

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**GELENEKSEL YAPILARDA RÜZGÂR BACASININ (RÜZGÂR KULESİ)
KULLANIMI İLE ENERJİ VERİMLİLİK SEVİYESİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mohammad Ahmad Hussein KHATAYBEH

Mimarlık Anabilim Dalı

Mimarlık Programı

TEMMUZ, 2023

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**GELENEKSEL YAPILARDA RÜZGÂR BACASININ (RÜZGÂR KULESİ)
KULLANIMI İLE ENERJİ VERİMLİLİK SEVİYESİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mohammad Ahmad Hussein KHATAYBEH

(Y2113.050008)

Mimarlık Anabilim Dalı

Mimarlık Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Alpay AKGÜÇ

TEMMUZ, 2023

ONAY SAYFASI

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum "GELENEKSEL YAPILARDA BADGİR (RÜZGÂR YAKALAYICININ) KULLANIMI İLE ENERJİ VERİMLİLİK SEVİYESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ" adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça 'da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (20/07/2023)

Mohammad Ahmad Hussein KHATAYBEH

ÖNSÖZ

Öncelikle tez danışmanım olan Dr. Öğr. Üyesi Alpay AKGÜÇ'e, bu çalışmanın başından beri gösterdiği sabır, anlayış ve desteği için içten teşekkürlerimi sunmak isterim. Kendisi, bilgeliği ve deneyimiyle beni sürekli motive etti ve tezimin her aşamasında önemli katkılar sağladı. Onun yardımı olmadan bu çalışmanın tamamlanması değil, başlanması bile mümkün olmazdı.

Aileme en derin teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Babam Dr. Ahmad KHATAYBEH, annem Ezdehar ARAİDAH, abim ve iki kardeşim, uzak olmalarına rağmen her zaman yanımda olup beni desteklediler. Onların sevgi dolu rehberliği ve destekleri olmasaydı, bu noktaya ulaşamazdım.

Ayrıca, değerli jüri üyelerine, tezimi değerlendirdikleri için içten teşekkürlerimi sunuyorum. İlgileri, eleştirileri ve katkılarıyla tezin kalitesini önemli ölçüde arttırdılar. Değerli zamanlarını ayırdıkları için minnettarım.

Son olarak, bu çalışmanın tamamlanması için destek olan tüm aile üyelerime, dostlarıma ve meslektaşlarıma da teşekkürlerimi sunmak isterim. Desteğiniz, benim için çok değerliydi.

Temmuz, 2023

Mohammad Ahmad Hussein KHATAYBEH

GELENEKSEL YAPILARDA RÜZGÂR BACASININ (RÜZGÂR KULESİ) KULLANIMI İLE ENERJİ VERİMLİLİK SEVİYESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ

ÖZET

Bina sektörü, dünya genelinde hızla gelişen bir sektör halini alırken bu gelişimin ortaya çıkardığı enerji talebindeki artış oldukça dikkat çekicidir. Bu talebin büyük bir kısmı fosil kaynaklı yakıtlardan karşılanmaktadır; ancak fosil yakıtların meydana getirdiği sera gazı salınımı, küresel ısınmaya ve hava kirliliğine neden olarak çevreye ve doğal yaşama zarar vermektedir. Özellikle kullanıcıların yıl boyunca ısı konforunu sağlamak için binalarda kullanılan ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin enerji ihtiyacının çoğunlukla fosil kaynaklı yakıtlara bağlı olması çevreye olan olumsuz etkileri arttırmaktadır. Bu etkilerin azaltılması ve binalarda kullanılan iklimlendirme sistemlerine daha az ihtiyaç duyulması için daha sürdürülebilir bir yaklaşım benimsemek gerekmektedir. Bu nedenle, binalarda kullanılacak pasif iklimlendirme stratejilerinin rolü daha çok ön plana çıkmaktadır.

Dünyanın farklı iklimsel bölgelerdeki geleneksel yapılar incelendiğinde bu yapıların inşasında kullanılan pasif iklimlendirme stratejilerinin, doğal kaynakları verimli kullanmayı ve iklimsel verileri doğru kullanarak binaların enerji verimliliğini arttırmayı hedeflediği görülmektedir. Bu stratejiler arasında doğal havalandırma yöntemlerinin de payı büyüktür. Özellikle sıcak-kuru iklim bölgelerindeki geleneksel yapılarda sıklıkla karşılaşılan maşrabiye, eyvan, avlu ve rüzgâr bacası (rüzgâr kulesi, badgir) gibi sistemler binaların iç mekanlarının taze hava ihtiyacını karşılamak, mekandaki hava hareketliliğini arttırmak, iç ortamları serinletmek, nemlendirmek ve böylece kullanıcı konforunu sağlamak amacıyla yüzyıllarca kullanılmış ve kullanılmaya devam edilmektedir. Bu sistemler arasından rüzgâr bacası, özellikle milattan önceki yıllarda İran'dan başlayarak Ortadoğu coğrafyasının birçok bölgesinde kullanılmış olup kapalı ve yarı açık mekanlarda hava hareketliliğinin artırılması ve ortamın serinletilmesi amacıyla geleneksel yapıların

önemli bir parçası haline gelmiştir. Rüzgâr bacası sisteminin, Türkiye'nin güneydoğu bölgesindeki geleneksel yapıların doğal havalandırılmasında da kullanıldığı görülmektedir. Bu sistem, Şanlıurfa, Diyarbakır gibi bölgelerdeki geleneksel yapıların özellikle eyvan bölümünde kullanılmış olup sıcak ve kuru geçen yaz dönemlerinde eyvan içindeki hava akımını hızlandırarak ortamdaki hava sirkülasyonunu arttırmak ve serinlik hissi vermek için kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasında, rüzgâr bacası sisteminin sıcak-kuru iklim bölgelerindeki yapıların enerji performansına ve bu yapıların eyvan bölgesindeki hava akımının hızına ve hava sıcaklığının değişimine olan etkileri incelenmiştir. Bu araştırmada, bir vaka çalışması olarak Türkiye'nin Şanlıurfa ilinde bulunan Hacıbanlar Evi ele alınmış olup öncelikle bu yapının DesignBuilder ve EnergyPlus simülasyon araçları kullanılarak binanın yıllık ısıtma ve soğutma yükü hesap edilmiştir. Ardından, yapının eyvan bölümüne eklenen rüzgâr bacasının farklı boyut, malzeme, bölücü ve su öğeleriyle kombine edilmesi neticesinde binanın enerji performansına ve yarı açık alanlardaki hava akımının hızına ve sıcaklığına etkisini etkisi analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr bacası, Doğal Havalandırma, Tasarım Faktörleri, Bina Enerji Performans Simülasyonu, CFD

IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY LEVEL IN TRADITIONAL BUILDINGS BY USING WINDCATCHER (WIND TOWER): A CASE STUDY FROM SANLIURFA

ABSTRACT

The building sector is rapidly developing worldwide, and the increase in energy demand resulting from this development is quite remarkable. A large part of this demand is met by fossil fuels; however, the greenhouse gas emissions caused by fossil fuels cause global warming and air pollution, harming the environment and natural life. Especially, the fact that the energy needs of heating, cooling, and ventilation systems used in buildings to provide thermal comfort to users throughout the year are mostly dependent on fossil fuels increases their negative impact on the environment. To reduce these effects and reduce the need for air conditioning systems used in buildings, a more sustainable approach must be adopted. Therefore, the role of passive air conditioning strategies to be used in buildings is becoming more prominent.

When traditional structures in different climatic regions of the world are examined, it is seen that the passive air conditioning strategies used in their construction aim to use natural resources efficiently and increase the energy efficiency of buildings by using climatic data correctly. Among these strategies, natural ventilation methods also have a large share. Systems such as mashrabiya, iwan, courtyard, and windcatcher (wind tower, badgir), which are frequently encountered in traditional structures in hot-dry climate regions, have been used for centuries and continue to be used to meet the fresh air needs of indoor spaces of buildings, increase air movement in space, cool indoor environments, humidify and thus provide user comfort. Among these systems, windcatcher has been used especially since B.C. in many regions of the Middle East geography starting from Iran and has become an important part of traditional buildings for increasing air movement in closed and semi-open spaces and cooling the environment. It is seen that the windcatcher system is also used in natural ventilation of traditional buildings in the southeastern region

of Turkey. This system has been used especially in the iwan section of traditional buildings in regions such as Şanlıurfa and Diyarbakır and has been used to accelerate airflow in iwan during hot and dry summer periods, increase air circulation in the environment and provide a sense of coolness.

In this thesis study, the effects of the windcatcher system on the energy performance of buildings in hot-dry climate regions and on airflow speed and temperature change in the iwan region of these buildings were examined. In this research, Hacibanlar House located in Şanlıurfa province of Turkey was taken as a case study and firstly the annual heating and cooling load of this building was calculated using DesignBuilder and EnergyPlus simulation tools. Then, by combining different dimensions, materials, dividers and water elements with a windcatcher added to iwan section of the building, its effect on the energy performance of the building and speed and temperature of the airflow in semi-open areas was analyzed.

Keywords: Windcatcher, Natural Ventilation, Design Factors, Building Energy Performance Simulation, CFD

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	i
ONUR SÖZÜ	ii
ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xv
I. GİRİŞ.....	1
A.Binalardan Meydana Gelen Salınımların ve Enerji Tüketiminin Dünya Genelinde Güncel Durumu.....	2
B.Türkiye'nin Enerji Profili ve CO ₂ Salınımı.....	3
C.Rüzgâr Bacasının Tarihi ve Dünya Genelindeki Kullanımı	12
D.Rüzgâr Bacasını Oluşturan Bileşenler.....	13
E.Rüzgâr Bacası Türleri	14
1.Tek Açıklıklı	14
2.İki Açıklıklı	15
3.Üç Açıklıklı.....	15
4.Dört Açıklıklı	16
5.Sekiz (Oktahedral) Açıklıklı	16
6.Chopoghi (Boru Şeklinde) Rüzgâr Bacası.....	17
F.Rüzgâr Bacasının Çalışma Teknikleri.....	17
1.Vakum Etkisi.....	17
2.Sıcaklık Farkı Etkisi.....	18
II. METODOLOJİ	21

III.VAKA ÇALIŞMASI: HACIBANLAR EVİ.....	26
A.Örnek binanın konumu: Şanlıurfa	26
1.Şanlıurfa'nın İklimsel Özellikleri	27
a. Sıcaklık ve bağıl nem	27
b. Hâkim rüzgâr.....	29
B.Hacıbanlar Evi	30
1.Hacıbanlar Evi'nin Yapı Malzemeleri	35
a.Ana strüktür.....	35
b.Döşeme kaplaması	35
c.Çatı örtüsü	35
d.Camlar	36
2.Binanın yönlendirilmesi.....	36
3.Şanlıurfa Evlerindeki Rüzgâr Bacalarının Özellikleri	37
4.Hacıbanlar Evi'nin Enerji Performansının Modellenmesi.....	38
a.Isıl zonların belirlenmesi.....	41
b.Binanın kabuk malzemelerinin belirlenmesi.....	45
c.Banının aydınlatma sistemlerinin seçimi	46
d.Bina çevresinin bina enerji modeline entegrasyonu.....	47
e.Hacıbanlar Evi'nin enerji performansı simülasyon sonuçları	48
5.Rüzgâr bacasının tasarım faktörlerinin belirlenmesi	51
a.Rüzgâr bacasının güney eyvanındaki konumu	52
b.Rüzgâr bacasının kullanım zaman takvimleri	52
i.Birinci senaryo: rüzgâr bacasının yıl boyunca sürekli kullanılması	53
ii.İkinci senaryo: rüzgâr bacasının yaz ayları boyunca kullanılması	53
iii.Üçüncü senaryo: rüzgâr bacasının dış hava sıcaklığına göre kullanılması. 53	
c.Rüzgâr bacasının taban alanı.....	56
d.Rüzgâr bacasının kabin yüksekliği	63
f.Rüzgâr bacasının kabin malzemelerinin seçimi.....	66
g.Rüzgâr bacasının açıklık sayısının belirlenmesi	74
h.Rüzgâr bacası içinde su ögesi kullanımı	77

IV.SONUÇ	80
V.KAYNAKÇA	83
ÖZGEÇMİŞ.....	89

KISALTMALAR LİSTESİ

- 3B** : 3 Boyutlu
- AB** : Avrupa Birliği
- BLAST** : Building Loads Analysis and System Thermodynamics
- CFD** : Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)
- DOE-2** : Department of Energy
- GAP** : Güneydoğu Anadolu Projesi
- IBRD** : International Bank for Reconstruction and Development. (Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası)
- IEA** : International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
- LEED** : Leadership in Energy and Environmental Design (Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik)
- SHGC** : Solar Heat Gain Coefficient (Güneş Isı Kazanç Katsayısı)
- TC** : Türkiye Cumhuriyeti
- TPAO** : Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
- TÜİK** : Türkiye İstatistik Kurumu
- T-vis** : Visible transmittance (Gün Işığı Geçirme Çarpanı)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 2010-2030 Net Sıfır Senaryosu'nda binaların işletilmesinden kaynaklanan CO ₂ salınımları.	3
Şekil 2 Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi: 2013 verileri ve 2023 hedefleri	4
Şekil 3 Kaynağına göre Türkiye'nin toplam nihai enerji tüketimi	4
Şekil 4 Kaynağına göre elektrik üretimi, Türkiye, 2000-2021.	5
Şekil 5 Türkiye'de kişi başına düşen CO ₂ salınımı.....	5
Şekil 6 2018 yılında kişi başına düşen CO ₂ salınımları: Diğer ülkeler göre.....	6
Şekil 7 Türkiye'deki şehirlerin 2014-2017 yılları arasındaki karbon ayak izi değişimi... ..	7
Şekil 8 2016'de Türkiye genelinde kişi başına elektrik tüketim miktarı.....	8
Şekil 9 2020'de Türkiye genelinde kişi başına elektrik tüketim miktarı.....	8
Şekil 10 Şanlıurfa bölgesinde ortalama yüksek ve düşük sıcaklık.	9
Şekil 11 Duvar sıcaklık değişimi, Mungan ve Demir evi.	10
Şekil 12 Doğal konveksiyon nedeniyle hava hareketi oluşumu.....	11
Şekil 13 Mısır'daki bir krallık tapınağında bulunan rüzgâr bacası resmi.	13
Şekil 14 Rüzgâr bacasını oluşturan bileşenler	14
Şekil 15 Tek açıklıklı rüzgâr bacalarının plan örnekleri.	14
Şekil 16 Tek açıklıklı rüzgâr bacası örneği.....	15
Şekil 17 İki açıklıklı rüzgâr bacalarının plan örnekler.....	15
Şekil 18 İki açıklıklı rüzgâr bacası örneği.....	15
Şekil 19 Dört açıklıklı rüzgâr bacalarının plan örnekleri.....	16
Şekil 20 Dört açıklıklı rüzgâr bacası örneği.....	16
Şekil 21 Sekiz açıklıklı rüzgâr bacası örneği.	16
Şekil 22 Chopoghi rüzgâr bacası örneği.	17
Şekil 23 Rüzgâr bacasının çalışma tekniği.....	18
Şekil 24 Rüzgâr bacalarında kullanılan kerpiç tuğla örneği.	19
Şekil 25 Tez çalışmasında kullanılan metodolojinin akış şeması.	25

Şekil 26 Şanlıurfa’da yıllık hava sıcaklığının değişimi.	27
Şekil 27 Şanlıurfa’da yıllık sıcaklık değişiminin 3B gösterimi.	28
Şekil 28 Şanlıurfa’da yıllık bağıl nem değişiminin 3B gösterimi.....	28
Şekil 29 Yıl boyunca Şanlıurfa'nın hâkim rüzgârın veriler.....	29
Şekil 30 Şanlıurfa'nın soğutma dönemindeki hâkim rüzgârın verileri.....	29
Şekil 31 Hacıbanlar Evi’nin konumu.	30
Şekil 32 Topografik haritada Hacıbanlar Evi’nin konumu.	30
Şekil 33 Hacıbanlar Evi’nin kuzey-güney aksı yönündeki avlu görüntüsü.	31
Şekil 34 Hacıbanlar Evi’nin doğu-batı aksı yönündeki avlu görüntüsü.	31
Şekil 35 Hacıbanlar Evi’nin kuzey yönüne bakan eyvanı.	31
Şekil 36 Hacıbanlar Evi’nin zemin kat planı	32
Şekil 37 Hacıbanlar Evi’nin bodrum kat planı.....	32
Şekil 38 Hacıbanlar Evi’nin A-A kesiti.	33
Şekil 39 Hacıbanlar Evi’nin B-B kesiti.....	34
Şekil 40 Hacıbanlar Evi’nin camları.	36
Şekil 41 Sıcak-kuru bölgelere uygun kütle yönlendirişi.	37
Şekil 42 Yıllık kullanım zamanlarında göre kütlelerinin sınıflandırılması.....	37
Şekil 43 Şanlıurfa’da bulunan bir konağın (a) kuzeyden ve (b) batıdan rüzgâr alan rüzgâr yakalayıcılarının (c ve e) teras çatıdan ve (f) sokaktan görüntüleri ile eyvan duvarındaki (d) nişlerin üzerinde bulunan (h ve g) rüzgâr çıkışına bakış	38
Şekil 44 "Climate.onebuilding.org" web sitesinin arayüzü.	39
Şekil 45 "epw" dosyasının DesignBuilder aracına tanımlanması.	39
Şekil 46 Doğal havalandırma için gerekli verilerin DesignBuilder’da tanımlanması. ...	40
Şekil 47 Hacıbanlar Evi’nin DesignBuilder aracı ile modellenen bodrum katı.....	40
Şekil 48 Hacıbanlar Evi’nin DesignBuilder aracı ile modellenen zemin katı.	41
Şekil 49 Örnek bir mekân için DesignBuilder aracının “Aktivity” sekmesine tanımlanması gereken veriler.	42
Şekil 50 (a) Dış duvar ve (b) çatı kesiti.	46
Şekil 51 Hacıbanlar Evi'nin harita üzerinden kuşbakışı görüntüsü.....	47
Şekil 52 Hacıbanlar Evi ve yakın çevresinde bulunan yapıların model görüntüsü.....	48

Şekil 53 Rüzgâr ve grid verileri.	49
Şekil 54 CFD simülasyonuna ait iterasyon çıktıları.....	50
Şekil 55 Hacıbanlar Evi'nin avlusu etrafındaki hava akımının CFD sonuçları.	50
Şekil 56 Öngörülen rüzgâr bacası sisteminin Hacıbanlar Evi'nin planı üzerindeki konumu ve yönü.....	51
Şekil 57 Rüzgâr bacasının boyutsal faktörleri (kabin yüksekliği, genişlik ve derinlik) .	56
Şekil 58 Keskin kenarlı girişler için kayıp katsayısı.....	58
Şekil 59 "Tools" sekmesinde yer alan "CFD boundary conditions" ekranı.	59
Şekil 60 Biyoklimatik konfor grafiği.	60
Şekil 61 Hacıbanlar Evi'nin güney eyvanındaki hava akımının hızını gösteren CFD simülasyon sonucu.	61
Şekil 62 Rüzgâr bacasının taban alanının (a) 1,75 x 1,75m, (b) 1,50 x 1,50m (c) 1,25 x 1,25m ve (d) 1,00 x 1,00m güney eyvanındaki havanın hızına etkileri.....	62
Şekil 63 Rüzgâr bacasının kabin yüksekliğinin (a) 5m, (b) 4m, (c) 3m ve (d) 2m güney eyvanındaki havanın hızına etkileri.	64
Şekil 64 Malzeme senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (a) M.1, (b) M.2, (c) M.3.	69
Şekil 65 Malzeme senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (d) M.4, (e) M.5, (f) M.6.	70
Şekil 66 Malzeme senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (g) M.7, (h) M.8, (i) M.9.	71
Şekil 67 Malzeme senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (j) M.10, (k) M.11, (l) M.12.....	72
Şekil 68 Malzeme senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (m) M.13, (n) M.14, (o) M.15.....	73
Şekil 69 Rüzgâr bacasına entegre edilen bölücünün model görüntüsü.....	74
Şekil 70 Bölücü senaryolarının CFD simülasyon sonuçları, (a) M.8, (b) M.16.	76
Şekil 71 Rüzgâr bacası sistemi içine yerleştirilen su ögesinin konumu.	77
Şekil 72 Su ögeli kullanımının senaryosunun CFD simülasyon sonuçları.	79

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1 Rüzgâr bacalarının bileşenleri.....	13
Çizelge 2 Düz toprak damın katmanları ve kalınlıkları.	36
Çizelge 3 Mekânların alanları ve koşullandırılma durumları.	43
Çizelge 4 Mekânların doluluk oranları.	43
Çizelge 5 Yatak odalarının kullanım zaman takvimleri.....	44
Çizelge 6 Kış salonunun kullanım zaman takvimi.....	44
Çizelge 7 Baharlık salonun kullanım zaman takvimleri.	44
Çizelge 8 Mutfağın kullanım zaman takvimleri.	45
Çizelge 9 Bina kabuğuna ait bileşenlerin termo-fiziksel özellikleri.	46
Çizelge 10 İç mekânların aydınlatma yükleri.	46
Çizelge 11 Binanın yıllık toplam elektrik enerjisi tüketimi, ısıtma ve soğutma ihtiyacı.	48
Çizelge 12 Binanın yıllık toplam enerji ihtiyacı.	48
Çizelge 13 Rüzgâr bacasının dış hava sıcaklığına göre kullanıldığı zaman aralıkları.	54
Çizelge 14 Birinci senaryoya göre binanın toplam yıllık enerji ihtiyacı.	54
Çizelge 15 İkinci senaryoya göre binanın toplam yıllık enerji ihtiyacı.	54
Çizelge 16 Üçüncü senaryoya göre binanın toplam yıllık enerji ihtiyacı.	54
Çizelge 17 Kullanım senaryolarının binanın yıllık enerji ihtiyacına etkilerinin karşılaştırılması.....	55
Çizelge 18 İkinci senaryonun güney eyvanı ve yanındaki odaların sıcaklıklarına etkisi (20 Temmuz saat 07:00-08:00 aralığı).....	56
Çizelge 19 Üçüncü senaryonun güney eyvanı ve yanındaki odaların sıcaklıklarına etkisi (20 Temmuz saat 07:00-08:00 aralığı).....	56
Çizelge 20 Taban alanının değiştirmenin binanın enerji performansına etkileri.	57
Çizelge 21 Farklı taban alanlarının binanın yıllık enerji ihtiyacına etkilerinin karşılaştırılması.....	57

Çizelge 22 Farklı taban alanına sahip senaryoların eyvan içindeki hava sıcaklığına etkisi.	59
Çizelge 23 Kabin yüksekliğinin değiştirmenin binanın enerji performansına etkileri. ...	63
Çizelge 24 Farklı kabin yüksekliğinin binanın yıllık enerji ihtiyacına etkilerinin karşılaştırılması.	63
Çizelge 25 Farklı kabin yüksekliğine sahip senaryoların eyvan içine hava sıcaklığına etkisi.	65
Çizelge 26 Seçilen yapı malzemelerinin özellikleri.	66
Çizelge 27 Seçilen yapı malzemelerinin binanın enerji performansına etkileri.	66
Çizelge 28 Seçilen yapı malzemelerinin binanın yıllık enerji ihtiyacına etkilerinin karşılaştırılması.	68
Çizelge 29 Bölücünün binanın enerji performansına etkisi.	74
Çizelge 30 Binaın soğutma performansını iyileştirmek için geliştirilen yeni malzemelerin özellikleri.	75
Çizelge 31 M.16 senaryosunun binanın enerji performansına etkisi.	75
Çizelge 32 Su ögesi kullanımının binanın enerji performansına etkisi.	77
Çizelge 33 Su ögesiz ve su ögeli kullanım senaryolarının binanın yıllık enerji ihtiyacına etkilerinin karşılaştırılması.	78
Çizelge 34 Su ögesi kullanımının eyvan içindeki hava sıcaklığına etkisi.	78

I. GİRİŞ

Binalar, insanların barınma ve konfor (ısı, görsel, işitsel ve hijyenik) gereksinimlerini yerine getirmeleri için inşa edilen yapıları çevrelerdir. İlk insanlar, ilkel barınaklar inşa ederek binaların mimari gelişim sürecini başlatmışlardır. Zamanla artan insan nüfusu ve değişen insan ihtiyaçları bu ilkel yapıları daha fonksiyonel, konforlu ve gelişmiş yapılar haline getirerek günümüzdeki binaların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu iyileşme sürecinin getirilerinden biri de gelişen mimari, mekanik, elektrik ve statik sistem tasarımları ile günümüzdeki kullanıcıların memnuniyetinin büyük oranda artırılmış olmasıdır.

Ancak bu sürecin getirilerinden biri de son yüzyılda yapılaşmanın kontrolsüz bir şekilde artması ile binaların çevreye ve doğal hayata olumsuz etkilerinin büyük oranda yükselmiş olmasıdır. Geçmişten günümüze, inşaat malzemelerinin üretimi için doğal kaynaklar tüketilirken, bina sektörü geliştikçe bu kaynakların elde edilmesi için ihtiyaç duyulan enerjinin artması fosil kaynaklı yakıtların daha yüksek miktarda kullanılmasına neden olmaktadır. Bu durum aynı zamanda büyük miktarda sera gazı salınımına da sebep olmaktadır. Bununla birlikte, binaların tasarım, inşaat ve kullanım sürecindeki hatalardan kaynaklanan enerjinin verimsiz kullanımı, binaların çevreye ve insan sağlığına olan olumsuz etkilerini arttırdığı gibi binaların meydana getirdiği atıklar (metal, cam, kâğıt, plastik, evsel atıklar vb.) çevre kirliliği, küresel ısınma, ekolojik dengenin bozulması, su kirliliği ve enerji kaynaklarının azalması gibi sorunları da meydana getirmiştir. Ayrıca, yaşam ömrünü tamamladıktan sonra binaların yıkımı neticesinde ortaya çıkan inşaat atıkları ve tehlikeli kimyasallar da çevresel zararları arttırıcı rol oynayabilir.

Bu çalışma kapsamında, binaların harcadığı enerji ve binalardan meydana gelen CO₂ salınımları, sırası ile dünya, Türkiye ve Şanlıurfa şehri ölçeğinde araştırılarak aşağıdaki literatür araştırması oluşturulmuştur.

A. Binalardan Meydana Gelen Salınımın ve Enerji Tüketiminin Dünya Genelindeki Güncel Durumu

2021 yılında binalar, küresel nihai enerji tüketiminin %30'unu ve toplam enerji sektörü salınımlarının %27'sini oluşturmuştur. Hem enerji tüketimi hem de salınımlar, 2020'de Covid-19 kısıtlamalarının ardından 2019 değerlerinin üzerine çıkmıştır. Bina işletmesinden kaynaklanan salınımlar 2021'de yaklaşık olarak 10 Gt'ye ulaşmıştır ve bu rakam, 2019'a göre %2 ve 2020'ye göre yaklaşık %5 daha yüksektir (International Energy Agency- IEA, 2022).

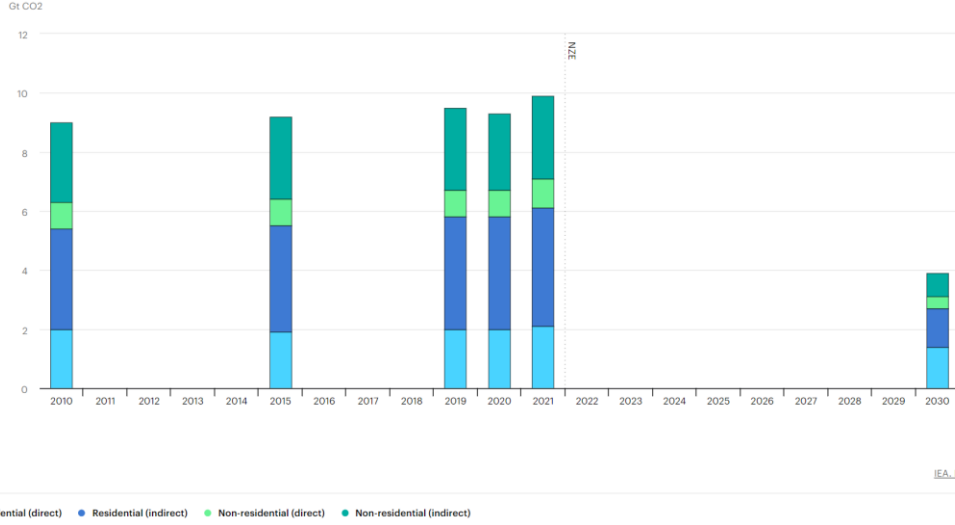
Yapı sektörü hem doğrudan hem de dolaylı olarak dünya genelinde önemli miktarda karbon ayak izine sahiptir. 2021 yılında, küresel CO₂ salınımlarının yaklaşık %8'i binalarda kullanılan fosil yakıtlardan, %19'u ise binalarda kullanılan elektrik ve ısı üretiminden kaynaklanmıştır. Ayrıca, %6'sı bina inşaatında kullanılan çimento, çelik ve alüminyum üretiminden meydana gelmiştir (IEA, 2022). Bu nedenle, inşaat sektörü bünyesinde çevre koruması ve enerji verimliliğinin artırılması konularında yapılan ve gelecekte yapılacak çalışmalar büyük önem kazanmaktadır.

2018'e kadarki verilere göre, Avrupa Birliği'nin (AB) nihai enerji tüketiminin yaklaşık yarısını temsil eden ısıtma ve soğutma sektörü, enerji sisteminin karbondan arındırılmasını hızlandırmada kilit bir sektör olarak kabul edilmektedir. Ayrıca enerji güvenliği açısından da stratejik bir sektör olan ısıtma ve soğutma sektörünün enerji ihtiyacının, 2030 yılına kadar yaklaşık %40'ının yenilenebilir enerjiden sağlanması planlanmaktadır (DIRECTIVES DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 2018).

2019'da alınan karara göre 2020'den 2030'a kadar olan dönem için AB üye ülkeleri yeni stratejik hedefler belirlemiştir. Bu hedefler arasında sera gazı salınımlarının %40 azaltılması, en az %32 yenilenebilir enerji tüketimi ve en az %32,5 enerji tasarrufu sağlanması yer almaktadır (European Commission, 2019). AB ülkelerince alınan bu karar sadece enerji tüketimi, sera gazı salınımları ve maliyetlerini değil, aynı zamanda bina kullanıcılarının sağlığını, üretkenliğini ve mülk değerini de etkilemektedir.

AB ülkeleri yeni stratejik hedeflerine dayalı olarak Karbon salınımlarının azaltılması kapsamında Net Sıfır Senaryosu'nu oluşturmuştur. Bu senaryoda, 2030 yılına

kadar binaların işletilmesinden kaynaklanan CO₂ salınımları 10 Gt'nun altına düşürülmesi gerektiğini vurgulanmıştır (Şekil 1).

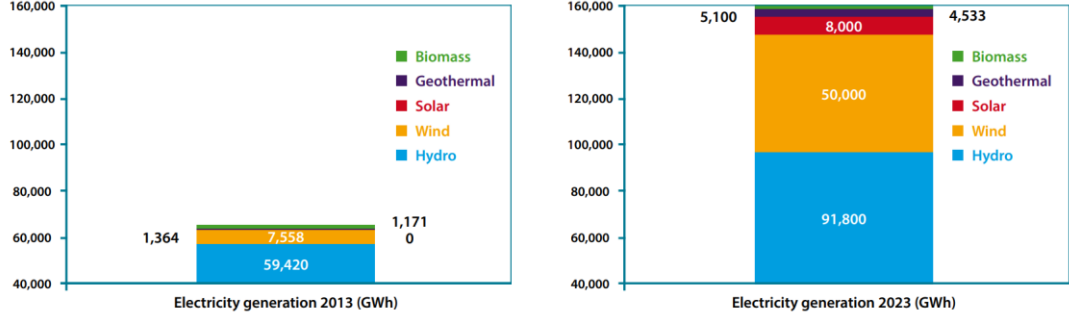


Şekil 1 2010-2030 Net Sıfır Senaryosu'nda binaların işletilmesinden kaynaklanan CO₂ salınımları (IEA, 2022).

B. Türkiye'nin Enerji Profili ve CO₂ Salınımı

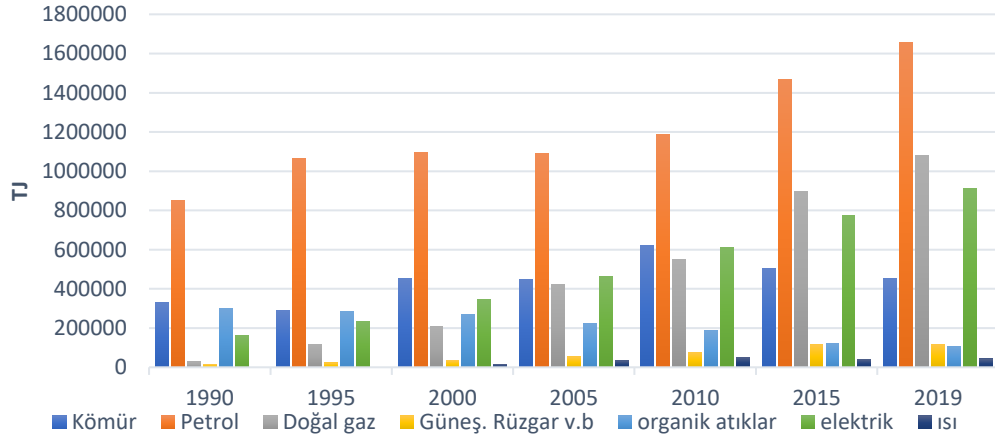
Türkiye Cumhuriyeti (T.C.), AB'ye aday ülkeler arasında olması nedeniyle yukarıda bahsi geçen hedeflere uymakla yükümlüdür. Son zamanlarda her ne kadar yenilenebilir enerjiye yatırım yapmış olsa da Türkiye'nin enerji talebi hala büyük ölçüde fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Petrol, doğal gaz ve kömür Türkiye'nin hala en çok tüketilen enerji kaynaklarıdır (TIO, 2019). Türkiye, kullandığı petrolün %93,2'sini ve doğalgazın %99,2'sini ithal etmektedir (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), 2018). Petrol ve gaz fiyatlarında meydana gelen sürekli artış ise ülke ekonomisine zarar vermektedir.

2014'te T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin 2009/28/EC sayılı Direktifine dayalı olarak 2013-2023 yıllarını kapsayan Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı'nı geliştirmiştir. Bu Eylem Planı'nın amaçlarından biri 2023 yılına kadar yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin toplam üretim içindeki oranının en az %30'a çıkarılmasıdır. (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014, Aktaran: Akgüç, 2018).



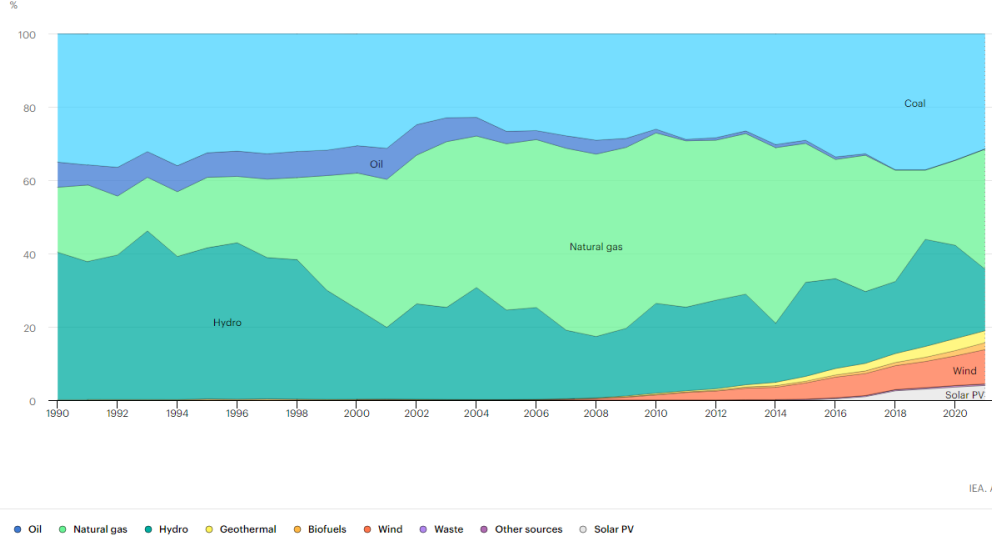
Şekil 2 Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi: 2013 verileri ve 2023 hedefleri (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014).

Şekil 3'e bakıldığında, Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı süresince (2013-2020), enerji üretimi için kullanılan petrol ve doğal gaz miktarının arttığı; ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının miktarının ise neredeyse sabit kaldığı görülmektedir. Bununla birlikte, enerji üretimi için kullanılan elektrik miktarında belirgin bir artış tespit edilmektedir. Bu durum, ülkenin yenilenebilir enerji kaynakları için vadettiği yatırımları yeterli oranda gerçekleştirilmemiş olduğunu göstermektedir.



Şekil 3 Kaynağına göre Türkiye'nin toplam nihai enerji tüketimi (IEA, 2020).

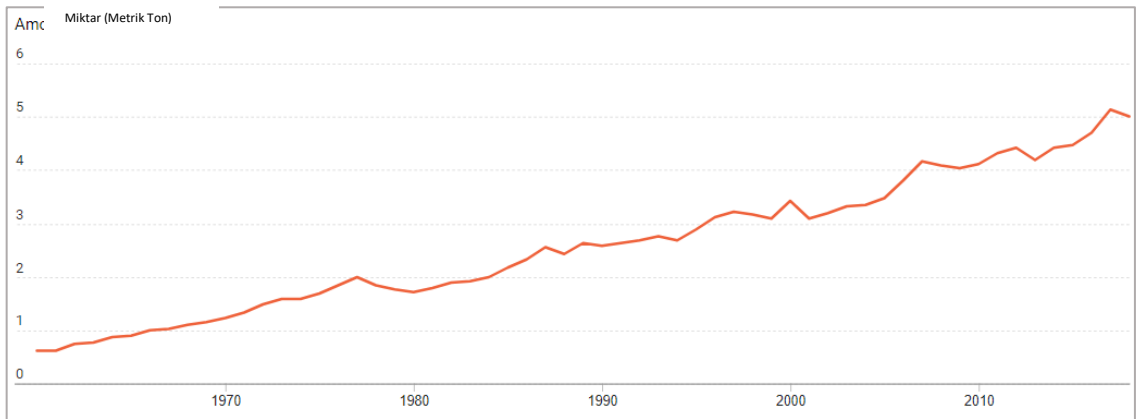
1990-2021 yılları arası elektrik üretiminde kullanılan kaynaklara bakıldığında (Şekil 4), yenilenebilir kaynakların 2021 yılına kadar hala toplam enerjinin %20'sini geçmediği ve fosil yakıtlarının elektrik üretiminde en büyük paya sahip olduğu göstermektedir.



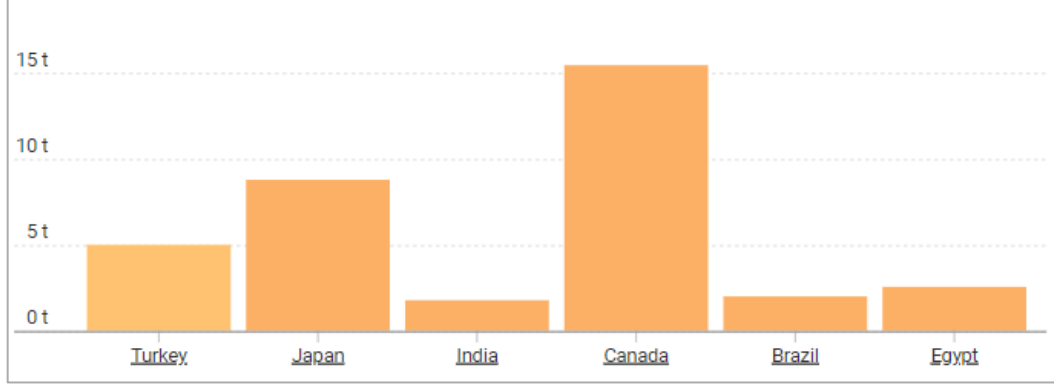
Şekil 4 Kaynağına göre elektrik üretimi, Türkiye, 2000-2021 (IEA, 2021).

Türkiye'nin son yıllardaki enerji talebindeki artış, elektrik enerjisi kullanımını da arttırmıştır. Ancak gerek elektrik üretiminde gerekse enerji üretiminde yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmemesi, 2014 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan Eylem Planı'nda ilerleme kaydedilmemesine yol açmıştır.

Türkiye'nin enerji arzının çoğunlukla fosil yakıtlara dayanmasının sonuçlarından biri de, 2000'den 2018'e kadar kişi başına düşen CO₂ salınımlarında yaklaşık %46'lık artıştır (Şekil 5). 2018 yılında Türkiye'de kişi başına düşen CO₂ salınımı, Hindistan'ın yaklaşık 2,8 katı, Brezilya'nın yaklaşık 2,4 katı ve Mısır'ın ise yaklaşık 2 katı kadardır (Şekil 6).



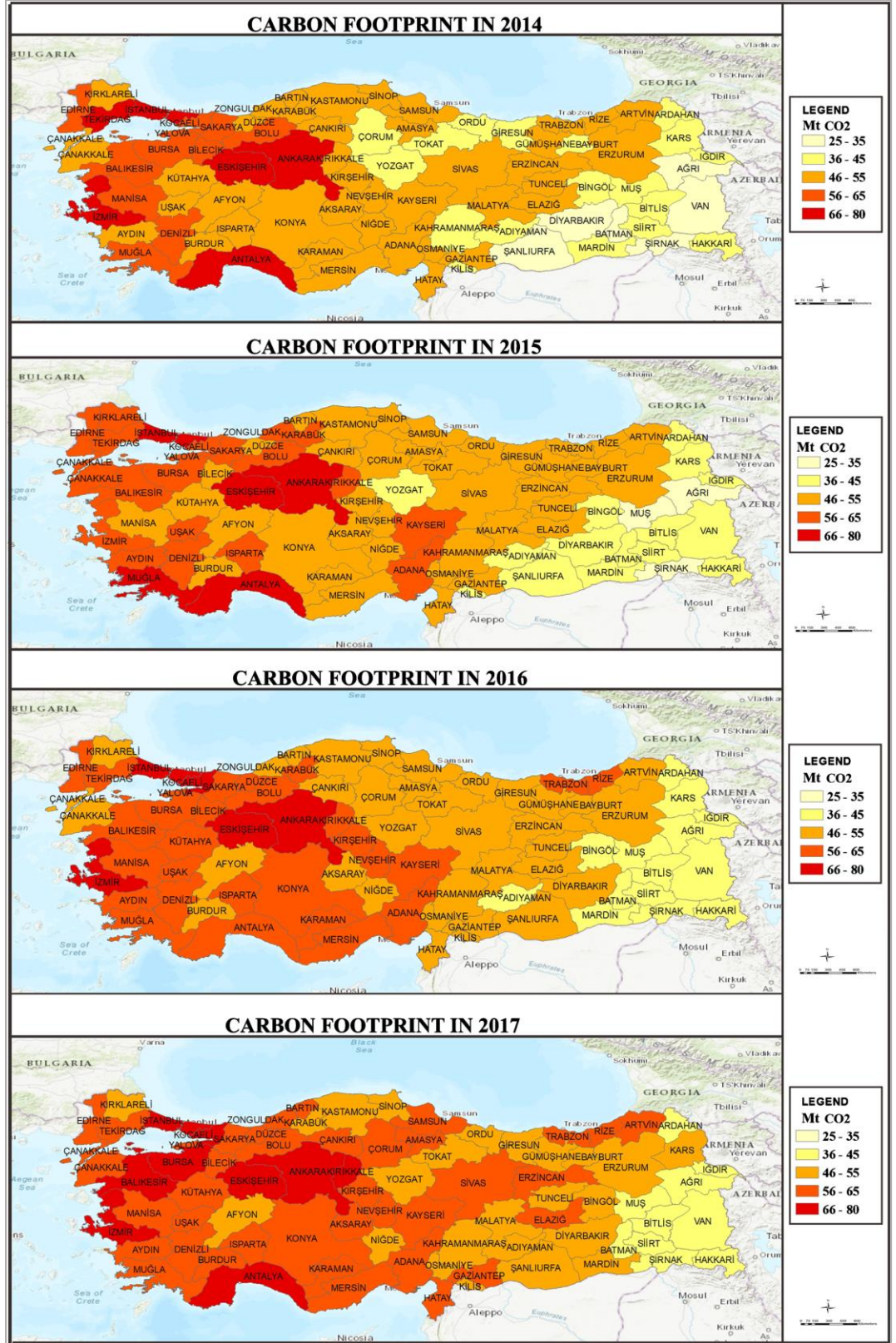
Şekil 5 Türkiye'de kişi başına düşen CO₂ salınımı (IBRD).



Şekil 6 2018 yılında kişi başına düşen CO₂ salınımları: Diğer ülkeler göre (IBRD).

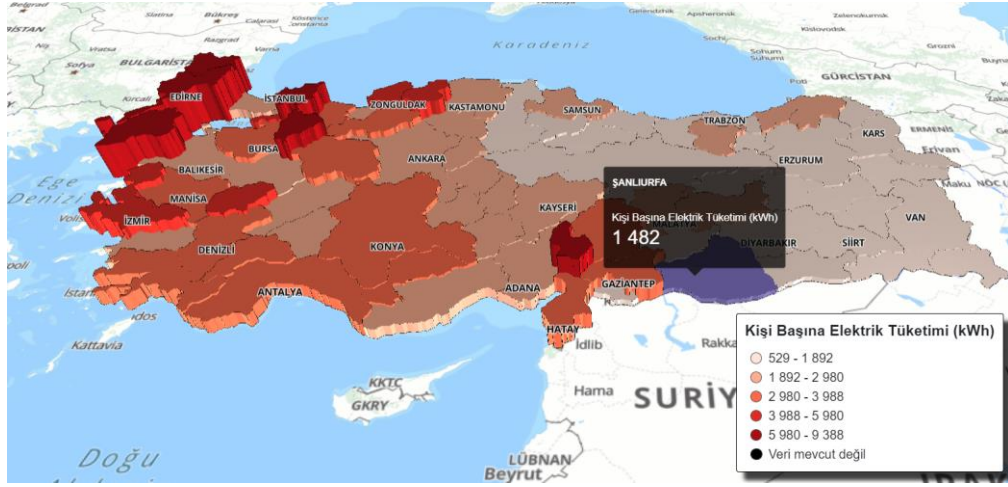
Türkiye'nin diğer ülkelerle arasındaki CO₂ salınım miktarı farkının yüksek olmasının nedeni, Türkiye'deki şehirlerin karbon ayak izinin yıllar içindeki değişimi incelenerek anlaşılabilir. Şekil 7'ye bakıldığında, Türkiye'nin tüm şehirlerinde 2014 ile 2017 arasında karbon ayak izinin çarpıcı bir şekilde arttığı görülmektedir. Özellikle doğudaki ve güneydoğudaki şehirlerde T.C. devletinin teşviki ile başlatılmış olan çeşitli çalışmalar ve projeler, bu şehirlerdeki kentleşmenin ve dolayısıyla konut sayısının giderek artmasına yol açmıştır. Bu da gerek fosil yakıt kullanımının gerekse de bu yakıtların kullanımından kaynaklı CO₂ salınımını yükseltmiştir.

1980'lerin ortasında Güneydoğu'daki şehirler için başlatılan en önemli çalışmalardan biri Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)'dir. Şanlıurfa da bu proje kapsamına giren şehirlerden birisidir. Ayrıca, şehrin 1990'lı yıllarda sulı tarıma geçmesi bölgeyi bir cazibe merkezi haline getirmiştir. Bu nedenle, şehirdeki kentleşme oranı 1985'te %50 iken 2015'te %92'ye kadar yükselmiştir (Kayan, 2018). Kentleşme oranındaki artış ve şehir içinde bulunan küçük sanayi bölgesi, Şekil 7'den de anlaşılacağı üzere, Şanlıurfa'nın karbon ayak izinin Gaziantep, Adıyaman ve Mardin gibi şehirlere kıyasla daha hızlı bir şekilde artmasına neden olmuştur. Elbette, bu artış birçok çevresel ve kentleşme sorununu da beraberinde getirecektir.

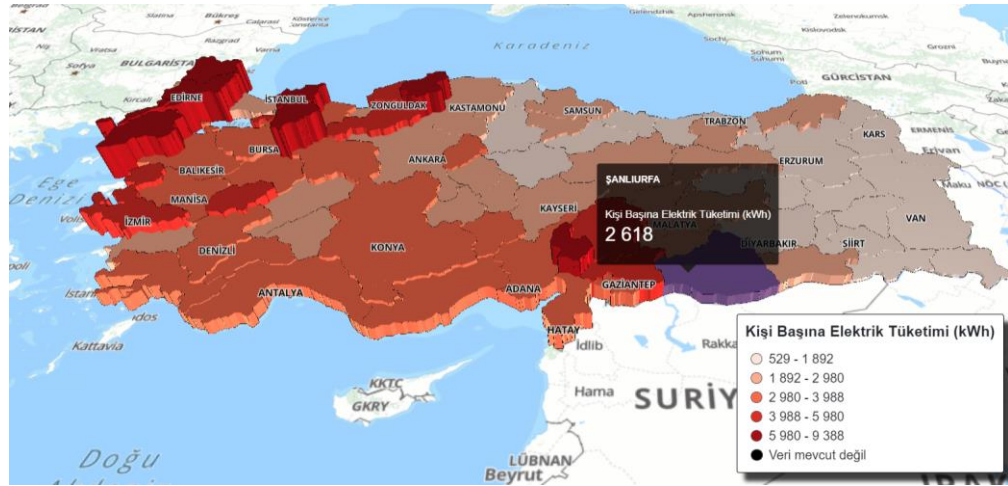


Şekil 7 Türkiye’deki şehirlerin 2014-2017 yılları arasındaki karbon ayak izi değişimi (Bozdağ, 2021).

2020 yılında Şanlıurfa'ya bakıldığında, kişi başına düşen elektrik tüketim miktarı 2618kWh olarak kaydedilmiştir. 2016 yılından 2020 yılına kadar ise Şanlıurfa'da kişi başına düşen elektrik tüketimi miktarı %76 oranında artmıştır. Daha önce bahsedildiği gibi, bu elektrik ihtiyacının fosil yakıtlarla karşılanması, Şanlıurfa'nın karbon ayak izini yükseltmiştir (Şekil 8 ve 9).



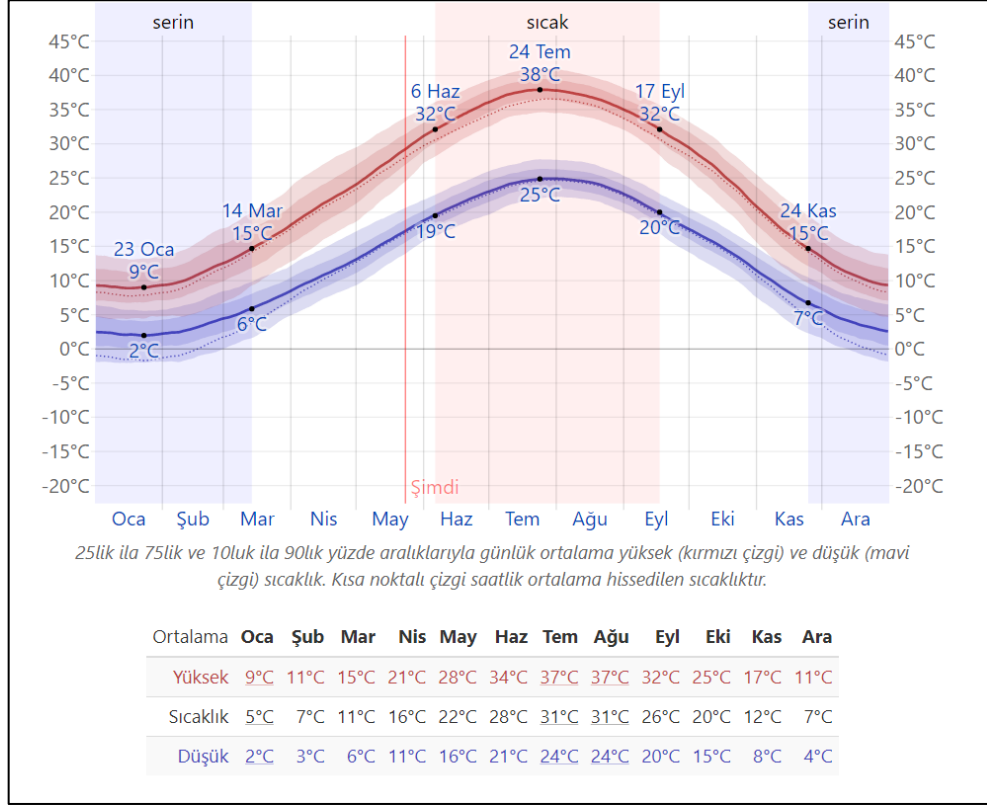
Şekil 8 2016'de Türkiye genelinde kişi başına elektrik tüketim miktarı (kWh) (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2020).



Şekil 9 2020'de Türkiye genelinde kişi başına elektrik tüketim miktarı (kWh) (TÜİK, 2020).

Bu verilere dayanarak, Şanlıurfa'nın elektrik tüketimi hızla arttığı gözlemlenmektedir. Bu durum, Şanlıurfa'nın enerji talebinin giderek arttığını ve ilerleyen yıllarda enerjinin sürdürülebilirliğiyle ilgili önemli sorunlar yaşayabileceğini göstermektedir. Bu şehirdeki kişi başına düşen elektrik tüketiminin artması nedeniyle,

enerji kullanımında verimlilik önlemlerinin alınması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi gibi sürdürülebilir çözümleri düşünmek önemlidir. Aksi takdirde, fosil yakıtlara dayalı elektrik üretimi devam ettiği sürece, Şanlıurfa'nın karbon ayak izi ve çevresel etkileri artmaya devam edecektir. Bu nedenle, enerji tüketiminin sürdürülebilirlik ilkesine uygun bir şekilde yönetilmesi ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi için çaba sarf edilmesi gerekmektedir.



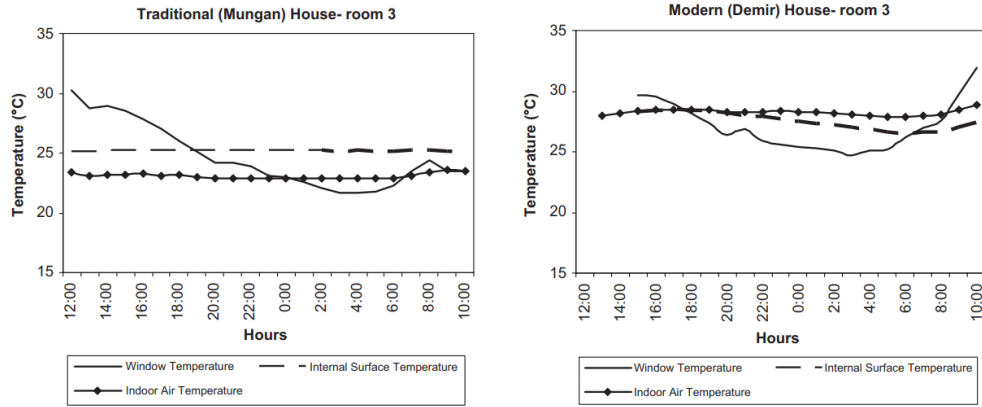
Şekil 10 Şanlıurfa bölgesinde ortalama yüksek ve düşük sıcaklık (Weatherspark).

Şekil 10, Şanlıurfa ilinin yıllık sıcaklık değişimini göstermektedir. Türkiye'nin sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Şanlıurfa ilinin özellikle yaz aylarında ortalama gündüz sıcaklıklarının oldukça yüksek olduğu (Temmuz, 37°C) ve yaz ortasına yaklaşırken gece ve gündüz sıcaklık farklarının (Temmuz, 13°C) giderek açıldığı dikkat çekmektedir. Bu şehirde yaşayan insanlar, yeni inşa edilen binalarda enerjinin verimli kullanılmaması ve bu nedenle enerji performansının yetersizliği nedeniyle (Khataybeh & Akgüç, 2023) ev ve işyerlerini serinletmek için elektrikle çalışan mekanik sistemlerden faydalanmaktadırlar. Bu durum, Şanlıurfa'da elektrik tüketiminin önemli bir bölümünün

mekânların iklimlendirilmesi amacıyla harcandığını göstermektedir. Şanlıurfa'da karbon ayak izini azaltmak için, yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla enerji üretilmesi, pasif iklimlendirme stratejilerine daha fazla yatırım yapılması ve bu stratejilerin kullanımında arttırılması için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Sıcak-kuru iklim bölgelerinde kullanılabilecek ve etkisi kanıtlanmış, avlu, eyvan, revak, yüksek tavan, taka, ısıl kütlesi yüksek duvarlar, havuz, maşrabiye ve rüzgâr bacası gibi birçok pasif iklimlendirme stratejisi bulunmaktadır. Evin bazı odalarının dış duvarlarının ve pencerelerinin avluya ve eyvana yönlendirilmiş olmasının yanı sıra, pencerelerin üzerine konumlandırılmış takalardan doğal havalandırma ve aydınlatma sağlanması bu stratejilerin uygulamalarına örnektir.

Manioğlu ve Yılmaz (2008) tarafından yapılan bir araştırmada, geleneksel konut olarak kabul edilen Mungan Evi ve yakın dönemde inşa edilen Demir evinin kabuklarının ısıl performansı ve yüzey sıcaklıkları birbiriyle karşılaştırılmıştır. Mungan evi, 1,2 m kalınlığında ve yüksek ısıl kütleye sahip olan bina kabuğuyla dikkat çekmiştir. Araştırmada, Mungan evinin bina kabuğunun iç yüzeylerinin sıcaklığının yaz ayları boyunca sabit kaldığı ve dış atmosferin sıcaklığından daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 11).

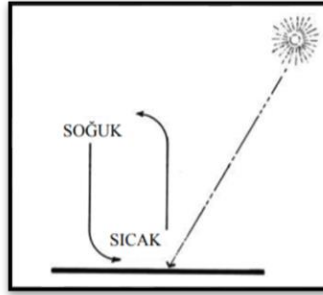


Şekil 11 Duvar sıcaklık değişimi, Mungan ve Demir evi (Manioğlu ve Yılmaz, 2008).

Bu bağlamda, geleneksel konutlarda ısıl kütlenin yüksek olması, yaz döneminde dış atmosferin ısısının mekân içine geçişinin yavaş gerçekleşmesine ve kış döneminde ise mekân ısısının korunmasına yardımcı olurken, istenmeyen enerji kayıplarının azalmasını

sağlamaktadır. Bu nedenle, yapı malzemelerinin termo-fiziksel özellikleri ve malzeme kalınlıklarının seçimi oldukça önemlidir.

Bununla birlikte, sıcak-kuru iklim bölgelerindeki yapıların yüksek tavanlı olması, iç ve yarı açık mekanların (eyvan, revak...) içinde meydana gelen hava hareketini hızlandırmada etkili rol oynar. Çünkü mekânların yüksek tavanlı olması, ısının yükselmesini sağlayarak sıcak havanın tavana yakın kısımlarda birikmesine ve bu ısının takalar yoluyla dışarı atılmasına olanak sağlar. Böylece, mekânın taban ve tavan yüzeylerine yakın bölümlerinde oluşan basınç farkı, dış atmosferdeki havanın mekân içine pencerelerden vakum etkisiyle çekilmesi ve iç mekânda hava sirkülasyon hızının artmasına neden olur. Yüksek tavanlı mekanlar, taşınım ile ısı transferi yoluyla oluşan hava akımları ve düşük ortalama ışınım sıcaklıkları sayesinde daha hızlı bir şekilde serinletilebilir (Yüksek & Esin 2011). Bu da iç mekânların daha serin kalmasını sağlayabilir (Şekil 12). Ancak, Türkiye'deki imar yönetmeliği genellikle yeni inşa edilecek konutların kat yüksekliği için belirli sınırlamalar getirmektedir (Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği, 2008) Ayrıca, tavan yüksekliğini arttırmak daha fazla maliyet ve kaynak kullanımını gerektirmektedir.



Şekil 12 Doğal konveksiyon nedeniyle hava hareketi oluşumu (Yüksek & Esin 2011).

Bir diğer etkili pasif iklimlendirme stratejisi ise avlu kullanımudur. Avlu, sıcak-kuru iklimlerde ve sıcak-nemli iklimlerde kullanılan önemli bir pasif iklimlendirme stratejisidir (Kubota vd., 2017; Manioğlu ve Oral, 2015). Bu strateji, kullanıcıların ısı konforunu sağlamak için iki avantaj sunmaktadır. İlk olarak, avluya doğru yönelmiş olan kuzeye bakan açıklıklar, mekanların gölgede bırakılması ile doğrudan gelen güneş ışınlarını engelleyerek soğutma yüklerini azaltabilir (Al-Masri ve Abu-Hijleh, 2012). Ayrıca, Xu vd.'ne göre (2018), konut binalarında avlu kullanımıyla maksimum soğutma yükü %12,4

ve toplam soğutma yükü %25,1 azaltılabilir. Bununla birlikte, avlularda kullanılacak su öğeleriyle buharlaşma sağlanarak avlular serinletebilir ve dolayısıyla yaz dönemlerindeki kuruluk hissi azaltılabilir. Öyleyse, avluların doğru bir şekilde tasarlanması önemlidir. Tasarımda yeterli havalandırma ve güneş kontrolü sağlanamazsa, avlu sıcak bir ortam haline gelebilir.

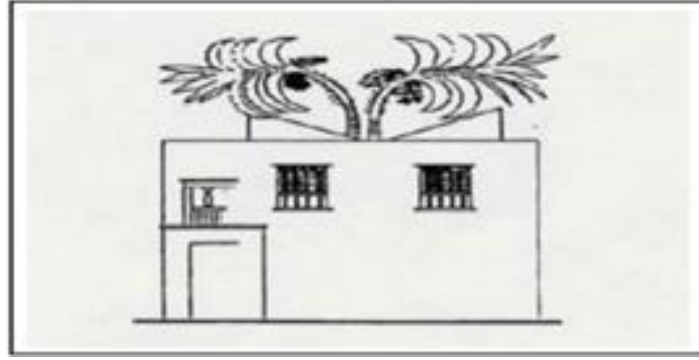
Ancak avluların, arsanın kullanım alanını sınırlaması ve yapının inşaat alanını azaltması bir dezavantaj olabilir. Özellikle kentsel bölgelerde arsa fiyatlarının yüksek olması maliyetler yükünü arttırdığı için yeni projelerde avlu kullanımını sınırlandırmaktadır.

Sıcak-kuru iklim bölgelerinde kullanılan bir diğer pasif iklimlendirme stratejisi de rüzgâr bacasının kullanımudur. Rüzgâr bacasının tarih boyunca dünya genelindeki kullanımı, rüzgâr bacasını oluşturan bileşenler, rüzgâr bacasının türleri, rüzgâr bacasının çalışma tekniği ve kullanım etkisi üzerine yapılmış bilimsel çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

C. Rüzgâr Bacasının Tarihi ve Dünya Genelindeki Kullanımı

Arkeologlar tarafından yapılan kazılarda genellikle yapıların temelleri ve duvarların zemine yakın kısımlarının bulunması nedeniyle rüzgâr bacaları ile ilgili yapısal bir değerlendirme yapmanın oldukça zor olduğu söylenebilir. Bu nedenle, rüzgâr bacasının varlığına dair kanıtlar diğer kaynaklardan elde edilmektedir. Bu kanıtlardan biri, resimlerdir. Bu resimler birçok farklı ülkede bulunmuş olup rüzgâr bacasının tarihini belirlemek için önemli birer kaynak olabilirler. Peru'da, basit bir rüzgâr bacasının resimleri bulunmuştur. Bu resimler, Peru halkının rüzgâr bacasını evlerini havalandırmak amacıyla kullandığını göstermektedir. Bu buluntu, rüzgâr bacasının o bölgede yaygın bir şekilde kullanıldığına dair önemli bir kanıttır. Ancak, Peru mimarisinde rüzgâr bacasının günümüze kadar devam etmemesi, bu kanıtın sorgulanmasına yol açmıştır. Diğer bir kanıt ise tarih öncesi döneme aittir. M.Ö. 600'lerde Babil saraylarında bulunan kraliyet salonlarındaki resimler arasında rüzgâr bacasının resimlerine rast gelinmiştir. Ayrıca, Mısır'da M.Ö. 1500'lere ait bazı resimlerde de rüzgâr bacası çizimleri bulunmuştur. Tüm bu kanıtlar, rüzgâr bacasının kökenine dair ipuçlarını ortaya çıkarmaktadır. Ancak rüzgâr

bacasını ilk icat edenleri bulmak araştırmacılar için zor olmuştur. Shahrod şehrinin kuzeyinde yapılan keşifler, rüzgâr bacalarının İran'da M.Ö. 4000'lerde kullanılmakta olduğunu göstermiştir. İran'ın dışında, Afganistan, Pakistan ve bazı Ortadoğu ülkelerinde de rüzgâr bacası kullanıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, az sayıda olsa da Türkiye gibi Akdeniz ülkelerinde de rüzgâr bacası kullanımına rastlanılmaktadır. Bu mimari bileşen Mezopotamya bölgesinde "Mokalaf" olarak, Mısır'da ise "Badkhor" olarak adlandırılmaktadır. (Bahramzadeh vd., 2013).



şekil 13 Mısır'daki bir krallık tapınağında bulunan rüzgâr bacası resmi (Bahramzadeh vd., 2013).

Bu kanıtlar, rüzgâr bacasının geçmişte farklı kültürlerde kullanıldığına dair güçlü bir argüman sunmaktadır. Ancak rüzgâr bacasının kökeni ve ilk kullanımı hakkında kesin bir bilgiye sahip olmak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Arkeolojik kazılar ve diğer araştırmalar, rüzgâr bacasının geçmişiyle ilgili daha fazla bilgi sağlayabilir.

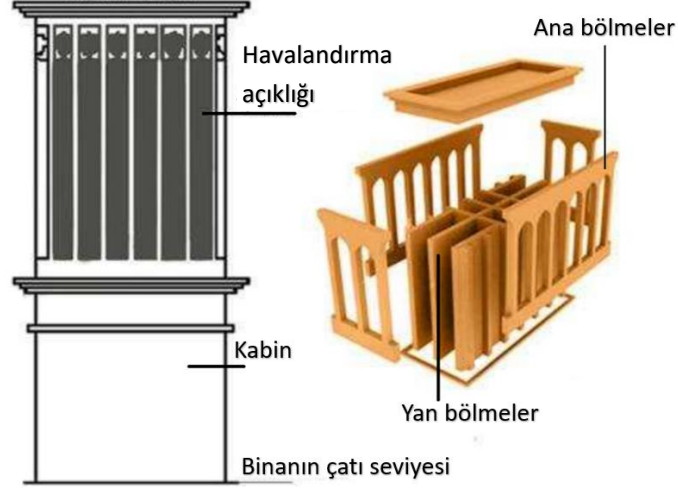
D. Rüzgâr Bacasını Oluşturan Bileşenler

Aşağıdaki çizelgede, rüzgâr bacasının oluşturan bileşenlerin isimleri ve işlevleri gösterilmektedir.

Çizelge 1 Rüzgâr bacalarının bileşenleri (Mahdavinejad & Javanroodi, 2014).

Rüzgâr Bacalarının Bileşenleri	İşlevi
Kabin	Rüzgâr bacasının asıl gövdesi olup, hava akımından sorumlu olan bileşendir.
Havalandırma açıklığı	Genelde rüzgâr bacasının üst kısmında bulunan, kabinin içi ile dış atmosferi bağlayan açıklıktır.
Ana bölmeler	Havalandırma açıklığını küçük açıklıklara bölen bileşenlerdir.
Yan bölmeler	Kabinin içinden kabini geçerek boyuna bölen bileşenlerdir.

Şekil 14’te bir rüzgâr bacası örneği üzerinde rüzgâr bacasının bileşenleri gösterilmektedir.



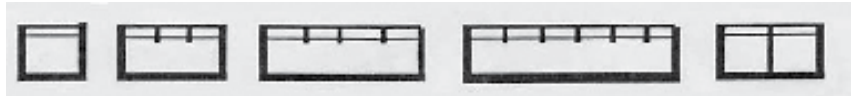
Şekil 14 Rüzgâr bacasını oluşturan bileşenler (Jomehzadeh vd., 2017).

E. Rüzgâr Bacası Türleri

Rüzgâr bacası, kenar sayılarına ve açıklık adetlerine göre sınıflandırılabilir (Zargari & Işık, 2016).

1. Tek Açıklıklı

Rüzgâr bacasının en ilkel tiplerinden biri, Şekil 15 ve 16’da gösterildiği gibi tek tarafta açıklığa sahip olanıdır. Bu basit tipler, genellikle maliyet açısından daha uygun olduğu için tercih edilir. Bu tip rüzgâr bacalarının açıklıkları sadece serin ve uygun hava akımına karşı açılır, diğer tarafların kapalı tutulması şiddetli kasırga ve tozlu fırtınaları önlemektedir (Roaf, 1988).



Şekil 15 Tek açıklıklı rüzgâr bacalarının plan örnekleri (Ghaemmaghami& Mahmoudi, 2005).



Şekil 16 Tek açıklıklı rüzgâr bacası örneği (Bahadori, 2016).

2. İki Açıklıklı

Çift açıklıklı bir rüzgâr bacası, birbirine zıt yönde açılan iki uzun ve ince girişten oluşur. Genellikle iki açıklık arasına bir bölücü eklenerek H harfi şeklinde bir profil oluşturulur. Bu tasarım ile havanın giriş ve çıkış yönlerinin değiştirilmesi amaçlanmıştır (Şekil 17, 18) (Roaf, 1988).



Şekil 17 İki açıklıklı rüzgâr bacalarının plan örnekleri (Ghaemmaghami& Mahmoudi, 2005).



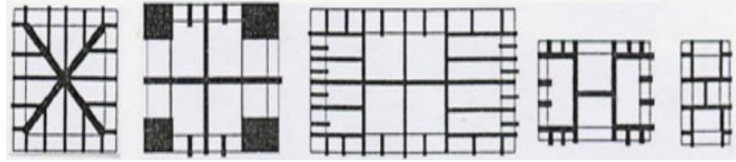
Şekil 18 İki açıklıklı rüzgâr bacası örneği (Bahadori, 2016).

3. Üç Açıklıklı

Üç farklı kenarında birer açıklık bulunan bu rüzgâr bacası tipi diğer tiplere göre az bulunur.

4. Dört Açıklıklı

Dört açıklıklı rüzgâr bacasının tasarımında, iki açıklıklı rüzgâr bacasında olduğu gibi, iç mekâna en fazla hava akışını sağlamak amacı ile kabin kısmına bölmeler yerleştirilir; ancak iki açıklıklı rüzgâr bacasının aksine bu rüzgâr bacası tipi daha ayrıntılı bir şekilde tasarlanır. (Şekil 19, 20) (Maleki, 2011).



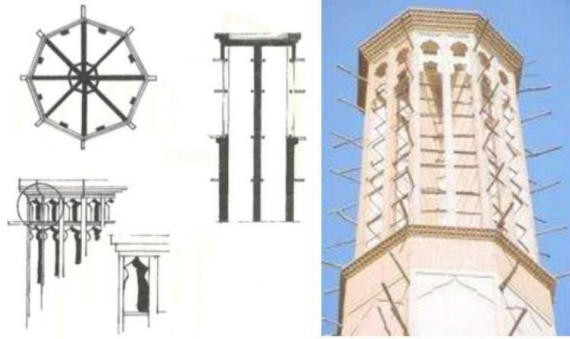
Şekil 19 Dört açıklıklı rüzgâr bacalarının plan örnekleri (Ghaemmaghami& Mahmoudi, 2005).



Şekil 20 Dört açıklıklı rüzgâr bacası örneği (Montazeri vd. 2010).

5. Sekiz (Oktahedral) Açıklıklı

Sekizgen rüzgâr bacası tipi, her taraftan açık olduğu için sadece belirli bölgelerde ve belirli rüzgâr akımına uygun şekilde kullanılır. Aksi takdirde, istenmeyen rüzgâr ve hava akımlarını mekân içine alabilir (Zargari & Işık, 2016).



Şekil 21 Sekiz açıklıklı rüzgâr bacası örneği (Montazeri vd. 2010).

6. Chopoghi (Boru Şeklinde) Rüzgâr Bacası

Silindirik formda olan bu rüzgâr bacası diğer türlerden farklı olarak dairesel bir plana sahiptir (Zargari & Işık, 2016).



Şekil 22 Chopoghi rüzgâr bacası örneği (Montazeri vd., 2010).

F. Rüzgâr Bacasının Çalışma Teknikleri

Günümüzde rüzgâr bacasının çalışma tekniği bilgisayar simülasyon araçlarıyla analiz edilebilmekte ve rüzgâr bacası tasarımı ile ilgili yapılacak yeni çalışmalar simülasyon araçları sayesinde daha kolay yapılabilmektedir. Ghadiri ve diğerlerinin (2011), yapmış olduğu bir çalışmada Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) yöntemi kullanılarak, rüzgâr bacasının yüksekliğinin havalandırma hızı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada 4,5-18,5m arasında değişen yüksekliklere sahip rüzgâr bacalarının havalandırma performansını üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme için aynı plana sahip altı rüzgâr bacası modeli kullanılıp bu rüzgâr bacalarının hava akımı hızına etkisi incelenmiştir. Bu çalışmaya göre genel olarak rüzgâr bacası yüksekliği arttıkça mekân içine alınan rüzgâr akış hızı artmış ancak havalandırma oranı azalmıştır.

Çeşitli formlara sahip olmasına rağmen rüzgâr bacası iki temel çalışma tekniği ile çalışır (Zargari & Işık, 2016):

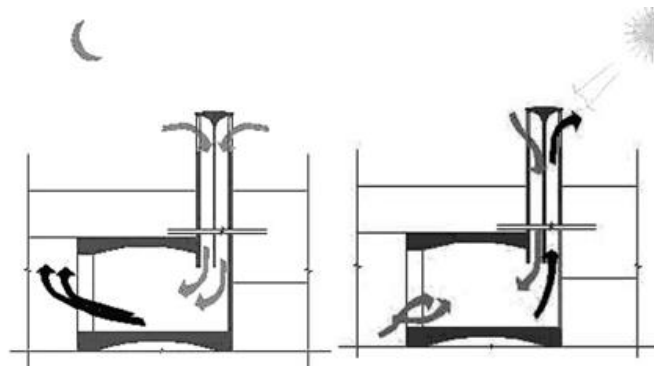
1. Vakum Etkisi

Rüzgâr havalandırma boşluğu yolu ile girdiğinde, hava kabinin içine yoğun bir şekilde akar ve böylece kabinin alt kısmında bir basınç farkı oluşur. Bu basınç farkı sayesinde kabinin alt kısmında bulunan kuru ve sıcak hava iç mekâna yönlendirilirken,

içerideki hava ters yönde dışarı atılır. Zarandi (2009) tarafından yapılan bir çalışma, rüzgâr bacasının avlusu olmayan iç ortamın sıcaklığını 40°C'den 29,3°C'ye düşürdüğünü ve bağıl nem oranını %17'den %36,7'ye kadar yükselttiğini göstermiştir. Avlulu yapılarda ise, rüzgâr bacaları, daha serin hava sağlamak amacıyla avlularla entegre edilebilir. Kaihoul vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, avlu ve rüzgâr bacasının farklı kombinasyonlarının dış hava sıcaklığı 47°C iken iç ortam sıcaklığının 30,1-35,4°C arasında değiştiğini göstermiştir. Aynı zamanda havalandırma boşluğundan giren hava, kabinin alt kısmına ulaşır ve varsa havuz vasıtasıyla temizlenip nemlendirilerek iç mekâna yönlendirilir. Bu süreç, rüzgâr bacasına giren havayı sürekli yenileyerek serinletme etkisinin artmasını sağlar.

2. Sıcaklık Farkı Etkisi

Sıcaklık farkı etkisi rüzgâr bacası performansında daha az dikkat çeken ikinci yöntemdir. Bu yöntemde, rüzgâr bacası rüzgâr esmediği zamanlarda sıcaklık farkı prensibiyle çalışır. Kabinin gövdesi ve içerisindeki hava güneşin etkisiyle gün içinde ısınır ve yukarı doğru yükselir. Kabin içerisindeki havanın eksikliğini gidermek için, avludan soğuk hava iç mekâna çekilir ve mekânda bulunan hava havalandırma boşluğu yoluyla dışarı atılır. Gece saatlerinde ise dışarıdaki soğuk hava kabinden geçerek aşağıya doğru iner ve kabinin duvarlarında gün boyunca depolanan ısı nedeniyle sıcaklığı yükselir. Bu etki, dışarıdaki hava sıcaklığı ile kabinin iç duvarları ve bölücülerin sıcaklığı eşitlenene kadar devam eder. Böylece hem dışarıdan giren soğuk hava ısınır hem de kabinin duvarları bir sonraki güne kadar soğumuş olur ve ertesi gün saatlerce ısınıp koruyarak dışarıdan gelen sıcak havayı soğutabilir (Şekil 23).



Şekil 23 Rüzgâr bacasının çalışma tekniği (Zargari & Işık, 2016).

Rüzgâr bacası yapımında kullanılan malzemeler, iklim koşullarına bağlı olarak seçilir. Bu malzemeler, rüzgâr bacasının pasif soğutma sistemi olarak etkili bir şekilde çalışmasına yardımcı olur. Rüzgâr bacaları genellikle sıcak kuru iklim bölgelerinde bulunduğu için, yerel malzemelerden olan kerpiç tuğla gibi malzemeler tercih edilir (Şekil 24) (Sojoudihassanlouei, 2019).



Şekil 24 Rüzgâr bacalarında kullanılan kerpiç tuğla örneği (Sojoudihassanlouei,2019).

Rüzgâr bacası tasarımında rüzgâr girişi yüksek, çıkışı ise alçak bir noktada konumlandırılarak basınç farkından faydalanır. Bu strateji, dış ortam sıcaklıklarının yüksek olduğu iklimlerde etkilidir.

Rüzgâr bacasının birçok pasif soğutma stratejisine göre avantajları bulunmaktadır. Öncelikle, rüzgâr bacasının yapıya ek bir yük getirmemesi taşıyıcı sistemi zorlamaması anlamına gelir. Bu durum, yapının tasarımı açısından sınır oluşturmaz. Ayrıca, rüzgâr bacası binalara yönetmelikler tarafından belirlenen kat yüksekliği sınırlamalarından etkilenmeden uygulanabilir. Bunun yanı sıra rüzgâr bacasının yapıda az yer kaplaması da dikkate değer bir avantajdır. Avlu gibi geniş alanlara ihtiyaç duymadan etkili bir şekilde çalışabilir. Bu durum, rüzgâr bacasını arazi kullanımının sınırlı olduğu projeler için tercih edilebilir bir seçenek haline getirir. Ayrıca maliyet açısından da rüzgâr bacasının avantajlı

olduğunu sylenabilir. Diğer bazı pasif soğutma stratejilerine kıyasla daha düşük maliyetli olması, projelerin bütçesini olumlu yönde etkileyebilir.

Rüzgâr bacasının, Türkiye'nin sıcak-kuru iklim bölgesindeki geleneksel yapılar da kullanıldığı görülmekte; ancak bu bölge için rüzgâr bacası yapımında kullanılan malzemeler, rüzgâr bacası boyutları, açıklık sayıları vb. gibi tasarım faktörleri konusunda bilinen standart herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, rüzgâr bacasının yapımında kullanılan tasarım faktörlerinin binanın enerji performansına ve yarı açık alanlardaki hava akımının hızına ve sıcaklığına etkisini belirlemektir. Ayrıca, sıcak-kuru iklim bölgelerinde yapılacak yeni projelere uygulanması düşünülen rüzgâr bacalarının tasarım optimizasyonu için yeni bir yaklaşım geliştirmek bu tez araştırmasının diğer amacını oluşturmaktadır.

Bu amaçlar doğrultusunda Türkiye'nin şanlıurfa şehrinde bulunan geleneksel bir bina örnek olarak seçilip DesignBuilder bina simülasyon aracı ile modellenerek örnek binaya sonradan entegre edilen rüzgâr bacasının tasarım faktörlerinin binanın yıllık toplam ısıtma ve soğutma ihtiyacına etkisi analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra rüzgâr bacasının konumlandırıldığı mekân içindeki havanın hızına ve sıcaklığına etkisi CFD simülasyonları ile analiz edilmiştir.

II. METODOLOJİ

Bu çalışmada, pasif iklimlendirme stratejileri uygulanarak enerji performansı iyileştirilecek örnek binanın analiz edilmesi için bir dizi yöntem kullanılacaktır. Bu amaçla, öncelikle binanın seçilmesi, seçilen binaya ilişkin verilerin toplanması ve binanın bulunduğu bölgenin iklimsel verilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Binaın bulunduğu bölgenin iklimsel verileri “climate.onebuilding.org” web sitesinden alınmış olup bu veriler Climate Consultant programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Climate Consultant, bölgesel iklim verilerini analiz etmek ve binaların enerji verimliliğini arttırmak için kullanılan bir yazılımdır. Bu yazılım, mimarlar ve inşaat mühendisleri tarafından kullanılmaktadır. İklim verilerini görselleştirmek için 3B grafikler, psikometrik çizelgeler ve rüzgâr diyagramları gibi araçlardan faydalanmaktadır. Bu analizler, binaların enerji tüketimini azaltmak için tasarım ve malzeme seçimi gibi faktörlerin belirlenmesine yardımcı olur (Milne vd., 2007)

Climate Consultant, kullanıcılara iklimsel verilerle ilgili birçok çizelge ve grafik sunar. Bunlar:

- 3B Grafikler: Bu grafikler, bölgesel iklim verilerini görselleştirmek için kullanılır. Yıllık, aylık ve saatlik verileri kullanıcıların farklı açılardan incelemelerine olanak tanır.
- Zaman Çizelgeleri: Yılın farklı saatlerindeki iklim verilerini gösteren çizelgelerdir. Kullanıcılar, bu çizelgeleri kullanarak binaların enerji verimliliğini arttırmak için tasarım ve malzeme seçimi gibi faktörleri belirleyebilirler.
- Psikometrik Diyagram: Bu çizelge, havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıkları ile bağıl ve mutlak nem seviyelerini gösteren bir diyagramdır. Kullanıcılar, bu çizelgeden faydalanarak bina içindeki konfor seviyesini

analiz edebilir ve buna bağlı kalarak bina içindeki iklim koşullarını optimize edebilirler.

- Güneş Diyagramı: Bu diyagram, güneşin yıl boyunca farklı saatlerdeki konumunu gösterir. Bu diyagram sayesinde binaların güneş ışınımından optimum düzeyde yararlanmasını sağlanabilir.
- Rüzgâr Gülü Diyagramı: Bu diyagram yıl boyunca değişen rüzgâr yönleri, hâkim rüzgâr yönü ve rüzgâr hızları gibi verileri barındırmaktadır. Bu diyagram, binanın bulunduğu iklime göre rüzgârdan faydalanmak ya da rüzgârdan kaçınmak için bina tasarımına yardımcı olur.

İklimsel veriler, Climate Consultant aracı kullanılarak analiz edildikten sonra, bölgedeki geleneksel konut binaları akademik ve çevrim içi kaynaklar ile bilimsel yayınlar aracılığıyla incelenmiş olup bu tez çalışmasına en uygun geleneksel binanın seçimi yapılmıştır. Seçimi yapılan örnek binanın bu çalışmaya uygunluğu araştırılırken, binanın mimari özellikleri, pasif sistemleri ve bulunduğu bölgedeki diğer geleneksel binalarla yapısal ve işlevsel benzerlikleri önemli rol oynamıştır.

Çalışmaya uygun olan bina belirlendikten sonra, binanın plan, kesit, görünüş vb. gibi mimari çizimleri, yapı malzemeleri ve binaya ilişkin tüm mimari veriler elde edilmiştir. Binanın mimari çizimleri ve bina kabuğu bileşenlerinin termo-fiziksel özellikleri çoğunlukla bilimsel kitaplardan derlenmiş olup, kitaplarda ve çevrimiçi kaynaklarda bulunamayan bilgilere ulaşabilmek için binadaki kullanıcılarla irtibata geçilmiştir.

Binaya ait verilerin toplanmasının ardından, DesignBuilder bina simülasyon aracı kullanılarak seçilen binanın enerji performansı modellenmiştir. Binanın enerji modelinin oluşturulabilmesi için toplanan bina verileri ve binanın bulunduğu iklim bölgesine ilişkin tüm veriler programa girdi olarak işlenmiştir. Öncelikle, binanın mimari çizimlerinden faydalanarak form, şekil, bina yönü ve bina çevresi gibi yapısal özellikleri oluşturulmuş ve ardından bina kabuğunun termo-fiziksel özellikleri, aydınlatma sistemlerinin ve kullanılan ekipmanların teknik özellikleri girdi olarak enerji modeline işlenmiştir. Bunların ardından, binadaki mekanların işlevlerine bağlı kalarak mekanların ısıl zonlara

ayrılması, kullanım zaman takvimlerinin oluşturması, doluluk oranlarının belirlenmesi ve yıllık ısıtma ve soğutma ihtiyacı belirlenecek ısı zonlarının iklimlendirme koşulları gibi kullanıma bağlı özellikleri de DesignBuilder simülasyon aracında tanımlanarak binanın enerji modeli tamamlanmıştır. Modeli oluşturulan binanın enerji performansı bölgenin iklimsel verileri kullanılarak simüle edilmiş ve bu sayede seçilen binanın iklimsel veriler altında yıl boyunca nasıl bir dinamik davranış sergilediği analiz edilmiştir.

Bina simülasyon araçları, binaların enerji performansını hesaplamak ve kullanıcı konforundan ödün vermeden binaların enerji verimliliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılan yazılımlardır. Simülasyon araçları arasında detaylı dinamik hesaplama metodolojisini kullanarak gerçeğe en yakın sonuçları verenler ön plana çıkmaktadır. EnergyPlus ve DesignBuilder bu araçlar arasında yer almaktadır. EnergyPlus simülasyon aracı, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Lawrence Berkeley Laboratuvarı'nda 1970'lerin başında geliştirilen DOE-2 ve BLAST programlarının birleştirilmesiyle ortaya çıkmıştır (Akgüç, 2019). EnergyPlus, transfer fonksiyonu, sonlu farklar ve sonlu elemanlar gibi matematiksel algoritmaları kullanarak binanın ısıtma ve soğutma yüklerini hesaplayabilir. Bu hesaplamalar yıllık bazda (8760 saatlik süre için) gerçekleştirilerek saatlik iklim verileri altında binanın dinamik davranışlarını simüle eder (Crawley vd., 2008). EnergyPlus, farklı tip binaların mimari, mekanik ve elektrik sistemlerinin enerji performansını modellemekte kullanılan bir araç olduğu gibi binaların yıllık ısıtma, soğutma, aydınlatma ve ekipman yüklerini ve bunlara bağlı tüketimlerini, karbon salınımlarını ve binanın yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan maliyetlerini hesap etmekte kullanılan kapsamlı bir simülasyon aracıdır.

Hesaplama altyapısını EnergyPlus'tan alan DesignBuilder, İngiltere merkezli bir bina simülasyon aracı olup EnergyPlus'tan farklı olarak kullanıcı dostu bir arayüze sahiptir. Bu araç, tüm bina tiplerinin enerji performansının modellenmesi için kullanılabilir. DesignBuilder ile aşağıdaki bina analizleri gerçekleştirilebilmektedir:

- Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin tasarımı,
- Doğal havalandırma, ısı konfor ve gün ışığı analizi,
- Yıllık enerji ihtiyacı, tüketimi, CO₂ salınımı ve maliyet analizi,

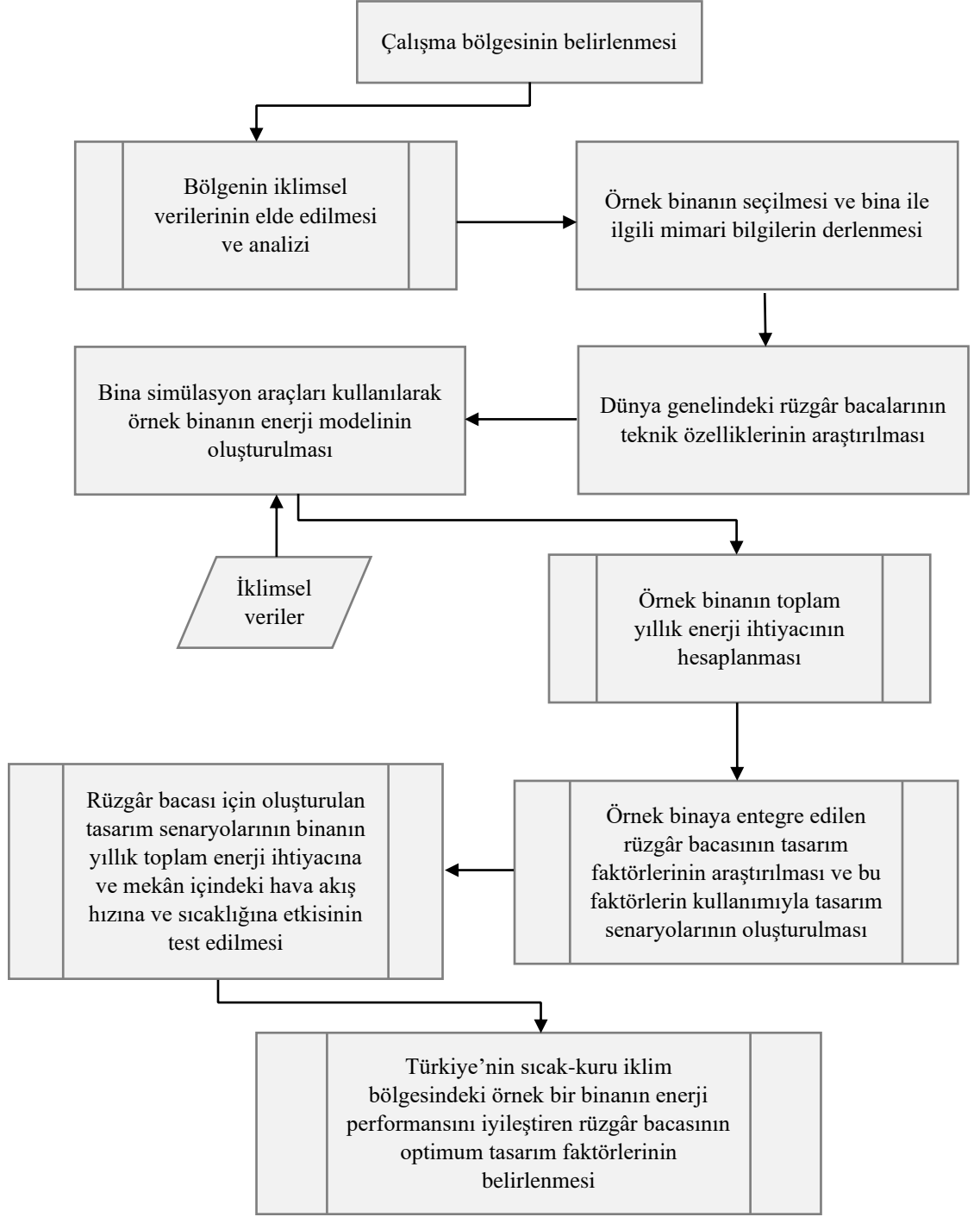
- LEED ve BREEAM yeşil bina sertifikasyon sistemlerine göre bina enerji performans analizi,
- Enerji optimizasyonu,
- Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) simülasyonu (Akgüç, 2019).

Bu araçların hesaplama altyapısı EN 13790 Binaların Enerji Performansı - Mekân Isıtılması ve Soğutulması için Enerji Kullanımının Hesaplanması standardına dayanmaktadır. Bu standart bir Avrupa standardı olup, bir bina içindeki mekânların ısıtılması ve soğutulması için yıllık enerji kullanımının değerlendirilmesinde kullanılan hesaplama yöntemlerini içermektedir. (Akgüç ve Yılmaz, 2022).

Seçilen binanın mevcut halinin enerji performansı analiz edildikten sonra bölgedeki bazı geleneksel yapılarda bulunan rüzgâr bacası sistemlerinin tasarımından yola çıkılarak seçilen binanın enerji modeline bir rüzgâr bacası sistemi entegre edilmiştir. Sonrasında ise bu rüzgâr bacasının seçilen binanın enerji performansını iyileştirecek tasarım faktörlerinin belirlenebilmesi için birçok enerji verimlilik senaryosu geliştirilmiştir. Bu senaryolar neticesinde, bölgedeki rüzgâr bacalarının geleneksel formlarının dışına çıkılarak bir tasarım optimizasyonu yapılmış ve Şanlıurfa bölgesine özgü yeni bir rüzgâr bacası tasarımı geliştirilmiştir. Bununla birlikte, tasarlanan rüzgâr bacasının binanın eyvan bölümü gibi yarı açık bir alan üzerine konumlandırıldığında havanın akım hızı ve sıcaklığı üzerindeki etkileri CFD simülasyonları ile tespit edilmiştir.

Bu araştırma ile CFD analizlerinin özellikle binanın erken tasarım evresinde yapılmasının, inşaat aşamasına geçilmeden önce binanın soğutma yüklerinin azaltılması, doğal havalandırmada verimliliğin artırılması ve bina içindeki istenmeyen hava hareketlerinin oluşturabileceği potansiyel sorunların tespit edilmesi açısından oldukça önemli olduğu ortaya koyulmuştur. Bu tez çalışmasındaki bina performansı ve CFD simülasyonlarından elde edilen sonuçlar, rüzgâr bacasının binanın yıllık ısıtma ve soğutma ihtiyacına etkisini tespit etmek ve uygun tipteki rüzgâr bacasını eyvan üzerine konumlandırılarak eyvan içerisindeki hava akımının hızının ve sıcaklığının kontrolünü sağlamak yönünden oldukça önemli veriler sağlamıştır.

Bu tez çalışmasında kullanılan yöntemin akış şeması aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 25 Tez çalışmasında kullanılan metodolojinin akış şeması.

III. VAKA ÇALIŞMASI: HACIBANLAR EVİ

Aşağıdaki bölümlerde, seçilen örnek binanın bulunmuş olduğu Şanlıurfa şehrinin iklimsel özellikleri (sıcaklık, nemlilik, hâkim rüzgâr yönü, rüzgâr sıcaklığı, rüzgâr hızı vb.) binanın konumu, formu, malzemelerinin termofiziksel özellikleri, binanın bugünkü işlevi hususunda bilgi verilmiştir.

A. Örnek binanın konumu: Şanlıurfa

Türkiye'de cumhuriyetin kuruluşundan sonra başlayan sanayileşme ve hızlı kentleşme nedeniyle hava kirliliği Türkiye'de ciddi bir sorun haline gelmiştir. Şanlıurfa ili, Türkiye'de son yıllarda hava kirliliğinin önemli ölçüde arttığı lokasyonlardan biri olmuştur. Şanlıurfa, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan illerden biridir. Şehir, batıda Gaziantep, kuzeybatıda Adıyaman, kuzeydoğuda Diyarbakır, doğuda Mardin ve güneyde Suriye ile komşudur.

Şanlıurfa ili, 1980'li yılların ortalarından itibaren GAP kapsamında yürütülen çalışmalar sonucunda 1990'lı yıllarda bu ilde sulu tarıma geçilmiştir. Bu nedenle, Güneydoğu coğrafyasında insanları çeken bir merkez haline gelmiş ve bu durum hızlı bir nüfus artışına neden olmuştur. 1985'te %50 olan kentleşme oranı, 2015'te %92'ye yükselmiştir. Kısa sürede kentleşmenin bu kadar hızlı artması doğal olarak bir dizi çevre ve kentsel sorunu da beraberinde getirmiştir. Ayrıca şehirdeki sanayi, bölgenin hava kalitesini olumsuz etkilemektedir (Kayan, 2018).

TÜİK'in 2016 yılı değerlendirmesinde Şanlıurfa'da kişi başına elektrik tüketiminin 1482kWh olduğu tespit edilmiştir. 2020'de elde edilen veriler 2016'ninkilerle karşılaştırıldığında elektrik tüketiminin %76 oranında arttığı görülmüştür (TÜİK, 2020). Bu sonuca bakıldığında Şanlıurfa şehrinde 2016'dan 2020'ye kadarki olan süreçte karbon ayak izinde de artış olması söz konusudur.

Şekil 8 ve 9'a göre, Şanlıurfa'da kişi başına düşen elektrik tüketiminde 2016'dan 2020'ye kadar her yıl yaklaşık 227kWh artış olduğu görülmektedir. Bu durumun böyle

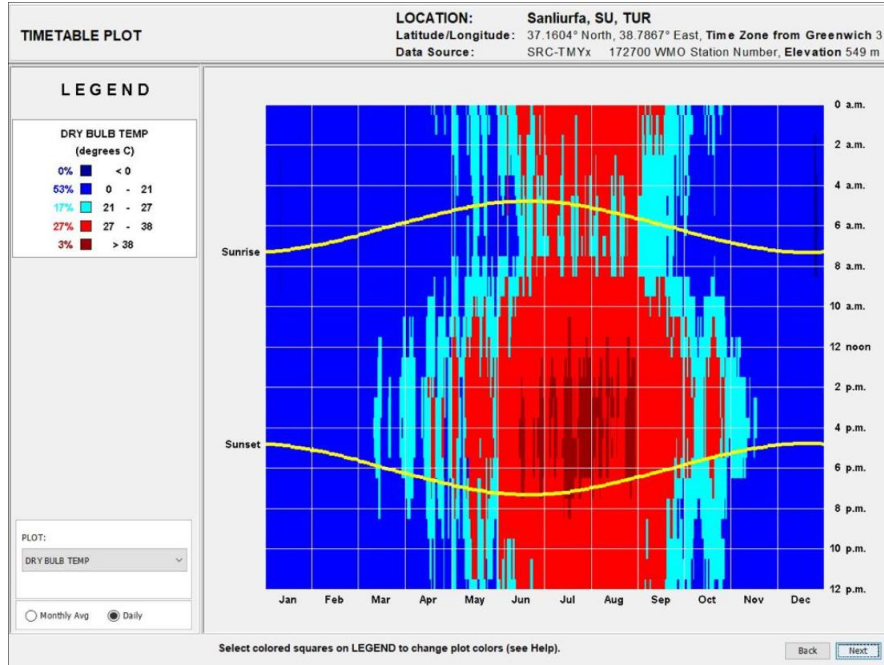
devam ettiği varsayılırsa 2025'te kişi başına düşen elektrik tüketimi yaklaşık 3754kWh'e çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu tüketim, 2016 yılındaki kişi başına düşen elektrik tüketiminin iki katından daha fazladır.

1. Şanlıurfa'nın İklimsel Özellikleri

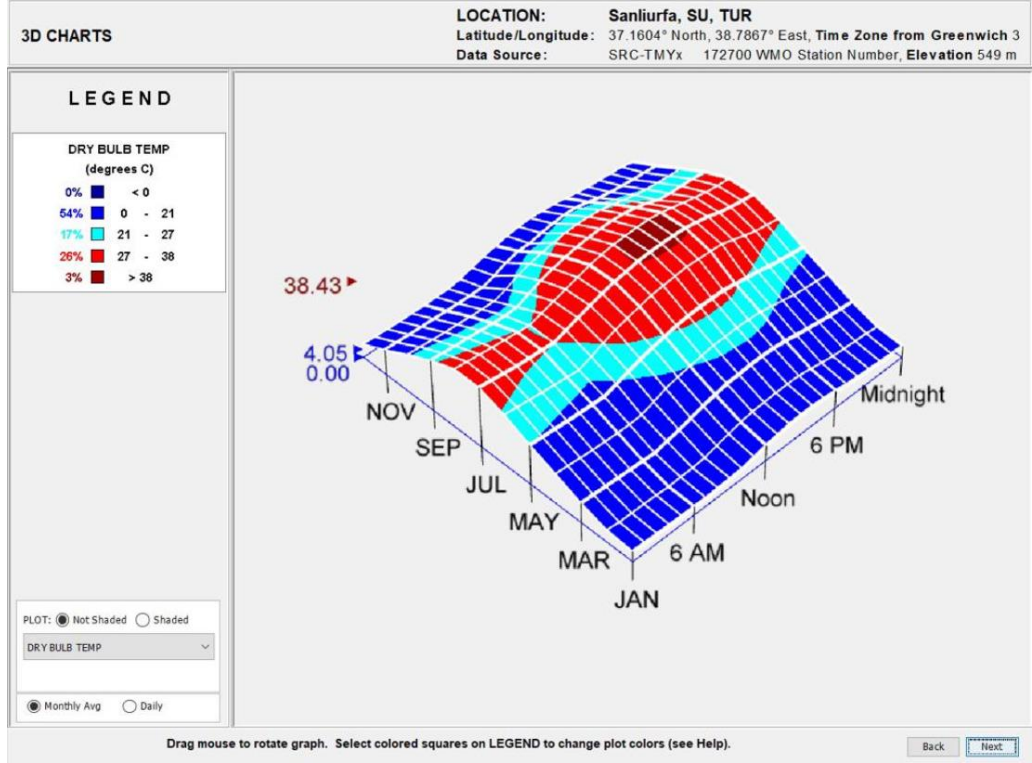
Şehrin bulunduğu coğrafyanın iklimsel verileri, tipik olarak sıcak-kuru iklim özelliklerini temsil etmektedir. Şanlıurfa şehrinin iklim verileri Climate Consultant programı kullanılarak aşağıda sunulmuştur:

a. Sıcaklık ve bağıl nem

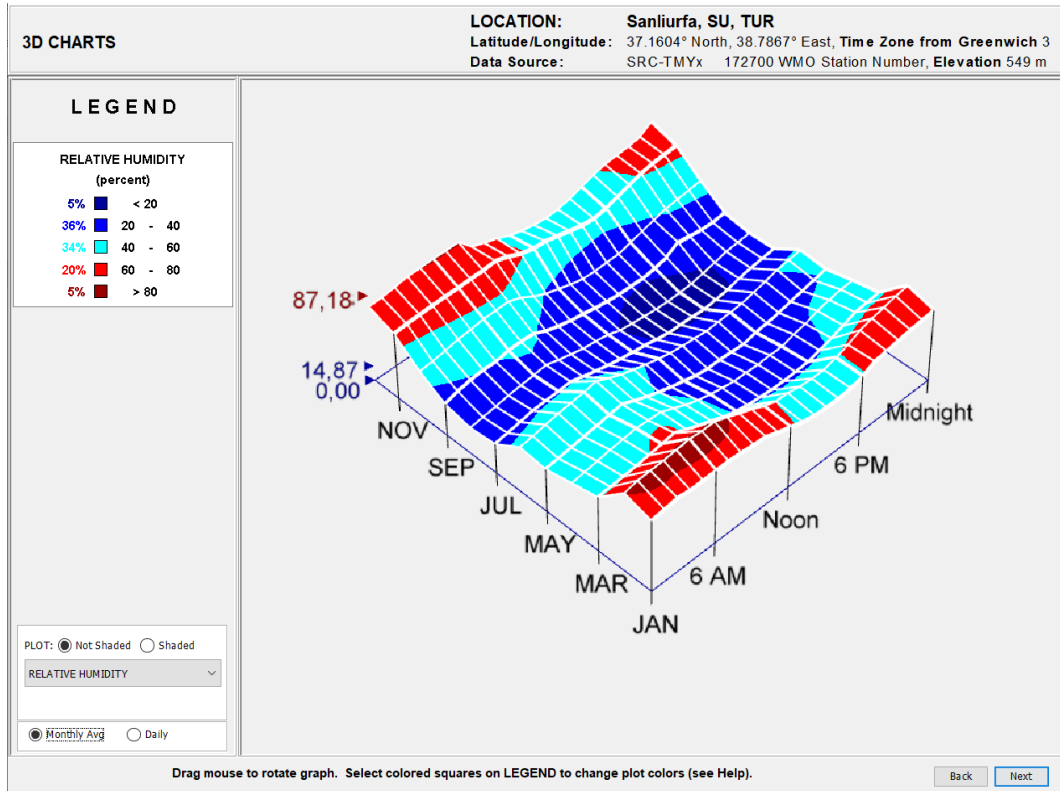
İklimsel olarak, Şanlıurfa'da Güneydoğu Anadolu bölgesine özgü sıcak ve kurak iklim özellikleri görülmektedir. Kışlar sert ve uzun, yazlar ise aşırı sıcak ve kurak geçmektedir. Şekil 26, 27'de kış aylarında dış havanın sıcaklığı 0-21°C arasında olduğu ve yaz aylarında ise hava sıcaklığının 27-38°C arasında olduğu görülmektedir. Şekil 28'de ağırlıklı öğlen saatleri olmak üzere yaz aylarında bağıl nem oranı %40'tan az olduğu rastlanmıştır.



Şekil 26 Şanlıurfa'da yıllık hava sıcaklığının değişimi (Climate consultant).



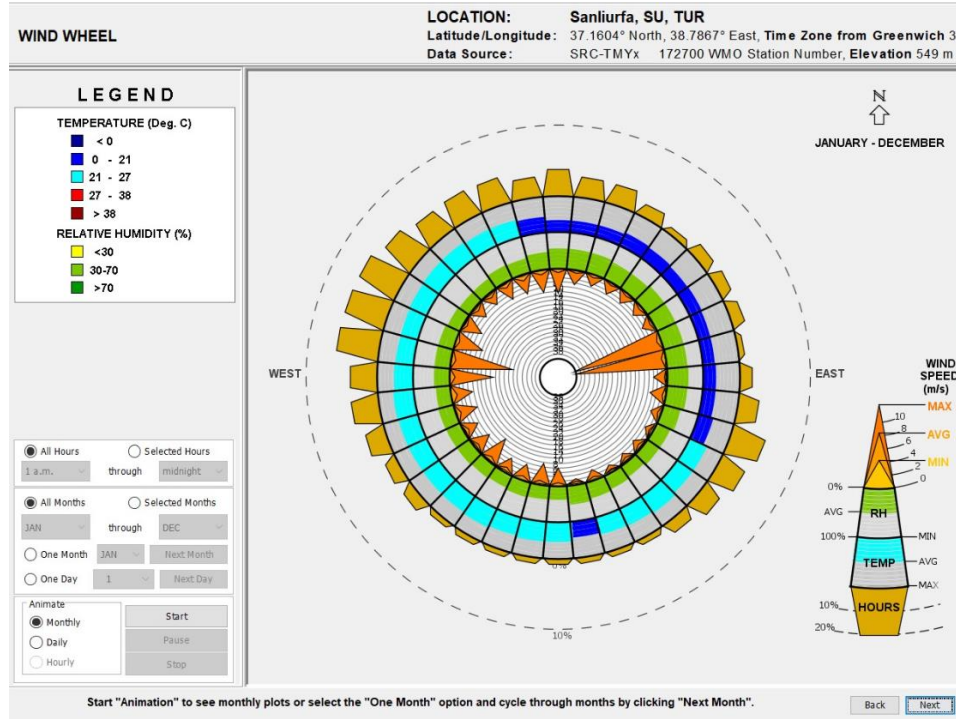
Şekil 27 Şanlıurfa'da yıllık sıcaklık değişiminin 3B gösterimi (Climate consultant).



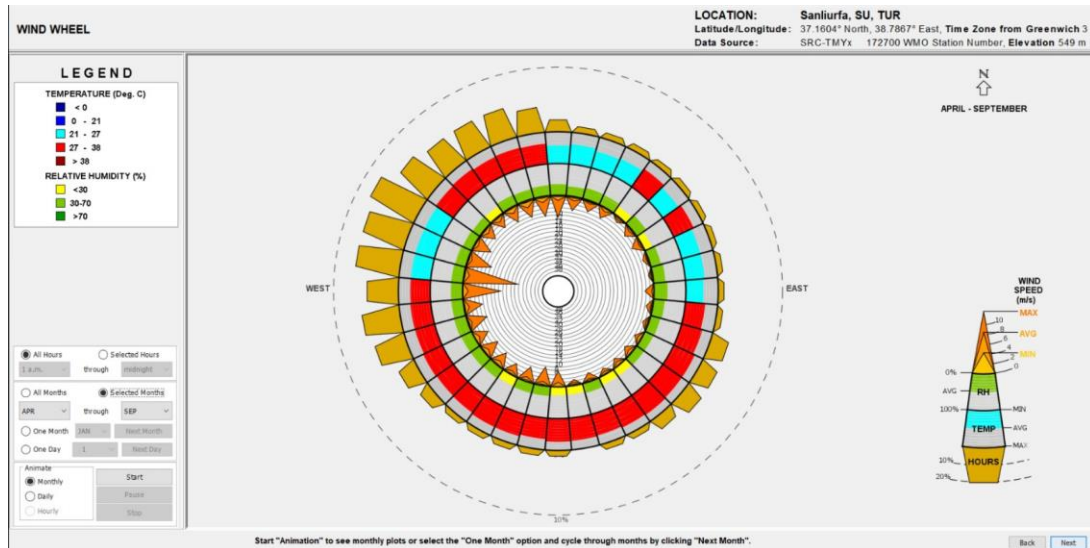
Şekil 28 Şanlıurfa'da yıllık bağıl nem değişiminin 3B gösterimi (Climate consultant).

b. Hâkim rüzgâr

Şekil 29'da görüldüğü üzere hâkim rüzgâr batı ve kuzey-batı yönünden esmektedir. Şekil 30'a bakıldığında ise yaz aylarında hâkim rüzgârın güney-doğu ve güney-batı yönünden estiği ve yaz aylarındaki hâkim rüzgâr sıcaklığının 21-27°C aralığında olduğu görülmektedir.



Şekil 29 Yıl boyunca Şanlıurfa'nın hâkim rüzgârın verileri (Climate Consultant).



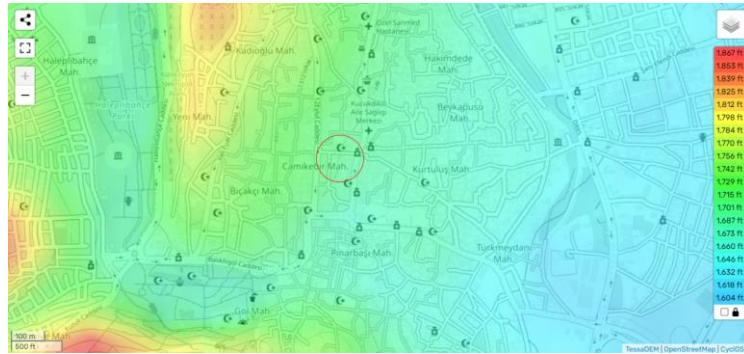
Şekil 30 Şanlıurfa'nın soğutma dönemindeki hâkim rüzgârın verileri (Climate Consultant).

B. Hacıbanlar Evi

Hacıbanlar Evi, Şanlıurfa eski şehir merkezinde yer alan geleneksel konut binalarından biri olup eski adıyla Ahmet Esmeray evi olarak bilinmektedir. Bu ev, Şanlıurfa eski şehir merkezinde bulunan Cami Kebir mahallesinde bulunmaktadır. Eyvanın kilit taşındaki kitabede H. 1085 (M. 1674) tarihi yer almaktadır (Akkoyunlu, 1989). Konut olarak inşa edilmiş olan bu ev 25.09.2011’de Şanlıurfa’da düzenlenen Tarihi Kentler Birliği Buluşmaları sırasında müze olarak hizmet vermeye başlamıştır (T.C Şanlıurfa valiliği).



Şekil 31 Hacıbanlar Evi'nin konumu (maps.stamen.com, 2023).



Şekil 32 Topografik haritada Hacıbanlar Evi'nin konumu (Topographic-map.com, 2023).

Bina, zemin ve bodrum olmak üzere iki kattan oluşan avlulu bir forma sahiptir. Zemin kattaki avlunun etrafında iki adet eyvan, beş adet oda ve bir mutfak bulunmaktadır. Binanın bodrum katında ise ahır, zerezembe ve samanlık bulunmaktadır (Akkoyunlu, 1989). Şekil 33-35'te binanın avlulu bir forma sahip olduğuna dair fotoğraflar paylaşılmıştır. Şekil 36-39'da ise binanın plan ve kesitleri görülmektedir.

Hacıbanlar Evi'nin mimari özellikleri, pasif sistemleri (form, şekil, konum, yapı malzemeleri vb.) ve bulunduğu bölgedeki diğer geleneksel binalarla yapısal benzerlikleri bu binanın bu tez çalışmasında örnek bina olarak seçilmesini etkileyen en önemli faktörlerdir.



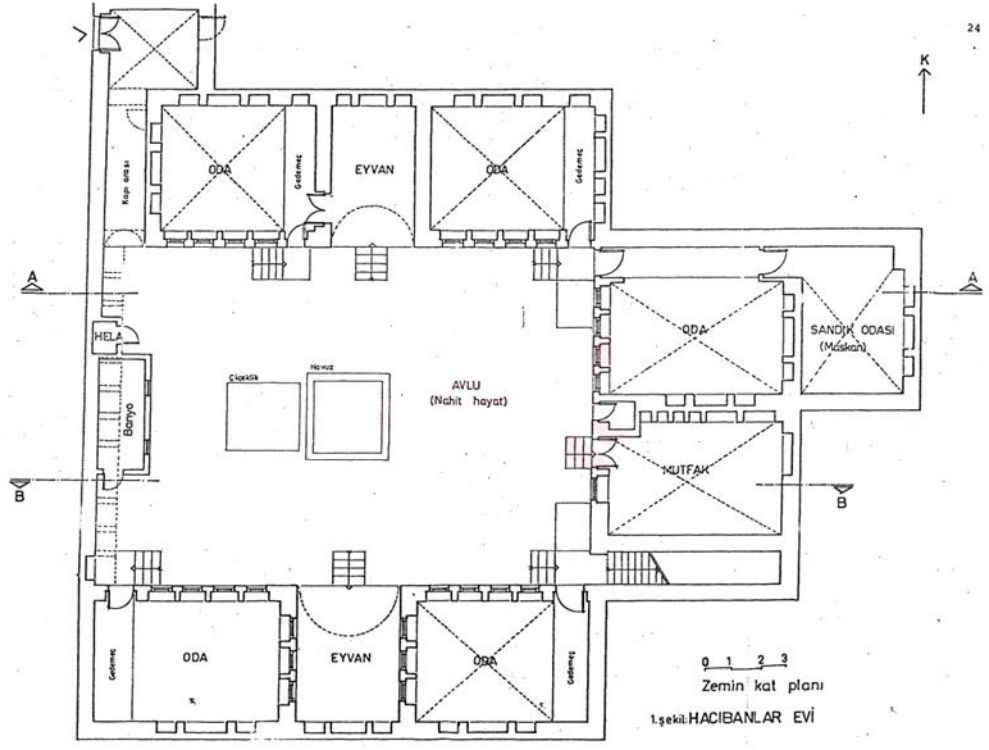
Şekil 33 Hacıbanlar Evi'nin kuzey-güney aksı yönündeki avlu görüntüsü (mekan360.com, 2022).



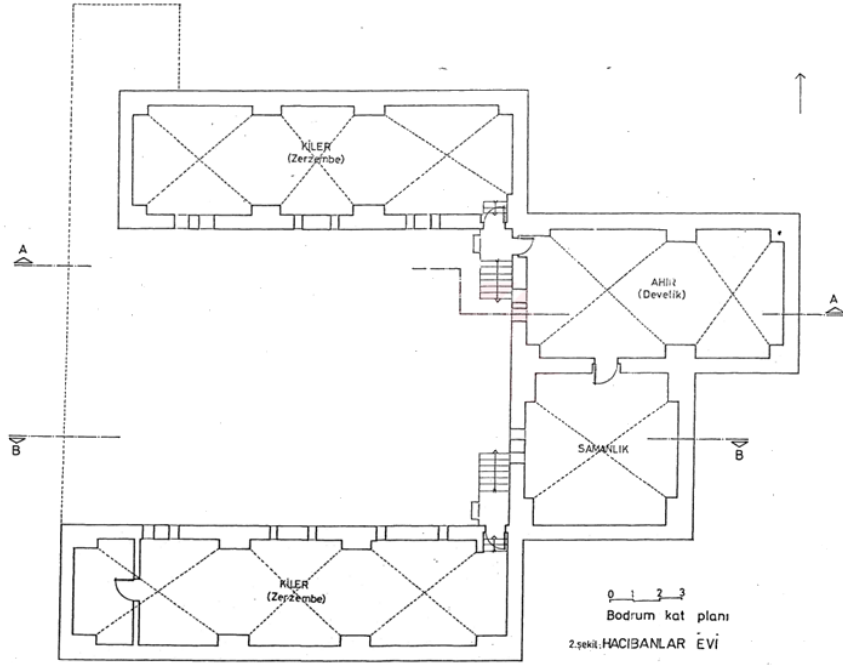
Şekil 34 Hacıbanlar Evi'nin doğu-batı aksı yönündeki avlu görüntüsü (mekan360.com, 2022).



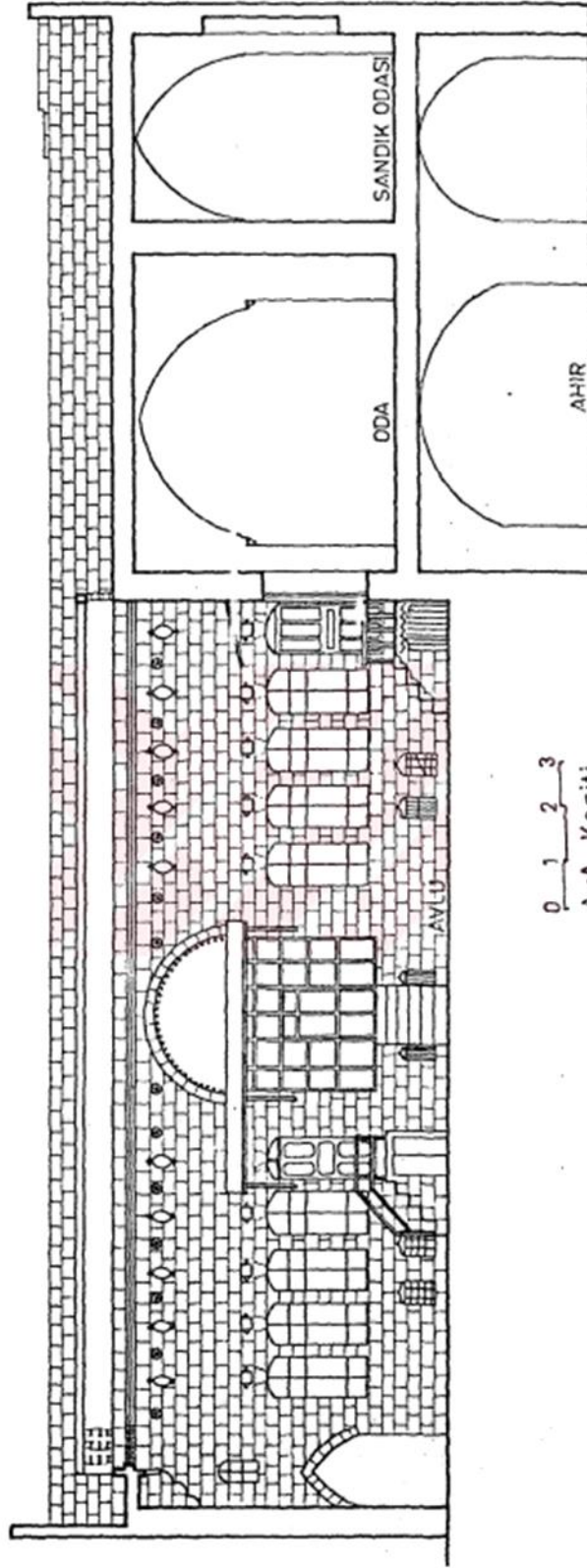
Şekil 35 Hacıbanlar Evi'nin kuzey yönüne bakan eyvanı (mekan360.com, 2022).



Şekil 36 Hacibanlar Evi'nin zemin kat planı (Akkoyunlu, 1989).

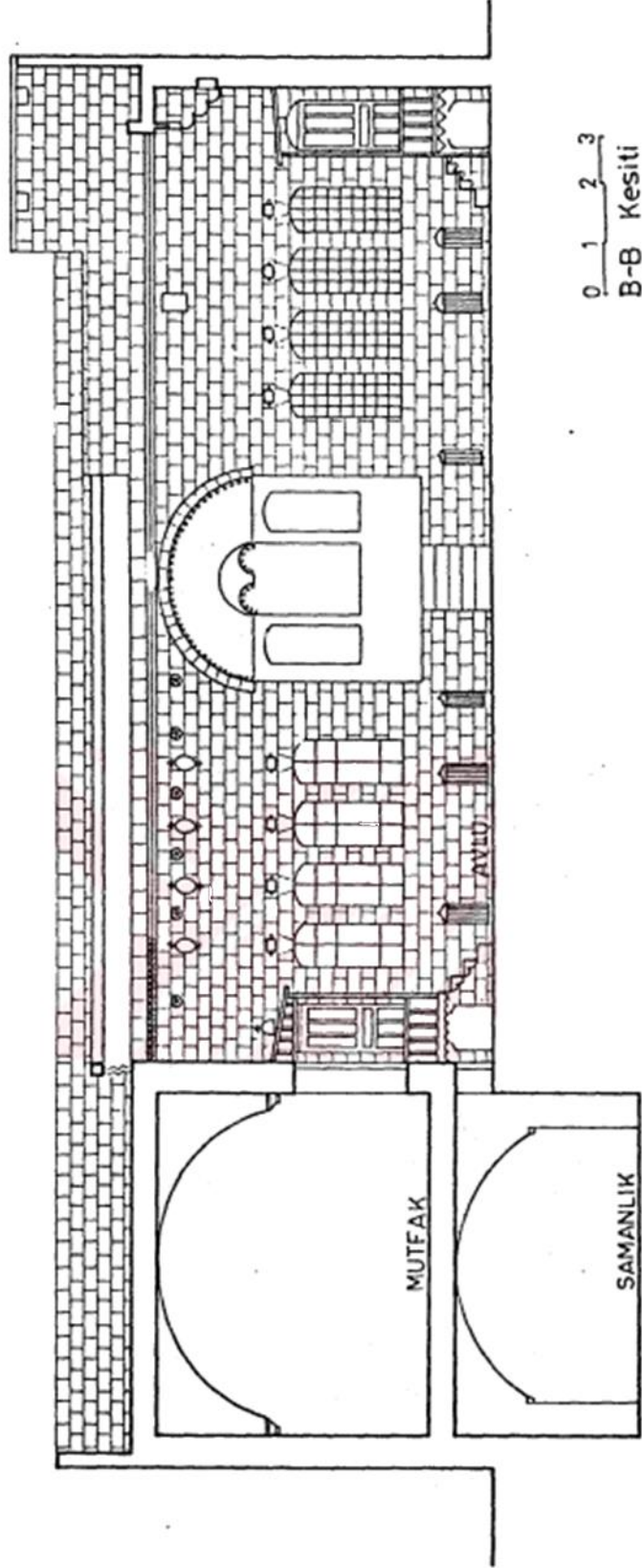


Şekil 37 Hacibanlar Evi'nin bodrum kat planı (Akkoyunlu, 1989).



3.Şekil:HACIBANLAR EVİ

Şekil 38 Hacibanlar Evi'nin A-A kesiti (Akkoyunlu, 1989).



Şekil 39 Hacibanlar Evi'nin B-B kesiti (Akkoyunlu, 1989).

1. Hacibanlar Evi'nin Yapı Malzemeleri

a. Ana strüktür

Şanlıurfa'nın doğal çevresinde ahşap malzemelerin bulunmaması, taşların temel malzeme olarak kullanımını teşvik etmiştir. Havara taşı (Küfeki taşı) olarak bilinen ve kolay işlenebilir taş, yığma tekniğinde yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Şehrin güneybatısındaki dağlık bölgelerden getirilen taş, sıcak iklim şartlarına uygun olması nedeniyle en yaygın kullanılan malzemedir. Geleneksel Şanlıurfa konutlarının temel yapı malzemesi taştır ve ahşap ile metal gibi diğer malzemeler yardımcı olarak kullanılmıştır. Şanlıurfa geleneksel yapılarında kullanılan harç ise, Küfeki taş tozu, kireç ve su karışımı ile oluşturulan Kül Kireç harcıdır (Akkoyunlu, 1989).

b. Döşeme kaplaması

Şanlıurfa'da odaların zemini genelde kesme "Nahit" taşı ile döşelidir (Akkoyunlu, 1989).

c. Çatı örtüsü

Urfa evlerinin çatıları genellikle düz toprak damlardan oluşur. Bu damlar sıkıştırılmış kil ile kaplanır ve kışın taş merdanelerle sık sık "loğ" yapılıır. Loğlama işlemi, toprağı sıkıştırarak, içeriye yağmur sularının sızmasını önlemek için yapılmaktadır. Yazlık evlerin yatak odalarında kullanılan damlar, kesme taş olan "Nahit" ile kaplanmıştır (Akkoyunlu, 1989).

Düz toprak damın örteceğı mekânın duvarları üstüne, plan şemasının kısa kenarına paralel olan ahşap kirişler yerleştirilir. Bu kirişler, genellikle kavak veya söğüt ağacından yapılıır ve uzunluğu 15-25cm arasındadır. Aralıkları, geçtikleri açıklara ve mertegen büyüklüğüne bağılı olarak 40-60cm civarındadır. Bu ahşap kirişler, taşıyıcı haldeki duvarların üzerinde yer alan "Taban Ağacı" olarak adlandırılan son hatla oturtulur. Ahşap kirişlerin üzerine, yatay eksenle 90 derece açıyla kamış hasır, çalı ya da ağaç dalı yerleştirilir. Bu katmanın üzerine, kalınlığı 10-30cm arasında değışen toprak tabakası serilir. Toprak tabakasını güneş, yağmur ve diğerkilerden korumak için ince bir katman halinde taş kırığı yerleştirilir. Ya da su geçirimsiz kil ve tuz oranı yüksek olan "Çorak" denilen toprak serilir. Son olarak, silindir şeklindeki ağır taş olan "Loğ Taşı" veya "Yuvak Taşı" ile sıkılaştırma yapılıır (Karaca, 2021).

Çizelge 2 Düz toprak damın katmanları ve kalınlıkları (Karaca, 2021).

Katman	Kalınlık [cm]
Nahit taşı	5
Çorak	4
Sıkıştırılmış toprak	20
Çalı	10

d. Camlar

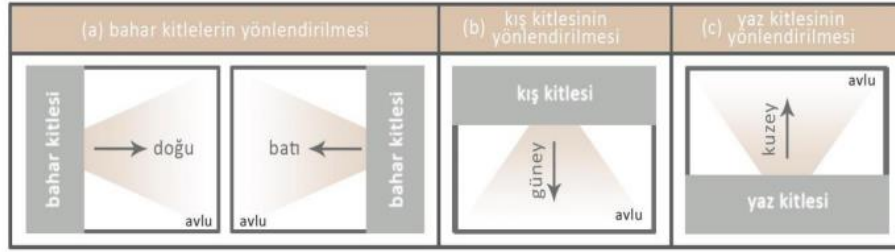
Hacıbanlar Evi'ndeki pencere camları ahşap çerçeveli çift camdır.



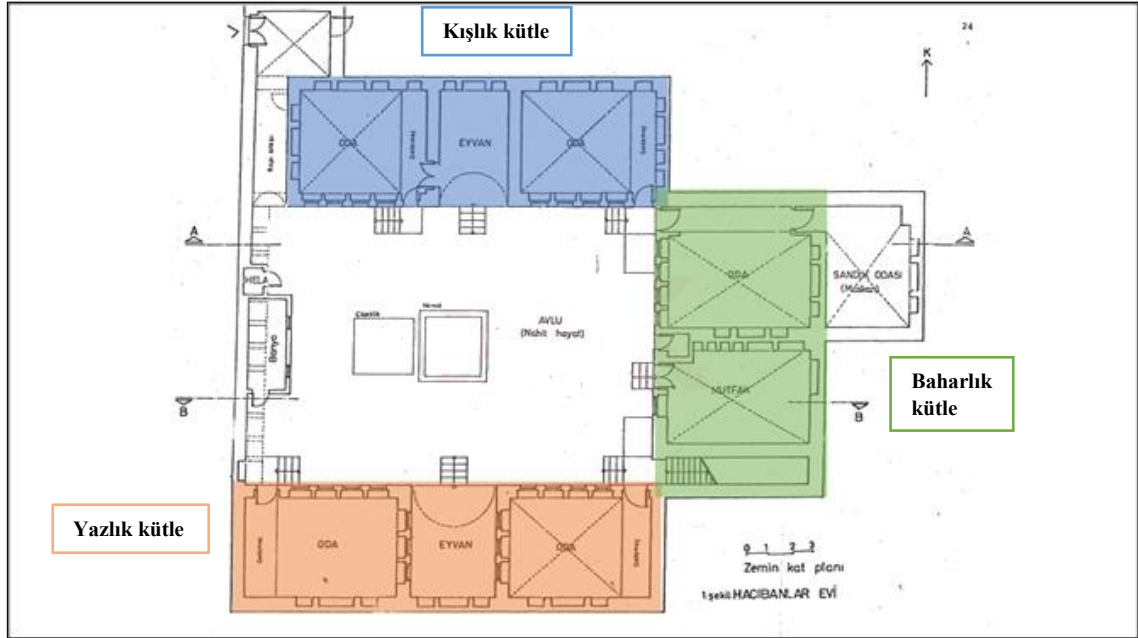
Şekil 40 Hacıbanlar Evi'nin camları.

2. Binanın yönlendirilmesi

Sıcak-kuru bölgelerdeki binalar, birbirine karşılıklı yerleştirilen mevsimlik kütlelere ayrılır ve ortada bir avlu alanı bırakılır. Böylece binalara avlulu formlar kazandırılır. Bu yapı kütleleri güneş ışınımı ve rüzgâr akışına göre yönlendirilmektedir (Şekil 41). Bunun sonucunda, farklı mevsimlere uyum sağlayabilen farklı odalar ortaya çıkar. Yazlık kütleler kuzeye bakarken, tam karşısındaki kışlık kütleler güneye yönlendirilmiştir. Yaz mevsimlerinde yazlık kütleler gölgede kalırken, kış mevsimlerinde güneşli günlerde gün boyunca güneş ışığından faydalanarak daha konforlu bir ortam yaratılmasına yardımcı olur (Erdemir, 2014). Elde edilen bu bilgilerden yola çıkılarak Şekil 42'de Hacıbanlar Evi'nin mevsimsel kütle ayırımı plan üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 41 Sıcak-kuru bölgelere uygun kütle yönlendirişi (Erdemir, 2014).



Şekil 42 Yıllık kullanım zamanlarında göre kütlelerinin sınıflandırılması.

3. Şanlıurfa Evlerindeki Rüzgâr Bacalarının Özellikleri

Şanlıurfa'da rüzgâr bacaları, sıcak yaz günlerinde evlerde en çok kullanılan alan olan eyvanın arka duvarında yer almaktadır. Ortada geniş ve yüksek, iki yanında ise daha dar ve alçak üç niş bulunur. Bu nişlerden çatıya açılmış hava kanalları sayesinde hava sirkülasyonu sağlanır. Çatıda, Şanlıurfa'da hâkim rüzgârların estiği yön olan kuzeye ve kuzeybatıya doğru yöneltilmiş mihrap taşı şeklindeki bir yüzey, açık bacalara çarparak rüzgârın bu kanallardan geçerek eyvanda hava sirkülasyonunu sağlamasına olanak tanır. Bu bacalar, yönleri dolayısıyla yazın damda namaz kılmak için mihrap olarak da kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Bu sistem, yaz aylarında evin en fazla kullanılan bölümü, kuzeye yöneltilmiş eyvanlarda bulunur (Akkoyunlu, 1989).



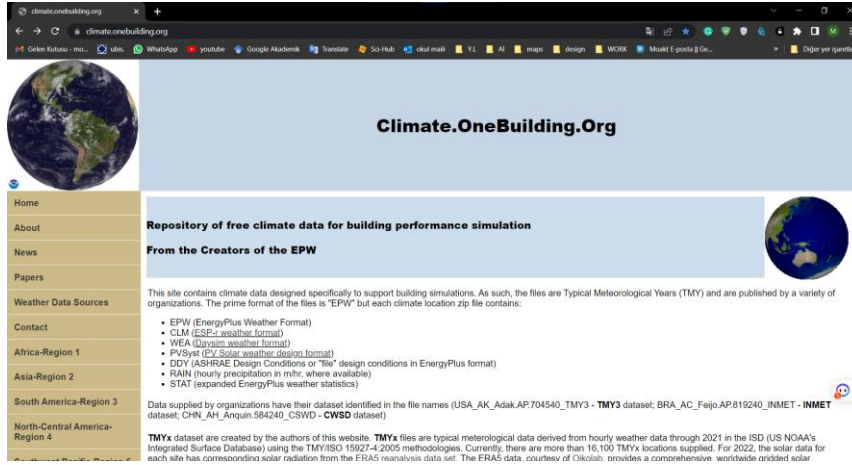
Şekil 43 Şanlıurfa’da bulunan bir konağın (a) kuzeyden ve (b) batıdan rüzgâr alan rüzgâr yakalayıcılarının (c ve e) teras çatıdan ve (f) sokaktan görüntüleri ile eyvan duvarındaki (d) nişlerin üzerinde bulunan (h ve g) rüzgâr çıkışına bakış (Melikoğlu & Bekleyen, 2021).

Şanlıurfa'nın geleneksel evlerinde genellikle bir ya da iki rüzgâr bacası bulunmaktadır. Tek rüzgâr bacasına sahip evlerde, bu yapı bileşeninin kuzeye yönlendirildiği belirlenmiştir. İki rüzgâr bacasına sahip evlerde ise bu yapı bileşenlerinden biri kuzeye, diğeri ise batıya ya da kuzeybatıya yönlendirilir. Hava akışı tek rüzgâr bacasına sahip evlerde olduğu gibi gerçekleşir. İki rüzgâr bacasına sahip olan örneklerde ise iki ayrı hava kanalından gelen hava, eyvanın arka duvarındaki orta nişin sağ ve solundaki nişlerin üstündeki hava çıkışlarından eyvana doğru akar (Melikoğlu & Bekleyen, 2021).

4. Hacıbanlar Evi'nin Enerji Performansının Modellenmesi

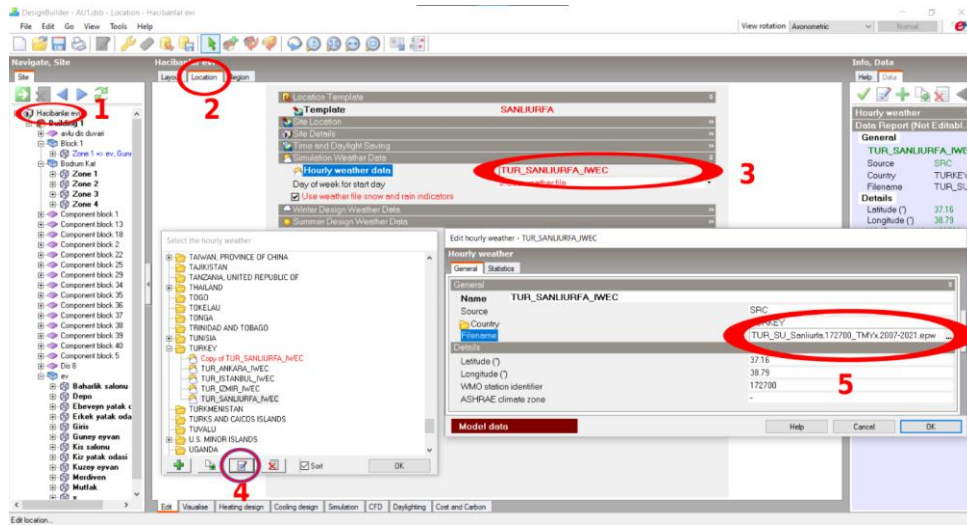
Bu araştırmada, Hacıbanlar Evi'nin enerji performansının simüle edilmesinin amacı bu binaya entegre edilecek rüzgâr bacasının binanın yıllık ısıtma ve soğutma ihtiyacı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve binanın enerji verimliliği üzerindeki rolünü tespit etmektir. Binanın enerji simülasyonları, DesignBuilder ve EnergyPlus araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Binanın tüm pasif sistemleri, aktivite düzeyleri, zaman takvimleri, ısı kazanç ve kayıpları ve ısı zonlarının ısıtma ve soğutma set sıcaklıkları DesignBuilder aracı kullanılarak modellenmiştir. Bunun öncesinde Şanlıurfa'nın iklimsel verileri DesignBuilder aracına tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla, “climate.onebuilding.org” web sitesi (Şekil 44) kullanılmış ve Şanlıurfa'nın dış sıcaklık, nemlilik, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, güneşten gelen direkt ve yaygın ışınım gibi yıllık iklimsel verilerini içeren "epw" uzantılı bir dosya elde edilmiştir.



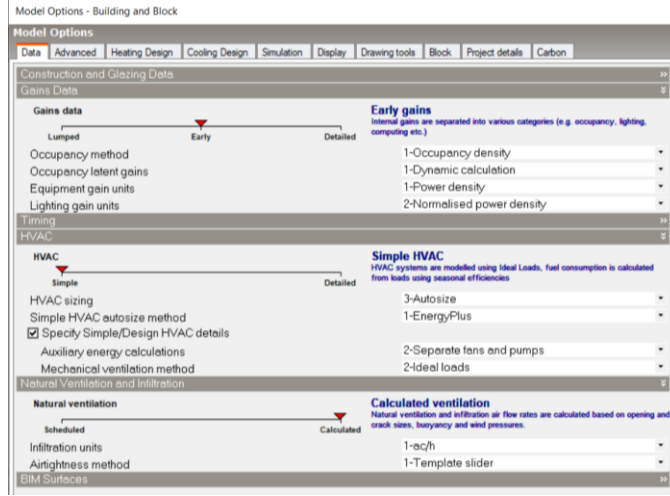
Şekil 44 "Climate.onebuilding.org" web sitesinin arayüzü.

Şanlıurfa'nın yıllık iklimsel verilerini bulunduran "epw" uzantılı dosya DesignBuilder aracı içine aşağıdaki adımlarda gösterildiği gibi tanımlanmıştır.



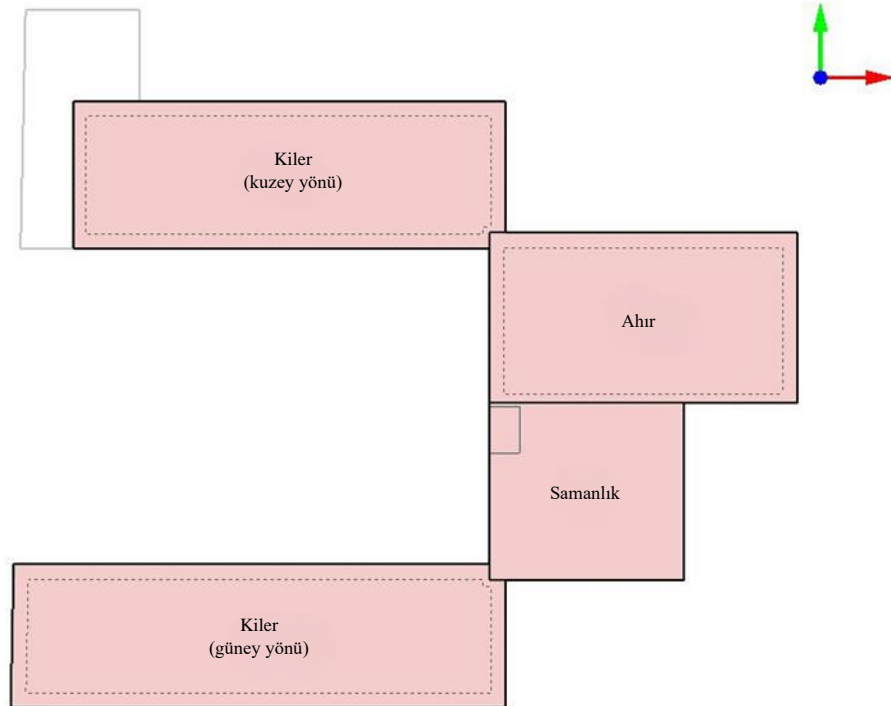
Şekil 45 "epw" dosyasının DesignBuilder aracına tanımlanması.

Bu çalışmada binaya entegre edilecek rüzgâr bacası sistemi, binanın doğal olarak havalandırılmasını sağlayacağı için "epw" dosyasından gelen rüzgâr verilerinin değiştirilmeden kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle DesignBuilder aracı içerisindeki "Model Options" seçeneğinde bulunan "Data" sekmesinden, doğal havalandırma seçeneğinin "Scheduled" yerine "Calculated" olarak değiştirilmesi gerekir (Şekil 46).

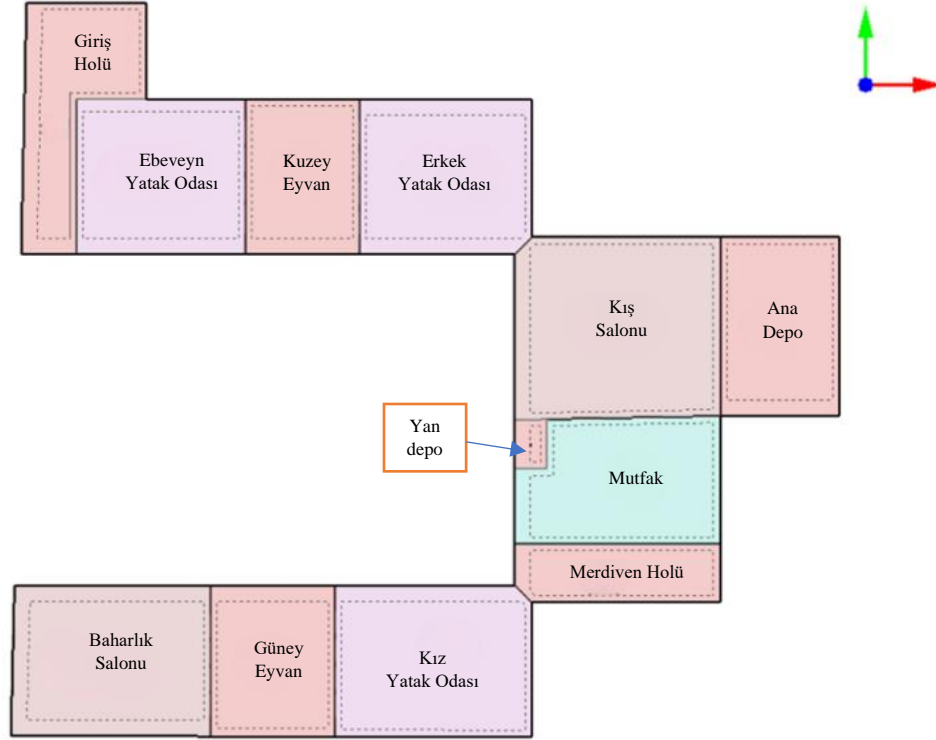


Şekil 46 Doğal havalandırma için gerekli verilerin DesignBuilder’da tanımlanması.

Ardından Hacıbanlar Evi’nin planları DesignBuilder’a aktarılarak, bina modelinin kabuğu (duvar, döşeme ve çatı) bu planlar yardımıyla oluşturulmuştur. Binanın planları ve kesitleri modelin oluşturulması için yeterli verileri içermediğinden çevrimiçi araçlardan faydalanarak bina kabuğunun modeli tamamlanmıştır (Şekil 47 ve 48).



Şekil 47 Hacıbanlar Evi’nin DesignBuilder aracı ile modellenen bodrum katı.

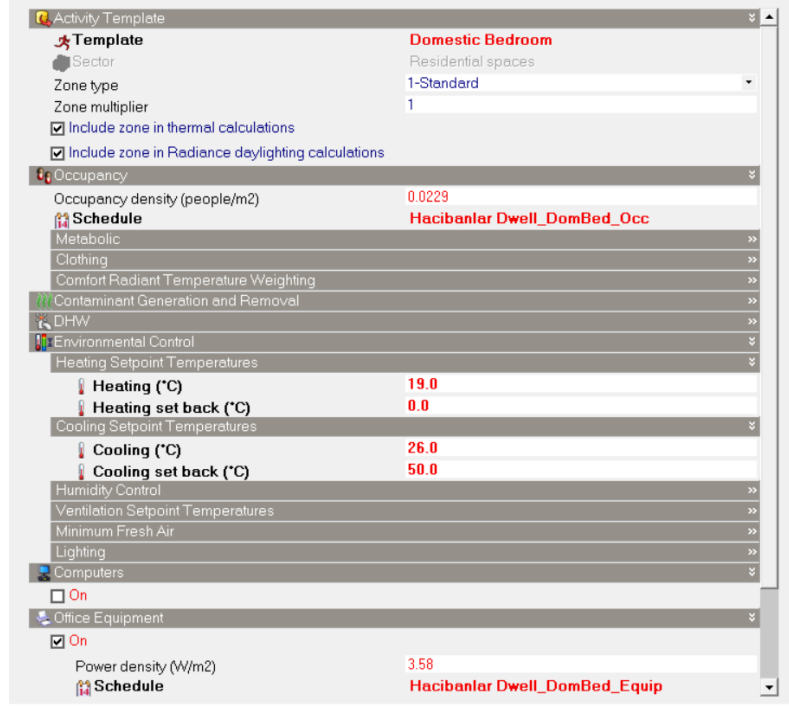


Şekil 48 Hacibanlar Evi'nin DesignBuilder aracı ile modellenen zemin katı.

Sonrasında ise DesignBuilder aracı ile örnek binanın yıllık ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını hesaplamak için her bir mekânın işlevlerinin belirlenerek ısıl zonlara ayrılması gerekmektedir. Bunun için mekânların kullanım yoğunluklarının belirlenmesi, kullanım zaman takvimlerinin oluşturulması, mekanların soğutma ve ısıtma set sıcaklıklarının belirlenmesi, kabuk malzemelerinin optik ve termo-fiziksel özelliklerinin tanımlanması, aydınlatma sistemlerinin ve ekipmanlarının seçilmesi ve son olarak doğal havalandırma stratejilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

a. Isıl zonların belirlenmesi

Bina modelinin kabuğunu oluşturulduktan sonra, her bir mekânın kullanıcı sayısını ve doluluk sürelerini tanımlamak gerekmektedir. Bunun için DesignBuilder'ın arayüzündeki "Activity" sekmesinde bulunan mekânın doluluk oranı (Occupancy density) ve kullanım zaman takvimi (Schedule) seçenekleri kullanılarak gerekli veriler her mekân için ayrı ayrı tanımlanmalıdır (Şekil 49).



Şekil 49 Örnek bir mekân için DesignBuilder aracının “Activity” sekmesine tanımlanması gereken veriler.

Mekân içindeki kullanıcılar nedeniyle meydana gelen ısı kazançlarının hesaplanabilmesi için kişilerin mekân içerisindeki metabolik faaliyetlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Erkekler için 1,00, kadınlar için 0,85, çocuklar için 0,75 olarak tanımlanan metabolik değerler kişilerin mekân içerisindeki aktivite düzeyleri ile çarpılarak kullanıcıların mekân içindeki ısı kazançlarının belirlenmesini sağlar. Ardından, her mekânın kullanım saatlerini belirlemek için DesignBuilder aracına kullanım zaman takvimleri tanımlanmalıdır. Bir mekânın bir saat boyunca sürekli kullanılacağı durumlarda 1, hiç kullanılmayacağı durumlarda 0 ve kısmi kullanım durumlarda 0-1 aralığında değişen değerler kullanılır.

Bu tez çalışmasında binanın bodrum katındaki alanların kullanılmadığı ve iklimsel olarak koşullandırılmadığı varsayılmıştır. Bu nedenle, binanın enerji modelinde bu alanların doluluk oranları, aydınlatma ve ekipman güçleri 0 olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3’te bina içinde koşullanan ve koşullandırılmayan tüm mekanların alanları ve hacimleri belirtilmiştir. Çizelge 4’te ise koşullandırılan mekanlardaki doluluk oranları belirtilmiştir.

Çizelge 3 Mekânların alanları ve koşullandırılma durumları.

Mekân İsmi	Alan [m ²]	Koşullandırılma Durumu (E/H)	Hacim [m ³]
Bodrum Kat: Samanlık	55,38	Hayır	136,3
Bodrum Kat: Güney Kiler	84,13	Hayır	295,89
Bodrum Kat: Ahır	65,31	Hayır	229,7
Bodrum Kat: Kuzey Kiler	76,13	Hayır	267,79
Zemin Kat: Yan Depo	0,51	Hayır	3,13
Zemin Kat: Mutfak	28,33	Evet	150,44
Zemin Kat: Ana Depo	24,1	Hayır	127,96
Zemin Kat: Kış Salonu	44,3	Evet	235,26
Zemin Kat: Merdiven Holü	11,95	Hayır	63,46
Zemin Kat: Baharlık Salonu	30,22	Evet	160,45
Zemin Kat: Kız Yatak Odası	34,15	Evet	181,33
Zemin Kat: Güney Eyvanı	20,56	Hayır	109,16
Zemin Kat: Giriş Holü	18,34	Hayır	112,96
Zemin Kat: Ebeveyn Yatak Odası	28,58	Evet	151,78
Zemin Kat: Erkek Yatak Odası	28,45	Evet	151,06
Zemin Kat: Kuzey Eyvanı	19,41	Hayır	103,09
Toplam	569,85	-	2479,76
Koşullandırılan mekânlar	194,03	-	1030,33
Koşullandırılmayan mekânlar	375,82	-	1449,43

Çizelge 4 Mekânların doluluk oranları.

Isıl Zon	Doluluk oranı [kişi/m ²]
Yatak odaları	0,0229
Salonlar	0,0169
Mutfak	0,0237

Çizelge 5,6,7,8'de mekanların kullanım zaman takvimleri yer almaktadır.

Çizelge 5 Yatak odalarının kullanım zaman takvimleri.

Zaman Aralığı (yıl boyunca)	Doluluk Oranı
07:00	1
08:00	0,5
09:00	0,25
22:00	0
23:00	0,25
24:00	0,75

Çizelge 6 Kış salonunun kullanım zaman takvimi.

Zaman Aralığı (30 Eylül-30 Nisan)	Doluluk Oranı
06:00	0
07:00	0,25
09:00	1
10:00	0,25
18:00	0
19:00	0,5
21:00	1
22:00	0,3
24:00	0

Çizelge 7 Baharlık salonunun kullanım zaman takvimleri.

Zaman Aralığı (30 Nisan-30 Eylül)	Doluluk Oranı
06:00	0
07:00	0,25
09:00	1
10:00	0,25
18:00	0
19:00	0,5
21:00	1
22:00	0,3
24:00	0

Çizelge 8 Mutfağın kullanım zaman takvimleri.

Zaman Aralığı (yıl boyunca)	Doluluk Oranı
07:00	0
10:00	1
19:00	0
23:00	0,2
24:00	0

Her ısıtma zonunun ısıtma ve soğutma ihtiyacının belirlenebilmesi için ısıtma zonlarının ısıtma ve soğutma set sıcaklıklarının da belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 49’da görüldüğü gibi ısıtma zonlarının set sıcaklıkları "Heating/Cooling Setpoint Temperatures" seçenekleri aracılığıyla DesignBuilder aracına tanımlanır. Bu sıcaklıklar Türkiye’nin yapı standardı olan "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardından alınmıştır (TS 825, 2008). Koşullandırılan tüm mekanlar için, ısıtma set sıcaklığı 19°C ve soğutma set sıcaklığı 26°C olarak belirlenmiştir. Isıtma zonlarının doğal havalandırma stratejisi ise odaların set sıcaklıklarının 24°C’yi aştığı zamanlarda pencerelerin açıldığı varsayımına dayanarak oluşturulmuştur. Doğal havalandırma için gerekli veri girişleri "Ventilation Setpoint Temperatures" seçeneğinden yapılmaktadır (Şekil 48). Böylece her bir mekânı gerek doluluk oranı gerek aktivite düzeyi gerekse oda set sıcaklıkları üzerinden DesignBuilder aracına tanımlayarak farklı işlevlere sahip mekanlar birer ısıtma zonları olarak tanımlanmıştır.

b. Binanın kabuk malzemelerinin belirlenmesi

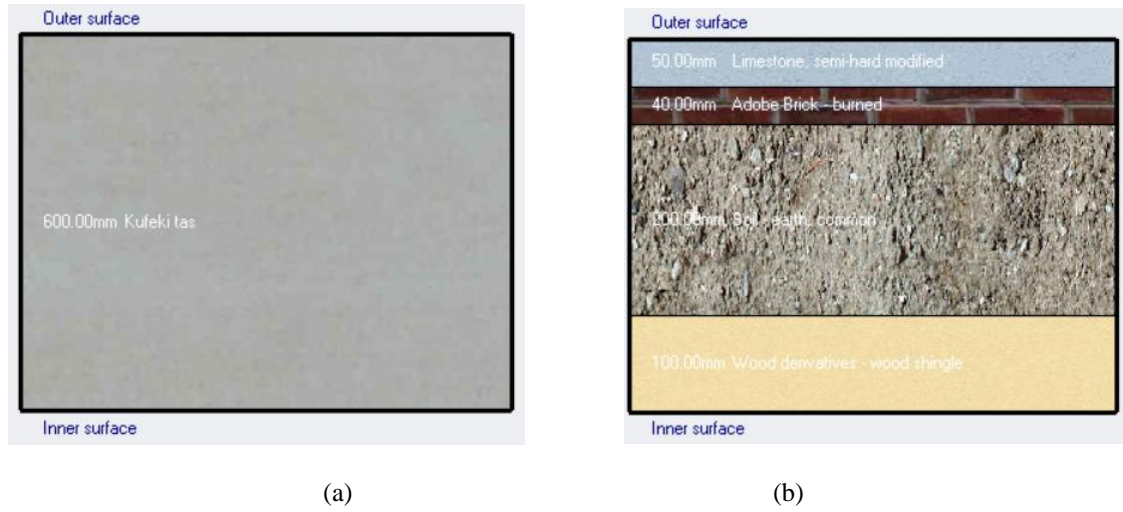
Binanın kabuk malzemeleri, literatür taramasında Hacıbanlar Evi ile ilgili ulaşılan veriler dahilinde belirlenmiştir. Buna göre dış duvar kalınlıkları 60cm, iç duvar kalınlıkları ise 50cm olarak belirlenerek duvar malzemesi "Küfeki Taşı" olarak seçilmiştir. Döşemeler ve çatılar ise en dış katmandan başlanarak 5cm kalınlığında "Nahit Taşı" kaplaması, 4cm kalınlığında "Çorak", 20cm sıkıştırılmış toprak ve son olarak 10cm kalınlığında çalı tabakasından oluşturulmuştur.

Pencereler ahşap çerçeveli olup pencere camları 3mm kalınlığında berrak camdır. Binanın tüm pencere camları çift cam olup camların arasında 6mm’lik hava boşluğu bulunmaktadır. Binanın tüm kapıları ahşap malzemedendir olup 9cm kalınlığındadır. Binanın tüm malzemelerinin optik ve termo-fiziksel özellikleri DesignBuilder aracının arayüzündeki "Construction" sekmesinde tanımlanmıştır. Bina kabuğunun termo-fiziksel

özellikleri Çizelge 9’da gösterilmektedir. Binanın dış duvar ve çatı kesiti Şekil 50’de belirtilmiştir.

Çizelge 9 Bina kabuğuna ait bileşenlerin termo-fiziksel özellikleri.

Yapı bileşeni	U-değeri [W/m ² K]	Güneş Isı Kazanç Katsayısı [SHGC]	Görünür Geçirgenlik Katsayısı [T-vis]
Dış duvar	0,810	-	-
İç duvar	0,872	-	-
Çatı	0,815	-	-
Pencere camı	2,233	0,645	0,708
Pencere çerçevesi	1,692	-	-
Kapı	1,554	-	-



Şekil 50 (a) Dış duvar ve (b) çatı kesiti.

c. Banının aydınlatma sistemlerinin seçimi

Binanın tüm aydınlatma sistemleri LED aydınlatma sistemi olarak seçilmiş olup tüm ısıl zonların aydınlatma güç yoğunluğu ve aydınlatma toplam güçleri Çizelge 10’da yer almaktadır.

Çizelge 10 İç mekânların aydınlatma yükleri.

Isıl Zon	Aydınlatma Güç Yoğunluğu [W/m ²]	Toplam Güç [W]
Mutfak	7,5000	212,48
Kış salonu	3,7500	166,14
Baharlık salonu	3,7500	113,31
Kız yatak odası	2,5000	85,37
Ebeveyn yatak odası	2,5000	71,46
Erkek yatak odası	2,5000	71,12

d. Bina çevresinin bina enerji modeline entegrasyonu

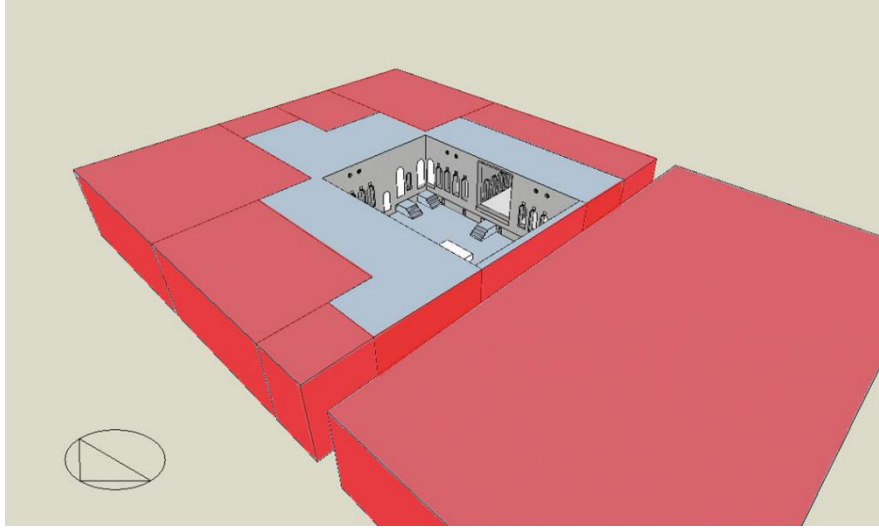
Hacıbanlar Evi'nin çevresindeki yapıların Hacıbanlar Evi üzerindeki ısı etkilerini anlayabilmek için binanın enerji modeline entegre edilmesi gerekmektedir. Böylece çevredeki binaların Hacıbanlar Evi'nin bina kabuğunda meydana getirdiği ısı transferi ve sıcaklık değişimlerinin ve ayrıca çevresindeki hava akımlarının binanın enerji performansına etkilerinin analiz edilmesi mümkün olacaktır.

Şekil 51'de Hacıbanlar Evi ve çevresindeki yapıların harita üzerinden kuşbakışı görünüşleri yer almaktadır.



Şekil 51 Hacıbanlar Evi'nin harita üzerinden kuşbakışı görüntüsü (Apple Maps, 2023).

Bu yapılar Şekil 51'de görüldüğü üzere bina ile bitişik nizamlı ve dar sokaklarla binadan ayrılarak binanın yakın çevresinde yer almaktadır. Binanın enerji modelinde bina ile bitişik nizamlı olan yapılar DesignBuilder aracında adyabatik yüzeyler olarak tanımlanmıştır. Bu şekilde binanın bitişik nizamlı olduğu yapılarla arasında ısı transferi gerçekleşmiyor olduğu varsayılmıştır. Şekil 52'de Hacıbanlar Evi'nin yakın çevresinde bulunan binaların binanın enerji modeline entegre edilmiş model görüntüsü verilmiştir.



Şekil 52 Hacibanlar Evi ve yakın çevresinde bulunan yapıların model görüntüsü.

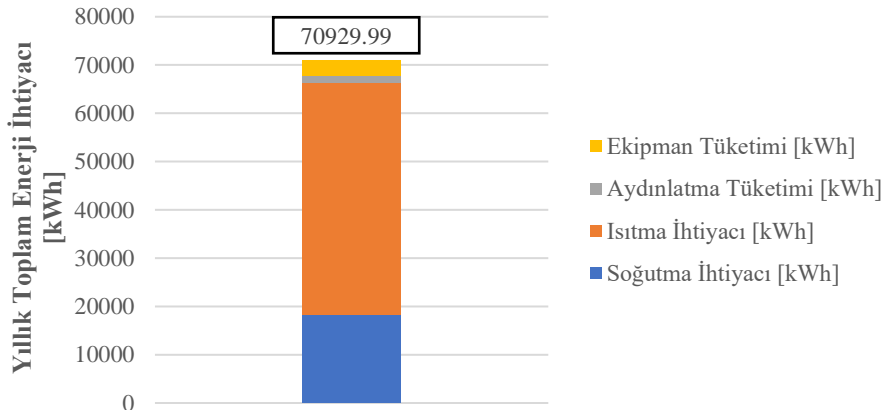
e. Hacibanlar Evi'nin enerji performansı simülasyonu sonuçları

Yukarıda verilen bilgiler ışığında, örnek bina olarak seçilen Hacibanlar Evi'nin enerji modeli tamamlanmış ve Çizelge 11 ve 12'de binanın enerji performans simülasyonu sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 11 Binanın yıllık toplam elektrik enerjisi tüketimi, ısıtma ve soğutma ihtiyacı.

	Elektrik [kWh/y]	Soğutma İhtiyacı [kWh/y]	Isıtma İhtiyacı [kWh/y]
Isıtma	-	-	48057,16
Soğutma	-	18101,77	-
Aydınlatma Tüketimi	1675,08	-	-
Ekipmanlar Tüketimi	3095,98	-	-
Toplam	4771,06	18101,77	48057,16
		Genel Toplam	70929,99 kWh/y

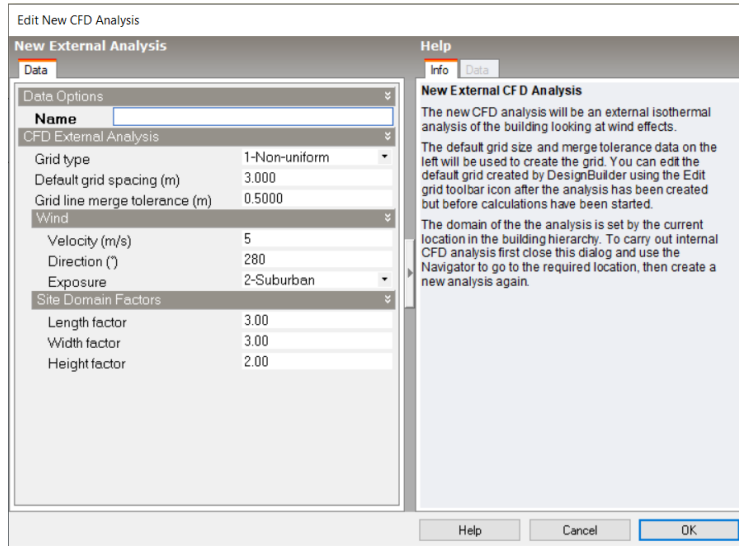
Çizelge 12 Binanın yıllık toplam enerji ihtiyacı.



Simülasyon sonuçlarına bakıldığında, Hacıbanlar Evi'ndeki yıllık ısıtma ihtiyacının soğutma ihtiyacından daha fazla olduğu görülmektedir. Isıtmaya harcanan enerjinin daha yüksek olmasının, binanın sıcak-kuru iklim bölgesinde bulunmasına rağmen bölgenin uzun süren kış döneminin bir sonucu olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca örnek bina bir konut binası olup iç ısı kazançları binanın yıllık ısıtma ihtiyacını azaltacak kadar yüksek değildir. Bu durum, Çizelge 12'ye bakıldığında bina içindeki aydınlatmaların ve ekipmanların elektrik enerjisinin yıllık tüketim miktarının konut dışı binalara kıyasla daha düşük olmasının ve buna bağlı olarak bu cihazlardan meydana gelen ısı kazançların düşük olmasının bir neticesidir.

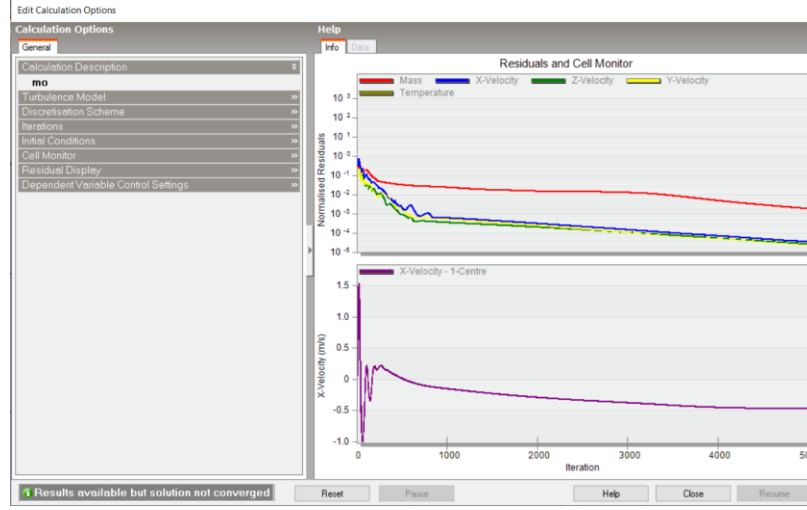
Binanın enerji performans simülasyon sonuçlarının analizi sonrasında, Şekil 29 ve 30'daki rüzgâr verileri dikkate alınarak, Hacıbanlar Evi'nin güney eyvanı içindeki hava hareketinin analizi yapılmıştır.

DesignBuilder aracı kullanılarak binanın dış çevresindeki ve içindeki havanın akış analizleri için CFD simülasyonları yapılabilmektedir. Bu çalışmada öncelikle binanın avlusu içindeki hava akımının analizi için DesignBuilder'in CFD modülü kullanılarak dış (external) CFD simülasyonu yapılmıştır. Binanın dış CFD simülasyonunun yapılabilmesi için DesignBuilder aracının arayüzüne işlenmesi gereken rüzgâr ve grid verileri Şekil 53'te yer almaktadır.

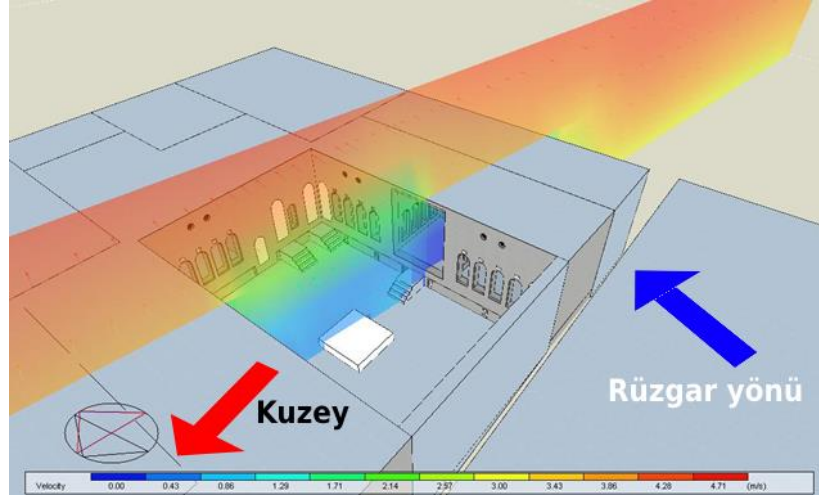


Şekil 53 Rüzgâr ve grid verileri.

Şekil 54'te Hacıbanlar Evi'nin avlusu etrafındaki hava akımının CFD simülasyonuna ait iterasyon çıktıları görülmektedir. Şekil 55'te ise yapılan simülasyonun CFD sonucu yer almaktadır.



Şekil 54 CFD simülasyonuna ait iterasyon çıktıları.

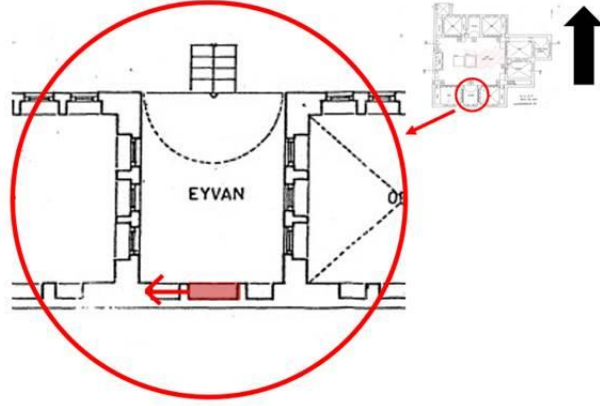


Şekil 55 Hacıbanlar Evi'nin avlusu etrafındaki hava akımının CFD sonuçları.

CFD sonucuna göre, Hacıbanlar Evi'nin güney kısmında bulunan eyvanın hâkim rüzgâr yönüne dik olarak yönlendirilmiş olması ve eyvanın diğer cephelerden kapalı olması nedeniyle eyvan içinde havanın neredeyse durgun olduğu görülmektedir. Bu durum, güney eyvanının içindeki hava akımının eyvanın kullanım süresi boyunca (bahar ayları) çok düşük hızda hareket ettiği anlamına gelir. Bu durumun, içerideki kullanıcıların havanın serinletici etkisinden faydalanmalarına engel olabileceği düşünülmüştür.

5. Rüzgâr bacasının tasarım faktörlerinin belirlenmesi

Bu araştırma kapsamında Şanlıurfa bölgesindeki geleneksel konut binaları incelenmiş ve rüzgâr bacası sisteminin entegre edilmiş olduğu geleneksel konutların rüzgâr bacası formu, yapı malzemesi, rüzgâr bacası üzerinde bulunan rüzgâr açıklığının boyutları ve yönü gibi parametreler bu tez çalışmasında tasarımı yapılacak rüzgâr bacası için örnek alınmıştır. Ayrıca bölgedeki rüzgâr bacası olan geleneksel konutlara bakılarak rüzgâr bacasının Hacıbanlar Evi'nin kuzeye bakan güney eyvanının çatısına entegre edilmesine ve bu rüzgâr bacası üzerindeki rüzgâr açıklığının batıya yönlendirilmesine karar verilmiştir. Bu bilgiler ışığında binaya entegre edilmesi uygun görülen rüzgâr bacası sisteminin konumu ve yönü Hacıbanlar Evi'nin planı üzerinde aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 56 Öngörülen rüzgâr bacası sisteminin Hacıbanlar Evi'nin planı üzerindeki konumu ve yönü.

Bu tez araştırmasında rüzgâr bacası tasarımında rol oynayacak 7 ana faktör ele alınmıştır. Bunlar:

- Rüzgâr bacasının güney eyvanındaki konumu
- Rüzgâr bacasının kullanım zaman takvimleri
- Rüzgâr bacasının taban alanı
- Rüzgâr bacasının kabin yüksekliği
- Rüzgâr bacasının kabin malzemelerinin seçimi
- Rüzgâr bacasının açıklık sayısının belirlenmesi
- Rüzgâr bacası içinde su ögesi kullanımı

a. Rüzgâr bacasının güney eyvanındaki konumu

Şanlıurfa'da rüzgâr bacası olan geleneksel binaların incelenmesi sonucunda, bu sistemlerin binaların güney eyvanındaki nişler üzerine yerleştirilmiş olduğu görülmüştür. Bu strateji sayesinde nişler aracılığıyla eyvana yüksek hızda hava akımı sağlandığı düşünülmektedir. Bu nedenle, Hacıbanlar Evi'ne entegre edilecek rüzgâr bacası sisteminin güney eyvanının çatısı üzerine yerleştirilmesi uygun bulunmuştur. Bu strateji ile eyvan içindeki ısınan hava rüzgâr bacası sisteminin oluşturduğu negatif basınç etkisiyle niş içine çekilecektir. Bu sayede eyvan girişi ile rüzgâr bacası açıklığı arasında sürekli bir hava sirkülasyonu meydana getirilerek hava akımının hızının arttırıldığı hedeflenmektedir.

b. Rüzgâr bacasının kullanım zaman takvimleri

Rüzgâr bacasının kullanılacağı zaman dilimlerinin belirlenmesi oldukça önemlidir; çünkü rüzgâr bacası sisteminin Şanlıurfa'daki dış hava sıcaklığının çok yüksek olduğu zamanlarda kullanılması iç mekânlarda ısı kayıplara neden olabilir. Bu durum binanın enerji performansını ve kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkileyebilir. Rüzgâr bacası kullanımının uygun olmayacağı düşünülen zaman dilimlerine kış ayları örnek verilebilir. Kış ayları Şanlıurfa'da oldukça uzun ve soğuk geçmektedir. Özellikle, Ocak ayında sıcaklığın -1°C 'ye kadar düştüğü bilinmektedir. Bu ayda, rüzgâr bacasının kullanılması kış rüzgârlarının eyvan içine alınmasına ve bu durum binanın ısıtma ihtiyacının artmasına sebep olabilir.

Literatür taraması sonucunda, Şanlıurfa'daki rüzgâr bacası sistemlerine ait yapı malzemelerinin genel olarak kerpiç ve tuğla gibi yerel malzemelerden seçildiği görülmüştür (Şekil 24). Bu sistemlerin, yaklaşık 1 metre yüksekliğinde ve 50 x 50cm taban alanına sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 43). Bu adımdaki örnek binaya entegre edilen ilk rüzgâr bacası senaryosunda bölgedeki geleneksel binalara ait rüzgâr bacası sistemlerinin boyutları ve yapı malzemeleri dikkate alınmış olup bu sistem Hacıbanlar Evi'nin güney eyvanının çatısı üzerine entegre edilmiştir. Bu sistemin yıl boyunca en uygun kullanım zaman aralığını belirlemek için üç farklı senaryo simüle edilmiştir. Bu senaryolar:

i. Birinci senaryo: rüzgâr bacasının yıl boyunca sürekli kullanılması

İlk senaryoda, Hacıbanlar Evi'ne entegre edilen rüzgâr bacası sistemi, geleneksel rüzgâr bacası sistemleri gibi, yıl boyunca kullanılmaktadır.

ii. İkinci senaryo: rüzgâr bacasının yaz ayları boyunca kullanılması

İkinci senaryoda, rüzgâr bacası sistemi sadece yaz ayları boyunca kullanılmaktadır. Bu senaryoda rüzgâr bacasının 15 Nisan ile 25 Ağustos aralığında kullanıldığı öngörülmüştür.

iii. Üçüncü senaryo: rüzgâr bacasının dış hava sıcaklığına göre kullanılması

Üçüncü senaryoda rüzgâr bacası, dış hava sıcaklığının uygun olduğu zaman dilimlerinde kullanılmıştır. İlk olarak, dış hava sıcaklığının 19°C'nin altında olduğu 1 Ocak ile 15 Nisan aralığında rüzgâr bacasının kullanılmadığı öngörülmüştür. Ardından, gecelerin hala soğuk olduğu; ancak gündüzleri dış hava sıcaklığının 19°C'nin üzerinde olduğu 17 Nisan ile 1 Mayıs zaman aralığında rüzgâr bacasının sadece 05:00 ile 20:00 saatleri arasında kullanıldığı öngörülmüştür. 2 Mayıs ile 1 Haziran zaman aralığında ise dış hava sıcaklığının 19-26°C aralığında değiştiği zamanlarda rüzgâr bacasının sürekli kullanıldığı öngörülmüştür.

2 Haziran ile 9 Temmuz arasındaki günler, Şanlıurfa'da gündüzlerin daha sıcak olmaya başladığı ve gecelerin hala soğuk olduğu günlerdir. Bu günlerde rüzgâr bacası sistemi 20:00 ile 05:00 saatleri arasında kullanılmaktadır. Yaz döneminde dış hava sıcaklığının 40°Cyi aştığı zamanlarda (10 Temmuz ile 5 Ekim arası) rüzgâr bacası hiç kullanılmamıştır. Gece sıcaklığının daha uygun olduğu 6-22 Ekim arasındaki günlerde rüzgâr bacası sadece gece boyunca kullanılmaktadır.

Bölgede gün boyunca dış hava sıcaklığının rüzgâr bacası kullanımı için uygun olduğu bir diğer zaman dilimi ise 23 Ekim ile 8 Kasım arasındaki günlerdir. Bu günlerde rüzgâr bacası gün boyunca kullanılmıştır. Bu tarihlerden sonra, gecelerin yavaş yavaş soğumaya başladığı 9 ile 29 Kasım arasındaki günlerde rüzgâr bacası sadece gündüzleri kullanılmıştır. Son olarak, dış havanın gün boyunca aşırı soğuk olduğu 30 Kasım'dan yılın sonuna kadar olan tüm günlerde rüzgâr bacası hiç kullanılmamıştır. Bu senaryo Çizelge 13'te açıklanmıştır.

Çizelge 13 Rüzgâr bacasının dış hava sıcaklığına göre kullanıldığı zaman aralıkları.

Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Gece	Gündüz
1 Ocak	15 Nisan	Kapalı	Kapalı
17 Nisan	1 Mayıs	Kapalı	Açık
2 Mayıs	1 Haziran	Açık	Açık
2 Haziran	9 Temmuz	Açık	Kapalı
10 Temmuz	5 Ekim	Kapalı	Kapalı
6 Ekim	22 Ekim	Açık	Kapalı
23 Ekim	8 Kasım	Açık	Açık
9 Kasım	29 Kasım	Kapalı	Açık
30 Kasım	31 Aralık	Kapalı	Kapalı

Bu senaryolar DesignBuilder aracı kullanılarak simüle edildiğinde, ikinci senaryonun diğer senaryolara göre binanın enerji performansını pozitif yönde etkilediği görülmüştür. Bu senaryoların simülasyon sonuçları Çizelge 14, 15,16 ve 17’de yer almaktadır.

Çizelge 14 Birinci senaryoya göre binanın toplam yıllık enerji ihtiyacı.

	Elektrik [kWh/y]	Soğutma İhtiyacı [kWh/y]	Isıtma İhtiyacı [kWh/y]
Isıtma	-	-	48169,92
Soğutma	-	18132,06	-
Aydınlatma Tüketimi	1675,08	-	-
Ekipmanlar Tüketimi	3095,98	-	-
Toplam	4771,06	18132,06	48169,92
Genel Toplam: 71073,04 kWh/y			

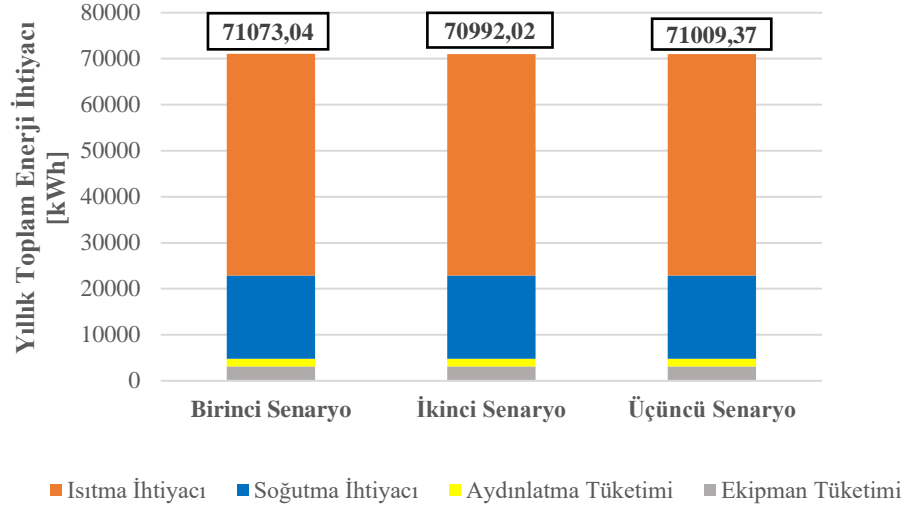
Çizelge 15 İkinci senaryoya göre binanın toplam yıllık enerji ihtiyacı.

	Elektrik [kWh/y]	Soğutma İhtiyacı [kWh/y]	Isıtma İhtiyacı [kWh/y]
Isıtma	-	-	48101,12
Soğutma	-	18119,84	-
Aydınlatma Tüketimi	1675,08	-	-
Ekipmanlar Tüketimi	3095,98	-	-
Toplam	4771,06	18119,84	48101,12
Genel Toplam: 70992,02 kWh/y			

Çizelge 16 Üçüncü senaryoya göre binanın toplam yıllık enerji ihtiyacı.

	Elektrik [kWh/y]	Soğutma İhtiyacı [kWh/y]	Isıtma İhtiyacı [kWh/y]
Isıtma	-	-	48143,21
Soğutma	-	18095,10	-
Aydınlatma Tüketimi	1675,08	-	-
Ekipmanlar Tüketimi	3095,98	-	-
Toplam	4771,06	18095,10	48143,21
Genel Toplam: 71009,37 kWh/y			

Çizelge 17 Kullanım senaryolarının binanın yıllık enerji ihtiyacına etkilerinin karşılaştırılması.



Bu sonuçlara bakıldığında, aydınlatma ve ekipman yüklerinin sabit kaldığı; ancak binanın yıllık soğutma ve ısıtma ihtiyaçlarının senaryodan senaryoya farklılık gösterdiği görülmektedir. Çünkü rüzgâr bacasının binanın aydınlatma ve ekipman yüklerine bir etkisi olmamaktadır; bundan nedenle sonraki senaryolarda yapılacak karşılaştırmalar sadece soğutma ve ısıtma ihtiyaçları arasında olacaktır.

İlk senaryoda rüzgâr bacasının sürekli açık kalması enerji verimliliği üzerinde en olumsuz etkiyi yaratmaktadır. Diğer iki senaryo arasında yapılan karşılaştırmada, ikinci senaryonun üçüncü senaryodan daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. İkinci senaryoda rüzgâr bacası sisteminin gün boyunca kullanılması, 20 Temmuz saat 07:00-08:00 aralığında; eyvan içerisindeki hava akım hızının artmasına neden olmuştur. Hızın artması eyvanın yanındaki odaların duvarları (baharlık salonu ve kız yatak odası) ile hava arasındaki ısı transfer miktarının artmasına neden olmuştur. Bu sayede odaların hava sıcaklıkları iki saat boyunca 26°C'nin altında kalarak binanın enerji performansına pozitif etkide bulunmuştur (Çizelge 18). Üçüncü senaryoda rüzgâr bacası aynı saatlerde kullanılmadığı için benzer bir durum gerçekleşmemiş (Çizelge 19) ve rüzgâr bacası odaların soğutulmasında etkili olmamıştır.

Çizelge 18 İkinci senaryonun güney eyvanı ve yanındaki odaların sıcaklıklarına etkisi (20 Temmuz saat 07:00-08:00 aralığı).

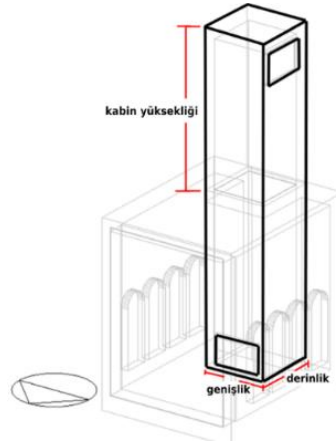
Dış hava sıcaklığı [°C]	Baharlık Salonun Sıcaklığı [°C]	Güney Eyvanın Sıcaklığı [°C]	Kız Yatak Odasının Sıcaklığı [°C]
24,375	25,85	25,24	25,81
25,225	25,82	26,08	25,68

Çizelge 19 Üçüncü senaryonun güney eyvanı ve yanındaki odaların sıcaklıklarına etkisi (20 Temmuz saat 07:00-08:00 aralığı).

Dış hava sıcaklığı [°C]	Baharlık Salonun Sıcaklığı [°C]	Güney Eyvanın Sıcaklığı [°C]	Kız Yatak Odasının Sıcaklığı [°C]
24,375	26,00	25,24	26,00
25,225	26,00	25,99	26,00

c. Rüzgâr bacasının taban alanı

Rüzgâr bacasının taban alanı güney eyvanın çatı alanına etki edeceği ve bu alan büyüdükçe güney eyvanın çatı alanını daraltacağı için rüzgâr bacasının taban alanı sınırlı boyutlarda tutulmaya çalışılmıştır. Şanlıurfa bölgesinde rüzgâr bacası sistemine sahip geleneksel binalardan yola çıkılarak rüzgâr bacası malzemelerinin kerpiç kaplı tuğladan seçildiği gözlemlenmiştir. Bu tez çalışmasında da farklı taban alanına sahip rüzgâr bacası sistemlerinin senaryosu oluştururken yapı malzemeleri kerpiç kaplı tuğla seçilmiş olup rüzgâr bacası yüksekliği (kabin yüksekliği) 5m olarak seçilmiştir. Rüzgâr bacasının taban alanı (derinlik x genişlik) için oluşturulan senaryolar sırasıyla 1,75 x 1,75m, 1,50 x 1,50m, 1,25 x 1,25m ve 1,00 x 1,00m olarak belirlenmiştir. Ardından bu senaryoların binanın enerji performansı üzerindeki etkileri simüle edilmiş ve elde edilen simülasyon sonuçlarına Çizelge 20’de yer verilmiştir.

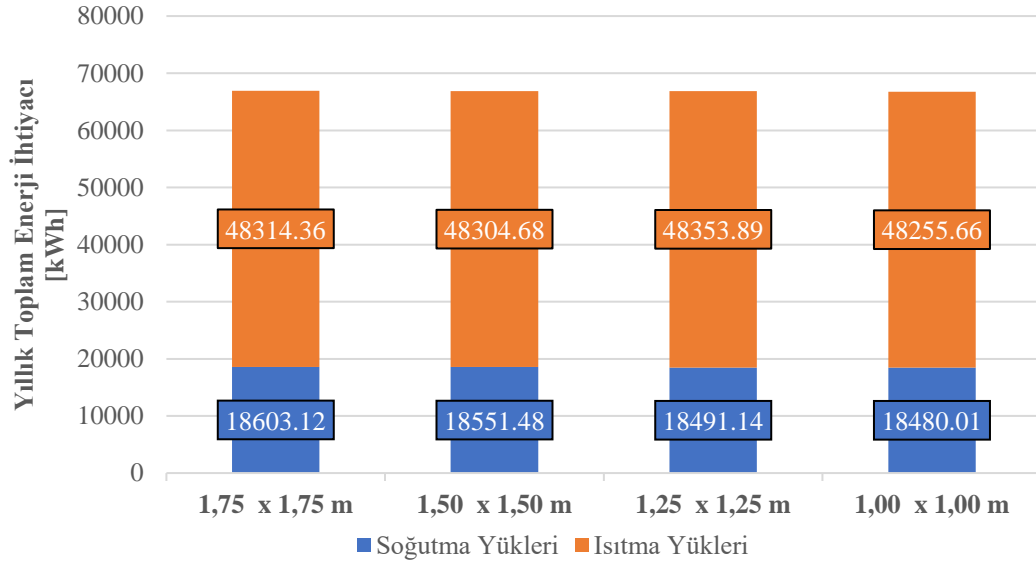


Şekil 57 Rüzgâr bacasının boyutsal faktörleri (kabin yüksekliği, genişlik ve derinlik).

Çizelge 20 Taban alanının değiştirmenin binanın enerji performansına etkileri.

Taban Alanı Ölçüleri [m]	Yıllık Soğutma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Isıtma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Toplam Enerji İhtiyacı [kWh/y]
1,75 x 1,75m	18603,12	48314,36	71688,54
1,50 x 1,50m	18551,48	48304,68	71627,22
1,25 x 1,25m	18491,14	48353,89	71616,09
1,00 x 1,00m	18480,01	48255,66	71506,74

Çizelge 21 Farklı taban alanlarının binanın yıllık enerji ihtiyacına etkilerinin karşılaştırılması.



Bu çalışmada binaya eklenen rüzgâr bacası sisteminin binanın enerji performansına etkilerinin yanı sıra, güney eyvanı içindeki hava akımının hızına ve sıcaklığına etkileri de araştırılmıştır. Bunun için DesignBuilder'ın CFD modülü kullanılarak eyvan içindeki hava akımının analizi için iç (internal) CFD simülasyonu yapılmıştır.

Bunun öncesinde, eyvan içindeki akışkanın (hava) hacimsel debisinin hesaplanması gerekmektedir. Bunun için aşağıdaki eşitlikten faydalanmıştır.

$$Q = A \times V \quad (1)$$

Q : Akışkanın hacimsel debisi [m^3/s]

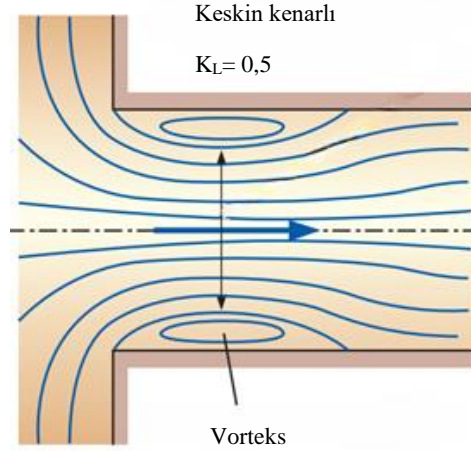
V : Akışkanın hızı [m/s]

A : Alan [m^2]

Eyvan içinden geçen havanın debisinin hesaplanabilmesi için rüzgâr bacası açıklığının alanı ve rüzgârın hızı gereklidir. Şanlıurfa bölgesindeki ortalama rüzgâr hızı "Climate Consultant" programından alınan verilere göre 4m/s'dir. 1,75 x 1,75m taban alanına sahip rüzgâr bacasının açıklığının boyutları ise 1,55 x 1,00m olarak tasarlanmıştır. Buna göre; rüzgâr bacası içindeki havanın hacimsel debisi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

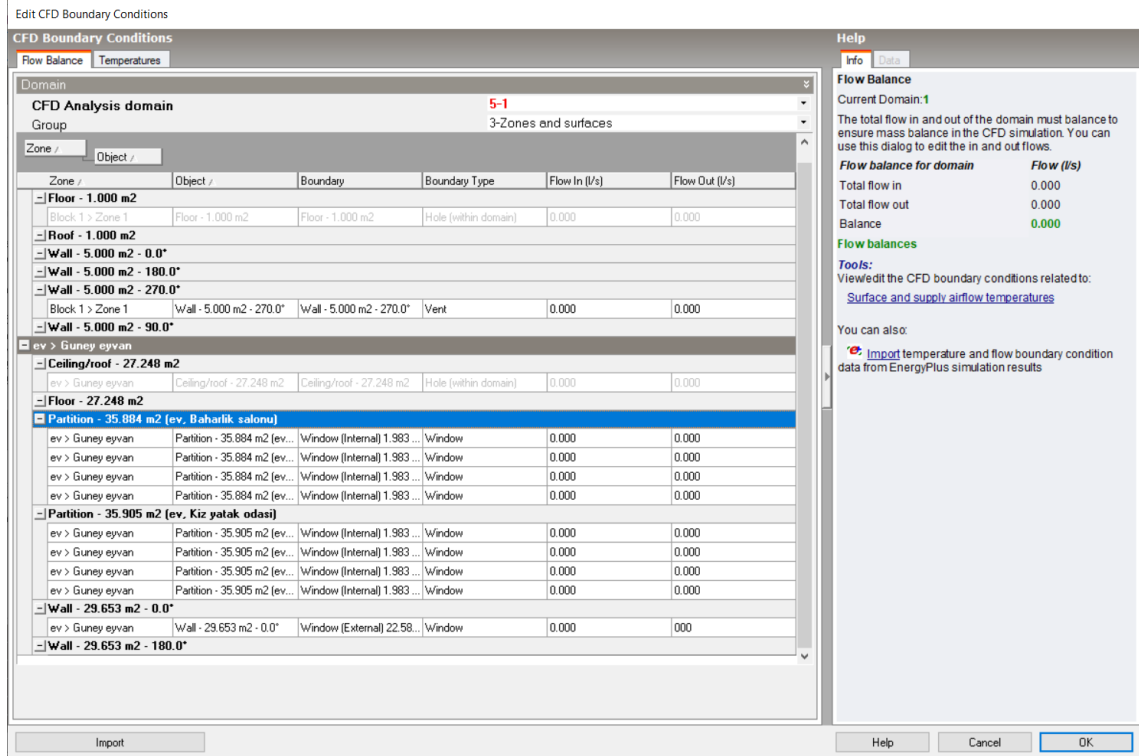
$$Q = (1,55 \times 1,00) \times 4 = 6,2 \text{ m}^3/\text{s} \quad (2)$$

Şekil 57'de görüldüğü üzere, rüzgâr baca içine girdiğinde ani bir daralmaya maruz kalmaktadır. Bu ani daralma neticesinde Şekil 58'de görüldüğü gibi rüzgâr bacasının çeperlerinde hava akımına engel olan vorteksler meydana gelecektir. Dolayısıyla rüzgâr bacasından geçen havanın hacimsel debisi azalacağı için debinin yeniden hesap edilmesi gerekmektedir. Bu hesaplama için boru içinde meydana gelen kayıpların belirlenmesi ve dolayısıyla KL kayıp katsayısının belirlenmesi gerekmektedir. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi kayıp katsayısı keskin kenarlı girişte 0,5 olarak alınır. Dolayısıyla rüzgâr bacası içerisindeki debi yarı yarıya düşerek 3,1 m³/s olarak hesaplanır.



Şekil 58 Keskin kenarlı girişler için kayıp katsayısı (Çengel vd, 2012).

Rüzgâr bacası içinden geçen havanın hacimsel debisi hesaplandıktan sonra akışın CFD simülasyonunun yapılabilmesi için bulunan hacimsel debi değerini DesignBuilder'da tanımlanması gerekmektedir. Debinin değeri, aracın "Tools" sekmesinde yer alan "CFD Boundary Conditions" ekranı içindeki ilgili alana tanımlanmalıdır (Şekil 59).

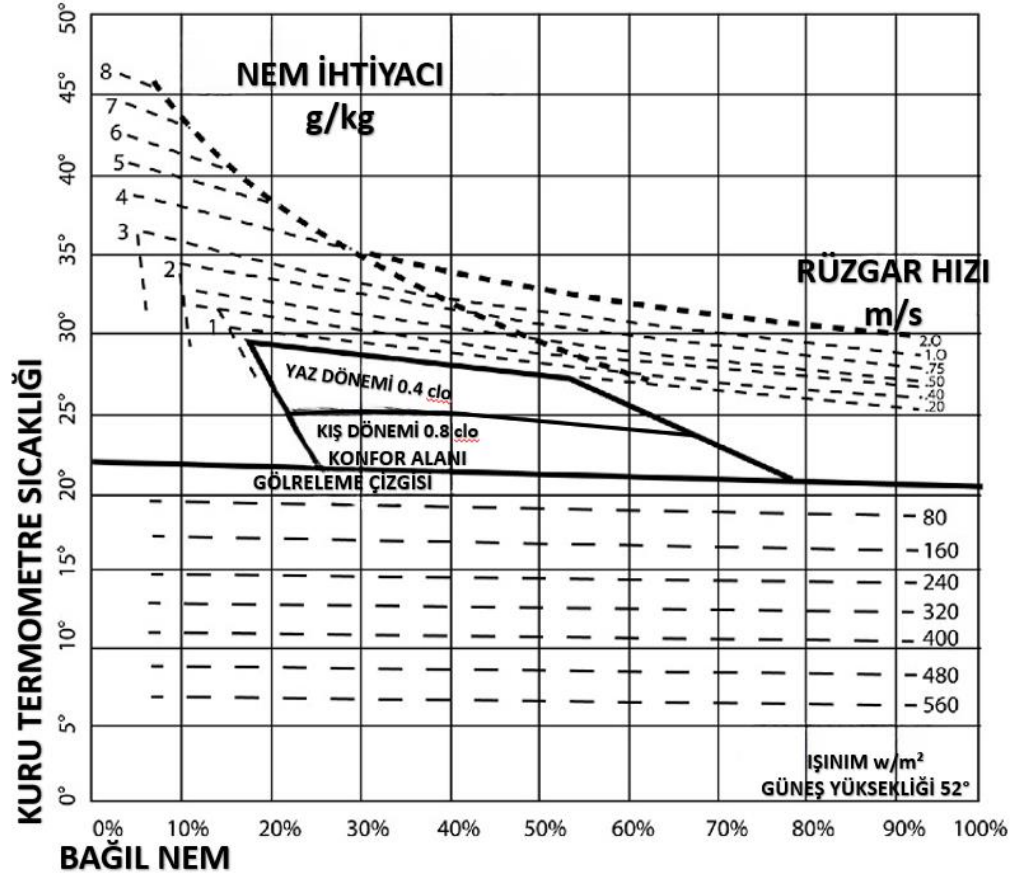


Şekil 59 "Tools" sekmesinde yer alan "CFD boundary conditions" ekranı.

Çizelge 20 ve 21'e bakıldığında, taban alanı üzerine kurulan senaryoların bina enerji verimliliğine olumlu bir etkisi olmadığı görülmektedir. Ayrıca rüzgâr bacası eklendikten sonra eyvan içindeki sıcaklığın yükseldiği fark edilmiştir. 2 Haziran günü 22:00 - 23:00 saat aralığında güney eyvanının hava sıcaklığına bakıldığında (Çizelge 22), rüzgâr bacasının taban alanı küçüldükçe niş içine alınan hava miktarı da azaldığı için en küçük taban alanına sahip senaryonun (1,00 x 1,00m) en iyi performans sonucunu verdiği görülmektedir.

Çizelge 22 Farklı taban alanına sahip senaryoların eyvan içindeki hava sıcaklığına etkisi.

Taban Alanı Ölçüleri [m]	Güney Eyvanın Hava Sıcaklığı [°C]
1,75 x 1,75m	26,08
1,50 x 1,50m	26,05
1,25 x 1,25m	25,98
1,00 x 1,00m	25,95

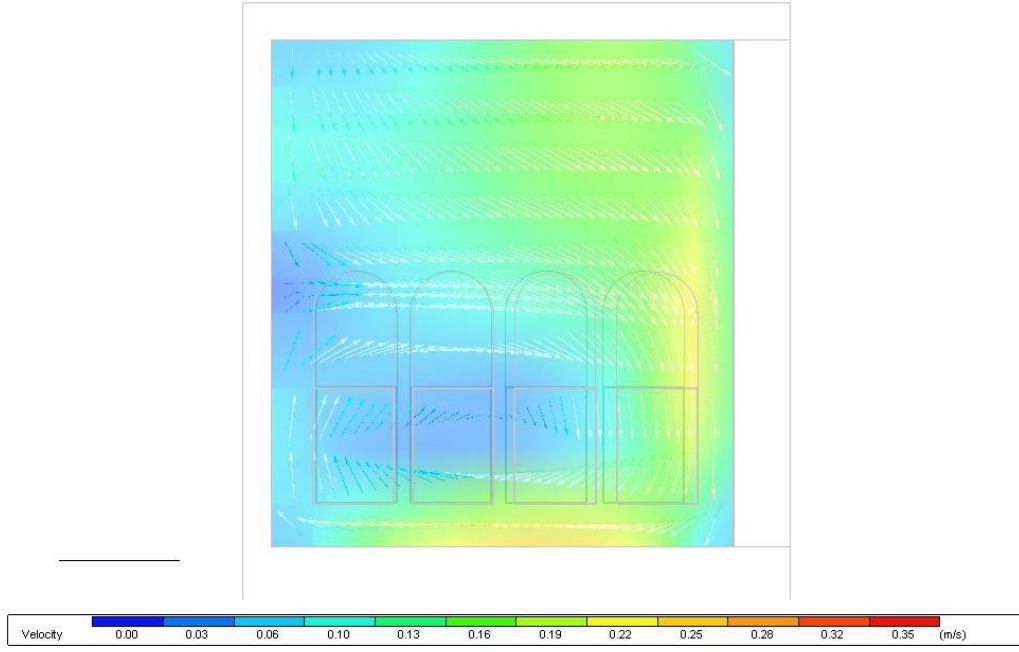


Şekil 60 Biyoklimatik konfor grafiği.

Yapılı bir çevrede kullanıcıların ısı konforu sadece kuru termometre sıcaklığına göre değil, aynı zamanda bağıl nem, ortalama ışınlama sıcaklığı, hava hareketinin hızı, aktivite düzeyi ve giysi türüne göre de değişmektedir. Yukarıdaki şekilde verilen biyoklimatik konfor grafiğine göre kullanıcıların konforu kuru termometre sıcaklığı, bağıl nem ve hava hızına bağlı olarak değişmektedir. Bu grafiğe göre, yaz aylarında kullanıcıların ısı konforunun korunması için mekân içindeki hava hızının 0,2-0,75 m/s aralığında olması gerektiği görülmektedir.

Şekil 61’de Hacıbanlar Evi’nin güney eyvanındaki hava hareketini gösteren CFD simülasyon sonucu yer almaktadır. Bu binada yer alan güney eyvanı güneş ışınlamından korunmak için kuzeye yönlendirilmiş olup batıdan esen hâkim rüzgârdan faydalanamamaktadır. Bu nedenle, eyvan içinde hava akımının hızının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Güney eyvanının girişine yakın kısımlarında hava akımının hızı yaklaşık 0,22m/s’ye kadar yükselmesine rağmen, eyvanın iç kısımlarında havanın

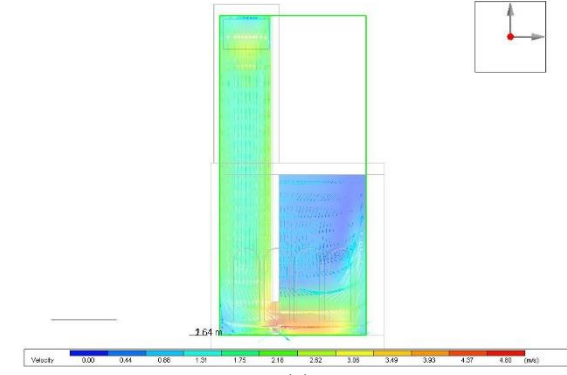
neredeyse durgun olduğu gör÷lmektedir. Bu durumun, içerideki kullanıccılarının havanın serinletici etkisinden faydalanmalarına engel oluşturduğu anlaşılmaktadır.



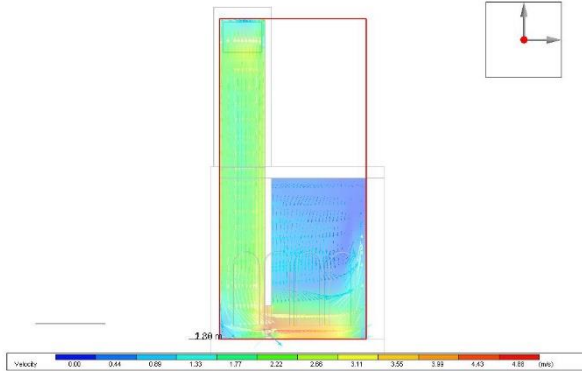
şekil 61 Hacibanlar Evi'nin g÷ney eyvanındaki hava akımının hızını gösteren CFD sim÷lasyon sonucu.

R÷zg÷r bacasının taban alanının değişiminin eyvandaki hava hızına etkisini gösteren CFD sim÷lasyon sonuçları şekil 62'de gösterilmektedir. Bu sonuçlara bakıldığında, bacasının taban alanının k÷÷lmesiyle baca içindeki hava akış hızının arttığı ve bunun sonucunda eyvan içindeki hava akış hızının da arttığı gözlenmektedir.

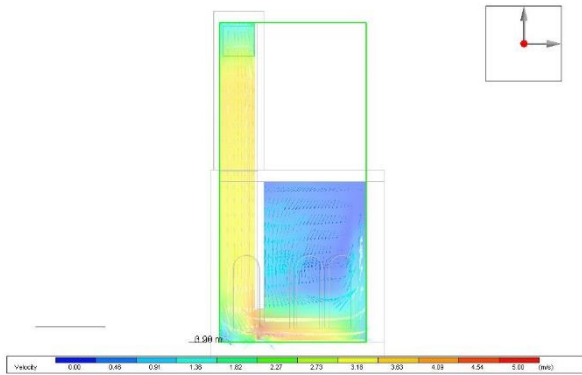
Biyoklimatik konfor grafiğinde verilen r÷zg÷r hızları ile eyvana r÷zg÷r bacası eklendikten sonra eyvan içinde meydana gelen hava hızları karşılaştırıldığında, eyvan içindeki havanın hızının kullanıcıların konfor alanının dışına çıkacak hızlara ulaştığı gör÷lmektedir. Bu durumda, en k÷÷k taban alanına sahip senaryonun (1,00 x 1,00m) r÷zg÷r hızı açısından en k÷t÷; ancak binanın enerji performansına etkisi y÷nünden en iyi performansı sergilediği gözlemlenmektedir.



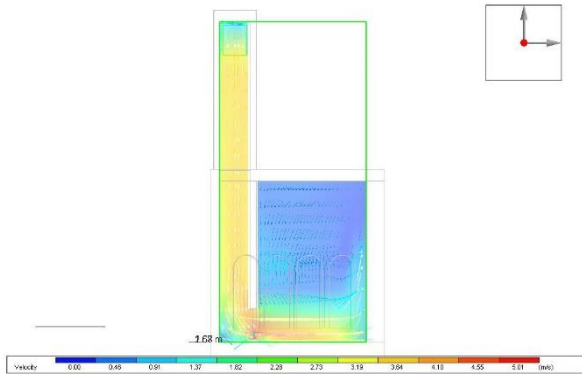
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 62 Rüzgâr bacasının taban alanının (a) 1,75 x 1,75m, (b) 1,50 x 1,50m (c) 1,25 x 1,25m ve (d) 1,00 x 1,00m güney eyvanındaki havanın hızına etkileri.

d. Rüzgâr bacasının kabin yüksekliği

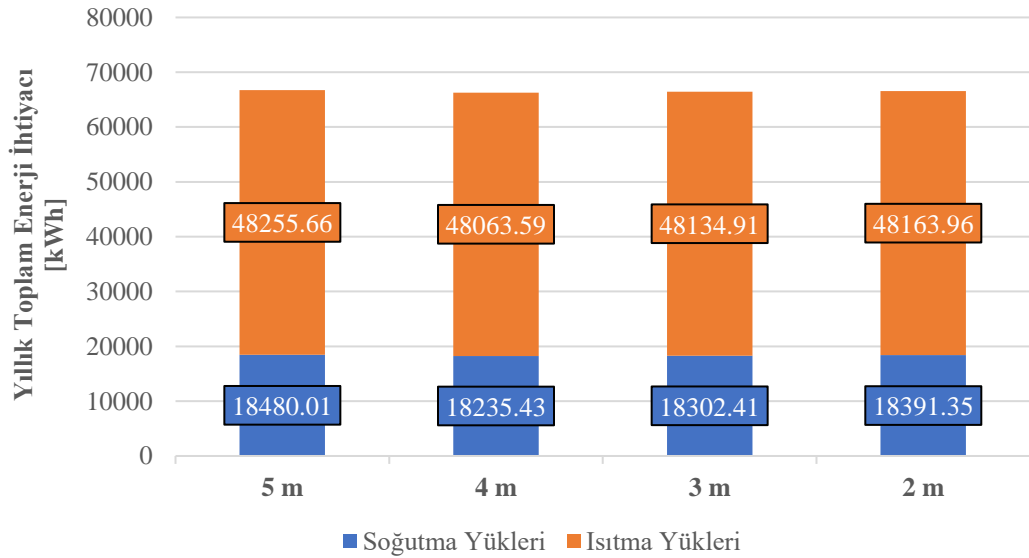
Bu adımda bina performansını iyileştirmekte en yüksek etkiyi gösteren taban alanı (1,00 x 1,00m) sabit tutulmuş olup rüzgâr bacasının kabin yüksekliğinin değiştiği senaryoların bina performansına etkileri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kabin yüksekliği 2-5m aralığında değişmektedir. Bu senaryolara ait bina enerji performansı simülasyonu sonuçları Çizelge 23 ve 24’te gösterilmiştir.

Çizelge 23 Kabin yüksekliğinin değiştirmenin binanın enerji performansına etkileri.

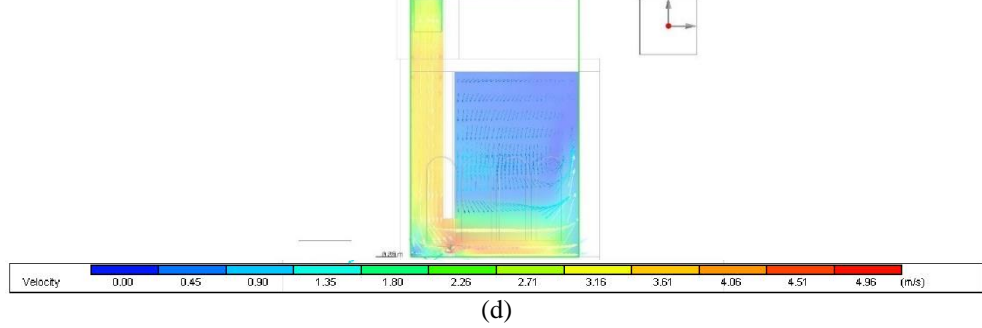
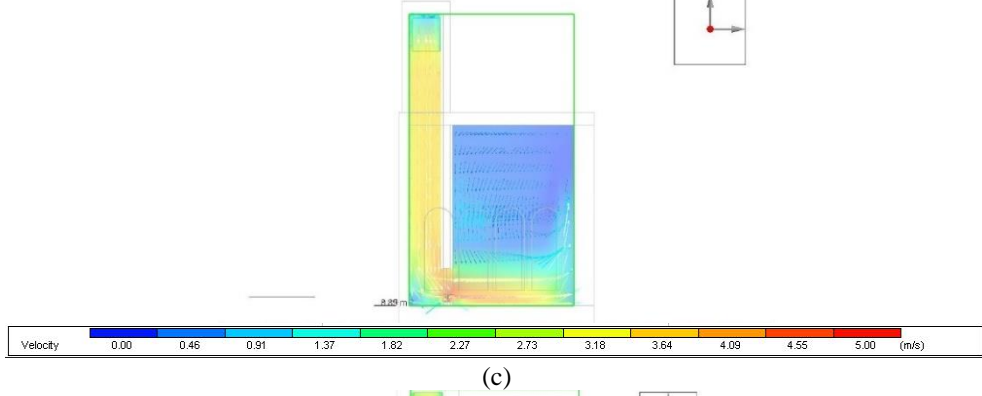
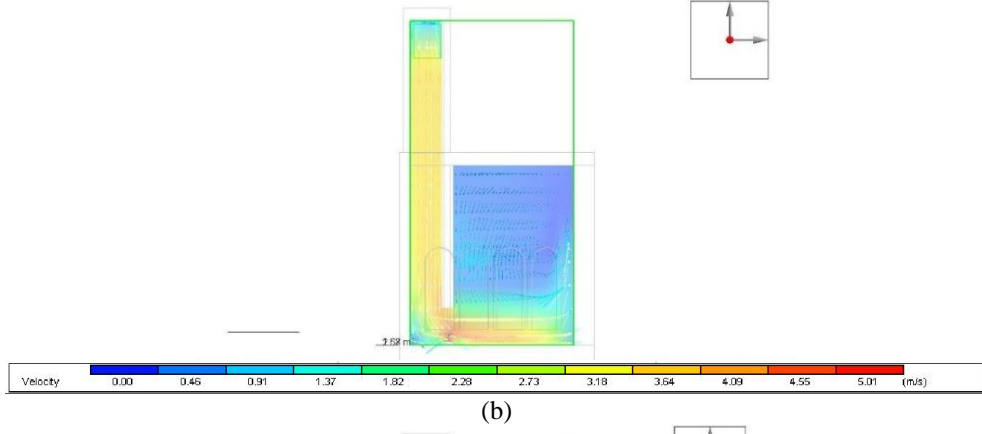
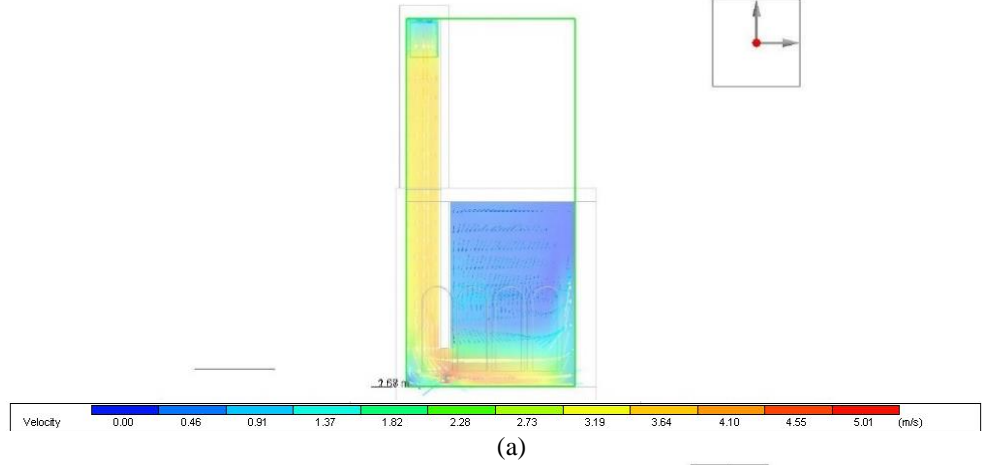
Rüzgâr Bacasının Kabin Yüksekliği [m]	Yıllık Soğutma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Isıtma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Toplam Enerji İhtiyacı [kWh/y]
5	18480,01	48255,66	71506,74
4	18391,35	48163,96	71326,37
3	18302,41	48134,91	71208,38
2	18154,95	48267,00	71193,02

Sonuçlar incelendiğinde, kabin yüksekliğinin değiştiği tüm senaryoların bina enerji verimliliğine olumsuz etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Kabin yüksekliği azaldıkça binanın enerji performansının daha olumlu etkilendiği görülmektedir. Çünkü kabin yüksekliği arttıkça niş içindeki havanın hızı da artmaktadır. Bu nedenle, en kısa kabin yüksekliğine sahip senaryo (2m) en iyi performansı sergilemektedir.

Çizelge 24 Farklı kabin yüksekliğinin binanın yıllık enerji ihtiyacına etkilerinin karşılaştırılması.



Kabin yüksekliğinin değişiminin güney eyvanının hava hızına etkisini gösteren CFD simülasyon sonuçları Şekil 63’te gösterilmektedir.



Şekil 63 Rüzgâr bacasının kabin yüksekliğinin (a) 5m, (b) 4m, (c) 3m ve (d) 2m güney eyvanındaki havanın hızına etkileri.

Kabin yüksekliği değişiminin binanın enerji performansı üzerinde büyük bir etkisi olmasa da kabin ve niş içindeki hava akış hızını azaltmak için etkili bir çözüm olabileceği görölmüştür. Kabin yüksekliği 5m iken, eyvan içindeki kullanıcıları rahatsız edebilecek bir hava akımı oluşma olasılığı bulunurken, kabin yüksekliği 2m'ye indirildiğinde, nişin içinden geçen havanın hızının kullanıcıları rahatsız etme olasılığının daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Dolayısıyla, kabin yüksekliği, eyvan içindeki hava akışını kontrol etmek ve kullanıcı konforunu sağlamak için etkili bir faktör olabilir. Ancak, bu etkinin bina enerji performansı üzerinde doğrudan bir etkisi olmadığı görölmektedir. Çünkü binanın güney eyvanı üç tarafı kapalı ve kuzeye bakan tarafı avluya açılan yarı açık bir alandır. Dolayısıyla bina içindeki kapalı alanların (baharlık salonu, erkek yatak odası vb.) yıl boyunca iç iklimsel şartlarının kontrolü ve bu alanların enerji korunumlarının sağlanması mümkün olabilirken güney eyvanı gibi yarı açık bir alanın iklimsel şartlarının kontrolü ve enerji korunumu mümkün olamamaktadır. Bu durum binadaki iç mekanların iklimsel koşullarını negatif yönde etkileyerek binanın mevcut durumuna göre enerji performansını düşürmüştür.

Rüzgâr bacasının taban alanı üzerinde yapılan çalışmalara bakılarak, kurgulanan senaryoların binanın enerji performansı üzerinde olumlu bir etkisi olmadığı anlaşılmaktadır. Kabin yüksekliğinin değişimi üzerine kurgulanan senaryoların simülasyon sonuçları incelendiğinde, güney eyvanının sıcaklığının kabin yüksekliği azaldıkça oldukça düşük oranda azaldığı tespit edilmiştir. Çizelge 25'te, 5 Haziran günü saat 01:00 - 02:00 aralığında kabin yüksekline bağlı olarak güney eyvanın hava sıcaklığındaki değişim gösterilmektedir.

Çizelge 25 Farklı kabin yüksekliğine sahip senaryoların eyvan içine hava sıcaklığına etkisi.

Rüzgâr Bacası Kabin Yüksekliği [m]	Güney Eyvanın Hava Sıcaklığı [°C]
5m	25,09
4m	25,07
3m	25,04
2m	25,02

f. Rüzgâr bacasının kabin malzemelerinin seçimi

Bu adımda, rüzgâr bacasının taban alanı (1,00 x 1,00m) ve kabin yüksekliği (2,00m) için binanın enerji performansını iyileştiren senaryolar sabit bırakılarak rüzgâr bacasının kabin malzemelerinin seçimi için yeni senaryolar kurgulanmıştır. Bu amaçla 15 farklı malzeme senaryosu belirlenmiştir. Bu senaryoların binanın enerji performansı üzerine ve güney eyvanı içindeki hava akımının hızına etkileri test edilmiştir. Çizelge 26’da seçilen malzemelerin özellikleri ve Çizelge 27’de bu malzemelerin binanın enerji performansına etkileri sunulmuştur.

Çizelge 26 Seçilen yapı malzemelerinin özellikleri.

Malzeme Senaryoları	Malzeme	Kalınlık [cm]	Toplam Isıl Geçiş Katsayısı (U-değeri) [W/m ² K]
M.1	Cam Tuğla	8	3,518
M.2	Cam Tuğla	11	3,057
M.3	Beton	20	1,436
M.4	Beton	30	1,042
M.5	Kerpiç	20	2,290
M.6	Kerpiç	30	1,754
M.7	Kerpiç Sıva + Tuğla + Kerpiç Sıva	1+19+1	2,145
M.8	Kerpiç Sıva + Tuğla + Kerpiç Sıva	1+30+1	1,604
M.9	Taş+Tuğla+Kerpiç+Kamış Hasır+Taş	2,5+5+20+10+2,5	0,725
M.10	Taş+Tuğla+Kerpiç+Kamış Hasır+Taş	2,5+5+15+10+2,5	0,761
M.11	Taş+Tuğla+Kerpiç+Kamış Hasır+Taş	2,5+5+20+5+2,5	1,037
M.12	Urfa Taşı (Lime Stone)	20	3,043
M.13	Urfa Taşı (Lime Stone)	30	2,452
M.14	Tuğla	22	2,065
M.15	Tuğla	32	1,595

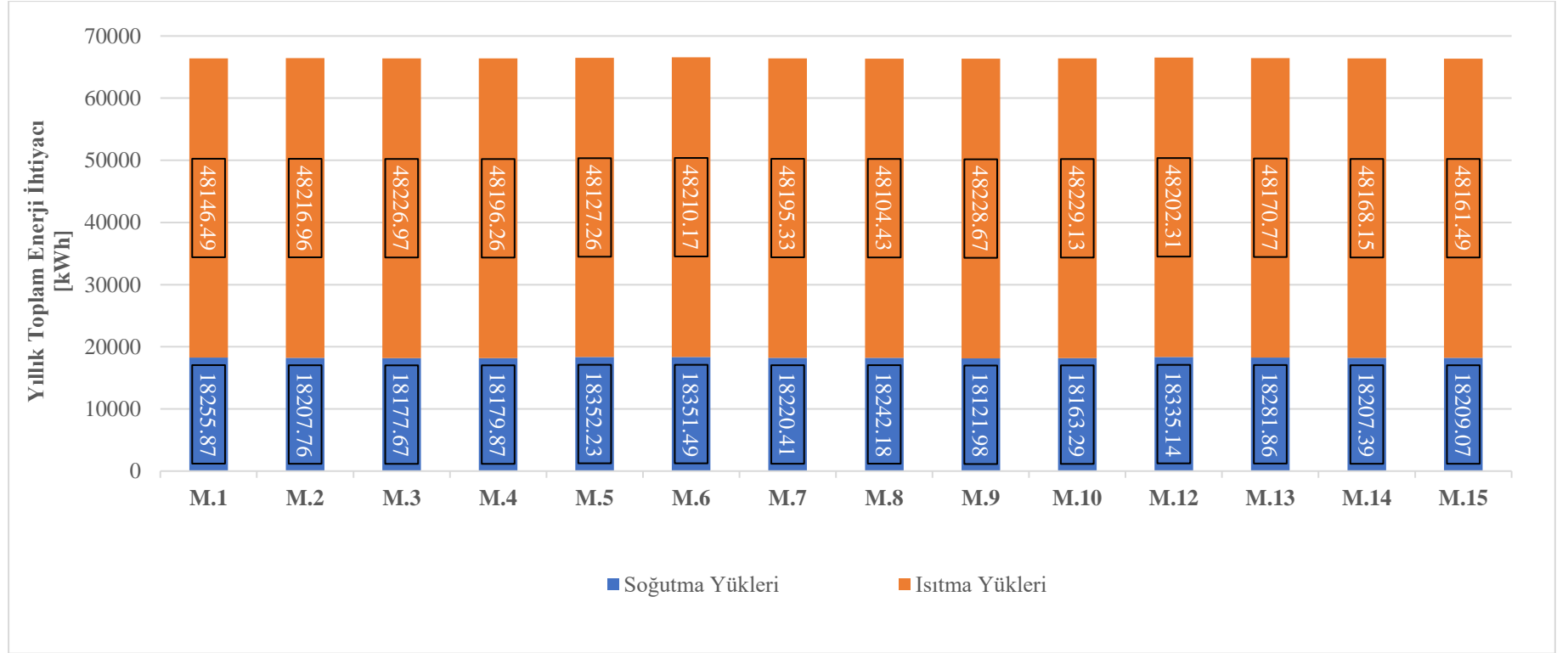
Çizelge 27 Seçilen yapı malzemelerinin binanın enerji performansına etkileri.

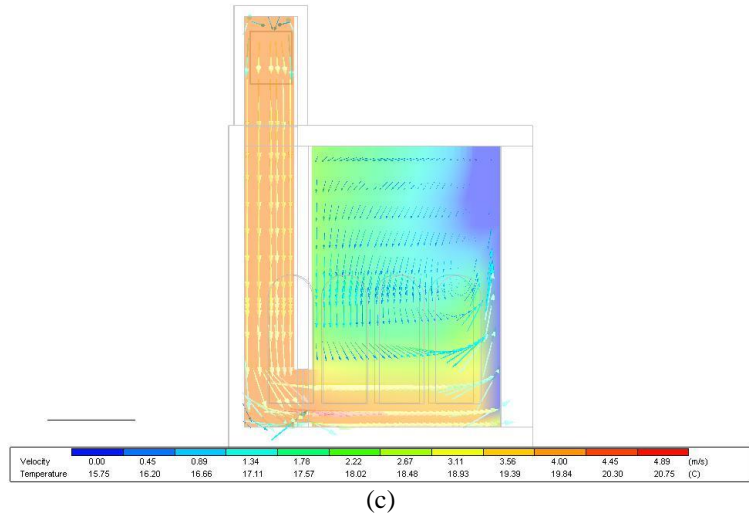
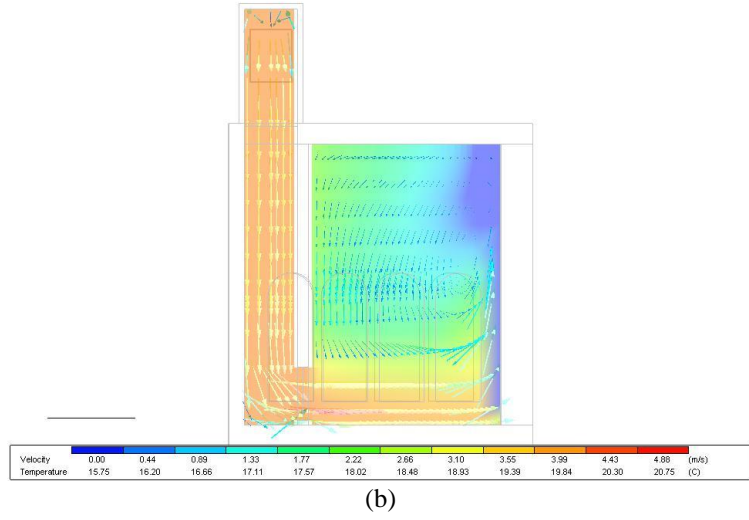
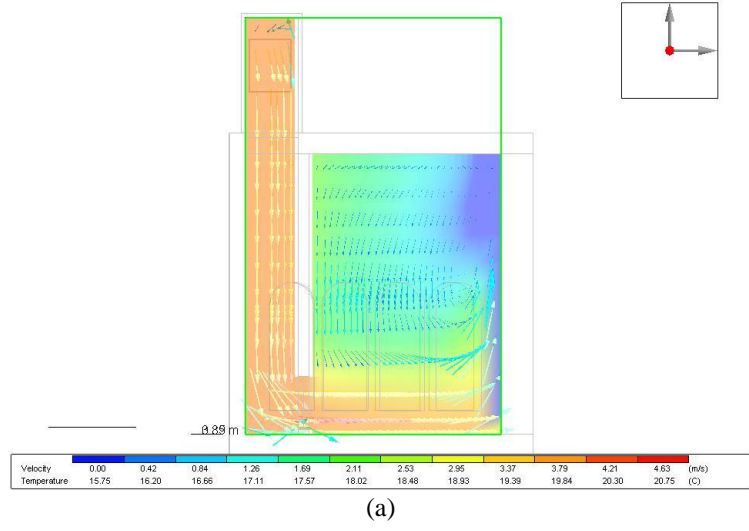
Malzeme Senaryoları	Yıllık Soğutma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Isıtma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Toplam Enerji İhtiyacı [kWh/y]
M.1	18255,87	48146,49	71173,43
M.2	18207,76	48216,96	71195,79
M.3	18177,67	48226,97	71175,71
M.4	18179,87	48196,26	71147,20
M.5	18352,23	48127,26	71250,56
M.6	18351,49	48210,17	71332,73
M.7	18220,41	48195,33	71186,77
M.8	18242,18	48104,43	71117,68
M.9	18121,98	48228,67	71121,72
M.10	18163,29	48229,13	71163,49
M.11	18150,77	48310,54	71232,38
M.12	18335,14	48202,31	71308,52
M.13	18281,86	48170,77	71223,66
M.14	18207,39	48168,15	71147,08
M.15	18209,07	48161,49	71141,63

Çizelge 26'ya bakıldığında aynı katmanlara sahip malzemelerin kalınlığı artıkça bu malzemelerin toplam ısı geçiş katsayısının (U-değeri) düştüğü görülmektedir. Çizelge 27'ye bakıldığında ise aynı katmanlara sahip malzemelerin kalınlıkları arttıkça binanın yıllık toplam enerji ihtiyacının azaldığı tespit edilmiştir. En düşük U-değerine sahip malzeme senaryosu M.9 (taş + tuğla + kerpiç + kamış hasır + taş) olmasına rağmen enerji performansı açısından en iyi performansı sergileyen malzeme senaryosunun M.8 (kerpiç sıva + tuğla + kerpiç sıva) olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgilerin ışığında; binanın yıllık toplam enerji ihtiyacının azalması rüzgâr bacasının kabin malzemesinin türüne göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca, Şanlıurfa bölgesindeki geleneksel binalarda bulunan rüzgâr bacalarının yapı malzemesi olan kerpiç ve tuğla kombinasyonunun bina performansını en çok iyileştiren malzeme senaryosu olduğu tespit edilmiştir. İleriki adımlarda, bu malzeme kombinasyonu yeni senaryolara entegre edilecek olup bu senaryolarla birlikte malzeme kalınlığının artırılmasının binanın enerji performansına nasıl etki edeceği yeniden değerlendirilecektir.

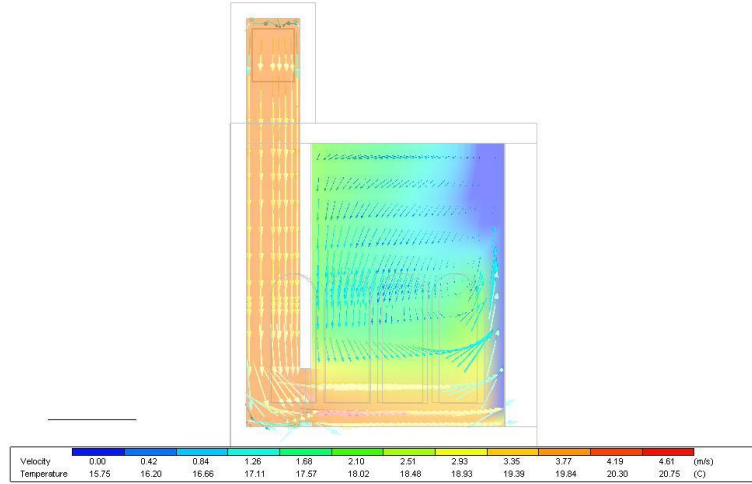
Şekil 64-68'de malzeme seçimi ile oluşturulan senaryoların CFD simülasyon sonuçları görülmektedir. Tüm simülasyon sonuçlarında havanın sıcaklık ve hız değerlerinin neredeyse sabit kaldığı tespit edilmiştir. Bunun nedeninin malzemesi değiştirilen kabin bölümünden meydana gelen ısı transferinin oldukça düşük olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Çünkü malzeme değişiyor olsa da rüzgâr bacasının kabin hacmi sabit kalmaktadır. Böylece, kabinin yüzey alanından meydana gelen taşınım ile ısı transferi miktarındaki değişimin hız ve sıcaklıktaki değişime etki etmeyecek kadar düşük olması mümkün olabilir. Bunun ispatı olarak, Şekil 67 (j) ve (k)'da görülen CFD simülasyon sonuçları gösterilebilir. Bu senaryolardaki malzemeler ve katmanlaşmalar aynı olup katman kalınlıkları birbirinden farklıdır. Her iki senaryonun da simülasyon sonuçlarına bakıldığında eyvan içerisindeki hava hızlarının ve hız vektörlerinin yönünün neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Bu durumdan, katmanlaşma aynı olsa bile katman kalınlıklarının değişiminin U-değerini değiştirdiğini ve bu değişimin binanın enerji performansını etkilediği; ancak eyvan içindeki hava hızına ve hareketine gözle görülür bir etki göstermediği anlaşılmaktadır.

Çizelge 28 Seçilen yapı malzemelerinin binanın yıllık enerji ihtiyacına etkilerinin karşılaştırılması.

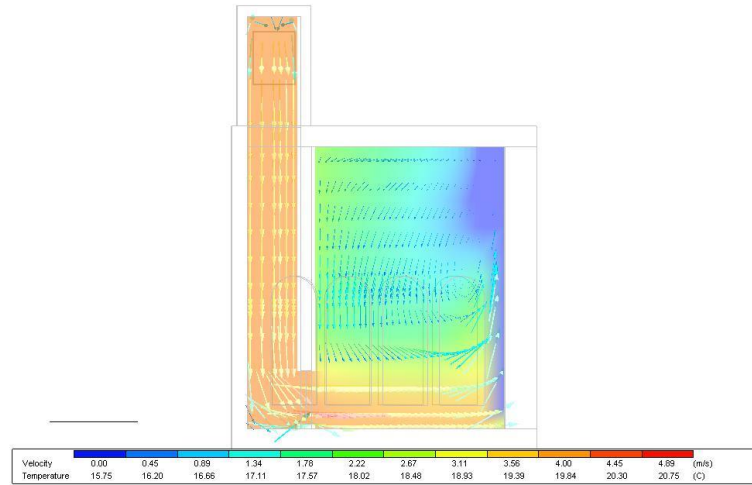




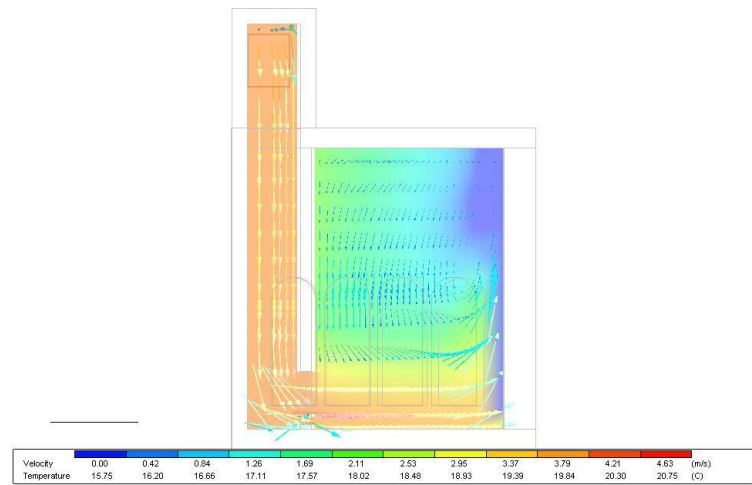
Şekil 64 Malzeme senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (a) M.1, (b) M.2, (c) M.3.



(d)

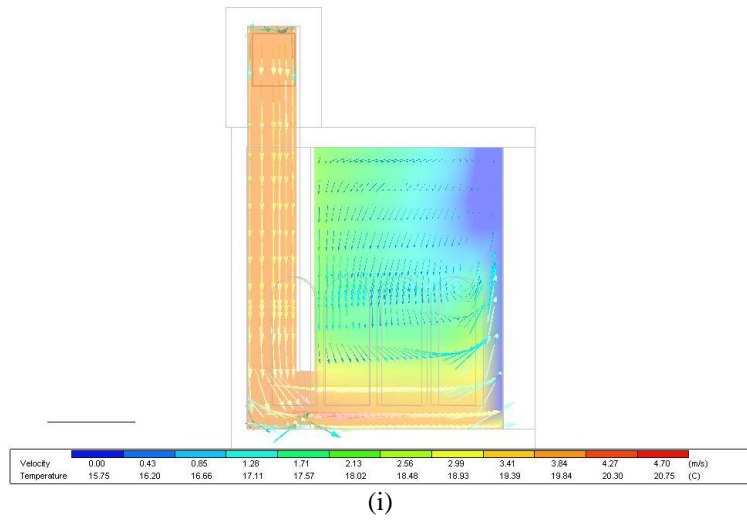
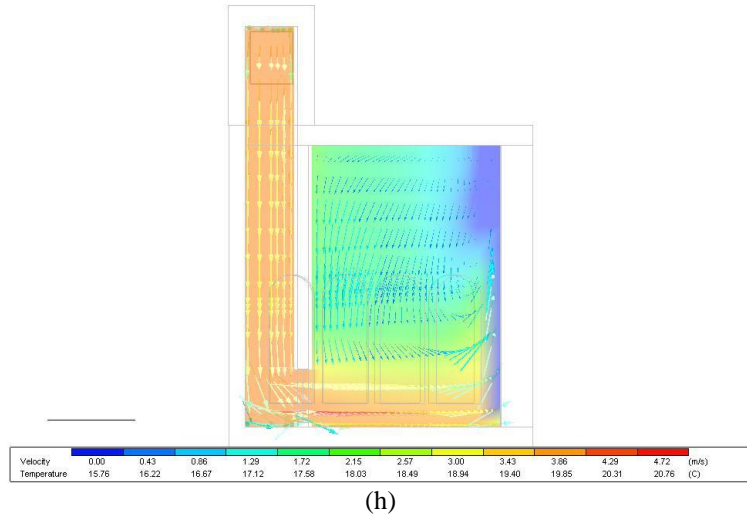
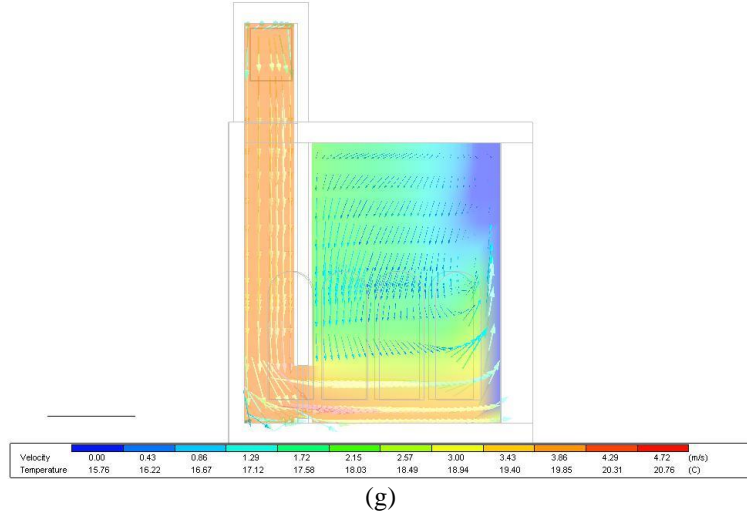


(e)

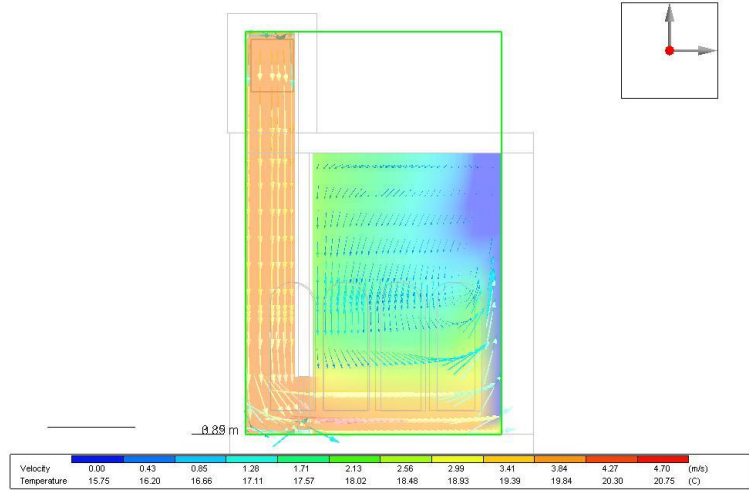


(f)

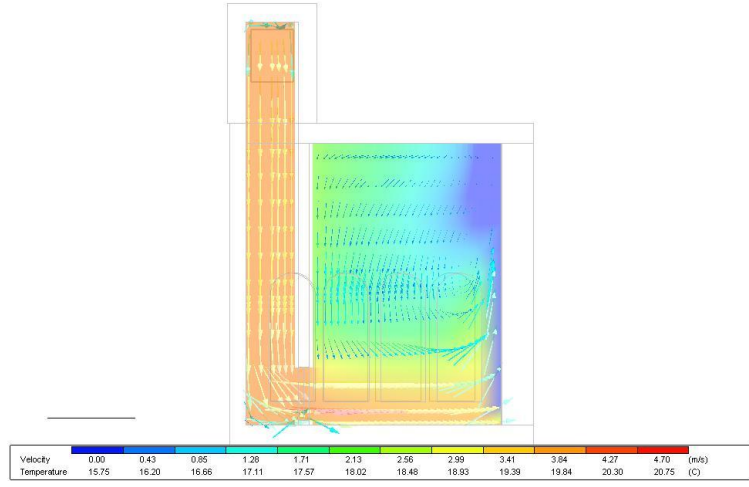
Şekil 65 Malzeme senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (d) M.4, (e) M.5, (f) M.6.



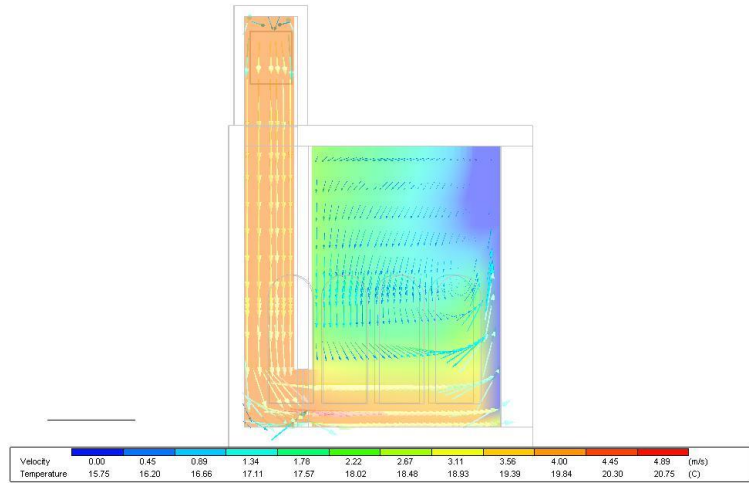
Şekil 66 Malzeme senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (g) M.7, (h) M.8, (i) M.9.



(j)

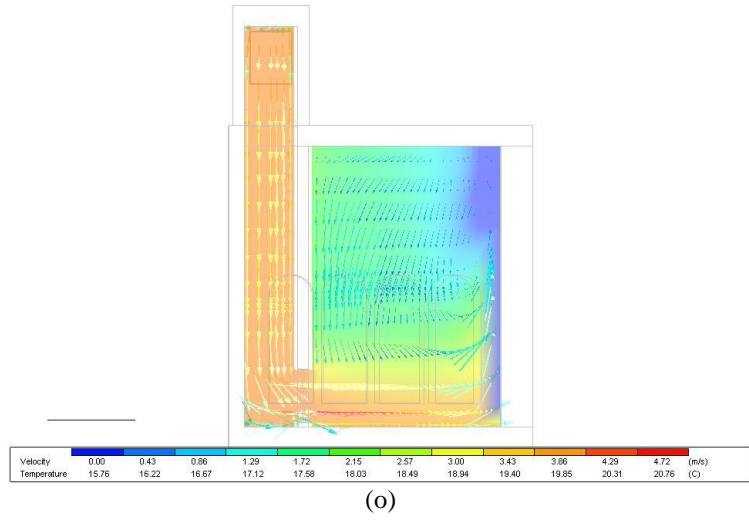
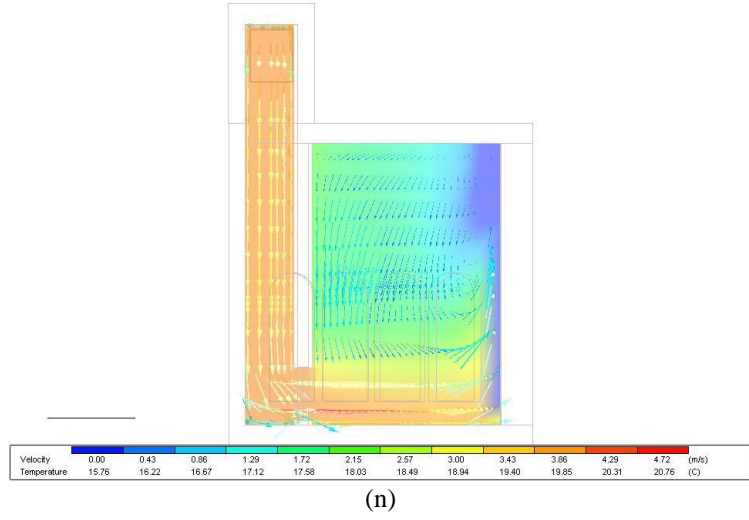
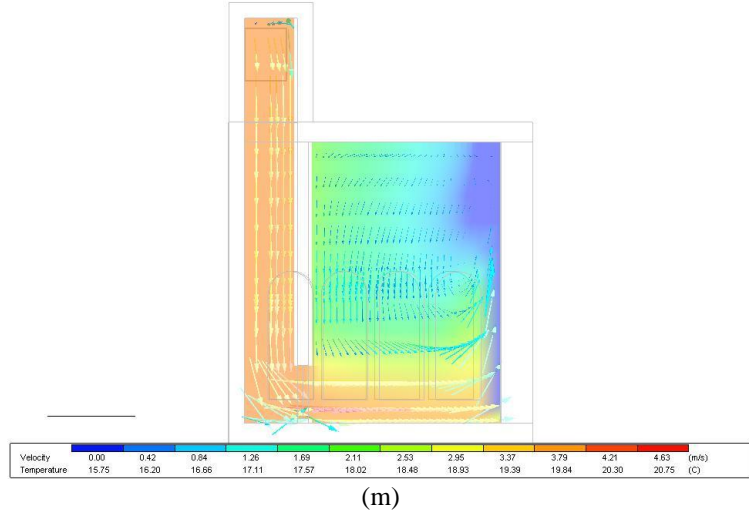


(k)



(l)

Şekil 67 Malzeme senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (j) M.10, (k) M.11, (l) M.12.

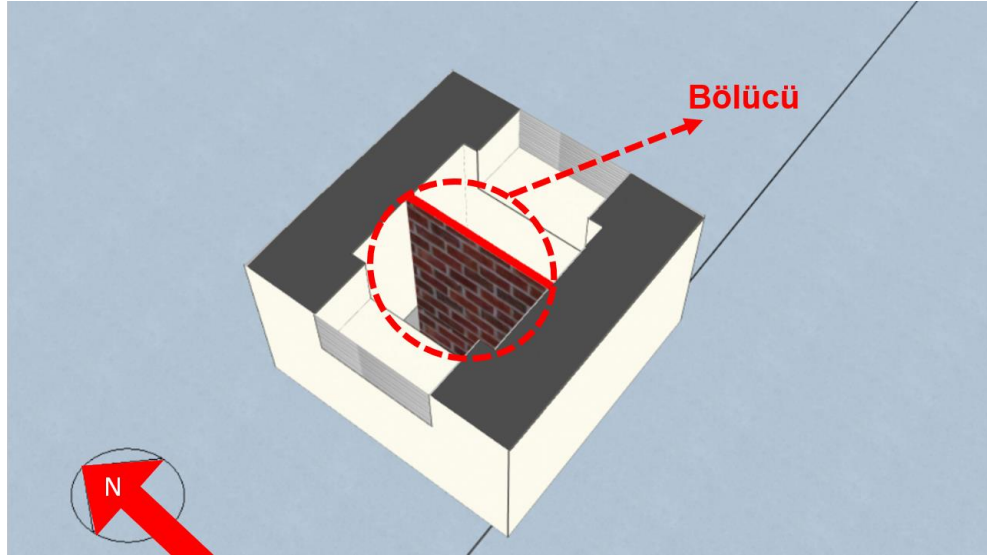


Şekil 68 Malzeme senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (m) M.13, (n) M.14, (o) M.15.

g. Rüzgâr bacasının açıklık sayısının belirlenmesi

Bu adımda, rüzgâr bacasının taban alanı (1,00 x 1,00m), kabin yüksekliği (2,00m) ve kabinin yapı malzemesi (M.8) için binanın enerji performansını iyileştiren senaryolar sabit tutulup rüzgâr bacasının içine bölücü yerleştirildiği yeni bir senaryo kurgulanmıştır. Şekil 69’da görüldüğü gibi, kuzey-güney aksında kalınlığı 5cm ve yapı malzemesi tuğla olan bir bölücü kabin niş boyunca uzanmaktadır. Bölücü sayesinde iç hacmi iki eşit parçaya bölünen rüzgâr bacası batı yönünden gelen hâkim rüzgârı eyvanın içine alabilmekte ancak ısınan havanın dış atmosfere tahliyesini sağlayamamaktadır. Bunun sağlanabilmesi için kabinin doğu cephesine yeni bir havalandırma açıklığı eklenmiştir.

Bu senaryonun amacı rüzgâr bacası içine eklenen bölücünün binanın enerji performansı ve güney eyvanı içindeki hava akımının hızına etkisini test etmektir. Çizelge 29’da bölücünün binanın enerji performansına etkileri sunulmuştur.



Şekil 69 Rüzgâr bacasına entegre edilen bölücünün model görüntüsü.

Çizelge 29 Bölücünün binanın enerji performansına etkisi.

Senaryo	Yıllık Soğutma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Isıtma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Toplam Enerji İhtiyacı [kWh/y]
Tek Açıklıklı	18242,18	48104,43	71117,68
Çift Açıklıklı	19219,58	46874,29	70864,94

Bölücü, rüzgâr bacasını ikiye eşit parçaya bölerek bölmeler içerisindeki hava akım hızının artmasına neden olmuştur. Hızın artması ise kabin duvarları ile hava arasındaki ısı

transfer miktarını arttırmış ve bu sayede ısıtma dönemi boyunca bir güneş bacası gibi çalışan rüzgâr bacası binanın yıllık ısıtma ihtiyacını azaltarak binanın enerji performansına pozitif etkide bulunmuştur. Ancak, bölücü soğutma döneminde de güneş bacası etkisini devam ettirdiği için, bu kez binanın soğutma ihtiyacını arttırmış olup binanın enerji performansına negatif etki etmiştir.

Güneş bacası etkisi binanın ısıtma performansını arttırmış olsa da soğutma performansını düşürmüştür. Soğutma performansı üzerindeki bu negatif etkiyi bertaraf edebilmek için yeni bir malzeme senaryosu geliştirilmesine karar verilmiştir. Bu amaçla malzeme senaryoları arasında en iyi performansı gösteren M.8 senaryosu dikkate alınmış ve bu senaryoda kullanılan malzemelerin kalınlıkları arttırılmıştır. Binanın soğutma performansını arttırabilmek için geliştirilen yeni malzeme senaryosu Çizelge 30'da gösterilmiştir. Buna göre, M.16 isimli yeni senaryoda M.8 senaryosuna ek olarak kabinin dış yüzeyine önce 8,5cm kalınlığında tuğla ve sonra 1cm kalınlığında kerpiç sıva eklenmiştir.

Çizelge 30 Binanın soğutma performansını iyileştirmek için geliştirilen yeni malzemelerin özellikleri.

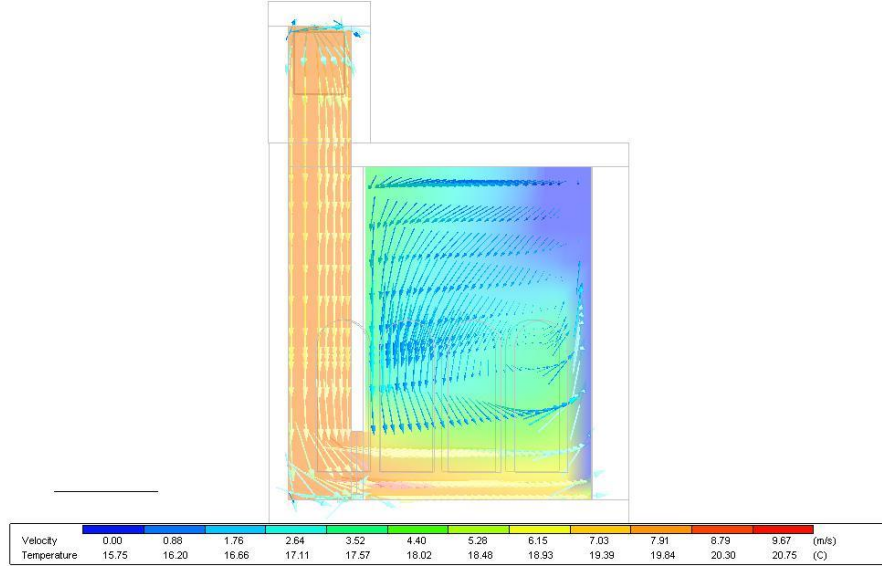
Malzeme Senaryoları	Malzeme	Kalınlık [cm]	Toplam Isıl Geçiş Katsayısı (U-değeri) [W/m ² K]
M.16	Kerpiç Sıva + Tuğla + Kerpiç Sıva + Tuğla + Kerpiç Sıva	1+30+1+8,5+1	1,321

Önceki malzeme senaryolarının sonuçlarına benzer şekilde, katmanların kalınlıkları arttıkça U-değeri düşmektedir ve bu değer düşmesi binanın hem ısıtma hem de soğutma ihtiyacının düşmesine neden olmuştur.

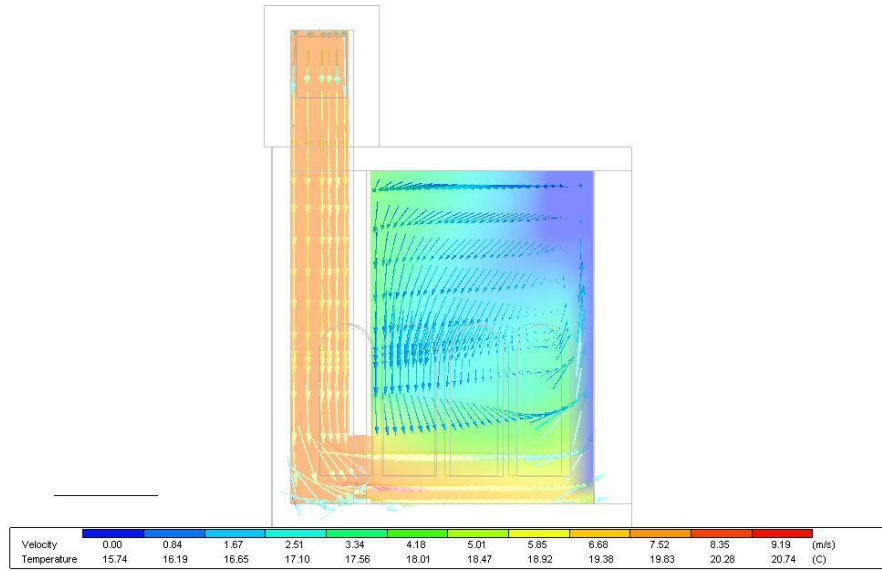
Çizelge 31 M.16 senaryosunun binanın enerji performansına etkisi.

Malzeme Senaryoları	Yıllık Soğutma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Isıtma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Toplam Enerji İhtiyacı [kWh/y]
M.16	19203,83	46843,93	70818,83

Şekil 70’te M.8 ve M16 senaryolarının CFD simülasyon sonuçları görülmektedir.



(a)



(b)

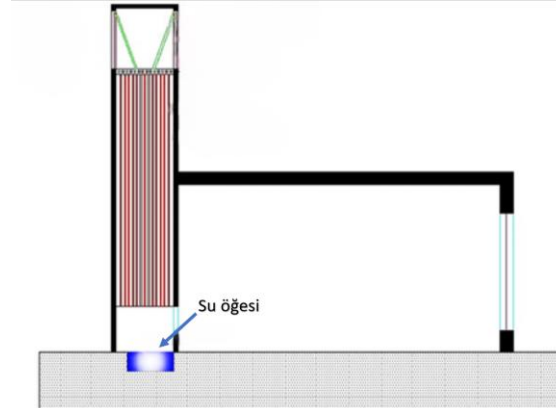
Şekil 70 Bölücü senaryolarının CFD simülasyon sonuçları: (a) M.8, (b) M.16.

Kabin yapımında kullanılan malzeme kalınlığının 9,5cm arttırılması sonucunda, rüzgâr bacasıyla güney eyvanına taşınan hava akımının hızında az miktarda bir düşüş olduğu tespit edilmiştir.

h. Rüzgâr bacası içinde su ögesi kullanımı

Sıcak-kuru iklim bölgelerinde yazları bağıl nem seviyesi düştüğü için mekânların nemlendirme ihtiyacı artar. Bu nedenle Şanlıurfa'daki geleneksel evler avlulu bir forma sahiptir ve avlunun ortasında ortamın havasını nemlendiren su havuzları olduğu görülmektedir.

Avlulu yapılarda kullanılan su havuzlarının kullanım amacına benzer olarak bazı bölgelerde rüzgâr bacası sistemlerinin içine su ögesi entegre edildiği bilinmektedir. Bu bölgelerden biri de İran'ın Yazd şehridir. Bu şehirdeki bazı geleneksel evlerin rüzgâr bacası sistemlerinin niş bölgesine su ögesinin entegre edilmesi neticesinde dışarıdan gelen havanın içinde bulunan partiküllerin filtre edilmesi ve ortamın nemlilik seviyesinin artırılması sağlanmıştır (Şekil 71). Bu bilgiler ışığında, örnek binaya entegre edilecek rüzgâr bacasının niş bölgesi içine su ögesi eklemenin bu çalışma için uygun bir tasarım yaklaşımı olacağı düşünülmüştür.



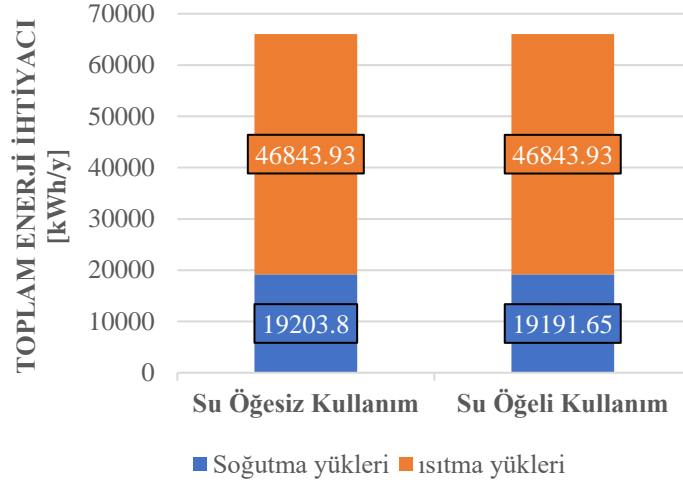
Şekil 71 Rüzgâr bacası sistemi içine yerleştirilen su ögesinin konumu (Maleki, 2013).

Bu adımda rüzgâr bacasına bölücü eklendikten sonra taban alanı (1,00 x 1,00m), kabin yüksekliği (2,00m), yapı malzemesi (M.16) sabit tutulup, rüzgâr bacası nişinin zeminine konumlandırılmış 50cm yüksekliğinde bir su ögesi için yeni bir senaryo geliştirilmiştir. Bu senaryoya ait simülasyon sonuçları Çizelge 32 ve 33'te verilmiştir.

Çizelge 32 Su ögesi kullanımının binanın enerji performansına etkisi.

Senaryo	Yıllık Soğutma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Isıtma İhtiyacı [kWh/y]	Yıllık Toplam Enerji İhtiyacı [kWh/y]
Su ögesi kullanımı	19191,65	46843,93	70806,65

Çizelge 33 Su ögesiz ve su ögeli kullanım senaryolarının binanın yıllık enerji ihtiyacına etkilerinin karşılaştırılması.



Simülasyon sonuçlarına bakıldığında, nişin tabanında konumlandırılan su ögesinin binanın toplam yıllık enerji ihtiyacını azalttığı tespit edilmiştir. Soğutma dönemi boyunca eyvan içinde su ögesinin yardımıyla evaporatif soğutma gerçekleşmekte ve böylece binanın yıllık soğutma ihtiyacı da azalmaktadır. Çizelge 34’te, 7 Ağustos 18:00 - 19:00 saatleri arasında dış hava sıcaklığı 38,41°C iken, nişin zeminine su ögesi eklenmesi sonrasında güney eyvanının hava sıcaklığındaki değişim gösterilmiştir.

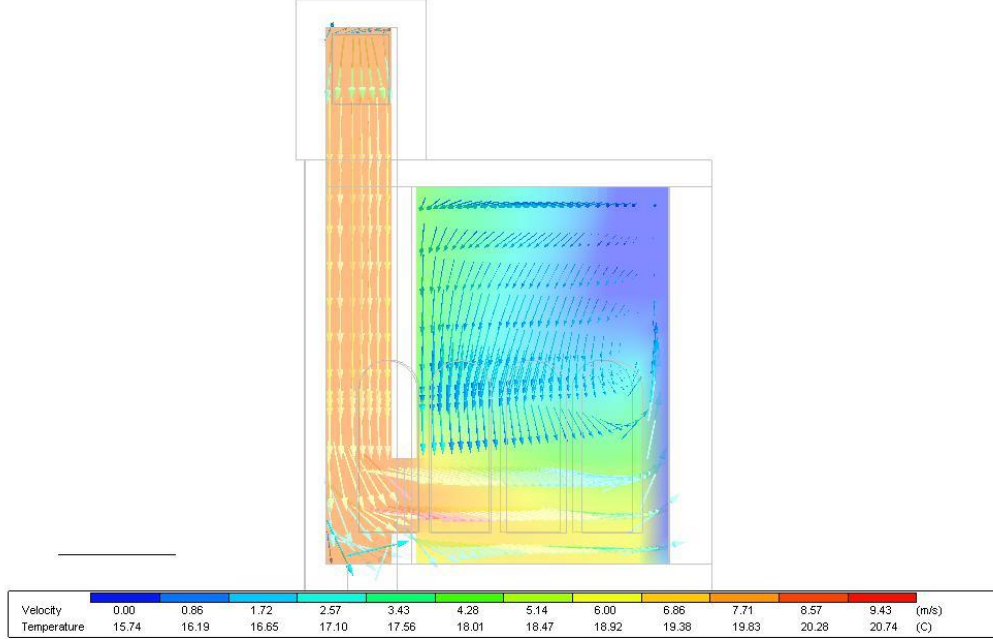
Çizelge 34 Su ögesi kullanımının eyvan içindeki hava sıcaklığına etkisi.

Su Ögesi Kullanım Senaryosu	Güney Eyvanın Hava Sıcaklığı [°C]
Su Ögesiz Kullanım	30,87
Su Ögeli Kullanım	29,94

Su ögesi eklendikten sonra, güney eyvanının hava sıcaklığı yaklaşık 1°C düşmüştür; ancak eyvanın hava sıcaklığında meydana gelen bu etkinin bina enerji performansına gözle görülür miktarda yansımadağı görülmektedir. Bunun nedeni, güney eyvanının yarı açık bir mekân olması ve dolayısıyla eyvan içindeki ısı korunumunun sağlanamıyor olmasıdır.

Şekil 72’de bu senaryonun CFD simülasyon sonuçları gösterilmiştir. Buna göre, rüzgâr bacası yoluyla niş içine giren hava akımının su ögesi ile temas etmesi neticesinde

hava akımının sıcaklığının azaldığı görülmektedir. Bu sonuç, Çizelge 34’te gösterilen bulguları da desteklemektedir.



Şekil 72 Su öğeli kullanımının senaryosunun CFD simülasyon sonuçları.

IV. SONUÇ

Bu tez çalışmasında sıcak-kuru iklim bölgelerindeki pasif iklimlendirme stratejilerden biri olan ve bu bölgelerde sıkça görülen rüzgâr bacası sistemlerinin geleneksel evlerin enerji performansı üzerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan literatür araştırmalarında, sıcak-kuru iklim bölgelerindeki geleneksel binalarda kullanılan pasif iklimlendirme stratejilerinin, binaların enerji performansı üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu görülmüştür. Özellikle bu bölgelerdeki rüzgâr bacası sistemlerinin yaygın olarak binaların yarı açık bölümleri olan eyvanlar üzerine konumlandırıldığı ve bu sistemin etkili bir pasif havalandırma ve soğutma stratejisi olduğu bilinmektedir. Bu tez çalışması kapsamında yapılan literatür araştırmasına göre, Türkiye'nin sıcak-kuru iklim bölgelerindeki geleneksel binalarda kullanılan rüzgâr bacası sistemleri incelenmiş; ancak bu sistemlerin binaların doğal havalandırılması ve enerji performansı üzerine etkilerinin araştırıldığı herhangi bir çalışma olmadığı anlaşılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, rüzgâr bacasının yapımında kullanılan tasarım faktörlerinin binanın enerji performansına ve yarı açık alanlardaki hava akımının hızına ve sıcaklığına etkisini belirlemektir. Ayrıca, sıcak-kuru iklim bölgelerinde yapılacak yeni projelere uygulanması düşünülen rüzgâr bacalarının tasarım optimizasyonu için yeni bir yaklaşım geliştirmek bu tez araştırmasının diğer amacını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, önerilen rüzgâr bacası sisteminin örnek binanın enerji performansına etkilerinin analiz edilebilmesi için öncelikle DesignBuilder bina simülasyon aracı kullanılarak binanın enerji modeli oluşturulmuştur. Binanın enerji modelinin tamamlanmasının ardından, örnek binanın bulunduğu bölgedeki diğer geleneksel binalarda bulunan rüzgâr bacası sistemlerinden yola çıkılarak örnek binanın enerji modeline bir rüzgâr bacası sistemi entegre edilmiştir. Bu sistem öncelikle binanın güney eyvanın çatısı üzerine konumlandırılmış ve ardından sistemin kullanım zamanlarının, taban alanının, kabin yüksekliğinin ve yapı malzemelerinin belirlendiği ve sonrasında sisteme bölücü ve su ögesinin eklendiği farklı senaryolar kurgulanmıştır. Rüzgâr

bacasının tasarım faktörlerini belirleyecek olan bu senaryoların örnek binanın yıllık ısıtma ve soğutma ihtiyacına etkileri analiz edilmiştir.

Birinci adımda rüzgâr bacasının Hacıbanlar Evi'nin güney kanadında bulunan güney eyvanının çatısına yerleştirilmesine ve hâkim rüzgârdan faydalanabilmek için baca üzerindeki havalandırma açıklığının batı yönünde açılmasına karar verilmiştir. İkinci adımda ise kullanım senaryolarının enerji performans simülasyonları karşılaştırılmış ve rüzgâr bacası sisteminin sadece yaz aylarında kullanılmasına karar verilmiştir. Bu sınırlama, bölgede uzun ve soğuk geçen kış mevsimi rüzgârlarından binayı koruyarak binanın enerji performansına olumlu etki göstermiştir. Üçüncü adımda ise rüzgâr bacası sisteminin taban alanının küçültülmesinin eyvanın sıcaklığını düşürdüğü tespit edilmiştir. Ancak rüzgâr bacasının kabin yüksekliğinin (5m) eyvandaki hava akış hızını artırarak kullanıcıların konforunu olumsuz etkilediği görülmüştür. Bu olumsuz etkiyi bertaraf etmek için dördüncü adımda rüzgâr bacasının kabin yüksekliğinin değiştirildiği farklı senaryolar kurgulanmıştır. Kabin yüksekliğinin en düşük olduğu (2m) senaryo, örnek binanın enerji performansı iyileştirme yönünde büyük etkiye sahip olmasa da kurgulanan bir önceki senaryonun kullanıcı konforu açısından oluşturduğu olumsuz etkiyi bertaraf etmek için etkili bir çözüm olabileceği belirlenmiştir. Farklı yapı malzemelerinin kullanıldığı beşinci adımda ise, kerpiç sıva + tuğla + kerpiç sıva (M.8) bileşiminden oluşan kabin malzemesinin diğer malzemeler arasında en iyi performansı sergilediği görülmüştür. Ancak kabin bölgesini oluşturan duvarların yüzey alanlarının küçük olması rüzgâr bacasından geçen hava akımının sıcaklığını düşürecek kadar yüksek ısı transferi sağlamadığı anlaşılmaktadır. Bu da eyvan içine giren hava akımının eyvan sıcaklığını düşürecek yönde etki yaratmadığını göstermektedir. Altıncı adımda ise rüzgâr bacasının iç hacmi bir bölücü kullanarak ikiye bölünmüştür. Bu bölücü yardımıyla rüzgâr bacası, ısıtma dönemi boyunca bir güneş bacası işlevini görüp yıllık ısıtma ihtiyacını azaltarak binanın enerji performansını artırmıştır. Ancak rüzgâr bacasına bir bölücünün eklenmesi, bacasının soğutma döneminde de güneş bacası etkisini devam ettirerek binanın soğutma ihtiyacını artırdığı tespit edilmiştir. Binanın soğutma performansı üzerindeki negatif etkiyi bertaraf edebilmek için M.16 senaryosu oluşturulmuş ve bu senaryoda katmanların kalınlıklarının artırılmasının binanın hem ısıtma hem de soğutma ihtiyacını azalttığı sonucuna varılmıştır. Son adım olan yedinci adımda ise, eyvan içindeki nemlilik

seviyesinin artırılması ve bu yolla kullanıcılarda serinlik hissinin oluşturulması için rüzgâr bacasının niş zeminine bir su ögesi entegre edilmiştir. Niş içine yerleştirilen 50cm yüksekliğindeki su ögesinin örnek binanın enerji performansını olumlu etkilediği anlaşılmıştır.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin sıcak-kuru iklim bölgesindeki geleneksel bir binanın eyvan bölümünün çatısı üzerine konumlandırılan rüzgâr bacası sisteminin binanın enerji performansında yüksek bir etki meydana getirmediği tespit edilmiştir. Bu bölgedeki geleneksel binaların eyvan bölümünün yarı açık bir bölge olması eyvanın kapalı mekanlara kıyasla iklimsel şartlarının yıl boyunca değişiklik göstermesine neden olmaktadır. Bu çalışmada, örnek binanın güney eyvanına entegre edilen rüzgâr bacası sistemi üzerine oluşturulan senaryoların DesignBuilder ve EnergyPlus simülasyon araçları kullanılarak test edilmesi sonucunda, binanın yıllık ısıtma ve soğutma ihtiyacının toplamda 123.34 kWh düştüğü görülmüştür. Bununla birlikte, yapılan CFD simülasyonları neticesinde rüzgâr bacasının eyvan içindeki hava akım hızını arttırdığı ve mevcut duruma kıyasla eyvan içindeki serinletme etkisini yükselttiği tespit edilmiştir.

V. KAYNAKÇA

KİTAPLAR

AKKOYUNLU, Z. (1989). **Geleneksel Urfa evlerinin mimarî özellikleri (Vol. 13)**.
Kültür Bakanlığı.

BAHADORİ, M. N., DEGHANİ-SANİJ, A., & Sayigh, A. (2016). **Wind Towers**.
Springer International Pu.

CENGEL, Y., CİMBALA, J., & Turner, R. (2012). EBOOK: **Fundamentals of Thermal-
Fluid Sciences** (SI units). McGraw Hill.

MAKALELER

AKGÜÇ, A., & YILMAZ, A. Z. (2022). Determining HVAC system retrofit measures to
improve cost-optimum energy efficiency level of high-rise residential buildings. **Journal of
Building Engineering**, 54, ss.104631.

AL-MASRI, N., & ABU-HIJLEH, B. (2012). Courtyard housing in midrise buildings: An
environmental assessment in hot-arid climate. **Renewable and Sustainable Energy
Reviews**, 16(4), ss.1892-1898.

ALTINAY, G., & KARAGOL, E. (2005). Electricity consumption and economic growth:
evidence from Turkey. **Energy economics**, 27(6), ss. 849-856.

BAHRAMZADEH, M., SADEGHI, B., & Rou, S. S. (2013). A comparative study to
compare the wind catcher types in the architecture of Islamic countries. **Journal of
Basic and Applied Scientific Research**, 3(2), ss. 312-316.

BİÇER, A. (2022). Thermal and Mechanical Properties of Building Stones Used in Some
provinces in the Marmara Region. **Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Mühendislik Dergisi**, 13(1), ss. 71-78.

BOZDAĞ, A. (2021). Local-based mapping of carbon footprint variation in Turkey using
artificial neural networks. **Arabian Journal of Geosciences**, 14(6), ss. 1-15.

- CRAWLEY, D. B., HAND, J. W., KUMMERT, M., GRIFFITH, B.T. (2008). Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. **Building and Environment**, 43, ss. 661–673.
- GHADIRI, M. H., IBRAHIM, N. L. N., & DEHNAVI, M. (2011). The effect of tower height in square plan wind catcher on its thermal behavior. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, 5(9), ss. 381-385.
- GHAEMMAGHAMI, P. S., & MAHMOUDI, M. (2005). Wind tower a natural cooling system in Iranian traditional architecture. In International Conference “**Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment**”, ss. 71-76.
- JOMEHZADEH, F., NEJAT, P., CALAUTIT, J. K., Yusof, M. B. M., Zaki, S. A., Hughes, B. R., & Yazid, M. N. A. W. M. (2017). A review on windcatcher for passive cooling and natural ventilation in buildings, Part 1: **Indoor air quality and thermal comfort assessment. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 70, ss. 736-756.
- KAIHOUL, A., SRITI, L., AMRAOUI, K., Di Turi, S., & Ruggiero, F. (2021). The effect of climate-responsive design on thermal and energy performance: A simulation based study in the hot-dry Algerian South region. **Journal of Building Engineering**, 43, ss. 103023.
- KARACA, Ü. B. (2021). Anadolu Geleneksel Kırsal Mimarisinde Düz Toprak Damların İyileştirilmesine Yönelik Öneriler. **Mimarlık ve Yaşam**, 6(2), ss. 447-458.
- KAYAN, A. (2018). Kentleşme sorunları kapsamında şanlıurfa'nın çevre sorunları ve çözüm önerileri. **Yönetim Bilimleri Dergisi**, 16(32), ss. 299-328.
- KUBOTA, T., ZAKARIA, M. A., Abe, S., & Toe, D. H. C. (2017). Thermal functions of internal courtyards in traditional Chinese shophouses in the hot-humid climate of Malaysia. **Building and Environment**, 112, ss. 115-131.
- MALEKI, B. A. (2013). Improve ventilation by wind tower (Badgir) modified in Iranian hot and arid region. **International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering”(IJTPE)** Published, 5, 124-9.

- M. A. H. KHATAYBEH, A. AKGÜÇ. (2023). Relationship Between Changes in Building Culture and the Carbon Footprint from Past to Present: A Case Study from Şanlıurfa-Turkey. In C. C. Thomas Walker, **The Role of Design, Construction, and Real Estate in Advancing the Sustainable Development Goals** (Chapter Doi: 10.1007/978-3-031-28739-8_8). Springer Nature Switzerland: Palgrave Macmillan Cham.
- MAHDAVINEJAD, M., & JAVANROODI, K. (2014). Natural ventilation performance of ancient wind catchers, an experimental and analytical study–case studies: one-sided, two-sided and four-sided wind catchers. **International journal of energy technology and policy**, 10(1), ss. 36-60.
- MALEKI, B. A. (2011). Wind catcher: passive and low energy cooling system in Iranian vernacular architecture. **International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE)**, 8. Ss. 130-137.
- MANIOĞLU, G., & ORAL, G. K. (2015). Effect of courtyard shape factor on heating and cooling energy loads in hot-dry climatic zone. **Energy Procedia**, 78, ss. 2100-2105.
- MANIOĞLU, G., & YILMAZ, Z. (2008). Energy efficient design strategies in the hot dry area of Turkey. **Building and Environment**, 43(7), ss. 1301-1309.
- MELİKOĞLU, Y., & BEKLEYEN, A. (2021). Şanlıurfa'nın Geleneksel Rüzgâr Yakalayıcıları: Kaybolan bir geleneğin günümüze kadar gelen örnekleri. **El-Cezeri**, 8(1), ss. 268-286.
- MONTAZERI, H., MONTAZERI, F., AZIZIAN, R., & MOSTAFAVI, S. (2010). Two-sided wind catcher performance evaluation using experimental, numerical and analytical modeling. **Renewable Energy**, 35(7). Ss. 1424-1435.
- TONG, C., Li, X., DUANMU, L., & WANG, Z. (2017). Research on heat transfer characteristics of soil thermal storage in the non-heating season. **Procedia Engineering**, 205, ss. 3293-3300.
- XU, X., LUO, F., WANG, W., HONG, T., & FU, X. (2018). **Performance-based evaluation of courtyard design in China's cold-winter hot-summer climate regions**. *Sustainability*, 10(11), ss. 3950.

YÜKSEK, İ., & ESİN, T. (2011). Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi. **X. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ**, ss. 205-221.

ZARANDI, M. M. (2009). **Analysis on Iranian wind catcher and its effect on natural ventilation as a solution towards sustainable architecture (Case Study: Yazd)**. International Journal of Humanities and Social Sciences, 3(6), ss. 668-673.

ZARGARI, S. S., & IŞIK, B. (2016). Wind Catchers and Energy Efficiency in Buildings. **A+ Arch Design International Journal of Architecture and Design**, 2(2).

TEZLER

AKGÜÇ, A. (2019). A new approach to increase energy efficiency of luxury high-rise residential blocks in complex buildings by utilizing advanced HVAC systems. (Doktora tezi)

ERDEMİR, İ. (2014). Sıcak-kuru iklim bölgelerinde enerji korunumu-yerleşme dokusu-form etkileşimi: geleneksel Diyarbakır evleri örneği (Yüksek lisans tezi).

ROAF, s. (1988). "The Wind Catcher of Yazd". Ph.D. thesis, Department of Architecture, oxford polytechnic (Doktora tezi)

SOJODİHAASSANLOUEİ L. 2019. Sıcak Kuru İklim Geleneksel Konutlarında İklim Duyarlı Tasarım. Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü İç Mimarlık ve Çevre Tasarım Anabilim Dalı. Ankara. (Yüksek lisans tezi).

SÖZEN, İ. (2019). An approach to the evaluation of vernacular settlements in hot dry climate in terms of thermal comfort: The case of Mardin. (Doktora tezi)

YÜCEL, M. (2010). Yüksek Binaların Yakın Çevre Bina Yüzeylerindeki Hava Akışına Etkileri-four Winds Örneği (Yüksek lisans tezi).

DİĞER KAYNAKLAR

MILNE, M., LIGGETT, R., & AL-SHAALI, R. (2007, July). **Climate consultant 3.0: A tool for visualizing building energy implications of climates. In *proceedings of***

the Solar Conference (Vol. 1, p. 466). AMERICAN SOLAR ENERGY SOCIETY;
AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS.

Türkiye'nin yapı standardı (TS 825) (2008) **Binalarda Isı Yalıtım Kuralları**

Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) (2018) **Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz
Sektör Raporu.**

"Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği" 2008 - [Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği-SON
\(mimo.org.tr\)](http://mimo.org.tr)

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Ulusal Yenilenebilir Enerji
Eylem Planı**, Aralık 2014.

("DIRECTIVES DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT
AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the Promotion of the Use of
Energy from Renewable Sources (Yeniden Düzenlenmiş) (AÇA İle İlgili Metin),"
2018). [https://eur-lex.europa.eu/legal-
content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001) (erişim tarihi: 23/05/2023)

ELEKTRONİK KAYNAKLAR

EUROPEAN COMMISSION. 2030 Climate & energy framework.
[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-
energy-framework_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en)

IBRD - International Bank for Reconstruction and Development. Turkey
<https://datacommons.org/place/country/TUR?category=Environment> (erişim tarihi:
08/02/2023)

IEA (2022), Buildings, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/buildings>, License: CC BY
4.0

IEA World Energy Balances (IEA). (2020). [https://www.iea.org/data-and-statistics/data-
product/world-energy-statistics-and-balances](https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-statistics-and-balances)

IEA World Energy Balances (IEA). (2021). <https://www.iea.org/countries/turkiye>

Mekan360.com - Hacibanlar Evi. Turkey [https://mekan360.com/sanaltur_hacibanlar-
evi-mutfak-muzesi-sanliurfa_2107.html](https://mekan360.com/sanaltur_hacibanlar-evi-mutfak-muzesi-sanliurfa_2107.html) (erişim tarihi: 08/02/2023)

TÜİK - Turkish Statistical Institute. (2020). Electricity consumption per capita (kWh) in Turkey <https://cip.tuik.gov.tr/>

Weatherspark. "Şanlıurfa Bölgesinde Yıl Boyu İklim ve Hava Durumu Türkiye", <https://tr.weatherspark.com/y/100709/%C5%9Eanl%C4%B1urfa-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1l-Boyunca> (erişim tarihi: 28/01/2023)

T.C Şanlıurfa valiliği. "Müzeler ", <http://www.sanliurfa.gov.tr/muzeler> (erişim tarihi: 21/06/2023)

URL-1: " Türkiye haritası ", <http://maps.stamen.com/> (erişim tarihi: 03/01/2023)

URL-2: " Şanlıurfa topografik haritası ", Topographic-map.com (erişim tarihi: 16/08/2022)

URL-3: " Hacıbanlar Evi Mutfak Müzesi Şanlıurfa ", https://mekan360.com/sanaltur_hacibanlar-evi-mutfak-muzesi-sanliurfa_2107.html (erişim tarihi: 16/08/2022)

URL-4: Mutfak müzesi, ŞA. Apple Maps. Apple, <https://maps.apple.com/?address=Mutfak%20M%C3%BCzesi,%201344.%20Sk.%207,%2063210%20Eyy%C3%BCbiye%20%C5%9Eanl%C4%B1urfa,%20T%C3%BCrkiye&auid=17605730851372944618&ll=37.150779,38.789555&lsp=9902&q=Mutfak%20M%C3%BCzesi&t=m> (erişim tarihi: 22/06/2022)

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mohammad Ahmad Hussein KHATAYBEH

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2021, İstanbul Aydın Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım, Mimarlık

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Ziyad SARTAWI ofisi, şantiye stajı (50 gün), 2018.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- M.A.H Khataybeh, A. Akgüç 2023. Relationship Between Changes in Building Culture and the Carbon Footprint from Past to Present: A Case Study from Şanlıurfa-Turkey. In C. C. Thomas Walker, The Role of Design, Construction, and Real Estate in Advancing the Sustainable Development Goals (Chapter DOI: 10.1007/978-3-031-28739-8_8). Springer Nature Switzerland: Palgrave Macmillan Cham. ISBN: 978-3-031-28738-1.