



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**TİP İLKÖĞRETİM OKULU PROJESİNİN
ENERJİ ETKİNLİK PERFORMANSININ
İKLİMSEL VERİ DEĞİŞKENLERİ
ÜZERİNDEN SORGULANMASI**

Dilara AYTÜRK TULUKCU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Ocak-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Dilara AYTÜRK TULUKCU tarafından hazırlanan “Tip İlköğretim Okulu Projesinin Enerji Etkinlik Performansının İklimsel Veri Değişkenleri Üzerinden Sorgulanması ” adlı tez çalışması 31/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Mine ULUSOY

Danışman

Doç. Dr. Murat Oral

Üye

Doç. Dr. Hatice Derya ARSLAN

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup Kara
Enstitü Müdürü

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TİP İLKÖĞRETİM OKULU PROJESİNİN ENERJİ ETKİNLİK PERFORMANSININ İKLİMSSEL VERİ DEĞİŞKENLERİ ÜZERİNDEN SORGULANMASI

Dilara AYTÜRK TULUKCU

**Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Murat ORAL

2019, 94 Sayfa

Jüri

**Danışman: Doç. Dr. Murat ORAL
Prof. Dr. Mine ULUSOY
Doç. Dr. Hatice Derya ARSLAN**

Enerji, ekonomik ve toplumsal gelişmenin birincil kaynağıdır ve gelişmeye paralel olarak enerjiye olan talep artmaktadır. Enerji kaynakları ise gün geçtikçe tükenmekte, geleceğin sağlıklı bir şekilde planlanabilmesi için var olan enerjinin korunumu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için ‘enerji etkin tasarım’ kavramının projelere entegre edilmesi gerekmektedir. Çalışma, enerji etkin tasarıma ulaşma yollarını göstermesi açısından önemlidir.

İlköğretim okulları da aktif kullanıldıkları için enerji tüketiminde büyük bir orana sahiptir. Dolayısı ile bu yapılarda enerji tüketimini azaltmak için alınacak herhangi küçük bir önlemin bireysel ve toplumsal faydası çok daha büyük olacaktır. Aynı zamanda öğrenci ve öğretmenlerin fiziksel, iklimsel ve görsel konfor şartlarının sağlanması ile öğrenme ve öğretme performansları artacak, bulundukları ortamdan memnun olmaları sağlanacaktır. Bu nedenle çalışma alanı olarak tip bir ilköğretim okulu seçilmiştir ve okulun analiz sonuçlarının farklı iklim bölgelerinde karşılaştırmalı olarak okunmasıyla yapılan değerlendirme önem kazanmıştır.

Çalışma, en başta tip bir projenin enerji verimi açısından; arazinin iklim tipine bağlı olarak bulunduğu konum, topografya, etrafındaki yapılaşma, bölgede kullanılan enerji araçları gibi etkenlerdeki değişimlerden dolayı kabul edilemez olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Etkinlik, İklim, İlköğretim Yapıları, Revit, Yapı Bilgi Modelleme

ABSTRACT

MS THESIS

QUESTIONING OF ENERGY EFFICIENCY PERFORMANCE OF A TYPICAL PRIMARY SCHOOL PROJECT OVER CLIMATIC DATA VARIABLES

Dilara AYTÜRK TULUKCU

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Architecture**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Murat ORAL

2019, 94 Pages

Jury

Advisor Assoc. Prof. Dr. Murat ORAL

Prof. Dr. Mine ULUSOY

Assoc. Prof. Dr. Hatice Derya ARSLAN

Energy is the primary source of economic and social development and the demand for energy increases in parallel with the development. Energy resources are running out day by day and the concept of de energy efficient design needs to be integrated into the projects in order to preserve the existing energy and to develop renewable energy resources in order to plan the future in a healthy way. The study is important in terms of showing the ways to reach energy efficient design.

Primary schools also have a large proportion of energy consumption because they are used actively. Therefore, the individual and social benefit of any small measure to reduce energy consumption in these structures will be much greater. At the same time, students 'and teachers' physical, climatic and visual comfort conditions will be ensured and learning and teaching performances will increase and they will be satisfied with their environment. For this reason, a type of elementary school was chosen as the study area, and the results of the analysis of the school's analysis results in different climatic regions have gained importance.

The study is primarily concerned with the energy efficiency of a type project; The location of the land depending on the climate type shows that it is unacceptable due to the changes in the topography, the building around it and the energy tools used in the region.

Keywords: Energy efficient, Climate, Primary Schools, Revit, Building Information Modeling

ÖNSÖZ

“Tip İlköğretim Okulu Projesinin Enerji Etkinlik Performansının İklimsel Veri Değişkenleri Üzerinden Sorgulanması” başlıklı bu çalışma, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalına Yüksek Lisans tez çalışması olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarım sırasında bana destek olan eşime, aileme ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Dilara AYTÜRK TULUKCU
KONYA-2019



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışmanın Yöntemi	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	10
3.1. Enerji Etkin Yapı Tasarımı.....	10
3.2. Yapı Bilgi Modelleme.....	16
3.3. Bina Performans Simülasyon Programları.....	16
3.3.1. Autodesk revit enerji simülasyon programı.....	18
4. TİP İLKÖĞRETİM OKULU ENERJİ ANALİZ ÇIKTILARININ İNCELENMESİ: SANCAK İLKÖĞRETİM OKULU.....	22
4.1. İlköğretim Okullarında Enerji Etkinliğinin Önemi.....	22
4.2. Sancak İlköğretim Okulu Ve Enerji Analiz Çıktılarının İncelenmesi	22
4.2.1. Yapı performans faktörleri	23
4.2.2. Enerji kullanım şiddeti	24
4.2.3. Hayat boyunca enerji kullanım maliyeti	24
4.2.4. Yenilenebilir enerji potansiyeli.....	25
4.2.5. Yıllık karbon emisyonu	25
4.2.6. Yıllık enerji kullanımı	26
4.2.7. Aylık ısıtma yükleri	28
4.2.8. Aylık soğutma yükleri.....	30
4.2.9. Aylık yakıt tüketimi	30
4.2.10. Aylık elektrik tüketimi	30
4.2.11. Yıllık- aylık rüzgar gülü	32
4.2.12. Aylık sıcaklık-nem tasarım verileri.....	35
4.2.13. Yıllık sıcaklık kutuları.....	35
4.2.14. Günlük hava koşulları ortalaması	36
4.2.15. Nem.....	37
4.3. Sancak İlköğretim Okulu Enerji Analiz Sonuçlarının Yorumlanması.....	40

5. FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE TİP İLKÖĞRETİM OKULU ENERJİ ANALİZ ÇIKTILARININ KARŞILAŞTIRMASI.....	41
5.1. Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Analiz Sonuçları	41
5.1.1. Ilıman kuru iklim bölgesi	42
5.1.2. Ilıman nemli iklim bölgesi.....	43
5.1.3. Sıcak nemli iklim bölgesi	50
5.1.4. Sıcak kuru iklim bölgesi.....	57
5.1.5. Soğuk iklim bölgesi	64
5.2. Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Analiz Sonuçlarının Karşılaştırması	71
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR	76
EKLER	78
ÖZGEÇMİŞ.....	93

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

CO₂ : Karbondioksit

Kısaltmalar

AEC: Mimarlık, Mühendislik, Strüktür

CARMA: Carbon Monitoring for Action

DHW: Domestic Hot Water

FP: Fotovoltaik Panel

HVAC : Isıtma, Soğutma, Havalandırma

YBM : Yapı Bilgi Modelleme



1. GİRİŞ

Toplumların gelişip büyümesine paralel olarak doğal enerji kaynakları hızla tükenmekte, enerji tüketimi sonucu açığa çıkan atıkların yönetilememesi ile doğal çevre tahrip edilmektedir. Küresel ısınma, çevre kirliliği, karbondioksit salınımı gibi sonuçlar; yüksek oranda yapım organizasyonları ile de ilişkili olduğundan mimarlık biliminde de , ekoloji, sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji, çevresel tasarım, akıllı yapı, enerji verimliliği, enerji korunumu, enerji etkin tasarım ve yeşil mimari gibi pek çok yeni kavramın ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Çalışma kapsamında ele alınan ‘enerji etkin yapı tasarımı’ kavramı, yapıya uygun aktif ve pasif olanakların oluşturularak yapı performansını artırmaya ve enerjiyi verimli kullanmaya yönelik tasarım ölçütlerinin belirlenmesi, bu kapsamda mimari tasarımların iyileştirilmesi ve geliştirilmesini sağlayan bütünleşik tasarım olarak ifade edilebilir. Tasarımın uygulamaya entegre edilmesi sistematığı YBM (yapı bilgi modelleme) olarak adlandırılmaktadır. YBM sistemi, yapının görünür ve işlevsel niteliklerinin özömlendiği sayısal bir prototipin oluşturulma ve doğru kararlarla yönetilme sürecidir. YBM sistemlerine göre hazırlanmış yazılımlar, yapıların performansını ölçen simülasyon ortamları sunmaktadırlar. Bu yazılımlar aracılığıyla enerji etkin tasarımlar hayata geçirilebilmektedir.

Enerji etkin tasarım kavramının yapıya entegre edilmesiyle, binaların üst seviyede performans gösteren pasif sistemlerden faydalanacak şekilde tasarlanmaları ile aktif sistemlerin enerji yükü hafifletilerek enerji kaynaklarının daha verimli kullanımı hedeflenmektedir. Bu hedeflere yönelik; enerji tüketiminde büyük önem arz eden aynı zamanda bireylerin pek çok alışkanlıkları edindikleri mekanlar olduğundan ilköğretim okulları çalışma alanı olarak seçilmiştir. Aynı zamanda bu mekanlar, topluma enerji verimliliği, enerji korunumu konusunda bilinç kazandırmak adına öğretilen teorik bilgilerin deneyimlenebildiği bir laboratuvar görevi üstlenecektir.

Bu motivasyondan hareketle çalışma kapsamında, tip bir ilköğretim yapısının enerji simülasyon programı ile oluşturulan enerji analizleri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Yapı bilgi modelleme sistemleri, enerji verimli tasarımlar için önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışma da yapı bilgi modelleme sistemleri ile gerek erken tasarım evresinde öngörülen kriterler çerçevesinde gerekse mevcut binalar üzerinde durum

etüdü ile enerji tüketim verilerinin incelenmesi üzerine kuruludur. Tespit edilen problemlerin pasif sistemlerden yararlanılarak iyileştirilmesi hedeflenir. Böylece aktif sistemler üzerindeki yük azaltılarak enerji tüketimi en az seviyeye indirilecektir. İhtiyaç olan her bölgede aynı şekilde uygulanan tip ilköğretim okulunun farklı iklim bölgelerinde iklimsel veri değişkenleri üzerinden analizlerinin kıyaslanması ile de uygulamanın sonuçları görülmüştür. Ortaya çıkan sonuçların yeni üretilecek eğitim binalarına ışık tutması ve bu çerçevede tasarlanacak eğitim yapılarının; eğitim görececek öğrencilere enerji etkinliğini deneyimleyerek öğretmesi hedeflenmektedir.

1.2. Çalışmanın Yöntemi

Tezde uygulanan yöntem deneysel bir yöntemdir. Çalışma 3 aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama; enerji tüketimi, enerji etkin yapı tasarımı, YBM, enerji simülasyonu tanımlarının literatür tarama yöntemi ile açıklanmasıdır.

İkinci aşama ise; literatür taraması ile açıklanan kavramların bir ilköğretim yapısı üzerinden, Autodesk Revit Simülasyon Programı kullanılarak uygulamalı bir şekilde anlatılmasıdır. Autodesk Revit üç boyutlu YBM yazılımı, Autodesk firmasının internet adresinden eğitimciler ve öğrenciler için ücretsiz olarak, diğer kullanıcılar için belirli bir ücret karşılığında lisanslı olarak temin edilebilmektedir. Yazılım hakkında çalışmanın üçüncü bölümünde detaylı bilgilendirme yapılmış olup, genellikle yapı sektörü kullanıcılarından mimarlar, inşaat mühendisleri, elektrik mühendisleri, mekanik mühendisler ve işletmecilerden oluşan bir popülasyona hitap etmektedir.

Üçüncü aşama, ikinci aşamada detaylı bir şekilde analizi gerçekleştirilen yapının 5 farklı iklim bölgesinde uygulandığı varsayılarak iklimsel veri değişkenleri üzerinden analiz sonuçlarının karşılaştırmalı olarak yorumlanmasıdır.

Bu tez çalışmasında Türkiye iklim bölgeleri sıcak-nemli, sıcak-kuru, ılıman-nemli, ılıman-kuru ve soğuk olmak üzere beş iklim bölgesi bağlamında ele alınmıştır ve çalışma içinde ayrı bir iklim sınıflandırması yapılmamıştır. İklimsel veri değişkenleri bu beş farklı iklim bölgesi üzerine kurulmuştur. Herhangi bir iklim ögesi deney grubu kontrol grubu yöntemine dahil edilmemiş, iklim bölgesinden seçilen bir il kendi başına değişkeni oluşturmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Abusamhadana (2017), “Mevcut okul yapılarında kullanıcı ısı konfor gereksinimleri bağlamında enerji iyileştirme stratejileri: İzmit Ulugazi İlköğretim Okulu örneği üzerinden bir inceleme” adlı çalışmada tarihi niteliğe sahip olmayan İzmit Ulugazi İlköğretim Okulu'nda enerji verimliliği ve ısı konforu arttırmak üzere alınabilecek önlemler ve tekniklerin incelenmesi yapılmıştır. Çalışmadan enerji yönetim süreci konusunda faydalanılmıştır.

Akpınar ve ark.(2011), “Kapalı ortam sıcaklık ve nem denetiminin farklı bulanık üyelik fonksiyonları kullanılarak gerçekleştirilmesi” adlı çalışmada sıcaklık ve bağıl değişkenleri ile kapalı alanda kontrol altında tutulması gereken nem kontrol edilmiş ve simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmadan fiziksel konfor koşulları için gerekli nem değerleri araştırmasında faydalanılmıştır.

Akşit (2005), “Türkiye’nin Farklı İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Bina ve Yerleşme Birimi Tasarımı” adlı çalışmada Türkiye iklim sınıflandırma çalışması yapılmış ve tez çalışmasının iklimsel veri değişkenleri sorgulaması aşamasında bu sınıflandırmadan faydalanılmıştır.

Anonim (2010), “Şebekeye bağlı 1 KW lık güneş paneli sistemi fiyatlandırması” güneş paneli üretici firma internet adresinden orta verimli bir panelin enerji verimi ve maliyeti konusunda faydalanılmıştır.

Anonim (2016a), “Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri” adlı çalışma Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanmıştır. Çalışmada, enerji etkin tasarım ilkeleri, performans değerlendirme örnek çalışmaları ile desteklenerek incelenmiştir.

Anonim (2016b), “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği Ve Enerji Etkin Bina Tasarım Prensipleri” adlı çalışma Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanmıştır. Çalışmada, Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği anlatıldıktan sonra yönetmelikle ilgili sık sorulan sorular cevaplarıyla birlikte verilmiştir. Yönetmelikten yararlanılarak Enerji Etkin Binalara Ulaşma Yolunda Temel Tasarım Prensipleri ortaya konulmuştur.

Anonymous (2014), “Climate Analysis” Autodesk sürdürülebilirlik atölyesi, tasarım ve uygulamada sürdürülebilirlik ilkelerini ve uygulamasını öğreten ücretsiz çevrimiçi kaynaklar sunmaktadır. Çalışma esnasında, iklim analizlerinin incelenmesi ile ilgili bu kaynaklardan faydalanılmıştır.

Ashrafian (2016), “A new approach to define economically applicable energy efficient retrofit solutions for residential buildings in Turkey” adlı çalışmada varolan

yapılarda enerji performanslarını gerekli ölçüde rehabilite etmek için detaylı bir araştırma yapılmıştır. Tez çalışmasında bir binada enerji tasarrufu ile sağlanacak maliyet hesabı konusunda faydalanılmıştır.

Bahçeci (2015), “Kişisel Karbon Ayak İzi Rehberi” adlı kitabında her bir ferдин karbon ayak izi ne kadar? Bunun hesabını yaparak, bireysel hayat alışışlıklarını sorgulamış, kişisel karbon ayak izini azaltmak için ulaşılması gereken hedefleri özetlemiştir.

Balanlı ve Darçın (2012), “Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler” adlı makale çalışmalarında doğal havalandırma için yararlı özellikteki havanın binaya alınması ve kalitesi azalan iç havanın binadan uzaklaştırılması için alınması gereken tasarım kararlarını irdelemişlerdir. Doğal hava hareketi – yapı temasının doğru ilişkilendirilmesiyle kullanıcı konforunu yapılandıran, enerji harcamayan, çevreyi olumsuz etkilemeyen ve giderleri artırmayan bir havalandırma sağlanabileceğini ortaya koymuşlardır.

Bayram (2015), “A proposal for a retrofitting model for educational buildings in terms of energy efficient lighting criteria” adlı çalışmada enerji etkin aydınlatma performansına sahip bir eğitim yapısı için yapılacak iyileştirmelere yönelik farklı senaryolara göre elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Tez çalışmasında enerji simülasyon araçları kullanım yöntemleri konusunda faydalanılmıştır.

Bozkurt (2008), “Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi” kullanımda olan geleneksel enerji kaynaklarının sosyal giderlerine değinilip, yenilenebilir enerji kaynakları da farklı yanlarıyla incelemeye alınmıştır. Tez çalışmasında rüzgar enerjisinin değerlendirilmesi konusunda kaynaktan faydalanılmıştır.

Bulgurcu ve Özer (2017), “Bina gölgeleme sistemleri ile binalarda enerji verimliliği” adlı makalesinde enerji verimli yapı tasarımının bir ögesi olan dış gölge eleman tasarımlarını pencere boyutları, güneş geometrisi ve iklimsel girdiler gibi birçok değişkenle bir arada değerlendirmiştir. Gölgeleme elemanlarının enerji korunumuna etkileri ortaya konulmuştur.

Bulut (2014), “Temiz enerji teknolojileri” adlı çalışmada Türkiye ve Dünyada kullanılan enerji kaynakları konusunda araştırma yapılmıştır. Tez çalışmasında Türkiye’de enerji tüketiminin sektörel dağılımı konusunda faydalanılmıştır.

Clarke (2007), “Bina Tasarımında Enerji Simülasyonu” adlı çalışmada, binalardaki enerji tasarımı sorunlarını çözmek için bilgisayar tabanlı değerlendirme

araçlarının kullanımını anlama ve uygulamada kullanıcılara yardımcı olmaktadır. Tez çalışmasında simülasyon programının kullanımında ortaya çıkacak sorunlar ve çözüm yolları konusunda faydalanılmıştır.

Dikmen (2011), "Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Değerlendirilmesi" adlı makale çalışmasında yapı sektöründen kaynaklanan çevre ve enerji problemlerine çözüm olacak seçenekleri araştıran, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkili bir şekilde kullanarak kaynak stabilitesini sağlayan sürdürülebilir yapı tasarımı bağlamında enerji etkin yapı tasarımı kavramını sorgulamıştır. Kavramın mimarlık düzenini hangi boyutlarda etkilediğini dünyadaki ve Türkiye'deki enerji etkin yapı tasarım örnekleri kapsamında incelemiştir.

Doğru (2012), "Yeşil Binaların Bütüncül Enerji Verimliliği Yaklaşımı Nedir?" adlı makalesinde binaların yaşam döngüsü boyunca bütün destek sistemleriyle enerji verimli olması gerektiğini ortaya koymuş, yeşil binalar ile ilgili atılması gereken adımların üzerinde durmuştur.

Engin (2011), "Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma" adlı makale çalışmasında, rüzgar ve güneş enerjisinden pasif sistemler aracılığı ile faydalanarak oluşturulan doğal havalandırmanın öncelikle yapılarda baca etkisi oluşturularak kurulan sistemleri ele almıştır. Pasif iklimlendirme hedefine ulaşmak için yapılarda gerçekleştirilen baca etkisinin enerji verimliliği açısından önemi, geçmişten günümüze kullanım şekilleri, farklı uygulama örnekleri ile anlatılmıştır.

Ferdos Moazzen (2015), "An approach for cost optimum energy efficient retrofit of primary school buildings in Turkey" adlı çalışmada enerji etkinliğine yönelik iyileştirme üzerine bir yaklaşım benimsemiştir. Türkiye'de ilköğretim okulları vaka çalışması olarak belirlenmiş ve maliyet analizi gerçekleştirmiştir. Tez çalışmasından ilköğretim okullarında gerçekleştirilen iyileştirme analizi ve istatistikler konusunda faydalanılmıştır.

İnanıcı (1996), "Türkiye'nin iklim koşulları farklı beş ilinde pasif güneş ısıtmalı bina elemanlarının ısısal performans açısından optimizasyonu" Türkiye'nin beş ilindeki konutlar için ısısal performans bakımından etkili olan optimum bina en/boy oranlarını ve güney pencere boyutlarını saptamaktadır. Mimarlar tasarımı sürecinde yardımcı olacağı düşünülen bu optimum değerler bir parametrik çalışmanın sonucunda elde edilmiştir.

İvriz (2009), "Performance based business model of energy efficient intelligent buildings" adlı çalışmada tasarım aşamasından işletme aşamasına kadar olan süreçte

enerji etkinliğini sağlayabilmek için bir model geliştirmiştir. Tez çalışmasında sürecin aktif ve pasif sistem girdileri incelenmiştir.

Keleş ve Kaya Keleş (2018), “İnşaat sektöründe kullanımı artan bilgisayar yazılımları ve bilgi teknolojilerinin irdelenmesi “ adlı çalışmada, inşaat sektöründe kullanımı artan bilgisayar yazılımları, bilgi teknolojileri ve uygulamaları incelenmiş, bu konudaki gelişmeler açıklanmış ve örnekler verilmiştir. Tez çalışmasında, söz konusu kaynaktan bilgi teknolojilerinin kullanım istatistikleri konusunda faydalanılmıştır.

Keskin (2010), “Binalar Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu, Türkiye’nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı’nın Geliştirilmesi Projesi” adlı proje çalışmasında, iklim değişikliğine sebep olan olgulardan bahsetmiş, alınacak önlemler ile elde edilmesi muhtemel tasarruf analizleri yapılmış ve bir eylem planı oluşturmuştur. Tez çalışmasında, söz konusu kaynaktan tasarruf analizleri ve istatistikler konusunda faydalanılmıştır.

Koca (2006), “Sıcak Kuru Ve Sıcak Nemli İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Yerleşme Ve Bina Tasarım İlkelerinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşım” adlı tez çalışmasında, iklimsel değişkenlerle bağlantılı olarak yapı tasarımına veri olacak prensiplerin iklimlendirme enerjisi korunumu bakımından incelemenin ve bu mantıkla mimarların tasarımlarını biçimlendirmesinin önemi üzerinde durmuştur. Bu çalışmada sıcak kuru ve sıcak nemli iklim bölgelerinde enerji verimli yapı tasarım sürecine iklimsel verilerin rolünün yansıtılmasına ve prensiplerin belirlenmesine ilişkin yaklaşım etüd edilmiş ve konuyla ilgili bilgi toplanılarak karşılaştırma yapılmıştır.

Ofluoğlu (2009), “Yapı bilgi modelleme: yeni nesil yazılımlar” adlı çalışmasında, güncel yazılımlar ve uygulamaları da içine alan kuramsal bir çerçevede yapı bili modellemesini bileşenleriyle incelemiş, diğer sayısal mimari tasarım ve projelendirme yöntemlerinden ne yönden farklı olduğunu göstermiştir.

Ofluoğlu (20014,2015), “Performansa Dayalı Mimari Tasarım” adlı çalışmalarında bina performansı kaynaklı tasarımın ana ilkelerini analiz alanları ve temel etüd değerleri kapsamında anlatmıştır. Küçük boyutlu bir bina veya mekansal ölçekte, onaylanan birkaç performans değişkenine göre bina performansı ve tasarım arasındaki bağın simülasyon araçları ile analiz edilmesini ve tasarımın iyileştirilmesini örnekler üzerinden incelemiştir.

Orhon ve ark.(1988), “Doğal iklimlendirme” adlı çalışmasında, Türkiye’yi iklimsel olarak sınıflandırmış, beş farklı bölge üzerinden doğal iklimlendirme verileri ortaya koymuştur. Yapılan sınıflandırma daha sonra birçok çalışmaya kaynak teşkil

etmiş, doğrulanması üzerine araştırmalar yapılmıştır. Tez çalışmasında da Türkiye iklim bölgeleri, söz konusu kaynak referans gösterilerek beş bölge olarak ele alınmıştır.

Özcan (2010), “Yapı Bilgi Sistemleri Ve Mimarlıktaki Yeri” adlı tez çalışmasında, tasarım süreçlerinde konvansiyonel bilgisayar destekli tasarım metodlarından, yapı bilgi modellemesine geçiş aşamasında, temel tasarım sürecinde test edilen adaptasyon süreci ve belirlenen eksiklikleri ortaya çıkarmıştır. Bu süreçte yaşanan zorlukları, süreci deneyimleyen bir grup katılımcıyla gerçekleştirilen anket yöntemiyle ortaya koymuş, sonuçlardan faydalanarak sistemin iyileştirilmesine yönelik önerilerde bulunmuştur.

Özüer (2012), “Binalarda enerji korunumunu sağlayan fiziksel çevre ölçütleri” adlı makalesinde enerji korunumu için çevresel etkilerin mimari tasarıma entegre edilmesi ile üretim aşamasında ortaya çıkacak problemlerin minimize edilmesine yönelik değerlendirmelere yer vermektedir.

Salah (2014), “ Investigation of strengths and weaknesses of 4D BIM software applications in managing construction projects” adlı çalışmada yapı bilgi modelleme sisteminin tarihsel gelişimini aktarmıştır. Teknolojinin geldiği son noktadaki dört boyutlu sistemler ile simülasyon programlarında çalışmalar yapılmış ve sonuçları proje yönetim sürecine entegre edilmiştir. Tez çalışmasında yapı bilgi modelleme sisteminin anlaşılması konusunda faydalanılmıştır.

Sav (2018), “The comparative performance assessment of dynamic shading devices for different climatic regions in Turkey” adlı çalışmasında, dinamik mimarlığın önemli bir bölümünü oluşturan dinamik gölge elemanlarının farklı koşullardaki performansını incelemiştir. Sonuç olarak Türkiye gibi yenilenebilir enerji potansiyelinin yüksek olduğu yerlerde enerji üretebilen sistemlerle entegre edilen dinamik gölge elemanlarının verebileceği olumlu sonuçları ortaya koymuştur. Tez çalışmasında, söz konusu kaynaktan dinamik mimarlıkta bilgi teknolojileri kullanımı üzerine faydalanılmıştır.

Schlueter ve Thesseling (2008), “Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages” adlı çalışmada performans hesaplamalarında çok disiplinli bilgiyi saklamak için bilgi modelleri oluşturma yeteneği üzerinde durmuştur. Erken tasarım evresinde performans hesaplamalarının yapılarak inşaa sürecine geçmeden önlemlerin alınabileceğini anlatmıştır. Sonuç olarak elde edilen performans endekslerinin grafiksel gösterimi yapılmıştır.

Soysal (2008), “Konut binalarında tasarım parametreleri ile enerji tüketimi ilişkisi” adlı tez çalışmasında, konut bloklarında yerleşim, kabuk U değeri, ekspozite duvar alanının pencere alanına oranı, kabuğun toplam ekspozite alanı, düşey bölgelemede cam balkon sistemlerinin tampon zon etkisi ve ısıtılmayan hacimlerin ısıtılan hacimlere ısıtma yükü getirisi gibi tasarım girdilerini etüd etmekte ve değerlendirmektedir. Bina enerji performans simülasyonu ECOTECT 5.5V programı ile gerçekleştirmiştir. Bilgisayar simülasyon programlarının, enerji etkinlik ilkelerinin belirlendiği kavramsal tasarım düzeyinde tasarımcıya ne derecede önemli geri bildirimler sağladığı ECOTECT programı ile değerlendirmiştir.

Sow (2016), “Adapting passive design strategies for sustainable urban development: A BIM model for Dakar” adlı çalışmada pasif tasarım stratejilerinin sürdürülebilir kentsel gelişime katkılarını incelemiştir. Yapı bilgi modelleme sistemi ile yürütülen çalışma Dakar şehrindeki kentsel dönüşüm örnekleri üzerinden incelenmiştir. Tez çalışmasında aylık ısıtma soğutma yük analizlerinin okunması konusunda söz konusu çalışmadan faydalanılmıştır.

Ulukavak Harputlugil (2014), “Bina Enerji Performansı Değerlendirme Araçları: Enerji Simülasyonları” adlı bildiri kapsamında, öncelikle enerji simülasyon programlarının genel tanımı yapılmış, farklı detay seviyelerindeki bazı programlar hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Bina enerji performansı yönetmeliklerinin genel esasları ile ülkemizde 2009 yılında yürürlüğe giren “Bina Enerji Performansı Yönetmeliği” incelenmiştir. Farklı kullanıcılar tarafından çokça kullanım imkanı bulmuş olan 6 simülasyon programının seviyeleri, yönetmeliğin gerekleri etrafında sorgulanmıştır. Sonuç değerlendirme, bu programların Türkiye’de kullanılabilirliğini göstermiş ve ulusal hesaplama metoduyla uyumlu sistemler için ihtiyaçların tanımlanmasını sağlamıştır.

Yılmaz (2005), “Akıllı Binalar Ve Yenilenebilir Enerji” adlı bildiride, enerji verimli akıllı yapılarda tasarım girdilerinin rolünü incelemiş ve yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin verimli kullanımı için bu girdilerin optimum değer aralıklarının belirlenmesinde uygulanması gereken metodları örnekler üzerinden değerlendirmiş ve Türkiye’den örnek olarak İş Kuleleri’nin enerji etkinliğinin sonuçlarından faydalanmıştır.

Yılmaz (2009), “Farklı iklim bölgelerinde bir ilköğretim tip projesinin enerji etkin geliştirilmesine yönelik uygulama örneği” adlı çalışmada, iklim bölgelerinde uygulanması gereken tasarım kriterlerini detaylı olarak anlatmış, ortaya koyduğu

önerileri ilköğretim okulu örneği üzerinden simülasyon programları ile desteklemiştir. Tez çalışmasında, söz konusu kaynaktan Türkiye’de farklı iklim bölgelerinin dağılımı ve ilköğretim okullarında yapılacak bir dönüşümün enerji verimliliğine katkıları konusunda faydalanılmıştır.

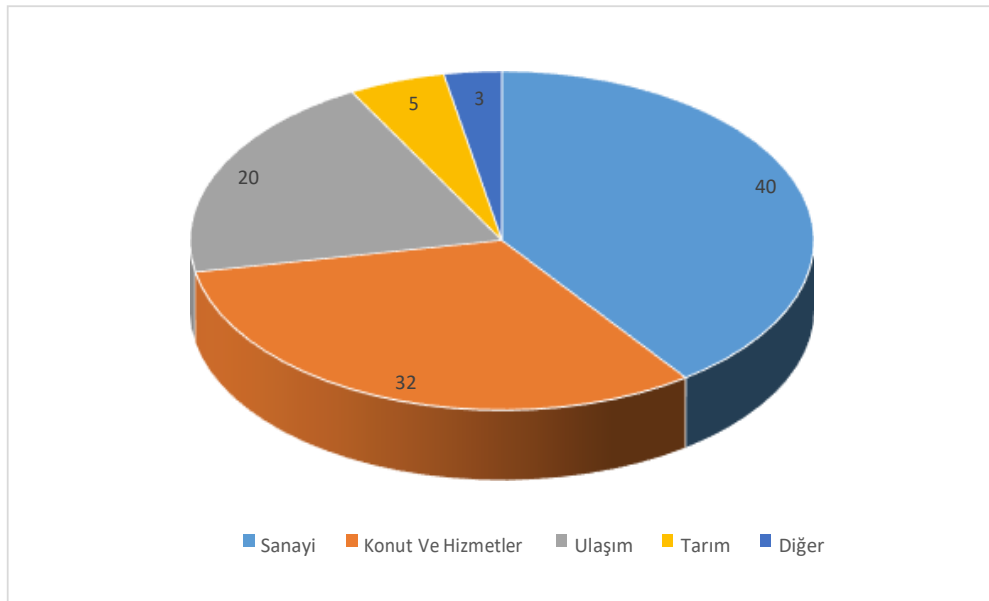


3. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

3.1. Enerji Etkin Yapı Tasarımı

20. yüzyılda fazla enerji tüketimi, kümülatif üretim ve ürünlerin hızlı bir şekilde tüketimi, doğal kaynakların azalmasına ve atık kitlelerinin meydana gelmesine neden olmuştur. Doğal kaynakların hızla yok olması ve ekolojik sistemin giderek kalitesinin azalması, gelecek nesillerin gereksinimlerine engel olmaksızın günün gereksinimlerini sağlayabilecek bir iyileştirme stratejilerini gündeme getirmiştir. Nüfus artışıındaki ivme ve sanayileşme süreci kapsamında artan enerji ihtiyacına cevap verebilecek detaylı bir enerji programlaması gerekmektedir. Hızla artan ihtiyaç karşılanırken çevreye zarar vermeyen enerji kaynaklarına kanalizasyon olmak önem arz etmektedir.

Dünyada toplam enerji tüketiminin önemli bir bölümü yapı sektöründen kaynaklanmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın raporlarına göre, Türkiye'de yapılaşma organizasyonları her yıl kullanılan enerjinin %35'ini tüketmektedir (Keskin, 2010) ve % 30 enerji tasarrufu potansiyeline sahiptir. Bu ülke için yaklaşık 2250 milyon dolar tasarruf sağlar (Ashrafian, 2016). Yaşam döngüsü boyunca çeşitli sebeplerle enerji tüketen yapı, tüketimin önemli bir bölümünü yapı içi konforu sağlamak üzere ısıtma, soğutma, havalandırma sistemleri için kullanmaktadır. En büyük problem ise harcanan enerjinin gaz, kömür, fuel-oil gibi fosil yakıtlar olmasıdır. Fosil yakıtların tüketimi ise karbondioksit ve diğer sera gazlarını açığa çıkarmasıyla, geleceğin en büyük tehditlerinden olan küresel ısınmaya neden olmaktadır. Artan enerji giderleri ve meydana gelen çevre kirliliği gibi etmenler toplumları enerji etkin yapılar inşa etmeye mecbur etmektedir (Engin, 2011).



Şekil 3.1.1. Türkiye'de enerji tüketiminin sektörel dağılımı (Bulut, 2014).

1973’lerde meydana gelen enerji bunalımı, özellikle enerji bakımından dışa bağımlı olan Avrupa ülkelerinde enerji stabilitesini ve enerji etkinliğini öne çıkartmıştır. Bu durum mevcut enerji kullanımını azaltmayı hedefleyen metodlara ve kendisini yenileyebilen, doğaya zarar vermeyen, doğada kendiliğinden meydana gelen alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasını ve yaygınlaştırılmasını sağlayan yöntemleri açığa çıkarmıştır. Bu ilerlemelerin beslediği yeni bir tasarım anlayışı olarak “Enerji Etkin Tasarım Yaklaşımları” farklı kullanıcılar arası uygulamalarda önemli bir yer tutmuştur.

Enerji etkin yapı tasarımı, mimari tasarım aşamalarında fiziksel çevre koşullarını dikkate alarak enerjiyi daha verimli kullanmaya yönelik tasarım yapılması olarak tanımlanabilir. Yapıya entegre aktif ve pasif sistemlerin oluşturularak ısıtma, soğutma, havalandırma, doğal aydınlatma gibi konularda yapı etkinliğini artırmaya ve enerjiyi verimli kullanmaya dönük tasarım ölçütlerinin belirlenmesi ve bu kapsamda mimari tasarımların iyileştirilmesi ve geliştirilmesini gerektirir (Dikmen, 2011). Enerji etkin tasarım, (İnanıcı, 1996) göre, yapıyı iklimsel koşullardan muhafaza eden ve/veya aktif sistemlerdeki ihtiyacı indirmek için iklimsel kuvvetleri uygulayan tasarım olarak tanımlanmaktadır.

Enerji etkin yapı tasarım süreci;

-Bütünleşik bir tasarım olması ve yapının her evresinde; tüm malzeme ve sistem seçimlerinde, kullanımı, bakımı, işletimi ve yönetiminde göz önünde bulundurulması;

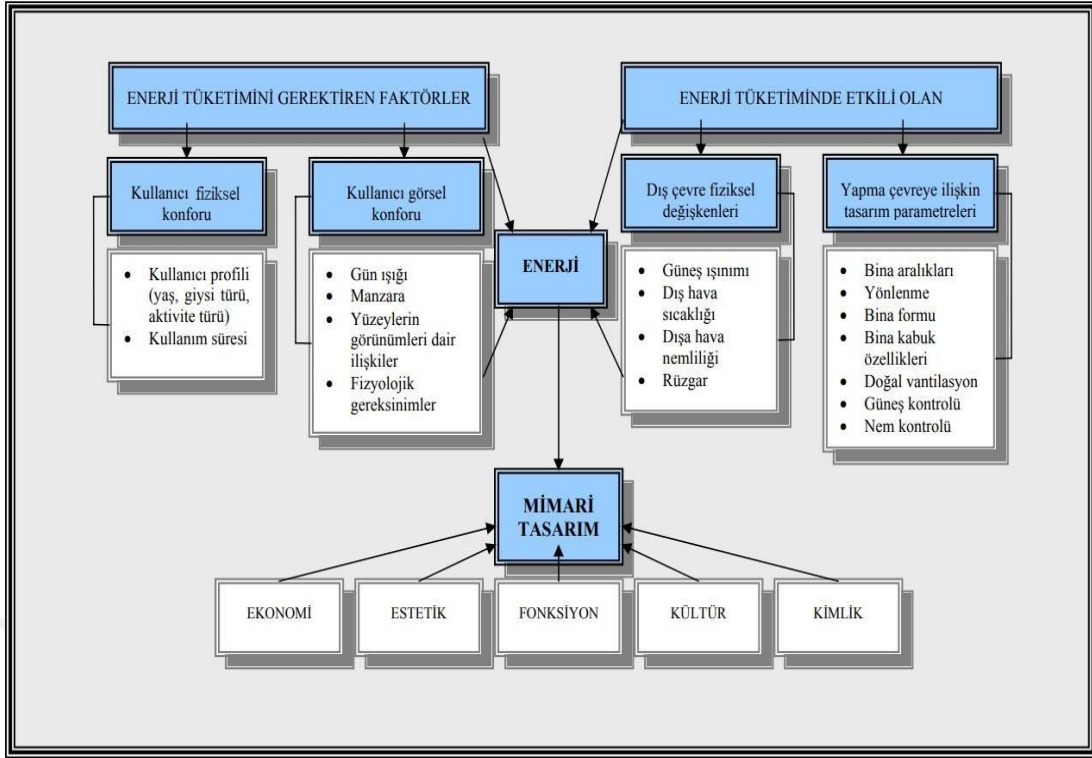
-Yapının sahip olması gereken özellikler azaltılmadan enerji tüketiminin bireysel ve toplumsal fayda sağlayacak şekilde azaltılması;

-Yapının bulunduğu çevreye aidiyetinin sağlanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve enerji korunum önlemlerinin alınması;

bakımından diğer tasarım süreçlerinden öne geçmektedir.

Binalarda enerji tasarrufunu sağlamak, önemli oranda iç - dış arasındaki ısı geçişini azaltmak, ısı kazanımını artırmak ve aynı zamanda iç ortam konfor gereksinimlerini karşılamaktır (Anonim, 2016a) .

Yapının, görsel ve fiziksel koşulları sağlamak üzere doğal kaynaklardan gerektiği kadar kullanmasını aynı zamanda en düşük düzeyde enerji harcamasını sağlayacak olan enerji verimliliğine etkiyen iklimsel veri değişkenlerini ve kullanıcı etkisini gösteren tablo şu şekildedir (Şekil 3.1.2.).

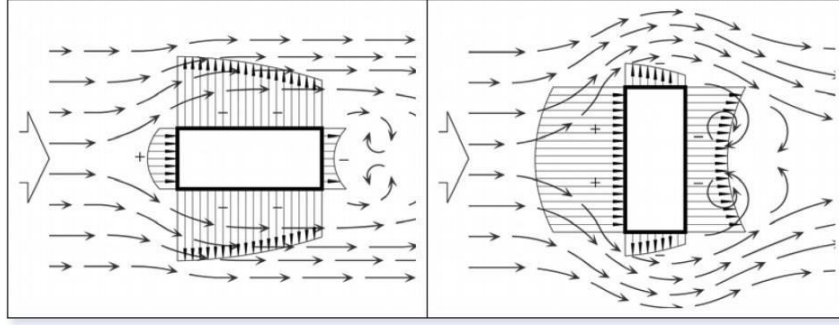


Şekil 3.1.2. Enerji verimliliğine etkiyen faktörler (Koca, 2006)

1-Yapıların yer seçimleri ve mikroklima denetimi temelinde, ısıtma, soğutma ve havalandırmanın pasif yöntemlerle sağlanarak iklimlendirmede aktif yöntemlere duyulacak ihtiyacı azaltmaktır. Direk yapının kümülatif enerji yönelimi ile de alakalıdır. Binalar kendilerine olan bağlantı yolları ile tasarımlarından başlayarak tüm hayat boyu faaliyetleri içinde enerji tüketimine sebep olurlar. Bu enerji tüketimi önemli ölçüde akaryakıt ve elektrik enerjisi şeklinde gerçekleşmektedir. Enerji etkin tasarımlar mevcut iyileşme süreci içinde ve kitlelerle bağlantılı olmaları durumunda daha az enerji tüketirler (Doğru, 2012). Tasarlanacak yapının yer ve yön seçim parametresinde aranan en önemli unsur ise, güneşin ısı ve ışıınımdan yararlanmak, olumsuz etkilerinden korunmaktır.

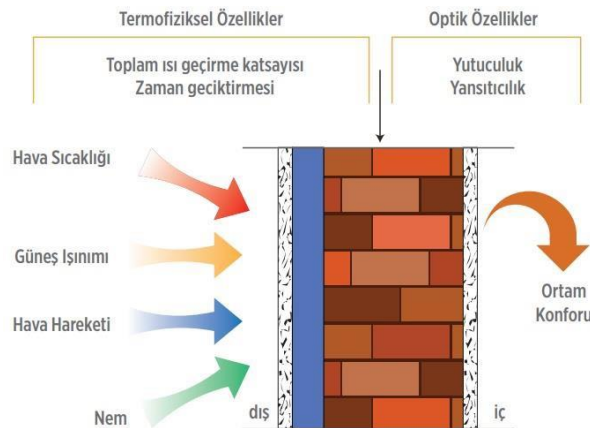
2-Yapının geometrisi ısı kayıp ve kazancına etkisi nedeniyle enerji etkinliğinde önemli değişkenlerden biridir. Yapının geometrisine ilave olarak yapı uzunluğunun derinliğine oranı, yüksekliği, çatı türü, eğimi, cephe ve pencere şekli gibi değişkenler ile alanı oluşturan yüzeylerin hacme oranları da enerji etkinliğine girdi oluşturabilir. Doğal aydınlatma için ince, uzun yapı tasarımı beklentilere cevap verebilir. Çatı alanı daha küçük olduğu için ince ve yüksek yapılarda ışıınımlı kaynaklı ısınma daha az olur. Yüzey alanı ve hacim arasında farkın az olduğu formlarda, küp veya yarım küre gibi, ısı kaybının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte yüksekliği fazla olan yapılar

4-Yapının, havalandırmayı doğal olarak elde etmesi ile ısıtma, soğutma, iklimlendirme maliyetleri hafifletilerek enerji tüketiminin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Yüksek düzeyde doğal havalandırma, yapının kısa aksının hakim rüzgara yönlendirilmesi ile sağlanabilir. Avlulu yapılarda ise avluyu hakim rüzgardan 45 derecelik bir açıyla konumlandırmak doğal havalandırmayı artıracaktır (Şekil 3.1.5.).



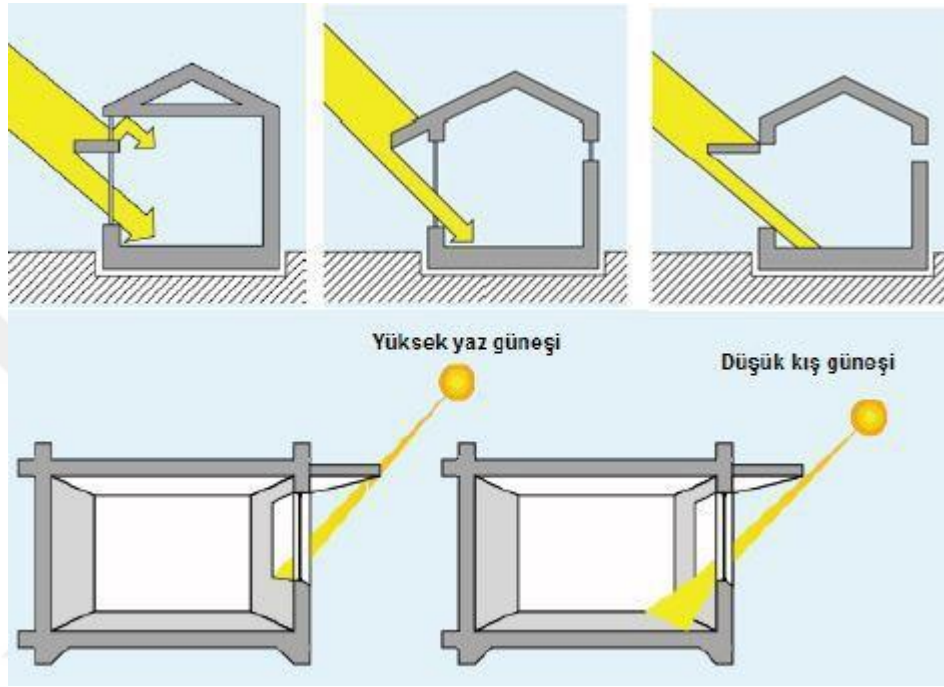
Şekil 3.1.5. Dış hava devinimi- Yapı konumlanışı ilişkisi (Balanlı ve Darçın, 2012)

5-Yapı kabuğunun ısı geçişini etkileyen optik ve termofiziksel özellikleri, örneğin yapının çatı ve düşey yüzey alanlarının artması enerji etkinliğini azaltabilir. Yapı kabuğunda yer yer sağır yer yer saydam alanlar oluşturulmalıdır. Bunu sağlayacak pencere ve açıklıklar, serinletici etkinin en yüksek olması gereken dönemlerde güneşin ısıtım ve ısıtımını önlemek için ve serinletici etkinin en düşük olması gereken dönemlerde ise güneşin ısıtım ve ısıtımından faydalanmak için güneye yönlendirilmelidir. Enerji ihtiyacının fazla olacağı iklim koşullarında kuzey yönünde dolu cephe ve peyzaj öğeleri, güney yönünde ısı kaybı düşük şeffaf yüzeyleri artırmak, enerji etkinliğine katkı sağlayacaktır. İklimlendirme kontrolünün daha zor olduğu doğu ve batı yönlerinde dolu yüzeylerin artırılması ve yapının doğu-batı ekseninde doğrusal konumlandırılması önemlidir (Şekil 3.1.6.).



Şekil 3.1.6. Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri (Anonim, 2016b)

6- Pencere gibi yapı öğelerinin boyutları ve fiziksel nitelikleri kadar, yapay aydınlatma sistemini meydana getiren yapı öğelerinin özellikleri, doğal aydınlatma kontrol sistemleri de enerji verimliliğini etkileyen unsurlardır. Görsel ihtiyaçların yapay aydınlatma ile giderildiği durumlarda hedef; gündüz günışığından aktif enerji yükünü arttırmayacak değişkenleri tasarıma entegre etmek olmalıdır. Gece saatlerinde ise enerji tüketimini en aza indirecek yapılar tasarlamak olmalıdır (Şekil 3.1.7.).



Şekil 3.1.7. Sabit gölgeleme sistemleri (Bulgurcu ve Özer, 2017)

Enerji verimli tasarım sağlamak için iki ana strateji vardır; pasif enerji stratejileri ve aktif enerji stratejileri. Pasif sistem tasarımında, enerji ihtiyaç duyulan alanlarda saklanır ve dolaştırılır. Pasif sistem tasarımı stratejilerine dayalı olarak tasarlanan bir binada, doğal aydınlatma, doğal havalandırma gibi etmenlerin doğru kanalize edilmesi gerekmektedir. Bunun yanında aynı prensiplerle çalışan ancak karmaşık sistemlerle dolaylı enerji girdilerine ihtiyaç olan tasarımlar da , aktif sistem stratejileri olarak ayrılır (İvriz, 2009). Deneysel çalışma kapsamında elde edeceğimiz sonuçlar arasında pasif ve aktif sistem stratejilerine yer verilmekle birlikte pasif sistem stratejileri öncelikli olacaktır.

3.2. Yapı Bilgi Modelleme

Günümüzde, farklı sektörlerde pek çok disiplini besleyecek çeşitli teknolojiler bulunmaktadır. Bu sektörlerden birisi de bilgi teknolojileri kullanımının ivme kazandığı inşaat sektörüdür. Bu teknolojiler, üç boyutlu grafiklerden bilgisayar destekli uygulamalara, tasarım yönetiminden yapı işletmesine kadar farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada inşaat sektöründe son yıllarda kullanılmaya başlanan yapı bilgi modelleme sistemi ile elde edilen bir analiz incelenecektir (Keleş ve Keleş Kaya, 2018).

Yapı bilgi modelleme sistemi, yapının görünür ve işlevsel niteliklerinin özümlemediği sayısal bir prototipin oluşturulma ve doğru kararlarla yönetilme sürecidir. Performans kriterlerinin form, malzeme ve teknik sistemler üzerindeki bağımlılıklarını değerlendirmek için, bina performans değerlendirmesinin tasarım sürecine sorunsuz bir şekilde entegre edilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşımda, çok disiplinli bilgiyi depolamak için bilgi modelleri oluşturma yeteneği, performans hesaplamaları için gerekli parametrelere erişmek üzere kullanılmaktadır (Schlueter ve Thesseling, 2008).

YBM tüm tanımlarından ayrı olarak, araştırma projemizin tüm yaşam döngüsü boyunca bilgi üretme, yönetme, aktarma ve görselleştirme yollarını geliştirerek AEC endüstrilerindeki gelişmeleri ve değişimleri vaat eden yeni bir teknolojidir (Salah, 2014).

Bu süreçte bina sanal ve fiziksel olarak iki kez inşa edilir. Sanal modele gerekli tüm veriler entegre edildikten sonra binanın uygulama aşamasında ortaya çıkacak problemler, çakışmalar, geri dönüşler belirlenmiş olur. Bu aşamada çözümlenen problemlerle zaman kayıpları ve maliyetler en aza indirilir.

3.3. Bina Performans Simülasyon Programları

YBM bir yazılım değil bir bilgi yönetim sistemidir ve bu sisteme göre hazırlanmış birçok yazılım-simülasyon bulunmaktadır. YBM sistemlerine göre oluşturulmuş yazılımlar, yapıların performansını hesaplayan simülasyon platformları hazırlamaktadırlar. Bu simülasyon ortamlarında kavramsal tasarım aşamasından başlayarak tasarımın performansı; fiziksel çevre ve yapı elemanı fiziksel ve termal özellikleri gibi bilgiler eklenerek dijital ve grafik çıktılarıyla analiz edilebilmektedir.

“Benzeşim” olarak da türkçeleştirilebilen simülasyon, kompleks bir yapının yalın bir modelini meydana getirerek, mevcut yapının hareketini öngörmek ve

çözümlemek üzere bu modeli kullanma süreci olarak tanımlanabilir (Ulukavak Harputlugil, 2014).

Bina performans simülasyonu, ihtiyacın belirlenmesi ile başlayıp sonuçların tasarım girdisini oluşturduğu, geri dönüşlerle desteklenen bir süreçtir ve aşağıda sıralanan adımlardan biri veya birkaçına sahiptir:

- Sorun, dizayn ihtiyaçlarının belirlenmesi,
- İhtiyaca uygun simülasyon yazılımının belirlenmesi,
- Yapının ve sistemlerinin mevcuda uygun, ilgili yapı öğelerine ve özelliklerine göre modellenmesi
- Modelin ölçümlemesi
- Gerekli şartların (fiziksel, görsel, akustik) tanzim edilerek simülasyonun ortaya çıkması,
- Değişkenler etkisiyle simülasyon sonuçlarının analizi,
- Çıktıların gerekli tasarım verilerine çevrilmesi (Anonim, 2016a).

Bütün aşamalar tamamlandıktan sonra ortaya çıkan sonuçlar doğru anlaşıldığı takdirde binanın performansının iyileştirilmesine yönelik farklı stratejiler geliştirilir. Böylelikle kullanıcıların ve binaların ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan tasarımlar ortaya çıkabilir.

Sistem yaygın olarak uygulandığında, simülasyon programlarındaki talepler daha da artacaktır. Talepler doğrultusunda sorunlar ortaya çıkacaktır. Çağdaş programlar, etkileyici bir dizi performans değerlendirmesi sunmak için donatılsa da, pratikte rutin kullanımına dair farklılar bulunmaktadır (Clarke, 2007). Mimari tasarım alternatiflerinin karşılaştırılması, enerji performans simülasyon programlarının temel faydasıdır. Son 30 yılda birçok farklı bina simülasyon aracı geliştirilmiştir. Simülasyon araçlarının kullanımı, model gerçekçiliği, girdi parametreleri, stokastik süreçler, simülasyon programı kabiliyetleri ve tasarım varyasyonları gibi çok fazla konuya değinmesi gereken oldukça zor bir süreçtir. Bu nedenle, ihtiyaç duyulan modelin farkında olmak ve proje için en uygun simülasyon aracını seçmek önemlidir (Sav, 2018). Bu çalışmada enerji simülasyonu için Autodesk Revit programı kullanılacaktır.

Bina enerji simülasyon araçlarını birbirine göre doğrulamak için birçok doğrulama testi gerçekleştirilmiştir. BESTEST (Bina Enerji Simülasyon Testi), ABD çevre koruma ajansı tarafından geliştirilen ve yürütülen geçerlilik testlerinden biridir. Test binalarından gerçek ölçümleri karşılaştırarak doğrulama testi yapmak da mümkündür. Mutlak değerler arasındaki farklar, dinamik yolcu kullanımı gibi iç yük

varsayımlarının sonuçlarıdır. Daha doğru sonuçlara ulaşabilmek için enerji simülasyon modelleri gerçek ölçümlerle kalibre edilmelidir (Bayram, 2015). Çalışmada ortaya çıkan Revit enerji analiz sonuçları da IEA tarafından her yıl açıklanan sayısal verilerin aralığında değerlendirilmiştir.

3.3.1. Autodesk revit enerji simülasyon programı

Resmi olarak herhangi bir dilde sözlük anlamına sahip olmayan Revit, “Revise Instantly” (anında gözden geçir) kelimelerinin bir araya getirilmesiyle oluşmuş bir sözcüktür. Revit yazılımı, üç boyutlu nesne tabanlı modeller kullanarak, analiz çıktıları ile birlikte, kullanıcılara tasarladıkları yapının çevreye etkisini tahmin etme imkanı sağlamaktadır. Yapının enerji tüketimi ve atık üretimini ölçmeye, aza indirmeye yarar. Dijital model üzerinden yapının ve dizaynların ortama etkisi, yapı mevcuda gelmeden önce belirlenebilmektedir.

Programın üç temel özelliği vardır:

1. Yapıyı tarifleyen bilgilerin saklandığı dijital bir bilgi tabanı ile çalışır.
2. Değişiklikler bu veri tabanında yapıldığı için, veri tabanından türetilen tüm belgelere (kesitler, analizler, vs.) yansır.
3. Tasarım süreci boyunca elde edilen tüm bilgiler, daha sonra kullanılmak üzere depolanır. Bu, sadece tasarımcının değil, yapının diğer kullanıcılarının da kullanabileceği bir veri deposudur (Özcan, 2010) .

Model oluşturulurken, kat planları, görünüş, kesit ve üç boyutlu görüntüler, akıllı nesneler aracılığı ile otomatik olarak veri tabanına işlenir. Böylelikle tasarımın ilk aşamasında bu verilere sahip olmanın yanında alan analizleri, metraj ve model içerisinde bulunan öğelere ait sayısal verilerin listesi çıkarılır. Tasarımın herhangi bir evresinde gerçekleştirilen değişiklikler tüm veri tabanına yansır.

Erken tasarım evresinde gerçek malzeme bilgisi girilip, güneş konumunu doğru ayarlayarak ışık analizleri yapılabilir. Modele ait kat bilgileri girildikçe brüt m² alan bilgileri elde edilebilir. Revit, yapı bilgi modeli sistemi ile erken tasarım evresinden uygulama aşamasına kadar proje bilgilerini saklar. Üretilen geometrilerin mevcut yapı modellerine çevrilmesini ve yapım süreci içerisinde doğru bilgilerle çalışılmasına yarar. Program, geometrinin tasarım sürecinde ve sonrasında tasarımcıya parametrik bilgilerden faydalanma ortamı hazırlayarak şekil üzerinde daha esnek ve kontrollü çalışılmasını sağlar. Parametrik yapı elemanları sayesinde, istenilen form istenilen detay seviyesinde oluşturulabilir. Bunlar model içerisinde kullanılacak bir tefriş ögesi

olabileceği gibi, duvarlar, kolonlar gibi temel yapı elemanları da olabilir. Programın kullanımı farklı bir yazılım dili veya kodlama bilgisi gerektirmez.

Metraj listeleri modele ait farklı bir görünümüdür. Oluşan her metraj listesi model ile direk ilişkilidir. Modeldeki revizyonlar metrajla doğrudan yansır. Metraj listelerinde formüller kullanılabilir, filtre araçlarından faydalanılabilir. Metraj çıktısında bir yapı elemanının modelde hangi öge olduğu bilgisine ulaşılabilir.

Programın detaylandırma araçlarından ve kütüphanesinden faydalanılarak, mevcut detay elemanları istenilen standartlara göre değiştirilebilir, özel detay elemanları oluşturulup kütüphaneye eklemeler yapılabilir. Model içerisinde çakışan elemanlar takip edilebilir. Fonksiyonel ve kolay ulaşılabilir Render sekmesinde ihtiyaç olan ayarlar yapıldıktan sonra istenilen kalite düzeyinde ve hızlı görsellerin çıktısı alınabilir. Gelişmiş veri tabanı farklı disiplinlerle aktif paylaşım olanağı sağlar. Böylelikle özellikle uygulama projesi aşamasında disiplinler arası koordinasyon sağlıklı bir şekilde yürütülebilmektedir.

3.3.1.1. Autodesk revit enerji simülasyon programının kullanımı

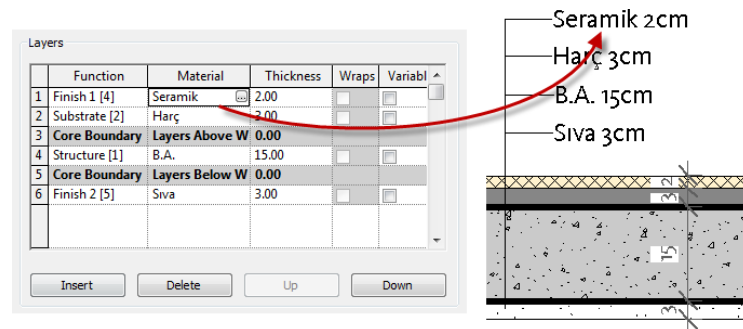
Autodesk Revit Enerji Analizi eklentisi yardımıyla, tasarımlar analiz edilebilmekte ve yapıların enerji etkinliği artırılabilir. Tasarım alternatiflerinin enerji ve yaşam döngüsü maliyetleri karşılaştırıp, daha sürdürülebilir tasarımlar oluşturmaya yardımcı olan bilinçli kararlar verilebilmektedir.

Revit'te analizlerin gerçeği yansıtması için, bina modelinin doğru oluşturulması gerekir. Akıllı nesnelerin parametreleri ve malzemeler programa ayrıntılı bir şekilde işlenmeli, programın yanlış, eksik sonuç vermesi engellenmelidir (Şekil 3.3.1.1.1.,2.).

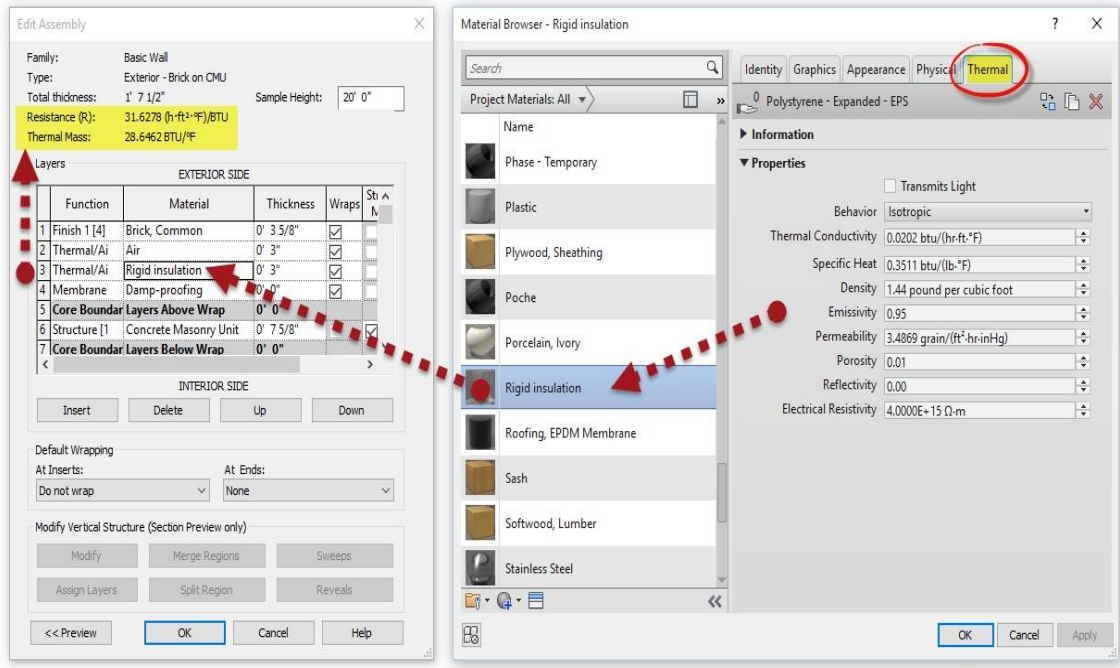
Revit enerji analizi için izlenmesi gereken adımlar;

1. Revit'te model oluşturulur.

Model, kavramsal kitleler, yapı elemanları ya da her ikisinden oluşabilir.



Şekil 3.3.1.1.1. Yapı elemanlarının katmanlarının oluşturulması



Şekil 3.3.1.1.2. Katmanların kimlik, grafik, görünüm, fiziksel ve termal özelliklerinin belirlenmesi

2. Analze sekmesinden Energy Setting ile enerji ayarları tanımlanır.

-Genel parametreler,

Bina tipi, konumu, plan düzlemi

-Detaylı model parametreleri,

Çıktı kategorisi, çıktı düzeyi, termal özelliklerin dahil edilip edilmeyeceği, proje fazı

-Enerji modeli parametreleri,

Analiz modu, kavramsal yapı (modelde kullanılan elemanların yapılarının detaylandırılması)

-Enerji modeli-yapı malzemeleri parametreleri,

Yapının günlük kullanım aralığı, kullanılan ısıtma-soğutma-havalandırma sistemi, dış ortam bilgileri başlıkları altındaki ayarlar karşılık değerlerine göre tanımlanır. En azından yapı türü, yeri ve analiz modu belirtilip, diğer ayarlar için varsayılan değerler kullanılabilir.

3. Analyze sekmesinden Show Energy Model ile son ayarlarla modelin nasıl görüldüğü görüntülenebilir.

4. Autodesk A360'da oturum açılır.

5. Analyze sekmesinden Run Energy Simulation ile analiz işlemi başlatılır.

6. Analize ve projeye bir isim verilir.

Bu adım Revit modelini bir analiz için Green Building Studio'ya gönderir. Analiz tamamlandığında program bir uyarı verir.

7. Analiz sonuçları, Sonuçlar ve Karşılaştır penceresinde görüntülenir.
8. Results and Compare ekranında analiz sonuçları incelenir. Settings penceresinden hangi verilerin görüntüleneceği ve Results sekmesinden de enerji analiz çıktı düzeyleri ayarlanabilir.

Tasarımdaki revizyonlar üzerinden ayrı analizler oluşturulup, seçilerek sonuçları Compare ile kıyaslanabilirler.



4. TİP İLKÖĞRETİM OKULU ENERJİ ANALİZ ÇIKTILARININ İNCELENMESİ: SANCAK İLKÖĞRETİM OKULU

4.1. İlköğretim Okullarında Enerji Etkinliğinin Önemi

İlköğretim okulları bireylerin toplumsal yaşantılarına dair ilk deneyimlerini edindikleri yerlerdir. Okullarda verilen eğitim ve öğretimin yanı sıra okulun konumu, mekânsal ve yapısal özellikleri de kişilerin gelişiminde etkili olmaktadır. Gelişmişlik endeksinin bilgi sermayesi kriterine bağlı olduğu günümüzde de, eğitimin sürekliliği gün geçtikçe ön plana çıkmaktadır. Bunun sonucu olarak eğitim yapılarına daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır (Yılmaz, 2009). Milli Eğitim Bakanlığı 2017/2018 örgün eğitim istatistiklerine göre Türkiye’de 24.367 ilköğretim okulu, 297.176 öğretmen, 5.104,599 öğrenci bulunmaktadır. Bu istatistiklere göre Türkiye nüfusunun dörtte biri, zamanının önemli bir kısmını okullarda geçiriyor. Bu da okul binalarının yüksek enerji verimliliği ve çevre kalitesi konularında büyük bir öneme sahip olduğunu göstermektedir (Ferdos Moazzen, 2015).

Doğru bir enerji yönetim süreci sadece okullardaki enerji kullanımını indirgemeyi değil aynı zamanda okul kullanıcıları olan öğretmen ve öğrencilerin fiziksel, görsel, akustik konfor koşullarının da optimumda olmasını hedefler (Abusamhadana, 2017).

Eğitim yapılarının çevreye duyarlı, eğitim kalitesini artırmayı ve kullanıcıların sağlığını korumayı hedeflemesiyle; çevrenin, kaynakların ve enerjinin korunmasına katkısı, kullanıcıların başarı düzeylerini arttırması, tasarım aracılığıyla toplumsal normları beslemesi, sağlam, güvenli yapılar oluşturması ve enerji etkinliği kavramını gelecek nesillerle paylaşabilmesi bakımından önem kazanmaktadır. Eğitim yapılarındaki bu farkındalık; yaşam döngüsü boyunca düşük işletme maliyeti, başarılı öğrenci sayısının artması, artan öğretmen performansı, yapı ömrünün uzaması ve çevreye karşı olumlu tavırlar sergilemesi gibi etkiler oluşturmaktadır.

İlköğretim okullarında uygulanacak enerji etkin yapı, çevre, dönüşüm algısı; bu yapıların yaygınlığı, kamusal bir yapı çeşidinin kullanıcıya örnek olması ve genç bireylere öğretici olması bakımından önceliklidir. Dolayısı ile ilköğretim yapıları, enerji hassasiyetini kamu bilinci haline getirmek için ilk ele alınması gereken yapılardır.

4.2. Sancak İlköğretim Okulu Ve Enerji Analiz Çıktılarının İncelenmesi

Çalışma alanı olarak Konya ili Selçuklu ilçesinde bulunan Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından projelendirilip uygulanan tip 32 derslikli, kapalı alanı 4.500 m² bir ilköğretim okulu olan Sancak İlköğretim Okulu seçilmiştir. Bu tip proje, ülkenin

ihtiyaç olan her bölgesinde Milli Eğitim Bakanlığı tarafından uygulanmaktadır. Proje, bodrum kat dahil olmak üzere toplam dört kat ve çatı arasından oluşmaktadır. Binanın geniş aksı kuzey-güney yönüne kısa aksı doğu-batı yönüne gelecek şekilde yerleşmiştir (EK-1,EK-2,EK-3,EK-4).

Proje revit programına aktarılırken enerji analizinin doğru şekillenebilmesi için mimari, statik ve mekanik projeleri, verilen tüm detaylar incelenip, yapı elemanlarının katmanları termal ve fiziksel özellikleriyle beraber gerçek değerleriyle oluşturuldu. Planlar bu yapı elemanlarıyla oluşturulurken aynı zamanda kesit, görünüş, üç boyutlu modelleme de hazırlanmış oldu. Modelleme tamamlandıktan sonra enerji analiz sonuçlarını elde edebilmek için yukarıda bahsetmiş olduğumuz aşamalar kaydedildi. Konum olarak Konya, yapı türü olarak okullar, termal özellikler dahil olarak tüm bina parametreleriyle, günün 8 saati kullanılacak şekilde ayarlar yapıldı. Analiz sonucunda elde edilen çıktılar aşağıda incelenmiştir.

4.2.1. Yapı performans faktörleri

Bu tablo analiz edilen modelin enerji tüketimini etkileyen başlıca faktörleri özetler. Bunlar;

- Konum,
- Analizde ihtiyaç duyulan verilerin alındığı meteoroloji istasyonun bilgisi,
- Bina taban alanı,
- Dış ortam temaslı duvar alanı, (Analiz edilen modelin net duvar alanı (brüt duvar alanı, eksi açıklıklar)).
- Ortalama aydınlatma gücü,
- Bina genelinde, kapalı alan başına elektrik enerjisi veren Watt ortalaması.
- Kullanıcı,

Doluluk yoğunluğu (meşgul alanın alan başına kişi sayısı) analiz edilen modelin enerji kullanımını 2 şekilde etkiler:

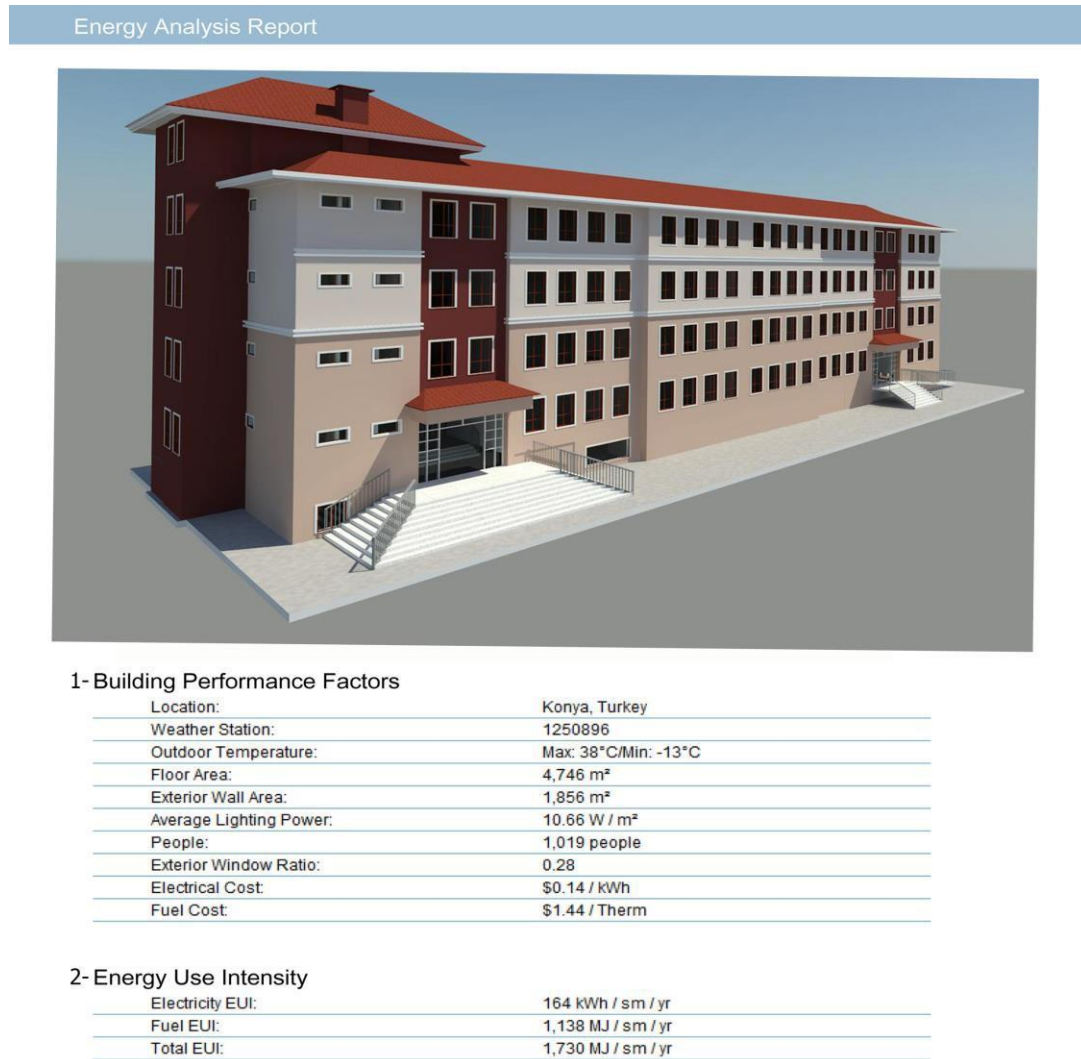
Kullanıcıların birleşik vücut ısısı soğutma yükünü artırır ve ısıtma yükünü azaltır.

Havalandırma oranları doluluk yoğunluğuna göre hesaplanmaktadır. Dışarıdan havanın binaya girmesi insan konforu ve sağlığı için gereklidir. Mekanik sistemler tarafından sağlandığı zaman havalandırma, havayı sirküle etmek için fan enerjisi ve havayı düzenlemek için enerjiyi ısıtma ve / veya soğutma gerektirir. Havalandırma hava miktarının değiştirilmesiyle oluşan enerji etkisi, binanın türüne, iklimine ve yılın zamanına bağlı olarak faydalı veya zararlı olabilir.

- Pencere oranı, (Pencere alanının brüt duvar alanına oranı)
- Kullanılan elektriğin kw/h fiyatı
- Kullanılan yakıtın metreküp fiyatı

4.2.2. Enerji kullanım şiddeti

Enerji kullanım şiddeti (Şekil 4.2.1.1.,4.2.2.1.), kat planında metrekare başına düşen enerji ihtiyacıdır. Bina tipi, iklim ve bina büyüklüklerine göre çeşitlilik gösterir. ABD çevre koruma ajansının her yıl düzenlediği bina tipine göre enerji kullanımı tablosundan kıyaslamalar yapılarak enerji kullanımının optimum şartları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilebilir.



Şekil 4.2.1.1.,4.2.2.1. Enerji analiz sonuçları-1

4.2.3. Hayat boyunca enerji kullanım maliyeti

Bu tablo (Şekil 4.2.3.1), binanın ömrü boyunca tahmini enerji kullanımı ve maliyetini özetler. Ortalama ömür 30 yıl olarak varsayılmaktadır (Çizelge 4.2.3.1.).

Çizelge 4.2.3.1. Hayat boyu enerji parametreleri

Parametre	Açıklama
Yaşam Döngüsü Elektrik Kullanımı	Analiz edilen modelin 30 yıllık bir süre boyunca ne kadar elektrik kullanabileceğine ilişkin bir tahmin.
Yaşam Döngüsü Yakıt Kullanımı	Analiz edilen modelin 30 yıllık bir süre zarfında ne kadar yakıt kullanabileceği tahmini.
Yaşam Döngüsü Enerji Maliyeti	Analiz edilen modelin 30 yıllık bir süre zarfında ne kadar enerji tüketeceği tahmini.

4.2.4. Yenilenebilir enerji potansiyeli

Binanın gereksinimi olan enerjinin bir bölümünü arazide yenilenebilir enerji kaynaklarından temin etmek üzere çıkarılan sonuçta, çatıya ankre edilebilen fotovoltaik sistem ve rüzgar gülünden enerji elde edilmesi değerlendirilmiştir. Tablo (Şekil 4.2.4.1), PV sisteminin güneş ışığını elektrığe dönüştürme yeteneğini yansıtan 3 farklı verim seviyesi sunmaktadır. Rüzgar enerjisi potansiyeli, yatay eksen tasarımının 15 metrelik bir rüzgar türbininden üretilen yıllık elektrik miktarına dayanarak hesaplanmaktadır. Tahmin, hava verilerinin koordinatlarında bulunan kesme rüzgarlarını saatte 6 mil ve 45 mil (mil / saat) olarak kullanıyor.

Analizimizin sonuçlarına göre yıllık enerji tüketiminin 1,301 kw/h kısmını arazide oluşturulan rüzgar gülleri ile, yıllık enerji tüketiminin 218,079 kw/h kısmını ise çatıya kurulan fotovoltaik sistem ile elde edebiliriz. 1 kw/h enerji üretebilen bir güneş paneli maliyeti yaklaşık 2450 Euro olup yılda 420,5 Euro enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Bu durumda 1 kw/h enerji üretebilen güneş paneli 5,8 yılda kendi maliyetini karşılayabilmektedir(Anonim, 2010).

4.2.5. Yıllık karbon emisyonu

Bu grafik (Şekil 4.2.5.1.), analiz edilen modelin enerji tüketimiyle ilişkili tahmini CO₂ (karbondioksit) salınımını özetler. Projelerin CO₂ emisyonlarını hesaplamak için Autodesk, CARMA (Carbon Monitoring for Action) verilerini kullanmaktadır.

CO₂ emisyonu karbon içerikli yakıtların (fosil yakıtlar: petrol, doğal gaz, kömür vb) yanması sonucu meydana gelen karbondioksitin atmosfere karışmasıdır. CO₂ hava kalitesini olumsuz etkiler ve atmosferde yükselerek sera gazı etkisine yol açar. Sera gazı etkisi; yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarının uzaya çıkmadan dünyaya geri dönmesiyle yerkürenin sıcaklığını artırmasıdır. Bu nedenle enerji etkin yapı üretiminde sıfır karbon emisyonu hedeflenmektedir. CO₂ dışındaki farklı gazlar da (metan,

karbonmonoksit, azot oksitler) benzer etkiler göstermekte ve bunların etkisi de CO₂ ile aynı ölçüde değerlendirilmektedir.

Bir proje için emisyon verileri, yerinde yakıt kullanımı ve bölgedeki elektrik için yakıt kaynakları üzerine kuruludur. Örneğin, kömürle çalışan elektrik santrallerine sahip bir bölgede bulunan bir proje, elektrik santrallerinin hidroelektrik ile güçlendirildiği bir bölgede bulunan aynı projeye göre kilowat saat elektrik tüketimi başına daha yüksek CO₂ emisyonuna sahiptir.

Çizelge 4.2.5.1. Yıllık karbon emisyonu parametreleri

Parametre	Açıklama
Enerji Kullanımı	Analiz edilen model için elektrik ve yakıt tüketimi için tahmin edilen yıllık CO ₂ emisyonları.
Enerji Üretimi Potansiyeli	Elektrik şebekesinden güç elde etmek yerine, yenilenebilir enerji kullanarak projeden potansiyel olarak çıkarabileceğiniz ton karbonu temsil eden negatif bir sayı. Bu değer, iklimine ve geometrisine dayanan, proje için Çatı PV Potansiyeli (güneş enerjisi) ve Rüzgar Türbini Potansiyeli (bir türbin) yerinde yenilenebilir potansiyel içermektedir.
Net CO ₂	Projenin enerji tüketiminden kaynaklanan toplam CO ₂ emisyonu, eksi Enerji Üretim Potansiyeli.

Analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre yıllık elektrik kullanımından kaynaklı tüketim 336 metrik ton doğalgaz kullanımından kaynaklanan tüketim 266 metrik ton, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalandığı zaman kazanılabilecek enerji 95 metrik tondur. Toplamda yılda 507 metrik ton CO₂ emisyonu ortaya çıkmaktadır.

Yetişkin normal bir ağaç bir saatte ortalama 2,3 kg karbondioksiti emilimi yapar. Bu varsayıma göre projenin sıfır karbon stratejisini sağlayabilmesi için etrafına en az 85 adet ağaç dikilmesi gerekmektedir (Bahçeci, 2015).

4.2.6. Yıllık enerji kullanımı

Yıllık enerji maliyeti ve tüketim bilgileri (Şekil 4.2.6.1), bina enerji maliyeti karşılaştırmalarını ve erken tasarım kararlarını etkileyebilmektedir. Maliyetler, ülke genelindeki ortalama hizmet oranları kullanılarak hesaplanmaktadır.

Analiz sonuçlarına göre yıllık enerji kullanımının %34 ü elektrik enerjisi %66 sı doğalgaz enerjisi oluşturmaktadır.

Energy Analysis Report

3- Life Cycle Energy Use/Cost

Life Cycle Electricity Use:	23,149,554 kWh
Life Cycle Fuel Use:	160,451,766 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$2,457,654

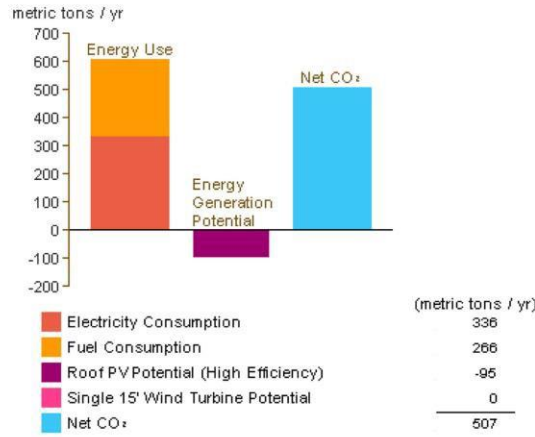
*30-year life and 6.1% discount rate for costs

4- Renewable Energy Potential

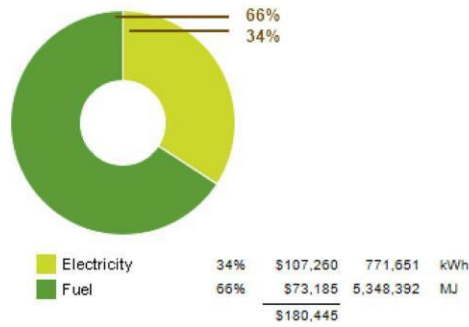
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	72,693 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	145,386 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	218,079 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	1,301 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

5- Annual Carbon Emissions



6- Annual Energy Use/Cost



Şekil 4.2.3.1.,4.2.4.1.,4.2.5.1.,4.2.6.1. Enerji analiz sonuçları-2

Doğalgaz tüketiminin (Şekil 4.2.6.2.), %12 sini sıcak su kullanımı ,%88 ini HVAC (ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme) sistem oluşturmaktadır. Çıkan analize göre sıcak su kullanımı için harcanan enerjiyi, güneş enerjisi ve alternatif sistemlerinin yapıya entegre edilmesi ile HVAC sisteminden kaynaklı harcanan enerjiyi, yapının doğal havalandırması ile azaltılabilir.

Elektrik tüketimin ise %43 ü HVAC sistemden , %28 i aydınlatma sistemlerinden, %29 u diğer kullanımlardan (donanım, bilgisayarlar, asansörler ve çeşitli cihazları içerir) kaynaklanmaktadır.

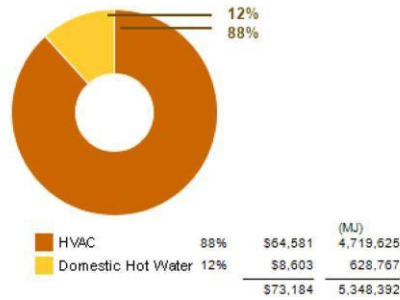
Bu analiz sonrasında enerji tüketiminin büyük çoğunluğunun HVAC sistemlerden kaynaklandığı görülmektedir.

4.2.7. Aylık ısıtma yükleri

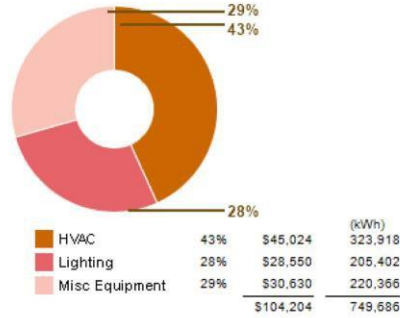
Grafikler (Şekil 4.2.7.1,4.2.7.2.), analiz edilen modele ait kümülatif ısıtma yüklerini aylık olarak gösterir. Projedeki ısıtma- soğutma yükünü azaltmak için kritik bileşenlerin belirlenmesine yardımcı olur (Sow, 2016).

Energy Analysis Report

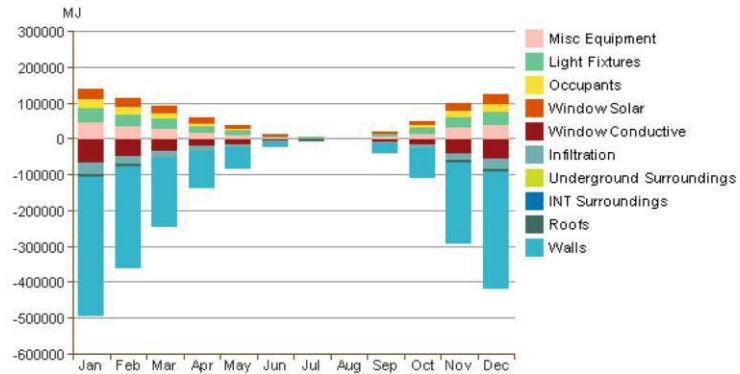
6 a- Energy Use: Fuel



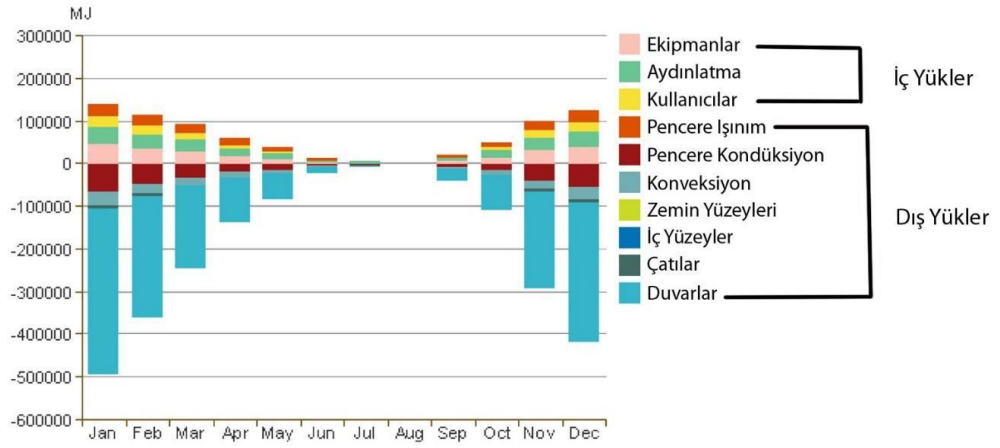
6 b- Energy Use: Electricity



7- Monthly Heating Load



Şekil 4.2.6.2.,4.2.7.1. Enerji analiz sonuçları-3



Şekil 4.2.7.2.,4.2.8.1. Aylık ısıtma-soğutma için iç ve dış yükler

Isısal yükler, kullanıcı konforu için ısısal dengeyi kurmak ve nemi ayarlamak üzere ısı enerjisi artıran veya azaltan yüklerdir. Dış ısısal yükler ve iç ısısal yükler olarak ikiye ayrılırlar.

Dış ısısal yükler;

1- Güneş, dış hava ortamı, nem gibi iklimsel girdilerin bina kabuğu yoluyla iç ortama ısı transferidir. Isı transferi çeşitli yollarla olabilir.

1.1- Bina çeperi yoluyla dış ortama veya iç ortama ısı geçişi,

1.2- Cam yüzeylere ulaşan güneş ışıını ile iç hacimlerin ısınması (doğrudan güneş ısı kazanımı),

1.3-Güneş ışığının yapının dolu yüzeylerini ısıtması (dolaylı güneş ısı kazanımı),

1.4 –Boşluklu yüzeylerden dış ve iç ortam arasında hava geçişi.

2- Dış ısısal yükler için dış katman malzeme seçimi, cephe kombinasyonu ve kabuğun geçirimsizliği önemlidir.

3-Enerji etkin pasif sistem tasarımı için ısının nereden kazanıldığı ve kaybedildiği önemlidir. Güneş kırıcı önlemlerle hava güneşli olduğunda ışıınımları binadan uzaklaştırmak, hava soğuk olduğunda bu ışıınımları binaya kazandırmak gereklidir.

İç ısısal yükler;

1- Bina kullanıcılarının,

2-Aydınlatmanın,

3-Ekipmanların (küçük ev aletleri, HVAC, ısıtma/soğutma sistemleri) sebep olduğu yüklerdir. Soğutma gereksinimini arttırır. Fiziki eylemlerin fazla olduğu, çok

kullanıcılı hacimlerde ortaya çıkan ısı yüksek olur. Bina tipi, kullanım amacı ve kullanım süreleri de iç ısısal yükleri etkiler.

Isıtma/soğutma yük grafikleri (Şekil 4.2.7.2,4.2.8.1.) iç ve dış ısısal yüklerin nerelerden kaynaklandığını gösterirler. Ortaya çıkan rakamlar kıyaslama üzerine olup, gerçekte kullanılacak enerji değildir. İç ısısal yükler, dış ısısal yüklerden fazlaysa soğutma yükü oluşturur. Dış ısısal yükler iç ısısal yüklerden fazlaysa ısıtma yükü oluşturur (Ofloğlu, 2014b).

Örnek analizde kaybedilen ısı kazanılan ısıdan fazla olduğu için mekânsal konfor için binanın ısıtılması gerekir. Grafikte, Ocak ayındaki en büyük negatif değer, Duvar İletimi' dir. Duvarlardan geçen iletimden kaynaklanan ısı kaybı, Ocak ayındaki en büyük aylık tek ısı talebini temsil eder. Bu nedenle, ısıtma yükünü azaltmak için duvarlara odaklanmalı ve yalıtım değerleri artırılmalıdır. Bununla birlikte, muhtelif ekipmanlar (fiş yükleri, bilgisayarlar, ofis ekipmanları vb. dahil) ısı talebini azaltır.

4.2.8. Aylık soğutma yükleri

Soğutma yük grafikleri de (Şekil 4.2.8.2.) ısıtma yük çizelgeleri gibi ısı kaybının hangi yapı elemanından ya da kullanıcılardan kaynaklı olduğunu gösterirler.

4.2.9. Aylık yakıt tüketimi

Bu analiz (Şekil 4.2.9.1.) ile fiziksel gereksinim koşullarını elde etmek için HVAC sistemi dahil yapıda tüketilen enerji miktarı belirlenmektedir. Aktif enerji yüklerini anlama, pasif sistemlerde yararlanma ve arazide enerji üretimini, enerji tüketimini ve HVAC hesabını etkiler.

Aylık yakıt tüketim çizelgeleri ile hangi aylarda ne kadar enerji tüketildiğine dair detaylı bilgi elde edilebilmektedir.

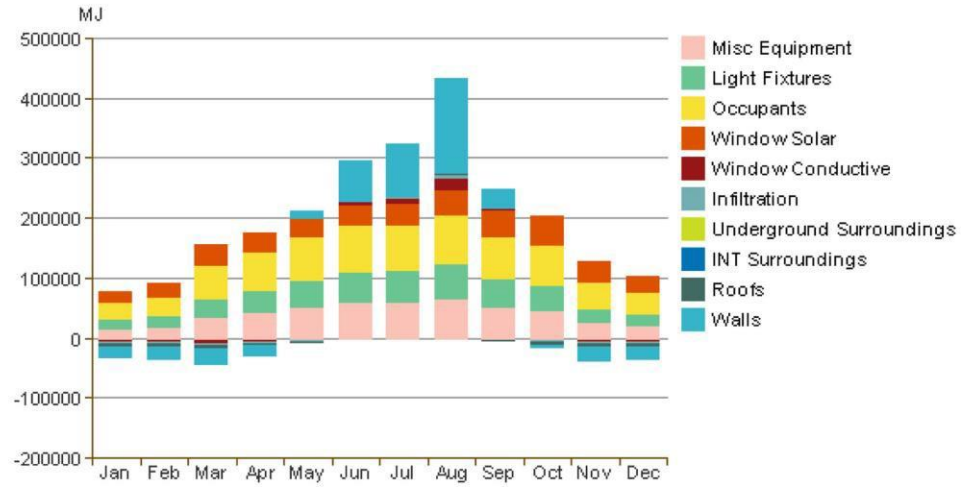
4.2.10. Aylık elektrik tüketimi

Bu analiz (Şekil 4.2.10.1.) ile fiziksel gereksinim koşullarını elde etmek için HVAC sistemi dahil yapıda tüketilen enerji miktarı belirlenmektedir. Aktif enerji yüklerini anlama, pasif sistemlerde yararlanma ve arazide enerji üretimini, enerji tüketimini ve HVAC hesabını etkiler.

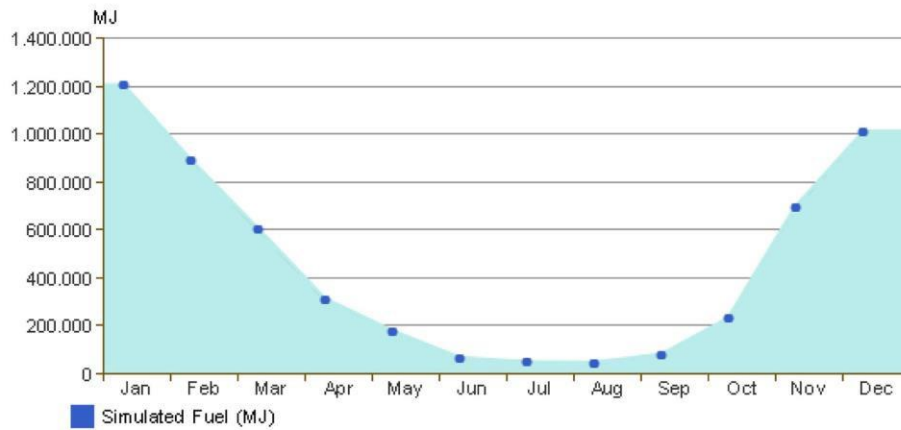
Aylık elektrik tüketim çizelgeleri ile hangi aylarda ne kadar enerji tüketildiğine dair detaylı bilgi elde edilebilmektedir.

Energy Analysis Report

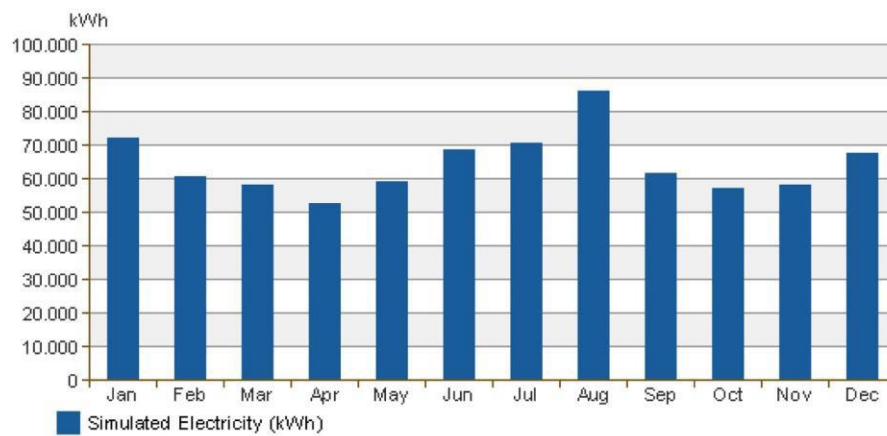
8- Monthly Cooling Load



9- Monthly Fuel Consumption



10-Monthly Electricity Consumption



Şekil 4.2.8.2.,4.2.9.1.,4.2.10.1. Enerji analiz sonuçları-4

4.2.11. Yıllık- aylık rüzgar gülü

Rüzgar, basınç farklılıklarından meydana gelen, fiziksel etki açısından kontrolü önemli bir iklim öğesidir. Yılmaz'a (Yılmaz, 2005) göre rüzgarın fiziksel açıdan basınç, hareket açısından titreşim; çevresel açıdan sağlık; konfor açısından ise ısı transferi, kirlilik ve gürültü, yağmur ve hava sızıntısı gibi etkileri bulunmaktadır. Bu nedenlerle rüzgar, tasarım aşamasında olumsuz etkilerinden korunmak, olumlu etkilerinden faydalanmak üzere dikkate alınmalıdır (Özüer, 2012).

Havada serbest olarak bulunan rüzgar enerjisi de, rüzgar düzeniyle ilişkili olarak geliştirilen sistemlerin boyutlarıyla orantılı olarak elde edilmektedir. Aktif bir enerji sistemi olsa da hem dönüştürme tekniklerinin ucuzluğu, hem de sistemlerin montaj ve işletme kolaylıkları bakımından önem arz eden bir enerji üretim dalıdır (Bozkurt, 2008).

Revit programı aracılığıyla elde ettiğimiz rüzgar gülü (Şekil 4.2.11.1.) ve rüzgar frekansı analizleriyle (Şekil 4.2.11.1.,4.2.11.2.) ;

- 1- Arazi için hakim rüzgar yönünü öğrenebiliriz.
- 2- Rüzgar şiddetinin ortalama ve en yüksek hız değerini Beaufort ölçeğinde anlayabiliriz.
- 3- Arsa boşken bir simülasyon yaparak, varsa mevcut sorunları anlayabiliriz.
- 4- Yeni tasarlanan binanın mevcut rüzgar etkisini iyileştirip iyileştirmediğini test edebiliriz.

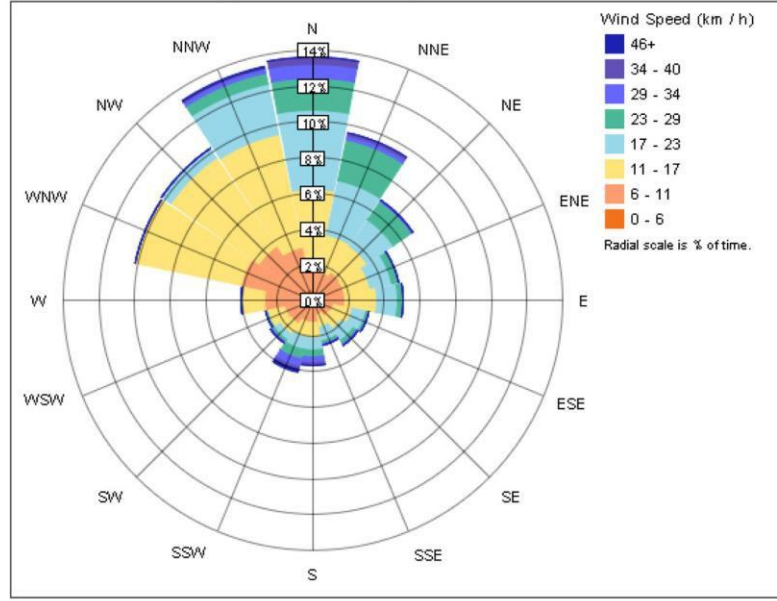
Rüzgar gülü diyagramı rüzgarın belirli yönde ve hızda esme sıklığını gösterir. Turuncudan koyu maviye doğru giden renk değişimi rüzgar şiddetini göstermektedir. Sayısal veriler Beaufort skalası (EK-5) ile değerlendirilir. Beaufort rüzgar skalası, rüzgar hızını sakinden (0 kuvvetinden), kasırgaya (12 kuvvetine) kadar derecelendiren bir standarttır. Her bir derece, rüzgarın kuvvet aralığına, hızına göre yüzey özellikleri ile birlikte çevrede oluşturacağı etki sınıfını gösterir.

Çıkan analiz sonuçlarına göre;

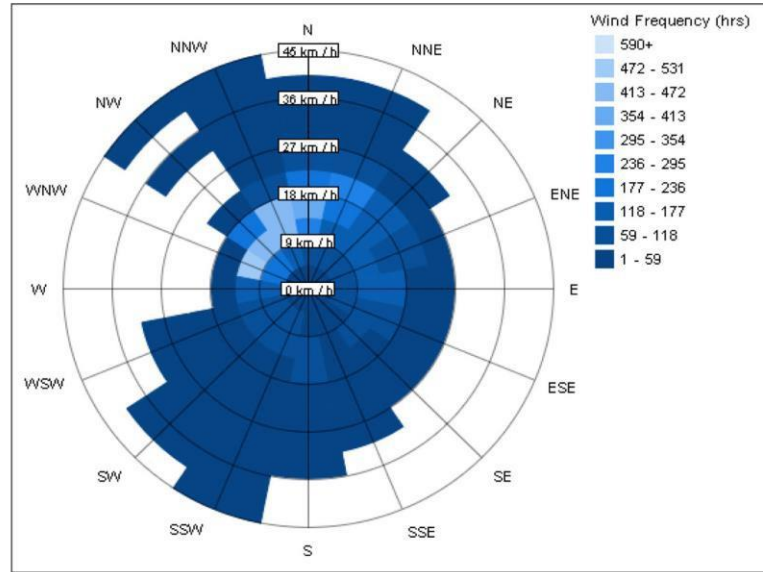
Hakim rüzgar yönünde dar cephe oluşturularak soğutucu rüzgar etkisi azaltılabilir. Aylık rüzgar yön ve şiddetlerine göre seçilip kullanılan ağaçlar, soğuk havalarda olumsuz rüzgarların etkisini, sıcak havalarda gölgeleme yaparak soğutma yükünü azaltabilirler.

Energy Analysis Report

11- Annual Wind Rose (Speed Distribution)



11a- Annual Wind Rose (Frequency Distribution)



Şekil 4.2.11.1. Enerji analiz sonuçları-5

Rüzgardan korunma için önlem olarak;

-Dikdörtgen forma sahip yüksek yapılaşma, yüksekliği ve rüzgar yönünde oluşturduğu yüzey alanı sebebiyle en problemli yapı tipidir.

-Dairesel veya çok kenarlı yapılar bina etrafında rüzgar akışını daha olumlu sağlayarak minimal aşağı akım etkisi oluştururlar.

-Çevre bina yükseklikleri aynı hizada tutularak rüzgar yönünde oluşturulan yüzey alanı azaltılır.

-Binada oluşturulacak balkonlar, saçaklar ve geri çekmeler rüzgarın aşağı akım etkisini azaltır.

-Zemin üst kotunda düşük seviyelerde çıkmaların olması rüzgarı yaya hizasından uzaklaştırır.

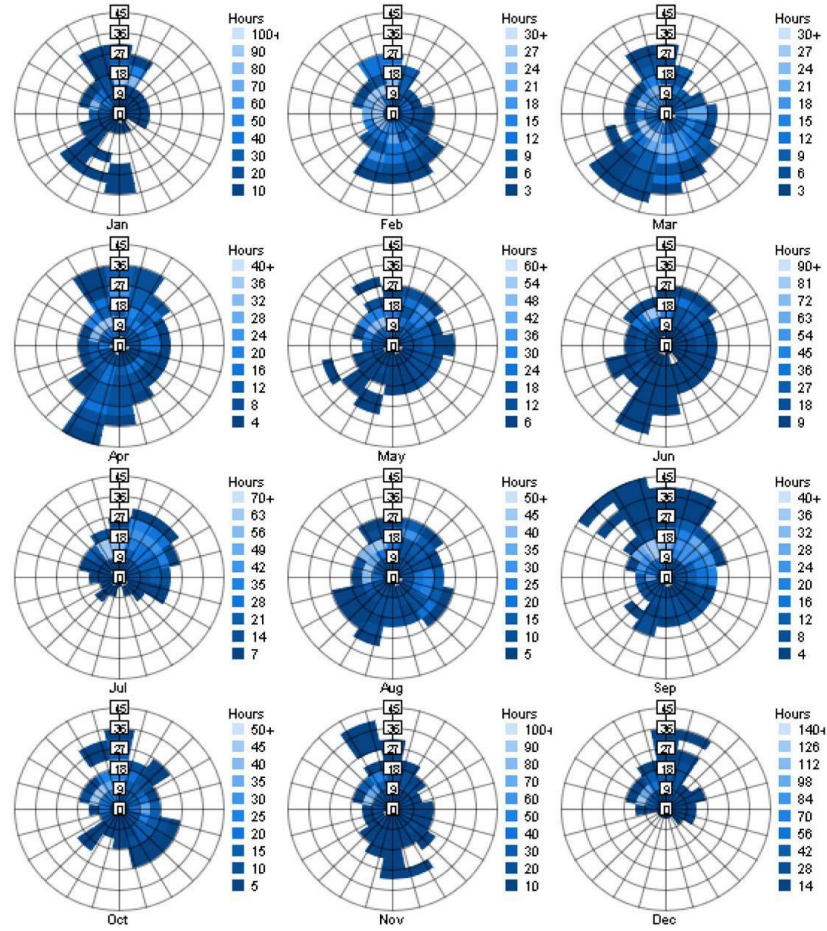
-Açık, yarı açık mekanlar hakim rüzgar yönünden ve bina köşelerinden uzakta tutulmalıdır.

-Rüzgar yönünde ağaçlandırma, korunak yapılması rüzgarın olumsuz etkisini azaltır veya farklı yönlendirilebilir.

-Rüzgar yönünde boşlukların oluşturulması alçak ve yüksek basınç arasında hava akımını sağlayarak doğal havalandırmayı sağlayabilir (Ofloğlu, 2014a).

Energy Analysis Report

11b- Monthly Wind Roses



Şekil 4.2.11.2. Enerji analiz sonuçları-6

4.2.12. Aylık sıcaklık-nem tasarım verileri

Sıcaklığı etkileyen kuru ve yaş termometre ölçümlerini, aylık minimum ve maksimum sıcaklık değerlerini, günlük ısı ve ışıyım ortalamalarını ve hissedilen bağıl nem ölçümlerini elde edebileceğimiz grafikler sıcaklık verilerini çeşitli parametrelere bağılı olarak göstermektedir. Tasarım hassasiyetine göre bir veya birkaç tanesinden faydalanılabilir.

Aylık tasarım verileri, dış mekan tasarım koşulları hakkında bilgi verir. Isıtma ve soğutma ekipmanlarının boyutlandırılmasında yük hesaplamalarını etkileyen koşulları anlamak için bu veriler kullanılır.

Grafik (Şekil 4.2.12.1.), sadece iklim sıcaklıkları verilerinden ortalama olarak elde edilen aylık sıcaklıkları değil aynı zamanda uç iki seviyeyi de göstermektedir.

Yeşil kutular aylık en yüksek ve en düşük kuru termometre sıcaklıklarının geçmiş ortalamalarını gösterir; binanın bu aylarda bu sıcaklıkları yaşaması neredeyse garanti altındadır. Kutuların uzantıları, aşırı sıcaklıkları tarihsel verilerin yalnızca% 1'i oranında kaydeder. Bina bu sıklıkla karşılaşması muhtemel değildir, ancak sağlam bir tasarım için bu değerler de göz önüne alınmalıdır.

Elde edilen analize göre en düşük sıcaklık ocak ayında -11 derece, en yüksek sıcaklık ağustos ayında 39 derece olmuştur. Ortalama ise ocak ayında 3 ila -5 derece, ağustos ayında 34-27 derece arasındadır.

Soğutma yükleri hesaplaması için, yılın 12 aylık her biri için bir tasarım günü tayin edilir ve maksimum kuru hava sıcaklığı lokasyonun aylık yüzdesel sıcaklığına 1% karşılık gelir. Bu, o ay boyunca ortalama% 1 oranında aşılacak sıcaklıktır.

Isıtma yükleri hesaplaması için, kuru termometre sıcaklığının dışındaki tasarım yeri için yıllık% 99'luk sıcaklık derecesine ayarlanır - zamanın% 99'u için bir yıl boyunca ortalamanın üzerinde olan sıcaklık.

4.2.13. Yıllık sıcaklık kutuları

Havanın, içindeki su buharı ve radyasyonun etkisi altında kalmaksızın herhangi bir şekilde ölçülen sıcaklığına kuru termometre sıcaklığı denir. Bildiğimiz termometrelerden okunan sıcaklıktır (dry bulb temperature).

Islak termometre sıcaklığı (wet bulb temperature), buharlaşan suyun soğuma etkisiyle termometrede oluşturduğu en düşük sıcaklıktır. Her zaman kuru sıcaklıktan düşüktür (Ofloğlu, 2015) . Bu grafikte (Şekil 4.2.13.1.), yaş termometre ve kuru sıcaklık, havadaki nemi belirlemek için beraber kullanılır.

Projenin, doğal havalandırma, ekonomizörler veya buharlaşmalı soğutma sistemleri gibi farklı düşük enerjili soğutma stratejileri için fonksiyonel olup olmayacağını analiz etmek için açık kuru hava sıcaklıkları (Tdb) ve yaş termometre sıcaklıkları (Twb) kullanılır.

Ekonomizörler soğutma enerji maliyetlerinden tasarruf sağlar. Dış hava serin ve kuru olduğunda, klima kompresörlerinin kullanılmasına gerek olmadan bina içerisindeki dış hava dolaşımını sağlar.

Evaporatif soğutma buharlaşan suyun havadan ısı alması ilkesine bağlı olarak çalışır. Su buharlaşırken havadan ısı çeker ve havanın soğumasına sebep olur. Dış hava yeterince kuru olduğu sürece etkilidir. Bununla birlikte, dış havanın yaş termometre sıcaklığı arttıkça evaporatif soğutma potansiyeli azalır. En basit örneğiyle evaporatif soğutma; duştan çıktığımızda etraftaki esinti ile birlikte, suyun vücudumuzdan buharlaşmasıyla serinlememizdir.

Gece saatinde havalandırma, gün boyunca sıcak dalgalanmalara maruz kalmış sıcak ve kuru iklimlerde iyi çalışır. Bina gece havalandırılır ve soğuk havayı korumak için sabahları kapanır.

4.2.14. Günlük hava koşulları ortalaması

Bu grafik (Şekil 4.2.14.1.), sıcaklık ve güneş radyasyonu için yıllık ortalamaları izler. Soldaki y eksenı sıcaklıktır ve sağdaki y eksenı alan başına saatte BTU (birim cihazın bir saatte ortamdan taşıdığı ısı miktarını gösteren İngiliz Isı birimi) cinsinden güneş radyasyonudur.

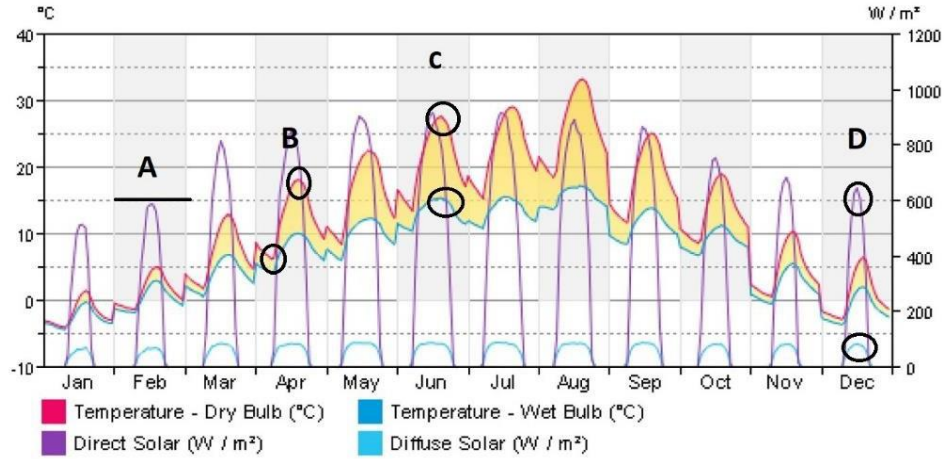
Çizelge 4.2.14.1.Yıllık sıcaklık parametreleri

Parametre	Açıklama
Sıcaklık – Kuru Termometre	Yıl boyunca kuru hava sıcaklığının günlük ortalamaları.
Sıcaklık – Yaş Termometre	Yıl boyunca günlük ıslak-ampul sıcaklığı ortalaması.
Yaygın Radyasyon	Güneş radyasyonunun atmosfere dağılmış bölümü. Berrak günlerde, dağınık radyasyon toplam güneş radyasyonunun yeryüzüne erişen yaklaşık% 10'udur. Çok bulutlu günlerde dağınık radyasyonun kısmı% 100'e yakın olabilir.
Doğrudan Radyasyon	Güneş ışınımının, güneş yönünden kırılmış, yansıyan veya dağılmayan yeryüzüne ulaşan bileşeni.

Gün içi sıcaklık verileri, binadaki günlük sıcaklık ve radyasyon çevrimlerini gösterir. Veriler genelde kuru termometre sıcaklığı, yaş termometre sıcaklığı, doğrudan

güneş radyasyonu ve yaygın güneş radyasyonunu her ayın günlük ortalaması olarak içerir. Bu verilerden, kuru ve yaş termometre sıcaklıkları (bağıl nem göstergesi), gece sıcaklıkları ve gündüz sıcaklıkları arasındaki fark (günlük salınım olarak bilinir) ve güneş radyasyon kalıpları arasındaki farkı okuyabiliriz. Böylelikle güneş ışınlam düzenini kavrayarak detaylı cam ve cephe tasarımı yapılabilir.

Diurnal Weather Averages



Şekil 4.2.14.2. Günlük sıcaklık ortalamaları

A-Bu aralık, şubat ayında günlük sıcaklık ortalamaları hakkında bilgi verir.

B-Nisan ayında gece en düşük sıcaklık (5 °) gündüz en yüksek sıcaklık (18 °) değerlerini gösterir.

C-Ağustos ayı gün ortasında ıslak ve kuru termometre sıcaklıkları arasındaki farkı gösterir. Farkın fazla olması iklim daha kuru olduğunu ifade eder.

D-Ocak ayında yaygın güneş radyasyonu (80 W/m²) ve doğrudan güneş radyasyonu(650W/m²) değerlerini gösterir. Bu değer çok güneşli günlerde 1000W/m², parçalı bulutlu günlerde 500 W/m², çok bulutlu günlerde 250 W/m²olarak değerlendirilir.

4.2.15. Nem

Grafik (Şekil 4.2.15.1.), yıllık bağıl nem aralığını gösterir. Bağıl nem, hava ve su buharı gaz karışımı içinde bulunan su buharı miktarıdır. Grafik sabahın ve akşamın ortalama nem oranını, günlük rutubet aralığını gösteren koyu renkli bir bant ile geçmiş yıllara ait verileri göstermektedir. Noktalı çizgilerle sınırlandırılan daha geniş yarı şeffaf bant, tarihsel rekordaki maksimum ve minimum nemin tam aralığını göstermektedir.

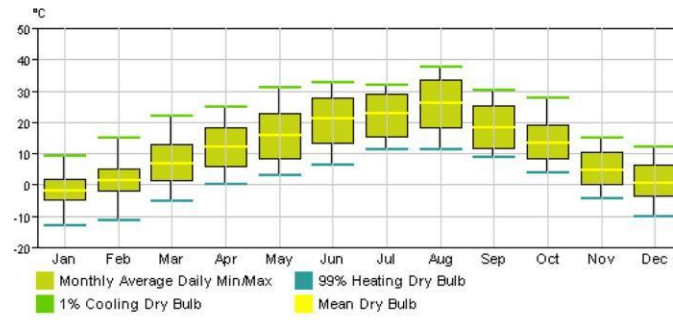
Soğutma enerji taleplerini etkilemenin yanı sıra nem, bina kabuğu tasarımı gibi diğer sürdürülebilir tasarım faktörlerini de etkileyebilir. Bir hava akımının nem oranını anlamak suretiyle, hangi sıcaklıktaki suyun yoğunlaşacağını (çiğlenme noktası olarak da bilinir) tespit edebiliriz. Bu bilgilerle, dış duvarlar ve çatılardaki buhar ve su bariyerlerinin düzgün şekilde yerleştirilmesi ile kalıp ve izolasyon performansının düşürülmesini önleyebiliriz. Nem ayrıca pasif ısıtma veya soğutma stratejilerini etkiler. Örneğin, buharlaşmalı soğutma, kuru iklimlerde çok daha etkilidir.

Nem kontrolü, aynı zamanda aktif HVAC sistemlerinin önemli bir fonksiyonudur. Suyun içinde gizli bir ısı vardır ve havayı nemlendirmek bu suyun soğumasını gerekir, bu da çok fazla soğutma enerjisi gerekmektedir (Anonymous, 2014).

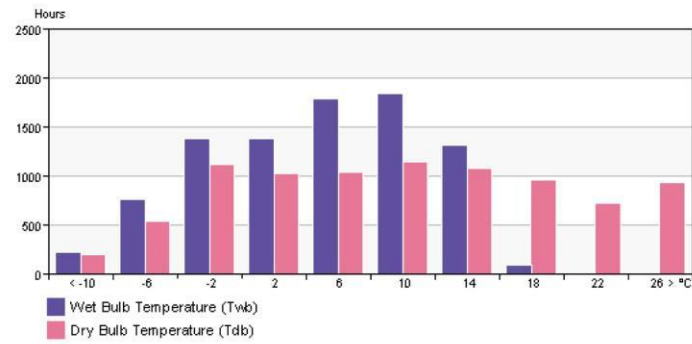
Kapalı ortamlarda % 35–55 arasındaki bağıl nem oranı normal kabul edilir. %45 civarındaki bağıl nem idealdir. %35'in altındaki ortamlar “kuru” dur ve istenmez. %55'in üzerindeki ortamlar ise “yaş” olarak kabul edilir (Akpınar ve ark., 2011). Bu bilgi ışığında grafikten elde edilen veriler değerlendirilip ortamın nem değeri okunabilir.

Energy Analysis Report

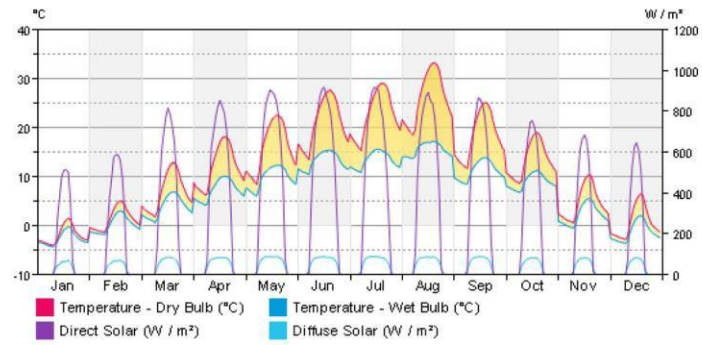
12- Monthly Design Data



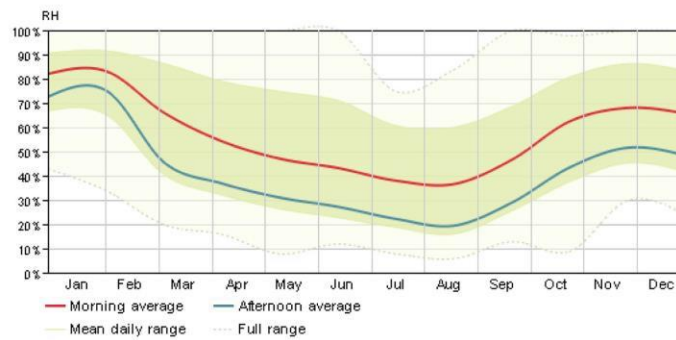
13-Annual Temperature Bins



14-Diurnal Weather Averages



15-Humidity



Şekil 4.2.12.1,4.2.13.1.,4.2.14.3.,4.2.15.1 Enerji analiz sonuçları

4.3. Sancak İlköğretim Okulu Enerji Analiz Sonuçlarının Yorumlanması

Ilıman kuru iklim bölgesinde bulunan Konya ilinde bulunan Sancak İlköğretim Okulu enerji analiz sonuçları grafiklerin okunma yöntemleriyle birlikte yukarıda incelenmiştir. Sonuçlara göre binayı kendi içinde değerlendirecek olursak;

-ABD çevre koruma ajansının bina tipi için enerji kullanım ortalamalarına göre binanın enerji kullanımı ortalamanın içinde fakat hedeflenen rakamların üzerinde bulunmaktadır.

-Sıcaklık ve rüzgar verilerine göre pencerelerin güneye yönlendirilmesi olumlu, bir koridordan karşılıklı iki sınıfa geçiş olduğu için diğer sınıf pencerelerininse kuzeye yönlendirilmek durumunda kalması olumsuzdur. Dolayısı ile mekan organizasyon şemasının yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir.

- Yapı yüksekliği daha fazla ısı kaybına maruz kalmaması açısından olumludur. Fakat ilköğretim okullarının 3 kattan fazla kat adedine sahip olması fonksiyonu açısından desteklenmemektedir.

-Aylık enerji kullanımının önemli bir kısmını HVAC sistemler oluşturduğu için, binanın kısa aksı hakim rüzgar yönüne verilerek havalandırma doğal yoldan artırılmalı; ısıtma ve soğutma yükü duvarlardan kaynaklandığından termal özellikleri daha yüksek bir duvar malzemesi ya da ısı yalıtım malzemesi kullanılmalıdır.

- Güneş ışımasını kazanabilmek için yüksek ısı yalıtımına sahip camlar seçilmek üzere pencere oranları artırılmalı aynı zamanda binanın uzun aksı doğu-batı eksenine çevrilmelidir. Ki ısı kayıpları incelendiğinde pencerelerden kaynaklanan kaybın düşük olduğu dolayısı ile seçilen cam özelliklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

-Ortalama nem oranları iklimin kuru olduğunu göstermektedir. Oluşturulan detaylardaki nem bariyerleri, maliyeti azaltmak adına düşük yoğunlukta tercih edilmelidir.

- Karbon emisyonunu azaltmak için arazinin ağaçlandırılmasının yanı sıra (bu çalışma yapılırken hakim rüzgar yönü ve güneş alması gereken cepheler baz alınmalı) yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artırılmalıdır.

5. FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE TİP İLKÖĞRETİM OKULU ENERJİ ANALİZ ÇIKTILARININ KARŞILAŞTIRMASI

5.1. Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Analiz Sonuçları

Çalışmanın en önemli etabı yapının farklı iklim bölgelerinde sergilediği enerji etkinliğini açığa çıkarmaktır. Ülkemizin yere özgü yapım faaliyetleri değerlendirildiğinde bu farklılıkların göz ardı edilmiş mühim bir durum olduğu açıkça gözlemlenmektedir. Farklı iklim bölgelerinde uygulandığı bilinen ilköğretim okulu projesinin iklimsel konfor ve enerji korunumunun saptanmasında, önerinin beş farklı iklim tipindeki uygulaması için enerji simülasyon programı aracılığı ile analizleri oluşturulmuş, sonuçlar karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

İklimi meydana getiren sıcaklık, yağış, nem, güneşlenme süresi ve şiddeti, basınç, rüzgâr hızı ve yönü, buharlaşma gibi girdilerden birinin veya bir kaçının değişmesi, farklı iklim tiplerinin oluşmasına sebep olmaktadır. Çeşitli çalışmalarda yükseklik, denize olan uzaklık, dağ sıraları vb. gibi coğrafi ve fiziksel nitelikleri ile çevredeki yapılaşma bilgileri kapsamında Türkiye iklim bölgeleri farklı sınıflamalarda ele alınmıştır.

Bu tez çalışmasında Türkiye iklim bölgeleri sıcak-nemli, sıcak-kuru, ılıman-nemli, ılıman-kuru ve soğuk olmak üzere beş iklim bölgesi bağlamında ele alınmıştır (Orhon ve ark., 1988; Akşit, 2005) ve çalışma içinde ayrı bir iklim sınıflandırması yapılmamıştır (Şekil 5.1.1). İklimsel veri değişkenleri bu beş farklı iklim bölgesi üzerine kurulmuştur. Herhangi bir iklim ögesi deney grubu kontrol grubu yöntemine dahil edilmemiş, iklim bölgesinden seçilen bir il kendi başına değişkeni oluşturmuştur.



Şekil 5.1.1. Türkiye’de iklim bölgelerinin dağılımı (Yılmaz, 2009)

5.1.1. Ilıman kuru iklim bölgesi

Afyon, Ankara, Burdur, Çankırı, Çorum, Elazığ, Erzincan, Eskişehir, Isparta, Kayseri, Kırşehir, Konya, Kütahya, Malatya, Nevşehir, Niğde, Uşak illeri ılıman-kuru iklim bölgesinde yer almaktadır (Orhon ve ark., 1988; Akşit, 2005). Ilıman kuru iklimin en önemli nitelikleri gece ile gündüz arasındaki ısı farkının çok olmasıdır. Karasal iklimin görüldüğü bölgede, yağışlar genel olarak kış mevsiminde kar şeklinde meydana gelmektedir.

Ilıman kuru iklim bölgesinde yapılan tasarımlarda; kış aylarında güneşin ısıtıcı etkisinin artırılması, soğuk rüzgâr tesirinin azaltılması, yaz aylarında rüzgârın serinletici etkisinden faydalanılması sağlanmalıdır. Binalar kış aylarında güneş ışımasını içine alacak, yaz aylarında ise gölgeli alanlar oluşturacak şekilde konumlandırılmalıdırlar. Isıtma istenen dönem tasarımda daha fazla etkili olduğundan rüzgara kapalı kompakt formlar tercih edilmelidir. Yapı dış alanlarının dokusunun düz olması ve gölge oluşturmaması önemlidir.

Analiz örneğinde (Şekil 5.1.1.1.) tip ilköğretim okulu modelimizin Konya ilinde uygulandığı zaman elde edilen veriler 4.bölümde detaylı olarak incelenmiştir.

Building Performance Factors

Location:	Konya, Turkey
Weather Station:	1250896
Outdoor Temperature:	Max: 38°C/Min: -13°C
Floor Area:	4,746 m ²
Exterior Wall Area:	1,856 m ²
Average Lighting Power:	10.66 W / m ²
People:	1,019 people
Exterior Window Ratio:	0.28
Electrical Cost:	\$0.14 / kWh
Fuel Cost:	\$1.44 / Therm

Energy Use Intensity

Electricity EUI:	164 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	1,138 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,730 MJ / sm / yr


Şekil 5.1.1.1. Enerji analiz sonuçları-1

5.1.2. ılıman nemli iklim bölgesi

Amasya, Artvin, Balıkesir, Bartın, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Düzce, Edirne, Giresun, İstanbul, Karabük, Kırklareli, Kocaeli, Ordu, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Yalova ve Zonguldak illeri ılıman-nemli iklim bölgesinde yer almaktadır (Orhon ve ark., 1988; Akşit, 2005). ılıman nemli iklimin en önemli nitelikleri, kış mevsiminin diğer iklimlere göre daha az soğuk, yaz mevsiminin ılıman geçmesidir. Yaz mevsimin çok sıcak, kış mevsiminin çok soğuk olduğu dönemlere rastlanmamıştır. Yaz ve kış aylarında sıcaklık farkı genelde az olmakla birlikte yükseklik ve deniz kenarında olma değişkenlerine göre az veya çok sıcaklık farkları oluşabilmektedir.

ılıman nemli iklim bölgesinde yapılan tasarımlarda; sıcak dönemlerde nem oranını ve güneş ışıınının ısıtıcı etkisini azaltacak, kuru karakterli rüzgarların etkisini artıracak, soğuk dönemlerde rüzgârdan korunumunu ve güneş ışıınının ısıtıcı etkisini artıracak önlemlerin alınması gerekmektedir.

Analiz örneğinde (Şekil 5.1.2.1.) tip ilköğretim okulu modelimizin Samsun ilinde uygulandığı zaman elde edilen veriler gösterilmektedir.

Energy Analysis Report	
	
Building Performance Factors	
Location:	Samsun, Turkey
Weather Station:	1259771
Outdoor Temperature:	Max: 29°C/Min: -3°C
Floor Area:	4,746 m²
Exterior Wall Area:	1,856 m²
Average Lighting Power:	10.66 W / m²
People:	1,019 people
Exterior Window Ratio:	0.28
Electrical Cost:	\$0.14 / kWh
Fuel Cost:	\$1.44 / Therm
Energy Use Intensity	
Electricity EUI:	155 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	858 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,415 MJ / sm / yr

Şekil 5.1.2.1. Enerji analiz sonuçları-1

Energy Analysis Report

Life Cycle Energy Use/Cost

Life Cycle Electricity Use:	21,832,350 kWh
Life Cycle Fuel Use:	120,869,435 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$2,128,632

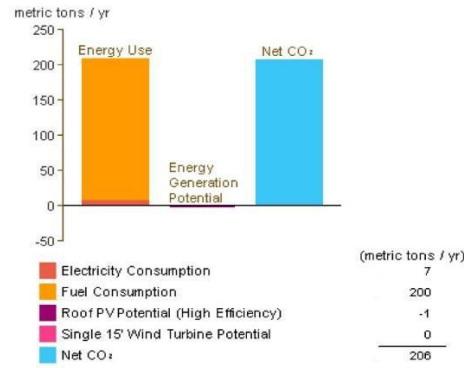
*30-year life and 6.1% discount rate for costs

Renewable Energy Potential

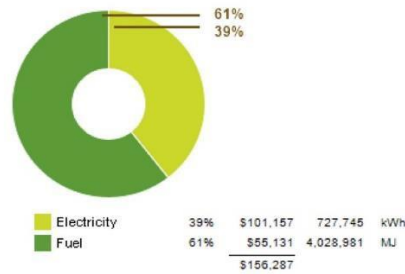
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	61,716 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	123,433 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	185,149 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	1,543 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

Annual Carbon Emissions



Annual Energy Use/Cost



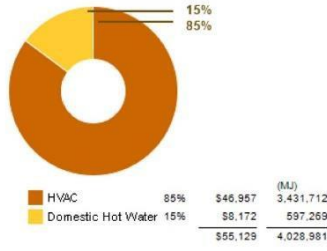
Şekil 5.1.2.2. Enerji analiz sonuçları-2

-Yenilenebilir enerji potansiyeli analizine göre (Şekil 5.1.2.2.); yıllık enerji tüketiminin 1,543 kw/h kısmını arazide oluşturulan rüzgar gülleri ile, yıllık enerji tüketiminin 185,149 kw/h kısmını ise çatıya kurulan fotovoltaik sistem ile elde edebiliriz.

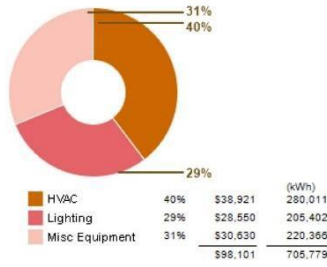
-Yıllık karbon emisyon analizine göre (Şekil 5.1.2.2.); 1 yılda elektrik tüketiminden kaynaklı 7 ton, yakıt tüketiminden kaynaklı 200 ton CO₂ açığa çıkarmaktadır. Çatıya fotovoltaik panel ankraj edildiğini düşündüğümüzde de 1 ton CO₂ salınımı engellenmiş olmaktadır. Bu durumda binamız 1 yılda toplamda 206 ton karbondioksit salınımı gerçekleştirmiş olur.

Energy Analysis Report

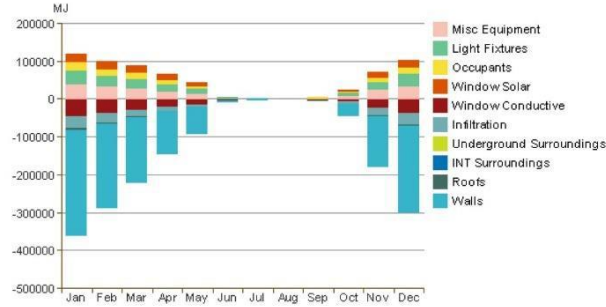
Energy Use: Fuel



Energy Use: Electricity



Monthly Heating Load



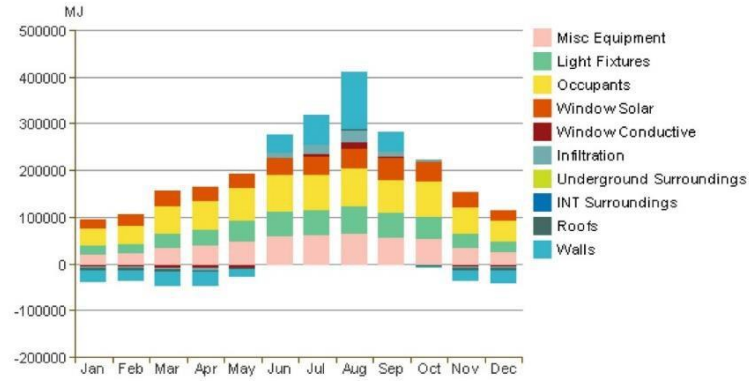
Şekil 5.1.2.3. Enerji analiz sonuçları-3

- Yıllık enerji kullanımı analizinin sonuçlarına göre (Şekil 5.1.2.2.); yıllık enerji kullanımının %39'unu elektrik enerjisi %61'ini doğalgaz enerjisi oluşturmaktadır. Doğalgaz tüketiminin %15'ini sıcak su kullanımı, %85'ini HVAC (ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme) sistem oluşturmaktadır. Elektrik tüketiminin ise %40'ı HVAC sistemden, %29'u aydınlatma sistemlerinden, %31'i diğer kullanımlardan (donanım, bilgisayarlar, asansörler ve çeşitli cihazları içerir) kaynaklanmaktadır (Şekil 5.1.2.3.).

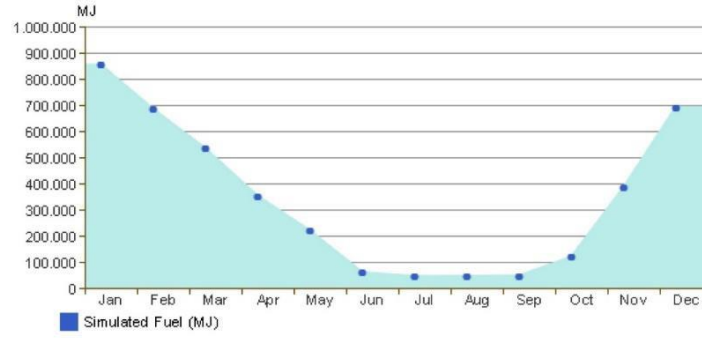
- Aylık ısıtma-soğutma analizine göre (Şekil 5.1.2.3.); kaybedilen ısı kazanılan ısıdan fazla olduğu için mekânsal konfor için binanın ısıtılması gerekir. Grafikte, Ocak ayındaki en büyük negatif değer, 'Duvar İletimi' dir. Duvarlardan geçen iletimden kaynaklanan ısı kaybı, Ocak ayındaki en büyük aylık tek ısı talebini temsil eder.

Energy Analysis Report

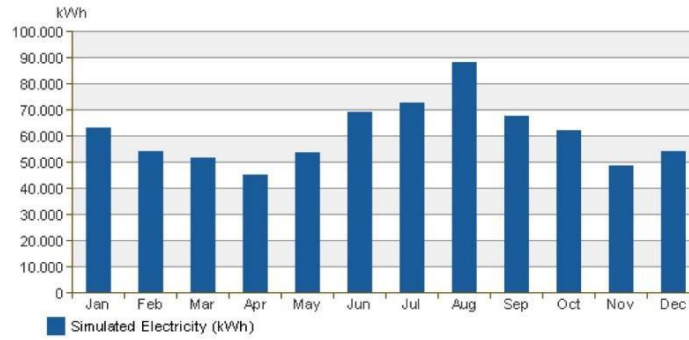
Monthly Cooling Load



Monthly Fuel Consumption



Monthly Electricity Consumption

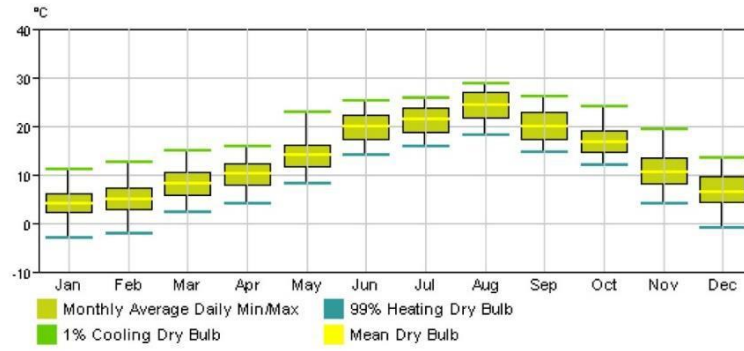


Şekil 5.1.2.4. Enerji analiz sonuçları-4

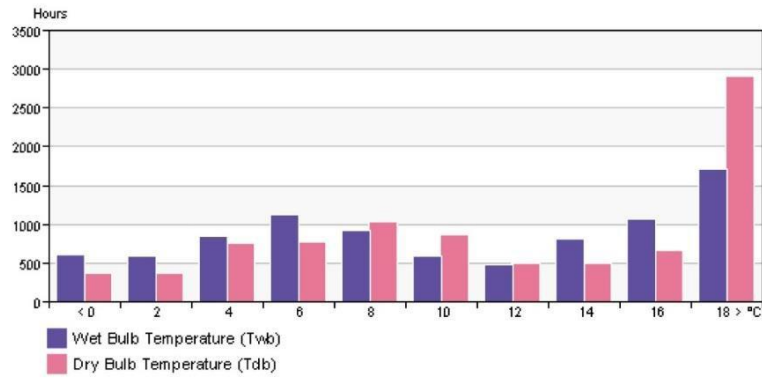
- Aylık enerji tüketimi analizine göre (Şekil 5.1.2.4.); aylık doğalgaz tüketiminin en fazla olduğu ay ocak, aylık elektrik tüketiminin en fazla olduğu ay ağustostur.

Energy Analysis Report

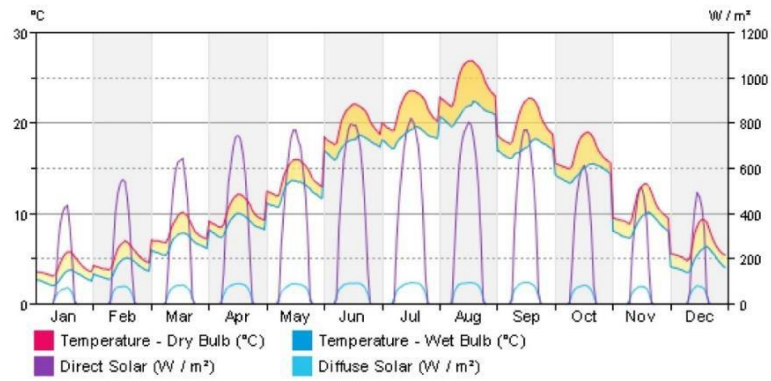
Monthly Design Data



Annual Temperature Bins



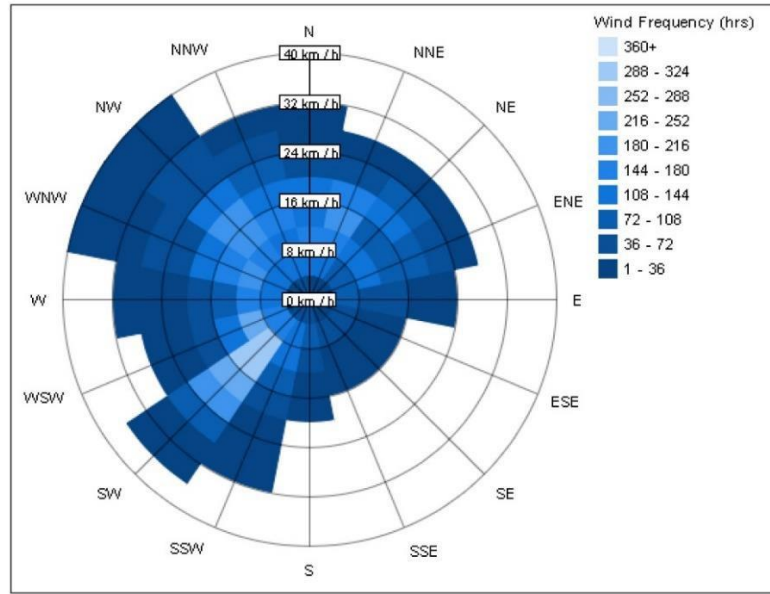
Diurnal Weather Averages



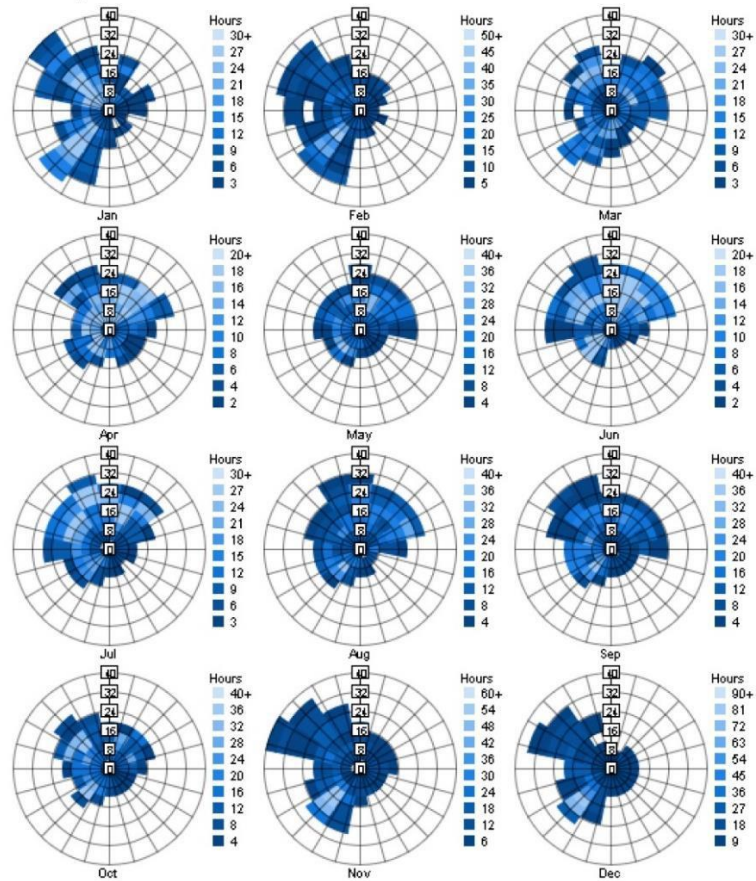
Şekil 5.1.2.5. Enerji analiz sonuçları-5

- Aylık sıcaklık verileri analizine göre (Şekil 5.1.2.5.); en düşük sıcaklık ocak ayında 3 derece, en yüksek sıcaklık ağustos ayında 27 derece olmuştur. Ortalama ise ocak ayında 3 ila 6 derece, ağustos ayında 27-19 derece arasındadır.

Annual Wind Roses (Frequency Distribution)

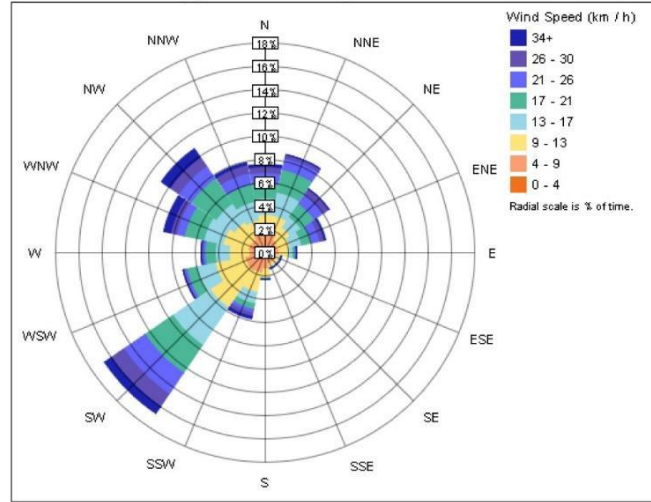


Monthly Wind Roses



Energy Analysis Report

Annual Wind Rose (Speed Distribution)

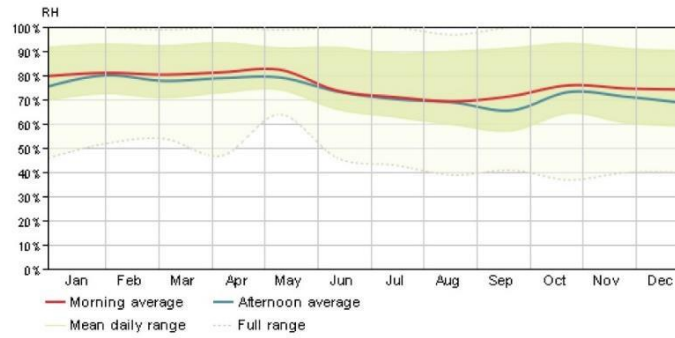


7

Şekil 5.1.2.7.. Enerji analiz sonuçları-7

- Yıllık- aylık rüzgar analizine göre (Şekil 5.1.2.6,5.1.2.7.); Samsun ilinin hakim rüzgar yönü güneybatıdır. Rüzgar esme şiddeti Beaufort skalasına göre değerlendirildiğinde çok şiddetli rüzgarlara maruz kalılabildiği görülmektedir.

Energy Analysis Report



© Copyright 2015 Autodesk, Inc. All rights reserved. Portions of this software are copyrighted by James J. Hirsch & Associates, the Regents of the University of California, and others.

8

Şekil 5.1.2.8. Enerji analiz sonuçları-8


- Bağlı nem analizine göre (Şekil 5.1.2.8.); gündüz ve gece nem aralıklarına bakıldığında iklimin nemli olduğu gözlemlenmektedir.

5.1.3. Sıcak nemli iklim bölgesi

Adana, Antalya, Aydın, Denizli, Hatay, İzmir, Manisa, Mersin, Muğla ve Osmaniye illeri sıcak-nemli iklim bölgesi içinde yer almaktadır (Orhon ve ark., 1988; Akşit, 2005). Sıcak-nemli iklimin en önemli niteliği, hava sıcaklığı, yüksek yağış miktarı ve fazla nem oranıdır. Sıcaklık farkı, kış ve yaz mevsimleri arasında azdır. Kış mevsimi yağışlı geçer.

Sıcak-nemli iklim bölgesinde yapılan tasarımlarda; sıcak dönemlerde ısı getirisini ve yayılımı azaltıcı, doğal hava ve nemi artırıcı, soğuk dönemlerde ısı kazanımını artırıcı önlemler alınmalıdır.

Analiz örneğinde tip ilköğretim okulu modelinin Denizli ilinde uygulandığı zaman elde edilen veriler gösterilmektedir (Şekil 5.1.3.1.).

Energy Analysis Report	
	
Building Performance Factors	
Location:	Denizli, Turkey
Weather Station:	1254881
Outdoor Temperature:	Max: 40°C/Min: -14°C
Floor Area:	4,746 m ²
Exterior Wall Area:	1,856 m ²
Average Lighting Power:	10.66 W / m ²
People:	1,019 people
Exterior Window Ratio:	0.28
Electrical Cost:	\$0.14 / kWh
Fuel Cost:	\$1.44 / Therm
Energy Use Intensity	
Electricity EUI:	166 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	1,097 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,694 MJ / sm / yr

Şekil 5.1.3.1. Enerji analiz sonuçları-1

Energy Analysis Report

Life Cycle Energy Use/Cost

Life Cycle Electricity Use:	23,349,987 kWh
Life Cycle Fuel Use:	154,662,996 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$2,434,341

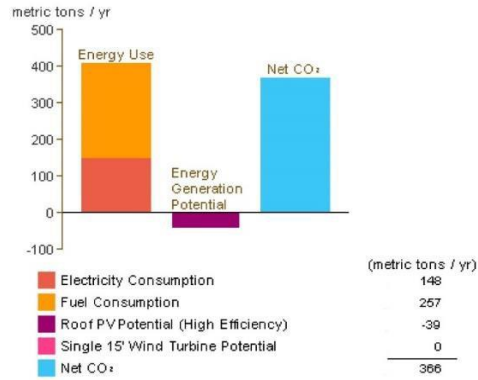
*30-year life and 6.1% discount rate for costs

Renewable Energy Potential

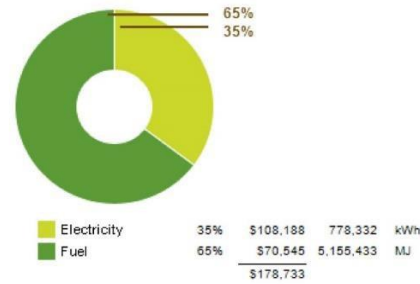
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	68,388 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	136,775 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	205,163 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	598 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

Annual Carbon Emissions



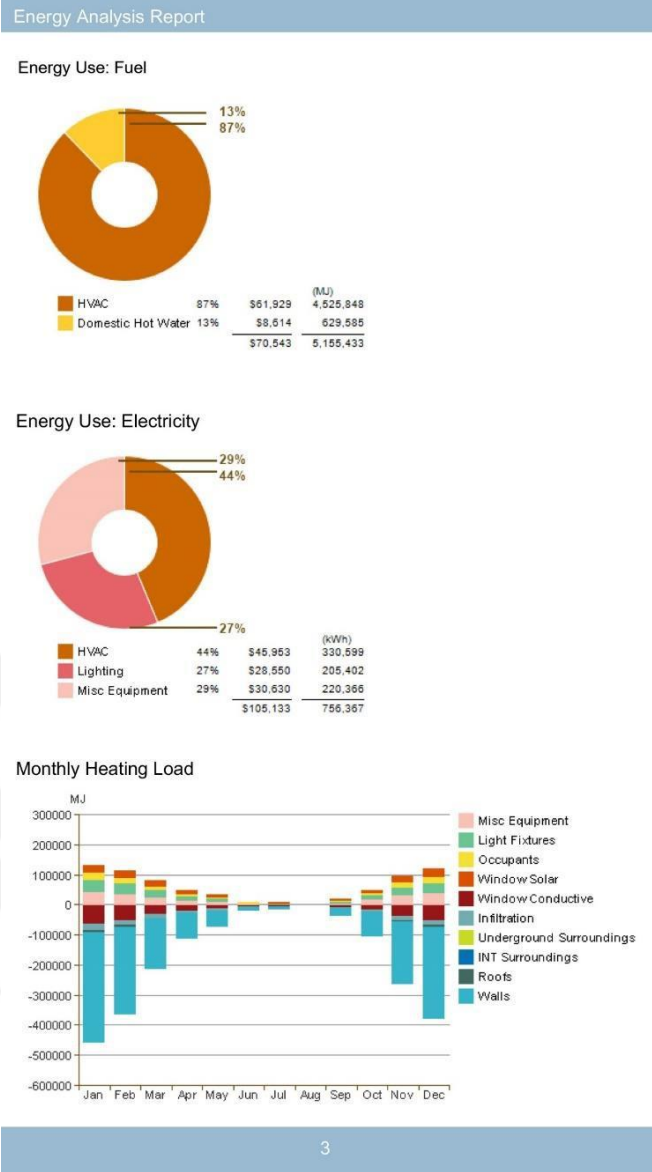
Annual Energy Use/Cost



Şekil 5.1.3.2. Enerji analiz sonuçları-2

-Yenilenebilir enerji potansiyeli analizine göre (Şekil 5.1.3.2.); yıllık enerji tüketiminin 598 kw/h kısmını arazide oluşturulan rüzgar gülleri ile, yıllık enerji tüketiminin 205,163 kw/h kısmını ise çatıya kurulan fotovoltaik sistem ile elde edebiliriz.

-Yıllık karbon emisyon analizine göre (Şekil 5.1.3.2.); 1 yılda elektrik tüketiminden kaynaklı 148 ton, yakıt tüketiminden kaynaklı 257 ton CO₂ açığa çıkarmaktadır. Çatıya fotovoltaik panel ankray edildiği düşünüldüğünde de 39 ton CO₂ salınımı engellenmiş olmaktadır. Binamız 1 yılda toplamda 366 ton karbondioksit salınımı gerçekleştirmiş olur.



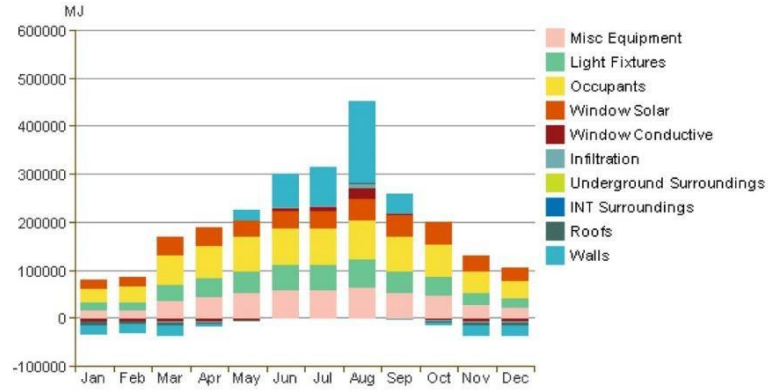
Şekil 5.1.3.3. Enerji analiz sonuçları-3

- Yıllık enerji kullanımı analizinin sonuçlarına göre (Şekil 5.1.3.2.); yıllık enerji kullanımının %35 i elektrik enerjisi %65 i doğalgaz enerjisi oluşturmaktadır. . Doğalgaz tüketiminin %13 ünü sıcak su kullanımı ,%87 sini HVAC (ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme) sistem oluşturmaktadır. Elektrik tüketimin ise %44 ü HVAC sistemden , %27 si aydınlatma sistemlerinden, %29 u diğer kullanımlardan (donanım, bilgisayarlar gibi çeşitli cihazları içerir) kaynaklanmaktadır (Şekil 5.1.3.3.).

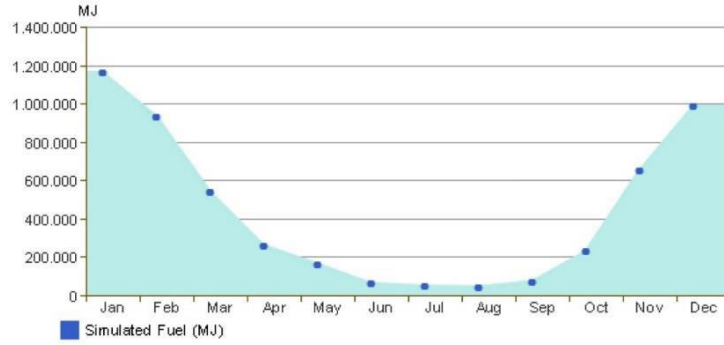
- Aylık ısıtma-soğutma analizine göre, kaybedilen ısı kazanılan ısıdan fazla olduğu için mekânsal konfor için binanın ısıtılması gerekir. Grafikte, Ocak ayındaki en büyük negatif değer, Duvar İletimi' dir. Duvarlardan geçen iletimden kaynaklanan ısı kaybı, Ocak ayındaki en büyük aylık tek ısı talebini temsil eder.

Energy Analysis Report

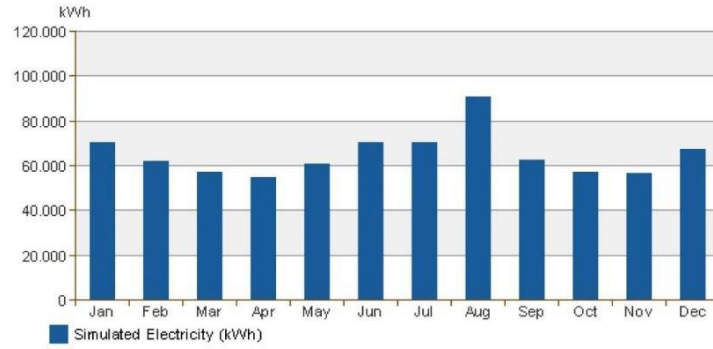
Monthly Cooling Load



Monthly Fuel Consumption



Monthly Electricity Consumption

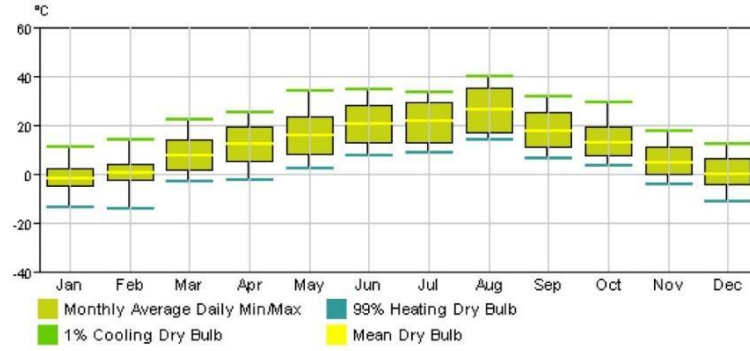


Şekil 5.1.3.4. Enerji analiz sonuçları-4

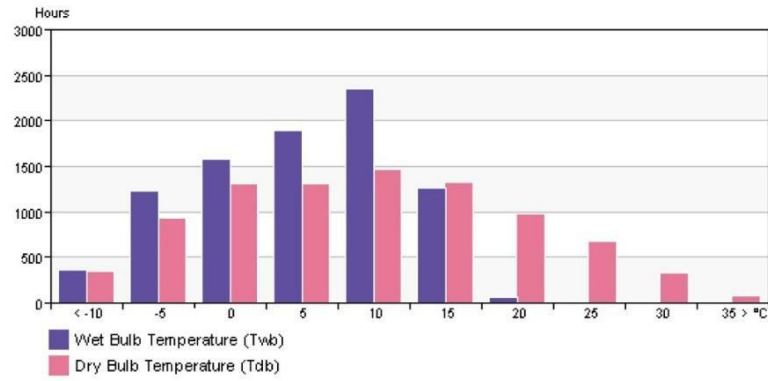
- Aylık enerji tüketimi analizine göre (Şekil 5.1.3.4.); aylık doğalgaz tüketiminin en fazla olduğu ay ocak, aylık elektrik tüketiminin en fazla olduğu ay ağustostur.

Energy Analysis Report

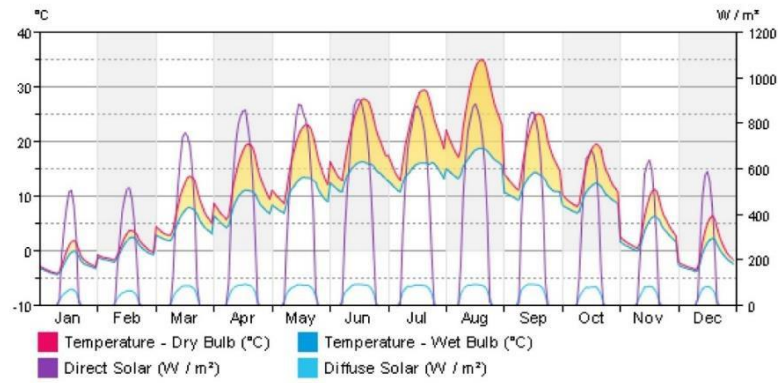
Monthly Design Data



Annual Temperature Bins



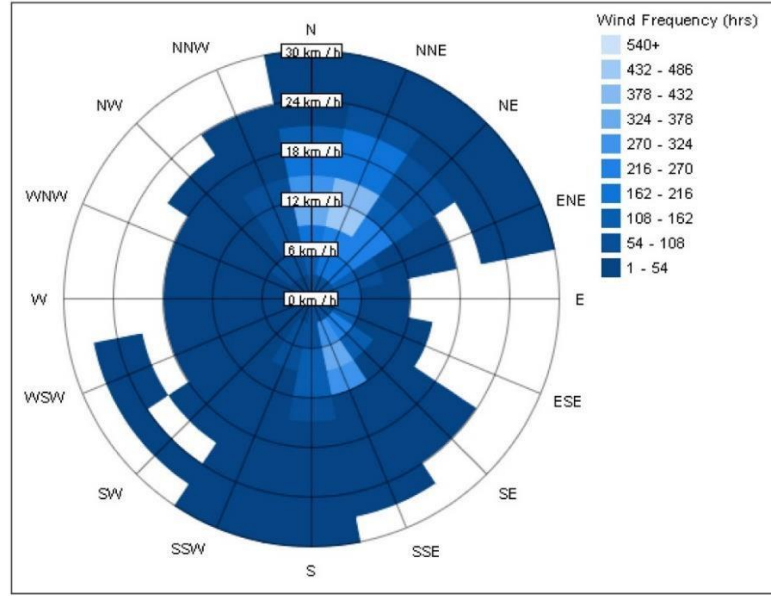
Diurnal Weather Averages



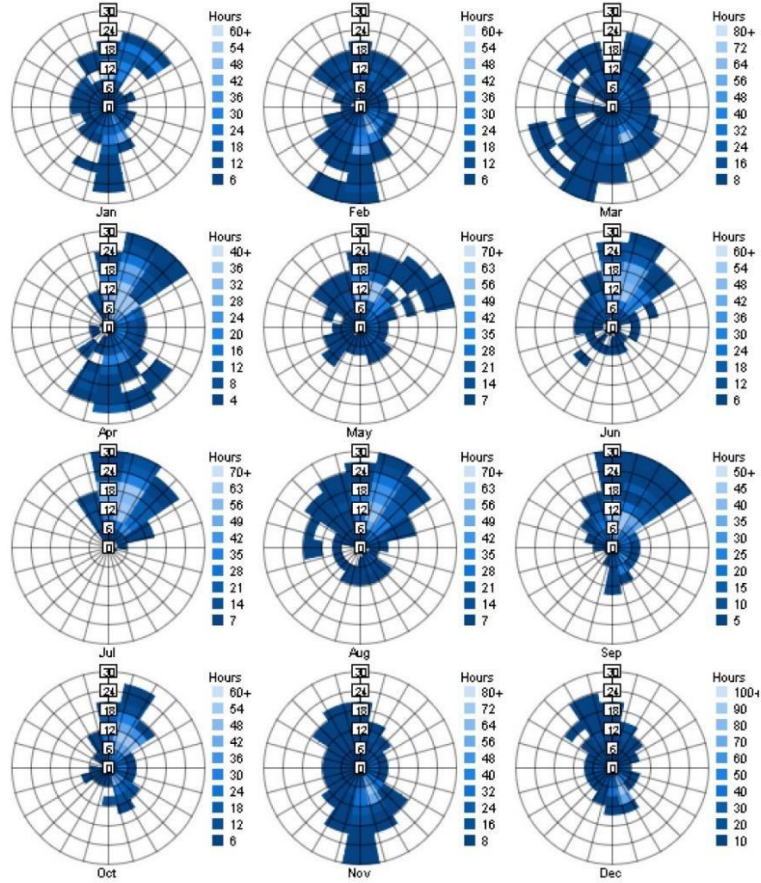
Şekil 5.1.3.5. Enerji analiz sonuçları-5

- Aylık sıcaklık verileri analizine göre, en düşük sıcaklık ocak ayında -4 derece, en yüksek sıcaklık ağustos ayında 35 derece olmuştur. Ortalama ise ocak ayında 1 ila -4 derece, ağustos ayında 28-15 derece arasındadır.

Energy Analysis Report

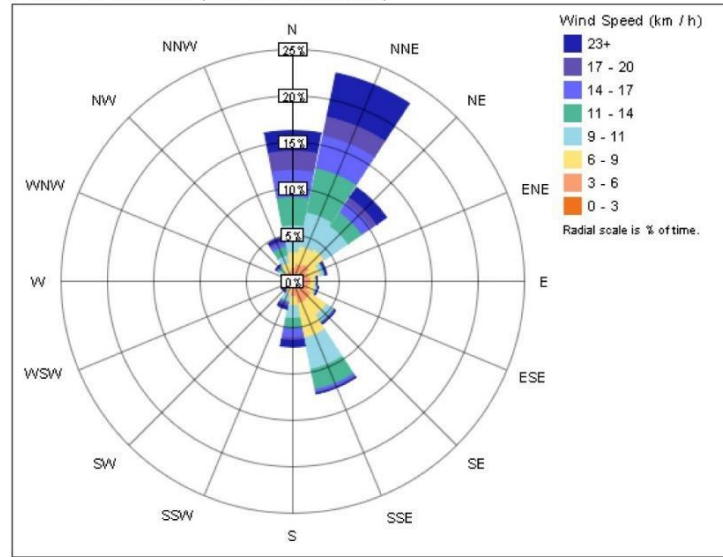


Monthly Wind Roses



Energy Analysis Report

Annual Wind Rose (Speed Distribution)



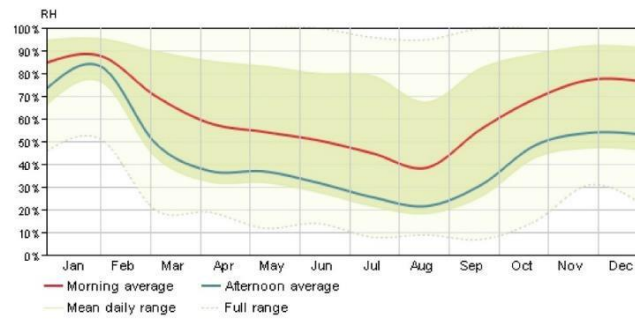
7

Şekil 5.1.3.7. Enerji analiz sonuçları-7

- Yıllık- aylık rüzgar analizine göre (Şekil 5.1.3.6,5.1.3.7.); Denizli ilinin hakim rüzgar yönü kuzeybatıdır. Rüzgar esme şiddeti Beaufort skalasına göre değerlendirildiğinde şiddetli rüzgarlara maruz kalınabildiği görülmektedir.

Energy Analysis Report

Humidity



© Copyright 2015 Autodesk, Inc. All rights reserved. Portions of this software are copyrighted by James J. Hirsch & Associates, the Regents of the University of California, and others.

8

Şekil 5.1.3.8. Enerji analiz sonuçları-8

- Bağıl nem analizine göre (Şekil 5.1.3.8.); gündüz ve gece nem aralıklarına bakıldığında iklimin nemi olduğu gözlemlenmektedir.

5.1.4. Sıcak kuru iklim bölgesi

Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kahramanmaraş, Kilis, Mardin, Siirt, Şırnak ve Urfa illeri sıcak-kuru iklim bölgesinde yer almaktadır (Orhon ve ark., 1988; Akşit, 2005). Sıcak-kuru iklimin en önemli niteliği, yaz mevsiminin fazla sıcak ve kurak olmasıdır. Gece-gündüz sıcaklık oranı ve yaz-kış ısı yayımı büyüklüğü fazladır. Yaz mevsiminde yağış miktarının düşük olduğu alanlarda bulutluluk ve nem oranı azdır. Rüzgarlar yılın belirli dönemlerinde kuru ve şiddetli bir şekilde esmektedir .

Sıcak-kuru iklim bölgesinde yapılan tasarımlarda; sıcak dönemlerde nem yüzdesini, gölgelenme oranını artırıcı ve kuru özellikli rüzgarlardan korunumu sağlayacak, soğuk dönemlerde ise güneş radyasyonunun ısıtıcı etkisinin artırılmasını sağlayacak önlemler alınmalıdır.

Analiz örneğinde tip ilköğretim okulu modelimizin Urfa ilinde uygulandığı zaman elde edilen veriler gösterilmektedir (Şekil 5.1.4.1.).

Energy Analysis Report



Building Performance Factors

Location:	Şanlıurfa, Turkey
Weather Station:	1264612
Outdoor Temperature:	Max: 44°C/Min: -7°C
Floor Area:	4,746 m²
Exterior Wall Area:	1,856 m²
Average Lighting Power:	10.66 W / m²
People:	1,019 people
Exterior Window Ratio:	0.28
Electrical Cost:	\$0.14 / kWh
Fuel Cost:	\$1.44 / Therm

Energy Use Intensity

Electricity EUI:	186 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	731 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,400 MJ / sm / yr

Şekil 5.1.4.1. Enerji analiz sonuçları-1

Energy Analysis Report

Life Cycle Energy Use/Cost

Life Cycle Electricity Use:	26,190,009 kWh
Life Cycle Fuel Use:	103,088,014 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$2,293,163

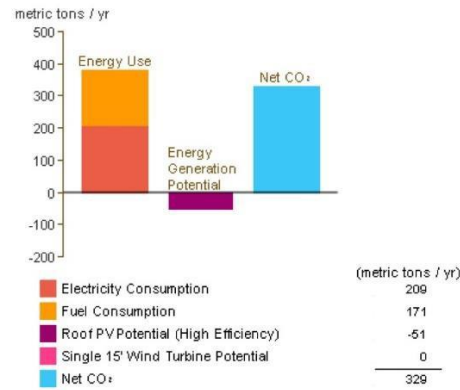
*30-year life and 6.1% discount rate for costs

Renewable Energy Potential

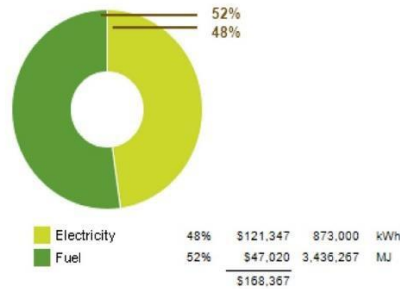
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	71,093 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	142,185 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	213,278 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	841 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

Annual Carbon Emissions



Annual Energy Use/Cost



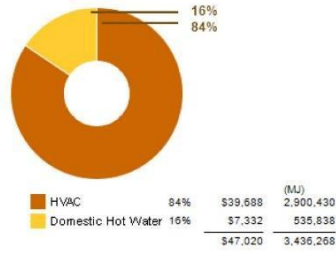
Şekil 5.1.4. 2. Enerji analiz sonuçları-2

-Yenilenebilir enerji potansiyeli analizine göre; yıllık enerji tüketiminin 841 kw/h kısmını arazide oluşturulan rüzgar gülleri ile, yıllık enerji tüketiminin 213,275 kw/h kısmını ise çatıya kurulan fotovoltaik sistem ile elde edebiliriz (Şekil 5.1.4.2.).

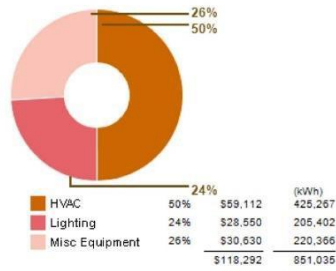
-Yıllık karbon emisyon analizine göre ; 1 yılda elektrik tüketiminden kaynaklı 209 ton, yakıt tüketiminden kaynaklı 171 ton CO₂ açığa çıkarmaktadır. Çatıya fotovoltaik panel ankraj edildiğinde de 51 ton CO₂ salınımı engellenmiş olmaktadır. Bu durumda binamız 1 yılda toplamda 329 ton karbondioksit salınımı gerçekleştirmiş olur .

Energy Analysis Report

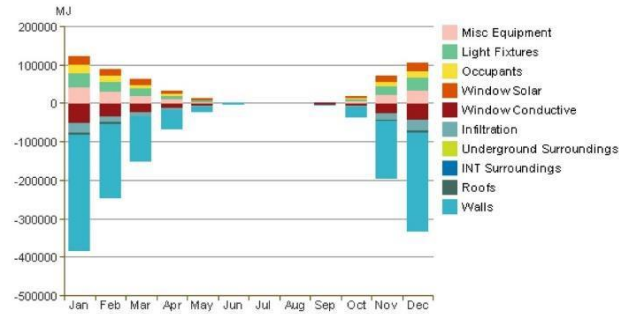
Energy Use: Fuel



Energy Use: Electricity



Monthly Heating Load



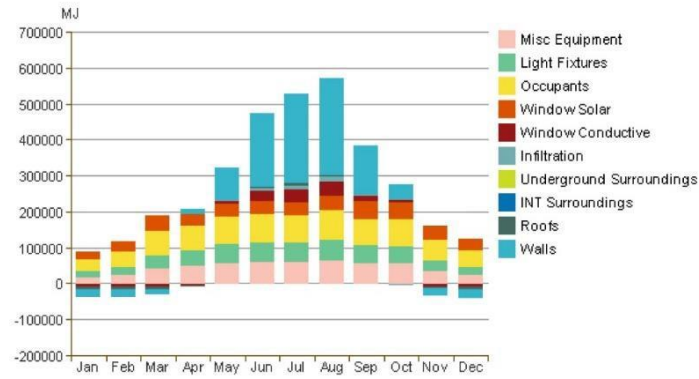
Şekil 5.1.4.3. Enerji analiz sonuçları-3

- Yıllık enerji kullanımı analizinin sonuçlarına göre yıllık enerji kullanımının %52 si elektrik enerjisi %48 ini doğalgaz enerjisi oluşturmaktadır. Doğalgaz tüketiminin %16 sını sıcak su kullanımı, %47 ünü HVAC (ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme) sistem oluşturmaktadır. Elektrik tüketimin ise %50 si HVAC sistemden , %24 ü aydınlatma sistemlerinden, %26 sı diğer kullanımlardan (donanım, bilgisayarlar, asansörler ve çeşitli cihazları içerir) kaynaklanmaktadır (Şekil 5.1.4.3.).

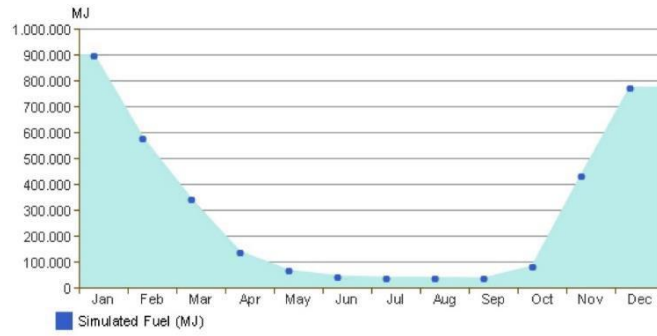
- Aylık ısıtma-soğutma analizine göre, kaybedilen ısı kazanılan ısıdan fazla olduğu için mekânsal konfor için binanın ısıtılması gerekir. Grafikte, Ocak ayındaki en büyük negatif değer, Duvar İletimi' dir. Duvarlardan geçen iletimden kaynaklanan ısı kaybı, Ocak ayındaki en büyük aylık tek ısı talebini temsil eder.

Energy Analysis Report

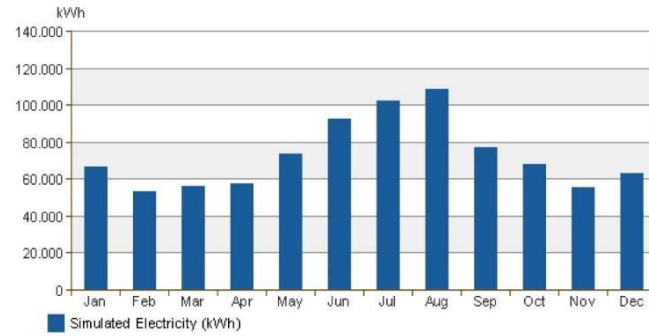
Monthly Cooling Load



Monthly Fuel Consumption



Monthly Electricity Consumption

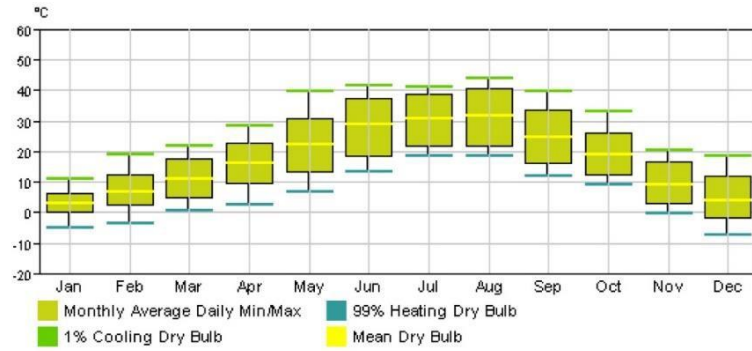


Şekil 5.1.4.4. Enerji analiz sonuçları-4

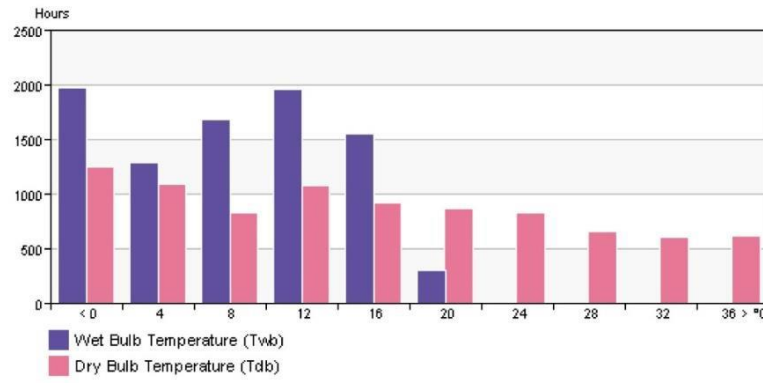
- Aylık enerji tüketimi analizine göre, aylık doğalgaz tüketiminin en fazla olduğu ay ocak, aylık elektrik tüketiminin en fazla olduğu ay ağustostur (Şekil 5.1.4.4.).

Energy Analysis Report

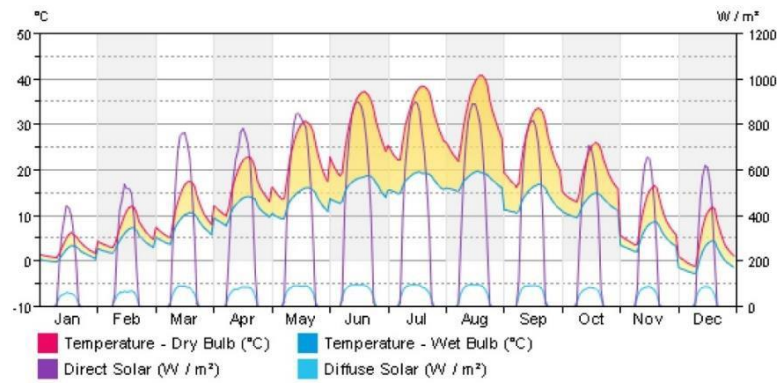
Monthly Design Data



Annual Temperature Bins



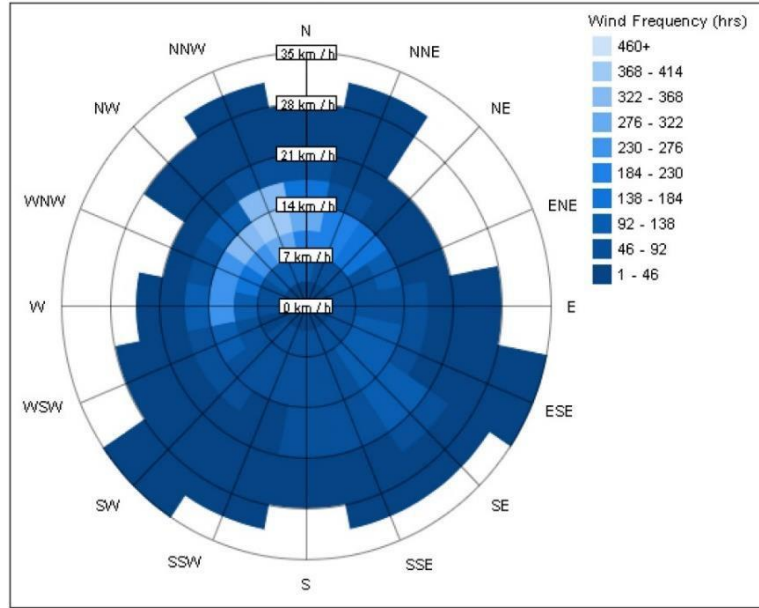
Diurnal Weather Averages



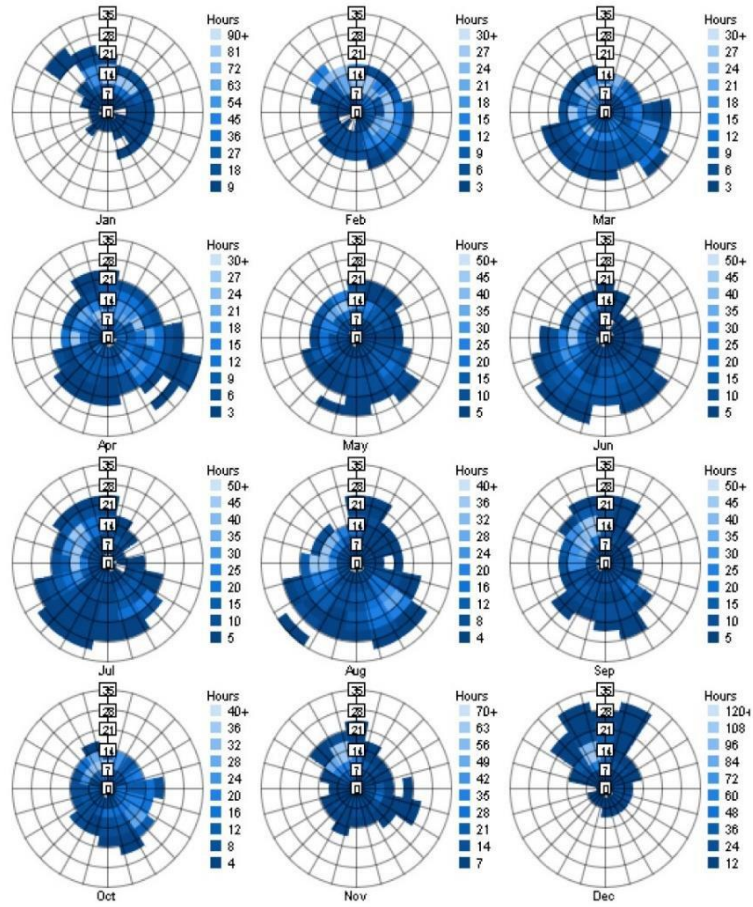
Şekil 5.1.4.5. Enerji analiz sonuçları-5

- Aylık sıcaklık verileri analizine göre, en düşük sıcaklık aralık ayında -3 derece, en yüksek sıcaklık ağustos ayında 42 derece olmuştur. Ortalama ise aralık ayında 4 ila -1 derece, ağustos ayında 34-17 derece arasındadır (Şekil 5.1.4.5.).

Annual Wind Rose (Frequency Distribution)

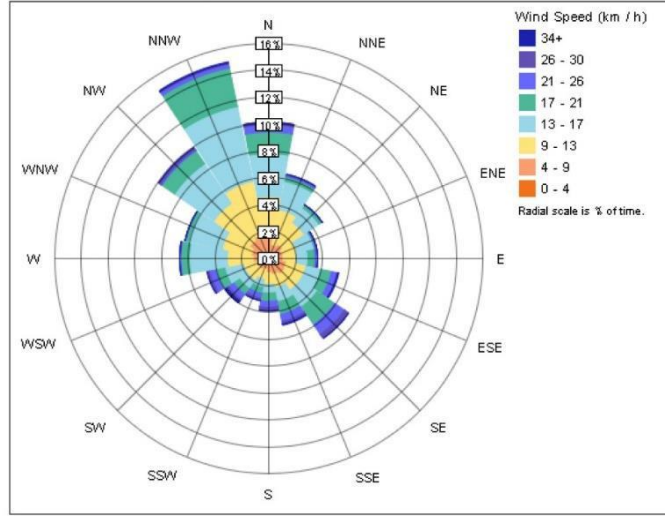


Monthly Wind Roses



Energy Analysis Report

Annual Wind Rose (Speed Distribution)



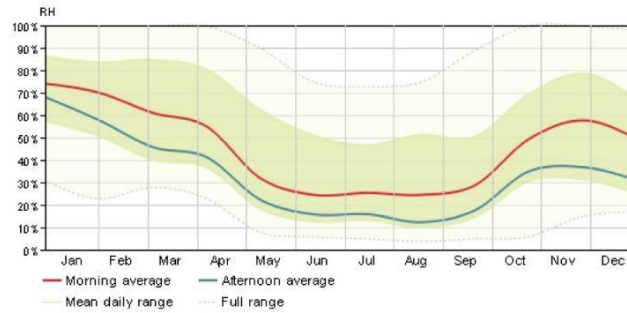
7

Şekil 5.1.4.7. Enerji analiz sonuçları-7

- Yıllık- aylık rüzgar analizine göre Urfa ilinin hakim rüzgar yönü kuzeybatıdır. Rüzgar esme şiddeti Beaufort skalasına göre değerlendirildiğinde çok şiddetli rüzgarlara maruz kalınabildiği görülmektedir (Şekil 5.1.4.6,5.1.4.7.).

Energy Analysis Report

Humidity



© Copyright 2015 Autodesk, Inc. All rights reserved. Portions of this software are copyrighted by James J. Hirsch & Associates, the Regents of the University of California, and others.

8

Şekil 5.1.4.8. Enerji analiz sonuçları-8

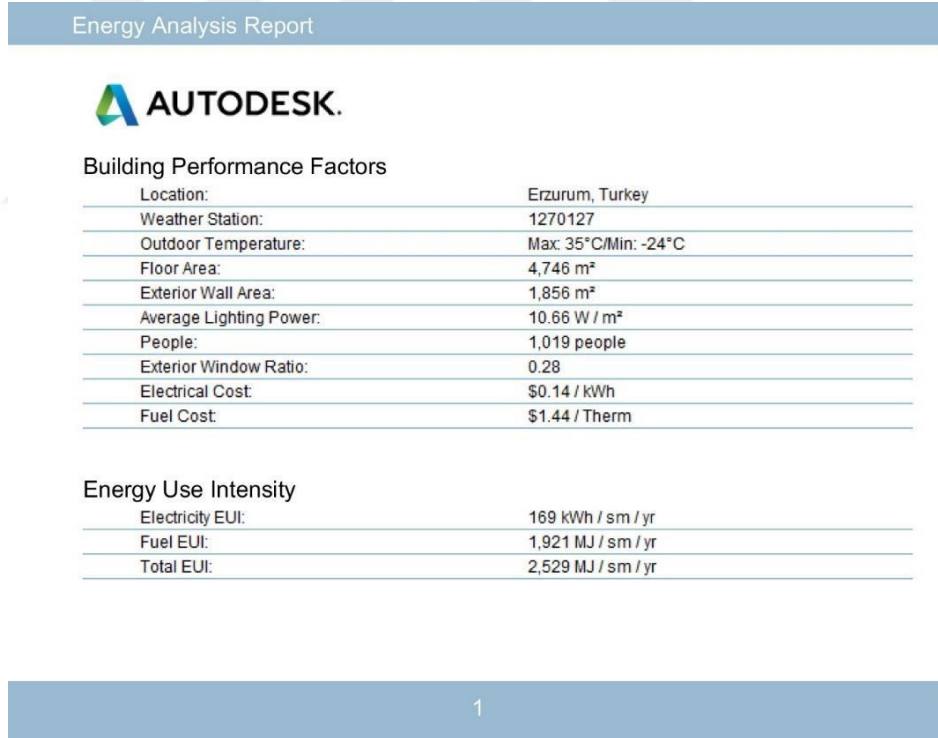
- Bağlı nem analizine göre gündüz ve gece nem aralıklarına bakıldığında iklimin kuru olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 5.1.4.8.).

5.1.5. Soğuk iklim bölgesi

Ağrı, Ardahan, Bayburt, Bingöl, Bitlis, Bolu, Erzurum, Gümüşhane, Hakkâri, Kastamonu, Kars, Muş, Sivas, Tunceli, Van ve Yozgat illeri soğuk iklim bölgesinde yer almaktadır (Orhon ve ark., 1988; Akşit, 2005). Soğuk iklimin en önemli nitelikleri, kış mevsiminin çok şiddetli olması ve uzun sürmesidir. Yağışlar yaz mevsiminde yağmur, kış mevsiminde kar şeklindedir. Ekim ayından mayıs ayına kadar kar yağışı görülmektedir. Yaz ayları da kısa sürer ve serin karakterdedir. Yağmur miktarı ve bağıl nem azdır. Rüzgar, kuru ve soğuk özelliklidir.

Soğuk iklim bölgesinde yapılan tasarımlarda; sıcak dönemlerde güneş ısınımının ısıtıcı etkisini artıracak, hâkim rüzgârdan korunumu sağlayacak ve mekan içinde ısı geçişini azaltacak önlemlerin alınması gerekmektedir. Soğuk dönemlerde mevcut iklim şartları bina içi iklimsel konforun sağlanması için yeterli olacaktır.

Analiz örneğinde tip ilköğretim okulu modelimizin Erzurum ilinde uygulandığı zaman elde edilen veriler gösterilmektedir (Şekil 5.1.5.1.).



Şekil 5.1.5.1. Enerji analiz sonuçları-1

Energy Analysis Report

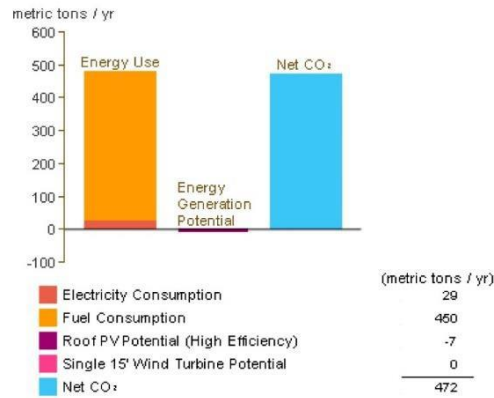
Life Cycle Energy Use/Cost

Life Cycle Electricity Use:	23,813,538 kWh
Life Cycle Fuel Use:	270,730,540 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$3,184,643
*30-year life and 6.1% discount rate for costs	

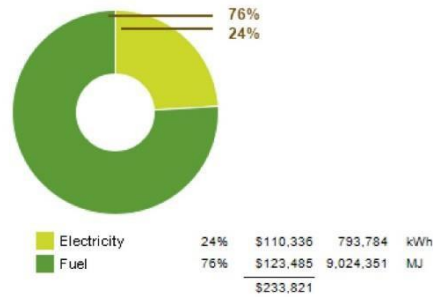
Renewable Energy Potential

Roof Mounted PV System (Low efficiency):	69,565 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	139,130 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	208,695 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	1,015 kWh / yr
*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems	

Annual Carbon Emissions



Annual Energy Use/Cost

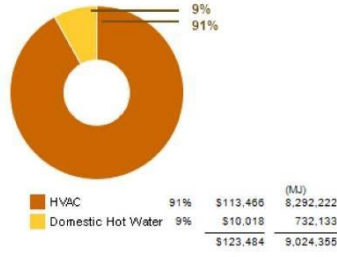


Şekil 5.1.5.2. Enerji analiz sonuçları-2

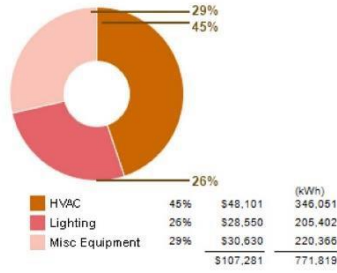
-Yenilenebilir enerji potansiyeli analizine göre; yıllık enerji tüketiminin 1,015 kw/h kısmını arazide oluşturulan rüzgar gülleri ile, yıllık enerji tüketiminin 208,695 kw/h kısmını ise çatıya kurulan fotovoltaik sistem ile elde edebiliriz (Şekil 5.1.5.2.).

-Yıllık karbon emisyon analizine göre; 1 yılda elektrik tüketiminden kaynaklı 29 ton, yakıt tüketiminden kaynaklı 450 ton CO₂ açığa çıkarmaktadır. Çatıya fotovoltaik panel ankraj edildiğini düşündüğümüzde de 7 ton CO₂ salınımı engellenmiş olmaktadır. Bu durumda bina 1 yılda toplamda 472 ton karbondioksit salınımı gerçekleştirmiş olur.

Energy Analysis Report



Energy Use: Electricity



Monthly Heating Load



3

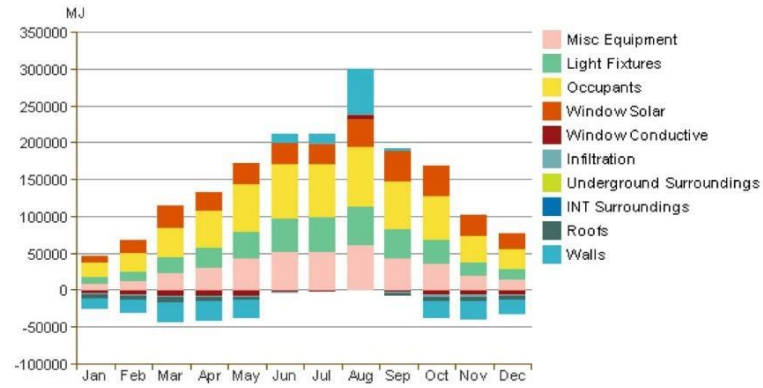
Şekil 5.1.5.3. Enerji analiz sonuçları-3

- Yıllık enerji kullanımı analizinin sonuçlarına göre yıllık enerji kullanımının %24 ünü elektrik enerjisi %76 sını doğalgaz enerjisi oluşturmaktadır. . Doğalgaz tüketiminin %9 unu sıcak su kullanımı ,%91 ini HVAC (ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme) sistem oluşturmaktadır. Elektrik tüketimin ise %45 i HVAC sistemden , %26 sı aydınlatma sistemlerinden, %29 u diğer kullanımlardan (donanım, bilgisayarlar, asansörler ve çeşitli cihazları içerir) kaynaklanmaktadır (Şekil 5.1.5.3.).

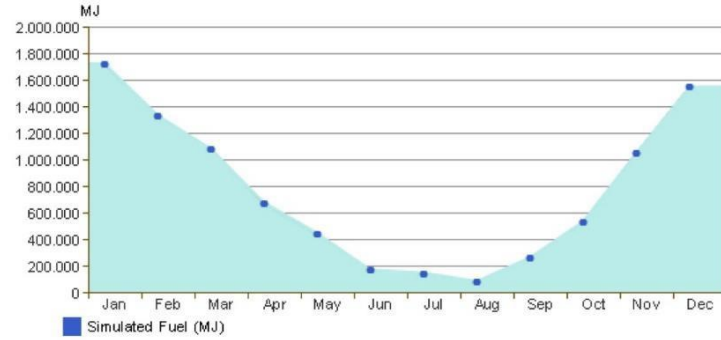
- Aylık ısıtma-soğutma analizine göre, kaybedilen ısı kazanılan ısıdan fazla olduğu için mekânsal konfor için binanın ısıtılması gerekir. Grafikte, Ocak ayındaki en büyük negatif değer, Duvar İletimi' dir. Duvarlardan geçen iletimden kaynaklanan ısı kaybı, Ocak ayındaki en büyük aylık tek ısı talebini temsil eder (Şekil 5.1.5.4.).

Energy Analysis Report

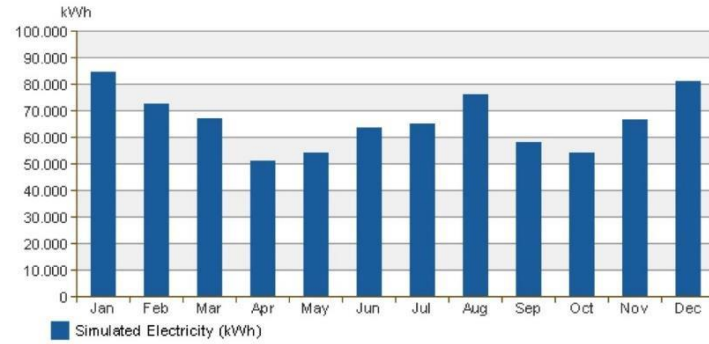
Monthly Cooling Load



Monthly Fuel Consumption



Monthly Electricity Consumption

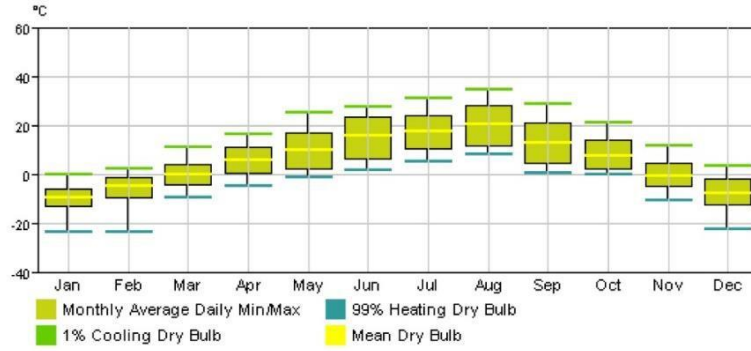


Şekil 5.1.5.4. Enerji analiz sonuçları-4

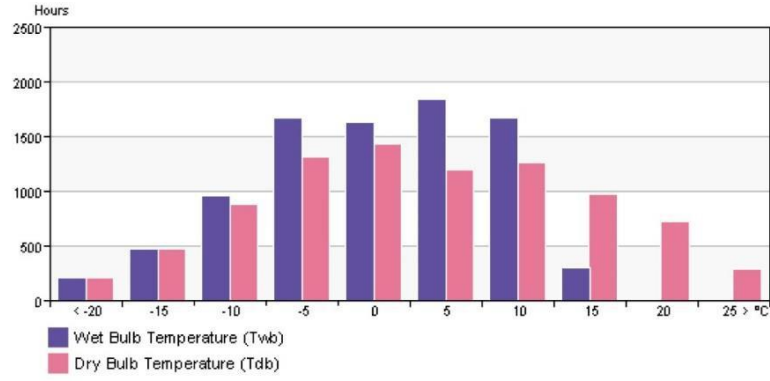
- Aylık enerji tüketimi analizine göre, aylık doğalgaz ve elektrik tüketiminin en fazla olduğu ay ocaktır (Şekil 5.1.5.4.).

Energy Analysis Report

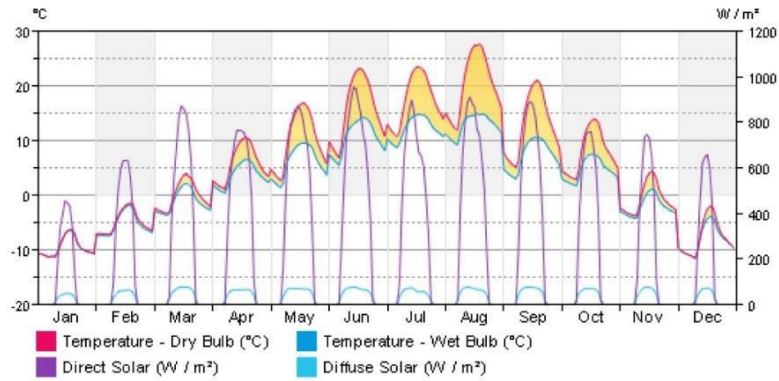
Monthly Design Data



Annual Temperature Bins



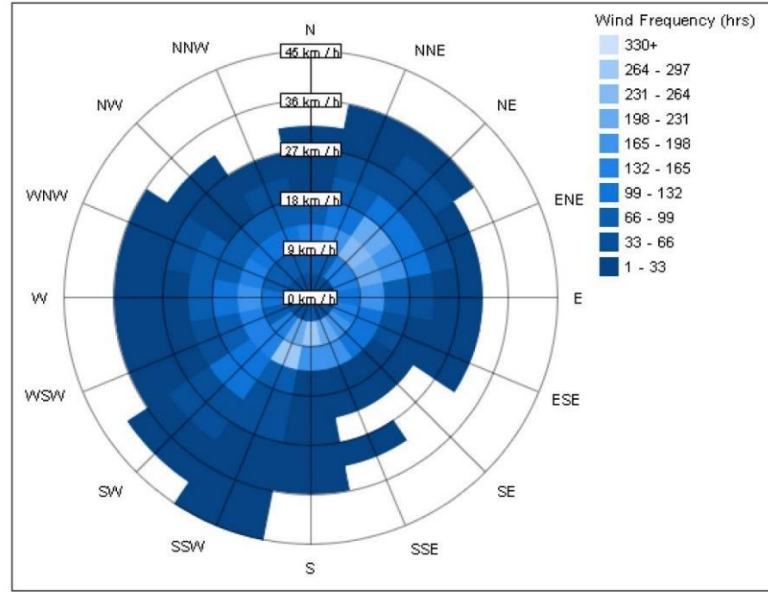
Diurnal Weather Averages



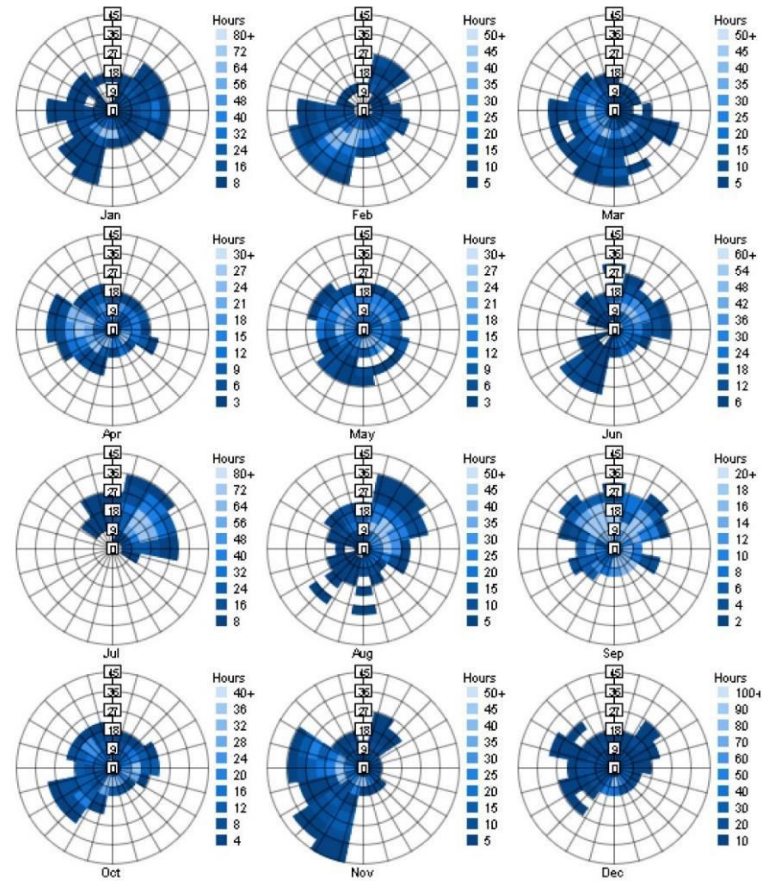
Şekil 5.1.5.5. Enerji analiz sonuçları-5

- Aylık sıcaklık verileri analizine göre, en düşük sıcaklık ocak ayında -13 derece, en yüksek sıcaklık ağustos ayında 27 derece olmuştur. Ortalama ise ocak ayında -10 ila -3 derece, ağustos ayında 23-11 derece arasındadır (Şekil 5.1.5.5.).

Annual Wind Roses (Frequency Distribution)

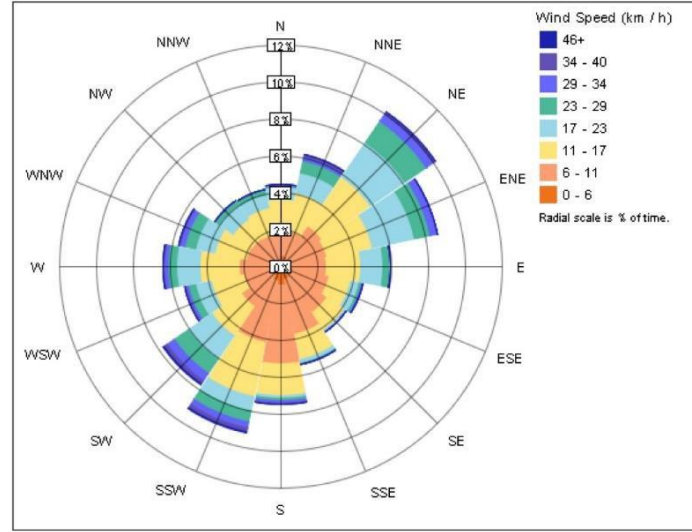


Monthly Wind Roses



Energy Analysis Report

Annual Wind Rose (Speed Distribution)

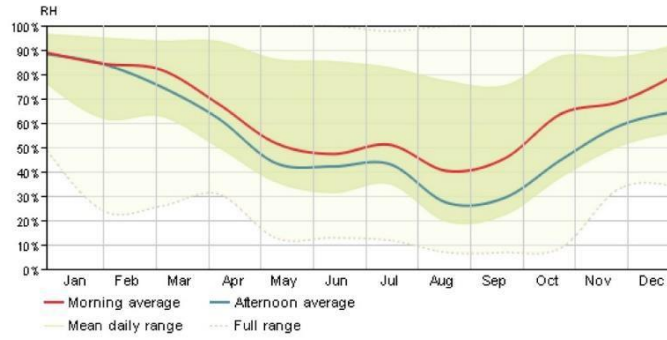


7

Şekil 5.1.5.7. Enerji analiz sonuçları-7

- Yıllık- aylık rüzgar analizine göre Samsun ilinin hakim rüzgar yönü güneybatıdır. Rüzgar esme şiddeti Beaufort skalasına göre değerlendirildiğinde sert rüzgarlara maruz kalılabildiği görülmektedir (Şekil 5.1.5.6,5.1.5.7.).

Energy Analysis Report



© Copyright 2015 Autodesk, Inc. All rights reserved. Portions of this software are copyrighted by James J. Hirsch & Associates, the Regents of the University of California, and others.

8

Şekil 5.1.5.8. Enerji analiz sonuçları-8

-Bağıl nem analizine göre gündüz ve gece nem aralıklarına bakıldığında iklimin kuru olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 5.1.5.8.).

5.2. Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Analiz Sonuçlarının Karşılaştırması

Farklı iklim bölgelerinin iklimsel veri değişkenleri enerji analiz tabloları ile yukarıda detaylı olarak incelenmiştir. Herhangi bir iklim ögesi deney grubu kontrol grubu yöntemine dahil edilmemiş, iklim bölgesinden seçilen bir il kendi başına değişkeni oluşturmuştur. Beş farklı iklim bölgesinde uygulandığı bilinen ilköğretim okulu projesinin enerji simülasyon programı aracılığı ile oluşturulmuş analiz sonuçları Şekil 5.2.1. de özet olarak verilmiştir.

ENERJİ ANALİZ SONUÇLARI								
	enerji kullanım şiddeti (kWh/m ² /y)		yenilenebilir enerji potansiyeli(kWh/y)		yıllık karbon emisyonu(metrik ton/y)	enerji kullanımı/yakıt(kWh)		enerji kullanımı/elektrik(kWh)
	ELEKTRİK	YAKIT	FP	RÜZGAR GÜLÜ		HVAC	DHW	HVAC
1 Denizli	166	296,19	68,38	0,59	366	1221,97	169,83	330
2 Erzurum	169	518	69,565	1,015	472	2238,89	732,13	346
3 Konya	164	304,56	72,693	1,301	507	1274,29	169,76	323,918
4 Samsun	155	231,66	61,716	1,54	206	926,56	161,26	280,01
5 Urfa	186	197,37	71,093	0,84	329	783,11	144,67	425,267

Şekil 5.2.1. Enerji analiz sonuçlarının karşılaştırması

Bu tabloya göre enerji kullanım şiddetinde, elektrik enerjisi kullanım şiddetinin en yüksek olduğu il Urfa, en düşük olduğu il Samsun'dur. Yakıt kullanım şiddetinin en fazla olduğu il Erzurum, en düşük olduğu il Urfa'dır.

Yenilenebilir enerji potansiyeli kıyaslamasına göre; fotovoltaik paneller ile enerji üretiminin en fazla olduğu il Konya, en düşük olduğu il Samsun'dur. Rüzgar enerjisi üretiminin en yüksek olduğu il Samsun, en düşük olduğu il Denizli'dir.

Yıllık karbon emisyonu kıyaslamasına göre; karbon salınımının en yüksek olduğu il Konya, en düşük olduğu il Samsun'dur.

Kıyas tablosuna göre iller dolayısıyla iklimsel veri değişkenleri arasında oluşan farklar yorumlanmıştır. Buna göre;

Her bir iklim bölgesindeki yapıda elektrik kullanım yoğunluğu; kullanıcı sayısı, binanın kullanıldığı saatler, binanın yaz aylarındaki kullanımının düşük olması gibi

sebeplerden dolayı, aradaki fark göz ardı edilecek kadar küçük boyutlarda ve birbirine yakındır.

Yakıt kullanım yoğunluğunun en düşük Urfa ilinde, en yüksek Erzurum ilinde olduğu gözlemlenmektedir. Bunun nedeni soğuk iklim bölgesinde bulunan Erzurum ilinin ısıtma yük analizinde görüldüğü üzere ısıtma yüklerinin fazla olmasıdır. Her iki il için yapıda kullanılan yalıtım detaylarının aynı olması bu noktada en büyük problemi oluşturmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar tirbünü, okul yapısının bulunduğu arazi koşulları itibari ile enerji üretmeye elverişli değildir. Dolayısı ile her bir bölgedeki rüzgar enerjisi üretimi dikkate alınmayacak kadar düşüktür. Bunun yanında çatıya montajlanan fotovoltaik paneller ile en düşük enerji üretimi Samsun ilinde, en yüksek enerji üretimi Konya ilinde gerçekleşmektedir. Fotovoltaik panellerin elektrik üretimini etkileyen iklimsel faktörler; güneşin geliş açısı, ışının yoğunluğu, en uygun verimlilik sıcaklığıdır. Uygun sıcaklık seviyesi aşıldığında her 1 derece sıcaklık artışı, elde edilen gücü %0,2-%0,5 arasında etkilemektedir (Anonim, 2010). Güneşlenme süresi en düşük il olan Erzurum ilinin fotovoltaik paneller ile enerji üretiminin en az, güneşlenme süresi en yüksek il olan Urfa ilinin fotovoltaik paneller ile enerji üretiminin en fazla olmamasının sebepleri arasında bu faktörler yer almaktadır.

Yıllık karbon emisyon analizine göre en yüksek karbon salınımının Konya ilinde, en düşük karbon salınımının Samsun ilinde gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Bu iki ilin enerji tüketim yoğunluklarına bakıldığında yakıt tüketimi daha fazla olan Konya ilinin karbon salınımının da daha fazla olduğu görülmektedir.

Kışın ısıtma yükünün fazla olduğu Erzurum ilinde HVAC sistemlerden kaynaklı yakıt enerjisi kullanımının da çok fazla olduğu, yazın soğutma yükünün fazla olduğu Urfa ilinde de elektrik enerjisi kullanımının fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Kıyaslama sonuçlarına göre; yapıya elverişli tasarım parametrelerini uygulamanın yapıları enerji etkin yapmada tasarımcının inisiyatifindeki bir vasıta olduğu, bu vasıtanın etkili kullanımının getireceği fonksiyonelliğin kullanıcı için de bir kazanç olduğu düşünülmektedir. İklimsel veri değişkenlerinin yapının enerji performansı üzerindeki rolü, tasarım sürecinde ve sonrasında etkili kullanılmaları ile ekolojik ve duyarlı bir çevre oluşturmadaki önemlerini göstermektedir.

İklimsel girdilerin göz ardı edildiği ve çevreci hassasiyetlerden yoksun tasarımlarda, tasarım parametreleri için optimum aralıkların belirlenmemesi sonucunda, kıyaslama tablosunda görüldüğü gibi aynı yapı farklı iklim bölgelerinde farklı sonuçlar

açığa çıkarmaktadır. Kısa vadede sağlayacağı kazanımların fazla olduğu düşünölen tip yapı uygulamalarında uzun vadede büyük kayıplara sebep olunmaktadır. İktime duyarlı ve sürdürülebilir yapılar üretmek ise uzun vadede sağlayacağı kazanımlar açısından önemlidir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Enerji ekonomik ve toplumsal gelişmenin birincil kaynağıdır ve gelişmeye paralel olarak enerjiye olan talep artmaktadır. Enerji kaynakları ise gün geçtikçe tükenmekte, geleceğin sağlıklı bir şekilde planlanabilmesi için var olan enerjinin korunumu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için ‘enerji etkin tasarım’ kavramı önem kazanmaktadır.

İlköğretim okulları da aktif kullanıldıkları için enerji tüketiminde büyük öneme sahiptir. Dolayısı ile okul yapılarına enerji etkin tasarım parametreleri uygulandığında bu binaların üst seviyede performans gösteren pasif sistemlerden yararlanacak şekilde tasarlanmaları sağlanacak, böylelikle aktif sistemlerin enerji yükü hafifletilerek enerji kaynakları daha verimli kullanılmış olacaktır. Bununla birlikte öğrenci ve öğretmenlerin fiziksel, iklimsel ve görsel konfor şartlarının sağlanması ile performansları artacak, bulundukları ortamdan memnun olmaları sağlanacaktır. Bu nedenle çalışma alanı olarak tip bir ilköğretim okulu seçilmiştir ve okulun analiz sonuçlarının okunmasıyla yapılan değerlendirme önem kazanmıştır. Çalışma yapı bilgi modelleme sistemi üzerine kurulmuştur. Yapı bilgi modelleme sistemi, yapının görünür ve işlevsel niteliklerinin özümlediği sayısal bir prototipin oluşturulma ve doğru kararlarla yönetilme sürecidir. Sistem kapsamında Autodesk Revit enerji simülasyon programı ile seçilen okulun enerji analizlerine ulaşılmıştır.

Çalışmada Milli Eğitim Bakanlığından alınan tip bir ilköğretim okulu projesi ılıman kuru iklim bölgesinde bulunan Konya ili verilerine göre incelenmiştir. Enerji analizi sonucu çıkan grafikler, okunma yöntemleriyle birlikte açıklanmıştır. Yapı özelinde sonuçlar yorumlanmıştır. Buna göre;

- ABD çevre koruma ajansının bina tipi için enerji kullanım ortalamalarına göre binanın enerji kullanımı ortalamanın içinde fakat hedeflenen rakamların üzerinde bulunmaktadır.

- Sıcaklık ve rüzgar verilerine göre mekan dizilimleri kontrolsüz iklimlendirmeye sebep olduğu için, mekan organizasyon şemasının yeniden gözden geçirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

- Yapı yüksekliği yapının fonksiyonu açısından daha fazla ısı kaybına maruz kalmaması açısından olumludur. Fakat ilköğretim okullarının 3 kattan fazla kat adedine sahip olması fonksiyonu açısından desteklenmemektedir.

- Aylık enerji kullanımının önemli bir kısmını HVAC sistemlerin oluşturduğu analiz sonuçlarında açığa çıkmıştır. Buna göre doğal havalandırma, doğal aydınlatma

gibi doğal iklimlendirme öğelerinin yapıya entegre edilmesi gerekmektedir. Ayrıca yapı elemanlarının termal ve fiziksel özelliklerinin de detaylandırılması gerekmektedir. Aynı zamanda güneş ışınlamını kazanabilmek için yüksek ısı yalıtımına sahip camlar seçilmek üzere pencere oranları artırılmalı ve binanın uzun aksı doğu-batı eksenine çevrilmelidir.

-Ortalama nem oranları iklimin kuru olduğunu göstermektedir. Oluşturulan detaylardaki nem bariyerleri, maliyeti azaltmak adına düşük yoğunlukta tercih edilmelidir.

- Karbon emisyonunu azaltmak için arazinin ağaçlandırılmasının yanı sıra (bu çalışma yapılırken hakim rüzgar yönü ve güneş alması gereken cepheler baz alınmalı) yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artırılmalıdır.

Daha sonra seçilen ilköğretim okulunun farklı iklim bölgelerindeki enerji performanslarının kıyaslanması için her bir bölgede enerji analiz çalışması yapılmıştır. Analizler kıyaslanarak bir tablo oluşturulmuştur. Buna göre;

Enerji kullanım şiddetinde, elektrik enerjisi kullanım şiddetinin en yüksek olduğu il Urfa, en düşük olduğu il Samsun'dur. Yakıt kullanım şiddetinin en fazla olduğu il Erzurum, en düşük olduğu il Urfa'dır.

Yenilenebilir enerji potansiyeli kıyaslamasına göre; fotovoltaik paneller ile enerji üretiminin en fazla olduğu il Konya, en düşük olduğu il Samsun'dur. Rüzgar enerjisi üretiminin en yüksek olduğu il Samsun, en düşük olduğu il Denizli'dir.

Yıllık karbon emisyonu kıyaslamasına göre; karbon salınımının en yüksek olduğu il Konya, en düşük olduğu il Samsun'dur.

Çıkan sonuçların kıyaslamalar üzerinden incelenmesi ile aynı yapının farklı iklim bölgelerinde farklı sonuçlar açığa çıkardığı gözlemlenmiştir. Çalışma en başta tip bir projenin, enerji verimi açısından; arazinin iklim tipine bağlı olarak bulunduğu konum, topografya, bitki örtüsü gibi iklimsel etkenlerdeki değişimlerden dolayı başarısız olduğunu göstermektedir. İlköğretim yapılarında tip proje uygulamaları ekonomik bakımdan ilk etapta uygun görülse de uygulamadaki öngörülmeleyen eksiklikler, yapıların mimari niteliklerden yoksun uygulanmasına ve projenin çevre koşullarına adaptasyonu esnasında ek maliyetler çıkmasına neden olmaktadır. Uzun yıllardır devam eden bu proje uygulamaları bulunduğu çevreye uyum sağlayamadığı için birçok sorunu ortaya çıkarmaktadır. Aynı zamanda günümüz teknolojilerinden faydalanmak üzere yapılan tasarımların daha hızlı, ekonomik ve enerji korunumunda etkili olduğu kanılarına ulaşılmaktadır.

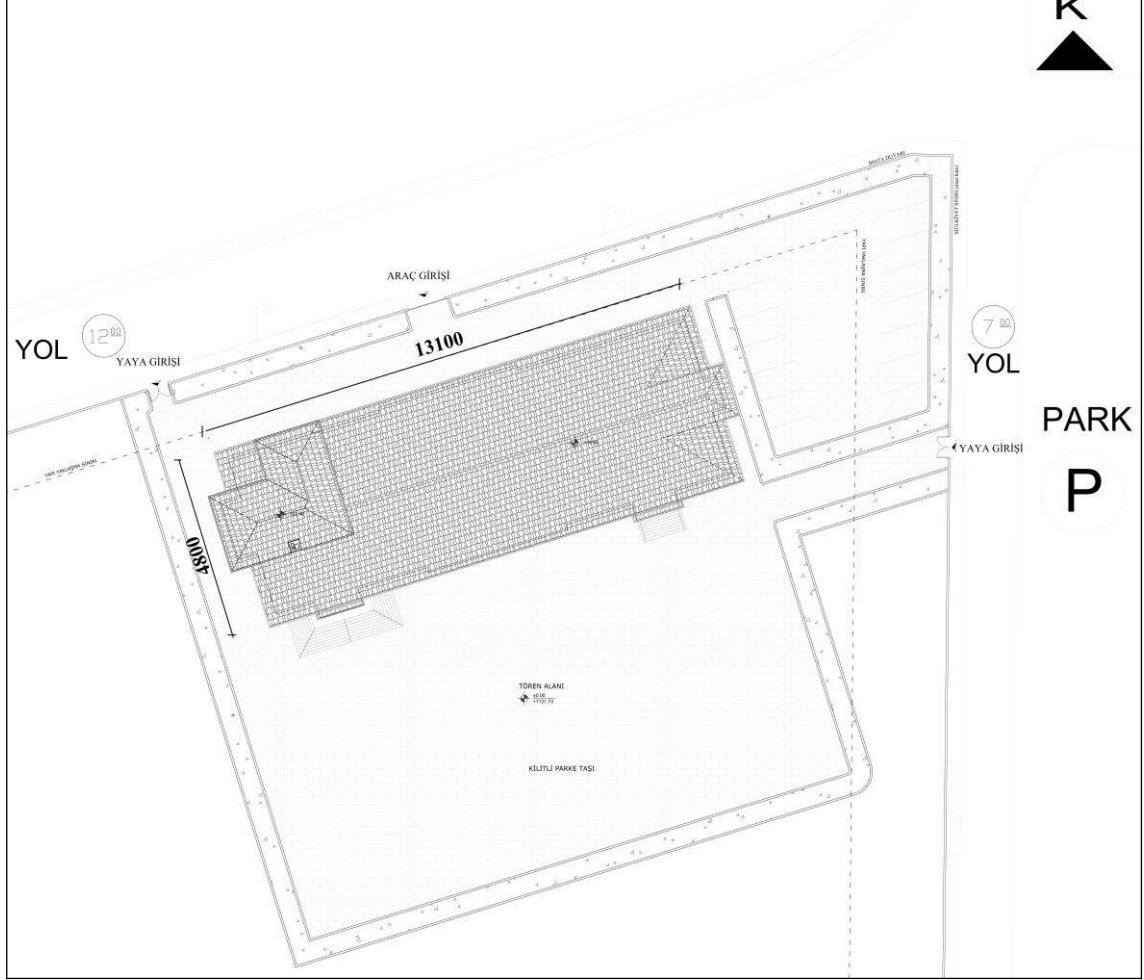
KAYNAKLAR

- Abusamhadana, M., 2017, Mevcut okul yapılarında kullanıcı ısı konfor gereksinimleri bağlamında enerji iyileştirme stratejileri: İzmit Ulugazi İlköğretim Okulu örneği üzerinden bir inceleme, Yüksek lisans tezi, *Kocaeli Üniversitesi*, Kocaeli, 15.
- Akpınar, A., Akyazı, A. S. ve Usta, M. A., 2011, Kapalı ortam sıcaklık ve nem denetiminin farklı bulanık üyelik fonksiyonları kullanılarak gerçekleştirilmesi. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11). Elazığ.
- Akşit, F., 2005, Türkiye'nin Farklı İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Bina ve Yerleşme Birimi Tasarımı, *Tasarım Dergisi*, 157, 124-1246.
- Anonim, 2010, Şebekeye bağlı 1 KW lik güneş paneli sistemi fiyatlandırması, <http://www.solaruzel.com/1kw.html>:
- Anonim, 2016a, Enerji verimli bina tasarım stratejileri, Ankara,
- Anonim, 2016b, Binalarda enerji performans yönetmeliği ve enerji etkin bina tasarım prensipleri, <http://www.bep.gov.tr/MERKEZIIISITMA/images/Kutuphane/680587.pdf>:
- Anonymous, 2014, Climate analysis, <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/temperature>:
- Ashrafian, T., 2016, A new approach to define economically applicable energy efficient retrofit solutions for residential buildings in Turkey, Doktora tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 15.
- Bahçeci, D., 2015, Kişisel karbon ayak izi rehberi, *İstanbul*, Yeni insan yayınevi, p. 64.
- Balanlı, A. ve Darçın, İ. P., 2012, Yapılarda doğal havalandırmanın sağlanmasına yönelik ilkeler, *Tesisat mühendisliği dergisi* (128).
- Bayram, G., 2015, A proposal for a retrofitting model for educational buildings in terms of energy efficient lighting criteria, Doktora tezi, *İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi*, İzmir, 32.
- Bozkurt, A. U., 2008, Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi, Yüksek lisans tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, İzmir, 81.
- Bulgurcu, H. ve Özer, C., 2017, Bina gölgeleme sistemleri ile binalarda enerji verimliliği-2. Balıkesir, İKSES'14.
- Bulut, H., 2014, *Temiz enerji teknolojileri*, Gaziantep.
- Clarke, J., 2007, Energy Simulation in Building Design, *Londra*, Routledge Yayınevi, p. 376.
- Dikmen, Ç. B., 2011, Enerji etkin yapı tasarım ölçütlerinin incelenmesi, *Politeknik dergisi*, 14 (2).
- Doğru, M., 2012, Yeşil binaların bütüncül enerji verimliliği yaklaşımı nedir? 3. *Ulusal enerji verimliliği forum ve fuarı*. Doğru, M. İstanbul.
- Engin, N., 2011, Tesisat mühendisliği dergisi, Enerji etkin tasarımda pasif iklimlendirme: doğal havalandırma 62.
- Ferdos Moazzen, N., 2015, An approach for cost optimum energy efficient retrofit of primary school buildings in Turkey, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 5.
- İnanıcı, M. N., 1996, Türkiye'nin iklim koşulları farklı beş ilinde pasif güneş ısıtmalı bina elemanlarının ısısal performans açısından optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- İvriz, F., 2009, Performance based business model of energy efficient intelligent buildings, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 12.

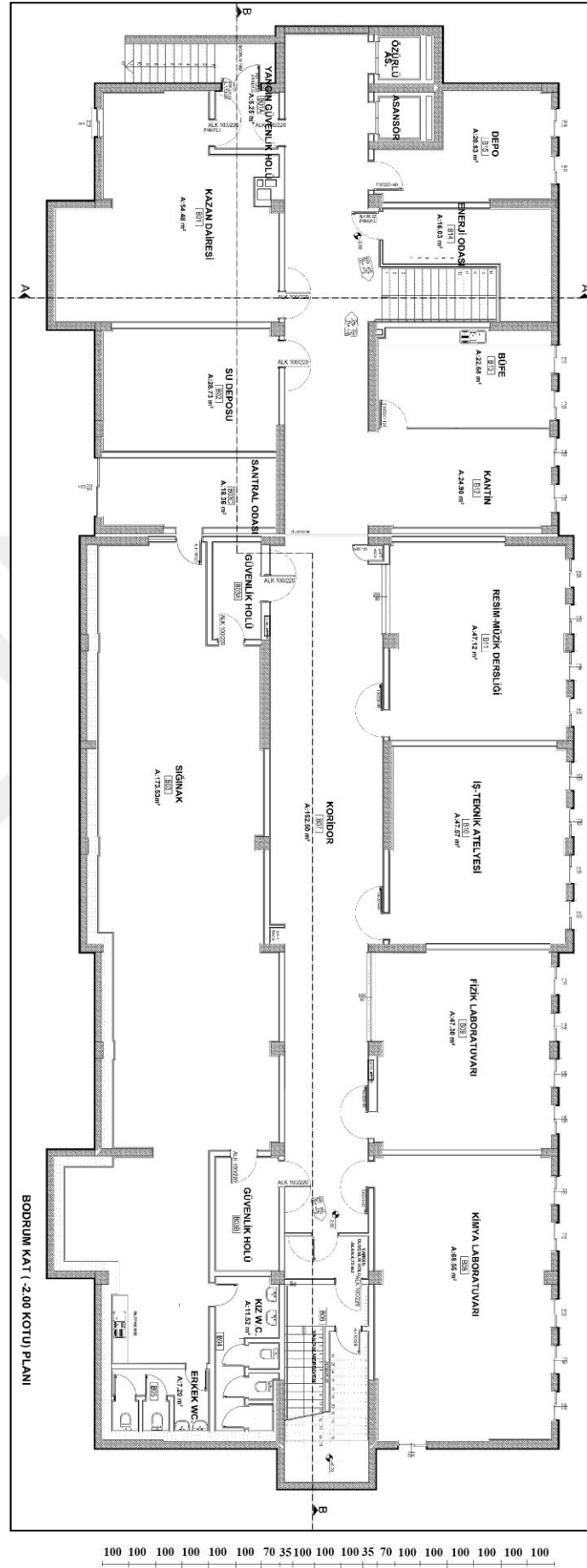
- Keleş, A. E. ve Keleş Kaya, M., 2018, İnşaat sektöründe kullanımı artan bilgisayar yazılımları ve bilgi teknolojilerinin irdelenmesi, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5 (2), 610.
- Keskin, T., 2010, Binalar Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu, Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nın Geliştirilmesi Projesi, 10.
- Koca, Ö., 2006, Sıcak kuru ve sıcak nemli iklim bölgelerinde enerji etkin yerleşme ve bina tasarım ilkelerinin belirlenmesine yönelik yaklaşım, Yüksek lisans, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 26.
- Ofluoğlu, S., 2014a, Rüzgar/hava akımı analizi, http://www.sayisalmimar.com/kurslar/beykent/bpa_05_seminer.pdf:
- Ofluoğlu, S., 2014b, Güneş, gölge ve ışıma analizi, İstanbul, http://www.sayisalmimar.com/kurslar/beykent/bpa_04_seminer.pdf: [10.03.2014].
- Ofluoğlu, S., 2015, İklim ve hava durumu, http://www.sayisalmimar.com/kurslar/beykent/bpa_02_seminer.pdf:
- Orhon, İ., Küçükdoğu, M. Ş. ve Ok, V., 1988, "Doğal İklimlendirme", Toplu Konut İşletmesi Proje Planlama Tasarım El Kitabı, Ankara, TUBİTAK Yayınevi, p.
- Özcan, H., 2010, Yapı bilgi sistemleri ve mimarlıktaki yeri, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul*.
- Özüer, M. O., 2012, Beykent Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Binalarda enerji korunumunu sağlayan fiziksel çevre ölçütleri.
- Salah, F., 2014, Investigation of strengths and weaknesses of 4D BIM software applications in managing construction projects, Yüksek lisans tezi, *Gaziantep Üniversitesi*, Gaziantep, 13.
- Sav, S., 2018, The comparative performance assessment of dynamic shading devices for different climatic regions in Turkey, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 37.
- Schlueter, A. ve Thesseling, F., 2008, Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages, *Automation in Construction*, 18 (2), 153.
- Sow, O., 2016, Adapting passive design strategies for sustainable urban development: A BIM model for Dakar, Yüksek lisans tezi, *Bahçeşehir Üniversitesi*, İstanbul, 49.
- Soysal, S., 2008, Konut binalarında tasarım parametreleri ile enerji tüketimi ilişkisi, Yüksek lisans, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 45.
- Ulukavak Harputlugil, G., 2014, *Tesisat mühendisliği dergisi*, Bina enerji performansı değerlendirme araçları: enerji simülasyonları (144).
- Yılmaz, Y., 2009, Farklı iklim bölgelerinde bir ilköğretim tip projesinin enerji etkin geliştirilmesine yönelik uygulama örneği, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 19.
- Yılmaz, Z., 2005, Akıllı binalar ve yenilenebilir enerji. VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. İzmir: 387- 398.

EKLER

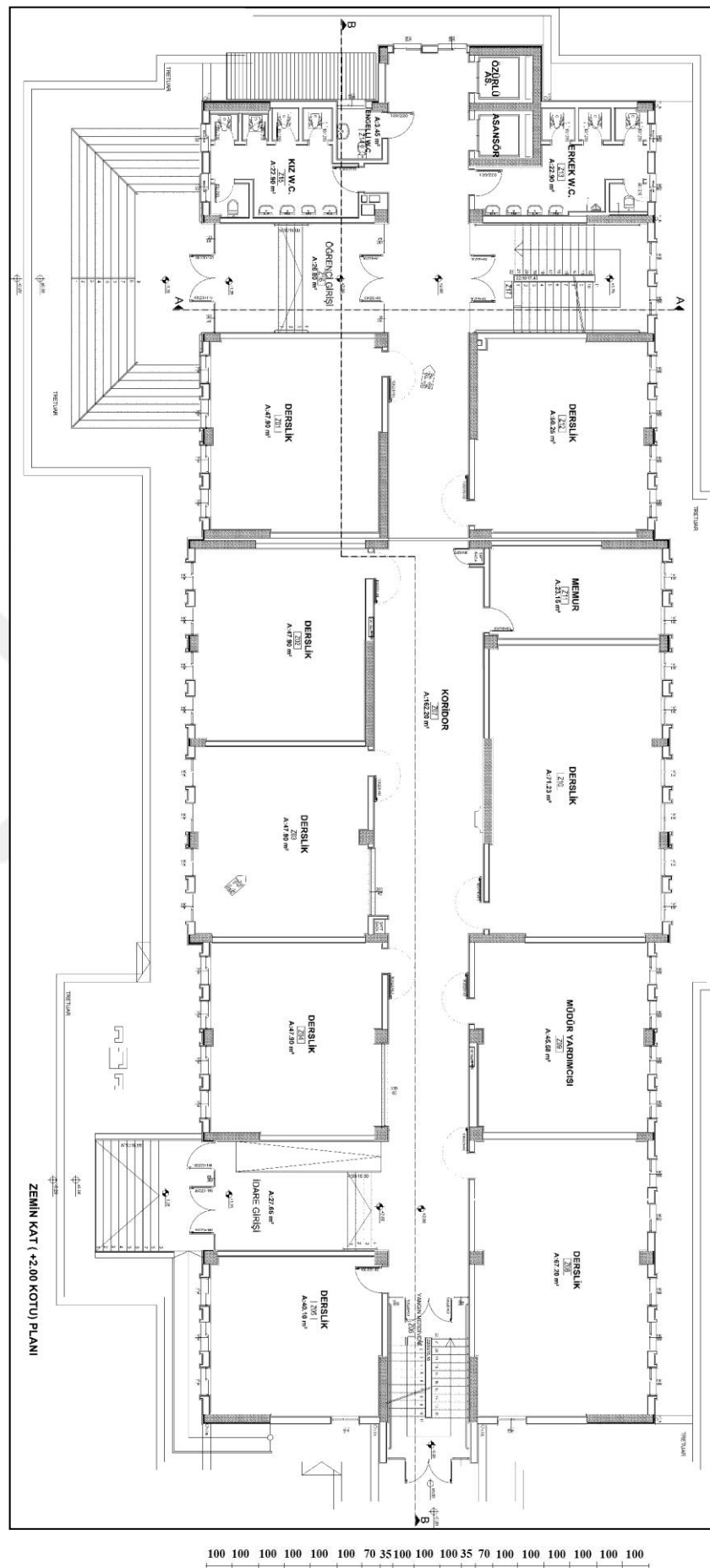
EK-1 Proje Planları



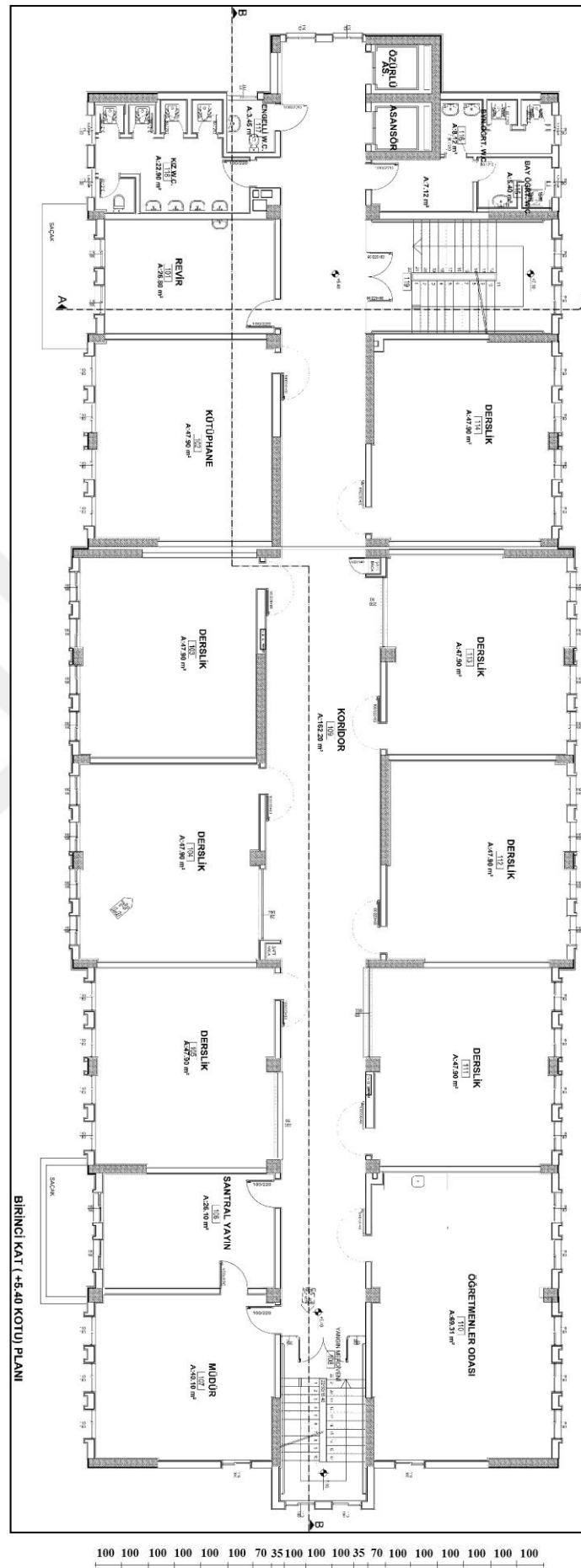
Vaziyet Planı



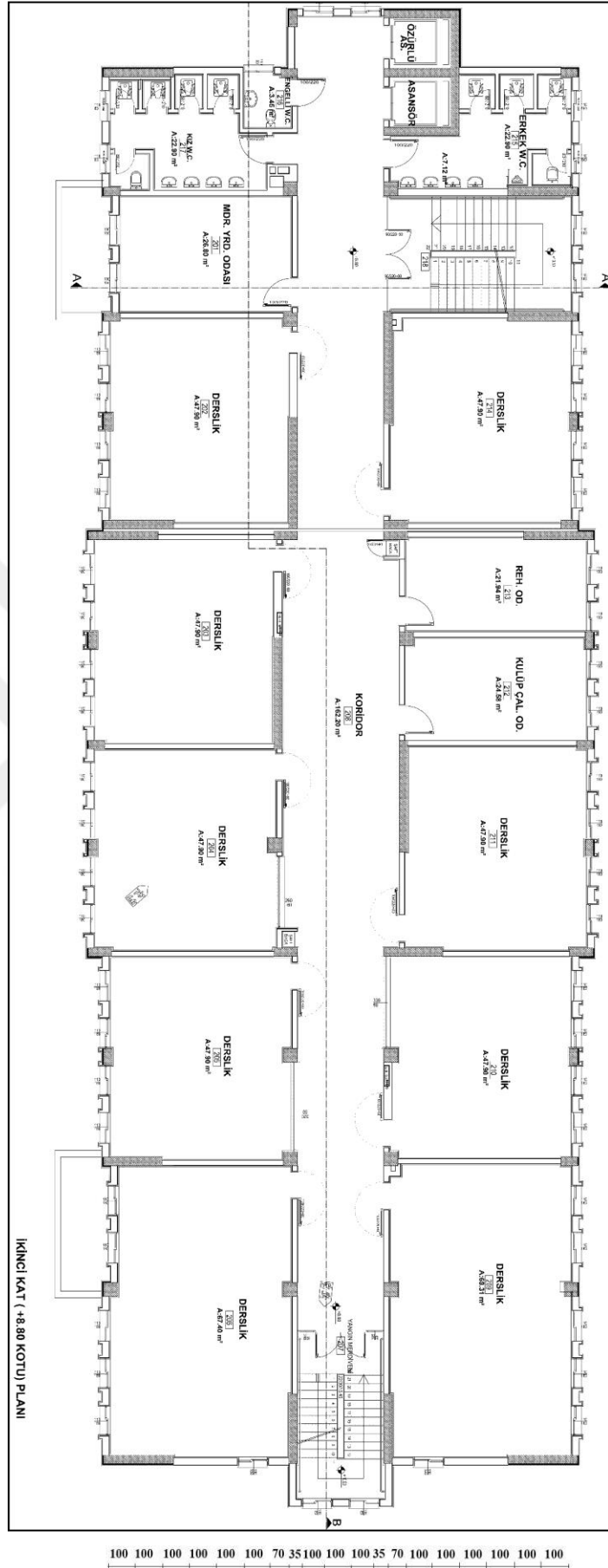
Bodrum Kat Planı



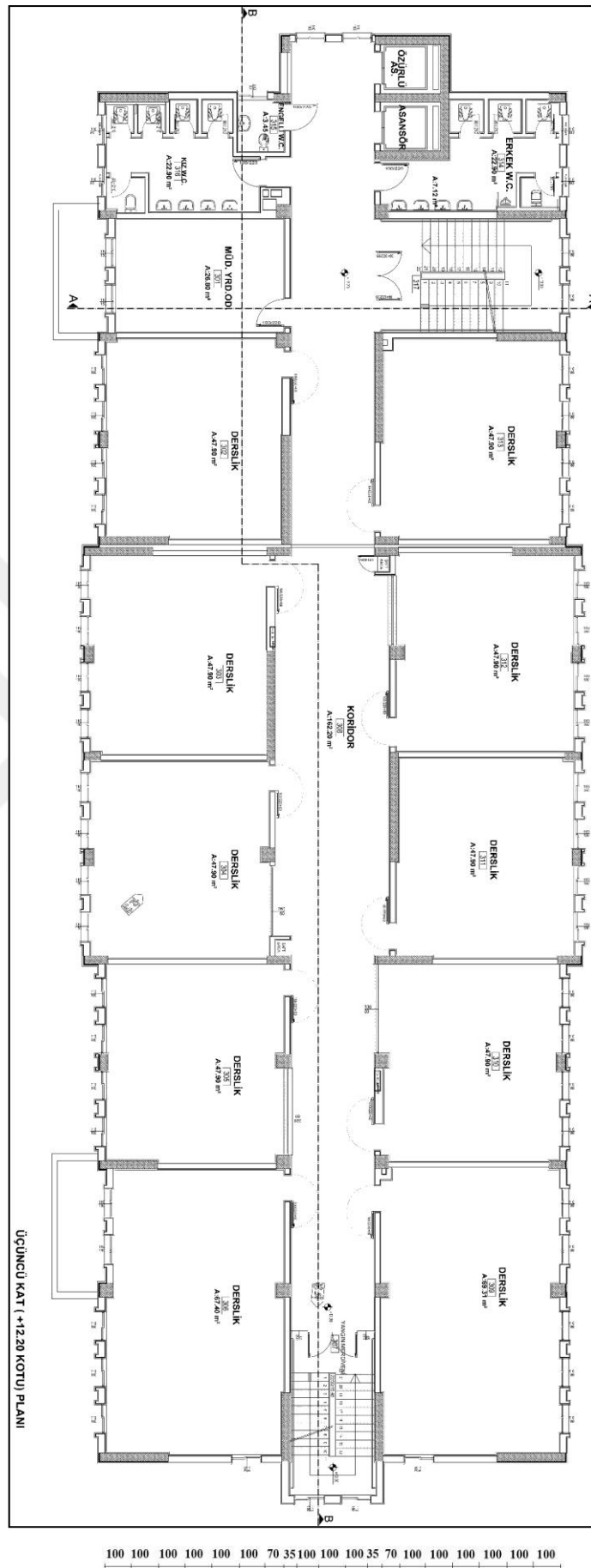
Zemin Kat Planı



1. Kat Plan1

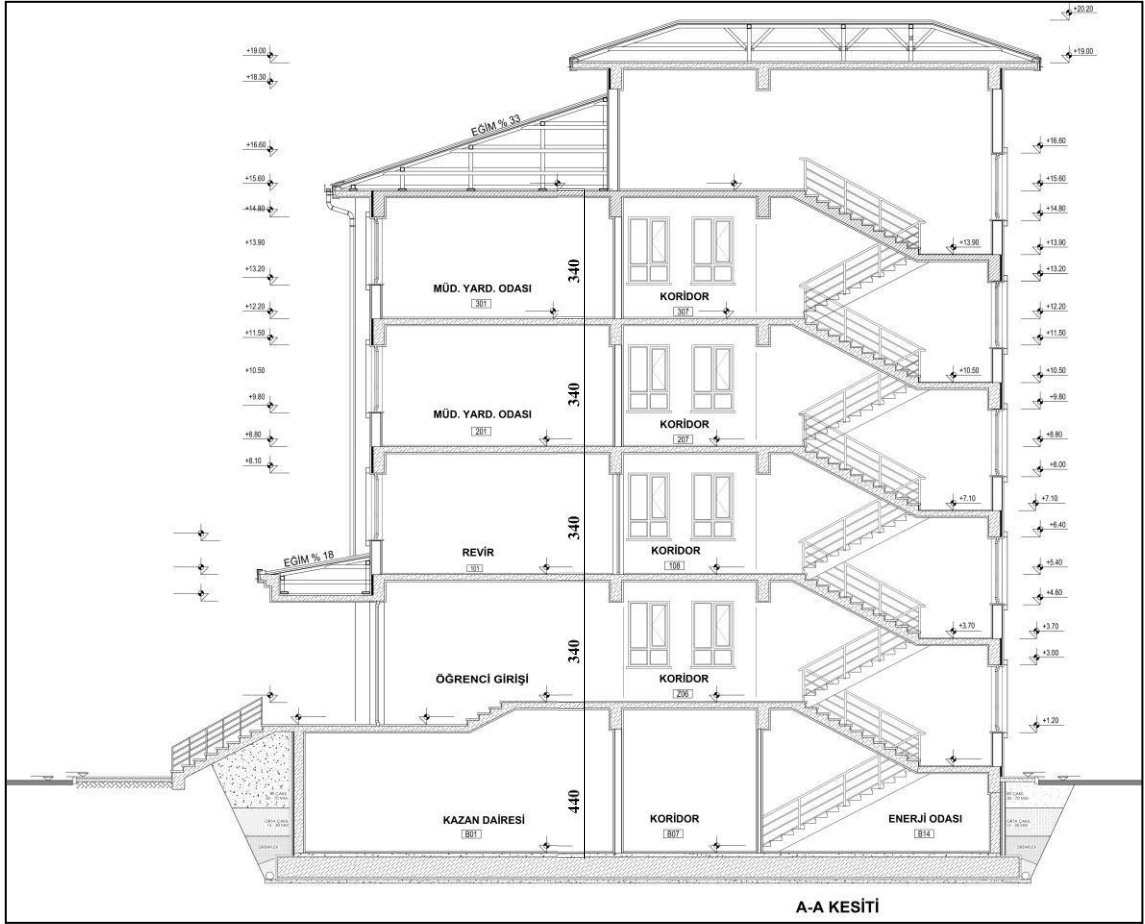


2. Kat Planı

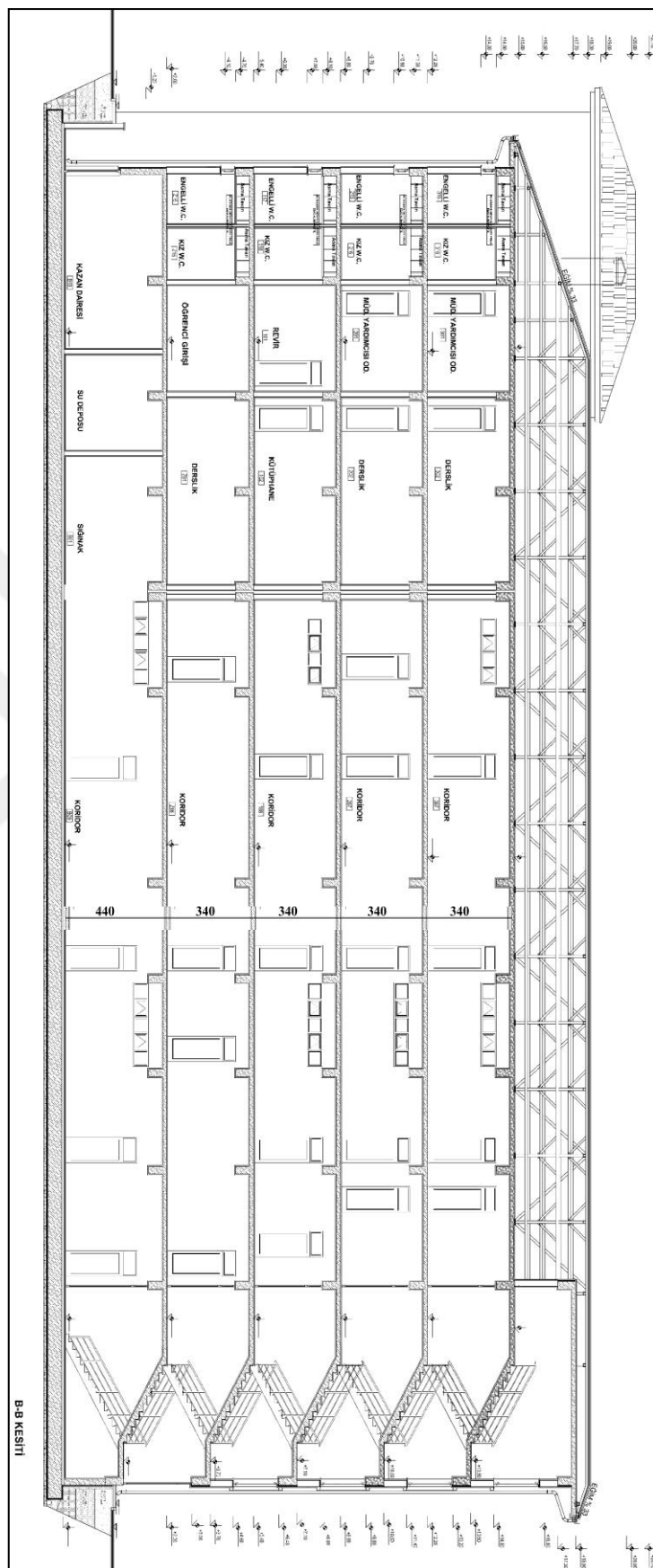


3. Kat Plan1

EK-2 Proje Kesitleri

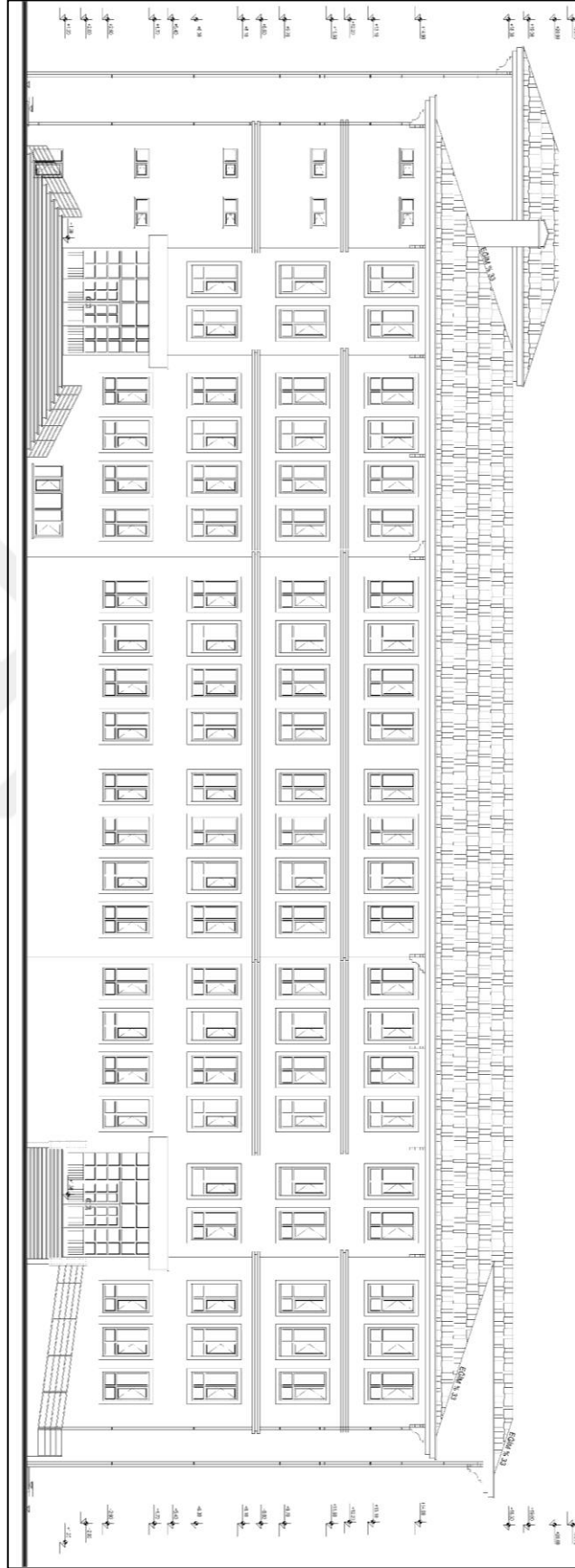


A-A Kesiti

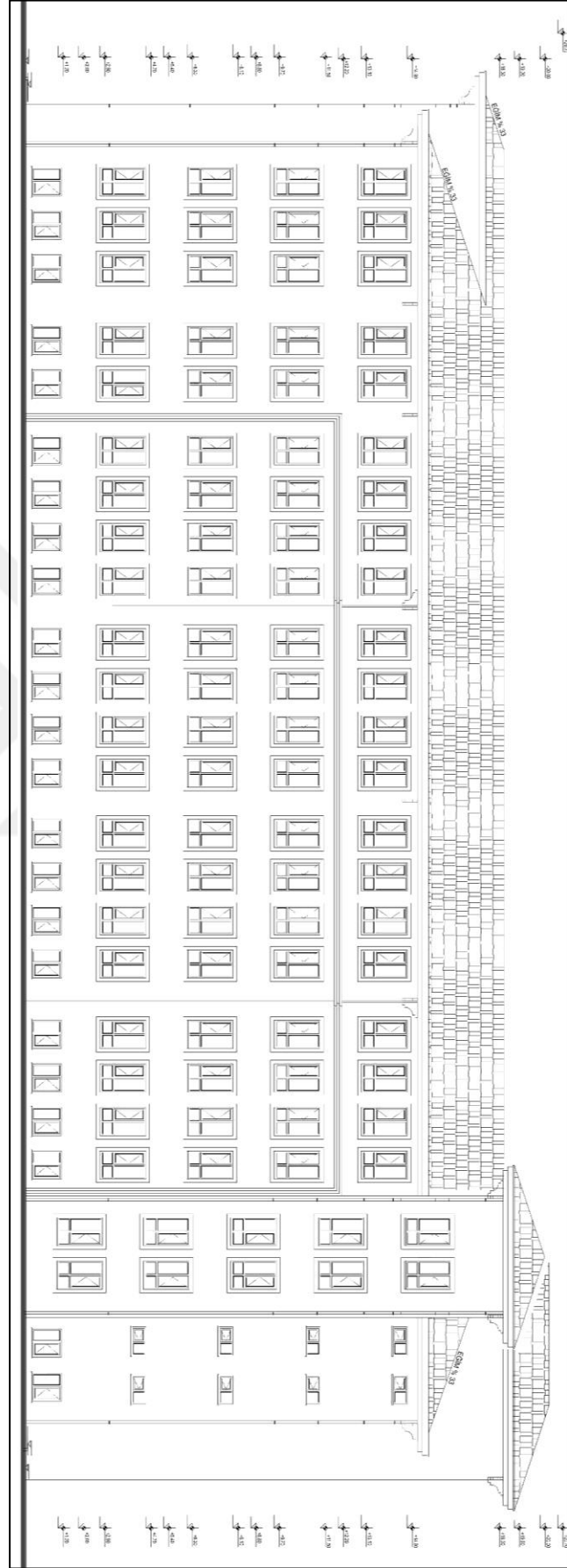


B-B Kesiti

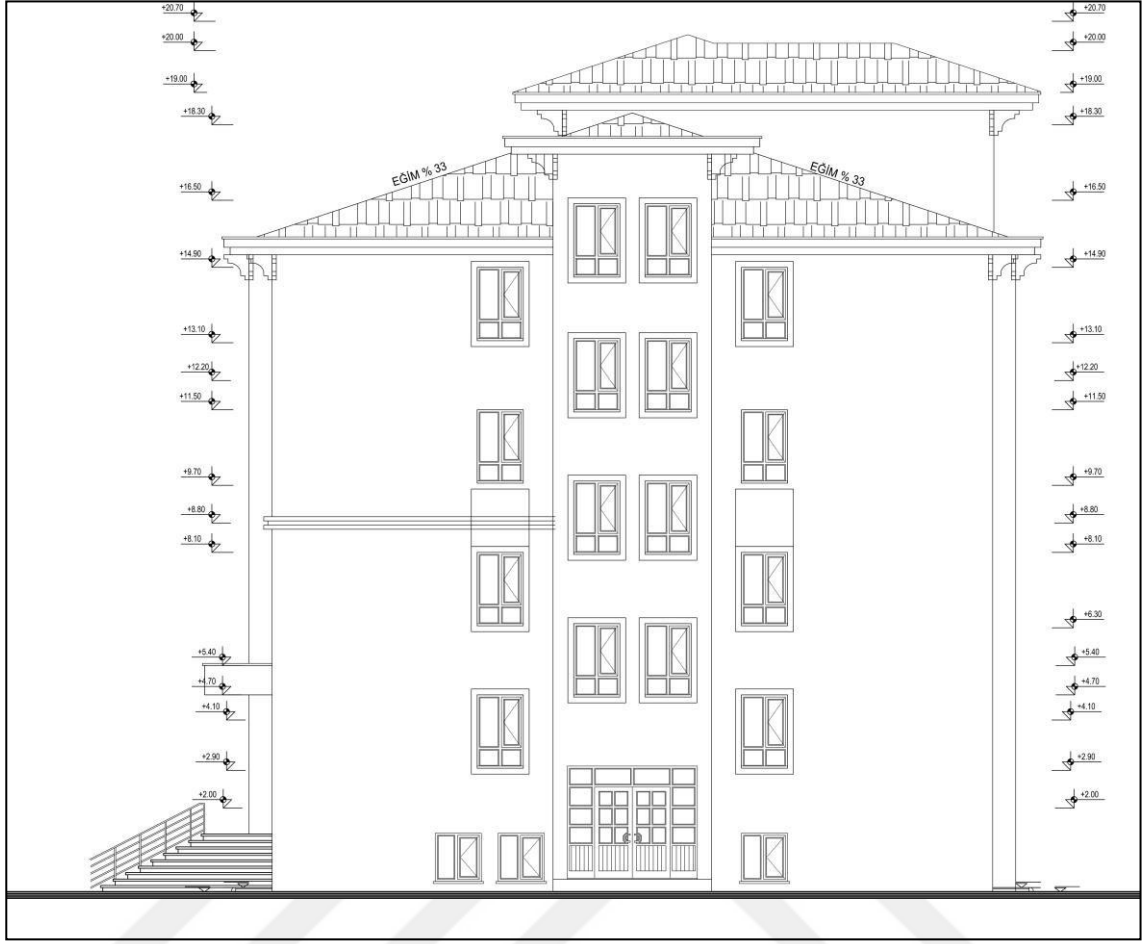
EK-3 Proje Görünüşleri



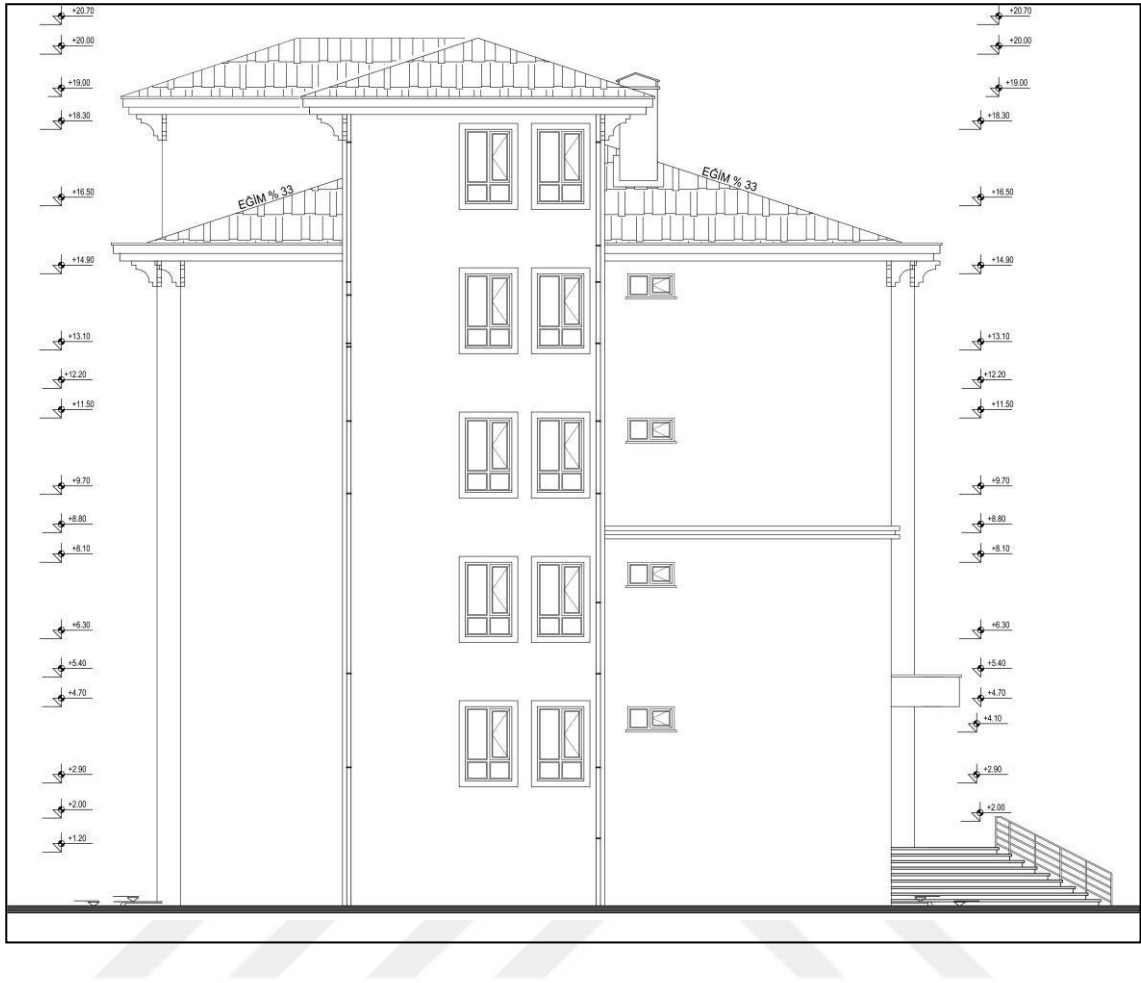
Kuzey Cephesi



Güney Cephesi



Doğu Cephesi



Batı Cephesi

EK-4 Okul Fotoğrafları



EK-5 Beaufort Rüzgar Skalası

BEAUFORT (BOFOR) RÜZGÂR İSKALASI									
BOFOR	Rüzgârın Tanımı	Açık ve Düz Alanda 10 m. Yükseklikteki Tanımlanmış Rüzgâr Hız Sınırları			Karada	Denizde		Kıyıda	Yaklaşık (takribi) Dalga Yüksekliği
		Knot	m/sn	Km/h					
0	Sakin	1	0-0.2	1	Duman dikine yükselir.	Rüzgârın yönü rüzgâr değî, dumanın sürüklenmesinden belli olur.	Deniz çarşaf gibi düzdür.	Sakin.	-
1	Esintî	1-3	0.3-1.5	1-5	Rüzgârın yönü rüzgâr değî, dumanın sürüklenmesinden belli olur.	Rüzgâr insan teninde hissedilir, yapraklar titreşir, rüzgâr gülü harekete geçer.	Çok küçük dalgacıklar, az belirlenir ve köpüksüz (su üstünde balık pulu gibi bursuk).	Balıkçı tekneleri hafif sallanır.	0.1
2	Hafif Rüzgâr	4-6	1.6-3.3	6-11	Rüzgâr insan teninde hissedilir, yapraklar titreşir, rüzgâr gülü harekete geçer.	Rüzgâr yaprakları ve ince dalları devamlı hareket ettirir. Bayrakları hafif dalgalanır.	Küçük dalgacıklar kısa, fakat daha belirgindir. Dalga tepeleri düzgün görünümlü, çatlamazlar.	Rüzgâr teknelerin yelkenlerini doldurur ve 1-2 knot hızla hareket ettirebilir.	0.2 (0.3)
3	Tatlı Rüzgâr	7-10	3.4-5.4	12-19	Rüzgâr yaprakları ve ince dalları devamlı hareket ettirir. Bayrakları hafif dalgalanır.	Rüzgâr yaprakları ve ince dalları devamlı hareket ettirir. Bayrakları hafif dalgalanır.	Dalgacıklar birleşir, tepeleri kırılmaya başlar ve köpüklenir (köpükler dağılmış koyunlara benzer).	Yelkenler yaklaşık 3-4 knots hızla ve yana yatarak hareket ettirebilir.	0.6 (1)
4	Orta Rüzgâr	11-16	5.5-7.9	20-28	Rüzgâr toz ve kâğıt parçalarını uçuşur, küçük dalları hareket ettirir.	Rüzgâr toz ve kâğıt parçalarını uçuşur, küçük dalları hareket ettirir.	Küçük dalgalar genişlemeye başlar. Kıran dalgaları köpükleri daha sık koyunlar gibidir.	Yelkenler için en iyi rüzgâr; yelkenlerin tüm yelkenleri şişer ve iyice yana yatarlar.	1 (1.5)
5	Sert Rüzgâr	17-21	8.0-10.7	29-38	Yapraklı küçük ağaçlar sallanmaya başlar, küçük dalları hareket ettirir.	Yapraklı küçük ağaçlar sallanmaya başlar, küçük dalları hareket ettirir.	Orta dalgalar daha belirgin bir şekilde gelişir (koyun sürüsü yığılır). Hafif serpinti oluşmaya başlar.	Yelkenler yelkenlerini kapatırlar. Avıların çok dikkat edilmelidir.	2 (2.5)
6	Kuvvetli Rüzgâr	22-27	10.8-13.8	39-49	Büyük dallar sallanır, telgraf tellerinde ısıtıcı sesi işittir, gemiye taşınmak güçleşir.	Büyük dallar sallanır, telgraf tellerinde ısıtıcı sesi işittir, gemiye taşınmak güçleşir.	Büyük dalgalar oluşmaya başlar, dalga tepelerinin köpükleri etrafı daha fazla kaplar. Biraz serpinti olabilir.	Yelkenler limanda kalırlar. Denizde olanlar hareket ettiremezler, (taça).	3 (4)
7	Fırtınası Rüzgâr	28-33	13.9-17.1	50-61	Bütün ağaçlar sallanır. Rüzgâra karşı yürümek güçleşir.	Bütün ağaçlar sallanır. Rüzgâra karşı yürümek güçleşir.	Deniz kabarmaya başlar. Kıran dalgaların köpükleri rüzgâr yönü boyunca savrulur.	Yelkenler limanda kalırlar. Denizde olanlar hareket ettiremezler, (taça).	4 (5.5)
8	Fırtına	34-40	17.2-20.7	62-74	Rüzgâr filizleri kırar ve rüzgâra karşı yürümek genellikle çok zordur.	Rüzgâr filizleri kırar ve rüzgâra karşı yürümek genellikle çok zordur.	Uzun boylu, oldukça yüksek dalgalar, dalga tepelerinin kenarları rüzgâr tarafından kırılır, köpükler rüzgâr yönü boyunca savrulur.	Yakında olan tekneler limana çekilirler.	5.5 (7.5)
9	Kuvvetli Fırtına	41-47	20.8-24.4	75-88	Zayıf yapı binalarda hasar meydana gelir. Bacalar ykılır, kiremitler uçar.	Zayıf yapı binalarda hasar meydana gelir. Bacalar ykılır, kiremitler uçar.	Yüksek dalgalar; serpinti ve köpükler rüzgâr yönü boyunca daha yoğun bir hat oluşturur. Dalga tepeleri devrilmeye, yıklanmaya ve yuvarlanmaya başlar. Serpinti görüş uzaklığını engeller.	-	7 (10)
10	Tam Fırtına	48-55	24.5-28.4	89-102	Karada nadir olup, ağaçları kökünden söker, binalarda önemli zararlar verebilir.	Karada nadir olup, ağaçları kökünden söker, binalarda önemli zararlar verebilir.	Uzun sorduğu çok yüksek dalgalar; büyük parçalar halindeki köpük ve serpintiler rüzgâr yönü boyunca çok yoğun bir şekilde savrulur. Deniz genellikle beyaz görünür, iyice yükselmeye ve kabarmaya başlar. Görüş uzaklığı azalır.	-	9 (12)
11	Çok Şiddetli Fırtına	56-63	28.5-32.6	103-117	Erdin rastlanır ve geniş çapta hasarlara neden olur.	Erdin rastlanır ve geniş çapta hasarlara neden olur.	Çok az görülen yüksek dalgalar; rüzgâr yönü boyunca oluşan köpük ve serpintiden denizin üstü beyaz görünür. Dalga tepelerinden her tarafa köpük püskürmektedir. Görüş uzaklığı azalmıştır (küçük ve orta büyüklükteki gemiler dalgaların arasından görülmeyebilir).	-	11.5 (16)
12	Harikayn (Orkan)	64 ve daha fazla	32.7 ve daha fazla	118 ve daha fazla	-	-	Göküzü köpük ve serpinti ile kaplanmıştır. Deniz tamamen bembeyazdır. Görüş uzaklığı çok azalmıştır.	-	14 <

1 Knot = 1.852 km/saat = 1 denizmili/saat (nm/h)

1 Knot = 0,514 metre/saniye (m/sec)

1 km/saat = 0,277 metre/saniye = 0,54 knot

1 metre/saniye = 3,6 km/saat = 1,945 knot

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Dilara AYTÜRK TULUKCU
Uyruğu : TC.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya / 01.01.1989
Telefon : 0554 812 3725
Faks :
e-mail : dilaraytrk@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Dolapoğlu Anadolu Lisesi, Selçuklu, Konya	2007
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2012
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010	Selçuk Üniversitesi	Öğrenci Asistanı
2011	A Proje/Deha Grup	Stajyer Mimar
2012	A Proje/Deha Grup	Mimar
2013	Karatay Kongre Merkezi	Mimar
2014	MMA Mimarlık	Mimar
2017	UTD-Cenor	Mimar

YABANCI DİLLER

İngilizce
 Almanca

YAYINLAR

Doğadan İlham Alan, Sosyal ve Sürdürülebilir Bir Tasarım: Warka Su Kulesi ;
Mimarlar Dergisi, Sayı:15, Kış 2017