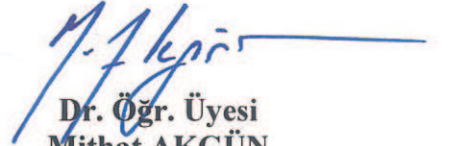
Bu tez 14/02/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



Doç. Dr.
Onur Özdal MENGİ
Jüri Başkanı



Doç. Dr.
Hakan ADATEPE
Üye



Dr. Öğr. Üyesi
Mithat AKGÜN
Üye

Doç. Dr.
Bahadır KOZ
Enstitü Müdürü

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.

Seyfettin CAMCI

14/02/2020

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında değerli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, eğitimim süresince desteğini ve hoşgörüsünü esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan ADATEPE'ye teşekkür ederim.

Proje çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen Rings Alışveriş Merkezi yönetimine ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde emeği olan annem, babam, ablam, kardeşim ve tüm aileme teşekkür ederim,

Tez çalışmamda bana her konuda yardımcı olan Yeşim ÖZKORUCUKLU'ya,

Yaşamım boyunca her konuda desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan eşim Neslihan CAMCI'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	I
İÇİNDEKİLER.....	II
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
TABLolar LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
 BÖLÜM 1. GİRİŞ	 1
 BÖLÜM 2. ENERJİ	 3
2.1. Güneş Enerjisi	4
2.1.1. Isıl güneş teknolojileri (güneş kolektörleri)	5
2.1.2. Güneş pilleri (fotovoltaik)	6
2.1.3. Güneş enerji santrali bileşenleri	8
2.2. Dünya’da ve Türkiye’de enerji tüketimi	10
2.3. Enerji Verimliliği	11
2.4. Güneş Enerjisi ve Enerji Verimliliği	12
 BÖLÜM 3. ENERJİ ETÜDÜ YAPILAN ALIŞVERİŞ MERKEZİNİN TANITIMI	 14
3.1. Tesisin Enerji Tüketiminin İncelenmesi	15
3.2. Mevcut Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri	22
 BÖLÜM 4. ENERJİ ETÜDÜ YAPILAN SİSTEMLER	 24
4.1. Isıtma Sistemleri	24

4.1.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler	25
4.2. Soğutma Sistemi	29
4.2.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler	32
4.3. İklimlendirme ve Havalandırma Sistemi	35
4.3.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler	37
4.4. Tesisat	41
4.4.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler	42
4.5. Elektrik Motorları	47
4.5.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler	50
4.6. Aydınlatma	50
4.6.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler	51
4.7. Otomasyon Sistemi	53
4.7.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler	54
4.8. Tarife Analizi	57
4.8.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler	57
 BÖLÜM 5. PV PANELLER İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ YATIRIM MALİYETLERİNİN VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI.....	
5.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler	63
 BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER	
 KAYNAKLAR	
ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
AVM	: Alışveriş Merkezi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
FCU	: Fan-coil
GES	: Güneş Enerji Sistemleri
J	: Joule
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowattsaat
kWp	: Kilowatt peak
Km	: Kilometre
mm	: Milimetre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
MW	: Megawatt
Sm ³	: Standart metreküp
° C	: Santigrat derece
UETM	: Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi
V	: Voltaj
W	: Watt
Wp	: Watt peak
J	: Joule

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Güneş Pilinin Genel Gösterimi	7
Şekil 2.2. Fotovoltaik Sistem Genel Bileşenleri	8
Şekil 2.3. Fotovoltaik Güneş Paneli	9
Şekil 2.4. İnverter Çeşitleri	9
Şekil 2.5. Konstrüksiyon Sistemi	10
Şekil 3.1. Rings AVM	15
Şekil 3.2. 2017 Yılı Elektrik Tüketimi (kWh)	17
Şekil 3.3. 2017 Yılı Elektrik Maliyeti (TL)	17
Şekil 3.4. 2018 Yılı Elektrik Tüketimi (kWh)	18
Şekil 3.5. 2018 Yılı Elektrik Maliyeti (TL)	19
Şekil 3.6. 2017 Yılı Doğalgaz Tüketimi Maliyeti (TL)	20
Şekil 3.7. 2017 Yılı Doğalgaz Tüketimi Miktarı (m ³)	20
Şekil 3.8. 2018 Yılı Doğalgaz Tüketim Miktarı (m ³)	22
Şekil 3.9. 2018 Yılı Doğalgaz Tüketim Maliyeti (TL)	22
Şekil 3.10. 2018 Yılı Enerji Tüketim ve Enerji Maliyet Dağılımı.....	23
Şekil 4.1. Doğalgaz Kazanları	25
Şekil 4.2. Isıtma Tesisatı Akış Şeması	25
Şekil 4.3. Doğalgaz Kazanları Termal Görüntüleri	27
Şekil 4.4. Soğutma ünitesi (Chillerler).....	30
Şekil 4.5. Soğutma ünitesi (Soğutma Kuleleri).....	30
Şekil 4.6. Soğutma tesisatı akış şeması.....	32
Şekil 4.7. Soğutma grupları COP/Verim tablosu	33
Şekil 4.8. Chiller Termal Görüntüleri	34
Şekil 4.9. Klima Santralleri	35
Şekil 4.10. Klima Santrali ve Havalandırma Kanalları Termal Görüntüleri.....	39

Şekil 4.11. Mekanik Tesisat Elemanları	42
Şekil 4.12. Mekanik Tesisat Termal Görüntüleri.....	46-46
Şekil 4.13. Vana Ceketi İzolasyonlu Termal Görüntüleri.....	47
Şekil 4.14. Tesisatta kullanılan bazı elektrik motorları	48
Şekil 4.15. Motor Verimlilik Sınıfları.....	49
Şekil 4.16. Aydınlatmalar	51
Şekil 4.17. Chiller Otomasyon Kontrol Sistemleri Arayüzü.....	55
Şekil 4.18. Su Soğutma Kuleleri Otomasyon Kontrol Sistemleri Arayüzü	55
Şekil 4.19. Isıtma Kazanları Otomasyon Kontrol Sistemleri Arayüzü	56
Şekil 4.20. Klima Santralleri Otomasyon Kontrol Sistemleri Arayüzü	56
Şekil 4.21. EDPK tarafından onaylanan ve uygulanan tarifeler	59-60
Şekil 5.1. Güneş Enerjisi Panelleri Kurulacak Alan	64
Şekil 5.2. Güneş Enerjisi Paneli Teknik Özellikleri	65
Şekil 5.3. Güneş Enerjisi Paneli Teknik Çizimi.....	66
Şekil 5.4. İstanbul Toplam Güneş Radyasyon Haritası	67
Şekil 5.5. İstanbul Global Radyasyon Değerleri.....	67
Şekil 5.6. Güneşlenme Süreleri.....	68
Şekil 5.7. Pvsyst Programı Verileri.....	69-70
Şekil 5.8. Pvsyst Programı Raporu	71-73
Şekil 5.9. Pvsol Program Verileri	74-75
Şekil 5.10. Pvsol Programı Raporu.....	76-77

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. 2017 Yılı İçin Elektrik Tüketiminin Aylık Değerleri	16
Tablo 3.2. 2018 Yılı İçin Elektrik Tüketiminin Aylık Değerleri	18
Tablo 3.3. 2017 Yılı İçin Yakıt (Doğalgaz) Tüketiminin Aylık Değerleri	19
Tablo 3.4. 2018 Yılı İçin Yakıt (Doğalgaz) Tüketiminin Aylık Değerleri	21
Tablo 3.5. Yıllık Enerji Tüketimleri ve Maliyetlerinin Karşılaştıırılması (2018).....	23
Tablo 4.1. Kazanların Teknik Özellikleri	24
Tablo 4.2. Kazan Baca Gazı Ölçüm Değerleri.....	26
Tablo 4.3. Kazan Verim İyileştirme Sonuçları	28
Tablo 4.4. Kazan İyileştirme Analizi	29
Tablo 4.5. Su Soğutmalı Chillerlerin Teknik Özellikleri.....	30
Tablo 4.6. Su Soğutma Kuleleri Teknik Özellikleri	31
Tablo 4.7. Klima Santralleri Teknik Özellikleri	36
Tablo 4.8. İç Hava Kalitesi Ölçüm Değerleri	40
Tablo 4.9. Yalıtım Malzemeleri Maksimum Kullanım Sıcaklıkları	43
Tablo 4.10. Akışkan Sıcaklığına Göre Hatlar ve Kullanılması Gereken Yalıtım Malzemeleri.....	43
Tablo 4.11. Isıtma ve Sıcak Su Kullanım Tesisatlarında Kullanılması nerilen Minimum Yalıtım Kalınlıkları	44
Tablo 4.12. Mevcut Aydınlatma Adet ve Gleri.....	52
Tablo 4.13. Enerji Tasarrufu Sağlanan Aydınlatma Adet ve Gleri	53
Tablo 4.14. Tek Terim/Tek Zamanlı Tarifeye Göre Fatura Hesabı.....	61
Tablo 4.15. Çift Terim/Tek Zamanlı Tarifeye Göre Fatura Hesabı.....	62
Tablo 5.1. GES Parametre Değerleri	68
Tablo 5.2. Yıllık Elektrik retimi Karşılaştıra Tablosu	78

ALİŞVERİŞ MERKEZLERİNDE KULLANILAN ENERJİ SİSTEMLERİNİN ENERJİ ETÜD RAPORUNUN HAZIRLANMASI VE GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ENERJİ TASARRUFU SAĞLANMASI; RİNGS AVM ÖRNEĞİ

ÖZET

Bu çalışmada, İstanbul ili Sancaktepe ilçesinde bulunan RİNGS Alışveriş Merkezi'nde kullanılan cihazların tükettikleri enerji miktarları incelenerek enerji tasarruf potansiyellerinin tespiti yapılması amaçlanmıştır. Elektrik tüketimi yapan tüm cihazlar detaylı ölçüm, gözlem ve hesaplamalarla incelenmiştir. Tesiste yaz döneminde soğutma görevini gören cihazlar ve kış döneminde ise yapının ısıtılmasını sağlayan cihazlar ve diğer tüketim elemanları (pompalar, klima santralleri, aydınlatma, vb.) detaylıca incelenerek durumları analiz edilmiştir. Kazanlarda verim artışını sağlayabilmek amacıyla yanma ayarlarının kontrol edilmesi ve O₂ (%) değerlerinin 1-4,5 aralığına ve baca gazı sıcaklığı 120°C ile 130°C arasına getirilmesi önerilirken, soğutma kulesi fanları frekans inventörü ile çalıştırıldığından enerji veriminin maksimum seviyede olduğu saptanmıştır. Klima santralleri enerji verimliliği açısından gerekli önlemler alınarak donatılmıştır. Tesisin elektrik motorlarının alt yapısı iyi olarak değerlendirilmiştir. Mevcut aydınlatmaların yerine kullanabilecek olan yeni nesil enerji tasarruflu aydınlatmalar kullanıldığında yıllık yaklaşık %63 oranında ve 252.388 kW enerji tasarrufu sağlamanın mümkün olduğu saptanmıştır. Tesisin çatısında bulunan ve güneş ışınlarını doğrudan alan bölgenin tamamını kullanacak şekilde 720 adet Axitec marka AC-375MH/144S 375 Wp kapasiteli paneller tasarlanmıştır. Tasarımda, PVSyst programı ile 330.200 Kw, Pysol programı ile 373.580 kW ve ortalama 351.890 Kw'lık yıllık elektrik üretimi yapılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Enerji Etüdü, Güneş Enerjisi

PREPARATION OF ENERGY SURVEY REPORT OF ENERGY SYSTEMS USED IN SHOPPING MALLS AND ENERGY SAVING WITH SOLAR ENERGY; RINGS AVM EXAMPLE

SUMMARY

In this study, it is aimed to determine the energy saving potentials of the devices used in the Rings Shopping Center in Sancaktepe district of Istanbul, by examining the energy consumption. All devices that consume electricity were examined with detailed measurements, observations and calculations. The devices that serve as cooling in the summer period, and the devices and other consumption elements (pumps, air handling units, lighting, etc.) that provide heating of the building in the winter period are analyzed in detail and analyzed their situation. While it is recommended to control the combustion settings and bring the O₂ (%) values to the range of 1-4.5 and the flue gas temperature to 120-130 ° C in order to increase the efficiency in the boilers, it has been determined that the energy efficiency is at the maximum level since the cooling tower fans are operated with a frequency inverter. air handling units are equipped with necessary precautions in terms of energy efficiency. The infrastructure of the electric motors of the facility has been evaluated as good. It is determined that it is possible to save 252.388 kW of energy annually at an annual rate of 63% when using new generation energy-saving lighting that can replace existing lighting. Panel Axitec brand AC-375MH / 144S model 375 Wp capacity panels are designed to use the entire region on the roof of the facility and that receives direct sunlight. In the design, it was determined that 368,440 Kw, 330,200 Kw with PVSyst program, 373,580 kW with Pysol program and an average of 357,407 Kw annual electricity generation.

Key Words: Energy, Energy Study, Solar Energy

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Enerji, bir canlının hayatını devam ettirebilmesi için ne kadar elzem ise bir ülkenin sosyal ve ekonomik olarak kalkınmasını da gösteren, yaşam kalitesini artıran en önemli unsurlardan biridir. Dünya nüfusunun hızla artması, teknolojinin gelişimi ve sanayileşmeye paralel ülkelerin kalkınmalarının artması ile daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmakta ve buda enerjiyi üzerine düşünülmesi gereken bir konu haline getirmektedir. Artan enerji ihtiyacına yanıt verebilmek için enerji kaynakları özellikle fosil yakıtlar hızla tükenmektedir. 2050’li yıllara gelindiğinde petrolün tükenme noktasına geleceği varsayılırken doğalgazın 2070, kömürün ise 2150 yılına kadar tükenmesi öngörülmektedir [1]. Aynı zamanda ülkeler ekonomilerinin çoğunu bu enerji kaynakları için harcamaktadır. Buda ülkeleri daha ekonomik ve yenilenebilir enerji kaynakları üretmeye dolayısı ile enerji tasarrufu yapmaya yöneltmektedir.

Enerji tasarrufu, ekonomik gelişmeden ve çağdaş yaşam koşullarından ödün vererek enerjinin en az miktarlarda kullanılması değil üretim hızı ve kaliteyi düşürmeden verimliliği artırılmaktır [2]. Enerji tasarrufunun önemi her geçen artmakta ve dünya çapında bir yayılım sağlamak için uluslararası kuruluşlar ve devletler düzenli olarak sempozyumlar ve toplantılar yapmaktadır. Alınacak önlemler ve yapılacaklar kanunlarla onaylanıp, günlük yaşantımızda da kullanabilmek için kamu reklamları şeklinde sunulmaktadır. Türkiye’ de enerji tasarrufu ile ilgili konuda dünya devletleriyle benzer bir yol izlemekte ve tasarrufla ilgili önlemleri yasalaştırmaktadır [2].

Bu çalışmada da, bu yasalardan “5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanun” u baz alınmıştır. Bu kanuna göre; “Yıllık toplam enerji tüketimi beş bin ton eşdeğer petrol (TEP) ve üzeri olan endüstriyel işletmeler ile toplam inşaat alanı yirmi bin metrekarenin üzerinde olan hizmet sektöründe faaliyet gösteren binalarda etüt

yapılması ve dört yılda bir denetlenmesi zorunluluğu” kapsamında İstanbul Sancaktepe ilçesinde bulunan temel enerji tüketimleri elektrik ve doğalgaz olan Rings Alışveriş Merkezi’ nin (Avm) yıllık elektrik tüketimi verileri çerçevesinde sistemde kullanılan cihazların fizibilitesini yaparak, tesiste saha ve raporlama süreci doğrultusunda enerji verimliliğı açısından çalışmalar yapılması ve güneş enerjisi ile nasıl enerji tasarrufu yapılabileceğı amaçlanmıştır [3]. Ölçüm, analiz ve hesaplama süreci ile tesisin enerji tüketim eğilimi, mevcut durumu ve tasarruf potansiyeli ortaya koyulmuştur. Böylece enerji tüketimlerinin azaltılması ile doğrudan, fosil yakıt kullanımının azaltılması ile de dolaylı yoldan verimli bir çalışma ortamı hedeflenmektedir.



BÖLÜM 2. ENERJİ

Enerji; kısaca bir cisim ya da sistemin iş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Isı enerjisi, ışık enerjisi (radyant enerji), mekanik enerji, elektrik enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji gibi farklı formlarda da günlük hayatımızın her alanında kullanılmaktadır. Enerji dönüşüm sistemleri ile birbirlerine dönüştürülebilmektedirler [4,5].

Değişik yöntem ve teknikler kullanılarak, ekonomik amaçlarla enerji elde edilen kaynaklara, enerji kaynakları denilmektedir. Enerji kaynakları farklı şekillerde sınıflandırılırken, bu çalışmada tükenebilir kaynaklar olup olmadıklarına göre enerji kaynakları sınıflamasına yer verilmiştir [6].

Yenilenebilir Enerji Kaynakları;

Akaydın'a (2005) göre, "enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilen enerji kaynağı" olarak tanımlanmaktadır. Tükenme gibi risklerinin olmadığı, fosil yakıtlara göre de çevreyi kirletmemesi, doğaya ve canlılara dost olması gibi avantajları bulunmaktadır. Buna karşılık hidro ve rüzgâr dışındakilerin şimdilik pahalı olmaları ve coğrafi olarak her yerde bol bulunmuyor olmaları gibi dezavantajları da mevcuttur [7].

Yenilenebilir enerji kaynaklarını; Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerjisi, okyanus enerjisi, hidro enerji ve hidrojen enerjisi olarak sıralayabiliriz [6,7].

Tükenebilir (Konvansiyonel) Enerji Kaynakları;

Kısa zaman aralığında yeniden meydana gelemeyen, bir kez kullanılabilen ve tükenme riskinin olduğu enerji kaynağı olarak tanımlayabiliriz. Bu tür enerjiler, yaşamları çok uzun zaman önce sona ermiş bitki ve hayvan gibi organik kalıntıların fosillerinden oluşmaktadır [6,7].

Tükenebilir enerji kaynaklarını; kömür, petrol, doğal gaz, uranyum ve toryum gibi nükleer kaynaklar ve bitümlü şistler olarak sıralamamız mümkündür [6,7].

2.1. Güneş Enerjisi

Nükleer yakıtların dışında dünyada kullanılan diğer enerjilerin ana kaynağı yeryüzünden 151.106 kilometre (km) uzaklıkta olan 1,4 km çapındaki güneştir. Güneş hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları ile enerji oluşturmaktadır (5). Her saniyede 564 milyon ton Hidrojen, 560 milyon ton Helyum'a dönüşmekte ve arada oluşan 4 milyon ton kütle farkı ile $3,86 \times 10^{26}$ Joule enerji açığa çıkmakta (Einstein'ın madde-enerji bağıntısı) ve ısıtım şeklinde uzaya yayılmaktadır (8). Kümülatif enerji birikimi $1,785 \times 10^{47}$ Joule olan güneş, 178 trilyon Kilowatt (kW) düzeyinde dünyaya ulaşmaktadır. Gelen enerji dünyada bir yılda diğer kaynaklardan kullanılan enerjinin 20 katına eşdeğerdir [8].

1970 yılından sonra hız kazanan GES'deki (Güneş enerji sistemleri) teknolojik ilerlemeler ve eş zamanlı GES'deki maliyetlerin düşüşleri güneş enerjisini çevresel olarak temiz bir yenilenebilir enerji kaynağı kabul ettirmiştir [9,10].

Günümüzde güneş enerjisi, ısıtma-soğutmada, sıcak su sağlamada, tarımsal sulama sistemlerinde, ulaşım-iletişim araçlarında, otomasyon sistemlerinde ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır [11].

Güneş enerjisinin avantajları;

- Temizdir, çevreye zararlı gazlar vermez.
- En büyük ve tükenmez enerji kaynağıdır.
- Ucuz ve dışa bağımlı olunmayacağı için ülke ekonomisine faydalıdır.
- Enerjiye ihtiyaç duyulan yerlerde rahatlıkla kullanılabilir.
- Karışık bir teknolojisi yoktur.
- İşletmeler için masraflı değildir.

Güneş enerjisinin dezavantajları;

Güneş ışınımı sürekli olmadığı için kış aylarında sıkıntılar yaşanabileceği gibi depolanması ile ilgili de sınırlılıklar vardır. Sistemin etrafının açık, geniş olması da gerekmektedir [5,12].

Güneş enerjisi günlük yaşantımızda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Güneş enerjisinin kullanılabilmesi için elektrik üretiminde fotovoltaiik pillere ve güneş ısıısı için güneş ısıı kollektörlerine ihtiyaç vardır.

2.1.1. Isıl güneş teknolojileri (güneş kollektörleri)

Güneş enerjisinden ısı elde etmek için ısıyı kollektörler yardımı ile toplar ve bu ısı elektrik üretimi için de kullanılabilir [13].

Günümüzde kullanılan farklı türlerde kollektörler vardır. Bunlar;

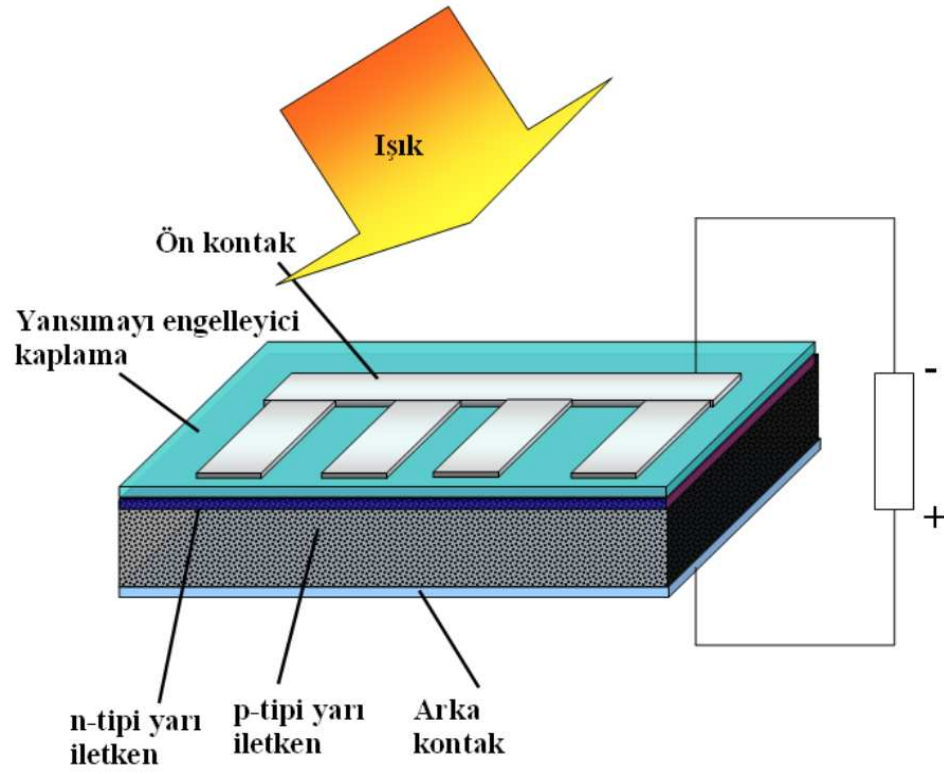
- Düzlemsel Kolektörler,
- Parabolik Oluk Kolektörler,
- Parabolik Çanak Tipi Kolektörler,
- Merkezi Alıcı Tipi Kolektörler

2.1.2. Güneş pilleri (fotovoltaik)

Fotovoltaik, “foto” (ışık) ve “voltaik” (elektrik) kelimelerinden meydana gelmiş, güneş ışığını doğrudan elektriğe çeviren yarı iletken malzemelerdir. Fotovoltaik piller ya da güneş pili mevcut yenilenebilir enerji kaynakları arasında verimliliği en fazla olanların başında gelmektedir. Fotovoltaik etki; güneş ışınımına maruz kalan iki farklı malzemenin arasında oluşan elektriksel potansiyeldir [13,14].

Güneş pilleri ve bağlantı telleri son derece hassas olup, nem ve uygulanabilecek baskı ile aşınabilecek yapıda olup fotovoltaik malzeme, metal çerçeve, yansımayı önleyici tabakalar ve destekleme malzemesinden meydana gelmektedir. Güneş pili, içerisine giren güneş ışığını maksimum seviyeye taşır ve optimize edilmesini sağlar. Böylece pilden en yüksek verim elde edilmeye çalışılır [15].

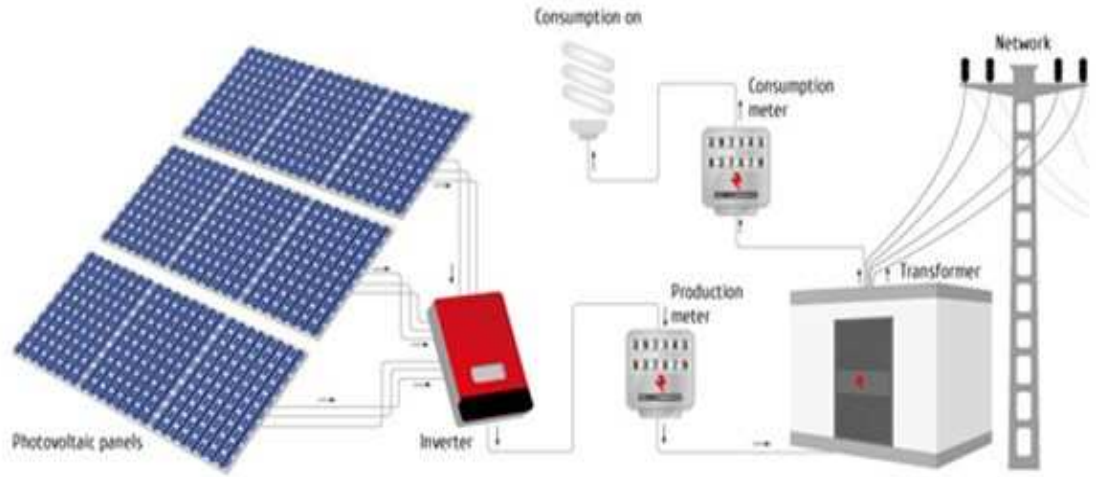
Güneş pilleri paralel bağlanırsa voltaj sabit kalır ve akım iki katına çıkar, seri bağlanırsa akım sabit kalır ve voltaj iki katına çıkar. Bu şekilde gerilim artmış olur. Fotovoltaik paneller de modüllerin paralel veya seri olarak bağlanması ile elde edilmektedir. Bu yöntemle bir panelin gerilimi 12-600 V arasında olmuş olur [13,14]. Fotovoltaik sistem, doğru akım ya da alternatif akım ile çalışan yükü doyurmak için, güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirir. Doğru akım ile çalışan bir yük beslenebilir. Üretilen enerjinin sistemden fazla olduğu zamanlarda ise enerji akülere depolanır. Gerekli durumlarda kullanılabilir. Fotovoltaik sistemler, yerleşim yerinden uzak yerlerde kurabilir ve uzaktaki elektrik yükleri beslenebilir [5,12,16]. Şekil 2.1.’de güneş pilinin genel gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.1. Güneş Pili'nin Genel Gösterimi

Fotovoltaik Paneller:

Fotovoltaik güneş panelleri tarafından üretilen doğru akım, inverter (evirici) yardımıyla alternatif akıma çevrilir. Güneş enerjisi üretiminde kullanılan eviricilerin önemli bir özelliği de kendi enerjisini içerisindeki pilden sağlamasıdır. Bu sebeple, panellerden gelen enerjinin ufak bir miktarını kendi enerjilerini sağlamak için kullanmaktadırlar. Daha sonrasında alternatif akıma dönüştürülen enerji, kullanılmak amacıyla şebekeye verilir. Üretim esnasında güneş panellerinin sıcaklığı, elektrik üretim miktarını etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Panel sıcaklığının artması, paneldeki bant aralığını azaltarak elektronların enerjisini arttırır. Bu sebeple sıcaklık artışıyla beraber akım artışı olurken voltaj düşer. Güneş panellerinin yüksek verimde çalışması için hafif serin yerlerde santrallerin kurulması önerilmektedir [17]. Şekil 2.2.'de fotovoltaik sistem genel bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Fotovoltaik Sistem Genel Bileşenleri

2.1.3. Güneş enerji santrali bileşenleri

Yapılan bu çalışmada güneş enerji santralleri bileşenlerinden olan ve maliyetlerin büyük bir kısmını oluşturan fotovoltaik panel, inverter ve konstrüksiyon sistemleri ele alınmıştır.

Güneş Panelleri:

Güneş pilleri, güneş ışığını kullanarak doğrudan elektrik üretilmesini sağlayan sistemlerdir. Günümüzde kullanılan en yaygın güneş panellerinin yüzey alanı yaklaşık 150-200 cm² civarında ve kalınlıkları ortalama 32 mm'dir. En yaygın olarak kullanılan güneş panelleri 60 hücreden meydana gelmektedir ve güçleri 250-400 W arasında değişiklik göstermektedir [18,19]. Şekil 2.3.'de fotovoltaik güneş paneli görseli verilmiştir.



Şekil 2.3. Fotovoltaik Güneş Paneli

İnverter (Çevirici):

İnvertör doğru akımı, alternatif akım fotovoltaik modül gerilimine ve elektrik dağıtım şebekesinin frekansına dönüştüren elektronik cihazdır. İnvertör, Avrupa sertifikasyon şartlarının yanı sıra fotovoltaik bağlantı ile ilgili Türkiye mevzuatının tüm korumalarını ve diğer teknik şartlarını sağlamaktadır [18,19]. Şekil 2.4.'de bazı inverter çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 2.4. İnverter Çeşitleri

Konstrüksiyon Sistemi:

PV modüllerin arazi üzeri veya çatı üzerinde bölgeye göre değişen konumlandırma açılarına uyacak şekilde, destek yapısı galvanizli çelik ve alüminyum malzemedir.

yapılan sistemlerdir. Yapılar rüzgâr ve kara yüklerine dirençli olacak şekilde hesaplanarak kurulmaktadır. Her modül çerçeveye montaj noktalarından, ısıl genleşme ve bükülme etkilerinin modüllere zarar vermeyeceği emin olunduktan sonra sabitlenmektedir [18,19]. Şekil 2.5’de örnek konstrüksiyon sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Konstrüksiyon Sistemi

2.2. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Tüketimi

Dünya enerji üretimi ve tüketiminde dünümüzden bugüne en büyük enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar yerini almaktadır (1). Yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerji, dünyanın toplam enerji talebinin ancak % 1,9’unu karşılamakta geleneksel biomas ve büyük güçlü hidroelektrik santrallerin üretime katıldığı zaman bu oran % 17,7’ye yükselmektedir (6). Dünya’nın enerji üretim ve tüketiminde, ilk sırada % 32,8’lik tüketim oranı ile petrol, ikinci sırada % 29.0 oranı ile kömür ve üçüncü sırada % 24,2 ile doğal gaz gelmektedir [1].

Dünyamızda enerji ihtiyacı her yıl ortalama % 4-5 oranında artarken fosil yakıt rezervi ise çok daha hızlı bir şekilde tükenmektedir. Aynı zamanda fosil yakıtlar dünya sıcaklığını artırmakta, hava kirliliğine neden olmakta ve milyonlarca dolar zarara yol açan sel/fırtına gibi doğal afetlerin gözle görülür biçimde artmasına sebep olmaktadır. 2019 sonu itibarıyla Türkiye’nin yıllık elektrik enerjisi talebinin 315,2 milyon MWh

olacağı tahmin edilmektedir. Doğaya saygılı enerji kaynaklarının kullanımı arttıkça, yeni enerji kaynakları konusunda yapılan araştırmalarda hızla artmaktadır [7,20]. Dünya enerji üretim ve tüketimi son derece gelişime açık bir sektördür. Bu nedenle mevcut enerji kaynaklarına ilişkin yeni rezerv sahaları ile bu kaynaklara alternatif yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışı önemini kaybetmeden devam etmektedir.

En fazla enerji tüketen ülkelerden ilk sırayı Çin yer almıştır. Türkiye boyutunda baktığımızda, 2018 yılı sonu itibariyle 129,3 milyon TEP birincil enerji tüketimi ile dünyadaki enerji tüketiminde en yüksek 19. ülke olmuştur. Ülkemiz hemen hemen tüm konvansiyonel enerji kaynaklarına sahip iken özellikle akışkan fosil yakıt (petrol + doğal gaz) rezervleri bakımından fakir bir ülkedir. Ülkemizin kullandığı başlıca enerji kaynakları; doğalgaz, jeotermal kaynaklar, hidroelektrik enerji, kömür, petrol ve linyit olarak sıralanmaktadır. Bu kaynaklardan sağlanan enerji ülkemizin enerji ihtiyacının sadece %48'ini karşılamaktadır. Bu nedenle Türkiye enerjide dışa bağımlı olup, enerji ihtiyacının yarıdan fazlasını dışarıdan ithal etmekte, elektrik üretimi için her yıl milyonlarca dolar ödemektedir ve bu durum ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Türkiye'nin artan nüfusu, sanayileşmesi gibi birçok sebepten dolayı yıllık enerji talep artışı 1990'dan itibaren ortalama %4,6'dır [9,21,22]. Tüm bunlar Türkiye'nin geleceği için ekonomik ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaya önem kazandırmaktadır [9,23].

2.3. Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği genel olarak yaşam standardında ve üretim kalitesinde değişiklik yaratmadan enerji tasarrufu sağlamak, endüstriyel işletmelerde ise kalite ve performansı düşürmeden bir hizmeti elde etmek için gereken enerji miktarını azaltmaktır [1]. Enerji talebinde ve küresel iklim değişikliği ile baş etmede en ekonomik araç enerji verimliliğinin arttırılmasıdır. Bu sayede enerji tasarrufu da sağlanmış olacaktır.

Ülkemizde enerji tasarrufu ile ilgili yapılan çalışmalar özel sektörün gelişmesi ile birlikte başlamıştır.

- 1981 yılında başbakanlık talimatı ile Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu kurulmuştur.
- 1985 tarihli binalarda ısı yalıtımı kurallarını belirleyen Binalarda Isı Yalıtım Kuralları TS825 standardı yayınlanmıştır. 1998 ve 2008 yılında revize edilmiştir.
- 1 Kasım 1995 tarihinde 'sanayide enerji verimliliği yönetmeliği' yayınlanmış ve uygulamaya geçmiştir. Enerji verimliliği yönetmeliği ise, 11 Kasım 1995 tarih ve 22400 sayılı Resmi Gazete 'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.
- 1993 yılında Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi (UETM) kurulmuştur.
- 18 Mayıs 2005'te 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” yürürlüğe girmiştir.
- Enerji Verimliliği Kanun tasarısı taslağı Haziran 2006 yılında hazırlanmıştır. 22 Şubat 2007 tarihinde enerji verimliliği kanunu, TBMM’de kabul edilmiş, 02 Mayıs 2007 tarihinde 5584 sayılı enerji verimliliği kanunu Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir [1].

Kamu kurum ve kuruluşlarında enerji tasarrufuna yönelik önlemlerin alınması, enerjinin verimli kullanılması, halkın bilinçlendirilmesi, yenilebilir enerjinin binalarda kullanımı konusunda yatırımlar yapılması enerji verimliliğine dair çalışmaları daha etkin kılabilir.

2.4. Güneş Enerjisi ve Enerji Verimliliği

Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş enerjisi gelmektedir. Güneş ışığının elektrik üretebildiği ilk olarak 1839’da Edmond Becquarel tarafından keşfedilmiştir. 1860 yılında da ilk kez Fransa’da kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonrasında ise jeotermal kaynaklar, ısıtma ağırlıklı olarak ve yel değirmenleri ile birlikte elektrik üretimi amaçlı kullanılmıştır. Güneşten dünyaya gelen güç miktarının yaklaşık olarak 1.8×10^{11} megavat (MW) olması nedeni ile bugün ve gelecekteki enerji ihtiyacını karşılayacak güç olarak görülmektedir [5,12,24,25].

Yapılan alışmalar doğrultusunda 2030 yılında dünya nüfusunun %70'i şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Buda endüstrileşmenin ve enerji ihtiyaının artması, büyük çevresel sorunlar ve iklimsel değişiklikleri beraberinde getireceğinin habercisi olmaktadır. Bu nedenle ülkeler enerji üretimde yeni arayışlar içine girmişlerdir. Özellikle kaynağı tükenmeyen, çevreyi kirletmeyen, dışa bağımlılık gerektirmeyen ve neredeyse bedava sayılabilecek olan güneş enerjisinden elektrik üretimi önemli bir noktaya ulaşmıştır [24].

Türkiye'nin enerji üretim kaynağı ihtiyaında dışa bağımlılığı, enerjinin ülkemiz için ne kadar önemli bir durumda olduğunun göstermekte ülkemizdeki mevcut enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması için çalışmalar yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Öte yandan da yapılan çalışmalarda hızla yükseliş gösteren gündelik yaşantımızdan başlayarak, iletişimden tarıma, endüstriyel kesimden başlıca elektrik santrallerine uzanan güneş enerjisini ön plana çıkarmaktadır [26]. Türkiye'de coğrafik konumu nedeni ile güneş enerjisinden elektrik üretiminde yararlanabilme açısından Avrupa lkeleri arasında ikinci sırada yer almaktadır [25]. Türkiye sahip olduğu yüksek güneş enerjisinden faydalanma potansiyeli ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek için hızlı bir şekilde somut, sürdürülebilir ve uygulanabilir politikalar izlemelidir.

İthal ettiğimiz doğalgazın da etkisiyle artan dış borcumuz kurulacak yatırımı dışında üretiminde herhangi bir maliyeti olmayan her güneş enerji santrali ülkemize ortalama 600 milyon dolar kadar katkı sağlayacak, dışarıdan ithal edilen enerji kaynaklarının yüklü maliyetlerini azaltarak ekonomimizi güçlendirecektir. Yapılan araştırmalar Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyeli verimli kullanıldığında 3,5 milyar dolarlık bir tasarruf sağlanacağını ifade ediyor [27]. Günümüzde nüfus artışı, şehirleşme, sanayileşme ve teknolojinin yaygınlaşmasına paralel olarak enerji tüketiminin artması ile güneş enerjisinin yaşamımızdaki tüm alanlarda kaynağının tükenmemesi, ucuz olması gibi sahip olduğu nedenler de kullanımı ve yaygınlaşması için önem kazandırtmaktadır.

BÖLÜM 3. ENERJİ ETÜDÜ YAPILAN ALIŞVERİŞ MERKEZİNİN TANITIMI

2014 yılında hizmet vermeye başlayan Rings Alışveriş Merkezi, İstanbul'un Sancaktepe ilçesinde kurulmuştur. 30.000 metrekare (m²)'lik bir arsa alanı üzerine kurulu olan Rings AVM, yaklaşık 29.500 m² kiralanabilir alan, 470 araç kapasiteli otoparkı ile hizmet vermektedir. Toplamda 65.000 m²'lik kapalı alana sahiptir (Şekil 3.1).

Tesis 4 bodrum kat ve 1 zemin kattan oluşmaktadır. 4. ve 3. Bodrum katlarda kapalı otoparklar, 2. bodrum katta otopark ve mağazalar, 1. bodrum katta mağazalar ve zemin katta açık mağazaları bulunan yarı açık bir alışveriş merkezidir. Mekanik ekipmanlar 1. bodrum katta ve zemin katta bulunmaktadır. Katlarda ise çeşitli kiralık alanlara bölünmüş mağazalar bulunmaktadır. Ayrıca devamında mekanik ekipmanları alışveriş merkezinden bağımsız 9 katlı rezidans bulunmaktadır. Tesis 10:00-22:00 saatleri arasında 365 gün çalışmaktadır. Tesis merkezi sistem soğutma, iklimlendirme ve ısıtma altyapısına sahiptir. Sistemdeki temel ekipmanlar fancoil, soğutma grupları ve kazanlardan oluşmaktadır.



Şekil 3.1. Rings AVM

3.1. Tesisin Enerji Tüketiminin İncelenmesi

Tesisin aylık bazda 2017 ve 2018 yılı enerji tüketimleri incelenmiştir. Bu veriler ayrı ayrı tablolar ve grafikler ile detaylandırılmıştır. Yapılacak analizlerde bu veriler referans alınacaktır.

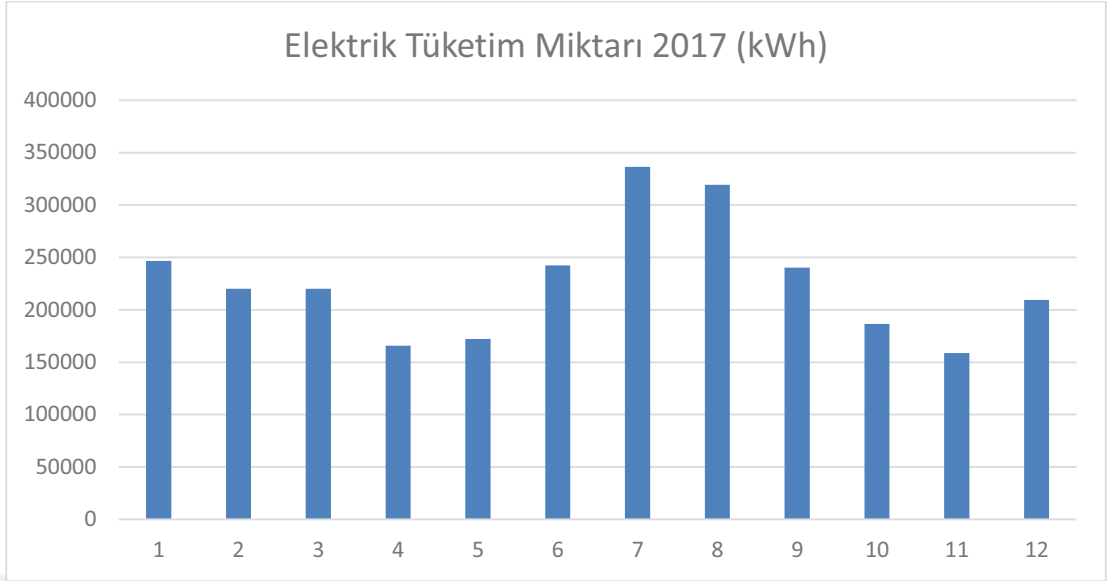
Tabloda tüketim değerleri kWh ve TEP olarak verilmiştir. TEP: Çeşitli enerji kaynaklarının miktarlarını tanımlamak için ve farklı birimleri karşılaştırmaya yarayan bir birimdir (1 TEP; 1 ton petrolün yakılması ile elde edilecek enerjiye eşittir). Tablo 3.1’de 2017 yılı için aylık elektrik tüketimleri verilmiştir.

Tablo 3.1. 2017 Yılı İçin Elektrik Tüketiminin Aylık Değerleri

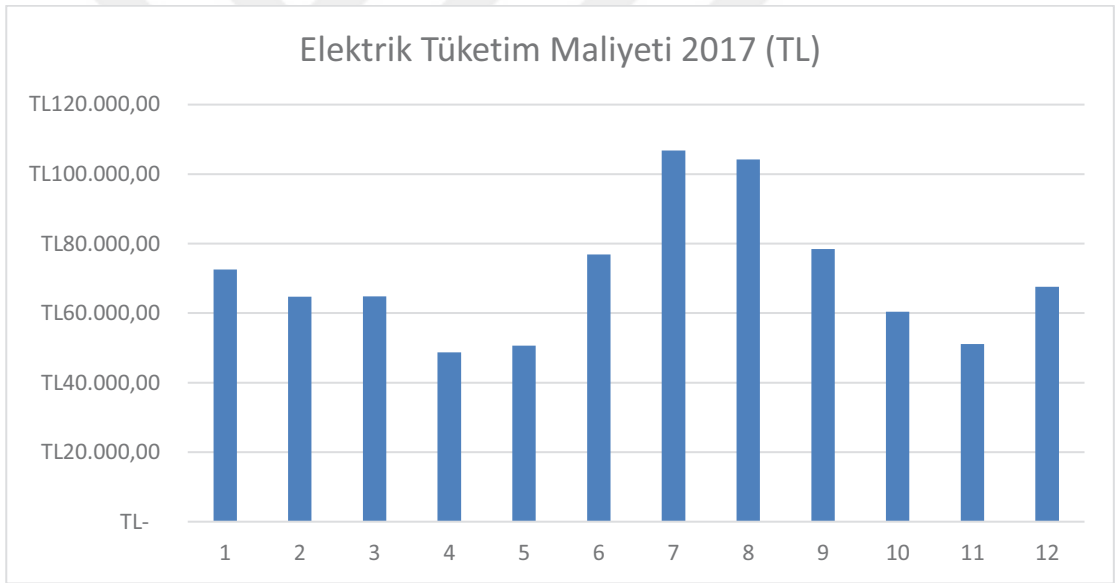
2017 Elektrik Tüketim Tablosu				
AYLAR	TÜKETİM		MALİYET	
	kWh	TEP	Birim Fiyat	Toplam
Ocak	246591	21,21	0,2942	72.547,07 TL
Şubat	220141	18,93	0,2942	64.765,48 TL
Mart	220256	18,94	0,2942	64.799,32 TL
Nisan	165630	14,24	0,2942	48.728,35 TL
Mayıs	172258	14,81	0,2942	50.678,30 TL
Haziran	242293	20,84	0,3174	76.903,80 TL
Temmuz	336595	28,95	0,3174	106.835,25 TL
Ağustos	319469	27,47	0,3261	104.178,84 TL
Eylül	240294	20,67	0,3263	78.407,93 TL
Ekim	186459	16,04	0,3239	60.394,07 TL
Kasım	158776	13,65	0,3221	51.141,75 TL
Aralık	209529	18,02	0,3225	67.573,10 TL
TOPLAMLAR	2718291	233,77		846.953,27 TL

Tablo 3.1’de tüketim özeti verilen 2017 yılına ait elektrik tüketimlerinde dikkat çeken nokta elektrik tüketim eğiliminin yaz aylarında kış aylarına göre daha fazla olmasıdır. Yaz aylarında devreye giren soğutma grupları bu sonucu doğurmaktadır. Yaz ayları dışındaki dönemlerde ise genel elektrik tüketim seviyesini aydınlatma, elektrikli ofis cihazları ve mekanik tesisat elemanları (pompa, hidrofor, havalandırma fanları, vb.) oluşturmaktadır.

Şekil 3.2 ve 3.3’de, Tablo 3.1 ’de verilen değerler grafik halinde sunulurken tesisin tüketim eğilimleri gösterilmiştir. Bu grafiklerden de Ağustos ayında tüketim ve buna bağlı olarak maliyetlerin en üst seviyeye ulaştığı görülmektedir. Haziran ayı ile başlayan yükseliş trendi Ağustos ayından sonra düşüşe geçtiği net olarak gözükmemektedir. Soğutma yüklerinin tüketimlere etkisini bu grafikler açıkça ortaya koymaktadır.



Şekil 3.2. 2017 Yılı Elektrik Tüketimi (kWh)



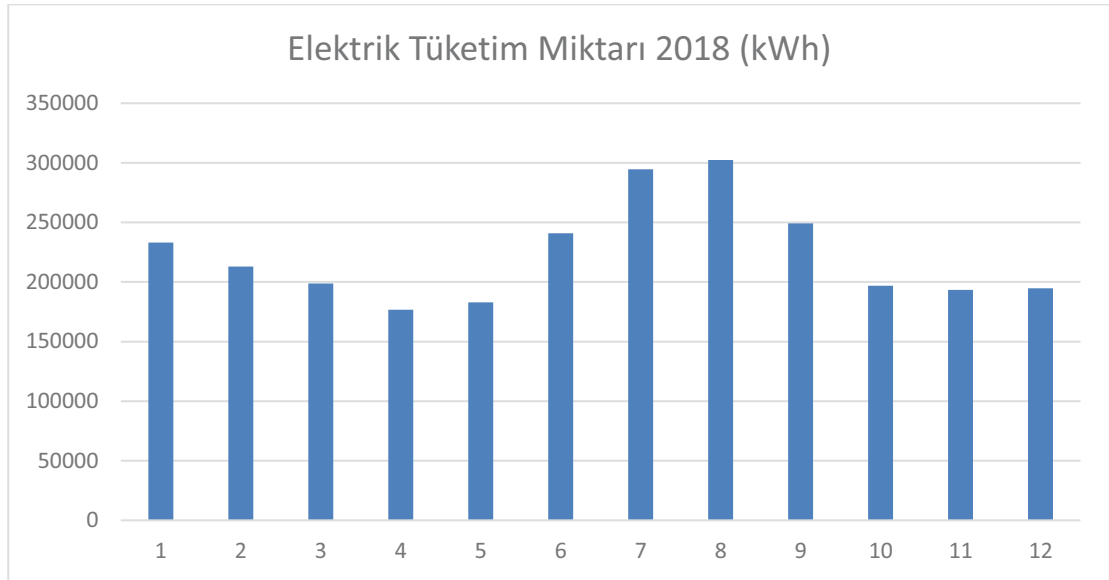
Şekil 3.3. 2017 Yılı Elektrik Maliyeti (TL)

Tablo 3.2’de tüketim özeti verilen 2018 yılına ait elektrik tüketimlerinde dikkat çeken nokta elektrik tüketim eğiliminin 2017 yılında olduğu gibi yaz aylarında kış aylarına göre daha fazla olmasıdır.

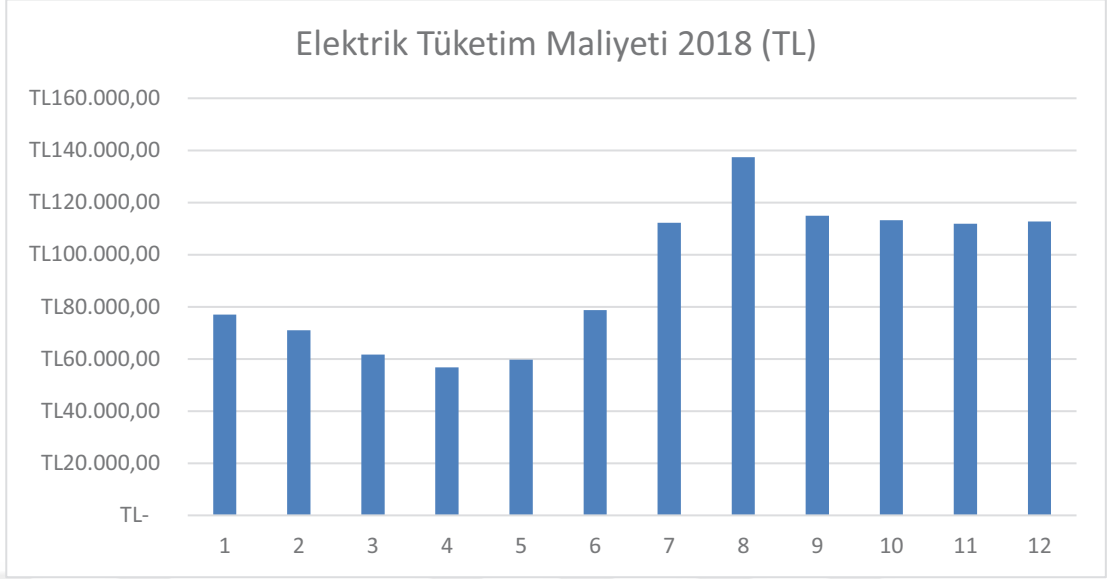
Tablo 3.2. 2018 Yılı İçin Elektrik Tüketiminin Aylık Değerleri

2018 Elektrik Tüketim Tablosu				
AYLAR	TÜKETİM		MALİYET	
	kWh	TEP	Birim Fiyat	Toplam
Ocak	233022	20,04	0,3307	77.060,38 TL
Şubat	213081	18,32	0,3331	70.977,28 TL
Mart	198850	17,10	0,3101	61.663,39 TL
Nisan	176706	15,20	0,3216	56.828,65 TL
Mayıs	182859	15,73	0,3267	59.740,04 TL
Haziran	240962	20,72	0,3269	78.770,48 TL
Temmuz	294526	25,33	0,3812	112.273,31 TL
Ağustos	302235	25,99	0,4548	137.456,48 TL
Eylül	249182	21,43	0,4612	114.922,74 TL
Ekim	196906	16,93	0,5752	113.260,33 TL
Kasım	193337	16,63	0,5784	111.826,12 TL
Aralık	194568	16,73	0,5792	112.693,79 TL
TOPLAMLAR	2676234	230,16		1.107.472,97 TL

Şekil 3.4 ve 3.5’de, Tablo 3.2’de verilen değerler grafik halinde sunularak tesisin tüketim eğilimleri gösterilmiştir. Bu grafiklerden de ağustos ayında tüketim ve buna bağlı olarak maliyetlerin en üst seviyeye ulaştığı görülmektedir.



Şekil 3.4. 2018 Yılı Elektrik Tüketimi (kWh)



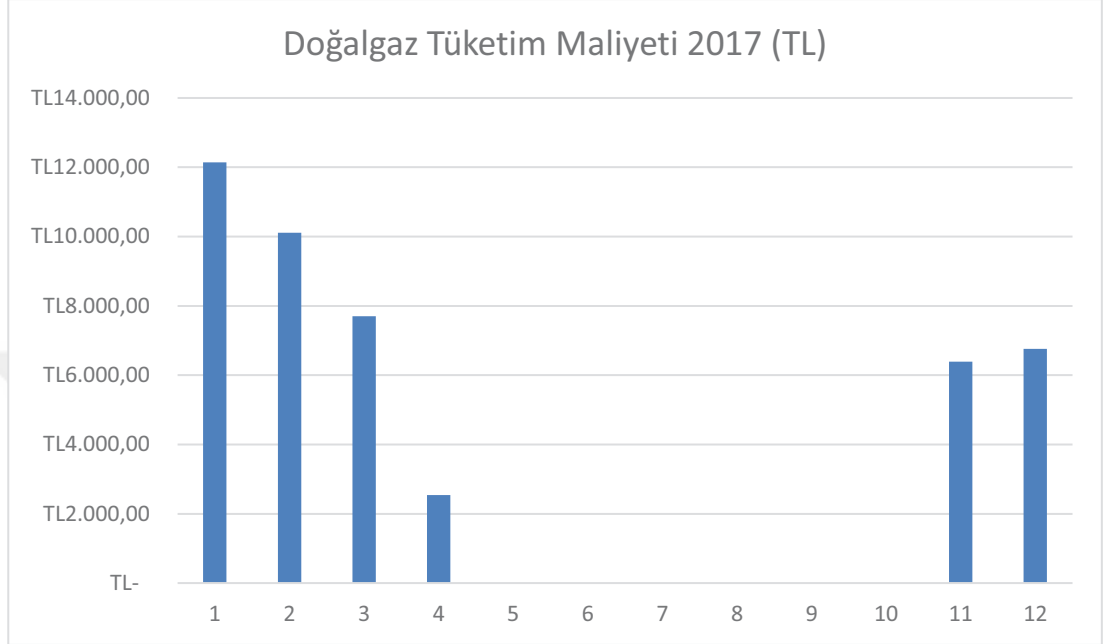
Şekil 3.5. 2018 Yılı Elektrik Maliyeti (TL)

Doğalgaz tüketimleri açısından tesis incelendiğinde, 2017 yılına ait tüketimler Tablo 3.3’de detaylandırılmıştır. Tablo 3.3’de tüketim özeti verilen 2017 yılına ait doğalgaz tüketimlerinde dikkat çeken nokta kış aylarının gelmesi ile ısıtma ihtiyacının artması ve yaz aylarının gelmesi ile sıcak su kullanımının da olmaması ile doğalgaz tüketiminin olmayışıdır.

Tablo 3.3. 2017 Yılı İçin Yakıt (Doğalgaz) Tüketiminin Aylık Değerleri

2017 Doğalgaz Tüketim Tablosu				
AYLAR	TÜKETİM		MALİYET	
	m ³	TEP	Birim Fiyat	Toplam
Ocak	9690	7,99	1,2535	12.146,42 TL
Şubat	8052	6,64	1,2553	10.107,68 TL
Mart	6197	5,11	1,2422	7.697,91 TL
Nisan	2064	1,70	1,2286	2.535,83 TL
Mayıs	0	0,00	0	- TL
Haziran	0	0,00	0	- TL
Temmuz	0	0,00	0	- TL
Ağustos	0	0,00	0	- TL
Eylül	0	0,00	0	- TL
Ekim	0	0,00	0	- TL
Kasım	5170	4,27	1,2355	6.387,54 TL
Aralık	5335	4,40	1,2667	6.757,84 TL
TOPLAMLAR	36508	30,12		45.633,21 TL

Şekil 3.6 ve 3.7’de, Tablo 3.3’de verilen değerler grafik halinde sunularak tesisin tüketim eğilimleri gösterilmiştir. Bu grafiklerden de Ocak ayında gerçekleşen tüketim ve buna bağlı olarak maliyetlerin en üst seviyeye ulaştığı görülmektedir.



Şekil 3.6. 2017 Yılı Doğalgaz Tüketimi Maliyeti (TL)



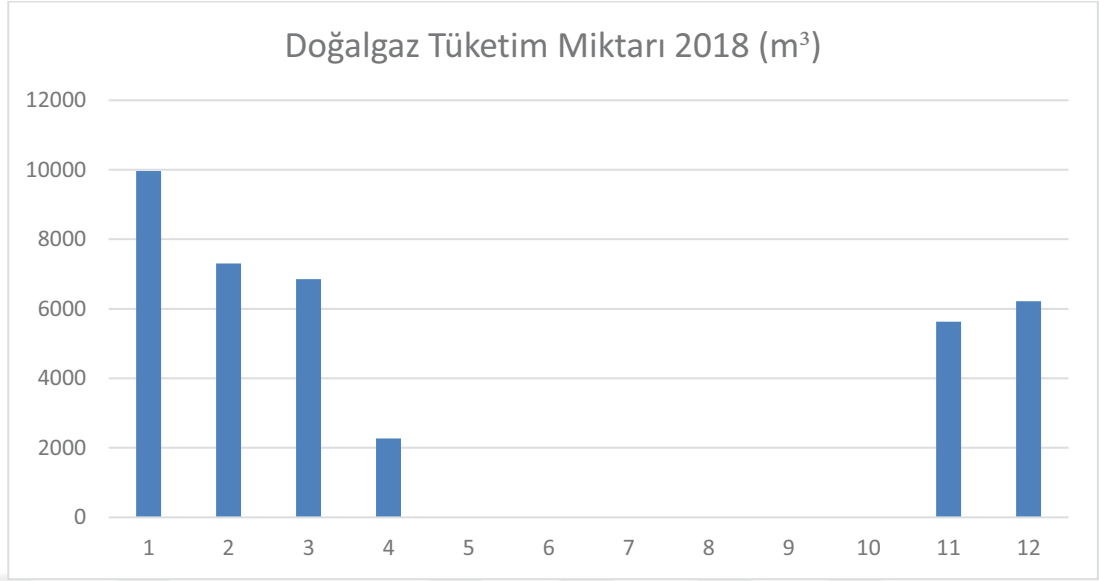
Şekil 3.7. 2017 Yılı Doğalgaz Tüketimi Miktarı (m³)

Tesisin 2018 yılına ait tüketimleri Tablo 3.4’de detaylandırılmıştır. Tablo 3.4’de tüketim özeti verilen 2018 yılına ait doğalgaz tüketimleri 2017 yılı ile benzerlik göstererek kış aylarında artma eğilimi yaz aylarında ise kullanılmamıştır.

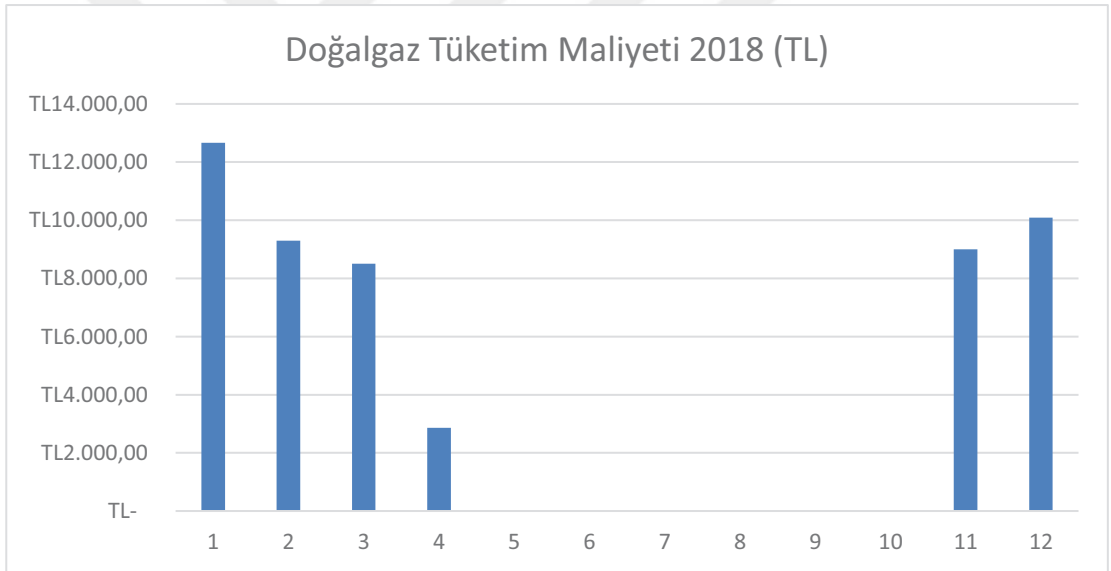
Tablo 3.4. 2018 Yılı İçin Yakıt (Doğalgaz) Tüketiminin Aylık Değerleri

2018 Doğalgaz Tüketim Tablosu				
AYLAR	TÜKETİM		MALİYET	
	m ³	TEP	Birim Fiyat	Toplam
Ocak	9966	8,22	1,2709	12.665,79 TL
Şubat	7307	6,03	1,2731	9.302,54 TL
Mart	6850	5,65	1,2422	8.509,07 TL
Nisan	2272	1,87	1,2576	2.857,27 TL
Mayıs	0	0,00	0	- TL
Haziran	0	0,00	0	- TL
Temmuz	0	0,00	0	- TL
Ağustos	0	0,00	0	- TL
Eylül	0	0,00	0	- TL
Ekim	0	0,00	0	- TL
Kasım	5627	4,64	1,6001	9.003,76 TL
Aralık	6221	5,13	1,6221	10.091,08 TL
TOPLAMLAR	38243	31,55		52.429,52 TL

Şekil 3.8 ve 3.9’da ve Tablo 3.4’de verilen değerler grafik halinde sunulurken tesisin tüketim eğilimleri gösterilmiştir. Bu grafiklerden de Ocak ayında gerçekleşen tüketim ve buna bağlı olarak maliyetlerin en üst seviyeye ulaştığı görülmektedir.



Şekil 3.8. 2018 Yılı Doğalgaz Tüketim Miktarı (m³)



Şekil 3.9. 2018 Yılı Doğalgaz Tüketim Maliyeti (TL)

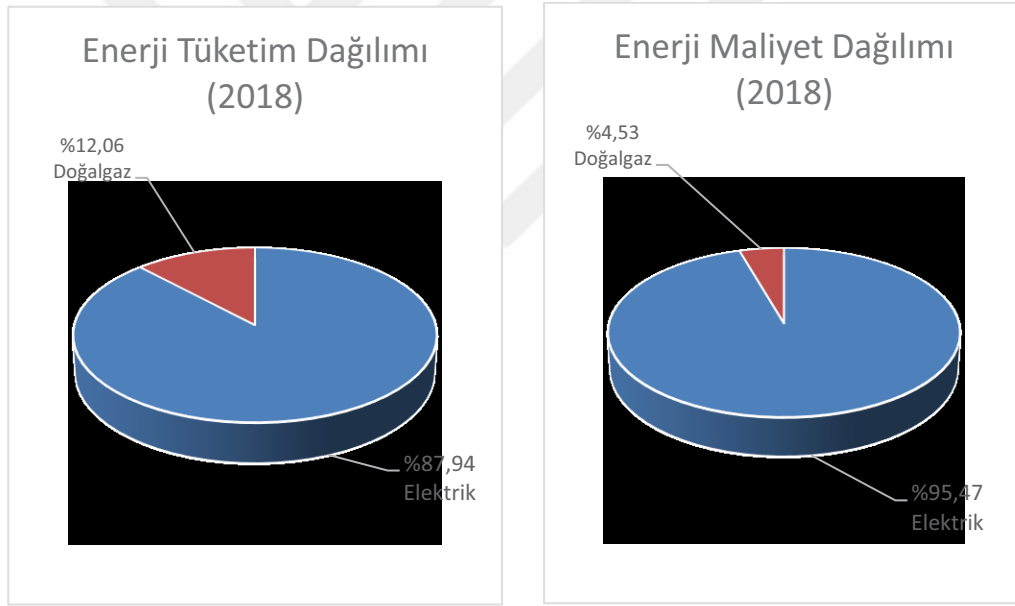
3.2. Mevcut Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri

Tesisin 2018 yılı için enerji tüketim verileri Tablo 3.5’de birincil enerji kaynakları cinsinden gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Yıllık Enerji Tüketimleri ve Maliyetlerinin Karşılaştırılması (2018)

ENERJİ TÜRÜ	TÜKETİM				MALİYET		BİRİM MALİYET
	Miktar	Birim	TEP	% TOPLAM	TL	% TOPLAM	TL / TEP
Elektrik	2.676.234	kWh	230,16	87,94	1.107.472,97	95,47	4.811,75
Doğalgaz	38.243	Sm3	31,55	12,06	52.429,00	4,53	1.661,77
TOPLAM			261,71	100	1.159.901,97	100	

Tablo 3.5'deki veriler ışığında enerji tüketimleri ve bu tüketimlerin toplam tüketimdeki payları Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Şekil 3.10'da görüldüğü üzere tesiste temel enerji kaynağı elektriktir. 2018 yılında gerçekleşen toplam enerji tüketiminin % 87,94'ü elektrik olup, sadece % 12,06'sı doğalgazdan olmuştur. Maliyet dağılımı ise Tablo 3.5'de görüldüğü üzere doğalgaz TEP maliyetinin elektrik TEP maliyetine göre 2,89 kat ucuz olmasından dolayı maliyette doğalgaz dağılımı % 4,53'e düşmektedir.



Şekil 3.10. 2018 Yılı Enerji Tüketim ve Enerji Maliyet Dağılımı

BÖLÜM 4. ENERJİ ETÜDÜ YAPILAN SİSTEMLER

4.1. Isıtma Sistemi

Tesisin ısıtma sistemi için kazan dairesinde 3 adet teknik özellikleri birbiri ile aynı toplam 2.700 Kilovat (kW)'lık VIESSMAN VITOPLEX 200 SX2A model ısıtma kazanı bulunmaktadır. Yakıt olarak doğalgaz kullanılmaktadır. Isıtma kazanları bina ihtiyacına göre devreye girmekte ve ayrıca fan-coil ve klima santralleri olmak üzere iki ayrı sistemi beslemektedir. Teknik mahallerdeki klima santrali ve fan coilere tesisat suyu kazan dairesinde bulunan pompalar ile basılmaktadır. Bu havalandırma ünitelerine hem soğuk hem de sıcak akışkanlar (kazan ve soğutma gruplarından gelen) iletilmekte olup cihaz içindeki bataryalar ile havalandırmaya giren taze hava şartlandırılmaktadır. Kazanların teknik özellikleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

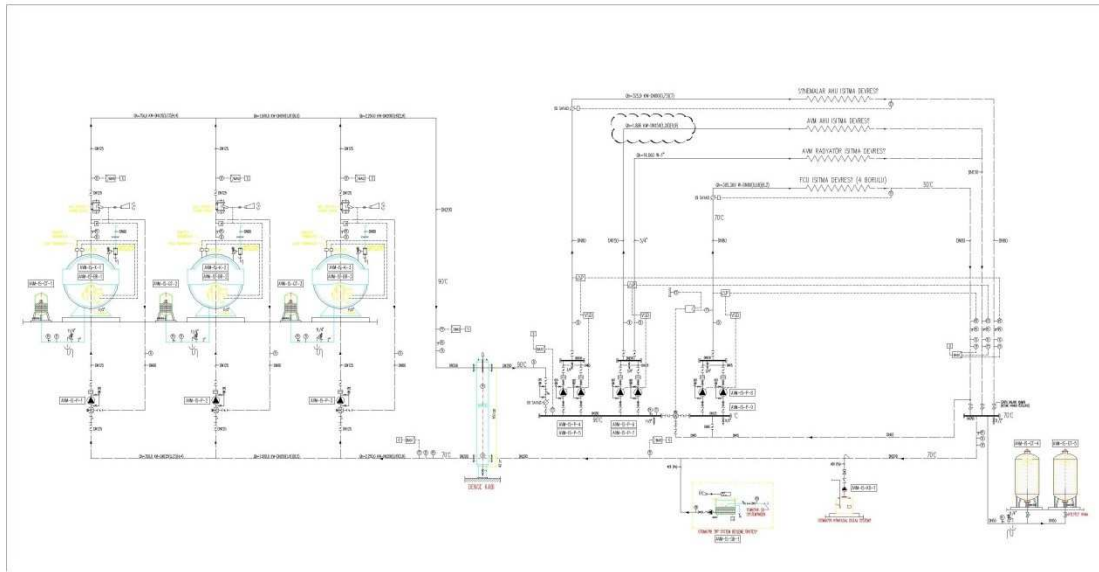
Tablo 4.1. Kazanların Teknik Özellikleri

PARAMETRE	KAZAN-1	KAZAN-2	KAZAN-3
Marka	Viessmann	Viessmann	Viessmann
Model	Vitoplex 200	Vitoplex 200	Vitoplex 200
Tip	Sıcak Su	Sıcak Su	Sıcak Su
Kapasite	900 kW	900 kW	900 kW
Max. Çalışma Basıncı	6 bar	6 bar	6 bar
Max. Çalışma Sıcaklığı	120 °C	120 °C	120 °C
Katalog Verim Değeri	94%	94%	94%
Baca Gazı Sıcaklığı (Tam Yükte)	195 °C	195 °C	195 °C

Tesisteki kazanların kontrolü vardiyalı çalışan personel tarafından otomasyon sistemi üzerinden yapılmaktadır. Tesisteki kazanlar ile ilgili görseller Şekil 4.1'de, ısıtma akış şeması Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Doğalgaz Kazanları



Şekil 4.2. Isıtma Tesisatı Akış Şeması

4.1.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Tesisteki kazanların etüt kapsamında baca gazı ölçümleri yapılmıştır. Baca gazı verileri ve diğer kazan ölçümleri (yüzey sıcaklığı, tüketim, vb.) de bu ölçüme eklenerek kazanın mevcut durumdaki verimi hesaplanmıştır. Baca gazı ölçümüne ait sonuçlar Tablo 4.2 'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2’de de görüldüğü gibi kazan-3 ölçüm esnasında devreye girmediği için gerekli ölçümler yapılamamıştır. Kazan-1 ve Kazan-2’de en doğru sonuca ulaşabilmek adına kazanlarda üçer adet baca gazı ölçümü yapılmıştır. Hesaplamalarda bu baca gazı ölçümlerinin ortalama değerleri dikkate alınmış olup en doğru sonucun alınması açısından birçok ölçüm alınması oldukça önem arz etmiştir.

Otomasyon sisteminin verimli çalışıp çalışmadığı analiz edilerek en verimli şekilde çalışabilmesi için değerler set edilmiştir.

Tablo 4.2. Kazan Baca Gazı Ölçüm Değerleri

		O ₂ (%)	O ₂ ideal emisyona değeri (%)	CO ₂ (ppm)	CO ₂ ideal emisyona değeri (%)	Baca Gazı Sıcaklığı (°C)	Ortam Sıcaklığı (°C)
Kazan -1	Ölçüm 1	1,8		8,5		185,0	30,5
	Ölçüm 2	1,7		9,8		187,0	31,0
	Ölçüm 3	1,8		9,5		186,0	31,2
	Ortalama	1,7	1-4,5	9,2	9,5-11,5	186,0	30,9
Kazan -2	Ölçüm 1	1,5		10,2		188,0	30,5
	Ölçüm 2	1,2		10,0		185,0	31,0
	Ölçüm 3	1,4		9,4		183,0	31,2
	Ortalama	1,4		9,9		185,0	30,9
Kazan -3	Ölçüm 1	-		-		-	-
	Ölçüm 2	-		-		-	-
	Ölçüm 3	-		-		-	-
	Ortalama	-		-		-	-

Yapılan ölçümler ile kazanların, yanma verimi için belirlenmiş olan ideal CO₂, O₂ ve baca gazı sıcaklık değerlerine ne kadar uygun olduğu görülmüştür. Baca gazı değerlerinin idealden sapması ile kazanların verimi düşmekte ve böylece kazanlardan aynı ısı enerjisi üretmek için daha fazla enerji tüketmesi gerektiği tespit edilmiştir.

Ölçümler ile birlikte kazan yüzeylerinde olası ısı kayıplarını görmek açısından termal kamera vasıtası ile termal görüntüleme yapılmıştır. Bu doğrultuda kazan yüzeylerinin ısı kaybı potansiyeli gözlemlenmiştir. Kazanların genel veriminde baca gazı ölçümleri ile birlikte kazan yüzeyinde oluşan ısı kayıpları da belirleyici nitelik oluşturmıştır. Şekil 4.3’de kazanlara ait termal kamera görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.3. Doğalgaz Kazanları Termal Görüntüleri

Termal kamera görüntüleri ışığında kazanların ön ve arka yüzeylerinde ısı kayıpları fazlalık gösterirken yanıl yüzeylerde ise oldukça iyi bir yalıtım olduğu gözlemlenmiştir. Kazanların ön cephesinde özellikle brülör ile bağlantılı olan kısımda sıcaklık değerlerinin en yüksek noktalara ulaştığı belirlenmiştir. Arka cephede ise baca bağlantısının olduğu bölümde yüksek sıcaklık ve buna bağlı olarak ısı kayıplarının

olduğu, sağ ve sol cephelerde ise sıcaklık değerleri ortam sıcaklığına yakın olup bu cephelerden ısı kaybının oldukça az olduğu tespit edilmiştir.

Kazan Veriminin İyileştirilmesi;

Sıcak su kazanları kullandıkları doğalgaz enerjisini ısı enerjisine dönüştürürken belli bir verimliliğe sahiptir. Yapılan ölçümlerde kazanların mevcut durumdaki verimleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu verim değerleri saha şartlarında kazanların performansını göstermektedir. Kazan verim hesapları doğrultusunda mevcut kazan verim değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Kazan verim iyileştirme sonuçları Tablo 4.3, kazan iyileştirme analizi Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.3. Kazan Verim İyileştirme Sonuçları

Kazan	Mevcut Kazan Verimi (%)	İyileştirilmiş Kazan Verimi (%)
Kazan -1	88,2	94,0
Kazan -2	89,5	94,0
Kazan -3	-	-
Ortalama	89	94

Tablo 4.3 incelendiğinde sıcak su kazanları verimlerinin ortalama %89’olduğu tespit edilmiştir. Kazanların periyodik kontrolleri ve bakımları sürekli ve dikkatli bir şekilde yapıldığında olması gereken verim değerlerinin bu sınırlar içerisinde olduğu gözlenmiştir. Tesiste 2018 yılı için harcanan doğalgaz miktarının kazanların mevcut verimleri ile doğrudan ilişkili olduğu saptanmıştır. Ancak yıl içinde hangi kazandan ne kadar tüketildiğini saptamak olanaksız olduğu için hesaplanamamıştır. Dolayısıyla mevcut kazan verimlerinin yeni iyileştirilmiş kazan verimlerine dönüştürülmesi ile elde edilecek tasarrufların hesabında tüm doğalgaz tüketimlerini üç kazan eşit miktarda yapıyor olarak kabul edilmiştir. Her kazan için verim artışı doğrultusunda doğalgaz tasarrufları hesaplanmış ve bu üç kazanın tasarruflarının ortalaması alınarak verim artışı ile sağlanan doğalgaz tasarrufu hesaplanmıştır.

Tablo 4.4. Kazan İyileştirme Analizi

Kazan Verim Tablosu	Verim (%)
Mevcut Verim	89,0
İyileştirilmiş Verim	94,0
Verim Farkı	5,0
Yıllık Yakıt Tüketimi (Sm ³) (2018)	38.243
Yıllık Yakıt Tasarrufu (Sm ³)	1.912
Yıllık Tasarruf Tutarı (TL) (2019)	3.805
Yıllık Bedeli (TL/Sm ³) (2019)	1,99

Sağlanan bu tasarrufun temel sebebi yüksek baca gazı sıcaklığının düşürülmesinden kaynaklandığı saptanmıştır. Mevcut durumda kazan baca gazı sıcaklıkları 185°C seviyelerinde olup bu sıcaklıkların standartlarda 130°C seviyelerinde olması gerekmektedir. Bu yüksek baca gazı sıcaklıkları kazanda yanma sonucu açığa çıkan ısıнын önemli bir bölümünün kuru baca gazı ile birlikte atmosfere salındığını göstermektedir. Bununla birlikte kazanlarda halihazırda baca gazı ısını geri kazandıran ekonomizer ekipmanı bulunmaktadır. Bu ekonomizer ile baca gazı atık ısısı sistemde faydalı bir şekilde kullanıldığı ortaya konulmuştur. Kazanlarda bu verim artışını sağlayabilmek amacıyla yanma ayarlarının kontrol edilmesi ve O₂ (%) değerlerinin 1-4,5 aralığına ve baca gazı sıcaklığı 120-130°C'lere getirilmesi önerilmektedir.

4.2. Soğutma Sistemi

Tesisin soğutma ihtiyacı 3 adet her biri 1238 kW'lık su soğutmalı manyetik yataklı CLINT-KTK KLIMA TECHNIK CWW TTY DR 4903-1 model chillerler ve 3 adet her biri 1450 kW'lık JACIR KH930 QK 110B model açık devre aksiyel fanlı soğutma kulesi ile yapılmaktadır.

Soğutma grubunda üretilen soğuk akışkan FCU ve klima santrallerini beslenmektedir. Soğutma üniteleri otomasyon sistemi ile izlenmekte ve yönetilmektedir. Soğutma üniteleri Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Soğutma ünitesi (Chillerler)



Şekil 4.5. Soğutma ünitesi (Soğutma Kuleleri)

Tesisin soğutma grubu teknik özellikleri Tablo 4.5 ve 4.6’da gösterilmiştir.

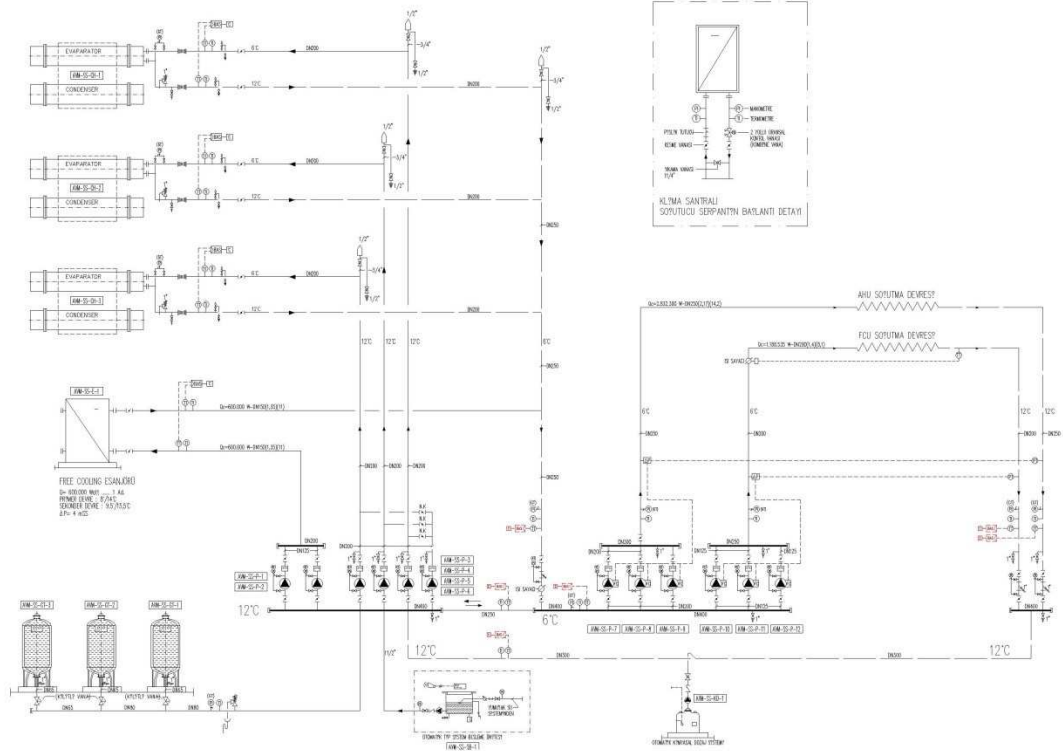
Tablo 4.5. Su Soğutmalı Chillerlerin Teknik Özellikleri

PARAMETRE	CHİLLER 1	CHİLLER 2	CHİLLER 3
Marka	CLİNT	CLİNT	CLİNT
Model	CWW TTY DR 4903-1	CWW TTY DR 4903-1	CWW TTY DR 4903-1
Tip	Su Soğutmalı Manyetik Yataklı	Su Soğutmalı Manyetik Yataklı	Su Soğutmalı Manyetik Yataklı
Soğutma Kapasitesi	1238 kW	1238 kW	1238 kW
Toplam Çekilen Güç	207,4 kW	207,4 kW	207,4 kW
COP/EER	5,97	5,97	5,97
IPLV	10,1	10,1	10,1
Kompresör Sayısı	3 Adet	3 Adet	3 Adet
Soğuk Su Giriş/Çıkış Sıcaklığı	6/12 °C	6/12 °C	6/12 °C
Kondenser Su Giriş/Çıkış Sıcaklığı	29/36 °C	29/36 °C	29/36 °C

Tablo 4.6. Su Soğutma Kuleleri Teknik Özellikleri

PARAMETRE	SOĞUTMA KULESİ 1	SOĞUTMA KULESİ 2	SOĞUTMA KULESİ 3
Marka	JACIR	JACIR	JACIR
Model	KH930 QK 110B	KH930 QK 110B	KH930 QK 110B
Tip	Aksiyel Fanlı, Açık Tip	Aksiyel Fanlı, Açık Tip	Aksiyel Fanlı, Açık Tip
Soğutma Kapasitesi	1450 kW	1450 kW	1450 kW
Toplam Çekilen Güç	11 kW	11 kW	11 kW
Fan Sayısı	1 Adet	1 Adet	1 Adet
Su Debisi	178 m ³ /h	178 m ³ /h	178 m ³ /h
Su Giriş/Çıkış Sıcaklığı	36/29 °C	36/29 °C	36/29 °C

Soğutma grupları yaz döneminde tesisin soğutulmasını sağlamaktadır. Soğutma gruplarında şartlandırılan soğutma suyu ana bir hat vasıtası ile chiller dairesindeki kollektöre ulaşmakta olup bu kollektörden tüm tesise dağıtılmaktadır. Soğutma işleminin fan-coil sistemi ile sağlanıldığı mahallerde ayrıca klima santralleri de soğutma işlevi görmektedir. Soğutma grupları bir otomasyon vasıtası ile kontrol edilmektedir. Buna göre devreye alınmaları, soğuk suyun soğutma grubuna giriş-çıkış sıcaklıklarının ayar ve izlenmesi, zaman programlama gibi kontroller yapılabilmektedir. Su soğutmalı soğutma grupları soğutma kuleleri ile birlikte çalışmaktadır. Soğutma gruplarının kondanser düzeneğini oluşturan bu kule fanları ile soğutucu akışkanın üzerindeki ısıyı alan tesisat suyunun ısısı çevre ortama atılmaktadır. Kondanser hattındaki tesisat suyu, soğutma grubundaki akışkanın üzerindeki ısıyı alır. Bu sebeple bu tip soğutma grupları su soğutmalı olarak adlandırılmaktadır. Cihazlar soğutma işlemi için kompresör vasıtası ile elektrik tüketirken fanlarda da ayrıca bir elektrik tüketimine sahiptir. Soğutma grubunda soğutucu suyun çıkış sıcaklığı 6°C, dönüş sıcaklığı 12 °C olarak set edilmiştir. Tesisin soğutma tesisatı akış seması Şekil 4.6'da verilmiştir.

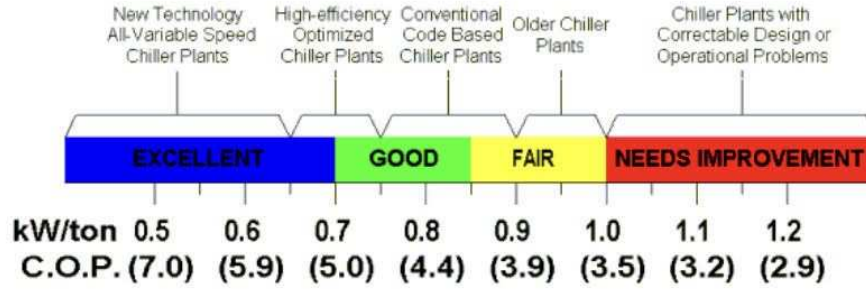


Şekil 4.6. Soğutma tesisatı akış şeması

4.2.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Tablo 4.5 ve Tablo 4.6’da soğutma gruplarına ait performans değerleri sunulmuştur. Tabloda ifade edilen soğutma kapasitesi soğutma grubunun ürettiği soğutmayı ifade etmektedir. Toplam çekilen güç ise, bu soğutma üretimini sağlamak adına harcanan elektrik enerjisini göstermektedir. COP değeri bu iki sayısal gösterge arasındaki oranı ifade etmekte ve sistemin verimini tanımlamaktadır. COP değeri ne kadar büyükse cihaz o kadar verimli olmaktadır. IPLV ise ara yüklerdeki soğutma grubu verimini ifade etmektedir.

Tesis soğutması için kullanılan mevcut soğutma gruplarının verimleri yeni nesil soğutma grupları seviyesinde olduğu saptanmıştır. Şekil 4.7’de soğutma gruplarının verimlilik şablonu gösterilmiş ve en verimli cihazların COP değerleri ifade edilmiştir.



Şekil 4.7. Soğutma grupları COP/Verim tablosu

Şekil 4.7’de de görüldüğü gibi kırmızıdan maviye gidildikçe cihazların kalitesi artarken COP değerleri de 1.2 den 7 seviyelerine kadar çıkmıştır. Verimsiz bir soğutma grubu ile 3 birim soğutma almak için 1 birim elektrik ücreti ödenirken (COP=3 – kırmızı hat), verimli bir cihaz ile aynı soğutma için 0.42 birim elektrik ücreti (COP=7 – mavi hat) ödeneceği tespit edilmiştir. Bu durumun %58’lik bir maliyet tasarrufu sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bizim çalışmamızda ki mevcut chillerlerin COP değerleri 5,97’dir ve yukarıdaki referans bilgiye göre karşılaştırma yapıldığında verimli oldukları açıkça tespit edilmiştir. Tesiste bulunan su soğutmalı soğutma gruplarının tam yük altında ve ara yüklerde de verimlilik değerlerinin oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Kısaca, mevcut soğutma gruplarının (COP/IPLV) performans katsayılarının oldukça iyi olduğu ve bu sebeple verimli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Chillerlere ait termal görüntüler Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Chiller Termal Görüntüleri

Termal görüntülerden de anlaşılacağı üzere cihazlarda kompresörler haricinde herhangi bir ısınma gözükmediği göze çarpmıştır.

Soğutma grupları aynı zamanda yan ekipmanlar da barındırmaktadır. Bunların başında soğutma grupları ile birlikte çalışan soğutma kuleleri, bu kulelerin fanları ve tesisat sirkülasyon pompaları gelmektedir. Soğutma kulesinde fanlar vasıtasıyla soğutma işlemi yapılmakta ve bu fanlar önemli ölçüde enerji tüketmektedir. Tesiste her bir soğutma grubuna ait bir adet olmak üzere üç adet soğutma kulesi ve her soğutma kulesinde ise 1'er adet fan bulunmaktadır. Bu fanların motoru 11 kW gücündedir. Tesisteki soğutma kulesi fanları frekans inventörü ile çalıştırıldığından enerji veriminin maksimum seviyede olduğu saptanmıştır.

4.3. İklimlendirme ve Havalandırma Sistemi

Tesiste iklimlendirme altyapısında 32 adet toplam soğutma kapasitesi 3997 kW ve toplam ısıtma kapasitesi 3962 kW olan ENEKO marka klima santrali bulunmaktadır. Klima santralleri merkezi otomasyon üzerinden izlenebilmekte, sıcaklık, çalışma zaman programı, damper konumları gibi parametreler ayarlanabilmektedir. Tesisteki klima santralleri ile ilgili görseller Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9. Klima Santralleri

Tablo 4.7. Klima Santralleri Teknik Özellikleri

ADI	TİPİ	HAVA DEBİSİ (m ³ /h)	SOĞUTMA (kW)	ISITMA (kW)	TOPLAM GÜÇ (kW)
AHU 1A	Havalandırma	15.000	115,8	111,7	11,5
AHU 1B	Taze Hava	23.000	182,2	196,9	11,0
AHU 2A	Havalandırma	12.500	63,8	51,1	10,0
AHU 2B	Havalandırma	12.500	63,8	51,1	10,0
AHU 3	Enerji Geri Kazanım	14.510	73,2	65,3	14,0
AHU 4	Havalandırma	18.800	151,5	175,4	19,0
AHU 5	Taze Hava	17.200	138,6	160,5	17,0
AHU 6	Taze Hava	22.000	177,3	205,3	22,0
AHU 7	Taze Hava	23.000	182,2	196,9	11,0
AHU 8	Havalandırma	30.000	179,2	187,7	23,0
AHU 9	Enerji Geri Kazanım	13.400	83,4	60,8	10,5
AHU 10	Enerji Geri Kazanım	14.300	70,8	68,4	10,5
AHU 11	Enerji Geri Kazanım	14.400	70,8	68,2	10,5
AHU 12	Enerji Geri Kazanım	17.500	115,3	82,0	17,5
AHU 13	Enerji Geri Kazanım	17.500	129,7	121,9	16,0
AHU 14	Taze Hava	20.500	117,0	79,0	19,5
AHU 15	Havalandırma	17.000	95,9	66,0	14,0
AHU 17A	Taze Hava	4.250	34,2	39,6	5,0
AHU 18	Enerji Geri Kazanım	19.350	97,6	87,1	19,5
AHU 19	Enerji Geri Kazanım	17.500	115,3	82,0	17,5
AHU 20	Enerji Geri Kazanım	17.500	129,7	121,9	16,0
AHU 21	Havalandırma	21.750	118,5	85,1	19,5
AHU 22	Taze Hava	17.200	138,6	160,5	17,0
AHU 23	Taze Hava	22.000	177,3	205,3	22,0
AHU 24	Taze Hava	23.000	182,2	196,9	11,0
AHU 25	Taze Hava	23.000	182,2	196,9	11,0
AHU 26	Enerji Geri Kazanım	19.350	97,6	87,1	19,5
AHU 27	Enerji Geri Kazanım	17.500	115,3	82,0	17,5
AHU 28	Taze Hava	23.000	182,2	196,9	11,0
AHU 29	Taze Hava	22.000	177,3	205,3	22,0
AHU 30	Taze Hava	24.000	189,2	216,0	12,0
AHU 31	Taze Hava	5.000	49,9	51,9	5,0

Tablo 4.7’de klima santralleri teknik özellikleri verilmiştir. Klima Santralleri karışım havalı olarak dizayn edilmiştir. Entalpi kontrolü ile gerektiğinde karışım yaparak enerji tasarrufu sağlanmaya çalışılmıştır.

4.3.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılması Yönetmeliği, kamu binaları için; ısıtmada aksi belirtilmedikçe, iç ortam sıcaklıklarının 22 °C 'nin üzerine çıkmayacak şekilde sistemin işletilmesini zorunlu kılar. Özel binalar için böyle bir zorunluluk bulunmamakla birlikte, Ashre'nin tavsiye edilen değerlerin 20-23 °C olduğunu belirtmekte fayda bulunmaktadır. Termostatlar mahalde bulunan personel tarafından ayarlandığı için, bazen standart ısıtma şartlarının üzerinde set edilebildiği tespit edilmiştir. Personelin enerji verimliliği konusunda bilinçlendirilme çalışmaları ile farkındalık yaratılmasında yarar bulunacağı öngörülmektedir.

Tesise ısıtma ve soğutma ile birlikte hem taze hava ihtiyacını karşılamak hem de fan coil bulunmadığı mahallerin şartlandırmasını sağlamak amacıyla klima santralleri mevcuttur. Mağaza etrafında bulunan alanlar, koridorlar gibi bölümlerde fan-coil bulunmadığı için şartlandırma direk olarak klima santralleri ile yapılmaktadır.

Klima santrallerinin boyutlarına göre bazı santrallerde enerji verimliliği açısından farklı özellikler bulunmaktadır. Bazı klima santralleri ısı geri kazanım üniteli olurken ağırlıklı santrallerin fanları ise hız kontrollü olarak seçilmiştir.

Klima santrallerinde enerji verimliliği adına dikkat çeken en önemli unsur ısı geri kazanımı ve hız kontrollü uygulamalarıdır. Isı geri kazanımlı klima santralinde ya santrale giren taze hava ile egzoz havası arasında enerji dönüşümü direk sağlanır veya bu sistemden farklı olarak bir su bataryası sistemi kullanılır. Su batarya sisteminde ise egzoz havası bataryanın dış yüzeyinden geçerken mevsime göre batarya içinde dolaşan suyu ısıtır ya da soğutur. Santrale giren taze hava bu ısınan ya da soğuyan su bataryasının üzerinden geçerken dolaylı yoldan egzoz havasının verdiği enerjiyi alarak atık egzoz enerjisinden faydalanmış olunur. Hız kontrollü sistemler açısından ise büyük fan kapasitelerine sahip klima santralleri bu durumla doğru orantılı olarak büyük fan motor kapasitelerine de sahiptir. Bu durumda önemli derecede fan enerji tüketimleri söz konusudur. Hem bu yoğun tüketimler hem de sistemlerin ihtiyaca göre değişken devreye girip çıkması ile yük değişimleri bu tip motorlarda hız kontrolünün

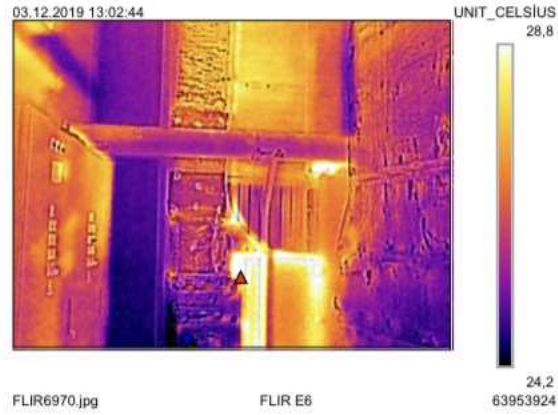
enerji verimliliği açısından oldukça önemli olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte hız kontrolü uygulanan motorların çalışma sürelerinin de fazla olması bu yatırımların anlam kazanabilmesi için oldukça kritiktir. Bu bağlamda tesisteki klima santrallerinin tamamı hız kontrollü seçilerek enerji verimliliği açısından tesise önemli bir katkı sağlanmıştır.

Tesiste klima santralleri enerji verimliliği açısından gerekli önlemler alınarak donatılmıştır. Bu sebeple artı bir yatırım yapmak yerine mevcut sistemde aşağıda sıralanan önlemlerin alınması ile verimlilik potansiyelinin artırılabilceği öngörülmüştür. Klima santrallerinin mahal sıcaklık sensörleri ile kontrol edilmesi, merkezi otomasyon üzerinden izlenerek sıcaklık, çalışma zaman programı, damper konumları gibi parametrelerin en verimli şekilde ayarlanması ve filtrelerin düzenli olarak değiştirilmesi ve bakımının yapılması enerji verimliliği açısından önemli olduğu gözlenmiştir. Dikkat edilmesi gereken diğer bir hususta klima santrallerinin hava akışlarını sağlayan galvaniz kanalların izolasyonlarının iyi bir şekilde yapılmış olmasıdır. İyi izole edilmemiş kanalların %10-%20 arasında enerji kaybına neden olduğu tespit edilmiştir. Klima santrallerine ve havalandırma kanallarına ait termal görüntüleri Şekil 4.10'da verilmiştir.

Ölçümler		
Bx1	Max	37,3 UNIT_CE
Bx2	Max	37,3 UNIT_CE
	Min	24,4 UNIT_CE
	Average	26,7 UNIT_CE
Parametreler		
Emisyon		0.99
Yans. sic.		20 UNIT_CEL



Ölçümler		
Bx1	Max	31,7 UNIT_CE
Bx2	Max	31,7 UNIT_CE
	Min	23,5 UNIT_CE
	Average	26,1 UNIT_CE
Parametreler		
Emisyon		0.99
Yans. sic.		20 UNIT_CEL



Şekil 4.10. Klima Santrali ve Havalandırma Kanalları Termal Görüntüleri

Termal görüntülerden de anlaşılabacağı üzere klima santrallerinde ve havalandırma kanallarında herhangi bir ısı kaybı görülmemiştir. Bu durum izolasyonun iyi yapıldığı ve ısı kaybının en az seviyede olduğunu desteklemiştir.

Klima santralleri ile iç hava kalitesi sürekli belli bir kalitede tutulmak istenmektedir. Bu doğrultuda iç ortam sıcaklığı, nem ve CO₂ oranlarına göre sistem devreye girmekte ve devreden çıkmaktadır. Bu sayede istenen sıcaklık ve konfor şartları sağlanmış olacaktır. Saha çalışmaları sırasında da farklı bölgelerde iç hava kalitesi ölçümleri alınarak klima santrallerinin iç mekanları uygun standartlara ve konfor şartlarına ulaşip ulaştırmadığı incelenmiştir. Tablo 4.8’de bu ölçüm sonuçları sunulmuştur.

Tablo 4.8. İç Hava Kalitesi Ölçüm Değerleri

MAHAL	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	CO ₂
1. BODRUM KAT (MAĞAZA KATI)	23,2	55,5	508
ORTAK ALAN	23,5	56,0	462
TEKNİK OFİS	24,2	53,2	420
YÖNETİM OFİSİ	24,0	51,0	350
FAST FOOD KATI	Açık alanda olduğundan ölçüm yapılmamıştır		

Tablo 4.8’de görüldüğü gibi özellikle CO₂ seviyesi 1.000 ppm altındadır. 1.000 ppm seviyesi sınır değer olarak görüldüğünden dolayı tesisin iç ortam hava kalitesi oldukça iyi olduğu tespit edilmiştir. Bunun genel sebebi koridor bölgelerine klima santralleri ile taze hava beslemesidir. Sıcaklık değerleri de mevsim şartlarına göre oldukça uygun olup nem değerleri ortalamanın biraz üzerindedir.

Yukarıdaki nedenlerden dolayı klima santrallerinin teknoloji değerlendirmesi iyi olarak sınıflandırılmıştır.

4.4. Tesisat

Tesiste enerji taşıyan başlıca tesisat ısıtma ve soğutma tesisatıdır. Mekanik tesisat hatlarında enerji verimliliği açısından en kritik nokta yalıttır. BEP Yönetmeliği; Mekanik tesisat yalıtımı esaslarına göre; “MADDE 11 – (1) (Değişik:RG-1/4/2010-27539) Binaların ısıtma, soğutma, havalandırma ve klima gibi enerji kullanımını etkileyen tesisatlarında kullanılan borular, kollektörler ve bağlantı malzemeleri, vanalar, havalandırma ve iklimlendirme kanalları, sıhhi sıcak su üreticileri ve depolama üniteleri, yakıt depoları ve diğer mekanik tesisat ekipmanları, ısı köprüsüne yol açmayacak şekilde ve yüzey sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı arasında 5°C’den fazla fark ve yüzeyde yoğuşma olmayacak şekilde yalıtılır.” denmektedir. Mekanik tesisat hatlarının ve bu hat üzerindeki ekipmanların yalıtım durumu açısından oldukça önemli olmasının sebebi bu hat üzerinde sıcak ve soğuk akışkanların taşınmasıdır. Bu akışkanlar tesisin ısıtma ve soğutma ihtiyacını sağlayan temel kaynaklar olup hedef dağıtım istasyonlarına ulaşana kadar (klima santrali, fan-coil vb.) bu akışkanlar yüksek enerji taşımaktadır. Sıcak akışkan taşıyan hatlarda yalıtım olmaz ise çevreye ısı kaybı, soğuk hatlarda yalıtım olmaz ise çevreye ısı kazancı olur. Her iki durumda bu akışkanlar yalıtımsızlık yüzünden enerji kaybederek ısıtma ve soğutma maliyetlerinin artmasına sebep olur. Bu durumdan dolayı tesisat izolasyonu önemli bir inceleme kalemi olmaktadır. Tesisteki bazı mekanik tesisatlara ait görseller Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Mekanik Tesisat Elemanları

4.4.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Bir binanın ısıtılması veya soğutulması için harcanan enerjinin azaltılmasında mekanik tesisat yalıtımının önemi oldukça büyüktür. Özellikle binaların ısıtma ve soğutma tesisatlarının, ısıtılmasına ve soğutulmasına gerek olmayan mahallerden geçen bölümleri ve bu bölümlerdeki vana ve armatürler yalıtım kullanıldığında sağlayacağı tartışılmaz bir boyut taşımaktadır. Enerji kazanımı, sıcak veya soğuk olan yüzeyin büyüklüğüne, yalıtılacak olan yüzey ile ortam sıcaklıkları arasındaki farka ve ısı yalıtım malzemesinin özelliklerine bağlıdır. Bu yüzden kullanılacak olan yalıtım malzemesinin özelliklerini ve nerelerde kullanılabileceğini çok iyi bilinmelidir. Bir mekanik tesisat yalıtım malzemesinde aranması gereken temel özellikler şu şekilde sıralanabilir.

- Isı iletkenlik katsayısı (λ)
- Buhar difüzyon direnç katsayısı (μ)
- Yangına dayanıklılık
- Uygulama rahatlığı

- Korozyon riskinin az oluşu
- Ekonomiklik
- Dayanım sıcaklığı
- Malzemenin yangın esnasında çıkardığı zehirli gaz miktarı (Toksosite)
- Duman yoğunluğu (Opasite)

Piyasada bulunan yalıtım malzemelerin maksimum kullanım sıcaklıkları Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9. Yalıtım Malzemeleri Maksimum Kullanım Sıcaklıkları

Yalıtım Malzemesi	Maksimum Kullanım Sıcaklığı
Seramik Yünü	1800 °C
Taş Yünü	750 °C
Cam Köpüğü	430 °C
Camyünü	250 °C
Poliüretan Köpük	110 °C
Kauçuk Köpüğü	110 °C
Polietilen Köpük	95 °C
Expand polistiren	80 °C
Extrüde polistiren	80 °C

Binalardaki mekanik tesisat içinden geçen akışkanın sıcaklığına göre 3 ana gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar ve kullanılması önerilen yalıtım malzemeleri Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10. Akışkan Sıcaklığına Göre Hatlar ve Kullanılması Gereken Yalıtım Malzemeleri

Soğuk Hatlar < 10 °C	Ilık Hatlar 10 - 95 °C	Sıcak Hatlar > 100 °C
Polietilen Kauçuk Köpüğü	Polietilen Kauçuk Köpüğü , Camyünü	Camyünü , Taşyünü , Seramik Yünü

Vana ve armatürlerin yalıtılmaması durumunda aynı çaplı 3-4 metre boruya eşdeğer miktarda enerji kayıplarının meydana geleceği göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüzde vana yalıtımları için demonte edilebilen, yalıtım ceketleri imâl edilmektedir. Vana ceketleri, sıcak su ve buhar gibi ısıtma sistemlerinde vana

yüzeyinde olan ısı kaybını, soğutma sistemlerinde ise ısı kazancını ve yoğuşmayı önlemek amacı ile kullanılmaktadır.

Uygun yalıtım malzemesi seçiminden sonra sıra uygun yalıtım kalınlığının seçilmesine gelir. Bu seçimde önemli olan optimum yalıtım kalınlığının tespit edilmesidir [28]

Tablo 4.11. Isıtma ve Sıcak Su Kullanım Tesisatlarında Kullanılması Önerilen Minimum Yalıtım Kalınlıkları

Boru veya Armatür Çapı	Minimum Yalıtım Kalınlığı
İç çapı 22 mm'ye kadar	20 mm
İç çapı 22 mm'den 35 mm'ye kadar	30 mm
İç çapı 35 mm'den 100 mm'ye kadar	Boru çapına eşit
İç çapı 100 mm'den büyük olan	100 mm

Yalıtım malzemesinin cins ve kalınlığının seçiminde ilk olarak yatırım maliyeti ile elde edilen enerji kazanım oranlarından uygun olana dikkat edilmesi önemli ölçüttür. Örnek verecek olursak kalorifer tesisatında (oda sıcaklığı 22°C, akışkan sıcaklığı 90°C);

- 60 mm (2”) boruda; 20 mm yalıtımda % 83.4, 30 mm yalıtımda % 87,
- 89 mm (3”) boruda; 20 mm yalıtımda % 83.9, 30 mm yalıtımda % 87.7,
- 169 mm (6”) boruda; 20 mm yalıtımda % 84.2, 30 mm yalıtımda % 88.3

enerji kazanımı olmaktadır [29].

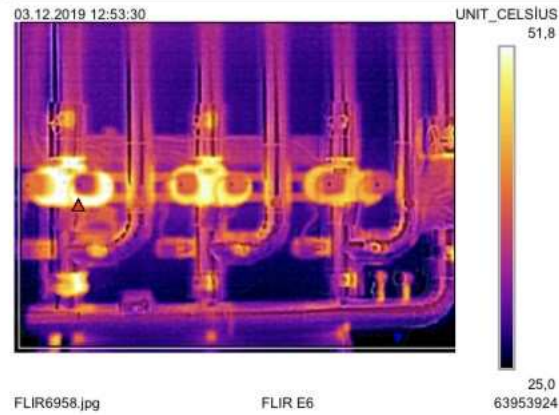
Termal kamera ile mekanik tesisatların ve tesisat elemanlarının görüntüleri incelenmiş ve yalıtım ile ilgili eksiklikler tespit edilmiştir.

Mekanik tesisat termal görüntüleri Şekil 4.12’de verilmiştir.

Ölçümler		
Bx1	Max	52,8 UNIT_CE
Bx2	Max	52,8 UNIT_CE
	Min	26,3 UNIT_CE
	Average	32,4 UNIT_CE
Parametreler		
Emisyon		0.99
Yans. sic.		20 UNIT_CEL



Ölçümler		
Bx1	Max	55,7 UNIT_CE
Bx2	Max	55,7 UNIT_CE
	Min	24,8 UNIT_CE
	Average	29,2 UNIT_CE
Parametreler		
Emisyon		0.99
Yans. sic.		20 UNIT_CEL



Şekil 4.12. Mekanik Tesisat Termal Görüntüleri



Şekil 4.12. (Devamı)

Termal görüntülerden de anlaşılacağı üzere, boruların ve kanalların mevcut ısı yalıtımları vermiş olduğumuz özelliklere ve yönetmeliklere uygun olduğu görülmüştür. Ancak vanalarda ve armatürlerde aynı durum söz konusu değildir. Vanaların ve armatürlerin ısı yalıtımları eksik olup termal görüntülerde açıkça gözlenmiştir. Vana ve armatürler ısı yalıtım ceketleri ile yalıtılmalı ve ısı kayıpları minimum düzeye getirilmelidir.

Şekil 4.13'te vana ceketleri ile yalıtımı yapılmış olan vanaların ısı kayıplarının minimum düzeye indiği gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Vana Ceketi İzolasyonlu Termal Görüntüleri

4.5. Elektrik Motorları

Tesiste elektrik motoru altyapısını ısıtma sirkülasyon pompaları, soğutma sirkülasyon pompaları, pis su pompaları, yangın pompaları ve kullanım suyunu basınçlandıran hidrofor pompalarının tahrik motorları oluşturmaktadır. Özellikle çok sayıda ısıtma ve soğutma hatlarında akışı sağlayan pompa bulunmaktadır. Bu motorlar dışında yine iklimlendirme amaçlı kullanılan klima santrallerinde fan motorları mevcuttur. Tesisteki bazı motorlara ait görseller Şekil 4.14’te gösterilmiştir.



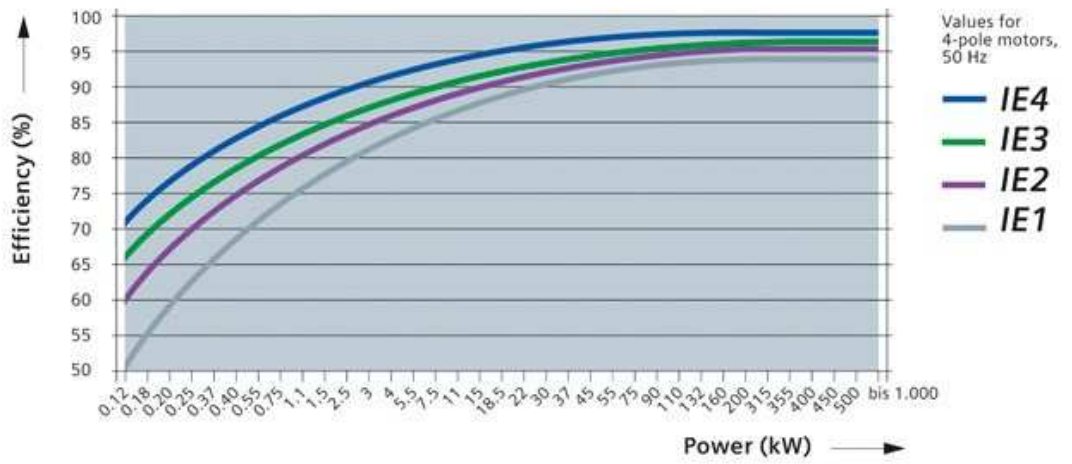
Şekil 4.14. Tesisatta kullanılan bazı elektrik motorları

Elektrik motorları ile ilgili tasarruf potansiyelinde dikkate alınacak hususların başında uzun süreli ve değişken yükte çalışan motorlara hız kontrolü uygulanması analizidir. Motor, hız kontrol cihazları ile kontrol edildiğinde, istenen debideki hava veya su devri ayarlanarak sağlanır ve gerektiği kadar enerjiyi şebekeden çekmiş olur. Dolayısı ile devir düştüğünde şebekeden çekilen güç de azalmış olur. Devir sayısında olabilecek % 10 bir azalma, güç sistemine yaklaşık % 27 gibi bir azalma ile enerji tasarrufu sağlayacağı belirlenmiştir.

Elektrik motorlarında diğer bir tasarruf şekli motorların verimliliğinin artırılmasıdır. Tüketiciyi korumak ve haksız rekabeti önlemek için 2000 yılında CEMEP (Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi) elektrik motorlarını verimlilik değerlerine göre eff3, eff2 ve eff1 olmak üzere sınıflara ayırırken 2008 yılında verimlilik sınıflarına IEC tarafından IE1, IE2, IE3, IE4 şeklinde yeni bir tanımlama getirilmiş olup IEC 60034:30 standart numarasıyla yayımlanmıştır. Bu yeni tanımlamaya göre, IE1 Standard Efficiency, IE2 High Efficiency, IE3 Premium Efficiency ve IE4 Super Premium Efficiency olarak tanımlanmıştır.

Verim değerlerinde $\{ (100 - \text{Verim}) \times 0,15 \}$ kadar tolerans vardır, yani fiili motor test sonuçları belirtilen eff limit değerinden bu tolerans kadar düşük ise belirtilen verim sınıfında olduğu kabul edilir. Eski standartta "eff" için % 0.5 olan ilave kayıplar yeni standartta IE değerleri için motor büyüklüğüne göre % 2.5 ile 0.5 arasında değişmektedir [30].

Motor gücüne göre IE1, IE2, IE3 ve IE4 motor verimliliğine sahip motorların güç verim grafiği Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15. Motor Verimlilik Sınıfları

Standart bir asenkron motorun içerisinde oluşan kayıplar ve motor verimi şu şekilde gösterilebilir:

$$\text{Verim} = \text{Mil Gücü} / \text{Şebekeden Çekilen Güç}$$

$$\text{Mil Gücü} = \text{Şebekeden Çekilen Güç} - \text{Motor Kayıpları}$$

$$\text{Motor Kayıpları} = \text{Bakır Kayıpları} + \text{Demir Kayıpları} + \text{Sürtünme Kayıpları}$$

Motorun iç tasarımı dışında motorun verimini etkileyen diğer faktörler ve sağlayacağı verimlilik yüzdeleri şu şekilde özetlenebilir:

- Motor gücünün uygulamaya uygun seçilmesi: %1-3
- Motor tamiri: %0,5-4
- Değişken hız sürücüsü ile uygulamanın ihtiyacına göre motor hızının ayarlanması: %10-50

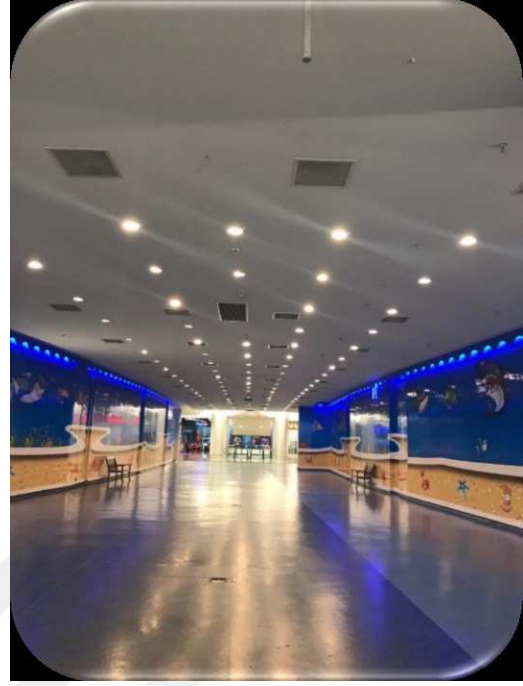
- Mekanik aktarım ekipmanları (kayış ve redüktör gibi): % 2-15
- Enerji kalitesi: % 0,5-3
- Motor bakımı ve ayarların doğru yapılması: %1-5 (31).

4.5.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Tesiste kullanılan motorlar, IE2 standart verim sınıfına denk gelmektedir. Tesisin bu noktada kritik noktalardaki pompaların elektrik motorlarında hız kontrolü sistemini uygulanması enerji verimliliği açısından oldukça önem taşımaktadır. Özellikle belli aralıklarla devreye giren ve çıkan chiller ile kazan pompalarında hız kontrolü uygulaması ve hız kontrol cihazları ile önemli bir tasarruf sağlamıştır. Bu nedenlerden dolayı bu tesisin elektrik motorlarının alt yapısı iyi olarak değerlendirilmiştir.

4.6. Aydınlatma

Tesiste 4 farklı tip aydınlatma bulunmaktadır. Otoparklarda floresanlar, koridorlarda, led barisol ve ampuller, WC’lerde ise spotlar ile aydınlatma sağlanmaktadır. İç aydınlatma açısından yapılan inceleme ve analizde klasik tip 26 W’lık aydınlatmalar, otoparklarda 58 W’lık aydınlatmalar ve çevre aydınlatmalarında 23 W ve 35 W’lık aydınlatmalar kullanılmıştır. Koridor ve ortak kullanım alanı aydınlatmaları otomasyon sistemine bağlı olup set edilen zaman aralıklarında otomatik açılıp, otomatik kapanmaktadır. Otopark ve WC’lerde ise sensörler bulunmaktadır. Tesis bir AVM olduğu için aydınlatma ihtiyacı oldukça önemli olmakla birlikte bu ihtiyaçtan taviz vermekte pek uygun olmamaktadır. Bu sebeple tesisdeki aydınlatma sayısını azaltarak enerji tasarrufu yapmaktan çok aydınlatmalarda yeni nesil teknolojiler kullanarak enerji verimliliği sağlanmalıdır. Tesisdeki bazı aydınlatmalara ait görseller Şekil 4.16’de gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Aydınlatmalar

4.6.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Tesiste çok fazla miktarda aydınlatma mevcuttur. Çalışma kapsamında tüm bu aydınlatmaların içerisinde enerji verimliliği açısından çalışmaya uygun olanların listesi çıkarılmıştır. Bu listeye göre oluşturulan aydınlatma tiplerinin adet ve güç değerleri Tablo 4.12’de sunulmuştur.

Tablo 4.12. Mevcut Aydınlatma Adet ve Güçleri

KULLANIM AMACI	TİP	GÜÇ	BİRİM	ADET	YILLIK KULLANIM ZAMANI (saat)	YILLIK TÜKETİM (kWh)
ÇEVRE AYDINLATMALARI	ÇİFTLİ FLOROSAN	35	Watt	186	4380	28.513,80
ÇEVRE AYDINLATMALARI	AMPÜL	23	Watt	100	4380	10.074,00
ÇEVRE AYDINLATMALARI	ÇİFTLİ FLOROSAN	35	Watt	156	4380	23.914,80
ÇEVRE AYDINLATMALARI	ÇİFTLİ FLOROSAN	35	Watt	30	4380	4.599,00
ÇEVRE AYDINLATMALARI	ÇİFTLİ FLOROSAN	35	Watt	32	4380	4.905,60
OTOPARK AYDINLATMALARI	FLOROSAN	58	Watt	245	4380	62.239,80
OTOPARK AYDINLATMALARI	FLOROSAN	58	Watt	260	4380	66.050,40
OTOPARK AYDINLATMALARI	FLOROSAN	58	Watt	160	4380	40.646,40
İÇ AYDINLATMA	ÇİFTLİ AMPÜL	26	Watt	822	4380	93.609,36
İÇ AYDINLATMA	ÇİFTLİ AMPÜL	26	Watt	40	4380	4.555,20
İÇ AYDINLATMA	ÇİFTLİ AMPÜL	26	Watt	178	4380	20.270,64
İÇ AYDINLATMA	ÇİFTLİ AMPÜL	26	Watt	100	4380	11.388,00
İÇ AYDINLATMA	ÇİFTLİ AMPÜL	26	Watt	238	4380	27.103,44
YANGIN MERDİVENLERİ	FLOROSAN	28	Watt	151	365	1.543,22
TOPLAM YILLIK TÜKETİM						399.413,66

Yukarıdaki tabloda kullanılan aydınlatmaların tipleri, adetleri ve güçleri ayrıntılı olarak verilerek yıllık kullanım zamanları ve yıllık tüketimleri hesaplanmıştır. Mevcut aydınlatmaların yerine kullanabilecek olan yeni nesil enerji tasarruflu aydınlatmalar kullanıldığında yıllık tüketimlerin hesabı Tablo 4.13’ de verilmiştir.

Tablo 4.13. Enerji Tasarrufu Sağlanan Aydınlatma Adet ve Güçleri

KULLANIM AMACI	TİP	GÜÇ	BİRİM	ADET	YILLIK KULLANIM ZAMANI(saat)	YILLIK TÜKETİM (kWh)
ÇEVRE AYDINLATMALARI	LED FLOROSAN	24	Watt	98	4380	10.301,76
ÇEVRE AYDINLATMALARI	LED AMPÜL	11	Watt	1	4380	48,18
ÇEVRE AYDINLATMALARI	LED FLOROSAN	24	Watt	78	4380	8.199,36
ÇEVRE AYDINLATMALARI	LED FLOROSAN	24	Watt	15	4380	1.576,80
ÇEVRE AYDINLATMALARI	LED FLOROSAN	24	Watt	16	4380	1.681,92
OTOPARK AYDINLATMALARI	LED FLOROSAN	24	Watt	245	4380	25.754,40
OTOPARK AYDINLATMALARI	LED FLOROSAN	24	Watt	260	4380	27.331,20
OTOPARK AYDINLATMALARI	LED FLOROSAN	24	Watt	160	4380	16.819,20
İÇ AYDINLATMA	LED SPOT	18	Watt	411	4380	32.403,24
İÇ AYDINLATMA	LED SPOT	18	Watt	20	4380	1.576,80
İÇ AYDINLATMA	LED SPOT	18	Watt	89	4380	7.016,76
İÇ AYDINLATMA	LED SPOT	18	Watt	50	4380	3.942,00
İÇ AYDINLATMA	LED SPOT	18	Watt	119	4380	9.381,96
YANGIN MERDİVENLERİ	LED FLOROSAN	18	Watt	151	365	992,07
TOPLAM YILLIK TÜKETİM						147.025,65

Her iki tabloda incelendiğinde mevcut aydınlatmaların yerine enerji tasarrufu sağlayan aydınlatmalar kullanıldığında yıllık yaklaşık 252.388 kWh enerji tasarrufu sağlamanın mümkün olduğu saptanmıştır. Tesisin 2018 yılı yıllık elektrik tüketimi toplam 2.676.234 kWh'dir. Aydınlatmaların değişimi ile elektrik tasarrufu yıllık ortalama %5 olarak hesaplanmıştır.

4.7. Otomasyon Sistemi

Tesisin ilk projelendirme ve inşaat döneminde mekanik sistemler için bir otomasyon alt yapısı oluşturulmuştur. Isıtma, soğutma, aydınlatma ve klima santrallerinin merkezi

bir noktadan izlenmesi ve kontrol edilmesinin bu otomasyon altyapısı ile sağlanması hedeflenmiştir.

4.7.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

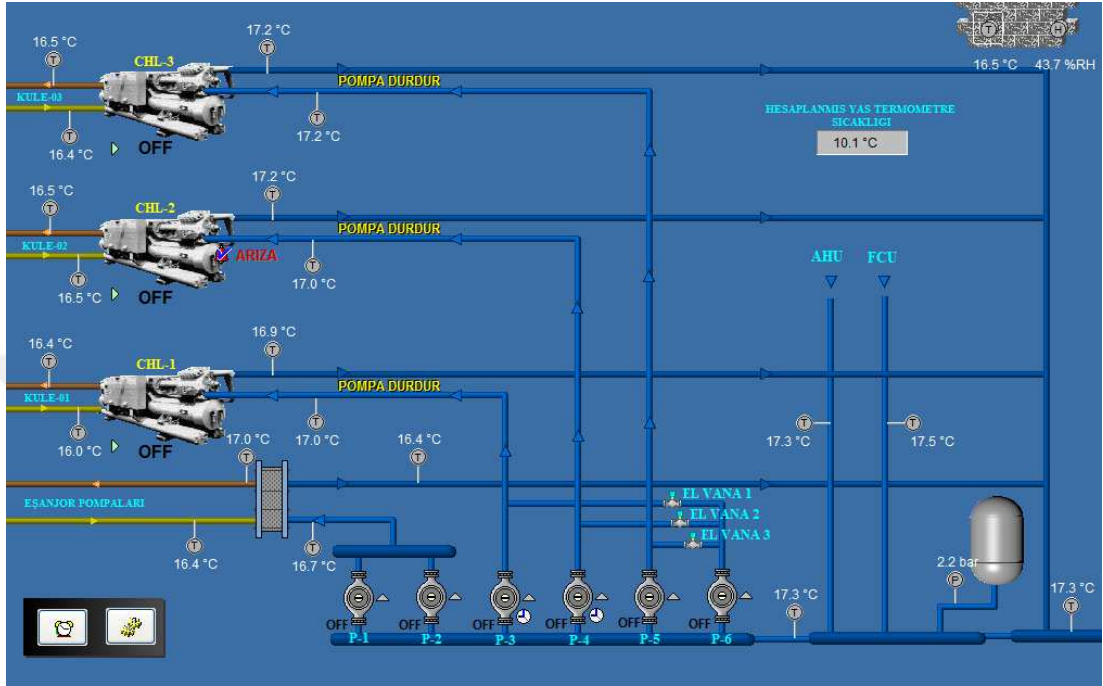
Yaz döneminde soğutma ihtiyaçlarının yüksek olması ve tesis doluluk kapasitesine ve talebe göre bu soğutma ihtiyaçlarının değişken olması, aynı zamanda ısınma ve sıcak su kaynaklı ısı ihtiyacının da benzer şekilde değişmesi söz konusudur. Aynı zamanda klima santralleri tarafından iklimlendirilen ortak alan gibi gün içinde değişken yük talepleri de bu tesisin dinamik bir mekanik sistem yoğunluğuna maruz kaldığını göstermektedir.

Tesisin sıcak su kazanları, soğutma grupları ve bu ünitelerin yan elemanları (pompalar, fanlar) ile klima santrallerinin kontrolü ve izlenmesi personel tarafından yerinde yapılmakta ve sistem üzerinden kontrolü sağlanmaktadır.

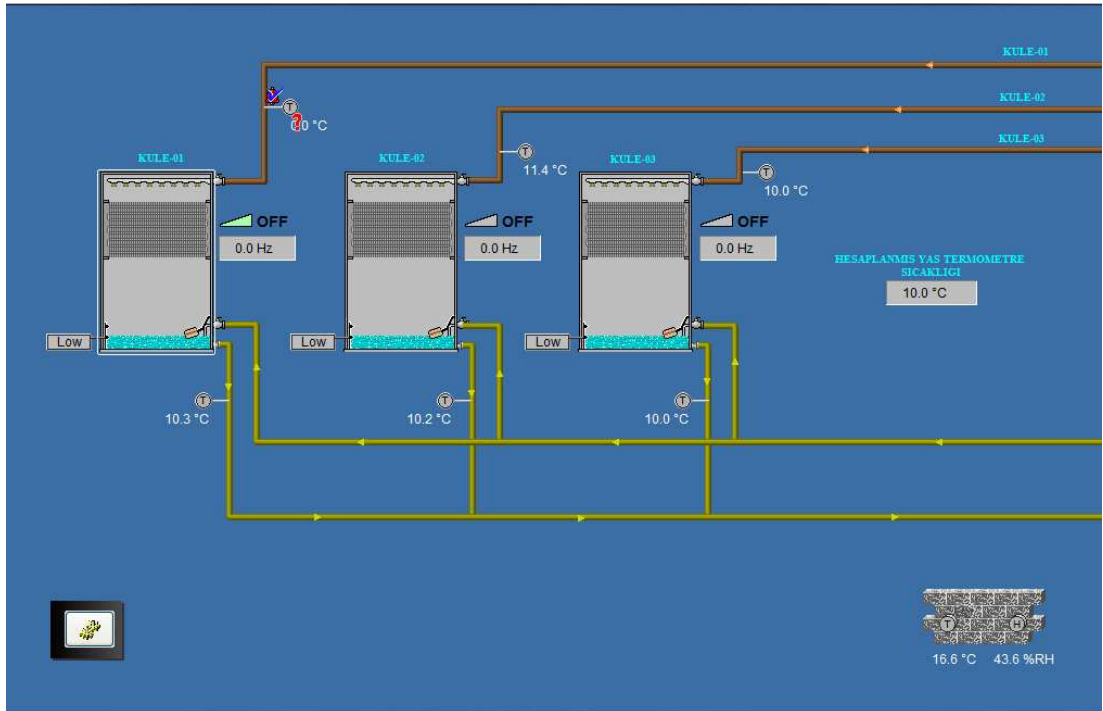
Tesis için hem mağaza bazında hem ortak alanlarda ihtiyaç duyulan izleme ve gerekli olduğu takdirde merkezden yapılacak müdahaleler ile ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin merkezi kontrolü ve proseslerin izlenmesi (mahal sıcaklığı, kazan çıkış sıcaklığı, soğuk su set değeri, klima santrali taze hava oranı vb.) oldukça önemlidir. Bir diğer önemli detay ise özellikle klima santrali kontrolüdür. Klima santralleri frekans invertörlü (hız kontrollü) olarak seçilmiştir. Frekans invertörü ile ihtiyaç durumuna göre yük çekimi sağlanmakta ve motor enerji tüketimlerinde tasarruf sağlanmaktadır. Motorların frekans kontrolünün ise bir sensörden sinyal olarak yapılması ise beklenen bir durumdur. Bu sensör sinyali klima santralleri için CO₂ emisyon değeri ya da kazanlar için ortam sıcaklığı olabilmektedir.

Isıtma, soğutma ve havalandırmada oda sıcaklıkları ve iç ortam hava kalitesi dikkate alınarak sistemler bir otomasyona bağlandığı takdirde % 15-20, aydınlatma ile birlikte ise %25'e varan tasarruf imkânı olduğu belirlenmiştir (FH Aachen Almanya bina simülasyonu ile belirlenen değerlerdir).

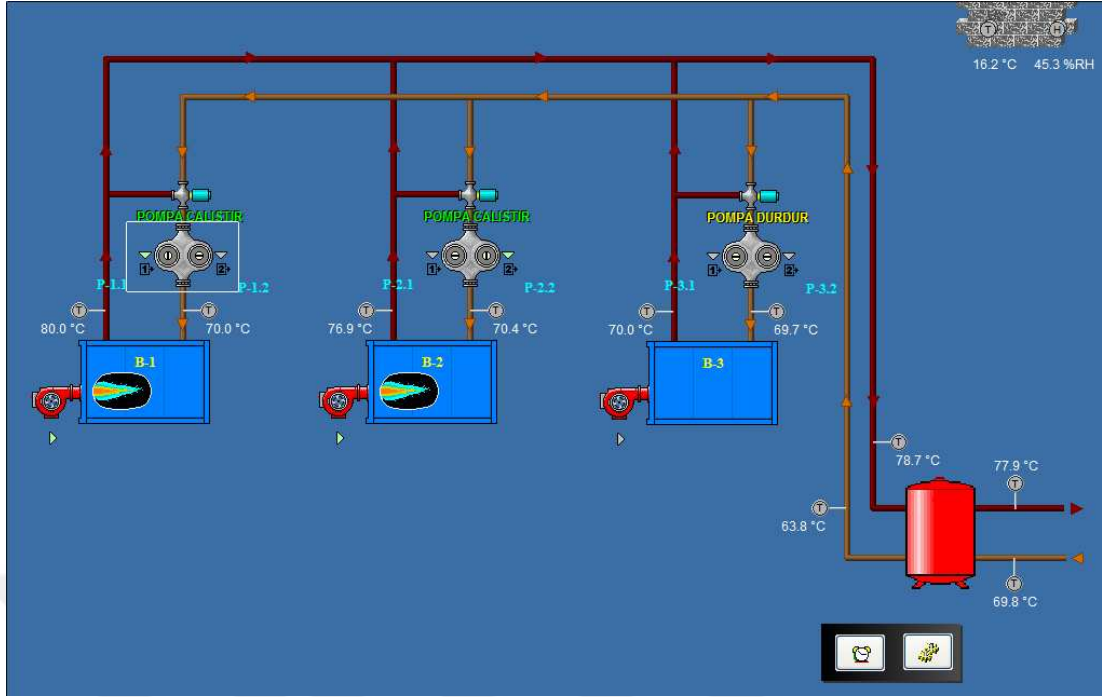
Tesisin otomasyon sistemi yukarıda belirlenen sebeplerden dolayı iyi olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.17, 4.18, 4.19 ve 4.20’de otomasyon kontrol sistemlerinin arayüzleri gösterilmiştir.



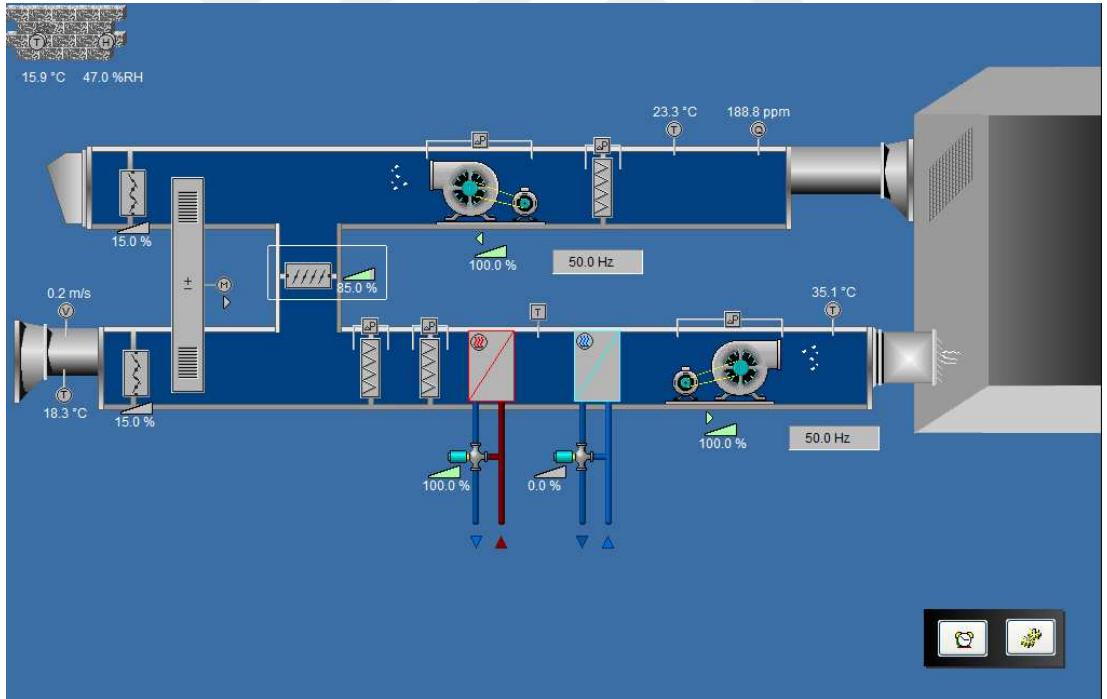
Şekil 4.17. Chiller Otomasyon Kontrol Sistemleri Arayüzü



Şekil 4.18. Su Soğutma Kuleleri Otomasyon Kontrol Sistemleri Arayüzü



Şekil 4.19. Isıtma Kazanları Otomasyon Kontrol Sistemleri Arayüzü



Şekil 4.20. Klima Santralleri Otomasyon Kontrol Sistemleri Arayüzü

4.8. Tarife Analizi

Tesisin geçmiş tüketimleri ve mevcut tüketim profili incelenerek en uygun tarife seçeneğinin belirlenmesi işine "Tarife Analizi" denilmektedir. Tesis elektrik alımını Enerjisa elektrik dağıtım şirketinden yapmaktadır. Kullanmış olduğu mevcut tarife tek zaman/tek terimli tarifiedir. Tesise ait T1, T2, T3 değerleri aylık bazda alınmaktadır. Bu dağılımlara bağlı olarak tablo ile tesis için tek zaman/tek terimli tarifenin ve tek zaman/çift terimli tarifenin kıyaslaması yapılmıştır. En uygun tarife seçimi yapılarak sağlanan tasarruf hesaplanmıştır. Hesaplamalar Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu birim fiyatları üzerinden yapılmıştır.

4.8.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Ticari binalarının, elektrik enerjisi tedarikinde önlerinde 4 tarife seçeneği bulunmaktadır.

1. Tek Terimli Tarife: Bu tarife türünde tesis, fatura dönemi içerisinde tükettiği aktif enerji miktarı (kWh) üzerinden bir bedel öder. Aktif enerji birim fiyatına muhtelif fon ve vergiler ile dağıtım bedelleri eklenmektedir.

a) Tek Terimli-Tek Zamanlı Tarife: Tüm saatlerde tüketilen enerjinin tek bir birim fiyatı vardır.

b) Tek Terimli- Çok Zamanlı Tarife: 3 zaman diliminde tüketilen enerjinin farklı birim fiyatları vardır. Tesisin Elektrik sayacının akıllı sayaç olması bir ön koşuldur.

- Sabah 06:00 ile akşam 17:00 arasındaki zamana "T1 veya Gündüz",
- Akşam saat 17:00 ile gece 22:00 arasındaki zamana "T2 veya Puant",
- Gece 22:00 ile sabah 06:00 arasındaki zamana ise "T3 veya Gece"

denilmektedir. Tek zamanlı tarife ile karşılaştırıldığında T1/Gündüz tüketim birim fiyatları az bir miktar düşük, Puant tüketim birim fiyatı ise oldukça yüksek fakat Gece tüketim birim fiyatı oldukça düşüktür.

2. Çift Terimli Tarife: Bu tarife türünde tesis, fatura dönemi içerisinde tükettiği aktif enerji miktarı (kWh) üzerinden bir bedel ödemenin yanı sıra, "sözleşme gücü" karşılığı (kW) üzerinden her ay ayrıca güç bedeli öder. Sözleşme gücünün aşılması halinde aşılan kısım için ilave güç aşım bedeli alınmaktadır. Aktif enerji birim fiyatına muhtelif fon ve vergiler ile dağıtım bedelleri eklenmektedir. Güç Bedeli ödenmesine rağmen, aktif enerji birim fiyatı ile dağıtım bedeli tek terimli tarifeye göre daha düşük olmasından dolayı, doğru sözleşme gücü seçilmesi durumunda avantajlı olabilmektedir.

- a) Çift Terimli-Tek Zamanlı Tarife: Tüm saatlerde tüketilen enerjinin tek bir birim fiyatı vardır.
- b) Çift Terimli-Çok Zamanlı Tarife: 3 zaman diliminde tüketilen enerjinin farklı birim fiyatları vardır. Tesisin Elektrik sayacının akıllı sayaç olması bir ön koşuldur.

Bu tesiste fatura hesaplama birim fiyatları EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu) tarafından onaylanan ve resmi web sitesinde yayınlanan tarifeler tablosuna göre hesaplanmıştır. En son EPDK tarafından onaylanan ve 01/10/2019 tarihinden itibaren uygulanan tarifeler Şekil 4.21' de verilmiştir (32).

1/10/2019		Faaliyet Bazlı Tüketici Tarifeleri (kr/kWh)					Güç Bedelli Hariç Toplam Tarifeler (kr/kWh)				
İletim Sistemi Kullanıcıları	Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan İletim Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli	Perakende Gece Enerji Bedeli	Dağıtım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece	
	Tüketici	48,7941	49,4665	81,6195	23,5159	0,0000	48,7941	49,4665	81,6195	23,5159	
Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli	Perakende Gece Enerji Bedeli	Dağıtım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece	
		Sanayi	49,1446	49,8171	81,9702	23,8665	9,2073	58,3519	59,0244	91,1775	33,0738
		Ticarethane	53,5258	54,1367	89,1270	26,2962	14,3493	67,8751	68,4860	103,4763	40,6455
		Mesken	37,0008	37,7273	64,1872	16,5678	14,2130	51,2138	51,9403	78,4002	30,7808
		Tarımusal Sulama	48,4569	49,0082	80,4749	23,8632	11,8178	60,2747	60,8260	92,2927	35,6810
	Aydınlatma	48,9947				13,7723	62,7670				
	Orta Gerilim					Orta Gerilim					
	Çift Terimli					Çift Terimli					
	Sanayi	49,0020	49,6747	81,8278	23,7240	10,1703	59,1723	59,8450	91,9981	33,8943	
	Ticarethane	53,8112	54,4220	89,4125	26,5815	17,8991	71,7103	72,3211	107,3116	44,4806	
Mesken	36,6325	37,3590	63,8187	16,1993	17,5494	54,1819	54,9084	81,3681	33,7487		
Tarımusal Sulama	48,6361	49,1874	80,6541	24,0422	14,7144	63,3505	63,9018	95,3685	38,7566		
Aydınlatma	49,2571				17,1798	66,4369					
Alçak Gerilim					Alçak Gerilim						
Tek Terimli					Tek Terimli						
Sanayi	49,9583	50,6308	82,7839	24,6802	15,7355	65,6938	66,3663	98,5194	40,4157		
Ticarethane	54,3673	54,9781	89,9685	27,1376	21,3249	75,6922	76,3030	111,2934	48,4625		
Mesken	36,4189	37,1455	63,6053	15,9857	20,8565	57,2754	58,0020	84,4618	36,8422		
Şehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler	13,3224				14,1455	27,4679					
Tarımusal Sulama	49,0918	50,5355	81,1099	24,4979	17,5223	66,6141	68,0578	98,6322	42,0202		
Aydınlatma	49,7835				20,4246	70,2081					
Genel Aydınlatma	30,1788				20,4246	50,6034					

Şekil 4.21. EDPK tarafından onaylanan ve uygulanan tarifeler

Görevli Tedarik Şirkettinden Enerji Alan İletim Sistemi Kullanıcıları Tüketiciler												
Tek Zamanlı		Gündüz		Puant		Gece						
kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh					
48,7941	49,4665	81,6195	23,5159									
Dağıtım Sistemi Kullanıcıları												
Görevli Tedarik Şirkettinden Enerji Alan Tüketiciler								Özel Tedarikçiden Enerji Alan Tüketiciler İçin Sistem Kullanım Tarifeleri				
Kapasite	Güç Aşım Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Aktif Enerji + Dağıtım		Reaktif Enerji		Kapasite		Güç Aşım Bedeli	Reaktif Enerji		
			Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli				
kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh	kr/kVARh	
Orta Gerilim												
Çift Terimlilik												
Sanayi	306,0013	612,0027	58,3519	59,0244	91,1775	33,0738	30,0511	Sanayi	306,0013	612,0027	9,2073	30,0511
Ticarethane	459,3833	918,7665	67,8751	68,4860	103,4763	40,6455	30,0511	Ticarethane	459,3833	918,7665	14,3493	30,0511
Mesken	447,9982	895,9964	51,2138	51,9403	78,4002	30,7808	30,0511	Mesken	447,9982	895,9964	14,2130	30,0511
Tarımsal Sulama	443,3345	886,6690	60,2747	60,8260	92,2927	35,6810	30,0511	Tarımsal Sulama	443,3345	886,6690	11,8178	30,0511
Aydınlatma	456,6196	913,2391	62,7670					Aydınlatma	456,6196	913,2391	13,7723	
Tek Terimlilik												
Sanayi	59,1723	59,8450	71,2103	72,3211	107,3116	33,8943	30,0511	Sanayi			10,1703	30,0511
Ticarethane	71,2103	72,3211	107,3116			44,4806	30,0511	Ticarethane			17,8991	30,0511
Mesken	54,1819	54,9084	81,3681			33,7487	30,0511	Mesken			17,5494	
Tarımsal Sulama	63,3505	63,9018	95,3685			38,7566	30,0511	Tarımsal Sulama			14,7144	30,0511
Aydınlatma	66,4369							Aydınlatma			17,1798	
Alçak Gerilim												
Tek Terimlilik												
Sanayi	65,6938	66,3663	75,6922	76,3030	111,2934	40,4157	30,0511	Sanayi			15,7355	30,0511
Ticarethane	75,6922	76,3030	111,2934			48,4625	30,0511	Ticarethane			21,3249	30,0511
Mesken	57,2754	58,0020	84,4618			36,8422		Mesken			20,8565	
Şehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler	27,4679							Şehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler			14,1455	
Tarımsal Sulama	66,6141	68,0578	98,6322			42,0202	30,0511	Tarımsal Sulama			17,5223	30,0511
Aydınlatma	70,2081							Aydınlatma			20,4246	
Genel Aydınlatma	50,6034											
Üreticiler İçin Veriş Yönünde Çift Terimli Dağıtım Tarifesi												
Kapasite		Dağıtım Bedeli		Reaktif Enerji		Üreticiler İçin Veriş Yönünde Tek Terimli Dağıtım Tarifesi						
Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Reaktif Enerji
kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kVARh
204,8607	409,7214									1,8707	30,0511	
Lisanssız Üretici*												
						31/12/2017 tarihinden önce geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için**						
						31/12/2017 tarihinden sonra geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için						
						31/12/2017 tarihinden önce geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için**						
						31/12/2017 tarihinden sonra geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için						
Çok zamanlı tarife uygulamasında; sayaç saatli süreklili yaz saati uygulamasına göre güncellenmemiş sayaçlar için, Ekim Ayının Son Pazar Günü arasında Gündüz 07-18, Puant 18-23, Gece 23-07 saatleri arasında; Mart Ayının Son Pazar Günü ile Ekim Ayının Son Pazar Günü arasında Gündüz 06-17, Puant 17-22, Gece 22-06 saatleri arasında; sayaç saatli süreklili yaz saati uygulamasına göre güncellenmiş sayaçlar için yıl boyunca Gündüz 06-17, Puant 17-22, Gece 22-06 saatleri arasındadır.												
Emreamde kapasite tarifesi tabi kullanıcılar üreticiler için belirlenmiş olan güç, güç aşım ve dağıtım bedeli emreamde güç, güç aşım ve dağıtım bedeli olarak uygulanır.												
Fon, pay, vergi vb. yasal yükümlülükler ayrıca ilave edilecektir.												
*11/5/2017 tarihli ve 7070 sayılı Kurul kararı gereği Elektrik Piyasası Kanununun 14 üncü maddesinin birinci fıkrasının (b) bendi kapsamındaki lisanssız üreticiler için sadece tek terimli dağıtım tarifesi uygulanacaktır.												
**31/12/2017 tarihinden önce ilgili sebeke işletmecisinden geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için geçici kabulün bu tutanağa istinaden yapılması halinde uygulanacak olan tarifiedir.												

Şekil 4.21. (Devamı)

Tablo 4.14’de aylık ortalama 400.000 kWh için EPDK tarafından belirlenen ve Şekil 4.21’de verilen birim fiyatlara göre tek terim/tek zamanlı tarifeye göre aylık faturası hesaplanmıştır.

Tablo 4.14. Tek Terim/Tek Zamanlı Tarifeye Göre Fatura Hesabı

Tek Terim Tek Zamanlı Tarife (2019 Yılı için)		
Toplam Tüketim Miktarı	400.000,00 kWh/ay	
Ulusal Birim Fiyat	0,53811 TL/kWh	
Tüketim Tutarı	215.244,80 TL	
<u>Sistem Kullanım Bedelleri</u>		
Dağıtım	0,178991 TL/kWh	71.596,40 TL
Enerji Tutarı	286.841,20 TL	
<u>Vergi ve Fonlar</u>		
Enerji Fonu	1%	2.152,45 TL
TRT Fonu	2%	4.304,90 TL
B.T.V	5%	10.762,24 TL
TOPLAM TUTAR	304.060,78 TL	
KDV	18%	54.730,94 TL
TOPLAM FATURA TUTARI	358.791,73 TL	

Tablo 4.15’de ise aylık ortalama 400.000 kWh için EPDK tarafından belirlenen ve Şekil 4.21’de verilen birim fiyatlara göre çift terim/tek zamanlı tarifeye göre aylık faturası hesaplanmıştır.

Tablo 4.15. Çift Terim/Tek Zamanlı Tarifeye Göre Fatura Hesabı

Çift Terim Tek Zamanlı Tarife (2019 Yılı için)		
Toplam Tüketim Miktarı		400.000,00 kWh/ay
Ulusal Birim Fiyat		0,53526 TL/kWh
Güç Bedeli		1.800,00 kWh/ay
Ulusal Birim Fiyat		4,59383 TL/kWh
Tüketim Tutarı		222.372,10 TL
Sistem Kullanım Bedelleri		
Dağıtım	0,106014 TL/kWh	42.405,60 TL
Enerji Tutarı		264.777,70 TL
Vergi ve Fonlar		
Enerji Fonu	1%	2.223,72 TL
TRT Fonu	2%	4.447,44 TL
B.T.V	5%	11.118,60 TL
Gecikme Zammı		
TOPLAM TUTAR		282.567,47 TL
KDV	18%	50.862,14 TL
TOPLAM FATURA TUTARI		333.429,61 TL

Her iki tablo incelendiğinde tarife değişikliğinde aylık ortalama 25.000 TL tutarında ortalama 28.400 kWh bir kazanç elde edildiği görülmüştür. AVM'ler için tarife seçimi yapılırken çalışma saatleri göze alınmalıdır. Sabah saat 10:00 da açılış yapıp saat 23:00 da kapanan ve günün her saati aynı elektrik tüketimini yapan tesisler için seçilebilecek en verimli tarife çift terim/Tek Zamanlı tarife olduğu saptanmıştır.

BÖLÜM 5. PV PANELLER İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ YATIRIM MALİYETLERİNİN VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI

Tesisin çatısında bulunan ve güneş ışınlarını doğrudan alan bölgenin tamamını kullanacak şekilde güneş enerji panelleri tasarlanmıştır. Panellerin kurulacağı alan yaklaşık 2400 m² dir. Tasarımda hesaplamalar PVSyst ve Pysol programlarından faydalanılarak yapılmıştır. Tasarlanan panellerden elde edilen maksimum elektrik enerjisi hesaplanarak elde edilen enerjinin sağladığı aylık ve yıllık tasarruf miktarı sunulmuştur. Kurulan sistemin maliyetleri ile birlikte amortisman süreleri göz önünde bulundurularak uygulanabilirliği tartışılmıştır. Sistemin kurulacağı öngörülen alan Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Güneş Enerjisi Panelleri Kurulacak Alan

5.1. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Tesisin çatısında bulunan 2400 m² lik alan için kurulabilecek maksimum sayıda güneş paneli seçilerek hesaplamaya başlanmıştır. Tesisimiz için seçtiğimiz panel Axitec marka AC-375MH/144S model 375 Wp kapasiteli paneldir. Panelin teknik özellikleri Şekil 5.2’ de ve teknik çizimi Şekil 5.3 ‘te verilmiştir.

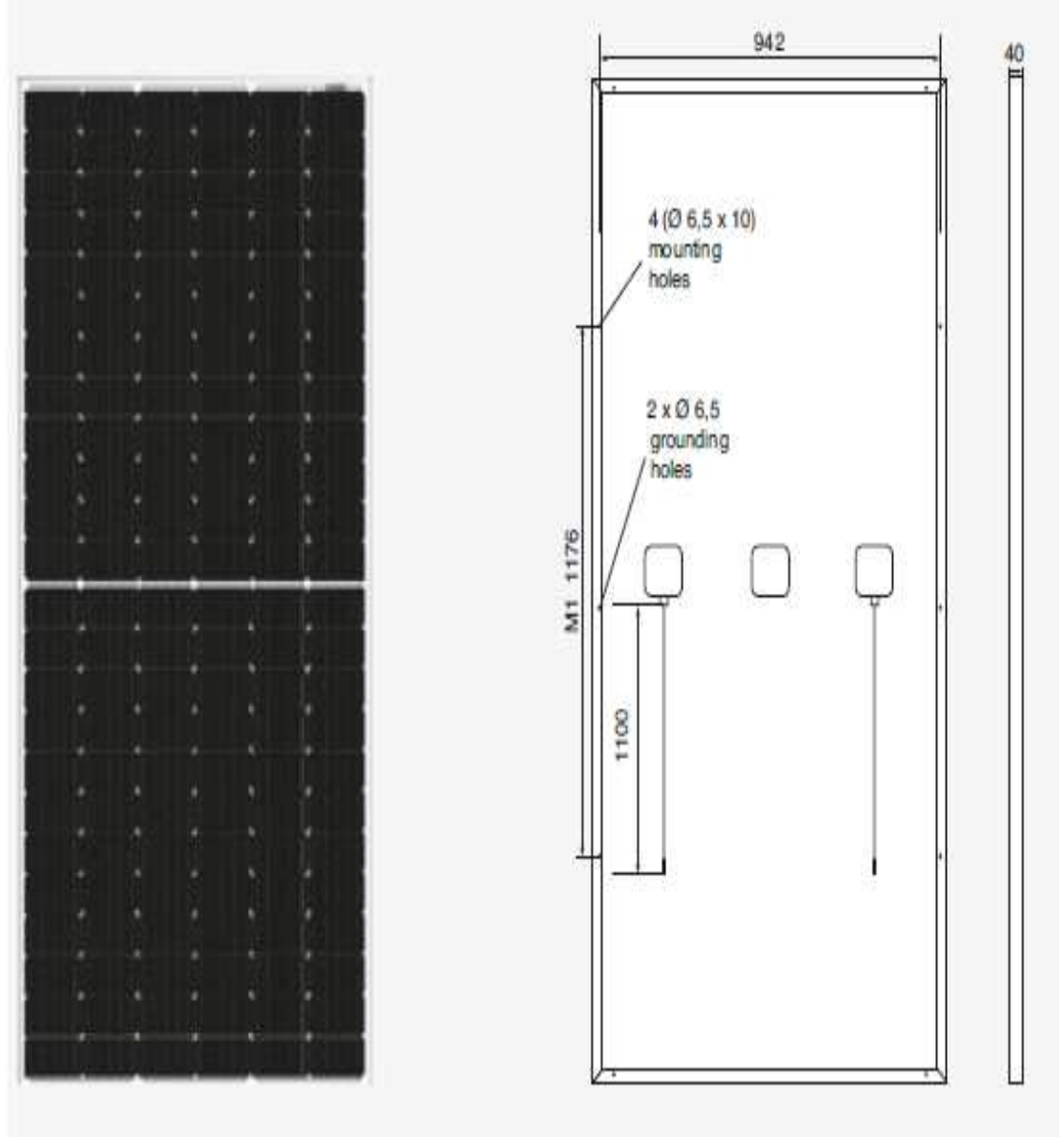
Electrical data (at standard conditions (STC) irradiance 1000 watt/m ² , spectrum AM 1.5 at a cell temperature of 25°C)						
Type	Nominal output P _{mpp}	Nominal voltage U _{mpp}	Nominal current I _{mpp}	Short circuit current I _{sc}	Open circuit voltage U _{oc}	Module conversion efficiency
AC-370MH/144S	370 Wp	39.60 V	9.35 A	9.85 A	47.40 V	18.65 %
AC-375MH/144S	375 Wp	39.81 V	9.43 A	9.93 A	47.61 V	18.90 %
AC-380MH/144S	380 Wp	40.02 V	9.50 A	10.01 A	47.80 V	19.15 %
AC-385MH/144S	385 Wp	40.24 V	9.58 A	10.10 A	48.11 V	19.41 %

Design	
Frontside	0.13 inch (3.2 mm) hardened, low-reflection white glass
Cells	144 monocrystalline high efficiency cells
Backside	Composite film
Frame	1.57 inch (40 mm) silver aluminium frame

Mechanical data	
L x W x H	78.74 x 39.06 x 1.57 inch (2000 x 992 x 40 mm)
Weight	49.82 lbs (22.6 kg) with frame

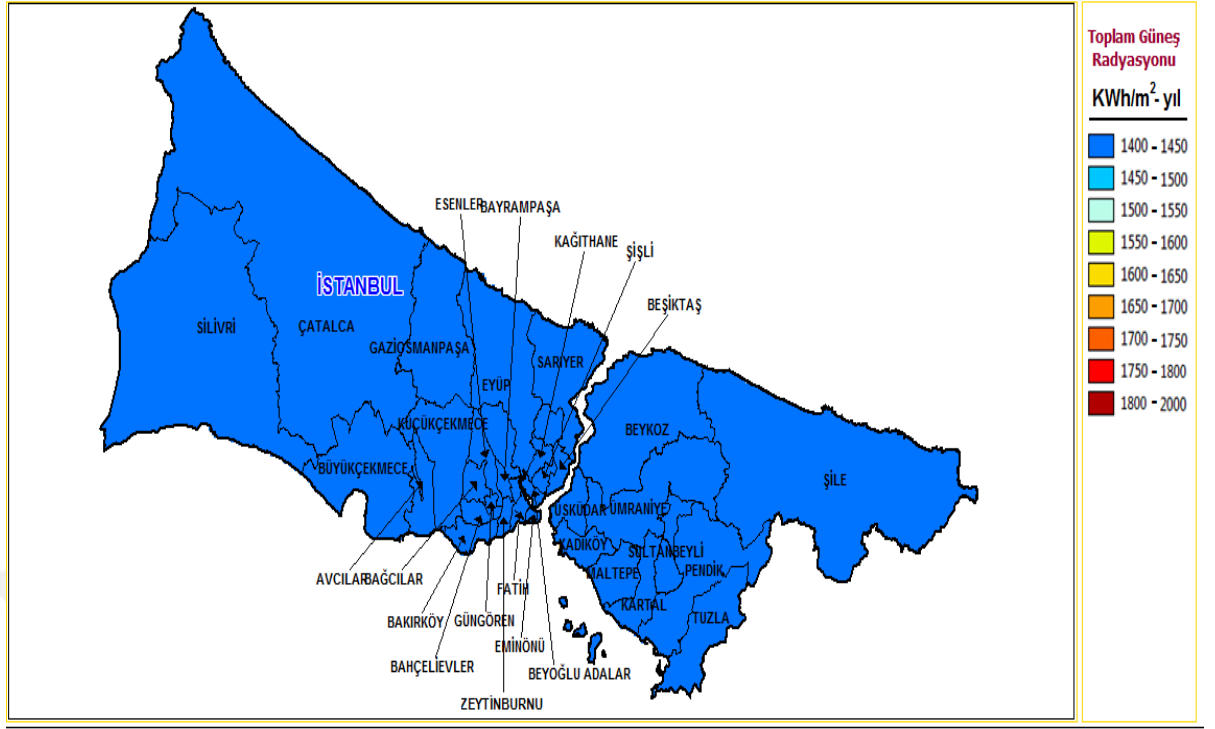
Power connection	
Socket	Protection Class IP67
Wire	43.3 inch, AWG 11
Plug-in system	Plug/socket IP67, MC4

Şekil 5.2. Güneş Enerjisi Paneli Teknik Özellikleri

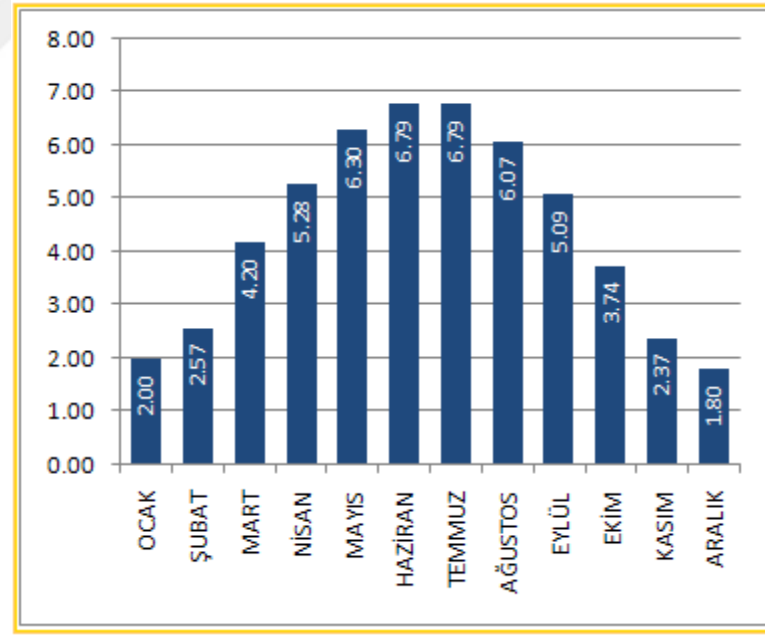


Şekil 5.3. Güneş Enerjisi Paneli Teknik Çizimi

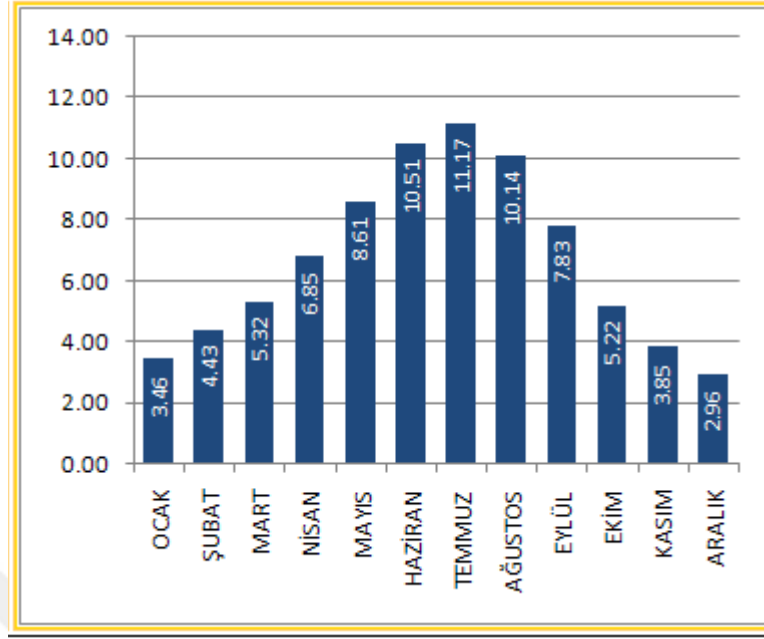
Yapılan hesaplamalara göre panel kurulumu yapılacak alana 720 adet panel yerleştirilebileceği tespit edilmiştir. İstanbul ili için senelik güneş radyasyonu, güneş enerjisi potansiyel atlası üzerinden 1425 kWh/ m²-Yıl olarak alınmıştır (33). İstanbul için toplam güneş radyasyonu haritası, global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri grafikleri Şekil 5.4, 5.5 ve 5.6' da verilmiştir.



Şekil 5.4. İstanbul Toplam Güneş Radyasyon Haritası



Şekil 5.5. İstanbul Global Radyasyon Değerleri



Şekil 5.6. Güneşlenme Süreleri

Yapılan hesaplamalara ve seçilen panellerin teknik verilerine göre sistemin bütün değerlerinin gösterildiği Tablo 5.1’ de verilmiştir.

Tablo 5 1. GES Parametre Değerleri

Açıklama	Değer	Birim
PV Panelin Azami Gücü	375	Wp
Panel Sayısı	720	Adet
GES Kurulu Gücü	270	kWp
Tek PV Panelin Yüzey Alanı	1,984	m ²
GES Sisteminin Toplam Yüzey Alanı	1428,48	m ²
Panel Dönüşüm Verimi	18,9%	-
Senelik Güneş Radyasyonu	1425	kWh/ m ² -Yıl
Devre Kayıp Faktörü	98,0%	-
İnventer Verimi	98,5%	-
Trafo Verimi	99,0%	-
Sistem Verimliliği	18,1%	-

Yukarıdaki tablo verileri incelendiğinde toplam 720 adet panel kullanılacak olup, bu panellerin toplam yüzey alanları yaklaşık 1428 m² dir. Kurulacak olan GES sisteminin

üreteceği yıllık enerji üretimi GES sistemleri tasarımında kullanılan Pvsyst ve Pvsol programları ile hesaplanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Pvsyst programa girilen veriler Şekil 5.7’ de adım adım gösterilmiştir.

Grid system definition, Variant "New simulation variant"

Global System configuration

1 Number of kinds of sub-fields

Simplified Schema

Global system summary

Nb. of modules	720	Nominal PV Power	270 kWp
Module area	1846 m²	Maximum PV Power	244 kWdc
Nb. of inverters	4	Nominal AC Power	240 kWac

Homogeneous System

Presizing Help

☐ No Sizing Enter planned power kWp, ... or available area m²

Select the PV module

Sort modules: ☒ Power ☐ Technology ☐ Manufacturer Prod. from 2011

375 Wp 41V Si-poly TS-M375 TOPSUN Manufacturer 2011 Open

Approx. needed modules **720** Sizing voltages: Vmpp (60°C) **39.6 V**
Voc (-10°C) **69.1 V**

Select the inverter

Sort inverters by: ☒ Power ☐ Voltage (max) ☐ Manufacturer All inverters

60 kW 450 - 800 V 50/60 Hz Sunny Central 60 SMA Open

Nb. of inverters Operating Voltage: **450-800 V** Global Inverter's power **240 kWac**
Input maximum voltage: **880 V**

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series should be only possibility 12

Nbre strings between 53 and 60

Overload loss **0.0 %** Show sizing

Pnom ratio **1.13**

Nb. modules 720 Area 1846 m²

Operating conditions

Vmpp (60°C)	475 V
Vmpp (20°C)	607 V
Voc (-10°C)	830 V

Plane irradiance **1000 W/m²** Max. in data ☐ STC ☒

Imp (STC) 461 A Max. operating power **234 kW**
Isc (STC) 504 A at 1000 W/m² and 50°C

Isc (at STC) 497 A **Array nom. Power (STC) 270 kWp**

User's needs Detailed losses Cancel OK

Şekil 5.7. Pvsyst Programı Verileri

Simulation, Variant "New simulation variant"

Simulation parameters

Variant: **New simulation variant**

Project	Rings AVM	PV module	TS-M375	Inverter	Sunny Central 60
Site	Istanbul	Unit power	375 Wp	Unit power	60.0 kW
Horizon	Free Horizon	Nb. modules	720	Nb. inverters	4
System	Grid-Connected	Array Power	270 kWp	Phom AC	240 kWac

Preliminary definitions

Optional further definitions. For refined data analysis only.

Hourly data storage

Special graphs

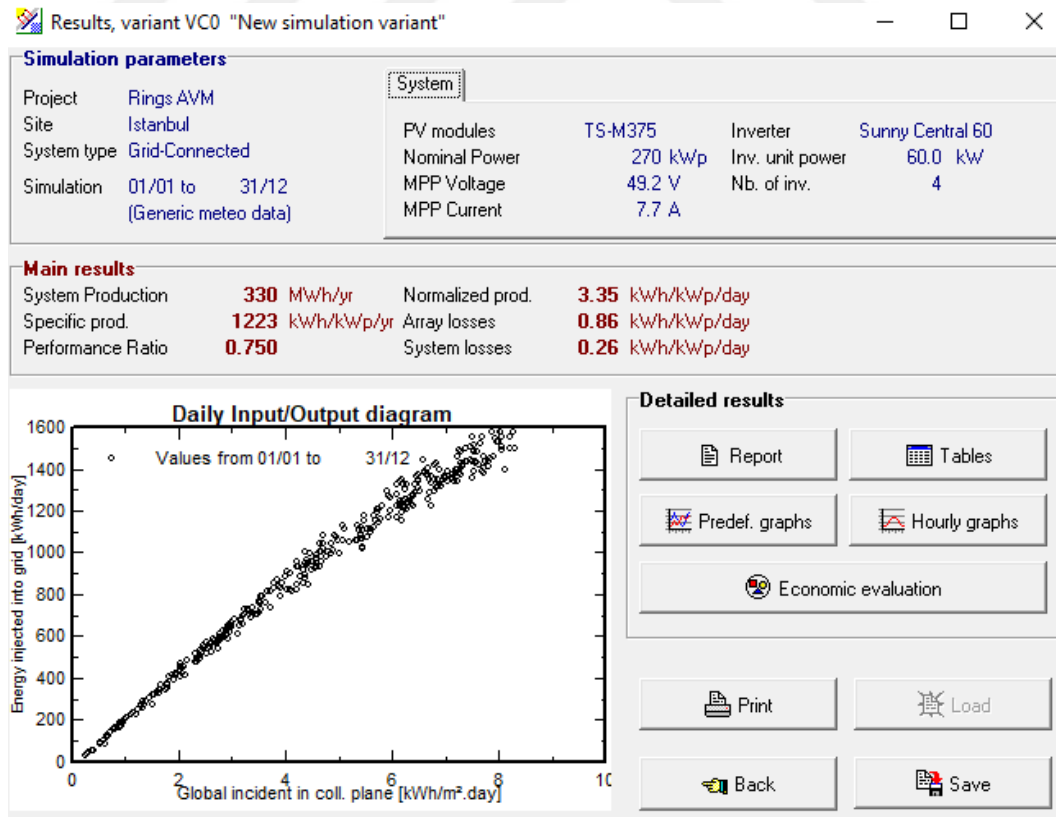
Output File

Simulation dates

from: 01.01.1990 ☒ Meteo begin

up to: 31.12.1990 ☒ Meteo end

Back to params. **Simulation** Results

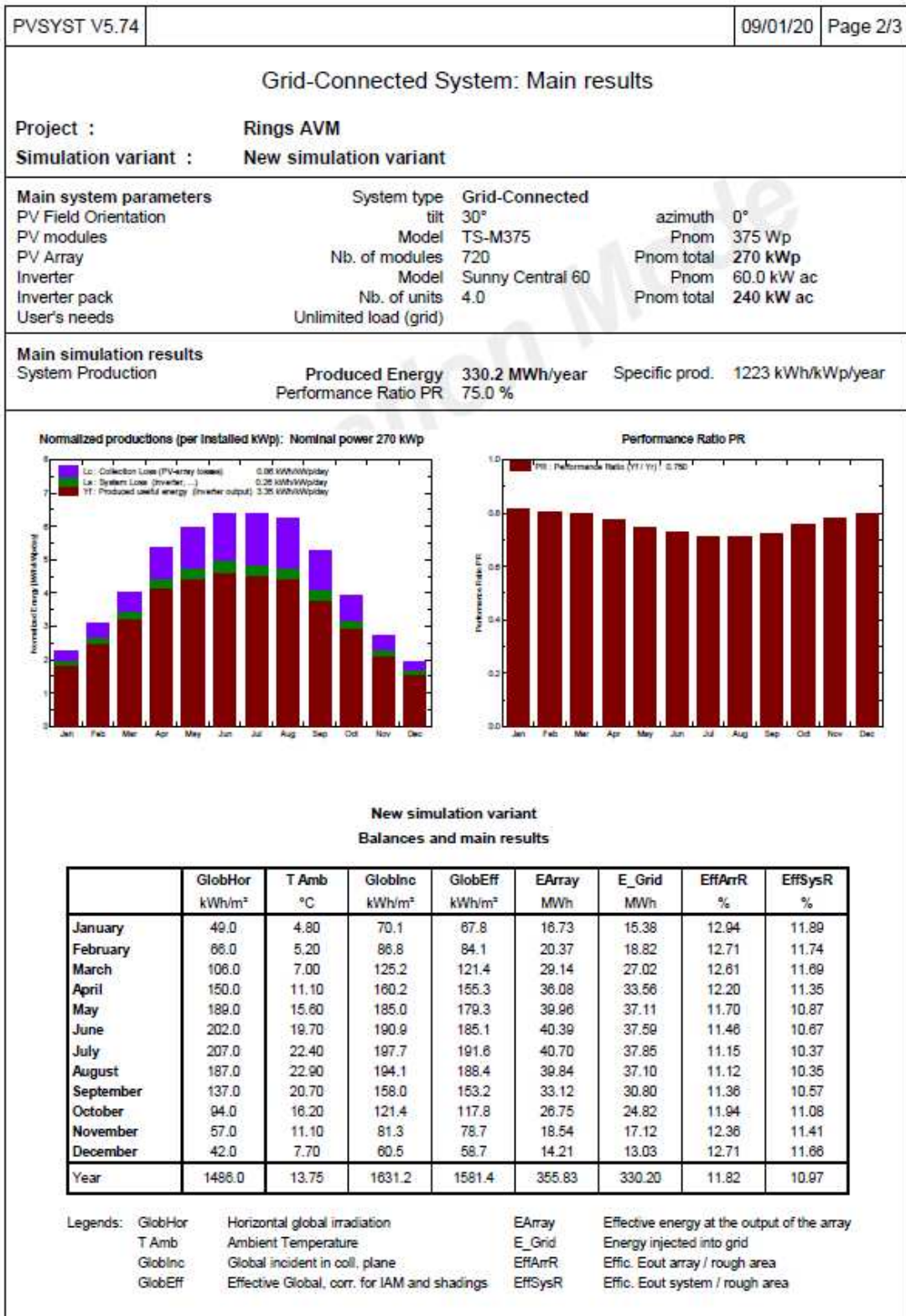


Şekil 5.7. (Devamı)

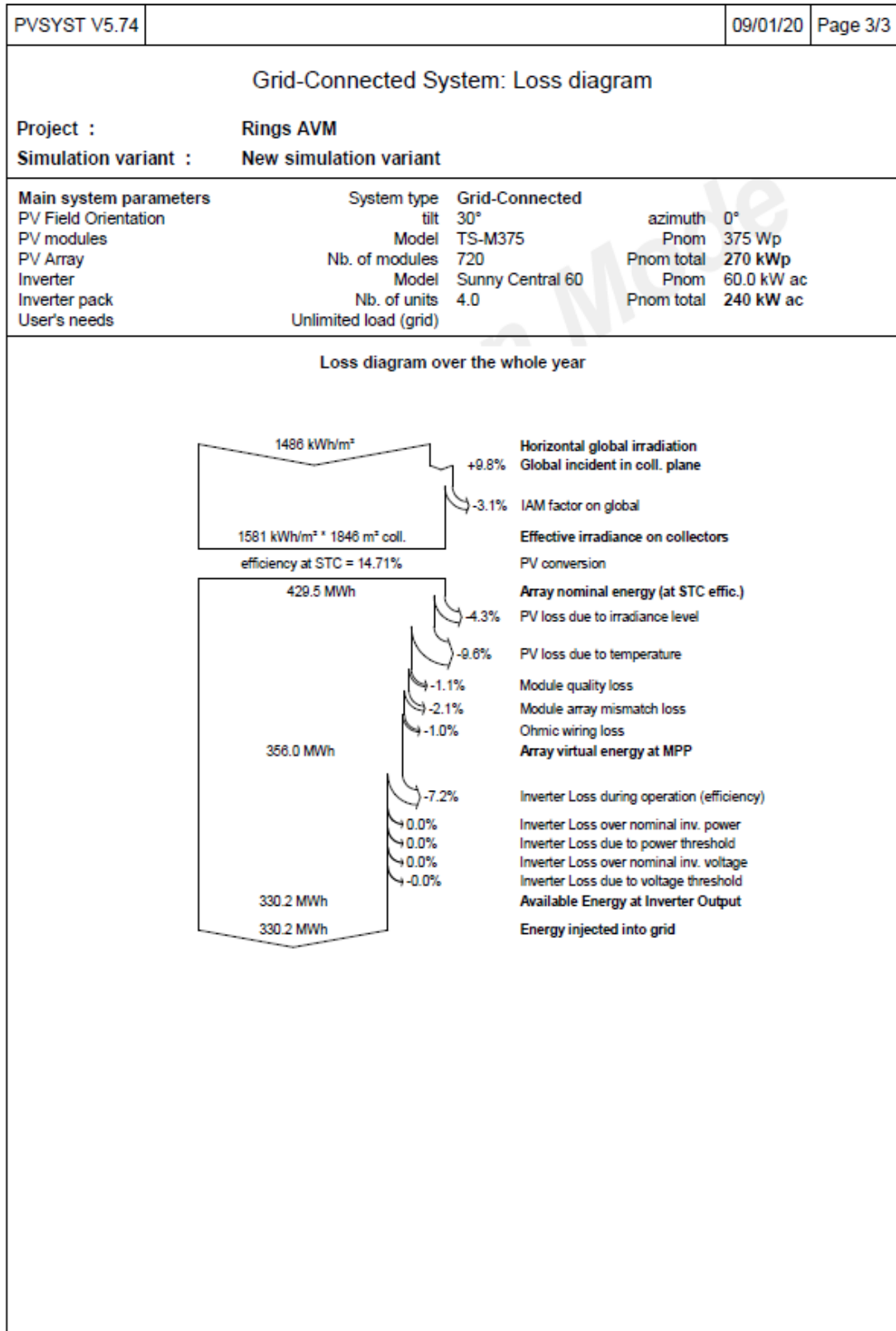
Hesaplama yapılırken ilk olarak sistemin kurulacağı yer İstanbul Sancaktepe olarak seçilmiştir. 720 adet 375 Wp kapasiteli panel olarak program veri tabanında kayıtlı olan Topsun marka panel seçilmiştir. İnverter olarak ise program toplam panel kapasitesine uygun olarak 4 adet 60 kW kapasiteli inverter seçmiştir. Bu değerler sonucunda Şekil 5.8’de verilen rapor sonucu ortaya çıkmıştır.

PVSYST V5.74			09/01/20	Page 1/3		
Grid-Connected System: Simulation parameters						
Project : Rings AVM						
Geographical Site		Istanbul	Country	Turkey		
Situation		Latitude	41.0°N	Longitude	29.2°E	
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+2	Altitude	5 m	
		Albedo	0.20			
Meteo data :		Istanbul, Synthetic Hourly data				
Simulation variant : New simulation variant						
		Simulation date	09/01/20 15h25			
Simulation parameters						
Collector Plane Orientation		Tilt	30°	Azimuth	0°	
Horizon		Free Horizon				
Near Shadings		No Shadings				
PV Array Characteristics						
PV module		Si-poly	Model	TS-M375		
			Manufacturer	TOPSUN		
Number of PV modules			In series	12 modules	In parallel	60 strings
Total number of PV modules			Nb. modules	720	Unit Nom. Power	375 Wp
Array global power			Nominal (STC)	270 kWp	At operating cond.	234 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)			U mpp	508 V	I mpp	461 A
Total area			Module area	1846 m²	Cell area	1653 m²
Inverter						
			Model	Sunny Central 60		
			Manufacturer	SMA		
Characteristics			Operating Voltage	450-800 V	Unit Nom. Power	60 kW AC
Inverter pack			Number of Inverter	4 units	Total Power	240 kW AC
PV Array loss factors						
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s	
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², Tamb=20°C, Wind=1 m/s.)				NOCT	56 °C	
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	19 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC	
Module Quality Loss				Loss Fraction	1.0 %	
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	2.0 % at MPP	
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)		bo Parameter	0.05
User's needs :		Unlimited load (grid)				

Şekil 5.8. Pvsyst Programı Raporu

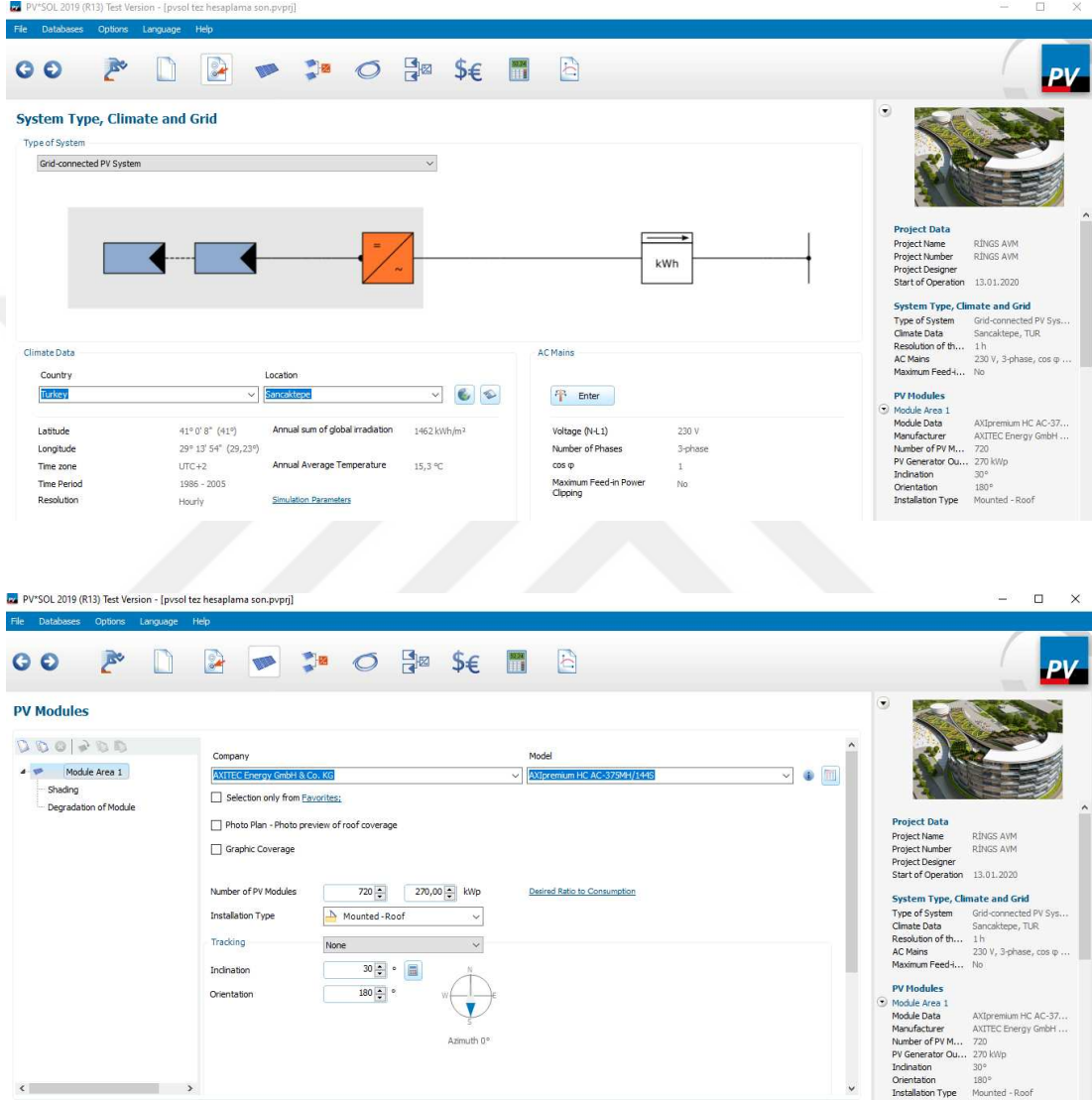


Şekil 5.8. (Devamı)



Şekil 5.8. (Devamı)

Pvsyst programının rapor sonucuna göre 720 adet 375 Wp panel kullanımda sistemin üreteceği yıllık elektrik enerjisi 330.200 kW/Yıl olarak hesaplanmıştır. Aynı değerler ile Pvsol programında da hesaplamalar yapılmıştır. Pvsol programına girilen veriler Şekil 5.9’ da adım adım gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Pvsol Program Verileri

Pvsyst programında olduğu gibi hesaplama yapılırken ilk olarak sistemin kurulacağı yer İstanbul Sancaktepe olarak seçilmiştir. 720 adet 375 Wp kapasiteli panel olarak program veri tabanında kayıtlı olan Axipremium HC marka AC-375MH/144S model panel seçilmiştir. İnverter olarak ise program toplam panel kapasitesine uygun olarak 4 adet 60 kW kapasiteli inverter seçmiştir. Bu değerler sonucunda Şekil 5.10' da verilen rapor sonucu ortaya çıkmıştır.

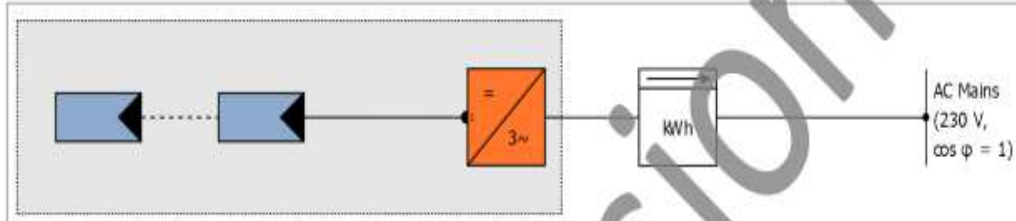
Project Number: RINGS AVM

Project Overview

PV System

Grid-connected PV System

Climate Data	Sancaktepe, TUR (1986 - 2005)
PV Generator Output	270 kWp
PV Generator Surface	1.428,5 m ²
Number of PV Modules	720
Number of Inverters	4



RINGS AVM

Project Number: RINGS AVM

The yield

The yield

PV Generator Energy (AC grid)	373.580 kWh
Grid Feed-in	373.580 kWh
Down-regulation at Feed-in Point	0 kWh
Own Power Consumption	0,0 %
Solar Fraction	0,0 %
Spec. Annual Yield	1.383,63 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	87,3 %
CO ₂ Emissions avoided	224.148 kg / year

Şekil 5.10. Pvsol Programı Raporu

Overview

System Data

Type of System	Grid-connected PV System
Start of Operation	13.01.2020

Climate Data

Location	Sancaktepe, TUR (1986 - 2005)
Resolution of the data	1 h
Simulation model used:	
- Diffuse Irradiation onto Horizontal Plane	Hofmann
- Irradiance onto tilted surface	Hay & Davies

Module Areas

1. Module Area - Module Area 1

PV Generator, 1. Module Area - Module Area 1

Name	Module Area 1
PV Modules	720 x AXIpremium HC AC-375MH/144S
Manufacturer	AXITEC Energy GmbH & Co. KG
Inclination	30 °
Orientation	South 180 °
Installation Type	Mounted - Roof
PV Generator Surface	1,428,5 m ²

Energy Flow Graph

Project: RİNGS AVM



Şekil 5.10. (Devamı)

Pvsol programının rapor sonucuna göre 720 adet 375 Wp panel kullanımda sistemin üreteceği yıllık elektrik enerjisi 373.580 kW/Yıl olarak hesaplanmıştır. İki farklı yöntemle hesaplanan yıllık enerji üretimi Tablo 5.2’ de verilmiştir.

Tablo 5.2. Yıllık Elektrik Üretimi Karşılaştırma Tablosu

Hesaplama Türü	Yıllık Üretim	Birim
Pvsyst Programı ile Hesaplama	330.200	kW
Pvsol Programı ile Hesaplama	373.580	kW
ORTALAMA ÜRETİM	351.890	kW

Tablo 5.2 incelendiğinde hesaplanan yıllık elektrik tüketim miktarının birbirine yakın çıktığı gözlenmiştir. Birbirinden farklı değerler çıkmasının ana sebebi ise programların veri tabanına kayıtlı panel ve inventerlerin verimlerinin ve kayıplarının farklı olmasıdır. Bulduğumuz yıllık üretimlerin ortalamasını aldığımızda yıllık enerji üretimi ortalama 351.890 kW’dır. Tesisin 2018 yılı yıllık elektrik tüketimi toplam 2.676.234 kWh’dir. Sistemin elektrik tasarrufu yıllık ortalama %13,14 olarak hesaplanmıştır. Sistemin kurulması için hesaplanan maliyeti 185.000 USD+KDV’dir. Sistemin tahmini amortisman süresi 4,2 yıl olarak hesaplanmıştır.

BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tesisin ısıtma sisteminde yapılan ölçümler ile kazanların, yanma verimi için belirlenmiş olan ideal CO₂, O₂ ve baca gazı sıcaklık değerlerine ne kadar uygun olduğu görülmüştür. Termal kamera görüntüleri ışığında kazanların ön ve arka yüzeylerinde ısı kayıpları fazlalık gösterirken yanal yüzeylerde ise oldukça iyi bir yalıtım olduğu gözlemlenmiştir. Kazanların ön cephesinde özellikle brülör ile bağlantılı olan kısımda sıcaklık değerlerinin en yüksek noktalara ulaştığı belirlenmiştir. Arka cephede ise baca bağlantısının olduğu bölümde yüksek sıcaklık ve buna bağlı olarak ısı kayıplarının olduğu, sağ ve sol cephelerde ise sıcaklık değerleri ortam sıcaklığına yakın olup bu cephelerden ısı kaybının oldukça az olduğu tespit edilmiştir. Mevcut kazan verimlerinin (%89) yeni iyileştirilmiş kazan verimlerine dönüştürülmesi ile her kazan için verim artışı doğrultusunda doğalgaz tasarrufları hesaplanmış ve bu üç kazanın tasarruflarının ortalaması alınarak verim artışı ile sağlanan doğalgaz tasarrufu %5 olarak hesaplanmıştır. Sağlanan bu tasarrufun temel sebebi yüksek baca gazı sıcaklığının düşürülmesinden kaynaklandığı saptanmıştır. Mevcut durumda kazan baca gazı sıcaklıkları 185°C seviyelerinde olup bu sıcaklıkların standartlarda 130°C seviyelerine getirilmiştir. Kazanlarda bu verim artışını sağlayabilmek amacıyla yanma ayarlarının kontrol edilmesi ve O₂ (%) değerlerinin 1-4,5 aralığına ve baca gazı sıcaklığı 120-130°C'lere getirilmesi önerilmektedir.

Tesiste ki mevcut soğutma gruplarının (COP/IPLV) performans katsayılarının oldukça iyi olduğu ve bu sebeple verimli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tesiste her bir soğutma grubuna ait bir adet olmak üzere üç adet soğutma kulesi ve her soğutma kulesinde ise 1'er adet fan bulunmaktadır. Bu fanların motoru 11 kW gücündedir. Tesisteki soğutma kulesi fanları frekans inventörü ile çalıştırıldığından enerji veriminin maksimum seviyede olduğu saptanmıştır.

Klima Santralleri karışım havalı olarak dizayn edilmiştir. Entalpi kontrolü ile gerektiğinde karışım yaparak enerji tasarrufu sağlanmaya çalışılmıştır. Klima santrallerinin tamamı hız kontrollü seçilerek enerji verimliliği açısından tesise önemli bir katkı sağlanmıştır. Klima santrallerinin hava akışlarını sağlayan galvaniz kanalların izolasyonları da iyi bir şekilde yapılmıştır. Kısaca, tesiste klima santralleri enerji verimliliği açısından gerekli önlemler alınarak donatılmıştır. Bu sebeple artı bir yatırım yapmak yerine klima santrallerinin mahal sıcaklık sensörleri ile kontrol edilmesi, merkezi otomasyon üzerinden izlenerek sıcaklık, çalışma zaman programı, damper konumları gibi parametrelerin en verimli şekilde ayarlanması ve filtrelerin düzenli olarak değiştirilmesi ve bakımının yapılması önerilmektedir.

Tesisin tesisatında yer alan boruların ve kanalların mevcut ısı yalıtımları vermiş olduğumuz özelliklere ve yönetmeliklere uygun olduğu görülmüştür. Ancak vanalarda ve armatürlerde aynı durum söz konusu değildir. Vanaların ve armatürlerin ısı yalıtımları eksik olup termal görüntülerde açıkça gözlenmiştir. Vana ve armatürler ısı yalıtım ceketleri ile yalıtılmalı ve ısı kayıpları minimum düzeye getirilmesi önerilmektedir.

Tesiste kullanılan motorlar, IE2 standart verim sınıfına denk gelmektedir. Tesisin bu noktada kritik noktalardaki pompaların elektrik motorlarında hız kontrolü sistemini uygulanması enerji verimliliği açısından oldukça önem taşımaktadır. Özellikle belli aralıklarla devreye giren ve çıkan chiller ile kazan pompalarında hız kontrolü uygulaması ve hız kontrol cihazları ile önemli bir tasarruf sağlamıştır. Bu nedenlerden dolayı bu tesisin elektrik motorlarının alt yapısı iyi olarak değerlendirilmiştir.

Tesiste çok fazla miktarda aydınlatma mevcuttur. Çalışma kapsamında, mevcut aydınlatmaların yerine kullanabilecek olan yeni nesil enerji tasarruflu aydınlatmalar kullanıldığında yıllık yaklaşık 252.388 kW enerji tasarrufu sağlamanın mümkün olduğu saptanmıştır. Tesisin 2018 yılı yıllık elektrik tüketimi toplam 2.676.234 kWh'dır. Aydınlatmaların değişimi ile elektrik tasarrufu yıllık ortalama %5 olarak hesaplanmıştır.

Isıtma, soğutma ve havalandırmada oda sıcaklıkları ve iç ortam hava kalitesi dikkate alınarak sistemler bir otomasyona bağlandığı takdirde % 15-20, aydınlatma ile birlikte ise %25'e varan tasarruf imkânı olduğu belirlenmiştir (FH Aachen Almanya bina simülasyonu ile belirlenen değerlerdir).

Tesis elektrik alımını Enerjisa elektrik dağıtım şirketinden yapmaktadır. Kullanmış olduğu mevcut tarife tek zaman/tek terimli tarifiedir. Tesisin çift terim/Tek Zamanlı tarife değişikliğinde aylık ortalama 25.000 TL ortalama 28.400 kWh bir kazanç elde edildiği görülmüştür. Tesisin 2018 yılı yıllık elektrik tüketimi toplam 2.676.234 kWh'dir. Tarife değişikliğinin elektrik tasarrufu yıllık ortalama %1,06 olarak hesaplanmıştır.

Tesisin çatısında bulunan ve güneş ışınlarını doğrudan alan bölgenin tamamını kullanacak şekilde panel Axitec marka AC-375MH/144S model 375 Wp kapasiteli paneller tasarlanmıştır. Panellerin kurulacağı alan yaklaşık 2400 m² dir. Tasarımda PVSyst programı ile 330.200 kW, Pysol programı ile 373.580 kW ve ortalama 351.890 kW'lık yıllık elektrik üretimi olduğu tespit edilmiştir Tesisin 2018 yılı yıllık elektrik tüketimi toplam 2.676.234 kWh'dir. Sistemin elektrik tasarrufu yıllık ortalama %13,14 olarak hesaplanmıştır. Sistemin kurulması için hesaplanan maliyeti 185.000 USD+KDV'dir. Sistemin tahmini amortisman süresi 4,2 yıl olarak hesaplanmıştır.

Tüm bu sonuçlar ışığında, Güneş enerjisinin sosyolojik ve politik olarak da çok önemli bir rolü vardır. Yenilenebilir tüm kaynaklarda olduğu gibi güneş enerjisi de “bağımsız” enerji demektir. Ülkemizdeki dış borç her geçen gün artmaktadır ve bunun başlıca sebebi ithal ettiğimiz doğal gaz ticaretidir. Kurulacak her güneş enerji santrali ülkenin kurulu gücüne katkı sağlayacak ve dışarıdan ithal edilen enerji kaynaklarının yüklü maliyetlerini azaltacaktır. Uzun vadeli planlamalar düzgün şekilde yapılması halinde tamamen bağımsız enerji kaynaklarına sahip olunabilir.

Geleceğimiz güneş kadar aydınlık olsun...

KAYNAKLAR

- [1] Tuncer, T. Konutlarda enerji verimliliği ve derece gün bölgelerine göre farklı malzemelerde optimum yalıtım Kalınlığının tespiti, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [2] Akyol, T. Binaların ısı yalıtımında enerji ve ekserji analizi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [3] <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/10/20111027-5.htm>. Erişim Tarihi 03.01.2018
- [4] Kaya, K., & Koç, E. Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi, Mühendis ve Makina, 56 (660), 61-68, 2015.
- [5] Karaca, C., Güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimi sistemi tasarımı, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [6] Doğanay, Ç., & Çoşkun, O. 2017. Enerji kaynakları, 3. Baskı, Ankara.
- [7] Erdoğan, D., Seçkin, B. Yenilebilir enerjiler, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fizik Öğretmenliği, Araştırma Projesi, 2008.
- [8] Varınca, K.B., & Varank, G., Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel, 24–25 Haziran 2005.
- [9] Yıldız Teknik Üniversitesi Güneş Enerjili Sistemler Kulübü, Güneş Enerjisi, www.gesk.yildiz.edu.tr, Erişim Tarihi: Nisan 2006.
- [10] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Resmi internet sayfası, www.eie.gov.tr, Erişim Tarihi: Nisan, 2006.
- [11] Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V., Environmental Impacts From The Solar Energy Technologies, Energy Policy, 33 (3), 289-296, 2005.

- [12] Sezal, L., Türkiye’deki Güneş Enerjisi Yatırımlarının Davranışsal Finans Açısından Değerlendirilmesi, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10 (51), 2017.
- [13] Graf, R.F., Modern dictionary of electronics, Butterworth-Heinemann, A.B.D. 25, 1999.
- [14] Messenger, R.A. & Ventre, J., Photovoltaic systems engineering, Taylor & Francis, Florida. 26, 2004.
- [15] Pagliaro, M., Palmisano G., & Ciriminna, R., Flexible Solar Cells, ISBN-13: 9783527323753, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2008,
- [16] Kalogirou, S., Solar Energy Engineering: Processes and Systems, ISBN-13: 978-0-12- 374501-9, Academic Press, 2009.
- [17] Messenger, R.A., & Ventre, J., Photovoltaic systems engineering, Taylor & Francis, Florida, 2004.
- [18] Özgöçmen A., Güneş Pilleri Kullanarak Elektrik Üretimi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [19] Republic of Turkey Prime Ministry, Investment Support and Promotion Agency of Turkey: Turkish Environmental Technologies & Renewable Energy Industry Report”, www.invest.gov.tr, 19, 1-28, 2010
- [20] Uyar, T.S. Yenilenebilir Enerji. www.bugday.org, 2004.
- [21] Türkyılmaz, O., (2012). Türkiye’nin Enerji Görünümü - TMMOB Makine Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu Başkanı Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Yönetim Kurulu Üyesi.
- [22] url: <http://www.gazbir.org.tr/uploads/page/Dunya-ve-Turkiye-Enerji-Gorunumu.pdf> Erişim Tarihi: 10.11.2018
- [23] Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, D.H., & Avcı, E.D., Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 2005.
- [24] Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu, Yeşil Enerjiye Geçiş, 1, 2010
- [25] Engin, P., Türkiye’de enerji yönetim sistemi uygulamalarının sanayi kuruluşları ve sanayide enerji verimliliği projeleri açısından etkinliklerinin

değerlendirilmesi Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2018.

- [26] Kutlu S., Güneş tarlası ile elektrik enerjisi üretimi ve sdü kampüs alanında bir uygulama 22. Analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2002.
- [27] <http://www.kobifinans.com.tr/tr/sektor/2180506/22,823>, Erişim Tarihi: 08.11.2018.
- [28] https://www.izoder.org.tr/dosyalar/tesisat_yalitimi.pdf Erişim Tarihi: 08.11.2019.
- [29] http://www.yalitim.net/yayin/458/tesisat-yalitimi_13458.html#.XfYatdUzaUk Erişim Tarihi: 08.11.2019.
- [30] <http://www.elkmotor.com.tr/elkmotor-enerji-verimlilik.aspx> Erişim Tarihi: 10.12.2019.
- [31] <https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/elektrik-motorlari-ve-enerji-verimlilik/7381> Erişim Tarihi: 12.11.2019.
- [32] <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari>, Erişim Tarihi: 08.10.2019.
- [33] <http://www.yegm.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 13.11.2019.

ÖZGEÇMİŞ

Seyfettin CAMCI 1983 yılında İstanbul’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul’da tamamladı. 2000 yılında Rezan Has Lisesi’nden mezun oldu. 2001 yılında başladığı Mustafa Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nü 2005 yılında bitirdi. 2016 yılında Giresun Üniversitesi. Enerji Sistemleri Mühendisliği yüksek lisans eğitimine başladı. 2018 yılında Rings Alışveriş Merkezi’nde Teknik Müdür olarak çalışmaya başladı. Halen Teknik Müdür olarak görev yapmaktadır.