

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KIYI KENTLERİNDE KENTSEL VE YAPISAL ÖLÇEKTE TASARIMDA
RÜZGÂR ENTEGRASYONUNA İLİŞKİN BÜTÜNCÜL BİR MODEL ÖNERİSİ:
ANTALYA ÖRNEĞİ**

Gamze KIRAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

AĞUSTOS 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KIYI KENTLERİNDE KENTSEL VE YAPISAL ÖLÇEKTE TASARIMDA
RÜZGÂR ENTEGRASYONUNA İLİŞKİN BÜTÜNCÜL BİR MODEL ÖNERİSİ:
ANTALYA ÖRNEĞİ**

Gamze KIRAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

AĞUSTOS 2024

ANTALYA

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

**KIYI KENTLERİNDE KENTSEL VE YAPISAL ÖLÇEKTE TASARIMDA
RÜZGÂR ENTEGRASYONUNA İLİŞKİN BÜTÜNCÜL BİR MODEL ÖNERİSİ:
ANTALYA ÖRNEĞİ**

**Gamze KIRAN
MİMARLIK
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**Bu tez
Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (B.A.P.)
tarafından 6004 numaralı proje ile desteklenmiştir.**

AĞUSTOS 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KIYI KENTLERİNDE KENTSEL VE YAPISAL ÖLÇEKTE TASARIMDA
RÜZGÂR ENTEGRASYONUNA İLİŞKİN BÜTÜNCÜL BİR MODEL ÖNERİSİ:
ANTALYA ÖRNEĞİ**

Gamze KIRAN

MİMARLIK

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 07/08/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İlknur AKINER (Danışman)	[imza]
Prof. Dr. Hacer MUTLU DANACI	[imza]
Prof. Dr. Sıdıka ÇETİN	[imza]
Prof. Dr. Fatih CANAN	[imza]
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BAKIR	[imza]

ÖZET

KIYI KENTLERİNDE KENTSEL VE YAPISAL ÖLÇEKTE TASARIMDA RÜZGÂR ENTEGRASYONUNA İLİŞKİN BÜTÜNCÜL BİR MODEL ÖNERİSİ: ANTALYA ÖRNEĞİ

Gamze KIRAN

Doktora Tezi, Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İlknur AKINER

Ağustos 2024; 99 sayfa

Kent dokusu içerisinde var olan bir yapı onu çevreleyen geometriden bağımsız düşünülemez. Dolayısıyla kentsel ölçekte tasarım kriterlerini belirleyen kararlar aynı zamanda yapı tasarım kararlarını da etkilemektedir. Yapı ve kent arasındaki ikili ve karmaşık ilişki kent havalandırmasında hem önemli hem de zorlu bir etmendir. Özellikle Akdeniz iklim tipinin hâkim olduğu nemli-sıcak bölgelerde yaz dönemlerinde rüzgâr istenilen bir iklim elemanıdır. Fakat yeterli rüzgâr akışının sağlanması ancak kent yapılanmasının buna imkân vermesiyle mümkün olmaktadır. Kentlerde termal konfor, hava kirliliği ve enerji kullanımı gibi konularda daha sürdürülebilir bir yaşamın gerçekleşmesi için mümkün olduğunca doğal havalandırma koşulları iyileştirilmelidir.

Bu motivasyonla yola çıkılan çalışmada, sıcak-nemli iklim bölgesinde optimum havalandırma koşullarının sağlanması için kentsel geometriye ilişkin gerekli tasarım stratejilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Antalya kentinin farklı yerleşim karakterlerine ait bölgelerinden çalışma alanları seçmiş ve bu alanların rüzgâr koşulları değerlendirilmiştir. Bina kesir yüzey, yüzey pürüzlülüğü ve kanyon oranlarının değerlerine göre sınıflandırılan 400x400 m sınırlarına sahip sekiz adet örneklem alanı belirlenmiştir. Bu bölgelerin rüzgâr ortamlarının ortaya koyulması ve karşılıklı değerlendirmelerin yapılmasında matematiksel hesaplama yöntemleri tercih edilmiştir. Bu yöntem hem zaman açısından hem de ekonomik açıdan daha faydalı sonuçlar sağlamaktadır. Seçilen kentsel alanların 3 boyutlu kütle modelleri oluşturulduktan sonra Hesaplamalı-Akışkanlar-Dinamiği analizleri için ANSYS 2020 Fluent programında simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçlarında farklı kent dokularına ait rüzgâr hareketlerinin değerlendirilmesi için belirlenen ölçüm noktalarındaki değerlendirilmesinde korelasyon matrisi ve regresyon analizi kullanılmıştır.

Örneklem alanları yapı yoğunluğu, yüzey pürüzlülüğü, kentsel boşluklar ve sokak düzenleri başlıkları altında değerlendirilmiştir. İki adet ölçüm noktası sınırı belirlenmiştir. İlki 100x100 metre sınırları içerisindeki merkez ölçüm noktaları diğeri de tüm örneklem alanı sınırları içerisindeki sokak ölçüm noktalarıdır. Yapı yoğunluğu merkez bölgedeki rüzgâr hızlarının değerlendirilmesinde rüzgâr hızına etki eden önemli etmenlerden birisi olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle merkez bölgedeki rüzgâr hızının değerlendirilmesinde yapı yoğunluğunun hesaplandığı sınırlar rüzgâr hızı ve yapı yoğunluğu arasındaki ilişkiyi etkilemektedir. Merkez bölgedeki ölçüm noktalarından elde edilen veriler ile yapılan korelasyon analizinde merkez bölge V_r değerlerinin örneklem alanlarının sahip olduğu toplam yapı yoğunluğu (Y_{toplam}) ile ilişkisi -0,70 (yüksek düzey)

çıkarken, merkez bölgenin yapı yoğunluğu (Y_{merkez}) ile ilişkisi -0,54 (orta düzey) çıkmıştır.

Sokaklara ait ölçüm noktalarından elde edilen verilerin hem korelasyon matrisinde hem de regresyon analizlerinde rüzgâr hızını etkileyen en önemli faktörün sokakların hâkim rüzgâr ile yaptıkları açı olduğu ortaya koyulmuştur. Rüzgâr açısı korelasyon matrisindeki -0.53 ile en yüksek değere sahip iken regresyon analizinde de önem değeri en yüksek parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. İkincisi ise sokaklara ait H/W oranıdır. Bu durumda sokak düzenleri havalandırma koşullarını etkileyen en önemli parametre olduğu ortaya koyulmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: Antalya, CFD (Computational Fluid Dynamics/ Hesaplamalı akışkanlar dinamiği), Kentsel havalandırma, Sıcak-nemli iklim, Yerel iklim bölgesi (YİB)

JÜRİ: Prof. Dr. İlknur AKINER

Prof. Dr. Hacer MUTLU DANACI

Prof. Dr. Sıdika ÇETİN

Prof. Dr. Fatih CANAN

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BAKIR

ABSTRACT

A COMPREHENSIVE MODEL PROPOSAL FOR WIND INTEGRATION IN URBAN AND STRUCTURAL DESIGN IN COASTAL CITIES: A CASE STUDY OF ANTALYA

Gamze KIRAN

PhD Thesis in ARCHITECTURE

Supervisor: Prof. Dr. İlknur AKINER

August 2024; 99 pages

The texture of a city cannot be thought of independently from the surrounding geometry. Hence, decisions determining the design criteria at an urban scale also affect architectural design decisions. The dual and complex relationship between buildings and cities is a crucial and challenging factor in urban ventilation. Particularly in regions dominated by the Mediterranean climate, characterized by humid-hot conditions, wind becomes a desired climatic element during summer. However, ensuring sufficient airflow depends on the urban structure permitting it.

Enhancing natural ventilation conditions is essential for achieving a more sustainable living environment in cities, addressing issues such as thermal comfort, air pollution, and energy use. With this motivation, this study aims to identify necessary design strategies related to urban geometry to achieve optimal ventilation conditions in a hot-humid climate region. Areas within different settlement characters of Antalya city were selected as study areas, and their wind conditions were evaluated.

Eight sample areas were classified based on building fraction area, surface roughness, and canyon aspect ratio within 400x400 m boundaries. Mathematical calculation methods were preferred for revealing wind environments and conducting mutual assessments. After creating 3D mass models of selected urban areas, simulations were performed using Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis in ANSYS 2020 Fluent software. Correlation matrix and regression analysis were employed to evaluate wind movements in different urban textures at designated measurement points.

Sample areas were evaluated under categories of building density, surface roughness, urban voids, and street layouts. Two measurement point boundaries were established: central measurement points within 100x100 meter boundaries and street measurement points within the entire sample area boundaries. Building density emerged as a significant factor influencing wind speeds in the central region evaluation. In correlation analysis of data from central region measurement points, the relationship between central region wind speed (V_r) values and total building density (Y_{total}) was found to be -0.70 (high level), while the relationship with central region building density ($Y_{central}$) was -0.54 (moderate level).

Data from street measurement points revealed that the dominant factor influencing wind speed in both correlation matrix and regression analyses was the angle of streets

concerning prevailing winds. Wind angle showed the highest correlation value of -0.53 and emerged as the most significant parameter in regression analysis. The second most influential factor was the aspect ratio of streets (H/W). In conclusion, street layouts were identified as the most critical parameter affecting ventilation conditions, underscoring their pivotal role in shaping urban wind dynamics.

KEYWORDS: Antalya, Computational fluid dynamics (CFD), Urban ventilation, Hot-Humid climate, Local climate zone (LCZ)

COMMITTEE: Prof. Dr. İlknur AKINER

Prof. Dr. Hacer MUTLU DANACI

Prof. Dr. Sıdıka ÇETİN

Prof. Dr. Fatih CANAN

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BAKIR

ÖNSÖZ

Bu tezin tamamlanmasında her zaman yanımda olan iki önemli insana teşekkürden daha fazlasını borçluyum. Çalışmam boyunca tüm zorlu dönemlerimde emeğini, desteğini ve sevgisini hiç esirgemeyen sevgili danışman hocam İlknur AKİNER'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Doktora süreci boyunca her türlü problemimi çözen, bana olan inancını kaybetmeyen ve manevi desteğini hiç esirgemeyen sevgili eşim, Taha Yiğit ALKAN'a sonsuz teşekkürler.

Değerli görüşleri ve önerileri ile tezime yön veren tez izleme komitesi hocalarım Prof. Dr. Fatih CANAN ve Prof. Dr. Hacer MUTLU DANACI hocama, fikirleri ile çalışmamın gelişmesini sağlayan hocalarım Prof.Dr. Sıdika ÇETİN ve Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BAKIR hocama teşekkür ederim. Bu uzun süreçte benimle birlikte olan ve motivasyon veren aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	iii
AKADEMİK BEYAN	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	8
2.1. Yapılı Çevrede Rüzgâr Ortamı.....	8
2.1. 1. Rüzgâra ilişkin genel prensipler.....	8
2.1. 2. Rüzgâr yapı etkileşimleri	9
2.1. 3. Rüzgâra konfor kriterleri.....	11
2.2. Tasarımda Rüzgâr Potansiyelleri.....	12
2.2.1. Hava kirliliği	12
2.2.2. Enerji tüketimi.....	14
2.2.3. Termal konfor.....	16
2.3. Makro Ölçekte Pasif Havalandırma Parametreleri.....	18
2.3.1. Yüzey pürüzlülüğü	18
2.3.2. Yerleşim dokusu.....	20
2.3. Kentsel boşluklar.....	20
2.3.4. Sokak düzenleri	21
2.3.4.1. sokak kanyonları karakteristik özellikleri	21
2.3.4.2. sokak kanyonları rüzgâr akış rejimi	22
2.4. Sınıflandırma Konsepti.....	24
3. MATERYAL VE METOT	28
3.1. Çalışma Alanı	28
3.1.1. Çalışma alanı genel özellikleri.....	28
3.1.2. İklim özellikleri	33
3.1.3. Çalışma alanları	34
3.1.3.1. örneklem-1: Memurevleri mahallesi.....	36

3.1.3.2. örneklem-2: Kılınçarslan mahallesi	37
3.1.3.3. örneklem-3: Uluç mahallesi	37
3.1.3.4. örneklem-4: Altinkum mahallesi.....	40
3.1.3.5. örneklem-5: Liman mahallesi	40
3.1.3.6. örneklem-6: Fener mahallesi-1	43
3.1.3.7. örneklem-7: Fener mahallesi-2	43
3.1.3.8. örneklem-8: Tolunay mahallesi.....	46
3.2. Çalışma Alanı Analiz Metodu	50
3.3. Analiz Değerlendirme Metodu	50
3.4. Doğrulama Simülasyonu	51
3.5. Çalışma Alanı Simülasyonları	58
3.5.1. Model girdileri	58
3.5.2. Ölçüm noktalarının ve ölçüm parametrelerinin belirlenmesi	59
3.5.3. CFD modellerinin oluşturulması	62
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	63
4.1. Örneklem Alanlarının Değerlendirilmesi	63
4.1.1. Örneklem-1: Memurevleri mahallesi	63
4.1.2. Örneklem-2: Kılınçarslan mahallesi	65
4.1.3. Örneklem-3: Uluç mahallesi	67
4.1.4. Örneklem-4: Altinkum mahallesi	69
4.1.5. Örneklem-5: Liman mahallesi	71
4.1.6. Örneklem-6: Fener mahallesi-1	73
4.1.7. Örneklem-7: Fener mahallesi-2	75
4.1.8. Örneklem-8: Tolunay mahallesi	77
4.2. Örneklem Alanlarının Karşılaştırılması	79
4.2.1. Yerleşim dokusu	79
4.2.2. Pürüzlülük yüzeyi	81
4.2.3. Kentsel boşluk	83
4.2.4. Sokak düzenleri	83
4.3. Analizlerin Değerlendirilmesi	84
4.4. Bölüm Sonu Özeti	85
5. SONUÇLAR	90

6. KAYNAKLAR	93
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Kıyı Kentlerinde Kentsel ve Yapısal Ölçekte Tasarımda Rüzgâr Entegrasyonuna İlişkin Bütüncül Bir Model Önerisi: Antalya Örneği” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

...../...../2024

Gamze KIRAN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a : güç yasası katsayısı / power of law exponent

ε : türbülans yitimi

H : yapı yüksekliği

$H_{\max}$: maksimum yapı yüksekliği

H_{ortalama} : ortalama yapı yüksekliği

H/W : Kanyon oranı

k : türbülans kinetik enerji

K : von Karman sabiti

m : metre

mm : milimetre

m/s : metre/saniye

Pa : paskal basınç birimi

u_{ABL}^* : atmosferik sınır tabakasının sürtünme hızı

U_r : referans yüksekliğindeki hızı

U_z : z yüksekliğindeki ortalama hız profilini

V_{ilk} : Serbest akış hızı

V_r : Rüzgâr hız oranı

V_{son} : Yaya seviyesi rüzgâr hızı

z_r : referans yüksekliği

z_0 : aerodinamik pürüzlülük uzunluğu

z : yerden yükseklik

Kısaltmalar

ABL : Atmospheric Boundary Layer (Atmosferik Sınır Tabakası)

AIJ : Architectural Institute of Japan (Japonya Mimarlık Enstitüsü)

AVA : Air Ventilation Assessment

CFD : Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)

LES : Large Eddy Simulation

RANS : Reynolds-Averaged Navier-Stokes

RNG : Re-Normalisation Group

TKE : Türbülans Kinetik Enerji

UDF : User-Defined Function

YİB : Yerel İklim Bölgesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tez akış diyagramı	5
Şekil 2.1. Meltem rüzgarlarına ilişkin görseller.....	8
Şekil 2.2. Bina çevresinde meydana gelen girdap etkisi.....	9
Şekil 2.3. Bina gruplarının meydana getirdiği kümülatif etki	10
Şekil 2.4. Bina gruplarının meydana getirdiği kanal etkisi.....	10
Şekil 2.5. Bina gruplarının meydana getirdiği venturi etkisi	11
Şekil 2.6. 2019 yılı illere göre hava kalitesi haritası.....	13
Şekil 2.7. Hava kirliliği, kent formu ve rüzgâr ilişkisi.....	14
Şekil 2.8. Ülkemizde enerjinin sektörlere göre dağılım grafiği.....	15
Şekil 2.9. Enerji tüketimi, kentsel form ve rüzgâr ilişkisi	16
Şekil 2.10. ASHRAE 55 parametrelerini kullanan termal konfor tablosu.....	17
Şekil 2.11. Termal konfor, kentsel form ve rüzgâr ilişkisi	18
Şekil 2.12. Kanyon geometrisi parametreleri	21
Şekil 2.13. Adım-yukarı (Step-up) ve Adım-aşağı (step-down) kanyon gösterimi.	22
Şekil 2.14. Binalarda rüzgâr-altı ve rüzgâr-üstü gösterimi	23
Şekil 2.15. Farklı kanyon geometrilerinde rüzgâr akış rejimi	23
Şekil 3.1. Antalya kenti gelişim dönemleri.....	29
Şekil 3.2. Yerleşim tipolojileri sınıflandırma şeması.....	32
Şekil 3.3. Köppen-Geiger iklim sınıflandırması	33
Şekil 3.4. Antalya 2000-2024 yılları arası hâkim rüzgâr yönünün yüzdelik dağılımı....	34
Şekil 3.5. Örneklem alanlarının kent içindeki gösterimi	35
Şekil 3.6. YİB parametrelerinin hesaplanmasına dair şematik gösterimler.....	36
Şekil 3.7. Örneklem-1 Memurevleri mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi.....	38
Şekil 3.8. Örneklem-2 Kılınçarslan mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi.....	39

Şekil 3.9. Örneklem-3 Uluç mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi.....	41
Şekil 3.10. Örneklem-4 Altinkum mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi.....	42
Şekil 3.11. Örneklem-5 Liman mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi.....	44
Şekil 3.12. Örneklem-6 Fener-1 mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi.....	45
Şekil 3.13. Örneklem-7 Fener-2 mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi.....	47
Şekil 3.14. Örneklem-8 Tolunay mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi.....	48
Şekil 3.15. Seçilen örneklem alanlarının tümü	49
Şekil 3.16. Case-C yapı bloklarının yerleşimi	52
Şekil 3.17. Mesh yapılmış örnek model görseli	53
Şekil 3.18. Case-C model geometrisi ve sınır koşullarının gösterimi	54
Şekil 3.19. Case-C sapma değerlerinin ölçüm noktalarına göre karşılaştırılması	57
Şekil 3.20. Sapma değerlerinin mevcut değerler ile karşılaştırılması.....	58
Şekil 3.21. Ölçüm noktalarının numaralandırılması	60
Şekil 3.22. Analizler için oluşturulan örnek veri tablosu gösterimi	62
Şekil 3.23. Simülasyon geometrisi rüzgâr akış bölgeleri.....	62
Şekil 4.1. Örneklem-1 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu	63
Şekil 4.2. Örneklem-1 rüzgâr haritası	64
Şekil 4.3. Örneklem-1 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği	64
Şekil 4.4. Örneklem-2 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu	65
Şekil 4.5. Örneklem-2 rüzgâr haritası	66
Şekil 4.6. Örneklem-2 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği	66
Şekil 4.7. Örneklem-3 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu	67
Şekil 4.8. Örneklem-3 rüzgâr haritası	68

Şekil 4.9. Örneklem-3 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği	68
Şekil 4.10. Örneklem-4 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu	69
Şekil 4.11. Örneklem-4 rüzgâr haritası	70
Şekil 4.12. Örneklem-4 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği	70
Şekil 4.13. Örneklem-5 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu	71
Şekil 4.14. Örneklem-5 rüzgâr haritası	72
Şekil 4.15. Örneklem-5 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği	72
Şekil 4.16. Örneklem-6 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu	73
Şekil 4.17. Örneklem-6 rüzgâr haritası	74
Şekil 4.18. Örneklem-6 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği	74
Şekil 4.19. Örneklem-7 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu	75
Şekil 4.20. Örneklem-7 rüzgâr haritası	76
Şekil 4.21. Örneklem-7 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği	76
Şekil 4.22. Örneklem-8 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu	77
Şekil 4.23. Örneklem-8 rüzgâr haritası	78
Şekil 4.24. Örneklem-8 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği	78
Şekil 4.25. Örneklem alanları merkez bölge ortalama V_r değerleri	79
Şekil 4.26. Örneklem alanları merkez bölge ortalama V_r değerleri ve $H_{ortalama}$ arasındaki korelasyona ilişkin dağılım grafiği.....	82
Şekil 4.27. Değişkenler arasındaki korelasyon matrisi	86
Şekil 4.28. Regresyon analizi dağılım grafiği	87
Şekil 4.29. Parametrelerin önem değeri grafiği	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Beaufort rüzgâr skalası	10
Çizelge 2.2. Davenport rüzgâr sınıflandırması ve YİB karşılıkları	17
Çizelge 2.3. Yerel iklim bölgelerinin tanımları	23
Çizelge 2.4. YİB sınıflandırma parametreleri.....	26
Çizelge 3.1. CFD modeli için tezde kabul edilen sınır koşullar	53
Çizelge 3.2. Kentsel boşluk sınıflandırma tablosu	60



1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun giderek artmasının bir sonucu olarak yeryüzündeki doğal alanlarda yapılaşma alanları büyümektedir. Milyonlarca insanın bir arada yaşadığı yüksek yapılaşma yoğunluğuna sahip metropol kentler günümüzde birçok problemle savaşılmaktadır. Bunlardan biri de kent havasıdır. Kent havasını etkileyen birçok etmen bulunur. Nüfusla birlikte artan yapı yoğunluğu, taşıt sayısının artmasıyla oluşan trafik, yapı alanları için azaltılan yeşil alanlar gibi akla ilk gelen problemler kentin havasını etkileyen önemli parametrelerdir. Bu tür değişimler kent merkezlerinin çevrelerinden daha farklı iklimsel özellikler göstermelerine neden olur. 1881 yılında Howard yaptığı çalışmada, Londra'nın iklimini değerlendirmiş ve "kent iklimi" kavramını literatüre kazandırmıştır (Howard 2012). Kent iklimi, kentin sahip olduğu yapısal formdan ve kentsel etmenlerden kaynaklı çevresinden farklı iklim özellikleri göstermesidir. Başlangıç diyebileceğimiz bu çalışma sonrasında kentsel iklim konusu daha yaygınlaşmış ve araştırmacılar için önemli bir konu haline gelmiştir. Yapılan çalışmalarda kentin mikro-klimasına yönelik, rüzgâr, nem, güneş gibi iklim elemanlarının kent morfolojisi ve yapılaşma ile olan ilişkileri ortaya koyulmaya çalışılmaktadır.

Kent ikliminde etkili olan rüzgâr ise antik zamanlardan bu yana kent kurulumundan itibaren dikkate alınan bir eleman olmuştur. Antik çağda rüzgâra dayalı kentsel ve yapısal tasarım örnekleri var olduğundan, rüzgârla planlamanın tarihi insanlık tarihinin çok eski zamanlarına kadar uzanmaktadır. Hâkim rüzgârın köşelere çarpma kuvvetinin artması için konut bloklarının hâkim rüzgârla 45° açı oluşturacak şekilde yönlendirilmesi gerektiği Vitruvius'un (M.Ö. 75-26) eserlerinde yer almaktadır (Vitruvius 2005). Rüzgârın kentsel doku ve termal konfor düzeyi ile ilişkisine değinen günümüz bilimsel çalışmaların temeli ise 1960'lara uzanmaktadır (Hutchinson 1978).

Geleneksel kentlerde yapılaşmanın sınırlarının olması bu küçük kentlerde iklimsel sorunların oluşmasını geciktirmiştir. Geleneksel yapıların inşasının uzun sürmesi ve kimi zaman tek bir konutu birden fazla ailenin kullanması, geleneksel kentlerin büyüme hızını etkilemiştir. Yapıların dikeyde büyümelerinin sınırlı olması da günümüzdeki problemlere sahip olmalarını engellemiştir. Fakat sanayi devrimi ile yapı üretiminin hızlanması, yapı üretim imkanlarının gelişmesi kent yapılaşmasında ani patlamalara neden olmuştur. Bu hız kentlerde plansız büyümeye neden olarak birçok kentsel sorunun temelinde yer almaktadır. Günümüz mega kentleri büyük gökdelenleri, otobanları, yoğun trafiği, ağır sanayi üretimi ve artan nüfuslarıyla kent ve kent yaşamını etkilediği gibi doğal kaynakları ve doğayı da etkilemektedir.

Ülkemizin birçok kentinde megapol kentlerdeki gibi ciddi sorunlar yaşanmamaktadır. Fakat pasif iklimlendirme parametrelerinin göz ardı edildiği bir plansız kentleşme nedeniyle yaşanmaması garanti değildir. Tez çalışması kapsamında kentsel planlamadan kaynaklı mevcut pasif iklimlendirme problemlerinin örneklem üzerinden ortaya konulmasının yanı sıra iklimden kaynaklı mevcut kentsel problemlerin henüz oluşmadığı gelişmekte olan ülkelerdeki kentler için problemlerin ortaya çıkmasını engelleyecek ve kent iklimine, kent havasına, kentin biyoklimatik konforuna olumlu katkılar sağlayacak sonuçların ortaya konulması hedeflenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde benzer sorunların önüne geçilmesi adına kentlerin sahip oldukları iklimsel özelliklerin kentsel ve mimari planlamada daha verimli kullanılmasına odaklanılmıştır.

Kentin daha iyi hava koşullarına sahip olması kenti meydana getiren yapılardan ayrı düşünülemez. Bu doğrultuda mimari planlama ve kent planlama birlikte ele alınmalıdır. Karşılıklı etkileşimin farkındalığı ile bütüncül bir planlama ve tasarım için öncelikli olarak kent ölçeğinde planlama gerekmektedir. Çünkü her yapı pasif iklimlendirme kapsamında içinde bulunduğu çevreyi etkilediği gibi çevreden de etkilenmektedir. Bu yüzden çalışmanın ölçeği büyük tutularak öncelikle kent ölçeğinde neler yapılması gerektiği sorgulanmaktadır. Çalışma alanı olarak Antalya ili seçilmiştir. Antalya sıcak-nemli iklimi, denize kıyısı, yüksek dağları gibi rüzgâr hareketlerini etkileyen topoğrafik özelliklerinin yanında turizm bölgesi olması nedeniyle kıyı boyunca yapılan yeni yerleşim yerleri ile sürekli büyüyen bir kent gelişimi göstermektedir.

Kente dair birden fazla problemin bir araya gelmesi ve bunlara ilişkin sorulan sorular tezin çıkış noktasını oluşturmuştur. Bu problemlerden birkaçı aşağıdaki gibidir;

- Kentin farklı bölgelerinde bulunan yapılar arasında havalandırma koşullarında farklılıklar olması ve kimi bölgelerde havalandırmanın yetersiz kalması,
- Sıcak-nemli iklim bölgelerinde yetersiz havalandırmanın hem termal konfor hem de enerji kullanımındaki olumsuz etkisi.

Bu problemler tezin birincil sorusunu ortaya koymaktadır.

- Sıcak-nemli iklim bölgelerinde optimum havalandırma koşulları için nasıl bir yapılaşma yaklaşımı tercih edilmelidir?

Tez çalışmasında bu sorunun cevabını verebilmek için birden fazla alt-soru da yer almakta ve tez kapsamında bu sorulara cevap aranmaktadır.

- Yapı yüksekliğinin fazla olduğu bölgeler ile düşük olduğu bölgeler arasında havalandırma koşulları bakımından nasıl farklılıklar vardır?
- Yapı yoğunluğunun ve yerleşim düzeninin havalandırma potansiyeli üzerindeki etkisi nedir?
- Kentsel boşluklar havalandırma potansiyelini arttırmakta mıdır?
- Sokak genişlikleri, yönelimleri vb. faktörler havalandırma koşullarını nasıl etkiler?

Tüm bu problem ve soruların doğrultusunda çalışmanın çıkış noktası, iklimsel olarak sürdürülebilir bir yapı tasarımı gerçekleştirmenin ancak kentin-yapının çevresinin-buna imkân verebildiği ölçüde mümkün olması fikrinden gelişmiştir. Bu doğrultuda bir yapının çevresi optimum havalandırma için uygun şartları sağlamıyor ise yapı sürdürülebilir tasarım kriterlerine uygun olsa dahi çevre koşullarının yapı verimliliğine etkisi olumsuz yönde olacaktır. Tez çalışması kapsamında Antalya ile benzer iklim özelliklerine sahip kentlerde hem kentin hem de yapının havalandırma koşullarının iyileştirilmesi için gerekli tasarım stratejilerin ortaya koyularak daha konforlu ve sürdürülebilir bir yaşama imkân vermesi öngörülmektedir.

Amaç

21. yüzyılın mimarlık literatüründe sürdürülebilir, ekolojik yapı, iklime duyarlı yapı ve iklime duyarlı kentler gibi kavramlar oldukça sık görülse de uygulamada hala ekonomik gerekçeler-yasal düzenlemeler- tasarımı ve kentlerimizi şekillendiren birincil etmendir. Fakat bu anlayışın devam etmesi kimi zaman kenti çıkmaza sokmakta ve çağımızın sorunlarına, ihtiyaçlarına ve önceliklerine cevap vermekte yetersiz kalmaktadır. İklim değişikliğiyle beraber ortaya çıkan problemler tasarımcıların yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ve sürdürülebilir nitelikte tasarım üretimine dair farkındalığını da arttırmaya başlamıştır. Bu farkındalıkla birlikte kentlerde sürdürülebilir, ekolojik yapı tasarımları üretilmektedir.

Tasarıma dahil edilebilecek iklimsel elamanlardan biri de rüzgârdır. Hem yenilenebilir bir enerji kaynağı olması hem de tasarımda pasif kullanımıyla maliyetsiz olması bakımından oldukça önemlidir. Çalışmada rüzgâr, özellikle sıcak-nemli kıyı bölgelerinde iklimsel problemlere yönelik önemli bir çözüm kaynağı olarak görülmektedir. Rüzgâr, sıcaklığın düşürülmesi, doğal havalandırma sağlanması, hava kirliliğinin azaltılması gibi etkileriyle termal konforun sağlanmasının yanında klima ve benzeri aktif iklimlendirme sistemlerinin kullanımını da azaltarak enerji kullanımını ve mekanik ısı oluşumunu engelleme potansiyellerine sahiptir. Fakat rüzgârın sahip olduğu tüm potansiyellerin kullanılabilmesi ancak planlama ölçeğinden tasarım ölçeğine kadar geniş bir kapsamda değerlendirilerek kentsel ve mimari planlamaya aktif olarak dahil edilmesiyle mümkündür.

Kent ve mimarinin sahip olduğu girift ilişkilerle, kent sahip olduğu potansiyeller kapsamında mimariye yön verirken, mimarlıkta kentin izin verdiği ölçüde kenti şekillendirmektedir. Rüzgârın tasarıma dahil edilmesinde bu ikili ilişki oldukça önemlidir. Yapıda doğal havalandırmanın gerçekleşmesi ancak hava kanalları açık bir kentte mümkündür. Bu doğrultuda çalışma rüzgârın sahip olduğu potansiyelleri ele alarak;

- Kent ölçeğinde; kıyı kentlerinden Antalya ili için kent havalandırmasına imkân veren kent geometrisine ilişkin tasarım parametrelerini belirleyerek, rüzgâr verilerini dikkate alan bölgesel kent planlama stratejilerinin oluşturulmasını,

Oluşturulan stratejilerin birleştirilmesiyle rüzgârın kent ve yapı tasarımında aktif kullanımına odaklanan bütüncül bir model geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Kapsam

Bu çalışma sıcak-nemli iklim bölgesinde yer alan Antalya kent merkezinden seçilen birbirinden farklı özelliklere sahip dört adet yerleşim yerinin kentsel havalandırma potansiyellerinin değerlendirilmesi ile sınırlandırılmıştır. Yerleşim yerlerinin seçiminde Stewart ve Oke'in kent iklimi üzerine yaptıkları çalışmalarından 2012 yılında oluşturdukları iklimsel sınıflandırma parametreleri kullanılmıştır. Bu parametreler (pürüzlülük elemanları yüksekliği, bina kesir yüzeyi, en-boy oranı, arazi pürüzlülük sınıfı) doğrultusunda kentin çeşitli bölgelerinden YİB (Yerel İklim Bölgesi) alanları seçilmiştir (Stewart ve Oke 2012). Bunlar YİB2 (Kompakt-yüksek-katlı yerleşim), YİB3

(Kompakt-düşük-katlı yerleşim), YİB4 (Açık-yüksek-katlı yerleşim) ve YİB5 (Açık-orta-katlı yerleşim) olmak üzere 4 bölgeden oluşmaktadır. YİB alanlarının boyutları da 400x400 m olarak sınırlandırılmıştır. Bu çalışma alanları doğrudan kentin merkezinde yer alan mevcut kent geometrilerini içermektedir. İdealize edilmiş-varsayımla ve alternatif senaryolar üzerinden yapılan çalışmalarda kentin sahip olduğu çeşitlilik ortamının yetersiz bulunması nedeniyle çalışma somut örneklemeler üzerinden ilerlenmesi uygun görülmüştür.

Farklı kat yükseklikleri, yerleşim yoğunluğu ve dokusuna sahip bu bölgelerin değerlendirilmesi için, yüzey pürüzlülüğü, yerleşim dokusu, kentsel boşluklar ve sokak düzenleri olmak üzere dört başlık belirlenmiştir. Değerlendirmeler sonucunda farklı kent geometrilerinin mevcut havalandırma koşulları ortaya koyulmuştur. Matematiksel yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçlar ile havalandırmanın optimum düzeyde olması için gerekli stratejiler oluşturulmuştur.

Yöntem

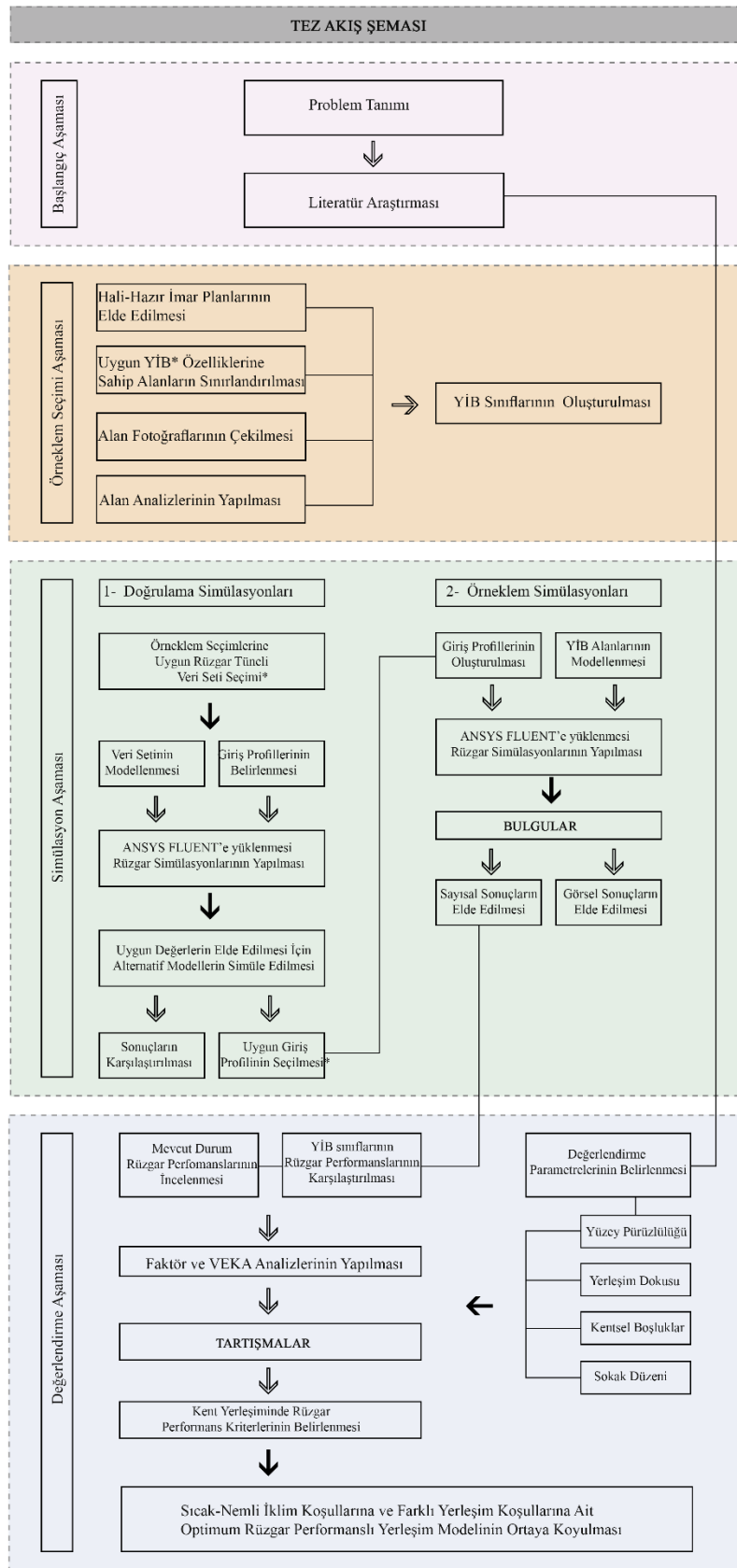
Çalışma yönteminin daha rahat aktarılabilmesi için aşamalar şeklinde açıklanmıştır. Tez sürecine ilişkin akış şeması Şekil 1.1.'de gösterilmektedir.

Aşama 1: literatür araştırması ve çalışma alanlarının belirlenmesi

Çalışmanın yöntemi beş aşama olarak sıralanabilir. İlk aşamada literatürde öncelikle kent iklimine dair çalışmalar araştırılmıştır. Kent iklimi çalışmalarının sınırları daraltıldıktan sonra rüzgâr çalışmalarına odaklanılmıştır. Yapılan literatür araştırması doğrultusunda çalışma alanlarına dair parametreler belirlenmiştir. Parametrelerin belirlenmesinde kent ve iklim çalışmaları üzerinde çalışan Oke ve Stewart'ın 2012 yılında oluşturdukları literatürde LCZ (Local Climate Zone)- sınıflandırması olarak geçen yerel iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan parametreler tez kapsamına uyarlanmıştır (Stewart ve Oke 2012). LCZ sınıflandırmasının Türkçe karşılığı olarak YİB (yerel iklim bölgesi) kısaltması kullanılmıştır. Seçilen YİB sınıflandırma kriterleri (pürüzlülük elemanları yüksekliği, bina kesir yüzeyi, en-boy oranı, arazi pürüzlülük sınıfı) doğrultusunda Antalya ilinde dört adet örneklem seçilmiştir. YİB2 Memurevleri Mahallesi, YİB3 Kılınçarslan Mahallesi, YİB4 Uluç Mahallesi ve YİB5 Altinkum Mahallesi'nden oluşan çalışma alanlarının sınırları ise 400x400 metre olarak belirlenmiştir.

Aşama 2: veri toplama ve çalışma alanlarının analizi

Seçilen çalışma alanlarına ilişkin gerekli veriler iki gruba ayrılmaktadır; iklimsel veriler ve mekânsal veriler. İklimsel veriler kapsamında nemli-sıcak iklime sahip Antalya iline ait, rüzgâr verileri; hâkim rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, sıcaklık ve nem değerleri kent merkezinde yer alan Antalya meteoroloji bölge müdürlüğünden elde edilmiştir. Mekânsal veriler için ilk olarak Antalya büyük şehir belediyesinden kent imar planı elde edilmiştir. Çalışma alanlarının analizlerinde kullanılan ölçüm ve verilerin bir kısmı (kat yükseklikleri, yol genişlikleri, yapılaşma yoğunluğu gibi) imar planından alınmıştır. Yapı yoğunluk yüzdesi gibi parametrelerin hesaplanmasında ise basit görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır.



Şekil 1.1. Tez akış diyagramı

Aşama 3: doğrulama simülasyonlarının yapılması

Modellerin simülasyonlarının gerçekleşmesinde matematiksel yöntemler tercih edilmiştir. Rüzgâr analizlerinin yapılabilmesi için hesaplamalı akışkanlar dinamiğini içeren çözüm yöntemleri incelenmiş ve ANSYS FLUENT isimli ticari yazılım programı diğer bir deyişle ANSYS FLUENT-hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD-Computational Fluid Dynamics) çözücüsü kullanılmıştır. Program girdileri olarak çalışma alanları için kullanılacak uygun geometri, metot ve çözüm formüllerinin belirlenmesi gerekmektedir. Uygun girdilerin seçilmesi için program kullanılmadan önce doğrulama simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Japonya Mimarlık Enstitüsünün (AIJ 2016) yaptığı rüzgâr tüneli testlerine dair veriler kullanılmıştır. Seçilen Case-C modeli üzerinden rüzgâr tüneline elde edilmiş mevcut sonuçlara ulaşabilmek için, geometri modelinde, metotta ve matematiksel hesaplamalarda yapılan değişikliklerle birden fazla alternatif üretilmiş ve sapma yüzdesi en düşük olan model seçilmiştir. Bu modelde kullanılan metot ve çözümler örneklemeler için oluşturulan simülasyonlara da uygulanmıştır.

Aşama 4: kentsel ölçekte mevcut durum simülasyonları

Seçilen çalışma alanlarının 3D modellerinin oluşturulması için Autocad (Bilgisayar Destekli Tasarım / CAD-Computer-Aided-Design) yazılım programı kullanılmıştır. Yapılar kütle modelleri şeklinde modellenmiş ve yapıya ait saçak, baca gibi iki metreden küçük cephe hareketleri gibi girinti ve çıkıntılar, pencere ve kapılar 3D (Üç boyutlu) modellere dahil edilmemiştir. Çatı formları düz kabul edilen dikdörtgen katı kütle modelleri üretilmiştir. Üretilen modeller simülasyon için ANSYS programına yüklenmiştir. ANSYS de oluşturulan model geometrisinden sonra çözüm sürecine geçilmiştir. Model içerisinde oluşturulan bir nokta bulutu ile ızgara oluşturulmuş ve yerden iki m yüksekliğinde seçilen tüm ölçüm noktalarına dair veriler excel formatında dışa aktarılmıştır.

Aşama 5: karşılaştırmalar, istatistik analizler ve model üretimi

Farklı YİB alanlarının sahip olduğu kat yüksekliği, yapı yoğunluğu, sokak genişliği ve düzeni, kamusal boşluklar, yerleşim dokusu gibi farklı özelliklerin rüzgâr ortamına etkisinin nasıl olduğunun değerlendirilmesinde ve hangi koşulların optimum bir havalandırma ortamı için daha uygun olduğunun ortaya koyulmasında yapılacak karşılaştırmalar korelasyon matrisi ve regresyon analizi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Korelasyon matrisi, bu değişkenler arasındaki ilişkilerin gücünü ve yönünü belirlemekte kullanılırken, regresyon analizi ise bağımsız değişkenlerin rüzgâr hızı üzerindeki etkilerini nicel olarak değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Elde edilen veriler mevcut ya da yeni planlanacak bir yerleşim yeri için, sahip olduğu çevresel faktörlere bakarak optimum havalandırma için nasıl bir planlama stratejisi oluşturulması gerektiğine dair oluşturulacak model için kullanılacaktır.

Yönteme dair tüm aşamaların genel akış şeması Şekil. 1.1 de gösterilmiştir. Karşılaştırmalar için kullanılacak yazılım programı ise ayrı bir yöntem olarak ele alınmamış genel yönteme yardımcı bir araç olarak düşünülmüştür. Tüm aşamalar genel olarak doğrusal bir süreçte ilerlemekle birlikte her aşamanın kendi içinde ve kimi zaman birbirleri arasında döngüsel süreçleri de mevcuttur.

Özgün Değer

Kent geometri ve rüzgâr ilişkisine dair çalışmaların artması ve ilerlemesinde dijital teknolojilerdeki gelişmeler de önemli bir yer tutmaktadır. Rüzgâr tünelleri, alan ölçümleri veya hesaplamalı akışkanlar dinamiğine dayanan programlar gibi birden fazla analiz araçları ile kent geometrisinin rüzgâr akışına etkisini değerlendirmek mümkündür. Makro-ölçekten mikro-ölçeğe kadar her ölçekte ele alınan rüzgâr kavramı, mahalle ya da blok ölçeğinde değerlendirildiğinde, yapı konfigürasyonlarının, yapı formunun ve yapı çevresinin kente olan etkisi üzerinde fikir oluşturmaktadır. Rüzgâr, yapı ölçeğinde değerlendirildiğinde ise yapılan çalışmaların kent rüzgâr ortamına dair çıktıları daha sınırlı kalmaktadır. Bu anlamda ülkemizde de farklı ölçek ve kapsamlarda yapılmış çalışmalar mevcuttur fakat sınırlıdır. Kimi çalışmalar idealize edilmiş kent geometrileri üzerinde ilerlerken kimi çalışmalarda kentin mevcut dokusu üzerinden değerlendirmeler yapmaktadır (Çelik 2011, Sarı 2019, Baş 2022).

Rüzgâr kavramını mevcut kent doku üzerinde tartışan çalışmalarda önemli olan noktalardan biri de kent iklimidir. Rüzgâr sıcak-nemli iklimlerde istenilen bir iklim elemanı iken kimi durumlarda rahatsız edici hızlara çıkması olumsuz durumlar yaratmaktadır. Özellikle soğuk iklimlerde rüzgâr kaçınılması gereken bir iklim elemanı olarak değerlendirilebilmektedir (Hasanov 2022). Antalya sahip olduğu sıcak-nemli iklim özelliği nedeniyle yaz dönemlerinde rüzgâr ihtiyacı olan bir kenttir. Tez kapsamında yaz döneminde iç mekanlar için soğutma yükünün artması dış mekânda ise termal konforun düşmesi gibi birden fazla olumsuz etkinin çözümü olarak rüzgâr sahip olduğu potansiyelleri ile düşünülmüş ve değerlendirilmiştir.

Antalya bir kıyı kenti olması nedeniyle kentte yılın her dönemi meltem rüzgârları mevcuttur. Fakat kentin sahip olduğu bu fiziksel potansiyel kentin hızla gelişmesi ile göz ardı edilmeye başlanmıştır. Antalya'nın bir turizm kenti olması kent kıyısının şekillenmesinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. Çok katlı ve büyük hacimli konaklama yapıları kıyı şeridinin önemli bir kısmını kaplarken az katlı konut yapıları da genellikle bu yapıların arka sırasında yer almaktadır. Bu yerleşim düzeni kente özgü bir çözüm gerektirmektedir. Tez çalışmasında Antalya kenti için önemli bir iklim elemanı olan rüzgârın kent geometrisi üzerindeki etkisi, mevcut kent dokusu üzerinden değerlendirilirken, kent dokusunu oluşturan değişkenlerin ilişkisi de ele alınmıştır.

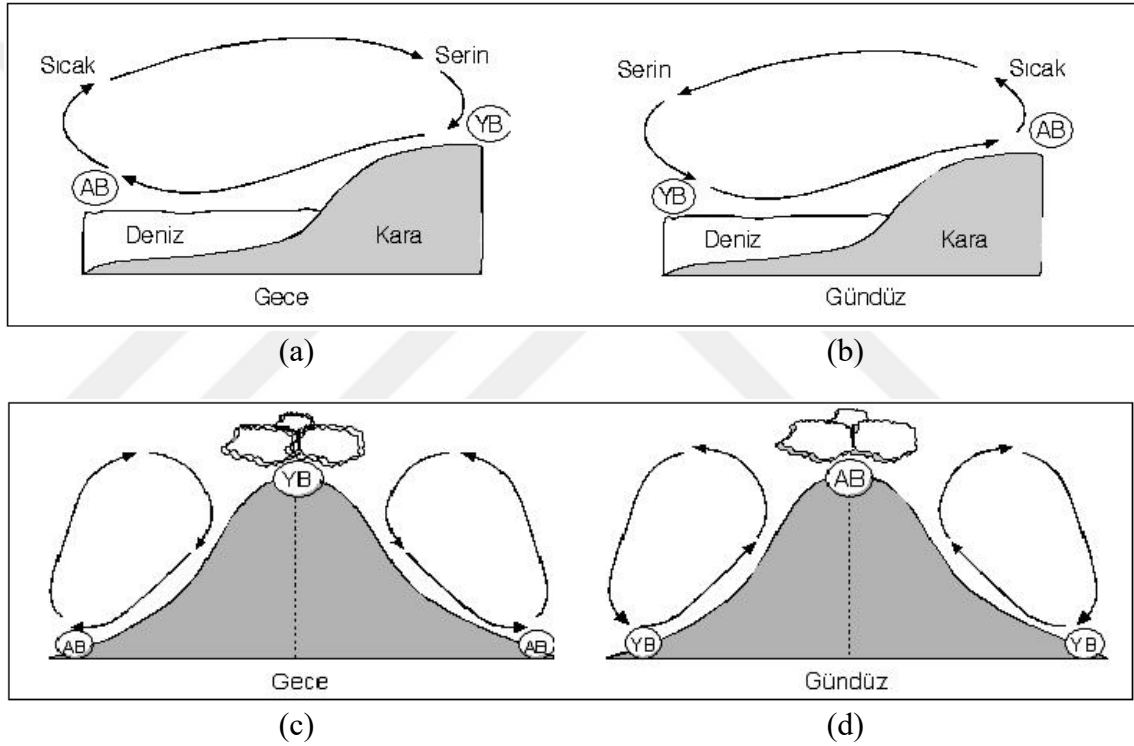
Çalışmada kentin farklı yerleşim karakterine sahip mahalle ölçeğinde mevcut yapı bölgeleri seçilmiştir. Hem kıyı bölgesinde hem de daha iç kısımlarda seçilen bu bölgelerin değerlendirilmesinde rüzgâra yapısal anlamda etki edecek tüm parametrelerin birlikte değerlendirilmesi ile çalışmanın kapsamı genişletilmiştir. Bu parametrelerin rüzgârla olan ilişkisinde öncelikleri-etki değerleri analiz edilerek optimum bir havalandırma için gerekli kriterler sorgulanmıştır. Rüzgâr performansını arttıran kriterlerin belirlenmesi hem mevcut durumda bu iklim bölgelerinde inşa edilecek yeni yapılar için ya da dönüşümü gerçekleştirecek yapı adaları için tasarım stratejilerinin oluşturulması hem de yeni oluşturulacak yerleşim bölgeleri için planlama stratejilerinin oluşturulmasında kullanılabilecektir. Kentlerimizin mevcut durumdaki havalandırma ortamını iyileştirmek ve gelecekte daha iyi bir havalandırmaya sahip kentler geliştirmek için mevcut çalışmalara kapsamı genişletilmiş bir çalışma ile katkıda bulunmaktadır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Yapılı Çevrede Rüzgâr Ortamı

2.1.1. Rüzgâra ilişkin genel prensipler

Rüzgâr, basınç farklılıklarından ortaya çıkan hava hareketidir. Bu hava yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareket eder. Basınç farklılıkları ise rüzgârın yönünü ve hareketini etkiler. Sabit sürekli aynı yönde esen rüzgârlar olduğu gibi süresiz ve de devingen özellikte rüzgârlar da bulunur. Özellikle yerel rüzgârlar bölgenin coğrafi koşullarına göre oluşmaktadır. Deniz kıyısında yer alan bölgelerde deniz ve kara meltemleri mevcut iken dağlık alanlarda ise dağ ve vadi meltemleri meydana gelir. Bu meltemler sıcaklığa bağlı olarak oluşan basınç farklılıklarından kaynaklanmaktadır (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Meltem rüzgârlarına ilişkin görseller; deniz meltemi-gece(a), deniz meltemi-gündüz(b), dağ meltemi-gece(c), dağ meltemi-gündüz(d) (Anonim-1)

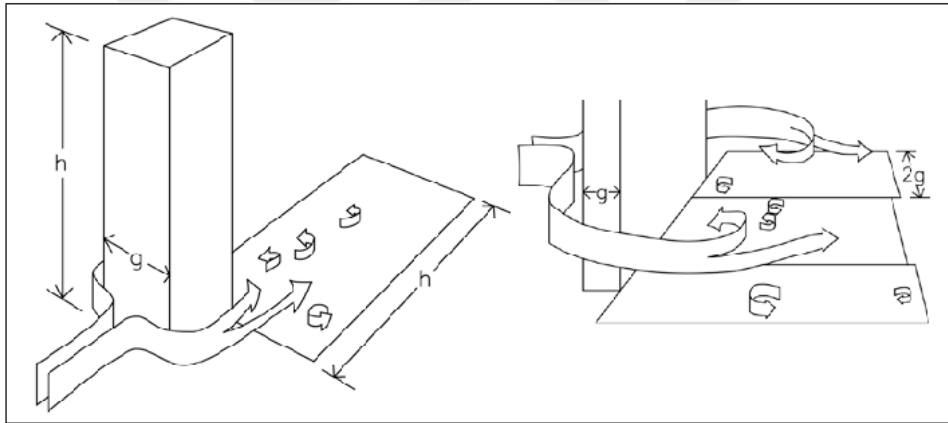
Gündüzleri, denizden karaya doğru esen rüzgâra "deniz meltemi" adı verilmektedir. Bu rüzgârlar, sıcaklık farkları nedeniyle oluşmaktadır. Karasal bölgeler, denizlere kıyasla daha hızlı bir şekilde ısınır ve soğumaktadır. Güneşin ısınma etkisi özellikle gündüzleri kara bölgelerinde daha belirgin hale gelmektedir. Karasal alanlar hızla ısındıkları için, bu ısınan hava yükselmeye başlar. Havanın yükselmesiyle birlikte karasal bölgelerdeki hava basıncı düşer ve bölgesel bir alçak basınç alanı oluşur. Diğer taraftan, denizler karalara göre daha yavaş bir şekilde ısındıkları için üzerlerindeki hava nispeten yüksek basınçta kalır. Bu durum, yüksek basınçlı havanın alçak basınca doğru

akmasına neden olur, yani denizden karaya doğru hafif bir rüzgâr başlar. Bu rüzgâr, genellikle en güçlü olduğu saatler arasında 12:00 ile 15:00 arasında gözlemlenmektedir. Ancak, gün batımından sonra bir süre devam etse de zamanla etkisini kaybetmektedir. (Anonim-2).

2.1.2. Rüzgâr-yapı etkileşimleri

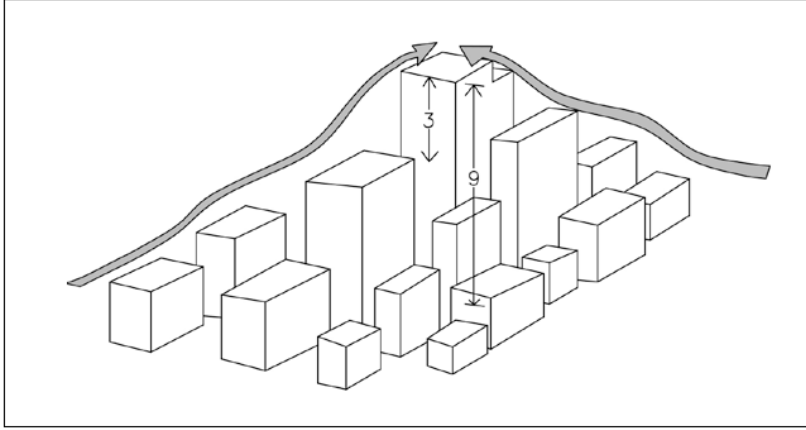
Binalarda rüzgâr geldiği yönde (+) pozitif bir basınç oluştururken yapının arkasında (-) negatif bir basınç alanı meydana gelir. Bu durumda rüzgâr hareketinde hem yatay hem de düşeyde değişimler gerçekleşir. Bu değişimler binanın rüzgâra göre konumu, yüksekliği ve yapı formu gibi çeşitli parametrelere göre değişse de genel olarak benzer etkilere de sahiptir.

Girdap etkisi; Girdap etkisi aşağı akım etkisi ve köşe etkisinden kaynaklanan bir durumdur. Binaların köşelerinde oluşan türbülanslar ve artan rüzgâr hızları binaların yaya seviyesinde mevcut olan rüzgârın da şiddetlenmesine yol açmaktadır (Şekil 2.2.). Bu durum, köşe etkisi gibi belirgin hale gelir ve genellikle bir binanın yüksekliği ve genişliği ile doğru orantılı olan bölgelerde en fazla rahatsızlığı yaratır. Binanın boyutları ile doğrudan orantılı bir etkiye sahiptir (Küçüker 2019).



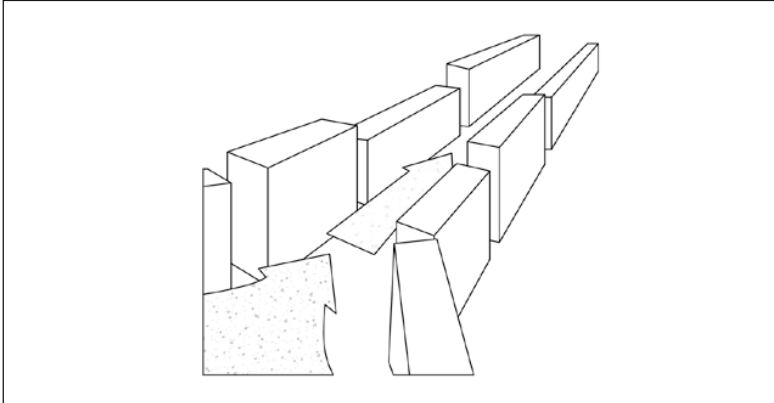
Şekil 2.2. Bina çevresinde meydana gelen girdap etkisi (Bennet 2007)

Kümülatif etki; binaların çevresinde ortaya çıkan etkilerin doğrudan bina gruplarına uygulanamayacağı bir durumu ifade etmektedir (Şekil 2.3.). Rüzgâr hareketi oldukça karmaşık ve değişkendir, bu nedenle bina grupları çevresinde farklı etkiler meydana gelir. Özellikle binaların genellikle gruplar halinde bulunduğu durumlarda, bu grupların çevresinde kümülatif bir rüzgâr etkisinin oluşması, rüzgâr analizlerinde göz önünde bulundurulmalıdır (Küçüker 2019). Yani, bireysel binaların etkilerini toplamak yerine, bu binaların bir araya gelerek oluşturduğu kompleks etkileşimler dikkate alınmalıdır. Bu durumlar, rüzgâr etkilerini daha kapsamlı bir şekilde anlamamıza ve bina grupları için daha etkili tasarımlar geliştirmemize yardımcı olur.



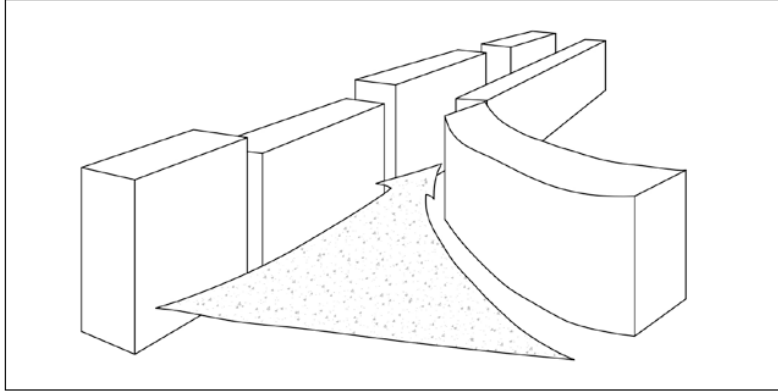
Şekil 2.3. Bina gruplarının meydana getirdiği kümülatif etki (Bennet 2007)

Kanal etkisi; Genellikle birbirine paralel uzanan bina sıraları oluşturdukları koridoru ifade etmektedir (Şekil 2.4.). Kanal etkisi güçlü rüzgârlara neden olmadığı sürece kötü durumlar ortaya çıkarmazlar. Bu bina koridorları da kimi zaman sahip olduğu yan kapalı cepheleri nedeniyle rüzgârı yönlendirmede etkili olabilmektedir (Küçüker 2019).



Şekil 2.4. Bina gruplarının meydana getirdiği kanal etkisi (Bennet 2007)

Venturi etkisi; Huni etkisinin kötüleşmesinin bir başka yolu 'Venturi' etkisi adı verilen durumun oluşmasıdır (Şekil 2.5.). Venturi etkisinde huninin boğazında meydana gelen tıkanıklığı takip eden koridorun genişliğinin artmasıdır (Küçüker 2019).



Şekil 2.5. Bina gruplarının meydana getirdiği venturi etkisi (Bennet 2007)

2.1.3. Rüzgâr konfor kriterleri

Rüzgârın insan konforuna etkisi doğrudan ve dolaylı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İlki insan vücudundaki fiziksel zorlanmaları ifade etmektedir. Genellikle rüzgârın olumsuz etkileri ve insanlar için oluşturabileceği tehlikeler üzerinden değerlendirilir (rüzgâr hızının artmasıyla birlikte yürümekte zorluklar vb., ya da ağaç, tabela vb. elemanlarda hatta binalarda şiddetli rüzgârlarla birlikte hasarların ve tehlikeli durumların meydana gelmesi). İkincisinde ise rüzgârın ısı konfor üzerindeki dolaylı etkisidir. Isıl konfor birçok parametreye (diğer iklim elemanları değerleri, yaş, cinsiyet gibi kişisel özellikler) bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Çizelge 2.1. 'de yer alan Beaufort rüzgâr skalası farklı rüzgâr hızlarının çevresinde nasıl bir etki oluşturduğunu göstermektedir.

Çizelge 2.1. Beaufort rüzgâr skalası (Anonim-3)

Beaufort No	Rüzgârın Tanımı	Hız (m/s)	Rüzgârın Yaptığı Etki
0	Sakin	0-0.2	Duman dikine yükselir
1	Esinti	0.3-1.5	Rüzgârın yönü ancak duman hareketine göre anlaşılır, rüzgâr hızına göre değil
2	Hafif rüzgâr	1.6-3.3	Rüzgâr insan teninde hissedilir
3	Tatlı rüzgâr	3.4-5.4	Bayraklar hafif dalgalanır
4	Orta rüzgâr	5.5-7.9	Rüzgâr toz ve kâğıt parçacıklarını uçurur
5	Sert rüzgâr	8.0-10.7	Yapraklı küçük ağaçlar sallanmaya başlar, iç sularda tepeli dalgacıklar oluşur
6	Kuvvetli rüzgâr	10.8-13.8	Büyük dallar sallanır, şemsiye taşımak güçleşir
7	Fırtınaya yakın	13.9-17.1	Bütün ağaçlar sallanır, rüzgâra karşı yürümek güçleşir
8	Fırtına	17.2-20.7	Rüzgâr filizleri kırar ve rüzgâra karşı yürümek genellikle çok zordur
9	Kuvvetli fırtına	20.8-24.4	Zayıf yapı binalarda hasar meydana gelir, bacalar yıkılır, kiremitler uçar
10	Kasırğa	24.5-28.4	Karada nadir olup, ağaçları kökünden söker, binalarda önemli zararlara neden olabilir
11	Şiddetli kasırğa	28.5-32.6	Ender rastlanır ve geniş çapta hasarlara neden olur
12	Harikeyn (Orkan)	>32.6	

Rüzgâr, sıcaklıkta ciddi değişimlere neden olmasa bile havanın hareketi ile ısı kayıplarına neden olarak hissedilen sıcaklığı azaltmaktadır. Bu durum, vücut sıcaklığı hava akımının sıcaklığından fazla olduğunda, taşınım yolu ile ya da buharlaşma yoluyla gerçekleşir. Buharlaşma (evaporatif) ile ısı kaybı orta nemlilikte en iyi sonucu verir (Çaçan ve Gedik 2013). Kentsel ısı adasından kaynaklanan ısı konforuna ilişkin rüzgârın etkisi, ısı adasının etkisini hafifletmek ve ısıyı rüzgârın yönü doğrultusunda dağıtmak şeklinde olmaktadır (Gomez vd. 1998).

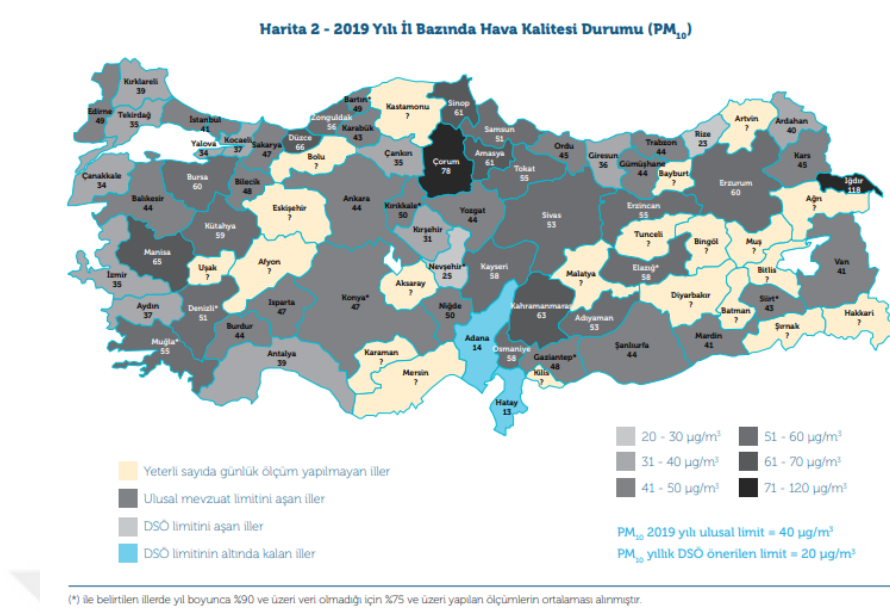
2.2. Tasarımda Rüzgâr Potansiyelleri

Kentlerin havalandırma koşullarının iyileştirilmesi, hava kalitesinin iyileştirilmesine olanak sağlamakla birlikte dolaylı olarak enerji tüketimi ve ısı konforu da etkilemektedir. Kentlerin iklimsel özelliklerine bağlı olarak, sıcak ve nemli iklimlere sahip kentlerin havalandırma potansiyellerinin artırılması ile ne tür kazanımların elde edilebileceğine dair çalışmalar bu başlıklar altında incelenmiştir.

2.2.1. Hava kirliliği

Soluduğumuz hava azot oksijen ve diğer gazlardan oluşur. Fakat havanın içerisine toz, aerosol ve çeşitli zararlı gazların karışması ile havanın kimyasal yapısı bozulur ve bu durum hava kirliliği olarak tanımlanır. 20. yy. ile daha hızlı şekilde artan insan nüfusu buna paralel gerçekleşen hızlı kentleşme, sanayileşme, egzoz salınımları gibi birçok etmen havadaki zararlı partiküllerin çoğalmasına doğrudan ya da dolaylı olarak etki etmiş ve hava kalitesinin düşmesine neden olmuştur (Şekil 2.6.). Motorlu taşıtlar ya da fosil yakıt kullanımı gibi çeşitli nedenlerden kaynaklanan temel hava kirletici maddelerinden olan NO₂ (Azot dioksit) ve Pm_{2.5} (ince partikül) kirletici maddeleri ise insan sağlığına ilişkin önemli etkilere sahiptir (Brunekreef ve Holgate 2002).

İnsan topluluklarını hedef alan ve belli bir zamanda, belli bir bölgedeki topluluk, yaş, cins, meslek gibi alt grupları analiz eden epidemiyolojik çalışmalar sürekli olarak partikül hava kirliliği ile hava kirliliği arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir. Sadece solunum yolu hastalığı olan kişilerde hastalık alevlenmeleri değil, aynı zamanda yaşlı insanlar arasında ve solunum yolu hastalıklarından ölümlerin sayısında da artış olduğu görülmektedir (Seaton vd. 1995). Özellikle yüksek yoğunluklu kentlerde kentin hem kirlilik üretici olması hem de bu kirliliğin dağıtılmasında yapısal engeller teşkil etmesi ile hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkisi giderek artmaktadır. Ülkemizde de son 5 yıl içerisinde hava kirliliğinin neden olduğu ölüm sayısı trafik kazalarının sayısından 6 kat daha fazladır (Temiz Hava Platformu 2020).

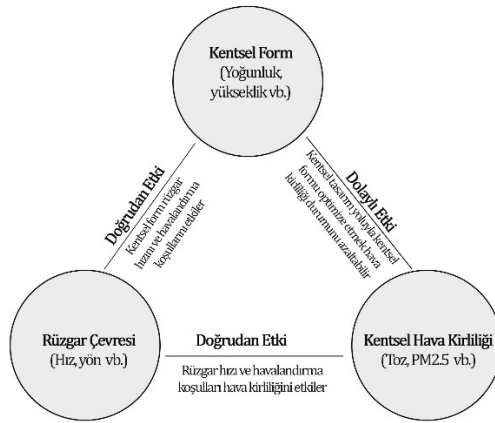


Şekil 2.6. 2019 yılı illere göre hava kalitesi haritası (Temiz Hava Platformu, 2020)

Günümüzde trafik emisyonu, kentsel çevrede ana hava kirliliği kaynağı olarak kabul edilmekte ve cadde boyunca hem dış hava kalitesi hem de binaların iç hava kalitesi üzerinde birçok olumsuz etkiye sahiptir (Zhang 2015). Kent içerisindeki düşük rüzgâr hızı, yüksek nem, düşük sıcaklık gibi iklimsel etmenler (Dursun ve İbrahimova 2014), olumsuz havalandırma koşulları (kentsel engeller, yanlış yapılaşma, kentsel açıklık eksikliği) ve trafikte motorlu taşıt yoğunluğunun yüksek olması hava kirliliğini arttırmaktadır. Havada artan kirletici madde hava akışı ile dağıtılamadığında kentsel mekanlarda kirletici madde birikimine neden olmaktadır.

Kentlerdeki hava kirliliğinin oluşmasında kentin rüzgâr ortamı ile hava kirliliğinin doğrudan ilişkisi mevcuttur. Kentsel mikro-klimanın önemli bir unsuru olarak, kentsel rüzgâr ortamları, hava kirliliğinin şehir içinde dağılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Zhang vd. 2015). Kentlerdeki rüzgâr ortamları performansı ise kentin iklim verileri ve kent geometrisine bağlı olarak değişmektedir.

Yeterli rüzgâr hızına sahip kentlerde kirliliğin dağılımındaki engellerden biri sokak yönelimi, rüzgâr yönü ve yapılaşmaya bağlı olarak hava akışı tıkanan kanallarıdır. Krüger ve arkadaşları (2011) rüzgâr yönünün sokak yönelim ve düzenleri ile ilişkisinin sokaklardaki kirletici madde dağılımında etkili olduğunu göstermişlerdir (Krüger, vd. 2011). Ortamdaki rüzgârın yönünün değişimi ile bina etrafındaki akış ve madde dağılımı büyük ölçüde etkilenmektedir. Rüzgâr yönündeki değişimler akış sirkülasyonunu ve buna bağlı olarak kirletici maddelerin mekânsal dağılımında da büyük değişimlere neden olmaktadır (Kim ve Baik 2004). Kentsel form, rüzgâr hareketlerini etkileyerek kirliliğin dağılmasına ya da birikmesine neden olmaktadır. Şekil 2.7.'de gösterilen ilişkilere de bakıldığında kentin havalandırma imkânı kent geometrisinden ayrı düşünülemez olduğu görülmektedir (Yang vd. 2020).

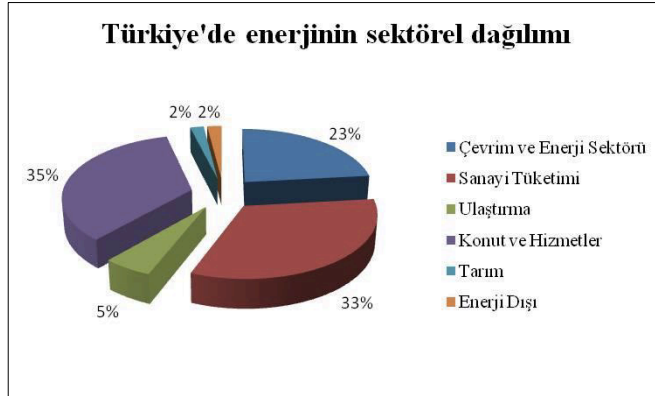


Şekil 2.7. Hava kirliliği, kent formu ve rüzgâr ilişkisi (Yang vd. 2020’den uyarlanmıştır)

Hava kirliliğinin insan hayatı üzerindeki olumsuz etkisinin artması ve bunun kent yapılaşmasıyla etkili olduğunun ortaya çıkması ile, hükümetler bu probleme yönelik araştırmaların genişletilmesine ve yasal düzenlemelerle çözüm üretimine yönelmiştir. 2003 yılında Hong Kong hükümetinde ağır akut solunum sendromu nedeniyle birçok insanın ölmesi, hükümetin kentsel düzenleme politikalarının tekrar gözden geçirmesine neden olmuştur. Planlama departmanı havalandırma değerlendirme sisteminin (AVA: Air Ventilation Assessment) kurulması için çalışma başlatmıştır (Ng 2009). Çalışmalar doğrultusunda sıkışık kentsel dokularda zayıf rüzgâr koşullarının iyileştirilmesine yönelik oluşturulan bu değerlendirme sistemi 2009 yılından itibaren resmi olarak kabul görmüştür.

2.2.2. Enerji tüketimi

Binalardaki enerji tüketimi, enerji kullanımından kaynaklanan karbon emisyonları, kaynak tüketimine ilişkin hem ekolojik hem de ekonomik problemlerin çözümüne yönelik çözüm arayışları, inşaat profesyonellerinin, enerji politikası belirleyicilerin ve araştırmacıların karşı karşıya oldukları ana konulardan biridir. Dünya genelinde enerji tüketimine baktığımızda kullanım aşamasında kaynak kullanımı en çok inşaat sektöründe yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 2.8.). Binalar kentlerdeki en geniş enerji tüketimine sahiptir ve dünya enerjisinin yaklaşık %40’nı tüketmektedir (Santamouris 2005). Şehirlerdeki ticari ve konut binalarındaki enerji tüketiminin %70’inden fazlasını ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi oluşturmaktadır (Wu vd. 2017). Dünyada özellikle gelişmiş ülkelerde binaların mekanik havalandırması ve iklimlendirmesi binaların tüm enerji tüketiminin üçte biri kadar büyük miktarda enerji tüketmektedir (Allocha 2003).



Şekil 2.8. Ülkemizde enerjinin sektörlere göre dağılımı grafiği

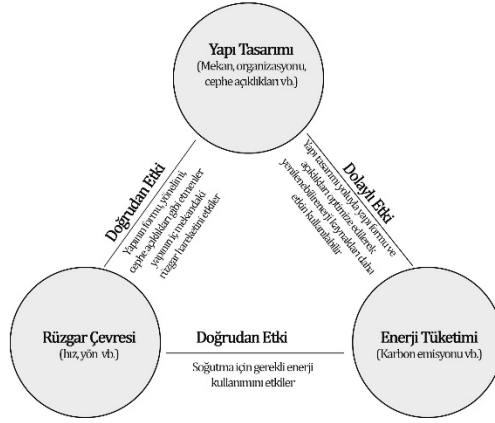
Sıcak-nemli iklimdeki klimalı ofis binalarında enerji kullanımı üzerine yapılan bir çalışma, klimanın %45-50 civarında elektrik tüketim oranı ile binadaki enerji tüketiminin en büyük bileşeni olduğunu göstermektedir (Lam vd. 2004). Herhangi bir mekanik sisteme ihtiyaç duymadan kapalı bir alandaki hava akışını sağlayan doğal havalandırma enerji tüketimini azaltma hususunda önemli potansiyele sahiptir. Çin’de yapılan bir çalışmada şehirlerin hava durumuna ve hava kalitesine bağlı olarak doğal havalandırma ile soğutma enerjisi tüketiminde %80 azaltma potansiyeline sahiptir (Tong vd. 2016).

Küresel ısınmaya bağlı olarak artan sıcakların yıl içinde daha fazla günde etkili olması soğutma enerjisine bağlı tüketimi de arttırmaktadır. Avrupa’da yıllık nüfus ağırlıklı ısınma gün dereceleri¹ 1950–1980 ve 1981–2017 dönemleri arasında %6 azalmıştır. Yıllık nüfus ağırlıklı soğutma gün dereceleri ise, 1950–1980 ve 1981–2017 dönemleri arasında %33 oranında artmıştır. Isınma ve soğutma gün derecelerindeki bu eğilimlerin 21. yy. boyunca devam etmesi ve mutlak artışların en fazla Avrupa’nın güney bölgelerinde olması beklenmektedir (Anonim-4). Benzer durum Türkiye değerleri için de geçerlidir. Türkiye’de 129 istasyon için; 2007-2018 yılları arasında ortalama soğutma gün-dereceleri 358 gün-Derece iken, 2018 yılı ortalama soğutma gün-dereceleri 381 gün-derece olmuştur (Anonim-5). Özellikle Avrupa’nın güney ülkelerinde klimanın hızlı yayılması nedeniyle elektrik yüklerinde önemli bir artış yaşandığı görülmektedir (Santamouris 2005).

Kentsel morfoloji, binaların enerji tüketimi üzerinde dikkate değer bir etkiye sahiptir. Şekil 2.9.’de enerji tüketimi, kentsel form ve rüzgâr ilişkisi gösterilmektedir. Javanroodi vd. (2018) 16 farklı kentsel konfigürasyonlu çalışmada kentsel morfolojinin tipik duruma göre, soğutma yükünü %10’ndan fazla azaltmakta ve havalandırma potansiyelini %15’ten fazla arttırdığını göstermektedir (Javanroodi vd. 2018). Akdeniz iklimine sahip bölgelerde doğal havalandırmanın daha düşük enlemlerde, daha düşük enerji tüketiminin binalar arasında daha küçük performans aralıklarına yol açtığını ve havalandırma

¹ Isıtma ya da soğutma gün dereceleri toplamının bilinmesi binaların ısıtılması ya da soğutulması için gerekli olan enerji gereksiniminin bilinmesi açısından önemli olan bir etki göstergesidir. Dış ortam sıcaklığı 15°C’nin üzerinde ise ısıtma gereksizdir. Isıtma maliyeti yıllık Isıtma Gün Dereceleri (Heating Degree Days – HDD) ile doğrudan orantılıdır

özelliklerinin yüksek bir enerji performansına izin vermesi durumunda, binanın geometrisinin ve yöneliminin performansı daha az etkilediğini göstermektedir (Fernandes vd. 2020).



Şekil 2.9. Enerji tüketimi, kentsel form ve rüzgâr ilişkisi

İtalya’da yapılan bir çalışmada doğal havalandırmanın yarı-müstakil bir yapının yaz soğutması için soğutma yüklerini ve enerji tüketimini azaltma potansiyelini ortaya koymuştur. Bina katlarının karşılaştırılması ile dış açıklıklardaki farklı konumlandırmanın ve sayının hava akımlarındaki sirkülasyon değişimine neden olduğu ve soğutma kapasitesini azalttığını göstermektedir (Cardinale vd. 2003). Soğutma yüklerinde artma ya da azalma mekanların yönlerine ve mekanların organizasyonuna göre değişmektedir (Erkmen vd. 2006).

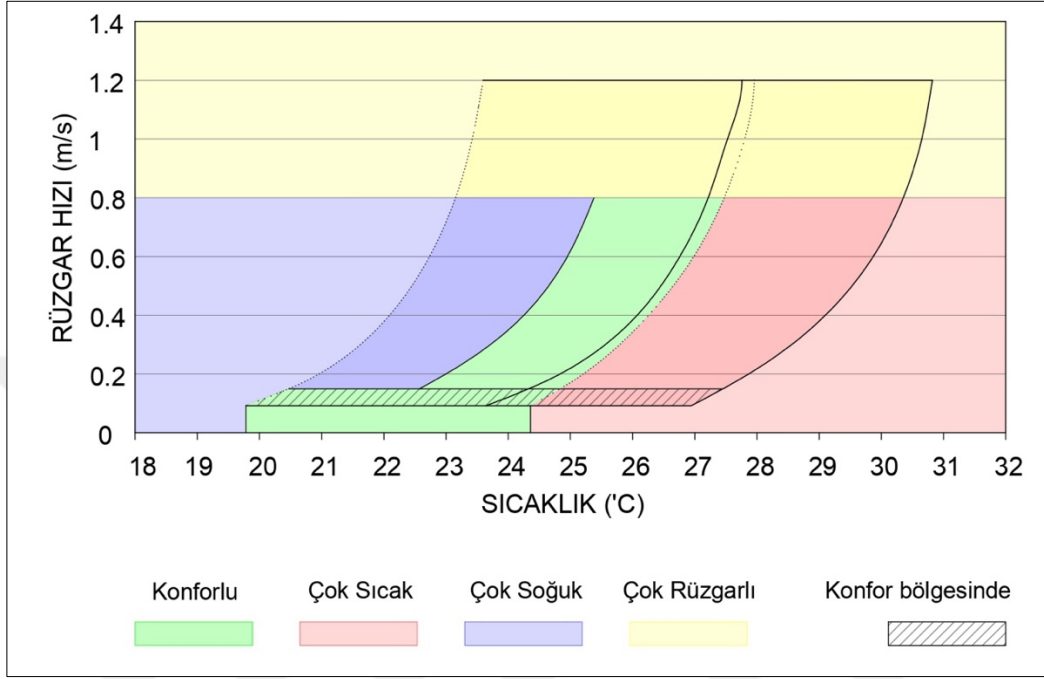
Yapılarda enerji tüketiminin rüzgâr ile ilişkisinin değerlendirilmesinde kentin iklimsel ve coğrafi özellikleri (nem-sıcaklık, tepe, ova vb.), kentlerin rüzgâr ortamları, binaların formları, cephe açıklıkları ve mekân organizasyonlarına kadar birçok ölçekte değerlendirilmesi gereken parametreler mevcuttur. Tasarım sürecinde bu parametrelerin rüzgâr performansını arttırmaya yönelik değerlendirilmesi ve verimli bir doğal havalandırma potansiyelinin sağlanması, özellikle sıcak-nemli iklim bölgelerinde soğutma enerjisinin azaltılmasına yardımcı olacak etkili bir çözüm olarak görülmektedir.

2.2.3. Termal konfor

Yapılı çevrede termal konfor literatürü, uzun süredir iç mekân termal konforuna dayanmaktadır. Dış mekanlarda termal konfor konusu ise son zamanlarda artan nüfusla birlikte şehirlerdeki kentsel ısı adası etkisi ve sıcaklıkla artan rahatsızlık seviyelerine bağlı olarak ilgi görmeye başlamıştır (Sözen 2019).

Hali hazırda, ASHRAE 55 ve ISO 7730 gibi iç mekân termal konfor standartlarının çoğu teorik temelli olarak laboratuvar araştırmalarına dayanmaktadır (Junjie vd. 2011). Termal konfor bireysel değişkenliklerin dışında (yaş, cinsiyet vs.) objektif olarak

ölçülebilecek dört çevresel faktöre göre belirlenir. Bunlar; ortamın hava sıcaklığı, ortalama ışıma sıcaklığı, bağıl nemi ve hava hızıdır. Buradan hareketle farklı iklimlerde değişkenlik göstermekle birlikte, rüzgâr hızındaki değişimler ve kentteki rüzgâr potansiyeli düşük alanlar, termal konforu etkilemektedir. Termal konfor parametrelerine ilişkin konfor grafiği Şekil 2.10.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.10. ASHRAE 55 parametrelerini kullanan termal konfor tablosu (Anonim 6)

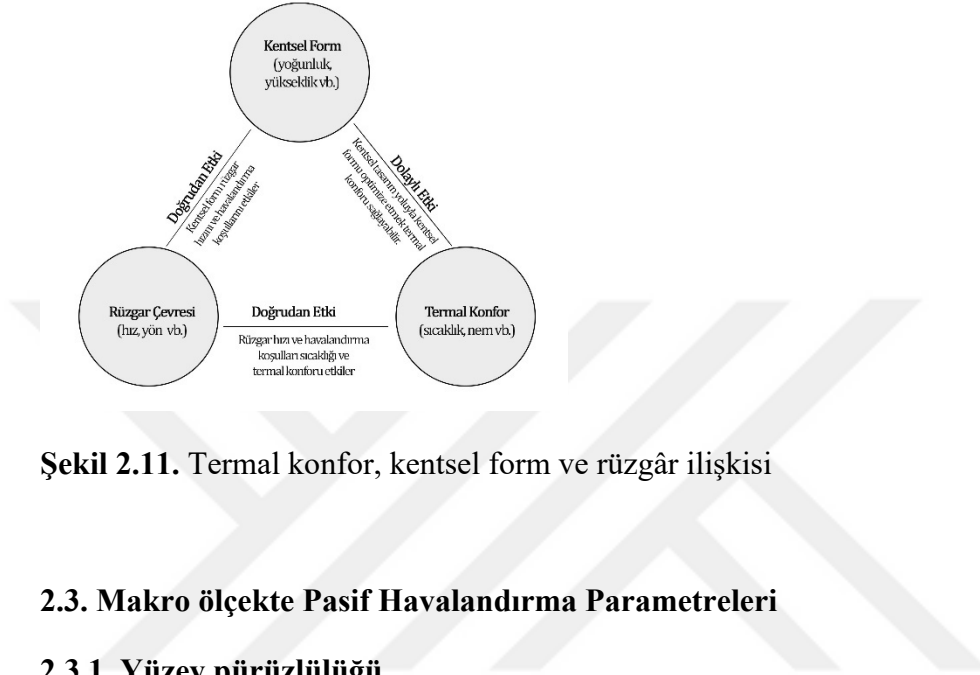
Yaz şartları yani soğutma periyodu için;

- Operatif sıcaklık (insan ısı konforunu belirleyen temel çevre sıcaklığı): $24.5^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$,
- Bağıl nem (havanın belirli bir sıcaklıkta taşıyabileceği nem miktarı): %30 ile %70 aralığında,
- Zeminden 0,1 m ve 1,1 m yükseklikler arasındaki düşey hava sıcaklığı farkının 3°C den az olması

önerilmektedir. Önerilen hava sıcaklığı aralığında ortalama hava hızı, %10 ile %20 türbülans yoğunluğu arasında yaklaşık 0,2 m/s civarında kalmaktadır (Atmaca ve Yiğit 2009). Doğal havalandırmada hava hızının 0.5m/s-1.1m/s olması konfor açısından önemlidir (Junjie vd. 2011).

Özellikle sıcak-nemli iklimlere sahip bölgelerde iç mekân termal konforunu sağlamak için kullanılan soğutma sistemleri ile enerji tüketimi de artmaktadır. Doğal havalandırma, konforlu bir termal ortamın oluşmasında ve iç mekân hava kalitesinin artırılmasında efektif ve ekonomik bir çözümdür. İç mekân hava akışının sağlanmasında

birincil etki hâkim rüzgâr yönünden ziyade, mekânın havalandırma tarzı da önemlidir (çift taraflı açıklık-tek taraflı açıklık, çapraz havalandırma vb.). Bu durum ise yapı tasarımı ile doğrudan ilişkilidir. Mekânın havalandırma tarzı mekân içi hava sıcaklığında ve rüzgâr akışında hissedilir değişimler yaratır (Omranı vd. 2017). Ancak yapının çevresi de buna elverişli olmalıdır. Bu yüzden hem yapı hem de kent ölçeğinde termal konfor sağlamanın kent formunun etkisi mevcuttur (Şekil 2.11.).



Şekil 2.11. Termal konfor, kentsel form ve rüzgâr ilişkisi

2.3. Makro ölçekte Pasif Havalandırma Parametreleri

2.3.1. Yüzey pürüzlülüğü

Rüzgâr hızı yere yaklaştıkça yerdeki engeller sebebiyle oluşan sürtünmeler hızın azalmasına neden olur. Yer yüzeyinde yer alan bina, ağaç, bitki gibi her türlü nesne yüzeydeki pürüz olarak ifade edilir. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen birçok faktör vardır, ancak temel parametreler binaların kapsama alanı ve yükseklikleridir (Yuan vd. 2014). Pürüzlülük haritaları, uydu görüntüleri ve alan araştırmaları yapılarak çizilebilmektedir. Ayrıca coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanan online kaynaklar da mevcuttur. Yüzey Pürüz Sınıfı 0–4 arasında yarımşar puan ara ile toplam 8 kademedir oluşmaktadır. Pürüz Mesafesi ise teorik olarak rüzgâr hızının 0 m/sn olduğu noktanın yerden yüksekliğidir. Pürüzlülük elemanı boyutu ve yoğunluk arasındaki basitleştirilmiş ilişki 1969 Lettau formülünde şöyle ifade edilmektedir;

$$Z_0 = 0.5 (h.S_1/S_2)$$

Z_0 → pürüzlülük 1 uzunluğu

0.5 → ortalama sürtünme katsayısı

h → pürüzlülüğe sebep olan cisimlerin yüksekliği

S_1 → rüzgâra karşısına gelen dikey kesit alanı

S_2 → arazi üzerine dağılmış olan yatay kesit alanı

Bir kentsel yüzeye uygulanan bu yöntem, belirli temel özelliklerin bilgisinden ortalama bir pürüzlülük uzunluğunun hesaplanabileceğini belirtir. Bu özellikler, binaların ortalama yüksekliğini, bir sürüklenme katsayısını, rüzgâra maruz kalan bir çapraz düzlemdeki ortalama bina sayısını ve engel yoğunluğunu, yani belirli bir alandaki bina sayısını içermektedir (Nicholas 1980).

Mevcut durumda, yüzey pürüzlülük sınıflandırmasını tahmin etmek için üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Davenport pürüzlülük sınıflandırması (Davenport vd. 2000) (Çizelge 2.3.1.1.), morfometrik ve mikro-meteorolojik yöntemler (Ng vd. 2011). Yüzey pürüzlülük sınıflandırması, tekrarlanabilir ve doğrulanmış saha gözlem sonuçlarına dayanmaktadır. Fizibilitesi ve doğruluğu göz önüne alındığında, pürüzlülük sınıflandırması, CFD simülasyonunun pratik uygulamalarında bir sınır koşulu olarak çevreleyen yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için sıklıkla kullanılmaktadır (Yuan vd. 2014).

Çizelge 2.2. Davenport rüzgâr sınıflandırması

Davenport Sınıfı	Pürüzlülük Uzunluğu z0(m)	Manzara Tanımı	YİB Karşılığı ²
1.Deniz	0.0002	Açık su, karla kaplı düz ova, özelliksiz çöl, asfalt ve beton birçok kilometrenin açık mesafesi ile.	E, F, G
2.Pürüzsüz	0.0005	Hiçbir engeli olmayan ve bitki örtüsünün çok az olduğu özelliksiz manzara (örneğin, bataklık, karla kaplı veya nadase açık arazi).	E, F
3.Açık	0.03	Düşük bitki örtüsüne ve izole engellere sahip düz arazi 50 engel yüksekliği (örneğin çimen, tundra, havaalanı pisti).	D
4.Kabaca Açık	0.10	Düşük mahsuller veya bitki örtüleri; 20 engel yüksekliği ile ayrılmış ara sıra engellerin (örn. izole ağaçlar, alçak binalar) olduğu orta derecede açık ülke.	7, C, D
5.Pürüzlü	0.25	Yüksek mahsuller veya değişen yükseklikte mahsuller; gözenekliliğe bağlı olarak 8 ila 15 engel yüksekliği ile ayrılmış dağınık engeller (örn. binalar, ağaç bölgeleri).	5–10, B, C
6.Çok Pürüzlü	0.5	8 engel yüksekliği ile ayrılmış büyük çiftlikler ve orman öbekleri ile yoğun ekili arazi; çalılık, meyve bahçeleri. 3 ila 7 bina yüksekliği ile aralıklı alçak binaların bulunduğu kentsel alanlar; yüksek ağaç yok.	2, 3, 5, 6, 9, 10, B
7.Yüzeyden Kayan	1.0	1 engel yüksekliği ile ayrılmış, büyük, benzer yükseklikte engellerle kaplı arazi (ör. olgun ormanlar). Önemli bina yüksekliği değişimi olmayan yoğun kentsel alanlar.	2, 4
8. Kaotik	≥ 2	Düzensiz dağılmış büyük engellere sahip peyzaj (örneğin, alçak ve yüksek binaların karışımı olan yoğun kentsel alanlar, birçok açıklığı olan geniş ormanlar).	1, 4, A

² YİB: Yerel İklim Bölgesi. Tez örneklemini oluşturan çalışma alanlarının sınıflandırma parametrelerinden biri de yüzey pürüzlülüğüdür. Bu yüzden ilerideki bölümlerde yer verilen (bkz. sayfa 28) bölge sınıflandırılmasının Davenport sınıfı karşılığı da tabloya eklenmiştir.

Görünür ve coğrafi olarak haritalanmış arazi bilgilerinin bir yüzey pürüzlülüğü tanımlamasına çevrilmesinde Davenport 'un (1960) sınıflandırma çabası, öncü bir çalışma olarak kabul edilmektedir. Homojenlikten bağımsız olarak gerçeğe uygun arazi türlerinin etkili pürüzlülüğünün, 1960 Davenport sınıflandırması tarafından en güvenilir şekilde tanımlandığı kanıtlanmıştır (Davenport vd. 2000). Wieringa 1992 yılında Davenport' un sınıflandırılmasında yeni arazi türleri ve tanımlamalarını da ekleyerek yenilemiş ve geliştirmiştir (Wieringa 1992). Sınıflandırmanın etkili aerodinamik pürüzleri tahmin etme açısından daha verimli bir araç haline gelmesinde geliştirme çalışmaları (Davenport vd. 2000) devam etse de günümüzde iklim çalışmaları kapsamında yapılan araştırmalarda Çizelge 2.2.' de yer alan sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır.

2.3.2. Yerleşim dokusu

Yüksek yoğunluklu kentsel alanlarda, rüzgâr hızı yavaş olma eğilimindedir ve dış mekân doğal havalandırması çevresel bir sorun haline gelir. Hong Kong'un kentsel alanlarında yerden 20 m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı, son 10 yılda yaklaşık %40 oranında 2,5 m/s'den 1,5 m/s'ye düşmüştür (Hong Kong Planning Departmanı 2005).

Tekil bir yapı etrafındaki rüzgâr hareketi ile bir grup bina çevresindeki rüzgâr hareketi farklı karakterlere sahiptir. Bu durum kentin farklı bölgelerindeki yapılaşmaya bağlı olarak rüzgâr performansında da farklılıklara neden olur. Yapılan birçok çalışmada farklı hacim-yükseklik ve genişlikteki yapıların çevresindeki rüzgâr ortamı ve mekân içi havalandırma potansiyeli izole edilmiş ya da varsayılmış bir çevre üzerinden değerlendirilmektedir (Tan ve Deng 2017; Yin vd. 2010; Oropeza-Perez ve Østergaard 2014; Cheung ve Liu 2011; Weerasuriya vd. 2019). 2019 yılında yapılan bir çalışmada, yoğun yerleşim dokusuna sahip bir şehirdeki hedef yapının hava kirliliği üzerinden havalandırma potansiyelini değerlendirmiştir. Mevcut bir kentsel doku içerisindeki hedef bir yapı üzerinde yapılan bu değerlendirmede ise yapının pencere yönelimine bağlı elde edilen değişimleri ortaya koymuştur (Costanzo vd. 2019).

Xie ve arkadaşlarının 2023 yılında yaptıkları çalışmada ise yalıtılmış bir yapı modelinin simülasyonu ile farklı yapı yerleşim yoğunluğuna sahip modellerin simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Varsayımsal modeller üzerinden yapılan bu simülasyonlarda ise kentsel ve kırsal alandaki doğal havalandırma saatleri arasındaki farkın yaklaşık % 50 ye yaklaştığı ortaya konulmuştur (Xie vd. 2023).

Bir bina ayrı duruyorsa veya çevresindekilerden çok daha uzunsa, rüzgâr basıncının bina üzerindeki davranışı hakkında çok şey bilinebilir. Bununla birlikte, benzer büyüklükteki bina grupları üzerinde rüzgâr basıncı ise daha bütüncül bir değerlendirme gerektirir. Bina kümelenmesi, binalar arası mesafe, bina yükseklikleri gibi değişkenlere sahip yapı yerleşimleri her binanın duvar yüzeyleri üzerindeki rüzgâr basıncını büyük ölçüde etkilemektedir. Rüzgâr basıncı, doğal havalandırma için temel bir güç kaynağıdır. Kapalı şehir blokları havalandırma için son derece elverişsizdir (Ying vd. 2020).

2.3.3. Kentsel boşluklar

Kentlerin rüzgâr ortamına yapılı çevredeki binaların varlığı kadar yokluğu da etki etmektedir. Meydanlar, parklar, yeşil alanlar gibi kamusal mekanlar özellikle sokak

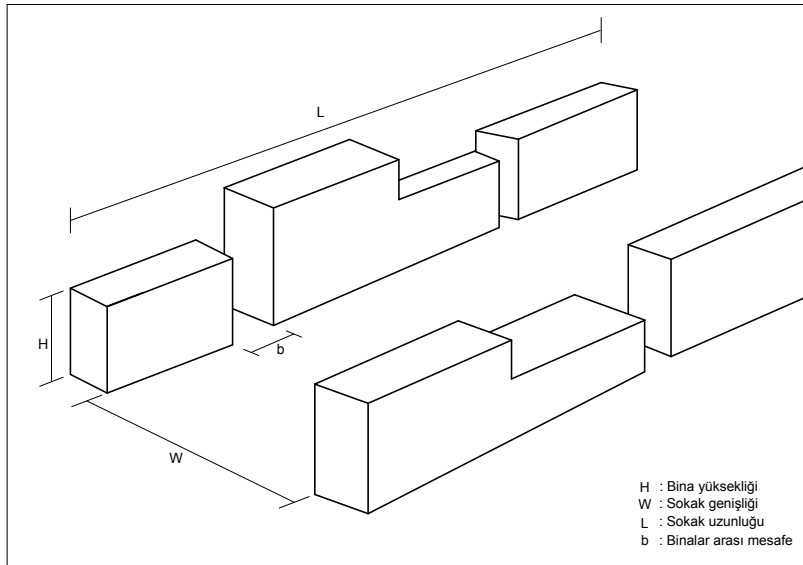
seviyesindeki kullanıcı konforunda etkili olmaktadır. Bu etki sıcak ve soğuk iklime bağlı olarak olumlu ya da olumsuz olabilmektedir. Geniş caddeleri, kent içi dere yataklarını vb. peyzaj açıklıklarının da kentsel boşluklar olarak tanımladığımızda bunları kent havalandırma kanalları olarak da değerlendirmek mümkündür. Kentin termal değerlerine etki ettikleri gibi rüzgâr ortamını da değiştirmektedirler. Bu uzun ya da geniş boşlukların yönelimleri ve içerisindeki kentsel ve doğal elemanların türü, boyutu rüzgâr hızını artırma ya da azaltmada etkilidir. Dış mekân havalandırmasının sınırlı olduğu durumlarda ya da kentsel alanlardaki bitki örtüsü arttırılmak istendiğinde, hava akışındaki sürtünme kuvvetine sadece binaların değil ağaçlarında oluşturacağı ek sürtünme kuvvetinin de dikkate alınması özellikle kentsel ölçekte peyzaj düzenlemelerinde dış mekân doğal havalandırması açısından önemlidir (Yuan vd. 2017).

2.3.4. Sokak düzenleri

2.3.4.1. sokak kanyonları karakteristik özellikleri

Sokak kanyonu ya da kentsel kanyon her iki tarafı binalardan oluşan cadde olarak tanımlanır. Son yıllarda kentlerdeki sokak kanyonlarının rüzgâr akışının etkisi üzerine yapılan çalışmalar birçok açıdan ve farklı ölçeklerde değerlendirilmiştir. Kentsel kanyonların geometrisi ile rüzgâr akışı ilişkisi genel olarak bu kanyonlardaki taşıt yoğunluklarının neden olduğu kirletici madde dağılımı bağlamında değerlendirilse de kentsel havalandırma, termal konfor ve yaya konforuna dahil çalışmalarda da ele alınmıştır.

Sokak kanyonlarındaki rüzgâr akışını etkileyen ve kanyonun geometrisini tanımlayan faktörler kanyon boyunca yer alan yapı yükseklikleri-kanyon yüksekliği (H), kanyon genişliği (W) kanyon uzunluğu (L) olarak kabul edilmektedir (Şekil. 2.12.).



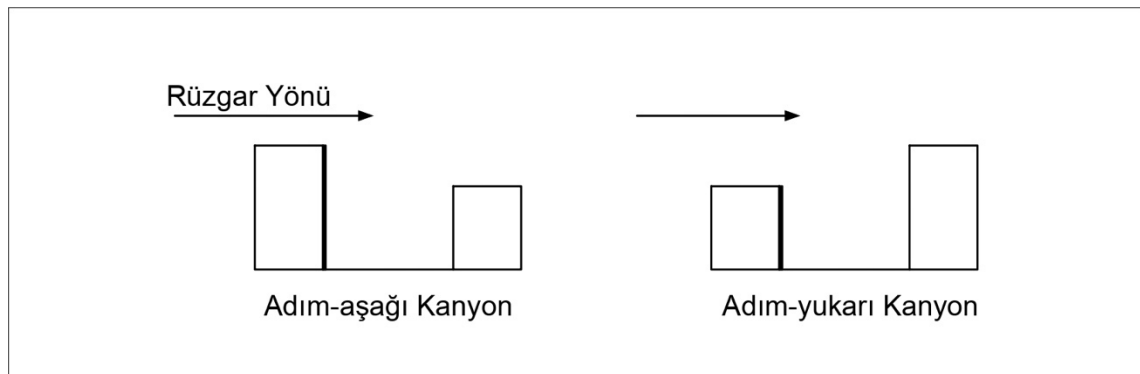
Şekil. 2.12. Kanyon geometrisi parametreleri (Oke vd., 2017)

Kanyon geometrisi kentsel kanyonun iklimsel özelliklerini de etkilemektedir. Kentsel kanyonların iklimi, sınır tabaka iklimlerini kontrol eden orta ölçekli kuvvetlerden ziyade öncelikle kanyon geometrisinin mikro-meteorolojik etkileri tarafından kontrol edilmektedir. (Hunter vd. 1992).

Kanyonlar Yükseklik / Genişlik oranına göre isimlendirildiğinde $H/W=1$ ise tekdüze sokak kanyonu, $H/W>0.5$ ise sığ sokak kanyonu, $H/W=2$ ise derin sokak kanyonu şeklinde ifade edilir. Kanyonun uzunluğu (L), sokak kanyonunu alt bölümlere ayıran iki ana kavşak arasındaki yol mesafesini ifade eder. Kanyon uzunluğunun kanyon yüksekliğine oranına göre kısa ($L/H=3$), orta ($L/H=5$) ve uzun ($L/H=7$) olarak adlandırılır (Ahmad vd., 2005). Kanyon en-boy oranı, kirlilik seviyelerini etkiler ve ayrıca maksimum kirliliğin olduğu cadde tarafının belirlenmesini sağlar (Pavageau vd. 1997).

Kanyon geometrisinin ve çevredeki çatıların konfigürasyonunun ve yanal sokak geçişlerinin varlığının güçlü bir etkisi bulunmuştur (Pavageau vd. 1997). Çatı konfigürasyonu kanyon içinde oluşan girdap biçimini etkiler (Kastner vd. 2004). Kentsel planlamada kanyon geometrisini oluşturan yükseklik, genişlik ve uzunluk parametrelerine ilişkin tekdüzelik kanyon havalandırmasını olumsuz etkiler. Tekdüze olmayan kat yüksekliği ve çatı konstrüksiyonları ile daha iyi havalandırma sağlamaktadır (Chan vd. 2001).

Çoğu çalışmada her iki tarafı da eşit yükseklikte yapılar bulunan simetrik kanyonlar üzerinden değerlendirilmektedir (Scaperdas 2000). İki tarafında farklı yüksekliklere sahip yapılar bulunan asimetrik kanyonlar, rüzgâr geliş yönündeki binanın kanyonun diğer tarafındaki binadan daha kısa olan yükselen (step-up) kanyonlar, rüzgâr geliş yönündeki binanın kanyonun diğer tarafındaki binadan daha uzun olan alçalan (step-down) kanyonlardır (Hoydysh vd. 1988) (Şekil. 2.13.)

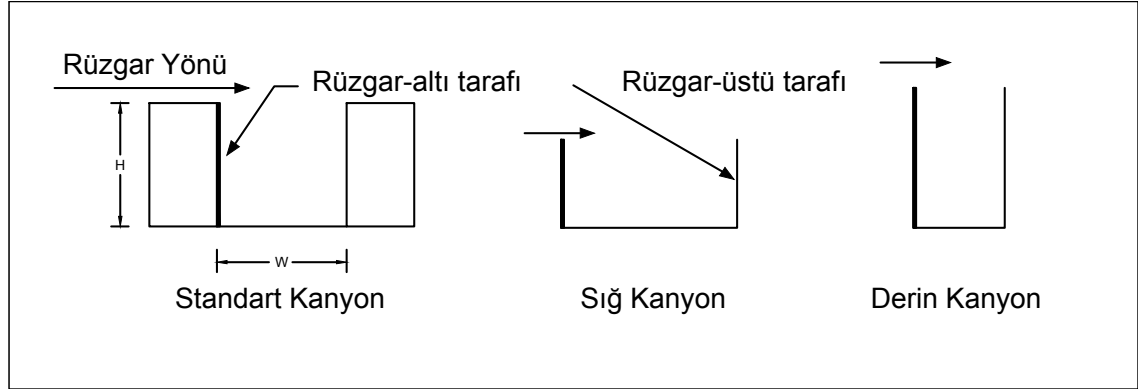


Şekil 2.13. Adım-yukarı (Step-up) ve Adım-aşağı (step-down) kanyon gösterimi (Oke vd. 2017)

2.3.4.2. sokak kanyonları rüzgâr akış rejimi

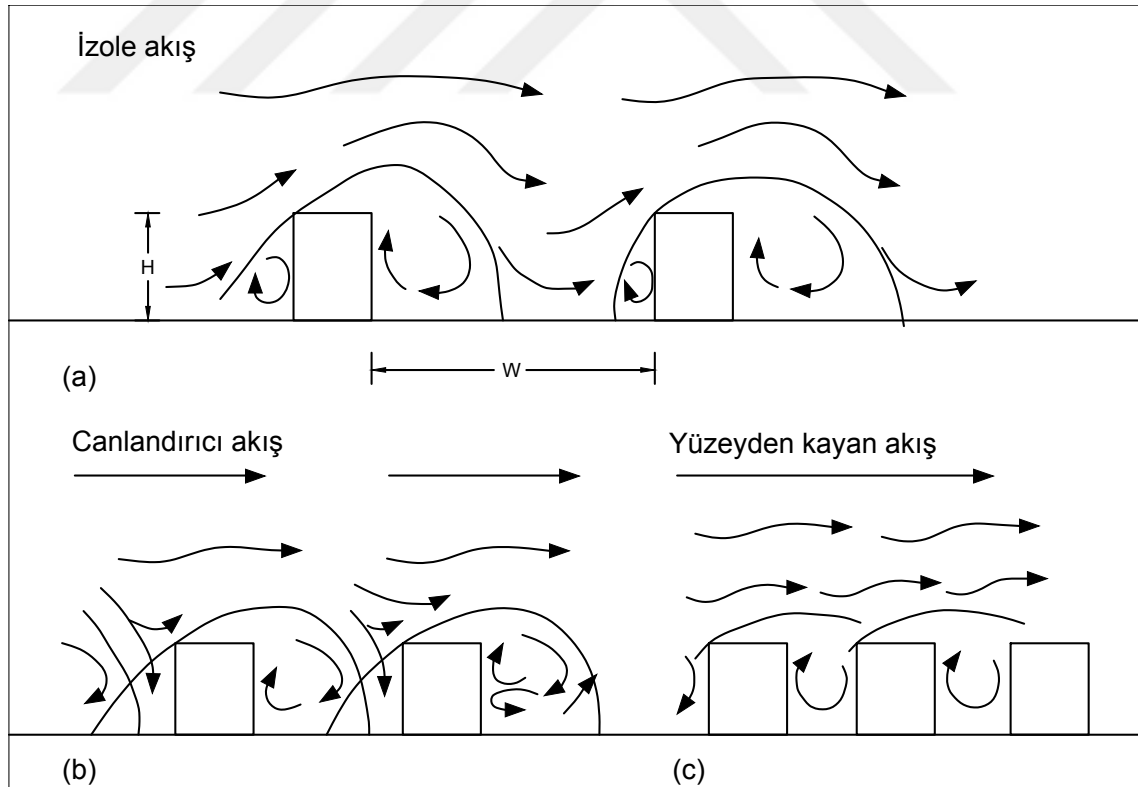
Sokak kanyonlarında rüzgâr akışı, kanyonun geometrik yapısına, kanyonların rüzgâr ile keşişim şekline ve kanyonların birbirleri ile etkileşimlerine bağlı olarak

farklılaşmaktadır. Bir kanyonun kanyon eksenine dik çatı seviyesindeki rüzgâr akış yönüne göre rüzgârın geldiği taraf (+basınç alanı) rüzgâr üstü/rüzgâr tarafı rüzgârın gittiği taraf (- basınç alanı) rüzgâr altı/rüzgâr ters tarafı olarak adlandırılmaktadır (Şekil. 2.14.).



Şekil 2.14. Binalarda rüzgâr-altı ve rüzgâr-üstü gösterimi (Oke vd. 2017)

Oke, kanyon eksenine göre dikey yaklaşan rüzgâr yönü için bina ve kanyon geometrilerinin düzenlerine göre üç tür rüzgâr akış rejimi tanımlamaktadır (Oke vd. 2017). Bu akış türleri Şekil 2.15.'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Farklı kanyon geometrilerinde rüzgâr akış rejimi (Oke vd. 2017)

İzole Akış (Isolated roughness flow);

İki bina arasındaki boşluk çok büyükse ve yükseklik nispeten düşükse, akış alanları etkileşime girmez (Ahmad vd. 2005). Binalar geniş aralıklı olduğunda ($H=W < 0.35$), izole binalarda olduğu gibi bireysel izler meydana gelir ve bir dizide, her bir elemana yaklaşan akış, elemanların rüzgâra karşı kalan etkileri tarafından bozulur ve İzole Pürüzlü Akış oluşur.

Canlandırıcı Akış (Wake interference flow);

Daha büyük yoğunluklarda ($0.35 < H=W < 0.65$) rüzgâr boyunca pürüzlülük elemanlarını ayıran mesafe, bina boşluğunun yatay boyutuna uymaya başlar. Rüzgâra karşı binanın arkasındaki boşlukta oluşan girdap, bir sonraki binanın rüzgâra karşı yüzeyindeki aşağıya akış ile güçlenir.

Yüzeyden kayan akış (Skimming flow);

Daha da yakın boşluklarda ($Y=W > 0.65$) çatı üstündeki akışın, sokak kanyonlarına girme eğilimi daha azdır ve binaların üst kısımlarından atlayarak ilerler. Bu durumda çatının üzerindeki akış, kanyonlardaki akıştan kısmen ayrılır fakat yukarıdaki ortalama akış, sokak kanyonu içinde oluşan girdaptaki sirkülasyona teğet sürdüren zayıf bir kuvvet sağlar. Zayıf rüzgâr koşullarında, bu etki bile neredeyse durgunluğun hüküm sürdüğü kanyonların tabanına momentum enjekte edebilir.

2.4. Sınıflandırma Konsepti

Kent ve iklim üzerine yapılan çalışmalarda sadece ‘kentsel’ ve ‘kırsal’ sınıflandırmasının yapılması kentteki mikro-iklim çalışmaları için yetersiz kalmaktadır. Kentsel mekanların morfolojik ve yapısal özelliklerinin de kentin iklimi ile değerlendirilmesini içeren farklı ölçeklerde çeşitli sınıflandırmalar mevcuttur. Sınırları 10 ya da 20 km’ye kadar olanları şehir ölçeği, 1 ya da 2 km’ye kadar olanları mahalle ölçeği, 100 ya da 200 metreden az olanları sokak ölçeği, 10 ya da 20 metreden az olanları da yapı ölçeği olarak değerlendirmek mümkündür (Cui vd. 2016).

Tezin amacı kapsamında örneklem alanlarının mahalle ölçeğinde tutulması uygun bulunmuştur. Bu doğrultuda kentin morfolojisine bağlı olarak farklı mikroiklim bölgelerinin belirlenmesinde Stewart ve Oke’nin, Yerel İklim Bölgeleri (YİB – LCZ: Local Climate Zone) sınıflandırması kullanılmıştır. Yerel iklim bölgeleri (YİB), yatay ölçekte geniş alanlara (yüz metreden birkaç kilometreye kadar) uzanan belirli bir yüzey örtüsü, yapı, malzeme ve insan faaliyetleri ile karakterize edilen bölgeler olarak tanımlanmaktadır (Stewart ve Oke 2012) (Çizelge 2.3.).

Çizelge 2.3. Yerel iklim bölgelerinin tanımları

YAPILAŞMA TÜRÜ	ARAZİ ÖRTÜSÜ TÜRÜ
LCZ-1: Kompakt çok katlı	LCZ-A: Yoğun Ağaçlar
LCZ-2: Kompakt orta katlı	LCZ-B: Dağınık Ağaçlar
LCZ-3: Kompakt düşük katlı	LCZ-C: Çalılık
LCZ-4: Açık çok katlı	LCZ-D: Alçak Bitkiler
LCZ-5: Açık orta katlı	LCZ-E: Çıplak kaya veya asfalt
LCZ-6: Açık düşük katlı	LCZ,0-F: Çıplak toprak veya kum
LCZ-7: Hafif alçak	
LCZ-8: Geniş alçak	
LCZ-9: Seyrek Yerleşim	
LCZ-10: Ağır Endüstri	

LCZ sınıfları yüzey karakterlerini tanımlamaktadır. Oke ve Stewart'ın hazırladığı Yerel İklim Bölgeleri tipik dokuları, toprak örtüleri, yapıları ve metabolizmaları nedeniyle yerel yüzey iklimlerini değiştirme kabiliyetlerine göre kümelenmiştir (Oke vd. 2017). YİB kümeleri yerleşme türü olarak 1-10 ve yüzey örtüsü türleri olarak da A-G olmak üzere toplamda 17 sınıftan oluşmaktadır (Çizelge 2.4.).

YİB-1- Kompakt çok katlı; Onlarca kattan oluşan yüksek binaların yoğun yerleşim düzeni görülür. Yapılar arası mesafe azdır. Yeşil alanlar ve geçirimli alan sayısı oldukça düşük veya hiç yok gibidir. Arazi örtüsü çoğunlukla asfalttır. Yapı malzeme özellikleri beton, çelik, taş ve camdır.

YİB -2- Kompakt orta katlı; 3 kattan 9 kata kadar olan orta yapı yüksekliğine sahip binaların yoğun yerleşim düzeni görülür. Yapılar arası mesafe azdır. Yeşil alanlar ve geçirimli alan sayısı oldukça düşük veya hiç yok gibidir. Arazi örtüsü çoğunlukla asfalttır. Yapı malzeme özellikleri taş, tuğla, kiremit ve betondur.

YİB -3- Kompakt düşük katlı; 1 kattan 3 kata kadar olan alçak yapı yüksekliğine sahip binaların yoğun yerleşim düzeni görülür. Yapılar arası mesafe azdır. Yeşil alanlar ve geçirimli alan sayısı oldukça düşük veya hiç yok gibidir. Arazi örtüsü çoğunlukla asfalttır. Yapı malzeme özellikleri taş, tuğla, kiremit ve betondur.

YİB -4- Açık çok katlı; Onlarca kattan oluşan yüksek binalardan oluşan açık yerleşim düzeni görülür. Yapılar arasında mesafe bulunur. Alçak bitkiler, dağınık ağaçlar, çimler vb. gibi oldukça bol geçirgen toprak örtüsüne sahiptir. Yapı malzeme özellikleri beton, çelik, taş ve camdır.

YİB -5- Açık orta katlı; 3 kattan 9 kata kadar olan orta yapı yüksekliğine sahip binalardan oluşan açık yerleşim düzeni görülür. Yapılar arasında mesafe bulunur. Alçak bitkiler, dağınık ağaçlar, çimler vb. gibi oldukça bol geçirgen toprak örtüsüne sahiptir. Yapı malzeme özellikleri beton, çelik, taş ve camdır.

YİB -6- Açık düşük katlı; 1 kattan 3 kata kadar olan alçak yapı yüksekliğine sahip binalardan oluşan açık yerleşim düzeni görülür. Yapılar arasında mesafe bulunur. Alçak bitkiler, dağınık ağaçlar, çimler vb. gibi oldukça bol geçirgen toprak örtüsüne sahiptir. Yapı malzeme özellikleri ahşap, tuğla, taş, kiremit ve betondur.

YİB -7- Hafif alçak; tek katlı binalardan oluşan yapıların yoğun yerleşim düzeni görülür. Yapılar arası mesafe azdır. Yeşil alanlar ve geçirimli alan sayısı oldukça düşük veya hiç yok gibidir. Arazi örtüsü çoğunlukla sert geçirimsizdir. Yapı malzeme özellikleri ahşap, saz, oluklu metal vb. gibi hafif malzemelerdir.

YİB -8- Geniş alçak; 1 kattan 3 kata kadar olan büyük ve geniş hacimli yapılardan oluşan açık yerleşim düzeni görülür. Yeşil alanlar ve geçirimli alan sayısı oldukça düşük veya hiç yok gibidir. Arazi örtüsü çoğunlukla asfalttır. Yapıların malzeme özellikleri beton, çelik, taş ve metaldir.

YİB -9- Seyrek Yerleşim; 1 kattan 3 kata kadar olan alçak yapı yüksekliğine sahip küçük binalardan oluşan doğal ortamda yer alan seyrek yerleşim düzeni görülür. Yapılar arasında oldukça fazla mesafe bulunur. Alçak bitkiler, dağınık ağaçlar, çimler vb. gibi oldukça bol geçirgen toprak örtüsüne sahiptir.

YİB -10- Ağır Endüstri; Düşük katlı ve orta katlı endüstriyel yapılardan (kuleler, tanklar, bacalar) oluşan yerleşim düzenine sahiptir. Yeşil alanlar ve geçirimli alan sayısı oldukça düşük veya hiç yok gibidir. Arazi örtüsü çoğunlukla asfaltlanmış veya sert geçirimsizdir. Yapı malzeme özellikleri metal, çelik ve betondur.

YİB -A- Yoğun Ağaçlar; Yaprak döken ve / veya yaprak dökmeyen ağaçların yoğun ormanlık alanı. Arazi örtüsü çoğunlukla geçirgendir (alçak bitkiler). Bölge işlevi doğal orman, ağaç yetiştirme veya şehir parkıdır.

YİB -B- Dağınık Ağaçlar; Yaprak döken ve / veya yaprak dökmeyen ağaçlardan oluşan hafif ağaçlık arazi. Arazi örtüsü çoğunlukla geçirgendir (alçak bitkiler). Bölge işlevi doğal orman, ağaç yetiştirme veya şehir parkıdır.

YİB -C- Çalılık; Çalılar, çalılar ve kısa odunsu ağaçların açık düzenlenmesi. Arazi örtüsü çoğunlukla geçirgendir (çıplak toprak veya kum). Bölge işlevi doğal çalılık veya tarımdır.

YİB -D- Alçak Bitkiler; Çim veya otsu bitkiler / mahsullerin özelliksiz peyzajı. Çok az ağaç var veya hiç yoktur. Bölge işlevi doğal otlak, tarım veya şehir parkıdır.

YİB -E- Çıplak Kaya veya Asfalt; Kaya veya asfalt kaplamanın niteliksiz peyzajına sahiptir. Ağaç veya bitki az veya hiç yoktur. Bölge işlevi doğal çöl (kaya) veya kentsel ulaşımdır.

YİB -F- çıplak toprak veya kum; Toprak veya kum örtüsünün niteliksiz peyzajına sahiptir. Ağaç veya bitki az veya hiç yoktur. Bölge işlevi doğal çöl veya tarımdır.

YİB -G-Su; Denizler ve göller gibi büyük, açık su kütleleri veya nehirler, rezervuarlar ve lagünler gibi küçük kütleleri tanımlar

Çizelge 2.4.YİB sınıflandırma parametreleri. Pürüzlülük elemanlarının yüksekliği (m) hariç tüm özellikler birimsizdir (Stewart ve Oke 2012).

LCZ Sınıfları	Gökyüzü görünümü faktörü ¹	En boy oranı ²	Bina yüzeyi kesiri ³	Geçirimsiz yüzey Kesiri ⁴	Geçirimli yüzey Kesiri ⁵	Pürüzlülük elemanlar Yüksekliği ⁶	Arazi pürüzlülük sınıfı ⁷
LCZ-1:							
Kompakt çok katlı	0.2-0.4	> 2	40-60	40-60	< 10	> 25	8
LCZ-2:							
Kompakt orta katlı	0.3-0.6	0.75-2	40-70	30-50	< 20	10-25	6-7
LCZ-3:							
Kompakt düşük katlı	0.2-0.6	0.75-1.5	40-70	20-50	< 30	3-10	6
LCZ-4:							
Açık çok katlı	0.5-0.7	0.75-1.25	20-40	30-40	30-40	> 25	7-8
LCZ-5:							
Açık orta katlı	0.5-0.8	0.3-0.75	20-40	30-50	20-40	10-25	5-6
LCZ-6:							
Açık düşük katlı	0.6-0.9	0.3-0.75	20-40	20-50	30-60	3-10	5-6
LCZ-7:							
Hafif alçak	0.2-0.5	1-2	60-90	< 20	<30	2-4	4-5
LCZ-8:							
Geniş alçak	> 0.7	0.1-0.3	30-50	40-50	< 20	3-10	5-6
LCZ-9:							
Seyrek Yerleşim	> 0.8	0.1-0.25	10-20	< 20	60-80	3-10	5-6
LCZ-10:							
Ağır Endüstri	0.6-0.9	0.2-0.5	20-30	20-40	40-50	5-15	5-6

1. Yer seviyesinden görülebilen gökyüzü yarım küre miktarının engellenmemiş bir yarımküreye oranı,
2. Sokak kanyonlarının ortalama yükseklik-genişlik oranı (m),
3. İmar planı alanının toplam plan alanına oranı (%),
4. Geçirimsiz plan alanının (asfalt, kaya) toplam plan alanına oranı (%)
5. Geçirgen plan alanının (çılak toprak, bitki örtüsü, su) toplam plan alanına oranı (%)
6. Bina yüksekliklerinin geometrik ortalaması (m)
7. arazi engebeliğini (z0) sınıflandırması.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

3.1.1. Çalışma alanı genel özellikleri

Antalya ili sahip olduğu yüz ölçümü bakımından Türkiye'nin altıncı büyük ilidir. Türkiye'nin güneyinde yer alan il $36^{\circ} 54' 29''$ kuzey enlemleri ile $30^{\circ} 41' 44''$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Güneyinde Akdeniz'e kıyısı bulunan kentin batısında Muğla, doğusunda Mersin ve Konya, kuzeyinde ise Isparta ve Burdur illeri yer almaktadır. Antalya ili Akdeniz bölgesindeki diğer kentlere kıyasla sahip olduğu tarihi yapısı, doğal zenginlikleri, iklimi ve turizm olanaklarıyla hem ulusal hem de uluslararası düzeyde önemli bir konuma sahiptir.

Antalya'nın topografyasının ortalama %78'i dağlık, %10'u düzlük, %12'si ise engebeli bir yapıya sahiptir. Kırsal yerleşimlerin yaklaşık %80'i dağlık alanlarda ve dağ eteklerinde yer almaktadır. Antalya'nın sahip olduğu deniz ve dağlar, kentin yerleşim düzenini etkileyen önemli faktörlerdendir. Antalya kenti denize paralel uzanan Toroslar ve kıyı arasındaki düzlüklerde kurulmuş ve kent kıyı boyunca ilerlemiştir.

Kentin mekânsal gelişimine adımlar 20. yüzyıl başlarında atılmıştır. Cumhuriyet'in etkisi ile 1930'lu yıllardan itibaren önemli bir dönüşüm gerçekleşmiştir. 1936 yılında kent haritası oluşturulmuş ve kentin ana akslarını oluşturan üç büyük caddenin (Atatürk, Ali Çetinkaya, Kazım Özalp) yapımı gerçekleşmiştir. Kent yüzyılın başında Kaleiçi ve çevresinde kompakt bir büyüme gerçekleştirdiği görülmektedir. Kentin kuzey aksındaki büyüme ise sınırlı kalmıştır. Bu durumun etmenlerden biri de rüzgâr olmuştur. Kentin ilk imar planı hazırlanırken Rasih Kaplan'ın dikkat çektiği nokta şu olmuştur (Dayar 2021);

“Planda göz önüne tutacağımız mühim noktalardan biri de şehri ne tarafa büyütmektir...Hükûmet Konağı'nın kuzeyi, görüyoruz ki senenin bütün mevsiminde doğu ve güney rüzgârlarının sivrisinekleri teksif ettiği noktadır. Bunun nedeni de bu sahanın ardındaki Kepez sırtlarının rüzgâr cereyanına mâni olmasıdır. Bu sebeple bu kısımda şehri genişletmek doğru olmayacaktır.”

Diğer bir yandan 1940'lardan sonra kentte gerçekleşen nüfus artışı konut ihtiyacı oluşturmuş ve kentin batı sınırının dışına çıkılmasını gerektirmiştir. Buna çözüm olarak kooperatifler kurulmuş ve apartmanlar inşa edilmeye başlamıştır. Kentteki bu yapılaşma ile 1950'lilerdeki az katlı bahçeli yapılar yerini çok katlı yapılara bırakmaya başlamıştır. Geçmişte tarım alanları olarak kabul edilen bölgeler yapılaşmaya açılmış ve düşük yoğunluklu bölgelerde yoğunluklar artmaya başlamıştır. Kent batı ve kuzey yönlerine doğru genişlemiştir. 1970'lerden itibaren ise artan turizm faaliyetleri kentin kıyı kesimindeki değişimlerin başlangıcı olmuştur. Deniz turizmi Antalya kıyılarındaki otel yapılaşmasını önemli oranda arttırmıştır. Bu durum kıyının kentle olan ilişkisini de etkilemiştir. Kıyıdaki büyük otel yapıları kimi zaman bir set etkisi yaratmakla birlikte çevresinin homojenliğini de olumsuz etkilemiştir.

Antalya kentinin sanayi faaliyetleri oldukça sınırlı kalmıştır. 20. yüzyılın başlarında Antalya'da şehir merkezine iki saat mesafede bulunan sadece bir kiremit

Falez Parkı, Erdal İnönü Kent Parkı, Düden Park gibi büyük yeşil alanlar yer alırken kent içinde Narenciye Bahçesi, Dokuma Parkı, Hayat Park, Zeytin Park Kent Ormanı, Andızlı Mezarlığı, Uncalı Mezarlığı, Akdeniz Üniversite Kampüsü, Karayolları Genel Müdürlüğü gibi farklı kamusal düzeylerde geniş yeşil alanlar bulunmaktadır. Daha küçük sınırlara sahip yeşil alanlar ise mahallelere göre değişkenlik göstermektedir. Kaleiçi, Balbey gibi yapı yoğunluğunun fazla olduğu eski yerleşim yerlerinde ve kentin merkezinde kalan yapıların kendine ait küçük avluları ya da mahalle arasında küçük parkları mevcuttur. Fakat sonradan gelişen ve çoğunlukla sitelerden oluşan yerleşim alanlarında sitelerin kendine ait yeşil alanları ve geniş mahalle parkları mevcuttur. Mahallelerde yer alan parklar ise farklı boyut ve işlevlerde olmakla birlikte yoğun yerleşim bulunan bölgelerdeki yeşil alanların sayısı yetersiz görünmektedir.

Kat yüksekliği; Kentteki yapıların yükseklikleri yapı standartları ve imar politikaları gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Antalya'nın sahip olduğu coğrafi yapı da bu çeşitliliğin oluşmasında bir etkidir. Bu durum sahil şeridi boyunca uzanan şehirde, sahilin birçok bölgesinde yüksek binalardan oluşan bir yapılaşmaya neden olmaktadır. Kıyı da yer alan düşük katlı yapılaşma bölgeleri ise sınırlıdır. Bu bölgelerden biri kentin birincil merkezi olan ve bir kıyı yerleşim bölgesi olan Kaleiçi bölgesidir. Geleneksel konutların bulunduğu bir ya da iki kat maksimum üç kat yüksekliğine sahip yapılardan oluşmaktadır. Diğer düşük katlı yapılar ise sahil şeridinin sonlarında çeperlerde kalan bölgelerdedir. Bu bölgeler dışında kalan kıyı yerleşimlerinde ise çoğunluk yüksek katlı (20-25 m) konut yapıları ile büyük konaklama yapılarından oluşmaktadır. Antalya bir büyükşehir olmasına rağmen kent merkezinde ve çevresinde yüksek gökdelenler ve rezidanslar mevcut değildir. En yüksek yapıların ortalaması 15 kata tekabül etmekte ve bu durumda yapılaşma yüksekliği yaklaşık 50 metreyi geçmemektedir. Kentin çoğunluğu ise dört-beş kattan oluşan konut yapılarından meydana gelmektedir.

Yapı türü; Kent geometrisini oluşturan farklı karaktere sahip birçok yapı bulunmaktadır. Ayrık, bitişik ve blok yapı düzenine uygun yapılaşma koşullarına bağlı olarak kent içinde farklı yerleşim dokuları oluşmuştur. Yüksek katlı yapılaşmanın olduğu bölgelerin çoğunda blok ya da ayrık yapı düzenleri uygulanırken kent merkezinde yer alan eski yerleşim bölgelerinde ya da daha orta-katlı ama yoğun yapılaşmaya sahip bölgelerde ayrık düzen ayrık ikiz düzen birlikte yer almaktadır. Bu yerleşim dokuları doğrusal, serbest ya da kümelenme şeklindedir. Yerleşim dokusuna baktığımızda eski yerleşim merkezinde müstakil ve apartmanlardan oluşan yapılarda dağınık-serbest bir yerleşim biçimi hakimdir. Kentin genişleyen çeperlerinde yer alan serbest yerleşime sahip düşük yoğunluklu alanlar ise sitelerden oluşan kümeli bir yapılanmaya dönüşmektedir. Konut yapıları çoğunlukla kıyı şeridinin ikinci sıra parselinden itibaren başlamaktadır. Kıyı boyunca ise kentin ticari yapıları, konaklama yapıları (otel, kafe, restoran vb.) ve rekreasyon alanları yoğunluktadır.

Çevresine göre oldukça büyük hacimlere ulaşabilen alış-veriş merkezleri- kültür merkezleri, hastane, stadyum, otel gibi yapılar kentin çeşitli bölgelerinde bulunmaktadır. Kamusal alan kullanımı içeren yapı örnekleri bir kısmı kent merkezinde kalmış (Markantalya AVM, Erasta AVM, Terracity AVM, Doğu Garajı, Stadyum, Eğitim Araştırma Hastanesi, Tıp Fakültesi) çevresi yoğun yapılaşma alanına sahip bölgelerdedir. Diğer kısmı da kıyıda ya da kent çeperinde (Migros, Agora AVM, Mall of Antalya AVM, Adalet Sarayı) çevresi açık ya da yeşil alanlara sahip bölgelerdedir. Dokudaki

homojenliği bozan bu yapıların çevresindeki rüzgâr ortamları da çevreden farklılık göstermektedir. Özellikle kimi durumlarda (olumsuz hava koşullarında) yaya seviyesindeki kullanıcılar için olumsuz durumlara neden olabilmektedir. Bu yüzden kentlerin rüzgâr ortamlarına etkileri göz ardı edilmemelidir.

Yerleşim tipolojileri

Yerleşim tipolojisi, yapıların boşluklarla bir araya geliş biçimleri ve oluşturdıkları düzene, yerleşimin fiziksel yapısına dayanmaktadır. Yerleşimleri şekillendiren sokak düzeni, ada/parsel biçimlenişi, yapı formu gibi unsurlar ve bunların ilişkileri incelenerek biçimsel özelliklere bağlı sistematik bir sınıflandırma yapılmıştır. Çalışma alanları Şekil 3.2.'de gösterilen genel başlıklar ve detayları ile değerlendirilmiştir.

Tip-A: Geleneksel Konut Yapılaşması: Tek ve iki katlı yapıların çoğunlukla bitişik nizam düzeninde bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Çoğu yapının kendine ait bir bahçesi ya da avlusu mevcuttur. Her yöne giden ve farklı açılarla kesişen düzensiz ve değişken sokakları ile organik bir yerleşim dokusu oluşturmaktadır.

Tip-B: Lineer Sıralı Apartman Yapılaşması: Sokak ya da cadde boyunca benzer kat yüksekliklerine sahip ayırık nizamda sıralanmış muhtelif yapılardan oluşmaktadır. Kentin yoğun nüfuslu alanlarında sıklıkla gözlenmektedir. Sokaklar daha düzenli ve benzer genişliklerde doğrusal açılarla birleşen yapıdadır. Kavisli bir aks boyunca oluşan yapılaşma şekli de bu tipolojiye dahil edilebilmektedir.

Tip-C: Lineer Bahçeli Site-Kümelî Yapılaşma: Çoğunlukla kentin sınırlarında (çeperlerinde) yer alan ortak alanlar etrafında (bahçe, havuz, avlu, park vb.) birden fazla yapının ayırık nizamda yerleşmesidir. Yapıların sokakla ilişkisi dolaylıdır. Her bir site çevresindeki kapalı duvarları, sahip olduğu farklı yerleşim özellikleri ve yapı sayısından dolayı daha içe dönük karaktere sahiptir. Sitelerin bu yapısı bir kümeyi ifade etmektedir.

Tip-D: Lineer Blok Yapılaşma: Çevresindeki yapı formlarından bariz şekilde farklılık gösteren kimi zaman birden fazla parselin kapsayan büyük hacimli mimari yapıların mevcut olduğu yerleşimlerdir. AVM, otel, kamu yapısı gibi farklı işlevlere sahip bu yapılar çevrelerini de etkilemektedir. Sahip oldukları meydan, bahçe gibi boşluklar yerleşim alanının doluluk boşluk dengesini değiştirmektedir.

Tip-E: Plansız ve Dağınık Yapılaşma: Düzensiz ve genellikle doğrusal olmayan her yöne giden sokakların etrafında ve bu sokaklara farklı mesafelerde hizalanmış yapılaşma türüdür. Yapıların birbirleri ile mesafeleri çok değişkendir. Heterojen bir yerleşim düzeni sergilemektedir. Bu yapılaşma şeklinde ise çoğunlukla iki ya da üç kattan oluşan konut yapıları mevcuttur.

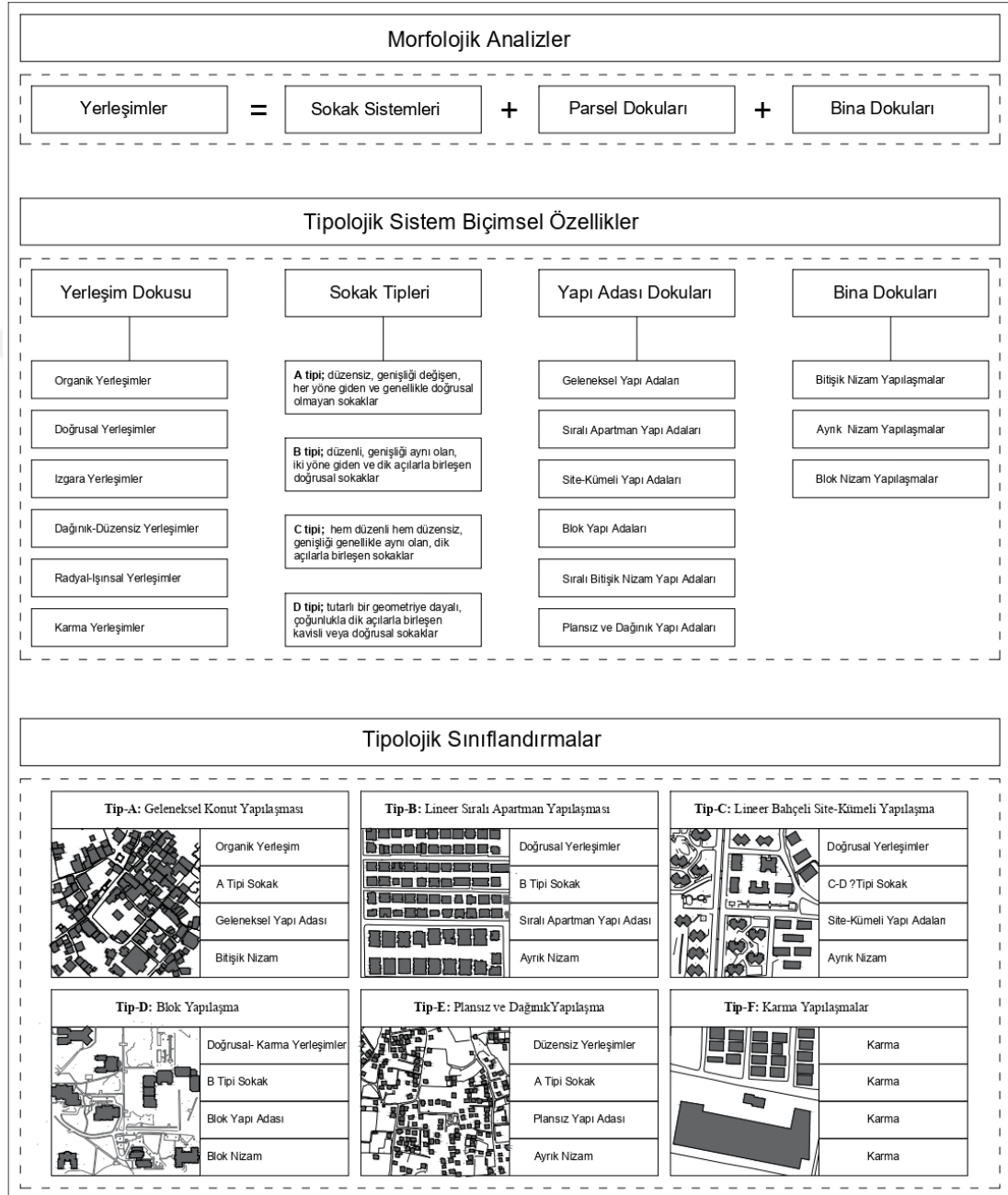
Tip-F: Karma Yapılaşmalar: Bir yerleşim bölgesinde farklı yapı türleri ve çeşitli işlevleri (kamu yapısı, ticari alan, konut vb.) içinde barındıran, kimi zaman iki farklı tipolojinin bir arada yer aldığı yapılaşma türüdür. Karma yapılaşmalar sahip oldukları tipoloji birlikteliklerine göre üç alt grupta değerlendirilmiştir;

Tip-F1: Lineer Blok Karma Yapılaşması

Tip-F2: Kümeli Blok Karma Yapılaşması

Tip-F3: Otel- Sıralı Karma Yapılaşması

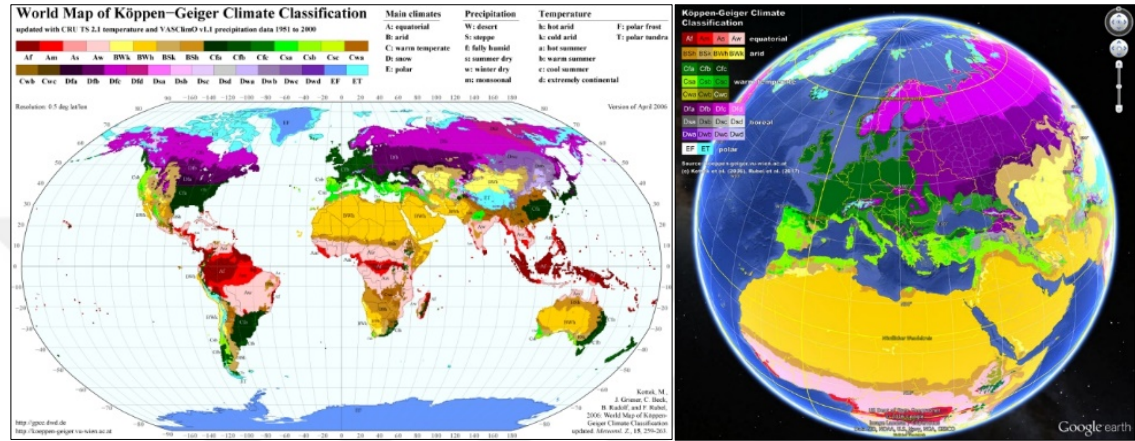
Tip-F4: Açık Alan Sıralı Karma Yapılaşması



Şekil 3.2. Yerleşim tipolojileri sınıflandırma şeması

3.1.2. İklim özellikleri

İklimlerin sınıflandırılmasında birden fazla yöntem kullanılmaktadır ve en yaygın kullanılanlardan biri de Köppen-Geiger iklim sınıflandırma sistemidir. Şekil 3.3.'de Wladimir Köppen tarafından 1884 yılında yapılmış ve Geiger ile geliştirilip son halini alan Köppen İklim Sınıflandırması Dünya Haritası olarak yayınlanmış hali yer almaktadır (Köppen ve Geiger 1954.) Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasının küresel ölçekte bir sistem olması ve bu doğrultuda çalışmalarda ortak zemin oluşturması bakımından kullanışlıdır.

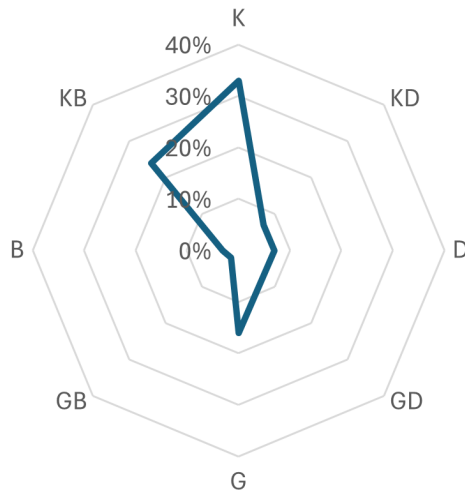


Şekil 3.3. Köppen-Geiger iklim sınıflandırması

Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye’de 13 farklı Köppen-Geiger iklim bölgesi olduğu ortaya konulmuştur. Bu sınıflandırmaya göre Akdeniz kıyıları “ılıman-kurak-sıcak yazıya sahip iklim- Csa” sınıfında yer almaktadır.

Kentin merkezindeki hâkim rüzgâr kuzey ve güney yönündedir (Şekil 3.4.). Kışın soğuk, yazın sıcak esen poyraz ise kuzeybatı yönünden esmektedir. Antalya kıyı şeridinde rüzgâr özellikleri kent merkezine göre farklılık göstermektedir. Kuzeydoğudan esen poyrazın deniz ile etkileşimi sayesinde yazın serinletici bir özellik kazanmaktadır.

Bölgenin fiziksel özellikleriyle ilişkili olarak kente etki eden hâkim rüzgârlardan biri de meltemlerdir. Akdeniz’den gelen deniz meltemi ve çevresindeki dağlardan kaynaklanan dağ meltemi Antalya’nın rüzgâr karakterinde önemli etkilere sahiptir. Antalya’ya özgü rüzgârlardan biri de doğudan esen serinletici etkiye sahip Manavgat rüzgârıdır. Antalya sahilini sınırlayan dağlar arasındaki vadilerden aksam üstleri kısa süreyle esen, bölgeye özgü diğer bir rüzgâr türü “Dökün” adı verilen rüzgârdır ve serinletici bir etkiye sahiptir (Régnier 2011).



Şekil 3.4. Antalya 2000-2024 yılları arası hâkim rüzgâr yönünün yüzdelik dağılımı (Anonim 8)

3.1.3. Çalışma alanları

Çalışma alanlarının sınıflandırılmasında Antalya halihazır planı ve uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Belirlenen alanların fotoğrafları da çekilerek mevcut duruma ilişkin veriler toplanmıştır. Seçilen alanların YİB sınıflarının üst üste gelmemesi için, her YİB'nin minimum 400-1.000m çapında olmalıdır (Stewart ve Oke 2012). Bu doğrultuda tez kapsamındaki belirlenen YİB sınıfları 400X400 m olarak sınırlandırılmıştır. Çalışma alanı sınır ölçüsünün belirlenirken yerleşimlerin yatay ve düşey düzlemdeki homojen dağılımları da dikkate alınmıştır. Bir düzlemde homojen bir dağılım yakalansa da diğerinde heterojen olma ihtimali vardır (Oke vd. 2017). Ölçek küçüldükçe yerleşim dokusunun yatayda heterojen olma durumu artarken düşeyde ise azalmaktadır. Bu yüzden çalışma alanının sınırları mahalle ölçeğinde (~100 m'den 1 km'ye) tutulmuştur (Britter and Hanna 2003).

Homojen bir YİB sınıflandırması her kent için mümkün olamamaktadır. Antalya metropol bir kent olmadığından yüksek katlı yerleşim yerleri (ortalama kat yüksekliğinin 25 m ve üstündeki) oldukça küçük alanlarla sınırlı kalmış ve homojen bir yerleşim sağlamamıştır. Aynı zamanda ekonomik yapısı sanayiye dayanmadığı için endüstriyel yapıları içeren ağır sanayi yapıları da mevcut değildir. Bu nedenler doğrultusunda Antalya'da YİB-1 ve YİB-10 sınıflandırmalarına ait örneklem alanları çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışma alanlarının seçiminde karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılabilmesi açısından benzer karakterlerde alanlar seçilmesine dikkat edilmiştir. Tüm YİB sınıflandırmalarında yapı türünü çoğunlukla konut yapıları oluşturmaktadır.

Bunların sonucunda kentin farklı bölgelerinden farklı yerleşim özelliklerine sahip sekiz adet örneklem alanı belirlenmiş ve kent içerisindeki konumları Şekil 3.5. 'de gösterilmiştir. Bunlar;

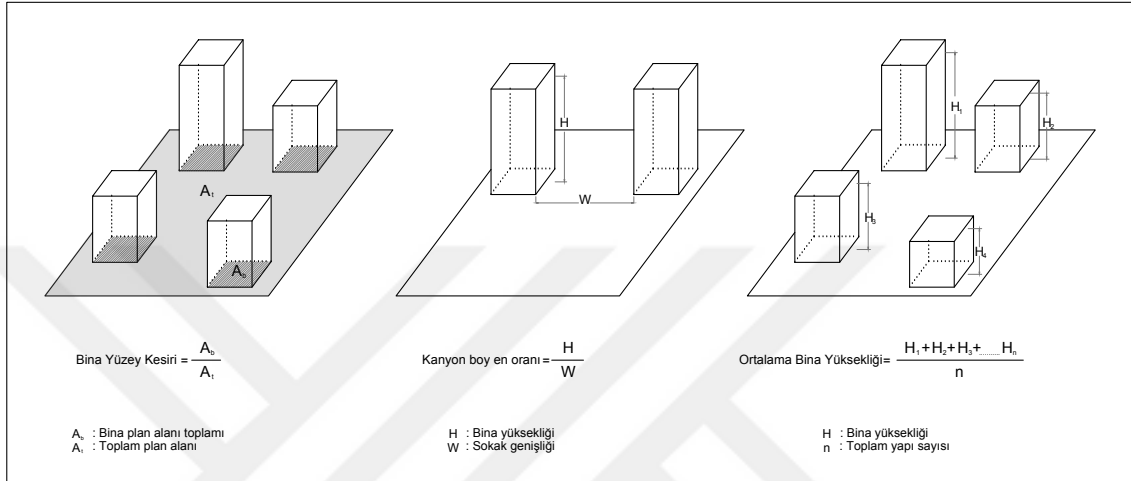
Örneklem-1: Memurevleri Mahallesi -YİB-2

Örneklem-2:	Kılınçarslan Mahallesi	-YİB-3
Örneklem-3:	Uluç Mahallesi	-YİB-4
Örneklem-4:	Altinkum Mahallesi	-YİB-5
Örneklem-5:	Liman Mahallesi	-YİB-5
Örneklem-6:	Fener Mahallesi	-YİB-5
Örneklem-7:	Fener Mahallesi	-YİB-6
Örneklem-8:	Tolunay Mahallesi	-YİB-9



Şekil 3.5. Örneklem alanlarının kent içi konumları

Her bir YİB sınıfı nicel parametrelere göre belirlenmektedir. Çalışma kapsamında çizelge 2.4.2’de yer alan yüzey özelliklerinde üç kriter dikkate alınmıştır; yapılaşma yoğunluğunu gösteren bina plan(taban) alanının toplam plan alanına oranı ile hesaplanan bina yüzey kesir değeri, yerleşim yerlerindeki yapı yüksekliklerinin cadde (kanyon) genişliklerine oranı ve son olarak da yerleşimlerdeki yapı elemanlarının ortalama yükseklik değeri. Bu üç değer de rüzgâr çalışmaları için kullanılan ortak kriterler olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerin hesaplanmasına dair şematik gösterimler Şekil 3.6.’ de yer almaktadır.



Şekil 3.6. YİB parametrelerinin hesaplanmasına dair şematik gösterimler

Kent merkezi değerlendirildiğinde genel olarak yerel iklim bölgesi sınıflandırılmasında YİB-5 sınıfının hâkim olduğu görülmektedir. Kentlerin sahip olduğu heterojen yapıdan dolayı farklı tipolojilere sahip YİB-5 bölgeleri de araştırma kapsamına dahil edilmiştir. Böylelikle hem farklı YİB alanları arasında hem aynı YİB alanları arasında değerlendirme yapma olanağı elde edilmiştir.

3.1.3.1. Örneklem-1: Memurevleri Mahallesi

YİB-2- orta katlı yerleşim alanı olarak kentin iç bölgesinde yer alan Memurevleri mahallesi seçilmiştir. Ayrık nizamda ızgara yerleşim düzenine sahiptir. Genişliği sokak boyunca aynı ilerleyen düzenli sokakları mevcuttur. Sokaklar dik açı ile birbirini kesmektedir. Ana caddelerin bulunduğu baskın sokak yönelimi kuzeydoğu-güneybatı aksındadır. YİB alanları içerisinde en yüksek yapı yoğunluğu bu bölgededir. Yapı türü olarak bu bölgede konut yapıları ağırlık göstermektedir. Tüm sokak ve caddeleri boyunca yer alan binalardan oluşması bakımından yerleşim alanı Lineer Sıralı Apartman Yapılaşması Tipolojisi-B sınıfına dahildir.

Yapı yoğunluğu %41,26 olarak hesaplanmıştır. Ortalama kanyon en boy oranı 0,91 olarak ölçülmüştür. Orta katlı yerleşim alanı olan bu bölgede kat yükseklikleri ortalaması ise 19,65 m çıkmıştır. Yeşil alan yoğunluğu oldukça azdır bina çevresinde tekil ağaçlardan ya da çalılardan oluşmaktadır. Seçilen yerleşim bölgesinde herhangi bir kamusal park bulunmamaktadır. Kamusal alan olarak bölgenin kuzey-batısında bir okul

yapısı yer almaktadır. Tüm bu değerler şekil 3.7.'de özetlenmiştir.

3.1.3.2. Örneklem-2: Kılınçarslan Mahallesi

YİB-3 kompakt düşük katlı yerleşim sınıflandırmasında Antalya'nın eski kent merkezi olan ve geleneksel yapılardan oluşan (Kaleiçi) Kılınçarslan mahallesi örneklem alanı olarak seçilmiştir. Genellikle bitişik nizam tek ya da iki katlı ve avlulu konutlardan oluşmaktadır. Oldukça kompakt bir yerleşim alanı olan bu bölgenin yapı yoğunluk oranı (=bina yüzey kesiri %43,90 olarak hesaplanmıştır. Kentsel sit alanı olmasından kaynaklı kat yüksekliği üç metreden fazla olan yapı sayısı oldukça azdır. Yerleşim alanındaki ortalama kat yüksekliği 5,4 m olarak hesaplanmıştır. Dar sokaklardan oluşan organik bir yerleşim dokusuna sahiptir. Sokakları ortalama iki-üç metre genişliğindedir. 1,65 olarak hesaplanan kanyon genişliği çalışma alanları arasındaki en yüksek değere sahiptir. Kentin en belirgin geleneksel dokusunu oluşturan bu bölge Geleneksel Konut Yapılaşması Tipoloji-A sınıfında yer almaktadır.

Geleneksel konutlar genellikle konaklama birimleri ve ticari mekanlar olarak yeniden işlevlendirilmiştir. Alanın batısındaki bölge denizle doğrudan ilişki kurmaktadır. Kıyıda park ve bahçelerden oluşan yeşil alan yoğunluğu iç bölgelere göre daha fazladır. İç bölgelerdeki yeşil alanlar evlerin avlularındaki küçük bahçeler ve birkaç küçük parktan oluşmaktadır. Sokak yönelimleri dağınıktır. Büyük bir caddesi olmayan yerleşim yerinde sokaklar kısa aralıklarla birbirine bağlanmaktadır. Sokakların sürekliliğinin uzunluğuna bakarak belirginleşen iki-üç ana sokağa göre yönelimin kuzey-doğu yönünde olduğunu söylemek mümkündür. Tüm bu bilgiler birer değerlendirme parametresi olarak ele alınmış ve şekil 3.8.'de görselleştirilmiştir.

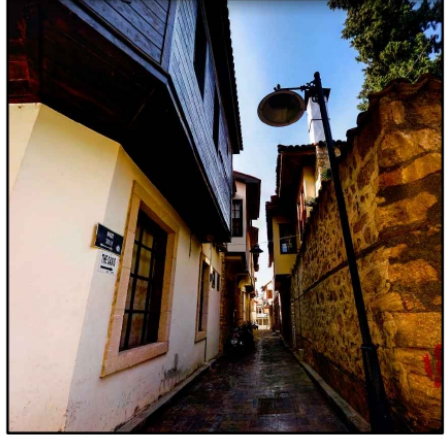
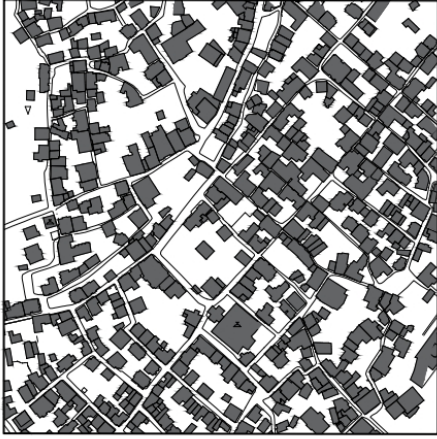
3.1.3.3. Örneklem-3: Uluç Mahallesi

YİB-4 açık çok katlı yerleşim alanı için kentin batı çeperinde yer alan Uluç mahallesi seçilmiştir. Kentin sonradan gelişen ve gelişmeye devam eden bu bölgesinde yapılar daha yüksek katlı site yerleşimlerinden oluşmaktadır. Aynı zamanda yüksek katlı yerleşimlerin bulunduğu diğer bölgelere göre kat yükseklikleri açısından daha homojen

ÖRNEKLEM-1- MEMUREVLERİ MAHALLESİ			
UYDU FOTOĞRAFI		BLOK GÖRSELİ	
			
BLOK YERLEŞİMİ		PARAMETRE DEĞERLERİ	
		YİB SINIFI VE ÖZELLİKLERİ	YİB-5
		KANYON EN/BOY ORANI	0.91
		ORTALAMA KAT YÜKSEKLİĞİ	19.65 m
		BİNA YÜZEY KESİTİ	%41.26
		TİPOLOJİ SINIFI VE ÖZELLİKLERİ	TİP-B
		YERLEŞİM FONKSİYONU	KONUT
		YERLEŞİM KONUMU	MERKEZ
		YERLEŞİM DÜZENİ	DOĞRUSAL
		SOKAK YÖNLENMESİ	KUZEY-GÜNEY
		GENEL YAPI TÜRÜ	APARTMAN
		YAKLAŞIK YAPI SAYISI	105

YİB-2- KOMPAKT ORTA KATLI	
YİB -2- Kompakt orta katlı; 3 kattan 9 kata kadar olan orta yapı yüksekliğine sahip binaların yoğun yerleşim düzeni görülür. Yapılar arası mesafe azdır. Arazi örtüsü çoğunlukla asfalttır. Yeşil alanlar ve geçirimsiz alan sayısı oldukça düşük veya hiç yok gibidir. Yapı malzeme özellikleri taş, tuğla, kiremit ve betondur.	
BİNA YÜZEY KESİRİ: %40-70 H/W: 0.75- 2 ORT. YÜKSEKLİK: 10-25	BİNA YÜZEY KESİRİ: %41.26 H/W: 0.91 ORT. YÜKSEKLİK: 19.65 m

Şekil 3.7. Örneklem-1 Memureleri mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi

ÖRNEKLEM-2- KILINÇASLAN MAHALLESİ																							
UYDU FOTOĞRAFI	BLOK GÖRSELİ																						
																							
BLOK YERLEŞİMİ	PARAMETRE DEĞERLERİ																						
	<table border="1"><thead><tr><th>YİB SINIFI VE ÖZELLİKLERİ</th><th>YİB-3</th></tr></thead><tbody><tr><td>KANYON EN/BOY ORANI</td><td>1.65</td></tr><tr><td>ORTALAMA KAT YÜKSEKLİĞİ</td><td>5.4 m</td></tr><tr><td>BİNA YÜZEY KESİTİ</td><td>%43.90</td></tr><tr><th>TİPOLOJİ SINIFI VE ÖZELLİKLERİ</th><th>TİP-A</th></tr><tr><td>YERLEŞİM FONKSİYONU</td><td>KONUT+TİCARİ</td></tr><tr><td>YERLEŞİM KONUMU</td><td>KIYI</td></tr><tr><td>YERLEŞİM DÜZENİ</td><td>ORGANİK</td></tr><tr><td>SOKAK YÖNLENMESİ</td><td>ORGANİK</td></tr><tr><td>GENEL YAPI TÜRÜ</td><td>TEK EV</td></tr><tr><td>YAKLAŞIK YAPI SAYISI</td><td>708</td></tr></tbody></table>	YİB SINIFI VE ÖZELLİKLERİ	YİB-3	KANYON EN/BOY ORANI	1.65	ORTALAMA KAT YÜKSEKLİĞİ	5.4 m	BİNA YÜZEY KESİTİ	%43.90	TİPOLOJİ SINIFI VE ÖZELLİKLERİ	TİP-A	YERLEŞİM FONKSİYONU	KONUT+TİCARİ	YERLEŞİM KONUMU	KIYI	YERLEŞİM DÜZENİ	ORGANİK	SOKAK YÖNLENMESİ	ORGANİK	GENEL YAPI TÜRÜ	TEK EV	YAKLAŞIK YAPI SAYISI	708
YİB SINIFI VE ÖZELLİKLERİ	YİB-3																						
KANYON EN/BOY ORANI	1.65																						
ORTALAMA KAT YÜKSEKLİĞİ	5.4 m																						
BİNA YÜZEY KESİTİ	%43.90																						
TİPOLOJİ SINIFI VE ÖZELLİKLERİ	TİP-A																						
YERLEŞİM FONKSİYONU	KONUT+TİCARİ																						
YERLEŞİM KONUMU	KIYI																						
YERLEŞİM DÜZENİ	ORGANİK																						
SOKAK YÖNLENMESİ	ORGANİK																						
GENEL YAPI TÜRÜ	TEK EV																						
YAKLAŞIK YAPI SAYISI	708																						
YİB-3- KOMPAKT DÜŞÜK KATLI YİB -3- Kompakt düşük katlı; 1 kattan 3 kata kadar olan alçak yapı yüksekliğine sahip binaların yoğun yerleşim düzeni görülür. Yapılar arası mesafe azdır. Yeşil alanlar ve geçirimli alan sayısı oldukça düşük veya hiç yok gibidir. Arazi örtüsü çoğunlukla asfalttır. Yapı malzeme özellikleri taş, tuğla, kiremit ve betondur. <table border="1"><tr><td>BİNA YÜZEY KESİRİ: %40-70 H/W: 0.75- 1.50 ORT. YÜKSEKLİK: 3-10</td><td>BİNA YÜZEY KESİRİ: %43.90 H/W: 1.65 ORT. YÜKSEKLİK: 5.4m</td></tr></table>		BİNA YÜZEY KESİRİ: %40-70 H/W: 0.75- 1.50 ORT. YÜKSEKLİK: 3-10	BİNA YÜZEY KESİRİ: %43.90 H/W: 1.65 ORT. YÜKSEKLİK: 5.4m																				
BİNA YÜZEY KESİRİ: %40-70 H/W: 0.75- 1.50 ORT. YÜKSEKLİK: 3-10	BİNA YÜZEY KESİRİ: %43.90 H/W: 1.65 ORT. YÜKSEKLİK: 5.4m																						

Şekil 3.8. Örneklem-2 Kılınçaslan mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi

bir dağılıma sahiptir. Örneklem içindeki yapı sayısı diğér alanlara göre düşüktür. Yapı taban alanı yoğunluğu yüksek katlı yapılar sayesinde azaltılmıştır. Binaların toplam yerleşim oranı (=bina kesir yüzeyi) %21,25 olarak hesaplanmıştır. Örneklem alanındaki ortalama kat yüksekliği 32,67 m olarak ölçülmüştür. Kanyon en boy oranı ise 1,06 metre hesaplanmıştır.

Genel yerleşim düzeni doğrusal bir eğilim gösterse de parselizasyon ve yerleşimden kaynaklı bozulmalar mevcuttur. Tek parsel ya da birkaç parselin birleşiminde oluşan yapı alanlarında inşa edilen site yapıları kümeli bir yerleşim düzeni oluşturmaktadır. Her site kendi içinde düzenli bir yerleşime sahiptir fakat diğér sitelerden ayrılmaktadır. Bir sokak boyunca ilerleyen kısmı bir düzene sahip fakat kendi içinde bağımsız düzenleri olan site yerleşmelerini Lineer Bahçeli Site-Kümeli Yapılaşma Tipoloji-C sınıfı kapsamaktadır. Hâkim sokak yönelimleri kuzey-güney yönündedir 40 metreyi bulan geniş ana caddeleri mevcuttur. Bu caddeler üzerinde yapı zemin katlarında ticari alanlar bulunmakla birlikte geri kalan bölgelerdeki yapı türünün tamamı konutlardan oluşmaktadır. Yerleşim alanı içerisinde yeşil alanların çoğu sitelerin içerisinde yer almaktadır. Bunun dışında kentsel boşluklar olarak değerlendirebileceğimiz büyük kamusal parkları da mevcuttur. Şekil 3.9.'de tüm bu değerlendirme kriterleri görselleştirilmiştir.

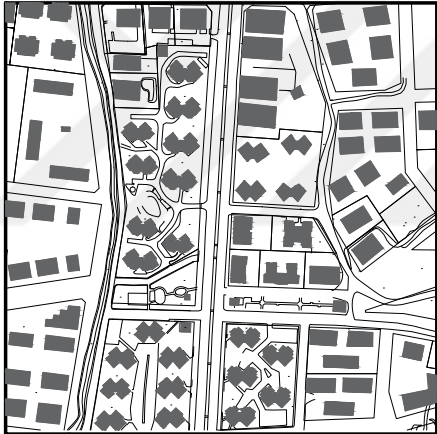
3.1.3.4. Örneklem-4: Altinkum Mahallesi

YİB-5 açık orta katlı yerleşim bölgesi olarak belirlenen Altinkum mahallesi ayrıık nizam ızgara yerleşim düzenine sahip homojen bir yapı dağılım göstermektedir. Ortalama kat yüksekliği 19,62 m olan örneklem alanı düşeyde de homojen bir dağılıma sahiptir. Yapılar birbirine oldukça yakın yüksekliklerde inşa edilmiştir. Düzenli bir yerleşime sahip olan bu bölgenin yapı yoğunluğu ise %21 olarak ölçülmüştür. Birbirini dik kesen ve 65 metreyi bulan geniş açıklıklara sahip caddeleri mevcuttur. Lineer Sıralı Apartman Yapılaşması Tipoloji-B sınıfına dahil edilmiştir.

Bölgenin kanyon genişliği 0,87 olarak hesaplanmıştır. Sokakların yöneliminde kuzey- güney yönü baskındır. Yapıların büyük çoğunluğunu konutlar oluşturmakla birlikte sadece cadde üzerinde yer alan yapılarda ticari mekanlar bulunmakta (yapıların zemin katlarında ya bazı yüksek katlarda tekil olarak) fakat bu mekanlar yapının boyutunda ya da hacminde önemli bir değişime sebebiyet vermemektedir. Çalışma alanı içerisinde farklı türde kamusal alanlar mevcuttur. Bunlardan biri bölgenin güney-doğu köşesinde yer alan camidir ve kendine ait bir yeşil alana sahiptir. Caminin doğusunda yer alan parselde de yeşil alan devam etmekte ve bir park yer almaktadır. Güneyde yer alan ince uzun tek parsel de yeşil alana ayrılmıştır. Bölgenin kuzeyinde açık araba park alanı mevcuttur. Tüm bu değerlendirme kriterleri şekil 3.10.'de görselleştirilmiştir.

3.1.3.5. Örneklem-5: Liman Mahallesi

Kentin batı kıyısında yer alan Liman mahallesi kıyı ile doğrudan ilişki içerisinde olup kentin çoğunluğunu oluşturan YİB-5 sınıfında bulunmaktadır. Kentin kıyı boyunca sahip olduğu kıyıya özgü bir yerleşim dokusunu ifade etmektedir. Konut yapıları lineer sıralı apartmanlardan oluşmakla birlikte konaklama yapılarının çoğunluğu tekil büyük hacimlerden oluşmaktadır. İçerisinde bulunan konaklama yapıları ile konutların

ÖRNEKLEM-3- ULUÇ MAHALLESİ			
UYDU FOTOĞRAFI		BLOK GÖRSELİ	
			
BLOK YERLEŞİMİ		PARAMETRE DEĞERLERİ	
		YİB SINIFI VE ÖZELLİKLERİ	YİB-4
		KANYON EN/BOY ORANI	1.06
		ORTALAMA KAT YÜKSEKLİĞİ	32.67 m
		BİNA YÜZEY KESİTİ	% 21.25
		TİPOLOJİ SINIFI VE ÖZELLİKLERİ	TİP-C
		YERLEŞİM FONKSİYONU	KONUT
		YERLEŞİM KONUMU	MERKEZ
		YERLEŞİM DÜZENİ	DOĞRUSAL
		SOKAK YÖNLENMESİ	K-G
		GENEL YAPI TÜRÜ	SİTE- KÜMELENME
		YAKLAŞIK YAPI SAYISI	77

YİB-4- AÇIK ÇOK KATLI	
YİB -4- Açık çok katlı; Onlarca kattan oluşan yüksek binalardan oluşan açık yerleşim düzeni görülür. Yapılar arasında mesafe bulunur. Alçak bitkiler, dağınık ağaçlar, çimler vb. gibi oldukça bol geçirgen toprak örtüsüne sahiptir. Yapı malzeme özellikleri beton, çelik, taş ve camdır.	
BİNA YÜZEY KESİRİ: %20-40 H/W: 0.75- 1.25 ORT. YÜKSEKLİK: >25	BİNA YÜZEY KESİRİ: %21.25 H/W: 1.06 ORT. YÜKSEKLİK: 32.67 m

Şekil 3.9. Örneklem-3 Uluç mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi



Şekil 3.10. Örneklem-4 Altinkum mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi

ilişkisinden oluşan bu ikili yerleşim düzeni Otel Sıralı Karma Yapılaşması Tipoloji- F4 sınıfını oluşturmaktadır. Birkaç parselin birleşimine tekabül eden büyük konaklama yapıları çevresindeki konut yapılarıyla ilişkisinde yerleşimin hem yatayda hem de düşeydeki homojenliğini düşürmektedir.

Güneyde yer alan kıyı ile doğrudan ilişkili yeşil alanları ve güneyde konut yerleşimlerinin arasında kalan yeşil alanları mevcuttur. Konaklama yapılarının yeşil alanları ile konutların küçük muhtelif bahçeleri bölgenin diğer açık alanlarını oluşturmaktadır. Doğrusal ve düzenli sokaklara sahip bölgenin hâkim sokak yönelimi kuzey-güney doğrultusundadır. Kanyon en boy oranı ise 0,69 metre hesaplanmıştır. Kıyı şeridinde yapı yer alan yüksek katlı yapılar ile ardından gelen çoğunlukla 5 kattan oluşan konut binalarının ortalama kat yüksekliği 17,84 m bulunmuştur. Sınırlar içerisinde yer alan binaların kesir yüzeyleri örneklem alanının %20' sini kaplamaktadır. Tüm bu değerlendirme kriterleri şekil 3.11.'de görselleştirilmiştir.

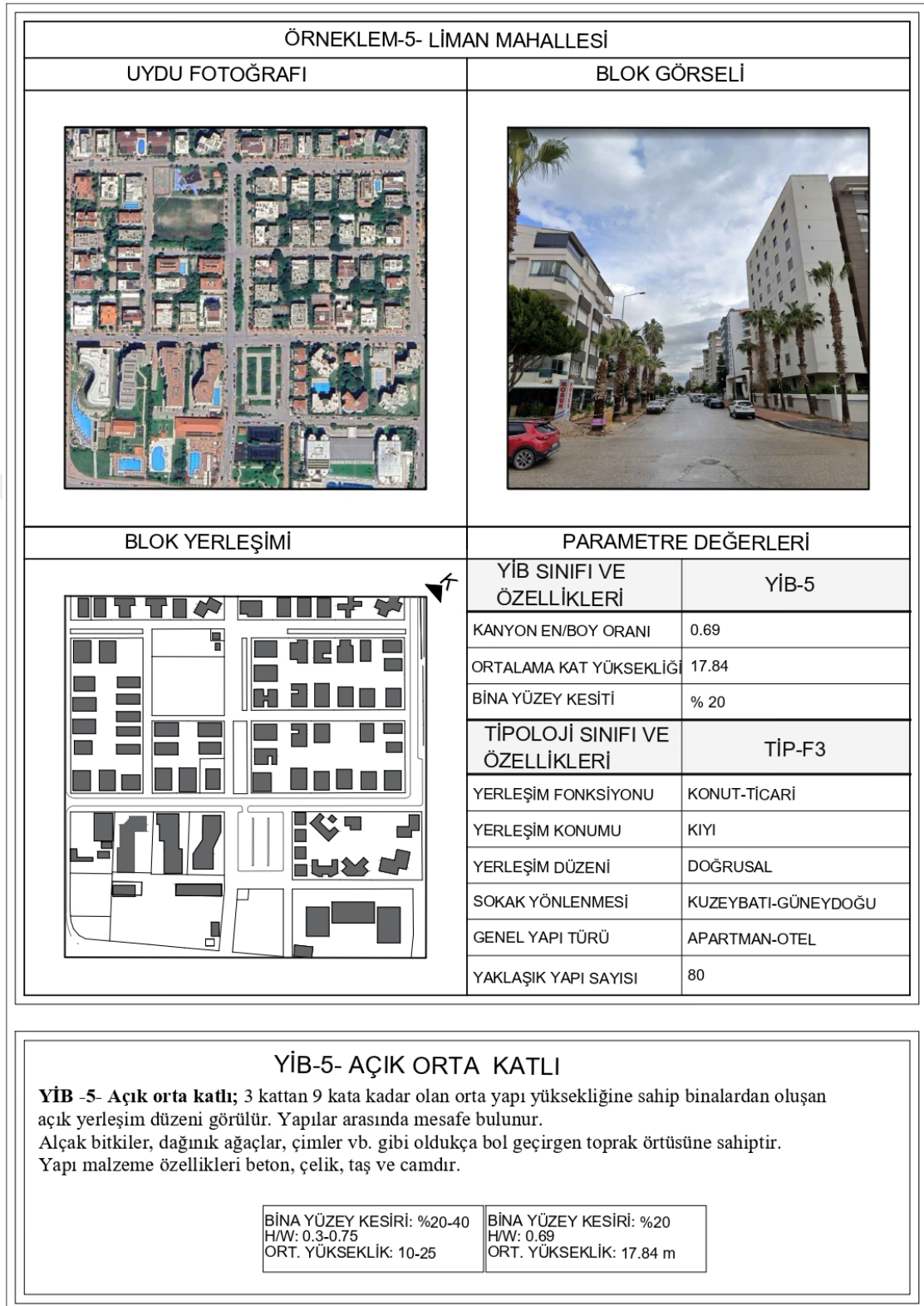
3.1.3.6. Örneklem-6: Fener Mahallesi-1

YİB-5 sınıfına dahil olan bu yerleşim alanı kentin doğu kıyısında yer almaktadır. Doğru-batı aksındaki ana caddenin kuzeyi blok yapılaşmaya sahip iken güneyi ise bahçe içerisinde yer alan site binaları ile kümeli bir yapılaşma göstermektedir. Bu yerleşim düzeni ile örneklem alanı Kümeli Blok Karma Yapılaşması Tipoloji-F2 sınıfındadır. Kümeli yapılar konut işlevine sahip iken blok yapılardan büyük olanı ticari diğeri ise kamusal yapıdır.

Tutarlı bir düzene sahip genişliği değişkenlik gösteren doğrusal ve kavisli sokakları mevcuttur. Binalar arasındaki mesafeler fazladır. Kanyon genişliği 0,55 olarak hesaplanmıştır. Yapı yükseklikleri çeşitlilik göstermektedir. Yapı yüksekliği ortalaması ise 19,23 m'dir. Yeşil alan dağılımı bölgenin güneyinde daha homojendir. Bölgenin kuzeyindeki açıklık ise blok yapının meydanını ifade etmektedir. Bina kesir yüzeyi %22 hesaplanmıştır. Yapılaşma yoğunluğun yarısına blok yapılar neden olmaktadır. Tüm bu değerlendirme kriterleri şekil 3.12.'de görselleştirilmiştir.

3.1.3.7. Örneklem-7: Fener Mahallesi-2

Örneklem-7 alanının kuzeyinde devam eden ederek seçilen örneklem-8 alanı YİB-6 sınıfındadır. Bir blok yapının yakın çevresindeki farklı yerleşim düzenlerinin değerlendirilmesi imkân tanımaktadır. Kuzeyi lineer sıralı apartman yapılaşmasına sahip iken güneyinde ise blok yapılaşmalar görülmektedir. Sokak boyunca yer alan yapılar ayırık nizamda ızgara yerleşim düzenine sahiptir. Bu iki yapılaşma şeklini içeren alan Lineer Blok Karma Yapılaşması Tipoloji-F1 sınıfına dahil edilmiştir. Kanyon genişliği 0,59 olarak hesaplanmıştır. Üç-dört kattan oluşan yapı yüksekliklerinin ortalaması 10,21 metredir. Bina kesir yüzeyi ise %30 çıkmıştır.



Şekil 3.11. Örneklem-5 Liman mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi



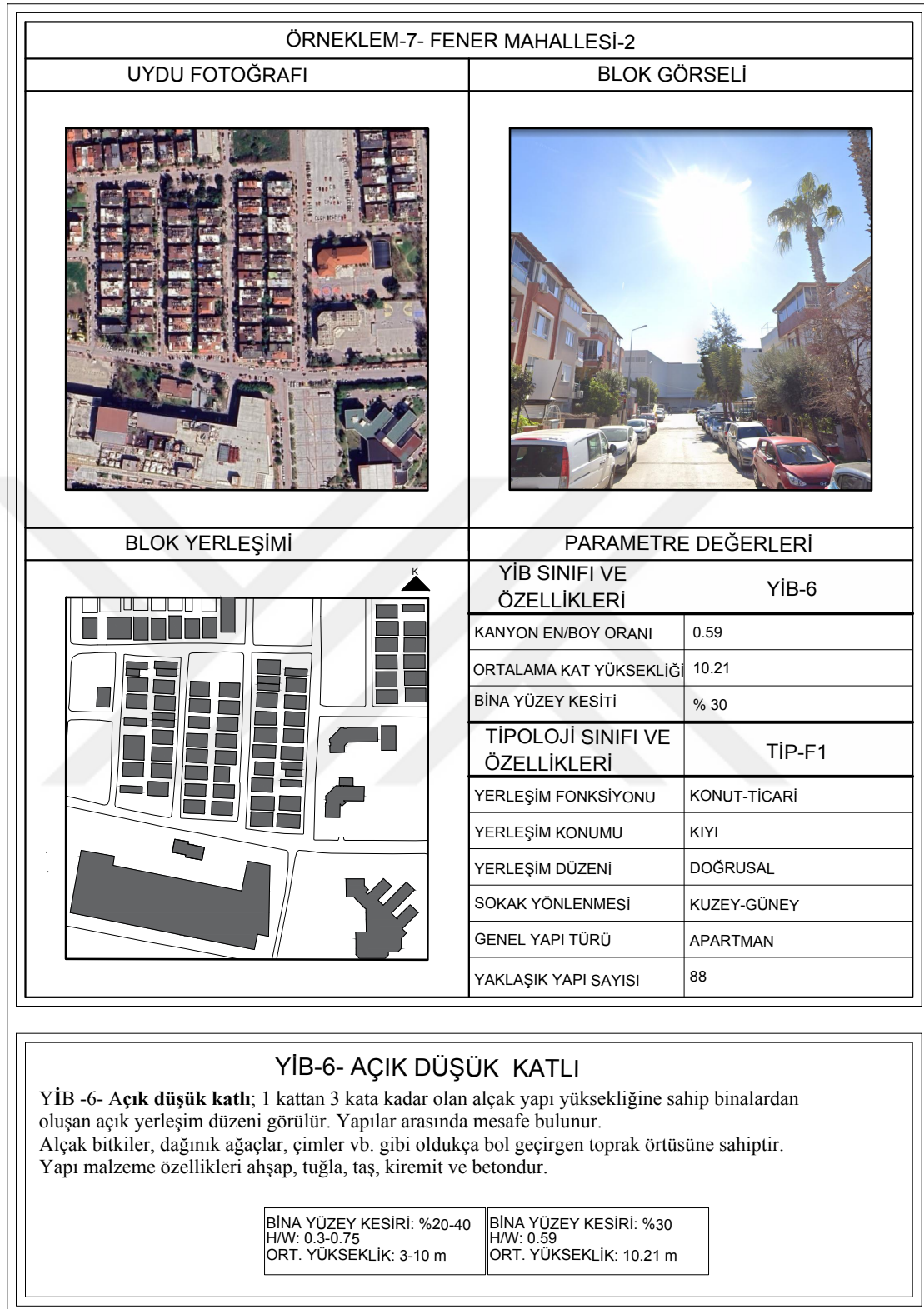
Şekil 3.12. Örneklem-6 Fener-1 mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi

Birbirini dik kesen sokaklardan genişliği yüksek olana cadde doğu-batı yönündedir. Fakat sokakların çoğunluğu kuzey-güney doğrultusunda olduğundan bu yön hâkim yön olarak kabul edilmiştir. Konut yerleşimleri yatay ve düşey düzlemde kendi içerisinde homojen bir dağılıma sahiptir. Ticari alanın da sınırlara dahil edilmesi özellikle yatay düzlemdeki homojenliği bozmaktadır. Yeşil ve açık alanların dağılımı da düzensizdir. Çoğunluğunu kamusal alanların oluşturduğu kentsel boşluklar, güney ve doğudaki kamusal ve ticari alanların meydan ve bahçelerini içerirken, kuzeyde açık otoparklar ve batıdaki küçük parklardan oluşan yeşil alanlardan oluşmaktadır. Tüm bu değerlendirme kriterleri şekil 3.13.'de görselleştirilmiştir.

3.1.3.8. Örneklem-8: Tolunay Mahallesi-2

Kentin batı çevre yoluna sınır olan bölge YİB-9 sınıfındadır. Kent çeperinde yer alan bölge kentin gelişmesi ile dönüşen çevresine göre henüz dönüşüme uğramamıştır. Bu yüzden çevresindeki bölgelerden farklı nitelikte yapılaşma karakteri göstermektedir. Tutarlı hiçbir düzene sahip olmayan alandaki yapılar muhtelif ve dağınıktır. Kimi yerlerde yapılar birbirine oldukça yakın bulunurken kimi yerlerde mesafeler çok artmaktadır. Plansız ve Dağınık Yapılaşma Tipoloji-E sınıfında yer almaktadır.

Çoğunlukla doğrusal olmayan ve farklı yönlere giden sokaklar etrafındaki yapıların sokakla mesafeleri de değişkenlik göstermektedir. Bağ ve bahçelerin bulunduğu örneklem alanı yapılaşma yoğunluğunun en düşük hesaplandığı örneklemidir. Yapılar ise bu bahçelerin içerisinde yer almakta ve taban alanları toplamı örneklem alanının %16'sını oluşturmaktadır. Tüm bu değerlendirme kriterleri şekil 3.14.'de görselleştirilmiştir.

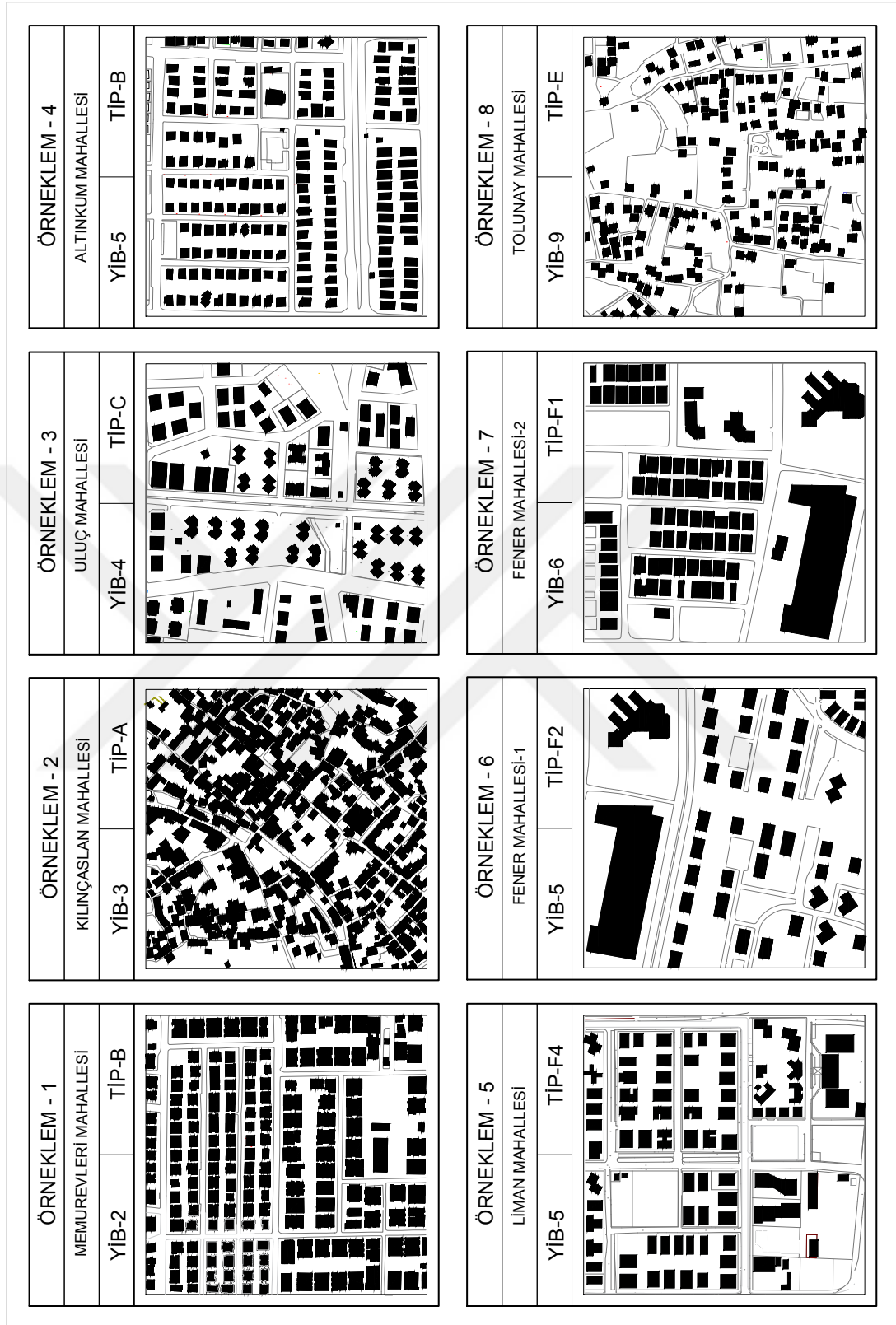


Şekil 3.13. Örneklem-7 Fener-2 mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi

ÖRNEKLEM-8- TOLUNAY MAHALLESİ			
UYDU FOTOĞRAFI		BLOK GÖRSELİ	
			
BLOK YERLEŞİMİ		PARAMETRE DEĞERLERİ	
		YİB SINIFI VE ÖZELLİKLERİ	YİB-5
		KANYON EN/BOY ORANI	-----
		ORTALAMA KAT YÜKSEKLİĞİ	4.78 m
		BİNA YÜZEY KESİTİ	% 16.90
		TİPOLOJİ SINIFI VE ÖZELLİKLERİ	TİP-E
		YERLEŞİM FONKSİYONU	KONUT
		YERLEŞİM KONUMU	PERİFERİ
		YERLEŞİM DÜZENİ	MÜNFERİT
		SOKAK YÖNLENMESİ	-----
		GENEL YAPI TÜRÜ	TEKİL
		YAKLAŞIK YAPI SAYISI	225

YİB-9-MÜNFERİT YERLEŞİM	
YİB -9- Seyrek Yerleşim; 1 kattan 3 kata kadar olan alçak yapı yüksekliğine sahip küçük binalardan oluşan doğal ortamda yer alan seyrek yerleşim düzeni görülür. Yapılar arasında oldukça fazla mesafe bulunur. Alçak bitkiler, dağınık ağaçlar, çimler vb. gibi oldukça bol geçirgen toprak örtüsüne sahiptir.	
BİNA YÜZEY KESİRİ: %10-20 H/W: 0.1- 0.25 ORT. YÜKSEKLİK: 3-10 m	BİNA YÜZEY KESİRİ: %16.90 H/W: ORT. YÜKSEKLİK: 4.78 m

Şekil 3.14. Örneklem-8 Tolunay mahallesine ait genel parametrelerin ve özelliklerin gösterimi



Şekil 3.15. Seçilen örneklem alanları

3.2. Çalışma Alanı Analiz Metodu

Çalışma alanlarına dair simülasyonların gerçekleştirilmesi için hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) metodu tercih edilmiştir. CFD, akışkanlar mekaniği prensiplerine dayanarak yaptığı analizlerle sayısal çözümler sunmaktadır. CFD otomotiv, havacılık, inşaat ve çevre mühendisliği gibi birçok alanda kullanılmakla birlikte son zamanlarda şehircilik ve mimarlıkta da rüzgâr çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır. CFD simülasyonları tasarım süreçlerini optimize etmek, ürün performansını değerlendirmek, enerji verimliliğini artırmak ve çeşitli akışkan davranışlarını anlamak gibi birden fazla nedenle kullanılmaktadır. SIMSCALE, OpenFOAM, STAR-CCM+ (STAR), Autodesk Flow Design, NUMECA VE ANSYS Fluent gibi birden fazla program bu metodu kullanarak hesaplama yapmaktadır. Her biri farklı özelliklere sınırlara ve kullanım durumlarına sahip olduğundan, yapılar üzerindeki etkilerini değerlendirmek için en uygun programı seçmek önemlidir.

Tez çalışması kapsamında ise ANSYS Fluent 2020 programı kullanılmıştır. ANSYS Fluent kent ve rüzgâr çalışmalarında oldukça tercih edilen programlardandır (Xu vd. 2023). Ayrıca akademik kullanım için ücretsiz olması, kullanıcı dostu bir ara yüze sahip olması, çalışma hızının yüksek ve sonuç elde etme süresinin kısa olması, farklı programlarla import-export seçeneklerinin olması ve disiplinler arası bir kullanım seçeneği olması gibi nedenler de programın seçiminde ön plana çıkmaktadır.

Model simülasyonları genel olarak aşağıdaki beş aşamalı süreç doğrultusunda ilerlemektedir;

- Geometri oluşturma
- Ağ oluşturma- Meshing
- Ön işlem
- Çözme süreci
- İşlem sonrası

3.3. Analiz Değerlendirme Metodu

Simülasyonlardan elde edilen sonuçlar yedi adet değerlendirme parametresi üzerinden analiz edilmiştir. Bina yükseklik/genişlik oranı (H/W), kanyon türü (KT), rüzgâr açısı (α), yapı yoğunluğu, ortalama yükseklik, tipoloji ve hedef değer olarak rüzgâr hızı. Elde edilen bu veriler, korelasyon matrisi ve regresyon analizi ile incelenmiştir.

Korelasyon matrisi, değişkenler arasındaki ilişkilerin gücünü ve yönünü belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Regresyon analizi ise bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini nicel olarak değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Regresyon analizi ile her bir bağımsız değişkenin rüzgâr hızı üzerindeki etkisi belirlenmiş ve bu etkilerin istatistiksel anlamlılığı değerlendirilmiştir. Korelasyon matrisi ve regresyon analizleri Python programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler için Pandas, Seaborn ve Scikit-Learn kütüphaneleri kullanılmıştır.

3.4. Doğrulama Simülasyonu

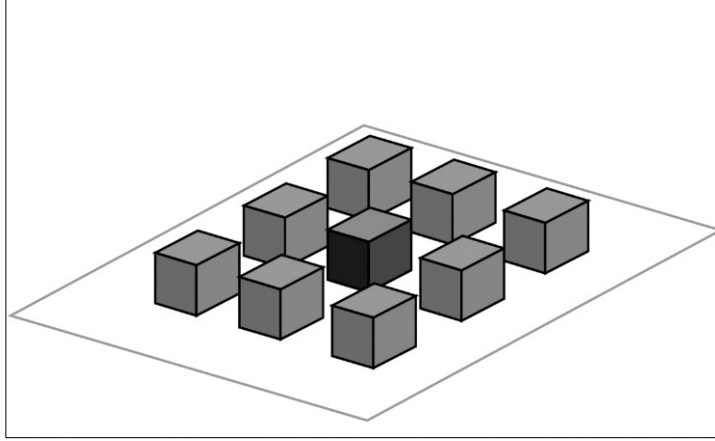
Çalışma alanlarının simülasyonlarını gerçekleştirmeden önce kullanılan programdan elde edilecek çıktıların doğruluğunu sınamak, kullanılacak türbülans modellerini kesinleştirmek ve sonuçların gerçeğe yakınlığını sağlayabilmek için doğrulama simülasyonu gerçekleştirmek gerekmektedir. Doğrulama simülasyonları için kullanılabilir iki yaklaşım bulunmaktadır. İlki yerinde ölçüm ile elde edilen verilerin karşılaştırılması ikincisi ise rüzgâr tüneli verilerinin karşılaştırılmasıdır. Tez kapsamında doğrulama simülasyonu için Japonya Mimarlık Enstitüsü (AIJ) ‘nın sunduğu mevcut rüzgâr tüneli testleri tercih edilmiştir. Bunun nedenlerinden biri mevcut alanların ölçümü sırasında rüzgâr hızına etki edebilecek birçok etmenin çalışma kapsamına dahil edilmemiş olması (ağaçlar, bahçe duvarı vs.) bu yüzden mevcut alanla uyumsuzlukların olabileceği öngörüsü, diğeri ise doğrulama sürecinin hızlandırılmasıdır.

Japonya Mimarlık Enstitüsü çalışma grubu 2016 yılında CFD doğrulamasına imkân tanıyan 13 adet referans veri setini çevrimiçi olarak sunmuştur (Anonim-7). Excel formatına sahip bu veri setleri doğrulama simülasyonları için rehber oluşturmaktadır. 13 adet referans çalışma farklı ölçek ve kapsamlarda (yüksek-katlı bina çevresi rüzgâr ortamı, tek bina çevresi rüzgâr ortamı, kent ölçeğinde gaz dağılımı vb.) veri sunmaktadır. Tez kapsamında yapılacak simülasyonların doğruluğunu sınamak için 3x3 diziliminde 9 kübik yapıdan oluşan bir blok modeli (Test Case C) kullanılmıştır. Model 20 x 20 x 20 m yapı boyutlarından ve 20 m sokak genişliğinden oluşmaktadır. Bu model standart bir kent planının idealize edilmiş örneğini sunduğu için tercih edilmiştir.

➤ Geometri oluşturma

Doğrulama modeli üç alt model içermektedir. Seçilen model (Case 1H) 20 metre boyutunda küplerden ve üçer bloktan oluşan ızgara bir yerleşime sahiptir. Bloklar arası sokak genişliği de 20 m olarak alınmıştır. Merkezdeki bina aynı yükseklikteki yapılarla çevrilidir (Şekil 3.16.). ABL (Atmosferic Boundary Layer- Atmosferik Sınır Tabakası) rüzgâr tüneli ile gerçekleştirilen bu çalışmada geometrik model 1/100 ölçekte oluşturulmuştur. Merkez yapının çevresinde aralarında 0.05 m boşlukla oluşturulmuş 120 adet birbirine simetrik ölçüm noktası belirlenmiştir.

Hesaplamalı alanın etkilerini minimumda tutabilmek adına, hesaplamalı modelin rüzgâr hızına olan etkilerini en aza indirmek için uygun boyutlara sahip olması gerekmektedir. Rüzgâr tüneli testleri ile yapılan CFD doğrulama çalışmalarında, CFD modeli için hesaplamalı alanın, rüzgâr tüneli ile aynı geometrik boyutlara ve kesite sahip olması gerekmektedir (Baş 2022). ANSYS için hazırlanan modelde de gerçek boyutlardan oluşan aynı geometri Autocad 3D kullanılarak oluşturulmuş ve simülasyon için ise 1/1000 ölçekli olarak ANSYS programına .sat formatında export edilmiştir.



Şekil 3.16. Yapı bloklarının yerleşimi (AIJ 2106)

Geometrilerin boyutları oluşturulurken tıkanma oranına dikkat edilmelidir. Tıkanma oranı rüzgâr tüneli testinde (Cenmark, 1999; Barlow, 1999) şu şekilde tanımlanır: engellerin öngörülen ön (rüzgâr üstü) alanının hesaplama alanının enine kesitine oranıdır ve CFD’de genellikle %3’ten az olması beklenmektedir.

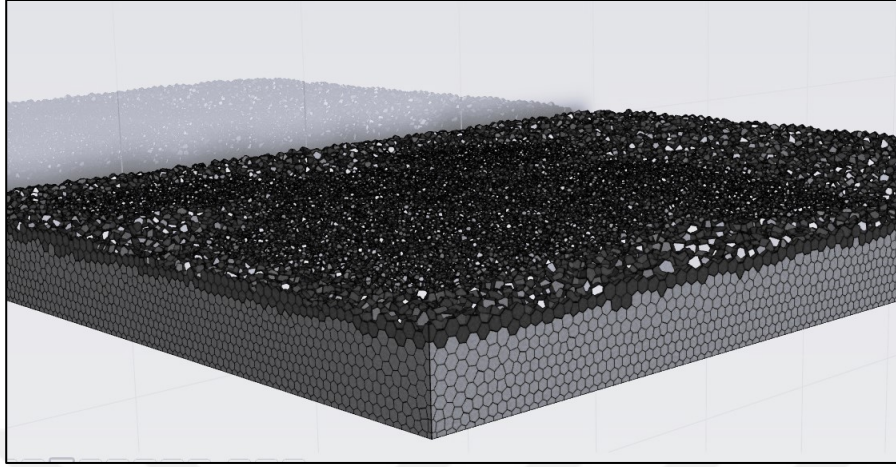
$$Tıkanma\ Oranı = \frac{A_{bina}}{A_{modelalanı}} \leq \%3 \quad (3.1)$$

➤ Ağ oluşturma- Meshing

Mesh kavramı, üç boyutlu bir nesne için bir yüzeyin oluşturulmasında kullanılan ve noktalarla birbirine bağlanan çokgenlerden oluşan bir ağ yapısı olarak tanımlanabilir. Üç boyutlu modellerin üzerinde bir ağ yapısı oluşturmak için birkaç değişken etkili olmaktadır. Mesh türü, mesh boyutu ve buna bağlı olarak mesh sayısı gibi faktörler modelin boyutuna ve analiz türüne göre değişkenlik göstermektedir. Genel olarak mesh sayısındaki artış analizler için olumlu etki sağlasa da hesaplama zamanını uzattığı için uygun mesh sayısının tercih edilmesi önemlidir. Belirli bir seviyeden sonra mesh sayısındaki artış sonuç üzerindeki etkisi azalmakta sadece süreyi uzatmaya neden olmaktadır.

Uygun mesh sıklığını sağlamak için sadece modelin önemli yüzeylerinde mesh sayılarında düzenlemeler yapılmıştır. Daha doğru tahminler elde etmek için mesh sıklıkları birleşim noktalarına doğru artırılmaktadır. Birleşim noktalarından uzaklaştıkça tasarımın akış transferinden etkilenme oranı azalmaktadır. ANSYS-Fluent’te model ölçeği 1000 kat küçültülen yapı modellerinin boyutları 0.02 x 0.02 x 0.02 m’den oluşmaktadır. Çalışma kapsamında bina ve zemine yakın noktalardaki akış analizleri önemli olduğu için bu yüzeylerdeki mesh sayısı artırılmıştır. Bina yüzeylerindeki mesh boyutu 2 mm olarak tanımlanırken, zemin yüzeyi için de 6 mm olarak tanımlanmıştır. Diğer yüzeyler için min. hücre boyutu 2 mm belirlenerek büyüme oranı 1.05 seçilmiştir. Buna göre her bir hücre bir öncekinden %5 daha büyük olarak oluşturulacaktır. Bu

değerler doğrultusunda her bir modelin hücre sayısı değişiklik gösterecektir. Hücrelerin fiziksel biçimi ifade eden hücre türleri arasından da tetrahedra ve polihedra hücre türleri denenmiş polihedra hücre türü model için uygun görülmüştür (Şekil 3.17.).



Şekil 3.17. Mesh yapılmış model görseli

➤ Ön İşlem-Sınır koşulların belirlenmesi

Aynı türbülans modelini kullanan CFD modelleri için ana denklemler aynıdır. Fakat farklı sınır koşulları farklı çözümlerin oluşmasına neden olur. Bu nedenle, uygun sınır koşullarının belirlenmesi, CFD modelleri için önemli bir noktadır. Sınır koşulları sınırın türü, konumu ve sınırı etkileyen rüzgâr profili gibi bazı parametrelere göre özelleştirilir. Tez kapsamında modellerin sınır koşulları literatürdeki çalışmalar esas alınarak geliştirilmiştir.

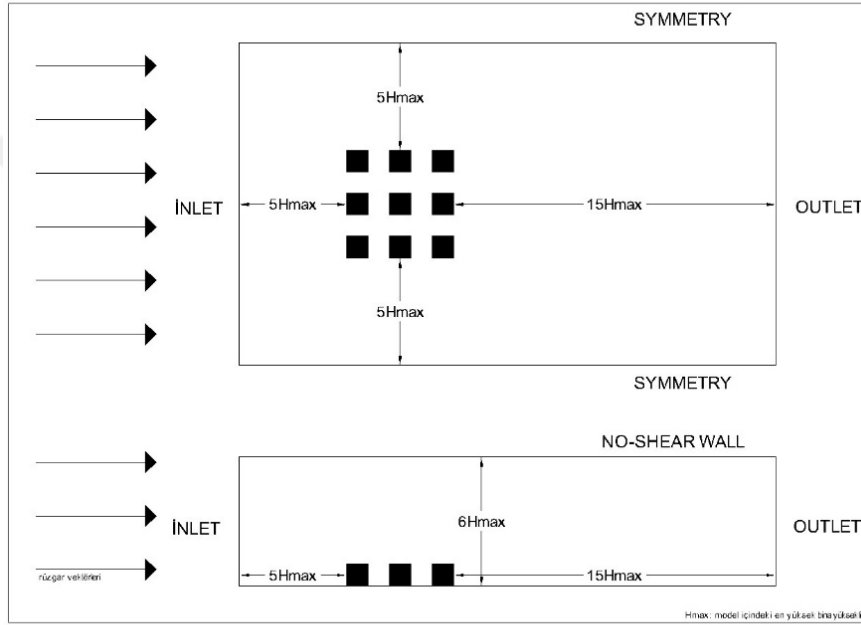
Sınır türü ve konumu

Sınır koşulları modeli oluşturan dikdörtgenin yüzeylerine ve geometriyi oluşturan binaların yüzeylerine tanımlanmıştır. Sınır türü ise her bir yüzeyin gerekliliklerine göre belirlenmektedir. Literatürdeki tipik sınır türleri açıklamalarıyla birlikte Çizelge 3.4.1.' de gösterilmiştir (Wen 2017). Tez kapsamında da bu koşullar kabul edilmiştir.

Çizelge 3.1. CFD modeli için tezde kabul edilen sınır koşulları

Ad	Sınır türü	Parametreler
Giriş sınırı	Rüzgâr girişi	Uygun hız profili, TKE ve dağılım profilleri
Çıkış sınırı	Dışa akış ya da basınç çıkışı	0 Pa
Alt sınır	Kaymaz duvar	Pürüzlülük değeri yok ya da uygun pürüzlülük değerine sahip
Üst Sınır	Simetri sınır ya da kaymaz duvar	Pürüzlülük değeri yok
Yan sınırlar	Simetri sınır ya da kaymaz duvar	Pürüzlülük değeri yok
Bina yüzeyi	Kaymaz duvar	Pürüzlülük değeri yok

Genel olarak, hesaplama alanının yalnızca alt kısmı gerçek bir fiziksel sınıra karşılık gelir. Hesaplama alanının yan ve üst yüzleri fiziksel olmayan sınırlardır ve bu sınırlar tarafından akışın çok güçlü daralması nedeniyle akışın çok güçlü yapay hızlanmasını önlemek için kentsel veya bina modelinden yeterince uzağa yerleştirilmelidirler (Blocken 2015). Hesaplama alanının boyutları Franke vd. (2007), Tominaga vd. (2008), Blocken (2015) uygulama kılavuzlarına dayanarak oluşturulmuştur. Buna göre giriş, yan ve üst sınır, açıkça modellenmiş bina grubundan 5H_{max} uzaklıkta, çıkış sınırı da 15 H_{max} uzaklıkta yer almaktadır, modelin üst sınırı da 6 H_{max} olarak boyutlandırılmıştır. Burada H_{max} model geometrisi içerisindeki en yüksek binanın yüksekliğini ifade etmektedir. Oluşturulan modelin şematik gösterimleri Şekil 3.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Case-C model geometrisi ve sınır koşullarının gösterimi

Giriş sınır profili- Rüzgâr profilinin belirlenmesi

Yukarıda tanımlanan sınır koşulları arasından giriş sınırı diğer sınırlarından farklılık göstermekte ve ortalama rüzgâr hızı, TKE (Türbülans kinetik enerji) ve TDH (Türbülans dağılım hızı) gibi ek parametre tanımlamaları gerektirmektedir. Pürüzlülük ve stabilite bilgisi mevcut olmadığında, ABL (atmosferik sınır katmanının- atmospheric Boundary Layer) rüzgâr hızı profilinde güç kanunu denklemi kullanılabilir. (Denklem 3.2). Sürtünme hızı ve pürüzlülük yüksekliği, farklı yüksekliklerde sınırlı ölçümler nedeniyle genellikle doğru bir şekilde tahmin edilemediğinden, tam ölçekli gerçek durumların modellenmesinde tercih edilen bir seçimdir (Wen 2017).

$$U_z = U_r \left(\frac{z}{z_r} \right)^\alpha \quad (3.2)$$

Burada U_z ortalama hız profilini (m/s), U_r referans yüksekliğindeki hızı, Z_r referans yüksekliğini z yüksekliği, α ise güç yasası katsayısını ifade etmektedir. Güç yasası katsayısı arazi sınıfına göre belirlenmekte ve 0,13 ile 0,25 arasında değişkenlik göstermektedir. Çalışma kapsamında güç yasası katsayısı 0,15 olarak kabul edilmiştir.

Giriş sınır koşulları belirlenmesinde k - ϵ modeli için Richards (1989), Harris ve Deaves (1981) modeline dayanan ABL'deki ortalama rüzgâr hızı, türbülans kinetik enerjisi ve türbülans dağılım hızı için dikey profiller önermektedir. Hesaplama alanının yüksekliği genellikle ABL yüksekliğinden önemli ölçüde düşük olduğundan, bu profiller genellikle yükseklikle sabit bir kayma gerilimi varsayılarak basitleştirilmektedir (Richards ve Hoxey 1993):

$$U_{(z)} = \frac{u_{ABL}^*}{K} \ln \left(\frac{z + z_0}{z_0} \right) \quad (3.3)$$

$$k_z = \frac{u_{ABL}^{*2}}{\sqrt{C_\mu}} \quad (3.4)$$

$$\epsilon_z = \frac{u_{ABL}^{*3}}{K(z + z_0)} \quad (3.5)$$

Denklemlerde z_0 , aerodinamik pürüzlülük uzunluğu (m), z , z yüksekliğindeki rüzgâr hızı (m/s), u_{ABL}^* , atmosferik sınır tabakasının sürtünme hızı (m/s), K , von Karman sabiti ($\sim 0,42$) olarak ifade edilmektedir.

➤ Çözme süreci- Sayısal model

ANSYS-FLUENT rüzgâr akış analizini gerçekleştirmek için birden fazla sayısal modele sahiptir. Bu modeller arasından seçim yapılırken literatürdeki benzer çalışmalar taranmış ve özellikle kentsel ölçekte yapılmış simülasyon çalışmaları dikkate alınmıştır. ANSYS çözüm modelleri içerisinde k - epsilon, k -omega, LES sayısal modeller kullanılmaktadır. Her bir modelin artı ve eksileri bulunmaktadır. LES modelinin diğer modellere göre bazı konularda üstünlükleri olsa da çözüm sürecinde fazla zaman gerektirmektedir (Ai ve Mak 2015). Çalışma kapsamında k - epsilon ve k -omega türbülans modelleri denenmiştir.

K - ϵ türbülans modeli Standart k - ϵ , RNG k - ϵ ve Relaziable k - ϵ olmak üzere kendi içinde üç alt modele ayrılmaktadır. Standart k - ϵ modelinde bir binanın çatı katındaki ayrılma ve ters akışı yeniden üretilmesinde türbülans enerjisi tahmin problemi yaşanabilmektedir. Bu problem çatıda olduğu kadar zemin yüzeyine yakın ortaya çıkmaya da değer tahmin doğruluğunu ve yüksek hızın yerini etkileyebilmektedir (Tominiaga 2008). Geometrinin ve rüzgâr akışının karmaşıklığı göz önüne alındığında RNG k - ϵ modeli ve sayısal algoritma kentsel alandaki hava akışını makul ölçüde iyi tahmin

edebilmektedir (Liu vd. 2017). Fakat RNG k-ε modeli ve Relaziabable k-ε modeli düşük rüzgâr hızı bölgelerinde standart k-ε modeline göre daha az doğruluk oranına sahiptir (Blocken ve Carmeliet 2008, Yoshie vd. 2007).

Doğru model seçimi çalışma alanının özelliklerine ve doğrulama simülasyonu sonuçlarına göre belirlenmiştir. Bu doğrultuda tez kapsamında Standart k- ε türbülans modeli ve SIMPLEC algoritması kullanılmıştır. First-order upwind şemasındaki ayrıklaştırma hatalarından kaçınmak amacıyla (Wen 2017; Toja-Silva, vd. 2018) ayrıklaştırma şeması için second-order upwind şeması kabul edilmiştir. Kütle, momentum, Türbülans kinetik enerji ve türbülans dağılım değerleri için denklem 3.4. ve denklem 3.5.'i içeren udf profili kullanılmıştır.

➤ İşlem sonrası- Sonuçlar

CFD modeli sonuçlarının en doğru sonuca yaklaşması adına ağ oluşturma, sınırların oluşturulması ve sayısal modellerde yapılan değişikliklerle alternatif modeller oluşturulmuştur. Modellerde 0.001 m aralıklarla grid nokta bulutu oluşturulmuş ve tüm ölçüm noktalarına ait değerler excel formatında export edilmiştir. Rüzgâr tüneline ve simülasyondaki karşılaştırmalar için ölçümlerin yerden yüksekliği 2 m olarak alınmıştır.

Simülasyonlar sonucunda belirlenen ölçüm noktalarına ait rüzgâr hızı değerleri elde edilmiştir. Bu değerlerden denklem 3.6.'daki formül ile rüzgâr hızı oranları hesaplanmıştır. Ölçüm noktasındaki hızın (V_{son}) giriş hızına bölünmesi (V_{ilk}) ile elde edilen rüzgâr hızı oranları referans çalışmadaki değerlerle karşılaştırılmıştır.

$$V_r = \frac{V_{son}}{V_{ilk}}$$

(3.6)

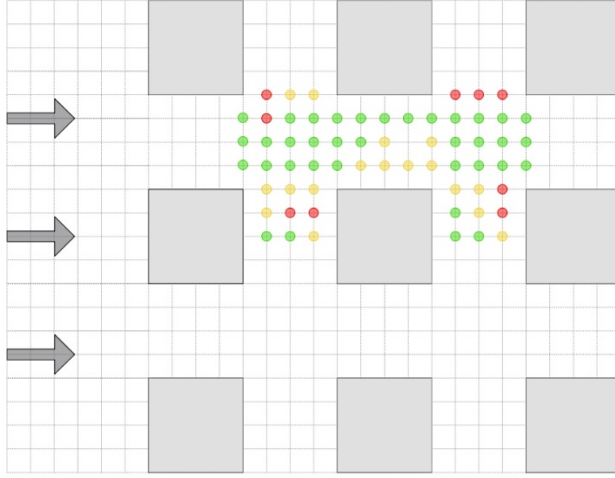
Rüzgâr hızı oranını etkileyen birçok parametre mevcuttur. Oluşturulan alternatif modeller ile parametrelerde değişiklikler yapılarak referans çalışmaya en yakın sonuç değerler elde edilmeye çalışılmıştır. Her bir alternatif model için yapılan bu karşılaştırmalarda ölçüm noktalarındaki rüzgâr hızı oranı değerlerinin sapma yüzdeleri hesaplanmıştır. Ölçüm noktalarındaki rüzgâr hızlarının sapma değerlerinin hesaplanması için aşağıdaki denklem kullanılmıştır:

$$sapma\ yüzdesi = \frac{(\text{ölçülen değer} - \text{deneysel değer}) \times 100}{\text{deneysel değer}}$$

(3.7)

Sapma yüzdesini azaltmak adına yaklaşık 30 adet alternatif simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bunlardan düşük sapma yüzdelere sahip olanlar arasında karşılaştırmalar yapıp en uygun model seçilmiştir. Alternatif-23 modelinde seçilen türbülans modeli ve giriş sınır profil değeri ile sapma değeri %24,02'ye düşürülmüştür. Simülasyon sonuçlarındaki en büyük sapma değerleri merkez yapının çevresinde gerçekleşmiştir. Genellikle CFD yapı arkasında kalan rüzgâr-altı alanlarda limitli bir doğruluk payına sahiptir. Düşen rüzgâr hızı nedeniyle CFD modelleri yetersiz kalmakta

ve doğruluk paylarında düşüşler yaşanabilmektedir.

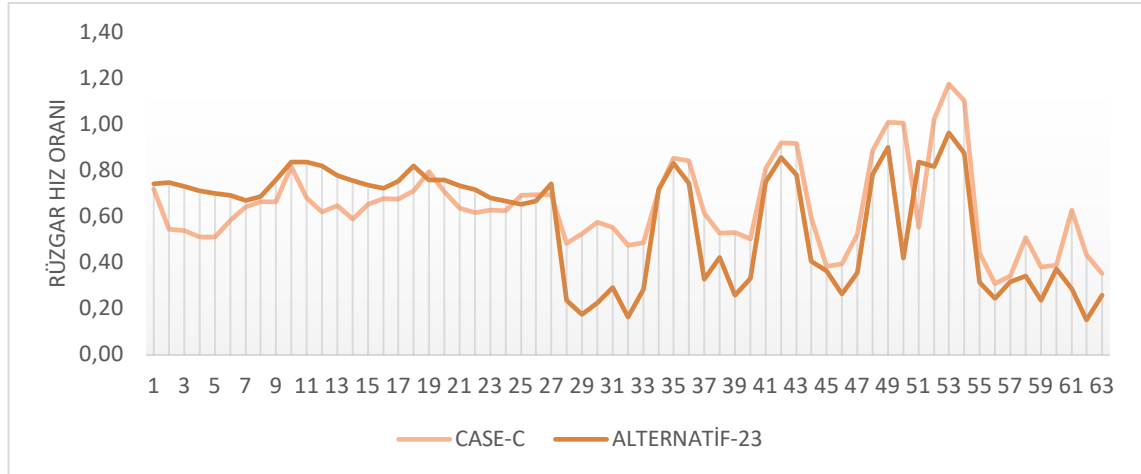


Şekil 3.19. Case-C sapma değerlerinin ölçüm noktalarına göre karşılaştırılması

Model simetrik olduğu için ölçüm noktalarının yarısı değerlendirilmeye alınmıştır. Şekil 3.19.'de gösterilen ölçüm noktalarından yeşil noktalar %0-%25 arasındaki, sarı noktalar %25-%50, kırmızı noktalar ise sapma değerinin %50'den fazla olduğu noktaları göstermektedir. Modelin merkezinde yer alan bina hedef bina olarak tanımladığımızda en büyük sapmalar bu hedef binanın köşe ve yan noktalarında gerçekleşmiştir. Modele akışın girdiği ve doğrusal akışın olduğu bölgelerde çok fazla sapma oluşmamıştır. Sabit RANS ile yüksek hızlı bölgelerin değerlendirilmesinde, %10'a kadar olan yüzde hata "çok iyi" kabul edilirken, %20 "iyi" olarak kabul edilmektedir (Blocken vd. 2016). Fakat sabit RANS modelleri ile yapılan kentsel aerodinamik çalışmalarda %25'e kadar olan yüzde hataları da 'kabul edilebilir' görülmektedir (Baş 2022).

Yüksek amplifikasyon faktörlerinin³, rüzgâr konforu kriterinde rahatsızlık eşiğini aşma olasılığına en çok katkıda bulunduğu göz önüne alındığında, düşük amplifikasyon faktörlerinin olduğu bölgelerdeki daha küçük doğruluğun, genel rüzgâr konforu değerlendirmesinin doğruluğunu zorunlu olarak tehlikeye atmadığı hipotezi öne sürülmüştür. Simülasyon sonuçlarından da bunu destekler nitelikte ölçümler ortaya çıkmıştır. Rüzgâra 0° açı yapan sokaklardaki ölçüm noktaları en yüksek doğruluk payına sahiptir. Referans çalışma ve kabul edilen modelin rüzgâr hızı oranı karşılaştırmaları şekil 3.20.'deki grafik ile gösterilmiştir.

³ Amplifikasyon faktörü, bir sistemin çıkışının, girişine göre nasıl büyüdüğünü veya küçüldüğünü ifade eden bir orandır. Yüksek amplifikasyon faktörleri, genellikle bir sistemin girişine göre çıkışının daha fazla büyüdüğünü veya genişlediğini gösterir. Rüzgâr mühendisliği veya bina aerodinamiği bağlamında, "yüksek amplifikasyon faktörü" genellikle binaların çevresindeki rüzgâr hızlarının, serbest atmosferdeki rüzgâr hızlarına göre daha fazla arttığı veya amplifiye olduğu durumları ifade eder. Bu durumlar, binaların geometrisi, konumu ve çevresel koşullar gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir.



Şekil 3.20. Sapma değerlerinin mevcut değerler ile karşılaştırılması

3.5.Çalışma Alanı Simülasyonları

3.5.1. Model girdileri

Seçilen YİB alanlarının CFD simülasyonlarının gerçekleştirilmesi için gerekli girdilerin belirlenmesi literatürden elde edilen bilgiler ışığındaki deneyler sonucunda belirlenmiştir. Model geometrisinin oluşturulmasında programın sahip olduğu sınırlar ve araştırmanın kapsamı dahilinde mevcut düzene dair bazı detaylar göz ardı edilmiş ve ortak kabuller belirlenmiştir. Seçilen örneklem alanlarının analizleri için mevcut yerleşim dokuları üzerinden bazı kabuller belirlenmiş ve örneklem yarı idealize edilmiştir. Karşılaştırmalı değerlendirmelerin yapılabilmesi için aşağıda yer alan ön kabuller gerekli görülmüştür.

Model ön kabulleri;

Yapı Yüksekliği; İlk olarak kentlerin yüzey pürüzlülüğünü oluşturan yapıların kat yüksekliklerinin hesaplanabilmesi için tüm yapıların kat yüksekliği 3 metre olarak kabul edilmiştir. Yapıların sahip oldukları kat sayısı ile çarpılarak parapet ve subasman kotu da düşünülüp her yapıya bir metre daha eklenmiştir. Yüzey pürüzlülüğün hesaplanması ve geometrik modeller bu kabuller doğrultusunda yapılmıştır.

Çatı formu; Kent genelindeki tüm yapı türleri için genellikle teras çatı seçimi mevcuttur. Kimi yapılarda terasların yalnızca üstü kapatılırken kimi yapılardaki teraslar tamamen kapatılarak yapıya dahil edilmiştir. Kat yüksekliğinin hesaplanmasında ise tamamen belediyeden alınan halihazır plandaki değerler dikkate alınmıştır. Bu yüzden mevcutta sonradan eklenmiş elemanlar (güneş panelleri, çatı, pencere vs.) göz ardı edilerek tüm çatılar teras çatı şeklinde modellenmiştir.

Bahçe duvarları; Bahçe duvarları yerleşim bölgelerine göre oldukça değişiklik göstermektedir. Geleneksel yapılaşmanın olduğu örneklem-2 yerleşiminde çoğu konut yapısına ait bahçe duvarları ile çevrili bir avlu mevcuttur. Buna karşılık

örneklem-3'teki yerleşim örneğinde ise kümelenmiş konut yapılarının çevresinde bir bahçe duvarı ile sınırlandırılmıştır. Karma tipolojiye sahip örneklem alanlarında ise bahçe duvarları değişkenlik göstermektedir. Bu yüzden simülasyonlarda bahçe duvarları modellere dahil edilmemiştir. Çalışmada binalar kütsel olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Yeşil elemanlar: Çalışma kapsamında yapı yerleşim dokusu ve yapıya dair parametreler odaklanıldığı için yapı çevresinde ve açık alanlarda yer alan ağaç ve çalılıklar çalışma kapsamına dahil edilmemiştir.

Meteorolojik veriler: Çalışmaya dair tüm meteorolojik veriler Antalya meteoroloji il müdürlüğünden temin edilmiştir. Ölçüm istasyonu olarak kent içerisinde yer alan Antalya Bölge ölçüm istasyonundaki veriler kabul edilmiştir. Antalya kenti için rüzgâr özellikle yaz aylarında önemli ve istenilen bir elemandır. Rüzgâr hızı değeri 2021 yılının haziran, temmuz ve ağustos aylarının ortalaması alınmıştır. Tüm simülasyonlar için kabul edilen rüzgâr girdisi kuzey yönünde 2,92 m/s'dir.

3.5.2. Ölçüm noktalarının ve ölçüm parametrelerinin belirlenmesi

Ölçüm noktaları çalışma alanının 50'ye 50 şeklinde bir grid sistemi oluşturulmasıyla elde edilmiştir. 8 m aralıklarla oluşturulan bu nokta bulutunun her biri numaralandırılmıştır. Sokaklar ve merkez bölgede yer alan tüm noktalar sahip oldukları V_r hızları ile değerlendirilmiştir.

V_r , genellikle serbest akış hızının çoğunlukla kentsel örtü tabakası üzerinde bulunduğu durumlarda havalandırma verimliliğini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir göstergedir. Serbest akış hızının yüksekliğinde, rüzgâr hızının yer yüzeyi ve çevredeki binalar tarafından etkilenmediği varsayılmaktadır. V_r , yaya seviyesi rüzgâr hızının, kentsel örtü tabakasının serbest akış hızına oranının ifade etmektedir (Ng, 2009).

$$V_r = \frac{V_{son}}{V_{ilk}}$$

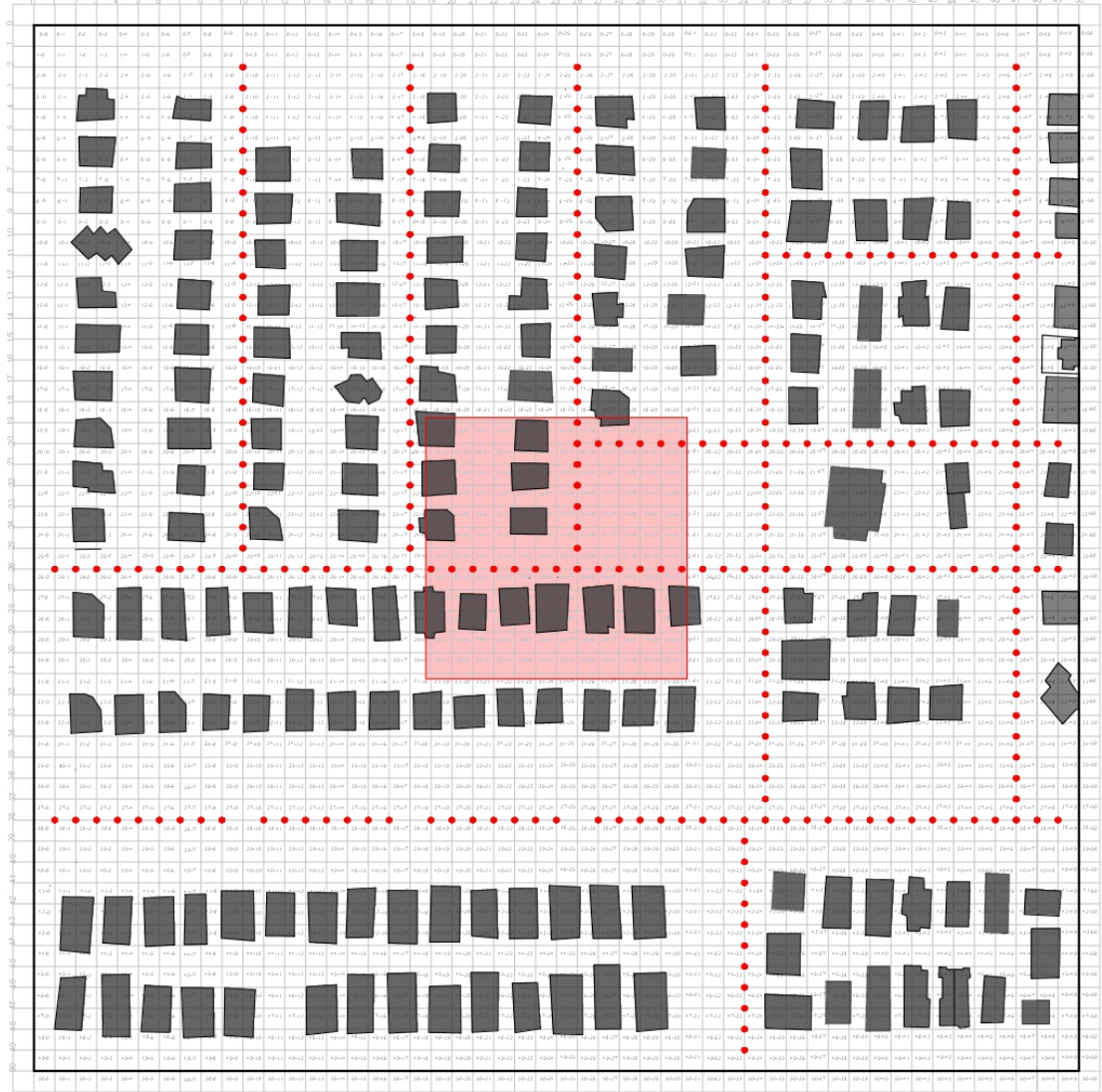
3.8.

Burada, V_{son} , ölçüm noktasındaki ortalama rüzgâr hızını ve V_{ilk} , serbest akış ortalaması rüzgâr hızıdır. V_r değeri ne kadar yüksekse, kentsel havalandırma verimliliği o kadar yüksek olduğunu göstermektedir

Sonuçların değerlendirilmesinde ikili bir değerlendirme sistemi oluşturulmuştur. İlk olarak tüm örneklem alanında nokta bulutu üzerinde sokaklar boyunca belirlenen ölçüm noktalarına dair veriler çevresel faktörleri birlikte excel formatına aktarılmıştır. Sokakların rüzgâr ile yaptığı açı, yapı yükseklikleri ve sokak genişliği etmenleri değerlendirilmiştir.

İkincisi ise örneklem alanlarının merkezlerinden seçilen 50m x 50m boyutlarında sınırlandırılmış alandaki ölçüm noktalarını içermektedir (Şekil 3.21.). Rüzgâr akışı karşılaştığı engeller ve çevresel etkenler nedeniyle merkeze doğru ilerlerken ilk başlangıç hızı ile aynı olmamaktadır. Normal ve çapraz rüzgâr yönleri için, $H/W = 1$ olan düzenli

sokak kanyonları için üç katman çevre gerekli görülmüştür. Geniş kanyonlar için ($H/W = 1/3$), yukarı akış ve aşağı akış engelleri arasında daha az akış müdahalesi olduğundan iki katman çevre gerekmektedir (Tong vd. 2016).



Şekil 3.21. Ölçüm noktalarının numaralandırılması

50x50'lik grid sisteminde belirlenen ölçüm noktalarının sahip olduğu çevresel faktörler oldukça çeşitlidir. Bu yüzden kentsel boşluk ve rüzgâr açısı gibi bazı faktörler için değer aralıkları belirlenmiş ve tabloya bu aralıklara göre eklenmiştir. Bu değer aralıkları kentsel boşluklar (KB) için Çizelge 3.2.'de yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Kentsel boşluk sınıflandırma tablosu

Kentsel boşluk türü	Minimum değer	Maksimum değer
KB-1	-	2.500 m ²
KB-2	2.500 m ²	5.000 m
KB-3	5.000 m ²	7.500 m ²
KB-4	7.500 m ²	10.000 m ²
KB-5	10.000 m ²	15.000 m ²
KB-6	15.000 m ²	20.000 m ²
KB-7	20.000 m ²	30.000 m ²
KB-8	30.000 m ²	-

Her bir örneklem alanındaki sokaklar rüzgâr ile farklı doğrultuda kesişmektedir. Sokakların hâkim rüzgâr akışı ile keşişim açıları 15⁰'lik aralıklardan oluşturulmuştur. 0⁰ hâkim rüzgâr yönü ile paralel doğrultuda olduğunu ifade ederken 90⁰ hâkim rüzgâr yönü ile dik keşiştiğini belirtmektedir.

$$\alpha_1: 0^0$$

$$\alpha_2: 15^0 < \alpha < 30^0$$

$$\alpha_3: 30^0 < \alpha < 45^0$$

$$\alpha_4: 45^0 < \alpha < 60^0$$

$$\alpha_5: 60^0 < \alpha < 75^0$$

$$\alpha_6: 75^0 < \alpha < 90^0$$

$$\alpha_7: 90^0$$

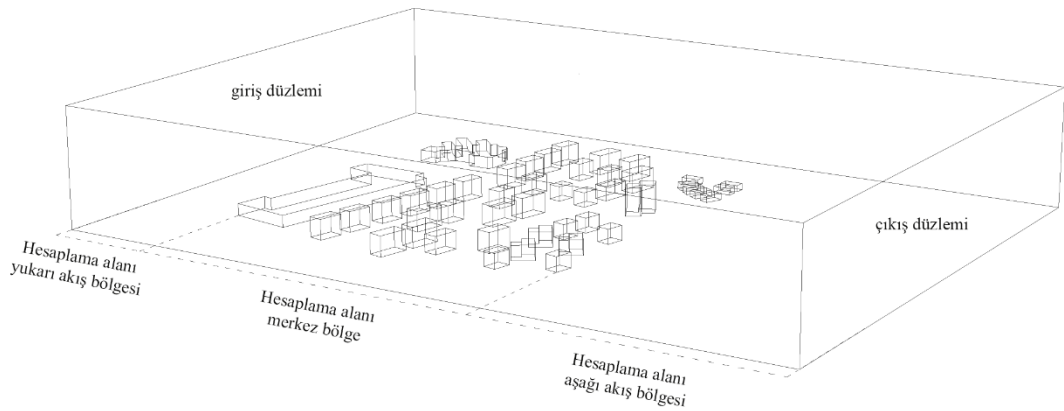
Örneklem alanlarının analizleri için oluşturulan veri tablolarına örnek bir tablo Şekil 3.22.'sinde gösterilmiştir. Parametreler bölümünde yer alan KT kanyon türünü ifade etmektedir. SU: Step-Up, SD: Step-Down kanyon türünü ifade ederken K: kavşak noktalarını ve sokak keşişim noktalarını ifade etmektedir.

01-MEMUREVLERİ MAHALLESİ											
KONUM-KOORDİNATLAR				PARAMETRELER					ÖZELLİKLER		ANALİZ
SOKAK ADI	NOKTA NO	X	Y	H	W	H/W	KT	α	YİB SINIFI	TİPOLOJİ	RÜZGAR HIZI
A	31	392	376	5	23	0,70	SU	60<x<90	YİB-5	TİP-B	1,397
A	32	384	376	5	23	0,70	SU	60<x<90	YİB-5	TİP-B	1,066
A	33	376	376	5	22	0,73	SU	60<x<90	YİB-5	TİP-B	0,644
A	34	368	376	5	22	0,73	SU	60<x<90	YİB-5	TİP-B	0,983
A	35	360	376	2,5	22	0,39	SU	60<x<90	YİB-5	TİP-B	0,966
A	36	352	376	2,5	20	0,43	SU	60<x<90	YİB-5	TİP-B	0,710
A	37	344	376	2,5	20	0,43	SU	60<x<90	YİB-5	TİP-B	0,477
A	38	336	376	4,5	24	0,60	SU	60<x<90	YİB-5	TİP-B	0,571
A	39	328	376	4,5	24	0,60	SU	60<x<90	YİB-5	TİP-B	1,596
A	310	320	376	K	K	K	K	60<x<90	YİB-5	TİP-B	0,742
A	311	312	376	K	K	K	K	60<x<90	YİB-5	TİP-B	0,439
A	312	304	376	6	21	0,90	N	60<x<90	YİB-5	TİP-B	0,384
A	313	296	376	6	21	0,90	N	60<x<90	YİB-5	TİP-B	1,459
A	314	288	376	6	21	0,90	N	60<x<90	YİB-5	TİP-B	1,173

Şekil 3.22. Analizler için oluşturulan veri tablosu örnek gösterimi

3.5.3.CFD modellerinin oluşturulması

Çalışma alanlarının modelleri ve sınır koşulları oluşturulurken doğrulama simülasyonlarındaki aynı yol izlenmiştir. Simülasyon geometrisi aynı bölgelerden oluşmakta fakat bölgelerin boyutları değişmektedir (Şekil 3.23.). Ancak her bir çalışma alanı farklı parametrelere sahip olduğu için geometri modelinin oluşturulması ve sınır koşullarının hesaplamalarında da farklılıklar ortaya çıkmıştır. Kat yüksekliğindeki ve yapı yoğunluğundaki değişkenlikler her modelin sınır boyutlarında (yüzeyler arası mesafelerde) değişime neden olmuştur. Hesaplama alanı merkez bölgesinin sınırları sabit iken göre yukarı akış ve aşağı akış bölgelerinin sınırları örneklem alanlarına göre değişen maksimum yapı yüksekliğine göre farklılaşmaktadır. Her örneklem alanı için engel oranının %3'ten aşağı tutulması göz önünde bulundurulmuştur. Örneklem alanları farklı pürüzlülük katsayıları ise (z_0) giriş sınırı hesaplamalarında değişimlere neden olmaktadır. Bu yüzden Örneklem-1 ve örneklem-3 alanı $z_0 : 1$ kabul edilen bir profile sahip iken diğer alanlar için $z_0 : 0.5$ kabul edilen iki adet giriş profili oluşturulmuştur.



Şekil 3.23. simülasyon geometrisi rüzgâr akış bölgeleri

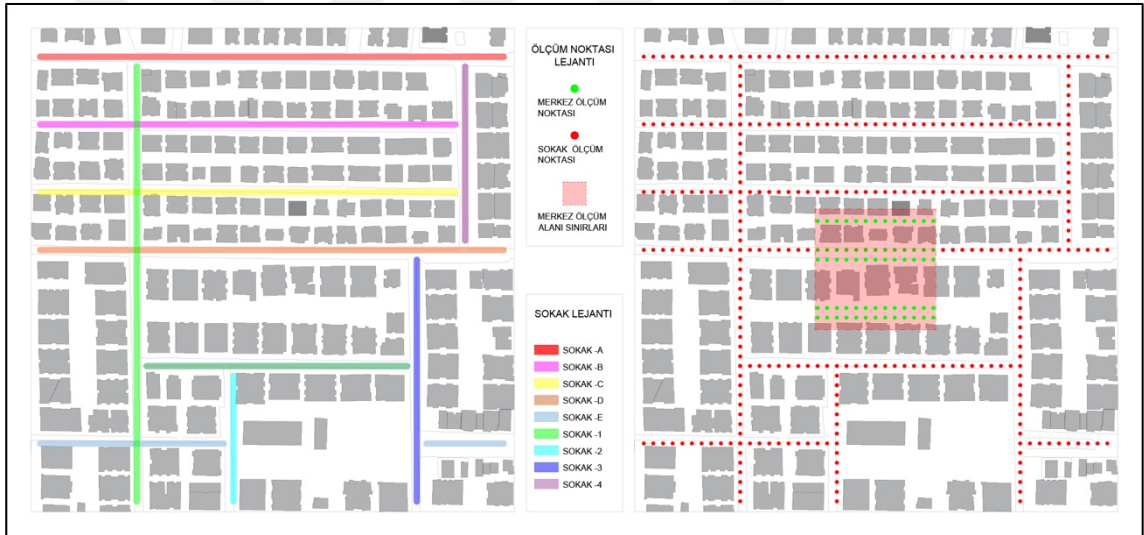
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölüm seçilen örneklem alanlarının CFD simülasyonlarına dayalı analizlerini ve sonuçlarını içermektedir. Kentsel havalandırmada optimum koşulların sağlanabilmesi için ilk olarak örneklem alanlarındaki rüzgâr ortamına dair mevcut durumları irdelenmiştir. Belirlenen parametreler kapsamında örneklem alanlarında yapılan karşılaştırmalı değerlendirmeler ile uygun rüzgâr ortamları için optimum koşullara ilişkin yaklaşımlar ortaya koyulmuştur.

4.1. Örneklem Alanlarının Değerlendirilmesi

4.1.1. Örneklem-1: Memurevleri mahallesi

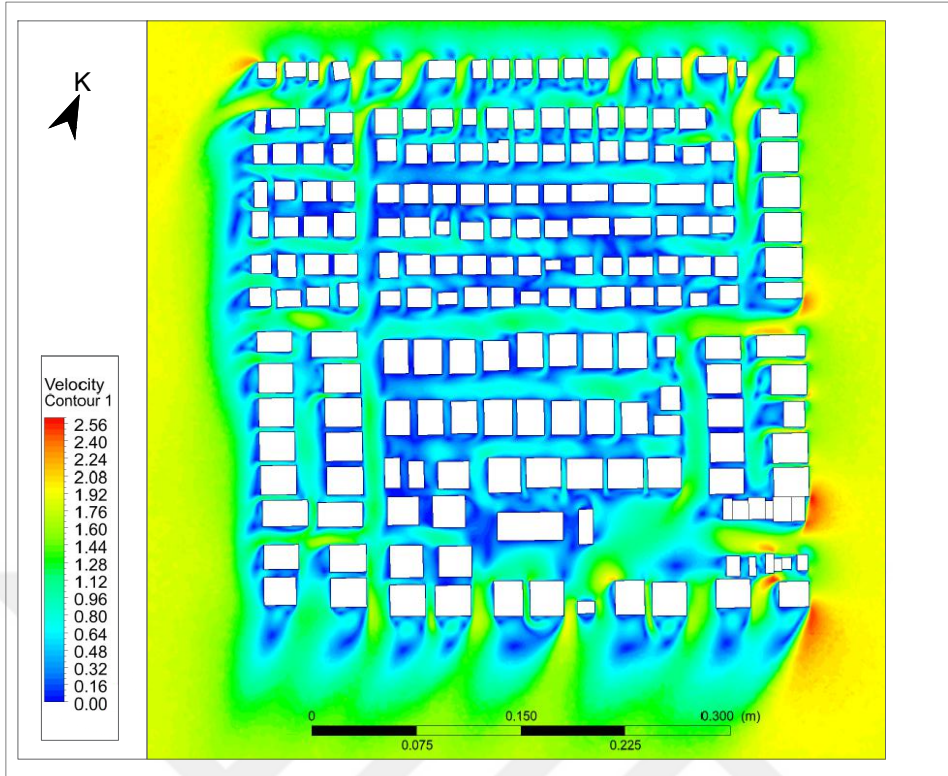
Örneklem-1 alanında ölçüm alınan sokaklar ve ölçüm noktaları Şekil 4.1.'de yer almaktadır. Birbirini dik açılarla kesen toplamda dokuz adet sokak işaretlenmiş ve bu sokaklar üzerinde yer alan 320 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Ölçüm noktalarındaki en düşük rüzgâr hızı 0,00 m/s ölçülmüşken en yüksek rüzgâr hızı 2,00 m/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.1. Örneklem-1 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu

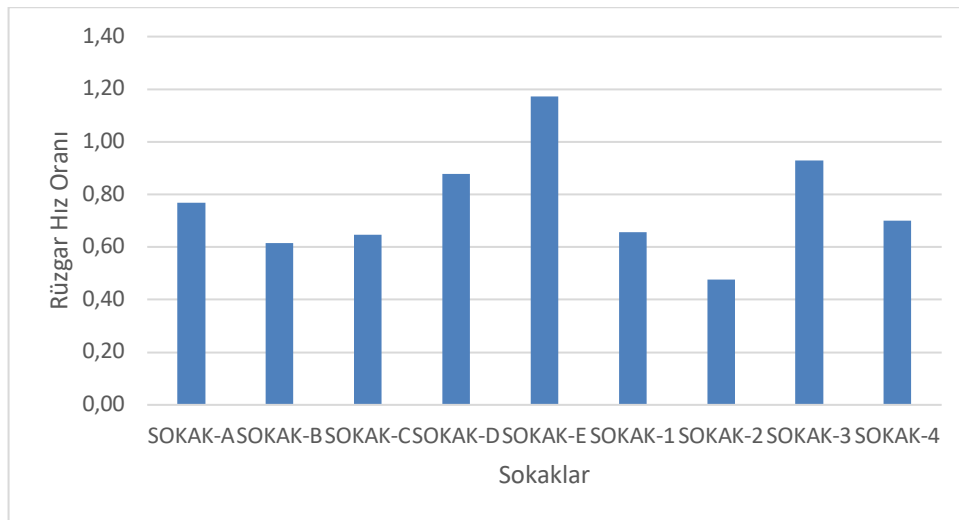
Merkez bölgede yer alan yapıların bina kesir yüzeyi merkez alanın %35'ini oluşturmaktadır. Bölge içerisinde toplam 65 adet ölçüm noktası belirlenmiş ortalama V_r değeri 0,23 olarak hesaplanmıştır.

Örneklem alanında mevcut bir adet kentsel boşluk tanımlanmıştır. Alanın kuzey-doğusunda yer alan KB-3 kentsel boşluğunun rüzgâr akış doğrultusunda kendinden sonra gelen rüzgâr-üstü bölgenin V_r değerinde artışa neden olduğu görülmektedir. Örneklem alanı benzer karakterde yapı adalarına sahiptir. Yapı adası içindeki yapı boyut farklılıklarının rüzgâr hızlarında da değişimlere neden olduğu görülmüştür. Ortalama yükseklikleri arasında çok fark olmamasına rağmen yapı boyutlarındaki artış ile genel olarak binalar arasındaki rüzgâr hızının da arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Örneklem-1 rüzgâr haritası

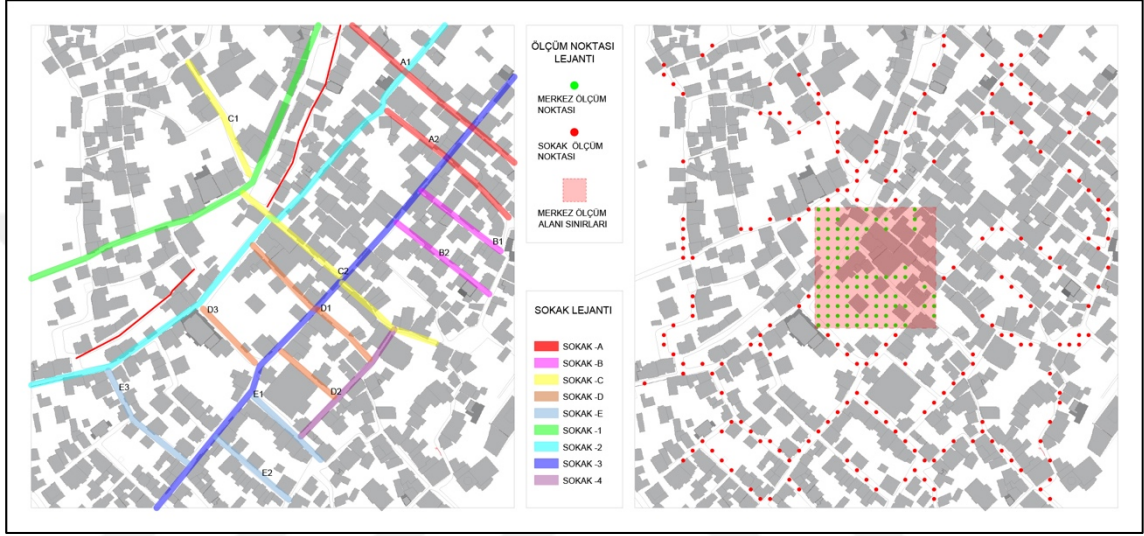
Sokak-1, Sokak-2, Sokak-3 ve Sokak-4 kuzeyden gelen hâkim rüzgâr ile 24° 'lik açı yaparken Sokak-A, Sokak-B, Sokak-C, Sokak-D ve Sokak-E hâkim rüzgâr ile 66° açı ile kesişmektedir. Sokaklara ait ortalama V_r değerleri Şekil 4.3.'de gösterilmiştir. En yüksek ortalama V_r değeri 1,17 ile Sokak-E'ye ait iken en düşük değer 0,48 ile Sokak-2'ye aittir.



Şekil 4.3. Örneklem-1 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği

4.1.2. Örneklem-2: Kılınçarslan mahallesi

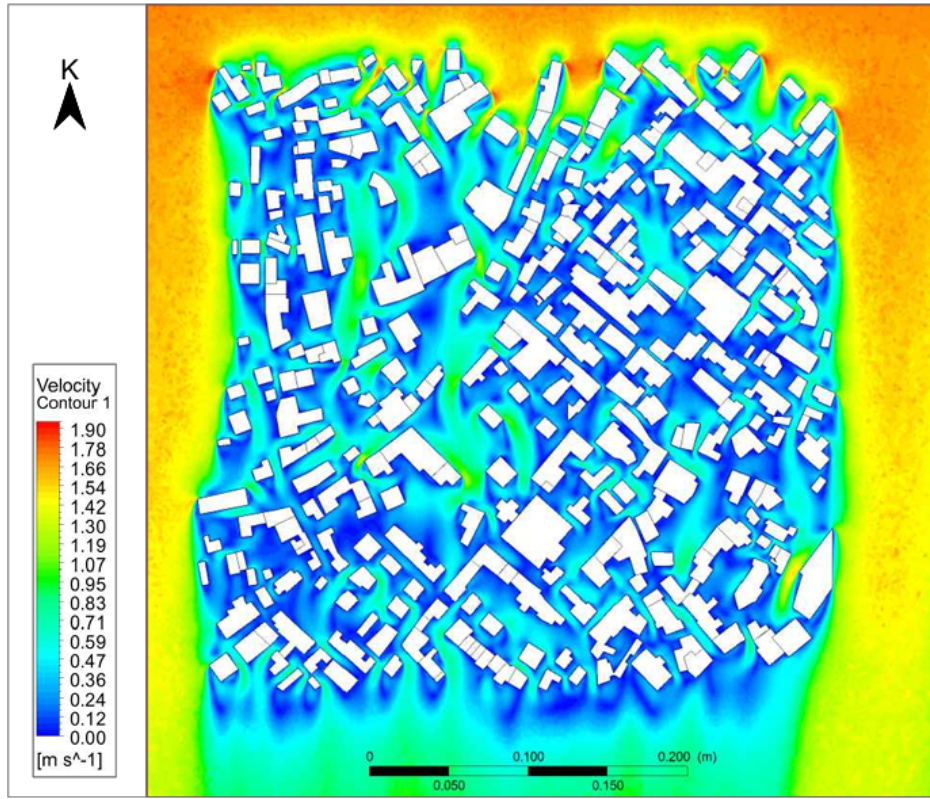
Kılınçarslan mahallesinin organik bir yerleşim düzenine sahip olması ve yapılar arası mesafelerin kimi yerde çok azalmasından dolayı ölçüm noktalarının yerleşiminde homojen bir dağılım sağlanamamıştır. Örneklem-2 alanında ölçüm alınan sokaklar ve ölçüm noktaları Şekil 4.4.'de yer almaktadır. Genel akslar doğrultusunda toplamda dokuz adet sokak işaretlenmiş ve bu sokaklar üzerinde yer alan 91 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Ölçüm noktalarındaki en düşük rüzgâr hızı 0,00 m/s ölçülmüşken en yüksek rüzgâr hızı 1,267 m/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.4. Örneklem-2 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu

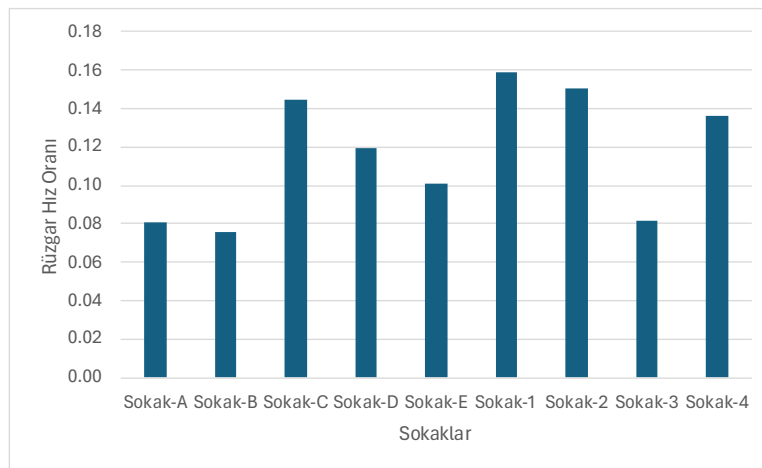
Örneklem alanları arasında en yoğun yapılaşmanın görüldüğü bu bölgenin merkez alan sınırları içerisinde mümkün olan her keşimden ölçüm alınmıştır. Merkez bölgede yer alan yapıların bina kesir yüzeyi merkez alanın %31'ini oluşturmaktadır. Toplamda 96 noktadan alınan rüzgâr hız değerlerinin ortalama V_r değeri 0,13 olarak hesaplanmıştır. Örneklem alanları içerisinde merkez ölçümleri arasındaki en düşük V_r değeri bu örnekleme ait çıkmıştır.

Şekil 4.5.'de yer verilen örneklem alanına ait rüzgâr haritası incelendiğinde Sokak-A ve Sokak-B'nin rüzgâr girişinin ilk sıralarında olmasına rağmen düşük rüzgâr değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu sokaklar arasındaki benzerliklerden en öne çıkan ise sahip oldukları H/W oranıdır. Sokak-A ve Sokak-B'de yapılar arası mesafeler oldukça düşüktür. Sokak-1, Sokak-2 ve sokak-C uzunlukları boyunca sahip oldukları çeşitli büyüklüklerdeki açıklıklar sayesinde hem bu sokaklardaki H/W oranının düştüğü hem de açıklıklardan sonra gelen rüzgâr-üstü bölgede rüzgâr hızında artışların yaşandığı görülmüştür.



Şekil 4.5. Örneklem-2 rüzgâr haritası

Özellikle Sokak-1, Sokak-2 ve Sokak-C'nin sokak boyunca sahip olduğu kırılmalar nedeniyle sokakların rüzgâr ile yaptıkları açılarda doğrusal olmamıştır. Hâkim rüzgâr ile en düşük açı (23^0) aralığı Sokak-1'e aittir. Sokaklara ait V_r ortalama değerlerine ait grafik Şekil 4.6.'de gösterilmiştir. Sokaklar arasında V_r ortalaması en yüksek değer 0,16 ile Sokak-1'e ait iken en düşük V_r oranları 0,08 ile Sokak-A, Sokak-B ve Sokak-3'e aittir.



Şekil 4.6. Örneklem-2 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği

4.1.3. Örneklem-3: Uluç mahallesi

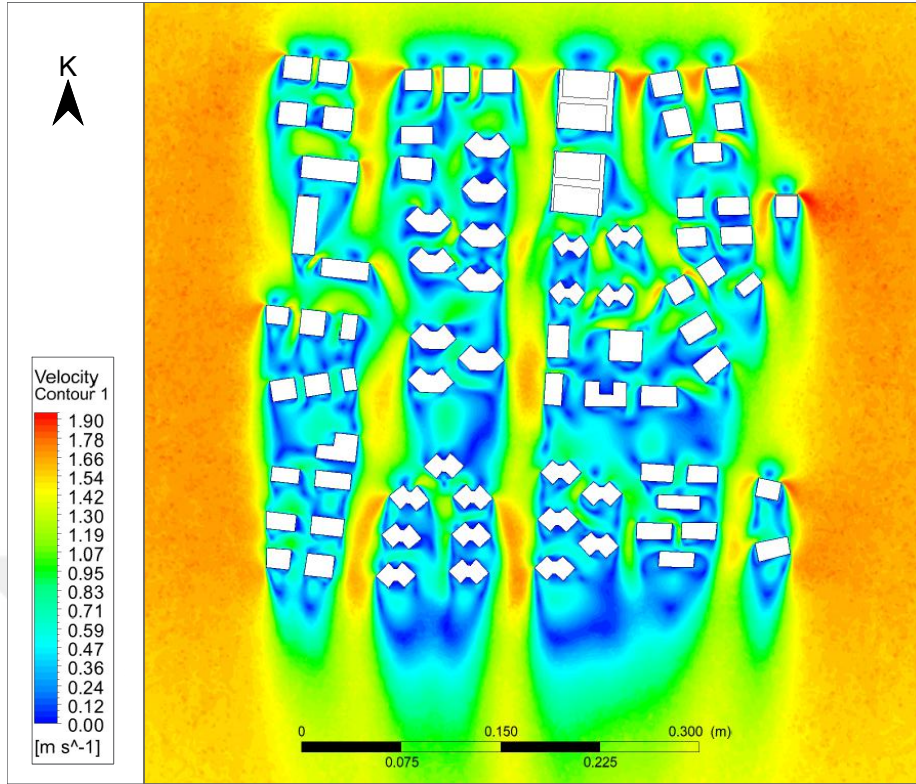
Örneklem-3 alanında ölçüm alınan sokaklar ve ölçüm noktaları Şekil 4.7.'de yer almaktadır. Toplamda 8 adet sokak üzerinde 265 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Ölçüm noktaları arasındaki en düşük rüzgâr hızı 0,1 m/s, en yüksek rüzgâr hızı ise 2,077 m/s'dir.



Şekil 4.7. Örneklem-3 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu

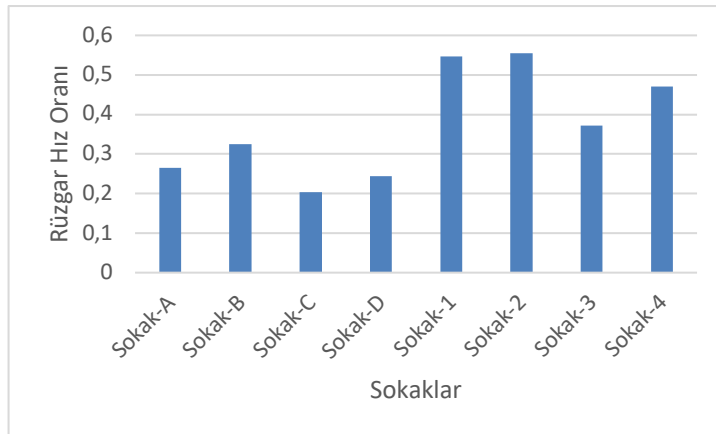
Merkez bölgede yer alan yapıların bina kesir yüzeyi merkez alanın %15'ini oluşturmaktadır. Örneklem alanının ana akslarından biri de merkez ölçüm bölgesinden geçmektedir. Bölge içerisinde toplam 140 adet ölçüm noktası mevcuttur. Ortalama V_r değeri ise 0,86 olarak hesaplanmıştır.

Sokak-1 ve Sokak-2 benzer karaktere sahip iki sokaktır ve ortalama V_r oranları da çok yakın çıkmıştır. (Sırasıyla 0,54, 0,55). Sokak-D ile Sokak-C benzer karakterlere sahip sokak olmalarına karşın Sokak-D'nin ortalama V_r oranı daha fazla çıkmıştır. Şekil 4.8.'de yer verilen rüzgâr haritasına göre iki sokak arasındaki çevresel farklılıklar incelendiğinde Sokak-D'nin rüzgâr-üstü konumda olması ve kentsel boşluklarla rüzgâr yönünde ilişki kurduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.8. Örneklem-3 rüzgâr haritası

Sokak-1, Sokak-2 ve Sokak-4 ve Sokak-3'ün büyük bir kısmı hâkim rüzgâr ile paralel doğrultuda yer almaktadırlar. Rüzgâr akışının doğrudan sokağa girmesi ve çevresindeki yüksek katlı yapılardan oluşan kanyon etkisiyle birlikte bu sokaklardaki ortalama V_r değerlerinin hâkim rüzgâr ile dik açıyla kesişen Sokak-A, Sokak-B, Sokak-C ve Sokak-D'ye göre daha fazla olduğu görülmektedir. Sokaklara ait ortalama V_r değerleri Şekil 4.9.'de gösterilmiştir. En yüksek ortalama V_r değeri 0,55 ile Sokak-2'ye ait iken en düşük değer 0,20 ile Sokak-C'ye aittir.



Şekil 4.9. Örneklem-3 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği

4.1.4. Örneklem-4: Altinkum mahallesi

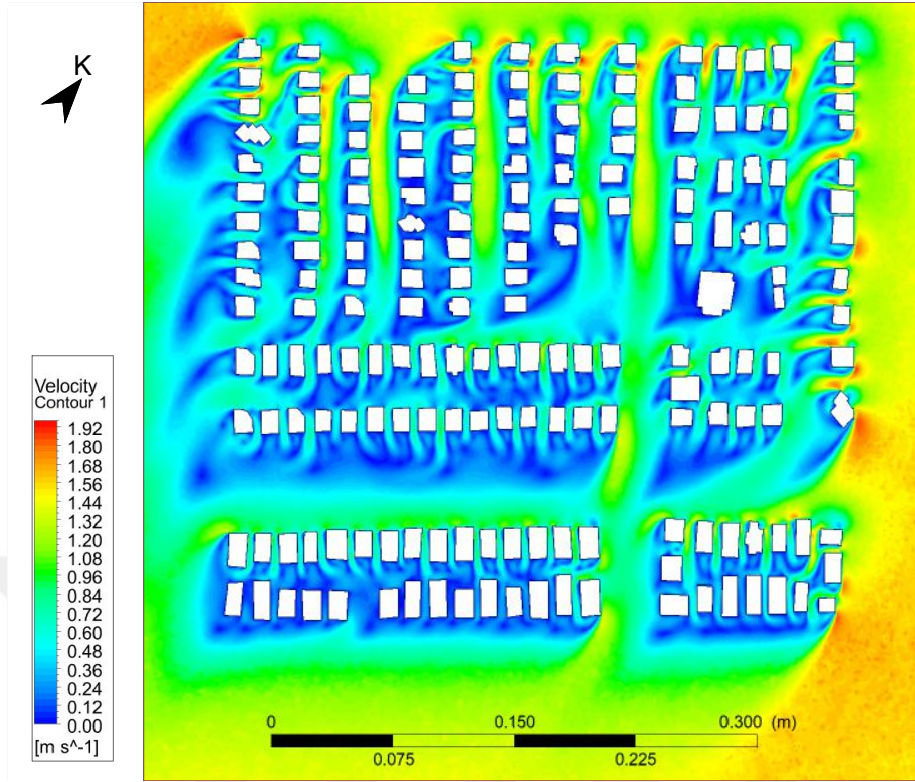
Örnekleme-4 alanında ölçüm alınan sokaklar ve ölçüm noktaları Şekil 4.10.'da yer almaktadır. Birbirini dik kesen dokuz adet sokak üzerinde 290 adet ölçüm noktası bulunmaktadır. Ölçüm noktaları arasındaki en düşük rüzgâr hızı 0,076 m/s, en yüksek rüzgâr hızı ise 1,602 m/s'dir.



Şekil 4.10. Örneklem-4 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu

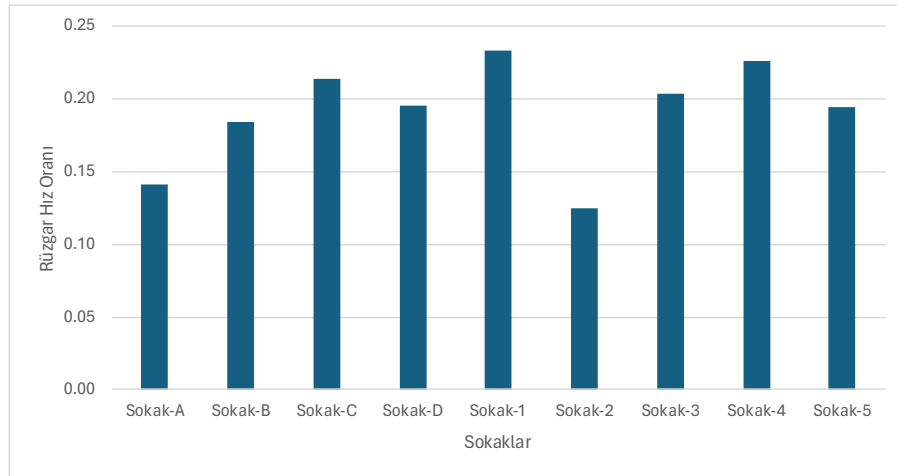
Merkez bölgede yer alan yapıların bina kesir yüzeyi merkez alanın %19'unu oluşturmaktadır. Ayrıca KB-3 boşluğunun da bir kısmı bu bölgeye dahildir. Bölge içerisinde toplam 122 adet ölçüm noktası mevcuttur. Ortalama V_r değeri ise 0,46 olarak hesaplanmıştır.

Örnekleme-4 alanındaki kentsel boşluk sayısı oldukça düşüktür. KB-1 ve KB-3 sınıfında iki adet küçük kentsel boşluk bulunmaktadır. Fakat Sokak-D'nin de sahip olduğu geniş açıklık sayesinde kısmen bir kentsel boşluk karakteri taşıdığını söylemek mümkündür. Aynı zamanda bu geniş açıklık ile sokak H/W oranı azalmakta ve derin kanyon niteliğini kaybetmektedir. Bu durum da bu bölgedeki rüzgâr hızının azalmasına neden olabilmektedir. Şekil 4.11.'de gösterilen rüzgâr haritasını incelendiğinde merkez sınır alanına da dahil olan KB-3 boşluğunun hâkim rüzgâr aksında kendinde sonra gelen rüzgâr-üstü bölgenin V_r değerinde artışa neden olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11. Örneklem-4 rüzgâr haritası

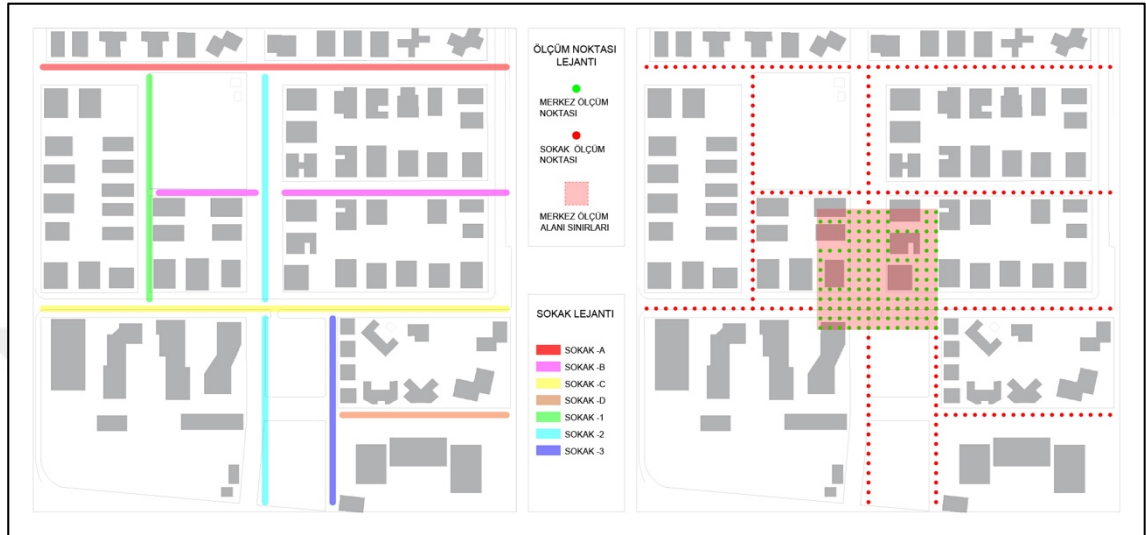
Sokak-1, Sokak-2, Sokak-3, Sokak-4 ve Sokak-5 hâkim rüzgâr ile 51⁰'lik açı yaparken Sokak-A, Sokak-B, Sokak-C ve Sokak-D hâkim rüzgâr ile 39⁰ açı ile kesişmektedir. Sokaklara ait ortalama V_r değerleri Şekil 4.12.'de gösterilmiştir. En yüksek ortalama V_r değeri 0,23 ile Sokak-1 ve Sokak-4'e ait iken en düşük değer 0,13 ile Sokak-2'ye aittir.



Şekil 4.12. Örneklem-4 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği

4.1.5. Örneklem-5: Liman mahallesi

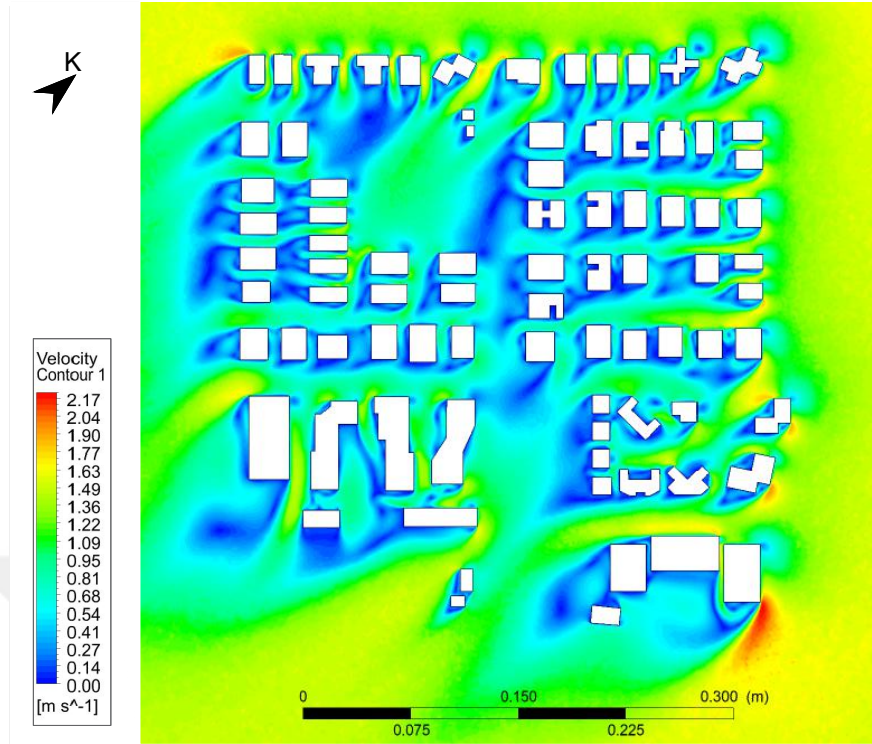
Örnekleme-5 alanında ölçüm alınan sokaklar ve ölçüm noktaları Şekil 4.13.'de yer almaktadır. Birbirini dik kesen yedi adet sokak mevcuttur. Sokaklar üzerinde yer alan 240 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Ölçüm noktaları arasındaki en düşük rüzgâr hızı 0,027m/s, en yüksek rüzgâr hızı ise 1,604 m/s'dir.



Şekil 4.13. Örneklem-5 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu

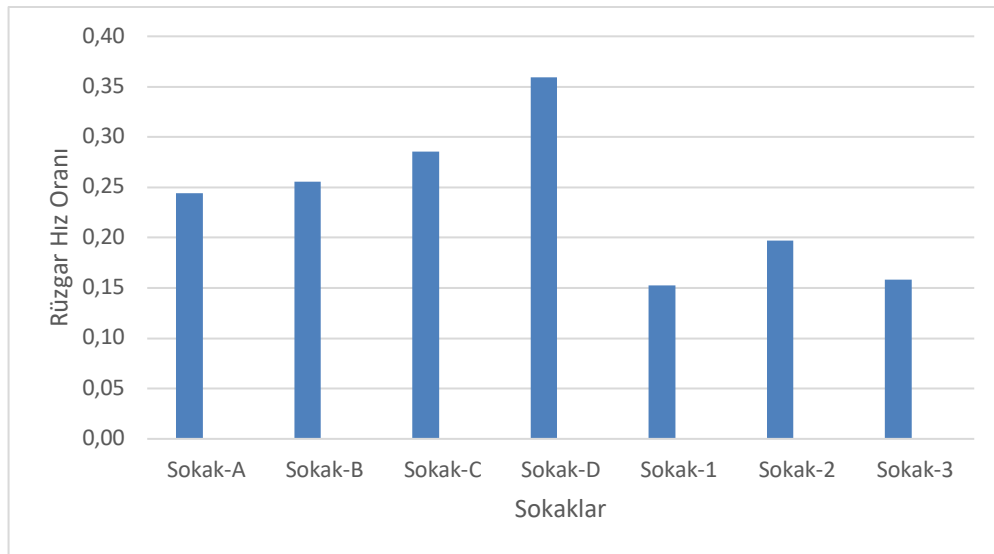
Merkez bölgede yer alan yapıların bina kesir yüzeyi merkez alanın %18'ini oluşturmaktadır. Bölge içerisinde toplam 133 adet ölçüm noktası mevcuttur. Ortalama V_r değeri ise 0,50 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.14.'de verilen rüzgâr haritası incelendiğinde yüksek V_r değerine sahip Sokak-D'nin diğer sokaklardan farklı olarak sokak cephesine bakan geniş hacimli yapıların mevcut olduğu görülmektedir. Bu durum kanyon etkisini artmasına neden olabilmektedir. Örneklem-5 alanında KB-5 ve KB-6 sınıfına ait iki adet kentsel boşluk bulunmaktadır. Bu boşluklardan kuzeyde yer alan KB-5'i incelediğimizde rüzgâr-üstü bölgenin rüzgâr hızında artışlara neden olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. Örneklem-5 rüzgâr haritası

Örneklem alanındaki sokakların hâkim rüzgârla yaptıkları açı oldukça yakın değerlerdir. Sokak-1, Sokak-2 ve Sokak-3 hâkim rüzgâr ile 41° 'lik açı yaparken Sokak-A, Sokak-B, Sokak-C ve Sokak-D hâkim rüzgâr ile 49° açı ile kesişmektedir. Sokaklara ait ortalama V_r değerleri Şekil 4.15'de gösterilmiştir. En yüksek ortalama V_r değeri 0,36 ile Sokak-D'ye ait iken en düşük değer 0,15 ile Sokak-1'e aittir.



Şekil 4.15. Örneklem-5 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği

4.1.6. Örneklem-6: Fener mahallesi-1

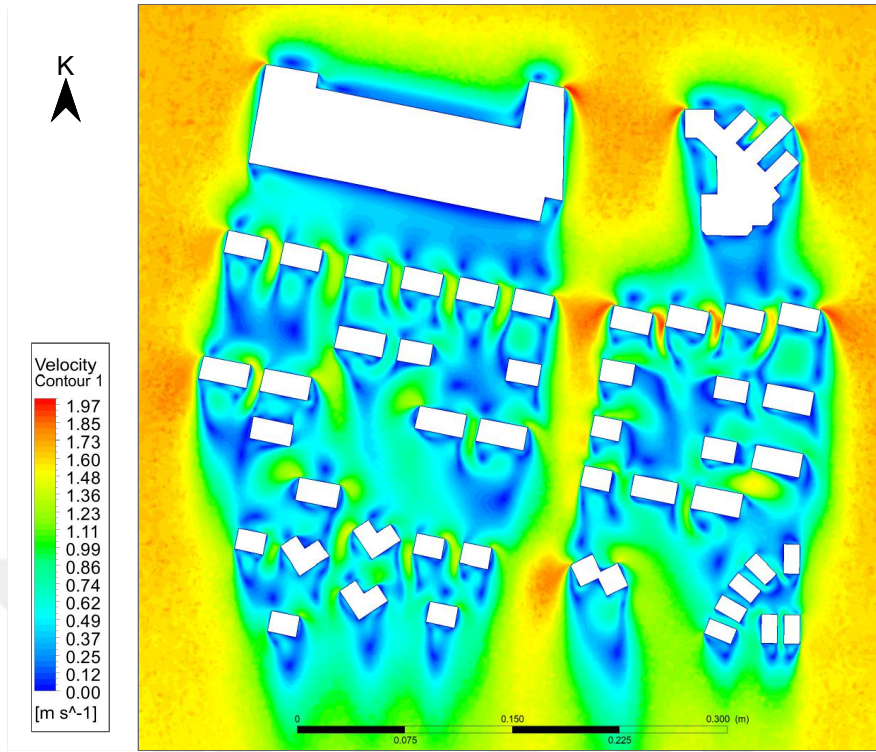
Örneklem-6 alanında ölçüm alınan sokaklar ve ölçüm noktaları Şekil 4.16.'da yer almaktadır. Tek bir sokağın sürekli olduğu diğerlerinin ise parçalı olarak gösterildiği 6 adet sokak mevcuttur. Sokaklar üzerinde yer alan 222 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Ölçüm noktaları arasındaki en düşük rüzgâr hızı 0,127m/s, en yüksek rüzgâr hızı ise 1,781 m/s'dir.



Şekil 4.16. Örneklem-6 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu

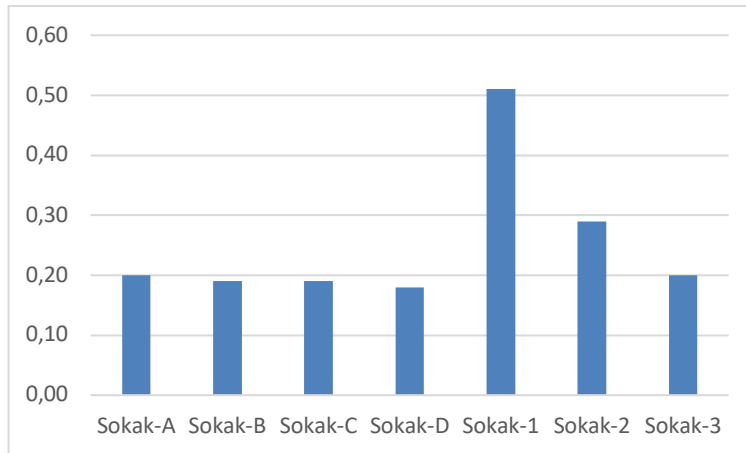
Merkez bölgede yer alan yapıların bina kesir yüzeyi merkez alanın %12'sini oluşturmaktadır. Binalar arası mesafeler değişkendir ve 131 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Ortalama V_r değeri ise 0,29 olarak hesaplanmıştır.

Örneklem-6 alanı, birden fazla kentsel boşluğa sahiptir. Özellikle iki blok yapının arasında kalan KB-5 kentsel boşluğu Sokak-1 boyunca devam eden rüzgâr hızını etkilediği görülmektedir. Sokak-1'in sahip olduğu rüzgâr akış hızını etkileyen önemli faktörden bir diğerini de hâkim rüzgâr ile yaptığı açı oluşturmaktadır. Şekil 4.17.'de yer verilen rüzgâr haritasına göre örneklem alanındaki rüzgâr ortamı incelendiğinde blok yapıların rüzgâr-altı bölgelerinin daha uzun olması kendinden sonra gelen yapı sırasının rüzgâr-üstü bölgelerinin kışalmasına neden olduğu görülmektedir.



Şekil 4.17. Örneklem-6 rüzgâr haritası

Sokak-1 hâkim rüzgâr ile 80° 'lik açı yaparken, Sokak-2 ve Sokak-3 130° 'lik açı yapmaktadır. Sokak-A, Sokak-B, Sokak-C ve Sokak-D ise hâkim rüzgâr ile 79° 'lik açı ile kesişmektedir. Sokaklara ait ortalama V_r değerleri Şekil 4.18.'de gösterilmiştir. En yüksek ortalama V_r değeri 0,51 ile Sokak-1'e ait iken en düşük değer 0,18 ile Sokak-D'ye aittir. Grafikte de görüldüğü üzere Sokak-1'in V_r değeri diğer sokakların V_r değerlerine göre fazla çıkmıştır. Sokaklar arasında homojen bir rüzgâr hızı dağılımı olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.18. Örneklem-6 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği

4.1.7. Örneklem-7: Fener mahallesi-2

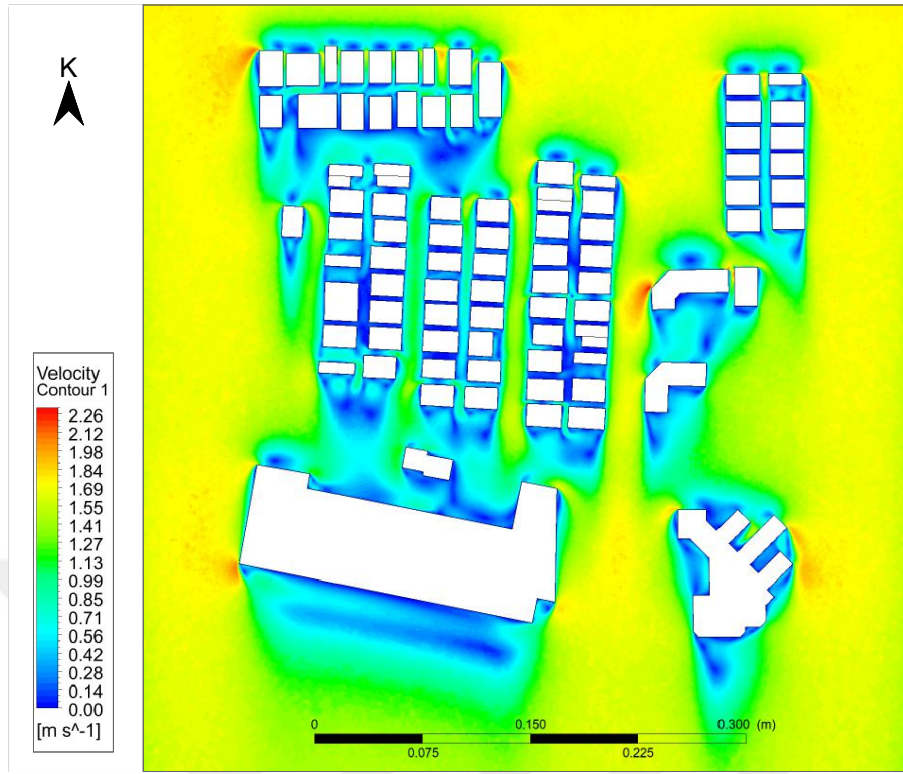
Örneklem-7 alanında ölçüm alınan sokaklar ve ölçüm noktaları Şekil 4.19.'de yer almaktadır. Birbirini dik kesen sekiz adet sokak mevcuttur. Sokaklar üzerinde yer alan 245 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Ölçüm noktaları arasındaki en düşük rüzgâr hızı 0,319m/s, en yüksek rüzgâr hızı ise 2,248 m/s'dir.



Şekil 4.19. Örneklem-7 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu

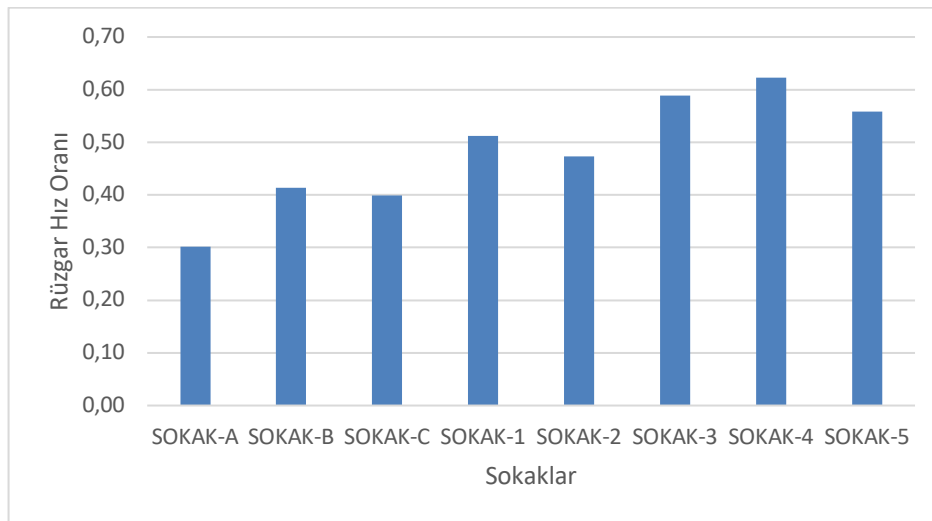
Merkez bölgede yer alan yapıların bina kesir yüzeyi merkez alanın %49'unu oluşturmaktadır. Örneklem alanları içerisindeki merkez bölge yapı yoğunluğu en fazla olan örnektir. Binalar arası mesafeler çok kısa olduğu için ölçüm noktaları genel olarak kuzey-güney aksında konumlanmıştır. 62 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Ortalama V_r değeri ise 0,39 olarak hesaplanmıştır.

Örneklem-7 alanı, farklı büyüklüklerde kentsel boşluklara sahiptir. Aynı zamanda birden fazla blok yapılaşma da bulunmaktadır. Sokak-4 üzerinde yer alan ölçüm noktalarında diğer bölgelere göre rüzgâr hızı daha fazla artış göstermektedir. Şekil 4.20.'de yer verilen rüzgâr haritası incelendiğinde Sokak-4'ün birden fazla kentsel boşlukla temas halinde olması ve blok yapının rüzgârla yaptığı açıdaki değişikliklerin rüzgâr hızına etkide bulunduğu görülmektedir.



Şekil 4.20. Örneklem-6 rüzgâr haritası

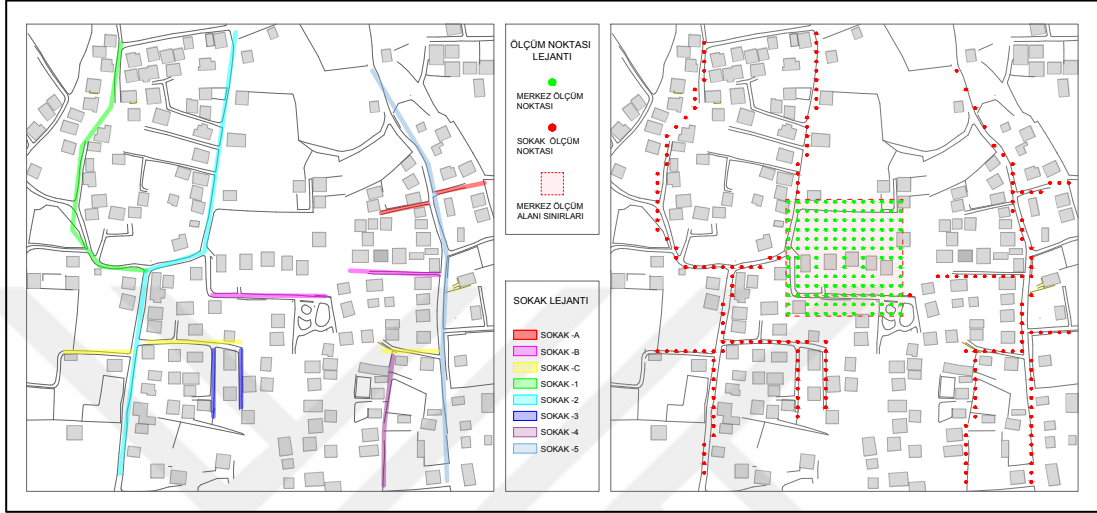
Sokak-1, Sokak-2, Sokak-3, Sokak-4 ve Sokak-5 hâkim rüzgâr ile paralel doğrultuda yer almaktadır. Sokak-A, Sokak-B, Sokak-C ise hâkim rüzgâr ile 90⁰ açı ile kesişmektedir. Sokaklara ait ortalama V_r değerleri Şekil 4.21.'de gösterilmiştir. En yüksek ortalama V_r değeri 0.77 ile Sokak-4'e ait iken en düşük değer 0.11 ile Sokak-A ve Sokak-B'ye aittir.



Şekil 4.21. Örneklem-7 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği

4.1.8. Örneklem-8: Tolunay mahallesi

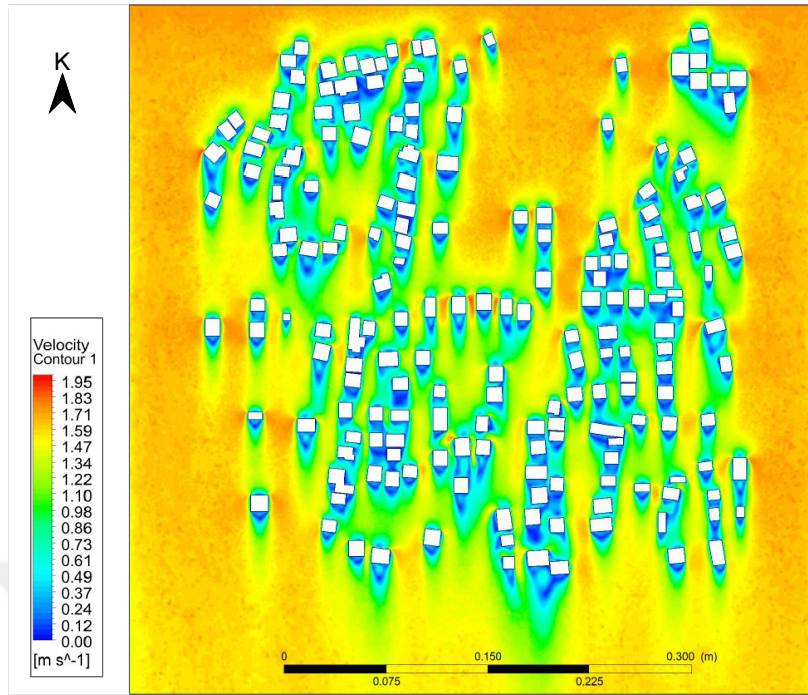
Örneklem-8 alanında ölçüm alınan sokaklar ve ölçüm noktaları Şekil 4.22.'de yer almaktadır. Düzensiz sokakları olan bu alanda homojen bir sokak dağılımı görülmemektedir. Ölçüm noktaları için toplamda sekiz adet sokak ve sokaklar üzerinde yer alan 180 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Ölçüm noktaları arasındaki en düşük rüzgâr hızı 0,097 m/s, en yüksek rüzgâr hızı ise 1,650 m/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.22. Örneklem-8 sokak gösterimi ve ölçüm noktalarının konumu

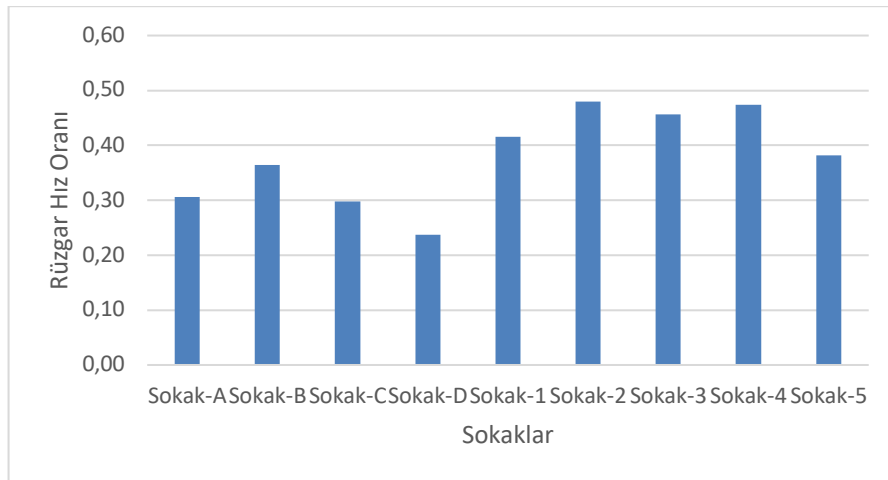
Merkez bölgede yer alan yapıların bina kesir yüzeyi merkez alanın %0,7'sini oluşturmaktadır. Örneklem alanları içindeki en düşük merkez bölge yapı yoğunluğuna sahiptir. 150 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Ortalama V_r değeri ise 0,50 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.23.'de yer verilen rüzgâr haritası incelendiğinde örneklem-8 alanının ortalama kat yüksekliğinin düşük olmasının rüzgâr-altı bölgelerinin de mesafesini azalttığı görülmüştür. Aynı zamanda düşük kat yükseklikleri ve düzensiz boşluklar sokaklardaki kanyon etkisini zayıflamasına ve bu sokaklardaki rüzgâr hızında dalgalanmalara neden olduğu görülmektedir. Yapıların birbirleri ile konumları ve mesafeleri oldukça değişkenlik göstermektedir. Rüzgâr akış yönünde ardışık yerleşime sahip yapıların çevresindeki rüzgâr ortamlarında rüzgâr hızları daha düşük görülürken kaydırmalı bir şekilde yer alan yapıların çevresindeki rüzgâr hızında artış olduğu görülmektedir.



Şekil 4.23. Örneklem-8 rüzgâr haritası

Sokak-1, Sokak-2 ve Sokak-3, Sokak-4 ve Sokak-5 doğrultuları boyunca kırılmalara sahip olsa da genel yönelim bakımından hâkim rüzgâr ile paralel olduğunu söylemek mümkündür. En fazla açı yaptığı nokta 25°'dir. Sokak-B, Sokak-C ve Sokak-D sokakları rüzgâr ile dik doğrultuda kesişmekteyken Sokak-A 75°'lik açı ile kesişmektedir. Rüzgâr akışına dik olan sokaklar kısa uzunluklara sahiptir. Sokaklara ait ortalama V_r değerleri Şekil 4.24.'de gösterilmiştir. En yüksek ortalama V_r değeri 0,48 ile Sokak-2'ye ait iken en düşük değer 0,24 ile Sokak-D'ye aittir.



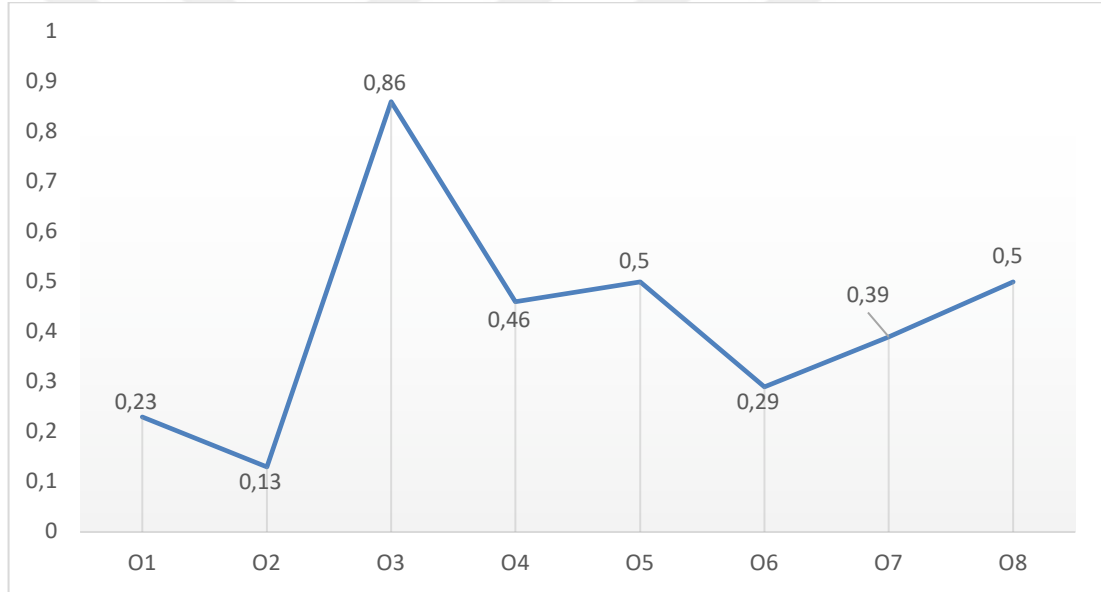
Şekil 4.24. Örneklem-8 sokaklarına ait ortalama V_r grafiği

4.2. Örneklem Alanlarının Karşılaştırması

4.2.1. Yerleşim dokusu

Hem yapı ölçeğinde hem de kentsel ölçekte hava akışına dair doğru bir değerlendirme yapabilmek için bu hava akışını etkileyen komşu yapılar ve mahalle dokusu hakkında yeterli bilgiye de sahip olmak gerekmektedir. Tez kapsamında ele alınan örneklem alanlarının yerleşim dokularına dair sahip oldukları benzerlikler ve farklılıklar mevcuttur. Bu başlık altında bu benzerlik ve farklılıkların rüzgâr ortamında neden oldukları değişimlerin incelenmiştir.

İlk olarak toplam 8 örneklem alanı için 100x100 metre merkez sınır bölgesi içinde yer alan ölçüm noktalarının V_r değerlerinin ortalaması alınmıştır. Aynı zamanda merkez bölge için sınırlar içinde kalan yapıların yoğunlukları (Y_{merkez}) bulundukları örneklem alanı ve YİB koşulları dışında ayrı bir parametre olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar merkez bölgedeki rüzgâr hızının merkezin yapı yoğunluğu ve örneklem alanının yapı yoğunluğu ile arasındaki ilişkiyi göstermek için gerekli görülmüştür.



Şekil 4.25. Örneklem alanları merkez bölge ortalama V_r değerleri

Örneklem alanları arasındaki merkez bölgede yer alan ölçüm noktalarının ortalama V_r değerlerine ilişkin karşılaştırma grafiği Şekil 4.25.'de verilmiştir. Buna göre en yüksek değere 0,86 ile Örneklem-3 alanı sahip iken en düşük değere 0,13 ile Örneklem-2 alanı sahiptir. Bunlar dışında kalan örneklem alanlarına ait değerler de sırasıyla şu şekildedir; Örneklem-1 bölgesinde 0,23; Örneklem-4 bölgesinde 0,46; Örneklem-5 bölgesinde 0,5; Örneklem-6 bölgesinde 0,29; Örneklem-7 bölgesinde 0,39; Örneklem-8 bölgesinde ise 0,5'tir.

Elde edilen veriler ile yapılan korelasyon analizinde merkez bölge V_r değerlerinin örneklem alanlarının sahip olduğu toplam yapı yoğunluğu (Y_{toplam}) ile ilişkisi -0,70 (yüksek düzey) çıkarken, merkez bölgenin yapı yoğunluğu (Y_{merkez}) ile ilişkisi -0,54 (orta düzey) çıkmıştır. Negatif yönde bir korelasyona sahip olan bu sonuçlar yapı yoğunluğu arttıkça rüzgâr hızında azalmanın meydana geldiğini göstermektedir.

Bu durum tezin birincil hipotezini doğrulamaktadır. Bir yapının havalandırma potansiyeli içerisinde yer aldığı yapı çevreye bağlıdır. Hatta bu yapı çevrenin sınırlarının da önemli olduğunu söylemek mümkündür. Örneğin merkez yoğunluğunun en yüksek (%49) olduğu örneklem-7'nin en düşük rüzgâr hız oranına sahip olması beklenirken, en düşük rüzgâr hız oranı değeri (0,13) toplam yapı yoğunluğunun en yüksek olduğu (%43,9) örneklem-2 alanında görülmektedir. Ayrıca Tong ve arkadaşlarının yaptığı analizler de, binalar arasında meydana gelen yapay kanal etkisi nedeniyle çevresel engellerin sadece yakın katmanlarını içeren analizlerin hava değişim hızını tahmin etmede yetersiz olduğunu göstermektedir. Bu yüzden kentsel ölçekte rüzgâr ortamlarının değerlendirmesinde en az iki katman çevre gerekmektedir (Tong vd. 2016). Bu çalışmada bu katmanların gerekli olduğunu ortaya koymaktadır.

Kentsel kanyonlardaki rüzgâr akış yapısının yapı yoğunluğu ile güçlü bir ilişki içinde olduğu görülmektedir. Daha spesifik olarak bakıldığında, düşük yapı yoğunluğuna sahip dizilerdeki kanyonlar yatay eksenli bir girdaplar hâkim iken, yüksek yapı yoğunluğuna sahip dizilerdeki kanyonlar dikey eksenli girdaplar hâkim olmaktadır. Rüzgâr akış hızlarına ilişkin analizler, ortalama akış hızının bina yerleşim yoğunluğunun azaltılmasıyla açıkça artırılabilirliğini göstermektedir (Mei vd. 2017). Yakın zamanda Palusci'nin yaptığı çalışmaya göre de yapı yoğunluğunun 0,33 olduğu değer akış rejimi değişikliği için kritik bir değer olarak yorumlanmıştır (Palusci vd. 2022).

Toplam yapı yoğunlukların yaklaşık olarak eşit olduğu (örneklem-3 Y_t : %21,25, örneklem-4 Y_t : %21, örneklem-5 Y_t : %20 ve örneklem-6 Y_t : %22) dört örneklem alanı incelendiğinde ise en büyük hız örneklem-3 alanına aittir. Tüm örneklem alanları arasında da 0,86 ile en yüksek V_r değerine sahip olan örneklem-3 alanı incelendiğinde ortalama kat yüksekliğinin de en yüksek olduğu örneklem alanı olduğu görülmektedir. Diğer önemli bir fark ise karşılaştırılan dört örneklem alanından farklı iklim sınıfı ve yerleşim düzenine tipolojisine sahip olduğu görülmektedir. Örneklem-4,5,6 YİB-5 sınıfına dahil iken Örneklem-3 YİB-6 iklim bölgesine sahiptir ve Lineer Bahçeli Site-Kümelî Yapılaşma Tip-C sınıfına dahildir.

En düşük V_r değeri ise 0,13 ile Örneklem-2'ye aittir. Geleneksel dokuya sahip bu alanda rüzgâr akış sürekliliği mevcut değildir. Düzensiz ve dar sokaklar, bitişik nizam yapılaşma, homojen olmayan bir doku bu bölgede rüzgâr akışındaki sürekliliğe engel oluşturmaktadır. Bitişik nizam yapılar oluşturdıkları uzun cephe mesafeleri ile rüzgâr için duvar etkisi oluşturabilmektedir. Bitişik nizam yapılar sokak cephesinde havalandırma sağlanabilmesi için sokağın rüzgâr ile açısı oldukça önemlidir.

Örneklemelerin sahip oldukları benzer ve farklı yerleşim düzenleri, rüzgâr ortamları ve havalandırma potansiyelleri kapsamında değerlendirme yapmayı mümkün kılmaktadır. Rüzgâr yönünde lineer sıralı bir yerleşime sahip ve özellikle yapı aralıklarının çok kısa olduğu ve bina sırasının uzun olduğu bölgelerde (Tip-B) rüzgâr hızları oldukça düşmektedir. He ve arkadaşlarının yaptığı çalışma uzun sıralı binaların

arkalarındaki havalandırma performansını önemli ölçüde düşürdüğünü göstermektedir (He vd. 2020). Sıralı yerleşimin özellikle hâkim rüzgâra paralel olduğu durumlarda kaydırmalı yerleşime göre havalandırma potansiyeli açısından daha dezavantajlı olduğu Örneklem-6 ve Örneklem-7 arasındaki karşılaştırmada da görülmektedir. Daha geniş bina dizileri çevreleri her zaman karşılık gelen daha dar bina dizilerine göre daha yüksek V_r elde etmektedir, bu durum önceki çalışmalar tarafından da ortaya koyulmuştur (Chen vd. 2021).

Bunun yanı sıra çapraz ya da kaydırmalı yerleşimlere sahip (Tip-C) gibi alanlarda ise artmaktadır. Farklı yapı düzenlemelerinin neden olduğu rüzgâr ortamlarının yapı düzenleri ve rüzgâr yönü ile güçlü bir şekilde bağlı olduğu görülmektedir (Zhang vd. 2005), Yapılan diğer çalışmalarda da yüksek katlı düşük yoğunluklu bölgelerin mekânsal morfolojisi nedeniyle yaya düzeyinde yüksek rüzgâr hızına ve rüzgâr hızı dağılımına sahip olduğu görülmektedir (Ma ve Chen 2022).

Cephe yüzey alanı fazla olan yapılarda hâkim rüzgârın dik açı ile gelmesi durumunda rüzgâr-altı bölgeleri mesafelerindeki artış kendinde sonra gelen yapıların havalandırma potansiyelini etkilemektedir. Bunun için bu tarz yapılarla aralarında yeterli mesafeler bırakılmalıdır. Reiter (2010), tek bir lineer binanın etrafındaki rüzgâr koşullarını incelediği çalışmasında binanın genişliğini artırmanın rüzgâr hızını artırdığını ortaya koymuştur. Fakat bu artış genel olarak, köşe bölgelerde gerçekleşmektedir. Kentsel alanlar içinde cami- okul gibi büyük kamusal alanlar çevresi ile kurduğu mesafe sayesinde bu izole koşulları sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlarda örneklem-6 ve örneklem-7’de mevcut olan geniş hacimlerin köşe alanlarında artan rüzgâr hızları Reiter in çalışmalarını destekler niteliktedir.

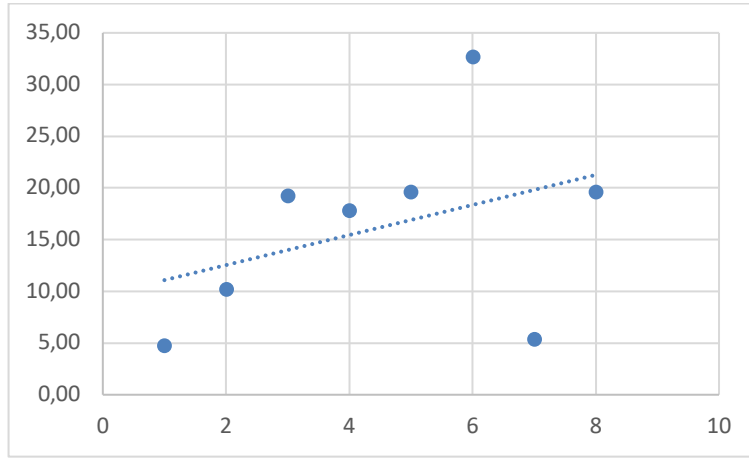
Li ve arkadaşlarının mahalle ölçeğinde yaptıkları çalışmada bina yüksekliği ve uzunluğundaki bir artışın ortalama hız açısından da faydalı olduğunu ortaya koymaktadır (Li vd. 2023). Bu çalışmalara paralel sonuçlar örneklem-1’de de elde edilmiştir. Benzer blok yerleşimlerine sahip bu alanda Sokak-C’nin kuzeyinde yer alan konutlar daha küçük boyutlardan oluşurken sokağın güneyinde kalan konutların boyutları ve yükseklikleri artmaktadır. Rüzgâr haritası incelendiğinde güneyde kalan bölgenin rüzgâr hızları kuzeye kıyasla artış göstermektedir.

4.2.2. Pürüzlülük yüzeyi

Rüzgâr hızını etkileyen faktörlerinden bir diğeri de bölgenin pürüzlülük yüzeyidir. Her bina rüzgâr için bir engeli ifade etmektedir. Bu engeller boyutlarına ve yerleşimlerine göre farklı şekillerde rüzgâr akışlarına neden olmaktadır. Tez kapsamında pürüzlülük yüzeyi örneklem alanlarının sahip oldukları ortalama kat yükseklikleri ve H/W değerleri üzerinden değerlendirilecektir.

Merkez bölgede yer alan ölçüm noktalarının ortalama V_r değerleri ile örneklem alanlarının sahip oldukları $H_{ortalama}$ değerleri arasında lineer bir korelasyon analizi yapıldığında pozitif korelasyon göstermiş ve sonuç 0,63 olarak hesaplanmıştır. Korelasyona ilişkin dağılım grafiği Şekil 4.26.’da gösterilmiştir. V_r ile bina yüksekliği arasındaki pozitif korelasyon genellikle kararlı koşullar altında iken kabul edilmektedir. Chen vd.’lerinin yapmış oldukları çalışmada istikrarsız koşullarda ve ardışık günler boyunca yapılan analizlerde tutarlı sonuçlara ulaşılmadığı görülmektedir. Ayrıca, bina

yüksekliğinin V_r üzerindeki etkilerine ilişkin etkileri değerlendirilirken bazı zaman dilimlerinde her zaman tutarlı olmadığı da dikkate alınmalıdır (Chen vd. 2021).



Şekil 4.26. Örneklem alanları merkez bölge ortalama V_r değerleri ve $H_{ortalama}$ arasındaki korelasyona ilişkin dağılım grafiği

Jiang vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçları, bina yüksekliğinin artmasıyla rüzgâr hızının artacağını ve yüksek binaların önündeki girdapların giderek güçleneceğini belirtmektedir. Bina yükseklikleri eşit olduğunda oluşan girdapların boyut ve şekilleri benzer niteliktedirler. Düşey ekseninde baktığımızda saat yönünde girdaplar oluşmaktadır. Yükseklikler arasındaki fark arttıkça, düşük katlı bina önünde girdaplar parçalanır ve yüksek katlı bina önündeki girdaplar ise güçlenerek genişler. Düşük katlı binaların önünde oluşan aşağı yönlü akış yukarı yönlü akışa dönüşerek bina dizileri arasında oluşan rüzgâr hızını da arttırmaktadır (Jiang vd. 2008). Yapılan çalışmada seçilen örneklemelerde bina düzeni tipi, dağınık veya paralel sıralar düzenlemesi şeklindedir. Aynı zamanda yüksek derecede çevreleme olan bir düzenlemeyi dikkate almamışlardır, bu nedenle bazı sonuçlarında farklılıklar mevcuttur.

Genel olarak ortalama bina yüksekliği artışı ile yaya seviyesindeki rüzgâr hızı da yavaşça artmaktadır. Ancak aralarındaki etkileşim önemli değildir. 2017 yılında farklı konut alanlarına dair yapılan bir çalışmada Pearson korelasyon analizi yoluyla, tüm konut alanlarındaki ortalama bina yüksekliği ile ortalama yaya seviyesi rüzgâr hızı oranı arasında zayıf bir korelasyon bulunduğu, yüksek katlı konut alanlarında ise ikisi arasında herhangi bir korelasyon mevcut olmadığı sonucu ortaya koyulmuştur (Jin vd. 2017). Örneklem alanlarındaki her bir sokağa ait ortalama V_r değeri ile ortalama bina yüksekliği arasında bir korelasyon analizi yapıldığında da sonuç benzer çıkmakta çok zayıf bir korelasyona sahip olduğu görülmektedir. Bu durum her sokağın farklı bir çevre katmanına sahip olması, sokakların farklı yönelimlere sahip olması gibi farklı etmenlerden kaynaklanabilmektedir.

Yapı yüksekliklerinin rüzgâr hızını etkilediği noktalardan biri de yerleşim alanlarındaki yükseklik değişkenlikleridir. Sokak aksında yer alan yapıların eşit ya da farklı yüksekliklerde olması bu yapıların oluşturdukları kanyonlardaki havalandırma şeklini etkilemektedir. Adım-aşağı kanyonlardaki havalandırma özellikleri, rüzgâr

tarafından sürülen havalandırmayla uyumludur (Hang et al., 2012). Bina yüksekliğinin standart sapması arttıkça, kanyon havalandırması daha iyi hale gelmektedir. Havalandırmanın arttırılması için düzgün olmayan yükseklikler tercih edilmektedir. (Li vd. 2023). Ancak, bina düzensizliğinin aşırı olması, adım yukarı konfigürasyonları için iç havalandırma kapasitesinin zayıflamasına neden olmaktadır.

4.2.3. kentsel boşluk

Çalışma kapsamında kentsel boşluklar olarak değerlendirilen alanların engelsiz bölgeler olduğu unutulmamalıdır. Ağaç, çalılık kentsel elemanlar gibi engeller çalışma kapsamı sınırları dışında tutulmuştur. Bunlar olmadan değerlendirilen örneklerde mevcut kentsel boşlukların rüzgâr ortamında olumlu değişime neden olduğu görülmektedir.

Literatüre baktığımızda yerleşim alanlarında yer alan kentsel boşluklar olarak parklar sahip oldukları yeşil elemanlar kapsamında değerlendirmeye alınmaktadır. Engelsiz boşluklar olarak değerlendirebileceğimiz açık otopark alanları ya da kent meydanlarına ilişkin ise yeterli sayıda çalışmaya bulunmamaktadır. Tez kapsamında yapılan değerlendirmelerde kentsel boşlukların rüzgâr ortamına etkisi rüzgâr haritaları üzerinden değerlendirilmiştir.

Kentsel boşlukların hâkim rüzgâr yönünde kendinden sonra gelen yapıların rüzgâr-üstü bölgesindeki rüzgâr hızı çevresindeki yapıların rüzgâr üstü bölgesinde hızlarına göre artış göstermektedir. Aynı zamanda geniş caddeler de birer kentsel boşluk niteliği kazanarak aynı etkiyi gösterebilmektedirler. Kentsel boşluklarda oluşan rüzgâr ortamları hem kentsel boşluğun boyutları hem de çevresindeki yapı boyutlarından etkilenmektedir.

Liu ve arkadaşlarının son yıllarda yaptığı çalışmalar göstermektedir ki açık alanda yapılan araştırma sonuçları, sokak içinde hava tampon bölgesi oluşturmak için sokak içindeki potansiyel hava geçişini ve açık alan ayarlamalarını kullanmanın "rüzgâr depolama" işlevini artırabilmektedir. Ayrıca, sokak içindeki "rüzgâr depolama" işlevini artırabileceğini göstermektedir. Ayrıca, sokakta hâkim olan şehir rüzgarını daha iyi yönlendirmede de etkili olabilmektedir (Liu vd. 2023).

Özellikle yaz mevsiminde parkların sahip oldukları serinletici etkinin yanında bu alanlar bulundukları yerleşim alanlarının da mikro iklim ortamlarına olumlu katkı sağlamaktadırlar. Bu nedenle özellikle sıcak-nemli iklim bölgelerinde mikro iklimin iyileştirilmesinde rüzgâr ortamına öncelik verilmelidir.

4.2.4. Sokak düzenleri

Yerleşim dokusunu oluşturan en önemli etmenlerden biri sokaklardır. Sokakların hâkim rüzgâr ile yaptıkları açı, sokak genişlikleri, kanyon özellikleri gibi birçok etmen rüzgârın akışını etkilemektedir. Rüzgâr ve kent çalışmalarında sokaklar en fazla değerlendirilen kentsel öğelerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Tez kapsamında örneklem alanlarının sahip oldukları sokakların her birinden birden fazla ölçüm noktası ile veriler elde edilmiştir. Tüm bu noktaların sahip oldukları çevresel özellikler ile sokaklardaki rüzgâr ortamını etkileyen faktörlerin ilişkisi değerlendirilmiştir.

Öncelikle sokakların yönelimleri değerlendirildiğinde, hâkim rüzgâra paralel sokakların rüzgâr hızındaki artış elde edilen rüzgâr haritalarında da net bir şekilde görülmektedir. Ana caddelere paralel olarak esen rüzgarlarda, bu caddeler boyunca daha yüksek hava akış hızları, paralel dar sokaklar boyunca daha düşük hava akış hızlarına neden olmakta ve dolayısıyla bu dar sokakların daha az havalandırılmasına yol açmaktadırlar.

Ana caddeye eğik veya dik olan rüzgâr yönlerinde, bu ana caddenin varlığı genellikle havalandırma verimliliğini arttırmaktadır. Çünkü ana cadde bir temiz hava deposu görevi görür. Ancak bu genellikle paralel rüzgâr yönü için geçerli değildir; ana cadde boyunca daha yüksek akış hızı, paralel dar sokaklardaki akış oranlarını azaltarak havalandırma verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Ramponi 2015). Özellikle örneklem-6'nın sonuçları bu çalışmaya bu çalışma ile paralellik göstermektedir.

Sokak kanyonlarının havalandırmasının değerlendirilmesinde bir başka gösterge de hava değişim hızının (ACH) hesaplanmasıdır. Jon ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sokak kanyonları farklı rüzgâr yönlerine göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme eşit yükseklikteki yapı kanyonu- step-up (adım yukarı) kanyon ve step-down (adım aşağı) kanyon olmak üzere üç kanyon türüne üzerinden yapılmıştır.

Rüzgâr yönü paralel olduğunda ($\alpha = 0^\circ$), kanyonların sergiledikleri hava akışları ve kapasiteleri birbirine benzerdir. Fakat eğik ($\alpha = 30^\circ, 45^\circ$ ve 60°) ve dik ($\alpha = 90^\circ$) rüzgar yönlerinde adım-aşağı kanyondaki hava akımı diğer kanyonlara göre farklılıklar göstermektedir ve bu kanyonun havalandırma kapasitesi düşmektedir (Jon vd. 2023). Bu üç farklı bina konfigürasyonu arasında, en yüksek kirletici konsantrasyonunu adım-aşağı kanyonda gerçekleştirirken onu adım yukarı sokak kanyonu izlemektedir (Ciu vd. 2021).

Nispeten kısa kanyonlar, köşe girdaplarının oluşması nedeniyle köşelerde daha iyi havalandırma sağlar ancak bu etki, cadde uzunluğu arttıkça kaybolmaktadır. Kentsel cadde kavşaklarında rüzgâr girdapları, alçak basınç bölgeleri ve kanal etkileri, kirleticilerin alt kısımda maksimum düzeyde tutulmasına neden olabilmektedir. Kavşaklarda yüksek katlı binaların yer alması oluşturdukları köşe girdapları nedeniyle iyi havalandırma potansiyeline olumlu katkıda bulunabilmektedir. (Ahmad vd. 2005). Derin kanyonlarda girdaplar, kanyonun üzerindeki dış rüzgâr akışıyla zayıf bir şekilde etkileşime girer ve egzoz gazlarının uzaklaştırılmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaz. Binanın köşelerinde oluşan aralıklı girdaplar, cadde kanyonlarının/kavşaklarının orta blok bölgesinde bir 'yakınsama bölgesi' oluşturmaktan sorumludur ve bu da kirleticilerin maksimum düzeyde tutulmasını sağlamaktadır.

Açık arazideki kanyonlar sürekli olarak yukarıya doğru yükselen kararsız bir girdap oluştururken kentsel alanlardaki kanyonlar, sokak havalandırmasını baskılayan ve kirleticilerin hapsedilmesiyle sonuçlanan sabit bir dönen girdaplar oluşturmaktadır. Yaya alanlarının, özellikle de araç yolunun rüzgâra karşı tarafında bulunanların genişletilmesi hem havalandırmayı hem de kaliteyi artıran daha fazla hâkim rüzgâra neden olmaktadır (He vd. 2022).

4.3. Analizlerin Değerlendirilmesi

CFD simülasyonları sonucunda sokaklarda yer alan ölçüm noktalarından elde

edilen tüm veriler ortak bir değerlendirmeye alınmıştır. Her bir örneklem alanının sahip olduğu parametreler korelasyon matrisi ve regresyon analizi ile incelenmiş ve aralarındaki ilişkiler yorumlanmıştır. Tüm bağımlı ya da bağımsız değişkenlerin rüzgâr hızı üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Değerlendirilen değişkenler; yükseklik/genişlik oranı (H/W), kanyon türü (KT), rüzgâr açısı (α), yapı yoğunluğu, ortalama yükseklik, tipoloji ve hedef değer olarak rüzgâr hızıdır.

Şekil 4.27.'de yer alan korelasyon matrisi sahip olduğu değişkenlerin birbirleri ile ilişkisini göstermektedir. Bu analiz sonucundaki bulgular ise şunlardır;

Bina Yükseklik/Genişlik Oranı (H/W): Rüzgâr hızı ile negatif bir korelasyon (-0.22) bulunmuştur. Bu durum, bina yükseklik/genişlik oranının artmasının rüzgâr hızını azalttığını göstermektedir.

Kanyon Türü (KT): Rüzgâr hızı ile zayıf negatif bir korelasyon (-0.12) bulunmuştur. Bu durum, kanyon türünün rüzgâr hızını az miktarda olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Rüzgâr Açısı (α): Rüzgâr hızı ile güçlü negatif bir korelasyon (-0.53) bulunmuştur. Bu durum, rüzgâr açısının artmasının rüzgâr hızını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.

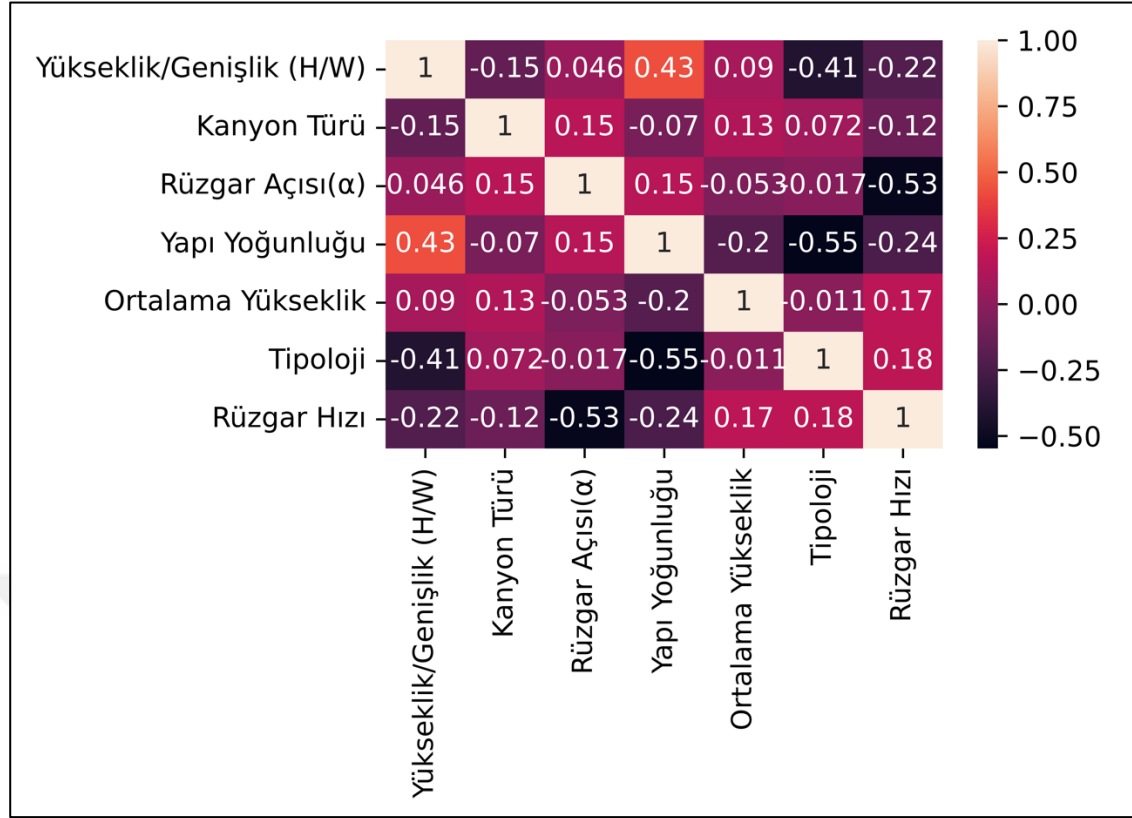
Yapı Yoğunluğu: Rüzgâr hızı ile zayıf negatif bir korelasyon (-0.24) bulunmuştur. Bu durum, yapı yoğunluğunun artmasının rüzgâr hızını bir miktar azalttığını göstermektedir.

Ortalama Yükseklik: Rüzgâr hızı ile zayıf pozitif bir korelasyon (0.17) bulunmuştur. Bu durum, ortalama yüksekliğin artmasının rüzgâr hızını az da olsa artırdığını göstermektedir.

Tipoloji: Rüzgâr hızı ile zayıf pozitif bir korelasyon (0.18) bulunmuştur. Bu durum, tipolojinin rüzgâr hızını artırmada hafif bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Bu durumda tipoloji ortalama yükseklik ile aynı ölçüde önemli bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır. Tipoloji diğer parametrelere göre rüzgâr hızı ile daha az ilişki içinde olsa da yükseklik gibi dikkate alınması gereken bir parametredir.

Özellikle, bina yükseklik/genişlik oranı, rüzgâr açısı ve yapı yoğunluğu gibi değişkenlerin sokaklardaki rüzgâr hızı üzerindeki etkileri, sürdürülebilir ve iklime duyarlı kent planlama stratejilerinin geliştirilmesinde kritik rol oynamaktadır.



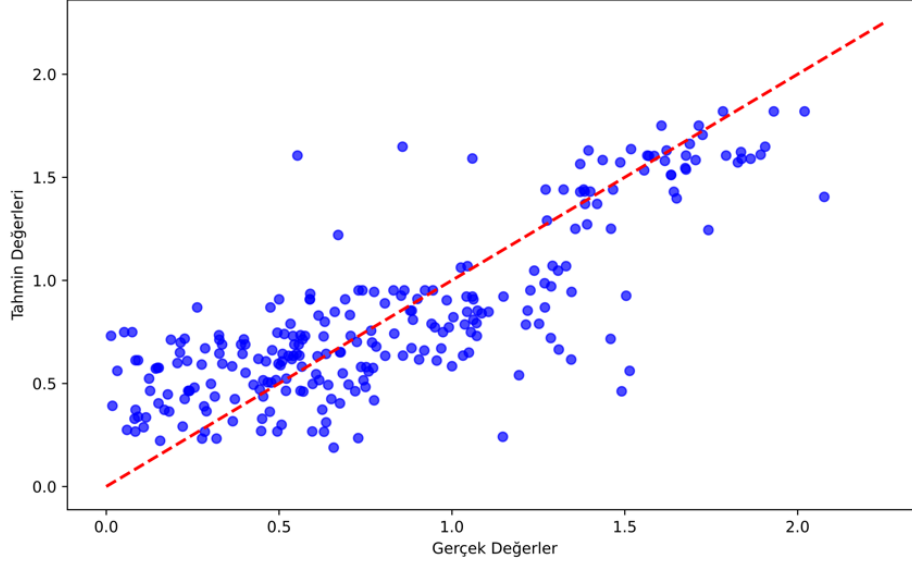
Şekil 4.27. Değişkenler arasındaki korelasyon matrisi

Merkez bölge ölçüm noktaları ile sokak ölçüm noktaları verilerinin ortak değerlendirilebileceği iki nicel parametre mevcuttur. Bunlardan ilki yapı yoğunluğu değeri ise ortalama yüksekliktir. Merkez bölge ile yapı yoğunluğu arasındaki korelasyon değeri yüksek (-0.70) çıkarken sokaklardan alınan ölçümler ile toplam yapı yoğunluğu arasındaki korelasyon düşük (-0.24) çıkmıştır. Bu durum değerlendirme sınır ve kapsamındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Fakat her iki analiz sonucu da göstermektedir ki yapı yoğunluğu ile rüzgâr hızı arasında negatif yönde ilişki mevcuttur.

Merkez bölge ile $H_{ortalama}$ ile arasında lineer bir korelasyon analizi yapıldığında korelasyon değeri pozitif ve ortalama bir değere sahip iken (0,63), sokaklardan alınan ölçümlerin korelasyon değeri yine pozitif olmakla beraber daha düşük bir değere (0.17) sahiptir. Bunun nedeni sokaklardaki ölçüm noktalarını etkileyen birçok parametrenin birlikte mevcut olması ve diğer parametrelere göre $H_{ortalama}$ parametresinin daha az etkisinin bulunmasıdır.

Sokaklardaki ölçüm noktalarından alınan verilerle yapılan regresyon analizine bakıldığında rüzgâr hızı üzerindeki en önemli faktörün sokak yönelimi olduğu görülmektedir. Şekil 4.28.'de gösterilen grafikte bu analizin dağılım grafiği mevcuttur. Grafikte, tahmin edilen ve gerçek rüzgâr hızı değerleri karşılaştırılmıştır. Noktaların çoğu, ideal tahmin doğruluğunu gösteren kırmızı kesikli çizgiye yakın bir konumdadır. Bu durum, modelin genel olarak doğru tahminler yaptığını göstermektedir. Yapılan regresyon analizinde, K-katlı çapraz doğrulama tekniği de kullanılmıştır. Bu sayede,

modelin genelleme yeteneği ve performansı daha güvenilir bir şekilde değerlendirilmiştir. 5 -Katlı çapraz doğrulama ortalama kare hata oranı 0.089 olarak bulunmuştur. Bu değer, modelin genelleme yeteneğinin iyi olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.28. Regresyon analizi dağılım grafiği

H/W (Bina Yükseklik/Genişlik Oranı): Önem değeri 0.118 olarak bulunmuştur. Bu, bina yükseklik/genişlik oranının rüzgâr hızı tahminlerinde önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.

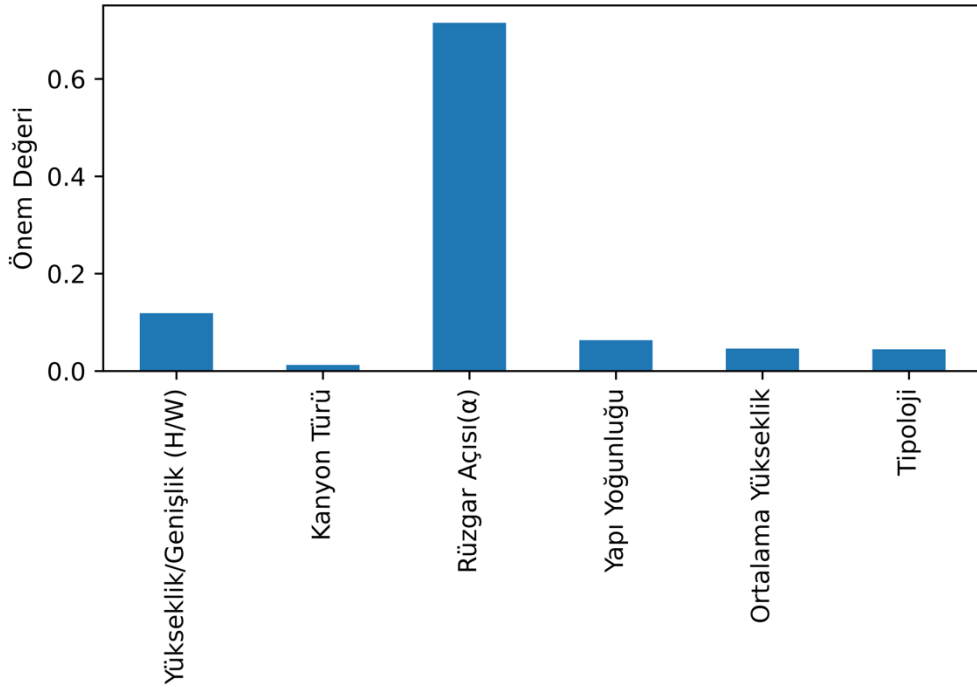
Kanyon Türü: Önem değeri 0.012 ile düşük bir önem değeri göstermektedir. Bu, kanyon türünün rüzgâr hızı üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

α (Rüzgâr Açısı): En yüksek önem değeri olan 0.715 ile, rüzgâr açısının rüzgâr hızı üzerinde çok büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Yapı Yoğunluğu: Önem değeri 0.063 olarak hesaplanmıştır. Bu, yapı yoğunluğunun rüzgâr hızı üzerindeki etkisinin orta seviyede olduğunu göstermektedir.

Ortalama Yükseklik: Önem değeri 0.045 olarak bulunmuştur. Bu, ortalama yüksekliğin rüzgâr hızı üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Tipoloji: Önem değeri 0.044 ile, tipolojinin de rüzgâr hızı üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.29. Parametrelerin önem değerleri grafiği

Bu bulgular, rüzgâr hızını tahmin etmek için kullanılan modelin genel olarak iyi bir performans sergilediğini ve bazı değişkenlerin (özellikle rüzgâr açısı) rüzgâr hızı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Gelecekteki örneklemelerde ve karar verme süreçlerinde, özellikle rüzgâr açısının dikkate alınması kritik öneme sahip olacaktır. Bina yükseklik/genişlik oranı ve yapı yoğunluğu gibi diğer değişkenler de dikkate alınarak daha sürdürülebilir ve iklime duyarlı kent planlama stratejileri geliştirilebilir.

4.3. Bölüm Sonu Özeti

Tezin çıkış noktasını oluşturan problemlere ilişkin ilk olarak ‘Sıcak-nemli iklim bölgelerinde optimum havalandırma koşulları için nasıl bir yapılaşma yaklaşımı tercih edilmelidir?’ sorusu sorulmuş ve bunun cevabını verebilmek için birden fazla soruya cevap aranmıştır. Tüm bu sorulara ilişkin yapılan analizlerden elde edilen veriler aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

- Yapı yüksekliğinin fazla olduğu bölgeler ile düşük olduğu bölgeler arasında havalandırma koşulları bakımından nasıl farklılıklar vardır?

Yapı yüksekliğinin merkez bölge ölçüm noktalarının ortalama V_r değerleri ile yapılan korelasyon analizi pozitif yönde 0.63 çıkmıştır. Fakat sokaklardaki ölçüm noktalarının rüzgâr değerleri ile yapılan regresyon analizinde oldukça düşük (0.17) çıkmıştır. Genel olarak yükseklik arttıkça rüzgâr hızında artış olsa da bu durumun kararlılığı sınırlar genişledikçe azalmaktadır.

- Yapı yoğunluğunun ve yerleşim düzeninin havalandırma potansiyeli üzerindeki etkisi nedir?

Yapı yoğunluğu merkez bölgedeki rüzgâr hızlarının değerlendirilmesinde rüzgâr hızına etki eden önemli etmenlerden birisi olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle merkez bölgedeki rüzgâr hızının değerlendirilmesinde yapı yoğunluğunun hesaplandığı sınırlar rüzgâr hızı ve yapı yoğunluğu arasındaki ilişkiyi etkilemektedir. Merkez bölgedeki ölçüm noktalarından elde edilen veriler ile yapılan korelasyon analizinde merkez bölge V_r değerlerinin örneklem alanlarının sahip olduğu toplam yapı yoğunluğu (Y_{toplam}) ile ilişkisi -0,70 (yüksek düzey) çıkarken, merkez bölgenin yapı yoğunluğu (Y_{merkez}) ile ilişkisi -0,54 (orta düzey) çıkmıştır.

Sokaklardaki ölçüm noktalarından alınan verilerin toplam yapı yoğunluğu (Y_{toplam}) ile analizindeki korelasyon değeri -0,24 olarak hesaplanmıştır. Negatif yönde bir korelasyona sahip olan bu sonuçlar yapı yoğunluğu arttıkça rüzgâr hızında azalmanın meydana geldiğini göstermektedir.

- Kentsel boşluklar havalandırma potansiyelini arttırmakta mıdır?

Kentsel boşlukların değerlendirmesinde rüzgâr haritaları yorumlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu haritalarda, kentsel boşlukların hâkim rüzgâr aksında kendinden sonra gelen yapı ve sokaklarda rüzgâr hızında artışa neden olduğu görülmüştür. Boşluk boyutu küçük bile olsa büyük etkilere sebep olabilmektedir.

- Sokak genişlikleri, yönelimleri vb. faktörler havalandırma koşullarını nasıl etkiler?

Hem korelasyon matrisinde hem de regresyon analizlerinde rüzgâr hızını etkileyen en önemli faktörün sokakların hâkim rüzgâr ile yaptıkları açı olduğu ortaya konulmuştur. Rüzgâr açısı korelasyon matrisindeki -0,53 ile en yüksek değere sahip iken regresyon analizinde de önem değeri en yüksek parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. İkincisi ise sokaklara ait H/W oranıdır. Bu durumda sokak düzenleri havalandırma koşullarını etkileyen en önemli parametre olmaktadır.

Yapılan analizler sonucunda seçilen örneklem boyutları kapsamında yerleşim yerlerinin rüzgâr performansını etkileyen birincil faktörün sokak düzenleri olduğunu görülmektedir. Sokak yönelimleri rüzgâr performansını doğrudan etkilerken sokak genişlikleri de kanyon oranına olan etkisi bakımından dolaylı bir şekilde etkilemektedir. Yerleşim dokusuna dair parametre olan yapı yoğunluğu ise merkez bölgenin değerlendirmesinde en yüksek korelasyon değerine sahiptir. Bu durumda bir yerleşim yeri için sokak düzenlerinin belirlenmesinden sonra yerleşim dokusuna önem verilmesi gerekmektedir. Ortalama yüksekliğin rüzgâr performansına etkisi ise kararsız bir düzlemde. Bu yüzden yüksekliğin rüzgâr ortamına etkisindeki değerlendirmeler daha küçük ölçeklerde ele alınabilir. Kentsel boşluklar ise çevrelerinin rüzgâr ortamlarına olumlu katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir. Fakat çalışma kapsamında bu boşlukların değerlendirilmesinde sınırlar mevcuttur. Kentsel boşlukların değerlendirilmesi için daha geniş kapsamlı analizler gerekmektedir.

5. SONUÇLAR

Günümüzün değişine koşulları, küresel ısınma, kent nüfusunda ve yapılaşmada artışı ve hava kirliliğinin çoğalması ve bu faktörle de ilişkili olarak enerji kullanımında karbon salınımında gibi problemler göz önüne alındığında rüzgâr gibi bir yenilenebilir kaynak kullanımına dair ilgi de artmaktadır. Rüzgârın kent ve mimari tasarıma dahil edilmesi sürdürülebilir bir yaşam ve mimarlık için masrafsız bir çözüm elemanı olarak değerlendirilebilir. Kentin havalandırma verimliliğinin arttırılması hem hava kirliliğinde azalma hem termal konforun sağlanması hem de dolaylı olarak enerji kullanımında azalma sağlamak mümkün olmaktadır. Özellikle sıcak-nemli iklim bölgelerinde rüzgâr ihtiyacı diğer bölgelere göre daha fazla olabilmektedir.

Geçmişte, kentsel rüzgâr iklimi analizi sonuçlarının mevcut olmaması nedeniyle mimarlar, kentsel geometrinin rüzgâr ortamına etkisi hakkında bilgisi sınırlı düzeyde kalmıştır. CFD, son zamanlarda kentsel açık alanların ve şehrin ya da yapıların rüzgâr ortamını simüle etmek için kullanılan yararlı bir araç haline gelmiştir. Bu durum mimarların ve şehir planlamacılarının kent geometrisinin kentin rüzgâr ortamına olan etkisini daha iyi anlamalarına olanak sağlamaktadır. Bu tez, farklı kentsel dokuların rüzgâr ortamları CFD ile simüle edilerek kent geometrisini oluşturan parametrelerin rüzgâr ortamında nasıl etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Özellikle sıcak-nemli iklimler için aranan bir iklim özelliği olarak karşımıza çıkan rüzgârın kent geometri ile ilişkisinin irdelenmesi ve problemlerin ortaya koyulması için Antalya kenti uygun bulunmuştur. Antalya'nın bir kıyı ve turizm kenti olması kentin gelişmesinde yapısal şekillenmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Kent havalandırmasında dağ ve deniz meltemlerinin merkez bölgelerdeki etkisi kıyı ve çeperdeki yapı yerleşimlerine de bağlıdır. Bu yüzden farklı tipoloji ve ilkim bölgelerine dair örneklem alanları seçilerek havalandırma koşullarının iyileştirilmesi için gerekli yerleşim geometrilerinin ve özelliklerinin rüzgâr ile ilişkisi değerlendirilmiştir.

Örneklem alanları kent dokusunun büyük bir kısmını oluşturan yerleşim tipolojileri üzerinden belirlenmiştir. Bir yerleşim dokusundaki geometrinin rüzgâr ile ilişkisi ve yerleşim tipolojilerinin karşılaştırılmasında kent içi rüzgâr ortamını ifade eden yeterli sınırların oluşturulması için örneklem alanları 400x400 m olarak sınırlandırılmıştır. Bu sınırlar 100x100 m boyutlarındaki merkez ölçüm bölgelerinin çevresel katmalarını oluşturmaktadır. Merkeze dair rüzgâr ölçümleri 100x100 m sınırları içindeki ölçüm noktalarından elde edilirken, sokaklara ait rüzgâr ölçümleri 400x400 m sınırları içindeki sokak ölçüm noktalarından elde edilmiştir. Değerlendirmeler yapılırken bu iki bölge ayrı ayrı ele alınmıştır.

Merkez bölgelerin ortalama V_r değerinin yoğunlukla olan ilişkisinin analizinde ölçüm sınırları önemli değişikliklere neden olduğu görülmüştür. Rüzgâr performansın değerlendirilmesi için ölçüm yapılan noktaların çevresindeki yapılaşma katmanları ile ele alınması gerekmektedir.

Merkez bölge ölçümlerinde en yüksek V_r değerine Örneklem-3 alanının sahip olduğu görülmektedir. En düşük V_r değerine ise Örneklem-2 alanında görülmektedir. Bu sonuçlar analiz bulgularında değerlendirilen parametrelerle de paralellik göstermiştir. Örneklem-2 alanı örneklem alanları arasındaki en yüksek yapı yoğunluğuna sahiptir.

Aynı zamanda belirli bir sokak düzeni mevcut değildir. Örneklem-3 alanı ise en düşük yapı yoğunluklarından birine sahiptir. Ana sokaklarının rüzgarla yaptığı açılar düşüktür. Yapı yüksekliği ortalaması en yüksek örneklem alanıdır. Kentsel boşlukları fazladır ve lineer bahçeli site-kümelı yapılaşma türüne sahiptir. Tüm bu bileşenler bu örneklem alanı için hem sokaklarda hem de yapı çevresindeki rüzgâr performansını etkilemektedir.

Tez kapsamında bir yerleşim bölgesinin rüzgâr performansını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi için farklı YİB bölgelerinden seçilen örneklem alanlarına dair parametreler birlikte analiz edilmiştir. Regresyon analizlerinden çıkan sonuçlar doğrultusunda ise, bu örneklem alanları için rüzgâr hızını etkileyen birincil faktörün sokak yönelimi olduğu görülmektedir. Bu durumda sıcak-nemli bir iklim için yeni bir yerleşimde ilk dikkat edilmesi gereken parametre sokakların rüzgâr ile yaptıkları açıdır. Bu açı ne kadar düşük olursa rüzgâr performansı da o kadar artmaktadır. Özellikle denize kıyısı olan kentlerde denizden gelen melteminde göz önüne alınması dolayısıyla sokakların denize paralel değil dik konumda yerleştirilmesi denizden gelen rüzgârın kent içine ulaşmasına yardımcı olacaktır.

Rüzgâr haritalarından elde edilen verilere göre geniş binaların rüzgâr altı bölgelerinin mesafesi de artmaktadır. Bu durum arkasında kalan yapıların rüzgâr performansını etkilemektedir. Geniş yapılardan sonra bırakılan kısa mesafeler rüzgârın binalar arasına girmesini engellemekte ve yüzeyden akıp gitmesine neden olmaktadır. Bu nedenle kıyıda yer alan geniş kütlelerin kıyıya paralel yerleşimi arkasındaki rüzgâr performansını etkileyen nedenlerden birisidir. Benzer durumun lineer sıralı yapılarda da mevcut olduğunu söylemek mümkündür. Rüzgâra paralel yöndeki binalar arası mesafenin çok az bırakıldığı ve uzun yapı sıralarına sahip yerleşimlerde de rüzgâr altı bölgelerinin mesafeleri artmaktadır. Kıyı bölgelerde bu tarz yapılaşmalardan uzak durulmalıdır.

Öneriler;

Elde edilen verilerin mevcut kentlerde dikkate alınması iki şekilde gerçekleşmesi mümkündür. İlk olarak yeni bir yerleşim alanının planlaması yapılırken tasarım sürecinin en başında sürece dahil edilmesi ikincisi de mevcut bir yerleşimin dönüşümü gerçekleştiğinde. Rüzgâr tasarım sürecinin en başında sürece dahil edildiğinde, sokak düzenlerinin ve yapı yoğunluğu ve yüksekliklerinin optimum havalandırma için uygun koşullarda tasarlanması mümkündür. Fakat mevcut bir bölgenin dönüşümünde bazı parametreler sınırlıdır ve değiştirilemezdir. Bu durumda tez kapsamında elde edilen verilere göre farklı çözümler sunmak mümkündür.

Bunlardan biri kentsel dönüşüm projelerinde ya da kentlerin yıkılıp yeniden yapılandırıldığı bölgelerde, sokak yönelimlerinde ve ada boyutlarında değişiklik yapmanın mümkün olmadığı durumlarda parsel birleştirme yöntemi kullanılabilir. Özellikle hâkim rüzgâr yönünde sokaklarda lineer sıralı yerleşim yapılaşmasına sahip bölgelerde, parsellerin birleştirilmesi ile hem yapılar arasındaki mesafeler arttırılarak hem de yapı boyutundaki artışlarla yapının çevresindeki rüzgâr ortamı iyileştirilmesi mümkün hale gelmektedir.

Yapı yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde, yapı taban alanı yoğunluğunun azaltılmasına yönelik parsel birleştirme yaklaşımı kullanılması mümkündür. Birkaç parselin birleştirilmesi ile bu alanlarda yer alan konutların tek bir yapıda birleştirilmesi

yerleşim bölgesindeki yükseklik homojenliğini bozarak bir rüzgâr ortamı oluşturmaya neden olabilir. Ayrıca boşalan parseller kentsel boşluk niteliği kazandırıldığında çevresinin rüzgâr performansına olumlu katkı sağlaması mümkündür.

Eğer kent içinde büyük hacimli kütlelere sahip farklı nitelikte yapılar inşa edilecekse bu yapıların geniş cephelerinin hâkim rüzgâra paralel olması yapının rüzgâr-altı bölgesinin boyutlarının azalmasına neden olacaktır. Bu durumda rüzgâr akış yönünde bu yapıdan sonra gelen diğer yapıların daha az bir kısmı önündeki yapının boyutundan etkilenmiş olacaktır. Büyük hacimli yapının rüzgâr-altı bölgesinin kendinden sonra gelen yapıların rüzgâr-üstü bölgesini etkilememesi için de rüzgâr akış yönünde kendinden sonra gelen bölgenin boyutları artırılmalıdır. Bu durum kıyıdaki yapılaşmalarda önemli bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tekil yapı ölçeğinde yapılabilecek değişikliklerden biri ise yapı yüksekliğinin çevresinden farklı olarak inşa edilmesidir. Farklı yapı yükseklikleri ile yerleşim bölgesindeki düşey homojenliği bozarak rüzgârın akışını yönlendirmek mümkün hale gelebilmektedir. Bu durumda tek bir yapının rüzgâra entegrasyonunda da yine yapı çevrenin mevcut durumundan yola çıkarak boyutlarının sınırlandırılması ve yapının yönlendirilmesi yapılmalıdır.

Sıcak-nemli iklime sahip kıyı kentlerinde rüzgârın yapılaşma sürecine dahil edilmesi birden fazla soruna çözüm imkânı sağlamaktadır. Havalandırma koşullarının iyileştirilmesi termal konfor, enerji tüketimi ve hava kirliliği gibi konularda olumlu sonuçlara neden olmaktadır. Bunun için uygun yerleşim düzenlerinin belirlenmesi ve yerleşim bölgelerindeki parametrelerin çevrenin rüzgâr ortamına uygun şekilde ele alınması gerekmektedir. Bu çalışmada farklı karakterlerde yerleşim düzenine sahip bölgelerin rüzgâr haritaları incelenmiş ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre optimum havalandırma için hangi parametrelere dikkat edilmesi gerektiği tartışılmıştır. Hem şehir plancılar hem de mimarların karar verme süreçlerine rüzgârı dahil etmelerine ilişkin öneriler geliştirilmiştir. Rüzgârın sadece tasarım sürecine dahil edilmesi kentlerde havalandırmaya ilişkin birçok sorun için masrafsız bir çözüm sunmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Ahmad, K., Khare, M., Chaudhry, K. K. 2005. Wind tunnel simulation studies on dispersion at urban street canyons and intersections—a review. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 93(9): 697-717.
- Ai, Z. T., Mak, C. M. (2015). Large-eddy Simulation of flow and dispersion around an isolated building: analysis of influencing factors. *Computers & Fluids*, 118: 89-100.
- Allocca, C., Chen, Q., Glicksman, L. R. 2003. Design analysis of single-sided natural ventilation. *Energy and Buildings*, 35(8): 785-795.
- Anonim 1: http://www.cografyam.org/basinc_ve_ruzgarlar.html [Son erişim Tarihi: 24.08.2021].
- Anonim 2: <https://yelkenokulu.com/meteoroloji-b> HYPERLINK [Son erişim Tarihi: 24.08.2021].
- Anonim 3: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/beaufort.pdf> [Son erişim Tarihi: 24.08.2021].
- Anonim 4: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/heating-degree-days-2/assessment>, [Son erişim Tarihi: 24.08.2021].
- Anonim 5: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/isitma-ve-sogutma-gun-dereceleri-i-100365>, [Son erişim Tarihi: 24.08.2021].
- Anonim 6: <https://www.simscale.com/blog/2019/08/what-is-ashrae-55-thermal-comfort/> [Son erişim tarihi:10.11.2021].
- Anonim 7: [Guidebook for CFD Predictions of Urban Wind Environment \(aej.or.jp\)](https://www.aej.or.jp/), [Son erişim tarihi:06.09.2023].
- Anonim 8: <https://www.havaturkiye.com/> [Son erişim tarihi:28.03.2024].
- Architectural Institute of Japan. 2016. AIJ benchmarks for validation of cfd simulations applied to pedestrian wind environment around buildings. Tokyo:Architectural Institute of Japan.
- Atmaca, İ. ve Yiğit, A. 2009. Isıl konfor ile ilgili mevcut standartlar ve konfor parametrelerinin çeşitli modeller ile incelenmesi. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, ss. 543-55, İzmir.
- Baş, Hakan. 2022. İzmir kıyı şeridinde kentsel havalandırma ve yaya rüzgâr konforunu iyileştirmeye yönelik yapılaşma önerisi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 189 s.
- Bennett, J., 2007. Architectural aerodynamics, Wind design guide, Reading Assignment 1-urban design, https://www.wgtn.ac.nz/architecture/centres/cbpr/publications/architectural-aerodynamics/pdfs/BBSC_433_Jessica-Bennett_Wind-Design-Guide.pdf [Son erişim tarihi: 25.10.2021].
- Blocken, B., Carmeliet, J. 2008. Pedestrian wind conditions at outdoor platforms in a high-rise apartment building: generic sub-configuration validation, wind comfort assessment and uncertainty issues. *Wind and structures*, 11(1): 51-70.

- Blocken, B. 2015. Computational fluid dynamics for urban physics: Importance, scales, possibilities, limitations and ten tips and tricks towards accurate and reliable simulations. *Building and Environment*, 91: 219-245.
- Blocken, B., Stathopoulos, T., Van Beeck, J. P. A. J. 2016. Pedestrian-level wind conditions around buildings: Review of wind-tunnel and CFD techniques and their accuracy for wind comfort assessment. *Building and Environment*, 100: 50-81.
- Britter, R. E. and Hanna, S. R. 2003. Flow and dispersion in urban areas. *Annual review of fluid mechanics*, 35(1): 469-496.
- Brunekreef, B. and Holgate, S. T. 2002. Air pollution and health. *The lancet*, 360(9341): 1233-1242.
- Cardinale, N., Micucci, M., Ruggiero, F. 2003. Analysis of energy saving using natural ventilation in a traditional Italian building. *Energy and Buildings*, 35(2): 153-159.
- Certel, Y.B., 2019. Cumhuriyet'in ilanından günümüze Antalya'nın kentsel gelişiminin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 199 s.
- Chan, A. T., So, E. S., Samad, S. C. 2001. Strategic guidelines for street canyon geometry to achieve sustainable street air quality. *Atmospheric Environment*, 35(24): 4089-4098.
- Chen, G., Rong, L., Zhang, G. 2021. Impacts of urban geometry on outdoor ventilation within idealized building arrays under unsteady diurnal cycles in summer. *Building and Environment*, 206: 108344.
- Cheung, J. O. and Liu, C. H. 2011. CFD simulations of natural ventilation behaviour in high-rise buildings in regular and staggered arrangements at various spacings. *Energy and Buildings*, 43(5): 1149-1158.
- Cui, P. Y., Li, Z., Tao, W. Q. 2016. Wind-tunnel measurements for thermal effects on the air flow and pollutant dispersion through different scale urban areas. *Building and Environment*, 97: 137-151.
- Cui, D., Li, X., Liu, J., Yuan, L., Mak, C. M., Fan, Y., Kwok, K. 2021. Effects of building layouts and envelope features on wind flow and pollutant exposure in height-asymmetric street canyons. *Building and Environment*, 205: 108177.
- Costanzo, V., Yao, R., Xu, T., Xiong, J., Zhang, Q., Li, B. 2019. Natural ventilation potential for residential buildings in a densely built-up and highly polluted environment. A case study. *Renewable Energy*, 138: 340-353.
- Çaçan, R. ve Gedik, G. Z. 2013. Farklı iklim bölgelerinde açık alan rüzgâr konforu değerlerinin belirlenmesi. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, ss. 1987-1994, 17-20 Nisan, İzmir.
- Çelik, A.Ç., 2011. Effect of urban geometry on pedestrian level wind velocity. Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, 153 s.
- Davenport, A. G., Grimmond, C. S. B., Oke, T. R., Wieringa, J. 2000. Estimating the roughness of cities and sheltered country. 12th Conf. on Applied Climatology, ss. 96-99, 8-12 Mayıs, Asheville
- Dayar, E. 2021. 20. Yüzyılın İlk Yarısında Antalya'nın Kentsel Gelişimi (1908-1950). *CTAD: Journal of Modern Turkish History Studies*, 17(33): 125-159.

- Dursun, Ş. ve İbrahimova, İ. 2014. Bakü hava kirlenmesinde So₂'nin rolü ve meteorolojik olaylarla ilişkisinin araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1 (3): 84-91.
- Erkmen, F. İ., Gedik, G. Z., Sözen, M. Ş. 2006. Sıcak iklim bölgelerinde soğutma yüklerinin karşılaştırılması. *Megaron*, 1(2): 112.
- Fernandes, M. S., Rodrigues, E., Gaspar, A. R., Costa, J. J., Gomes, Á. 2020. The contribution of ventilation on the energy performance of small residential buildings in the Mediterranean region. *Energy*, 191: 116577.
- Franke, J., Hellsten, A., Schlunzen, H., Carissimo, B. Best practice guideline for the cfd simulation of flows in the urban environment. PhD Thesis, COST European Cooperation in Science and Technology, Belgium, 52 s.
- Gomez, F., Gaja, E., Reig, A. 1998. Vegetation and climatic changes in a city. *Ecological engineering*, 10 (4): 355-360.
- Hasanov, D. 2022. Soğuk iklim bölgelerinde iklim duyarlı konut bölgesi tasarım ilkelerinin değerlendirilmesi ve bir model önerisi: Erzurum örneği. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 105 s.
- He, B. J., Ding, L., Prasad, D. 2020. Urban ventilation and its potential for local warming mitigation: A field experiment in an open low-rise gridiron precinct. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102028.
- He, Y., Tablada, A., Deng, J. Y., Shi, Y., Wong, N. H., Ng, E. 2022. Linking of pedestrian spaces to optimize outdoor air ventilation and quality in tropical high-density urban areas. *Urban Climate*, 45: 10124
- Hoydysh, W. G. and Dabberdt, W. F. 1988. Kinematics and dispersion characteristics of flows in asymmetric street canyons. *Atmospheric Environment (1967)*, 22(12): 2677-2689.
- Howard, L. 2012. The climate of London: Deduced From Meteorological Observations, Vol. 1. Cambridge University Press, Londra, 376 s.
- Hunter, L. J., Johnson, G. T., Watson, I. D. 1992. An investigation of three-dimensional characteristics of flow regimes within the urban canyon. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, 26 (4): 425-432.
- Hutchinson, D. 1978. Wind-A planner's view. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 3 (2-3): 117-127.
- Hong Kong planning Department (HKPD). 2005. Feasibility study for establishment of air ventilation assessment system, final report, the government of the Hong Kong special administrative region. http://www.pland.gov.hk/pland_en/p_study/comp_s/avas/papers&reports/final_report.pdf [Son erişim tarihi: 18.10.2021].
- Javanroodi, K., Mahdavi, M., Nik, V. M. 2018. Impacts of urban morphology on reducing cooling load and increasing ventilation potential in hot-arid climate. *Applied Energy*, 231: 714-746.
- Jiang, D., Jiang, W., Liu, H., Sun, J. 2008. Systematic influence of different building spacing, height and layout on mean wind and turbulent characteristics within and over urban building arrays. *Wind and Structures*, 11(4): 275-290.

- Jin, H., Liu, Z., Jin, Y., Kang, J., Liu, J. 2017. The effects of residential area building layout on outdoor wind environment at the pedestrian level in severe cold regions of China. *Sustainability*, 9(12): 2310.
- Jon, K. S., Huang, Y. D., Sin, C. H., Cui, P. Y., Luo, Y. 2023. Influence of wind direction on the ventilation and pollutant dispersion in different 3D street canyon configurations: Numerical simulation and wind-tunnel experiment. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(11): 31647-31675.
- Junjie, Z., Ling, J., Cunen, C., Qinglin, M. 2011. Thermal comfort of naturally ventilated houses in countryside of subtropical region. International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE). ss. 6371-6375. 22-24 April, China
- Kastner-Klein, P., Berkowicz, R., Britter, R. 2004. The influence of street architecture on flow and dispersion in street canyons. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 87(1): 121-131.
- Kim, J. J. and Baik, J. J. 2004. A numerical study of the effects of ambient wind direction on flow and dispersion in urban street canyons using the RNG k- ϵ turbulence model. *Atmospheric Environment*, 38(19): 3039-3048.
- Köppen, W. Geiger, R. 1954. Klima der Erde (Climate of the earth). Wall Map 1:16 Mill. Klett-Perthes, Gotha.
- Krüger, E. L., Minella, F. O., Rasia, F. 2011. Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. *Building and Environment*, 46 (3): 621-634.
- Küçüker, S., 2019. Mimari tasarım sürecinde doğal havalandırma ilkeleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 110 s.
- Lam, J. C., Chan, R. Y., Tsang, C. L., Li, D. H. 2004. Electricity use characteristics of purpose-built office buildings in subtropical climates. *Energy Conversion and Management*, 45(6): 829-844.
- Li, R., Zhang, Y., Cui, Y. 2023. Assessment of outdoor pedestrian ventilation performance while controlling building array scale and density. *Sustainability*, 15(8): 6742.
- Liu, S., Pan, W., Zhang, H., Cheng, X., Long, Z., Chen, Q. 2017. CFD simulations of wind distribution in an urban community with a full-scale geometrical model. *Building and Environment*, 117: 11-23.
- Ma, T., Chen, T. 2022. Outdoor ventilation evaluation and optimization based on spatial morphology analysis in Macau. *Urban Climate*, 46:101335.
- Mei, S. J., Hu, J. T., Liu, D., Zhao, F. Y., Li, Y., Wang, Y., Wang, H. Q. 2017. Wind driven natural ventilation in the idealized building block arrays with multiple urban morphologies and unique package building density. *Energy and Buildings*, 155: 324-338.
- Ng, E. 2009. Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities–air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong. *Building and environment*, 44(7): 1478-1488.

- Ng, E., Yuan, C., Chen, L., Ren, C., Fung, J. C. 2011. Improving the wind environment in high-density cities by understanding urban morphology and surface roughness: a study in Hong Kong. *Landscape and Urban planning*, 101(1): 59-74
- Nicholas, F. W. and Lewis, J. E. 1980. Relationships between aerodynamic roughness and land use and land cover in Baltimore, Maryland (No. 1099). US Government Printing Office, Washington, 36 s.
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., Voogt, J. A. 2017. Urban climates. Cambridge University Press, England 548 s.
- Omrani, S., Garcia-Hansen, V., Capra, B. R., Drogemuller, R. 2017. Effect of natural ventilation mode on thermal comfort and ventilation performance: Full-scale measurement. *Energy and Buildings*, 156: 1-16.
- Oropeza-Perez, I. and Østergaard, P. A. 2014. Energy saving potential of utilizing natural ventilation under warm conditions–A case study of Mexico. *Applied Energy*, 130: 20-32
- Palusci, O., Monti, P., Cecere, C., Montazeri, H., Blocken, B. 2022. Impact of morphological parameters on urban ventilation in compact cities: The case of the Tuscolano-Don Bosco district in Rome. *Science of the Total Environment*, 807: 150490.
- Pavageau, M., Rafailidis, S., Schatzmann, M. 1997. A comprehensive experimental databank for the verification of urban car emission dispersion models. *International Journal of Environment and Pollution*, 8(3-6): 738-746.
- Ramponi, R., Blocken, B., de Coo, L. B., Janssen, W. D. 2015. CFD simulation of outdoor ventilation of generic urban configurations with different urban densities and equal and unequal street widths. *Building and Environment*, 92: 152-166.
- Santamouris M., 2005. Natural Ventilation in the Urban Environment: Assessment and Design, In: Ghiaus, C., Allard, F. (Ed.), Energy in the Urban Built Environment: The Role of Natural Ventilation. Earthscan, UK, pp. 1 - 19
- Sarı, E.N., 2019. Hava kirliliği ve konut dokusu arasındaki ilişkinin analizi: Erzurum örneği. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 140 s.
- Scaperdas, A. 2000. Modelling air flow and pollutant dispersion at urban canyon intersections. PhD Thesis. in Imperial College of Science, Technology and Medicine.
- Seaton, A., Godden, D., MacNee, W., Donaldson, K. 1995. Particulate air pollution and acute health effects. *The lancet*, 345(8943): 176-178.
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. 2012. Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12): 1879-1900.
- Sözen, İ. 2019. An approach to the evaluation of vernacular settlements in hot dry climate in terms of thermal comfort: The case of Mardin. PhD Thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 260 s.
- Tan, Z. and Deng, X. 2017. Assessment of natural ventilation potential for residential buildings across different climate zones in Australia. *Atmosphere*, 8 (9): 177.
- Temiz hava Platformu, 2020. Hava kirliliği ve sağlık etkileri: kara rapor.

<https://www.temizhavahakki.com/wp-content/uploads/2020/09/Kara-Rapor-2020-Son27082020.pdf> [Son erişim tarihi: 31.08.2021].

- Tominaga, Y., Mochidab, A., Yoshiec, R., Kataokad, H., Nozue, T., Yoshikawaf, M., Shirasawac, T. 2008. AIJ guidelines for practical applications of CFD to pedestrian wind environment around buildings. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, 96(10-11): 1749-1761.
- Tong, Z., Chen, Y., Malkawi, A. 2016. Defining the Influence Region in neighborhood-scale CFD simulations for natural ventilation design. *Applied Energy*, 182: 625-633.
- Tong, Z., Chen, Y., Malkawi, A., Liu, Z., Freeman, R. B. 2016. Energy saving potential of natural ventilation in China: The impact of ambient air pollution. *Applied Energy*, 179: 660-668.
- Vitruvius, 2005. Mimarlık Üzerine 10 Kitap (2. Baskı). Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı, Ankara, 236 s.
- Weerasuriya, A. U., Zhang, X., Gan, V. J., Tan, Y. 2019. A holistic framework to utilize natural ventilation to optimize energy performance of residential high-rise buildings. *Building and Environment*, 153: 218-232.
- Wen, H. 2017. The effect of urban geometries and roof shapes on airflow and pollutant dispersion: A CFD investigation. PhD Thesis, University College London, London,
- Wieringa, J. 1992. Updating the Davenport roughness classification. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 41(1-3): 357-368.
- Wu, Y., Krishnan, P., Liya, E. Y., Zhang, M. H. 2017. Using lightweight cement composite and photocatalytic coating to reduce cooling energy consumption of buildings. *Construction and Building Materials*, 145: 555-564.
- Xie, X., Luo, Z., Grimmond, S., Sun, T. 2023. Impact of building density on natural ventilation potential and cooling energy saving across Chinese climate zones. *Building and Environment*, 244: 110621.
- Xu, X., Gao, Z., & Zhang, M. 2023. A review of simplified numerical approaches for fast urban airflow simulation. *Building and Environment*, 110200.
- Yang, J., Shi, B., Shi, Y., Marvin, S., Zheng, Y., Xia, G. (2020). Air pollution dispersal in high density urban areas: Research on the triadic relation of wind, air pollution, and urban form. *Sustainable Cities and Society*, 54: 101941.
- Yin, W., Zhang, G., Yang, W., Wang, X. 2010. Natural ventilation potential model considering solution multiplicity, window opening percentage, air velocity and humidity in China. *Building and Environment*, 45(2): 338-344.
- Ying, X., Wang, Y., Li, W., Liu, Z., Ding, G. 2020. Group layout pattern and outdoor wind environment of enclosed office buildings in Hangzhou. *Energies*, 13(2): 406.
- Yoshie, R., Mochida, A., Tominaga, Y., Kataoka, H., Harimoto, K., Nozu, T., Shirasawa, T. 2007. Cooperative project for CFD prediction of pedestrian wind environment in the architectural institute of japan. *Journal of wind engineering and industrial*

- aerodynamics*, 95(9-11): 1551-1578.
- Yuan, C. and Ng, E. 2014. Practical application of CFD on environmentally sensitive architectural design at high density cities: A case study in Hong Kong. *Urban Climate*, 8: 57-77.
- Yuan, C., Norford, L., Ng, E. 2017. A semi-empirical model for the effect of trees on the urban wind environment. *Landscape and Urban Planning*, 168: 84-93.
- Zhang, A., Gao, C., Zhang, L. 2005. Numerical simulation of the wind field around different building arrangements. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, 93(12): 891-904.
- Zhang, H., Xu, T., Zong, Y., Tang, H., Liu, X., Wang, Y. 2015. Influence of meteorological conditions on pollutant dispersion in street canyon. *Procedia Engineering*, 121: 899-905.



ÖZGEÇMİŞ

GAMZE KIRAN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora	Akdeniz Üniversitesi
2017-2024	Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi
2015-2017	Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Isparta
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi
2011-2015	Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Isparta

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Kıran, G., Kavas, K. R. 2023. Kahn Mimarlığında Doğa-Mekân-İnsan İlişkilerinin Yorumlanması Üzerine Bir Değerlendirme. Uluslararası Akademik Birikim Dergisi, 6(5).

Mutlu Danacı, H., Kıran, G., 2020. Examining the Factor of Color on Street Facades in Context of the Perception of Urban Aesthetics: Example of Antalya. International Journal of Curriculum and Instruction, 12, 222-232.

Kıran, G., Akıner, İ., 2019. Kent Planlamada İklimsel Veri Kullanımı: Dünyadan ve Türkiye’den Örnekler, Latif Gürkan KAYA, Sehla ABBASOVA(Ed.), mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler içinde (s. 69-89), Ankara: Gece Kitaplığı.

Çetin, S., Kıran, G., 2019. Ortaklar Köy Enstitüsünde Modern Mimarlığın İzleri. Journal Of Arts, 2(3), 169-180.

Çetin, S., Kıran, G., Günel, E., 2018. Bucak İlçesinde (Burdur) Fonksiyonunun Kaybetmekte Olan Bağ Evleri. Zeitschrift Für Die Welt Der Türken/ /Journal of World of Turks, 10(1), 181-198.