

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ VERİMLİLİĞİ KRİTERLERİNE GÖRE OTEL TASARIMI VE
ENERJİ MODELLEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Berkem ÖZ

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

TEMMUZ 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ VERİMLİLİĞİ KRİTERLERİNE GÖRE OTEL TASARIMI VE
ENERJİ MODELLEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Berkem ÖZ
(504111004)**

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayşen DEMİRÖREN

TEMMUZ 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504111004 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Berkem Öz, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ENERJİ VERİMLİLİĞİ KRİTERLERİNE GÖRE OTEL TASARIMI VE ENERJİ MODELLEMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ayşen DEMİRÖREN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç.Dr.Mehmet BAYRAK**
Sakarya Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr. Canan Karatekin
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **22 Temmuz 2015**

Anneme ve nişanlıma,

ÖNSÖZ

Bitirme çalışmam süresince, hem lisans hem de yüksek lisans çalışmalarım boyunca büyük emeği geçen ve yol gösterici olan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Ayşen Demirören'e en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Eğitim öğretim hayatım boyunca desteklerini benden esirgememiş, hayatımın her döneminde koşulsuzca yanımda olan anne ve babama, ve hayatıma girdiği andan itibaren yaşadığım günleri anlamlı kılan, tez çalışmam boyunca benden manevi desteğini esirgemeyen ve bir ömrü beraber paylaşmaktan büyük mutluluk duyduğum nişanlıma çok teşekkür ederim.

Temmuz 2015

Berkem Öz
Elektrik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Türkiye ve Dünya'daki Enerji Kaynaklarının Kullanımı	1
1.2 Türkiye'de Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı	5
2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ	7
2.1 Enerji Verimliliği Kavramı	7
2.2 Ülkemizde ve Dünyada Enerji Verimliliği Potansiyeli.....	8
2.3 Binalarda Enerji Verimliliği.....	9
2.4 Enerji Verimliliği Kanunu.....	10
2.5 Binalarda Enerji Verimliliği Ölçme Sistemi: LEED.....	11
3. DESIGN BUILDER VE ENERGY PLUS İLE OTELİN ENERJİ MODELLEMESİ	17
3.1 Enerji Modellemesinde Temel Kriterler ve Design Builder Programı.....	17
3.2 Baz Bina Enerji Modellemesi İçin Girdiler.....	18
3.2.1 İklimsel girdiler	18
3.2.2 Mimari girdiler	19
3.2.2.1 Binanın şekli	19
3.2.2.2 Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri)	20
3.2.3 Elektriksel girdiler.....	22
3.2.4 Mekanik girdiler.....	23
3.3 Tasarlanan Bina Enerji Modellemesi İçin Girdiler	25
3.3.1 İklimsel girdiler	25
3.3.2 Mimari girdiler	25
3.3.2.1 Binanın şekli	25
3.3.2.2 Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri)	26
3.3.3 Elektriksel girdiler.....	26
3.3.4 Mekanik girdiler.....	27
3.4 Baz Bina Enerji Modellemesi Çıktıları	28
3.4.1 Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar.....	28
3.4.2 Aydınlık düzeyi çıktıları	32
3.4.3 Sera gazı salınımı ile ilgili çıktılar	33
3.5 Tasarlanan Bina Enerji Modellemesi Çıktıları	33
3.5.1 Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar.....	33
3.5.2 Aydınlık düzeyi çıktıları	38

3.5.3 Sera gazı salınımı ile ilgili çıktılar	39
4. E-QUEST PROGRAMI İLE ENERJİ MODELLEMESİ	41
4.1 E-Quest Programı	41
4.2 Baz Bina Enerji Modellemesi İçin Girdiler	42
4.2.1 İklimsel girdiler	42
4.2.2 Mimari girdiler	42
4.2.3 Elektriksel girdiler	43
4.2.4 Mekanik girdiler	44
4.3 Tasarlanan Bina Enerji Modellemesi İçin Girdiler	44
4.3.1 İklimsel girdiler	44
4.3.2 Mimari girdiler	45
4.3.3 Elektriksel girdiler	45
4.3.4 Mekanik girdiler	48
4.4 Baz Bina Enerji Modellemesi Çıktıları	49
4.4.1 Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar	49
4.5 Tasarlanan Bina Enerji Modellemesi Çıktıları	56
4.5.1 Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar	56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR.....	71
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	79

KISALTMALAR

IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
HVAC	: Heating, Ventilation, Air Conditioning
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
USGBC	: United States Green Building Council
ASHRAE	: American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers
CFD	: Computational Fluid Dynamics
COP	: Coefficient of Performance
TS	: Türk Standartları
VAV	: Variable Air Volume
IEE	: Akıllı Enerji- Avrupa Komisyonu
AHU	: Air Handling Units

SEMBOL LİSTESİ

η	: Verimlilik
U	: Isıl geçirgenlik katsayısı
U_D	: Dış duvar için ısı geçirgenlik katsayısı değeri
U_T	: Tavan için ısı geçirgenlik katsayısı değeri
U_t	: Taban için ısı geçirgenlik katsayısı
U_P	: Pencere için ısı geçirgenlik katsayısı
t_d	: Gün ışığı kullanım miktarı
t_n	: Gün ışığı kullanılmayan zaman miktarı
$\Phi_{I,LI}$	: Aydınlatma cihazlarının yaydığı ısı enerjisi faktörü
$f_{e,r,LI}$	: Soğutma cihazları tarafından soğutması yapılmayan enerjinin tüketim sabiti
P_{LI}	: Aydınlatma cihazlarının ortalama gücü
$d_{LI,n}$	: Enerji tüketiminin yıllık tüketimdeki değişimini belirten sabit
W_{light}	: Aydınlatma için tüketilen yıllık enerji miktarı
A_{gross}	: Aydınlatılacak toplam alan
t_u	: Aydınlatma cihazlarının bir yıl içinde kullanım süresi
P_n	: Toplam aydınlatma kurulu gücü
F_D	: Gün ışığı bağımlılık faktörü
F_0	: Doluluk oranı bağımlılık faktörü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 :Dünyadaki enerji tüketim miktarlarının yıllara göre değişimi	2
Çizelge 2.1 :AB ülkelerinde tüketicilere göre tahmin edilen tasarruf miktarları	9
Çizelge 2.2 : ASHRAE standartına göre uyulacak güç yoğunluk değerleri.....	14
Çizelge 3.1:İstanbul için 35 yıllık sıcaklık ortalamaları.....	19
Çizelge 3.2 :Bölgelere göre izin verilen en büyük U değerleri	21
Çizelge 3.3 :ASHRAE standartlarına göre ısı geçirgenlik katsayıları.....	22
Çizelge 3.4 :Baz bina için tanımlanan aydınlatma güç yoğunluğu değerleri	23
Çizelge 3.5 :Tasarlanan bina için U değerleri	26
Çizelge 3.6 :Tasarlanan bina için aydınlatma güç yoğunlukları.....	27
Çizelge 3.7 :Baz binanın tükettiği toplam enerji miktarı.....	28
Çizelge 3.8 :Baz binadaki yüklerin yıllık tükettiği enerjinin dağılımı	29
Çizelge 3.9 :Baz binadaki tüketim ekipmanlarının enerji yoğunlukları	29
Çizelge 3.10 :Baz binanın pik yük talebi.....	30
Çizelge 3.11 :Tasarlanan binanın tükettiği toplam enerji miktarı	34
Çizelge 3.12 : Baz binadaki yüklerin yıllık tükettiği enerjinin dağılımı miktarları...	34
Çizelge 3.13 :Yük çeşitlerine göre verimlilik değerleri.....	34
Çizelge 3.14 :Fotovoltaik sistem çıktıları.....	35
Çizelge 3.15 :Tasarlanan binadaki tüketim ekipmanlarının enerji yoğunlukları.....	36
Çizelge 3.16 :Tasarlanan binanın pik yük talebi	36
Çizelge 4.1:ASHRAE standartlarına göre ısı geçirgenlik katsayıları.....	43
Çizelge 4.2 :Tasarlanan bina için U değerleri	45
Çizelge 4.3 :Binalar için tanımlanan yıllık işletme süresi	46
Çizelge 4.4 :Aydınlatma ile ilgili tanımlanan girdiler	48
Çizelge 4.5 :Baz binanın tükettiği toplam enerji miktarı.....	49
Çizelge 4.6 :Baz binadaki yüklerin yıllık tükettiği enerjinin dağılımı	49
Çizelge 4.7 :Baz binadaki tüketim ekipmanlarının enerji yoğunlukları	50
Çizelge 4.8 :Baz binanın yük çeşitlerine göre pik yük talebi	52
Çizelge 4.9 :Tasarlanan binanın tükettiği toplam enerji miktarı	56
Çizelge 4.10 :Tasarlanan binadaki yüklerin yıllık tükettiği enerjinin dağılımı	57
Çizelge 4.11 :Yük çeşitlerine göre verimlilik değerleri.....	57
Çizelge 4.12 :Tasarlanan binadaki tüketim ekipmanlarının enerji yoğunlukları.....	59
Çizelge 4.13 :Tasarlananbinanın yük çeşitlerine göre pik yük talebi.....	61

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Dünyada 1971-2012 arasında yakıtlara göre enerji tüketimi.....	2
Şekil 1.2: 1973 ve 2012 yıllarında enerji tüketimi kaynaklarının karşılaştırılması.....	3
Şekil 1.3: Türkiye’de 2014’da elektrik üretimi için kullanılan enerji çeşitleri.....	4
Şekil 1.4: Türkiye’de tüketilen enerjinin sektörel dağılımı ve öngörüsü	5
Şekil 2.1 :Bir sistemin enerji kullanımı	7
Şekil 2.2 :Bina enerji kimlik belgesi.....	11
Şekil 3.1 : Simülasyonu yapılacak otel binası	20
Şekil 3.2 : Türkiye’nin ısı yalıtım kurallarına göre ayrıldığı ısı bölgeleri.....	21
Şekil 3.3 : Baz bina mekanik sistem diyagramı.....	24
Şekil 3.4 : Tasarlanan bina modeli	25
Şekil 3.5 : Tasarlanan bina için mekanik diyagram.....	28
Şekil 3.6 : Baz bina yıllık enerji tüketiminin yüklere göre dağılımı	30
Şekil 3.7 : Baz bina yıllık elektrik ve doğalgaz tüketimi.....	31
Şekil 3.8 : Yüklere göre kaynaklı ısı kazançları	31
Şekil 3.9 : 1.kat günışığı aydınlık düzeyleri	32
Şekil 3.10 : Diğer katlar günışığı aydınlık düzeyleri	32
Şekil 3.11 : Aylara göre CO ₂ salınımı.....	33
Şekil 3.12 : Tasarlanan bina yıllık enerji tüketiminin yüklere göre dağılımı	37
Şekil 3.13 : Tasarlanan bina yıllık elektrik ve doğalgaz tüketimi	37
Şekil 3.14 : Yüklere göre kaynaklı ısı kazançları	38
Şekil 3.15 : 1.kat günışığı aydınlık düzeyleri	39
Şekil 3.16 : Diğer katlar günışığı aydınlık düzeyleri	39
Şekil 3.17 : Aylara göre CO ₂ salınımı.....	40
Şekil 4.1 :Simülasyonu yapılacak otel binası	43
Şekil 4.2 :Baz bina pik yük talep dağılımı.....	50
Şekil 4.3 :Elektrik pik yük talebinin aylık bazda dağılımı	51
Şekil 4.4 :Doğalgaz pik yük talebinin aylık bazda dağılımı	51
Şekil 4.5 :Baz bina Ocak ayında yük talebinin en fazla olduğu gün yük profili	52
Şekil 4.6 :Baz bina Nisan ayında yük talebinin en fazla olduğu gün yük profili	53
Şekil 4.7 :Baz bina Ağustos ayında yük talebinin maksimum gün yük profili	53
Şekil 4.8 :Baz bina Kasım ayında yük talebinin en fazla olduğu gün yük profil	54
Şekil 4.9 :Baz bina yıllık elektrik tüketiminin yüklere göre dağılımı	55
Şekil 4.10 :Baz bina yıllık doğalgaz tüketiminin yüklere göre dağılımı	55
Şekil 4.11 :Baz bina tüketiminin aylara göre dağılımı	56
Şekil 4.12 :Tasarlanan bina pik yük talep dağılımı	59
Şekil 4.13 :Tasarlanan bina elektrik pik yük talebinin aylık bazda dağılımı.....	60
Şekil 4.14 :Tasarlanan bina doğalgaz pik yük talebinin aylık bazda dağılımı	60
Şekil 4.15 :Tasarlanan bina Ocak ayında pik yük talebinin yük profili	61
Şekil 4.16 :Tasarlanan bina Nisan ayında pik yük talebinin yük profili	62
Şekil 4.17 :Tasarlanan bina Ağustos ayında pik yük talebinin yük profili.....	62
Şekil 4.18 :Tasarlanan bina Kasım ayında pik yük talebinin yük profili	63

Şekil 4.19 :Tasarlanan bina yıllık elektrik tüketiminin yüklere göre dağılımı	64
Şekil 4.20 :Tasarlanan bina yıllık doğalgaz tüketiminin yüklere göre dağılımı	64
Şekil 4.21 :Tasarlanan bina tüketiminin aylara göre dağılımı	65
Şekil 5.1 :Design Builder ve Energy Plus ile yapılan simülasyonun radar analizi....	67
Şekil 5.2 :E-Quest ile yapılan simülasyonun yük bazında radar analizi.....	68
Şekil 5.3 :İki program ile yapılan simülasyonun yük bazında radar analizi.....	68

ENERJİ VERİMLİLİĞİ KRİTERLERİNE GÖRE OTEL TASARIMI VE ENERJİ MODELLEMESİ

ÖZET

Son yıllarda, artan nüfus ve buna bağlı olarak endüstrileşme ile elektrik enerjisi talebinde büyük artışlar meydana gelmiştir. Dünya genelinde, enerji talebinin büyük bir kısmı fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Fakat, fosil yakıtların tükenme periyodunda olması ve çevreye vermiş olduğu olumsuz etkiler nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması ve enerji verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Dünyada ve özellikle Avrupa’da enerji verimliliği önemli bir şekilde teşvik edilmektedir. Bu konuda, şu anda belli seviyede çalışmalar yapılarak ileriki yıllar için de hedefler konulmuştur. Ülkemizde de enerji verimliliği uygulamaları son yıllarda önem kazanmıştır. Enerji verimliliği uygulamaları, çıkarılan yönetmeliklerle teşvik edilmeye başlanmıştır. Enerji talebini karşılamak için kurulacak yeni elektrik üretim tesislerinin tartışılmasının yanında, enerji verimliliğini tartışmak ve bu yolla, tüketimi azaltmak da önemli bir konudur.

Dünyada ve ülkemizde, elektrik ve fosil enerji tüketiminde konut binalarının ve diğer binaların oldukça önemli bir payı vardır. Tez kapsamında öncelikle, dünyadaki ve Türkiye’deki enerji kullanımının analizi yapılmıştır. Sonrasında, enerji verimliliği kavramı açıklanmış ve bu konudaki potansiyeller incelenmiştir. Binalardaki enerji verimliliğinin ölçülmesi amacıyla uluslararası geçerliliğe sahip LEED sertifikasyon sistemi incelenmiştir.

Tezin ikinci kısmında, LEED kriterlerine uygun olarak bir otel binasının enerji verimliliği incelenmiştir. Öncelikle, karşılaştırma yapmak için tasarımı yapılacak bina ile aynı mimari özelliklere sahip bir referans bina modellenmiştir. Bu modelleme için Design Builder programı yardımıyla 6 katlı ve otele uygun olarak tüm mahalleri tanımlanmış bir bina tasarlanmıştır. Design Builder programına ısıtma, soğutma aydınlatma, havalandırma ve bina dış kabuğu parametreleri tanımlanmış ve Energy Plus programı ile beraber simülasyon yapılmıştır. Energy Plus programı, saatlik ve günlük bazda simülasyon yapabilen oldukça geniş kapsamlı bir programdır. Design Builder ise, bu programa veri girilmesini ve çizim yapılmasını sağlayan bir ara yüz programıdır. İki program, bir çok iklimsel, mimari, mekanik ve elektriksel parametreyi göz önünde bulundurarak hassas sonuçlar vermektedir. Binanın konumuna ait enlem ve boylam değerleri girilmiş ve İstanbul’da tasarlanan otel için iklim verileri girilmiştir. Baz bina simülasyonundan sonra, tasarımı yapılacak olan bina modellenmiştir. Bu bina, kat yapısı ve toplam alan olarak baz binanın aynısı olarak tasarlanmıştır. Bu binada verimlilik elde edebilmek amacıyla bazı mimari, elektriksel ve mekanik parametrelerde değişiklik yapılarak yeni bir tasarım yapılmıştır. Buradaki önemli nokta, binanın tasarımı yapılırken maliyet konusu da göz önünde bulundurulmuş ve optimum bir tasarım yapılması hedeflenmiştir. Buna göre belli bir verimlilik değeri elde edilmiş ve referans bina ile karşılaştırılmıştır. Tasarımda, seçilenden daha büyük verimlilik değerlerine sahip

parametreler kullanarak verimliliği %50 seviyesinden daha yukarı çıkarmak mümkündür fakat, tasarımın gerçekçi olması amacıyla, belli seviyede verimliliğe sahip parametreler kullanılmıştır. Tasarımı yapılan binada, kendi elektriğini üretebilecek şekilde, çatıda fotovoltaik sistemin de kullanılması öngörülmüş ve buna göre simülasyon yapılmıştır. Otel binasının güneye bakan cephesindeki çatının büyük bir bölümünün fotovoltaik panellerle kaplanması durumunda elde edilecek elektrik enerjisi simülasyon sonucunda elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen grafiklerle, üretilen enerjinin yıllık olarak dağılımı elde edilmiştir. Bunun yanı sıra programda elde edilen grafikleri inceleyerek, binanın yıl boyunca sergileyeceği enerji performansı incelenebilir.

Tezin son kısmında ise E-Quest programı ile aynı verilerle simülasyonlar tekrar edilmiştir. E-Quest, bina enerji modellemesinde Energy Plus ile beraber en yaygın olarak kullanılan programdır. Tezin bu bölümünde yine aynı şekilde baz bina ve tasarımı yapılacak olan bina modellenmiştir. Mekanik sistemler, aydınlatma sistemleri, bina kabuk detayları diğer programla yapılan simülasyonlarla aynı seçilmiştir. Sonrasında, bu iki modelin çıktıları detaylı olarak incelenmiştir. Enerji tüketimi olarak birbirine oldukça yakın değerler elde edilmiştir. Aradaki küçük farklılıkların da program algoritmasından kaynaklı olduğu düşünülebilir.

Çalışmanın amacı, binalardaki enerji verimliliği çalışmalarının faydalarını ve uygulamalarını incelemektir. Ayrıca, binalardaki enerji tasarruf potansiyelinin görülerek bu konuda yapılan çalışmaların önemini vurgulamaktır.

DESIGN AND ENERGY MODELING OF AN HOTEL BUILDING ACCORDING TO ENERGY EFFICIENCY CRITERIAS

SUMMARY

In the last years, because of increasing population and related to this the industrial improvement, there is a big demand risement about electricity. In the spread of the world, fossil fuels are used to meet the demand of the power. However, these recources are in the period of running out and they influence the environment in bad way. So, renewable energy sources and energy efficiency should be invested.

In the World and Europe, governments encourage the energy efficiency projects and they goal some achivements about this subject in the next years. As like in the Europe, energy efficiency applications become very important in our country. It is crucial to support energy efficiency projects instead of setting new energy production plants to meet the electricity demand. If 30 % efficiency rate could be obtained in the world, it is unnecessary to set up new 1000 power plants. This means big economic efficiency and protection of environment. In Europe, nearly 30 % efficiency rate is targeted in buildings. Tradable buildings and residences have an important role about energy consumption. Improvements on economy and population rate affects the consumption values. In our country, nearly half of energy consumption is consumed by buildings. It is easier to build new buildings with energy efficiency criterias. Making an existing building more efficient cost higher. As, all the systems are designed at the start of the project but for existing buildings, some mechanical and electrical systems should be changed so it is more difficult to replace the systems when people are living in that building.

In Turkey, nearly 70% of energy is imported from foreign countries. It is a high rate for a developing country. There are two ways to reduce dependence to another countries. First way is to reduce energy consumption. The second way is to increase renewable energy investments. Setting up new renewable energy power plants costs too high. It is too expensive to set up new power plants to meet the consumption of energy because industry consumes electricity too much. If the limited energy sources is thought in our country, the second section becomes more important. It is a good solution to reduce energy consumption in Turkey. It is too important to make the same task with a less energy. Energy efficiency is to make the same task with lower energy. It is different from energy saving precautions becuse, with energy saving precautions, less tasks can be done. For instance, turning off a lamp is an energy saving affair but, using efficient lamp is energy efficiency.

An important part of the consumed energy throughout the world is being used by the buildings of residence type and non-residential buildings. In thesis firstly, the situation of energy consumption is analysed in Turkey and spread of the World. Then, the concept and potential of energy efficiency is explained. Leed certification system which used for evaluating the projects about energy efficiency is examined in this study. Leed (Leadership in Energy and Environmental Design), is a green

building certification scheme developed by the United States Green Building Council. Since its inception, Leed has been the most known and widely used green building certification scheme in the World and has quickly become popular in Turkey too. Leed certified building designs go beyond the laws and regulations. Leed certified buildings become more energy efficient with efficient water use and they damage the environment less and these buildings as a result transformed into a more healthy liveable spaces.

In the second part of thesis, an energy modeling study is applied to a hotel building. To make a comparison, a reference building is designed like the hotel which will be modeled. Design Builder program is used for designing the six flat-hotel building. All the areas of the hotel are sketched. The parameters of heating system, cooling system, illumination, air conditioning and building envelope are defined to the program for both reference building and proposed building. Building interface insulation values, fenestration shadow coefficients, efficiency of equipments, illumination parameters, automation scenarios, building occupancy, renewable energy sources, roof material ratios are modelled. They are simulated with Energy Plus program. The program is a simulation program that can make hourly calculations and obtaining sensitive results by taking into consideration of many factors. EnergyPlus is a whole building energy simulation program that engineers, architects, and researchers use to model both energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting, and plug and process loads and water use in buildings. EnergyPlus includes integrated, simultaneous solution of thermal zone conditions and mechanical system response, subhourly, user definable time steps for interaction between thermal zones and the environment, with automatically varied time steps for interactions between thermal zones and mechanical systems, combined heat and mass transfer model, advanced fenestration models, illuminance and glare calculations and lighting control strategies. Design Builder is an interface program which supports Energy Plus. The programme combines rapid building modelling and ease of use with state of the art dynamic energy simulation. DesignBuilder provides advanced modelling tools in an use interface. This enables the whole design team to use the same software to develop comfortable and energy-efficient building designs from concept through to completion. These two programs give sensitive results regarding many weather, mechanical and electrical data. The latitude and longitude values of hotel are defined to the program. The weather data of Istanbul is applied. Meteorological values of weather data is used in the two programmes.

After simulating the reference building, the proposed building is designed and simulated. This building is designed like the reference building as architectural parameters. Computer simulation based energy modeling reveals the building's monthly energy expenses during design stage of the building. By this way, the new designed building energy-saving opportunities are selected by analyzing the most appropriate solutions. To obtain energy efficiency in proposed building, some architectural, mechanical and electricity parameters are changed. It is possible to see the results on the building through computer simulation by using the following parameters; climatic conditions at the location of your building, electro-mechanical systems of the building, function of the building, shell performance, the number of occupants of the building and so on. The cost analysis is too important point for the design ,so it should be optimised. An energy efficiency ratio is obtained and compared to the reference building. It is prerequisite to have at least 10% efficiency compared to reference building. It is possible to obtain extra points for the higher

values. It is possible to obtain an energy efficiency ratio about 50% but the parameters are selected in a certain level to make a real simulation. Especially, when the renewable energy sources are used in design, higher efficiency rates can be obtained, so the highest rated certificate level “Platin” can be achieved. There are also certified, silver and gold stages.

In project, photovoltaic panels are used at the roof to produce electricity. The situation of using solar panels on the big part south roof is simulated and the results are examined. The yearly production values and yearly distribution of the produced energy are obtained as graphics. It is possible to check the energy performance of the building in a short way. Setting up photovoltaic panels cost too expensive in the first stage. However, when it is thought in long time, the electricity which is bought from grid is getting lesser. In addition, photovoltaic panels decrease greenhouse gas emissions. Because of these advantages, it is highly recommended to build renewable energy sources.

In the last part of the thesis, a new energy modeling program is used for simulations. The program is called as E-Quest. It is spreadly used in the world for energy modeling studies and building energy use analysis tool that provides professional-level results with an affordable level of effort. It is too similar to Energy Plus. It is possible to create a model of a building and calculate energy consumption values of this. The hotel building is re-simulated with this program by using the same values with the previous program. Firstly, a base building is sketched in the program. Then, mechanical and electrical systems are defined to E-Quest. Mechanical systems are same with Energy Plus. Lighting fixture powers and lighting power densities in zones are defined as the same. In both program there are very detailed information about the building. Building core details like orientation, thermal conductivity values, are taken into account. The second part of the study is to run the simulation. The consumption values are so close to each other.

It is too important to design the new buildings according to “Energy Efficiency Law”. The new buildings must have efficient architectural design, heating and cooling systems, insulation systems, electrical installation and lighting systems. Beside from the new buildings, it is possible to increase energy efficiency of existing buildings by changing lighting fixtures or mechanical systems. As, there is an inefficiency about energy in our country. By providing energy efficiency, setting new power plants can be cancelled. Also, decreasing greenhouse gas emissions protects environment. In this study, an hotel building is selected because, the hotels consume too much energy for providing luxury to people.

When the results are discussed, it is possible to see the advantages of green buildings. Nearly 28,6% efficiency in natural gas and electricity is obtained in Design Builder and Energy Plus programme. This efficiency rate is the difference of reference building and proposed building in those programmes. After these simulations, additional simulations of reference building and proposed building were done in E-Quest programme. In this programme, all the values are same with data used in Energy Plus programme. In addition to these values, some extra necessary data were defined. When natural gas and electricity consumption values of reference and proposed buildings that designed in E-Quest programme are compared, 26,44% efficiency rate was obtained. There is a small difference between the efficiency rates of two programmes because, the algorithm of these is different from each other. Apart from these designs, a photovoltaic system is added to proposed

building in Design Builder programme. This system provides extra efficiency. The electricity that bought from the grid decreases ,so it could be thought as efficiency. When the same proposed design with phovoltaic panels are compared to reference building, 38,53% efficiency is obtained. Designed photovoltaic panels are placed on the roof of the new hotel building.

The aim of the study is to examine the energy efficiency studies and define benefits and applications of these studies. Furthermore, it is too important to show the potential of energy efficiency for buildings. This study shows the energy consumption values of each systems in simulation programmes. It gives an idea to improve efficiency rates in systems. There is a chance to examine the results in two programmes.

1. GİRİŞ

Günümüzde nüfus artışı, gelişen teknoloji ve yaşam standartları ile beraber enerji tüketiminde önemli artışlar yaşanmaktadır. Talep edilen ve üretilen enerji miktarı, ülkelerin gelişmişlik düzeyleriyle paralel olarak her geçen gün artmaktadır. Ayrıca, enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtların tükenmesi ve bu yakıtların çevre için yarattığı problemler de yeni kaynak arayışlarına zemin hazırlamaktadır. Ülkeler, artan enerji talebini karşılayabilmek için çeşitli stratejiler geliştirmektedir. Çoğu ülkede, insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmek ve enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamak için, çeşitli yönetmelikler çıkarılmıştır ve yatırımcılar bu konuda teşvik edilmektedir.

Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre ülkemiz, kullandığı enerjinin yaklaşık olarak % 70'ini dış ülkelere ithal etmektedir [1]. Bu oran gelişmekte olan bir ülke için çok önemli bir kaynak kaybı demektir. Bunu engellemek için iki yoldan biri, enerji tüketimini azaltmak, ikincisi ise enerji üretimini arttırmaktır. Ülke içindeki enerji üretimini arttırmak için yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak büyük önem kazanmaktadır. Fakat yeni enerji üretim tesislerinin kurulması, büyük maddi harcamalar neticesinde gerçekleşebilir. Ayrıca, ülkemizdeki enerji kaynaklarının da sınırlılığı düşünülünce, enerji tüketimini azaltmak daha kolay bir çözüm olmaktadır. Enerji tüketiminin azaltılması ise enerjiyi en verimli şekilde kullanarak mümkün olabilir.

1.1 Türkiye ve Dünya'daki Enerji Kaynaklarının Kullanımı

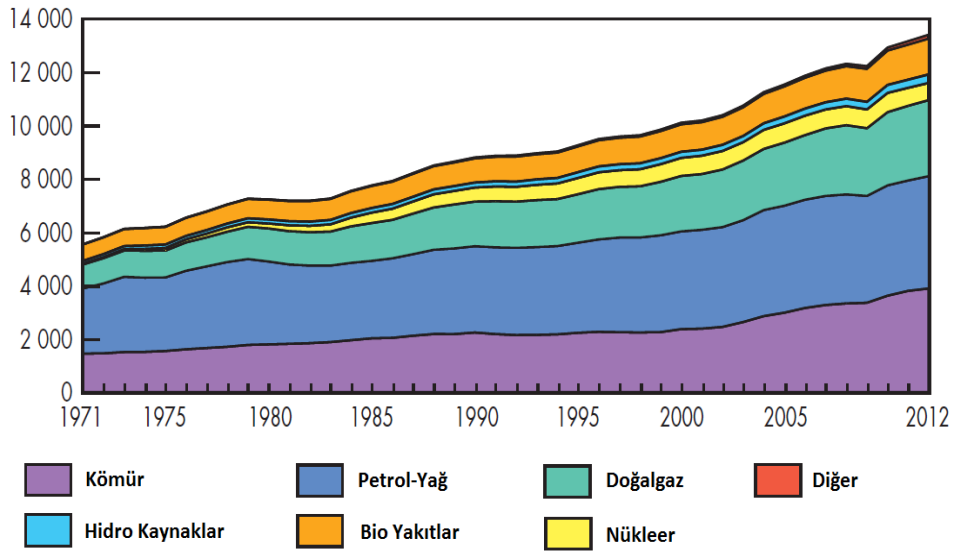
Türkiye'de ve dünyada, enerji talebi yıllar geçtikçe büyük bir artış kaydetmiştir. 1940'lı yıllardan bu yana nüfus yaklaşık olarak 2 kat artarken, enerji talebi 6 kat artmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın tahminlerine göre enerji talebinin bugüne oranla 2030 yılında %60 artacağı, 2050 yılında ise %100 artacağı öngörülmektedir [2]. Çizelge 1.1' de 1980- 2012 yılları arasında dünyadaki enerjitalibinin artışı görülebilmektedir. 1980 yılından 2012 yılına kadarki 25 yıllık sürede dünyada neredeyse %100'lük bir artışla 6,4 milyon ton eşdeğer petrol

değerinde bir enerji talep artışı yaşanmıştır. Dünyadaki enerji tüketim miktarlarının yıllara göre değişimi Çizelge 1.1’de gösterilmiştir.

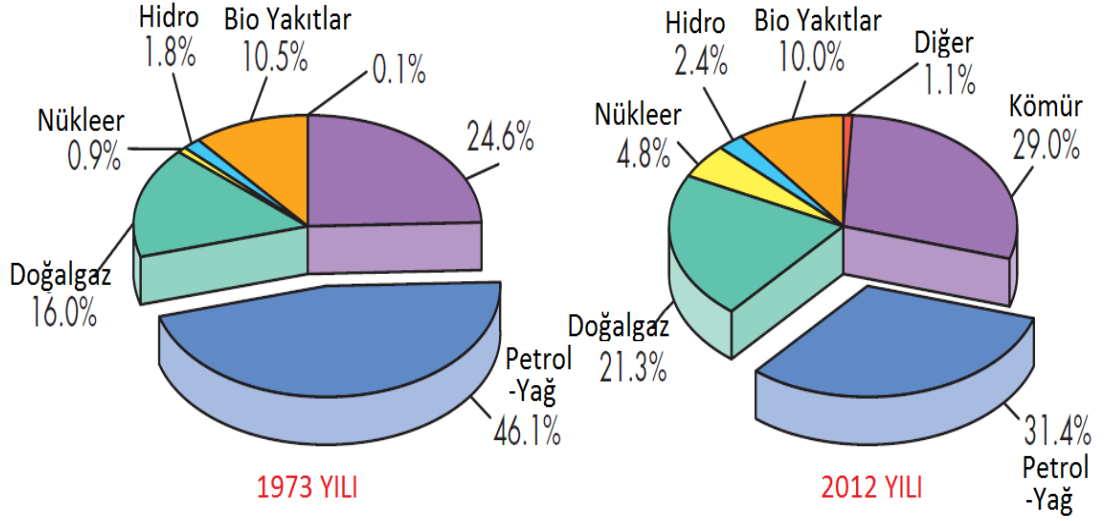
Çizelge 1.1 : Dünyadaki enerji tüketim miktarlarının yıllara göre değişimi [2].

Yıllar	Enerji Tüketim Miktarı (MTEP)
1980	7000
1985	7780
1990	8780
1995	9410
2000	1004
2005	1120
2012	1340

Yine aynı kuruluşun verilerine göre, 1971 ile 2012 yılları arasında Dünyada gerçekleşen enerji tüketimleri MTEP cinsinden Şekil 1.1’ de görülmektedir.



Şekil 1.1: Dünyada 1971-2012 arasında yakıtlara göre enerji tüketimi [2].



Şekil 1.2: 1973 ve 2012 yıllarında enerji tüketimi kaynaklarının karşılaştırılması [2].

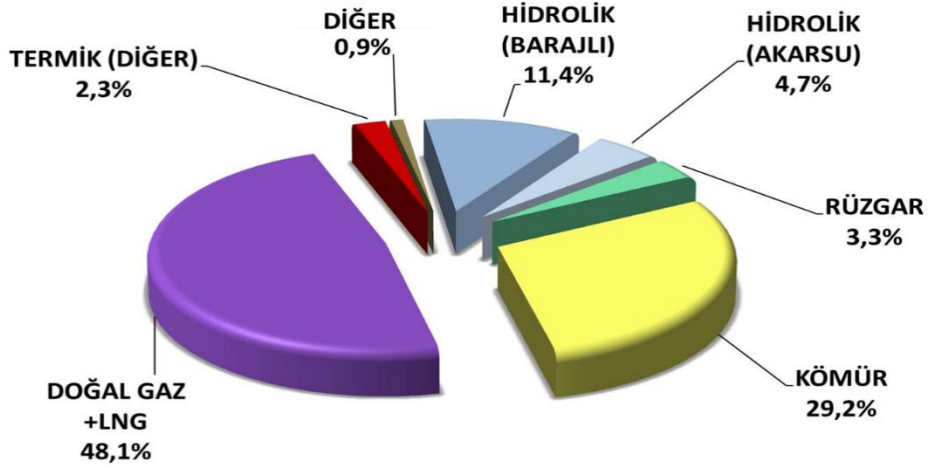
Şekil 1.2’de 1973 ile 2012 yılları arasındaki enerji tüketim miktarları karşılaştırılmıştır. Grafikler incelendiğinde, dünyada tüketilen yakıtlarda kömür, petrol ve doğalgaz öne çıkmaktadır. Petrol, doğalgaz ve kömür tüketiminin, bütün enerji tüketiminin yaklaşık %81’ini oluşturduğu görülmektedir. Bu düzeyin azaltılması gereklidir. Petrol, doğalgaz ve kömür fosil kaynaklı yakıtlardır. Bu yakıtlardan enerji elde ederken, atmosfere zararlı gazlar salınır. Bunun yanında, is, kül gibi çeşitli atıklar ortaya çıkar. Yeryüzü, dünyadan yansıyan güneş ışınları tarafından ısınır. Yansıyan ışınlar, bazı gazlar tarafından tutulur. Bu gazların başlıcaları; karbondioksit (CO_2), karbonmonoksit, metan ve su buharıdır. Bu gazların artışı, küresel ısınmayı arttıran en önemli faktördür.

Karbondioksit salınımına neden olan en önemli etken fosil yakıtlardır. Bu salınımı en yüksek seviyede yapan yakıt çeşidi kömürdür. Doğalgaz, yakıt türleri içinde en az emisyonu yapmasına rağmen, belli bir CO_2 emisyonuna neden olmaktadır [3].

Avrupa Birliği’ne üye ülkeler, 2007 yılında yaptıkları protokol ile, doğa için en zararlı gazlardan biri olan CO_2 ‘nun emisyon oranını 2020 yılına kadar %20 oranında azaltmayı taahhüt etmiştir [4].

Fosil yakıtlar, bu olumsuzluklarla beraber tükenme periyodundadır. Günümüzde enerji, devletlerin bir numaralı önceliği olmuştur. Tüm bu kaynakların tükenme riski, büyük krizlere yol açabilecektir. Bunu engellemek adına, yenilenebilir enerjiye yönelmek ve enerji verimliliğini arttırmak çok büyük önem taşır.

Türkiye’deki enerji kullanımı da dünyadaki tüketim oranlarıyla paralellik göstermektedir. Türkiye’de 2014 yılında üretilen elektriğin eldesi için kullanılan yakıt çeşitleri Şekil 1.3’te verilmiştir.



Şekil 1.3: Türkiye’de 2014’da elektrik üretimi için kullanılan enerji çeşitleri [5].

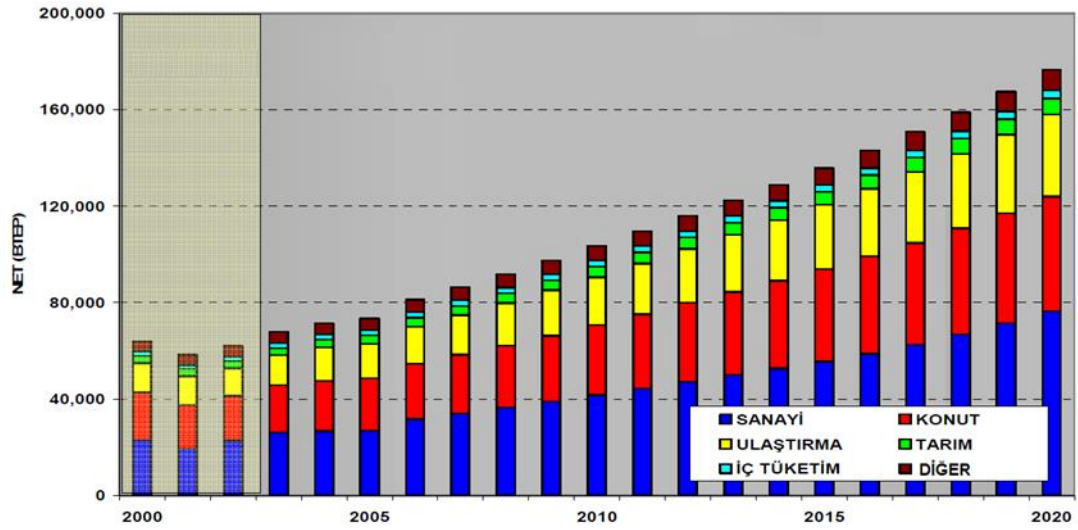
Ülkemizde, elektrik üretimi için en çok tercih edilen enerji çeşidinin doğalgaz olduğu görülmektedir. Doğalgaz, yurtdışından ithal edilen fosil bir yakıttır. Bunu azaltmak, sera gazı salınımını azaltmanın yanı sıra, ülke ekonomisi açısından da büyük önem taşımaktadır.

Avrupa’da ve Türkiye’deki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı karşılaştırıldığında, Avrupa ülkelerinin önde olduğu görülmektedir. Türkiye’de son zamanlarda yenilenebilir kaynaklarla ilgili yatırımlar artmış olsa da, istenilen seviyeye henüz ulaşamamıştır. Bu kaynakların kullanımını arttırmanın en önemli avantajları; enerjiyi en temiz şekilde elde etmek ve rüzgar, güneş gibi kaynakları sınırsız olarak kullanabilmektir.

Avrupa ve diğer dünya ülkelerinde fosil yakıtlara alternatif olarak düşünülen nükleer enerji kaynakları ise fazla miktarda radyasyon yaydığı için ölümcül etkilere neden olmaktadır. Bunun yanında, enerji üretimi açısından incelendiğinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının nükleer enerji ile yakın seviyelerde olduğu görülmektedir. Örneğin ABD’de nükleer enerji santralleri tarafından 15 yılda üretilen enerji miktarı 2.6 milyar kWh seviyesindeyken, rüzgar santralleri tarafından üretilen enerji miktarı 1.9 milyar kWh olmuştur. Ayrıca, bu seviyedeki enerjiyi üretmek için, nükleer santraller için 39 milyar 400 milyon Amerikan Doları harcanırken, rüzgar enerjisi için bu rakam 900 milyon dolar olmuştur [6].

1.2 Türkiye’de Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı

Türkiye’de en fazla enerji sanayi sektöründe tüketilmektedir . Türkiye’de sektörler göre enerji kullanımının dağılımı ve 2020 yılına kadar yapılan tahminler aşağıdaki grafikte görülmektedir. Ülkemizde konutlardaki enerji tüketimi toplamda önemli bir orana sahiptir. 2007 yılında konutlardaki nihai enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin %30’unu oluşturmuştur. 1980 yılından itibaren iki katına çıkmış olan konutlardaki enerji tüketimi miktarının daha da yükselmesi beklenmektedir. Zira ekonomik büyümeyle birlikte, Türkiye’de yaşam standardı da yükselmektedir. Şekil 1.4’te, Türkiye’de tüketilen enerjinin sektörel dağılımı ve 2020 öngörüsü görülmektedir.



Şekil 1.4: Türkiye’de tüketilen enerjinin sektörel dağılımı ve öngörüsü [6].

2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

2.1 Enerji Verimliliği Kavramı

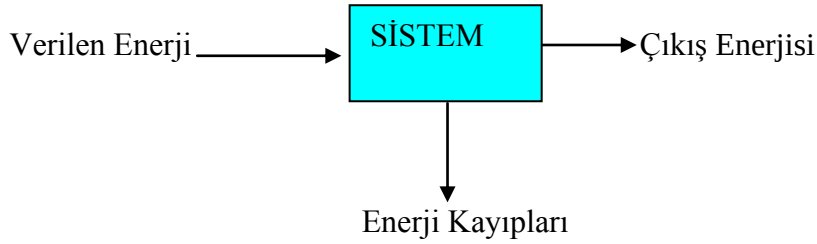
Enerji verimliliği, yaşam standardından, enerjinin kalitesi ve performansından taviz vermeden, teknolojik cihazlardan da faydalanarak enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Enerjiyi verimli kullanabilmek için; üretim, dağıtım ve tüketim aşamalarında kayıpları mümkün oldukça aza indirmek gereklidir [1].

Enerji tasarrufu, verimlilikten farklı bir kavramdır. Enerji tasarrufu, tüketicilerin kendi inisiyatifleriyle aldığı önlemler sonucu tüketim miktarında sağlanan azalmadır. Örneğin, enerjiyi verimli kullanan bir lamba kullanmak verimlilik kavramı kapsamına girerken, fazladan yanan bir lambayı söndürmek, tasarrufu tanımlar [7].

Verimliliğin formülü:

$$\eta = (\text{Çıkış Enerjisi} / \text{Giriş Enerjisi}) \times 100 \quad (1.1)$$

şeklinde tanımlanabilir. Çıkış enerjisini mümkün olduğunca düşük tutmak verimlilikte esastır. Şekil 2.1’de enerji kullanımının şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.1 : Bir sistemin enerji kullanımı.

Enerji kayıpları, ısı ve mekanik kayıplar olarak gerçekleşmektedir. Enerji verimliliği kavramı, yenilenebilir enerji ile birlikte son yıllarda en çok duyulmaya başlanan kavramlar olmaya başlamıştır. Artan enerji talebine ve küresel ısınmaya paralel olarak verimlilik çözümleri ve yenilenebilir enerji çalışmaları önemli bir artış kaydetmiştir. Enerjinin üretiminin büyük mali giderlere neden olduğu dünyamızda, verimlilik çözümleri sağlayan ülkeler, ekonomik olarak da bir adım öne çıkacaktır.

2.2 Ülkemizde ve Dünyada Enerji Verimliliği Potansiyeli

Enerji verimliliği potansiyeli, çeşitli önlemler neticesinde enerjide sağlanabilecek toplam azalmadır. Ülkemizde, bina sektöründe %30, sanayi sektöründe %20, ulaşım sektöründe ise %15 enerji tasarrufu potansiyeli bulunmaktadır [6].

Ülkemizde gerekli enerji talebini karşılayabilmek için, nükleer santral, büyük hidroelektrik santralleri gibi büyük üretim projeleri hayata geçirilmek istenmektedir. Enerjinin verimli kullanılması, bu büyük projelere daha az ihtiyaç duyulmasını sağlayabilir. Örneğin; 2030 senaryosuna göre, gerekli enerji tasarrufu sağlanarak, ihtiyaç duyulan enerjiyi 175 MTEP mertebesinden 100 MTEP mertebelerine çekebilmek mümkündür [7].

Tüm bu öngörülerden bağımsız olarak, yıllık elektrik enerji tüketiminde sağlanabilecek en küçük bir azalma bile, büyük santral yatırımlarını önleyebilir.

Günümüzde bir nükleer santralin kuruluş maliyeti kWh başına yaklaşık olarak 4000 \$ seviyesindedir [8]. Türkiye’de kurulması düşünülen nükleer santralin yıllık olarak yaklaşık 6000 GWh miktarında enerji üretmesi düşünülmektedir. Bu santralin toplam kuruluş maliyeti yaklaşık 24×10^{12} \$ olacaktır.

Türkiye’de 2008 yılında tüketilen elektrik enerjisi 159.418 GWh olmuştur [9]. Ülkemizde enerji verimliliği çözümleri uygulanarak elektrik enerjisi tüketiminde elde edilebilecek % 4’lük azalma ile bu nükleer santralin kurulmasına gerek kalmayacaktır. Bununla beraber, üretilecek enerji miktarından tasarruf edilecektir. Türkiye’de bir kömür santralinin kWh başına üretim maliyeti yaklaşık olarak 7 cent civarındadır [8]. %4 miktarında enerji verimliliği sağlandığı durumda üretimden sağlanacak maliyet azalışı yaklaşık olarak 450.000.000 \$ seviyesinde olacaktır.

Enerji verimliliğini sağlamak, hesaplardan anlaşılabileceği gibi hem üretim maliyetlerinde azalma sağlarken hem de yeni üretim santrallerinin kurulmasını engelleyecektir.

Dünya üzerinde, 2020 yılına kadar alınacak tedbirlerle enerji tüketiminde sağlanabilecek %30’luk azalma, 1000 yeni elektrik santralinin kurulmasını ve bunların üretim yapmasını engelleyecektir [9]. Bu da, dünya üzerinde sağlanacak önemli bir mali tasarrufun yanı sıra, çevrenin korunmasına da büyük katkı sağlayacaktır. Çizelge 2.1’de AB ülkelerindeki tasarruf potansiyeli gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : AB ülkelerinde tüketicilere göre tahmin edilen tasarruf miktarları.

Sektör	2005 yılında Enerji Tüketim(MTEP)	2020 yılında Enerji Tüketimi(MTEP)	2020 yılında Enerji Tasarrufu(MTEP)	Enerji Tasarrufu Potansiyeli(%)
Konutlar	280	338	91	%27
Ticari	157	211	63	%30
Ulaşım	332	405	105	%26
İmalat	297	382	95	%25

AB ülkelerinde, sektörlere göre enerji tasarruf potansiyel yüzdeleri verilmiştir. Buna göre, ticari binalarda önemli miktarda enerji verimliliği sağlamak mümkündür. Yukarıdaki çizelge, 2020 projeksiyonuna göre hazırlanmıştır.

2.3 Binalarda Enerji Verimliliği

Ticari binalar ve konutlar enerji tüketiminde, dünyada ve Türkiye’de önemli bir paya sahiptir. Ekonomi seviyesindeki ve nüfus miktarındaki artışa paralel olarak, ticari binaların enerji tüketimi de artmaktadır.

Ülkemizde üretilen elektrik enerjisinin neredeyse yarısını binalar tüketmektedir. Bu durumda, binalarda yapılacak enerji tasarrufu çok büyük önem taşımaktadır. EİE Genel Müdürlüğünce yapılan çalışmaya göre, bina sektöründe yaklaşık olarak %20-30 seviyesinde bir enerji tasarrufu sağlamak mümkündür.

Mevcut binalarda enerji verimliliği sağlamanın yanında, yeni kurulacak binaların enerjiyi en verimli şekilde kullanmasını sağlayacak şekilde inşa edilmesi de büyük önem taşımaktadır. Aynı kurumun yaptığı diğer bir değerlendirmeye göre, yeni yapılacak binaların, şimdiki binaların tükettiği enerjinin %50’si kadarını kullanacak şekilde tasarlanması mümkündür. Bunu gerçekleştirmek için, ülkemizdeki kanuna, AB standartlarına uyulması gereklidir. Sadece yeni kurulacak binaların enerjiyi verimli şekilde kullanması ile 300.000.000 \$ ‘lık mali tasarruf gerçekleştirmek mümkündür [10].

Binalarda enerji verimliliğini sağlamak; verimli ekipman kullanımı, fazla enerji sarfiyatının engellenmesi ve enerji yönetimi yapılarak demektir. Enerjiyi verimli

şekilde kullanan binaların tasarımı için dikkat edilecek en önemli parametreler şunlardır:

- Binalardaki HVAC sistemlerinin enerjiyi verimli şekilde kullanması,
- Binadaki aydınlatma sistemlerinin ve elektrik tüketen cihazların verimli şekilde seçilmesi,
- Binanın mimari özelliklerini en iyi şekilde tasarlamak,
- İklim ve çevre koşullarını göz önünde bulundurarak tasarım yapmak,
- İç ortamda istenilen konfor düzeyini sağlamak,
- Kullanılan yakıt türlerini verimli şekilde kullanmaktır.

Binaların simülasyonu yapılırken, fazla değişkenin tanımlanması, gerçeğe en yakın sonuçların alınmasını sağlar. Fakat, değişken sayısı arttığında modellemenin zorluğu da artmaktadır. Enerji performansı belirlenirken, tüketim miktarları göz önünde bulundurulan en önemli tüketiciler; HVAC sistemleri, aydınlatma sistemleri ve ekipmanlar olmaktadır [10].

2.4 Enerji Verimliliği Kanunu

Enerji verimliliğinde gerekli gelişimi sağlamak için, 2 Mayıs 2007 tarihinde, “Enerji Verimliliği Kanunu” çıkarılmıştır. Bu kanuna göre, enerji verimliliği konusunda üniversiteler, meslek kuruluşları ve enerji danışmanlık şirketlerine gerekli yetkiler verilecektir. Bunun yanı sıra, özellikle fazla elektrik tüketen büyük işletmeler enerji yönetimi birimi kurmakla hükümlü kılınmıştır. Ayrıca, belli kriterlere göre işletmelere, enerji kalite belgesi verilecektir. Buna benzer birçok tedbir alınarak, milli gelir başına tüketilen enerji miktarının (enerji yoğunluğu) yaklaşık %15 oranında azaltılması hedeflenmektedir [11]. Bu kanunla beraber, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi hedeflenmiştir.

Kanun; bina sektörü dahil, sanayi işletmelerinde ve ulaşım sektöründe verimliliğinin arttırılmasına yönelik tedbirler içermektedir. Bunun yanında, kanunda yenilenebilir enerji kullanımı da teşvik edilmektedir [12].

ENERJİ KİMLİK BELGESİ																																																																										
Belge No : Bina Tipi : İnşaat yılı : Kullanıma alanı : Ada, Parsel : Adres :	Tarih : Belgeyi Düzenleyen : Oku Sayısı : Belgenin Son Geçerlilik Tarihi : İmza :																																																																									
Müli sahibi : İsim : Adres :	Müşteri temsilcisi sahibi (yurtiçi) : İsim : Adres :																																																																									
Enerji tüketimi, emisyon verimlilik faktörleri																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Yıl</th> <th>Yılın Ortalama Enerji Tüketimi (kWh/m²)</th> <th>Yılın Ortalama Emisyon (kg CO₂/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2010</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2013</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2014</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2015</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2019</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Yıl	Yılın Ortalama Enerji Tüketimi (kWh/m²)	Yılın Ortalama Emisyon (kg CO ₂ /m²)	2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017			2018			2019			2020			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Yıl</th> <th>Yılın Ortalama Enerji Tüketimi (kWh/m²)</th> <th>Yılın Ortalama Emisyon (kg CO₂/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2010</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2013</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2014</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2015</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2019</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Yıl	Yılın Ortalama Enerji Tüketimi (kWh/m²)	Yılın Ortalama Emisyon (kg CO ₂ /m²)	2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017			2018			2019			2020		
Yıl	Yılın Ortalama Enerji Tüketimi (kWh/m²)	Yılın Ortalama Emisyon (kg CO ₂ /m²)																																																																								
2010																																																																										
2011																																																																										
2012																																																																										
2013																																																																										
2014																																																																										
2015																																																																										
2016																																																																										
2017																																																																										
2018																																																																										
2019																																																																										
2020																																																																										
Yıl	Yılın Ortalama Enerji Tüketimi (kWh/m²)	Yılın Ortalama Emisyon (kg CO ₂ /m²)																																																																								
2010																																																																										
2011																																																																										
2012																																																																										
2013																																																																										
2014																																																																										
2015																																																																										
2016																																																																										
2017																																																																										
2018																																																																										
2019																																																																										
2020																																																																										
Sıcaklık, ısıtma, soğutma, ısıtma ve soğutma verimlilik faktörleri (sıcaklık verimlilik)		Sıcaklık, ısıtma, soğutma, ısıtma ve soğutma verimlilik faktörleri (ısıtma verimlilik)																																																																								
Nihai tüketim : kWha/ m² yıl		Emisyon salınımı : kg ısıt. CO ₂ / m² yıl																																																																								
Yasarrufla Bina	Bina	SEG Emisyonu Düşük Bina																																																																								
Enerji Tüketimi Yüksek Bina		SEG Emisyonu Yüksek Bina																																																																								

Şekil 2.2 : Bina enerji kimlik belgesi [1].

Kanunla beraber, 2009 yılında çıkarılan “ Binalarda enerji performansı yönetmeliği” ne göre, yeni yapılan binalar için Şekil 2.2’de gösterilen enerji kimlik belgesi düzenlenecektir. Bu belgeye göre, tüketim değerleri ve emisyon değerleri incelenerek bina için A sınıfı ile G sınıfı arasında bir kimlik tanımlanacaktır. A sınıfı, en verimli bina çeşidi olurken G sınıfı en düşük verimin elde edildiği bina tipi olmaktadır [12].

2.5 Binalarda Enerji Verimliliği Ölçme Sistemi: LEED

İnsan hayatının yaklaşık yüzde 90’ı binalarda geçmektedir. Bu nedenle, daha az kaynak tüketen, daha verimli, çevre dostu binalara olan gereksinim son yıllarda öne çıkmıştır. Çevre dostu binalarda hedef sadece enerji ve su tasarrufu sağlamak olmamalıdır. Bina sakinlerinin sağlığına ve konforuna da büyük önem verilmelidir. Çevre dostu bina tasarımı yapılırken, iç mekandaki hava kalitesi, doğal aydınlatma miktarı, sıcaklığın ve nemin kontrolü, atık yönetimi gibi insan sağlığı ile direkt olarak ilgili olan unsurlar planlanmakta, ayrıca bina yapımında kullanılan yöntemler ile son kullanıcıya temiz ve kaliteli bir ortam bırakılması hedeflenmelidir [13]. Bazı yurt dışı kaynaklı araştırmalara göre, çevre dostu binalarda çalışan veya yaşayanların diğer binalardakilere göre daha az hastalandıkları ve çalışma performanslarının daha yüksek olduğu belirtilmiştir [14].

Çevre dostu bir bina oluşturmak isteniyorsa, bu binanın tasarımının yapılması en öncelikli konudur. Çevre dostu bina tasarımı ve yapımı esnasında, çevreye olan bütün etkilerini göz önüne alıp bütünsel bir yaklaşımla inceleyen, bir yol haritası çizen ve uluslararası standartları buna entegre eden, dünyaca kabul edilmiş ve uygulanmakta olan değerlendirme ve sertifikasyon sistemlerinden faydalanılması önem gerekmektedir. Bu sistemlerin en yaygın olarak bilinenlerinden biri A.B.D çıkışlı LEED sertifikasyon sistemidir. 1998 yılında ortaya çıkan LEED sertifika sistemi, Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilmiş bir çevre dostu bina sertifikasyon sistemidir. İngilizce açılımı “Leadership in Energy and Environmental Design” şeklindedir.

LEED sistemi, tasarım sürecinden başlayarak binanın tamamlanmasına kadar devam eden, uzun bir süreçtir. Bu süreçte, birden çok disiplini ilgilendiren konuları kapsamaktadır. LEED sisteminin değişik bina tiplerine uygun, halen yürürlükte ve geliştirilmekte olan değişik kategorileri vardır [15]. Bunlar şöyledir;

- Yeni Binalar
- Çekirdek ve Kabuk
- İç Mekanlar
- Okullar
- Varolan Binalar: Operasyon ve Bakım
- Müstakil Evler
- Hastane ve Klinikler
- Mağazalar
- Mahalleler

LEED sistemi binaları aşağıdaki 7 alt başlık altında inceleyip değerlendirir:

- Sürdürülebilir Arazi
- Su Verimliliği
- Enerji ve Atmosfer
- Malzemeler ve Kaynaklar
- İç Mekan Yaşam Kalitesi
- İnovasyon

- Yerel Önem Sırası

Her bir alt başlığın altında önkoşullar ve kredi tanımları vardır. Öncelikle önkoşullara uygunluk sağlanmalı ve sonrasında her bir kredi altındaki puanlar toplanmalıdır. Proje bu alt başlıklarda topladığı puanlara göre Sertifikalı, Gümüş, Altın veya Platin düzeyinde ödüllendirilir [16].

Alınan puanların toplamına göre sertifika seviyeleri şöyledir:

Sertifikalı: 40-49 puan

Gümüş: 50-59 puan

Altın: 60-79 puan

Platin: 80-110 puan

LEED başlıkları kapsamında, toplu taşımanın ve alternatif ulaşım sistemlerinin özendirilmesi, su tasarrufu ve suyun verimli kullanılması için birtakım metotların uygulanması, tasarımın ve sistem seçiminin enerji verimliliğinin artırılması yönünde yapılması, iç hava kalitesinin artırılması ve kontrolü, insan sağlığına zararlı uçucu maddelerin sigara dumanının engellenmesi ve iç ortamdan uzaklaştırılması, günışığından faydalanma gibi konular değerlendirilir ve puanlanır [17].

LEED 'in özellikle üzerinde önemle durduğu ve uluslar arası standartlara uygunluk aradığı konular arasında, HVAC sistemlerinin enerji verimliliği, iç hava kalitesi, termal konfor, gün ışığı kullanımı, aydınlatma ve aydınlatma kontrolleri, sıhhi sıcak su sistemleri, su tasarrufu sağlayan armatürler ve sistemler, bina izolasyonu örnek olarak gösterilebilir. Söz konusu bu sistemler hâlihazırda da belli başlı standartlar göz önüne alınarak tasarlanmaktadır.

LEED kategorilerinden Enerji ve Atmosfer kategorisi altında binadaki elektrik sistemlerini de yakından ilgilendiren kriterler mevcuttur. Örneğin bu kategorinin altındaki Minimum Enerji Performansı önkoşulunda bina içindeki ve dışındaki aydınlatma sistemlerinin ASHRAE (American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers) 90.1 standardına uygun olarak tasarlanması istenmektedir. Bu standart aydınlatma tasarımcısını zorlayabilecek kısıtlamalar getirebilmektedir. Örneğin iç mekanlarda kullanılan armatürlerin güç yoğunluklarının (Watt/m^2 cinsinden) standartta belirtilen sınır değerlerin altında kalması gerekmektedir ki bu

da yeterli aydınlatma seviyelerinin yakalanabilmesi için yüksek verimlilikli lamba ve armatürlerin kullanılmasını gerekli kılmaktadır [18].

Çizelge 2.2’de ASHRAE standartlarına göre mahal bazında uyulması gereken güç yoğunluk değerleri verilmiştir:

Çizelge 2.2 : ASHRAE standartına göre uyulacak güç yoğunluk değerleri.

Mahal Tipi	Aydınlatma Güç Yoğunluğu (W/m ²)
Otopark	2
Lobi/Giriş	14
Mağaza-Dükkanlar	18
Koridor-Hol	5
Restaurant/Yemekhane	10
Ofis	12
Toplantı Odası-Konferans Salonu	14
WC	10
Merdiven	6
Depo	9
Mekanik/Elektrik Odalar	16
Mutfak	13
Fitness Salonu	10
Soyunma Odası	6
Atrium Boşluğu (İlk 3 kat)	6
Atrium Boşluğu (3 kat üzeri)	2
Dinlenme Odası	10
Otel Odası	12

LEED’de puan sağlayacak elektriksel parametrelerden biri ise gün ışığından yararlanılmasıdır. Bunun için binanın düzenli kullanılan ve cama yakın odalarına gün ışığı sensörlerinin konulması ve armatürlerin mekana giren gün ışığı seviyesine göre kapatılması veya kısılması istenmektedir. Binanın çekirdeğine yakın veya yer altında kalan kısımları için ışıklık veya ışık boruları kullanılması bu puanın alınmasına katkıda bulunabilmektedir [19].

Ayrıca LEED, aydınlatmada konforun yakalanması için bina sakinlerinin bireysel kontrolüne imkan veren uygulamalara puan verebilmektedir. Bu puanın alınabilmesi için, aydınlatma konusunda %90 oranında bireysel kontrole imkan verilmesi gerekmektedir.

Dış mekanlarda ise ışık kirliliğinin önlenmesine yönelik uygulamalardan puan alınabilmektedir. Binanın yapıldığı arazinin dışına taşan ışığın minimumda tutulabilmesi için dış aydınlatmada kullanılacak armatürlerin tamamen kapanabilme özelliğinin olması ve ışığının yatay düzlemde yukarıya verilmemesi istenmektedir. Bina içinden dışarıya taşabilecek ışığın en aza indirilmesi için armatürlerin cephedeki opak yüzeylere doğru yönlendirilmesi gerekmektedir [20].

Bunlarla birlikte aydınlatmada düşük civalı armatür kullanılması veya halojen içermeyen kablolama gibi uygulamalarla inovasyon puanlarına başvurulabilir.

Genel olarak elektrik ve aydınlatma sistemlerinin LEED’de oldukça önemli bir yeri vardır ve özellikle tasarım sırasında çok dikkat edilmesi gereken konulardan biridir. Daha ayrıntılı bilgi Ek-A’da yer almaktadır.

3. DESIGN BUILDER VE ENERGY PLUS İLE OTELİN ENERJİ MODELLEMESİ

3.1 Enerji Modellemesinde Temel Kriterler ve Design Builder Programı

Bina enerji modellemesi yapılırken, uluslararası standartlara göre avantaj sağlayacak sistemlerin seçilmesi gerekmektedir. Bunun sayesinde, doğru sistemlerin verimli seçilmesi ile işletme sırasındaki enerji giderlerinin büyük ölçüde azaltılabilmek mümkün olabilmektedir.

Binaların enerji tüketimini etkileyen birçok faktör vardır. En uygun çözümleri yakalayabilmek için bazı sayısal analiz yöntemlerinden, bilgisayar programlarından yararlanmak gerekmektedir. Bunun sebebi, izolasyon, çatıdaki kaplama malzemesi, iklimlendirme ve elektromekanik gibi binadaki çeşitli sistemlerin seçiminde bir bütünlük gözetilmesinin gerekliliğidir. Bu yüzden tek başına mimarın, tek başına mekanik tasarımcının veya tek başına elektrik tasarımcısının önerebileceği iyileştirmelerin maliyetler de gözönüne alınarak optimize edilmesi gerekmektedir.

Bina enerji modellemesinde esas olan, binanın enerji harcamasını oluşturan verilerin bilgisayar programına girilmesi ve program vasıtasıyla binanın enerji harcamalarının yıllık, aylık, günlük olarak simülasyon sonucu ortaya çıkması ile yapılmaktadır.

Enerji modellemesi için kullanılan çeşitli programlar mevcuttur. Bu programlardan en önemlilerinden birisi DesignBuilder” programıdır. Bu program Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı tarafından devamlı olarak güncellenen “EnergyPlus” simülasyon programı ile birlikte çalışan bir arayüz programıdır. Benzer hesaplamaları yapabilen başka programlar da bulunmakla beraber, “DesignBuilder” özellikle anlaşılması ve kullanımı kolay arayüzüyle ve sistem çeşitliliğiyle ön plana çıkmaktadır.

Bu programda ilk olarak, tasarlanacak binanın üç boyutlu çizimi yapılmaktadır. Daha sonra enerji harcamasına etki eden tüm sistemler ayrı ayrı modellenmektedir. Bina kabuğunun izolasyon değerleri, cam gölgeleme katsayıları, ekipman verimlilikleri (COP, EER, IPLV, vs.), aydınlatma parametreleri (W/m^2), sensörler, otomasyon

senaryoları, bina doluluk oranları, alternatif enerji sistemleri, çatı malzemesi yansıtma katsayısı, vb. birçok parametrenin de kullanılmasıyla model oluşturulabilmektedir.

Programı kullanırken model üzerinde istenilen değişiklikleri yapıp binanın enerji harcamasına etkisini gözlemlemek mümkündür.

Öncelikle yapılması düşünülen binanın tüm verileri Design Builder'a girilerek binanın "gerçek bina" enerji modeli ortaya çıkartılmaktadır. Daha sonra bu binayı ASHRAE standartlarına uygun bir bina ile kıyaslayabilmek için bir model daha oluşturulması gerekmektedir. Bu modele girilen değerleri ise ASHRAE 90.1 standardı belirlemektedir. Örneğin İstanbul'daki bir bina için duvar izolasyonu U değeri 0.365 olarak, ya da aydınlatmada ofisler için öngörülen güç yoğunluğu 12 W/m² olarak girilmektedir. Sonuçta ASHRAE'nin önerdiği bütün sistem ve veriler ikinci oluşturduğunuz modele girilmekte ve "baz bina" modeli ortaya çıkmaktadır. İlk modelde olduğu gibi simülasyon programı baz bina modelinin de senelik enerji harcama miktarlarını bulmaktadır. Daha sonra bu iki modelin enerji harcamaları birbiri ile kıyaslanıp tasarımda öngörülen verimlilik miktarı hesaplanmaktadır.

LEED, tasarlanan binanın ASHRAE baz bina modeline göre en az %10 verimli olmasını önkoşul olarak koymaktadır. %10'unun üzerine çıkılan her verimlilik değeri için ekstra puan kazanmak mümkündür. Yatırım maliyeti ne kadar artarsa o kadar verimlilik elde etmek mümkündür. Özellikle yenilenebilir enerji kullanımının gerçekleştiği durumlarda çok önemli verimlilik seviyelerini yakalamak mümkündür ve LEED Platin seviyesini kazanmak mümkündür.

3.2 Baz Bina Enerji Modellemesi İçin Girdiler

3.2.1 İklimsel girdiler

Programda, İstanbul'da 1975-2010 yılları arasında ölçülen sıcaklıkların ortalama değerleri kullanılacaktır. Bunun yanında, ortalama en düşük ve en yüksek sıcaklıklar da, ısıtma ve soğutma sıcaklığını belirlemek için kullanılacaktır.

İstanbul için 35 yıllık sıcaklık ortalamaları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

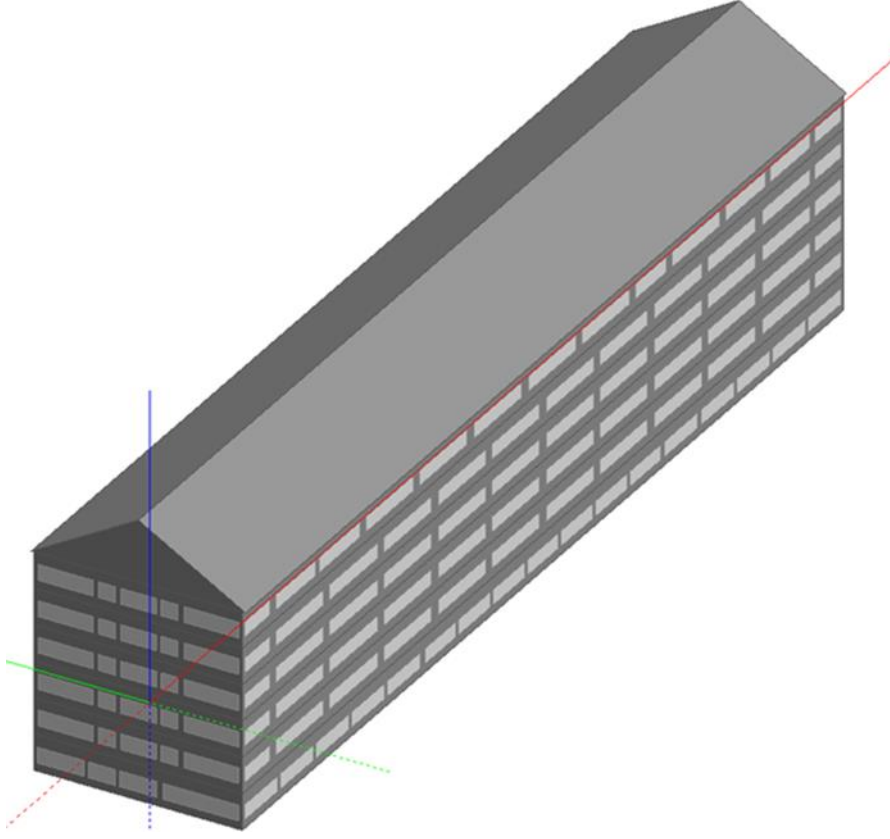
Çizelge 3.1 : İstanbul için 35 yıllık sıcaklık ortalamaları [21].

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	Ortalama en düşük sıcaklık (°C)
Ocak	6.1	9.0	3.6
Şubat	6.0	9.3	3.3
Mart	7.9	11.8	4.8
Nisan	12.2	16.8	8.4
Mayıs	16.9	21.7	12.6
Haziran	21.7	26.4	17.1
Temmuz	23.9	28.7	19.6
Ağustos	23.8	28.7	19.8
Eylül	20.1	25.0	16.3
Ekim	15.7	20.0	12.5
Kasım	11.4	15.0	8.4
Aralık	8.1	10.9	5.5

3.2.2 Mimari girdiler

3.2.2.1 Binanın şekli

Bu bölümde, binanın mimari yapısıyla ilgili girdilerin açıklaması yapılacaktır. Bina, Şekil 3.1’de görüldüğü gibi 6 katlı olarak tasarlanacaktır. Bina, dikdörtgen şeklinde tasarlanmıştır. Her bir katı 2000 m² olarak tasarlanan binada, toplam kullanılacak alan 12000 m²’dir. Her bir katın genişliği 20 m, uzunluğu ise 100 m olarak tasarlanmıştır. Binanın yüksekliği toplam 22.8 metredir. Şekil 3.1’de simülasyonu yapılacak binanın çizimi verilmiştir.

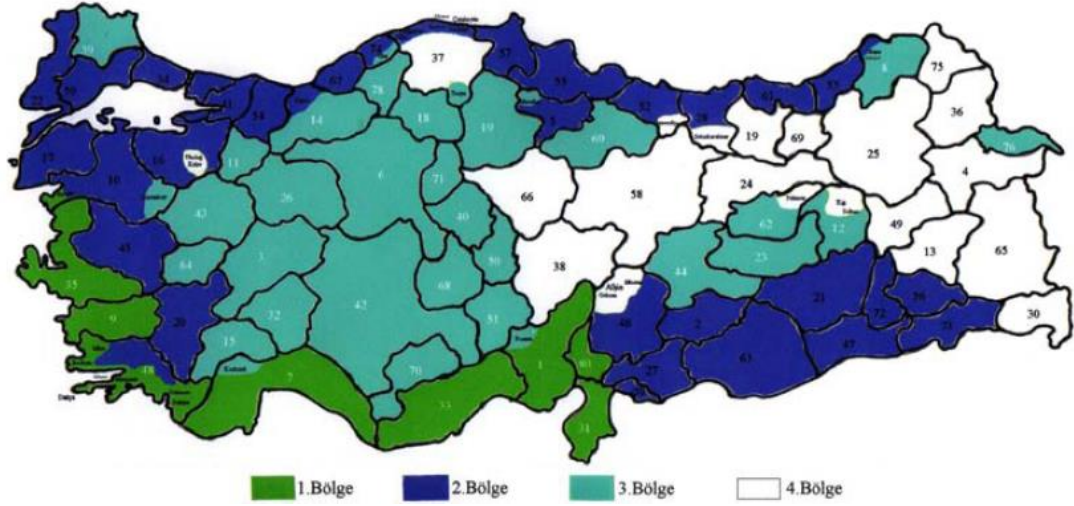


Şekil 3.1 : Simülasyonu yapılacak otel binası.

3.2.2.2 Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri)

U değeri, binanın içindeki ve dışındaki sıcaklık değerindeki farklılık nedeniyle oluşan ısı kaybının metrekare başına ifadesidir. Birimi W/m^2K 'dir. Enerji bakımından verimli bir bina tasarlarken, bu değerin mümkün oldukça düşük tutulması esastır.

Türkiye’de bu değerin bölgelere göre belli standart değerleri vardır. Türk Standartları Enstitüsü’nün belirlediği “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standartlarına göre Türkiye ısıl bakımdan 4 bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler Şekil 3.2’de gösterilmiş olan haritada görülmektedir:



Şekil 3.2 : Türkiye'nin ısı yalıtım kurallarına göre ayrıldığı ısı bölgeleri [22].

Haritadan da görülebileceği gibi, sıcaklığın düşük olduğu iller 4. Bölgede yer almaktadır. 1. Bölge ise sıcaklığın en yüksek olduğu illeri kapsamaktadır. Buna göre; ısı geçirgenlik katsayısı 4. Bölgede en az değerde olmalıdır. Yine aynı kurumca belirlenen ısı geçirgenlik katsayılarının bölgelere göre olması gereken en büyük değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.2 : Bölgelere göre izin verilen en büyük U değerleri [22].

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_P (W/m ² K)
1.Bölge	0.70	0.45	0.70	2.4
2.Bölge	0.60	0.40	0.60	2.4
3.Bölge	0.50	0.30	0.45	2.4
4.Bölge	0.40	0.25	0.40	2.4

U_D : Dış duvar için ısı geçirgenlik katsayısı değeri

U_T : Tavan için ısı geçirgenlik katsayısı değeri

U_t : Taban için ısı geçirgenlik katsayısı

U_P : Pencere için ısı geçirgenlik katsayısı

Türkiye standartlarına göre gerekli ısı geçirgenlik katsayıları bu şekilde iken, ASHRAE standartlarında belirtilen değerler daha düşüktür. Çizelge 3.3'de Türkiye'nin yer aldığı iklim bölgesinde alınması gereken en yüksek değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu tablodaki değerler baz binanın simülasyonunda kullanılmıştır:

Çizelge 3.3 : ASHRAE standartlarına göre ısıl geçirgenlik katsayıları.

Yapı	U değeri(W/m ² K)
Çatı	0.273
Dış Duvar	0.365
Kat Betonu	0.214
ToprakÜstü Döşeme	1.263
Pencere ve Çerçeve	2.27
Opak Kapılar	3.975

Baz binada pencerelerin duvarlara oranı %40 olarak tasarlanmıştır. ASHRAE standartlarına göre baz binanın enerji modellemesinde oranın bu şekilde alınması gerekmektedir.

3.2.3 Elektriksel girdiler

Design Builder programında, elektrik ile ilgili en önemli parametre, aydınlatma güç yoğunluğudur. Bu konuda iki farklı seçenek tanımlamak mümkündür. Bunlardan ilki, bütün binanın toplam güç yoğunluğunu hesaplayıp buna göre değerleri girmektir. Diğerisi ise mahal bazında ASHRAE standartlarına göre belirlenmiş en yüksek değerleri ayrı ayrı tanımlamaktır. Bu çalışmada, baz binadaki her mahal için tek tek değerler tanımlanmıştır. Çizelge 3.4’de programa girilen değerler yer almaktadır. Tabloda, otel için tanımlanan bütün alanlar mevcuttur. Ortak olarak kullanılan tuvalet, koridor gibi alanlarda hareket sensörleri de tanımlanacaktır. Hareket sensörü kullanımı olan yerlerdeki aydınlatma gücünü %10 daha düşük seviyede almak mümkündür. Böylece enerji tüketiminde daha iyi bir seviye yakalanmış olacaktır.

Çizelge 3.4 : Baz bina için tanımlanan aydınlatma güç yoğunluğu değerleri.

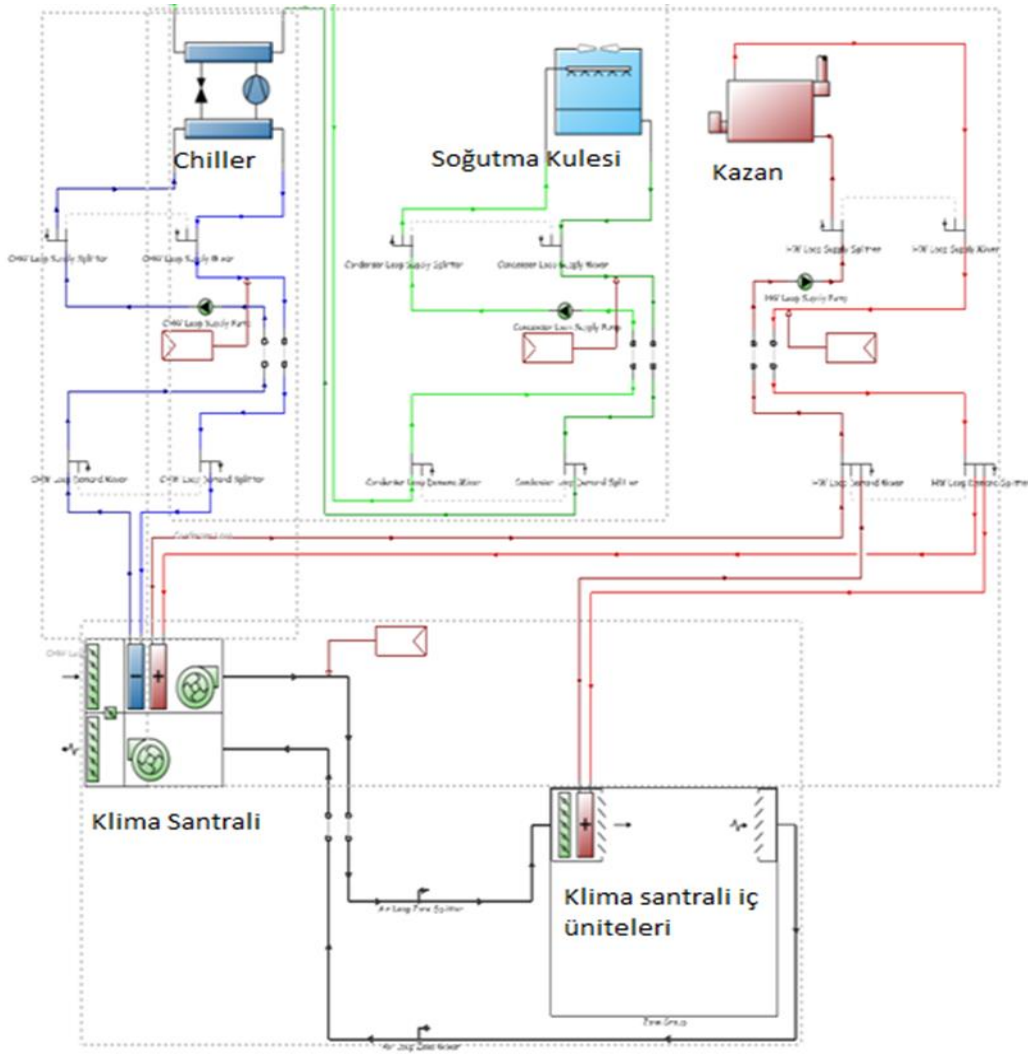
Mahal Tipi	Aydınlatma Güç Yoğunluğu (W/m ²)
Lobi/Giriş	14
Koridor-Hol	5
Restaurant	10
Ofis	12
Toplantı Odası	14
WC	10
Merdiven	6
Depo	9
Mekanik/Elektrik Odalar	16
Mutfak	13
Fitness Salonu	10
Dinlenme Odası	10
Otel Odası	12

Baz binada tanımlanmış olan elektrik motorlarının verim sınıfı IE2 olarak girilmiştir.

3.2.4 Mekanik girdiler

Enerji modellemesinde önemli tanımlamalardan biri de mekanik sistemlerdir. Sistemlerin kullandığı elektriğin yanı sıra, doğalgaz, kömür, fuel-oil gibi yakıtlar da önemli bir enerji maliyeti oluşturmaktadır. Özellikle otellerde, ısıtma için genellikle kazanlar ve fosil yakıtlar kullanılırken, soğutma için de klimalar kullanılmaktadır. Özellikle, tek başına klima kullanımı, yaz aylarında çok büyük miktarlarda elektrik tüketimine yol açmaktadır.

ASHRAE standartlarında, bina tiplerine ve büyüklüklerine göre tanımlanması gereken mekanik sistemler açıklanmıştır. Buna göre ısıtma, soğutma sistemleri, havalandırma sistemleri ve bunların en düşük verimlilik değerleri baz bina tasarımında kullanılacaktır. Şekil 3.3’de, programa tanımlanan mekanik sistemlerin diyagramı yer almaktadır.



Şekil 3.3 : Baz bina mekanik sistem diyagramı.

Baz bina konut binası olmadığı için ve 5 kattan fazla olduğu için, mekanik system olarak ısı geri kazanımlı VAV sistemi kullanılmıştır. Isıtılan ve soğutulan havanın dağıtımında VAV iç üniteleri kullanılmıştır. Soğutma sisteminde kullanılan Chiller grubu su soğutmalıdır ve ısıtma sistemi olarak, sıcak su sağlayan kazan kullanılmıştır. Baz binada 1 adet Chiller kullanılmıştır. Bu ekipmanın verimlilik değerini COP değeri belirlemektedir. COP kelimesi "Coefficient of Performance" yani "Performans Katsayısı" anlamına gelen ingilizce kelimelerin baş harflerinden oluşmuştur. Chiller'in soğutma performansının belirlenmesinde COP değeri yardımcı olur. COP değeri ekipmanın 1 birim elektrik enerjisiyle kaç birim ısı değeri ürettiğini ifade eder. Baz binada kullanılan Chiller'in COP değeri 5.5 olarak alınmıştır. Soğutma kapasitesi, program tarafından otomatik olarak belirlenmektedir. Isıtma ve soğutma yapılacak alan yaklaşık olarak 11148 m² olacaktır.

Isı geri kazanımı sağlamak için soğutma kulesi kullanılmıştır. Chiller sisteminde kullanılan pompaların gücü 1000 L/s için 349 kW alınacaktır.

Isıtma sisteminde kullanılan kazanın verimi 0.89 olarak alınacaktır ve ısıtma kapasitesi program tarafından belirlenecektir.

3.3 Tasarlanan Bina Enerji Modellemesi İçin Girdiler

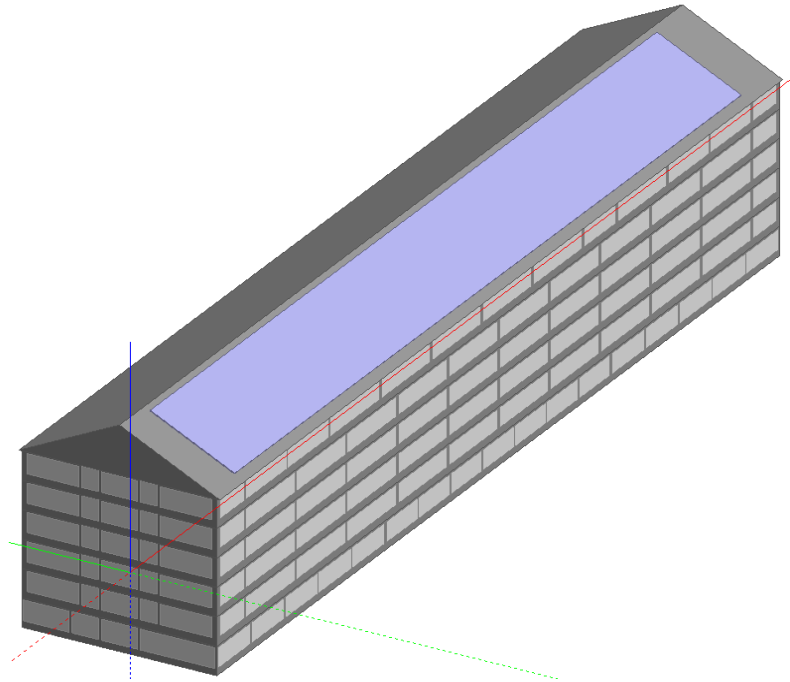
3.3.1 İklimsel girdiler

Bina tasarımında kullanılacak iklim verileri tamamen baz binanın tasarımında kullanılan verilerle aynı olacaktır. Yani, İstanbul'da 1975-2010 yılları arasında ölçülen sıcaklıkların ortalama değerleri kullanılacaktır. Bunun yanında, ortalama en düşük ve en yüksek sıcaklıklar da, ısıtma ve soğutma sıcaklığını belirlemek için kullanılacaktır.

3.3.2 Mimari girdiler

3.3.2.1 Binanın şekli

Binanın şekli ve mimari yapısı, baz bina ile tamamen aynı olacaktır. Ek olarak, pencere-duvar oranı %70 alınacak ve güneşe bakan çatıda fotovoltaik paneller olacaktır. Şekil 3.4'te tasarlanan binanın çizimi gösterilmiştir.



Şekil 3.4 : Tasarlanan bina modeli

3.3.2.2 Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri)

Bina dış kabuğuna ait ısı geçirgenlik katsayıları, maliyet de gözönünde bulundurularak makul seviyelerde seçilmiştir. Çizelge 3.5’de tasarlanan binada kullanılan ısı geçirgenlik katsayı değerleri yer almaktadır.

Çizelge 3.5 : Tasarlanan bina için U değerleri.

Yapı	U değeri(W/m ² K)
Çatı	0,241
Dış Duvar	0,303
Kat Betonu	0,214
ToprakÜstü Döşeme	1,034
Pencere ve Çerçeve	2,178
Opak Kapılar	3,975

3.3.3 Elektriksel girdiler

İç aydınlatmada ortak mahallerdeki hareket sensörü sayısı arttırılmış ve sistem yarım saatlik bir hareket olmadığı zaman kendi kendini kapatacak şekilde tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra mahal bazındaki aydınlatma güç yoğunlukları %20 seviyesinde azaltılmıştır. Aydınlatma ile ilgili diğer konular detaylı olarak tezin ilerleyen bölümlerinde anlatılmıştır. Diğer simülasyon programı ile ortak olarak kullanılan gün ışığı miktarı, aydınlatma cihazlarının yaydığı ısı enerjisi, gün ışığı bağımlılık faktörü gibi konuların açıklaması ilerleyen bölümde yapılmıştır.

Aydınlatma bazında %20 verimlilik sağlayacak şekilde programa tanımlanacak olan aydınlatma güç yoğunluğu değerleri Çizelge 3.6’daki gibidir. Bu değerlere armatürlerin tükettiği gücün yanında balast gücü de dahildir. Mahal bazındaki bu değerler girilmektedir ve bina genelinde toplam aydınlatma yükünde %20 verimlilik elde etmek esastır.

Çizelge 3.6 : Tasarlanan bina için aydınlatma güç yoğunlukları.

Mahal Tipi	Aydınlatma Güç Yoğunluğu (W/m ²)
Lobi/Giriş	11,2
Koridor-Hol	4
Restaurant	8
Ofis	9,6
Toplantı Odası	11,2
WC	18
Merdiven	4,8
Depo	7,2
Mekanik/Elektrik Odalar	12,8
Mutfak	10,4
Fitness Salonu	8
Dinlenme Odası	8
Otel Odası	9,6

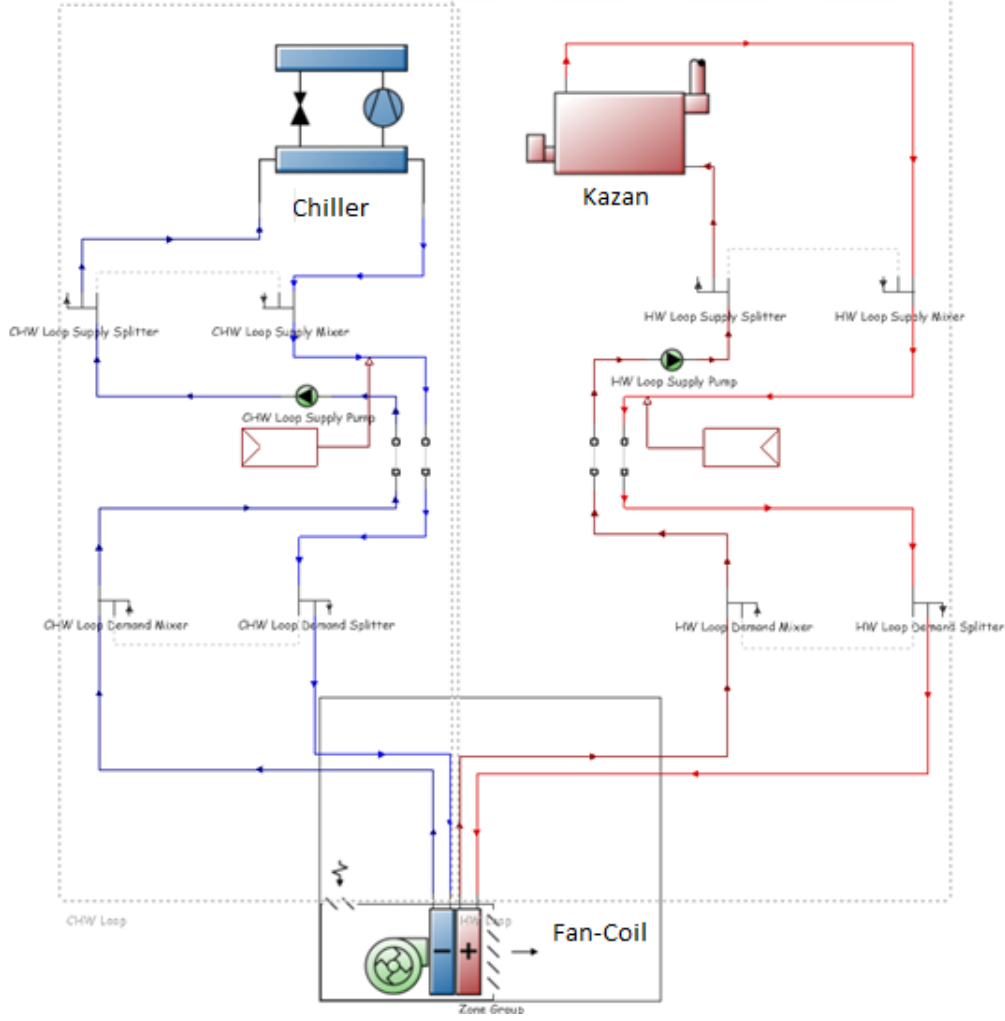
3.3.4 Mekanik girdiler

Tasarlanan binada Fan-Coil sistemi kullanılmıştır. Isıtılan ve soğutulan havanın dağıtımında Fan Coil iç üniteleri kullanılmıştır. Soğutma sisteminde kullanılan Chiller grubu hava soğutmalıdır ve ısıtma sistemi olarak, sıcak su sağlayan kazan kullanılmıştır. Tasarlanan binada 1 adet Chiller kullanılmıştır. Bu Chiller'in COP değeri 6 olarak alınmıştır. Soğutma kapasitesi, program tarafından otomatik olarak belirlenmektedir. Isıtma ve soğutma yapılacak alan yaklaşık olarak baz binada olduğu gibi 11148 m² olacaktır.

Chiller sisteminde kullanılan pompaların anma gücü 265 kW alınacaktır. Chiller'in toplam elektriksel gücünün doğru tanımlanması simülasyon için oldukça önemlidir çünkü fazla güç tüketen sistemlerin verimliliğe etkisi oldukça büyük olmaktadır. Bu nedenle katalog değerlerinin girilmesi gerekmektedir.

Isıtma sisteminde kullanılan kazanın verimi 0.92 olarak alınacaktır ve ısıtma kapasitesi program tarafından belirlenecektir.

Tasarlanan bina için mekanik sistem diyagramı Şekil 3.5'de tanımlanmıştır. Isıtma-soğutma sistemi ve ısıtıl-soğutulan havanın dağıtımını bu şema yardımıyla görmek mümkündür. İklimlendirilen her alanda Fan-Coil sistemi yer almaktadır ve bu sistem verimliliği ile ön plana çıkmaktadır.



Şekil 3.5 : Tasarlanan bina için mekanik diyagramı

3.4 Baz Bina Enerji Modellemesi Çıktıları

3.4.1 Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

Simülasyon sonucunda elde edilen tüketim değerleri ve grafikleri bu bölümde verilmiştir. Çizelge 3.7’de baz binanın tükettiği toplam enerji ve metrekare başına harcanan enerji miktarı görülebilir.

Çizelge 3.7 : Baz binanın tükettiği toplam enerji miktarı.

Toplam Harcanan Enerji [kWh]	m ² Başına Harcanan Enerji [kWh /m ²]
1697008.36	126.71

Enerji tüketiminde önemli yer tutan kısımların tükettiği enerji miktarı ve enerji yoğunlukları Çizelge 3.8’de ve Çizelge 3.9’da verilmiştir:

Çizelge 3.8 : Baz binadaki yüklerin yıllık tükettiği enerjinin dağılımı.

Yük Çeşidi	Harcanan Enerji Miktarı
Isıtma (Doğalgaz)	260291.28
Soğutma (Elektrik)	255629.38
İç Aydınlatma (Elektrik)	694927.25
İç Ekipman (Elektrik)	219354.37
Fanlar	214655.96
Pompalar	9786.60
Isı Kazancı	42358.23
Toplam Harcama (Elektrik)	1436717.08
Toplam Harcama	260291.28

Çizelge 3.9 : Baz binadaki tüketim ekipmanlarının enerji yoğunlukları.

Yük Çeşidi	Enerji Yoğunluğu [kWh /m2]
Aydınlatma	60,81
HVAC(Elektriksel)	45,72
HVAC(Doğalgaz)	22.78
Diğer(Ekipmanlar)	19.20
Toplam	125.73

Tablolardan anlaşılacağı gibi, binanın yıllık olarak tükettiği enerji 1697008.36 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu değerin 1436717.08 kWh’lık kısmı elektrik enerjisi iken, 260291.28’lik kısmı doğalgaz enerjisidir. Harcanan elektriğin önemli bir bölümü aydınlatma için kullanılmıştır. Buna göre, yeni tasarlanacak binada en dikkat edilmesi gereken hususun aydınlatma tüketimi olduğu görülmektedir.

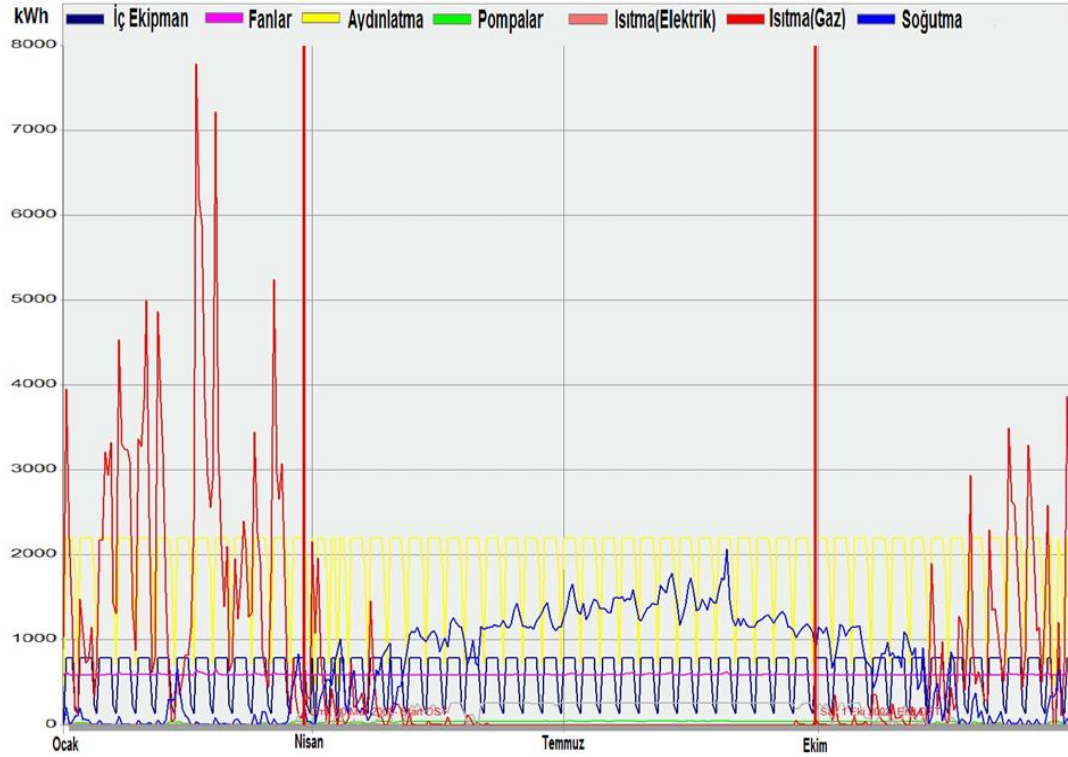
Elektrik ve doğalgaz için pik yük talebi Çizelge 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.10 : Baz binanın pik yük talebi.

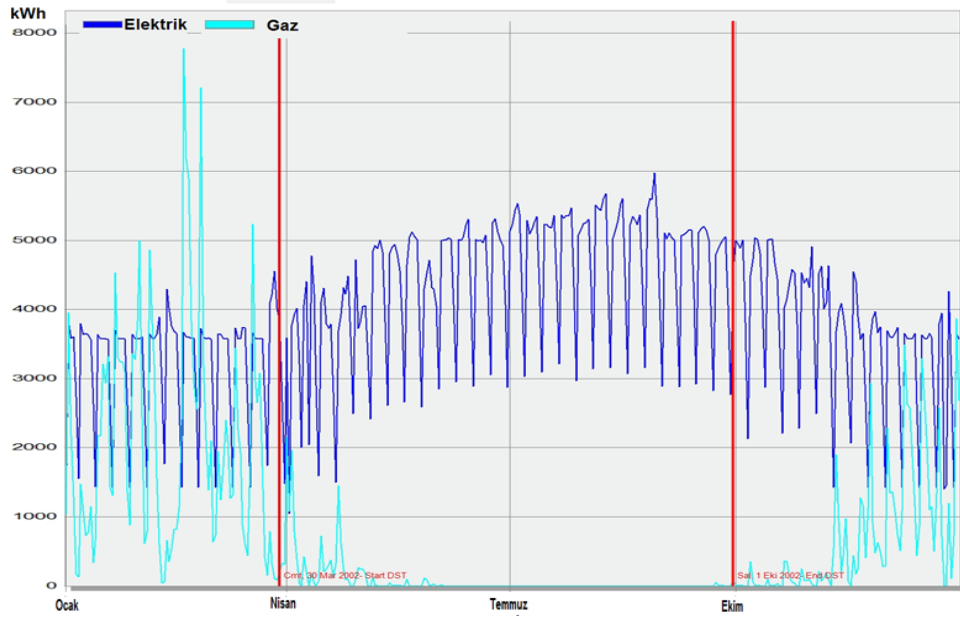
Yük Çeşidi	Harcanan Enerji Miktarı [W]
Isıtma (Doğalgaz)	907412.37
Soğutma (Elektrik)	114153.01
İç Aydınlatma (Elektrik)	120020.69
İç Ekipman (Elektrik)	72540.72
Fanlar	31488.85
Pompalar	2209.04
Isı Kazancı	10712.27
Toplam Harcama (Elektrik)	351124.57
Toplam Harcama (Doğalgaz)	907412.37

Enerjideki pik yük talebi elektrik için 29 Ağustos saat 15:39, doğalgaz için 2 Ocak saat 06:10 olarak çıkmıştır.

Enerji tüketimi ile ilgili bazı grafikler program çıktısı olarak elde edilmiştir. Bunlardan ilki, yıllık enerji tüketiminin yüklere göre dağılımı verilmiştir. Grafikte günlük tüketim değerleri görülebilir.

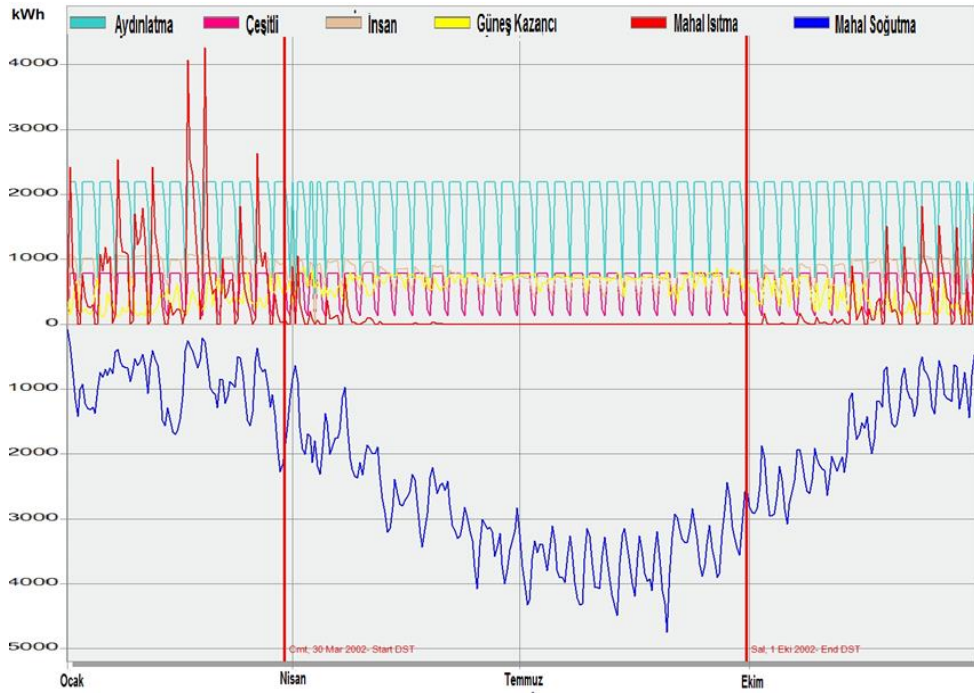


Şekil 3.6 : Baz bina yıllık enerji tüketiminin yüklere göre dağılımı.



Şekil 3.7 : Baz bina yıllık elektrik ve doğalgaz tüketimi.

Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de, günlük tüketim değerlerinin yıllık bazda gösterimi yer almaktadır. Bu değerlere göre, doğalgazın en fazla kış aylarında ısıtma için kullanıldığı görülmektedir. Elektrik kullanımı ise, yaz aylarında daha fazla seviyelerde görülmektedir. Bunun nedeni, yazın elektrikle çalışan soğutma sistemlerinin devreye girmesi ve oteldeki insan popülasyonunun artmasıdır.

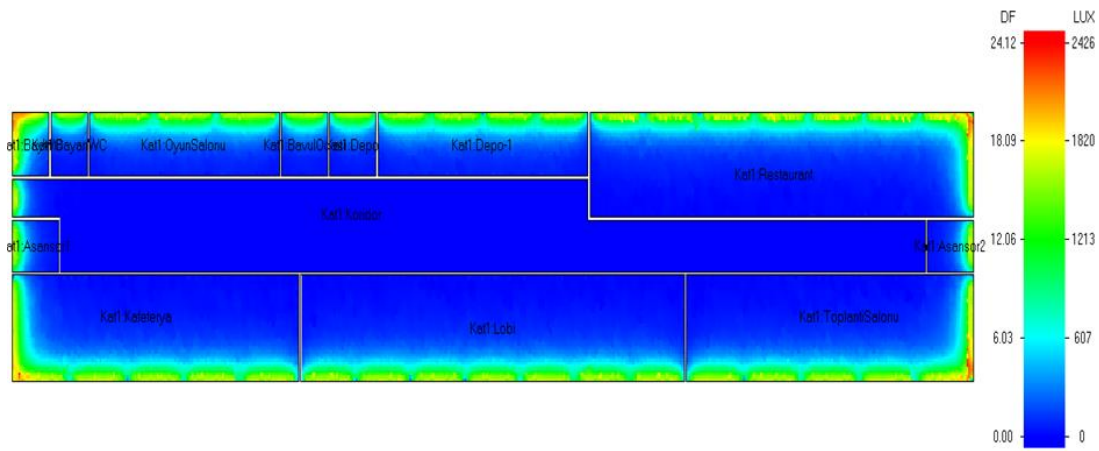


Şekil 3.8 : Yüklerden kaynaklı ısı kazançları.

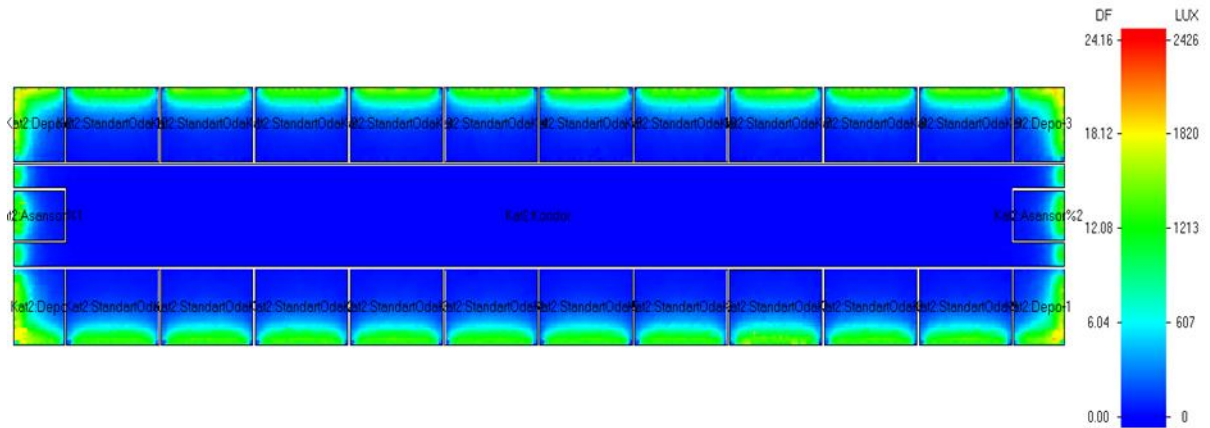
Şekil 3.8’de aydınlatma, insan, güneş, ısıtma ve diğer yüklerden kaynaklanan ısı kazançları gösterilmiştir.

3.4.2 Aydınlık düzeyi çıktıları

Baz bina için binadaki pencere-duvar oranı %40 alınmıştır. Otelin yerleşimi tasarlanacak bina ve baz bina için aynıdır. Fakat, tasarlanan binada pencere-duvar oranı %70 alınmıştır. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da, baz bina için ilk kattaki ve diğer katlardaki aydınlık düzeyleri görülmektedir. Aynı şekilde tasarlanan bina için de aydınlık düzeyleri verilecek ve karşılaştırma imkanı olacaktır.



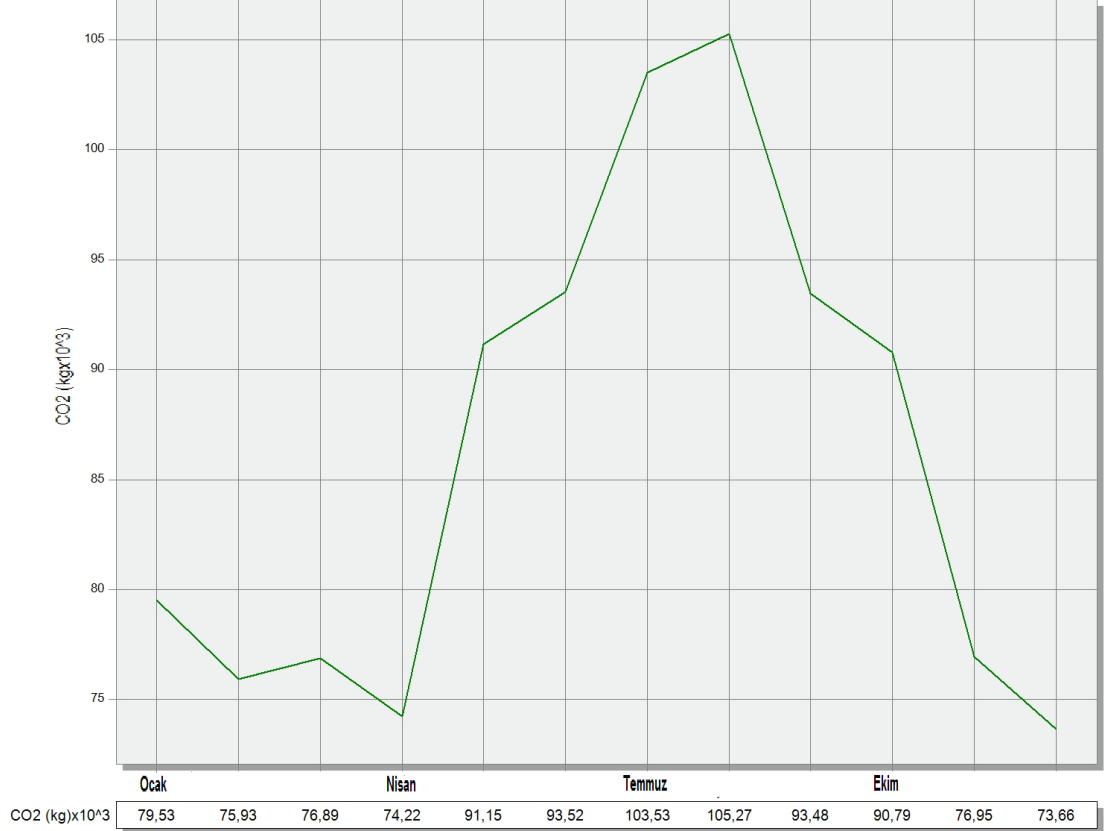
Şekil 3.9 : 1.kat güneşli aydınlık düzeyleri.



Şekil 3.10 : Diğer katlar güneşli aydınlık düzeyleri.

3.4.3 Sera gazı salınımı ile ilgili çıktılar

Simülasyonu yapılan binada, ısıtmada kullanılacak sıcak su eldesi için, doğalgaz kullanılmaktadır. Bu yüzden CO₂ salınımı gerçekleşmektedir. Ayrıca, mekanik cihazlarda kullanılan soğutucu ekipmanların da bu durumda etkisi vardır. Baz bina ile ilgili yıllık CO₂ emisyon grafiği Şekil 3.11'deki gibidir. En fazla salınımın yaz aylarında gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 3.11 : Aylara göre CO₂ salınımı.

3.5 Tasarlanan Bina Enerji Modellemesi Çıktıları

3.5.1 Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

Simülasyon sonucunda tasarlanan bina ile ilgili elde edilen tüketim değerleri ve grafikleri bu bölümde verilmiştir. Çizelge 3.11'de tasarlanan binanın tükettiği toplam enerji miktarı verilmiştir.

Çizelge 3.11 : Tasarlanan binanın tükettiği toplam enerji miktarı.

Toplam Harcanan Enerji [kWh]	m ² Başına Harcanan Enerji [kWh /m ²]
1210980.86	93.55

Tasarlanan binanın enerji tüketiminde önemli yer tutan kısımların tükettiği enerji miktarı Çizelge 3.12’de verilmiştir. Çizelge 3.13’de ise baz binaya göre elde edilen verimlilik değerleri ve yüzdeleri verilmiştir.

Çizelge 3.12 : Tasarlanan binadaki yüklerin yıllık tükettiği enerjinin dağılımı.

Yük Çeşidi	Harcanan Enerji Miktarı [kWh]
Isıtma (Doğalgaz)	103632.58
Soğutma (Elektrik)	174997.70
İç Aydınlatma (Elektrik)	536583.52
İç Ekipman (Elektrik)	219354.37
Fanlar	193318.02
Pompalar	416.82
Toplam Harcama (Elektrik)	1107348.28
Toplam Harcama (Doğalgaz)	103632.58

Çizelge 3.13 : Yük çeşitlerine göre verimlilik değerleri.

Yük Çeşidi	Verimlilik[kWh]	Verimlilik(%)
Isıtma (Doğalgaz)	156.658	60.1
Soğutma (Elektrik)	80.631	31.5
İç Aydınlatma (Elektrik)	158.334	22.8
Fanlar	21.337	9.9
Pompalar	9.370	95.7
Toplam Harcama (Elektrik)	328.368	22.9
Toplam Harcama (Doğalgaz)	156.659	60.1
Toplam (Elektrik+Doğalgaz)	486.027	28.6

Isıtma, soğutma, iç aydınlatma, fanlar ve pompalarda önemli seviyelerde verimlilik elde edilmiştir.

Tabloda görüldüğü üzere toplam enerji verimliliği baz binaya göre %28,6 olarak elde edilmiştir. Kullanılan tüm mekanik sistemlerde, aydınlatmada ve bina kabuğu parametrelerinde yapılan belli iyileştirmeler sonucu bu yüzde bulunmuştur. Tasarımda, seçilenden daha büyük verimlilik değerlerine sahip parametreler kullanarak verimliliği %50 seviyesinden daha yukarı çıkarmak mümkündür fakat, tasarımın gerçekçi olması amacıyla, belli seviyede verimliliğe sahip parametreler kullanılmıştır. Ayrıca, fotovoltaik sistem tasarımı da yapıldığı için, şebekeden çekilecek elektrik miktarı da azalacaktır. Bu nedenle gerçek verim değeri daha fazla olacaktır. 748 m² alana sahip güneş panelleri kullanılarak elektrik üretimi simüle edilmiştir. Buna göre, fotovoltaik sistem ile ilgili veriler Çizelge 3.14’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.14 : Fotovoltaik sistem çıktıları.

Panel Alanı	748 m ²
Panel Verimliliği	%15
Üretilen Elektrik Enerjisi	167825.76 kWh
Üretilen Elektrik Yüzdesi	%15.16
Panel Kapasitesi	48 kW

Buna göre, fotovoltaik sistemin ürettiği enerji de hesaba katıldığında, yıllık şebekeden çekilen elektrik enerjisi 946208.13 kWh olurken toplam enerji verimliliği %38,53 olarak hesaplanmaktadır.

Saatte 1kW elektrik üreten solar sistemin maliyeti, işçilik ve inverter ile beraber yaklaşık olarak 2450 Euro’dur [23]. Buna göre sistemin toplam maliyeti 117.600 Euro yani yaklaşık olarak 352.800 TL seviyelerindedir. Elektriğin güncel kWh ücreti 31,38 Kuruştur. Buna göre, sistem yaklaşık 6,78 yılda kendini amorti edebilir. Bu oran tölere edilebilecek bir orandır.

Tasarlanan binanın tüketim ekipmanlarının enerji yoğunlukları yani metrekeare başına düşen güç değerleri Çizelge 3.15’de verilmiştir. Bu değerler toplam tüketim değerlerine göre hesaplanmıştır.

Çizelge 3.15 : Tasarlanan binadaki tüketim ekipmanlarının enerji yoğunlukları.

Yük Çeşidi	Enerji Yoğunluğu [kWh /m ²]
Aydınlatma	51,88
HVAC(Elektriksel)	17,38
HVAC(Doğalgaz)	8,01
Diğer(Ekipmanlar)	16,28
Toplam	85,54

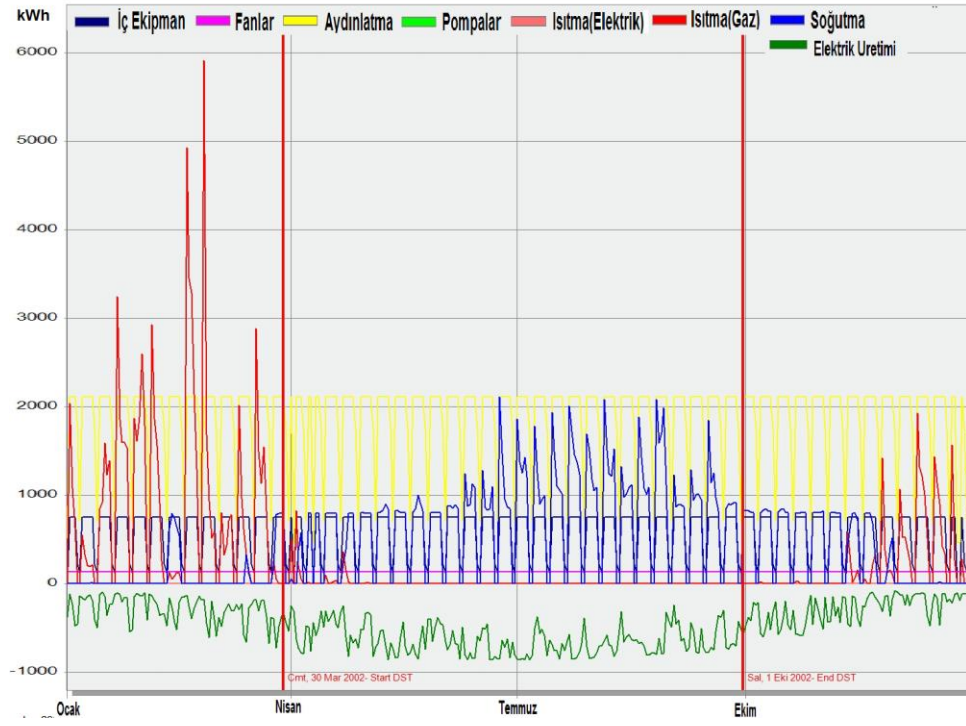
Çizelge 3.16 : Tasarlanan binanın pik yük talebi.

Yük Çeşidi	Harcanan Enerji Miktarı [W]
Isıtma (Doğalgaz)	1445708.00
Soğutma (Elektrik)	119728.18
İç Aydınlatma (Elektrik)	118761.07
İç Ekipman (Elektrik)	69382.54
Fanlar	5663.09
Pompalar	690.51
Isı Kazancı	-
Toplam Harcama (Elektrik)	314225.39
Toplam Harcama (Doğalgaz)	1445708.00

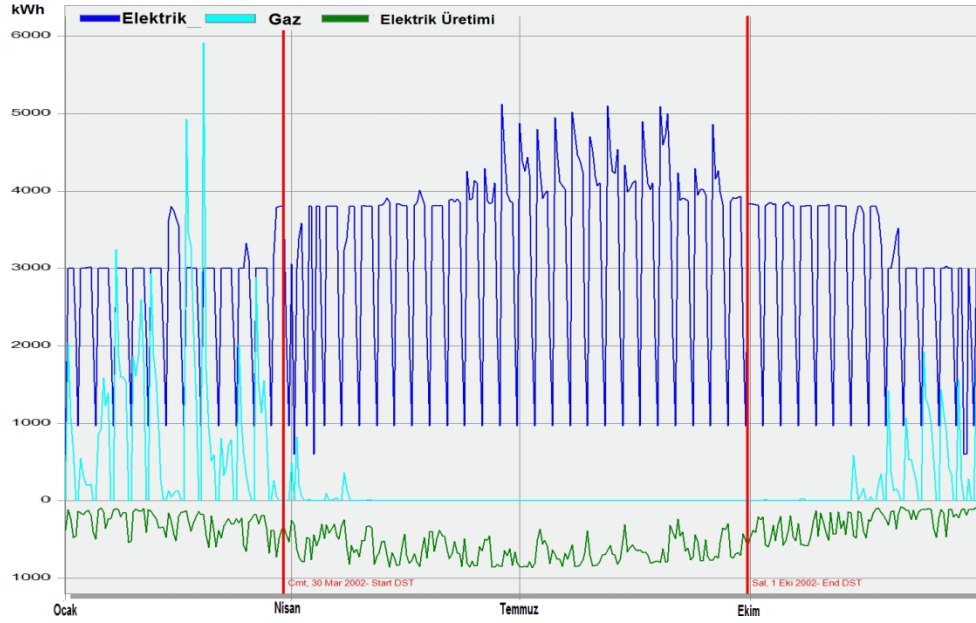
Çizelge 3.16’da tasarlanan binanın pik yük talebinin en fazla olduğu gündeki değerler gösterilmiştir.

Enerjideki pik yük talebi elektrik için 5 Ağustos saat 07:10, doğalgaz için 25 Şubat saat 06:30 olarak çıkmıştır.

Enerji tüketimi ile ilgili bazı grafikler program çıktısı olarak elde edilmiştir. Bunlardan ilki, yıllık enerjinin tüketiminin yüklere göre dağılımı verilmiştir. Şekil 3.12’de günlük tüketim değerleri görülebilir.



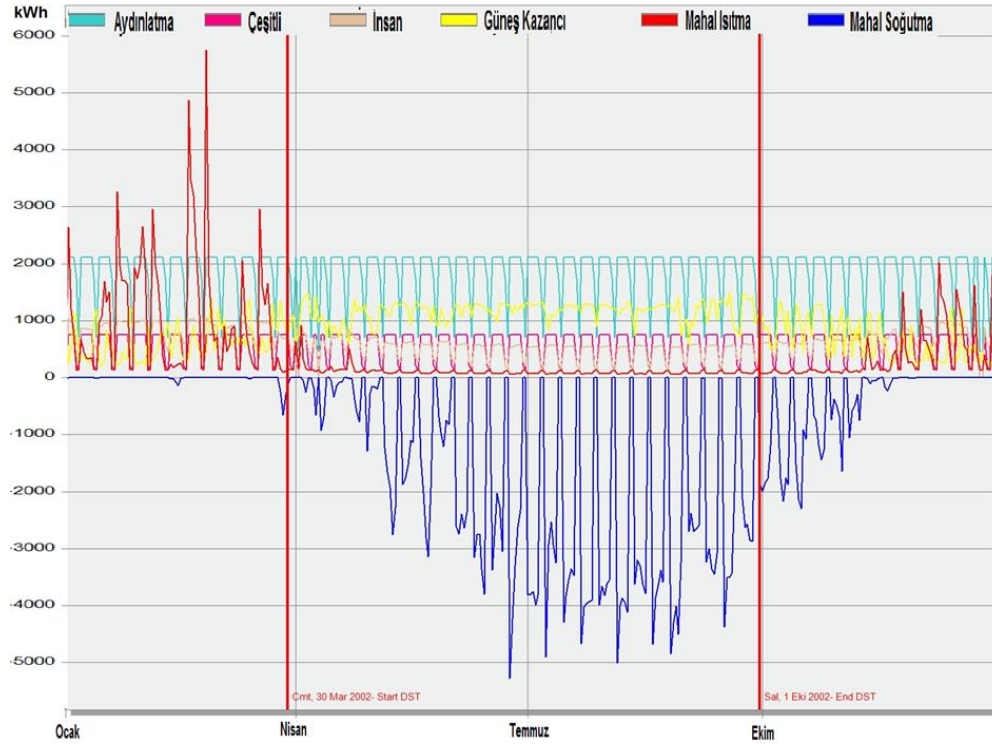
Şekil 3.12 : Tasarlanan bina yıllık enerji tüketiminin yüklerle göre dağılımı.



Şekil 3.13 : Tasarlanan bina yıllık elektrik ve doğalgaz tüketimi.

Şekil 3.13'de, günlük tüketim değerlerinin yıllık bazda gösterimi yer almaktadır. Bu değerlere göre, tıpkı baz binada olduğu gibi doğalgazın en fazla kış aylarında ısıtma için kullanıldığı görülmektedir. Elektrik kullanımı ise yine baz bina ile paralel bir şekilde, yaz aylarında daha fazla seviyelerde görülmektedir. Bunun nedeni, yazın elektrikle çalışan soğutma sistemlerinin devreye girmesi ve oteldeki insan

populasyonunun artmasıdır. Elde edilen bu grafikler, simülasyonun gerçeğe yakın oluşunun bir göstergesidir.

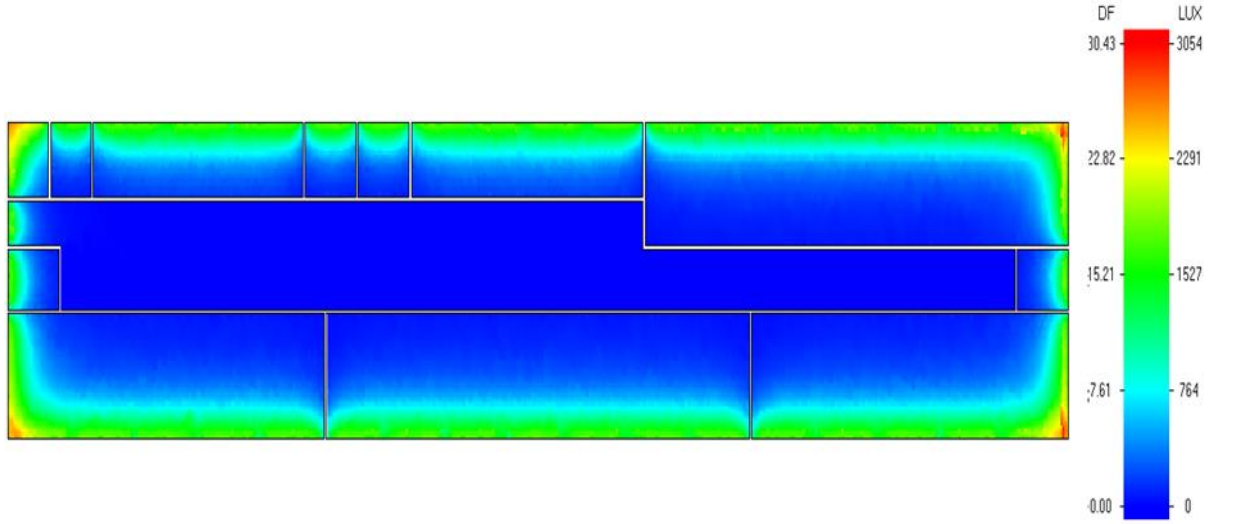


Şekil 3.14 : Yüklerden kaynaklı ısı kazançları.

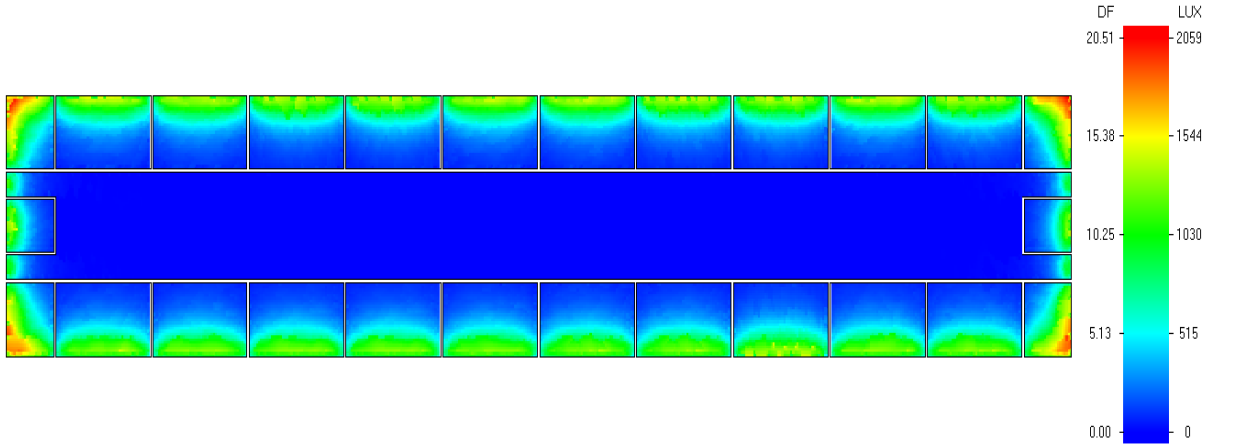
Şekil 3.14'de aydınlatma, insan, güneş, ısıtma ve diğer yüklerden kaynaklanan ısı kazançları gösterilmiştir.

3.5.2 Aydınlık düzeyi çıktıları

Otelin yerleşimi tasarlanacak bina ve baz bina için aynıdır. Tasarlanan binada pencere-duvar oranı %70 alınmıştır. Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da, tasarlanan bina için ilk kattaki ve diğer katlardaki aydınlık düzeyleri görülmektedir. Aydınlık düzeyi cam kenarı olarak görünen mekanlarda doğal olarak daha fazladır. Bu mahallerde gün ışığından en iyi şekilde faydalanmak mümkündür. Pencere-duvar oranının da büyük olması aydınlık düzeyini arttıran en önemli faktördür. Burada, aydınlatma ve ısıtma yükleri arasındaki optimum dengeyi yakalamak büyük önem taşımaktadır.



Şekil 3.15 : 1.kat günışığı aydınlık düzeyleri.



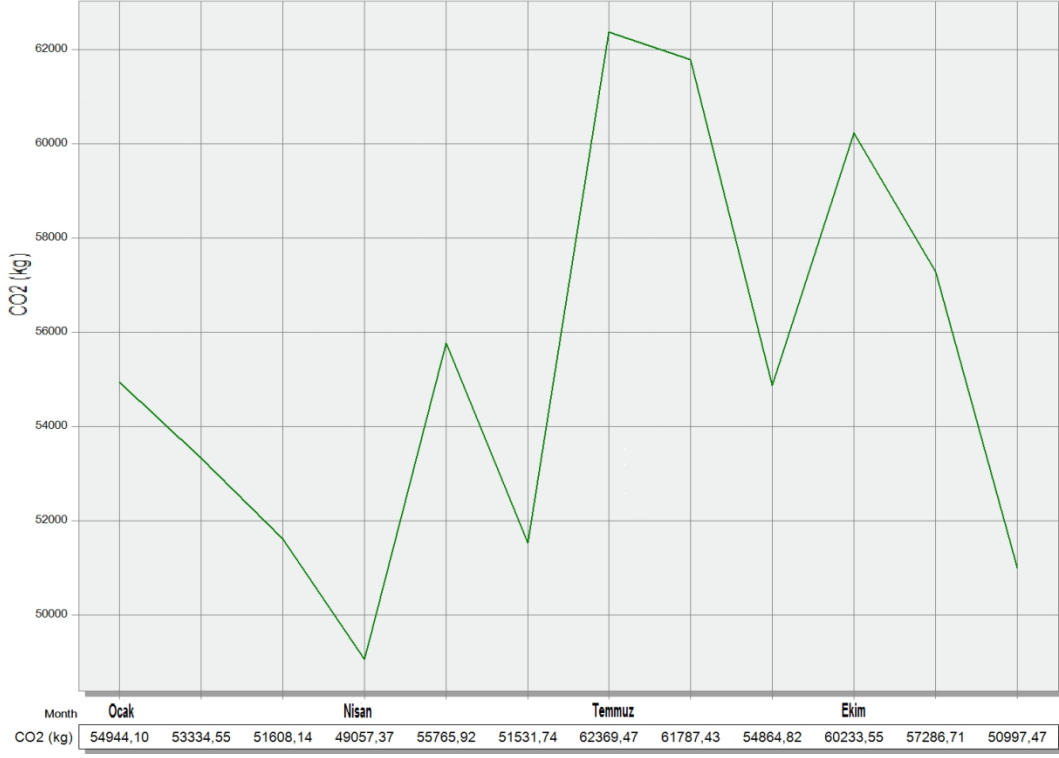
Şekil 3.16 : Diğer katlar günışığı aydınlık düzeyleri.

Aydınlık düzeylerinin, tasarlanan binada, camlara doğru daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bunun sebebi, %70 oranında kullanılan camlardır. Buna göre, tasarlanan binada gün ışığından daha fazla faydalanıldığı için aydınlatma yükleri de azalmıştır.

3.5.3 Sera gazı salınımı ile ilgili çıktılar

Simülasyonu yapılan binada, ısıtmada kullanılacak sıcak su eldesi için, doğalgaz kullanılmaktadır. Bu yüzden CO₂ salınımı gerçekleşmektedir. Ayrıca, mekanik cihazlarda kullanılan soğutucu ekipmanların da bu durumda etkisi vardır. Baz bina ile ilgili yıllık CO₂ emisyon grafiği aşağıdaki gibidir. En fazla salınımın yaz aylarında gerçekleştiği görülmektedir. Bina tarafından üretilen Karbondioksit

miktarının, baz binaya göre neredeyse yarı yarıya seviyelerde düştüğü gözlemlenmektedir. Aylık bazdaki CO₂ salınımı Şekil 3.17’de gösterildiği gibi gerçekleşecektir.



Şekil 3.17:Aylara göre CO₂ salınımı.

4. E-QUEST PROGRAMI İLE ENERJİ MODELLEMESİ

4.1 E-Quest Programı

E-Quest programı bina simülasyon programları arasında en fazla tercih edilen programlardan birisidir. Mühendisler, enerji kullanımını ve su kullanımını bu programla araştırabilirler [24]. Enerjiyi en az şekilde kullanabilecek şekilde binanın tasarımı bu program yardımıyla yapılabilir. Program yardımıyla, aynı bölgede baştan kurulacak bir otelde, ne kadar miktarda enerji verimliliği sağlanabileceği saptanabilecektir ve gerekli karşılaştırmalar yapılacaktır. Program kullanılırken öncelikli olarak, binanın tüm kısımları mimari olarak tanımlanır. Binanın kısımlarının kullanım alanları, cephe alanları, güneş ışığı alan ve almayan kısımları, binanın ısıtılan ve ısıtılmayan bölümleri girdi olarak tanımlanır. Sonrasında, binada kullanılacak yapı malzemeleri ve bunların çeşitli değerleri tanımlanır. Kullanılacak cam çeşitleri, duvar malzemeleri ve bunların ısı geçirgenlik katsayıları verilir. Bundan sonraki aşamada, binanın içinde en fazla elektrik tüketecek olan ısıtma-soğutma sistemleri, aydınlatma ekipmanları ve bunların kullanılacak çeşitli katsayıları belirlenir. Diğer önemli girdi ise, kurulacak binanın konumuna göre elde edilen aylık sıcaklık ortalamalarıdır.

Binadaki insan yükü de tanımlanarak, simülasyonun gerçekçiliği arttırılmaktadır.

Hesaplamalarda simülasyonun yapılacağı bölgeye ait meteorolojik verilerden oluşan bir meteorolojik veri dosyası kullanılmaktadır. Program, binanın hiçbir engel tarafından gölgelenmediğini varsaymakta, daha sonraki adımlarda binaya ait verilerin de belirtilmesiyle hesaplamaları bu doğrultuda yapmaktadır.

Günlük ortalama toplam ışıyım miktarları, hava sıcaklık ortalamaları, rüzgar hızı ve hava nemlilik oranları, bu meteorolojik veri dosyasının içinde yer almaktadır ve hesaplamalar bütün bu değerler hesaba katılarak gerçekleştirilmektedir. Bunların yanı sıra, opak kabuk bileşenin iç yüzey sıcaklığı, opak ve saydam kabuk bileşenlerindeki ısı kayıpları, saydam bileşen türlerine bağlı olarak, camın yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları programda hesaplanmaktadır.

Sonuçların genel bir bölümü grafikler şeklinde derlenirken, yapılan bütün hesaplamalar ve sonuçlar çıktı dosyasında görülebilmektedir.

Programda veriler Windows ortamında girilmektedir ve seçilen parametreler doğrultusunda yaklaşık 48 adımda tamamlanmaktadır. Binanın geometrik şekli, pencere oranları, kabuk detayları, varsa gölgeleme elemanı detayları, kullanıcı bilgileri, iklim kontrolünde kullanılan ısıtma, soğutma, havalandırma tipleri vb. gibibinayı tanımlayan bütün veriler sağlanmalıdır.

4.2 Baz Bina Enerji Modellemesi İçin Girdiler

4.2.1 İklimsel girdiler

Modellemesi yapılacak olan otelin konumuna ait İstanbul hava durumu dosyası programa girilmiştir. Bu dosya, Design Builder dosyasında kullanılan iklimsel veri dosyası ile benzer değerlere sahiptir.

4.2.2 Mimari girdiler

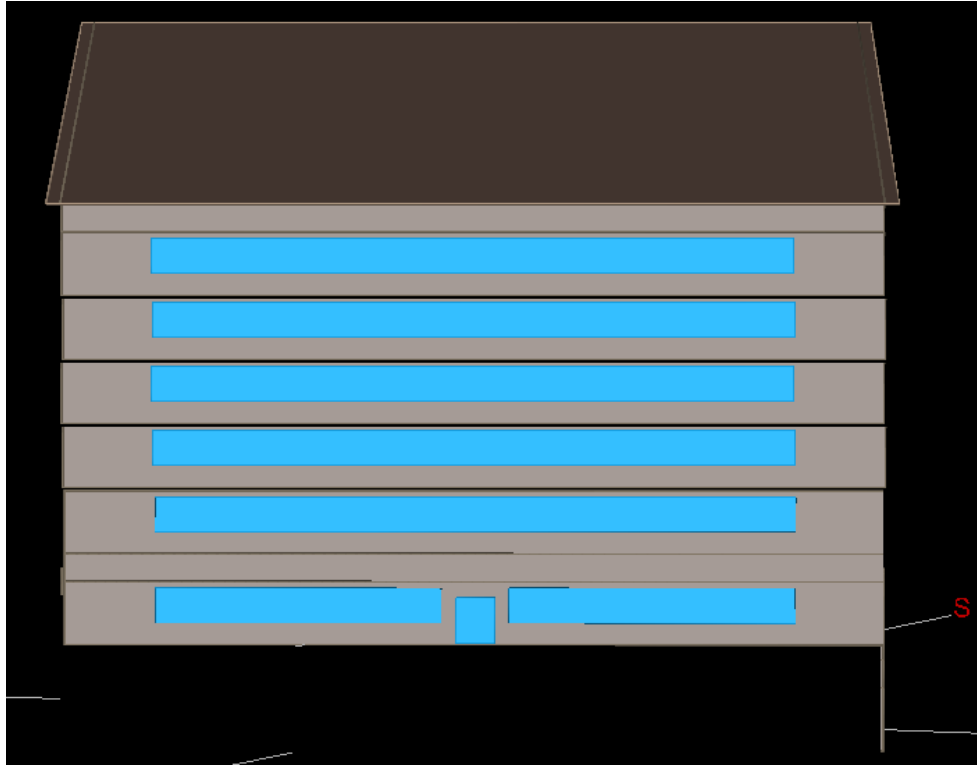
Bina Tipi: Bina tipi olarak otel seçilmiştir.

Bina Alanı: Bina alanı diğer simülasyon programında olduğu gibi toplam 12000 m² olarak girilmiştir. Kat sayısı da yine aynı şekilde 6 katlı olarak tasarlanmıştır.

Binadaki Opak Kısım: Simülasyonu yapılan binada toplam “ışık geçirmeyen malzeme” nin metrekare cinsinden ifadesidir. Yani binanın duvar kısmını oluşturan yapının ifadesidir. Baz binada, tasarım kriterlerine uygun olarak diğer simülasyonda da girilmiş olan %60 değeri alınmıştır.

Binadaki Saydam Kısım: Binada kullanılan toplam “ışık geçiren malzeme” nin ifadesidir. Binanın yapımında kullanılan cam miktarını belirtir. %40 olarak alınmıştır.

Oryantasyon: Binanın dış kısmının hangi yöne doğru olduğunu belirtir. Bu değer 180° olduğunda güneye doğru, 90° olduğunda doğuya doğru, 0° olduğunda kuzeye doğru, 270° olduğunda ise batıya doğrudur. Tüm yönleri bakan alanların metrekare miktarları programa tanımlanır. Kat genişlikleri 20 m. ve 100 m. olarak tasarlanan binanın 100 metrelik yüzeyi güneye bakacak şekilde konumlandırılmıştır. Şekil 4.1’de binanın E-Quest’te çizimi görülmektedir.



Şekil 4.1 : Simülasyonu yapılacak otel binası.

Isıl Geçirgenlik Katsayısı (U): Binanın yapımında kullanılacak duvarın ısıl geçirgenlik katsayısını belirtir. Birimi W/m^2K 'dir. Diğer simülasyon programıyla karşılaştırma yapabilmek için, Design Builder programında kullanılan değerle aynı değerler kullanılacaktır. Bu değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir:

Çizelge 4.1 : ASHRAE standartlarına göre ısıl geçirgenlik katsayıları.

Yapı	U değeri(W/m^2K)
Çatı	0,273
Dış Duvar	0,365
Kat Betonu	0,214
Toprak Üstü Döşeme	1,263
Pencere ve Çerçeve	2,27
Opak Kapılar	3,975

4.2.3 Elektriksel girdiler

E- Quest programında baz bina tasarımında aydınlatma güç yoğunluğu değerleri

ASHRAE standartlarına göre alınacaktır. Bu değerler Design Builder ve Energy Plus

programları ile yapılan simülasyonlarda kullanılan değerler ile aydınır. Önceki bölümde bu referans değerler verilmiştir.

Aydınlatma güç yoğunluğu değerlerinin yanı sıra, gün ışığından yararlanmak için çeşitli gün ışığı kontrolleri yapılmaktadır. İlerleyen bölümde gün ışığından en iyi seviyede yararlanacak şekilde tasarım yapılacaktır. Fakat baz bina için sadece aydınlatma güç yoğunluğu değerleri yer alacaktır.

4.2.4 Mekanik girdiler

Programda, otel içinde yer alan bütün mekanların kullanıldığı ve kullanılmadığı zamanları belirten kullanım oranları tanımlanmıştır. Buna göre mekanik sistemlerinin çalışma periyodu belirlenmiş olacaktır. Gerekli olan minimum hava akımı değerleri ve ısıtma-soğutma sistemleri için dizayn sıcaklıkları belirlenmiştir. Bu değerler, Design Builder programı ile ortak olarak girilmiştir. Isıtma- Soğutma sistemi olarak VAV sistemi seçilmiştir. Hava soğutmalı Chiller grubu kullanılmıştır ve verimlilik değeri 5.5 olarak alınmıştır. Soğutma kapasitesi, program tarafından otomatik olarak belirlenmektedir. Isıtma ve soğutma yapılacak alan yaklaşık olarak 11148 m² olacaktır.

Isı geri kazanımı sağlamak için soğutma kulesi kullanılmıştır. Chiller sisteminde kullanılan pompaların gücü 1000 L/s için 349 kW alınacaktır.

Isıtma sisteminde kullanılan kazanın verimi 0.89 olarak alınacaktır ve ısıtma kapasitesi program tarafından belirlenecektir.

4.3 Tasarlanan Bina Enerji Modellemesi İçin Girdiler

4.3.1 İklimsel girdiler

Bina tasarımında kullanılacak iklim verileri tamamen baz binanın tasarımında kullanılan verilerle aynıdır. Yani, baz bina tasarımında da kullanılan ve program için özel olarak tanımlanmış iklim verisi kullanılmıştır.

4.3.2 Mimari girdiler

Binanın şekli ve genel tasarımı baz bina ile ve Design Builder’da kullanılan modelle aynıdır. Cam oranı %70 olarak alınmıştır. Bununla beraber, simülasyon yapılırken diğer programda tasarlanan bina ile aynı olacak şekilde aşağıdaki U değerleri seçilmiştir. Çizelge 4.2’de tasarlanan bina için kullanılacak ısıl geçirgenlik katsayısı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Tasarlanan bina için U değerleri.

Yapı	U değeri(W/m ² K)
Çatı	0.241
Dış Duvar	0.303
Kat Betonu	0.214
Toprak Üstü Döşeme	1.034
Pencere ve Çerçeve	2.178
Opak Kapılar	3.975

4.3.3 Elektriksel girdiler

Bu bölümde E-Quest ve Energy Plus-Design Builder programlarında ortak olarak kullanılan bazı aydınlatma terimlerinin açıklaması yapılacaktır. Her iki programda da detaylı olarak tanımlanan aydınlatma parametreleri ve bunlarla ilgili büyüklükler bu bölümde yer almaktadır.

Toplam kullanılan alan: Binanın içinde ısıtması ve soğutması yapılacak toplam alanı, metrekare cinsinden belirtmektedir.

Isıtma Sıcaklığı: Binanın ısıtma yükünün hesaplanması için tanımlanan, ısıtma dönemindeki yani kış ve sonbahar aylarında binada sağlanacak sabit sıcaklık değerinin °C olarak değeridir.

Soğutma Sıcaklığı: Soğutma sezonunda yani yaz ve ilkbahar aylarında, binada soğutma yükünün tanımlanması için gerekli olan, sabit tutulması istenen sıcaklığın °C cinsinden değeridir.

Toplam Kurulu Aydınlatma Gücü: Binada toplam olarak bulunan aydınlatma ekipmanlarının Watt cinsinden kurulu gücüdür.

Gün Işığ $\ddot{\imath}$ Kullanım Miktarı (t_d) : Aydınlatma için gün ışığının kullanılabildeğ $\ddot{\imath}$ zaman miktarının bir yıllık olarak saat cinsinden ifadesidir. Bunu belirlemek için yaklaşık olarak bazı veriler kullanılır.

Gün Işığ $\ddot{\imath}$ Kullanılamayan Zaman Miktarı (t_n) : Aydınlatma için gün ışığının kullanılamadığ $\ddot{\imath}$ ve binanın işletmede olduğu zaman dilimini belirtmek için kullanılır.

Çizelge 4.3’de binaların işletme durumunda gün ışığ $\ddot{\imath}$ ndan yararlanabildikleri ve yararlanamadıkları sreler verilmiştir:

Çizelge 4.3: Binalar için tanımlanan yıllık işletme süresi [25].

Bina Cinsi	Tanımlanan İşletme Süreleri(Saat Cinsinden)		
	t_d	t_n	t_{total}
Ofisler	2250	250	2500
Eğitim Binaları	1800	200	2000
Hastaneler	3000	2000	5000
Oteller	3000	2000	5000
Restaurantlar	1250	1250	2500
Spor Sahaları	2000	2000	4000
Fabrikalar	2500	1500	4000

Gün Işığ $\ddot{\imath}$ Bağımlılık Faktörü (F_D): Aydınlatma cihazlarının kullandığı enerjiyi azaltan kontrol sistemlerinin kullanımı sonucu, enerji tüketiminin ne kadar azaltılabileceğ $\ddot{\imath}$ ni belirten katsayıdır. Binada, dimmer devresi kullanılarak aydınlatmada verimlilik elde edilecektir.

Dimmer devresi kullanıldığında, lambaların ışıık şiddeti gün ışığının durumuna göre ayarlanacaktır. Gün ışığ $\ddot{\imath}$ bağımlılık faktörü, dimmer kullanılmayan binalarda 1, kullanılan durumlarda ise 0.9 olarak alınır.

Doluluk Oranı Bağımlılık Faktörü (F_o): Otelin doluluk oranına göre belirlenen, aydınlatma tüketiminin bulunmasında kullanılan katsayıdır. Otellerde bu oran yaklaşık olarak 0.6 olarak alınır. Fakat, simülasyonu yapılacak otel kışın da etkin bir şekilde kullanıldığ $\ddot{\imath}$ için bu oran 0.8 olarak alınacaktır.

Aydınlatma Cihazlarının Yayıdğı Isı Enerjisi Faktörü: Bu büyüklük, aydınlatma cihazlarından kaynaklı oluşan ısı enerjisini ve soğutma elemanlarının bu yüzden ne kadar fazla soğutma yapacağ $\ddot{\imath}$ ni belirtir. Bu katsayının 0 olma durumu, soğutma

sistemlerinin aydınlatma kaynaklı bütün ısıyı soğutması anlamına gelirken, 1 olması durumu, bu durumun soğutma yüküne yansımadığını belirtir.

Bu büyüklük aşağıdaki formül yardımıyla bulunabilir:

$$\Phi_{I,LI} = f_{e,r,LI} \cdot P_{LI} \quad (4.1)$$

$\Phi_{I,LI}$: Aydınlatma cihazlarının yaydığı ısı enerjisi faktörü

$f_{e,r,LI}$: Soğutma cihazları tarafından soğutması yapılmayan enerjinin tüketim sabiti

P_{LI} = Hesaplama yapılan periyottaki aydınlatma cihazlarının ortalama gücü

$$P_{LI} = (1 + d_{LI,n}) \cdot W_{light} \cdot C \quad (4.2)$$

$d_{LI,n}$ = Enerji tüketiminin yıllık tüketimdeki değişimini belirten sabit

W_{light} = Aydınlatma için tüketilen yıllık enerji miktarı (kWh/yıl cinsinden)

$c = 3.6 / \sum t$ kWh/yıl birimini Watt birimine çeviren sabittir. t süresi, hesaplanan süre içindeki ay sayısıdır.

Aydınlatma için tüketilen yıllık enerji miktarı ise Denklem 5.3 ile hesaplanabilir:

$$W_{light} = 6A_{gross} + \frac{t_u \sum P_n}{1000} \quad (4.3)$$

A_{gross} : Aydınlatılacak toplam alan

t_u : Aydınlatma cihazlarının bir yıl içinde kullanım süresi (saat cinsinden)

P_n : Toplam aydınlatma kurulu gücü

Aydınlatma cihazlarının bir yıl içindeki toplam kullanım süresi aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$t_u = t_D \cdot F_D \cdot F_o + t_N \cdot F_o \quad (4.4)$$

t_D ve t_N değerleri Çizelge 4.3'den elde edilebilir. Diğer değerlerin de seçim kriterleri açıklanmıştır [25].

Acil Aydınlatma: Bu tanımlama, simülasyonu yapılacak binada günün 24 saatinde yapılan aydınlatmayı belirtir.

Çizelge 4.4'de aydınlatma ile ilgili programlara tanımlanan girdiler verilmiştir.

Çizelge 4.4: Aydınlatma ile ilgili tanımlanan girdiler.

Büyüklikler		Aydınlatma Büyüklikleri	
Toplam Alan	12.000 m ²	Toplam Aydınlatma Gücü	20 kW
		Gün Işığı Kullanım Miktarı	3000 saat
Isıtma Sıcaklığı	20°C	Gün Işığı Kullanılmayan Zaman Miktarı	2000 saat
		Gün Işığı Bağımlılık Faktörü	0.9
Soğutma Sıcaklığı	26 °C	Doluluk Oranı Bağımlılık Faktörü	0.8
		Aydınlatma Cihazlarının Yayıdığı Isı Enerjisi	0.8
		İnsan Kaynaklı Isı Üretimi	6.67

İnsan Kaynaklı Isı Üretimi: Otelde bulunan insanlardan kaynaklı açığa çıkan ısı miktarı, ısıtma yükünün belirlenmesinde etkili rol oynar. Otelde insanların yoğun olarak bulunduğu dönemlerde, ısı üretimi de fazla olacağı için, ısıtma ekipmanları daha az ısı üretecektir. Birimi W/m² dir. Bu değer yıl içindeki maksimum değeri ifade eder.

Bu parametrelerin yanı sıra aydınlatma güç yoğunluğu değerleri, ilk programda girilen değerlerle aynı girilmiştir.

4.3.4 Mekanik girdiler

Tasarlanan binada, diğer programdaki tasarlanan bina ile paralel olarak Fan-Coil sistemi kullanılmıştır yani ısıtılan ve soğutulan havanın dağıtımında Fan Coil iç üniteleri kullanılmıştır. Soğutma sisteminde kullanılan Chiller grubu hava soğutmalıdır ve ısıtma sistemi olarak, sıcak su sağlayan kazan kullanılmıştır. Tasarlanan binada 1 adet Chiller kullanılmıştır. Bu Chiller'ın COP değeri 6 olarak alınmıştır. Soğutma kapasitesi, program tarafından otomatik olarak belirlenmektedir. Isıtma ve soğutma yapılacak alan yaklaşık olarak baz binada olduğu gibi 11148 m² olacaktır.

Chiller sisteminde kullanılan pompaların anma gücü 1365 W alınacaktır.

Isıtma sisteminde kullanılan kazanın verimi 0.92 olarak alınacaktır ve ısıtma kapasitesi program tarafından belirlenecektir.

Bütün bu bilgiler Design Builder programı ile ortak olarak tanımlanmıştır.

4.4 Baz Bina Enerji Modellemesi Çıktıları

4.4.1 Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

E-Quest programı ile yapılan enerji modellemesi sonucunda otelin tüketimine ilişkin veriler elde edilmiştir. Baz binanın tükettiği toplam enerji miktarı ve grafikleri bu bölümde yer almaktadır.

Çizelge 4.5’de simülasyon sonucu baz binanın tüketmesi öngörülen enerjinin toplam miktarı ve metrekare başına harcanan enerji görülmektedir.

Baz binanın tüketim değerleri Energy Plus programında elde edilen değerlere göre yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.5: Baz binanın tükettiği toplam enerji miktarı.

Toplam Harcanan Enerji [kWh]	m ² Başına Harcanan Enerji [kWh /m ²]
1857043	154.75

Baz binanın tükettiği elektrik ve doğalgaz enerjisinin hangi yükler tarafından gerçekleştiğini gösteren Çizelge 4.6 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.6: Baz binadaki yüklerin yıllık tükettiği enerjinin dağılımı.

Yük Çeşidi	Harcanan Enerji Miktarı [kWh]
Isıtma (Doğalgaz)	284278
Soğutma (Elektrik)	441842
İç Aydınlatma (Elektrik)	546243
İç Ekipman (Elektrik)	203825
Fanlar	121572
Pompalar	229512
Toplam Harcama (Elektrik)	1572734
Toplam Harcama (Doğalgaz)	284278

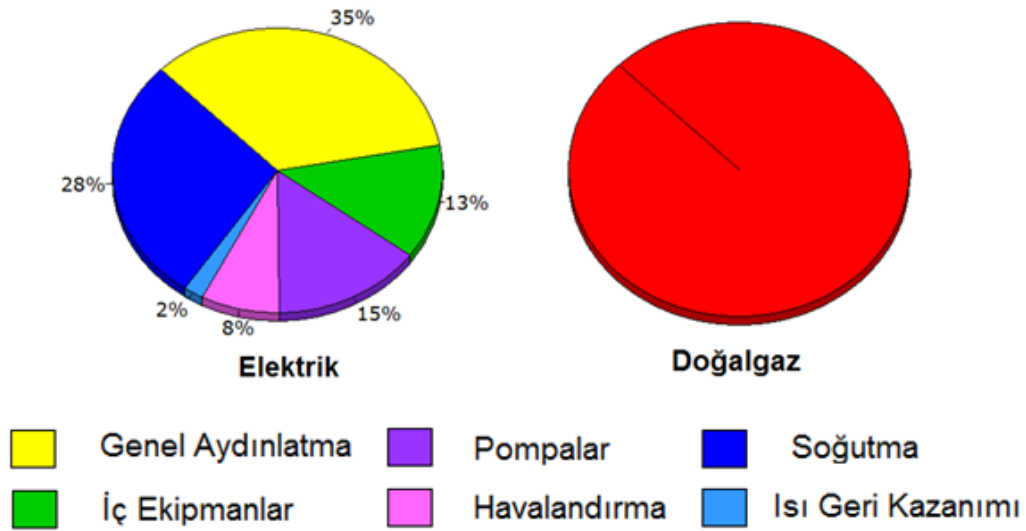
Baz binada harcanan enerji miktarlarının kısımlarının da bir kısmı diğer programa göre daha fazlayken bazılarında daha düşük seviyededir. Çizelgelerden de anlaşılacağı gibi, binanın yıllık olarak tükettiği enerji 1857043 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu değerin 1572734 kWh'lık kısmı elektrik enerjisi iken, 284.278 kWh'lık kısmı doğalgaz enerjisidir. Harcanan elektriğin önemli bir bölümü aydınlatma ve mekanik ekipmanlar için kullanılmıştır. Buna göre, yeni tasarlanacak binada en fazla aydınlatma ve mekanik ekipman yüklerine dikkat edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Baz binada, tüketilen enerjinin metrekare başına düşen miktarları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Baz binadaki tüketim ekipmanlarının enerji yoğunlukları.

Yük Çeşidi	Enerji Yoğunluğu [kWh /m ²]
Aydınlatma	45.52
HVAC(Elektriksel)	46.95
HVAC(Doğalgaz)	23.68
Diğer(Ekipmanlar)	38.6
Toplam	154.75

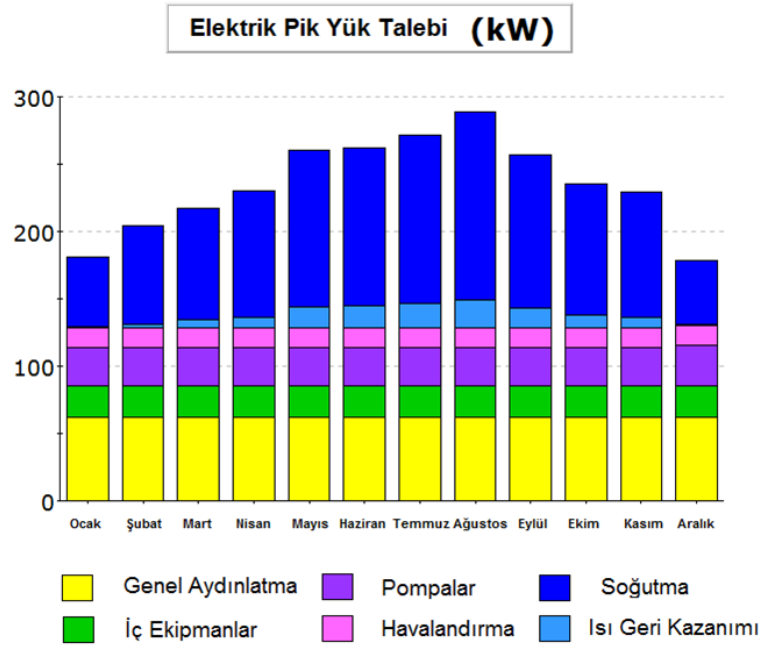
Elektrik ve doğalgaz enerjisi kullanan yüklerin pik talebini gösteren Şekil 4.2 aşağıda paylaşılmıştır.



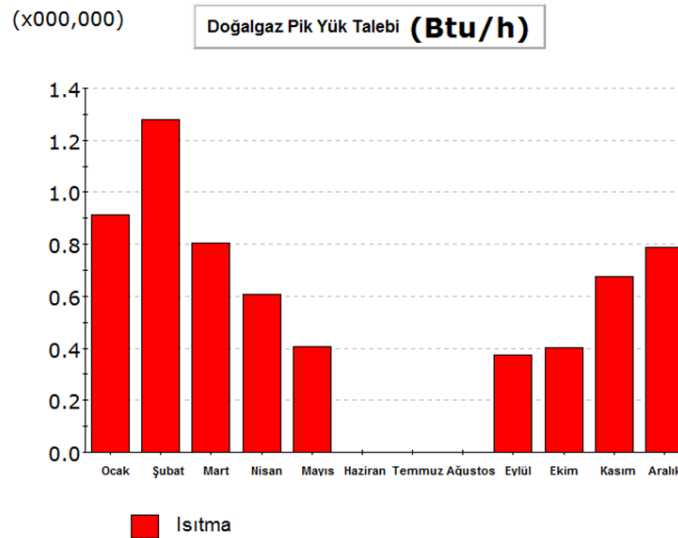
Şekil 4.2 : Baz bina pik yük talep dağılımı.

Tabloda da görüldüğü üzere, baz binanın pik yük talebinin en fazla olduğu günde, elektrik enerjisi için en fazla aydınlatma yükü yer tutmaktadır. Pik yük talebi sonbahar mevsimindeki bir gün için öğle saatlerinde hesaplanmıştır. Bu yüzden soğutma yükü de aydınlatmadan sonra en önemli yer tutan yük çeşidi olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de elektrik ve doğalgaz pik yük talebinin aylara göre değişimi görülmektedir.



Şekil 4.3 : Elektrik pik yük talebinin aylık bazda dağılımı.



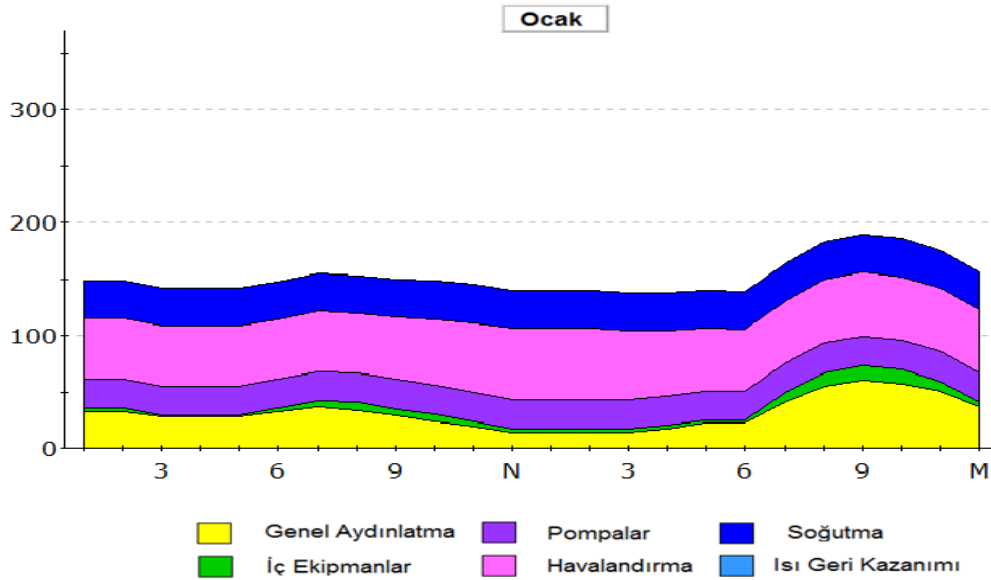
Şekil 4.4 : Doğalgaz pik yük talebinin aylık bazda dağılımı.

Baz binaya ait pik yük talebini gösteren Çizelge 4.8 aşağıdaki gibidir.

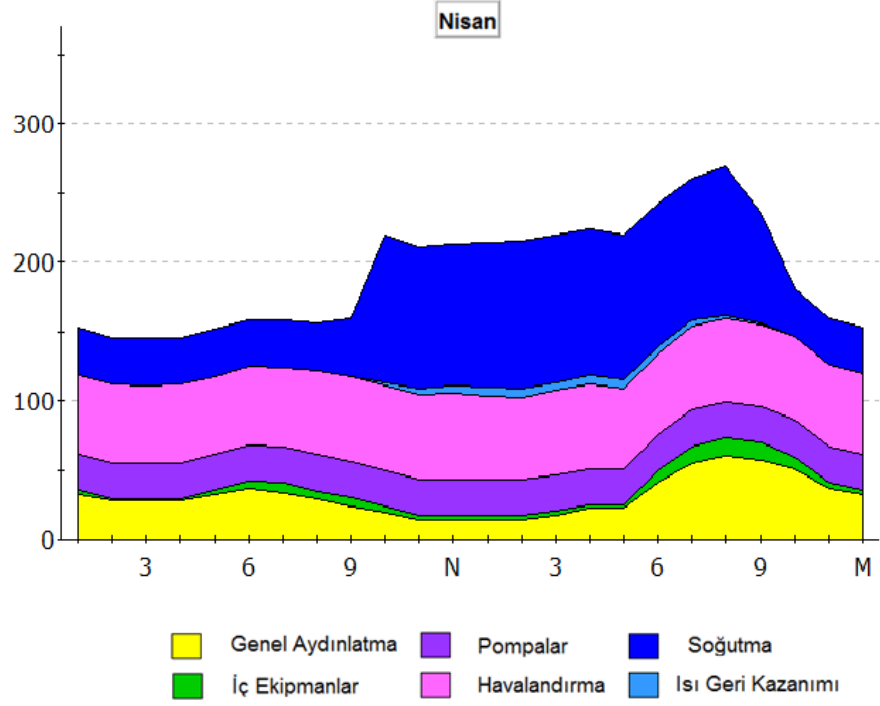
Çizelge 4.8 : Baz binanın yük çeşitlerine göre pik yük talebi.

Yük Çeşidi	Güç Miktarı [kW]
Isıtma (Doğalgaz)	375.13
Soğutma (Elektrik)	140.02
İç Aydınlatma (Elektrik)	62.36
İç Ekipman (Elektrik)	23.26
Fanlar	15.13
Pompalar	27.93
Toplam Harcama (Elektrik)	289.19
Toplam Harcama (Doğalgaz)	375.13

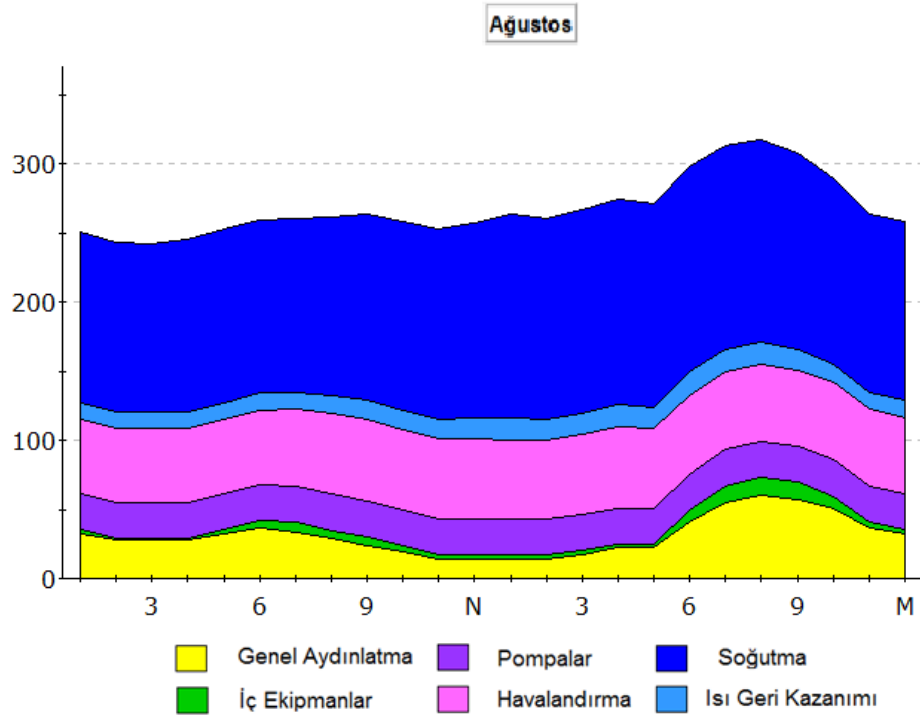
Aylık bazda elektrik tüketiminin en fazla olduğu günlerde yük profilini gösteren grafikler de simülasyon sonucunda elde edilmiştir. Dört mevsimdeki karakteristikleri gözlemek için Ocak, Nisan, Ağustos ve Kasım aylarında günlük elektrik tüketiminin en fazla olduğu günlerde yük dağılımlarını gösteren grafikler verilmiştir.



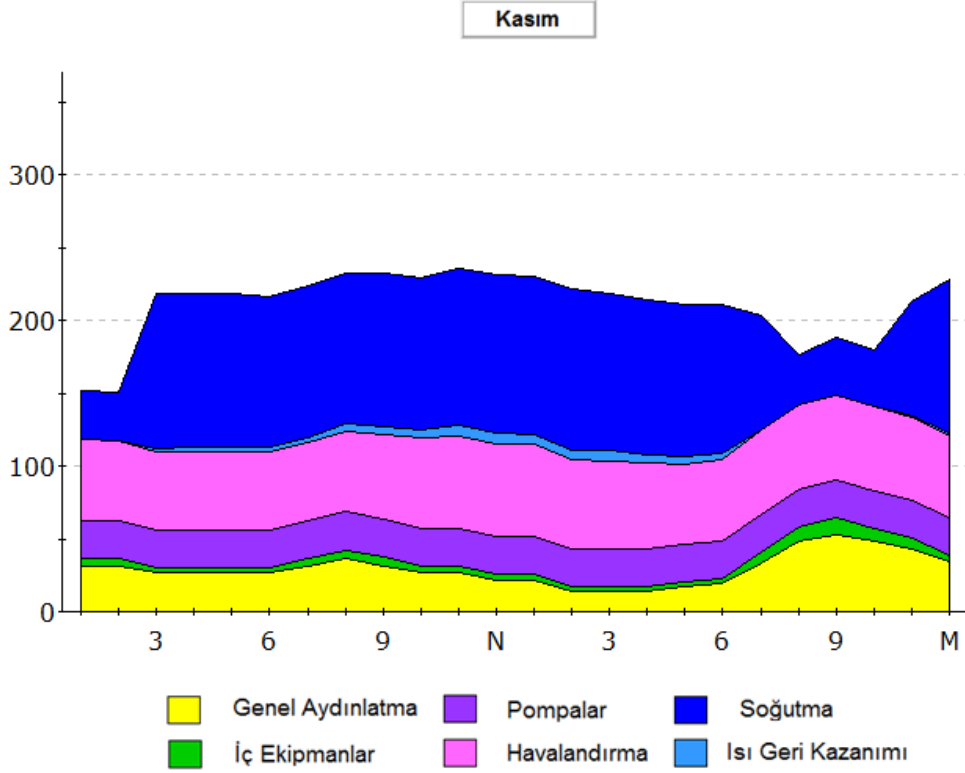
Şekil 4.5 : Baz bina Ocak ayında yük talebinin en fazla olduğu gün yük profili.



Şekil 4.6 : Baz bina Nisan ayında yük talebinin en fazla olduğu gün yük profili.



Şekil 4.7 : Baz bina Ağustos ayında yük talebinin maksimum gün yük profili.



Şekil 4.8 : Baz bina Kasım ayında yük talebinin en fazla olduğu gün yük profili.

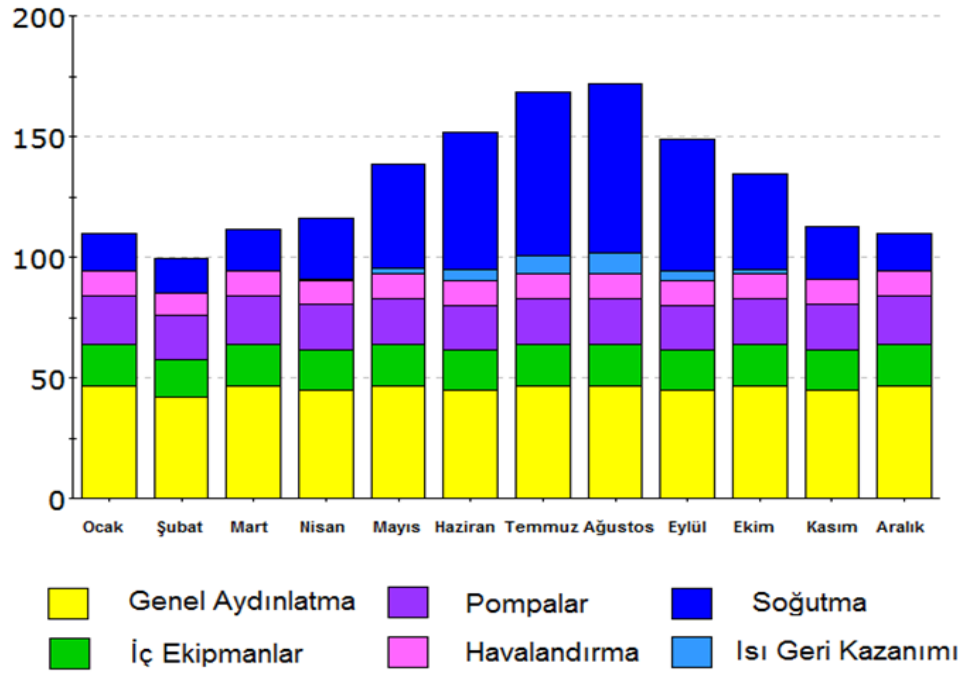
Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de verilen günlük bazdaki pik yük dağılımları incelendiğinde, aydınlatma yükünün mevsimsel bazda çok fazla değişmediği görülmektedir. İç ekipman, havalandırma ve pompa ekipmanları da değişiklik göstermemektedir. Soğutma yükünde ise, hava sıcaklığına bağlı olarak mevsimsel bazda önemli değişimler gözlemlenmektedir. Gün içindeki değişimler ise oteldeki insan yoğunluğuna ve hava sıcaklığına göre değişmektedir.

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’da yıllık bazda tüketim değerlerinin gösterimi yer almaktadır. Doğalgaz tüketimi sadece ısıtma için yapıldığı için, doğalgaz kullanımı tek yük çeşidi için oluşturulmuştur. Bu değerlere göre, doğalgazın en fazla kış aylarında ısıtma için kullanıldığı görülmektedir. Elektrik kullanımı ise, yaz aylarında daha fazla seviyelerde görünmektedir. Bunun nedeni, yazın elektrikle çalışan soğutma sistemlerinin devreye girmesi ve oteldeki insan popülasyonunun artmasıdır.

(x000)

Elektrik Tüketimi

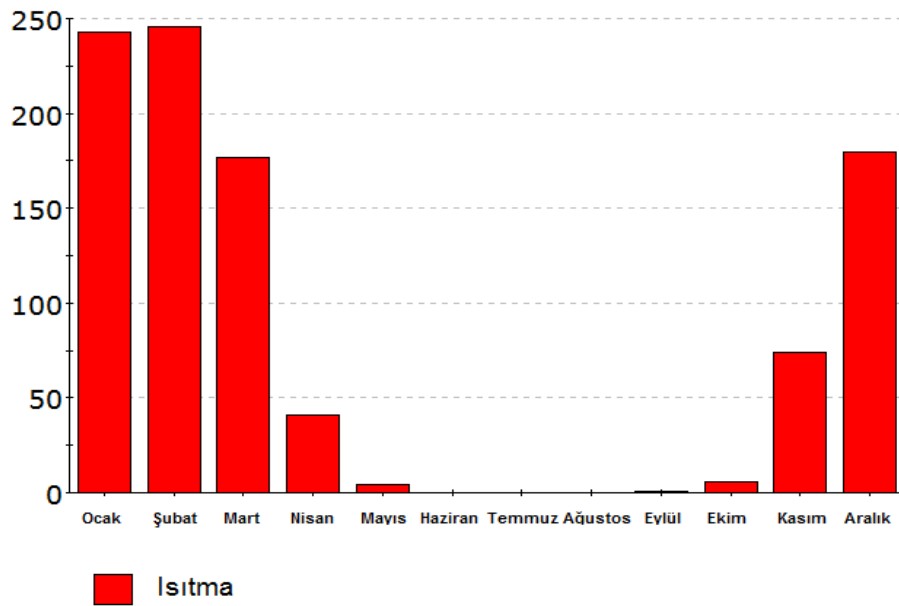
(kWh)



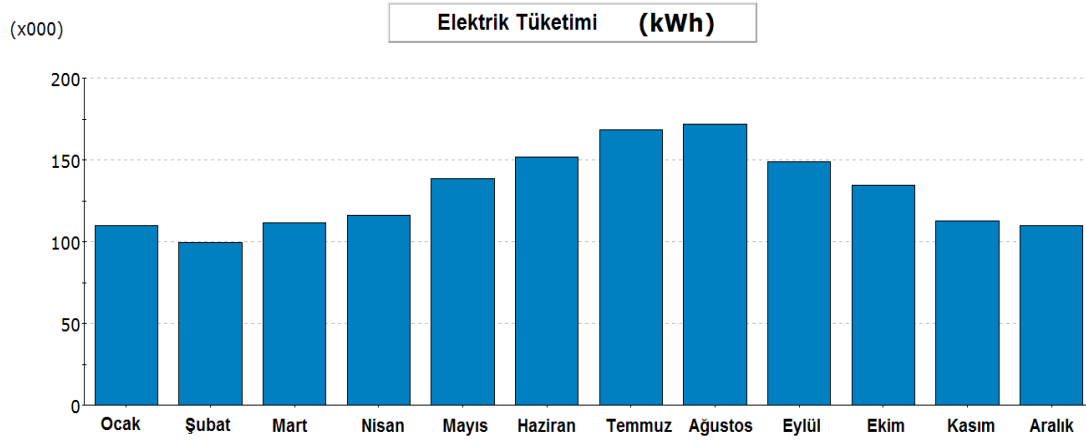
Şekil 4.9 : Baz bina yıllık elektrik tüketiminin yüklere göre dağılımı.

(x000,000)

Doğalgaz Tüketimi (Btu)



Şekil 4.10 : Baz bina yıllık doğalgaz tüketiminin yüklere göre dağılımı.



Şekil 4.11 : Baz bina tüketiminin aylara göre dağılımı.

Otelin elektrik tüketiminin dağılımı Şekil 4.11’de görülmektedir. Aylık bazda değişen tüketim değerleri yaklaşık olarak 100 kWh ile 175 kWh değerleri arasında değişmektedir.

4.5 Tasarlanan Bina Enerji Modellemesi Çıktıları

4.5.1 Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

Tasarlanan binanın tükettiği toplam enerji miktarı ve grafikleri bu bölümde yer almaktadır. Çizelge 4.9’da tasarlanan binanın tükettiği toplam enerji miktarı görülmektedir.

Çizelge 4.9: Tasarlanan binanın tükettiği toplam enerji miktarı.

Toplam Harcanan Enerji [kWh]	m ² Başına Harcanan Enerji [kWh /m ²]
1365924	113.82

Elde edilen tüketim verileri incelendiğinde, toplamda önemli derecede verimlilik elde edildiği görülmektedir.

Tasarlanan binanın tükettiği elektrik ve doğalgaz enerjisinin hangi yükler tarafından gerçekleştiğini gösteren Çizelge 4.10 aşağıda verilmiştir.

Çizelgede en çok enerji tüketen yükün iç aydınlatma armatürleri olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.10: Tasarlanan binadaki yüklerin yıllık tükettiği enerjinin dağılımı.

Yük Çeşidi	Harcanan Enerji Miktarı [kWh]
Isıtma (Doğalgaz)	151224
Soğutma (Elektrik)	327621
İç Aydınlatma (Elektrik)	441334
İç Ekipman (Elektrik)	203825
Fanlar	75485
Pompalar	142328
Toplam Harcama (Elektrik)	1214739
Toplam Harcama (Doğalgaz)	151224

Çizelge 4.11: Yük çeşitlerine göre verimlilik değerleri.

Yük Çeşidi	Verimlilik [kWh]	Verimlilik (%)
Isıtma (Doğalgaz)	133054	%46.8
Soğutma (Elektrik)	114221	%25.8
İç Aydınlatma (Elektrik)	104909	%19.2
Fanlar	46087	%37.9
Pompalar	87184	%37.9
Toplam Harcama (Elektrik)	357995	%22.76
Toplam Harcama (Doğalgaz)	133054	%46.8
Toplam (Elektrik+Doğalgaz)	491049	%26.44

Çizelge 4.11’de baz bina tüketim değerleri ile tasarlanan binanın tüketim değerleri birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Çizelgelerden anlaşılacağı gibi, binanın yıllık olarak tükettiği enerji 1365924 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu değer 1214739 kWh’lik kısmı elektrik enerjisi iken, 151224 kWh’lik kısmı doğalgaz enerjisidir. Harcanan elektriğin önemli bir bölümü aydınlatma ve mekanik ekipmanlar için kullanılmıştır.

Bina tasarımında, mekanik sistemlerde ve aydınlatmada yapılan iyileştirmeler sonucu binada enerji tüketen bütün yüklerde önemli seviyelerde verimlilik değerleri yakalanmıştır. Yüzde olarak en dikkat çekici verimlilik ısıtma sisteminde elde edilmiştir. Isıtma sistemindeki bu değişimin en önemli sebebi, binanın dış kabuğunda yapılan iyileştirmelerdir. Isıl geçirgenlik katsayısı düşük olan duvar malzemesi ve

hem ısııl geçirgenlik katsayısı düşük olan hem de gün ışığı geçirgenliği yüksek olan cam seçimi ısıtma yükünü azaltmıştır. Duvar ve cam için seçilen değerler günümüzde piyasada yakalanabilen değerlerdir ve birçok gerçek projede bu tür malzemeler tercih edilmektedir. Aydınlatma armatrlerinin ısıtma yüküne olan katkısı azalmasına rağmen, doğalgaz kullanıma yarıya yakın bir miktarda azalmıştır.

Projede kullanılan fanların ve pompaların verimlilik değerleri bir üst seviyeye çekilmiştir. Özellikle büyük güçlü pompa motorlarında verimlilik değerleri IE2 standardına göre seçilmiştir. Bu sayede pompa ve fanlarda önemli derecelerde verimlilik elde edilmiştir.

Soğutma sistemindeki azalmanın en önemli sebebi yine ısıtmada olduğu gibi bina dış kabuğunun iyileştirilmesidir. Isıl geçirgenlik katsayısı yüksek olan malzemelerle ısı kaçışı azaldığı için binanın soğutma ihtiyaı azalmıştır. Soğutmadaki verimlilik değerinin ısıtmadakine göre düşük kalmasının nedeni ise, seçilen camların gün ışığı geçirgenlik değerinin baz binaya göre artmış olmasıdır. Camın bu değerinin arttırılmasının en önemli nedeni, aydınlatma ve ısıtmada olmak üzere iki yük bazında da verimlilik sağılmasıdır. Eğer, bu değer daha düşük seçilseydi bu durumda soğutma yükü daha da azalacaktı ama aydınlatma ve ısıtmada elde edilen bu verimlilik değeri elde edilemeyecekti [26].

Aydınlatma armatr seçimlerinde düşük güç harcayan materyaller seçilmiştir. Ayrıca, ortak mahallere tanımlanan hareket sensörü sayesinde aydınlatmada da hedeflenen verimlilik değerine ulaşılmıştır [27].

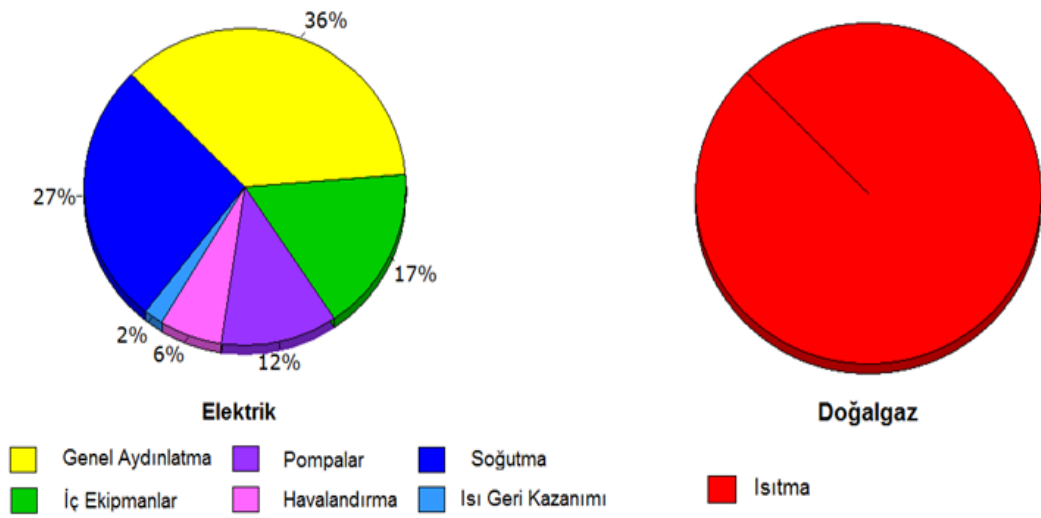
Tabloda görüldüğü üzere toplam enerji verimliliği baz binaya göre %26.44 olarak elde edilmiştir. Bu değer elektrik tüketiminde %22.76 seviyesindeyken, doğalgazda %46.8 mertebesindedir. Tasarımda, seçilenden daha büyük verimlilik değerlerine sahip parametreler kullanarak verimliliği çok daha yukarı çıkarmak mümkündür fakat, tasarımın gerçekçi olması amacıyla, optimum olarak belli seviyede verimliliğe sahip parametreler kullanılmıştır.

Tasarlanan binada, tüketilen enerjinin metrekare başına düşen miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Tasarlanan binadaki tüketim ekipmanlarının enerji yoğunlukları.

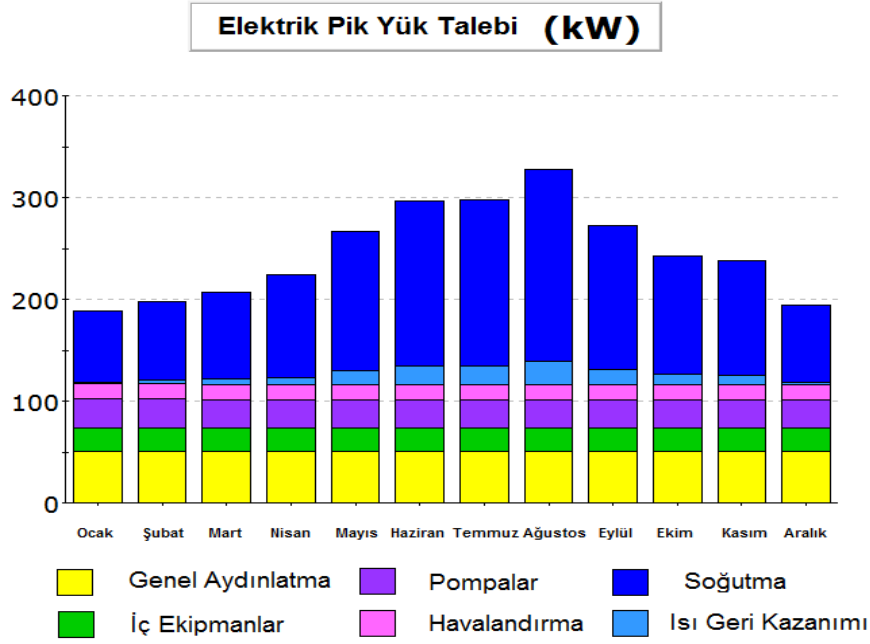
Yük Çeşidi	Enerji Yoğunluğu [kWh /m ²]
Aydınlatma	36.77
HVAC(Elektriksel)	33.59
HVAC(Doğalgaz)	12.6
Diğer(Ekipmanlar)	30.86
Toplam	113.82

Elektrik ve doğalgaz enerjisi kullanan yüklerin pik talebini gösteren Şekil 4.12 aşağıda yer almaktadır.

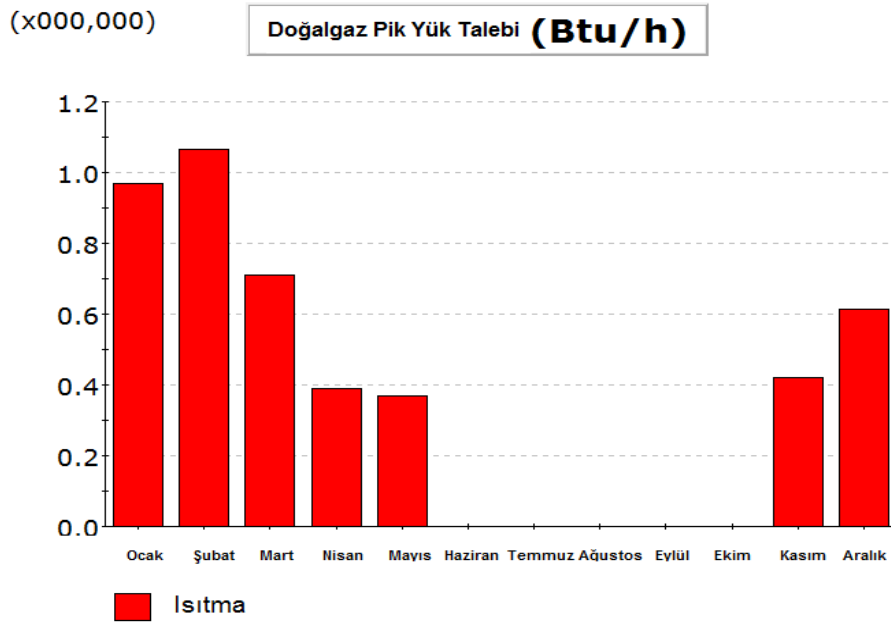


Şekil 4.12 : Tasarlanan bina pik yük talep dağılımı.

Tasarlanan binanın pik yük talebinin en fazla olduğu günde, elektrik enerjisi için en fazla aydınlatma yükü yer tutmaktadır. Pik yük talebi, tıpkı baz binada olduğu gibi sonbahar mevsimindeki bir gün için öğle saatlerinde hesaplanmıştır. Bu yüzden soğutma yükü de aydınlatmadan sonra en önemli yer tutan yük çeşidi olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.13 : Tasarlanan bina elektrik pik yük talebinin aylık bazda dağılımı.



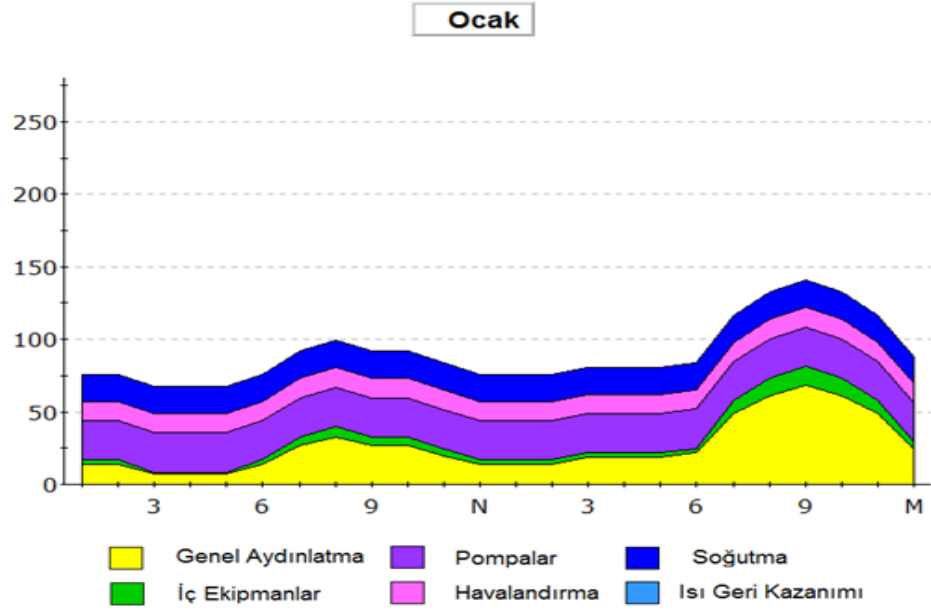
Şekil 4.14 : Tasarlanan bina doğalgaz pik yük talebinin aylık bazda dağılımı.

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de elektrik ve doğalgaz pik yük talebinin aylara göre değişimi görülmektedir.

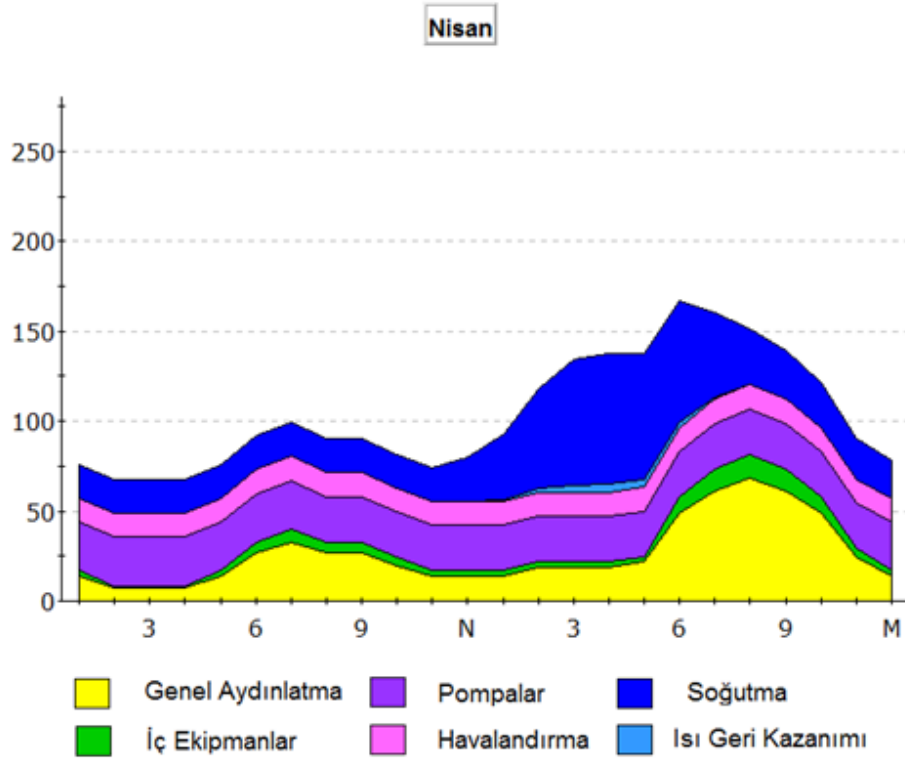
Çizelge 4.13’de ise tasarlanan binanın yük çeşitlerine göre pik yük talebi gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 : Tasarlanan binanın yük çeşitlerine göre pik yük talebi.

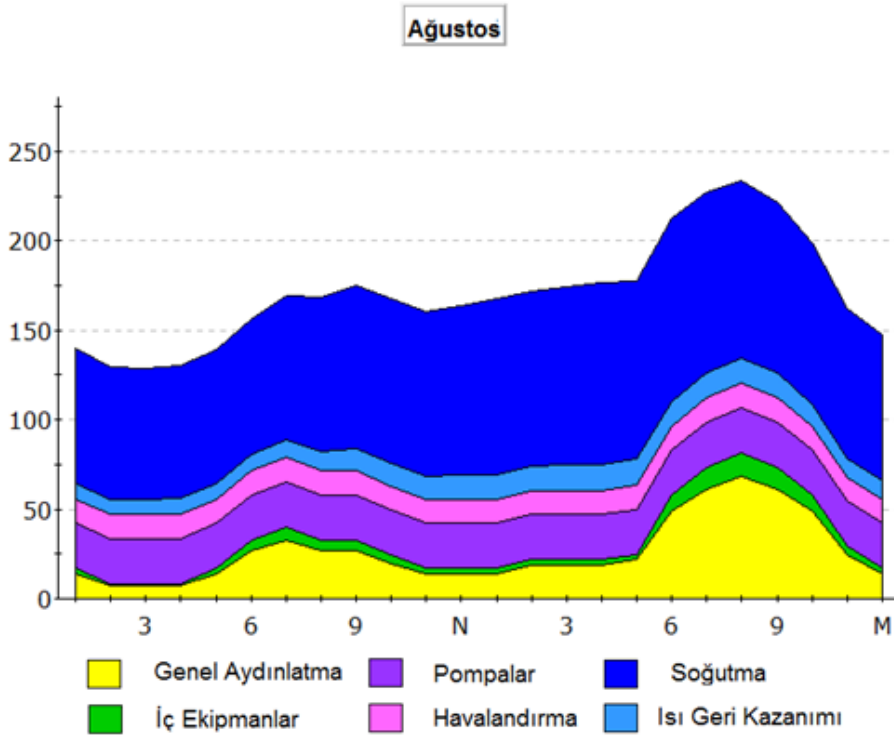
Yük Çeşidi	Güç Miktarı [kW]
Isıtma (Doğalgaz)	311.82
Soğutma (Elektrik)	189.5
İç Aydınlatma (Elektrik)	50.38
İç Ekipman (Elektrik)	23.26
Fanlar	14.76
Pompalar	27.31
Toplam Harcama (Elektrik)	328.08
Toplam Harcama (Doğalgaz)	311.82



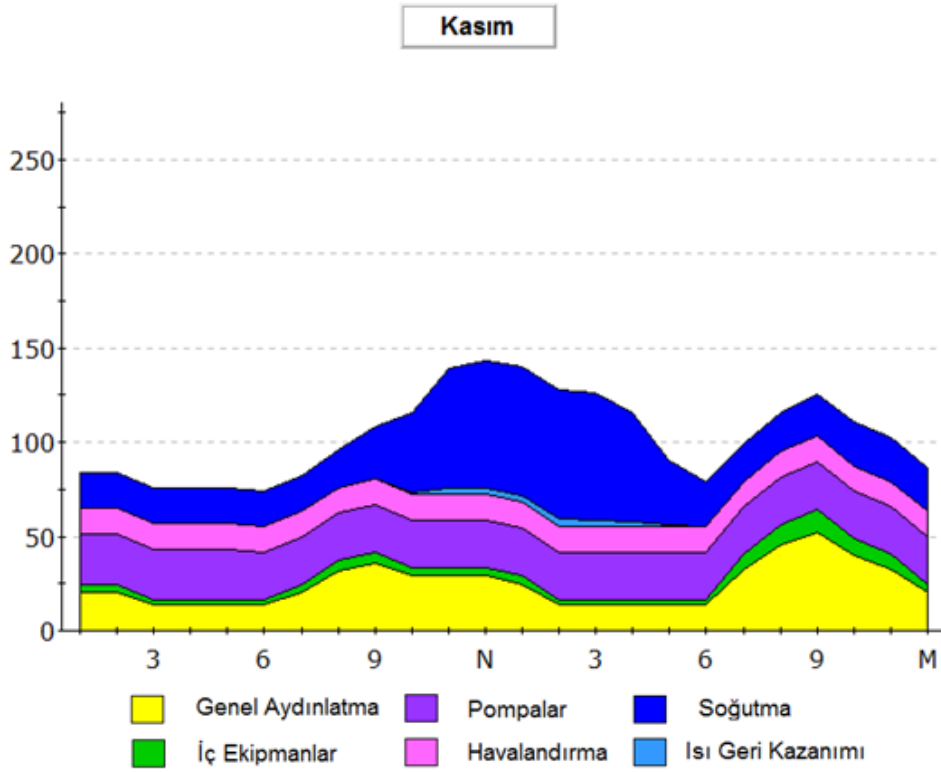
Şekil 4.15 : Tasarlanan bina Ocak ayında pik yük talebinin yük profili.



Şekil 4.16 : Tasarlanan bina Nisan pik yük talebinin yük profili.



Şekil 4.17 : Tasarlanan bina Ağustos ayında pik yük talebinin yük profili.



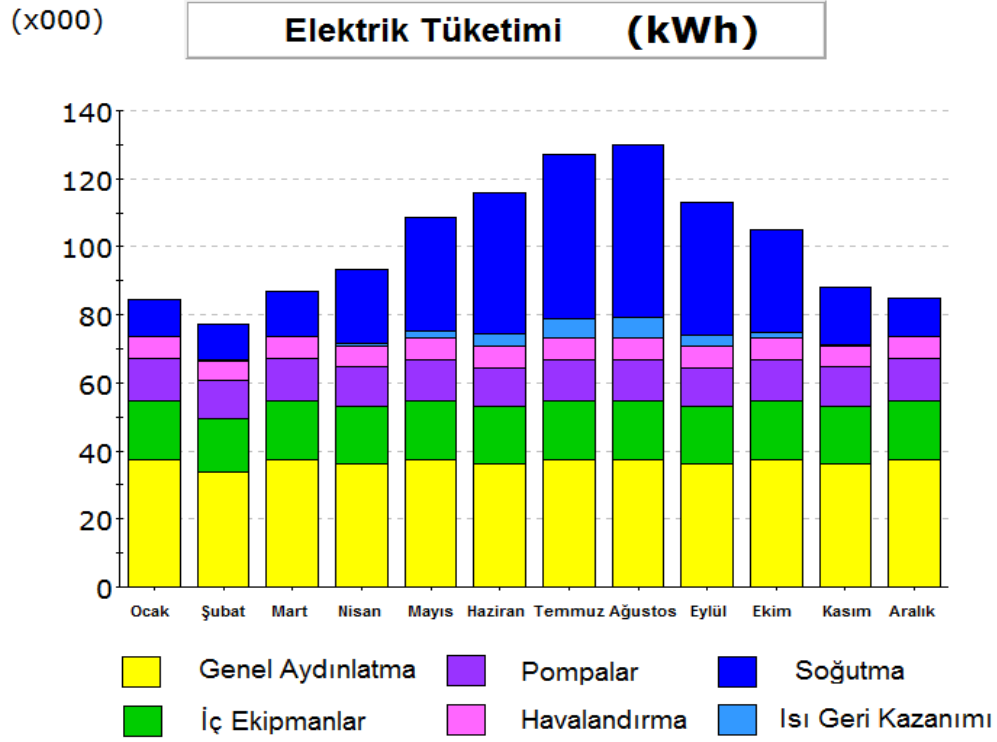
Şekil 4.18 : Tasarlanan bina Kasım ayında pik yük talebinin yük profili.

Aylık bazda elektrik tüketiminin en fazla olduğu günlerde yük profilini gösteren Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'deki grafikler de simülasyon sonucunda elde edilmiştir. Ocak, Nisan, Ağustos ve Kasım aylarında günlük elektrik tüketiminin en fazla olduğu günlerde yük dağılımlarını gösteren grafikler verilmiştir.

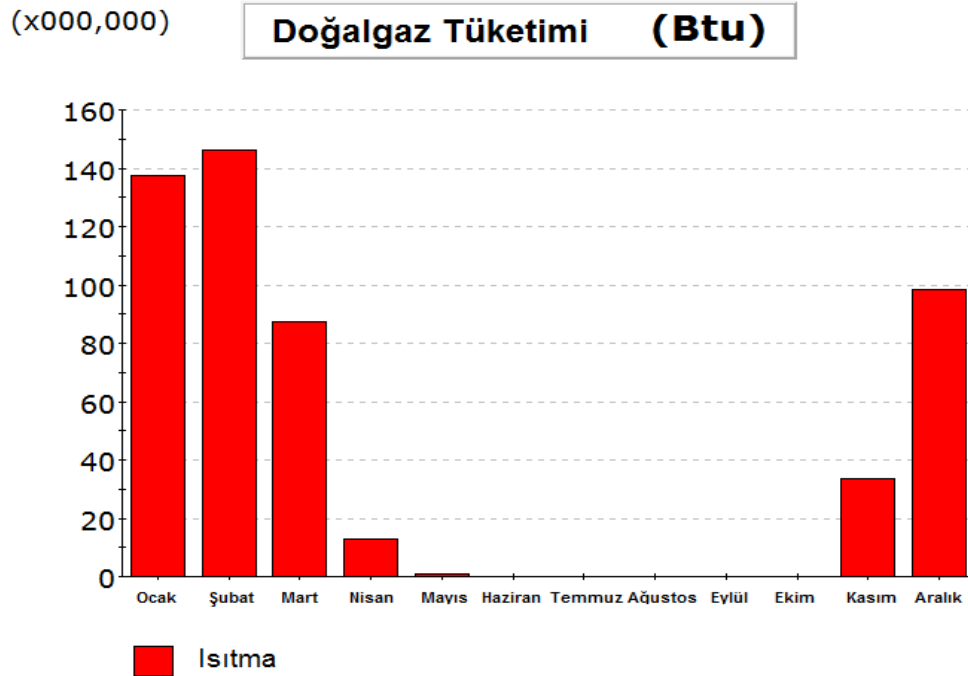
Tasarlanan binadaki pik yük karakteristikleri baz binadaki pik yük karakterleri ile karşılaştırıldığında benzer profile sahip oldukları görülmektedir. Genel olarak aydınlatma yükleri belli bir stabiliyete sahipken, özellikle soğutma yükleri mevsimsel bazda değişmektedir.

Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de yıllık bazda tüketim değerlerinin gösterimi yer almaktadır. Doğalgaz tüketimi sadece ısıtma için yapıldığı için, doğalgaz kullanımı tek yük çeşidi için oluşturulmuştur.

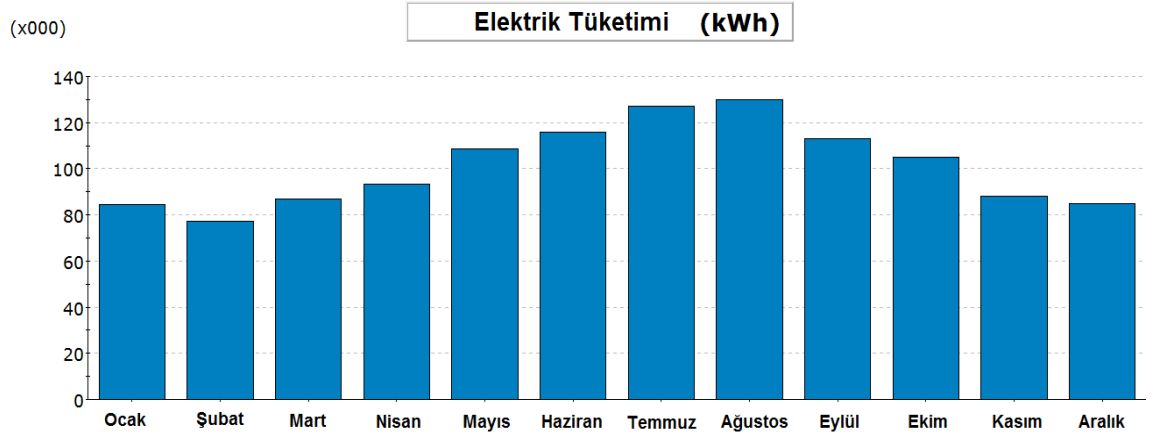
Otelin elektrik tüketiminin dağılımı ise Şekil 4.21'de görülmektedir. Aylık bazda değişen tüketim değerleri yaklaşık olarak 80 kWh ile 125 kWh değerleri arasında değişmektedir



Şekil 4.19 : Tasarlanan bina yıllık elektrik tüketiminin yüklere göre dağılımı.



Şekil 4.20 : Tasarlanan bina yıllık doğalgaz tüketiminin yüklere göre dağılımı.

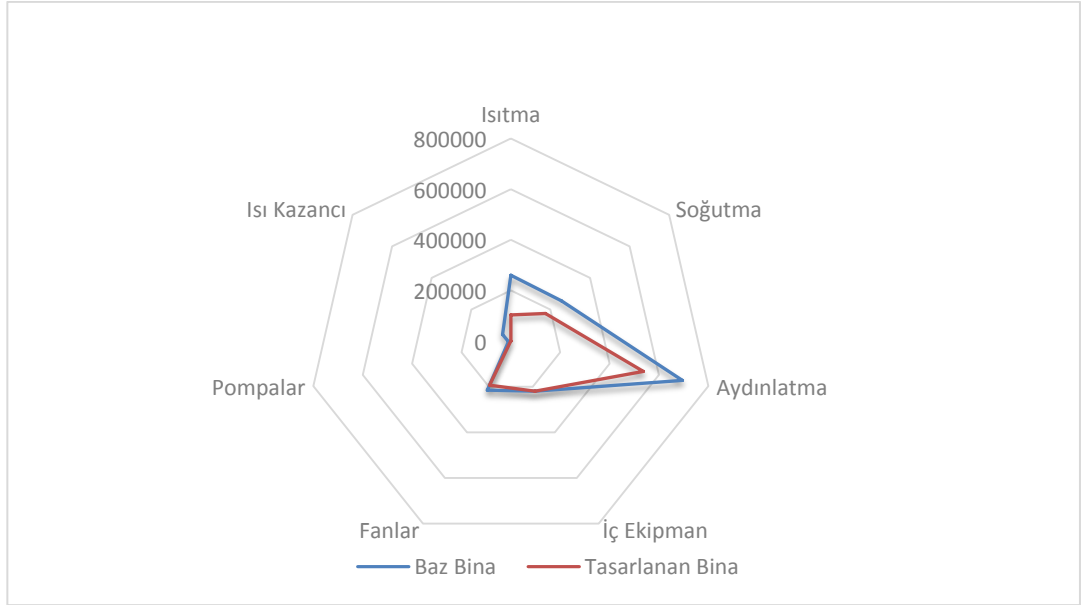


Şekil 4.21 : Tasarlanan bina tüketiminin aylara göre dağılımı.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

“Enerji Verimliliği Kriterlerine Göre Otel Tasarımı ve Enerji Modellemesi” başlıklı bu tez kapsamında, Design Builder ve Energy Plus simülasyon programları ile, bütün verimlilik çözümleri göz önünde bulundurularak bir otel binasının tasarlanarak, elektrik enerjisi tüketim değerleri hesaplanmıştır. Bunun yanısıra ASHRAE standartlarına uygun bir baz bina tasarımı yapılarak verimlilik değeri hesaplanmıştır. Sonuç yaklaşık; doğalgaz ve elektrik tüketimi toplamı 1210980.86 kWh olarak elde edilmiştir. Bu değer, baz binanın harcadığı enerjinin yaklaşık %28.6’sı kadardır. Yani, mevcut bina yeniden tasarlandığında çok büyük oranda enerji tasarrufu sağlanabileceği açıkça görülmektedir.

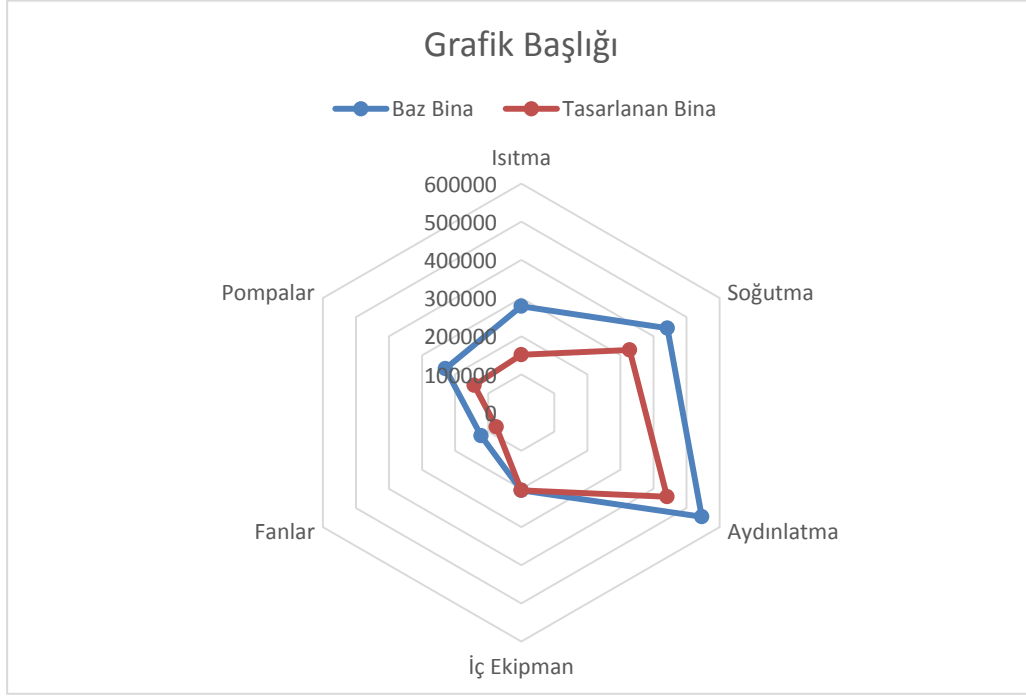
Şekil 5.1’de Design Builder ve Energy Plus ile yapılan analizin yük bazında karşılaştırması görülmektedir.



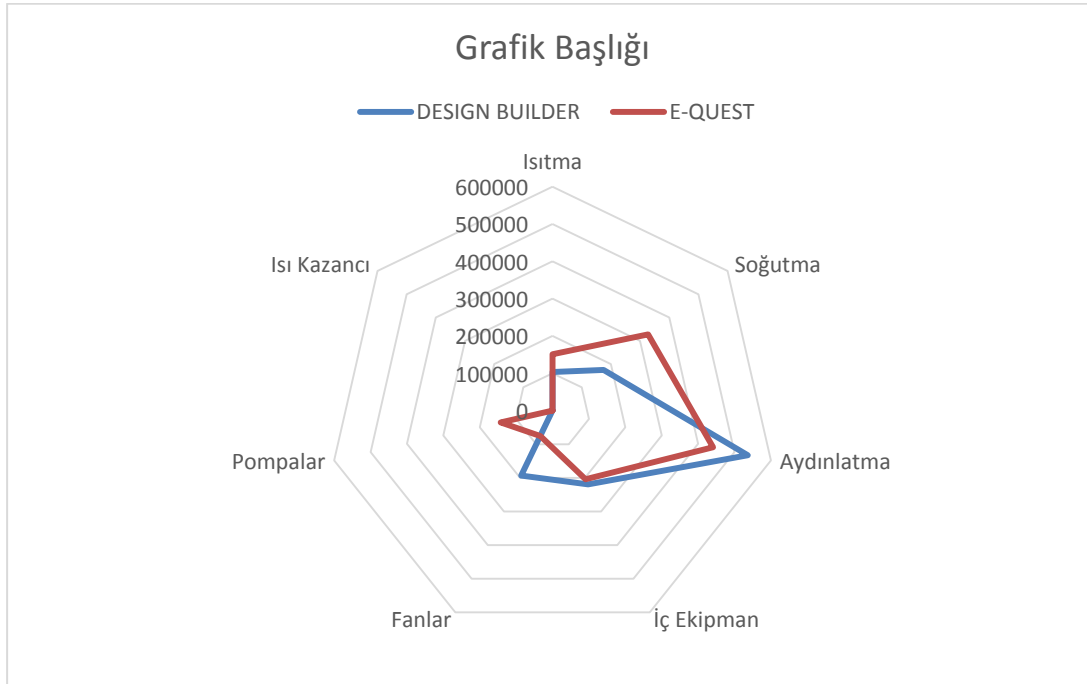
Şekil 5.1 : Design Builder ve Energy Plus ile yapılan simülasyonun radar analizi.

E-Quest programı ile yapılan simülasyonda, Energy Plus programında kullanılmış olan tüm veriler tamamen kullanılmıştır. Bunun yanında, E-Quest programı için gerekli olan ayrıntılı veriler de tanımlanmıştır. Sonuç olarak 1365924 kWh enerji tüketimi hesaplanmıştır. İki programla hesaplanan değerler arasında yaklaşık 150000

kWh'lik bir tüketim farkı oluşmuştur. Bunun sebebi, iki programın çalışma algoritmasının farklı olmasıdır.



Şekil 5.2 : E-Quest ile yapılan simülasyonun yük bazında radar analizi.



Şekil 5.3 : İki programda yapılan simülasyonun yük bazında radar analizi.

Bunların haricinde Design Builder programı ile fotovoltaik panel tasarımı da yapıldığında ve toplam verimliliğe katkısı incelendiğinde, yani fotovoltaik sistemin ürettiği enerji de hesaba katıldığında, yıllık şebekeden çekilen elektrik enerjisi 946208.13 kWh olurken toplam enerji verimliliği %38.53 olarak hesaplanmaktadır.

Fotovoltaik sistem kurulması, ilk kuruluşta önemli bir maliyet yaratmaktadır. Fakat, uzun süreli düşünüldüğünde, şebekeden satın alınan elektrik miktarı azalmaktadır. Ayrıca, sera gazlarının salınımında önemli bir azalma sağlandığı için, bu tür yenilenebilir enerji sistemlerinin binalara kurulması önerilmektedir.

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde, ülkemizde yürürlükte olan “Enerji Verimliliği Kanunu” na uygun olacak şekilde, yeni kurulacak binalarda mimari tasarım, ısıtma-soğutma sistemleri, ısı yalıtımı, elektrik tesisatı ve aydınlatma sistemlerinin en verimli şekilde kurulması gerekmektedir. Bunun yanında mevcut binalarda da, lamba değiştirmek gibi basit tedbirler alınarak enerji tüketiminin azaltılması gerekmektedir. Çünkü, ülkemizde enerji sıkıntısı yaşanmaktadır. Enerji verimliliği sağlanarak, yeni enerji santrallerin kurulması engellenir. Ayrıca, sera gazlarının salınımı azaltılarak, çevrenin korunmasına katkıda bulunulur.

KAYNAKLAR

- [1]Url-1<<http://www.enerji.gov.tr>>, alındığı tarih 03.04.2015.
- [2]IEA. (2011). *Key World Energy Statistics*. pp. 6-22.
- [3] HSBC. (2009). *A Climate for Recovery; The Colour of Stimulus Goes Green*. pp. 4-8.
- [4]Mark Z. J. (2008). *Review of Solutions to Global Warming, Air Pollution and Energy Security* pp. 58-62.
- [5] Url-2< <http://www.teias.gov.tr>>, alındığı tarih 01.03.2015.
- [6]Url-3<<http://www.tuik.gov.tr>> , alındığı tarih 28.03.2015.
- [7]Onaygil, S. (2010). *Enerji Yönetimi*, pp. 21,34.
- [8]Kılıç H.(2010).*Nükleer Enerji Gerekli mi*, pp. 34-37.
- [9]Url-4 <http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/>, alındığı tarih 25.12.2014
- [10]Cheung, C.K., Fuller, R. and Luther, M. (2005).*Energy-efficient envelope design for high-rise apartments*, *Energy and Buildings*, pp. 17-28.
- [11]5627 No’lu Enerji Verimliliği Kanunu.(2007). T. C. Resmi Gazete, 26510, 2 Mayıs 2007.
- [12] Kavak K. (2004). *Enerji Stratejileri*. Ankara. pp. 5-8
- [13] Sev, A. ve Canbay, N. (2009). *Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri*. İstanbul.
- [14] U.S. Green Building Council. (2009)*LEED 2009 for Existing Buildings Operations and Maintenance*. pp. 3-15
- [15] Rubacı, E. (2009). *LEED Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik, İzolasyon DünyasıDergisi*, 78, pp. 24-27.
- [16] U.S. Green Building Council. (2009). *LEED 2009 for Existing Buildings Operations and Maintenance*, pp. 15-25.
- [17]USGBC. (2014). *LEED v4 AP BD+C Candidate Handbook*, pp.4-24.
- [18] U.S. Green Building Council. (2008). *Leadership in energy and environmental design green building rating system*. United States.
- [19]ASHRAE.(2007). *ASHRAE Handbook – HVAC Applications*, Atlanta, GA.
- [20] ASHRAE Standard 90.1.(2007). *Energy Standard for Buildings Except LowRise Residential Buildings*. Atlanta.
- [21] Devlet Meteoroloji İşleri. (2010).*Yıllık Sıcaklık Ortalamaları*
- [22]Türk Standartları Enstitüsü. (2008). *TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*,
- [23] Url-5<<http://www.solaruzel.com/1kw.html>>, alındığı tarih 16.07.2015

- [24] **Karagözlü, A. B.** (2006).*Konutlarda Enerji Giderlerinin Azaltılmasına Yönelik Bir Çalışma* pp.58,59
- [25] **DOE.** (2014). *E-Quest Programı Help Dosyası*
- [26] **ASHRAE.** (1981). *Thermal Comfort Conditions For HumanOccupancy*, Atlanta
- [27] **Özbalta, N.** (2003). *Yalıtım Ve Enerji Yönetimi TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yalıtım Ve Enerji Kongresi*, Eskisehir

EKLER

EK A: Elektrik Sistemleri ve Karbonmonoksit Salınımı ile ilgili LEED Gereklilikleri

EK A

Enerji Ölçümü

- Sistem enerji tüketimlerini görmek için alt sayaçlama veya süzme sayaçlama yapılmalıdır. Seçilecek sayaçlar enerji tüketim bilgilerini göndererek, uzaktan okumaya imkan vermelidir. Böylelikle, LEED sisteminin binadaki enerji tüketiminin alt kırımlarını izleyebilme ve takip edebilme kriteri sağlanmış olacaktır. Aşağıda belirtilen sistemler Leed kriterlerine göre ayrı olarak sayaçlanmalı ve tüketimi takip edilmelidir;
 - Isıtma Sistemi (Boiler enerji tüketimi, ısıtma enerjisi tüketimi)
 - Soğutma Sistemi (Rooftop, Chiller vb.)
 - Havalandırma Sistemi (Fanlar, AHU'lar)
 - Pompalar
 - Sıcak Su (Kullanım Suyu- Kalorimetre ile)
 - Aydınlatma
 - Priz
 - Asansörler
- Her Kiracının kendisine ait sayacı veya enerji analizörü olmalıdır.

Aydınlatma

- Dış Aydınlatmada, armatürlerin gün ışığında çalışmasını engellemek için zaman saati-gün ışığı sensörü veya astronomik zaman saati kullanımı gerekmektedir.
- Enerji modellemesi yapılabilmesi için aydınlatma projeleri oluşturulduktan sonra, ASHRAE standartlarına uygun olarak mahal tiplerine göre aydınlatma güç yoğunluğu değerleri (LPD) hesaplanmalıdır. LEED hedefi gereğince toplam aydınlatma gücü bazında, belirtilen referans değerlerden en az %20 seviyesinde daha düşük olacak şekilde tasarım yapılması gerekmektedir.

- Dış aydınlatma için aynı şekilde, tabloda belirtilen değerler göz önüne alınmalıdır ve aydınlatma güç yoğunluğu belirtilen değerleri geçmemelidir.
- Acil durum çıkış işaretlerinin güç değeri en fazla tek yüzde 5W, çift yüzde 10 W olmalıdır.
- Aydınlatma otomasyonu yapılması, enerji modellemesi yapılırken verimliliğe katkı sağlayacaktır.

Tablo A.1: Aydınlatmada %20 verimlilik sağlamak için gerekli aydınlatma güç yoğunluğu değerleri.

İÇ AYDINLATMA	
Mahal Tipi	Aydınlatma Güç Yoğunluğu Referans Değer (W/m ²)
Kapalı Otopark	1.6
Lobi/Giriş	11.2
Mağaza-Dükkanlar	14.4
Koridor-Hol	4
Restaurant/Yemekhane	8
Ofis	9.6
Konferans Salonu	11.2
WC	8
Merdiven	4.8
Depo	7.2
Mekanik/Elektrik Odalar	12.8
Mutfak	10.4
Laboratuvar	12
Soyunma Odası	4.8
Atrium (İlk 3 Kat)	4.8
Atrium(3 Kattan Fazla)	1.6
Dinlenme Odası	8
Mescit	20.8
Workshop	16
Üretim Alanı (Tavan Yüksekliği<7,62m)	10.4
Üretim Alanı (Tavan Yüksekliği>7,62m)	14.4
Ekipman Odası	13
Kontrol Odası	5

Tablo A.2: Dış Aydınlatmada sağlanması gereken aydınlatma güç yoğunluğu değerleri

DIŞ AYDINLATMA	
Mahal Tipi	LEED Gerekliliği (W/m ²)
Açık Otopark	1.28 W/m ²
Bina Cephe Aydınlatması	1.76 W/m ² veya 13.1 W/m
Yürüyüş Yolları (3m.'den az genişlik)	2.64 W/m ²
Yürüyüş Yolları (3m. ve fazla genişlik)	1.76 W/m ²
Merdiven	8.64 W/m ²
Ana bina girişi ve çıkışı	78.4 W / Kapı genişliği (metre cinsinden)
Ana giriş dışındaki bina kapıları	52.8 W / Kapı genişliği (metre cinsinden)
Gölgelik	10.8 W/m ²
ATM	216 W (ATM Başına)
Acil Durum Araçlarının Yükleme Alanı	4.32 W/m ²
24 Saat açık kiralık alan otoparkları	640W(Her ana giriş için)

Gerilim Düşümü

- Trafo ile son kullanıcı arasındaki Gerilim Düşümü oranı %5'i aşmamalıdır.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Berkem ÖZ

Doğum Yeri ve Tarihi : Adapazarı- 30.10.1988

E-Posta : berkemoz54@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği (2006-2011)

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Heinrich Böll Stiftung Vakfı Tez Destekleme Bursu