



**RÜZGAR BACALARININ ENERJİ  
PERFORMANSINA ETKİSİ:  
YAZD'DE BİR KONUT ÖRNEĞİ**

**2023  
YÜKSEK LİSANS  
MİMARLIK**

**Samira İMANİ**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Bahar SULTAN QURRAIE**

**RÜZGAR BACALARININ ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİ:  
YAZD'DE BİR KONUT ÖRNEĞİ**

**Samira IMANI**

**Tez Danışmanı**

**Dr. Öğr. Üyesi Bahar SULTAN QURRAIE**

**T.C.**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Lisansüstü Tezi**

**Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Şubat 2023**

Samira IMANI tarafından hazırlanan ‘‘RÜZGAR BACALARININ ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİ: YAZD’DE BİR KONUT ÖRNEĞİ’’ başlıklı bu tezin Programı Seçin olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Bahar SULTAN QURRAIE .....  
Tez Danışmanı, Mimarlık Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Anabilim Dalınız Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir. 08/02/2023

<u>Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)</u>	<u>İmzası</u>
Başkan : Doç. Dr. Mustafa KORUMAZ (KTÜN)	....Online.....
Üye : Doç. Dr. Merve TUNA KAYILI (KBÜ)	.....
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bahar SULTAN QURRAIE (KBÜ)	.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU .....  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Samira IMANI

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### RÜZGAR BACALARININ ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİ: YAZD'DE BİR KONUT ÖRNEĞİ

Samira IMANI

Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Bahar SULTAN QURRAIE

Şubat 2023, 137 sayfa

Orta Doğu ve Orta Asya mimari tarzı her zaman çevresel ihtiyaçlardan etkilenmiş ve tasarımlarında dikkate alınması gereken en temel unsurdur. Bu bölgelerin yerel mimarisi, yerel çevre sorunlarına birçok gerçekçi çözüm sağlayan rüzgar bacaları gibi mimari özellikleri binalarda yaygın bir şekilde kullanmıştır. Bu çalışma, bina sakinlerinin doğal havalandırma ve enerji etkin bina tasarımı stratejilerinden yararlanabilmesi için bir binada rüzgar bacalarının kullanılmasını önermektedir. Bu sistem enerji tüketimini azaltmaya ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını düşürmeye yardımcı olmaktadır.

**Amaç:** Araştırmanın amacı, farklı rüzgar bacası tiplerinin iç mekanlarda doğal bir havalandırma etkisi yaratma potansiyelini değerlendirmek ve en etkili tasarım ve konumlandırma seçeneklerini belirlemektir. Ayrıca, farklı rüzgar bacası tipleri arasındaki performans farklarını belirleyerek, enerji tüketimi tasarrufunda daha etkili tasarım seçeneklerinin geliştirilmesine katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

**Materyal ve metot:** Kent bağlamında uygun bir konut yapısı modelini elde etmek için öncelikle Yazd kentiyle ilgili çeşitli kaynaklar incelenmiştir. Yazd şehrinde bulunan tek katlı ve bodrum katı olmayan bir binanın Design Builder programında modellenmesi yapılmış ve daha sonra farklı alanlarda (birli ve ikili) farklı rüzgar bacası modelleri kullanılarak rüzgar yönüne yakın ve uzak senaryolar incelenmiştir. Bu rüzgar bacaları 3 metre yer altına kadar uzatılmıştır. Rüzgar bacalarının temel performans göstergesi, odadaki hava akışının hızı ve dışarıya atılma hızıdır, bu nedenle doğru burgu boyutunun belirlenmesi önemlidir. Bu amaçla, elde edilen senaryoların enerji simülasyonu yapılmış ve verimli olan senaryolar belirlenmiştir.

**Bulgular:** Daha geniş bir rüzgar bacası sistemi, sıcak aylarda yeterli hava akışını sağlayarak uygun hız ve hacimde hava alabilir. Bu sayede daha yüksek bir havalandırma kapasitesine ve optimum verime sahip olur. Ancak, daha küçük bir rüzgar bacası kullanan bir binada dışarıdan gelen hava miktarı yeterli olmayabilir ve bu da gerekli soğutma ve havalandırmayı sağlayamaz.

**Sonuç:** Öncelikle, simülasyon yazılımı kullanarak küçük ve büyük boyutlarda, tek taraflı ve çift taraflı rüzgar bacası modeli olmak üzere on farklı senaryo simüle edildi ve elde edilen veriler analiz edildi. Analizler, farklı senaryoların altı aylık dönemde değerlendirildiği ve verilerin çizelgelerle görselleştirildiği bir çalışma olarak gerçekleştirilmiştir. Büyük boyuttaki çift taraflı rüzgar bacalarının iç mekan sıcaklığı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu ve enerji tasarrufu sağladığı gözlemlenmiştir. Özellikle çapraz köşelerde yerleştirilen 2x2 rüzgar bacalarının en iyi performansı sergilediği görülmüştür. Bu senaryoda, soğutma yükü büyük bir oranda düşebilmektedir. Sonuç olarak, çift taraflı büyük boyutlarda rüzgar bacalarının tek taraflı modellere göre daha iyi bir havalandırma ve enerji tasarrufu sağladığı belirlenmiştir. Bu bulgular, çift taraflı rüzgar bacalarının enerji tasarrufu ve iç mekan havalandırmasının iyileştirilmesi amacıyla bina projelerinde kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler :** Yerel mimari, Rüzgar bacası, Enerji verimliliği, İklimlendirme, Sıcak ve kuru alan, Bilgisayar simülasyonu.

**Bilim Kodu** : 80114

## **ABSTRACT**

**Master Thesis**

### **THE EFFECT OF WIND CHIMNEYS ON ENERGY PERFORMANCE: AN EXAMPLE OF A HOUSE IN YAZD**

**Samira IMANI**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Architecture**

**Thesis Advisor:**

**Assist. Prof. Dr. Bahar SULTAN QURRAIE**

**February 2023, 137 pages**

The Middle Eastern and Central Asian architectural style has always been influenced by environmental needs and has been the most fundamental element to be considered in their design. The local architecture of these regions provided many realistic solutions to local environmental problems such as wind traps that have become a common architectural feature in buildings. This study proposes the use of wind arresters in a two-story building so that occupants can benefit from natural ventilation, passive cooling, and heating strategies. This system can remove unwanted thermal pollution inside the building and provide thermal comfort to the residents. It also helps reduce energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions, and pollution.

**Objectives:** The aim of the research is to evaluate the potential of different types of wind chimneys to create a natural ventilation effect indoors and to identify the most effective design and positioning options. In addition, it is aimed to contribute to the

development of more effective design options in energy consumption savings by determining the performance differences between different types of wind chimneys.

**Material and method:** In order to obtain a suitable housing structure model in the context of the city, various sources related to the city of Yazd were first examined. A single-story building without a basement in Yazd was modeled in the Design Builder program. Subsequently, near and far downwind scenarios were examined using different wind chimney models in different areas (single and double). These wind chimneys were extended to 3 meters underground. The key performance indicators of the wind chimneys are the speed of airflow in the room and the rate of expulsion, so it is important to determine the correct auger size. To accomplish this, energy simulation of the obtained scenarios was conducted, and efficient scenarios were determined.

**Findings:** The system, which has a wider wind chimney, can take air at the appropriate speed and volume as it can provide positive air flow in hot months. First of all, ten different scenarios, including small and large sizes, single-sided and double-sided wind chimney models, were simulated using simulation software and the obtained data were analyzed. The analyzes were carried out as a study in which different scenarios were evaluated in a six-month period and the data were visualized with charts. It has been observed that large double-sided wind chimneys have a great effect on indoor temperature and save energy. It has been observed that 2x2 wind chimneys, especially placed at diagonal corners, exhibit the best performance. In this scenario, fuel consumption can be greatly reduced. As a result, it has been determined that double-sided large wind chimneys provide better ventilation and energy savings compared to single-sided models. These findings show that double-sided wind chimneys can be used in building projects to save energy and improve indoor ventilation.

**Key Word** : Local Architecture, Windcatcher, Energy Efficiency, Air Conditioning, Hot And Dry Area, Computer Simulation.

**Science Code** : 80114



## TEŞEKKÜR

Bu araştırma, çok minnettar olduğum bir dizi önemli kişilerin yardım ve desteği ile yapılmıştır. Çalışma sırasında ayrıntılara sürekli dikkat etmenin, iyi yazmanın ve doğrudan yaklaşımın faydalarını bana gösteren akademik danışmanım Dr. Bahar SULTAN QURRAIE'ye çok teşekkür etmek istiyorum. Bu tez sürecinde harika bir akıl hocası olduğu için ona her zaman minnettar kalacağım. Danışmanım dışında, tez jürimin üyeleri olan Doç. Dr. Merve TUNA KAYILI ve Doç. Dr. Mustafa KORUMAZ'a zaman ayırdıkları ve kapsamlı önerileri ve ufuk açıcı tartışmaları için çok teşekkür ederim.

Devam eden desteği ve sabrı için kız kardeşim Elena Imani'ye içtenlikle teşekkür ederim. Bu iş için yaptığı yardım ve desteği sıralamak benim için çok zor. Onun değerli yorumları olmasaydı bu çalışma asla tamamlanamazdı.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve bana destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim. Desteği ve motivasyonu için babama ve duygusal desteği ve sonsuz koruma ve himayesi için anneme gerçekten minnettarım. Onların yardımı ve desteği olmadan bu tezi tamamlamam mümkün olmadığından bu tezi onlara ithaf ediyorum.

Son olarak, bu yolda beni hiç yalnız bırakmayan değerli arkadaşlarım Deniz Sheybani Aghdam, Nesa Masale Dan Zadeh ve Mimarlık Bölümü'ndeki hocalarıma ve arkadaşlarıma, çalışmalarım boyunca bana yardımcı olan tavsiyeleri ve emekleri için tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. ÇALIŞMANIN ARKA PLANI .....	1
1.2. PROBLEM TANIMI .....	3
1.3. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI .....	3
1.4. ARAŞTIRMA SORULARI .....	4
1.5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ VE ANA HATTI .....	5
1.6. TEZ TASLAĞI .....	6
BÖLÜM 2 .....	7
LİTERATÜR İNCELEMESİ .....	7
2.1. DOĞAL HAVALANDIRMA .....	7
2.1.1. Doğal Havalandırmada Konsepti ve Etkili Faktörler .....	11
2.1.2. Doğal Havalandırma .....	12
2.1.4. Doğal Havalandırma Yöntemleri .....	14
2.2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ .....	17
2.2.1. Enerji Verimli Sistemin Kullanmanın Nedeni .....	19
2.2.2. Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği .....	20
2.2.2. Enerji Verimli Sistemde Kullanılan Güncel Teknolojiler .....	21
2.2.3. Enerji Verimliliği ve Modern Mimari .....	23

2.3. RÜZGAR BACALARI İLE DOĞAL HAVALANDIRMA .....	23
2.3.1. Rüzgar Bacalarının Doğrudan Soğutma Etkisi.....	24
2.3.2. Rüzgar Bacalarının Yapısal Soğutma Etkisi.....	25
2.4. DOĞAL HAVALANDIRMA VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ.....	25
2.4.1. Enerji Verimliliği ve Rüzgar Bacaları .....	27
2.4.2. Enerji Verimli Bir Sistemde Rüzgar Bacaları Kullanmanın Faydaları ..	28
2.5. DAHA ÖNCEKİ YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	29
BÖLÜM 3 .....	32
RÜZGAR BACASI / RÜZGAR KULESİ.....	32
3.1. RÜZGAR BACALARININ TARİHÇESİ VE TANIMI .....	33
3.1.1. Dünyadaki Rüzgar Bacalarının Tarihçesi.....	34
3.1.2. İran'daki Rüzgar Bacaların Tarihçesi.....	35
3.2. RÜZGAR BACASININ İŞLEVİ .....	37
3.3. RÜZGAR BACALARININ RÜZGAR YÖNÜNE GÖRE SINIFLANDIRMA .....	40
3.3.1. Rüzgar Bacalarının Kullanım Alanları .....	41
3.3.2. Rüzgar Bacalarında Kullanılan Malzemeler.....	42
3.3.3. Rüzgar Bacasının Yönü .....	45
3.4. RÜZGAR BACASI YAPISI VE ÇEŞİTLERİ.....	48
3.4.1. Rüzgar Bacalarının Ana Formlarına Göre Sınıflandırılması .....	50
3.4.2. Planda Kurulum Yerine Göre Rüzgar Bacalarının Tipolojisi.....	51
3.5. ÇAĞDAŞ MİMARİDE RÜZGAR BACALARI.....	53
BÖLÜM 4 .....	56
ENERJİ PERFORMANSI .....	56
4.1. DOĞAL HAVALANDIRMA .....	56
4.1.1. Rüzgar Kuvveti Etkili Havalandırma .....	57
4.1.2. Termal Kuvvet Nedeniyle Havalandırma.....	58
4.1.3. Pencere Üzerinden Doğal Havalandırma .....	58
4.2. SICAK VE KURU İKLİMLER İÇİN ISI KONFORU.....	59
4.3. ENERJİ TÜKETİMİ .....	61

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.3.2. Enerji Tüketimini Azaltmanın Yolları.....	63
4.4. SIFIR ENERJİLİ BİNA.....	64
4.4.1. Sıfır Enerjili Binalarda Rüzgar Bacasının Kullanılması.....	65
<b>BÖLÜM 5</b> .....	<b>67</b>
<b>MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>67</b>
5.1. MATERYAL.....	67
5.2. ÖRNEK MODEL .....	67
5.3. YAZD ŞEHRİNİN İKLİMİ .....	71
5.3.1. İklim ve Mimari arasındaki İlişkisi.....	74
5.3.2. Hava Sıcaklığı.....	75
5.3.3. Nem Oranı .....	76
5.3.4. Rüzgar Koşulları.....	76
5.3.5. Yazd'de Rüzgar Esme Hızı .....	80
5.4. METODOLOJİ.....	81
5.4.1. Design Builder Programı .....	81
5.4.2. Rüzgar bacası olmayan bina .....	82
5.4.3 Senaryolar .....	83
<b>BÖLÜM 6</b> .....	<b>97</b>
<b>BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>97</b>
6.1. SENARYOLARA AİT BULGULARIN ANALİZİ .....	98
6.2 VERİLERİN AYLIK BAZDA ANALİZİ .....	120
6.3 VERİLERİN GÜNLÜK BAZDA ANALİZİ .....	123
<b>BÖLÜM 7</b> .....	<b>127</b>
<b>SONUÇLAR</b> .....	<b>127</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>131</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>138</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2. 1. İran'ın Yazd kentinde bir sabat [28].....	14
Şekil 2. 2. Kubbe şeklindeki Çatı fonksiyonu şeması[30]. ....	15
Şekil 2. 3. İran'da yüksek duvarlı, havuz ve bitkili bir avlu [28]. ....	16
Şekil 2. 4. Rüzgar Bacası- Yazd, İran [19]. ....	17
Şekil 3. 1. Rüzgar bacası kiremit çatıyı temsil eden bir saksı [15]. ....	34
Şekil 3. 2. Firavun Neb-Amun'un evi [2].....	35
Şekil 3. 3. Khishkhaneh [34].....	37
Şekil 3. 4. Rüzgar bacasının işlevi [35].....	38
Şekil 3. 5. Rüzgar yönüne göre Rüzgar bacaları [3]. ....	40
Şekil 3. 6. Su depoları kullanım alanları [31]. ....	41
Şekil 3. 7. Yazd'de tamir edilen tipik bir Rüzgar bacası [50]. ....	43
Şekil 3. 8. Rüzgar bacası çalışma aşaması [50]. ....	44
Şekil 3. 9. Rüzgar ve Rüzgar bacasının çarpışma şeması [53].....	46
Şekil 3. 10. Bandar Laft'deki Rüzgar bacaların yönü [53]. ....	47
Şekil 3. 11. Yazd'deki Rüzgar bacaların yönü [53].....	47
Şekil 3. 12. Rüzgar bacasının gündüz ve gece işlevi [54].....	48
Şekil 3. 13. Rüzgar bacaların yapıları [55]. ....	49
Şekil 3. 14. Rüzgar bacalarının yapıları [47]. ....	50
Şekil 3. 15. Plandaki kurulum yerine göre rüzgar bacası çeşitleri [48]. ....	53
Şekil 3. 16. (A) Katar Üniversitesi'nde rüzgar bacaları kurulumu (B) Katar Üniversitesi'nde rüzgar bacaları planı [56] .....	55
Şekil 3. 17. (A) Çağdaş Sanat Müzesi, (B) Çağdaş Sanat Müzesi planı, Tahran, İran [68] .....	55
Şekil 5. 1. Planın şehirdeki konumu.....	69
Şekil 5. 2. İncelenen evin planı .....	69
Şekil 5. 3. İncelenen evin dış cephesi .....	69
Şekil 5. 4. Bir 2*2 rüzgar bacası olan binanın plan ve kesitleri.....	70
Şekil 5. 5. İran'daki iklim bölgeleri ve Yazd şehrinin konumu [13].....	73
Şekil 5. 6. Yazd'de yıllık hava durumu diyagramı .....	74
Şekil 5. 7. Yazd şehrindeki kentsel yoğunluk [14] .....	75

Şekil 5. 8. Rüzgar bacası olmayan bina .....	82
Şekil 5. 9. 1x1 boyutlarında tek rüzgar bacası olan bina .....	87
Şekil 5. 10. 1x1 boyutlarında iki rüzgar bacası olan bina .....	88
Şekil 5. 11. 2x2 boyutlarında rüzgar bacası olan bina .....	89
Şekil 5. 12. 2x2 boyutlarında iki rüzgar bacası olan bina .....	90
Şekil 5. 13. Çapraz köşede yerleştirilmiş iki adet 2x2 rüzgar bacası olan bina .....	91
Şekil 5. 14. Çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina	92
Şekil 5. 15. Çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bina .....	93
Şekil 5. 16. Çapraz köşelerde yerleştirilmiş tek taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina	94
Şekil 5. 17. Çapraz köşelerde yerleştirilmiş tek taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bina .....	95
Şekil 5. 18. binanın ortasına yerleştirilmiş tek bir çift taraflı 1x1 rüzgar bacası ...	96
Şekil 6. 1. Yılın sıcak aylarında Rüzgar bacası olmadan binada soğutma yükü....	100
Şekil 6. 2. Yılın sıcak aylarında Rüzgar bacası olmadan binada havalandırma aralığı .....	101
Şekil 6. 3. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü ...	102
Şekil 6. 4. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı .....	103
Şekil 6. 5. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü ...	104
Şekil 6. 6. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı .....	104
Şekil 6. 7. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü ...	105
Şekil 6. 8. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı .....	106
Şekil 6. 9. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü ...	107
Şekil 6. 10. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı .....	108
Şekil 6. 11. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü .	109
Şekil 6. 12. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı .....	110
Şekil 6. 13. Çapraz köşelerde iki adet tek taraflı 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü .....	111
Şekil 6. 14. Çapraz köşelerde iki adet tek taraflı 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı.....	112
Şekil 6. 15. Çapraz köşelerde iki adet tek taraflı 2x2 Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü .....	113

Şekil 6. 16. Çapraz köşelerde iki adet tek taraflı 2x2 Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı.....	114
Şekil 6. 17. Çapraz köşelerde iki adet çift taraflı 1x1 Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü .....	115
Şekil 6. 18. Çapraz köşelerde iki adet çift taraflı 1x1 Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı.....	115
Şekil 6. 19. Çapraz köşelerde iki adet çift taraflı 2x2 Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü .....	116
Şekil 6. 20. Çapraz köşelerde iki adet çift taraflı 2x2 Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı.....	117
Şekil 6. 21. Binanın ortasına yerleştirilmiş tek bir çift taraflı 1x1 Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü .....	118
Şekil 6. 22. Çapraz köşelerde iki adet tek taraflı 1x1 Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı.....	119
Şekil 6. 23. Binaların havalandırma verilerinin aylık bazda analizi .....	121
Şekil 6. 24. Binaların soğutma yükü verilerinin aylık bazda analizi .....	122
Şekil 6. 25. Binaların soğutma yükü verilerinin total analizi.....	123
Şekil 6. 26. Binaların bir gün için havalandırmada analizi .....	124
Şekil 6. 27. Binaların bir gün için soğutma yükü analizi.....	125

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 6. 1. Binanın soğutma yükü .....	100
Çizelge 6. 2. Binanın havalandırma aralığı .....	101
Çizelge 6. 3. Binanın soğutma yükü .....	102
Çizelge 6. 4. Binanın havalandırma aralığı .....	103
Çizelge 6. 5. Binanın soğutma yükü .....	104
Çizelge 6. 6. Binanın havalandırma aralığı .....	105
Çizelge 6. 7. Binanın soğutma yükü .....	105
Çizelge 6. 8. Binanın havalandırma aralığı .....	106
Çizelge 6. 9. Binanın soğutma yükü .....	107
Çizelge 6. 10. Binanın havalandırma aralığı .....	108
Çizelge 6. 11. Binanın soğutma yükü .....	109
Çizelge 6. 12. Binanın havalandırma aralığı .....	110
Çizelge 6. 13. Binanın soğutma yükü .....	111
Çizelge 6. 14. Binanın havalandırma aralığı .....	112
Çizelge 6. 15. Binanın soğutma yükü .....	113
Çizelge 6. 16. Binanın havalandırma aralığı .....	114
Çizelge 6. 17. Binanın soğutma yükü .....	115
Çizelge 6. 18. Binanın havalandırma aralığı .....	116
Çizelge 6. 19. Binanın soğutma yükü .....	117
Çizelge 6. 20. Binanın havalandırma aralığı .....	117
Çizelge 6. 21. Binanın soğutma yükü .....	118
Çizelge 6. 22. Binanın havalandırma aralığı .....	119
Çizelge 6. 23. Binaların havalandırma verilerinin aylık bazda analizi .....	121
Çizelge 6. 24. Binaların soğutma yükü verilerinin aylık bazda analizi .....	122
Çizelge 6. 25. Binaların soğutma yükü verilerinin total analizi.....	123
Çizelge 6. 26. Binaların bir gün için havalandırmada analizi .....	124
Çizelge 6. 27. Binaların bir gün için soğutma yükü analizi.....	125
Çizelge 6. 28. Rüzgar bacası modellerinin 0 örneğini baz alarak yüzde oranları..	126



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Küresel ısınma, potansiyel etkileri ve ciddiyeti nedeniyle toplumun bugün en büyük ve önemli sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir [1]. Binalar küresel enerji tüketiminin yaklaşık %40'ını oluştururken, gerçek şu ki, tüm bina hizmetleri arasında ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri, özellikle fosil kaynaklarla çalışan binalarda, en büyük enerji tüketicileridir. İnsanlar zamanlarının %80-90'ını iç mekanlarda çalışarak ve yaşayarak geçirdiklerinden, kaliteli bir iç ortamın hayati önemi vardır. Ayrıca, sürdürülebilir bina konsepti, soğutma, enerji tüketimi ve sera gazı azaltma gibi unsurları içeren uygulanabilir ve çekici bir strateji olarak değerlendirilebilir.

Son yıllarda, Orta Doğu'nun sıcak ve kurak bölgelerinde pahalı ve rahatsız edici bir mimari tanıtıldı. Bu mimari, çoğunlukla Modern Hareket kavramlarına dayanmaktadır. Bazen uluslararası mimari olarak da bilinen bu yaklaşım, bölgenin iklimine saygı göstermez ve mekanik donanıma dayanır. Hassan Fathi'nin dediği gibi, "Modern bir mimariden kaynaklanan çağdaş tasarımların cazibesi, mimariyi asıl amacından uzaklaştırır ve işlevselliği unutturur, çünkü yeni ve modern olma etkisi altındadır" [2].

#### 1.1. ÇALIŞMANIN ARKA PLANI

Sıcak ve kuru bölgelerde, ısıtma için enerji tüketimi genellikle önemsizken, iklimlendirme ve soğutma büyük bir talep baskın bir sorundur. Sonuç olarak, doğal havalandırma gelecek nesiller için doğal bir çözüm olacaktır. Ancak iklim değişikliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, tüm bu sorunların çözülmesine yardımcı olabilir [3]. Neyse ki, İran'daki Yazd gibi sıcak ve kurak bölgelerdeki şehirlerin eski mahallelerinde, geleneksel mimarinin ilkeleri göz önünde

bulundurulduğunda, asırlık bir deneyimle karşılaşırız. İran'ın yerel mimarisi, sadece rüzgar enerjisini kullanarak mekanik sistemlere ihtiyaç duymadan rahatlatıcı iç mekanlar elde etmektedir.

Diğer bir deyişle, geleneksel evler, rüzgar bacaları, iç avlular, yarı açık alanlar ve yeterli pencereler kullanarak kullanıcılara iç konfor sağlar. Rüzgar enerjisinin özellikle konut kullanımı için uygun olmasının en az iki geçerli nedeni vardır. İlk olarak, rüzgar dağılır ve dünya yüzeyinin geniş alanlarına ulaşır, yani belirli coğrafi konumlarla sınırlı değildir. Bu nedenle, binalar dağınık veya uzakta olsa bile bu enerji kaynağına her zaman erişilebilir. İkincisi, rüzgar enerjisi kullanıldığında atık ürün oluşmaz. Bu da demek oluyor ki rüzgar enerjisi kullanımı doğaya ve çevreye herhangi bir zarar vermez. Rüzgar bacaları (Farsça'da "Badgir" olarak bilinir), bayat havayı taze dış hava ile değiştirerek, kirlilik konsantrasyonlarını ve hava nemini azaltarak iç hava kalitesini artıran iyi bilinen doğal havalandırma cihazlarıdır [2]. İran'ın sıcak ve kuru bölgelerinin mimarisinde rüzgar bacaları (Badgir), iklimsel bir faktör olarak kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve analiz edilmiştir. Bununla birlikte, rüzgar bacalarının mimaride ne zaman ve nasıl ortaya çıktığına dair kaynaklar genellikle sınırlıdır ve rüzgar bacalarının İran mimarisinde çok eski bir unsur olduğunu belirtmektedir. Bu unsurların güçlü iklimsel ve işlevsel rolüne rağmen, geleneksel mimaride rüzgar bacalarının ne zaman ve hangi faktörlerin etkisi altında ortaya çıktığını, nasıl evirildiğini ve geliştiğini bilmek, bölgenin yerel bilgisini ve mimarisini anlamamızda önemli bir rol oynayacaktır [4].

Rüzgar bacaları, sıcak ve kuru iklimler başta olmak üzere dünyanın birçok yerinde doğal havalandırma sağlamak için yüzyıllardır kullanılmaktadır. Bu eski yapılar, genellikle bir binanın çatısına yerleştirilen ve farklı şekil ve stillere sahip uzun yapıları ifade eder. Rüzgar bacaları, popüler olduğu bölgelerdeki insanlar tarafından uzun yıllardır havalandırma ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmıştır. Bazı durumlarda, rüzgar bacaları yer altı su kanalları veya rezervuarlarıyla entegre edilerek, havayı donma noktasına kadar soğutabilmektedir; bu sayede yiyecek ve erzaklarını aylarca koruyabilmektedirler. Rüzgar bacaları özellikle rüzgarlı bölgelerde etkin bir şekilde kullanılmıştır [5].

## 1.2. PROBLEM TANIMI

Yazd gibi şehirlerin eski mahallelerinde hala rüzgar bacaları ve avlulu yüzlerce ev bulunmaktadır ve bunlar önemli araştırma kaynaklarıdır. Bu tür formlar, çağdaş mimaride ya orijinal halleriyle ya da yeni gelişmeler için temel olarak kullanılabilir. Bu, performanslarının ardındaki ilkelerin derinlemesine anlaşılmasını gerektirir. Çağdaş bir konut binasında, sıcak ve kuru iklime sahip Yazd'de doğal havalandırmayı sağlamak için rüzgar bacası tipi ve boyutunun etkinliğini analiz etmek amacıyla problemin ifadesi ve araştırma soruları belirlenmiştir. Binanın fiziksel analizine yönelik çalışmaların uzun bir geçmişi bulunmaktadır; ancak çeşitli sebeplerden dolayı son yıllarda mimarlar ve tasarımcılar tarafından daha az ilgi görmektedir. Rüzgar bacalarının özelliklerini ve performansını iyileştirmek için birçok tasarım önerisi, çeşitli çalışmalarda defalarca ele alınmıştır [4]. Sıcak ve kuru iklimlerde, rüzgar bacalarının performansı sınırlanabilir ve bu da binaya giren taze hava miktarının düşük olmasına neden olabilir. Ayrıca hava koşullarından bağımsız olarak, bir diğer sorun da rüzgar bacalarının boyutu ve yönelimidir, bu da havalandırma verimini düşürür [3]. Mevcut araştırmayı farklı kılan, İran'da sıcak ve kuru iklim bölgesi olan Yazd için aynı binada rüzgar bacalarının kullanılmasına yönelik bir planın tanıtılması ve bu iklimdeki tipik bir evle karşılaştırma yapılmasıdır. Araştırmanın ana problemi, havalandırmayı iyileştirmek için farklı boyutlardaki rüzgar bacalarının performansını araştırmak ve rüzgar akışının hacmini ve hızını ifade etmektir.

## 1.3. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu araştırmanın amacı, Yazd gibi sıcak ve kurak bölgelerde uygun havalandırmayı sağlayabilen ve binaların doğal havalandırmasına uygun rüzgar bacası tiplerinin araştırılması ve tasarlanmasıdır. Araştırma, geleneksel mimarinin bir unsuru olan rüzgar bacalarının kullanılmasıyla, sıcak ve kuru havalarda bir konut binasının katlarında ısı performansını ve havalandırmayı incelemektedir. Amaç, çağdaş konutlarda farklı boyutlardaki doğal havalandırma sistemlerinin performansını ve verimliliğini analiz etmektir. Bu amaç doğrultusunda, aşağıdaki hedeflere odaklanılmaktadır:

Hedef 1: Yazd gibi sıcak ve kurak bir bölgede çağdaş mimariyi kullanarak modern bir

bina tasarlamak

Hedef 2: Farklı rüzgar yönlerine göre yeni tasarımın uygulanması.

Hedef 3: Rüzgar bacalarının binanın doğal havalandırması üzerindeki etkisini araştırmak

Hedef 4: İki farklı boyutlarda Rüzgar bacasının performansını inceleyip karşılaştırmak

Hedef 5: Havuz ve yüksek rüzgar bacası kullanmadan yere gömerek rüzgar bacasının performansını arttırmak.

Literatür taraması, bu çalışmanın odak noktasıyla ilgili otantik belgeler elde etmeye yardımcı olur ve konuya farklı bakış açıları sunar. Mevcut araştırmanın odak noktası, sıcak ve kuru bir iklimde yeterli havalandırma ve iç hava kalitesini sağlayabilen bir rüzgar bacası tasarımının geliştirilmesidir. Bu çalışmanın yaklaşımı, aynı yükseklikte ancak farklı kesitlere sahip iki tip rüzgar bacasının işlevsel özelliklerini ve verimliliklerini karşılaştırmak ve sonuçlara ulaşmak üzerine odaklanmaktadır. Araştırmada sıcak ve kuru bir iklim seçilmiş ve bu iklim türü için farklı kaynaklar incelenerek en uygun konut binası modeli belirlenmiş ve doğal havalandırmaya dayalı havalandırma yöntemi kullanılmış ve farklı stratejiler arasında bir rüzgar bacası analiz edilmiştir. Bir sonraki adımda, binadaki rüzgar bacası modellerinin performansı, soğutma potansiyeli ve hava akış miktarını değerlendirmek için Design Builder yazılım programı kullanılarak simüle edilerek analiz edilmiş ve binadaki hava kalitesi insan konforu açısından çeşitli açılardan incelenmiş ve en iyi model belirlenmiştir.

#### **1.4. ARAŞTIRMA SORULARI**

Bir binanın hava hareketi davranışı, havalandırma oranı ve ısıl davranışı, rüzgar bacasının varlığına bağlı olarak incelenen bilgilerdir. Rüzgar bacasına sahip olma konsepti, çağdaş tasarımda hala ilgi gören bir tema olarak kabul edilmektedir. Bu kavram, bu çalışmanın ilerlemesi için bir hipotez olarak benimsenmiş ve buna dayanarak çeşitli hedefler belirlenmiştir. Rüzgar bacalarının çağdaş mimari bağlamında orijinal formlarında kullanılıp kullanılmayacağı veya bazı değişikliklerin gerekip gerekmeyeceği gibi sorular, bu ilkelerin derinlemesine anlaşılmasını gerektiren sorulardır. Bu araştırmanın cevaplamaya çalıştığı sorular da bu ilkeleri popüler hale getiren sorulardır:

1. Rüzgar bacasının alan bükülüğü yüksekliği sabitken bir binanın havalandırma performansını nasıl etkileyebilir?

Alt sorular:

1. Binaya yerleştirme yönü rüzgar bacasının performansını etkiler mi?
2. Rüzgar bacasının performansı farklı zaman dilimlerinde farklılık gösteriyor mu?

## **1.5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ VE ANA HATTI**

Bu bölümde araştırmanın yöntemi ve aşamaları hakkında kısaca bilgi verilmektedir. Araştırmanın amaç ve hedeflerine ulaşmak için araştırma yöntemi beş ana adımdan oluşmaktadır.

Birinci aşama literatür taraması, ikinci aşama sıcak ve kuru hava koşullarında araştırma modeli tasarlama, üçüncü aşama farklı boyutlarda rüzgar bacasını tasarlayarak plan üzerinde uygulama, dördüncü aşama bilgisayar yazılım ortamında simüle etme, beşinci aşama, tasarımın performansını ve verimliliğini aynı iklimde bulunan bir bina ile karşılaştırmaktır.

Adım 1: Literatür taraması

Bu adımın amacı, rüzgar bacalarının türleri, doğal havalandırma, hava koşulları, rüzgar bacasının performansını iyileştirebilecek özellikler ve doğal havalandırmayı incelemek için kullanılan farklı yöntemler hakkındaki sistematik literatürü gözden geçirmektir.

Adım 2: Sıcak ve kuru hava koşullarında bir araştırma modeli tasarlama

Bu adımın amacı, Yazd gibi sıcak ve kuru iklimdeki çağdaş bir konut binasında doğal havalandırma için rüzgar bacasının etkinliğini analiz etmektir. Önerilen prototip bina, çatısında rüzgar bacası bulunan bir konut binasıdır. Bu yapıda rüzgar bacası yardımıyla havalandırma sağlanmaktadır.

Adım 3: Rüzgar bacasının farklı boyutlarının tasarlanması ve planlanması

Bu adımın amacı, farklı boyutta yeni bir rüzgar bacası tasarlamaktır. Yeni tasarımın bina sakinlerine yeterli havalandırma sağlayıp sağlamadığı ve enerji tüketiminde faydalı olup olmadığı tartışılıyor. Rüzgar bacalarının hepsi zemin döşemesinin toprak altına kadar uzatılmaktadır.

Adım 4: Bilgisayar yazılımı kullanarak simülasyon

Bu adımın amacı, Design Builder bilgisayar yazılımını kullanarak enerji simülasyonu gerçekleştirmektir. Buna göre, mevcut bir bina üzerinde farklı senaryolar tanımlanıp ve enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır.

Adım 5: Yeni tasarımın verimliliğini orijinal tasarımla karşılaştırmak

Bu aşamada bir önceki bölümde geliştirilen senaryoların enerji verimliliği karşılaştırılıp tartışılacaktır.

## 1.6. TEZ TASLAĞI

Bu araştırma altı bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölüm giriş bölümü olup, ikinci bölüm literatür taramasından oluşmaktadır. Ardından üçüncü bölüm ise doğal havalandırma çalışma yöntemlerini içerir. Tezin dördüncü bölümünde enerji verimliliği konusu ele alınıp beşinci bölümünde ise çalışmanın materyal ve metot kısmına yer verilmiştir. Tezin altıncı bölümünde: bulgular ve tartışma bölümü yer almakta, yedinci ve son bölümünde ise sonuç ve öneriler bölümü kurgulanmıştır.

Bölüm 1: Giriş, bu bölüm araştırmanın arka planını, problemin ifadesini, amaç ve hedefleri, kısaca araştırma yöntemini ve çalışmanın önemini içerir.

Bölüm 2: Literatür taraması, doğal havalandırma ve yöntemleri ile ilgili önceki çalışmaların kapsamlı bir incelemesini içerir.

Bölüm 3: Doğal havalandırma yöntemi olan rüzgar bacası araştırılır.

Bölüm 4: Hava akımı ve enerji verimliliği, enerji tüketim performansı içeren ayrıntıları araştırır.

Bölüm 5: Materyal ve metot, Örnek model tanıtması ve çalışılacak senaryoların tartışılması

Bölüm 6: Bulgular ve tartışma, bu bölüm teorik ve deneysel yöntemlerin sonuçlarını sunar ve mevcut modelle ilgili çalışmalara dayalı olarak bulguların tartışılmasını açıklar.

Bölüm 7: Sonuç ve Öneriler. Bu çalışma sırasında elde edilen sonuç ve bulgular tartışılmıştır. Ayrıca, bu çalışmanın sınırlılıkları sunulmakta ve daha ileri çalışmalar önerilmektedir.

## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR İNCELEMESİ

Havalandırma, bir mekanın içi ve dışı arasında hava alışverişi yaparak tipik olarak iç mekan hava kalitesini korumak, sıcaklık ve nemi kontrol etmek amacıyla gerçekleştirilen bir işlemdir. Bu süreç, bayat ve kirli havayı uzaklaştırarak bina sakinlerinin sağlık ve konforunu iyileştirebilecek taze dış hava ile yer değiştirmeyi hedefler [12].

Havalandırma, doğal olarak açıklıklar gibi pencere ve kapılar aracılığıyla gerçekleşebileceği gibi, fanlar ve klima üniteleri gibi mekanik sistemlerle de kontrol edilebilir. Doğal havalandırma, mekanik havalandırma ve doğal ile mekanik yöntemlerin birleştiği hibrit havalandırma gibi çeşitli havalandırma sistemleri bulunmaktadır. Doğru bir şekilde uygulanan havalandırma, iyi iç mekan hava kalitesini koruma açısından önemlidir ve kirleticilerin, küf ve diğer zararlı maddelerin birikmesini engellemeye yardımcı olabilir. Özellikle yoğun insan trafiği olan yerlerde veya kirletici maddelerin üretildiği binalarda, örneğin yemek pişirme, sigara içme veya temizlik ürünleri kullanma gibi faaliyetlerin gerçekleştiği alanlarda havalandırma önem taşır [13].

#### 2.1. DOĞAL HAVALANDIRMA

"Havalandırma" kelimesi, Latince kökenli "venture" kökünden gelir ve "hava hareketi veya yer değiştirme" anlamına gelir. Havalandırma, bir binanın içindeki havayı dışarıdan taze hava ile değiştiren bir işlemdir ve uzun bir süredir dünyadaki orijinal soğutma yöntemi olarak kullanılmaktadır [17]. Doğal havalandırma, rüzgar, basınç farkları ve sıcaklık farkları gibi doğal yollarla iç mekanlara taze hava ve soğutma sağlayan bir yöntemdir. Fanlar ve iklimlendirme sistemleri gibi mekanik

havalandırmadan farklı olarak, doğal havalandırma pasif teknikler kullanarak havayı bir binada dolaştırıp dış hava ile değiştirir [18].

Doğal havalandırma, sürdürülebilirliği sağlamanın en pratik ve etkili yollarından biridir. Klimalar ve diğer mekanik ekipmanlar kullanmadan taze havanın girmesine izin veren bir yöntemdir. Dünyadaki fosil enerji kaynaklarının azalması ve yok olmasıyla birlikte, insanlar belki de doğal kaynaklara dayanarak daha sürdürülebilir bir gelecek inşa edebilirler. Geleneksel mimaride, farklı iklimlere bağlı olarak farklı yapı türleri bulunmaktadır. Atalarımız, malzeme ve yapı biçimlerini zorlu iklim koşullarına uyacak şekilde tasarlamış ve insan konforu ve huzuru için en iyi koşulları sağlamışlardır.

Orta Asya ve Orta Doğu'nun geleneksel mimarisi, yerel iklim ve halk kültürünün bir ürünüdür. Bu mimari, insan ihtiyaçları ve çevreyi dikkate alan temel faktörleri tasarımlarında ön planda tutar. Bölgenin geleneksel ve yerel mimarisi, çevresel sorunlara gerçekçi çözümler ve araçlar sunarak binalarda yaygın bir mimari özelliği olan Rüzgar Bacaları gibi yerel çevre sorunlarına çözümler getirmiştir. Rüzgar bacaları, geleneksel İran mimarisinde kullanılan ve binalarda doğal havalandırma sağlamak için kullanılan bir cihazdır. 1970'lerin enerji krizinden bu yana, ekolojik veya sürdürülebilir mimarlık hareketi, mimarların buldukları yere uygun çevresel binalar inşa etme fikrine odaklanmıştır. Son yıllarda, bu geleneksel çevresel cihazlar ve gelecekteki potansiyel binalar için kullanımları hakkında artan bir farkındalık bulunmaktadır. Ancak geleneksel ve yerel mimari, insan ihtiyaçlarını ve çevreyi dikkate alarak modern çevre sorunlarına gerçekçi çözümler sunmuştur [19].

Yöresel mimari veya geleneksel mimari, genellikle doğal havalandırma tekniklerini birleştirerek mekanik sistemler kullanmadan konforlu iç mekanlar yaratmanın bir yoludur. Yerel mimari, belirli bir bölgeye veya kültüre özgü olan ve genellikle yerel iklimi, malzemeleri ve sosyal gelenekleri yansıtan geleneksel inşaat tekniklerini ve tarzlarını ifade eder [2]. Dünya genelinde, yerel mimari, yerel iklim koşullarına uyarlanmış doğal havalandırma teknikleri geliştirmiştir. Örneğin, sıcak ve kurak bölgelerde olduğu gibi Orta Doğu'da binalar, çapraz havalandırmaya ve serinletici esintilere izin veren kalın duvarlar ve küçük açıklıklarla birlikte güneş ısısı kazanımını



azaltacak şekilde tasarlanmıştır. Benzer şekilde, tropikal bölgelerde binalar genellikle geniş sarkık çatılar ve açık verandalarla birlikte gölge sağlar ve doğal havalandırmaya izin verir [12].

Geleneksel mimaride, konforlu ve sürdürülebilir iç mekanlar yaratmak için doğal havalandırma teknikleri genellikle diğer tasarım özellikleriyle entegre edilir. Örneğin, geleneksel Orta Doğu mimarisinde avlular, su özellikleri ve bitki örtüsü, buharlaşma yoluyla soğutma sağlamak ve doğal gölgeleme sunmak için sıklıkla kullanılırken, sıcak ve kurak bölgelerde rüzgar bacaları ve yer altı su kanalları gibi havalandırma ve soğutma sağlayan unsurlar kullanılabilir.

Doğal havalandırma, mekanik sistemlerin kullanılmadan optimum iç hava kalitesini sağlamak ve kabul edilebilir termal konforu elde etmek için önemli bir rol oynar. Bu sayede, sürdürülebilir ve enerji açısından verimli yöntemlerle taze hava dağıtımı bina sakinlerine sağlanır. Binaların fosil soğutma yükünün büyük bir kısmını oluşturması ve temiz hava gibi önemli bir insan ihtiyacı olduğu düşünüldüğünde, binaların düşük enerji tüketimine sahip şekilde tasarlanması ve inşa edilmesi gereklidir [21]. Havalandırma, hastalıkların, özellikle tüberküloz, grip ve COVID-19 gibi hava yoluyla bulaşan hastalıkların yayılmasını önlemede önemli bir rol oynayabilir. Yeterli havalandırma, havadaki enfeksiyon riski taşıyan partiküllerin seyreltilmesine ve uzaklaştırılmasına yardımcı olarak, bu partiküllerin havadaki konsantrasyonunu azaltır ve bulaşma riskini azaltır. İç mekanlarda, dışarıdan getirilen hava miktarının artırılması ve havanın mekanın tüm alanlarına eşit olarak dağıtılmasıyla havadan bulaşan hastalıkların bulaşma riski azaltılabilir. Bu, doğal havalandırma yöntemleri (açık pencereler veya vantilasyonlar gibi) veya mekanik havalandırma sistemleri (klima veya havalandırma sistemleri gibi) aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Havalandırma, havadan bulaşan hastalıkların yayılmasını önlemede önemli bir rol oynar ve özellikle salgın durumlarında iç mekanların tasarımı ve işletilmesi sırasında havalandırma stratejileri göz önünde bulundurulmalıdır [28].

İç mekanlara taze hava ve serinlik sağlamak için kullanılacak çeşitli doğal havalandırma teknikleri vardır. En yaygın doğal havalandırma türlerinden bazıları şunlardır:

Çapraz havalandırma: Bu tür doğal havalandırma, binanın zıt taraflarında açıklıklar oluşturarak bir alan içinde bir basınç gardiyanı oluşturma prensibine dayanır. Hava bir açıklıktan binaya akarken, diğer açıklıktan havayı dışarı çeken bir basınç farkı yaratarak taze hava ve soğutma sağlar.

Yığın havalandırma: Bu tür doğal havalandırma, sıcak havanın yükseldiği ve soğuk havanın alçaldığı termal kaldırma kuvveti ilkesine dayanır. Bir binanın üstünde ve altında açıklıklar oluşturarak, sıcak hava üst açıklıklardan kaçabilir ve alt açıklıklardan daha soğuk havayı çekebilir.

Rüzgarla çalışan havalandırma: Bu tür doğal havalandırma, taze hava ve soğutma sağlamak için rüzgar tarafından üretilen havanın hareketine dayanır. Binanın hakim rüzgarlara bakan tarafında açıklıklar oluşturarak, hava binanın içine çekilebilir ve boşlukta sirküle edilebilir.

Hibrit havalandırma: Bu tür doğal havalandırma, yerel iklime ve bina tasarımına bağlı olarak doğal havalandırmanın faydalarını optimize etmek için farklı stratejileri birleştirir. Örneğin, bir hibrit havalandırma sistemi, yaz aylarında baca havalandırması ve kış aylarında rüzgarla çalışan havalandırma kullanabilir.

Gece soğutması: Bu tür doğal havalandırma, bir binayı soğutmak için geceleri dış ve iç hava arasındaki sıcaklık farkından yararlanır. Geceleri pencereleri veya havalandırmaları açarak, soğuk hava binaya çekilebilir ve gün boyunca mekanik soğutma ihtiyacını azaltarak mekanda sirküle edilebilir [22].

Bina tasarımında, iç hava kalitesini iyileştirmek, fazla ısıyı ve nemi uzaklaştırmak, konforu artırmak için yaygın olarak kullanılan iki havalandırma türü vardır: yatay havalandırma ve dikey havalandırma.

Yatay havalandırma, bir yapıda tipik bir hava akışı oluşturmak için rüzgar yönüne doğru bir delik açılarak başlar ve çapraz köşeye doğru başka bir delik açılarak devam eder. Rüzgarın yatay yönde estiği durumlarda, içerisinde delikler olsa bile hava akışı

yatay yönde devam eder. Bu yöntem, yatay havalandırma veya iklimlendirme olarak adlandırılır.

Dikey havalandırma ise değişen iç ve dış hava sıcaklıklarından kaynaklanan hava akımının, dikey yönde bir akışa dönüşmesidir. Odanın içi ve dışı arasındaki sıcaklık farkı ve farklı ortamlar arasındaki yoğunluk farkı, değişen basınç oluşturarak rüzgarın dikey yönde hareket etmesine yol açar. Hava dikey yönde hareket etmeye başladığında doğal havalandırma gerçekleşmiş olur. Bu tür havalandırma genellikle baca havalandırması olarak da adlandırılır [17].

Havalandırma tipi seçimi, bir binanın yönü, iklim koşulları, bina sakinlerinin ihtiyaçları gibi birçok faktöre bağlıdır. İç mekan konforunu sağlamak için hem yatay hem de dikey havalandırma yöntemleri kullanılabilir. Doğru havalandırma stratejisi, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Yatay ve dikey havalandırma, iç mekânlarda temiz hava akışını sağlamak, sağlıklı bir yaşam ortamı oluşturmak ve enerji tasarrufu sağlamak için önemli rol oynar. Bu nedenle, bina tasarımında doğru havalandırma yönteminin seçimi ve uygulanması büyük önem taşır.

### **2.1.1. Doğal Havalandırma Konsepti ve Etkili Faktörler**

Geleneksel İran evleri, sıcak ve kuru iklim koşullarına uygun en konforlu ve akılcı tasarımları temsil eder. Bu evlerin avlulu yapısı, kalın duvarlar, eyvanlar, bodrumlar, rüzgar bacaları ve kubbeler gibi özellikleri, çevreyle uyumlu bir şekilde tasarımın bir yansımasıdır. Bu evler, çevreyi anlama ve kullanma konusunda net bir anlayış sergiler.

Bu tarz evlerdeki odaların mevsimsel kullanımı, avlu odaklı düzenleme ve çatının uygun kullanımı gibi özellikler, kurak iklimin zorluklarına basit ama etkili çözümler sunar. Bu evler, tasarım ve yapım sürecinde büyük ölçüde doğal enerji kaynaklarına dayanır. Ucuz ve doğal enerjiyi etkin bir şekilde kullanır, kışın güneş ışığını en üst düzeye çıkarırken yazın gölge sağlar. Aynı zamanda doğal havalandırmayı da kullanır. İklimlendirme, bir mekândaki havanın değiştirilmesi veya hareket ettirilmesi yoluyla taze hava sağlama, sıcak ve nemli havayı uzaklaştırma, ortamı soğutma ve insanlara

ısı konforu sağlama işlemidir. Doğal havalandırma yöntemi ise havanın içeriden geçirilerek gerçekleştirilir.

Geleneksel İran evleri, çevre dostu ve enerji verimli olmalarının yanı sıra iç mekanlarda konforlu bir yaşam sağlamak için doğal havalandırma ve iklimlendirme prensiplerini kullanır. Bu tasarım ve uygulama yöntemleri, enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunar [22].

Doğal havalandırma üç iklim olgusuna dayanmaktadır;

Rüzgar hızı,

Rüzgar yönü ve

Sıcaklık farkıdır.

1. Rüzgar hızı tanımında belirtildiği üzere, bina ile temas halinde olan rüzgar akımı, binanın çevresinde bir basınç alanı oluşturur. Bu basınç alanının büyüklüğü rüzgar hızına bağlıdır. Havalandırma ise, rüzgar hızının saniyede 5,2 metreden daha fazla olduğu durumlarda etkilidir.
2. Rüzgar yönü, bir binadan geçen havanın hareketini belirleyen temel faktördür. Rüzgar, binanın üzerinden geçtiğinde, değişen pozitif veya negatif basınç bölgeleri oluşturur ve hava bu basınç bölgelerinden negatif basınç bölgelerine doğru akar. Bu durum, havanın binadan nasıl geçtiğini belirleyen bir süreci ifade eder.
3. Sıcaklık farklarının tanımında, sıcaklık arttıkça havanın yoğunluğunun azaldığı ve havanın yukarı doğru hareket ederek yerini daha soğuk hava aldığı bir fenomen olan "baca etkisi" den bahsedilebilir. Bina içi ile dışı arasında ve farklı alanlar arasındaki sıcaklık farkı, basınç farkına ve dolayısıyla hava hareketine neden olur. Bu durum, sıcaklık farklarına bağlı olarak havanın hareket ettiği bir süreci ifade eder [23].

### **2.1.2. Doğal Havalandırma**

Tek başına alan soğutma şu anda enerji tüketiminin oldukça küçük bir kısmını temsil ederken, son araştırmalar iklim değişikliği nedeniyle daha sıcak yazlar yaşandığından dolayı hızlı bir büyüme göstermektedir. Soğutma genellikle termal konforla

ilişkilendirilse de, ısı dalgalarının etkisi gelişmiş ülkelerde bile yılda yaklaşık bin ölüme neden olabileceğini gösteren kanıtlar bulunmaktadır [26]. Bu durum, sıcaklık artışlarına bağlı olarak hava soğutma ihtiyacının artacağını ve bunun da enerji tüketimi üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. İklim değişikliğiyle birlikte daha sıcak hava koşullarına uyum sağlamak ve sağlıklı iç mekanlar sağlamak için etkili ve enerji verimli soğutma çözümlerine odaklanmanın önemi giderek artmaktadır.

Doğal havalandırma, eski orta doğu binalarında enerji performansını iyileştirmek amacıyla kullanılan geleneksel bir yöntemdir. Bu yöntem özellikle nispeten kuru ve sıcak iklimlerde etkilidir [27]. Dış hava, neme doyurulur ve çığ noktası sıcaklığına kadar soğutulur. Rüzgar bacasının yüksek hava akış hızıyla birleştiğinde, iç ortamın sıcaklık yükü azaltılabilir ve bina sakinleri için daha fazla termal konfor sağlanabilir. İyi bir tasarım tekniği olan ıslak kolonlar veya yeraltı suyu akımları aracılığıyla ortam havası, soğuk havayı yapının içine girmeden önce çekmek için kullanılabilir. Rüzgar bacaları, yüzyıllar boyunca rüzgarın yönüne ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak çeşitli tiplerde tasarlanmıştır [21].

Bu geleneksel yöntem, enerji tüketimini azaltırken doğal havalandırma yoluyla sağlıklı ve konforlu iç mekanlar oluşturmayı hedefler. Özellikle iklim değişikliğiyle birlikte artan sıcak hava koşulları göz önüne alındığında, doğal havalandırma gibi yerel çözümler enerji verimliliğini ve sürdürülebilirliği artırmak için önemli bir rol oynamaktadır.

Doğal havalandırma kentsel alanlardan yapı alanlarına kadar ölçeğe göre dört bölümde sınıflandırabiliriz:

1. Kent dokusu; Kentsel mekanların yönü, yoğunluğu, formu, geçitler ve kentsel öğeler gibi pek çok parametre bu bölümde etkilidir.
2. Yapı formu; İkinci ölçek bina formu, kentsel ölçekten yapı mekanlarına kadar en önemli unsurlardan biridir.
3. İç mekanlar ve elemanlar; Üçüncü ölçek, geleneksel binalardaki iç mekanlar ve unsurlar olacaktır. Sıcak ve soğuk mevsimlere göre genellikle iki kısım vardır: yazlık kısım (Nesar) ve kışlık kısım (Panah)

4. Malzemeler; dördüncü ve son ölçek ise maddidir. Geleneksel mimaride kullanılan malzemelerdeki iki bütünsel özelliği, Malzemelerdeki öz-yeterlik ve bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri olarak adlandırabiliriz [28].

#### 2.1.4. Doğal Havalandırma Yöntemleri

Geleneksel mimarlar, yapıları uygun rüzgarlara göre yönlendirerek bölgenin avantajlarını ve potansiyel olanaklarını en iyi şekilde değerlendirmişlerdir. Bu şekilde doğal havalandırma yoluyla konforlu koşullar sağlanmıştır. Farklı koşullarda doğal havalandırma performansını artırmak için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. İşte bazı yöntemlerin kısa açıklamaları:

**Gölgeleme:** Yapı içinde doğrudan güneş ışığından kaçınmak için revaklar, saçaklar gibi elemanlar veya alanlar oluşturmak. Bu şekilde güneş ışığı ile gölgeler arasındaki sıcaklık farklarından yararlanılarak uygun doğal havalandırma sağlanabilir. Örneğin, geleneksel İran mimarisinde kullanılan SABAT ögesi bu amaca hizmet etmektedir (Şekil 2.1.) [28].



Şekil 2. 1. İran'ın Yazd kentinde bir sabat [28].

Esintiyi yönlendirmek: İnşaat aşamasında, binaların rüzgarın estiği yöne doğru eğilmesi veya karşılıklı pencerelerin yer alması gibi önlemler alınarak etkin hava akışı sağlanması hedeflenir. Örneğin, uzun ve dar sokaklar tasarlanarak rüzgarın binalar arasında etkili bir şekilde dolaşması sağlanabilir [29].

Kubbe formlarının kullanımı: Kerpiç ve çamur gibi malzemelerle inşa edilen çatıların kubbeli veya kemerli şekillerde yapılmasının sebepleri, yağmur ve ahşap eksikliğidir. Kubbeli çatılar sürekli olarak rüzgarın etkisi altında kaldıklarından, güneşin yoğun radyasyonu nedeniyle çatıdaki sıcaklığı azaltmak için etkili bir yöntemdir. Kubbenin seviyesi, çatıdan daha yüksek olduğu için geceleyin çatının daha hızlı soğumasına yardımcı olur ve çatı altındaki sıcaklığın düşürülmesine katkıda bulunur (Şekil 2.2.) [30].



Şekil 2. 2. Kubbe şeklindeki Çatı fonksiyonu şeması[30].

Avlu, İran'ın sıcak ve kuru iklimine uygun olarak İranlı mimarlar tarafından kullanılan akıllı bir sistem ve mimari form olarak tasarlanmıştır. Avlular, iklimsel davranışları nedeniyle düşük sıcaklıkta ve yüksek nemli bir ortam oluştururlar ve bu da konforlu bir iç mekan sağlar. Aynı zamanda, yoğun yeşil alanlar ve su havuzları gibi unsurlara sahip olmaları da avluların özelliklerindedir (Şekil 2.4.) [28]. Avlular, içerideki sıcaklığı düşürmek ve havadaki nemi artırmak için etkili bir strateji olarak kullanılır. Bu şekilde, sıcak ve kuru iklimde yaşayan insanlar için rahatlatıcı bir ortam sağlanır. Avlular aynı zamanda sosyal etkileşimi teşvik eder ve doğal ışık sağlayarak iç mekanlara aydınlık bir atmosfer kazandırır.



Şekil 2. 3. İran'da yüksek duvarlı, havuz ve bitkili bir avlu [28].

Rüzgar bacaları, eskiden şehirlerin solunum sistemi olarak kabul edilen ve doğal hava akımını binaya yönlendiren yapı elemanlarıdır. Rüzgarın etkisiyle rüzgar bacaları üzerinde oluşan basınç farkı, bina içine hava akışını sağlar. Bu basınç farkı, rüzgar bacasının üzerindeki açıklıktan hava girişini ve binanın kapı ve pencereleri ile rüzgar bacasının arkasındaki havalandırma deliklerinden hava çıkışını sağlar. Rüzgar bacaları genellikle ham kil, tuğla, çamur, alçı ve ahşaptan yapılmıştır.

Rüzgar bacalarının eski evlerde bulunmasının bir başka nedeni de, soğutma faktörüne ek olarak, rüzgar bacasının yüksekliği ve süslemeleri ile sahiplerinin kimliğini ve sosyal statülerini yansıtmasıdır (Şekil 2.4.) [19].





Şekil 2. 4. Rüzgar Bacası- Yazd, İran [19].

## 2.2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Düşük enerji teknolojileri, daha az enerji kullanarak geleneksel sistemlerle aynı veya benzer sonuçları elde etmeyi hedefleyen teknolojiler ve sistemlerdir. Bu teknolojiler, enerji tüketimini azaltmayı, enerji maliyetlerini düşürmeyi ve çevresel etkileri azaltmayı amaçlar. Pasif güneş sistemleri, yüksek verimli ısıtma ve soğutma sistemleri, güneş panelleri, rüzgar bacaları ve rüzgar türbinleri düşük enerji teknolojilerine örnek olarak verilebilir. Düşük enerji teknolojileri, daha sürdürülebilir bir enerji geleceğine geçişin önemli bir parçasını oluşturur.

Düşük enerji teknolojileri, sürdürülebilir bir enerji geleceğine geçişte önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, enerji tüketimini azaltarak ve temiz enerji kaynaklarının kullanımını artırarak, hem bireylere hem de işletmelere ekonomik faydalar sağlarken enerji kullanımının çevresel etkilerini azaltmaya yardımcı olurlar. Farklı ülkeler, hükümet politikaları, mevcut kaynaklar ve yerel iklim koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak düşük enerji verimliliğine sahip teknolojileri farklı şekillerde kullanmaktadır[21]. Danimarka, Almanya, Çin ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkeler düşük enerji verimliliğine sahip teknolojileri benimseyen örnek ülkelerdir. Ülkeler arasında farklılıklar olmasına rağmen, dünya genelinde enerji

verimliliğinin iklim değişikliğinin hafifletilmesi ve sürdürülebilir kalkınmanın teşvik edilmesinde önemli bir rol oynadığı konusunda artan bir kabul bulunmaktadır.

Enerji verimliliği, belirli bir düzeyde hizmet veya çıktı sağlamak için gereken enerji miktarını azaltan teknolojilerin ve uygulamaların kullanılması anlamına gelir. Enerji verimliliğinin amacı, enerji tüketimini azaltırken sağlanan hizmetin veya çıktının kalitesini korumak veya geliştirmektir. Enerji verimliliğinin önemi birçok nedene dayanmaktadır. İlk olarak, enerji tüketimini azaltmak, enerji maliyetlerini düşürmeye ve sera gazı emisyonlarını azaltmaya yardımcı olabilir. Ayrıca, enerji verimliliği, yeni enerji altyapısı talebini azaltarak yapım ve bakım maliyetlerini düşürebilir. Son olarak, enerji verimliliği, enerji kullanımının çevresel etkilerini azaltarak ve iç mekan hava kalitesini iyileştirerek yaşam kalitesini artırabilir. Enerji verimliliği, binaların, cihazların ve araçların enerji performansının iyileştirilmesi yanı sıra enerji yönetim sistemlerinin kullanılması ve davranış değişiklikleri gibi çeşitli yöntemlerle sağlanabilir [19].

Enerji verimliliğine ulaşmak için temel stratejilerden bazıları şunlardır:

**Enerji verimli binalar:** Binalar, özellikle gelişmiş ülkelerde önemli miktarda enerji tüketiminden sorumludur. Enerji tasarruflu binalar, binayı ısıtmak ve soğutmak, aydınlatma sağlamak ve elektrikli cihazlar sağlamak için gereken enerji miktarını azaltmak üzere tasarlanabilir. Enerji tasarruflu binalara yönelik stratejiler, yalıtım, enerji tasarruflu pencereler ve yüksek verimli ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanımını içerebilir.

**Enerji tasarruflu cihazlar:** Ev aletleri, birçok hanede bir başka önemli enerji tüketimi kaynağıdır. Enerji tasarruflu cihazlar, çamaşır yıkamak veya yemek pişirmek gibi belirli bir görevi gerçekleştirmek için gereken enerji miktarını azaltabilir. Enerji tasarruflu cihazlara yönelik stratejiler, belirli enerji verimliliği standartlarını karşılayan Enerji Star sertifikalı cihazların kullanımını içerebilir.

**Enerji yönetim sistemleri:** Enerji yönetim sistemleri, enerji tüketimi hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayarak ve binalarda, cihazlarda ve araçlarda enerji kullanımının kontrolüne izin vererek enerji kullanımını optimize etmeye yardımcı olabilir. Enerji

yönetim sistemleri akıllı termostatları, aydınlatma kontrollerini ve araç izleme sistemlerini içerebilir.

Davranış değişiklikleri: Son olarak, bir odadan çıkarken ışıkları kapatmak veya araba kullanmak yerine toplu taşıma araçlarını kullanmak gibi davranış değişiklikleri yoluyla enerji verimliliği sağlanabilir. Bu değişiklikler, yaşam kalitesini korurken veya geliştirirken tüketilen enerji miktarını azaltmaya yardımcı olabilir [20].

Enerji verimliliği, enerji tüketimini azaltmak, maliyetleri düşürmek ve yaşam kalitesini yükseltmek için önemli bir stratejidir. Enerji verimliliği, enerji verimli binalar, cihazlar ve araçlar dahil olmak üzere çeşitli yollarla ve ayrıca enerji yönetim sistemlerinin kullanımı ve davranış değişiklikleri yoluyla sağlanabilir. Bireyler, işletmeler ve hükümetler bu stratejileri benimseyerek enerji tüketimini azaltmaya ve enerji sistemlerimizin sürdürülebilirliğini geliştirmeye yardımcı olabilir.

### **2.2.1. Enerji Verimli Sistemin Kullanmanın Nedeni**

Enerji verimliliği konusu genellikle iklim değişikliğini azaltmak için enerji tüketimini ve sera gazı emisyonlarını azaltma bağlamında gündeme gelir. Enerji verimliliği, bir binanın ısıtılması veya soğutulması ya da cihazların çalıştırılması gibi aynı işlevi yerine getirmek için daha az enerji gerektiren teknoloji ve uygulamaların kullanılması anlamına gelir. Enerji tüketimini azaltarak sera gazı emisyonlarını azaltabilir, enerji maliyetlerini düşürebilir ve enerji güvenliğini geliştirebiliriz.

Rüzgar bacaları bağlamında, enerji verimliliği konusu önemlidir çünkü rüzgar bacaları binaların soğutma ve havalandırma için enerji tüketimini azaltma potansiyeline sahiptir. Rüzgar bacaları, bir bina içindeki havayı dolaştırmak için doğal konveksiyon kullanarak, enerji yoğun olabilen mekanik havalandırma ve iklimlendirme ihtiyacını azaltabilir. Bu da daha düşük enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarının yanı sıra bina sahipleri ve sakinleri için daha düşük enerji maliyetlerine yol açabilir. Sonuç olarak, rüzgar bacaları, özellikle soğutmanın önemli bir enerji tüketimi faktörü olduğu sıcak ve nemli iklimlerde binalarda enerji verimliliğini artırmak için potansiyel bir strateji olarak incelenmiştir [22].

Enerji verimliliği, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli nedenlerle ortaya çıkan önemli bir konudur:

Çevresel kaygılar: Fosil yakıtların enerji için yakılması, iklim değişikliğinin ana nedenlerinden biri olan sera gazı emisyonlarına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Enerji verimliliğini artırmak, tüketilen enerji miktarını azaltmaya yardımcı olabilir, bu da sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ve iklim değişikliğinin hafifletilmesine yardımcı olabilir.

Enerji güvenliği: Enerji verimliliği, bir ülkenin yabancı petrole ve diğer fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltmaya yardımcı olabilir, bu da enerji güvenliğini iyileştirmeye ve arz kesintisi riskini azaltmaya yardımcı olabilir.

Ekonomik faydalar: Enerji verimliliğini artırmak, bireylere, işletmelere ve hükümetlere önemli ekonomik faydalar sağlayabilen enerji faturalarını ve işletme maliyetlerini azaltabilir.

İyileştirilmiş yaşam kalitesi: Enerji verimliliği, hava kirliliğini azaltarak ve enerjiye erişimi olmayanların enerjiye erişimini artırarak bireylerin yaşam kalitesinin iyileştirilmesine de yardımcı olabilir. Enerji verimliliği konusu, zamanımızın en acil çevresel, ekonomik ve sosyal zorluklarından bazılarının ele alınmasına yardımcı olabilecek bir dizi fayda sunduğu için gündeme getirilmiştir [18].

### **2.2.2. Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği**

Enerji verimliliği ve iklim değişikliği yakından ilişkilidir. Fosil yakıtların enerji için yakılması, iklim değişikliğinin ana nedenlerinden biri olan sera gazı emisyonlarına önemli bir katkı sağlıyor. Enerji verimliliği, tüketilen enerji miktarını azaltmaya yardımcı olabilir, bu da sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ve iklim değişikliğinin hafifletilmesine yardımcı olabilir. Binalarda, ulaşımda ve endüstriyel süreçlerde enerji verimliliğini iyileştirerek evlerimize, iş yerlerimize ve günlük yaşamlarımıza güç sağlamak için gereken enerji miktarını azaltabiliriz. Bu, yaktığımız fosil yakıt

miktarını düşürmeye yardımcı olabilir, bu da atmosfere salınan sera gazı emisyonlarının miktarını azaltmaya yardımcı olabilir [23].

Enerji verimliliği, sera gazı emisyonlarını azaltmanın yanı sıra toplulukların iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamasına da yardımcı olabilir. Örneğin, bina yalıtımını ve havalandırmayı iyileştirerek, ısı dalgaları riskini azaltabilir ve savunmasız nüfusların korunmasına yardımcı olabilecek iç mekan hava kalitesini iyileştirebiliriz.

Sera gazlarının ana kaynaklarından biri, aynı zamanda ulaşım, imalat, binaların ısıtılması ve soğutulması gibi birçok faaliyet için birincil enerji kaynağı olan fosil yakıtların yakılmasıdır. Enerji verimliliğini artırmak, sera gazı emisyonlarını azaltmanın ve iklim değişikliğini hafifletmenin önemli bir yoludur. Enerji verimliliği, aynı veya daha iyi sonuçları elde etmek için daha az enerji kullanmayı içerir; bu, cihazların ve binaların iyileştirilmesi, atığın azaltılması ve daha verimli ulaşımın kullanılması gibi çeşitli önlemlerle elde edilebilir. Enerji tüketimini azaltarak, atmosfere salınan ve iklim değişikliğini yavaşlatmaya yardımcı olabilecek sera gazı miktarını azaltabiliriz. Ayrıca, enerji verimliliği önlemleri, sera gazı emisyonlarını azaltmanın ötesinde, daha düşük enerji maliyetleri, binalarda gelişmiş konfor ve üretkenlik ve artan enerji güvenliği gibi başka faydalar da sağlayabilir [22].

İklim değişikliği ile enerji verimliliği arasındaki ilişki kritiktir çünkü enerji verimliliği önlemleri yoluyla sera gazı emisyonlarını azaltmak, küresel iklim krizini ele almanın önemli bir parçasıdır. Enerji verimliliği iklim değişikliğine karşı mücadelede önemli bir araçtır. Enerji tüketimini azaltarak ve sera gazı emisyonlarını düşürerek, kendimiz ve gelecek nesiller için daha sürdürülebilir bir gelecek yaratmaya yardımcı olabiliriz.

### **2.2.2. Enerji Verimli Sistemde Kullanılan Güncel Teknolojiler**

Günümüzde enerji tasarruflu sistemlerde kullanılan birçok güncel teknoloji vardır ve bunlardan bazıları şunlardır:

Akıllı termostatlar: Bu termostatlar doluluk, hava koşulları ve diğer faktörlere göre enerji kullanımını optimize etmek için gelişmiş sensörler ve algoritmalar kullanır ve enerji israfını azaltmaya yardımcı olur.

Yüksek verimli yalıtım: Sprey köpük ve arojel gibi gelişmiş yalıtım malzemeleri, daha yüksek seviyelerde termal direnç sağlayarak ısı kaybını azaltabilir ve enerji tasarrufu sağlayabilir.

LED aydınlatma: LED aydınlatma, geleneksel aydınlatma kaynaklarından %80'e kadar daha az enerji kullanarak yüksek oranda enerji verimli ve uzun ömürlüdür.

Yüksek verimliliğe sahip HVAC sistemleri: Gelişmiş ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri, konforlu iç mekan koşulları sağlamaya devam ederken daha az enerji kullanacak şekilde tasarlanabilir.

Güneş panelleri: Güneş panelleri, elektrik üretmek için güneşten gelen yenilenebilir enerjiyi kullanır, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır ve iklim değişikliğini hafifletmeye yardımcı olur.

Bina otomasyon sistemleri: Bu sistemler, binalarda enerji kullanımını optimize etmek, aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerini doluluk, hava koşulları ve diğer faktörlere göre ayarlamak için sensörler, kontroller ve algoritmalar kullanır.

Enerji depolama sistemleri: Piller ve volanlar gibi gelişmiş enerji depolama sistemleri, güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir kaynaklar tarafından üretilen fazla enerjiyi depolayarak yenilenemeyen kaynaklara bağımlılığın azaltılmasına yardımcı olabilir.

Pasif güneş enerjisi sistemleri: Pasif güneş enerjisi sistemi, güneş enerjisini yakalamak ve kullanmak için bina yönünü, pencere yerleşimini ve gölgelemeyi kullanır ve yapay ısıtma ve aydınlatma ihtiyacını azaltır [24].

Genel olarak, bu güncellenmiş teknolojiler ve diğerleri, binalarda ve diğer sistemlerde enerji verimliliği iyileştirmelerini yönlendirmeye ve enerji tüketimini ve maliyetleri azaltmaya yardımcı oluyor.

### **2.2.3. Enerji Verimliliği ve Modern Mimari**

Modern mimari, yalnızca görsel olarak çekici değil, aynı zamanda çevresel açıdan sürdürülebilir ve enerji açısından verimli binalar yaratmak için yenilikçi tasarım ve teknolojinin kullanımını vurguladığından, enerji verimliliği ve modern mimari yakından ilişkilidir. Modern mimarinin temel ilkelerinden biri, aydınlatma ve HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) sistemleri için enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olabilecek doğal ışık ve havalandırma kullanımını optimize etmektir. Modern binalarda genellikle mekanik sistemlere olan ihtiyacı azaltabilecek pasif ısıtma ve soğutma stratejilerinin yanı sıra bol miktarda doğal ışığa izin veren büyük pencereler, çatı pencereleri ve diğer tasarım öğeleri bulunur.

Buna ek olarak, modern mimari genellikle enerji verimliliğini daha da artırabilecek yüksek teknoloji malzemelerinin ve bina sistemlerinin kullanımını içerir. Örneğin, modern binalar, ısı kaybını veya kazancını en aza indirmek için spreyci köpük gibi gelişmiş yalıtım malzemeleri kullanabilir veya elektrik tüketimini azaltmak için LED veya akıllı aydınlatma gibi enerji tasarruflu aydınlatma sistemlerini kullanabilir. Ayrıca modern mimari, temiz enerji üretmek ve fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak için genellikle güneş panelleri veya rüzgar bacaları gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını binanın tasarımına entegre eder [25]. Modern mimari ve enerji verimliliği birbirini tamamlar ve yalnızca görsel olarak çarpıcı olmakla kalmayıp aynı zamanda sürdürülebilir, konforlu ve işletmesi uygun maliyetli binalar oluşturmak için birlikte çalışabilir. Mimarlar, enerji tasarrufu teknolojilerini ve ilkelerini modern bina tasarımına entegre ederek hem bina sakinlerinin hem de gezegenin ihtiyaçlarını karşılayan binalar yaratabilirler.

### **2.3. RÜZGAR BACALARI İLE DOĞAL HAVALANDIRMA**

Rüzgar bacaları ile doğal havalandırma, özellikle sıcak, kuru iklimlere ve sürekli rüzgara sahip bölgelerde binalarda taze hava sağlamanın sürdürülebilir ve etkili bir yoludur. Rüzgar bacalarının arkasındaki prensip basittir. Rüzgar, baca üzerinde eserken içeride negatif bir basınç oluşturur. Bu negatif basınç, havayı binadan bacaya ve tepeden dışarıya doğru çeker. Binada yükselen sıcak hava, doğal konveksiyon

sürecini destekleyerek binadan yükselirken, binanın altındaki açıklıklardan taze hava çekilir [30]. Rüzgar bacaları, sürekli bir esintinin olduğu sıcak ve kuru iklimlerde etkili şekilde çalışır. Hem konutlarda hem de ticari binalarda kullanılabilirler ve geleneksel mimaride İran, Hindistan ve Orta Doğu gibi bölgelerde sıklıkla kullanılırlar.

Rüzgar bacalarıyla doğal havalandırmanın avantajlarından biri, nispeten düşük maliyetli ve kolay kurulabilen bir çözüm olmasıdır. Ayrıca, bakım gerektirmezler ve harici bir enerji kaynağına ihtiyaç duymazlar. Ancak, etkinlikleri rüzgarın varlığına ve binanın tasarımına bağlıdır. Bacanın yüksekliği, konumu ve binadaki açıklıkların boyutu ve yerleşimi gibi faktörler, sistemin verimliliğini etkileyebilir.

### **2.3.1. Rüzgar Bacalarının Doğrudan Soğutma Etkisi**

Kullanıcıların hissettiği serinlik etkisi, terin ciltten buharlaşması yoluyla gerçekleşen önemli bir faktördür. Konvektif serinlemenin etkisi, hava sıcaklığının cilt sıcaklığından (yaklaşık 32-35°C) daha yüksek olmadığı durumlarda, hava akışının cilt yüzeyindeki direnci azaltması ve vücuttan konvektif ısı kaybını artırmasıyla elde edilir. Hava hareketi ayrıca buharlaşma oranını artırarak vücuttan ısı kaybını da artırır. Konforlu bir ortam sağlamak için gereken hava hızı, nem, giysi ve çalışma koşullarından bağımsız olarak hava sıcaklığıyla artar. Ancak, fizyolojik stresin meydana geldiği ve insan konforunun korunması gereken belirli sınırlar bulunmaktadır. Çok sıcak ve özellikle nemli koşullarda, cilde ısı transferi buharlaşma yoluyla kaybedilen ısıyı telafi edemediği için hava hareketi konforlu olmayabilir. Cilt çevresindeki artan hava hızı, konvektif ısı kazancını artırır, ancak nihai etki nem seviyelerine, metabolik hız ve giysi koşullarına bağlıdır. Örneğin, dinlenme ve düşük nem durumunda, düşük hava hızı tercih edilirken, nem ve metabolik hız arttığında daha yüksek hava hızları gereklidir [29].

Rüzgar bacaları, özellikle öğleden sonra ve akşam saatlerinde doğrudan güneş ışığıyla ısıtılan kulenin daha sıcak hava sağlamasına yardımcı olabilir. Ancak, hava sıcaklığının hala cilt sıcaklığının altında olması tercih edilir. Çünkü üst sıcaklık sınırı daha yüksek hava hızlarıyla yukarı doğru kayar. İç mekan sıcaklığı daha sıcak hava ile



yükseldiğinde, bina sakinleri üzerindeki etki belirli bir sıcaklık aralığında kabul edilebilir seviyede olacaktır.

### **2.3.2. Rüzgar Bacalarının Yapısal Soğutma Etkisi**

Havanın ısı kapasitesi çok düşük olduğu için bir bina havalandırılmazsa, bina içindeki hava sıcaklığı çevredeki iç yüzeylere benzer olacak ve dalgalanacaktır. Bu nedenle, eğer bir oda geceleyin havalandırılmalı bir rüzgar bacasıyla soğutulursa, iç yüzeyler ertesi gün bina sakinlerini radyasyon ve konvektif soğutma yöntemleriyle soğutabilir. Kabul edilebilir bir konfor seviyesine ulaşmak için bir strateji, geceleyin havalandırmayı kullanmak ve ertesi gün pencereleri ve diğer açıklıkları kapalı tutmaktır. Bu strateji, maksimum dış sıcaklığın 36°C'yi geçtiği bölgeler için geçerlidir. Bir rüzgar bacası tarafından üretilen geceleyin havalandırma, binanın büyük bir bölümünü soğutabilir. Soğuyan kütle, ertesi gün binaya giren ısıyı ve bina içinde oluşan ısıyı emerek soğutma işlevi görür [30].

Yapılan bir dizi karşılaştırmalı ölçüm, doğrudan havalandırılan odalarda kaydedilen iklimlerin dışarıdaki sıcaklıktan çok daha düşük olabileceğini göstermektedir. Rüzgarlı odalarda kaydedilen günlük hava sıcaklığı, açık veya doğrudan çapraz havalandırılmalı odalara göre önemli ölçüde daha yüksektir.

## **2.4. DOĞAL HAVALANDIRMA VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ**

Doğal havalandırma ve enerji verimliliği arasındaki ilişki karmaşık olabilir ve iklim, bina tasarımı ve kullanıcı davranışı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Genel olarak, doğal havalandırma, mekanik soğutma ve havalandırma sistemlerine olan ihtiyacı azaltarak binalarda enerji verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir, ancak bunun tam olarak gerçekleşmesi için bazı koşulların sağlanması gerekmektedir. Doğal havalandırma, uygun dış ortam koşullarının olduğu dönemlerde mekanik ekipmana ihtiyaç duymadan soğutma ve havalandırma sağlayabilir. Bu şekilde, binalar, doğal esintilerden ve sıcaklık farklılıklarından yararlanarak enerji tüketimini azaltabilir. Özellikle ılıman iklim bölgelerinde, sıcaklığın ve nemin çoğu zaman ılımlı olduğu durumlarda doğal havalandırma önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayabilir [14]. Bu enerji tasarrufunun

yanı sıra doğal havalandırma, iç hava kalitesini iyileştirerek bina sakinlerinin sağlığı ve konforunu da olumlu yönde etkileyebilir. Ancak, doğal havalandırma her zaman yeterli havalandırmayı sağlamak için yeterli olmayabilir ve bazı durumlarda mekanik havalandırma veya hibrit havalandırma sistemlerine ihtiyaç duyulabilir. Optimum enerji verimliliği ve iç hava kalitesini elde etmek için, bina tasarımı ve kullanıcı davranışı gibi faktörler dikkate alınmalı ve uygun bir havalandırma stratejisi belirlenmelidir.

Bazı durumlarda doğal havalandırma, mekanik soğutma ve havalandırma sistemlerine olan ihtiyacı azaltarak enerji verimliliğini artırabilir. Binalar, doğal havalandırmayı kullanarak iç mekan sıcaklıklarını düşürme ve iç hava kalitesini iyileştirme amacıyla enerji yoğun iklimlendirme sistemlerini kullanmadan soğuk dış havayı kullanabilir. Bu özellikle ılıman veya ılıman iklimlerde önemli enerji tasarrufu sağlayabilir. Ancak, diğer durumlarda, özellikle aşırı iklimlerde, dış ortam sıcaklıklarının çok yüksek veya çok düşük olduğu durumlarda doğal havalandırma, mekanik sistemlere göre daha az enerji verimli olabilir. Bu durumlarda, konforlu iç ortam sıcaklıklarını korumak ve yeterli havalandırmayı sağlamak için mekanik sistemlere ihtiyaç duyulabilir, bu da artan enerji tüketimine yol açabilir [13]. Doğal havalandırmanın enerji verimliliği faydalarını maksimize etmek için, bina tasarımı ve konumunu dikkate almak önemlidir. Örneğin, rüzgarla çalışan havalandırmadan faydalanmak için büyük pencerelere veya rüzgar yönündeki açıklıklara sahip binalar tasarlanabilirken, çapraz havalandırmadan yararlanmak için karşı tarafta açıklıklara sahip binalar inşa edilebilir. Doğru bina yönlendirmesi ve tasarımı ayrıca doğal ışık kullanımını optimize edebilir ve yapay aydınlatma ihtiyacını azaltarak enerji verimliliğini daha da artırabilir. Ayrıca, bina sakinlerinin davranışları da enerji verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Örneğin, uygun olduğunda doğal havalandırmadan faydalanmak için pencere ve kapıları açıp kapatmak gibi basit eylemler enerji tasarrufuna katkıda bulunabilir [18].

Genel olarak, doğal havalandırma ile enerji verimliliği arasındaki ilişki karmaşıktır ve doğal havalandırmanın enerji verimliliğini artırmadaki etkinliği, iklim, bina tasarımı ve bina sakinlerinin davranışları gibi çeşitli faktörlere bağlı olacaktır. Bu nedenle, bina tasarımında doğal havalandırmanın potansiyelini değerlendirmek ve uygun önlemleri

almak önemlidir [15].

#### **2.4.1. Enerji Verimliliği ve Rüzgar Bacaları**

Bazı bölgelerde "Badgir" veya "Malqaf" olarak da bilinen rüzgar bacaları, yüzyıllardır sıcak ve kuru iklimlerde binaları soğutmak için kullanılan geleneksel mimari unsurlardır. İran da dahil olmak üzere Orta Doğu'da özellikle yaygındır. Rüzgar bacaları, rüzgarı yakalamak ve binalara doğal havalandırma ve soğutma sağlamak için kullanılan geleneksel mimari özelliklerdir. Rüzgar bacaları, sıcak, kurak bölgelerde insan konforu için gereken soğutmayı sağlamak amacıyla yüzyıllardır kullanılmaktadır. Son yıllarda, enerji tüketimini ve soğutma sistemlerinin maliyetlerini azaltmaya yardımcı olabilecekleri için rüzgar bacaları enerji verimli bina tasarımlarına dahil edilmiştir [15].

Enerji verimliliği açısından rüzgar bacaları, sıcak ve kuru iklimlerde soğutma enerjisi tüketimini azaltmak için oldukça etkili bir strateji olabilir. Rüzgar bacaları, binaları doğal rüzgar akımlarını kullanarak soğutmak için tasarlanmıştır ve bu sayede enerji yoğun ve maliyetli mekanik soğutma sistemlerine olan ihtiyacı azaltabilir. Rüzgar bacaları, bina tasarımına dahil edilerek, mekanik soğutma sistemlerine güvenmek yerine doğal havalandırma sistemleri oluşturmak için rüzgar enerjisini kullanabilir. Bu strateji özellikle kuvvetli rüzgarın olduğu, sıcak ve kuru bölgelerde etkili olabilir. Ayrıca, rüzgar bacaları yüksek verimli yalıtım ve gölgeleme gibi diğer enerji verimli özelliklerle birleştirilerek soğutma enerjisi ihtiyaçlarını daha da azaltabilir.

Rüzgar bacaları, doğal soğutma sağlamasının yanı sıra iç mekan hava kalitesini iyileştirerek taze hava sirkülasyonu sağlayabilir. Bu, iç mekan hava kirliliği riskini azaltmaya ve bina sakinlerinin sağlık ve konforunu artırmaya yardımcı olabilir. Aynı zamanda, rüzgar bacaları sürdürülebilir ve çevre dostu bir çözüm olup elektrik veya fosil yakıt kullanımını gerektirmez. Rüzgar bacaları, doğal havalandırmayı teşvik ederek kirleticilerin ve nemin birikmesini azaltabilir, bu da iç mekan hava kalitesini iyileştirir.

Rüzgar bacaları, modern enerji verimli bina tasarımına geleneksel mimari özelliklerin nasıl entegre edilebileceğine dair bir örnektir. Doğal kaynaklar olan rüzgar enerjisi gibi kaynakları kullanarak, enerji tüketimini ve maliyetleri azaltırken daha sürdürülebilir ve sağlıklı binalar oluşturabiliriz [26]. Rüzgar bacaları, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için geleneksel mimari özelliklerin nasıl kullanılabilirliğinin en iyi örneğidir. Bu özellikleri modern bina tasarımlarına dahil ederek, mimarlar ve inşaatçılar çevre dostu ve kültürel açıdan uygun binalar yaratma imkanına sahip olurlar.

#### **2.4.2. Enerji Verimli Bir Sistemde Rüzgar Bacaları Kullanmanın Faydaları**

Rüzgar bacaları enerji verimli bina tasarımına dahil etmek, aşağıdakiler de dahil olmak üzere bir dizi avantaj sağlayabilir:

**Doğal soğutma:** Rüzgar bacaları binalar için doğal havalandırma ve soğutma sağlayarak mekanik soğutma sistemlerine olan ihtiyacı azaltır, enerji tüketimini ve maliyetleri düşürür.

**İyileştirilmiş iç mekan hava kalitesi:** Rüzgar bacaları, taze hava sirkülasyonu sağlayarak, iç mekan hava kirliliği riskini azaltarak ve bina sakinlerinin sağlık ve konforunu iyileştirerek iç mekan hava kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olabilir.

**Sürdürülebilirlik:** Rüzgar bacaları, yenilenemeyen kaynaklara güvenmeden binaları soğutmak için rüzgar enerjisini kullandıklarından, sürdürülebilir ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

**Azaltılmış karbon emisyonları:** Rüzgar bacaları, mekanik soğutma sistemlerine olan ihtiyacı azaltarak karbon emisyonlarının azaltılmasına ve iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesine yardımcı olabilir.

**Kültürel ve mimari miras:** Rüzgar bacaları, sıcak ve kurak bölgelerde yüzyıllardır kullanılan geleneksel bir mimari özelliktir. Rüzgar bacaları modern bina tasarımına

dahil etmek, bu kültürel ve mimari mirasın korunmasına yardımcı olurken aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmayı da teşvik edebilir.

Maliyet tasarrufu: Rüzgar bacaları, zaman içinde önemli maliyet tasarruflarına yol açabilen soğutma sistemleri için enerji tüketimini ve maliyetleri azaltmaya yardımcı olabilir [27].

Rüzgar bacaları enerji verimli bina tasarımına dahil etmek, enerji tüketimini ve maliyetlerini azaltırken, iç mekan hava kalitesini iyileştirirken ve kültürel ve mimari mirası korurken doğal havalandırma ve soğutma sağlamanın uygun maliyetli ve sürdürülebilir bir yoludur.

## **2.5. DAHA ÖNCEKİ YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Sıcak ve kuru iklimlerde gezinmenin geleneksel yöntemlerini incelemek için çaba gösterildi ve sıcak ve kuru iklimlerde bulunan doğal enerji kaynakları ve kendine özgü yöresel mimari gösterildi. Mohamed [10], cephe kabuğundaki pasif stratejiler ve önlemler yoluyla termal performansın %13 oranında artırılabilirliğini doğrulamıştır. Sonuçlar, dünya mimarisini çevresel bir bakış açısıyla yeniden kullanma olasılığını gösterdi. Givoni'ye [15] göre, sıcak ve kurak iklimlerde bulunan binaların çeşitli tasarım yöntemleri, insanların ısı konforunu etkileyerek ısı performansını etkileyebilir. Bu tasarım yöntemleri, iç ve bitişik açık mekanlar, ana mekanların ve pencerelerin yönelimi, pencerelerin boyutu, konumu ve detaylarıdır. Ancak bina planının yerleşimi, gölgeleme araçları, bina kabuğu rengi, bina etrafındaki malzemeler, bitki örtüsü, havalandırma ve nemlendirme cihazları gibi yöntemler enerji performansı üzerinde etkili olabilir [10]. Rüzgar bacası da bina içi hava sıcaklığı ve hava akışı üzerinde etkili olan yerel önlemlerden biridir. "Rüzgar bacası" olarak adlandırılan yerel bir önlem, binaların içindeki hava sıcaklığı ve hava akışı üzerindeki etkinliği ölçer [16].

Pencere ve açıklıkların sayısı, binanın havalandırılmasında ve soğutulmasında önemli bir rol oynar, çünkü pencere sayısındaki artışla birlikte rüzgar açısı için doğru güç kaynakları giderek daha önemli hale gelir. Rüzgarlı koşullarda pencere açıksa, binanın farklı katlarında bulunan rüzgar bacalarının oluşturduğu akışın hızı ve hacmi yaz

sezonunda gerekli havalandırmayı sağlayabilir. Ayrıca rüzgar bacalarının açıklık sayısı da havalandırma kalitesi üzerinde oldukça etkilidir. Bağlam, dört yönlü rüzgar bacaları ile karşılaştırıldığında, iki yönlü ve tek yönlü rüzgar bacalarının gereken verime sahip olmadığını ve her katta etkin bir şekilde çalışamayacağını göstermektedir [17]. 2014 yılında Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Dergisi'nde yayınlanan bir çalışma, sıcak ve nemli iklimlerde binalarda doğal havalandırma için rüzgar bacalarının kullanımını araştırmıştır. Araştırmacılar, rüzgar bacası kullanımının iç mekan sıcaklıklarını önemli ölçüde azalttığını ve iç mekan hava kalitesini iyileştirdiğini bulmuşlardır. Ancak, çalışma enerji tüketimi üzerindeki etkiyi değerlendirmemi [16]. 2020 yılında Building Engineering jurnalinde da yayınlanan bir başka çalışma, sıcak ve kuru bir iklimde bir konut binasında diğer pasif soğutma stratejileriyle birlikte rüzgar bacalarının performansını incelemiştir. Araştırmacılar, rüzgar bacasının iç mekan sıcaklıklarını düşürmede ve soğutma için elektrik kullanımında etkili olduğunu bulmuşlardır. Ancak, çalışma binanın genel enerji verimliliğini değerlendirmemi [17]. 2019 yılında Energy and Buildings dergisinde yayınlanan bir çalışmada, sıcak ve nemli bir iklimde bulunan ofis binalarında rüzgar bacalarının enerji tasarrufu potansiyeli araştırılmıştır. Araştırmacılar, rüzgar bacası kullanımının binanın HVAC sisteminin enerji tüketimini %9'a kadar azalttığını bulmuşlardır. Çalışma, rüzgar bacalarının kullanımının sıcak ve nemli iklimlerde binalarda enerji tüketimini azaltmak için etkili bir strateji olabileceğini öne sürmüştür [18].

Genel olarak, enerji verimliliği için rüzgar bacalarının kullanımına ilişkin sınırlı araştırma olmasına rağmen, bu çalışmalar rüzgar bacalarının sıcak ve nemli iklimlerde binalarda enerji tüketimini azaltmak için etkili bir strateji olabileceğini düşündürmektedir. Rüzgar bacalarının farklı iklimlerde ve bina türlerinde enerji verimliliği üzerindeki etkisini değerlendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu nedenle, mimarların yöresel geleneklerin gerçek performansını bilimsel olarak test etmelerini ve gelecek için gerçekten sürdürülebilir binalar sağlamak üzere bunların nasıl geliştirilebileceğine dair bir anlayış geliştirmelerini sağlayan bir yöntem ihtiyacı vardır. Bu çalışma, çağdaş mimaride uygulanabilecek emsal İran mimarisinde oluşturulmuş entelektüel teorileri sunmaya çalışmaktadır. Geleneksel mimaride bulunan fikir ve kavramlar, bu çalışmada daha sonra açıklanacak olan yeni

formları kucaklayan ve yeni teknolojileri kullanan çağdaş projelerde hala kullanılabilir.

## BÖLÜM 3

### RÜZGAR BACASI / RÜZGAR KULESİ

İnsanoğlu, binaların kullanıcıları üzerinde uyguladığı termal stresi azaltmak için çeşitli çevresel kontrol teknikleri geliştirmiştir. Bu teknikler arasında Orta Doğu'nun rüzgar bacaları, başlangıçta içeride doğal havalandırma sağladığı düşüncüyle iyi bilinen mimari unsurlardır. Bu mimari yapının modern kullanımı için yapılan uygulamalara rağmen performansları tam olarak anlaşılammıştır. "Geleneksel yapı yöntemlerine olan ilginin modern binalarda canlanmasına rağmen, performans çalışması büyük ölçüde ihmal edilmiştir" [15]. Bu nedenle, mevcut referanslara dayanarak yapılan önceki çalışmaların sayısı sınırlıdır ve bu bölümde sunulan bilgiler temel çalışmalara dayanmaktadır. Bu bölüm özellikle geleneksel rüzgar bacalarının çeşitli yönlerini ele almaktadır.

Adından da anlaşılacağı gibi, rüzgar bacaları ve/veya kuleler doğal soğutma için kullanılan havalandırma teknikleridir. Ortadoğu ülkeleri başta olmak üzere, sıcak-kurak iklimlere sahip birçok ülkede yüzyıllardır kullanılmaktadır. "Bad-gir" ve "Malqaf", sırasıyla rüzgar bacaları için yerli Farsça ve Arapça isimlerdir ve kelimenin tam anlamıyla "rüzgar yakalama" anlamına gelirler. Tipik bir rüzgar bacası, bir kule ve binanın çatısının üzerine çıkıntı yapan bir başlıktan oluşur. Kule kafasının yalnızca bir tarafında, hakim rüzgar yönüne bakan havalandırma delikleri bulunabilir. Ancak kule, iki veya dört tarafı da açılarak her yönden gelen rüzgarı karşılamak için tasarlanabilir. Kule, sırayla iki veya daha fazla şaft grubuna bölünebilir. Bu alt kısım, havanın aynı anda kulede yukarı ve aşağı doğru ayrı ayrı hareket etmesine izin vererek hava ile temas eden yüzey alanını artırır. Sonuç olarak, çatıdaki meltem içeri doğru çekilerek yaz sıcaklarından korunmak için kullanılabilir ve/veya tam tersi olarak içerideki hava dışarı atılabilir [31].

Rüzgar bacaları genellikle su depolarında ve evlerde kullanılır.



Su depoları; Sahra su depoları genellikle tek yönlü veya çift yönlü rüzgar bacalarına sahiptir. Bu rüzgar bacaları su deposu etrafına yerleştirilir ve uygun rüzgara karşı konumlandırılır. Rüzgar bacalarının kapakları doğru rüzgar yönüne yerleştirilerek sıcak ve sakın bir ortamda hava sirkülasyonunu önlemek ve mikroorganizmaların su üzerinde çoğalmasını engellemek için rüzgar tanklarından geçen suyu yönlendirir. Rüzgar suya çarptıktan sonra kulenin karşı tarafından çıkar [33].

Evlerde rüzgar bacaları genellikle evin yazlık bölümünde yer alır ve bina içinde hava sirkülasyonu sağlar. Ayrıca yüzme havuzları ve bahçeler gibi nemlendirici unsurlarla topraktaki nem eksikliğini giderir. Rüzgar bacaları, genellikle basınç farklılıkları ve sıcaklık farkları yaratarak binanın iç ve dış bölgeleri arasında hava hareketine neden olarak, sıcak ve dayanılmaz yaz aylarında sakınler ve insanlar için taze ve uygun bir yaşam alanı sağlar. Rüzgar bacasının ağzına bazen bir hasır, bir burun veya bir diken yerleştirilir ve üzerine su serpilerek nem ve serin hava artırılır [32].

İran'da erken dönemlerden beri kullanılan rüzgar bacaları, İran mimarisinin özel şaheserlerinden biridir ve aynı zamanda seleflerinin iklimsel zekasının bir ayırt edici özelliğidir. Ayrıca temiz enerjinin en özel örneklerinden biridir. İran'daki rüzgar bacalarının çoğu iki tür bölgede yapılmaktadır: güneydeki sıcak ve nemli bölge (Bandar Laft) ve merkezi platonun sıcak ve kuru bölgesi (Yazd) [33].

### **3.1. RÜZGAR BACALARININ TARİHÇESİ VE TANIMI**

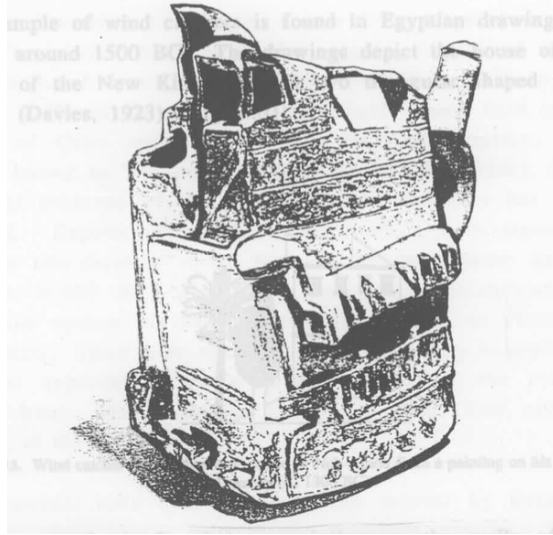
Rüzgar bacalarının kesin tarihi bulmak oldukça zordur, çünkü bu yapılar genellikle yapının en yüksek noktasında yer alır ve ilk yıkım izleri genellikle binanın çatısında, özellikle rüzgarlıklarda görülür. Arkeologların kazı çalışmaları henüz kesin bir sonuç ortaya koyamamıştır, çünkü buluntular genellikle yapının üst kısımları dışında çok az ipucu sunar. Mevcut kanıtlar arasında, diğer ülkelerde rüzgar bacası kullanımının tarihini gösteren bazı çizimler bulunmaktadır.

Rüzgar bacaları, Kuzey Afrika'da Rüzgar Kuleleri olarak da bilinir ve iklimi son derece sıcak olan ülkelerde binlerce yıldır kullanılan geleneksel bir soğutma öğesidir. Bazı tarihçiler ve arkeologlar, rüzgar bacalarının ilk olarak Kuzey Afrika çöllerinde,

özellikle Mısır'da inşa edildiğine inanılmaktadır. Çünkü M.Ö. yaklaşık 1300 yılına tarihlenen resimler, Firavun Niamon'un ikametgahının üzerinde üçgen şeklinde unsurların rüzgar bacaları olabileceğini göstermektedir [31].

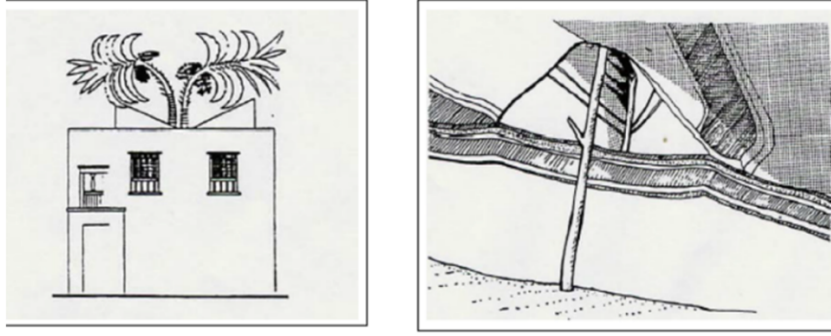
### 3.1.1. Dünyadaki Rüzgar Bacalarının Tarihçesi

Rüzgar bacalarının en basit örneği, Peru'nun Mochica Kızılderilileri (MÖ 200 - MS 700) tarafından kullanılmıştır (Şekil 3.1). Onlar, binalarını havalandırmak için rüzgar bacalarını kullanmışlardır. Bu, üç katlı bir evin çatısında birkaç rüzgar bacası bulunan bir saksıdan yola çıkılarak yorumlanmıştır [15]. Bu örnek, Rüzgar bacalarının tarihsel kanıtı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, Peru'daki inşaat endüstrisindeki tarihsel süreklilik eksikliği, bu kanıtı sorgulamaktadır.



Şekil 3. 1. Rüzgar bacası kiremit çatıyı temsil eden bir saksı [15].

Yüzyıllardır kullanılan geleneksel bir Pers mimari aracı olduğuna inanılıyor, ancak Rüzgar bacası fikrinin erken Firavun zamanlarına kadar uzandığına dair kanıtlar var. Örnekler Tal Al-Amarna'nın On sekizinci Hanedan evlerinde bulunabilir. On dokuzuncu Hanedan mezarındaki bir tablodan tasvir edilen Neb-Amun'un Firavun evi, biri soğuk havayı yakalamak için rüzgara bakan, diğeri ise estiğinde rüzgarı emmek ve emmek için sırayla alan iki açıklığı olan bir Rüzgar bacasını göstermektedir. Sıcak havayı boşaltın (Şekil 3.2.) [2].



Şekil 3. 2. Firavun Neb-Amun'un evi [2].

Rüzgar bacaları Mısır, Pakistan, Afganistan, Irak ve Birleşik Arap Emirlikleri'nde bulunur, Ayrıca Suriye, Lübnan, Filistin veya İsrail gibi Akdeniz bölgelerinde veya Türkiye ve Mezopotamya'daki binalarda az sayıda olsa da görülmüştür. Bu mimari unsur Mısır'da el-Memalik olarak bilinir. Mısır haritalarında papirüs üzerinde M.Ö. 1500 yılına tarihlenen bir rüzgar bacası örneği çizilmiştir. Bu haritalar, yeni krallığa ait lüks bir evin tepesine tünemiş iki üçgen rüzgar bacasını gösteriyor. Çatıda ayrıca arkasında bir çadırla örtülen iki delikli bir rüzgar kulesi vardır. Çadırın ağırlığı, çadırdan çıkıntı yapan bir tahta parçası tarafından taşınır ve çadır kaldırılıp rüzgara karşı kapatıldığında, üzerinde hava akışını sağlayan küçük bir delik oluşturulur [31].

Farsçadan "rüzgarı çeken" anlamına gelen "Badahanj" adı verilen yeni bir Rüzgar bacası biçiminin İran'dan Mısır'a getirildiğine dair edebi kanıtlar var. Kahire evlerinde birkaç farklı Badahanj biçimi inşa edildi ve daha sonra on dördüncü yüzyılda "Malkaf" olarak bilinmeye başlandı. Uzmanlar, Rüzgar bacalarının Babil'deki büyük taht odasının (MÖ 600) arkasındaki iki girinti ve Firozabad'daki Sasani ateş tapınağındaki (MS 250 civarında) sofistike hava sirkülasyon sistemi ile ilgili olduğunu öne sürüyorlar. Ayrıca Platon'da (Dasht-e-Iran), biri Horasan'da ve beşi Yazd'de olmak üzere altı on dördüncü yüzyıla ait ilk onaylanmış Rüzgar bacası vakaları vardı [15].

### 3.1.2. İran'daki Rüzgar Bacaların Tarihçesi

Mimari kalıntılarda Rüzgar bacalarının tam arka planını bulmak oldukça zordur çünkü her yapıda, özellikle Rüzgar bacalarında ilk yıkım izleri çatıda görülmektedir. 8. yüzyıla ait eski örneklerin kalıntılarında bazı örnekler var ve daha önceki örnekler

yok edildi. İranlılar tarafından icat edilen ilk ve en temel soğutma veya iklimlendirme cihazı, yaz aylarında evlerinin mimarisinde kullanılan "Khishkhaneh" idi. Khishkhaneh, kitleler ve toplumun alt sınıfları arasında daha yaygın olan en basit soğutma cihazıdır. Daha sonra evlerin çatılarına ve kubbelerine başka gelişmiş cihazlar yerleştirildi (Şekil 3.3.) [34].

Rüzgar bacalarının tarihi ile ilgili olarak, MS 3. yüzyılın başından beri Firoozabad'ın ateş tapınağında "tipik" bir Rüzgar bacası olduğu söylenmelidir, geçidi yıkılmış, ancak hiçbir iz kalmamıştır. Rüzgar bacalarının tarihi hakkında kesin ve kapsamlı bir bilgi yoktur, ancak kesin olan şey, eski İranlıların hava akışının özelliklerine aşina olmaları ve rüzgar bacalarının uzun süreli kullanımı göz önüne alındığında, icadı cesurca Perslere atfedilebilir. Rosenthal, Rüzgar bacalarının ortaya çıkışı ve yayılımı üzerine yaptığı araştırmasında, bu yapının İran'da icat edildiğine ve inşasının Abbasi halifeliği döneminde Mezopotamya ile sınırlı olduğuna inanmaktadır [31].

İran'daki Rüzgar bacalarının ilk tarihsel kanıtı MÖ 4. binyıla kadar uzanmaktadır. İran'da, Shahrood'un yaklaşık sekiz kilometre kuzeyindeki Tappeh Chackmaq bölgesinde ve kuzeydoğu İran'daki Alborz dağlarının güney yamaçlarında bir evde, Japon keşif ekibi tarafından Rüzgar bacalarının basit bir örneği bulunmuştur. On üçüncü yüzyıldan kalma edebi kanıtlar, güney orta ve kuzeydoğu İran şehirlerindeki Rüzgar bacalarını anlatmaktadır. İsfahan, Şiraz, Sircan, Semnan, Tahran ve Meşhed gibi İran'ın kuzeydoğusundaki şehirlerde çok çeşitli Rüzgar bacaları rapor edilmiştir [34].

İran'ın orta şehirlerindeki rüzgar bacaları, kelimenin tam anlamıyla "rüzgar tutucu" anlamına gelen "Badgir" olarak bilinir. Tipik bir rüzgar bacası, bir ucu evin yazlık yaşam alanında, diğer ucu çatıdan yükselen bir kuleden oluşur. Kule, iç bölmeler veya şaftlarla birkaç dikey hava geçişine bölünmüştür. Bu üst şaftlar, kule kafasının yanlarındaki açıklıklarda son bulur. Rüzgar bacasındaki hava akışı, yukarı ve aşağı olmak üzere iki yönlüdür. Yani, rüzgar bir yönden estiğinde, rüzgara karşı açıklıklar girişleri oluştururken rüzgar yönündeki açıklıklar çıkışları temsil eder ve bunun tersi de geçerlidir.

Rüzgar bacaları sadece sıradan evlerin üzerinde değil, aynı zamanda su sarnıçları, camiler, kervansaraylar ve maden ocaklarının üzerinde de görülebilir. Rüzgar bacalarının altındaki mekansal düzenleme mekandan mekana farklılık gösterir. Rüzgar bacası bir odanın üzerine yerleştirildiği durumlar olduğu gibi, diğer örneklerde "eyvan" olarak bilinen yarı açık bir alanla ilişkilendirilirler. Örneğin, Bam ve Kerman'da, Rüzgar bacasının yaşam bölümüne doğrudan bağlı olmadığı durumlar vardır. Bu örnekteki Rüzgar bacaları evin uzağına inşa edilmiş ve ek bir yer altı tüneli Rüzgar bacalarının tabanını bodrum kata bağlamıştır. Rüzgar bacaları şekil ve boyut olarak farklılık gösterebilir. Örneğin, kulenin planı kare, dikdörtgen, altıgen ve sekizgen olabilir, ancak en yaygın şekil kare ve dikdörtgendir. Yazd'deki Bagh-e-Dolatabad'ın çatısında yer alan en yüksek kule 33,35 metre yüksekliğe sahiptir. Ancak şehrin eski mahallelerinde hala çok sayıda küçük kule bulunmaktadır [31].



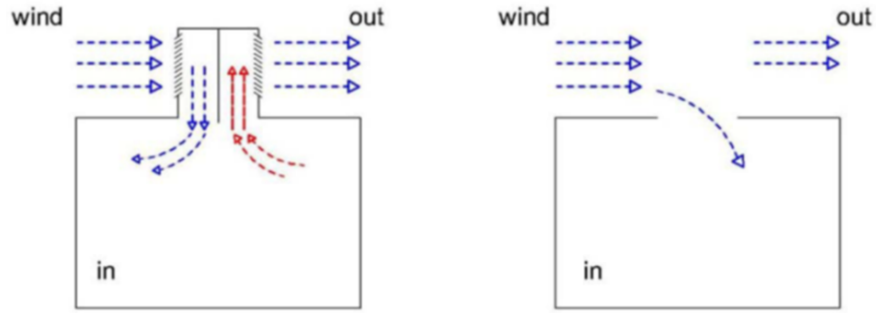
Şekil 3. 3. Khishkhaneh [34].

### 3.2. RÜZGAR BACASININ İŞLEVİ

Eskiden şehrin solunum sistemi olarak kabul edilen rüzgar bacaları, doğal hava akışını binaya yönlendirir ve genellikle yazlık konutun avlusunun güney tarafına inşa edildiği için tipik olarak bodrum kata bağlanırdı. Genellikle ham kil, tuğla, çamur, alçı ve ahşaptan yapılmışlardır ve gövde, raflar ve kanatlar olmak üzere üç ana bölümden oluşurlar. Rüzgar bacasının gövde ile çatı arasında kalan kısmına gövde denir. Rüzgar bacası ne kadar uzunsa, gövdesi de o kadar uzun olur. Gövdeler küp, dikdörtgen küp veya prizma şeklinde yapılıdır. Kanatlar, rüzgar kanalını birkaç küçük kanala bölen kil

ve tuğla elemanlardan oluşur. Bu kanatlar zemin kattan 1.5-2 metre yükseklikte başlar ve rüzgar bacasının çatısına doğru devam eder.

Rüzgar bacasının temel işlevi iki kısımda özetlenir. Birinci fonksiyon, soğuk ve temiz havayı içeriye yönlendirmektir; ikinci fonksiyon ise bayat ve sıcak havayı vakum etkisiyle dışarı doğru itmektir. Rüzgar bacasında sıcak rüzgar duvara çarptıktan sonra aşağıya doğru yönlendirilir ve bahçedeki havuzdan soğutulan soğuk havayı vakumla yaşam ortamına çekerek odayı serinletir. Nem oranı yüksek olan bölgelerde, sıcak rüzgar sadece kuru koridorlardan geçer, yani havuz kullanılmadan içeri doğru yönlendirilir. Böylece, yapım ve maliyet açısından tüm iklim koşullarına uyum sağlayabilen rüzgar bacası, geleneksel kentlerin en önemli unsuru olarak farklı coğrafi bölgelerde çeşitli şekillerde tasarlanır (Şekil 3.4.) [35].



Şekil 3. 4. Rüzgar bacasının işlevi [35].

Rüzgar bacaları genellikle bir "klima" veya "buharlaştırma veya bataklık soğutucusu" olarak tanımlanır. Bu iddialar genellikle üç parametreye dayandırılır:

1. Rüzgar bacaları, daha yüksek rakımlarda daha serin olan havayı yaşam alanına taşır.
2. Hava, kulenin kütlesiyle temas halinde soğutulur veya kulenin kütlesinde depolanan ısıyı uzaklaştırmak için soğuk gece havası kullanılır.
3. Su testileri veya havuzlar, genellikle kulenin performansı ile ilişkilendirilir ve kulenin tabanına yakın konumlandırılır.

Daha yüksek rakımlarda daha serin olan hava

Daha yüksek rakımlarda daha serin olan hava, rüzgar bacalarıyla evin yaşam alanına yönlendirilir. Bu tasarım, genellikle daha eski olan aerodinamik ilkeleri yakından takip ederek zemin seviyesinin üzerindeki serin ve temiz havayı çekmek için kullanılır. Rüzgar bacası, serin havayı "solumak" amacıyla serinletici rüzgarların bir kısmını yakalar ve yaşam alanına yönlendirir. Bu parametre, kulenin parapet duvarları üzerindeki yüksekliğine veya çatı kesmesine bağlı olarak belirlenir. Yer seviyesinden veya yerden ilk 30 metre yükseklikte rüzgar hızında hızlı bir artış meydana gelir. Ayrıca yerden yükseklik arttıkça sıcaklık düşer. Roaf tarafından yapılan çalışmada bu etki doğrulanmış olup, boyuta bağlı olarak olumsuz etkilenen bir faktöre işaret etmektedir. Rüzgar, kulenin yüksekliği arttıkça yapısal bozulma potansiyelinin arttığını belirtir, bu nedenle çoğu rüzgar bacasının yüksekliğinin 3 metreden az olduğu ifade edilir [15]. Ancak çatı seviyesine yakın olan 2-5 metre aralığındaki sıcaklık farkının çok belirgin olmadığı gözlemlenmiştir, bu nedenle bu parametrenin rüzgar bacalarının performansı üzerindeki etkisinin oldukça abartıldığı görülmektedir.

#### Kuleden Isı Transferleri

İkinci parametre, yaz aylarında hava sıcaklığının 45°C'ye kadar yükseldiği durumlarda, tipik rüzgar bacasının dar şaftı sayesinde havanın içeri girmeden önce soğumasını sağlar. İç mekanlarda, daha serin olan dış hava gece boyunca aşağı yönlendirilerek binaya girmek üzere yönlendirilir, bu da ertesi günün sıcak gündüz saatlerinde binayı yeterince serin tutar. Odalar, özellikle rüzgar bacasının altındaki bodrum katı, genellikle güneş ışığından iyi bir şekilde korunur. Bu nedenle gelen hava, odanın içindeki hava sıcaklığından daha sıcaktır, çünkü bu odalar genellikle öğleden sonra daha serin kalır. Dolayısıyla, tipik bir Yazd evindeki kule, insanların yaz öğleden sonralarında dinlendiği bodrum kata doğrudan bağlı değildir.

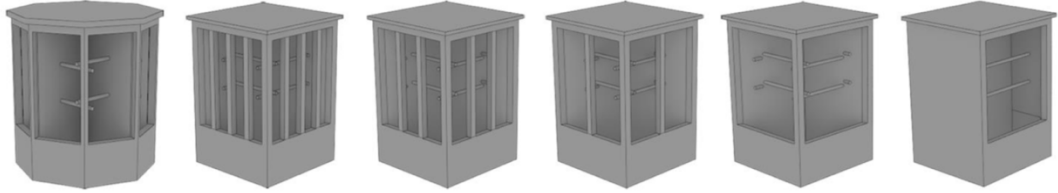
#### Rüzgar Bacası ile İlişkili Su

Rüzgar bacalarının ilişkilendirildiği üçüncü parametre ise su ile olan ilişkisidir. Bazı rüzgar bacalarının ek bir özelliği, enerji gerektirmeyen evaporatif soğutma sistemidir. Hava, yeraltı havuzunun üzerinde bulunan bir kalıp kulesinden veya su kavanozlarının yerleştirildiği noktadan geçer. Bu sistemlerde su buharlaşarak havaya karışır, böylece aşırı kuru havanın nemi artar ve aynı zamanda soğutma sağlanır.

### 1.3. RÜZGAR BACALARININ RÜZGAR YÖNÜNE GÖRE SINIFLANDIRMA

Rüzgar bacaları, bölgenin rüzgar hızına ve rüzgar yönüne göre tek yönlü, iki yönlü, üç yönlü, dört yönlü veya çok yönlü olarak tasarlanmaktadır. Rüzgar bacaları oldukça çeşitlidir ve tamamen aynı şekilde tasarlanmış çok az sayıda rüzgar bacası bulunmaktadır. Sadece aynı mimar tarafından yapılan rüzgar bacaları, bir tür imza olarak benzer dekorasyona sahiptir. Bazen şehir mimarisi, rüzgar bacalarının şeklini etkileyebilir. Örneğin, bazı şehirlerde, özellikle Meybod ve Ardakan'da, rüzgar bacalarının çoğu tek yönlüdür. Her konut binası, binanın mimari planına ve bölgenin hakim rüzgar yönüne göre konumuna ve yönelimine bağlı olarak farklı bir rüzgar bacasına sahiptir. Tek yönlü rüzgar bacaları, iki yönlü rüzgar bacaları, üç yönlü rüzgar bacaları, dört yönlü rüzgar bacaları ve çok yönlü rüzgar bacaları (altıgen, sekizgen veya dairesel) bu yapı koşullarına göre inşa edilir (Şekil 3.5.).

Dairesel veya çokyüzlü rüzgar bacaları sayıca azdır, ancak örnek olarak Yazd'daki 33 metre yüksekliğindeki ve dünyanın en yüksek rüzgar bacası olan Dolatabad Bahçesi'nin 8 yönlü rüzgar bacasını verebiliriz.



Şekil 3. 5. Rüzgar yönüne göre Rüzgar bacaları [3].

Rüzgar bacalarının fonksiyonel, yapısal ve fiziksel özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden biri iklimdir. Bu konu, İran'ın sıcak ve kuru ile sıcak ve nemli iklimsel rüzgarları incelenerek belirlenmektedir. Çünkü bu iki bölge arasındaki fiziksel ve yapısal farklılıklar, iklim koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Her iklim bölgesinde, mimarlar doğal havalandırmayı optimize etmek için rüzgar bacalarının performansını en üst düzeye çıkarmak için adımlar atmaktadır.

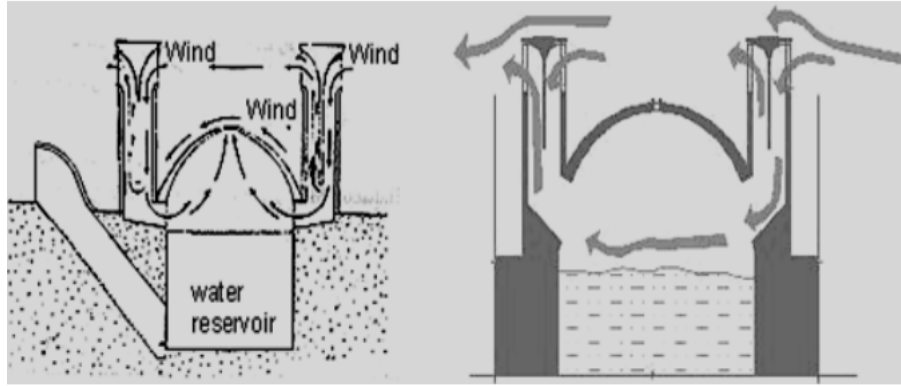


### 3.3.1. Rüzgar Bacalarının Kullanım Alanları

Bu konuya daha önce de değindiğimiz gibi, rüzgar bacaları genel olarak su depoları ve evler gibi iki farklı yapıda kullanılmaktadır.

Su depolarında, rüzgarın uygun yöne göre yaklaşık yedi adet rüzgar bacası kullanılmaktadır. Her bir rüzgar bacası, diğerleriyle etkileşim ve işlev yoluyla görevini yerine getirir. Sahada bulunan su depolarında genellikle tek yönlü veya çift yönlü rüzgar bacaları bulunur. Bu rüzgar bacaları, su deposunun etrafına ve uygun rüzgar yönüne bakacak şekilde yerleştirilmiştir [31].

Rüzgar bacası kapakları, rüzgara veya uygun rüzgarlara doğru yerleştirilerek havanın su üzerinden geçerek mikroorganizmaların üremesini engellemek için rüzgar rezervuara yönlendirilmesini sağlar. Rüzgar, suya çarptıktan sonra rüzgar bacasının karşısından dışarı çıkar (Şekil 3.6.).



Şekil 3. 6. Su depoları kullanım alanları [31].

Evlerde rüzgar bacaları genellikle evin yazlık bölümünde yer almaktadır. Rüzgar bacaları genellikle salonlar, havuzlar ve bodrum katlarıyla ilişkilendirilir ve bina içinde hava sirkülasyonu sağlar. Aynı zamanda havuzlar, bahçeler, ağaçlar, bodrum duvarları ve Payab gibi nemlendirme unsurlarını da dikkate alarak zemindeki nem eksikliğini giderir ve sıcak ve dayanılmaz yaz aylarında sakinler ve insanlar için taze ve uygun bir ortam sağlar [48].

Rüzgar bacası malzemeleri genellikle kerpiç, tuğla, çamur ve "Shorne" ahşaptan yapılmaktadır. Bu ağaç türü doğal etkenlere ve termit saldırılarına karşı dayanıklıdır. Bina içi ve dışı arasındaki sıcaklık farkı, binanın farklı bölgelerinde basınç farkına neden olur ve havanın hareket etmesini sağlar. Yaz'deki nem oranının çok düşük olduğu (Ortalama nem: %30,33) düşünüldüğünde, rüzgar bacaları havanın dolaşımını sağlamanın yanı sıra buharlaşma yoluyla bölge sakinlerine konfor da sağlar. Kuru ve ılık rüzgar, çeşmeli küçük bir taş göletten üzerinden geçer ve buharlaşma ile soğutulur ve nemlendirilir. Daha sonra bu soğuk ve nemli hava odalara girer. Havuz veya gölet bulunmayan bölgelerde ise rüzgar bacasının üzerine saman, kütük, diken gibi malzemeler koyularak üzerlerine su serpilir ve nem ve serin hava miktarı artırılır [33].

### **3.3.2. Rüzgar Bacalarında Kullanılan Malzemeler**

Tipik bir rüzgar bacası, genellikle kerpiç tuğladan veya daha yaygın olarak çamur sıva ile kaplanmış fırınlanmış tuğladan yapılmaktadır. Çamur sıvası (Kah-Gel), ıslak toprak ile ince veya kıyılmış kaba saman karışımından oluşmaktadır. Rüzgar bacalarının dış dekoratif özelliklerinde beyaz kalker sıva (Gach) da kullanılmaktadır [17]. Tipik bir rüzgar bacasının ana yapısı ise bir kule, birkaç havalandırma deliği ve bölmelerden oluşur. Kule, ya çıplak tuğladan yapılmış ya da kerpiç sıva ile kaplanmıştır.

Ahşap kirişler, farklı yüksekliklerdeki bölmeleri desteklemek ve yapıyı birbirine sabitlemek için kullanılırken aynı zamanda kuleye kayma direnci sağlar. Kirişlerin kuyruğu, kule inşası için merdiven ve iskele sağlamak amacıyla yapının dışında bırakılır ve sonraki bakım çalışmalarında kullanılır [49].

Kulenin şekli genellikle kare veya dikdörtgendir ve boyutları 50 x 80 ila 70 x 110 cm arasında değişir. En büyük kaydedilen kule ise 500 x 500 cm'dir. Tüm rüzgar bacalarının %60'tan fazlasının korkuluk seviyesinden 3 metreden daha düşük yükseklikte olduğunu ve sadece %15'inin 5 metreden yüksek olduğunu biliyoruz. Daha yüksek kuleler, özellikle birden fazla havalandırma deliği nedeniyle yapısal olarak çökme riskine sahiptir. Kulenin dış duvarları, kerpiç, pişmiş tuğla veya "Farshi" kiremitlerinden (pişmiş kare döşeme taşları) oluşan dikey bölme dizisiyle üst uçta

tamamlanır. Bu bölmeler, kulenin tepesindeki ağır bir duvar çatısına kadar uzanan düz bir menfez ızgarası oluşturur (Şekil 3.7.) [50].

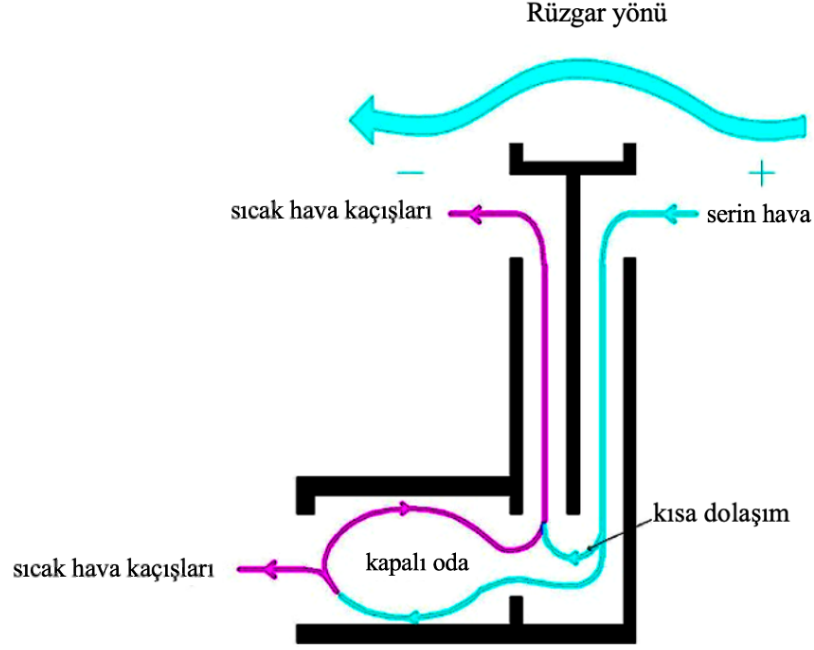


Şekil 3. 7. Yazd'de tamir edilen tipik bir Rüzgar bacası [50].

Rüzgar bacası aslında rüzgarı yukarıdan aşağıya doğru yönlendiren bir kanaldır. Bir rüzgar bacasının inşası üç aşamadan oluşur. İlk aşamada, bodrum katın alt kısmı çatı katına kadar örülür. Rüzgar bacası, iki havalandırma deliği ile donatılmıştır. Bir tanesi bodrumda zemin seviyesinde, havayı nemlendirmek ve soğutmak için; diğeri ise oturma odasında zemin seviyesinde veya odanın yüksekliğinin dörtte biri ile üçte biri arasında yer alır.

İkinci adımda, rüzgar bacasının üst kısmı çatıya monte edilir. Bu amaçla iki yöntem kullanılır. İlk yöntemde, çatıya dört kerpiç veya tuğla duvar örülür ve kulenin tepesinde bir kirişle desteklenir. İkinci yöntemde ise, dört köşeye dairesel kesitli dört dikey ahşap kolon yerleştirilir, ardından ahşap çerçeveyi güçlendirmek için yatay ve eğimli ahşap elemanlar eklenir. Daha sonra dört rüzgar geçirmez duvar, tuğla veya harçlı kil kullanılarak inşa edilir. Dört duvarın üzerine bir çift yatay enine ahşap kiriş yerleştirilir. Son olarak, bu kiriş çifti üzerine ince dikey çapraz kanatlar yerleştirmek için tuğla, kil veya ahşap kullanılır. Üçüncü aşamada rüzgar kırıcının çatısı ahşap

levhalar ve saman harcı ile kaplanır ve yağmur suyunun yönünü değiştirmek için oluk eklenir (Şekil 3.8.).



Şekil 3. 8. Rüzgar bacası çalışma aşaması [50].

Bir rüzgar bacasının formu, aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla baca, gövde, kiriş, zincir ve raflardan oluşur ve her biri nihai oluşumda etkilidir [51].

**Baca:** Rüzgar bacasının baca kısmı genellikle tamamlanmamış bir piramit şeklindedir. Bu parça ile rüzgar bacasının üst kısmının farklı oranları düzenlenmiştir. Bazı örneklerde bir insan kadar uzun, bazılarında ise birkaç metre yüksekliğinde olabilir.

**Gövde:** Rüzgar bacasının raf ile oda arasında bulunan kısmına "gövde" denir. Rüzgar bacası ne kadar yüksekse, gövdesi de o kadar yüksek olur. Yaz'deki rüzgar bacalarında, iklimsel sebeplerden dolayı gövde daha yüksek olup, rüzgar bacasının yüksekliği, yükseklikten esen rüzgarı almak için önemlidir. Bu bölümün estetiği genellikle tuğla süslemelerinden kaynaklanır.

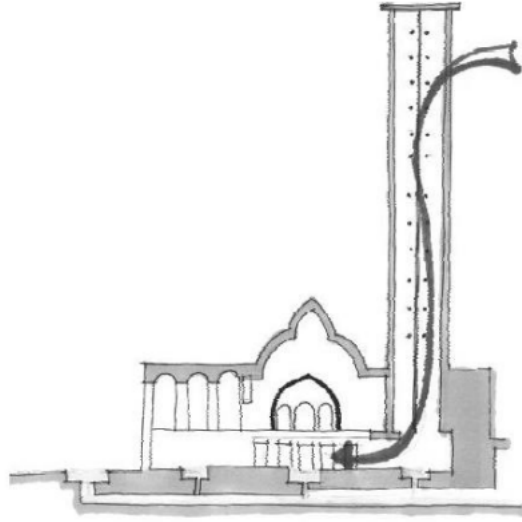
**Kiriş ve Zincir:** Kiriş ve zincir, tutamak ve raf arasında bulunur. Bu elemanlar farklı şekillerde yapılmış olup rafı destekler.

Raf: Rüzgar bacasının üst kısmı olan raf, hava geçiş kanalı olan kanatları içerir. Rafın yaygın geometrik şekil türleri arasında uzun, dikey dikdörtgen, yatay ve kare bulunur. Raflar genellikle önü açık veya önü kapalı olabilir. Bu özellik rüzgarın esme yönüne bağlı olarak değişir. Öte yandan, odaya doğru hava çıkışı için genellikle iki raf düşünülür.

### 3.3.3. Rüzgar Bacasının Yönü

Rüzgar ve binalar arasındaki ilişki genellikle mimari aerodinamik olarak adlandırılır. "Mimari aerodinamik" terimi, akışkanlar mekaniği temel bilgisiyle ilgilenir ve rüzgar ile binalar arasındaki etkileşimin incelendiği daha büyük ölçekte akışın üç boyutlu davranışını ele alır. Kentsel alanlarda rüzgar ve binalar arasındaki karmaşık etkileşimler, akışın yerleştirilmiş bir özelliğini tahmin etmeyi zorlaştırır. Bu karmaşıklık kısmen binaların geometrik formu ve hacmi, binaların rüzgara maruz kalma derecesi ve birbirine olan yakınlığı ile ilgilidir.

Bu etkileşimin bir örneği, rüzgar ile rüzgar bacası gibi katı dikdörtgen bir nesne arasındaki çarpışmanın genel bir görünümünü sağlamak için aşağıda açıklanmaktadır. Çarpışmanın etkileşimin bir devamı olduğu göz önüne alındığında, aşağıdaki açıklama binaya yaklaşan hava yönünde bir dizi aşamaya ayarlanmıştır. Rüzgar bacalarında hava akımı ve buharlaşma yoluyla yaşam konforu sağlamak için kullanıldığı için sıcak ve kuru bölgelerdeki nemde ortalama bağıl nem düşüktür ve daha fazla neme ihtiyaç duyulur. Hava akımı rüzgar bacası vasıtasıyla bir binaya girdikten sonra, önce bir taş gölet ve çeşme üzerinden geçerek nemi binadaki diğer mekanlara taşır (Şekil 3.9.). Bazı yerlerde rüzgar bacasının içine hasır veya dikenler yerleştirilir ve kullanıcılar hava akışının nemini ve serinliğini artırmak için üzerlerine su döker. Yazdaki sıcak hava, suyu kolayca buharlaştırarak ısıyı ve kuruluğu azaltma, yaşam alanlarında soğumaya ve havada bağıl neme neden olma potansiyeline sahiptir.



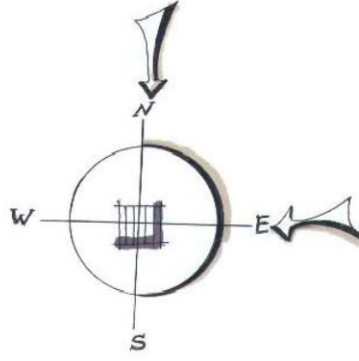
Şekil 3. 9. Rüzgar ve Rüzgar bacasının çarpışma şeması [53].

Hava hareketi, binanın üzerinde ve çevresinde farklı bir basınç dağılımı oluşturur. Havanın, daha yüksek basınçlı bölgelerden daha düşük basınçlı bölgelere doğru hareket etme eğilimi olduğundan, açıklıklar sağlandığında bina içinde hava hareketi oluşur. İki açıklık arasındaki basınç farkı aslında akış potansiyelini ifade eder. Bu, rüzgar kuvveti sayesinde mekanik bir kuvvet olmadan havanın çekildiği doğal havalandırma olarak bilinen bir fenomendir. İyi bir havalandırma, akış modeli, havalandırma oranı ve bina içindeki hava hızının dağılımı olmak üzere üç parametreye dayanır. Doğal havalandırma planlanırken, dış rüzgar hızı bilgisi yön ve büyüklük açısından da önemlidir. Ayrıca, bir dizi tasarım parametresi de önem taşır.

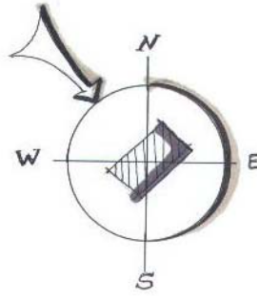
Rüzgar bacası yönü genellikle rüzgarın dört ana coğrafi yöne bağlı olarak esmesini ifade eder. Rüzgar enerjisinin kullanımı ve rüzgarın esme yönü göz önünde bulundurularak belirlenir. Yaz'de tercih edilen rüzgar akımları genellikle kuzeybatıdan eser. Bu nedenle, rüzgar bacalarının uzun kenarları, binaların maksimum düzeyde rüzgardan yararlanması ve serinlemesi için kuzeybatıya doğru yönlendirilir.

Ancak, diğer yandan sıcak ve nemli bölgelerde, örneğin Bandar Laft gibi kıyı bölgelerinde, binalar genellikle doğu-batı yönünde yer alır. Gece ve gündüz boyunca esen en istenen rüzgar, doğudan batıya esen deniz meltemidir. Bu nedenle, rüzgar bacaları, kuzeyden güneye ve doğudan batıya esen tüm rüzgarlardan yararlanacak şekilde dört yönde inşa edilir (Şekil 3.10. - 3.11.). Rüzgar bacalarının yönelimi,

istenilen ana rüzgarın esme yönüne bağlı olarak değişiklik gösterir. Rüzgar bacaları, İran mimarisinde bina sakinlerine yaşam konforu sağlamak için rüzgar akımını binaların iç mekanlarına iletmek için kullanılan bir yapısal unsur olarak hizmet verir [52].

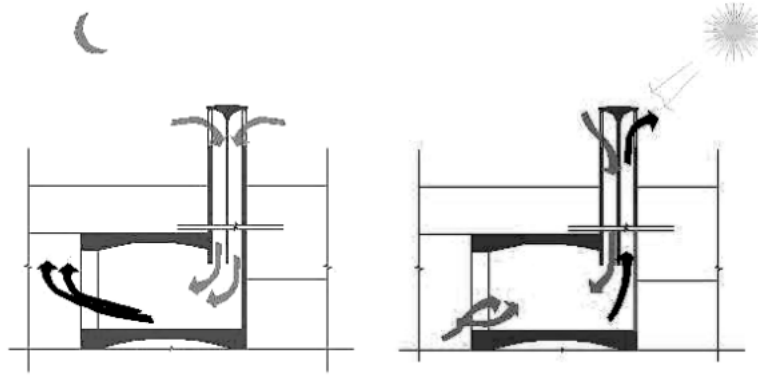


Şekil 3. 10. Bandar Laft'deki Rüzgar bacaların yönü [53].



Şekil 3. 11. Yazd'deki Rüzgar bacaların yönü [53].

İran mimarisinde bir rüzgar bacası, giriş ve çıkış açıklıklarının bir kombinasyonunu içerir. Bu tür bir bacada, tünel binaya soğuk hava sağlar ve şaftı vasıtasıyla bina içindeki hava boşluğunu ileten bir kanal görevi görür. Çoğu rüzgar bacada, özellikle dört kenarlı tiplerde, kule şaftlara bölünmüştür. Bir şaft her zaman rüzgarı yakalamaya çalışırken, diğer üç şaft çıkış havasının geçişini sağlar. Bu şekilde, yaşam alanındaki havasızlığı "baca" etkisiyle iletmektedirler. Baca etkisi, sıcaklık arttıkça hava yoğunluğunun artmasına dayanan bir prensibe dayanır. Bir binanın iç ve dış bölgeleri arasındaki sıcaklık farkı, farklı basınçlar oluşturur ve hava akımlarına neden olur (Şekil 3.12.) [53].



Şekil 3. 12. Rüzgar bacasının gündüz ve gece işlevi [54].

Geleneksel rüzgar bacaları, birçok avantaj ve dezavantaja sahip olup, aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Avantajlar:

1. Sistem tamamen enerjisizdir ve doğal havalandırma sağlar.
2. Yüksek düzeyde havalandırma sunarken, binanın performansından ödün vermez.
3. Bakım gerektirmez, arızalanma riski yoktur ve rüzgar sistemi tarafından kontrol edilen dış etkenlere karşı dayanıklıdır.

Dezavantajlar:

1. Toz ve böceklerin rüzgar bacalarından binaya girmesi mümkündür.
2. Rüzgar bacasına giren hava, diğer açıklıklardan çıkarak binaya girmeyebilir.
3. Rüzgar bacaları, rüzgar hızının çok düşük olduğu alanlarda etkili verim sağlamayabilir.

### 3.4. RÜZGAR BACASININ YAPISI VE ÇEŞİTLERİ

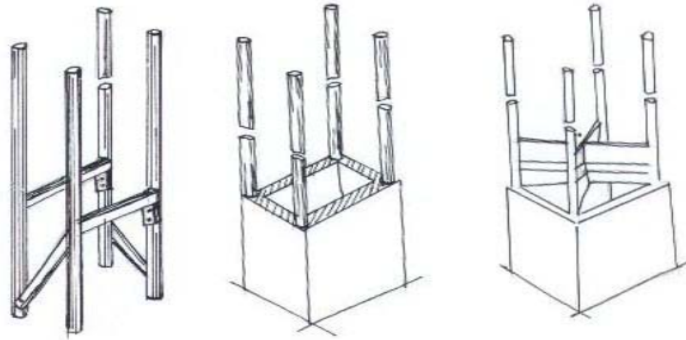
Sıcak-kuru bölgelerde, hem aydınlatma hem de havalandırma amacıyla sıradan bir pencere kullanmak mümkün değildir. Eğer pencereler hava hareketi veya doğal havalandırma sağlamak için kullanılıyorsa, pencerelerin boyutları daha küçük olmalıdır, böylece doğal gün ışığını azaltmayacak şekilde yeterli hava hızı oluşturulabilir. Bu nedenle, rüzgar bacası gibi ayrı bir havalandırma sistemi, hava hareketini sağlayacak şekilde tasarlanırken, pencereler sadece doğal gün ışığına hizmet edecek şekilde tasarlanmıştır. Rüzgar bacaları coğrafi konuma bağlı olarak



farklı tasarım ve tarzlara sahiptir. Bazı durumlarda, farklı açılım yükseklikleri ve sayılarıyla tek taraflıdan sekiz taraflıya kadar çeşitli tasarımlar mevcuttur.

Rüzgar bacalarının gövdesi, yükseklikteki rüzgarları yakalamak için kayar. Açık hava menfezleri, yatay kuvvetlere karşı direnci azaltır çünkü burada yapısal elemanların önemi belirginleşir. Rüzgar bacalarının yapımında kerpiç ve kereste kullanılmaktadır (Şekil 3.13). Rüzgar bacası, bir binanın üzerinde yükseldiği için destekleyici elemanlara ihtiyaç duyar. Rüzgar bacaları genellikle kerpiçten veya daha yaygın olarak pişmiş tuğla ve tahtadan yapılıdır. Tipik bir rüzgar bacasının ana yapısı, bir kule, birkaç havalandırma bölmesi ve bölmelerden oluşur [50].

Ahşap kirişler, çeşitli seviyelerdeki bölmeleri desteklemek ve kulenin kayma direncini artırmak için yapıyı birbirine sabitlemek amacıyla kullanılır. Bu kirişler aynı zamanda kulenin inşası ve sonraki bakımlarında kullanılmak üzere yapıdan dışarıya doğru çıkıntı yapacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede bir merdiven ve iskele sağlanır. Ana ve yan bölmeler, rüzgar bacalarını desteklemek için ek bir yapısal unsurdur [43].



Şekil 3. 13. Rüzgar bacaların yapıları [55].

Rüzgar bacalarında, İran süsleme mimarisine özgü olarak dikkat çekici iki tür süsleme özelliği bulunmaktadır. İlk olarak, rüzgar bacalarının gövdesine estetik amaçlarla eklenen süs öğeleri yer alır. İkincisi ise dekoratif öğeler olarak işlev gören işlevsel öğelerden oluşur. Yazd'daki rüzgar bacalarının süs unsurları arasında, kanatçıkların uçlarına çeşitli kemerlerde farklı şekillerde yerleştirilen alçı bulunmaktadır. Her bir mimar, kişisel tercihinine göre farklı bir kemer kullanmış ve bu da o mimarın imzası olarak değerlendirilebilir (Şekil 3.14.).

Bu tür süslemeler sadece dekorasyon amacı taşımaktadır ve başka bir işlevi bulunmamaktadır. Örneğin, bazen rüzgar bacasının baş kısmına ve altına tuğla sıraları yerleştirilir ve muhtemelen rüzgar bacasının gövdesi üzerinde gölgelik bir etki oluşturur. Bu süsleme elemanlarındaki farklılıklar, iklim koşulları veya işlevsel problemlerle ilgili değildir, ancak kültürel özelliklerin ve etkilerin bir yansımasıdır.



Şekil 3. 14. Rüzgar bacalarının yapıları [47].

Rüzgar bacaları, doğru bir rüzgar akışının sağlandığının bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Rüzgar bacalarıyla ilgili konuların ve çeşitlerin anlatılabileceği bir metinde dile getirilebilecek daha fazla detay bulunmaktadır. Bununla birlikte, rüzgar bacalarıyla ilgili dikkat edilmesi gereken bazı önemli noktalardan bahsedebiliriz [51].

#### **3.4.1. Rüzgar Bacalarının Ana Formlarına Göre Sınıflandırılması**

Yazd şehrinde, boyutlarına, plan tiplerine, detaylarına ve yüksekliklerine göre çeşitli rüzgar bacaları tasarımları hala tanınmaktadır. Her rüzgar bacasının kendine özgü karmaşık bir plana sahip olması, genellikle kule boyutu veya yükseklik farkıyla ilgili olmasa da, dikkate değerdir. Rüzgar bacasının tasarımı genellikle yerel ve geleneksel inşaatçıların deneyimlerine ve kişisel becerilerine dayanmaktadır ve yayınlanmış herhangi bir tasarım kriteri bulunmamaktadır.

Rüzgar bacalarının plan formları kare, dikdörtgen ve sekizgen olarak bildirilmiştir. Kare form, Yazd'deki dört yönlü rüzgar kulelerinde kullanılan bir tiptir. Dikdörtgen formlar ise bir, iki veya dört yönlü rüzgar kulelerini içerir. Bölmeler, rüzgar kulelerinde kullanılarak kuleyi birkaç şafta bölmek için bir bileşen olarak görev yapar. Bu bölmeler genellikle kerpiçten yapılmıştır ve kulenin tepesinden ağır bir duvar çatısına kadar uzanan düz bir ızgara ağı oluştururlar. Bölmeler, ana bölmeler ve ikincil bölmeler olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Ana bölmeler, havalandırma deliklerinin arkasında ayrı bir şaft oluşturarak kulenin merkezine doğru devam eder. Bölmelerin desenleri kuleden kuleye değişiklik gösterse de, en yaygın olanları I, H ve diyagonal şekillerdir. İkincil bölmeler ise dış duvarın yaklaşık 20-25 cm'si kadar genişlikte kalır. Bir şaft, yapısal veya termal bir rol oynayan bir dizi ek bölmeyle alt bölmelere ayrılabilir. Bu şekilde kule, iki veya dört şafta ayrılabilir. Rüzgar bacaları, plan şekline ve bölme düzenine göre kategorize edilebilir.

Rüzgar bacalarının iç kanatları, genel plan şekli dışında farklılık gösterebilir. Bu kanatlar, rüzgar kanalını birkaç küçük kanala böler. İç kanatlar iki kategoriye ayrılır: ana kanatlar ve alt kanatlar. Ana kanatlar yerden 1,5 ila 2,2 metre yükseklikten başlar ve tavana kadar uzanır. Ana kanatlar daha işlevsel bir rol oynarken, alt kanatlar rüzgar bacasının giriş kısmında yer alır. Alt kanatlar daha çok dekoratif bir işlevi vardır. Rüzgar bacalarının içinde bulunan ana kanatların çeşitliliği, farklı planlara yol açar. Bu şekilde rüzgar bacalarının iç kanatları, işlevsel ve dekoratif unsurların birleştiği özelliklere sahiptir. Ana kanatlar işlevsel olarak rüzgar akışını kontrol ederken, alt kanatlar ise dekoratif bir estetik sunar. Bu da rüzgar bacalarının farklı planlarının oluşmasını sağlar [32].

1. **X** şekilli bölmeli Rüzgar bacası
2. **+** şekilli bölmeli Rüzgar bacası
3. **H** şekilli bölmeli Rüzgar bacası
4. **K** şekilli bölmeli Rüzgar bacası
5. **I** şekilli bölmeli Rüzgar bacası

### **3.4.2. Planda Kurulum Yerine Göre Rüzgar Bacalarının Tipolojisi**

Rüzgar bacalarının evlere yerleştirilmesindeki farklılık, tasarımlarının planıyla

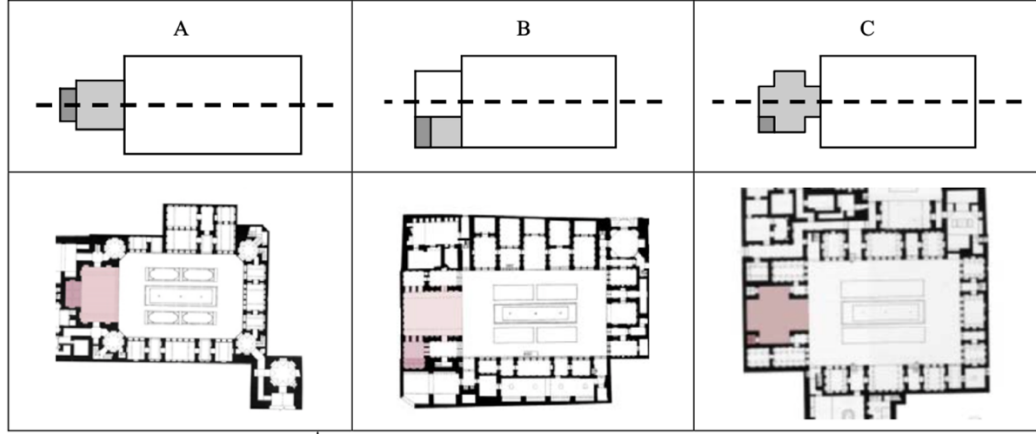
ilgilidir ve aynı zamanda soğutma performansını da etkiler. İran evlerinde rüzgar bacalarıyla ilgili ana bileşenler orta avlu ve salonlardır. Salon genellikle doğrudan rüzgar bacasına bağlanır, ancak bazen bu bağlantı başka bir mekana yönlendirilebilir. Evlerdeki rüzgar bacaları ve yazlık ile avlu arasındaki bağlantılarına göre üç farklı tipe ayrılabilir [43].

Tip (A): Rüzgar bacalarının hol arkasında ve simetri ekseninde konumlandığı tip. Bu durumda salon, hol ve avlu simetri eksenlerinin birbirine uzantısı konumundadır. Bazı evlerde salonun yüksekliği 5 metreye kadar ulaşır ve rüzgar bacası salonun üst yarısında yer alan bir gaz boya bağlanır. Bu tip planlama, Yazd'de en yaygın tasarım şeklidir. Rüzgar bacasının avlu simetri ekseninde konumlanması, güney cephenin simetrisini vurgular ve rüzgar bacasının altında herhangi bir su havzasının görünmemesini sağlar.

Tip (B): Rüzgar bacasının avlu köşesinde konumlandığı tip. Rüzgar bacası, havuzlu evin boşluğu ve hol ile ilişkilidir ve doğrudan salonla bağlantılı değildir. Bu tip evlerde avlu ekseninde yer almaz, ancak avlu köşesinde bulunur. Rüzgar bacasının uzunluğu avluya bağlı olarak değişir ve bazı durumlarda avluyla aynı yöne doğru uzanır. Bu düzenlemede hava akımı, alt menfezlerden 90 derecelik bir açıyla avluya ulaşır. Yazd evlerinin mimarisinde, avlu ile bağlantısı olmayan ve ışık almayan avlu köşelerindeki alanlar, çatıya yerleştirilen bir ışıkla aydınlatılır.

Tip (C): Rüzgar bacasının salonun kuzey köşelerinden birinde konumlandığı tip. Bu plan tipinde haç şeklindeki salon, avlu boyunca veya enine eksen boyunca yer alır ve salonun simetri ekseninde başka bir rüzgar bacası bulunmaz. Bu tip rüzgar bacaları genellikle kare planlıdır, ancak Yazd'deki yaygın olan dikdörtgen rüzgar bacalarıdır (Şekil 3.15.) [48].

Bu şekilde rüzgar bacalarının evlere yerleştirilmesi, farklı tasarım tipleriyle belirlenir ve soğutma performansı üzerinde etkili olur. Her tip, evin planına ve kullanım ihtiyaçlarına göre farklı avantajlar sunar ve Yazd evlerinin mimarisinde benzersiz bir özelliğe sahiptir.



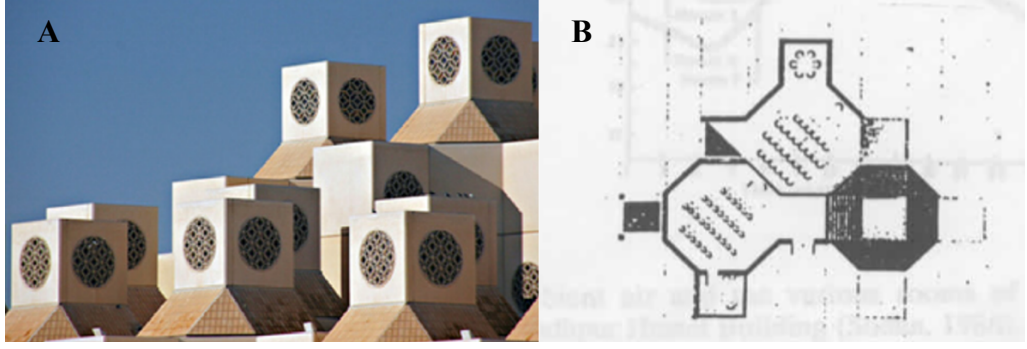
Şekil 3. 15. Plandaki kurulum yerine göre rüzgar bacası çeşitleri [48].

### 3.5. ÇAĞDAŞ MİMARİDE RÜZGAR BACALARI

1960'lı yıllarda, geleneksel mimariye artan bir ilgi gözlenmiş ve ilk nesil modern mimarların savunduğu fikirlere uzaklaşmıştır. Bu dönemde, çevreye duyarlı ve yaratıcılıktan yoksun olduğu düşünülen Uluslararası Tarz, modern mimarların destekçileri tarafından güçlü bir şekilde eleştirilmiştir. Mimarlar, büyük pencereler ve cam ve beton yapılar gibi modern mimarinin özelliklerinin, özellikle rüzgar bacaları gibi zamana saygı duyan, çevreye duyarlı mimari unsurların olduğu toplumlarda aşırı sıcak havalarda yetersiz kaldığına inanmışlardır. Cam giydirme cepheye sahip klimalı ofis binalarının uygunluğu, iç mekan konforunu korumak ve kullanıcıları dış ortamdan ayırmak için büyük miktarda enerji gerektirmesi nedeniyle küresel olarak sorgulanmaktadır. Batı ülkelerinde, özellikle rüzgar bacalarında doğal havalandırma ve pasif soğutma yaklaşımının kullanılması konusunda artan bir farkındalık gözlenmektedir. Rüzgar bacalarının performansını araştırmak amacıyla rüzgar yönüne ve hızına bağlı olarak deneysel çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bina içindeki hava hareketinin hava kalitesini iyileştirdiğini ve iç sıcaklıkları azalttığını kanıtlamıştır. Modern rüzgar bacası fikri, geleneksel rüzgar bacalarının biçim ve işlevini yeniden canlandıran ve modern ahşap binalarda herhangi bir mekanik cihaz kullanmadan uygulayan Batılı mimarların dikkatini çekmiştir. Bu, enerji tasarrufu teknolojileri arasında yer alan rüzgar bacalarının, binalarda önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayabilen bir örneğinin başarılı bir şekilde benimsendiğini göstermektedir [20].

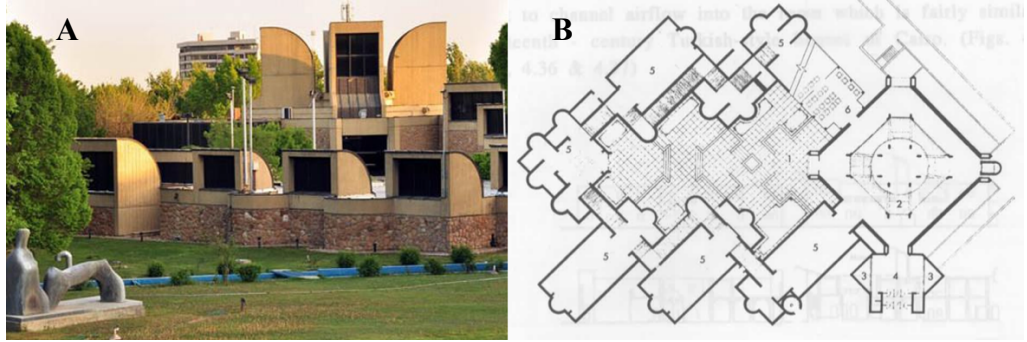
Modern mimari, konutlar, kamu binaları ve hizmet sağlanması gibi çok sayıda insanın ihtiyaçlarını karşılamayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu nedenle, geleneksel yapılarla tamamen farklı yeni yapı formları ortaya çıkmıştır. Bu yeni formlar, Batı teknolojileriyle birlikte İslam-Arap dünyasına da ithal edilmiştir. Bu değişiklikler, İslam-Arap mimarları arasında derin bir rahatsızlık yaratmış ve çağdaş İslam yapılarının geleneksel mimarinin değerleriyle ilişkilendirilebilecek formlara sahip olmasını aramışlardır. Modern mimarinin ortaya çıkması ve özellikle mekanik tesislerin yaygınlaşmasıyla birlikte iklimin binalardaki rolü giderek azalmıştır. Ancak, geçen yüzyılın ikinci yarısından itibaren çevre koruması ve iklim değişikliği önemi artmış ve çevre dostu teknolojiler, atık geri dönüşümü ve temiz enerji kaynaklarına odaklanılmıştır. Bu bağlamda, mimarlık alanında çevreye ve iklim değişikliğine uygun mimari yapılar ve tasarımlar giderek daha önem kazanmaya başlamıştır. Son yıllarda, Ortadoğu'da çeşitli projelerde Rüzgar bacalarının kullanımının artması sevindiricidir. Geleneksel Rüzgar bacalarının kullanımı hala kırsal konutlarda sürdürülmekte olup, doğal soğutma tekniklerinin coşkuyla kullanıldığı modern projelerde de Rüzgar bacaları göze çarpmaktadır. Katar Üniversitesi, Tahran'daki Modern Sanatlar Müzesi ve Sharjah'deki Merkez Pazar gibi projelerde Rüzgar bacalarının kullanımına sıkça rastlanmaktadır [30]. Bu projeler, çevreye duyarlılık ve iklim uyumunu yansıtan önemli örneklerdir ve Rüzgar bacalarının modern mimarideki rolünü vurgulamaktadır.

Rüzgar bacaları, Katar Üniversitesi'nin projesinde yaygın olarak kullanıldı. Tasarım, sekizgen bir hücrenin tekrarına dayanıyor ve her modüler birimde bir “Yazdi kulesi” bulunuyor. Bu kuleler, bir soğutma sisteminin görsel ifadesi olarak hizmet veriyor, ancak binanın tamamen mekanik olarak iklimlendirildiği belirtilmelidir. Tasarımcı, bu tasarımın üniversite için mükemmel olduğunu iddia etmekten ziyade, İslam Mimarisinin modern bir ifadesi olarak görülmesi gerektiğini önermektedir [54].



Şekil 3. 16. (A) Katar Üniversitesi'nde rüzgar bacaları kurulumu (B) Katar Üniversitesi'nde rüzgar bacaları planı [56]

İran'ın Tahran kentindeki Çağdaş Sanat Müzesi'nin tepesinde, bazı kıvrımlı kuleler bulunmaktadır. Bu kuleler, İran'ın geleneksel Rüzgar bacalarının anısını sembolize etmek ve rüzgarı değil, yansıyan ışığı yakalamak amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 3.17.).



Şekil 3. 17. (A) Çağdaş Sanat Müzesi, (B) Çağdaş Sanat Müzesi planı, Tahran, İran [68]

## BÖLÜM 4

### ENERJİ PERFORMANSI

Bir Rüzgar bacası tarafından sağlanan havalandırmanın termal konforu iyileştirmek için iki yol vardır. Birincisi, doğrudan fizyolojik etkiler yaratmasıdır, bu etkiler insan vücudu üzerinde doğrudan etkileşimde bulunarak konforu artırır. İkincisi ise dolaylı olarak gece soğutmasıdır, bu da havalandırma yoluyla gece saatlerinde bina içindeki sıcaklığı düşürerek konforu iyileştirir. Her iki etkinin de bilinmesi, bir Rüzgar bacasını inceleyip tasarlarırken önemlidir. Bu bölümde, bu iki etki tartışılmakta ve doğal havalandırma, termal konfor ve tasarım parametreleri arasındaki ilişki vurgulanmaktadır. Sıcak ve kurak bölgelerde bir soğutma stratejisi olarak Rüzgar bacası kullanmak, bölgenin iklim özellikleriyle ilgili bu parametrelerin net bir şekilde anlaşılmasını gerektirir.

#### 4.1. DOĞAL HAVALANDIRMA

Havalandırma terimi, Latince "venture" (rüzgar) kelimesinden türetilmiştir ve açık alanlardan veya binaların içinden geçen hava hareketini ifade eder. Havalandırma süreci, mekanik olarak yönlendirilen dolaşım ve doğal dolaşım olmak üzere iki kuvvet tarafından etkilenir. Doğal havalandırma ise, iç ortamın dış ortamla hava alışverişini mekanik kuvvet kullanmadan gerçekleştiren bir süreçtir [17].

Bir bina kabuğunun farklı noktaları arasındaki basınç farkı, havanın açıklıklardan akmasına neden olur. Bu basınç farkı genellikle iki kaynaktan kaynaklanır: bina içi ve dışı arasındaki sıcaklık farkı (ısısal kuvvet) ve farklı yüksekliklerdeki hava arasındaki basınç farkı (rüzgar kuvveti). Bu kuvvetler, sırasıyla rüzgar etkisi ve baca etkisi olarak adlandırılır. Her iki etki de enerji verimli tasarımlar için önemlidir ve özellikle Rüzgar bacalarının performansı ile ilgili olarak değerlendirilir. Doğal havalandırmanın işleyişi, rüzgar hareketine veya sıcaklık farkına dayalı olarak havayı



bir binada dolaştırmaya dayanır. Doğal havalandırma, enerji tüketimini azaltmak için etkili bir pasif soğutma tasarım stratejisi olarak kullanılmıştır, bu da iklimlendirme sistemlerine olan bağımlılığı azaltır.

Binalarda doğal havalandırma sağlandığında, her zaman mekanik havalandırmaya bir alternatif sunar. Doğal havalandırma, hava hareketini teşvik etmek için iki etkiye dayanır: rüzgar basıncı ve kaldırma kuvveti [18].

Doğal havalandırmanın en yaygın şekli, açılabilir pencerelerin kullanılmasıdır. Diğer havalandırma yöntemleri ise havayı binaya düşük bir seviyeden sokarak ve kirli havayı daha yüksek bir seviyeden dışarı atmak için kaldırma kuvvetini kullanarak baca havalandırmasını içerir.

Doğal havalandırma yöntemlerinde üç temel etken dikkate alınır:

1. Rüzgar basıncı, ısısal kaldırma kuvveti veya bu ikisinin birleşimi olan rüzgar ve ısısal kaldırma kuvvetinin kullanımı: Bu doğal kuvvetler havalandırmayı yönlendiren unsurlardır.
2. Termal kuvvet nedeniyle havalandırma (baca etkisi): Termal kaldırma kuvveti ve havalandırma akış hızları birbirine bağlıdır. Doğru bir şekilde doğal havalandırma oranlarını tahmin etmek, gerektiğinde iki doğal kuvveti ve onların birleşik etkilerini doğru bir şekilde tahmin etmekle ilgilidir.
3. Doğal havalandırmayı gerçekleştirmek için kullanılan karakteristik havalandırma elemanları: Rüzgar bacaları, bacalar, çift cepheler ve pencereler en önemli karakteristik elemanlardır.

#### **4.1.1. Rüzgar Kuvveti Etkili Havalandırma**

Bu tür doğal havalandırmanın etkinliği, günlük olarak değişen rüzgar yönü ve şiddetine bağlıdır. Rüzgar miktarı her zaman sabit değildir ve birçok farklı faktör, o günkü davranışını etkiler. Yerel iklim, çevredeki yapılar ve hava koşulları, çevresel rüzgarları etkiler. Örneğin, bazı şehirler diğerlerinden daha rüzgarlı olabilir.

Bunun yanı sıra, tek bir binayı çevreleyen diğer birçok yapı, rüzgar üzerinde farklı etkilere neden olur. Bina içindeki hava değişimi miktarı, rüzgar hızı ve kentsel bir ortamda diğer binaların etrafında nasıl hareket ettiğiyle ilişkilidir. Ayrıca, binanın şekli

ve oryantasyonu (yani rüzgarın normal yönüne bakan giriş tarafı) gibi faktörler, rüzgar etkisini etkiler [17].

Rüzgarın tutarsız ve genellikle tahmin edilemez davranışı, havalandırma tasarımcılarının değişen rüzgar hızlarını ve yönlerini hesaba katmasını gerektirir. Ancak rüzgar, bazen çok güçlü olabilir ve rahatsız edici koşullar veya iş süreçlerine zarar verebilir. Ayrıca, rüzgarı binanın girişine doğru doğru ve tutarlı bir şekilde yönlendirmek zor olabilir, bu nedenle rüzgarı %100 kesin bir şekilde tahmin etmek mümkün değildir.

#### **4.1.2. Termal Kuvvet Nedeniyle Havalandırma**

Bir hava kütesinin alt tabakası ısıtıldığında, konvektif bir süreç gerçekleşir. İki hava tabakası arasındaki yoğunluk farkı, yerçekimi konveksiyon fenomeni nedeniyle ısınan havanın yükselmesine ve soğuk havanın yerini almasına yol açar. Bu süreç, baca, kuleler ve yüksek binalarda net bir şekilde görülen baca etkisi olarak adlandırılır. Baca etkisini etkileyen temel faktörler yükseklik ve sıcaklık farklılıklarıdır. Yükseklik ve çıkış arasındaki mesafenin artması ve bacanın altındaki ve üstündeki hava arasındaki sıcaklık farkının artmasıyla baca etkisi doğrusal olarak artar.

#### **4.1.3. Pencere Üzerinden Doğal Havalandırma**

Binalara pencereler sağlamak, çeşitli işlevlere atıfta bulunur, bunlar arasında gün ışığı, güneş ışığı, havalandırma, manzara, mahremiyet, güvenlik ve çevre duygusu bulunur.

Havalandırma amacıyla pencereler tasarlanırken, rüzgarın yön aralığı ve çevresel etkiler gibi bir dizi faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Komşu binalar, topoğrafi gibi unsurlar rüzgar yönünü etkileyebilir ve pencerelerinize rüzgarın etkisini değiştirebilecek bir perdeleme etkisi yapabilir. Örneğin, sıcak bir bölgede büyük pencerelere sahip bir yapıda yaz aylarında, eğer baskın rüzgar o yönden esiyorsa bu istenir, ancak pencereler iyi korunmadığında, öğleden sonra bu pencerelerden fazla miktarda istenmeyen güneş radyasyonu alınabilir. Bu nedenle, sıcak ve kuru bölgelerde büyük pencerelere sahip olmak, termal konfor gereksinimlerini karşılamak

için istenmeyen sonuçlar doğurabilir ve her zaman pencereleri karşılıklı duvarlara yerleştirmek mümkün olmayabilir. Bu nedenle, havalandırma işlevini pencerelerden ayrı tutmak ve bu işlevi özel olarak tasarlanmış bir elemana bırakmak, sıcak ve kuru bölgeler için en iyi çözüm olabilir.

#### **4.2. SICAK VE KURU İKLİMLER İÇİN ISI KONFORU**

Bir konfor değerlendirmesi, birçok faktörün birleşik etkisine bağlı olarak elde edilir. Bu faktörler arasında aktivite düzeyi, klima sistemi, giyim, vb. bulunur. Hava sıcaklığı, çevredeki yüzeylerin ortalama ışıma sıcaklığı, radyasyon, nem ve hava hareketi gibi diğer çevresel faktörler de konfor değerlendirmesinde rol oynar. Konfor bölgesi kavramı, bir kişinin rahatça yaşayabileceği bir dizi termal koşulu ifade eder.

Termal konfor, termal denge kavramıyla karıştırılmamalıdır. Termal denge, vücudun çekirdek dokularının sıcaklığını 36 ila 38 °C aralığında dar bir aralıkta tutmayı içerir, dış ortamdaki geniş sıcaklık değişikliklerine rağmen. Termal denge, konfor için önemlidir, ancak termal düzenleyici mekanizmaların etkinleştirilmesiyle rahatsızlık koşullarında da sağlanabilir. Her iklim ve bölge için bir konfor bölgesi oluşturmak, sonunda bina sakinlerinin termal ihtiyaçlarını karşılamak için binaların tasarımında ve ısıl performansında rol oynayan faktörler için uygun stratejilerin belirlenmesini gerektirir.

İnsan vücudu için termal konfor aralıkları kültürden kültüre ve bireyler arasında farklılık gösterir. Örneğin, sıcak ve kuru bölgelerdeki şehirlerde insanlar, batı şehirlerinde kullanılan sıcaklık aralıklarından daha yüksek sıcaklıklarda rahat hissedebilirler. Farklı sıcaklıklara adaptasyon, yaş, cinsiyet, vücut özellikleri ve hatta kişilik gibi çeşitli değişkenlerden etkilenebilir. Ayrıca, daha yüksek bir sıcaklık aralığına adaptasyon, bölgedeki ortalama yıllık sıcaklığın etkisini de yansıtabilir. Yüksek ortalama sıcaklığa sahip bölgelerde, insanlar tarafından kabul edilebilir bulunan sıcaklık da artabilir.

İnsanların sıcaklık konforunu etkileyen bir diğer faktör, iklimlendirilmemiş binalarda yaşayıp yaşamadıklarıdır. Havalandırılmayan binalarda iç mekan iklimi, dış mekan

ikliminin değişikliklerine tepki verir ve bina sakinleri genellikle iklim değişikliklerine, klimalı binalara göre daha geniş bir tolerans aralığında uyum sağlarlar. Doğal havalandırılmalı binalarda yaşayan insanlar, genellikle daha geniş sıcaklık, nem ve hava hızı değişikliklerini normal kabul ederler. Araştırmacılar, insanların giyim, duruş ve metabolik hız gibi faktörlere dayalı olarak hakim sıcaklıklara nasıl uyum sağladıklarını incelemek için "uyarlanabilir bir model" geliştirmişlerdir. Bu modelin sonuçları, saha araştırmaları ve iklim odası çalışmalarıyla elde edilen termal tercih tahminleriyle karşılaştırılmıştır. Alan araştırmasında, insanların kendilerini rahat hissettikleri sıcaklık ile yaşadıkları ortalama sıcaklık arasında tutarlı bir ilişki olduğu belirtilmektedir.

Günlük havalandırma, iç ortam sıcaklığını genellikle dış ortam sıcaklığının altına indiremez. Bu nedenle, konforlu havalandırma için maksimum dış ortam sıcaklığının 36 dereceyi geçmemesi önerilir. Bu strateji, günlük sıcaklık aralığı yaklaşık olarak 10°C'nin altında olan bölgeler için de geçerlidir. Ancak, daha yüksek sıcaklık aralıklarına sahip bölgelerde ise yapısal soğutma yöntemleri önerilmektedir. Maksimum sıcaklık sınırı aşarsa, dış havanın iç mekana çekilmesi artık doğrudan bir soğutma etkisi sağlamayacaktır. Bu, örneğin Bağdadi türlerine kıyasla Yazd Rüzgar bacalarının neden bu kadar büyük olduğunun ve genellikle yarı açık alanlarda kullanıldığının bir yorumu olacaktır. Yazd'de maksimum 37°C sıcaklıkta doğrudan soğutma etkisi mümkünken, Bağdat'ta maksimum 42°C sıcaklıkta bir hava akımı istenmeyebilir.

Termal konfor için havalandırma sağlamak amacıyla, yeterli bir hava debisi dikkate alınmalıdır. Havalandırılan alan boyunca hava dağılımı önemlidir, bu nedenle hava akışı girişten çıkışa doğru yoğunlaşmamalı ve alanın geri kalanına düşük bir hızda yayılmalıdır.

Eğer bir bina doğal olarak bir rüzgar bacasıyla havalandırılıyorsa, akış hızı ve hava hızlarının binanın farklı bölgeleri üzerinde dağılımı, rüzgar koşullarına ve evin ve rüzgar bacalarının tasarım detaylarına bağlı olacaktır. Geleneksel rüzgar bacalarının performansını belirlemek için farklı rüzgar açılarıyla birlikte bir dizi ölçüm ve hava akışı modelleri değerlendirilmektedir. Bu sayede, geleneksel rüzgar bacalarının bir

binaya kabul edilebilir bir konfor düzeyi sağlama yeteneği daha net bir şekilde anlaşılabilir.

### **4.3. ENERJİ TÜKETİMİ**

Enerji tüketimi, bireyler, kuruluşlar ve ülkeler tarafından kullanılan enerji miktarını ifade eder. Bu miktar, çevresel etkileri ve sınırlı enerji kaynaklarına olan bağımlılığımızı anlamamızı sağlayan önemli bir ölçüttür.

Son birkaç on yılda, nüfus artışı ve ekonomik gelişme nedeniyle enerji tüketimi küresel olarak istikrarlı bir şekilde artmaktadır. 2019 yılında dünya genelinde yaklaşık olarak 170.000 Terawatt saat (TWh) enerji tüketimi gerçekleşmiştir ve bu büyük bir kısmı yenilenemez kaynaklar olan kömür, petrol ve doğal gazdan elde edilmiştir. Sonlu enerji kaynaklarına olan bu bağımlılık, önemli çevresel etkilere yol açmıştır, bunlar arasında hava kirliliği, sera gazı emisyonları ve yenilenemez kaynakların tükenmesi gibi faktörler yer almaktadır [59].

Enerji tüketimi, ekonomi üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Genellikle daha yüksek enerji tüketen ülkeler, daha yüksek ekonomik kalkınma seviyelerine sahiptir. Ancak, yüksek enerji tüketimi aynı zamanda bireyler ve işletmeler için yüksek enerji maliyetlerine neden olabilir. Buna ek olarak, enerji üretimi ve nakliyesi, önemli karbon emisyonlarına ve dolayısıyla küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine katkıda bulunur. Bu da çevresel sorunlara yol açar. Enerji tüketimini azaltmak ve daha sürdürülebilir bir enerji sistemine geçmek için birkaç yol bulunmaktadır. Bir yaklaşım, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaktır. Rüzgar, güneş ve hidroelektrik gibi yenilenebilir kaynaklar, temiz enerji sağlamakla kalmaz, aynı zamanda uzun vadede sınırsız ve sürdürülebilir bir potansiyele sahiptir [60].

Başka bir yaklaşım ise enerji verimliliğini artırmaktır. Bu, aynı görevleri gerçekleştirmek için gereken enerji miktarını azaltmayı içerir. Örneğin, enerji tasarruflu cihazlar kullanmak, bina yalıtımını iyileştirmek ve toplu taşımayı tercih etmek gibi önlemler alınabilir. Enerji verimliliği, enerji tüketimini azaltmanın yanı sıra bireyler ve işletmeler için maliyet tasarrufu sağlar. Bu yöntemlerle enerji tüketimini

azaltmak, hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli faydalar sağlayabilir. Aynı zamanda sürdürülebilir bir gelecek için de gereklidir.

Enerji tüketimi, çevre ve ekonomi üzerinde önemli etkilere sahip olan hayatımızın önemli bir yönüdür. Artan enerji tüketimi genellikle ekonomik büyüme ile ilişkilendirilirken, aynı zamanda çevresel bozulmaya ve sınırlı enerji kaynaklarının tükenmesine de katkıda bulunmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, yenilenebilir enerji kaynaklarına ve iyileştirilmiş enerji verimliliğine dayalı daha sürdürülebilir bir enerji sistemine geçmemiz gerekiyor.

#### **4.3.1 Enerji Tüketiminin Artış Nedenleri**

Yüksek düzeyde enerji tüketimi, hava kirliliği, sera gazı emisyonları ve iklim değişikliği gibi olumsuz çevresel etkilerle ilişkilendirildiği için genellikle enerji tüketiminin artırılması önerilmez. Bunun yerine, enerji tüketimini azaltmaya ve enerji verimliliğini artırmaya odaklanılmalıdır [59].

Küresel olarak artan enerji tüketimine katkıda bulunan birkaç faktör bulunmaktadır:

**Nüfus artışı:** Dünya nüfusu arttıkça, daha büyük bir nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için enerji talebi de artmaktadır.

**Ekonomik kalkınma:** Ülkeler ekonomik olarak ilerledikçe, endüstriyel süreçler, ulaşım ve ev ve iş yerlerine enerji sağlama ihtiyacı arttığından enerji tüketimi de genellikle artar.

**Kentleşme:** İnsanlar kırsal alanlardan şehirlere göç ettikçe, kentsel alanlarda kişi başına düşen enerji tüketimi kırsal alanlara kıyasla genellikle daha yüksektir, bu da enerji talebini artırır.

**Teknolojik gelişmeler:** Yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve akıllı telefonlar, dizüstü bilgisayarlar, ev aletleri gibi enerji yoğun cihazların artan kullanımı, enerji tüketimindeki artışa katkıda bulunmaktadır.

**Yaşam tarzı değişir:** Yaşam standartları iyileştikçe, insanlar ısıtma, soğutma, ulaşım veya eğlence gibi günlük yaşamlarında daha fazla enerji tüketmekte ve bu da enerji talebini artırmaktadır.

Fosil yakıt kullanımının artması: Yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş çabalarına rağmen, fosil yakıtlar hala dünya enerji karışımının büyük bir bölümünü oluşturmakta ve bu yakıtların artan kullanımı enerji tüketimini artırmaktadır.

Verimsiz enerji kullanımı: Enerji verimliliğine yönelik uygulama ve teknolojilerin eksikliği, verimsiz binalar, cihazlar ve araçlar gibi faktörler enerji tüketiminde artışa neden olabilir.

#### **4.3.2. Enerji Tüketimini Azaltmanın Yolları**

Enerji tüketimini azaltmanın ve çevre üzerindeki etkimizi azaltmanın birkaç yolu bulunmaktadır:

Enerji verimliliğini artırmak: Bu, LED ışıklar, Enerji Star sertifikalı cihazlar ve yüksek verimli ısıtma ve soğutma sistemleri gibi enerji açısından verimli teknolojilerin kullanımıyla gerçekleştirilebilir. Ayrıca binalardaki yalıtımın iyileştirilmesi ve enerji verimli bina tasarımlarının uygulanması da enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olabilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek: Bu, rüzgar, güneş ve jeotermal enerji kullanımının artırılmasını içerir. Temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçerek kömür ve petrol gibi sınırlı ve yenilenemeyen kaynaklara olan bağımlılığımızı azaltabiliriz.

Enerji tasarrufunu teşvik etmek: Bu, bireyleri ve işletmeleri enerji tüketimini azaltmanın faydaları konusunda bilinçlendirmeyi ve enerji kullanımını azaltan davranış değişikliklerini teşvik etmeyi içerir. Örneğin, kullanılmadığında ışıkları kapatmak, su kullanımını azaltmak ve araç paylaşımını tercih etmek enerji tasarrufuna yardımcı olabilir.

Enerji tasarruflu toplu taşıma yatırımları: Otobüsler ve trenler gibi toplu taşıma araçlarının kullanımını teşvik etmek, ulaşım sektöründen kaynaklanan enerji tüketimini ve karbon emisyonlarını azaltmaya yardımcı olabilir.

Elektrikli araç kullanımını teşvik etmek: Elektrikli araçlar giderek daha popüler hale gelmekte ve benzinle çalışan araçlara temiz bir alternatif sunmaktadır. Elektrikli araçların kullanımını teşvik etmek, emisyonların azaltılmasına ve enerji tasarrufuna yardımcı olabilir.

Enerji tasarrufu politikalarının uygulanması: Hükümetler, enerji tasarrufunu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden politikalarla enerji tüketiminin azaltılmasında önemli bir rol oynayabilir. Örneğin, enerji verimli bina yönetmeliklerinin uygulanması, enerji verimli teknolojilere yönelik vergi teşviklerinin sunulması ve yenilenebilir enerji hedeflerinin belirlenmesi enerji tüketiminin azaltılmasına yardımcı olabilir [3].

Sonuç olarak, enerji tüketiminin azaltılması hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemlidir. Enerji verimliliği önlemlerini uygulayarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik ederek ve enerji tasarrufunu teşvik ederek çevre üzerindeki etkimizi azaltabilir ve sürdürülebilir bir enerji geleceğine katkıda bulunabiliriz.

#### **4.4. SIFIR ENERJİLİ BİNA**

ZEB, Sıfır Enerjili Bina anlamına gelir. Sıfır Enerjili Bina, bir yıl boyunca dış kaynaklardan hiç net enerji kullanmayacak şekilde tasarlanmış bir binadır. Bu, binanın tipik olarak güneş, rüzgar veya jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yoluyla tükettiği kadar enerji ürettiği anlamına gelir.

Sıfır Enerjili Binalar kavramı, enerji tüketimini azaltmanın ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmanın bir yolu olarak son yıllarda popülerlik kazanmıştır. Sıfır Enerjili Binalar, bina yönelimini optimize etmek ve yüksek performanslı yalıtım kullanmak gibi enerji etkin bina tasarım stratejilerinin yanı sıra yenilenebilir enerji sistemleri kullanmak gibi aktif tasarım stratejilerinin bir kombinasyonu yoluyla elde edilebilir. Sıfır Enerjili Binaların sayısız faydası vardır. Sera gazı emisyonlarını azaltmaya, enerji faturalarını düşürmeye ve iç mekan hava kalitesini iyileştirmeye yardımcı olabilirler. Ayrıca elektrik kesintileri veya enerji kaynağındaki diğer kesintiler karşısında daha fazla dayanıklılık sağlayabilirler [69].

Sıfır net enerji kullanımına ulaşmak zorlu bir hedef olsa da yeni teknolojilerin ve bina uygulamalarının geliştirilmesi bunu giderek daha ulaşılabilir kılıyor. ZEB'ler konutlardan ticari binalara ve kamu tesislerine kadar çeşitli bina türlerinde bulunabilir



ve enerji kanunları ve standartları daha sıkı hale geldikçe ve sürdürülebilir bina uygulamalarına olan talep arttıkça önümüzdeki yıllarda daha yaygın hale gelmeleri beklenmektedir.

İran'daki bir ZEB projesine bir örnek, 2015 yılında Solar Decathlon yarışmasında yarışmak için inşa edilen Şerif Teknoloji Üniversitesi'nin evidir. "Parsian" adlı ev, bir ZEB olacak şekilde tasarlandı ve bir dizi sürdürülebilir tasarıma sahip. Pasif ve aktif güneş sistemleri ve doğal havalandırma dahil olmak üzere özellikler. Proje bir yarışma için inşa edilmiş ve Yazd'de kalıcı bir yapı olmasa da, İran'da keşfedilen sürdürülebilir bina uygulamalarının bir örneğidir [70].

Yazd'de ve İran'daki diğer şehirlerde başka ZEB projelerinin inşa edilmiş veya planlama aşamasında olması mümkündür. Bununla birlikte, sürdürülebilir bina uygulamalarının ve ZEB'lerin benimsenmesinin dünyanın birçok yerinde hala erken aşamalarda olduğunu ve şu anda sınırlı sayıda ZEB'nin mevcut olabileceğini not etmek önemlidir.

#### **4.4.1. Sıfır Enerjili Binalarda Rüzgar Bacasının Kullanılması**

Sıfır Enerjili Binalar (ZEB'ler), dış kaynaklardan net enerji kullanmayan binaların tasarlanması ve inşa edilmesini hedefleyen bir kavramdır. Özellikle yüksek sıcaklık ve düşük neme sahip bölgelerde, rüzgar bacaları ZEB'lerin değerli bir bileşeni olabilir. Rüzgar bacaları, mekanik sistemlere ihtiyaç duymadan doğal havalandırma ve soğutma sağlayarak ZEB'lerin tasarımına entegre edilebilir. Bir rüzgar bacasının temel tasarımı, rüzgarı yakalayan ve binaya yönlendiren üstte ve altta açıklıklara sahip kule benzeri bir yapı içermektedir [69].

Rüzgar bacalarının ZEB'lerde kullanılması, soğutma için enerji talebini azaltarak bir binanın genel enerji tüketimine önemli bir katkı sağlayabilir. Rüzgar bacalarına sahip ZEB'ler, iklimlendirme sistemleri tarafından önemli miktarda enerji tüketilen binalarda doğal havalandırma ve soğutma kullanarak enerji ihtiyacını önemli ölçüde azaltabilir. Rüzgar bacaları, enerji verimliliği avantajlarının yanı sıra iç mekan hava kalitesini iyileştirerek doğal havalandırma sağlama konusunda da yardımcı olabilir.

Bu özellik, özellikle yüksek hava kirliliđi olan veya dıř hava kalitesinin dūřük olduđu bōlgelerde bōyōk ōnem tařır [71].

Sonuç olarak, rōzgar bacalarını ZEB'lerin tasarımına dahil etmek, sıfır net enerji kullanımı hedefine ulaşmak için ōnemli bir strateji olabilir. Rōzgar bacaları, enerji yoğun mekanik sistemlere olan ihtiyaı azaltırken doğal havalandırma ve soğutma sağlayarak iç mekan hava kalitesini iyileştirir.

## **BÖLÜM 5**

### **MATERYAL VE METOT**

Bu bölümde, bu araştırmada kullanılan materyal ve metotlar hakkında ayrıntılı bilgi verilmektedir. Materyal bölümünde, çalışma kapsamında kullanılan örnek bir tek katlı konutun detayları, veri kaydediciler, veri toplama araçları, simülasyon yazılımı ve hava durumu verileri yer almaktadır. Yöntem bölümü ise veri toplama ve veri değerlendirme prosedürlerini açıklamakta olup, ayrıca bu araştırmadaki güçlendirme senaryolarının tanımını da içermektedir.

#### **5.1. MATERYAL**

Bu araştırmanın temel amacı, sıcak ve kuru iklim bölgelerinde rüzgar bacası tasarım stratejilerinin soğutma yükleri üzerindeki etkisini doğrulamaktır. Bu amaç doğrultusunda, İran'da Yazd ilindeki bir tek katlı rüzgar bacası olmayan bir binada çalışma yapılmıştır. Ev binası, mevcut bir makaleden alınan çizimler kullanılarak modelleme işlemine tabi tutulmuştur. Modelin doğruluğunu test etmek için, bu binaya ait simülasyon verileri Design Builder programından alınarak makaledeki verilerle karşılaştırılmıştır. Önerilen senaryoları incelemek için Design Builder programı kullanılmış ve çalışmanın sorularını yanıtlamak için ilgili veriler toplanmıştır.

#### **5.2. ÖRNEK MODEL**

Bu çalışma, enerji tüketimi ve azaltılması gibi modern bir binanın temel önceliklerini ele almaktadır. Temel amacı, rüzgar bacaları kullanılarak tasarlanan bir binanın enerji tüketiminin normal bir binaya göre önemli ölçüde azaldığını göstermektir. Bu amaçla Yazd şehrinde mevcut bir ev örneği ele alınmış ve enerji tüketimi detaylarıyla açıklanmıştır. Bu bina, rüzgar bacalarının etkinliğini belirlemek

amacıyla bir referans durumu olarak kabul edilmiştir. Ardından, aynı ölçülere sahip bir bina tasarlanmış ve önceki yöntemle benzer şekilde bu binanın enerji tüketim miktarı kontrol edilmiştir. Binanın mimarisi Design Builder yazılımı kullanılarak tasarlanmıştır. Daha sonra bu yazılım aracılığıyla enerji tüketimi ve üretim miktarları hesaplanmıştır. Son olarak, bu iki binanın sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bu araştırmanın özel bir odak noktası, sıcak ve kuru iklimde rüzgar bacalarının evin ortalama iç sıcaklığını düşürmedeki etkinliğini araştırmaktır. Yazd şehri gibi sıcak ve kuru iklimlerde, konut binalarında statik veya pasif soğutma yöntemleri oluşturmanın bir çözümü olarak rüzgar bacası düzenlemesi incelenmektedir. İlk olarak, iklim çalışmalarına dayalı olarak temel bilgiler elde edilmiştir. Ardından, rüzgar etkisini araştırmak için Yazd şehrinde mevcut ve daha önce enerji tüketimiyle ilgili çalışmalar yapılmış bir binanın enerji tüketim durumu Design Builder yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler daha önceki verilerle karşılaştırılarak doğruluk kontrolü yapılmıştır. Bir sonraki adımda, bu bina için farklı boyutlarda rüzgar bacaları tasarlanacak ve iç hava kalitesi ile enerji tüketimi arasındaki farklılıklar karşılaştırılacaktır.

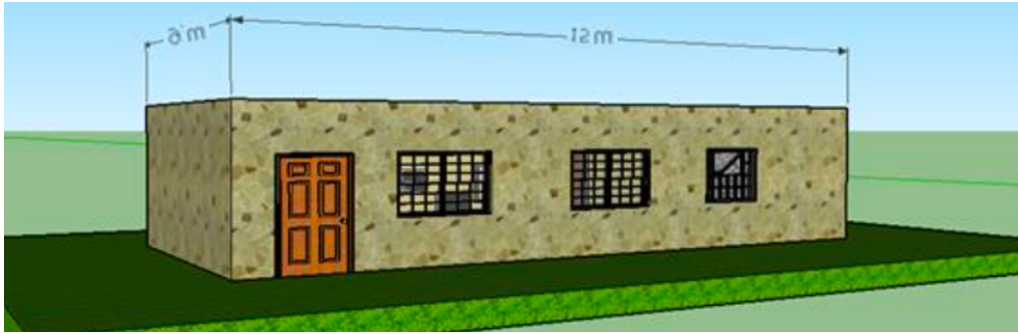
Örneğin, "SM Mirlohi ve diğerleri (2020)" çalışmasında incelenen bina, Chaharmanar semtinde, Chaharmanar Camii yakınında bulunan basit ve modern bir tasarıma sahip bir konut binasıdır. Ev, basit ve düşünülmüş bir düzenlemeye sahiptir; girişte oturma odası ve mutfak görülebilirken yatak odaları ve diğer alanlar evin sağ tarafında yer almaktadır. Şekil 5.1, evin şehir planındaki konumunu gösterirken, Şekil 5.2 ve 5.3, incelenen evin planını ve dış cephesini göstermektedir [67].



Şekil 5. 1. Planın şehirdeki konumu



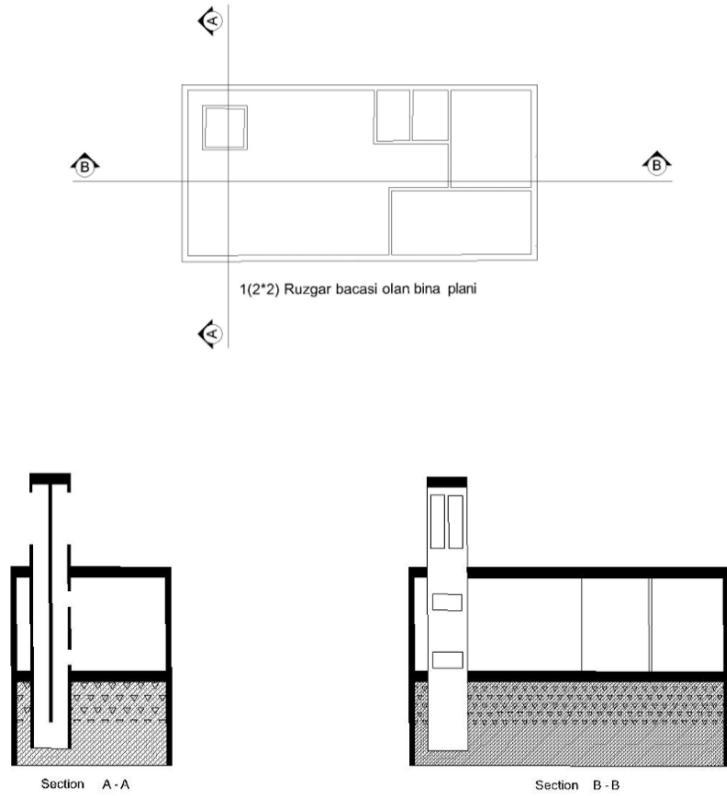
Şekil 5. 2. İncelenen evin planı



Şekil 5. 3. İncelenen evin dış cephesi

Design Builder programı kullanılarak yapılan simülasyon yöntemiyle ilk bilgiler elde edildi ve mevcut verilerle karşılaştırıldı. Daha sonra rüzgar bacaları kullanılarak bu binanın soğutma ve havalandırma performansı araştırıldı ve rüzgar bacalarının özelliklerini ve performansını iyileştirmek için çeşitli tasarım ve deneyimlerden yararlandı. Rüzgar bacaları 3 metre derinliğe kadar uzatıldı. Yeraltına inildiğinde, yüzey sıcaklığından bağımsız olarak sabit bir sıcaklık seviyesine ulaşılır. Bu seviyeye "yeraltı sabit sıcaklık seviyesi" veya "geotermal gradient" denir. Genellikle, her 33

metrede yaklaşık 1°C artan bir yer kabuğu sıcaklığı bulunmaktadır. Bu nedenle, yerin 3 metre derinliğindeki sıcaklık, yüzey sıcaklığından farklı olmasına rağmen, genellikle sabit bir değere sahiptir [82]. Bu sabit sıcaklık, coğrafi konuma, yeraltı suyunun varlığına ve yeraltı kayalarının bileşimine bağlı olarak değişebilir. İran'ın merkezi bölgesinde (Yazd şehri de bu bölgede yer almaktadır), yeraltı sabit sıcaklık seviyesi genellikle yaklaşık 20-24°C arasındadır. Bu sıcaklık seviyeleri, jeotermal enerjinin potansiyelini de gösteren yeraltı ısısının kullanımı için bir gösterge olarak kabul edilir (Şekil 5.4) [83].



Şekil 5. 4. Bir 2\*2 rüzgar bacası olan binanın plan ve kesitleri

Bu Araştırmanın amacı aşağıdaki sorulara cevap bulmaktır;

1. Rüzgar bacasının boyutunun bir alanın havalandırma performansı üzerinde nasıl bir etkisi olabilir?
2. Rüzgar bacasının performansı sayı ile alakalı mıdır?
3. Rüzgar bacasının performansı farklı zaman dilimlerinde farklılık gösteriyor mu?

Gerekli analizlerin yapılabilmesi için, bu çalışmada binanın içindeki havalandırma hızı ve hacmi rüzgar bacası kullanılarak kontrol edilmiştir. Bölgede hakim rüzgar yönünün kuzeybatı-güneydoğu olduğu göz önünde bulundurularak, özellikle kuzey cephedeki pencereler rüzgar bacalarının işlevini iyileştirmek için dikkate alınmıştır. Bu şekilde, bina yoğunluğunun ve rüzgar akış hızının azaldığı şehirlerde, rüzgar bacalarının yüksekliğinin artırılmasıyla rüzgar akışı daha yüksek seviyelerden iç mekanlara yönlendirilebilir. En iyi çözümü bulabilmek için, her bir rüzgar bacasının boyutu, alanı ve yerleştirme şekli gibi faktörler, rüzgar soğutma enerjisi kullanım miktarı üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. Bu değerlendirme, rüzgar bacalarının binaya farklı şekillerde yerleştirilmesinin ve boyutlarının rüzgar soğutma enerjisi kullanımını nasıl etkilediğini belirlemeyi hedeflemektedir.

Bu çalışma, rüzgar bacası kullanımıyla bir binanın havalandırma performansını iyileştirme potansiyelini inceleyerek, enerji tüketimi açısından daha verimli ve sürdürülebilir çözümler sunmayı amaçlamaktadır.

### **5.3. YAZD ŞEHRİNİN İKLİMİ**

Yazd şehri, İran'ın merkezi coğrafi bölgesinde yer alır ve bu bölgenin iklimi coğrafi konumundan etkilenir. Bu nedenle, Yazd'in iklim özellikleri, atmosferin genel dolaşımına ve mevsimlere bağlı olarak farklı sistemlerin etkisi altında kalmaktadır [12].

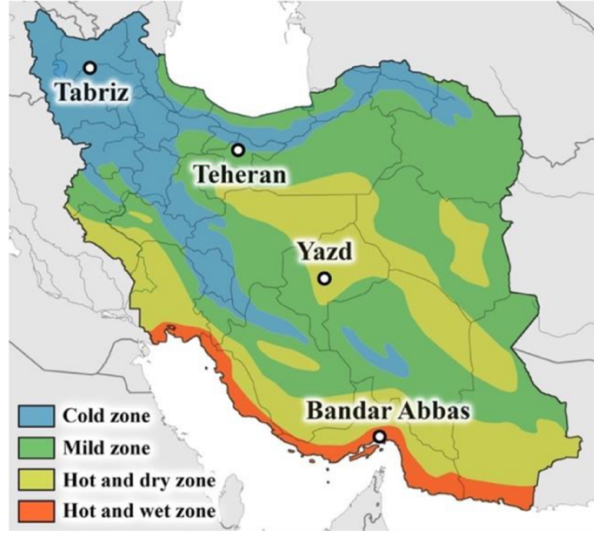
Yazd şehrinin iklim özelliklerine göz attığımızda, güneşin yakıcı olduğu, gündüz yüksek sıcaklıkların yaşandığı ve geceleyin sıcaklığın düştüğü bir iklimle karşılaşırız. Yaz aylarında sıcak ve kuru, kış aylarında ise soğuk ve kuru bir hava hakimdir. Yağış miktarı düşüktür ve su eksikliği nedeniyle kuru bir iklim yaşanır. Ayrıca, toz fırtınaları ve bazen kum fırtınaları da görülebilir.

Yazd şehri, Yazd eyaletinin başkenti olup deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1220 metredir. Şehir, dünyanın ilk ham kerpiç şehri ve ikinci tarihi şehri olarak bilinir. Toplam yüzölçümü 2397 kilometrekaredir. İklimsel dağılım yöntemine göre çöl iklimi ve yarı çöl iklimine sahiptir. Yağış miktarı yıllık ortalamanın altındadır.

Yazd şehri, iklimsel dağılım yöntemine göre yıllık ortalamanın altında yağış alan çöl iklimine sahiptir. Bu çöl şehrinde sıcaklık değişimleri ve farklı hava sistemlerinin etkisiyle rüzgar önemli bir faktördür. Kara rüzgarları (özellikle ilkbahar ortasından sonbahar başlarına kadar esen kuzeybatı rüzgarı) ile güneydoğu ve batı rüzgarları bölgenin hakim rüzgarları arasında yer almaktadır (Şekil 5. 5.)[13]. Hakim rüzgar yönü yılın ilk altı ayında kuzeybatı, ikinci altı ayında ise güneydoğudur. Rüzgar analizinde hakim rüzgarların yönü, ayrıca hakim ve ters rüzgarların yönü ve hareketi (soğuk kış rüzgarları veya sanayi merkezlerinden ve fabrikalardan geçtikten sonra kirliliği şehirlere taşıyan rüzgarlar) oldukça önemlidir. Çalışma alanında güneydoğudan Yazd şehrine doğru esen rüzgarlar özellikle soğuk mevsimde (Aralık-Ocak) negatif rüzgar olarak değerlendirilmiştir. Bu rüzgarlar, tuğla fırınlarından geçerek Yazd'de hava kirliliğine neden olmaktadır. Hakim rüzgar yönü ise batı ve kuzeybatıdır [12].

Yazd şehrindeki iklim koşulları, mimariye de etki etmektedir. Kentsel ve kırsal komplekslerde, iklimin etkilerini azaltmak için yapılar yoğun ve kompakt bir şekilde tasarlanır. Yapıların yoğunluğu ve Kompaktlığı arttırılarak, dış ve iç mekanlar arasındaki ısı alışverişi en aza indirgenir. Bina dokusu, güneş ışığının ve rüzgarın yönüne bağlı olarak oluşur. Kent dokusu, sert kabuklu ve tamamen kapalı bir kaktüse benzer ve bu sert kabuk içindeki sakinler yaşarlar. Yaz aylarında serin rüzgarın, kış aylarında ise güneş ışığının kullanımına olanak sağlanır. Dış yüzeylerdeki açıklıklar minimum düzeyde tutularak, iç mekanlar bina çevresindeki sert hava koşullarına daha az maruz kalır. Dış ortamla ilgili açıklıklar ve pencereler, toz girişini engellemek için bina duvarlarının üst kısımlarına yerleştirilmiştir. Güneşin yüzeyden yansıyan ışınlarının binaya girişi en aza indirgenmek için pencere yerleşimi dikkatlice yapılmıştır. Açıklıkların ve pencerelerin çoğu, dış ortamın sert koşullarına daha az maruz kalan korunan bir merkezi avlunun içine bakmaktadır [5].

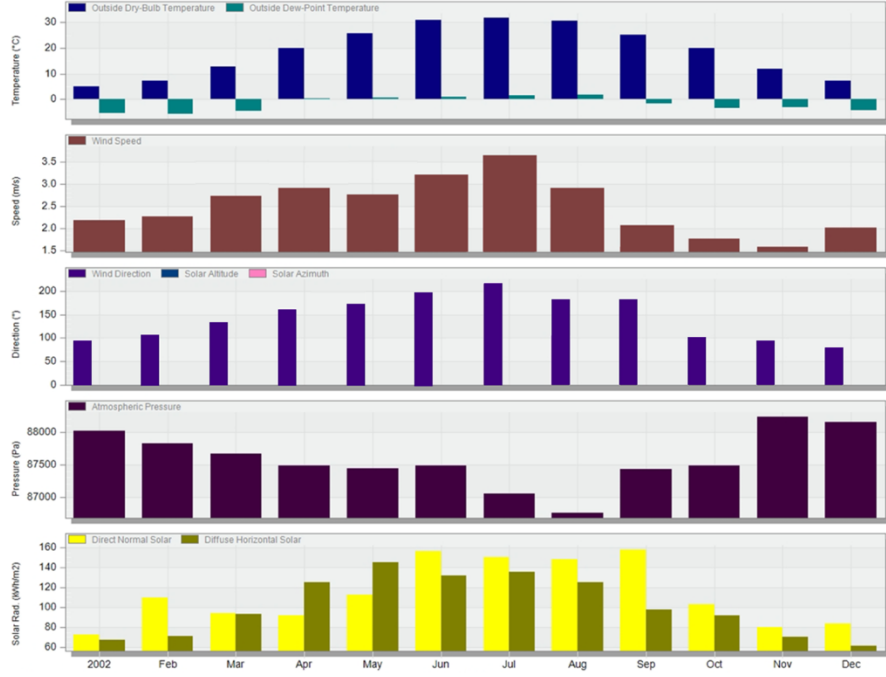




Şekil 5. 5. İran'daki iklim bölgeleri ve Yazd şehrinin konumu [13]

Yazd şehrine ait iklim verileri Diyagram 1'de gösterilmektedir. Bu verilere göre yılın en sıcak ayları Temmuz'dan Eylül'e kadar uzanmaktadır ve bu aylarda ortalama en yüksek sıcaklık 34°C'dir. Aynı dönemde hakim rüzgar yönü güneybatı olarak belirlenmiştir.

Bu verilere dayanarak, Yazd şehrinin yaz aylarında yüksek sıcaklık değerlerine ve güneybatıdan esen rüzgarlara sahip olduğu söylenebilir. Bu bilgiler, bölgenin sıcak ve kurak iklim koşullarını yansıtmaktadır (Şekil 5. 6.).



Şekil 5. 6.Yaz'de yıllık hava durumu diyagramı

### 5.3.1. İklim ve Mimari arasındaki ilişkisi

Yazd şehri, çöl ikliminin etkisi altında olduğundan dolayı kendine özgü bir mimariye sahiptir. Bu mimari tarz, sıcak ve kuru iklimin gereksinimlerini göz önünde bulundurarak tasarlanmış ve binaların ve dokunun en belirgin özelliklerinden biri haline gelmiştir. Yazd'deki binalar, rezervuarlar, iç içe geçmiş evler, etkileyici bileşenler, yüksek kil duvarlar, kemerler, avlu ortasındaki göletler ve gölgeli ağaçlar gibi öğeleri içermektedir. Dar ve dolambaçlı sokaklar ise şehre özgü bir atmosfer yaratmaktadır. Bu mimari tarz, bölge insanının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmış ve yapıların her bir detayında bu ihtiyaçlara cevap vermektedir. Eski Yazd'deki evler, kibleye doğru inşa edilmiştir ve yapıların yönü genellikle kuzeydoğudan güneybatıya doğrudur. Evlerin inşa edildiği malzemeler ve kullanılan renkler, sıcak ve kuru iklimin özelliklerinden etkilenmiştir. [13] (Şekil 5.7.).

Yazd'deki evler ve sokaklar, sıcak ve kuru iklim koşulları göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Çölde kışlar soğuk ve sıcak, yazlar ise kavurucu güneşle sıcak geçmektedir. Bu nedenle evlerde kiler adı verilen serin bölmeler yaz aylarında serinlemek için, kürsü odaları ise soğuk kış günlerinde ısınmak için kullanılmaktadır.

Evlerde yaz ve kış mevsimlerine uygun alanlar bulunmaktadır. Kullanılan malzemelerin tamamı yüksek ısı kapasitesine ve dayanıklılığa sahiptir. Rüzgar bacaları, dış havanın bina içine yönlendirilmesi, iç mekanın serinletilmesi ve taze hava akışının sağlanması gibi önemli bir rol oynamaktadır. Binanın dış yüzeyinde kullanılan parlak renkler ise sıcaklığın etkisini azaltmaya yöneliktir.

Genel olarak, geleneksel Yazd evlerinin her bir ögesi, bölgenin iklim ve hava koşullarına göre şekillendirilmiştir. Evler güneşin yönüne ve kibleye göre konumlandırılmıştır. Geleneksel evlerde kışlık ve yazlık konutlar ayrılmıştır. Kuzey cephesi kışlık mekanlara, güney cephesi ise yazlık mekanlara aittir. Doğu ve batı cepheleri ise daha az öneme sahip alanlara ayrılmıştır. Evlerin büyük çoğunluğunda ana eksen kuzey-güney doğrultusundadır çünkü bu konum, güneş ışığının en iyi şekilde kullanılmasını ve kışın sıcak bir ortamın, yazın ise gölgeli ve serin bir ortamın sağlanmasını sağlamaktadır.



Şekil 5. 7. Yazd şehrindeki kentsel yoğunluk [14]

### 5.3.2. Hava Sıcaklığı

Yazd şehrine ait iklim verileri aşağıda gösterilmektedir. Kış mevsiminde sıcaklık genellikle  $-1^{\circ}\text{C}$  ile  $+13^{\circ}\text{C}$  arasında değişebilirken, yaz mevsiminde bu değerler  $+22^{\circ}\text{C}$  ile  $+40^{\circ}\text{C}$  arasında değişebilir. Ortalama olarak yazın sıcaklık  $15^{\circ}\text{C}$  ile  $20^{\circ}\text{C}$  arasında seyredebilir. Yapılan bir tahmine göre, yılın yaklaşık 3000 saati  $21^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde (ortalama termal konfor standardı) sıcaklıklarda geçerken, bunun 1000 saati ise  $32^{\circ}\text{C}$

ile 35°C arasında (cilt sıcaklığı) sıcaklıkları içermektedir. Bu sıcaklıklar genellikle mayıs, haziran, temmuz ve ağustos aylarında öğleden sonra görülmektedir. Roafs çalışmasına göre, Yazd şehri sakinleri için bu sıcaklıklar genellikle kabul edilebilir niteliktedir [15].

### **5.3.3. Nem Oranı**

Yazd şehri, soğuk mevsimlerde nispeten ılımlı bir nem seviyesine sahipken, sıcak mevsimlerde bağıl nem çok düşüktür. Özellikle mayıs, haziran, temmuz ve ağustos aylarında öğleden sonraları bağıl nem %6 ile %18 arasında değişiklik gösterir.

Bu düşük bağıl nem aralığında, su daha yüksek nem seviyelerine sahip bölgelere göre daha hızlı buharlaşır. Bu durum, termal konfor için tasarım yaparken evaporatif soğutma stratejilerinin tercih edilebilirliğini artırır. Düşük nemin olduğu ortamda terlemenin deriden daha hızlı buharlaşması mümkündür. Havanın yavaş hareketi, vücuttan ısı kaybını artırarak serinlik veya rahatlık hissi sağlayan buharlaşma oranını da artırabilir [14].

### **5.3.4. Rüzgar Koşulları**

Yazd şehrinde, hakim rüzgarlar sıcak mevsimlerde genellikle güneybatı ve kuzeydoğu yönlerinden, soğuk mevsimlerde ise güneydoğudan ortalama olarak 2,6 ila 5 metre/saat hızla eser. Öğleden sonra, Yazd şehri genellikle kuzey ve kuzeybatıdan sürekli bir esinti alır. "Yazd şehrinde yapılan ölçümler, şehrin Orta Çöl 'ün kenarında bulunmasının, kuzeybatıdan gelen güçlü öğleden sonra rüzgarlarıyla günlük hava akış modellerini etkilediğini gösteriyor" [15].

Tasarım amaçları ve belirli bir konumdaki rüzgar koşullarını değerlendirmek için, belirli bir süre için rüzgar yönü ve hızıyla ilgili daha fazla ayrıntıya ihtiyaç vardır. Örneğin, rüzgar yönü gece ve öğleden sonra değişebilir, bu nedenle gece yapısal soğutmanın daha etkili olduğu rüzgar yönlerini belirlemek için uygun bir yöne ihtiyaç duyulur. Bu, belirli bir süre için rüzgar verilerinin düzenlenmesini gerektirir. Bu özel süre, öncelikle hava sıcaklığının (cilt sıcaklığının üzerinde veya altında) dikkate alınarak belirlenir.

Dünyanın sıcak çöl bölgelerinin çoğu, subtropikal enlemlerde yer alır ve yaz aylarında en yüksek güneş radyasyonu yoğunluğu doğu ve batı duvarlarına düşerken, kış aylarında en yüksek güneş radyasyonu yoğunluğu kuzey ve güney duvarlarına düşer. Avlunun güney duvarı, çevresinde birçok oda bulunan avlunun varlığından dolayı mevsimler boyunca en gölgeli alan olur. Bu duvarın arkasındaki oda, yazın tercih edilen yaşam alanı olmasına rağmen kış aylarında çok soğuktur. Kuru sıcaklık tahminlerine göre, Haziran-Ekim ayları arasında termal rahatsızlık koşulları sabah 8'den gece yarısına kadar devam eder. Bazı günlerde ise sabahın erken saatlerinden itibaren (0'dan 2'ye kadar) bir rahatsızlık hissi ortaya çıkar. Haziran ve Temmuz aylarında 38 derecenin üzerinde sıcaklıklar görülebilir, bu da gölge ihtiyacını vurgular ve iklimsel mimariye işaret eder. Yapılar genellikle merkezi ve yarı içe dönük avlu şeklindedir. Ağaçlar gölge oluşturmak ve esintiyi avluya yönlendirmek için kullanılırken, orta avlu içerisinde bitki örtüsü ve genellikle su bulunan küçük bir iklim oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Bu bölümün sıcaklığı dış sıcaklığa göre daha düşüktür ve içerideki hava nemi daha yüksektir. Gölgelerden ve hava akımlarından maksimum düzeyde faydalanmak ve rahatsız edici rüzgarların girişini engellemek için, orta avlunun etrafına veya yapıya geniş, gölgeli ve iyi havalandırılan revaklar yerleştirilmiştir. Ayrıca, çatı yüzeylerinde gölge oluşturan ve konfor sağlamaya yardımcı olan 1-2 metre yüksekliğinde parapetler bulunmaktadır [14].

Doğru bina yönelimi seçiminin temel amacı, yaz aylarında güneşin etkisini en aza indirerek iç mekan sıcaklığını düşürmek ve kış aylarında güneşin etkisini maksimuma çıkarmaktır. Bu nedenle, kuzey-güney yönü tercih edilmekte ve doğu-batı yönünden kaçınılmaktadır [15]. İran yerleşimlerinde evlerin yönelimi, iklim faktörlerine bağlı olarak değil, bahçelerin tam yönü ve tarım alanlarını sulamak için eğimli su kanallarının bulunduğu en büyük eğim yönüne göre belirlenmektedir [16]. İran'ın orta bölgelerindeki geleneksel evlerin önemli unsurları gölgelikler, sabatlar, avlular, kubbeler ve rüzgar bacalarıdır. Bu çalışmanın odak noktası olan rüzgar bacaları ayrı bir bölümde ele alınmıştır.

Bu araştırma, deneysel analiz ve simülasyon kullanılarak gerçekleştirilmektedir ve simülasyonlar Design Builder yazılımıyla yapılmaktadır. Evaporatif ve rüzgarla

çalışan soğutma sistemlerinin sıcak ve kuru iklimler için uygun olduğu dştnlerek test şehri olarak Yazd seçilmiştir. Yazd şehri, Yazd eyaletinin orta kesiminde, şirkuh ve Kharanaq dağları arasındaki geniş ve kuru bir vadide bulunur ve 29°52' ve 32°21' kuzey enlemleri ile 52°55' ve 56°39' doğu boylamları arasında yer alır. şehir ortalama olarak 1200 metre yükseklikte bulunur. Yazd, yaz aylarında sıcak ve kuru, kış aylarında soğuk ve kuru olan çöl ve yarı çöl iklimine sahip az yağış alan bir bölgedir. Ovalara ve evre dağlara yaklaştika kışlar daha soğuk, daha fazla yağış alırken yazlar daha ılımandır. Yaz aylarında sıcak ve kurak iklimle birleşen çöl rüzgarları ve şiddetli fırtınalar Yazd'de öne çıkan özelliklerdir. Ayrıca, Ocak ve şubat aylarında kışın çok soğuk ve zorlu olduğu, özellikle sabahları şehir dışında yürümenin tehlikeli olabileceği bir dönemdir. Bu iklim koşulları ve kuru hava sorunları, şehirdeki korkunç ve ölümcül kuruluğun ve susuzluğun nedenlerinden biri olarak gösterilebilir. Rüzgar yönü genellikle kuzeybatıdan güneydoğuya doğrudur ve ilkbahar ortasından sonbahar başlarına kadar bölgede etkilidir.

Yapılan araştırmalara göre, Yazd'de rüzgarın hakim olduğu mevsimlere ve rüzgar yönlerine ilişkin bilgiler aşağdaki gibidir:

Kış (1, 2, 3) ve Sonbahar (10, 11, 12) Ayları:

Bu aylarda en güçlü rüzgarlar genellikle kuzeybatı ve güneydoğudan eser.

Kuzeybatıdan gelen rüzgarlar genellikle güneydoğudan gelen rüzgarlardan daha kuvvetlidir.

Yazd şehrinde, yılın soğuk mevsimlerinde güneydoğudan esen rüzgarların sıklığı daha fazladır.

İlkbahar (4, 5, 6) ve Yaz (7, 8, 9) Ayları:

Bu dönemde güneydoğudan gelen rüzgarların yoğunluğu ve sıklığı azalır.

Yaz aylarında batı ve kuzeybatı rüzgarları hakimdir.

Batı rüzgarları zamanla zayıflar, ancak güneydoğudan esen rüzgarlar yeniden güçlenir.

Yaz aylarında kuzeybatı ve güneydoğu rüzgarları, diğer rüzgar yönlerine göre hem şiddet hem de frekans açısından üstündür.

Bu bilgiler, Yazd şehrindeki rüzgarların mevsimlere göre nasıl değiştiğini ve hangi rüzgar yönlerinin baskın olduğunu göstermektedir. Bu bilgiler, bina tasarımında doğru rüzgar yöneliminin belirlenmesi ve uygun iklimlendirme stratejilerinin seçilmesi için değerli olabilir.

Yazd, İran'ın merkezinde yer alan ve sıcak ve kuru iklimiyle tanınan bir şehirdir. Özellikle yaz aylarında, rüzgar şehirdeki hava durumu modellerinde önemli bir rol oynar ve sıcaktan bir miktar rahatlama sağlayabilir. Bu bağlamda, rüzgar enerjisi, sürdürülebilir ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak rüzgar bacaları aracılığıyla kullanılabilir. Yazd şehrinin yapılarında rüzgar enerjisinin kullanılması, şehrin yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan bağımlılığını azaltma ve iklim değişikliğinin etkilerini hafifletme konularında faydalı olabilir. Ancak rüzgar enerjisi sistemlerinin fizibilitesi ve verimliliği üzerinde, rüzgarın mevcudiyeti ve gücü gibi önemli faktörler etkili olmaktadır. Bu nedenle, rüzgarın şehirdeki varlığı ve gücü, rüzgar enerjisi sistemlerinin başarısı açısından dikkate alınması gereken kritik unsurlardır.

Yazd'de rüzgar hızının 5-6 m/s'ye kadar çıkabildiği belirtilmektedir. Bu, rüzgar enerjisi sistemlerinin etkin çalışması için yeterli bir rüzgar hızıdır. Rüzgar bacalarının tasarımı ve kurulumu, hakim rüzgar yönü olan kuzeybatı yönünü dikkate almalıdır. Rüzgar bacalarının verimliliği için rüzgarın sürekli ve kuvvetli olduğu bir alanda konumlandırılması önemlidir. Geleneksel yapılarla birlikte kullanılan rüzgar bacaları, binaları havalandırmak ve soğutmak için doğal rüzgar akışını kullanır. Ancak rüzgar bacalarının verimliliğini artırmak için konumları ve yönleri optimize edilmelidir. Rüzgarın hakim olduğu yöne doğru konumlandırılan rüzgar bacaları, rüzgar akışını yakalayabilir ve daha fazla enerji üretebilir. Rüzgar enerjisi kullanımı, Yazd'deki geleneksel soğutma sistemlerini tamamlayabilir ve binalara ek enerji sağlayabilir. Bununla birlikte, rüzgar enerjisi sistemlerinin kurulumu ve işletimi için dikkatli bir fizibilite çalışması yapılmalıdır. Rüzgarın mevcudiyeti, gücü ve sürekliliği gibi faktörler, rüzgar enerjisi sistemlerinin etkinliği ve verimliliği üzerinde önemli etkilere sahip olacaktır.

Sonuç olarak, Yazd şehrinde rüzgar enerjisi kullanımı, çevresel sürdürülebilirliği artırmak ve enerji bağımlılığını azaltmak için potansiyel sunmaktadır. Rüzgar

bacalarının doğru konumlandırılması ve yönlendirilmesi, verimliliklerini optimize edecektir. Ancak rüzgar enerjisi sistemlerinin kurulumu öncesinde detaylı bir analiz yapılması ve yerel rüzgar koşullarının dikkate alınması önemlidir.

### 5.3.5. Yazd'de Rüzgar Hızı

Yazd, bir çöl bölgesinde bulunur ve yıllık yağış miktarı düşük olan sıcak ve kuru bir iklimle karakterizedir. Bu nedenle rüzgar, Yazd'ın hava durumu modellerinde önemli bir rol oynamakta ve yaz aylarında sıcaktan bir miktar rahatlama sağlayabilmektedir. Yazd'deki rüzgar hızı yıl boyunca değişkenlik gösterir. Dünya Rüzgar Atlası'na göre en yüksek rüzgar hızının görüldüğü ay olan Temmuz'da, Yazd'de ortalama rüzgar hızı saniyede yaklaşık 4,4 metre (m/s) civarındadır. Kış aylarında ise rüzgar hızı genellikle daha düşüktür ve Ocak ayında ortalama rüzgar hızı yaklaşık 3,5 m/s olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte, rüzgar hızlarının şehir içindeki konuma göre farklılık gösterebileceği ve bazı bölgelerde şehir ortalamasından daha yüksek veya daha düşük olabileceği unutulmamalıdır. Ayrıca, rüzgar hızları da günün saatine bağlı olarak değişebilir ve genellikle öğleden sonra ve akşam saatlerinde daha yüksek hızlara ulaşır.

Genel olarak, Yazd'deki rüzgar hızları diğer bazı bölgelerdeki kadar yüksek olmasa da, optimize edilmiş rüzgar bacası sistemlerinin kullanımıyla hala rüzgar enerjisinden faydalanma potansiyeli vardır. Binaların konumuna dikkat etmek, sıcak mevsimde aşırı ısınmayı önlemek için güneş ışığından korunmayı sağlayabilir ve soğuk mevsimde doğal ısıtma için bu enerjiyi kullanabilir. Ayrıca, binaların doğru bir şekilde yönlendirilmesi, sıcak ve soğuk rüzgarların bina üzerindeki etkisini azaltır ve sonuç olarak enerji ve maliyet tasarrufuyla ısı konfor koşulları sağlanır.

Bu araştırma, Yazd şehrindeki bir konut binasının güneş ışığı ve rüzgar parametrelerine göre incelenmesi için yapılan bir araştırmayı ele almaktadır. İncelenen örnek ev, şehirde bulunan bir evin örneğini temsil etmektedir. Şekil 5.1 ise bu yapının şehirdeki konumunu göstermektedir. Araştırmada dikkate alınan noktalar şunlardır:

1. Yazd şehrindeki dar sokaklar, duvar yüksekliklerinin caddenin genişliğine oranının neredeyse altıda bir olduğu kompakt bir doku oluşturur. Bu dar sokaklar



genellikle gölgelenmeye neden olur. Sokaklarda bulunan gölgelikler, sıcaklığın düşmesine yardımcı olur. Aynı zamanda, ara sokakların gölgelenmesi ve binaların dış yüzeylerinin sürekli olarak gölgelenmesi, bina içindeki sıcaklığın düşmesine katkıda bulunur. Sokakların yüksekliği, dar genişliği ve organik yapısı, sokak içindeki rüzgar akışını güçlendirecektir.

2. Gölgeleme, mahalle geçişlerinde ve açık alanlarda ısı konforu sağlamak için kullanılmaktadır. Ayrıca sundurma yapılar, gölgelik olarak kullanılmakta ve yaşayanlar için keyifli bir ortam sunmaktadır.
3. Sıcaklık, nem, rüzgar yönü ve zemin koşulları gibi iklimsel parametreler, dokunun ulaşım yollarının oluşturulmasında rol oynamaktadır. Dokunun kütlesi ve boşlukları, farklı hava basınçlarının oluşmasına ve hava sirkülasyonunun kolaylaşmasına neden olmaktadır.
4. Kamusal alanların yapısal tasarımı, rüzgar akışına göre şekillendirilmiştir. Yazd'in tarihi dokusunda, farklı kotlarda ve farklı formlarda oluşturulan açıklıklar, kentsel mekanların görsel çeşitliliğini ve iklimsel işlevini etkilemektedir.

Yazd şehrinin tarihi dokusu ve yerel etkileri, içerisinde konforlu koşullar oluşturma yeteneğine sahiptir. Bu özellikler, şehrin oluşum koşullarından ve rüzgar etkilerinden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, Yazd'in iklimsel özelliklerinin konut binalarının tasarımında nasıl kullanılabileceği örneklenmiştir.

## **5.4. METODOLOJİ**

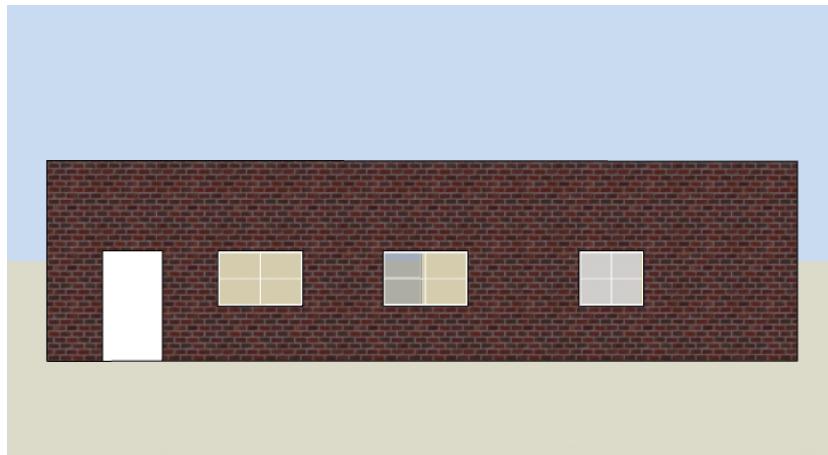
Bu araştırmanın metodolojisi iki ana adıma dayanmaktadır. İlk aşamada, örnek binanın modellenmesi Design Builder yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modelleme süreciyle elde edilen verilerin doğruluğu tespit edildikten sonra ikinci aşamaya geçilmiştir. İkinci aşamada, rüzgar bacalarıyla ilgili iki boyutlu senaryolar üretilmiştir. Bu senaryoların enerji simülasyonları, Design Builder programı kullanılarak yapılmış ve sonuçlar örnek binayla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sayesinde, rüzgar bacalarının enerji performansı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

### **5.4.1. Design Builder Programı**

Design Builder, bina enerji simülasyonları için kullanılan bir yazılım programıdır [72]. Bu program, bina performans analizleri yapmak amacıyla mimarlar ve mühendisler tarafından kullanılan bir araçtır. Design Builder, Design Builder Software Ltd. tarafından geliştirilen bir yazılım şirketi olan Design Builder Software Ltd. tarafından özel olarak bina enerji tasarımı ve analizi konusunda uzmanlaşmıştır [73]. Bu program, çeşitli bina tipleri için enerji simülasyonları gerçekleştirmek için kullanılabilir. Bina özelliklerini girerek, program bina enerji tüketimini tahmin eder ve enerji verimliliğini artırmak için bina tasarımında yapılacak değişiklikler konusunda öneriler sunar [74]. Ayrıca, program bina iç ortam kalitesi, termal konfor, hava kalitesi, aydınlatma ve güneş ışınımı gibi diğer faktörleri de hesaba katarak bina performansını simüle eder. Kolay kullanılabilir arayüzü sayesinde, Design Builder programı mimarlar ve mühendisler tarafından sıkça tercih edilir. Ayrıca, programın enerji tasarrufu potansiyeli ve sürdürülebilirlik açısından sağladığı faydalar, bu alandaki uzmanların ilgisini çeker [75,76].

#### 5.4.2. Rüzgar bacası olmayan bina

Uygulamada, rüzgar bacası olmayan bir binanın test edilmesinin amacı, herhangi bir havalandırma sistemi olmadan farklı saatlerde sıcaklık bilgileri ve verileri elde etmektir. Bu şekilde elde edilen sonuçlar daha sonraki testler için bir başlangıç noktası olarak kullanılabilir.



Şekil 5. 8. Rüzgar bacası olmayan bina

Mevcut çalışmanın doğruluğunu ve modelleme ile simülasyon yöntemini doğrulamak için, Mirlohi ve arkadaşlarının Yazd şehrinde benzer bir çalışmayı yaptıkları çalışmalarla karşılaştırıldı [67]. Sonuçları doğrulamak için evin tüm koşulları ve özellikleri dikkate alındı. Termal konfor kriteri, Yazd şehrinin hava koşullarıyla birlikte modellendi. Elde edilen veriler, bu çalışmadaki sonuçlarla karşılaştırıldı. Ortalama ve maksimum bağıl sapma değerleri sırasıyla %13 ve %9 olduğunda, sonuçlar arasındaki uyum değerlendirildi. Bu analiz, bu çalışmanın sonuçlarının doğru olduğunu göstermektedir.

### 5.4.3 Senaryolar

Rüzgar bacalarının binalara yerleştirilmesi, bina duvarlarından kaynaklanan ısı ve ısı enerjisinin azalmasına ve güneş ışınlarına karşı korunmasına yol açar. Bu nedenle, rüzgar enerjisi ve havalandırma kullanımı açısından farklı senaryoları karşılaştırmak ve en iyi çözümü bulmak için incelenen model, farklı boyutlarda ve sayıda rüzgar bacası yerleştirmelerini içeren çeşitli modellerle tartışılmıştır.

Yazd'deki rüzgar bacalarının boyutu, binanın büyüklüğü, hakim rüzgar yönü ve hızı, ve istenen hava akışı miktarı gibi bir dizi faktöre bağlıdır. Genel olarak, daha yüksek binalar, yeterli rüzgarı yakalamak için daha büyük rüzgar bacaları gerektirirken, yüksek rüzgar hızlarına sahip bölgelerdeki binalar, aşırı hava akışını önlemek için daha küçük bacalar gerektirebilir.

Yazd'deki geleneksel rüzgar bacalarının tipik olarak 2 ila 3.5 metre yüksekliğe sahip olduğu ve çaplarının 80 santimetre ila 2 metre arasında değişebildiği bilinmektedir. Bu boyutlar, binanın özel tasarımı ve konumu, aynı zamanda yerel iklim ve hakim rüzgar şartları gibi diğer faktörlere bağlı olarak değişebilir. Yazd'deki modern binaların, çağdaş mimari tarzları ve kullanılan yapı malzemelerine uygun olarak farklı boyutlarda veya tasarımlarda rüzgar bacaları kullanabileceği belirtilmelidir. Ancak, bu rüzgar bacalarının doğal havalandırmayı ve soğutmayı sağlama amacıyla rüzgarı yakalama ve yönlendirme prensiplerine dayandığı unutulmamalıdır [84].

Bahsedilen bilgilere göre ve incelenen yapının boyutlarına göre, bu yapının rüzgar bacaları için düşünülen boyut Yazd şehri yapılarında kullanılan en küçük ve en büyük

boyut olan 1x1 ve 2x2 boyutlarıdır. Ayrıca bu rüzgar bacalarının yüksekliği 3.5 m olarak kabul edilmiştir.

Bu çalışmada, incelenen yapının boyutlarına ve Yazd şehri yapılarında kullanılan rüzgar bacalarının boyutlarına dayanarak, rüzgar bacalarının en uygun boyutunu ve sayısını belirlemek için 10 farklı senaryo incelenmektedir. Bu senaryoların verileri karşılaştırılarak en uygun rüzgar bacası tipi seçilmeyi hedeflemektedir. Rüzgar bacalarının yüksekliği 3.5 metre olarak kabul edilmektedir ve hepsi zemin döşemesinin 3 metre toprak altına kadar uzatılmaktadır.

İncelenen 10 senaryo aşağıdaki gibidir:

1. Birinci senaryoda, tek bir çift taraflı 1x1 boyutunda rüzgar bacası kullanılmaktadır.
2. İkinci senaryoda, iki adet çift taraflı 1x1 boyutunda rüzgar bacası kullanılmaktadır.
3. Üçüncü senaryoda, tek bir çift taraflı 2x2 boyutunda rüzgar bacası kullanılmaktadır.
4. Dördüncü senaryoda, iki adet çift taraflı 2x2 boyutunda rüzgar bacası kullanılmaktadır.
5. Beşinci senaryoda, binanın karşı köşesinde yerleştirilmiş iki adet çift taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bina kullanılmaktadır.
6. Altıncı senaryoda, Çapraz köşelerde yerleştirilmiş tek taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina kullanılmaktadır.
7. Yedinci senaryoda, Çapraz köşelerde yerleştirilmiş tek taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bina kullanılmaktadır.
8. Sekizinci senaryoda, Çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina kullanılmaktadır.
9. Dokuzuncu senaryoda, Çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bina kullanılmaktadır.
10. Onuncu senaryoda, binanın ortasına yerleştirilmiş tek bir çift taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina kullanılmaktadır.

Bu senaryoların incelenmesi, rüzgar bacasının boyutuna ve sayısına göre en iyi sonucu elde etmeyi amaçlamaktadır. Elde edilen sonuçlar, rüzgar bacalarının etkinliğini ve performansını değerlendirecek ve en uygun rüzgar bacası tipini belirlemeye yardımcı olacaktır.

Rüzgar bacası olmayan bir kentsel alanda, yönlendirilmiş ve konumlandırılmış bir basit bina üzerinde simülasyonlar ve çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, uygun rüzgar yönü ve güneş ışınlarının yönü dikkate alınarak bina tasarlanmıştır. Meteoroloji Teşkilatı verilerine göre Yazd şehrinde hakim rüzgarın yılın sıcak aylarında güneybatı ve kuzeydoğudan, ılıman aylarında ise güneydoğudan estiği belirlenmiştir. Bu bilgilere dayanarak, doğal havalandırma için kuzeydoğu rüzgarının kullanılması en uygun seçenek olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, rüzgar bacalarının yerleşimi binanın kuzeydoğu yönünde planlanmıştır. İlk haline göre simülasyon verilerine dayanarak, farklı senaryolar ve çalışmalar bu binada gerçekleştirilecektir. Rüzgar bacalarının yerleşim yönü, yapıyı olumsuz etkileyen rüzgarlardan korumak ve olumlu rüzgarlardan en üst düzeyde faydalanmak için tasarlanmalıdır. Aynı şekilde, binanın güneşe karşı en uygun yönelimi, yılın soğuk günlerinde en fazla ısıyı alacak şekilde ve sıcak günlerde ise en az ısıyı alacak şekilde belirlenmelidir. Bu faktörler, yapıya enerji verimliliği sağlamak, iç konforu artırmak ve enerji tüketimini optimize etmek amacıyla dikkate alınmalıdır.

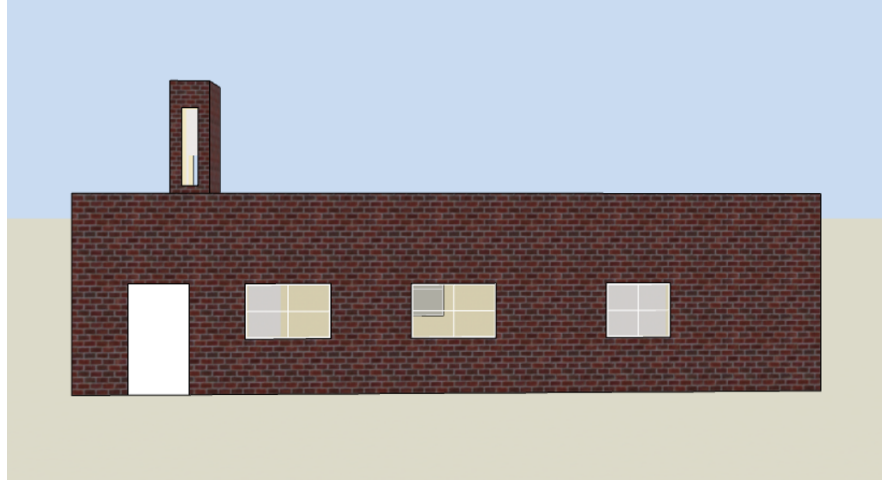
Yazd şehrinin sıcak çöl ikliminde, yaz aylarında yüksek sıcaklık ve düşük nem seviyeleri yaşandığı belirtilmiştir. Bu nedenle, iç mekanlarda konforlu bir ortam sağlamak için sıcaklığın 25°C'nin altında tutulması gerektiği ifade edilmiştir. ASHRAE standartları ve İran Meteoroloji Kurumu verilerine dayanarak, Yazd'de ideal hava sıcaklığının 25°C olduğu kabul edilebilir. Bu bağlamda, iç mekan iklimlendirme sistemlerinin, oda sıcaklığı 25°C'nin üzerine çıktığında devreye girecek şekilde programlanması önerilmektedir. Bu noktada, mekanik havalandırma sistemleri etkinleştirilirken rüzgar bacalarının havalandırma açıklıklarının kapatılması gerekmektedir. Rüzgar bacaları, mekanik havalandırma devreye girmeden önce iklimlendirme işlevini yerine getirir.

Bu deneyin amacı, binanın optimum havalandırması için gereken soğutma enerjisini azaltmak ve binada konfor sağlamak için rüzgar enerjisinin güneş ışınımından kaynaklanan ısı üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bu şekilde, enerji verimliliğini artırarak ve iç konforu sağlayarak binanın daha sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi hedeflenmektedir.

1- Tek bir 1x1 boyutunda rüzgar bacası olan bina 1(1\*1)

Bu çalışmada, bir binanın çatısına 1x1 metre boyutunda bir rüzgar bacası monte edilerek yapılan bir deney ele alınmıştır. Yapı, kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda konumlanmaktadır. Kuzeybatı-güneydoğu yönünde yer alan yapılar, yılın sıcak ve soğuk mevsimlerinde batıdan esen rüzgarların etkilerinden daha az etkilenirler. Ayrıca, daha önce belirtildiği gibi bu yön, Yaz iklimi için diğer yönler göre daha uygun bir güneş ışığı açısı sağlamaktadır. Bu sayede, pencereler yaz aylarında daha az güneş ışığı alacak ve yıl boyunca daha az dalgalanma yaşanacaktır. Bina etrafındaki rüzgar hareketi dikkate alındığında, önerilen modelde 1x1 metre boyutunda ve 3.5 metre yüksekliğinde bir rüzgar bacasına sahip bir yapı kullanılmıştır. Bu boyutlar, yapılan analizler ve deneyler sonucunda en uygun seçenek olarak belirlenmiştir. Rüzgar bacasının bu boyutları, binanın tasarımına ve konumuna bağlı olarak değişebilir, ancak bu çalışmada kabul edilen boyutlar temel alınmıştır.

Bu deney, rüzgar bacasının etkinliğini ve binanın enerji performansını artırma potansiyelini araştırmayı amaçlamaktadır. Sonuçlar, binanın termal konforunu iyileştirmek, enerji tüketimini azaltmak ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için rüzgar enerjisinin kullanımının önemini vurgulamaktadır.

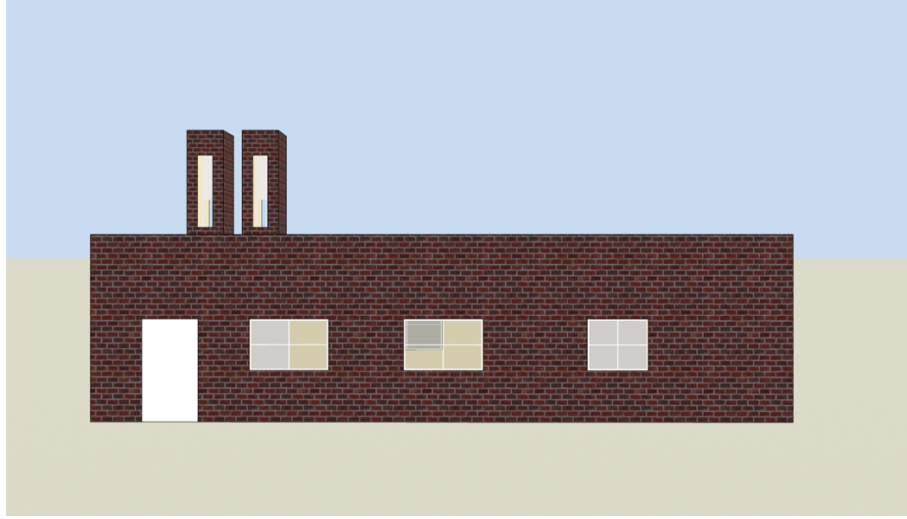


Şekil 5. 9. 1x1 boyutlarında tek rüzgar bacası olan bina

2- İki adet 1x1 boyutunda rüzgar bacası olan bina 2(1\*1)

İkinci deneyde, kentsel bir bağlamda binaya iki küçük rüzgar bacası yerleştirilmiştir. Bu deneyde kullanılan rüzgar bacaları için önerilen boyutlar, 1x1 metrekare boyutunda ve 3.5 metre yüksekliğinde iki adet küçük rüzgar bacası olarak belirlenmiştir. Bu boyutların seçilmesinin amacı, daha küçük rüzgar bacalarının kullanılmasıyla rüzgarın binaya yönlendirilmesinde etkili olup olamayacağını ve uygun havalandırmayı sağlamada ne kadar etkili olabileceğini kontrol etmektir. Bu deney, binanın iç mekan iklimlendirmesinde rüzgar bacalarının etkisini araştırmayı hedeflemektedir. Küçük boyuttaki rüzgar bacalarının kullanımının avantajları arasında, rüzgarı daha hassas bir şekilde yönlendirebilme ve binaya uygun havalandırma sağlama potansiyeli bulunmaktadır. Bu deneyde elde edilen sonuçlar, küçük boyutlardaki rüzgar bacalarının etkinliğini ve binanın iç ortamının kalitesini iyileştirmedeki potansiyelini değerlendirecek ve karşılaştıracaktır.

Bu çalışma, rüzgar bacalarının kullanımının binaların enerji verimliliğini artırma ve iç mekan konforunu iyileştirme açısından önemli bir rol oynayabileceğini göstermeyi amaçlamaktadır. Bu deneylerin sonuçları, kentsel alanda rüzgar bacalarının kullanımının yararlarını daha iyi anlamamıza ve gelecekteki yapı projelerinde daha etkili ve sürdürülebilir tasarımlar yapmamıza yardımcı olacaktır.



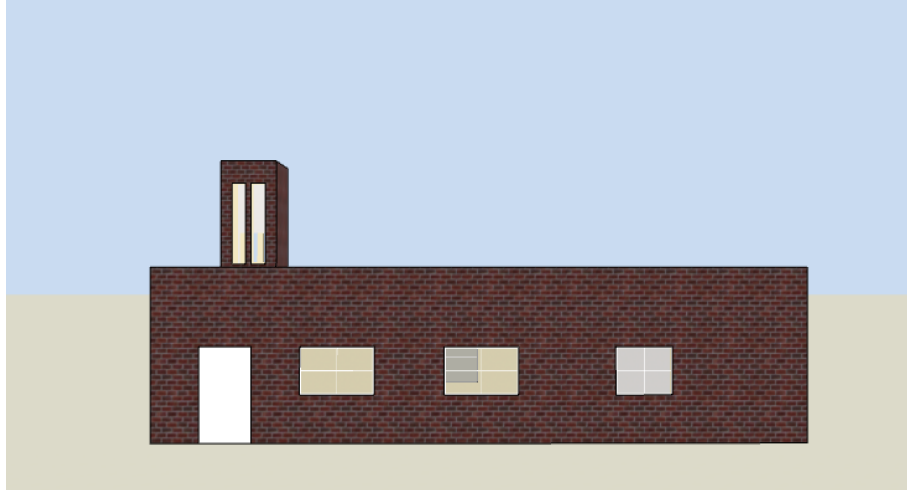
Şekil 5. 10. 1x1 boyutlarında iki rüzgar bacası olan bina

### 3- Tek bir 2x2 boyutunda rüzgar bacası olan bina 1(2\*2)

Üçüncü deneyde, binaya biraz daha büyük boyutlu 2x2 metrelik rüzgar bacası yerleştirilmiştir. Bu deneyde kullanılan rüzgar bacaları için önerilen boyutlar 2x2 metrelik ve 3.5 metre yüksekliğindedir. Bu boyutlar, daha büyük bir rüzgar bacasının kullanılmasıyla rüzgarın binaya yönlendirilmesinde ve uygun havalandırmanın sağlanmasında ne kadar etkili olabileceğini belirlemek amacıyla seçilmiştir. Bu deney, binanın iç mekan iklimlendirmesinde daha büyük boyutlu rüzgar bacalarının etkisini araştırmayı hedeflemektedir. Daha büyük boyuttaki rüzgar bacalarının kullanımının avantajları arasında, daha fazla hava akışı sağlayabilme potansiyeli ve iç ortamın daha etkili bir şekilde havalandırılması bulunmaktadır. Bu deneyde elde edilen sonuçlar, büyük boyutlu rüzgar bacalarının etkinliğini ve iç mekan konforunu iyileştirmedeki potansiyelini değerlendirecek ve karşılaştıracaktır.

Bu çalışma, rüzgar bacalarının boyutlarının ve konumunun binaların iç ortamına etkisini daha iyi anlamamızı ve tasarımlarımızı optimize etmemizi sağlamayı amaçlamaktadır. Dördüncü deneyin sonuçları, rüzgar bacalarının farklı boyutlardaki kullanımlarının, enerji verimliliği ve iç mekan konforu üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamıza yardımcı olacak ve gelecekteki yapı projelerinde daha etkili ve sürdürülebilir tasarımların yapılmasına katkıda bulunacaktır.



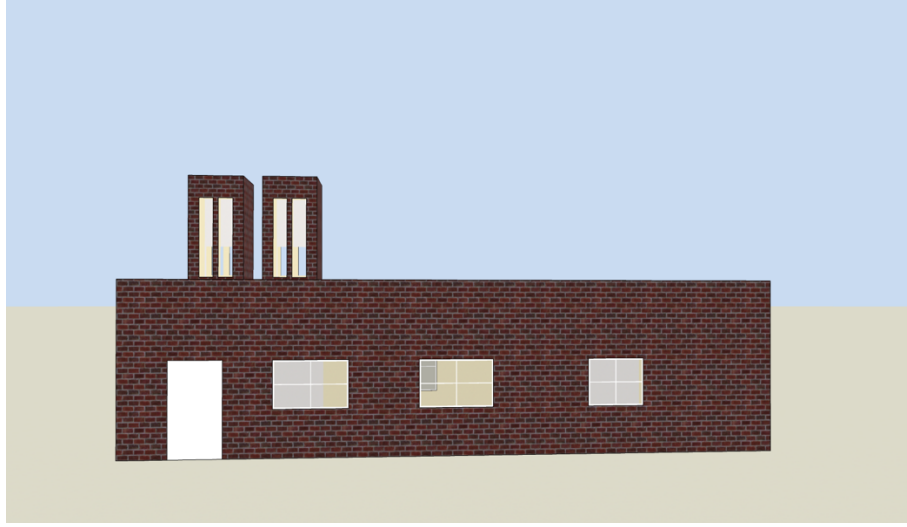


Şekil 5. 11. 2x2 boyutlarında rüzgar bacası olan bina

#### 4- İki adet 2x2 boyutunda rüzgar bacası olan bina 2 (2\*2)

Dördüncü deneyde, binaya iki büyük rüzgar bacası yerleştirilmiştir. Bu deneyde kullanılan rüzgar bacaları için önerilen boyutlar, 2x2 metrekarelik ve 3.5 metre yüksekliğindeki iki büyük rüzgar bacası olarak belirlenmiştir. Bu deneyde, daha büyük boyuttaki rüzgar bacalarının kullanılmasıyla birlikte rüzgarın binaya yönlendirilmesi ve havalandırma kalitesinin ne derece etkileneceğini araştırmaktayız. Beşinci deney, binanın iç mekan havalandırmasında büyük boyutlu rüzgar bacalarının potansiyel etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Büyük boyuttaki rüzgar bacalarının kullanımının avantajları arasında daha güçlü bir hava akışı sağlayabilme kapasitesi ve iç mekanın daha etkili bir şekilde havalandırılması yer almaktadır. Bu deneyin sonuçları, büyük boyutlu rüzgar bacalarının havalandırma performansını artırma potansiyelini ve iç mekan konforunu iyileştirme yeteneklerini değerlendirecek ve karşılaştıracaktır.

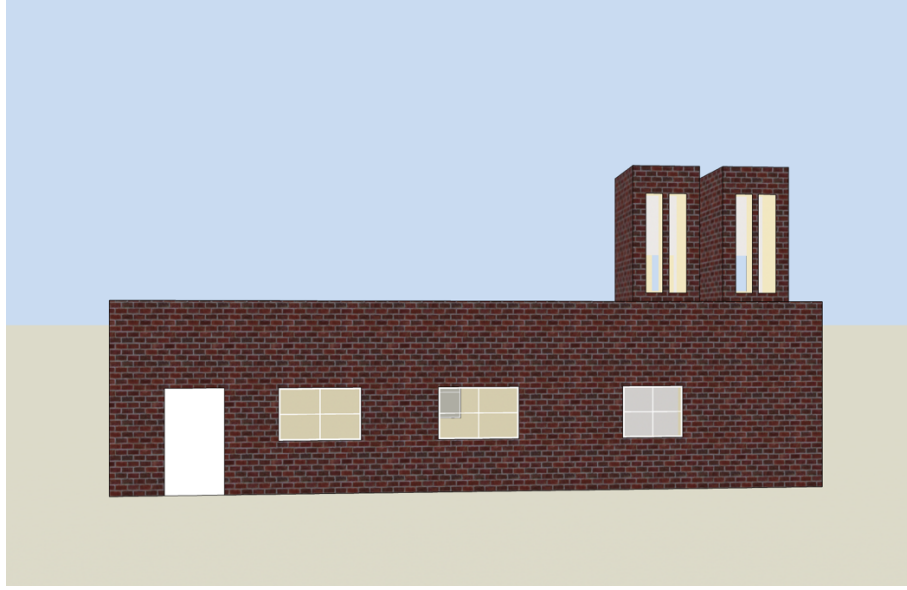
Bu çalışma, rüzgar bacalarının boyutlarının ve konumunun binaların iç ortamına olan etkisini daha iyi anlamamızı ve tasarımlarımızı optimize etmemizi amaçlamaktadır. Beşinci deneyin sonuçları, büyük boyutlu rüzgar bacalarının kullanımının enerji verimliliği, iç mekan konforu ve havalandırma kalitesi üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamıza yardımcı olacak ve gelecekteki yapı projelerinde daha etkili ve sürdürülebilir tasarımların geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.



Şekil 5. 12. 2x2 boyutlarında iki rüzgar bacası olan bina

5- Çapraz köşede yerleştirilmiş iki adet 2x2 rüzgar bacası olan bina 2"(2\*2)  
Beşinci deneyde binanın ters köşesi tarafına iki adet büyük rüzgar bacası yerleştirilmiştir. Bu deneyde kullanılan rüzgar bacaları için önerilen boyutlar, 2x2 metrekarelik ve 3.5 metre yüksekliğindeki rüzgar bacaları olarak belirlenmiştir. Bu deneyde, rüzgar bacalarının yerleşiminin değiştirilerek farklı bir köşede konumlandırılmasının, rüzgarın binaya yönlendirilmesi ve havalandırma kalitesi üzerinde ne kadar etkili olabileceğini araştırmaktayız.

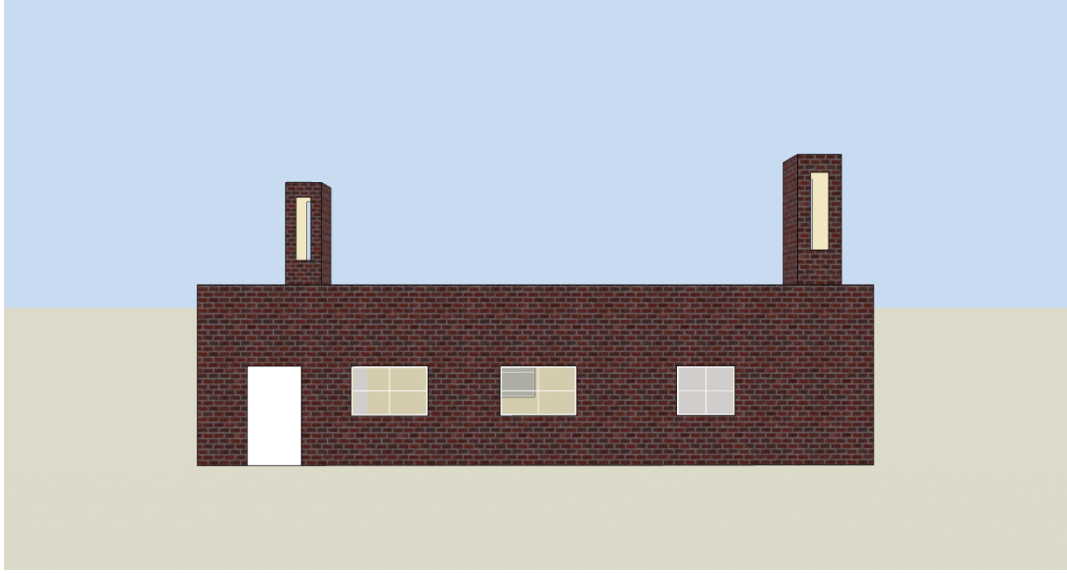
Bu deney, rüzgar bacalarının yerleşiminin değiştirilmesiyle birlikte binanın iç mekan havalandırmasında olası etkilerini incelemeyi hedeflemektedir. Rüzgar bacalarının farklı bir köşede konumlandırılmasıyla, rüzgarın daha etkili bir şekilde yakalanması ve binaya yönlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu durum, iç mekandaki hava akışının artması ve termal konforun iyileştirilmesi potansiyelini taşımaktadır. Beşinci deneyin sonuçları, rüzgar bacalarının farklı konumlandırılmalarının enerji verimliliği, iç mekan konforu ve havalandırma kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirerek, gelecekteki yapı projelerinde daha optimize edilmiş tasarımların geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.



Şekil 5. 13. Çapraz köşede yerleştirilmiş iki adet 2x2 rüzgar bacası olan bina

6- Altıncı senaryoda, Çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina kullanılmaktadır. Bu senaryoda, rüzgar bacalarının etkisini daha da araştırmak amacıyla çift taraflı ve çapraz konumlandırılmış rüzgar bacaları kullanılmıştır. Rüzgar bacalarının her iki tarafta da bulunması, rüzgarın binaya her iki yönden gelmesini sağlamakta ve binanın iç mekanında havalandırmayı iyileştirmektedir. Bu senaryoda, 1x1 metrekare boyutunda ve 3.5m yükseklikteki çift taraflı rüzgar bacalarının kullanılması, rüzgarı daha etkin bir şekilde yönlendirmeyi ve iç mekan iklimlendirmesini daha iyi kontrol etmeyi hedeflemektedir.

Bu senaryonun amacı, çift taraflı rüzgar bacalarının binanın enerji verimliliğine ve iç mekan konforuna olan etkisini değerlendirmektir. Rüzgar bacalarının çift taraflı olarak konumlandırılması, rüzgarı her iki yönden yakalamayı ve binaya yönlendirmeyi sağlayarak havalandırma ve iklimlendirme sisteminin daha etkin çalışmasına olanak tanır. Bu senaryo, rüzgar bacalarının kullanımının bina performansını iyileştirmedeki potansiyelini ortaya koymayı hedeflemektedir.

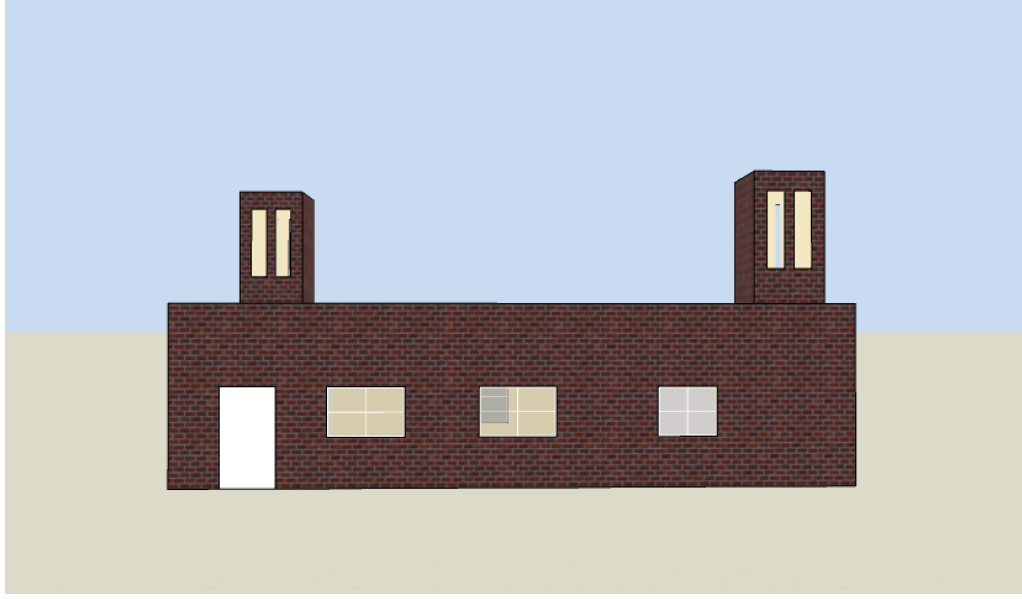


Şekil 5. 14. Çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina

7- Yedinci senaryoda, çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bir bina kullanılmaktadır. Bu senaryoda, rüzgar bacalarının boyutları genişletilmiş ve 2x2 metrekare olarak seçilmiştir. Bu büyük boyuttaki rüzgar bacalarının kullanımıyla, daha güçlü bir rüzgar yakalama ve yönlendirme potansiyeli hedeflenmektedir.

Çift taraflı ve çapraz konumlandırılan rüzgar bacaları, binanın her iki tarafından rüzgarı yakalayarak iç mekan havalandırmasını iyileştirir. Büyük boyutlarıyla, daha fazla rüzgar enerjisi yakalanabilir ve bu enerji binanın iç mekan iklimlendirmesinde daha etkili bir şekilde kullanılabilir. Aynı zamanda, daha geniş rüzgar bacalarının kullanılmasıyla, rüzgarın yönlendirilmesi ve havalandırma sisteminin verimliliği artırılabilir.

Bu senaryonun amacı, çift taraflı 2x2 rüzgar bacalarının büyük boyutunun binanın enerji verimliliği, iç mekan konforu ve sürdürülebilirlik performansı üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Elde edilen sonuçlar, büyük boyutlu rüzgar bacalarının daha fazla enerji yakalama kapasitesine sahip olduğunu ve binanın iç mekan iklimlendirmesinde daha etkili bir şekilde kullanılabileceğini gösterecektir.

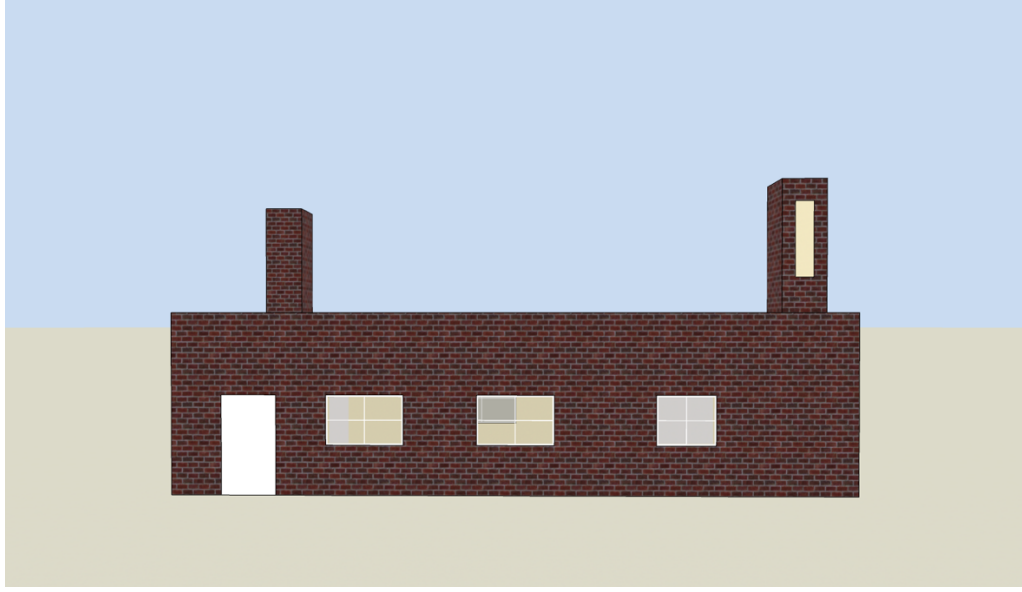


Şekil 5. 15. Çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bina

8- Sekizinci senaryoda, çapraz köşelerde yerleştirilmiş tek taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bir bina kullanılmaktadır. Bu senaryoda, rüzgar bacaları yalnızca bir tarafta bulunmakta ve tek yönden gelen rüzgarı yakalayıp yönlendirmektedir.

Tek taraflı rüzgar bacalarının kullanımıyla, rüzgarın binaya tek bir yönden gelmesi sağlanır. Bu sayede, iç mekan havalandırması ve iklimlendirme sistemi bu yönden gelen rüzgar enerjisini etkin bir şekilde kullanabilir. Rüzgar bacaları, rüzgarın binanın içine girişini kontrol ederek doğal havalandırmayı sağlar ve iç ortamın kalitesini iyileştirebilir.

Sekizinci senaryonun amacı, tek taraflı 1x1 rüzgar bacalarının tek yönden gelen rüzgarı yakalama ve iç mekan iklimlendirmesinde etkili olabilme potansiyelini araştırmaktır. Bu senaryo, rüzgar bacalarının tek yönlü kullanımının binanın enerji verimliliğini artırma ve iç mekan konforunu iyileştirme açısından ne kadar etkili olduğunu değerlendirmeyi hedeflemektedir.

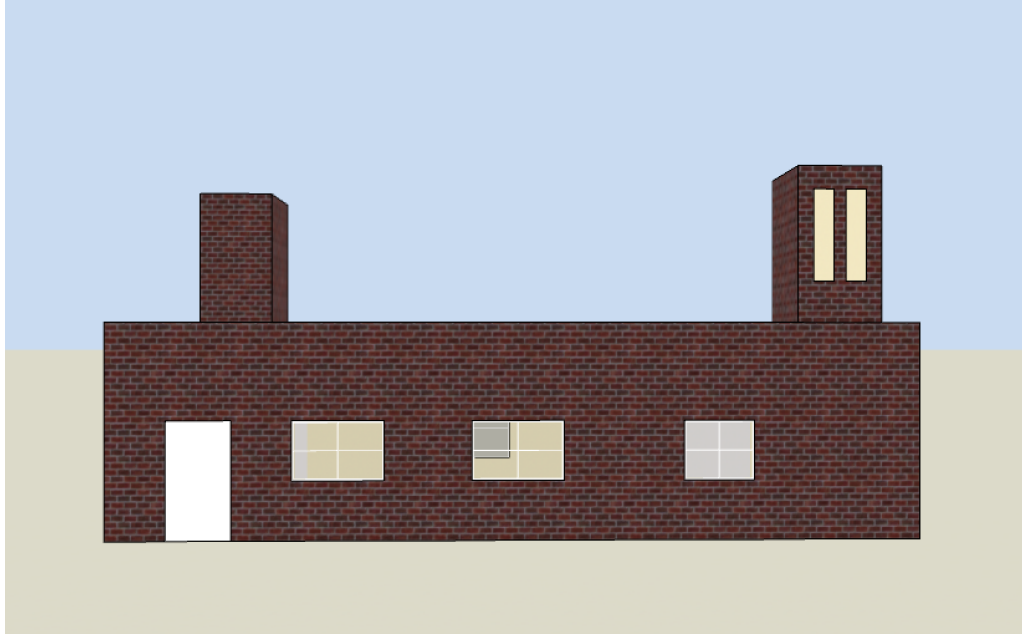


Şekil 5. 16. Çapraz köşelerde yerleştirilmiş tek taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina

9- Dokuzuncu senaryoda, çapraz köşelerde yerleştirilmiş tek taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bir bina kullanılmaktadır. Bu senaryoda, daha geniş boyutlara sahip tek taraflı rüzgar bacalarının kullanımıyla daha fazla rüzgar enerjisi yakalanması ve binanın iç mekanına yönlendirilmesi hedeflenmektedir.

Tek taraflı 2x2 rüzgar bacaları, bir taraftan gelen rüzgarı yakalayarak iç mekana doğru yönlendirir. Bu büyük boyutlu rüzgar bacaları, daha güçlü rüzgar enerjisi yakalama kapasitesine sahip olup binanın iç mekan iklimlendirmesinde etkili bir şekilde kullanılabilir. Rüzgarın içeriye yönlendirilmesiyle doğal havalandırma sağlanabilir ve iç mekanın konforu artırılabilir.

Elde edilen sonuçlar, tek taraflı 2x2 rüzgar bacalarının daha fazla rüzgar enerjisi yakalama kapasitesine sahip olduğunu ve binanın iç mekan iklimlendirmesinde daha etkili bir şekilde kullanılabileceğini gösterecektir. Bu çalışma, büyük boyutlu tek taraflı rüzgar bacalarının binaların enerji verimliliğini artırma ve iç mekan konforunu iyileştirme potansiyeline dair önemli bir bilgi sunmayı amaçlamaktadır. Elde edilen bulgular, gelecekteki yapı projelerinde rüzgar bacalarının etkili bir şekilde kullanılmasına ve daha sürdürülebilir yapı tasarımlarının oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

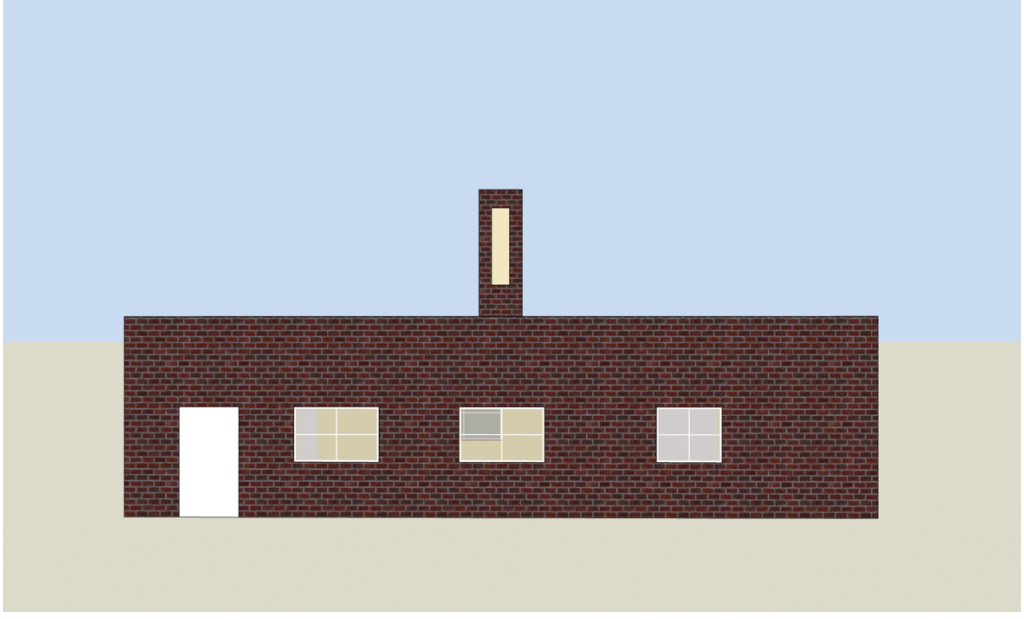


Şekil 5. 17. Çapraz köşelerde yerleştirilmiş tek taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bina

10- Onuncu senaryoda, binanın ortasına yerleştirilmiş tek bir çift taraflı 1x1 rüzgar bacası kullanılan bir bina bulunmaktadır. Bu senaryoda, rüzgar bacaları, binanın merkezine konumlandırılmış ve çift taraflı olarak tasarlanmıştır.

Tek bir çift taraflı rüzgar bacasının orta konumlandırılması, rüzgarın her iki yönden gelmesini sağlamak amacıyla tercih edilmiştir. Böylece, binanın iç mekanına yönlendirilen rüzgar, etkili bir şekilde havalandırma ve iklimlendirme için kullanılabilir. Rüzgar bacalarının çift taraflı olması, hem gelen hem de giden rüzgarı yakalayabilmesini ve bu enerjiyi iç mekanda kullanılabilir hale getirmeyi amaçlamaktadır.

Elde edilen sonuçlar, tek bir çift taraflı 1x1 rüzgar bacasının merkezi konumlandırmanın binanın iç mekan havalandırması ve enerji verimliliği üzerindeki etkisini değerlendirecektir. Bu çalışma, merkezi bir çift taraflı rüzgar bacasının kullanımının binaların enerji verimliliğini artırma ve iç mekan konforunu iyileştirme potansiyeline dair önemli bir bilgi sunmayı amaçlamaktadır.



Şekil 5. 18. binanın ortasına yerleştirilmiş tek bir çift taraflı 1x1 rüzgar bacası



## BÖLÜM 6

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Design Builder yazılımı kullanılarak bir mevcut binanın yeniden şekillendirilmesiyle deneyler yapılması hedeflenmiştir. Altı farklı senaryo üzerinde gerçekleştirilen deneyler ve simülasyonlar ile sistemin performansı, değişen rüzgar hızı ve ortam sıcaklığına göre değerlendirilmiştir. Bilgisayar simülasyonları, yılın en sıcak ayları olan 1 Nisan-31 Eylül tarihleri arasında gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, daha kesin ve güvenilir sonuçlar elde etmek amacıyla deneyler 15 Temmuz gibi yılın en sıcak günlerinden birinde de gerçekleştirilmiş ve sonuçlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu özel gün için ortalama hava sıcaklığı 36 °C iken, günün en sıcak saatlerinde bu değer 41 °C'ye kadar çıkabilmektedir. Yapılan testler ve simülasyonlar sonucunda, mevcut veriler ve bilgiler kullanılarak ısı konfor, havalandırma sistemi ve soğutma yükü açısından çeşitli çizelge ve grafikler yardımıyla karşılaştırmalar yapılmış ve en uygun rüzgar bacası tipi havalandırma sistemi için seçilmiştir. Bu çalışma, rüzgar bacalarının performansını değerlendirerek daha iyi bir konfor ve enerji verimliliği sağlayan tasarımların geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

İlk aşamada, Design Builder yazılımı kullanılarak bina modeli oluşturulmuş ve gerekli veriler girilmiştir. Bu veriler arasında bina havalandırması, soğutma yükü ve enerji masrafları gibi bilgiler bulunmaktadır. EnrgyPlus enerji simülasyon motoru desteğiyle yapılan simülasyonlar sayesinde elde edilen sonuçlar, Çizelge 6.1'de sunulmuştur. Soğutma yüküne ait şekiller ise yılın sıcak aylarında (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) ortaya çıkan soğutma yükü ve havalandırma gibi değerleri göstermektedir. Ayrıca, bu şekillerde bağıl nem de belirtilmiştir. Bu veriler, bina performansının analiz edilmesi ve uygun havalandırma ve soğutma sistemlerinin tasarlanması için kullanılmaktadır.

Diyagram 3, dış hava sızması ve mekanik havalandırma soğutma oranını gösteren göstergeleri içerir. Dış hava infiltrasyonu, dış havanın bina kabuğundaki çatlaklar, boşluklar ve diğer açıklıklardan kontrolsüz veya kasıtsız bir şekilde bir binaya veya kapalı alana akmasıdır. Bu infiltrasyon, basınç farklılıkları, rüzgar veya diğer faktörler nedeniyle meydana gelebilir ve iç hava kalitesi, enerji verimliliği ve bina sakinlerinin konforu üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir [80]. Soğutma yükü ise, bir alanın veya sistemlerin elektrik veya başka bir yakıt kaynağıyla çalışan bir soğutma sistemi kullanarak ısının uzaklaştırılma sürecini ifade eder. Bu, doğal gaz, propan veya diğer yakıtları kullanarak soğutma veya iklimlendirme ekipmanına güç sağlayan sistemleri içerebilir [81]. Enerji tüketimine bağlı olan çizelgelerde, aylık mekanik havalandırma ve soğutma sistemlerinin enerji tüketimi verileri sunulmaktadır.

## **6.1. SENARYOLARA AİT BULGULARIN ANALİZİ**

Bu bölümde, örnek model oluşturulmuş ve rüzgar bacalarının nasıl modellediği açıklanmıştır. Modelleme sürecinde, iklim verileri, malzeme özellikleri ve diğer gerekli veriler kullanılarak enerji simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyonlar sonucunda elde edilen bulgular, ayrıntılı bir şekilde açıklanmış ve tartışılmıştır. Bulguların analizi, rüzgar bacalarının enerji performansı ve havalandırma etkinliği üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Tartışmalar, simülasyon sonuçlarına dayanarak rüzgar bacalarının verimliliği, etkinliği ve potansiyel avantajları üzerine odaklanmaktadır. Bu bölümde sunulan bulgular ve tartışmalar, rüzgar bacalarının kullanımının enerji tasarrufu ve bina performansı açısından olumlu bir katkı sağlayabileceğini vurgulamaktadır.

### **1- Rüzgar bacası olmayan bina (Örnek Model)**

Örnek modelde rüzgar bacası olmayan bir bina simüle edilmiştir. Bu deneyde, bina sisteminin rüzgar koşullarındaki performansı değerlendirilmiş ve farklı ortam sıcaklıklarında bir dizi bilgisayar simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

ASHRAE standartlarına göre, iç mekan hava sıcaklığı genellikle 20°C ila 25 °C arasında kabul edilebilir bir seviyededir [64]. Bu sıcaklık aralığı, insanların genellikle konforlu bir şekilde çalışabileceği ve yaşayabileceği ideal bir ortam sıcaklığını

sağlamayı amaçlamaktadır. ASHRAE, bu sıcaklık aralığının genel olarak yaygın kabul gördüğünü ve birçok bina için uygun olduğunu belirtmektedir.

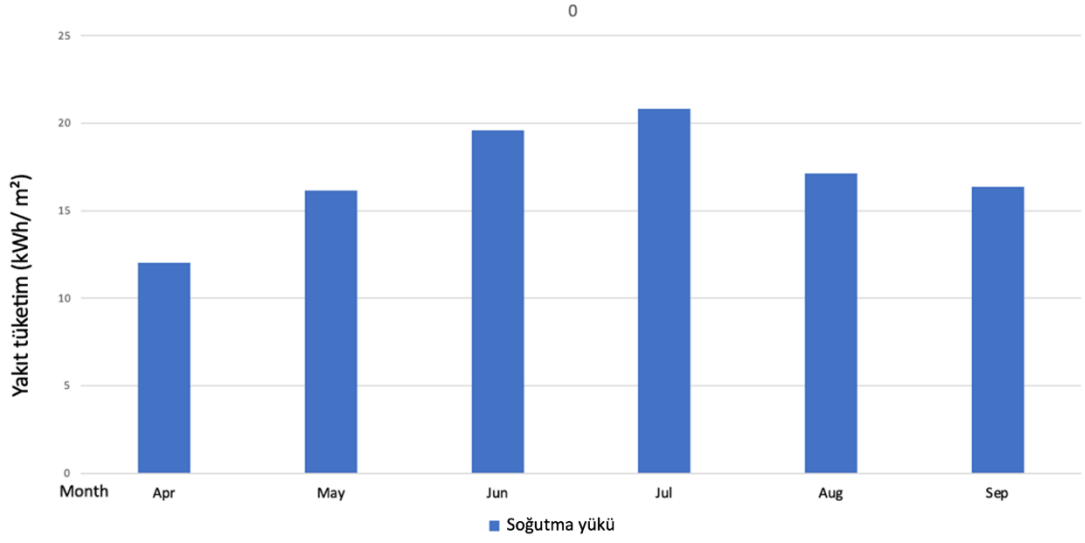
Bu nedenle, yapılan çalışmalarda, iç mekan hava sıcaklığı 25°C üzerine çıktığında mekanik havalandırma sistemlerinin devreye girdiği gözlemlenmiştir. Bu sistemler, rüzgar bacalarını kapatıp mekanik havalandırma sistemlerini etkinleştirerek iç mekanın sıcaklık düzeyini kontrol altına almaktadır. Bu sayede, insanların konforunu ve verimliliğini artırmak için iç mekan sıcaklığı istenilen aralıkta tutulmaktadır.

Örnek model deneyiminde, iç mekanın sıcaklığı 31 derece gibi yüksek bir seviyeye çıkmaktadır ve kabul edilebilir bir seviyeye gelmesi için önemli miktarda enerji gerekmektedir. Bu durumda, mekanik havalandırma sistemleri veya diğer soğutma yöntemleri devreye girerek iç mekanın sıcaklığını istenen aralığa getirmek için çalışır. Ancak, bu yüksek sıcaklığın düşürülmesi için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulabilir ve bu da kaynakların daha yoğun bir şekilde kullanılmasına yol açabilir.

Soğutma için izin verilen maksimum enerji tüketimi genellikle metrekare başına kilovat (kWh/m<sup>2</sup>) cinsinden maksimum soğutma yükü veya zemin alanı birimi başına gereken soğutma kapasitesini gösteren bir faktör olan soğutma yükü katsayısıyla ifade edilir. Spesifik maksimum soğutma yükü, iklim bölgesine ve bina tipine bağlı olarak değişiklik gösterir. Örneğin, ASHRAE Standardı 90.1, konut binaları için maksimum 20 kWh/m<sup>2</sup> soğutma yükünü önermektedir [57].

İncelenen dönemde, başlangıçta ortalama 17 kWh/m<sup>2</sup> olan bir konut soğutma sistemi için bu değer oldukça yüksek görünebilir ve sistemin verimli çalışmadığını gösterebilir. Bu durum, soğutma için mekanik havalandırma sisteminin devreye girmesi için fazla miktarda enerji tüketilebileceğini göstermektedir.

Şekil 6.1. ve Çizelge 6.1.'de incelenen aynı zaman diliminde içeriği soğutmak için gereken enerji kullanım miktarı görülmektedir. Verilere göre, en sıcak ayda ortalama her metrekare için 20.81 watt enerji tüketimi gerekmektedir.



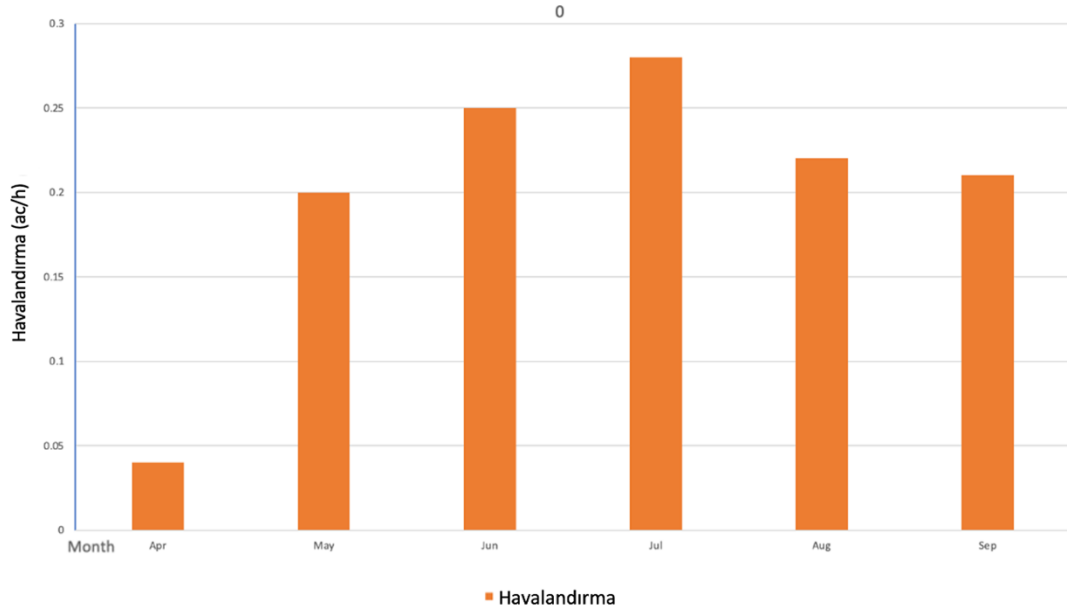
Şekil 6. 1. Yılın sıcak aylarında Rüzgar bacası olmadan binada soğutma yükü

Çizelge 6. 1. Binanın soğutma yükü

0	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Soğutma yükü		16.14	19.58	20.81	17.11	16.37

Pasif Ev standardına göre, bir konut binasında tavsiye edilen toplam taze hava miktarı saatteki hava değişimlerine (ACH) bağlıdır. Bu standart, konut binaları için maksimum 0.6 (ACH) değerini öngörür. Bu, bina içindeki tüm hava hacminin saatte en fazla 0.6 kez taze dış hava ile değiştirilmesi gerektiği anlamına gelir [85].

İncelenen aynı zaman diliminde Şekil 6.2. ve Çizelge 6.2.'e göre, içeriden dışarıya pencereler aracılığıyla çıkan hava miktarı ortalama olarak saniyede 19.65 litre olarak görülmektedir.



Şekil 6. 2. Yılın sıcak aylarında Rüzgar bacası olmadan binada havalandırma aralığı

Çizelge 6. 2. Binanın havalandırma aralığı

0	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	0.04	0.2	0.25	0.28	0.22	0.21

Yapılan simülasyon sonuçlarına göre, Rüzgar bacası olmayan bir binanın Yazd şehrinde, havalandırma sistemi olmaması nedeniyle soğutma yükünün kabul edilebilir bir miktar olmaması, bu binanın yaşamaya uygun bir yer olmadığını göstermektedir.

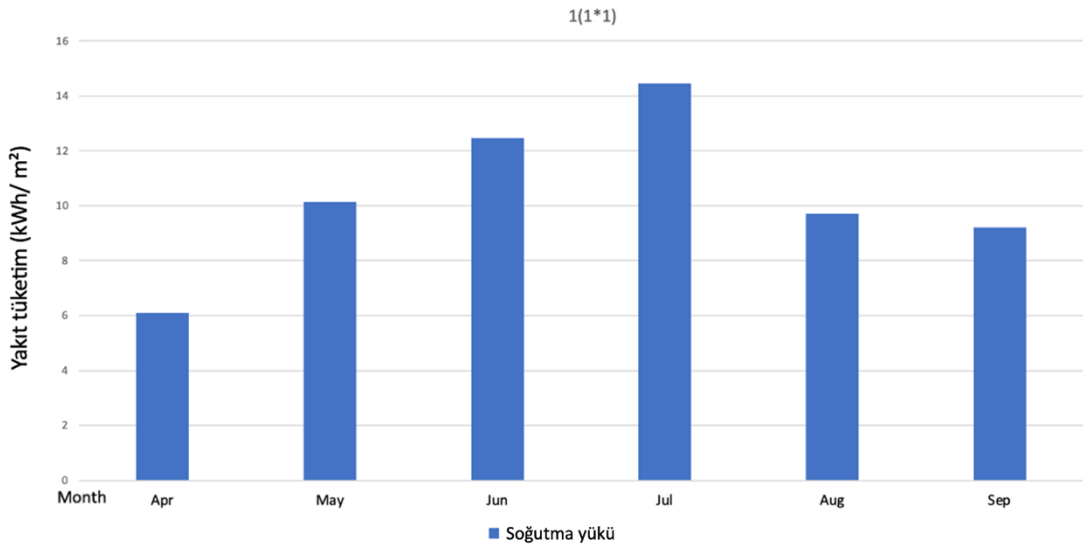
İlerleyen bölümlerde, tek ve çift rüzgar bacası olan binalarda simülasyonlar yapılacak ve soğutma yükü ile iç hava kalitesi karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırmalar sonucunda en iyi sonuç elde edilecek ve uygun bir yaşam ortamı sağlanması için gerekli adımlar belirlenecektir.

## 2- Tek bir 1x1 boyutunda rüzgar bacası olan bina

İkinci deneyde, önerilen yapı, çatısında 1x1 ve 3 metre yüksekliğinde iki yönlü rüzgar bacasına sahip bir konut binasıdır. Bu bina, iklimlendirme için çift yönlü rüzgar bacalarını kullanmaktadır. Taze hava girişi açıklığından binaya giren hava, havalandırma menfezleri aracılığıyla iç mekana yönlendirilmektedir. Doğal

havalandırmanın etkilerini anlamak amacıyla, bu senaryo için yazılım üzerinde bir simülasyon gerçekleştirilmiştir.

Aynı çalışma zaman diliminde Şekil 6.3. ve Çizelge 6.3.'e bakıldığında, mekanik havalandırma sisteminin tükettiği enerji miktarı incelenmiştir. Binanın hava sıcaklığında önemli bir düşüş olmadığından dolayı, mekanik havalandırma sistemleri devreye girmekte ve böylece büyük bir mekanik ve fosil yakıt tüketimi gerçekleşmektedir.

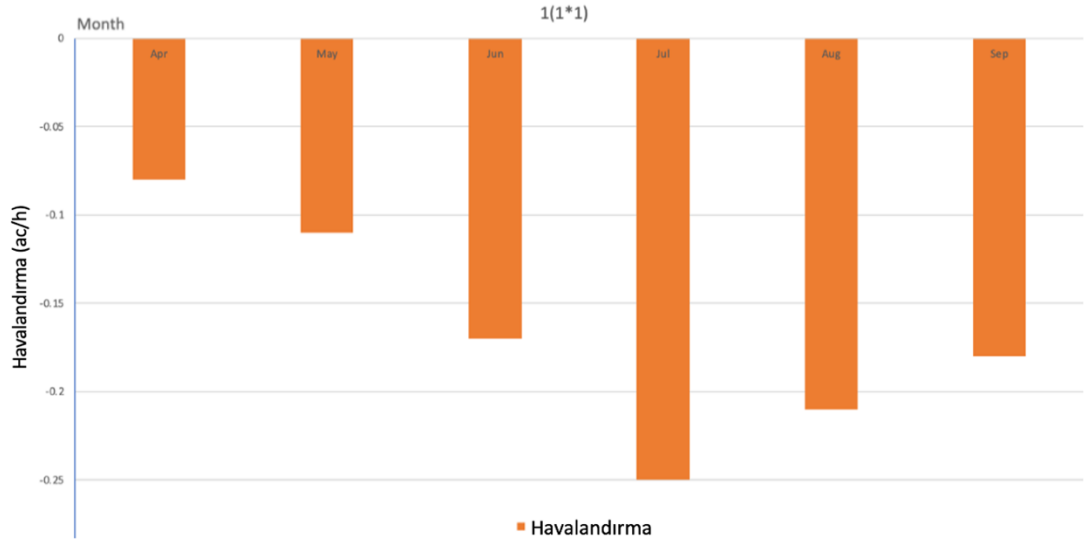


Şekil 6. 3. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü

Çizelge 6. 3. Binanın soğutma yükü

1(1*1)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Soğutma yükü		10.13	12.47	14.45	9.7	9.2

Şekil 6.4. ve Çizelge 6.4.'e göre, içeriye giren hava miktarı incelendiğinde, en sıcak ay olan Temmuz ayı için saatte yaklaşık 0.25 (ach) ile maksimum değere ulaştığı görülmektedir. Bu da rüzgar bacasından bir miktar hava girişi olduğunu göstermektedir, ki bu bir artış anlamına gelir. Bu durum, binada rüzgar bacasının bulunmasının iç mekana sızan hava miktarını artırdığını ve sonuç olarak iç ortam havasının sağlık ve kalite açısından kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir.



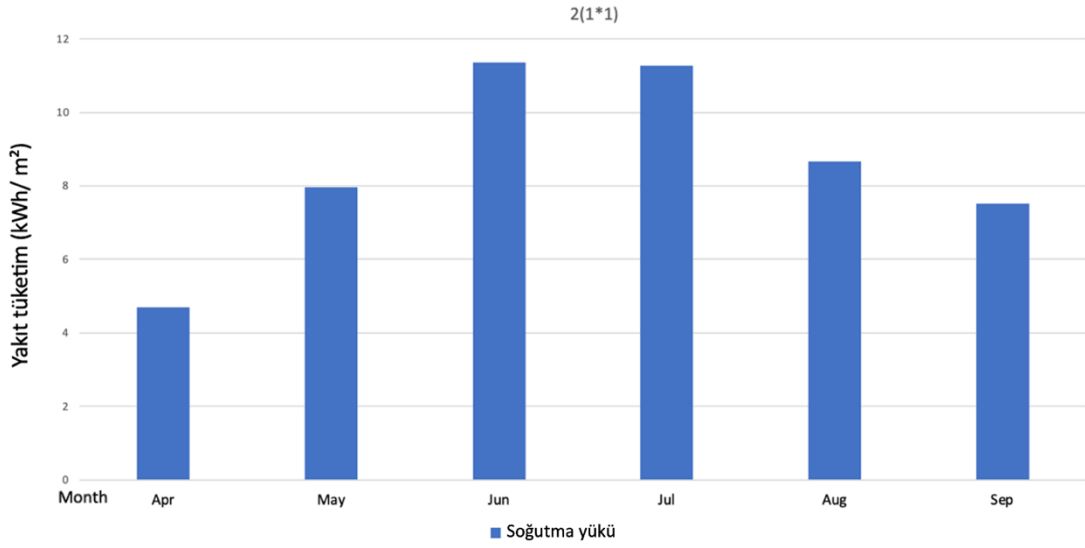
Şekil 6. 4. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı

Çizelge 6. 4. Binanın havalandırma aralığı

1(1*1)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	-0.08	-0.11	-0.17	-0.25	-0.21	-0.18

3- İki adet 1x1 boyutunda rüzgar bacası olan bina

Üçüncü deneyde, incelenen modele göre, rüzgar bacalarının boyutlarında herhangi bir değişiklik olmadığı için, Şekil 6.5. ve Çizelge 6.6.'ye göre soğutma sisteminin tükettiği enerji miktarında belirgin bir değişiklik olmamakla birlikte bir miktar düşüş gözlenmektedir. Bu durumda, rüzgar bacalarının boyutlarında yapılan değişiklik olmaması, soğutma sisteminin enerji tüketimini önemli ölçüde etkilememektedir. Ancak, gözlenen hafif düşüş, azda olsa enerji tasarrufuna yol açmaktadır.

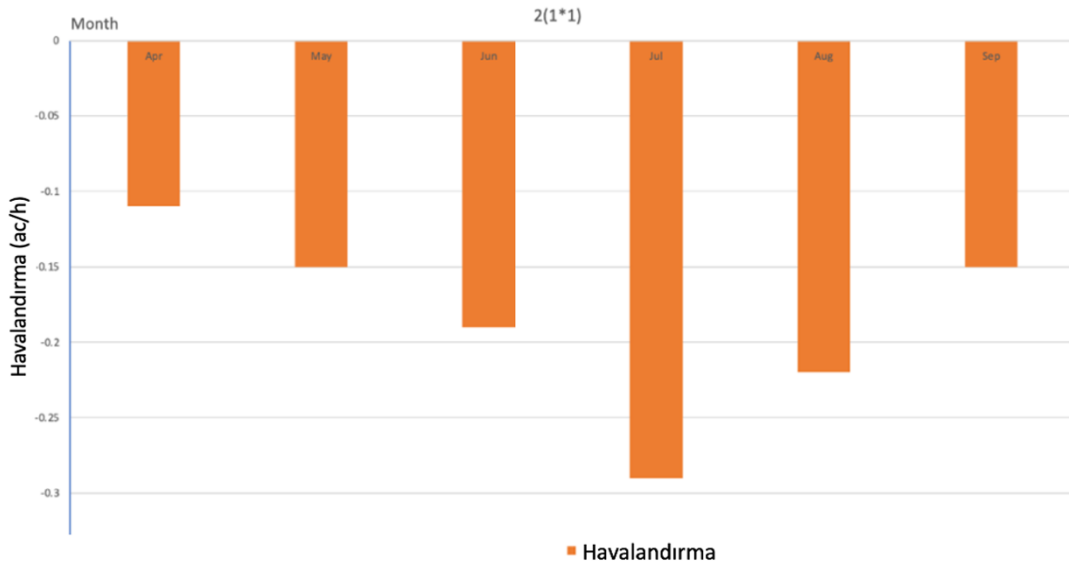


Şekil 6. 5. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü

Çizelge 6. 5. Binanın soğutma yükü

2(1*1)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Soğutma yükü		7.97	11.36	11.26	8.66	7.51

Şekil 6.6. ve Çizelge 6.6.'a göre, maksimum içeriye giren hava miktarının en sıcak ay olan Temmuz ayında ortalama saatte 0.29 (ach) olduğu görülmektedir. Bu değer, ikinci senaryoya kıyasla bir artış göstermektedir.



Şekil 6. 6. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı

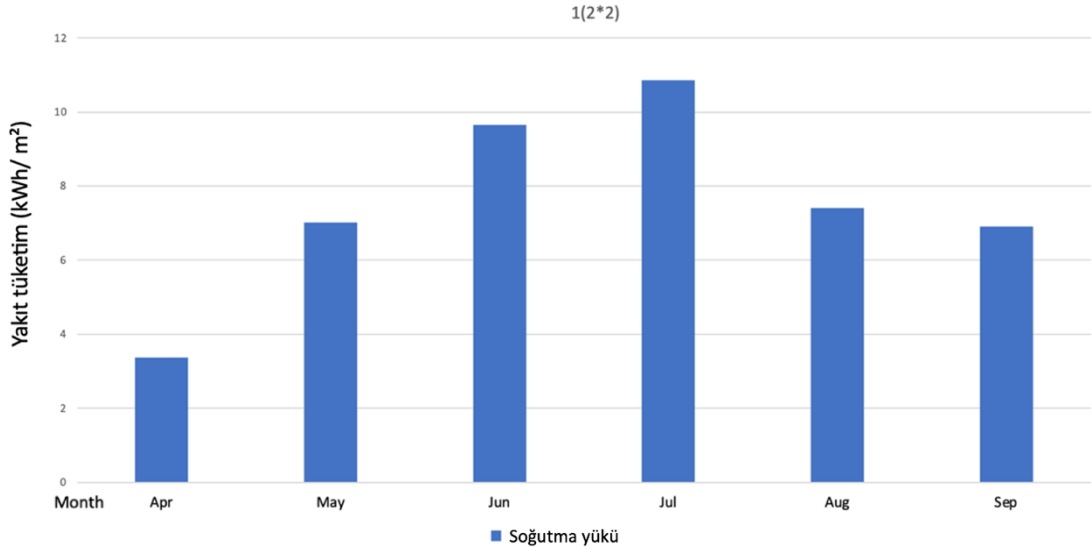


Çizelge 6. 6. Binanın havalandırma aralığı

2(1*1)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	-0.11	-0.15	-0.19	-0.29	-0.22	-0.15

#### 4- Tek bir 2x2 boyutunda rüzgar bacası olan bina

Dördüncü deneyde, yapılan simülasyonlar, 2x2 büyüklüğünde iki yönlü rüzgar bacasının kurulduğu bir binanın ortam sıcaklığını düşürebileceğini ve konfor koşullarını iyileştirebileceğini göstermektedir. Şekil 6.7.'de görüldüğü gibi, rüzgar bacasının hava sıcaklığını düşürmedeki etkisi, elektrik ve fosil yakıt kullanımında önemli bir tasarruf sağlamaktadır. Bu, enerji tüketimini azaltarak çevresel etkileri minimize etmeye ve enerji maliyetlerini düşürmeye yardımcı olur. Yapılan simülasyonlar, büyük boyutlarda bir rüzgar bacasının kullanılmasının etkinliğini ve potansiyel tasarruf miktarını göstermektedir.

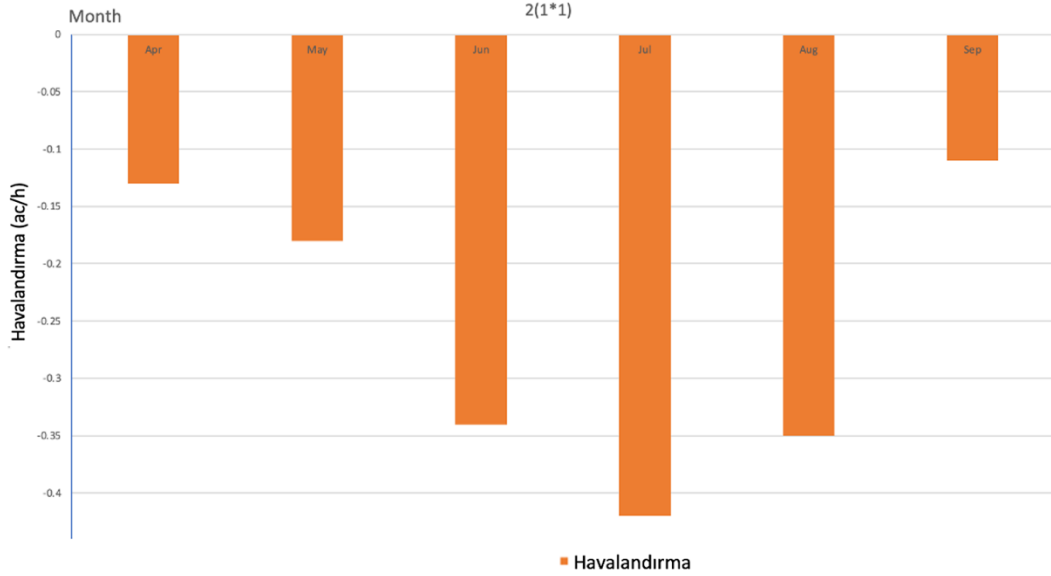


Şekil 6. 7. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü

Çizelge 6. 7. Binanın soğutma yükü

1(2*2)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Soğutma yükü		7.01	9.65	10.86	7.4	6.91

Rüzgar bacasının binaya entegre edilmesi, havalandırma sistemine olumlu etkiler sağladığı gözlemlenmektedir. İçeriye giren hava miktarının maksimum değeri, en sıcak ay olan Temmuz ayında saatte yaklaşık 0.42 (ach) olarak ölçülmüştür. Bu durum, rüzgar bacasından bir miktar havanın binaya girdiğini göstermektedir. Bu artış, iç ortam havasının kalitesi ve sağlığı açısından kabul edilebilir düzeydedir.



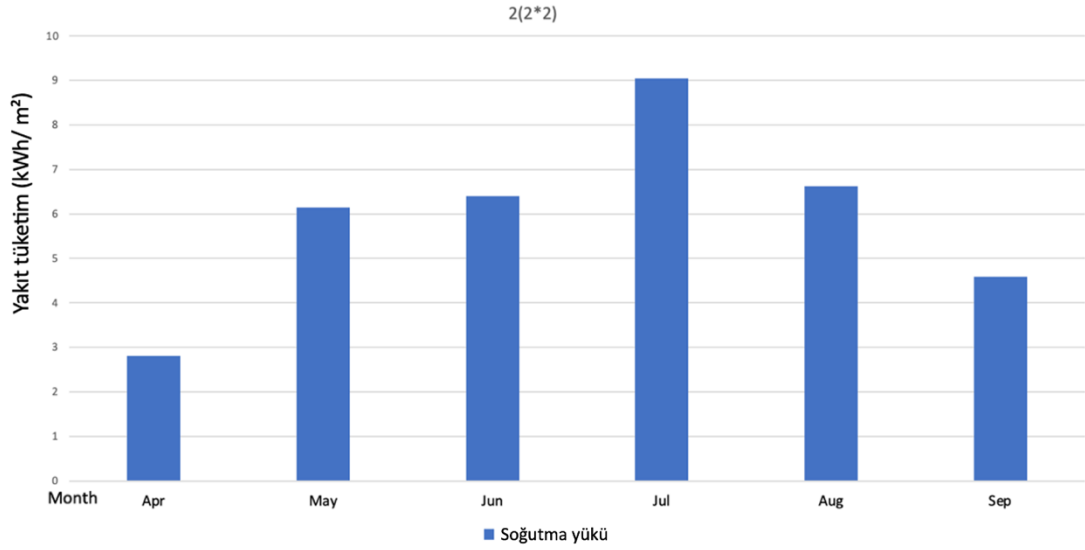
Şekil 6. 8. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı

Çizelge 6. 8. Binanın havalandırma aralığı

1(2*2)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	-0.13	-0.18	-0.34	-0.42	-0.35	-0.11

5- İki adet 2x2 boyutlarında rüzgar bacası olan bina

Beşinci deneyde, 2x2 metre kare alana ve 3 metre yüksekliğe sahip iki büyük rüzgar bacasının kurulduğu bir bina incelenmiştir. Şekil 6.9. ve Çizelge 6.9.'a bakıldığında enerji tüketimiyle ilgili simülasyon sonuçları, iki adet 2x2 boyutlarında rüzgar bacasının kurulduğu bir binanın ortam sıcaklığını en az 12 derece düşürebileceğini ve konfor koşullarını iyileştirebileceğini göstermektedir. Bu da bina sakinlerinin konforlu bir ortamda yaşamalarını sağlayacaktır.

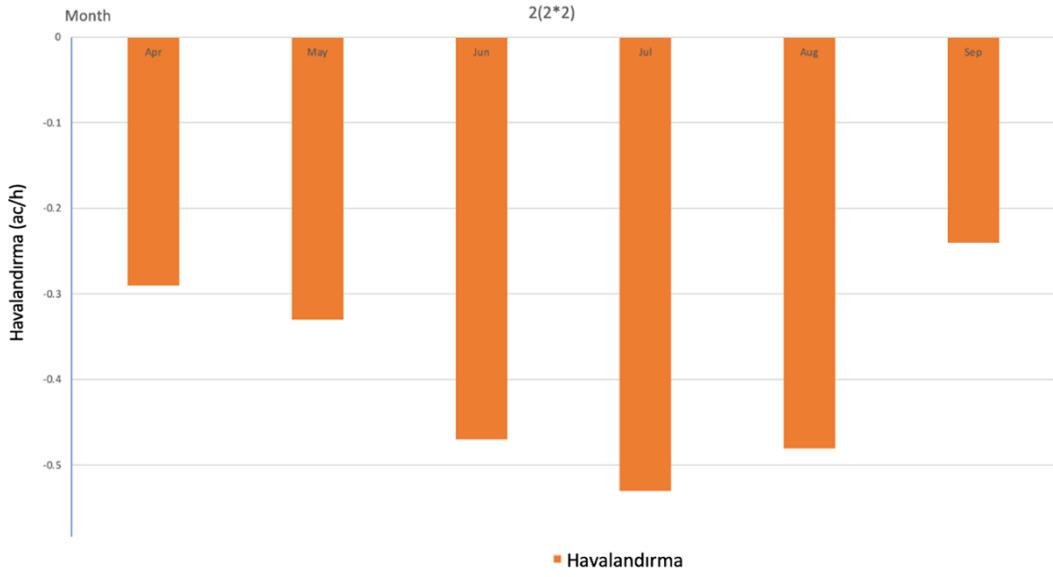


Şekil 6. 9. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü

Çizelge 6. 9. Binanın soğutma yükü

2(2*2)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Soğutma yükü		6.15	6.4	9.04	6.62	4.59

Rüzgar bacalarının binaya entegre edilmesinin havalandırma sistemine olumlu etkileri olduğu, Şekil 6.10. ve Çizelge 6.10.'a bakılarak gözlemlenebilir. Ölçülen verilere göre, maksimum hava kaçağı miktarı 6 ay boyunca ortalama olarak 0.39 (ach) olarak belirlenmiştir. Bu da rüzgar bacasından bir miktar hava girdiğini ve binanın havalandırma sisteminin etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 6. 10. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı

Çizelge 6. 10. Binanın havalandırma aralığı

2(2*2)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	-0.29	-0.33	-0.47	-0.53	-0.48	-0.24

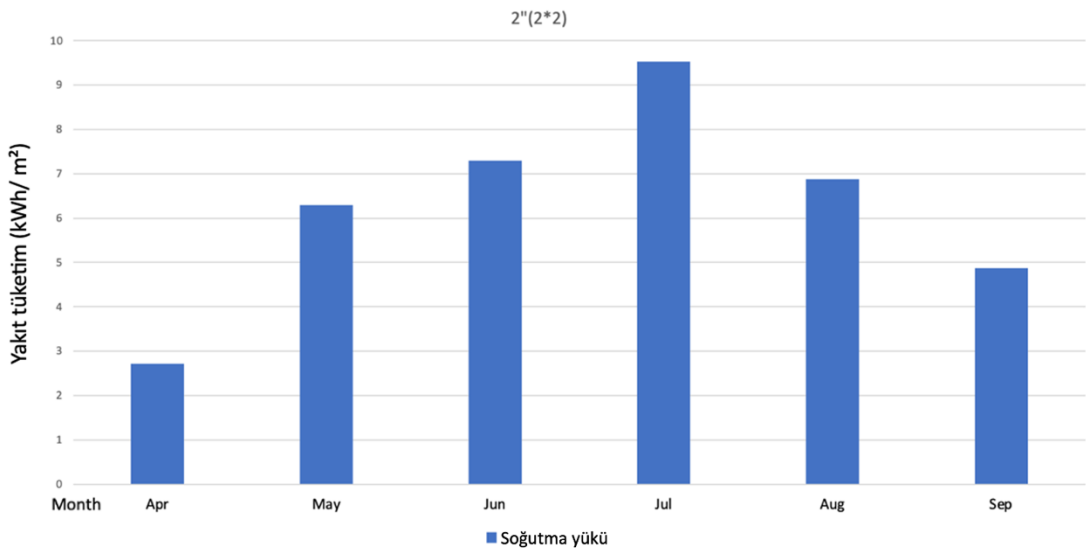
Deneylerin sonuçlarına göre, en etkili model iki adet büyük boyutlu rüzgar bacası olan binadır. Bu modele göre, rüzgar bacalarının daha büyük boyutlara sahip olması, rüzgarın daha kolay bir şekilde içeriye girmesini ve binaya ulaşmasını sağlamaktadır. Öte yandan, daha küçük kesitli rüzgar bacalarıyla elde edilen verim düşük olduğu için tercih edilmemektedir.

Karşılaştırma yapılan verilerden elde edilen sonuçlar, büyük boyutlu rüzgar bacalarına sahip binanın, küçük rüzgar bacalarına göre daha kaliteli bir iç hava sağladığını göstermektedir. Bu binada gerçekleştirilen deneylerin verilerine göre, mekanik havalandırma sistemi ise devreye girmediği ve fosil yakıt tüketiminden tasarruf sağlandığı belirlenmiştir.

Son olarak, bir başka modele daha deney dahil edilmektedir. Bu deneyde, en iyi sonuçların alındığı iki adet büyük boyutlu rüzgar bacası, binanın çapraz köşesine yerleştirilmektedir. Bu deneyin amacı, rüzgar bacalarının yerleşim yönünün içerideki performansla ilişkisinin ne ölçüde olduğunu belirlemektir.

6- Karşı köşede yerleştirilmiş iki adet 2x2 boyutunda rüzgar bacası olan bina

Şekil 6.11'e ve Çizelge 6.11'e göre, bu deneyde binanın soğutulması için kullanılan enerji miktarında ve bölgesel soğutmada önceki deneye kıyasla az bir düşüş olduğu görülmektedir. Ancak diğer deneylere kıyasla hala önemli bir düşüş kaydedilmiştir. Bu durum, rüzgar bacalarının etkisinin enerji tasarrufu ve bölgesel soğutma üzerinde belirgin olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

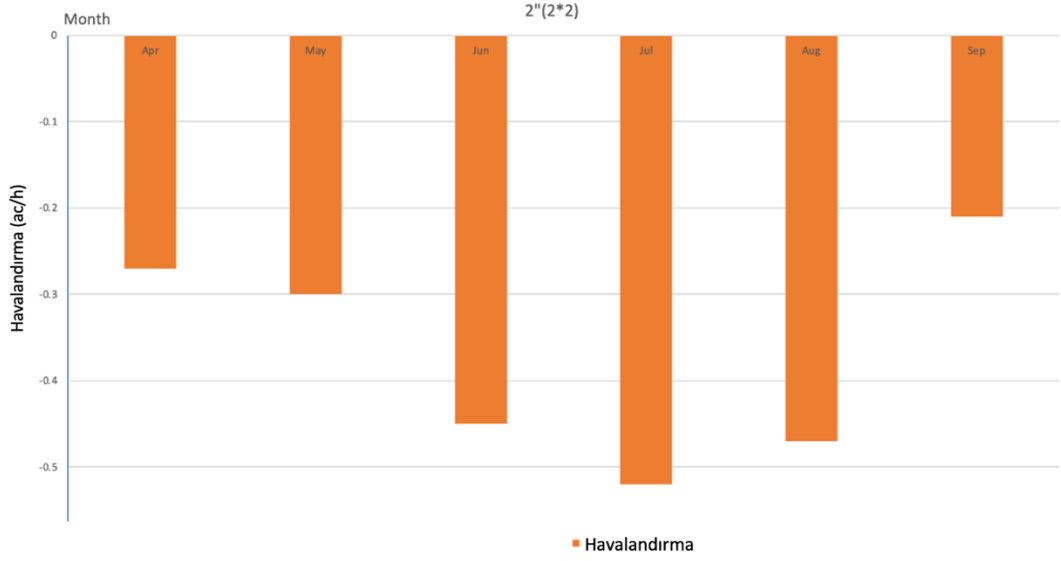


Şekil 6. 11. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü

Çizelge 6. 11. Binanın soğutma yükü

2''(2*2)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Soğutma yükü		6.29	7.3	9.52	6.87	4.87

Şekil 6.12 ve Çizelge 6.12'ye göre, aynı zaman aralığında incelenen verilere göre, ortalama saatte maksimum sızan hava oranının 6 aylık dönem için 36.9 (ach) olduğu görülmektedir. Bu rakam, beşinci deney aşamasıyla karşılaştırıldığında oldukça yüksek ve kabul edilebilir bir seviyededir. Mekanik bir havalandırma sistemi olmamasına rağmen, mekanik havalandırma sistemiyle karşılaştırıldığında enerji tüketiminde hafif bir düşüş gözlemlenmiştir.



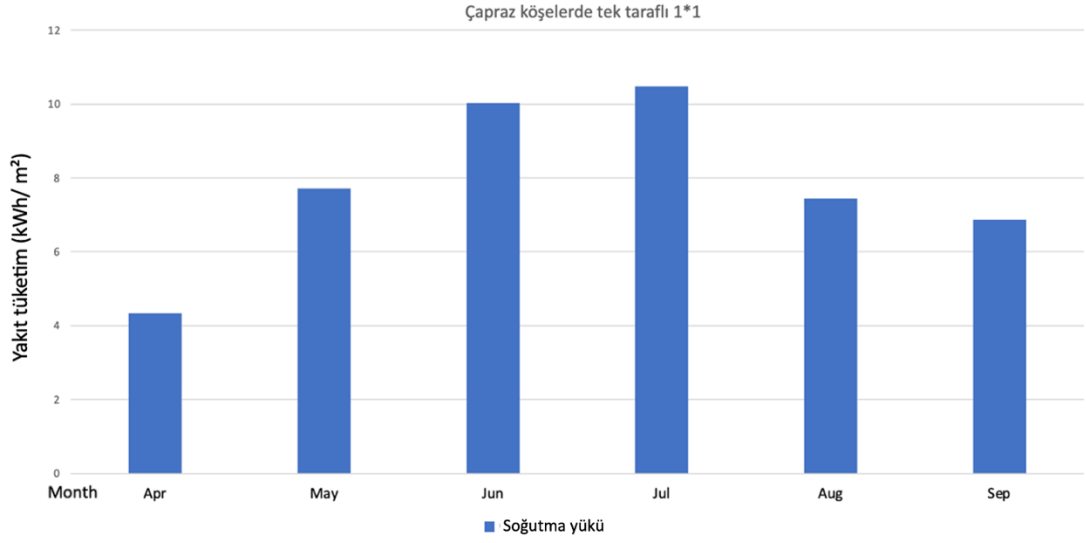
Şekil 6. 12. Yılın sıcak aylarında 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı

Çizelge 6. 12. Binanın havalandırma aralığı

2''(2*2)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	-0.27	-0.30	-0.45	-0.52	-0.47	-0.21

#### 7- Çapraz köşelerde yerleştirilmiş iki adet tek taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina

Yedinci deneyde, tek taraflı 1x1 ölçülerindeki rüzgar bacasına sahip bir bina incelenmiştir. Bu bina, iki adet tek taraflı 1x1 rüzgar bacasının çapraz köşelerde yerleştirildiği bir yapıya sahiptir. Yapılan analizler, rüzgar bacalarının yerleşim yerlerine bağlı olarak hava sıcaklığı ve diğer parametreler arasında küçük farklılıklar olduğunu göstermektedir. Simülasyon sonuçlarına göre, incelenen aynı zaman diliminde, Şekil 6.13 ve Çizelge 6.13'e göre soğutma sisteminin tükettiği enerji miktarı incelendiğinde, belirgin bir değişiklik olmamakla birlikte bir miktar düşüş gözlenmektedir. Bu sonuçlar, tek taraflı 1x1 rüzgar bacalarının kullanımının enerji tasarrufuna katkıda bulunduğunu göstermektedir. Ancak, bu düşüş miktarının belirgin olmaması, rüzgar bacalarının yerleşim yerlerinin etkisini ve diğer faktörleri dikkate almayı gerektirebilir.

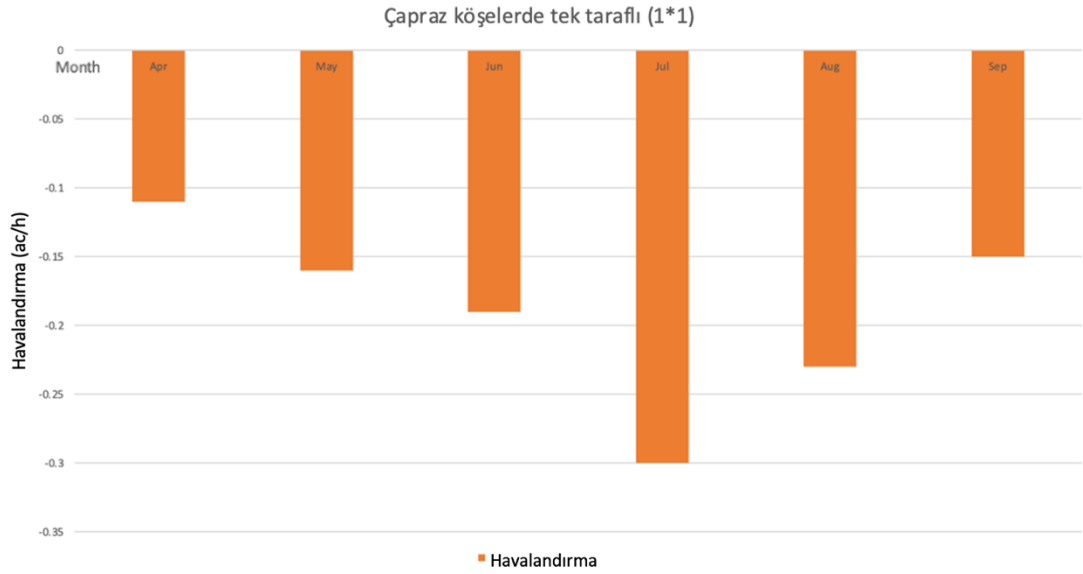


Şekil 6. 13. Çapraz köşelerde iki adet tek taraflı 1x1Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü

Çizelge 6. 13. Binanın soğutma yükü

Çapraz köşelerde tek taraflı 2*2	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Soğutma yükü	3.58	5.49	6.2	7.89	5.64	4.13

Şekil 6.14. ve Çizelge 6.14.'e göre, maksimum içeriye giren hava miktarının en sıcak ay olan Temmuz ayında ortalama saatte 0.3 (ach) olduğu görülmektedir. Bu değer, diğer senaryolara kıyasla kayda değer bir artış göstermemektedir.



Şekil 6. 14. Çapraz köşelerde iki adet tek taraflı 1x1Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı

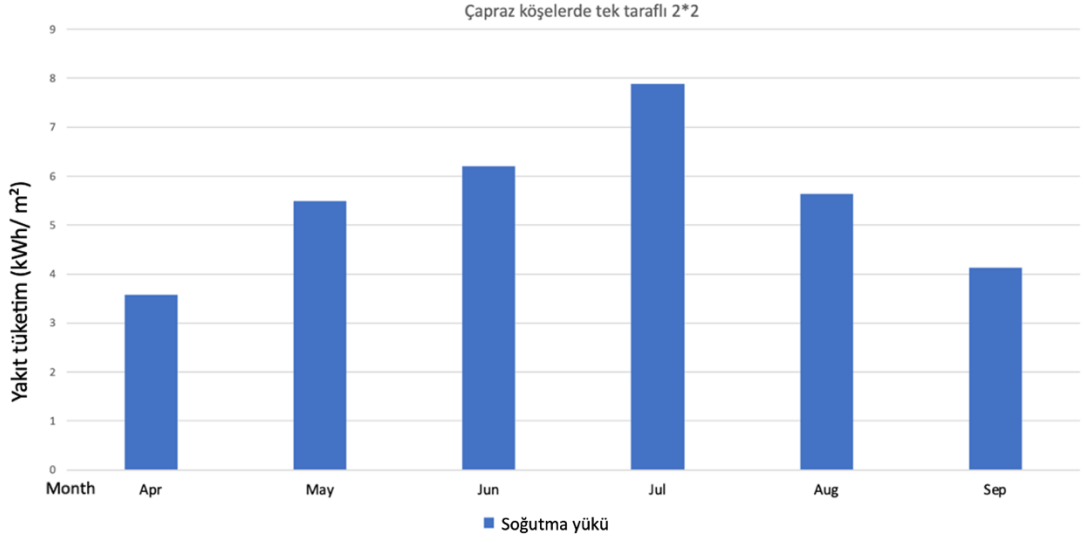
Çizelge 6. 14. Binanın havalandırma aralığı

Çapraz köşelerde tek taraflı (1*1)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	-0.11	-0.16	-0.19	-0.3	-0.23	-0.15

#### 8- Çapraz köşelerde yerleştirilmiş tek taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bina

Sekizinci deneyde, çift taraflı 2x2 ölçülerindeki rüzgar bacasına sahip bir bina incelenmiştir. Bu bina, çapraz köşelerde yerleştirilmiş iki adet tek taraflı 2x2 rüzgar bacasıyla donatılmıştır. Yapılan analizlere göre, rüzgar bacalarının yerleşim yerlerine bağlı olarak hava sıcaklığı ve diğer parametreler arasında önemli bir düşüş gözlenmemiştir. Bu, yedinci deney sonucunda da gözlemlenen bir durumdur. Ayrıca, Şekil 6.23 ve Çizelge 6.23'e göre yapılan simülasyon sonuçları, çapraz köşelere yerleştirilmiş iki adet tek taraflı 2x2 rüzgar bacasına sahip bir binanın ortalama soğutma yükünün 7.9 kWh/m<sup>2</sup> olduğunu göstermektedir. Bu durum, binada elektrik ve fosil yakıt kullanımının hala önemli bir seviyede olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, tek taraflı 2x2 rüzgar bacalarının, hava sıcaklığı üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu ve enerji tasarrufu sağlama potansiyelinin beklenenden daha düşük olduğunu göstermektedir.



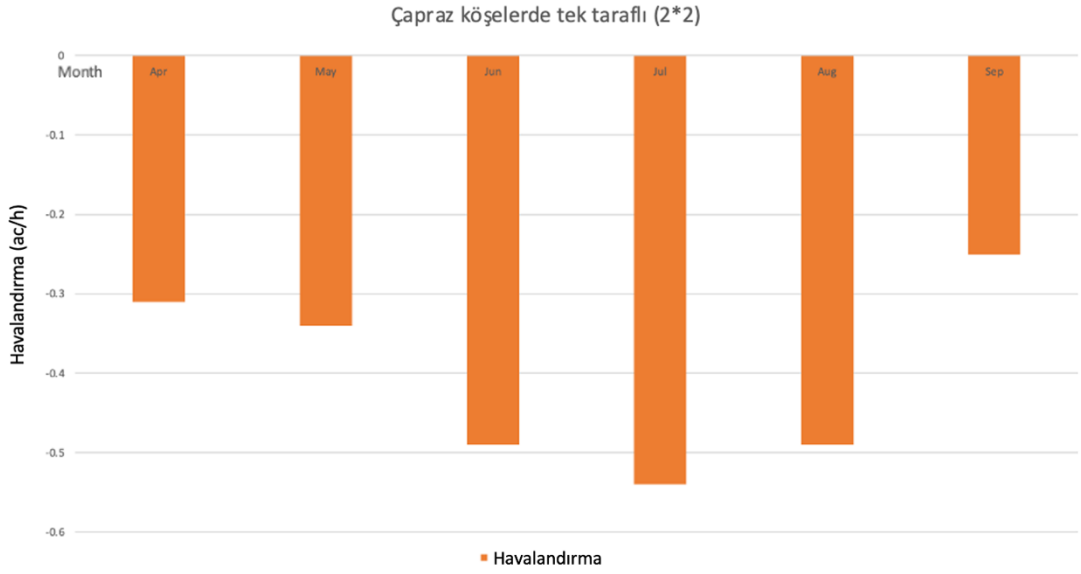


Şekil 6. 15. Çapraz köşelerde iki adet tek taraflı 2x2 Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü

Çizelge 6. 15. Binanın soğutma yükü

Çapraz köşelerde tek taraflı (2*2)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Soğutma yükü	2.11	6.37	6.9	9.13	7.42	4.6

Rüzgar bacalarının binaya entegre edilmesinin havalandırma sistemi üzerinde olumlu etkileri olduğu, Şekil 6.24 ve Çizelge 6.24'ten gözlemlenebilir. Elde edilen ölçüm verilerine göre, 6 aylık bir süre boyunca , içeriye maksimum hava giriş miktarı ortalama olarak 0.4 (ach) olarak belirlenmiştir. Bu durum, rüzgar bacasından bir miktar hava girişi olduğunu ve binanın havalandırma sisteminin etkili olduğunu göstermektedir.



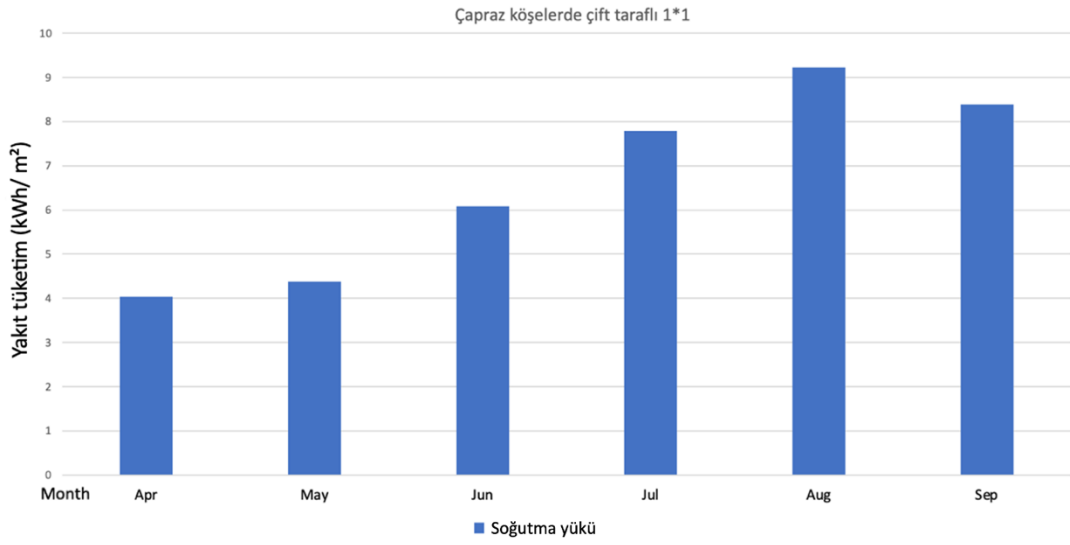
Şekil 6. 16. Çapraz köşelerde iki adet tek taraflı 2x2 Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı

Çizelge 6. 16. Binanın havalandırma aralığı

Çapraz köşelerde tek taraflı (2*2)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	-0.31	-0.34	-0.49	-0.54	-0.49	-0.25

#### 9- Çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina

Dokuzuncu deney, aynı binada çapraz köşelere yerleştirilmiş çift taraflı 1x1 m<sup>2</sup> ve 3.5 m boyutlarına sahip iki küçük rüzgar bacasının kurulduğu bir senaryoyu içermektedir. Bu deneyde, rüzgar bacalarının farklı boyutlarının ve yerleşimlerinin enerji tüketimi üzerindeki etkisi incelenmektedir. İncelenen zaman diliminde, Şekil 617 ve Çizelge 6.17'ye göre yapılan analizlerde soğutma sisteminin tükettiği enerji miktarına bakıldığında, bu parametrede bir miktar düşüş gözlenmektedir. Bu, küçük rüzgar bacalarının enerji tasarrufuna daha az katkıda bulunduğunu göstermektedir. Ancak, bu düşüş miktarının belirgin olmaması, küçük rüzgar bacalarının enerji verimliliği açısından sınırlı etkisi olduğunu göstermektedir.

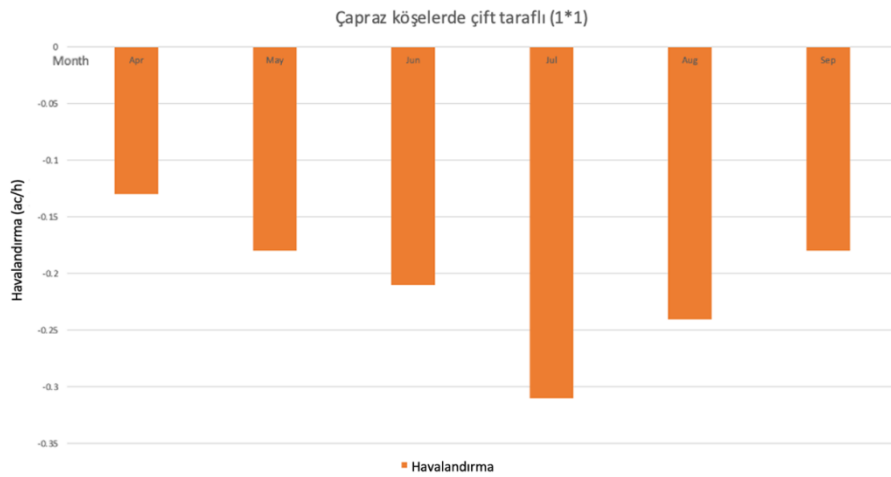


Şekil 6. 17. Çapraz köşelerde iki adet çift taraflı 1x1 Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü

Çizelge 6. 17. Binanın soğutma yükü

Çapraz köşelerde çift taraflı 1*1	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Soğutma yükü	4.03	4.38	6.08	7.79	9.23	8.38

Şekil 6.18. ve Çizelge 6.18.'ye göre, maksimum içeriye giren hava miktarının en sıcak aylarda ortalama 0.20 (ach) olduğu görülmektedir. Bu değer, ikinci senaryoya kıyasla iyi bir artış göstermektedir.



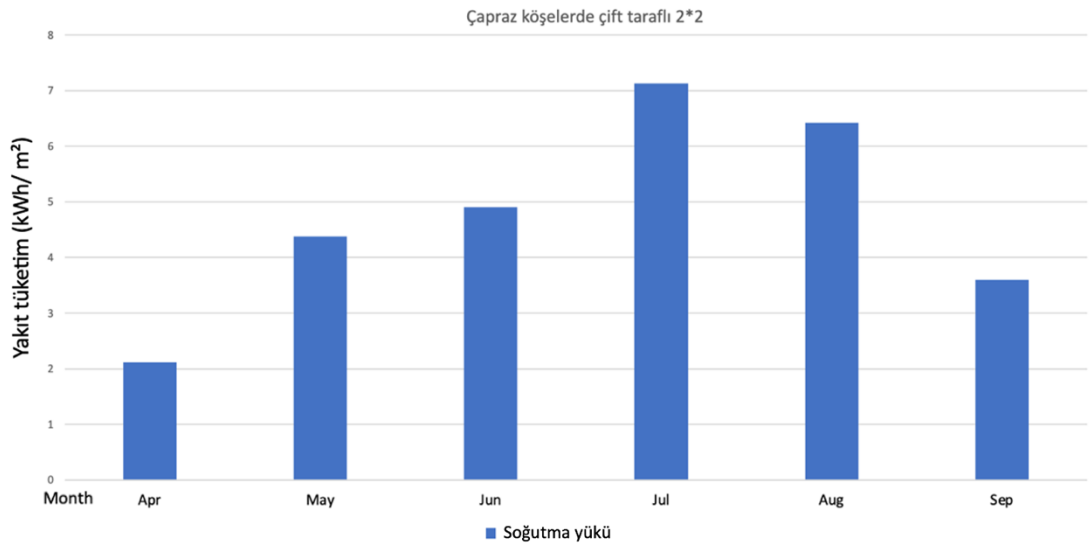
Şekil 6. 18. Çapraz köşelerde iki adet çift taraflı 1x1 Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı

Çizelge 6. 18. Binanın havalandırma aralığı

Çapraz köşelerde çift taraflı (1*1)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	-0.13	-0.18	-0.21	-0.31	-0.24	-0.18

#### 10- Çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 2x2 rüzgar bacası olan bina

Onuncu deney, aynı binada çapraz köşelere yerleştirilmiş tek taraflı 2x2 m<sup>2</sup> ve 3.5 m boyutlarına sahip iki küçük rüzgar bacasının kurulduğu bir senaryoyu içermektedir. Bu deneyde, çift taraflı rüzgar bacalarının enerji verimliliği ve bölgesel havalandırma üzerindeki etkisi incelenmektedir. Şekil 6.19 ve Çizelge 6.19'a göre yapılan analizler, bu deneyde binanın soğutulması için kullanılan enerji miktarında ve bölgesel havalandırma performansında önceki deneylere kıyasla daha fazla düşüş olduğunu göstermektedir. Bu, çift taraflı rüzgar bacalarının enerji tasarrufu ve bölgesel soğutma üzerinde diğer rüzgar bacası örneklerine göre daha belirgin bir etkiye sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu bulgular, çift taraflı 2x2 rüzgar bacalarının büyük boyutları ve optimal yerleşimleri sayesinde daha etkin bir şekilde hava sirkülasyonu sağlayarak binanın soğutma ihtiyacını azalttığını göstermektedir. Bu da enerji tasarrufu ve bölgesel soğutma performansının artmasını sağlamaktadır.

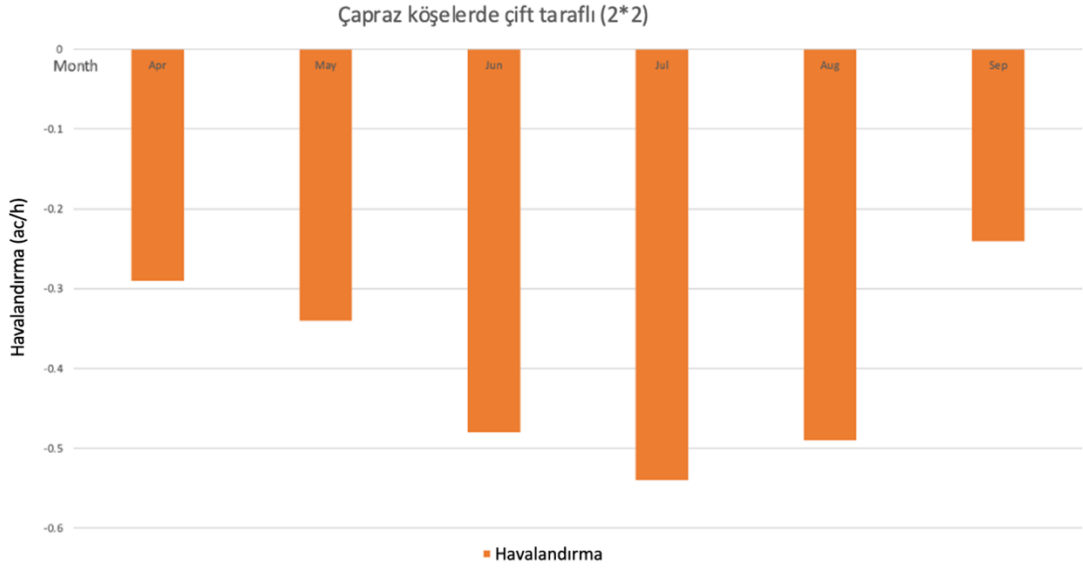


Şekil 6. 19. Çapraz köşelerde iki adet çift taraflı 2x2 Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü

Çizelge 6. 19. Binanın soğutma yükü

Çapraz köşelerde çift taraflı 2*2	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Soğutma yükü	2.11	4.37	4.9	7.13	6.42	3.6

Rüzgar bacalarının binaya entegre edilmesinin havalandırma sistemine olumlu etkileri olduğu, yapılan bütün deneylere bakılarak gözlemlenebilir. Şekil 6.20 ve Çizelge 6.20'da ölçülen verilere göre, maksimum hava giriş miktarı 6 ay boyunca ortalama olarak 0.39 (ach) olarak belirlenmiştir. Bu da rüzgar bacasından önemli miktarda hava girdiğini ve binanın havalandırma sisteminin etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, çapraz köşelere yerleştirilmiş çift taraflı 2x2 m<sup>2</sup> ve 3.5 m boyutlarına sahip rüzgar bacalarının binada etkili bir şekilde havalandırma sağladığını göstermektedir.



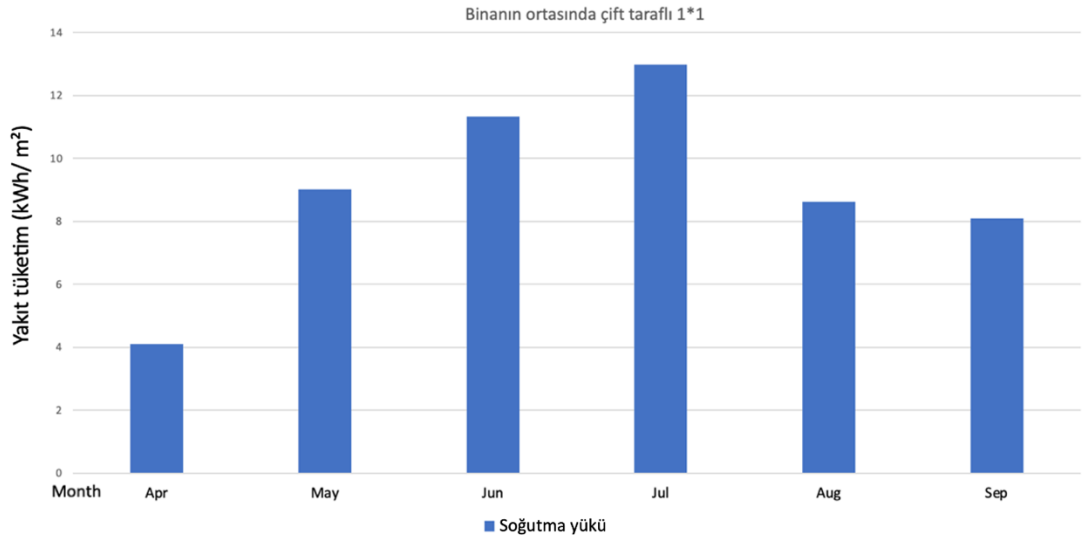
Şekil 6. 20. Çapraz köşelerde iki adet çift taraflı 2x2 Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı

Çizelge 6. 20. Binanın havalandırma aralığı

Çapraz köşelerde çift taraflı (2*2)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	-0.29	-0.34	-0.48	-0.54	-0.49	-0.24

11- Binanın ortasına yerleştirilmiş tek bir çift taraflı 1x1 rüzgar bacası olan bina

Bu deney, binanın ortasına yerleştirilmiş tek bir 1x1 m<sup>2</sup> rüzgar bacasını içermektedir. Soğutma yükü ölçümü için Şekil 6.21 ve Çizelge 6.21'den elde edilen verilere göre ve Şekil 6.3 ile karşılaştırıldığında, aynı çalışma zaman diliminde mekanik havalandırma sisteminin tükettiği enerji miktarı araştırılmıştır. Ancak, mekanik havalandırma sisteminin enerji tüketimi üzerinde belirgin bir düşüş gözlenmemiştir. Bunun nedeni, küçük boyutlarda bir rüzgar bacasının yalnızca binanın ortasına yerleştirilmiş olması ve hava sıcaklığında önemli bir düşüş sağlayamamasıdır. Bu durumda, mekanik havalandırma sistemi devreye girerek büyük miktarda mekanik enerji ve fosil yakıt tüketimi gerçekleşmektedir. Sonuç olarak, tek bir 1x1 m<sup>2</sup> rüzgar bacasının konumlandırılmasıyla binanın soğutma yükü üzerinde yeterli bir etki elde edilememiştir. Daha etkili bir enerji tasarrufu sağlamak ve mekanik havalandırma sistemlerine olan bağımlılığı azaltmak için daha optimal rüzgar bacası yerleşimi gerekmektedir.

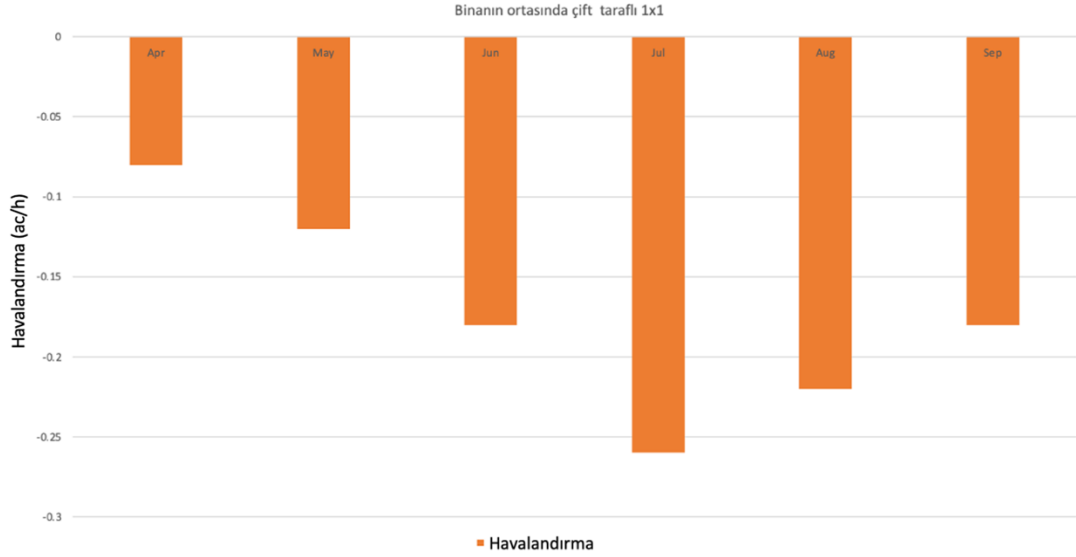


Şekil 6. 21. Binanın ortasına yerleştirilmiş tek bir çift taraflı 1x1 Rüzgar bacası olan binanın soğutma yükü

Çizelge 6. 21. Binanın soğutma yükü

Binanın ortasında çift taraflı 1*1	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Soğutma yükü	4.1	9.01	11.33	12.98	8.62	8.1

Şekil 6.22. ve Çizelge 6.22. 'ya göre, içeriye giren hava miktarı incelendiğinde, en sıcak ay olan Temmuz ayı için saatte yaklaşık 0.25 (ach) ile maksimum değere ulaştığı görülmektedir. Bu da rüzgar bacasından içeriye hava girişi olduğunu göstermektedir. Şekil 6.6'ya kıyasla büyük bir artış olmaması ve rüzgar bacasının yerleşim yerinin içeriye hava girmesi için çok önemli olmadığını gösterir.



Şekil 6. 22. Çapraz köşelerde iki adet tek taraflı 1x1 Rüzgar bacası olan binanın havalandırma aralığı

Çizelge 6. 22. Binanın havalandırma aralığı

Binanın ortasında çift taraflı 1x1	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Havalandırma	-0.08	-0.12	-0.18	-0.26	-0.22	-0.18

Yukarıdaki deneylerin simülasyonu ve veri karşılaştırması sonuçlarına göre, binada iki büyük boyutlarda rüzgar bacasının bulunması, yerleşim yerinden bağımsız bir şekilde konut sakinleri için konforun sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu sonuçlar, rüzgar bacalarının etkinliğini ve performansını vurgulamaktadır.

Ancak elde edilen sonuçların devamında, bir gün içinde değişen parametrelerin incelenmesi önemlidir. Örneğin, yılın en sıcak günlerinden biri olan 15 Temmuz gününe odaklanılarak detaylı bir değerlendirme yapılmıştır. Bu deneyin sonuçları, daha önce elde edilen verilerle karşılaştırılarak daha net ve doğru bir sonuç elde

edilmesini sağlamaktadır. Bu şekilde, rüzgar bacalarının günlük değişen koşullara nasıl tepki verdiği ve konfor düzeyini nasıl etkilediği daha ayrıntılı bir şekilde anlaşılabilir.

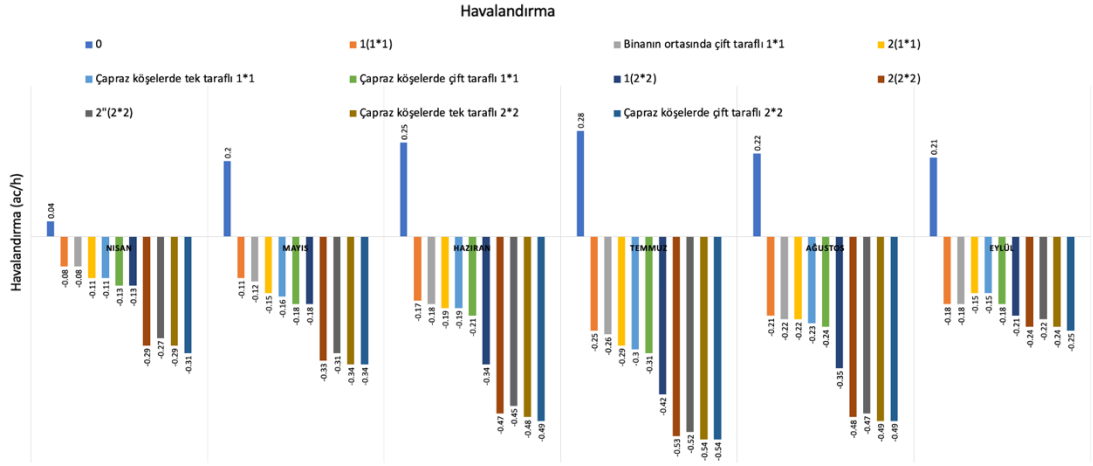
## 6.2 VERİLERİN AYLIK BAZDA ANALİZİ

İncelenen şekiller ve çizelgeler, çalışılan senaryoların altı aylık dönemde aylık olarak analiz edilmesi için bir araya getirilmektedir. Çalışılan senaryoların yaz aylarından elde edilen bilgileri aylık olarak analiz edilmektedir. Söz konusu deneyler sırasıyla 0 (örnek model), bir adet 1x1 rüzgar bacası, Binanın ortasında çift taraflı 1x1 rüzgar bacası, iki adet 1x1 rüzgar bacası, Çapraz köşelerde çift taraflı 1x1 rüzgar bacası, Çapraz köşelerde tek taraflı 1x1 rüzgar bacası, bir adet 2x2 rüzgar bacası, iki adet 2x2 rüzgar bacası ve önceki rüzgar bacasının ters yönünde yerleştirilmiş iki adet 2x2 rüzgar bacası, Çapraz köşelerde tek taraflı 1x1 rüzgar bacası ve Çapraz köşelerde tek taraflı 2x2 rüzgar bacası şeklindedir.

Şekil 6.23. ve Çizelge 6.23.'e bakıldığında, büyük rüzgar bacasının küçük rüzgar bacasına göre veriminin çok daha iyi olduğunu gözlemleyebiliyoruz. Büyük açıda bakarsak rüzgar bacaları, en sıcak aylarda tam rüzgarın yönünde olup, o aylarda rüzgar hızının yüksek olduğu sebeple içeriye giren hava artmaktadır. Bu durum, alternatif olarak bu sıcak aylarda kullanılabileceği anlamına gelir (Rüzgar bacalarının yönünü tam sıcak ayların rüzgarı için tasarlayarak havayı daha fazla miktarda içeriye alabilme kapasitesini artırabiliriz). En yüksek hava girişi miktarı 0.54'e eşittir ve Temmuz ayına karşılık gelir. Çapraz köşede yer alan iki rüzgar bacasının veriminin rüzgar yönündeki iki büyük rüzgar bacası kadar yüksek olmadığı, ama yine de çapraz köşede yer alan rüzgar bacalarının veriminin çapraz köşede olmayanlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak, çift taraflı rüzgar bacaları, tek taraflı rüzgar bacalarına göre daha iyi performans sağlamaktadır. Bunun nedeni, çift taraflı rüzgar bacalarının hava akışını çift yönlü olarak sağlayarak daha etkili bir hava sirkülasyonu yapmasıdır. Bu sayede iç mekan daha iyi bir şekilde soğutulabilir veya havalandırılabilir. Dolayısıyla, aynı boyuta sahip tek taraflı rüzgar bacalarına göre çift taraflı rüzgar bacaları, hava akışını çift yönlü tutarak daha verimli bir şekilde sıcak havayı dışarı atabilir ve serin



hava akışını içeri yönlendirebilir. Bu nedenle, çift taraflı rüzgar bacalarının, tek taraflı örneklerle göre iç mekan havalandırmada daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.



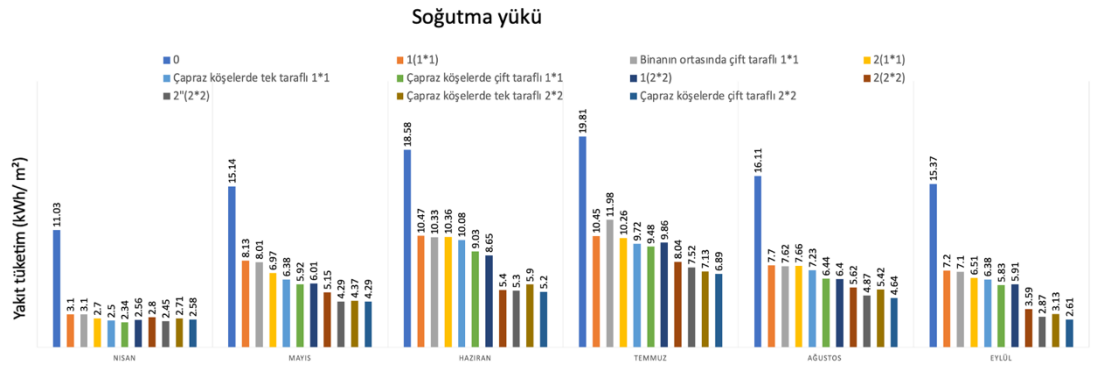
Şekil 6. 23. Binaların havalandırma verilerinin aylık bazda analizi

Çizelge 6. 23. Binaların havalandırma verilerinin aylık bazda analizi

	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
<b>0</b>	0.04	0.2	0.25	0.28	0.22	0.21
<b>1(1*1)</b>	-0.08	-0.11	-0.17	-0.25	-0.21	-0.18
<b>Binin ortasında çift taraflı 1*1</b>	-0.08	-0.12	-0.18	-0.28	-0.22	-0.18
<b>2(1*1)</b>	-0.11	-0.15	-0.19	-0.29	-0.22	-0.25
<b>Çapraz köşelerde tek taraflı 1*1</b>	-0.11	-0.16	-0.19	-0.3	-0.23	-0.15
<b>Çapraz köşelerde çift taraflı 1*1</b>	-0.13	-0.18	-0.21	-0.31	-0.24	-0.18
<b>1(2*2)</b>	-0.13	-0.18	-0.34	-0.42	-0.35	-0.11
<b>2(2*2)</b>	-0.29	-0.33	-0.47	-0.53	-0.48	-0.24

Şekil 6.24. ve çizelge 6.24. ve Şekil 6.25. ve çizelge 6.25. 'e baktığımızda ve elde edilen verilere göre, enerji tüketiminin en düşük miktarı, binada iki büyük rüzgar bacasının bulunduğu durumlarda gerçekleşmektedir. Bilgisayar simülasyon programı ve ASHRAE standartlarına göre, konut binaları için önerilen sıcaklık aralığı 68°F ila 77°F (20°C ila 25°C) arasındadır. İç hava sıcaklığı bu değeri aşarsa rüzgar bacası devre dışı bırakılır ve soğutma sistemi devreye girer. Şekil 6.25. ve çizelge 6.25'e göre, büyük boyutlarda rüzgar bacası kullanımı enerji tüketiminde azalmaya neden olabilir.

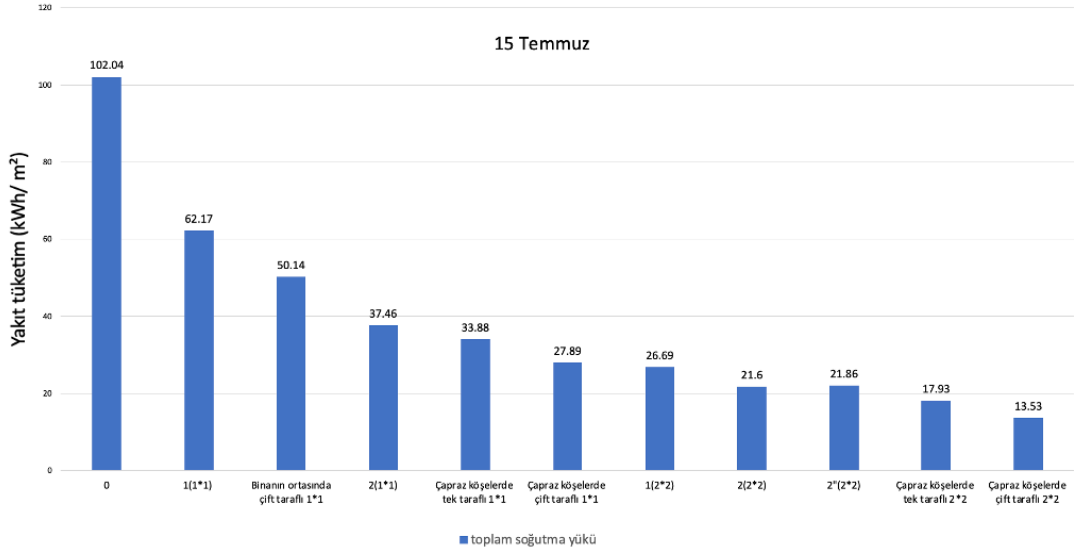
Ayrıca, çift taraflı rüzgar bacaları, hava akışını çift yönlü olarak yönlendirir. Bu şekilde, serin hava akışı içeri yönlendirilirken sıcak hava dışarı atılır. Bu etkili hava sirkülasyonu, iç mekanın daha verimli bir şekilde soğutulmasını sağlar ve bu da iklimlendirme sistemlerine olan enerji ihtiyacını azaltır. Bu nedenlerle, çift taraflı rüzgar bacaları, tek taraflı rüzgar bacalarına göre fosil ve diğer yakıt ve enerji tüketimini azaltma konusunda daha iyi performans sağlar. Bu da sürdürülebilir bir yapıda daha verimli enerji kullanımı ve çevresel etkilerin azaltılması anlamına gelir.



Şekil 6. 24. Binaların soğutma yükü verilerinin aylık bazda analizi

Çizelge 6. 24. Binaların soğutma yükü verilerinin aylık bazda analizi

	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
0	11.03	16.14	18.58	19.81	16.11	15.37
1(1*1)	3.1	8.13	10.47	10.45	7.7	7.2
Binanın ortasında çift taraflı 1*1	3.1	8.01	10.36	11.98	7.62	7.1
2(1*1)	2.7	5.97	10.08	10.26	8.66	7.51
Çapraz köşelerde tek taraflı 1*1	4.34	5.72	9.03	9.48	7.44	6.87
Çapraz köşelerde çift taraflı 1*1	4.03	5.92	8.65	9.79	7.23	6.38
1(2*2)	2.36	6.01	5.65	9.86	7.4	6.91
2(2*2)	2.8	5.15	5.4	8.04	6.62	4.59
2''(2*2)	2.45	4.29	5.3	7.52	6.87	4.87
Çapraz köşelerde tek taraflı 2*2	2.71	4.37	5.9	7.13	4.64	3.13
Çapraz köşelerde çift taraflı 2*2	2.58	4.29	5.2	6.69	4.64	2.61



Şekil 6. 25. Binaların soğutma yükü verilerinin total analizi

Çizelge 6. 25. Binaların soğutma yükü verilerinin total analizi

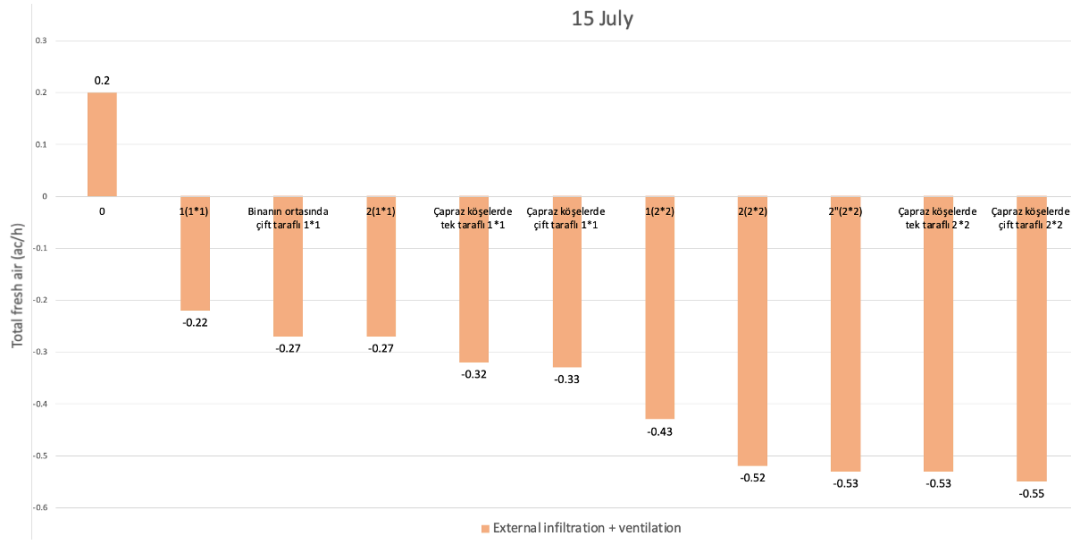
	0	1(1*1)	Binanın ortasında çift taraflı 1*1	2(1*1)	Çapraz köşelerde tek taraflı 1*1	Çapraz köşelerde çift taraflı 1*1	1(2*2)	2(2*2)	2*(2*2)	Çapraz köşelerde tek taraflı 2*2	Çapraz köşelerde çift taraflı 2*2
toplam soğutma yükü	102.04	62.17	50.14	37.46	33.88	27.89	26.69	21.6	21.86	17.93	13.53

### 6.3 VERİLERİN GÜNLÜK BAZDA ANALİZİ

Geniş bir zaman diliminde aynı binaya farklı tiplerde 3 metre toprak altına kadar uzatılan rüzgar bacaları kullanılarak bir deney gerçekleştirilmiştir. Test sonuçlarına göre, rüzgar bacalarının binanın ısı konforunu iyileştirdiği ve hava sıcaklığını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Ancak bu bölümde, parametrelerin gün içinde nasıl değiştiğini görmek için daha kısa bir zaman dilimini incelemekteyiz. Bu deney, 24 saatlik bir süre boyunca, yani bir günlük periyotta gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın tamamlanması için, daha önce belirtilen verilere göre yılın en sıcak günlerinden biri olan 15 Temmuz seçilmiştir. Ayrıca, önceki bulgulara göre bu ayda rüzgar hızının yüksek olduğu görülmüştür.

Şekil 6.26'ye bakıldığında, (2x2) boyutlarında olan rüzgar bacasının binaya giren hava oranının diğer küçük boyutlardaki rüzgar bacalarına göre çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu da daha geniş bir kesit alanına sahip olan rüzgar bacasının daha fazla hava yönlendirebileceğini göstermektedir. Çift taraflı rüzgar bacaları, dışarıdaki

rüzgarın etkisiyle iç mekana sürekli bir hava akışı sağlar. Bu, doğal havalandırmayı teşvik eder ve mekanın taze hava almasını sağlar. Hava akışını çift yönlü tutarak iç mekandaki istenmeyen hava sızıntılarını azaltır ve iyi bir sirkülasyon sağlar. Sonuç olarak, çift yönlü büyük boyutta rüzgar bacaları daha fazla taze hava girmesine ve yeterli sirkülasyon sağlanmasına olanak tanır.

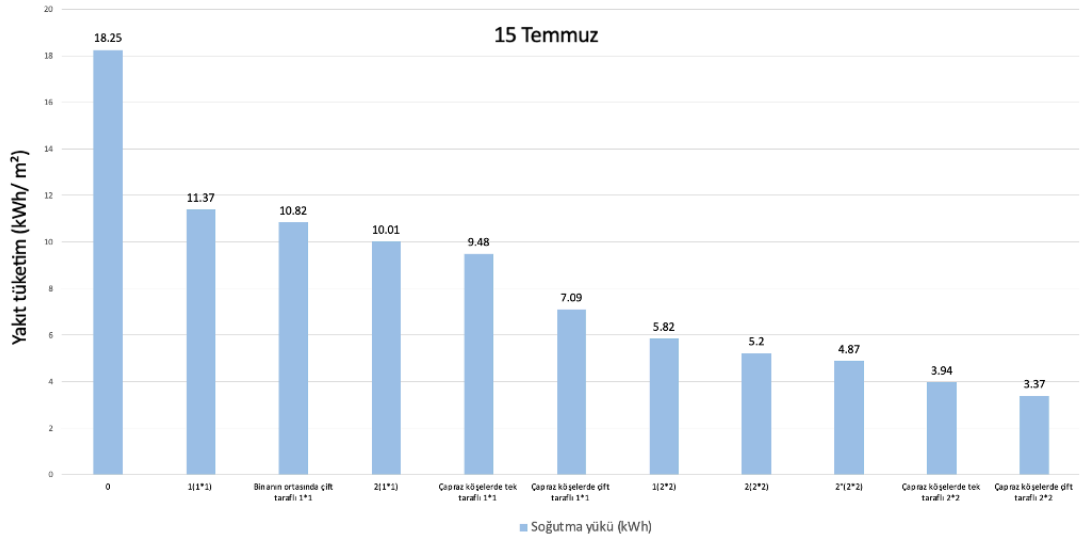


Şekil 6. 26. Binaların bir gün için havalandırmada analizi

Çizelge 6. 26. Binaların bir gün için havalandırmada analizi

15 Temmuz	0	1(1*1)	Binanın ortasında çift taraflı 1*1	2(1*1)	Çapraz köşelerde tek taraflı 1*1	Çapraz köşelerde çift taraflı 1*1	1(2*2)	2(2*2)	2''(2*2)	Çapraz köşelerde tek taraflı 2*2	Çapraz köşelerde çift taraflı 2*2
Havalandırma	0.2	-0.22	-0.27	-0.27	-0.32	-0.33	-0.43	-0.52	-0.53	-0.53	-0.55

Şekil 6.27'ye göre, 2(2x2) durumunda, yani binaya iki büyük rüzgar bacası kurulması durumunda, yeraltı sirkülasyonundan sonra hava sıcaklığı düşmektedir. Bu da soğutma yüklerini azaltarak enerji tasarrufu sağlamayı mümkün kılmaktadır. Aynı şekilde dahili soğutma sistemindeki enerji tüketimi önemli ölçüde azalmaktadır. Ancak küçük kesitli bir rüzgar bacasının içeriye rüzgar yönlendirmeme özelliği olduğu için iç mekan hava sıcaklığı ve dolayısıyla elektrik ve fosil yakıt tüketimi üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını göstermektedir. Çapraz köşelere yerleştirilmiş çift taraflı büyük boyutlarda rüzgar bacaları, elektrik tüketiminde %70 gibi önemli bir azalmaya neden olabilir. Bu da enerji tasarrufu sağlayarak çevresel etkilerin azaltılmasına ve sürdürülebilir bir yapıda daha verimli enerji kullanımına katkıda bulunabilir.



Şekil 6. 27. Binaların bir gün için soğutma yükü analizi

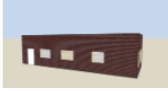




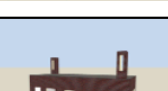





Çizelge 6. 27. Binaların bir gün için soğutma yükü analizi

15 Temmuz	0	1(1*1)	Binanın ortasında çift taraflı 1*1	2(1*1)	Çapraz köşelerde tek taraflı 1*1	Çapraz köşelerde çift taraflı 1*1	1(2*2)	2(2*2)	2*(2*2)	Çapraz köşelerde tek taraflı 2*2	Çapraz köşelerde çift taraflı 2*2
Soğutma yükü	18.25	11.37	10.82	10.01	9.48	7.09	5.82	5.2	4.87	3.94	3.37

Bu alanda yapılan araştırmaların, deneylerin ve eldeki verilerin sonuçlarına göre, sıcak ve kuru bir ortamda bir binada rüzgar bacası bulunmasının konut sakinleri için kaliteli hava yaratılmasında yararlı olduğu ve enerji tüketiminde tasarruf sağladığı görülmektedir.

Bu deneylere detaylı bir şekilde baktığımızda, tüm verileri aynı anda görebilmek için verileri örnek model (0) örneğini baz alarak yüzdesini hesapladık ve bu sonuçları bir çizelgeye yerleştirdik. çizelgede yer alan veriler, farklı boyutlarda ve farklı konumlarda bulunan rüzgar bacası modellerinin performansını göstermektedir. Bu çizelge, farklı rüzgar bacası modellerinin 0 örneğine göre Soğutma yükünün azalma oranı ve Havalandırmanın artma oranı yüzde olarak göstermektedir. Her bir modele ait yüzde oranı, verileri 0 örneğine göre ne kadar değiştiğini göstermektedir. Böylece, farklı rüzgar bacası tasarımlarının performanslarını karşılaştırmak ve en etkili tasarım seçeneklerini belirlemek için bu çizelgeden yararlanabiliriz (Çizelge 6. 28.).

Çizelge 6. 28. Rüzgar bacası modellerinin 0 örneğini baz alarak yüzde oranları

	Senaryolar	yakıt tüketiminin azalma oranı	Havalandırmanın artma oranı
	Örnek Model (0)	%0.00	%0.00
	1(1*1)	%26.73	%10.00
	Binanın ortasında çift tarafli 1*1	%29.73	%15.00
	2(1*1)	%34.14	%35.00
	Çapraz köşelerde tek tarafli 1*1	%36.95	%60.00
	Çapraz köşelerde çift tarafli 1*1	%47.91	%65.00
	1(2*2)	%57.22	%115.00
	2(2*2)	%60.55	%135.00
	2"(2*2)	%62.34	%135.00
	Çapraz köşelerde tek tarafli 2*2	%67.43	%135.00
	Çapraz köşelerde çift tarafli 2*2	%70.47	%155.00

## BÖLÜM 7

### SONUÇLAR

Çeşitli mimari elemanlar ve yapılar arasında rüzgar bacası, doğal enerjinin kullanımı açısından önemli ve ayrılmaz bir bileşendir. Bu çalışma, bu bileşenin daha derinlemesine anlaşılması için bir adım atmaktadır. Ayrıca, geleneksel rüzgar bacasının performansını anlamakla kalmayıp, bazı teknik özelliklerini değiştirerek geliştirmeyi ve yapılarımızı tam anlamıyla anlamak için katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Rüzgar bacası üzerinde yapılan çalışmalar, bu sistemin sıcak ve kuru bölgeler gibi iklim koşullarına bağlı olarak etkili bir şekilde çalışabileceğini ve yeterli doğal havalandırma ve soğutma sağlayabileceğini göstermektedir. Bu sistem, maliyetli ve verimsiz iklimlendirme sistemlerine karşı uygun bir alternatif olabilir ve mevcut ve yeni yapılar için başarıyla uygulanabilir ve adapte edilebilir.

Bu çalışma, farklı tiplerde rüzgar bacalarının aynı binaya kurulmasıyla gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre, rüzgar bacalarının binanın ısı konforunu iyileştirdiği ve hava sıcaklığını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Tüm senaryolarda kullanılan rüzgar bacaları 3.5 metre yüksekliğinde olup, yeraltına 3 metreye kadar uzanmaktadır. Rüzgar bacaları, sıcak aylarda esen hakim rüzgar yönüne doğru açılarak, ters taraftan içeride biriken sıcak havanın dışarıya atılmasını sağlamaktadır. Rüzgar bacalarının yeraltına inmesi, yeraltının sabit sıcaklık seviyesine ulaşmasını ve sıcak havanın soğumasını hedeflemektedir. Bu sayede evaporasyon işlemine ihtiyaç duyulmadan doğal havalandırma sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada, bir binaya rüzgar bacasının entegre edilmesinin havalandırma sistemi üzerinde olumlu etkileri olduğu belirtilmektedir. Rüzgar bacasının kullanımı sayesinde, bina içine bir miktar hava girişi sağlanmakta ve bu da iç ortam havasının kalitesini artırmaktadır. Ayrıca, enerji tüketimi de azalmaktadır. Soğutma sistemi bulunan bir binada gerçekleştirilen deneylerde, rüzgar bacasının enerji tasarrufu

sağladığı vurgulanmaktadır. Soğutma sistemi, iç hava sıcaklığı 25 dereceyi aştığında devreye girerek enerji tüketimini düşürmektedir. Hava sıcaklığı bu değerin altında olduğunda ise doğal havalandırma mekanizması devreye girerek ısı konforu sağlamaktadır.

Bu çalışmada, enerji verimliliği açısından belirli bir seviyede olan mevcut bir binanın değerlendirildiği ve farklı tiplerde rüzgar bacalarının aynı binaya yerleştirilmesiyle gerçekleştirilen deneylere odaklanılmıştır. Bu deneyler, iklim koşullarının bina performansını nasıl etkilediğini göstermeyi amaçlamaktadır. Özellikle sıcak ve kuru iklimlere yönelik tasarım stratejileri üzerinde durulmuş ve güneş radyasyonunu kontrol etmek için pencere alanlarının azaltılmasının önemi vurgulanmıştır. Bu sayede, gerçek hava koşullarında örnek bir binanın termal performansı ve havalandırması doğal ölçekte simüle edilerek analiz edilmiştir. Deneylerde, rüzgar bacasının yönelimine bağlı olarak hız ve hava basıncının karşılaştırılması ve ayrıca rüzgar bacasının çağdaş konut binalarının katlarında ne kadar etkili olduğunun analizi için yazılımda diyagramlar ve çizelgeler kullanılmıştır. Farklı model ve senaryolarla tasarım aşamasında yapılan karşılaştırmalar, rüzgar bacalarının kullanımının sonuçlarını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, enerji tasarrufu sağlama ve çevre dostu soğutma sistemlerinin kullanımının önemini vurgulamaktadır. Rüzgar bacasının, bina içindeki hava kalitesini iyileştirme ve enerji tasarrufu sağlama potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, bu tür sistemlerin kullanımının enerji tüketiminin azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi açısından önemli bir adım olduğu ifade edilmektedir.

Yapılan analizlere göre, on farklı senaryonun değerlendirildiği bu çalışmada, çift taraflı büyük boyutlarda olan rüzgar bacalarının (2x2) havalandırma ve enerji tasarrufu açısından en etkili yaklaşım olduğu tespit edilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen veriler, rüzgar bacalarının özellikle sıcak ve nemli iklimlerde iç mekan sıcaklığını etkili bir şekilde azaltabileceğini göstermektedir. Ayrıca, rüzgar bacalarının enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından olumlu bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Çalışmada incelenen senaryolar altı aylık dönemde aylık olarak analiz edilmiş ve veriler şekiller ve çizelgeler aracılığıyla bir araya getirilmiştir. Bu analizler sonucunda, rüzgar bacalarının iç hava sıcaklığı üzerinde büyük bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Büyük boyuttaki ve çift taraflı rüzgar bacalarının, iç mekanı daha etkili bir şekilde soğutabildiği ve enerji tüketimini azaltabildiği görülmüştür. Özellikle çapraz köşelerde yerleştirilmiş çift taraflı 2x2 rüzgar bacalarına sahip senaryoda en büyük sıcaklık düşüşü gözlenmiştir. Dolayısıyla en çok enerji tasarrufu da bu senaryoda görülmektedir. Bu senaryoda, yakıt tüketimin en sıcak 6 ayında ortalama %70'e kadar düşmektedir.

Sonuç olarak, çift taraflı büyük boyutlarda olan rüzgar bacalarının tek taraflı örneklerine göre daha iyi bir havalandırma ve enerji tasarrufu sağladığı sonucuna varılabilir. Bu tür rüzgar bacaları, iç mekan sıcaklığını daha etkili bir şekilde düşürebilmekte ve hava sirkülasyonunu çift yönlü olarak sağlayarak daha verimli bir havalandırma sağlamaktadır. Bu bulgular, çift taraflı rüzgar bacalarının kullanımını teşvik ederek enerji tasarrufu sağlama ve iç mekan havalandırmasını iyileştirme hedefleriyle uyumlu bir şekilde bina projelerinde kullanılabileceğini göstermektedir.

## GELECEKTEKİ ÇALIŞMA

Doğru bir şekilde belirtmişsiniz, rüzgar bacaları gibi doğal havalandırma sistemleri hala daha fazla araştırmayı gerektiren birçok önemli noktaya sahiptir. Gelecekteki araştırmaların potansiyeli, doğal havalandırmadan yararlanan daha sürdürülebilir ve verimli bina tasarımlarının geliştirilmesine katkıda bulunabilir.

Bilgisayar simülasyonları ve modellemeleri, rüzgar bacalarının farklı senaryolardaki performansını incelemek için değerli bir araçtır. Gelecekteki araştırmalar, performansa dayalı rüzgar bacalarının şekillerini ve tasarımlarını incelenebilir. Bu, yeni mekanik havalandırma rüzgar bacalarının geliştirilmesini ve mevcut modellerle karşılaştırılmasını içerebilir. Hem sıcak ve kuru hem de sıcak ve nemli iklim koşullarına sahip bölgelerde rüzgar bacalarının performansının incelenmesi önemlidir. Ayrıca, çift şekilde rüzgar bacalarının incelenmesi de ilgi çekici olabilir, bu durumda bir bacanın hava girişi için kullanılırken diğeri hava çıkışı için kullanılabilir. Rüzgar bacalarının, güneş bacaları veya çift kabuklu sistemler gibi diğer tasarımlarla nasıl entegre edilebileceği de araştırılabilir.

Rüzgar bacalarının yıllar içinde gelişmiş tasarım teknikleri ve malzeme bilimiyle birlikte daha verimli hale gelebileceğini unutmamak önemlidir. Gelecekteki araştırmalar, teknolojinin yardımıyla rüzgar bacalarının performansını artırmak için yeni tasarım tekniklerini ortaya çıkarabilir. Bu, daha etkili hava akışı, enerji verimliliği ve termal konfor sağlama potansiyeline sahip rüzgar bacası sistemlerinin geliştirilmesine yol açabilir. Gelecekteki araştırmalar, rüzgar bacalarının performansını artırmak ve doğal havalandırmadan maksimum fayda sağlamak için birçok ilgi çekici alanı kapsayabilir. Bu araştırmalar, daha sürdürülebilir ve enerji verimli bina tasarımlarının geliştirilmesine katkıda bulunabilir ve doğal havalandırma sistemlerinin kullanımını yaygınlaştırabilir.

## KAYNAKLAR

1. Hunt, Alistair, and Paul Watkiss. "Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature." *Climatic change* 104, no. 1 (2011): 13-49.
2. Fathy, H. "Vernacular architecture: principles and examples with reference to hot arid climates." *University of Chicago Press* (1986).
3. Roaf, Susan, and Mary Hancock. "Energy efficient building." (1992).
4. ABOUEI, REZA, FARHANG MOZAFFAR, and AMELI LEILA ZAKER. "**THE EMERGENCE OF BADGIR IN THE HOUSES OF YAZD-ARDAKAN PLAIN.**" (2012): 15-28.
5. Tavakolinia, Fereshteh. "Wind-chimney (integrating the principles of a wind-catcher and a solar-chimney to provide natural ventilation)." (2011).
6. Sojoudihassanlouei, Ladan. "Sıcak-Kuru İklim Geleneksel Konutlarında İklim Duyarlı Tasarım." (2019).
7. Moossavi, Seyed Morteza. "Passive Building Design for Hot-Arid Climate in Traditional Iranian Architecture." *GREENARCS-Green Architecture and Arts Online Magazine* (2014).
8. Heathcote, Ronald Leslie. *The arid lands: their use and abuse.* Longman, 1983.
9. Sa'iidi, Ali. "Climatic Conditions of Iran and Shortage of Water Resources." *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR) 11*, no. 41 (2002): 24-26.
10. Mohamed, Mady, and M. Mohamed. "*Investigating the environmental performance of the wind catcher in Jeddah.*" *Proceedings of Islamic Heritage Architecture and Art II* (2018): 17-19.
11. Trewartha, Glenn T., and Wilbur Zelinsky. "Population patterns in tropical Africa." *Annals of the Association of American Geographers 44*, no. 2 (1954): 135-162.
12. Avazalipour Haqiqatparast, Shokoufeh, Yazdan Taghizadeh, and Hossein Zabihi. "Designing a native pattern in arid climate to reduce energy consumption in housing sector (Case study: Yazd)." *Journal of Environmental Science and Technology 21*, no. 3 (1970): 227-236.

13. Saini, G. R., and W. J. Grant. "Long-term effects of intensive cultivation on soil quality in the potato-growing areas of New Brunswick (Canada) and Maine (USA)." *Canadian Journal of Soil Science* 60, no. 3 (1980): 421-428.
14. Avazalipour Haqiqatparast, Shokoufeh, Yazdan Taghizadeh, and Hossein Zabihi. "Designing a native pattern in arid climate to reduce energy consumption in housing sector (Case study: Yazd)." *Journal of Environmental Science and Technology* 21, no. 3 (1970): 227-236.
15. Givoni, Baruch. *Climate considerations in building and urban design*. John Wiley & Sons, 1998.
16. Mohamed, Mady AA, and Mohamed F. El-Amin. "Inward and Outward Opening Properties of One-Sided Windcatchers: Experimental and Analytical Evaluation." *Sustainability* 14, no. 7 (2022): 4048.
17. Hojati, Asma, Mahdi Saedvandi, and Enrico De Angelis. "Analysis of Performance of Three Wind-catchers for Ventilation of Contemporary Houses in Isfahan-Hot and Arid Climate-hot and dry climate of Isfahan." *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning* 11, no. 3 (2021): 16-32.
18. Givoni, Baruch. "Passive low energy cooling of buildings." John Wiley & Sons, 1994.
19. George, Philip, Mendel Trachtman, Alistair M. Brett, and Charles W. Bock. "Correlation energy contributions to reaction heats." *International Journal of Quantum Chemistry* 12, no. 1 (1977): 61-81.
20. Jalali, Masood, Mehdi Doostkamian, and Fereshte Mohammadi Bigdeli. "Analysis of the spatial structure of waves continued cooling space-time changes in recent decades." *Journal of Natural Environmental Hazards* 5, no. 10 (2017): 43-60.
21. ENTEZARI, ALIREZA, FATEMEH MAYVANEH, and Froogh Khazaenejad. "Sun, Wind and Light (Design Strategies in Consistent Architecture with Climate) Case Study: Yazd City." (2020): 223-240.
22. Internet: Maryam Nikfard., "Welcome to Yazd UNESCO's World Heritage City", <http://educationiran.com/en/Yazd/ssu/page/19186/Welcome-to-Yazd> (2016).
23. Roaf, Susan. "The windcatchers of Yazd." PhD diss., *Oxford Polytechnic*, 1988.
24. Givoni, Baruch, and Ralph F. Goldman. "Predicting heart rate response to work, environment, and clothing." *Journal of Applied Physiology* 34, no. 2 (1976): 201-204.

25. Bonine, Michael E. "Yazd and its hinterland: a central place system of dominance in the central Iranian plateau." *Yazd and its hinterland: a central place system of dominance in the Central Iranian Plateau*. 83 (1980).
26. Zarandi, M. Mahmoudi. "Natural ventilation as a solution towards sustainability in architecture." *In International Workshop on Energy Performance and Environmental Quality of Buildings, vol. 1*, no. 4. 2006.
27. Imani, Elena. "Historical and geometrical analysis of muqarnas and prospect of its reflection on today's architecture." *Master's thesis, Middle East technical university*, 2017.
28. El-Shorbagy, Abdel-moniem. "Design with nature: windcatcher as a paradigm of natural ventilation device in buildings." *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS 10*, no. 03 (2010): 26-31.
29. Parto, Shahrzad, and Kamyar Palizi. "Natural ventilation, efficient way to organize architectural space." *International Research J. Appl. Basic. Sci.* 3 (2012): 1601-1609.
30. Hughes, Ben Richard, John Kaiser Calautit, and Saud Abdul Ghani. "The development of commercial wind towers for natural ventilation: A review." *Applied energy* 92 (2012): 606-627.
31. Watson, Donald. "Climatatic design: Energy efficient building principles and practices." (1983).
32. Saranti, K. "Air moving in and through building: historical prototypes and contemporary applications." In International Workshop on Energy Performance and Environmental Quality of Buildings. Milos Island, Greece. [http://www.inive.org/members\\_area/medias/pdf/Inive/Milos2006/40\\_Saranti\\_6P.pdf](http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive/Milos2006/40_Saranti_6P.pdf) (accessed December 2011). 2006.
33. Kleiven, Tommy. Natural ventilation in buildings: architectural concepts, consequences and possibilities. *Institutt for byggekunst, historie og teknologi*, 2003.
34. Brown, G. Z., and Mark DeKay. Sun, wind, and light. New York: Wiley, 2013.
35. Halacy, Daniel, George R. Clark, Thomas Beckman, Daniel Dunham, and Daniel Ingold. "TECHNICAL PAPER# 48 UNDERSTANDING PASSIVE COOLING SYSTEMS." (1986)
36. Bouchahm, Yasmina, Fatiha Bourbia, and Azeddine Belhamri. "Performance analysis and improvement of the use of wind tower in hot dry climate." *Renewable Energy* 36, no. 3 (2011): 898-906.
37. Moossavi, Seyed Morteza. "Passive Cooling Systems for Hot-Arid Climate in Islamic Iranian Architecture." *In International Conference on Islamic Arts and Architecture 5th Edition*. (2011)

38. Zargari, Seyedeh Shabnam, and I. Ş. I. K. Bilge. "Wind Catchers and Energy Efficiency in Buildings." *A+ Arch Design International Journal of Architecture and Design* 2, no. 2.
39. Moradi, S. "Environmental control system." Ashiyan: Tehran, Iran (2005).
40. Mahyari, Ali. "The wind catcher: a passive cooling device for hot arid climate." (1996).
41. Aryan, Amirkhani, Zamani Ehsan, Saidian Amin, and Khademi Masoud. "Wind catchers: Remarkable example of Iranian sustainable architecture." *Journal of sustainable development* 3, no. 2 (2010): 89.
42. A'zami, Ahadollah. "Badgir in traditional Iranian architecture." *In International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment"*, Santorini, Greece, pp. 1021-1026. (2005).
43. Li, Liu, and Cheuk Ming Mak. "The assessment of the performance of a windcatcher system using computational fluid dynamics." *Building and environment* 42, no. 3 (2007): 1135-1141.
44. Tavassoli, Mahmoud. "Urban structure in hot arid environments." *Springer*2016 (2016).
45. Dehnavi, Mahmud, Maryam Hossein Ghadiri, Hossein Mohammadi, and Mahdiar Hossein Ghadiri. "Study of wind catchers with square plan: influence of physical parameters." *Int J Mod Eng Res (IJMER)* 2, no. 1 (2012): 559-64.
46. Zarandi, Mahnaz Mahmoudi. "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, no. 6 (2009): 668-673.
47. Bergman, David. *Sustainable Design: A Critical Guide*. Princeton Architectural Press, (2013).
48. Ghaemmaghami, P. S., and M. Mahmoudi. "Wind tower a natural cooling system in Iranian traditional architecture." *In International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment"*, p. 73. (2005).
49. Maleki, B. Ahmadkhani. "Wind catcher: passive and low energy cooling system in Iranian vernacular architecture." *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE)* 8 (2011): 130-137.
50. Lavaf Pour, Yahya. "Passive low energy architecture in hot and dry climate." *Australian Journal of basic and applied sciences* (2011).

51. Engineers, B. McCarthy Consulting. "Ahmadinezhad (translator), "Wind Towers". *In Proceeding of Passive and Low Energy Cooling in Buildings Conference*, Greece, pp. 23-29. (2005).
52. Aljofi, Egal Kkalaf. "The measures of light performance of wind catchers in hot climatic zones." **International Journal of Engineering and Technology** 8, no. 1 (2016): 45.
53. Mahmoudi, M. "wind catcher symbol of the image city in Yazd." *baghe nazar journal* 5 (2007): 97.
54. Bahadori, Mehdi N. "An improved design of wind towers for natural ventilation and passive cooling." *Solar energy* 35, no. 2 (1985): 119-129.
55. Maleki, B. Ahmadkhani. "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 (2013): 124-9.
56. Kirk, Stuart, and Maria Kolokotroni. "Windcatchers in modern UK buildings: experimental study." *International Journal of Ventilation* 3, no. 1 (2004): 67-78.
57. Olesen, Bjarne W., and Gail S. Brager. "A better way to predict comfort: The new ASHRAE standard 55-2004." (2004).
58. İran Meteoroloji Teşkilatı, (1374-1384), "Ülkenin meteorolojik yıllığı, Yazd sinoptik istasyonunun meteorolojik istatistikleri (1997-2006)" Meteoroloji Kurumu Yayınları, Tahran
59. Pérez-Lombard, Luis, José Ortiz, and Christine Pout. "A review on buildings energy consumption information." *Energy and buildings* 40, no. 3 (2008): 394-398.
60. Omer, Abdeen Mustafa. "*Energy, environment and sustainable development.*" *Renewable and sustainable energy reviews* 12, no. 9 (2008): 2265-2300.
61. Lange, Steffen, Johanna Pohl, and Tilman Santarius. "*Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand?.*" *Ecological economics* 176 (2020): 106760.
62. Dehghani-sani, Alireza R., Madjid Soltani, and Kaamran Raahemifar. "*A new design of wind tower for passive ventilation in buildings to reduce energy consumption in windy regions.*" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42 (2015): 182-195.
63. Tabrizikahou, Alireza, and Piotr Nowotarski. "Mitigating the energy consumption and the carbon emission in the building structures by optimization of the construction processes." *Energies* 14, no. 11 (2021): 3287.

64. Olesen, Bjarne W. "*Extending Our Community.*" ASHRAE Journal 59, no. 8 (2017): 14-21.
65. Persily, Andrew K., and Steven J. Emmerich. "*Indoor air quality in sustainable, energy efficient buildings.*" Hvac&R Research 18, no. 1-2 (2012): 4-20.
66. Küçüker, Selma. "*Mimari tasarım sürecinde doğal havalandırma ilkeleri.*" Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.
67. Mirlohi, Seyyed M., M. Sadeghzadeh, R. Kumar, and Mehdi Ghassemieh. "*Implementation of a zero-energy building scheme for a hot and dry climate region in Iran (a Case Study, Yazd).*" Renewable energy research and applications 1, no. 1 (2020): 65-74.
68. Momeni, Korosh, and Zohreh Masoudi. "*The relationship between culture and architecture (case study: Tehran Museum of Contemporary Art).*" Glory of Art (Jelve-y Honar) Alzahra Scientific Quarterly Journal 8, no. 1 (2016): 67-82.
69. Hernandez, Patxi, and Paul Kenny. "From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)." Energy and Buildings 42, no. 6 (2010): 815-821.
70. Amani, Nima, Abdul Amir Reza Soroush, Mostafa Moghadas Mashhad, and Keyvan Safarzadeh. "*Energy analysis for construction of a zero-energy residential building using thermal simulation in Iran.*" International Journal of Energy Sector Management 15, no. 5 (2021): 895-913.
71. Mirlohi, Seyyed M., M. Sadeghzadeh, R. Kumar, and Mehdi Ghassemieh. "*Implementation of a zero-energy building scheme for a hot and dry climate region in Iran (a Case Study, Yazd).*" Renewable energy research and applications 1, no. 1 (2020): 65-74.
72. Intenet : DesignBuilder. "Building Performance Simulation." <https://designbuilder.com/building-performance-simulation/> (2021).
73. Intenet : DesignBuilder Software Ltd. About Us. <https://designbuilder.com/about/> (2021).
74. Intenet : DesignBuilder. "DesignBuilder Overview." <https://designbuilder.com/designbuilder-overview/> (2021).
75. Intenet : DesignBuilder. User Stories. <https://designbuilder.com/user-stories/> (2021).
76. Intenet : DesignBuilder. Sustainable Design. <https://designbuilder.com/sustainable-design/> (2021).
77. Intenet : American Meteorological Society. "Glossary of meteorology". Retrieved from [https://glossary.ametsoc.org/wiki/Air\\_temperature](https://glossary.ametsoc.org/wiki/Air_temperature) (2012).



78. Geneva, Switzerland. "***International organization for standardization; 2005.***" International Organization for Standardization ISO Standard 4049 (2003): 1-4.
79. Handbook-Fundamentals, A. S. H. R. A. E. "***American society of Heating.***" Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (2009).
80. Intenet : National Oceanic and Atmospheric Administration. Glossary -- Relative humidity. Retrieved from **<https://www.weather.gov/glossary/index.php?letter=r>** (2018).
81. Intenet : U.S. Energy Information Administration. Energy use for cooling in commercial buildings. Retrieved from **<https://www.eia.gov/consumption/commercial/data/2012/cba/cfm/cooling.php>** (2020).
82. Tester, J. W., and B. J. Anderson. "Impact of enhanced geothermal systems (egs) on the united states in the 21st century." *The future of geothermal energy* (2006): 232-48.
83. Ramezani, Armin, Mohammad Vahedi Torshizi, Arash Attari, and Farhad Tabarsa. "***Generating electricity using geothermal energy in Iran.***" *Journal of Renewable Energy and Sustainable Development* (2015)
84. Intenet : Mahdavinejad, M. and Vahdati, R.A. "***Natural Ventilation in Iranian Traditional Architecture and Contemporary Developments.***" *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 11, no. 2 (2012): 335-342.
85. Tommerup, H., Jørgen Rose, and Svend Svendsen. "Energy-efficient houses built according to the energy performance requirements introduced in Denmark in 2006." *Energy and Buildings* 39, no. 10 (2007): 1123-1130.

## ÖZGEÇMİŞ

Samira IMANI 2002 yılında Azad Tabriz Üniversitesi Matematik Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. Ardından 2011 yılında Azad Heris Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde tekrar lisans eğitimine başladı. Mimarlıkta Master yapmak için Türkiye Karabük üniversitesinde eğitimine devam etti.

### Yayınlanan Makaleler

Imani, Elena, and Samira Imani. "Brutalism: as a preferred style for institutional buildings in modern architecture period." E3S Web of Conferences. Vol. 231. EDP Sciences, 2021.