



**İKLİM DUYARLI KENT PLANLAMA
STRATEJİLERİ: ERZURUM KENTİ ÖRNEĞİ**

Merve YAVAŞ

**Doktora Tezi
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
Prof. Dr. Sevgi YILMAZ
2019**

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**İKLİM DUYARLI KENT PLANLAMA STRATEJİLERİ:
ERZURUM KENTİ ÖRNEĞİ**



Merve YAVAŞ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

İKLİM DUYARLI KENT PLANLAMA STRATEJİLERİ: ERZURUM KENTİ
ÖRNEĞİ

Prof. Dr. Sevgi YILMAZ danışmanlığında, Merve YAVAŞ tarafından hazırlanan bu çalışma 13/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak ~~oy birliği/oy çokluğu~~ (6/5) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Sevgi YILMAZ

Üye : Prof. Dr. Dilek BEYAZLI

Üye : Prof. Dr. Fatih TERZİ

Üye : Doç. Dr. Müdahir ÖZGÜL

Üye : Doç. Dr. Doğan DURSUN

İmza :

İmza :

İmza :

İmza :

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun 03./10./2019 tarih ve 39./81 nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: 2016/180

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

İKLİM DUYARLI KENT PLANLAMA STRATEJİLERİ: ERZURUM KENTİ ÖRNEĞİ

Merve YAVAŞ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sevgi YILMAZ

Ülkemizde son yıllarda iklime duyarlı ve sürdürülebilir kentsel gelişmeye yönelik farkındalığın artmasına rağmen, bu süreci kararlı, esnek ve yerel ölçekte yöneten çok az sayıda strateji bulunmaktadır. İklim koşullarına duyarlı bir planlama yaklaşımı, diğer iklim tiplerinde olduğu gibi soğuk iklim bölgeleri için de tasarım sürecine iklim bilgisinin etkili bir şekilde dâhil edilmesini gerektirmektedir. Soğuk iklim bölgelerindeki kış koşulları, açık alan tasarımı ve dış mekân konforu açısından oldukça zorlayıcı durumlar yaratmaktadır. Bu zorlayıcı koşullar kış kentleri olarak adlandırabileceğimiz kentler için iklim duyarlı planlama ve tasarım stratejilerini zorunlu kılmaktadır. Soğuk iklim koşulları altındaki kentsel alanlarda yaşam kalitesi, bu tür bir planlama yaklaşımının geliştirilip geliştirilmemesine bağlı olarak olumlu veya olumsuz etkilenebilmektedir. Bu bilgiler ışığında tez çalışmasında Türkiye'nin en soğuk iklimlerinden birine sahip olan Erzurum kentinde, kentsel planlama pratiklerinin mikro iklimi nasıl etkilediği açıklanmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda farklı kentsel dokular üzerinden yürütülen çalışmada, 2017-2019 yıllarında kente 2 metreden kaydedilen meteorolojik veriler ile dört farklı çalışma alanında toplam 256 iklim simülasyonu yapılmış ve mikro ölçekte kentin termal konfor durumu değerlendirilmiştir. Simülasyonlar ve termal konfor hesaplamaları için son yıllarda tercih edilen ENVI-Met mikro iklim modeli kullanılmıştır. Oluşturulan varyasyonlar ile kış döneminde hava ve yüzey sıcaklıkları üzerindeki değişim incelenmiştir. Bulgular kentin özellikle kış döneminde aşırı soğuk stres altında olduğunu göstermiştir. Simülasyonlara dayalı olarak oluşturulan yere özgü iklim duyarlı planlama stratejileri ve yazından elde edilen teorik bilgilerin bütüncül olarak kullanımıyla ortaya konan kentsel tasarım projelerinin, dış mekân konforunu kış aylarında 2°C'ye kadar arttırılabileceği tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar yerel yönetimlerin ve tasarımcıların gelecekte benzer mahallelerde simüle edilmiş önlemlerin etkisini tahmin etmelerini sağlayarak iklim duyarlı planlama alanındaki bilgi birikimlerine katkıda bulunacaktır.

2019, 255 sayfa

Anahtar Kelimeler: Soğuk İklim, Termal Konfor, Kent Mikro İklimi, Envi-met, Erzurum

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

CLIMATE SENSITIVE PLANNING STRATEGIES: THE CASE OF ERZURUM CITY

Merve YAVAŞ

Ataturk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Landscape Architecture

Supervisor: Prof. Dr. Sevgi YILMAZ

In recent years, the awareness on climate sensitive and sustainable urban development in Turkey is increased. However, very few strategies become prominent by managing this process at a stable, flexible and local scale. A climate-sensitive urban planning approach requires the effective integration of climate information into the design process for all climate conditions. The harsh winter conditions in cold climate cities create very challenging conditions in terms of outdoor design and outdoor comfort; which directly affect the quality of life. These challenging conditions make climate-sensitive planning and design strategies essential for cold climate regions, i.e. winter cities. It is possible to positively change the effects of weather on life quality through a climate-sensitive planning approach. In the light of this information within the scope of this thesis, the effects of urban planning practices on microclimate are attempted to explain in Erzurum; which is one of the coldest climate cities in Turkey. Accordingly, this study is conducted on four different settlement patterns within 2017-2019. The meteorological data in these settlements was recorded from approximately 2 meters high from ground. Then, 256 climate simulations were made for these four different study areas. Additionally, thermal comfort level of the city was also evaluated at micro-scale, through these case areas. For the simulations and evaluations of thermal comfort, ENVI-Met micro climatic model was used. Changes on air and surface temperatures during the winter period were investigated within the variations of design parameters. The findings show that the city is under extreme cold stress, especially in winter. It has been confirmed that urban design projects, based on the principle of location-specific climate-sensitive planning strategies constituted with the results of simulations and theoretical knowledge obtained from literature, can increase outdoor comfort up to 2°C in winter. The results of this study will contribute to the knowledge of local governments and designers in the field of climate sensitive urban planning by enabling them to predict the impacts of simulated design parameters in similar districts.

2019, 255 pages

Keywords: Cold climate, Thermal Comfort, Urban Micro Climate, Envi-met, Erzurum

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinde ve çalışmalarım boyunca katkılarıyla beni yönlendiren değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Sevgi YILMAZ'a, Erzurum'da geçirdiğim 7 yıl boyunca ve tezin her aşamasında bilgi, görüş, deneyim ve desteğini esirgemeyen, her daim yolumu ve ufkumu açan Şehir ve Bölge Planlama Bölüm Başkanı değerli hocam Sayın Doç. Dr. Doğan DURSUN'a, tez izleme komitesinde yer alan ve değerli fikirleri ile her zaman katkı sunan Ziraat Fakültesi'nden kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Müdahir ÖZGÜL'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez savunma sınavımda yer alan ve değerli katkılar sunan jüri üyesi hocam Prof. Dr. Fatih TERZİ'ye ve Prof. Dr. Dilek BEYAZLI'ya ve onun vasıtasıyla tüm Karadeniz Teknik Üniversitesi'ndeki hocalarıma teşekkür ederim.

Süreç içerisinde beni yalnız bırakmayan çalışma arkadaşlarım Arş. Gör. Emral MUTLU'ya, Arş. Gör. Başak MUTLU'ya, Arş. Gör. Ayşegül AKSU'ya ve bu uzun yolculukta bana destek olan ve motive eden annem Ayfer YAVAŞ'a, babam Naci YAVAŞ'a ve ablam Büşra KARADENİZ'e çok teşekkür ederim.

Bursiyer olarak çalıştığım 2150627 No'lu TÜBİTAK-1001 projesi ile destekleri için 2016/180 No'lu BAP projesine ve meteorolojik verilerin elde edilmesinde sağladıkları kolaylık için Erzurum Meteoroloji 12. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Merve YAVAŞ

Eylül, 2019

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-----------|
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | vii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xiii |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. Problem Tanımı | 2 |
| 1.2. Araştırma Soruları | 3 |
| 1.3. Çalışmanın Amacı | 4 |
| 1.4. İklim ve Klimatoloji | 5 |
| 1.4.1. İklim elemanları | 5 |
| 1.5. Kent Mikro İklimi ve Kentsel Tasarım | 7 |
| 1.5.1. Dış mekan termal konforu | 9 |
| 1.5.1.a. Rüzgar konforu | 10 |
| 1.5.1.b. Dış mekan termal konfor indeksleri | 11 |
| 1.5.2. Kent mikro iklimini etkileyen tasarım kriterleri..... | 13 |
| 1.5.2.a. Kent geometrisi..... | 13 |
| 1.5.2.b. Yoğunluk | 15 |
| 1.5.2.c. Arazi kullanım ve yerleşim dokusu | 16 |
| 1.6. Soğuk İklim ve Planlama | 16 |
| 1.6.1. Soğuk iklimlerde kent mikro iklimi | 18 |
| 1.6.1.a. Güneşe erişim | 20 |
| 1.6.1.b. Rüzgar kontrolü..... | 23 |
| 1.6.1.c. Kar yönetimi | 26 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ | 28 |
| 2.1. Kent Planlama ve İklim İlişkisi | 29 |
| 2.2. İklim Duyarlı Tasarım ve Termal Konfor Çalışmaları..... | 33 |
| 2.3. Kent Mikro İklimi ve ENVI-met Çalışmaları | 37 |
| 2.4. Soğuk İklim Konfor Koşulları ve Tasarım Parametreleri | 46 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5. Erzurum Kenti ve Çevresi Termal Konfor Çalışmaları..... | 53 |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM..... | 58 |
| 3.1. Materyal..... | 58 |
| 3.1.1. Çalışma alanının genel değerlendirmesi..... | 58 |
| 3.1.2. Araştırma alanının analizi | 64 |
| 3.1.3. Araştırma alanlarında meteorolojik verilerin elde edilmesi | 69 |
| 3.2. Yöntem | 71 |
| 3.2.1 ENVI-met modelinin tanıtımı | 73 |
| 3.2.1.a. Araştırma alanlarında simülasyon veri girişi..... | 75 |
| 3.2.1.b. Araştırma alanlarında varyasyonların oluşturulması..... | 79 |
| 3.2.2. Simülasyonların doğrulanması | 86 |
| 3.2.3. Simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması..... | 86 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI | 88 |
| 4.1. Meteorolojik Veri Sonuçları..... | 88 |
| 4.2. ENVI-met Model Güvenirligi ve Sonuçların Doğrulanması | 92 |
| 4.3. Mevcut Kentleşmenin İklim Üzerinde Yarattığı Değişimlerin Tespiti | 94 |
| 4.2.1. Araştırma alanlarının mevcut durum simülasyon çıktıları | 95 |
| 4.2.1.a. Hava sıcaklığı | 95 |
| 4.2.1.b. Tahmini ortalama oy (PMV) | 96 |
| 4.2.1.c. Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT})..... | 98 |
| 4.3. Araştırma Alanları Varyasyonlarının Simülasyon Sonuçları..... | 99 |
| 4.3.1. Mahallebaşı Senti | 100 |
| 4.3.1.a. Yaz dönemi varyasyon çıktıları | 100 |
| 4.3.1.b. Kış dönemi varyasyon çıktıları..... | 124 |
| 4.3.2. Kayakyolu Senti | 148 |
| 4.3.2.a. Yaz dönemi varyasyon çıktıları | 148 |
| 4.3.2.b. Kış dönemi varyasyon çıktıları..... | 159 |
| 4.3.3. Yıldızkent Senti..... | 169 |
| 4.3.3.a. Yaz dönemi varyasyon çıktıları | 169 |
| 4.3.3.b. Kış dönemi varyasyon çıktıları..... | 179 |
| 4.3.4. Üniversite Lojmanları..... | 189 |
| 4.3.4.a. Yaz dönemi varyasyon çıktıları | 189 |

| | |
|--|------------|
| 4.3.4.b. Kış dönemi varyasyon çıktıları..... | 199 |
| 4.4. Araştırma İstasyonlarının Termal Konfor Değerlendirmesi | 209 |
| 4.5. Kentsel Mikro İklim Duyarlı Tasarım Önerisi | 215 |
| 5. TARTIŞMA ve SONUÇ..... | 226 |
| 5.1. Erzurum İçin Soğuk İklim Tasarım Kriterleri | 229 |
| KAYNAKÇA | 234 |
| EKLER..... | 247 |
| EK 1. | 247 |
| ÖZGEÇMİŞ | 257 |



ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1. Kentsel sınır katmanındaki iklimsel etkileşimler | 8 |
| Şekil 1.2. Gökyüzü görünüş oranı ve güneş radyasyonu | 14 |
| Şekil 1.3. Sokak geometrisi ve hava akımı ilişkisi | 15 |
| Şekil 1.4. Gölge diyagramı, yaz (sol) ve kış (Sağ) mevsimi 09:00-12:00-15:00 saatleri..... | 21 |
| Şekil 1.5. İklim duyarlı tasarım örneği | 22 |
| Şekil 1.6. Ağaç kullanımı ile rüzgar hızının yavaşlatılması ve yönlendirilmesi | 24 |
| Şekil 1.7. Rüzgar kontrolü için bitkilendirme..... | 25 |
| Şekil 1.8. Kar depolama alanları ve taşıt-yaya yolu ayırımı..... | 27 |
| Şekil 2.1. Literatür şeması | 28 |
| Şekil 2.2. Soğuk iklim literatür taramasında yer alan yayınların yıllara göre dağılımı..... | 49 |
| Şekil 2.3. Mikro iklim ölçeğindeki çalışmaların kapsamı | 56 |
| Şekil 3.1. Erzurum ili ülke içindeki konumu | 58 |
| Şekil 3.2. Erzurum kent makroformu ve çalışma alanları | 59 |
| Şekil 3.3. Köppen-Geiger dünya iklim sınıflandırması haritası | 60 |
| Şekil 3.4. Köppen-Geiger Türkiye iklim sınıflandırması haritası | 61 |
| Şekil 3.5. Kışın Erzurum kent merkezi, 2019 | 62 |
| Şekil 3.6. Erzurum İl geneli 2006-2012 yılları arası arazi örtüsü değişimi | 63 |
| Şekil 3.7. Erzurum kenti araştırma alanları ve ölçüm noktalarının konumu | 65 |
| Şekil 3.8. Mahallebaşı semti fiziksel analizi..... | 66 |
| Şekil 3.9. Kayakyolu Semti fiziksel analizi | 67 |
| Şekil 3.10. Yıldızkent Semti fiziksel analizi..... | 68 |
| Şekil 3.11. Yıldızkent semti kışın kaldırım ve araç park yeri sorunu..... | 68 |
| Şekil 3.12. Üniversite lojmanları fiziksel analizi..... | 69 |
| Şekil 3.13. Mobil ölçüm cihazı | 70 |
| Şekil 3.14. Çalışmanın metodolojik çerçevesi..... | 71 |
| Şekil 3.15. Çalışma alanlarının ENVI-met yazılımı ile yapılan alan giriş dosyası..... | 76 |
| Şekil 3.16. Değişkenlerin tanımlanması | 79 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 3.17. Yerleşim dokusu | 80 |
| Şekil 3.18. Bina kat yüksekliği | 81 |
| Şekil 3.19. Yönlenme..... | 81 |
| Şekil 3.20. Zemin yüzeyi | 82 |
| Şekil 3.21. Ağaç grupları | 83 |
| Şekil 3.22. Mahallebaşı semti için oluşturulan varyasyonlar | 84 |
| Şekil 3.23. Kayakyolu semti için oluşturulan varyasyonlar | 84 |
| Şekil 3.24. Yıldızkent semti için oluşturulan varyasyonlar | 85 |
| Şekil 3.25. Üniversite Lojmanları için oluşturulan varyasyonlar | 85 |
| Şekil 4.1. Simülasyonun doğrulanmasında kullanılan istatistiksel indeksler | 92 |
| Şekil 4.2. Mahallebaşı semtinde ölçülen ve simüle edilen hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılması | 93 |
| Şekil 4.11. Yaz ve kış dönemi mevcut durum hava sıcaklığı simülasyonu..... | 96 |
| Şekil 4.12. Yaz ve kış dönemi mevcut durum PMV simülasyonu | 97 |
| Şekil 4.13. Yaz ve kış dönemi mevcut durum T_{MRT} simülasyonu..... | 99 |
| Şekil 4.14. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 101 |
| Şekil 4.15. Varyasyon-1 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 102 |
| Şekil 4.16. Varyasyon-1 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 103 |
| Şekil 4.17. Varyasyon-1 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 103 |
| Şekil 4.18. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 104 |
| Şekil 4.19. Varyasyon-2 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 105 |
| Şekil 4.20. Varyasyon-2 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 106 |
| Şekil 4.21. Varyasyon-2 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 106 |
| Şekil 4.22. Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 107 |
| Şekil 4.23. Varyasyon-3 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 108 |
| Şekil 4.24. Varyasyon-3 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 109 |
| Şekil 4.25. Varyasyon-3 T_{MRT} Değeri Simülasyon Sonuç Grafikleri..... | 109 |
| Şekil 4.26. Varyasyon-4 Hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 110 |
| Şekil 4.27. Varyasyon-4 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 111 |
| Şekil 4.28. Varyasyon-4 PMV Değeri Simülasyon Sonuç Grafikleri | 112 |
| Şekil 4.29. Varyasyon-4 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 112 |
| Şekil 4.30. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 113 |

| | |
|--|-----|
| Şekil 4.31. Varyasyon-5 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 114 |
| Şekil 4.32. Varyasyon-5 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 115 |
| Şekil 4.33. Varyasyon-5 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri | 115 |
| Şekil 4.34. Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 116 |
| Şekil 4.35. Varyasyon-6 Hava Sıcaklığı Simülasyon Sonuç Grafikleri | 117 |
| Şekil 4.36. Varyasyon-6 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 118 |
| Şekil 4.37. Varyasyon-6 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 118 |
| Şekil 4.38. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 119 |
| Şekil 4.39. Varyasyon-7 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 120 |
| Şekil 4.40. Varyasyon-7 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 120 |
| Şekil 4.41. Varyasyon-7 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 121 |
| Şekil 4.42. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 122 |
| Şekil 4.43. Varyasyon-8 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 123 |
| Şekil 4.44. Varyasyon-8 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 123 |
| Şekil 4.45. Varyasyon-8 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 124 |
| Şekil 4.46. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 125 |
| Şekil 4.47. Varyasyon-1 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 126 |
| Şekil 4.48. Varyasyon-1 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 126 |
| Şekil 4.49. Varyasyon-1 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 127 |
| Şekil 4.50. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 128 |
| Şekil 4.51. Varyasyon-2 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 129 |
| Şekil 4.52. Varyasyon-2 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 129 |
| Şekil 4.53. Varyasyon-2 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 130 |
| Şekil 4.54. Varyasyon-3 Hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 131 |
| Şekil 4.55. Varyasyon-3 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 132 |
| Şekil 4.56. Varyasyon-3 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 132 |
| Şekil 4.57. Varyasyon-3 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 133 |
| Şekil 4.58. Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 134 |
| Şekil 4.59. Varyasyon-4 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 135 |
| Şekil 4.60. Varyasyon-4 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 135 |
| Şekil 4.61. Varyasyon-4 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 136 |
| Şekil 4.62. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 137 |

| | |
|--|-----|
| Şekil 4.63. Varyasyon-5 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 138 |
| Şekil 4.64. Varyasyon-5 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 138 |
| Şekil 4.65. Varyasyon-5 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri | 139 |
| Şekil 4.66. Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 140 |
| Şekil 4.67. Varyasyon-6 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 141 |
| Şekil 4.68. Varyasyon-6 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 141 |
| Şekil 4.69. Varyasyon-6 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri | 142 |
| Şekil 4.70. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 143 |
| Şekil 4.71. Varyasyon-7 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 144 |
| Şekil 4.72. Varyasyon-7 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 144 |
| Şekil 4.73. Varyasyon-7 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 145 |
| Şekil 4.74. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 146 |
| Şekil 4.75. Varyasyon-8 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri | 147 |
| Şekil 4.76. Varyasyon-8 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri..... | 147 |
| Şekil 4.77. Varyasyon-8 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri | 148 |
| Şekil 4.78. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 149 |
| Şekil 4.79. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 150 |
| Şekil 4.80. Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 151 |
| Şekil 4.81. Varyasyon-4 Hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 153 |
| Şekil 4.82. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 154 |
| Şekil 4.83. Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 155 |
| Şekil 4.84. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 157 |
| Şekil 4.85. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 158 |
| Şekil 4.86. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 159 |
| Şekil 4.90. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 161 |
| Şekil 4.91. Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 162 |
| Şekil 4.92. Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 163 |
| Şekil 4.93. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 164 |
| Şekil 4.94. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 166 |
| Şekil 4.95. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 167 |
| Şekil 4.96. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 168 |
| Şekil 4.97. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 169 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Şekil 4.98. | Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 171 |
| Şekil 4.99. | Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları..... | 172 |
| Şekil 4.100. | Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 173 |
| Şekil 4.101. | Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 175 |
| Şekil 4.102. | Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 176 |
| Şekil 4.103. | Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 177 |
| Şekil 4.104. | Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 178 |
| Şekil 4.105. | Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 180 |
| Şekil 4.106. | Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 181 |
| Şekil 4.107. | Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 182 |
| Şekil 4.108. | Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 184 |
| Şekil 4.109. | Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 185 |
| Şekil 4.110. | Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 186 |
| Şekil 4.111. | Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 187 |
| Şekil 4.112. | Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 189 |
| Şekil 4.113. | Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 190 |
| Şekil 4.114. | Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 191 |
| Şekil 4.115. | Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 192 |
| Şekil 4.116. | Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 194 |
| Şekil 4.117. | Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 195 |
| Şekil 4.118. | Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 196 |
| Şekil 4.119. | Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 197 |
| Şekil 4.120. | Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 198 |
| Şekil 4.121. | Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 200 |
| Şekil 4.122. | Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 201 |
| Şekil 4.123. | Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 202 |
| Şekil 4.124. | Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 203 |
| Şekil 4.125. | Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 204 |
| Şekil 4.126. | Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 206 |
| Şekil 4.127. | Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 207 |
| Şekil 4.128. | Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları.... | 208 |
| Şekil 4.129. | Tasarım alanının konumu | 217 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 4.130. Soğuk iklime duyarlı tasarım önerisi..... | 219 |
| Şekil 4.131. Öneri konut alanı tasarım çözümü..... | 220 |
| Şekil 4.132. Yaz ve kış dönemi tasarım önerisi simülasyon sonuçları..... | 222 |
| Şekil 4.133. Yaz ve kış dönemi 3D modelleme sonuçları | 224 |



ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|-----|
| Çizelge 1.1. Rüzgarın insanlar üzerindeki etkisi | 11 |
| Çizelge 1.2. Tasarım stratejilerinin karşılaştırılması | 19 |
| Çizelge 1.3. Belirlenmiş rüzgar hızlarında algılanan sıcaklık | 23 |
| Çizelge 2.1. Soğuk iklim literatür taramasında yer alan yayınlar | 47 |
| Çizelge 3.1. Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1929-2017) | 61 |
| Çizelge 3.2. Erzurum kent merkezi arazi örtüsü sınıflandırması..... | 64 |
| Çizelge 3.3. PMV indeksine ait termal his ve stres seviyeleri..... | 72 |
| Çizelge 3.4. Mahallebaşı semti simülasyon başlangıç verileri | 77 |
| Çizelge 3.5. Kayakyolu semti simülasyon başlangıç verileri | 77 |
| Çizelge 3.6. Yıldızkent semti simülasyon başlangıç verileri..... | 78 |
| Çizelge 3.7. Üniversite Lojmanları simülasyon başlangıç verileri | 78 |
| Çizelge 4.1. Çalışma alanlarında kaydedilen 30 saatlik sıcaklık verileri (°C)..... | 89 |
| Çizelge 4.2. Temmuz-2017 dönemi kaydedilen saatlik sıcaklık ölçümleri (°C)..... | 90 |
| Çizelge 4.3. Temmuz-2018 dönemi kaydedilen saatlik sıcaklık ölçümleri (°C)..... | 90 |
| Çizelge 4.4. Şubat-2018 dönemi kaydedilen saatlik sıcaklık ölçümleri (°C) | 91 |
| Çizelge 4.5. Şubat-2019 dönemi kaydedilen saatlik sıcaklık ölçümleri (°C) | 91 |
| Çizelge 4.6. Mahallebaşı için yaz döneminde ölçülen ve simüle edilen sıcaklıkların değerlendirilmesi..... | 92 |
| Çizelge 4.7. Mahallebaşı için doğrulanan simülasyon sonuçları..... | 94 |
| Çizelge 4.8. Kayakyolu için doğrulanan simülasyon sonuçları..... | 94 |
| Çizelge 4.9. Yıldızkent için doğrulanan simülasyon sonuçları | 94 |
| Çizelge 4.10. Üniversite Lojmanları için doğrulanan simülasyon sonuçları..... | 94 |
| Çizelge 4.11. Araştırma alanları ortalama hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılması..... | 210 |
| Çizelge 4.12. Araştırma alanları ortalama PMV değerlerinin karşılaştırılması..... | 212 |
| Çizelge 4.13. Araştırma alanları ortalama T_{MRT} değerlerinin karşılaştırılması | 214 |
| Çizelge 4.14. Tasarımla ilgili çalışma türleri..... | 216 |
| Çizelge 4.15. Öneri tasarım alanı simülasyon başlangıç verileri..... | 221 |

1. GİRİŞ

Açık alan tasarımında dış mekanların konforu, soğuk iklimler için önemli fakat zor bir hedefdir. Her iklim tipi gibi soğuk iklim koşullarına duyarlı bir kentsel tasarım yaklaşımı da gerekli olmakla birlikte, bu durum kentsel iklim bilgisinin kentsel tasarıma etkili bir şekilde dahil edilmesini gerektirmektedir.

Konunun disiplinler arası doğasına uygun olarak araştırmanın kapsamı; literatür taraması, çalışma alanının fiziksel ve iklimsel analizi ve bir kentsel tasarım önerisinin mikro iklim analizini içeren karma bir yöntem yaklaşımını içermektedir. Çalışma hedefleri, üç aşamalı olarak takip edilmiştir. İlk aşama, farklı kentsel yapılarda mikro iklim değişiminin araştırılmasından ve tasarım kriterlerinin mikro iklim üzerindeki rolünün anlaşılmasından oluşmaktadır. İkinci aşamada termal konfor çalışmalarına ağırlık verilmiştir. Dış mekanda rüzgar ve kar gibi konforu etkileyecek ve tasarıma yön verecek yöntemler ve ilkeler araştırılmıştır. Ayrıca kentsel tasarım projelerinin soğuk iklim koşullarında geliştirilmesinde konforun rolü sorgulanmıştır. Üçüncü aşamada, dış mekan konfor değerlendirmesini tasarıma entegre etmek için bir yöntem özetlenmiş ve soğuk iklimde bir uygulama çalışması yapılmıştır. Niceliksel ve görsel olarak iki tür sonuç üretilmiştir. Görsel sonuçlar, önerilen veya var olan bir kentsel alanda farklı mikro iklim sonuçlarının mekânsal dağılımlarını gösteren simülasyon haritalarıdır. Yöntemin termal konfordaki farklılıkların mekânsal olarak değerlendirilmesinde yararlı olduğu kanıtlanmıştır.

Ayrıca sonuçlar, kentsel planlamaya soğuk iklim faktörlerinin dahil edilmesini engelleyen kilit sebeplerin belirlenmesini ve tasarıma dayalı, örgütsel, kavramsal ve teknik konulardaki engellerin tanımlanmasını sağlamıştır. Tasarıma dayalı konuların soğuk iklimlerde kar ve düşük hava sıcaklıkları, örgütsel engellerin soğuk iklimlerde kentsel yaşanabilirlik ile ilgili fırsatların ve zorlukların ihmal edilmesi, yerel bilginin kullanılmaması ve yerelde plancılar ile politikacılar arasındaki iletişim kopuklukları, kavramsal engellerin ise uygulayıcılar arasında iklim bilgisi eksikliğinden kaynaklanmakta iken teknik engellerin kentsel ortamlarda rüzgar ve kar gibi konforu

etkileyecek ve tasarıma yön verecek yöntemler ve ilkeler ile ilgili olduğu tespit edilmiştir.

1.1. Problem Tanımı

Yerel iklim koşullarının göz ardı edilmesi sonucu konforsuz ve düşük yaşam kalitesine sahip kentlerin oluştuğu bilim adamları tarafından ifade edilmektedir. Geleneksel yerleşim tipolojilerinde iklim faktörünün büyük ölçüde dikkate alındığı görünürken, bugün ki mekânsal uygulamalarda iklim konusu ihmal edilmektedir. Modern çağda, kentsel tasarım uygulamalarında çoğunlukla yerel özellikler görmezden gelinmektedir. Bu durum bir yandan kentsel yaşam konforunu olumsuz etkilerken bir yandan doğal kaynakların aşırı tüketimine ve iklim değişikliklerine yol açarak doğaya zarar vermektedir.

İklim ve planlama ilişkisi dendiğinde akla gelen durum dış mekanlar da termal konforun yani yaşam kalitesinin artırılması olmaktadır (Ebrahimabadi 2012). Bu doğrultuda iklimle ilişkili yapılan çalışmalarda, kentsel mekânda konfor düzeyini belirleyen tanımlayıcı analizler yapılırken kentleşme problemlerinden bahsedilmemektedir. Kış ve soğuk iklim koşulları özelinde yapılan çalışmalara baktığımızda ise yağışın kar şeklinde olduğu ve çok sık don olaylarının yaşandığı bölgelerde insanların gündelik hayatlarında çok kısıtlayıcı durumların ortaya çıktığı ve iyi tasarlanmamış çevrelerin de bu şartlara eklenmesiyle yaşam kalitesinin düştüğü görülmektedir (Pressman 2004).

Sonuç olarak, iklim şartlarını dikkate alan ve iklim duyarlı tasarım kriterlerini kullanarak bu açıkları kapatacak bir kentsel tasarım modeline ihtiyaç olduğu görülmektedir. Araştırmacılar, iklim ile başa çıkmak için tasarım rehberleri ile birlikte mevcut iklim bilgisinin yorumlanması gerektiğini vurgulamaktadırlar (Pressman 1995b; Golany 1996; Scherer *et al.* 1999; Mills 1999). Tüm dünyada bütün yerleşimler tarafından uyarlanacak ve genel kriterleri sağlayacak kurallar yerine belirli bir kentsel alana ve iklim özelliklerine özgü kriterlerin oluşturulması gerekliliği açıktır.

Ülkemizde bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar artmakta, ancak iklim duyarlılığı ile ilgili araştırma ve tasarım projeleri çoğunlukla bina ölçeği ile sınırlı kalmaktadır. Kentsel açık alana ve termal konfora odaklanan çalışmalar hem teorikte hem de pratikte sınırlı sayıdadır. Soğuk iklime duyarlı kentsel tasarım araştırmaları ile ilgili olarak detaylı bilgilere ise özellikle Kuzey Amerika, Kanada ve İskandinav ülkelerindeki çalışmalarda rastlanmaktadır.

Kar ve kış, Erzurum kenti kimliğinin merkezindeki iki kavramdır ve kentin bugünkü gelişim çizgisinde düşünölmek zorundadır. Kentsel aktiviteleri sürdürebilmenin soğuk iklim koşulları nedeniyle çok zor olduğu Erzurum'da, kış güneşini alan kamusal alanları tasarlayabilmek, soğuk rüzgârlardan bu toplanma alanlarını koruyabilmek, kenti yaya-bisiklet ve araç için keyifli ve güvenli olarak ulaşılabilir kılmak en temel zorunluluklardır (Dursun ve Yavas 2016). Ülkemizin en soğuk kentlerinden birisi olan yerleşimde, sıcaklık kış aylarında -30°C'nin altına düşebilmektedir. Kış ikliminin yaklaşık altı aya yakın sürdürdüğü kentte yapılı çevrenin oluşumu ve kentleşme süreçleri bu durumdan bağımsız olarak gerçekleşmekte ve sonuçta kentsel yaşam kalitesi düşmektedir.

Bu süreçte uyumsuzlukların azaltılarak kış koşullarının yarattığı stresi azaltıcı önlemlerin ve faydalanma yönünde yaratıcı çözümlerin üretilmesi gerektiği açıktır (Pressman 2004). Bu doğrultuda iklim duyarlı planlama ve tasarım stratejileri; kentsel açık alanda konforun artırılması, dünya kaynaklarının tüketiminin azaltılması ve aynı zamanda kentsel proje maliyetlerinin en aza indirilmesi için önemli bir araçtır.

1.2. Araştırma Soruları

Erzurum'da özellikle kış mevsiminde dış mekan termal konforunu arttırmak ve uzatmak için aşağıdaki soruların cevapları aranmıştır;

1. Bugünkü kentsel planlama, strateji ve yöntemlerinin Erzurum kenti mikro iklimi üzerine etkisi nedir?

2. Erzurum’da kentsel alanların mevcut termal konfor koşulları nasıldır?
3. Rüzgar, güneş ve kar ile ilgili veriler kentsel alanların tasarımına nasıl entegre edilmelidir?

1.3. Çalışmanın Amacı

Tezin amacı, soğuk iklimlerde açık hava konforuna odaklanarak iklim duyarlı kentsel tasarım bilgisine katkıda bulunmak, soğuk ve uzun kış ikliminin hakim olduğu Erzurum’da mikro iklim ve planlama arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır. Kentsel tipoloji Erzurum’da çeşitlilik gösterdiğinden ve mikro iklim kent tipolojisine göre önemli ölçüde değiştiğinden, tezde kentsel planlama pratiklerinin mikro iklimi nasıl etkilediği farklı kentsel dokular üzerinden açıklanmaya çalışılmıştır. Tez, soğuk iklimde hangi tasarım önlemlerinin en etkili olduğunu belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışma basamakları, soğuk iklimlerde çevresel konforu arttırmak için özellikle şu konular üzerinden yürütülmüştür;

1. Rüzgardan korunmak
2. Güneşe erişimi arttırmak
3. Açık alanda karı yönetmek

Araştırma, tasarım ilkeleri ve mikro iklim konularına yönelik analitik yöntemlerin daha dengeli bir şekilde uygulanmasının gerekli olduğunu vurgulamaktadır. Açık hedef tanımlama, teori oluşturma ve araştırma ile uygulama arasındaki ilişkiyi iyileştirme de dahil olmak üzere açık hava konforunun uygulanma biçiminde bir değişiklik yaratma önerileri sunulmaktadır.

Bu çalışma Türkiye’de soğuk iklimler için kentsel alanlarda mikro iklim ve termal konfor düzeyinde yapılan ilk araştırma niteliğindedir. Simülasyonlar kullanılarak mevcut planlama yöntemleri iklimsel açıdan incelenmiş ve analiz edilmiştir. Çalışma mikro iklim ve termal konforun önemini vurgulayarak planlama ve tasarım süreçlerinde Erzurum için yararlı bilgiler sağlayacaktır.

Çalışma, Türkiye'nin en soğuk illerinden biri olan Erzurum'un kent merkezi ile sınırlı tutulmuştur. Simülasyon ile özellikle konut alanlarındaki plan kararlarının kent iklimine etkisi üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak, farklı kentsel dokular için fiziksel ve iklimsel analizler yapılmış ve bir öneri getirilmiştir. Çalışma 2017 yılının Temmuz ayı, 2018 yılının Şubat ve Temmuz ayları ve 2019 yılının Şubat ayı verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

1.4. İklim ve Klimatoloji

İklim, en temel tanımıyla geniş bir bölgede uzun yıllar değişmeyen hava koşullarının ortalamasıdır (Erol 1993). Güneşlenme, sıcaklık, basınç, rüzgâr, yağış, bulutluluk gibi atmosferik özellikler iklim elemanlarını oluşturmakta ve bu elemanlar belirli oranlarda bir araya gelerek o yere ait iklimi belirlemektedir.

Kelime anlamı iklim bilimi olan Klimatoloji ise atmosferde meydana gelen meteorolojik olayları ve iklim tiplerini inceleyen bilim dalıdır (Akman 2011). İklim, yeryüzünün şekillenmesini ve insan faaliyetlerini doğrudan etkilediğinden klimatoloji biliminin sağlayacağı veriler çok önemlidir. Klimatolojik çalışmalar yapılırken ölçeği ve büyüklüğü göstermek için mikro, mezo ve makro sınıflandırması yapılmaktadır.

1.4.1. İklim elemanları

İklime duyarlı yaşam çevrelerinin oluşturulması ve uyum sağlama mekanizmalarının geliştirilmesi için iklimi meydana getiren her bir değişkenin rolünün bilinmesi gerekmektedir. Sıcaklık, basınç, nem, rüzgar, yağış gibi iklim elemanları, bu araştırmanın temel eksenini oluşturan simülasyon haritalarının meteorolojik veri kaynaklarını oluşturmaktadır.

İklimi oluşturan elemanların insanlar üzerinde doğrudan veya dolaylı etkileri bulunmaktadır. İklim elemanlarının vücut üzerinde oluşturdukları bu etkilere ise iklimin

fizyolojik etkisi denilmektedir. Sıcaklık, insanlar üzerinde tek bir atmosferik etki gibi gözükse de, iklim elemanlarının hepsinin ayrı ayrı etkisi bulunmaktadır (Toy 2010).

Sıcaklık, diğer birçok iklim elemanına da etki eden güneş radyasyonunun bir sonucudur. Sıcaklık ölçümlerinde evrensel kabul, ölçümün yerden 2 metre yükseklikte ve gölgede, bir siper içerisinde yapılmasıdır. Günlük ideal ortalama sıcaklığı elde etmek için her saat başı yapılan gözlem en idealdir. Sıcaklığın gece ve gündüz değişimi özellikle mikro klima ölçeğinde çok önemlidir (Akman 2011).

Klimatolojide nemden söz edildiğinde genellikle nispi nem kastedilmektedir. Nispi nem, o anki sıcaklıkta havanın içerdiği su buharının, mümkün olabilecek maksimum su buharına oranıdır. Nispi (bağıl) nem, yüzde olarak ifade edilmektedir. Örneğin, 7°C'lik bir sıcaklıkta 6,2 m³/gr su buharı içeren bir havanın bu sıcaklıkta doyma noktasını 8 m³/gr kabul edersek, nispi nemi %77,5'tir.

Hava basıncı, atmosferde bulunan gazların yerçekimi dolayısı ile oluşan ağırlıklarının bir sonucudur. Çalışma alanının Erzurum kenti olduğu da düşünülerek, yükseklik arttıkça basıncın azaldığı, sıcaklık azaldıkça da basıncın arttığı göz önünde bulundurulması gereken iki önemli faktördür.

Önemli iklim elemanlarından biri olan rüzgar ise, havanın yoğunluğu ile basıncı arasındaki farklılıklardan dolayı hava akımları sonucu meydana gelmektedir. Hava soğuduğu zaman yüksek basınç, ısındığı zaman ise alçak basınç alanları oluşmaktadır. Hava kütlesi de yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına yatay yer değiştirerek rüzgarı meydana getirmektedir. Araştırmada, rüzgarın yönü ve şiddeti kullanılan iki önemli parametredir.

Radyasyon, güneşten gelen ışınlara denilmekte ve bütün meteorolojik olaylar ve yaşam, güneş enerjine bağlı olarak oluşmakta ve devam etmektedir. Bulutluluk, yükseklik, günlük değişimler güneş ışınlarının şiddetini etkilemektedir.

Yerel iklim oluşumundaki önemli bileşenlerden olan yukarıdaki iklim parametreleri, araştırma boyunca kentsel alanın nem, rüzgar ve termal durum kabiliyetini anlamak adına önemli girdi oluşturmuşlardır. Kentsel alanda soğuk stresin azaltılması ve termal konforun sağlanması ile özellikle kamusal alanlarda çevresel kalitenin yükselmesi için mikro ölçekte meteorolojik verilerin doğruluğu önemlidir.

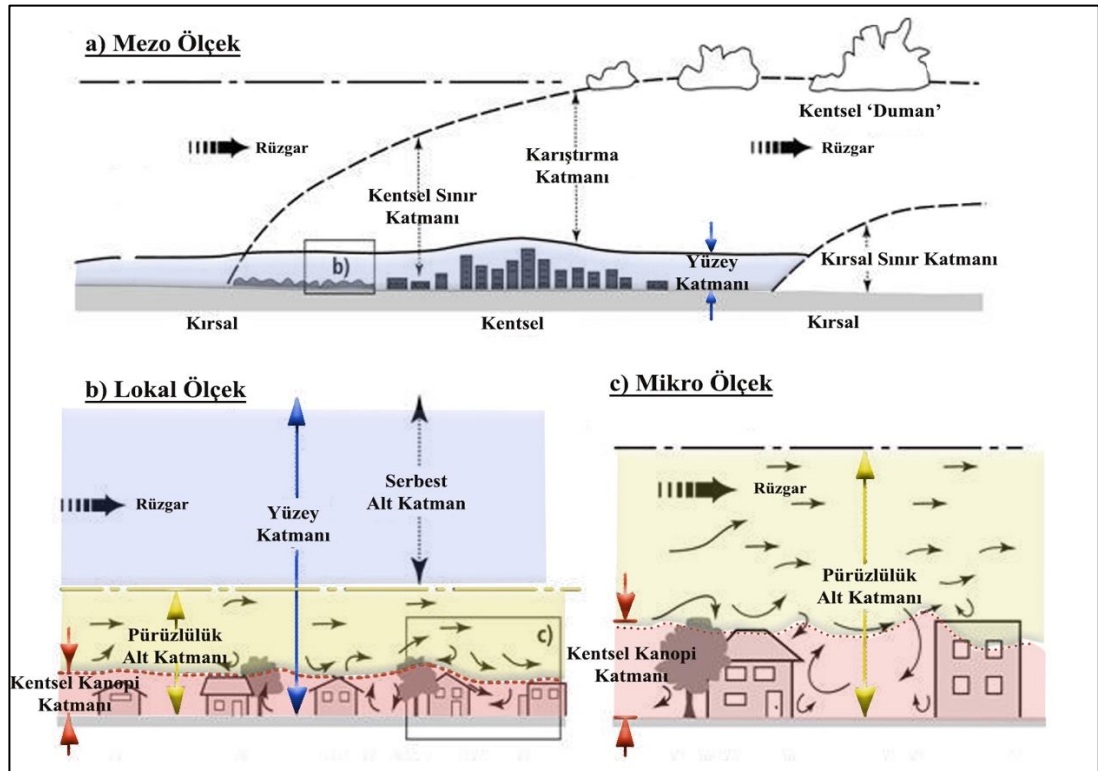
1.5. Kent Mikro İklimi ve Kentsel Tasarım

Mikro iklim, bir ormanın ya da bir vadinin iklimi olabileceği gibi küçük ölçekte belirli bir çevrenin ya da kentin iklimi de olabilmektedir. Mikro iklim kavramı, insan sağlığını olduğu gibi bitki ve hayvanları da etkileyecek önemli küçük ölçekli alanları veya yapı gruplarını (yapı kompleksleri veya ağaç toplulukları) temsil etmektedir.

Kent mikro ikliminin incelenmesine yönelik bilimsel araştırmalar 19. Yüzyıla kadar uzanmaktadır. Bugün kent iklimine yönelik araştırmalar ise iklim biliminin ayrı bir alt disiplini olarak devam etmektedir. Ayrıca kentsel iklim bilim, kentlerin iklimine ve kentleşmenin iklime olan etkisine odaklanmakla birlikte, açık hava konforu ile oldukça ilgili bir bilim alanıdır. Bu nedenle ilk olarak, mikro iklimlendirmenin karmaşıklığını ve insan dış mekan konforunu önemli ölçüde etkileyen mekanizmasını anlamak gerekmektedir. Oke and Cleugh (1987) çalışmalarında kentsel sınır tabakası içindeki iklimsel etkileşimleri mikro iklim ölçeği, lokal iklim ölçeği ve mezo iklim ölçeği olarak gruplandırmıştır (Şekil 1.1). Bir kentsel alandaki atmosferin en alt kısmı 'kentsel sınır katmanı' olarak tanımlanmıştır. Bu katman, yapılı çevreden ve kentteki insan faaliyetlerinden etkilenen şehrin üzerindeki havanın hacmini kapsamaktadır. Kentsel sınır tabaka, kentsel alanda binaların yüksekliğinin yaklaşık 10 katı kadar uzanmaktadır. Kentsel alanın en düşük seviyesi ise 'kentsel kanopi katmanı' olarak tanımlanmıştır. Kentsel kanopi katmanı, zemin seviyesinden binaların, ağaçların ve diğer nesnelere yüksekliğine kadar olan hacmi kapsamaktadır. Heterojen bir yapıda olan bu katman, binalar gibi bireysel kentsel öğelerden güçlü bir şekilde etkilenmektedir. 'Pürüzlülük alt katmanı' ise yerden ortalama binaların yüksekliğinin iki katına kadar olan hacmi temsil etmektedir. Pürüzlülük katmanının üzerinde, binaların yüksekliğinin yaklaşık dört veya

beş katı kadar bir yüksekliğe uzanan ve kent dokusunun bütün pürüzlülük özelliklerini taşıyan ve şehirde üretilen ısı ile oluşan 'serbest alt katman' tanımlanmıştır (Shashua-Bar *et al.* 2011).

Kentsel mikro iklim, kentsel alanların morfolojisi ve yoğunluğu ile yüzeylerin ısınma ve ışıınım özellikleri sonucu oluşmakta ve bu nedenle her kentsel alan birbirinden farklılaşmaktadır. Sonuç olarak, yerel hava koşulları ve kentsel doku olmak üzere kentlerde mikro klima koşulları iki ana parametreden etkilenmektedir (Chatzidimitriou and Yannas 2016). Dolayısı ile bir kentin coğrafi konumunun yanında kentsel çevreyi oluşturan insan faaliyetleri kentsel mikro klimayı belirlemektedir. Bina yükseklik ve cadde genişlik oranı (Y/G), gökyüzü görünüş oranı (GGO), sokak yönlenmesi, yoğunluk, bitki örtüsü ve yüzey malzemeleri kentsel mikro klimayı etkileyen önemli parametrelerden bazılarıdır. Bu parametreler, hem iç hem dış mekanlarda termal konforun, yaşam kalitesinin ve üretkenliğin artırılması için uygun mikro iklimsel müdahalelerin temelini oluşturmaktadır.



Şekil 1.1. Kentsel sınır katmanındaki iklimsel etkileşimler (Oke and Cleugh 1987)

Son yıllarda mikro iklimin şehirlerdeki yaşam kalitesini etkilediği ve kamusal alanlar için önemli bir nitelik oluşturduğu bilinmektedir. Dolayısı ile termal konfor ve kentsel mikro iklim arasındaki ilişkinin iyileştirilmesi için kentsel tasarım politikalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kentsel tasarım ile kentsel mikro iklim arasındaki bağlantı, sosyal ilişkileri teşvik eden kentsel mekanları yaratmanın yanı sıra, enerji ve diğer kaynakları verimli kullanmanın sağlanması için önem teşkil etmektedir.

Kentsel tasarım literatüründe öncelikle kamusal alanlarda çevresel konfor yaratmanın önemi üzerinde durulmaktadır. Lynch (1984) tanımlamış olduğu şehrin beş temel performans kriterlerinden biri olan 'canlılık' kavramında kentlerin iklimini tartışmaktadır. Çünkü kentsel mekanda konforun önemi ancak gerçekleşen etkinlikler üzerinden anlaşılabilir. Gehl and Gemzoe (1996) kentsel aktivitelerin tipolojisini gerekli, isteğe bağlı ve sosyal faaliyetler olarak özetlemektedir. Ancak gezinmek, kafe veya restorana gitmek gibi isteğe bağlı aktiviteler ile sohbet etmek, oturmak ve etrafı seyretmek gibi sosyal aktivitelerin hoş ve çevre tarafından konforlu kentsel alanlar ile teşvik edilmesi gerektiği vurgusu yapılmaktadır.

Sonuç olarak, hem küresel hem yerel iklim endişelerine cevap veren iklim duyarlı kentsel tasarım, konforlu ve başarılı mekanlar için ön koşul olarak görülmektedir. Buna ek olarak, endüstri toplumunun vazgeçilmez kent yaşamında tüketici toplumunun kademeli olarak değişimi ile sonuçlanan önemli sosyo ekonomik değişimler ve boş zaman kavramı, Gehl ve diğerlerine göre son yıllarda kentsel alanın kullanımını önemli ölçüde etkilemiştir. Bununla birlikte soylulaştırma, kentsel dönüşüm, erişimin kısıtlanması veya genişletilmesi ve çeşitli diğer sosyolojik, ekonomik ve siyasal değişiklikler kamusal alanların doğasını ve kullanımını da güçlü bir şekilde etkileyebilmektedir.

1.5.1. Dış mekan termal konforu

Kentsel mikro iklimlerin yaya konforu ve binaların enerji performansı üzerinde büyük etkileri bulunmaktadır. Son yıllarda mikro iklimin şehirlerdeki yaşam kalitesine katkıda

bulunduğunun bilincine varılmasıyla, konfor kavramı kamusal alan için önemli bir kriter haline gelmiştir. Dış mekanda temel konu otomobil kullanıcılarının aksine yayaların konforudur. Çünkü yayalar, mikro iklimle doğrudan temas halindedirler ve atmosferik parametrelerdeki anlık değişiklikler yayaların dış ortam algılarını etkileyebilmektedir (Ebrahimabadi 2015).

Katzschner (2004), dış mekan konfor koşullarını etkileyen çevresel parametrelerden güneş radyasyonu ile rüzgar hızının öncelikli olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle kentsel açık alanlar üzerinde her bir tasarım önerisinin değerlendirilmesini sağlamak için kentsel mikro iklime etki eden tasarım kriterlerinin özellikle rüzgar dağılımı ve enerji akışı üzerinden incelenmesi gerekmektedir.

1.5.1.a. Rüzgar konforu

Rüzgar konforu terimi genellikle rüzgarın insanlar üzerindeki mekanik etkisini ifade etmek için kullanılmaktadır. Rüzgarın mekanik etkisinin değerlendirilmesi ise, insanın termal duyuları üzerindeki etkilerinden bağımsız olarak, rüzgarın neden olduğu rahatsızlığa odaklanmaktadır. Rüzgar hızı genellikle kırsal alanlarda daha yüksektir ve kentsel ortamda binaların, bitkilerin ve diğer nesnelerin engeli nedeniyle düşmektedir. Ancak, kent içinde yüksek binaların yakınındaki alanlarda uygun tasarım önlemleri alınmadığı takdirde özellikle yaya seviyesinde, rahatsız edici ve tehlikeli rüzgarlar oluşabilmektedir (Oke and Cleugh 1987). Kentsel kanopi alanı içerisinde rüzgar akışı, kentsel geometriden, yoğunluktan ve yüzey malzemesindeki farklılıklardan etkilenmektedir.

Rüzgar konfor kriterleri, başlangıçta gemi seyahatleri için kullanılan Beaufort ölçeğinden uyarlanarak değiştirilmiştir. Çizelge 1'de yaya seviyesindeki ($h=1.75$ m) rüzgar etkisi 10 aşamada gösterilmiştir (Blocken and Carmeliet 2004).

Çizelge 1.1. Rüzgarın insanlar üzerindeki etkisi (www.mgm.gov.tr)

| Beaufort Numarası | Açıklama | Rüzgar Hızı (m/s) | Rüzgarın Karada Yaptığı Etki |
|-------------------|-------------------|-------------------|--|
| 0 | Sakin | 0 – 0.1 | Duman dikine yükselir |
| 1 | Esinti | 0.2 – 1.0 | Rüzgar hissedilmez |
| 2 | Hafif Rüzgar | 1.1 – 2.3 | Rüzgar insan teninde hissedilir |
| 3 | Tatlı Rüzgar | 2.4 – 3.8 | Rüzgar saç ve kıyafetleri bozacak düzeydedir |
| 4 | Orta Rüzgar | 3.9 – 5.5 | Rüzgar toz parçacıklarını uçurur |
| 5 | Sert Rüzgar | 5.6 – 7.5 | Rüzgarın gücü vücutta hissedilir |
| 6 | Kuvvetli Rüzgar | 7.6 – 9.7 | Rüzgar şemsiye kullanımını zorlaştırır |
| 7 | Fırtınamsı Rüzgar | 9.8 – 12.0 | Rüzgara karşı yürümek güçleşir |
| 8 | Fırtına | 12.1 – 14.5 | Rüzgar filizleri kırar ve dengede durmak zorlaşır |
| 9 | Kuvvetli Fırtına | 14.6 – 17.1 | Rüzgar insanları savurur, zayıf yapı binalarda hasar meydana gelir |

1.5.1.b. Dış mekan termal konfor indeksleri

En kısa tanımıyla ısı çevreden memnuniyeti ifade eden termal konfor terimi, özellikle serbest zaman aktiviteleri için kamusal alanların kullanımını ve benimsenmesini etkileyen faktörlerden biridir. Dolayısıyla insan termal konforu hem öznel (zihinsel koşul) hem de nesnel (termal çevre) unsurlarla karakterize olmaktadır.

İnsan vücudu ısı üretmekte ve iç sıcaklığını 37°C'ye yakın tutmak için çevre ile ısı alışverişi yapmaktadır. İnsanın ürettiği veya kaybettiği ısı ile çevre arasında bir denge olmak zorundadır. İnsanın vücudunun ısı dengesini etkileyen ve termal konforun hesaplanmasında kullanılan ana parametreler çevresel ve kişisel olarak aşağıda sıralanmıştır (Parsons 1993);

- Çevresel parametreler: hava sıcaklığı, radyasyon, hava akış hızı-rüzgar ve bağıl nem.
- Kişisel parametreler: insan aktivitesi ve giyim seviyesi tarafından üretilen metabolik ısı.

Termal konfor indeksleri tek bir iklim parametresinin insan üzerindeki etkisini değerlendirmemektedir. Birçok parametrenin birleşimini hesaba katarak sıcaklık değeri üzerinden bir sonuç üretmektedir. İndeksler arasındaki tek fark kullanılan yaklaşımlardır. Isı dengesine dayalı en çok bilinen ve kabul gören indekslerin bazıları; Fanger (1972) tarafından sunulan Predicted Mean Vote (PMV) ve Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) indeksleri, Gagge *et al.* (1972) tarafından ortaya konulan Effective Temperature (ET) ve Standart Effective Temperature (SET) iki düğümlü termal denge modelleri ve Hoppe (1999) tarafından ortaya konulan Physiological Equivalent Temperature (PET) indeksidir.

Bu tez çalışmasında kullanılan PMV indeksi, benzer çevre şartlarında olan geniş bir insan nüfusunun ortalama ısıl ayarını ön gören ve yedi seviyede oluşturulmuş bir indekstir. Standart termal konfor araştırmaları, termal duyarlılığı soğuk (-3) ile sıcak (+3) arasında yedi noktada gruplamıştır. Sıfır, termal nötrlüğü temsil eden ideal değerdir ve konfor bölgesi, PMV'nin önerilen sınırlar dahilinde olduğu altı parametrenin kombinasyonları ile tanımlanmaktadır ($-0.5 < PMV < +0.5$, ANSI/ASHRAE Standard 55-2013).

Daha önce belirtildiği gibi, termal konfor indekslerini hesaplamak için yaygın olarak kullanılan parametreler hava sıcaklığı, rüzgar, bağıl nem ve radyasyondur. Hava sıcaklığı ve bağıl nem parametreleri küçük ölçekli kentsel müdahalelerden çok fazla etkilenmezken, rüzgar hızı ve bağıl nem parametreleri mikro ölçekte kentsel formdan etkilenmektedir. Radyasyon parametresi, ortalama yansıyan sıcaklık (Mean Radiant Temperature- T_{MRT}) tahmin edilerek açık hava termal konforunun değerlendirilmesine dahil edilmektedir (Lau *et al.* 2017). Ortalama yansıyan sıcaklık, küre termometre veya ENVI-met (Bruse 1999) ya da RayMan (Matuschek and Matzarakis 2010) gibi yazılımlar kullanılarak tahmin edilebilmektedir.

1.5.2. Kent mikro iklimini etkileyen tasarım kriterleri

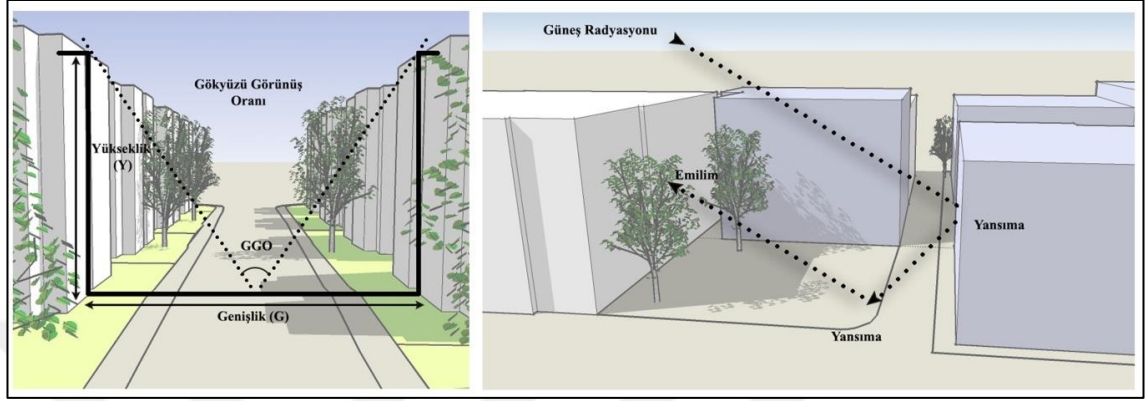
Açık alanlar, bir şehrin karakterini oluşturan ve yaşam kalitesini arttırmak için gerekli işlevleri barındıran kentsel çevrenin hayati unsurlarıdır. Kentsel dokunun gelişimi ile birlikte binaların çevresindeki açık alanlar üzerinde oluşan baskı, tüm alanın termal dengesinin değişmesine neden olmaktadır. Örneğin, yeşil alanlarda azalma, su geçirimsiz yüzeyler ve düşük gökyüzü görünüş oranı (GGO), dış mekanda termal konforu negatif yönde etkilemektedir. Mikro iklimi etkileyen tasarım kriterleri Milošovičová (2010) tarafından aşağıda oluşturulmuş konu başlıkları çerçevesinde değerlendirilmiştir.

- Kent Geometrisi: bina yükseklik ve cadde genişlik oranı (Y/G), gökyüzü görünüş oranı (GGO), sokak yönlenmesi, bina form ve kullanımı
- Yoğunluk
- Arazi Kullanım ve Yerleşim Dokusu

1.5.2.a. Kent geometrisi

Güneşlenmenin kentsel iklim üzerindeki etkisini önemli ölçüde belirleyen parametrelerden biri binaların yüksekliği (Y) ile sokak genişliği (G) arasındaki oran, diğeri ise gökyüzü görünüş oranıdır (GGO) (Şekil 1.2). Bu parametreler güneş ışınlarının ne kadarının toprağa ulaştığını ve toprağın yakınındaki havayı ısıttığını ifade etmektedir (Givoni 1998). Y/G oranı “0” olan bir alan, yapılaşmanın olmadığı bir alanı temsil ederek güneş radyasyonunun çoğunun yansıtılmakta veya emilmekte, daha sonra gökyüzüne doğru uzun dalga radyasyonu olarak yayılmakta olduğunu göstermektedir. Y/G oranının yaklaşık “1” olduğu orta yoğunluklu bir yerleşimde yansıyan radyasyonun çoğu diğer binalara veya toprağa çarpmakta ve nihayetinde yer seviyesinde tutulmaktadır. Yüksek yoğunluklu bir alanda ise (yaklaşık “4” ve daha fazla Y/G oranı), emilimin çoğu toprağa ulaşmadan zemin seviyesinin üstünde gerçekleşmektedir (Milošovičová 2013). Sonuç olarak Y/G oranı arttıkça gündüz kentsel çevrenin ısınması

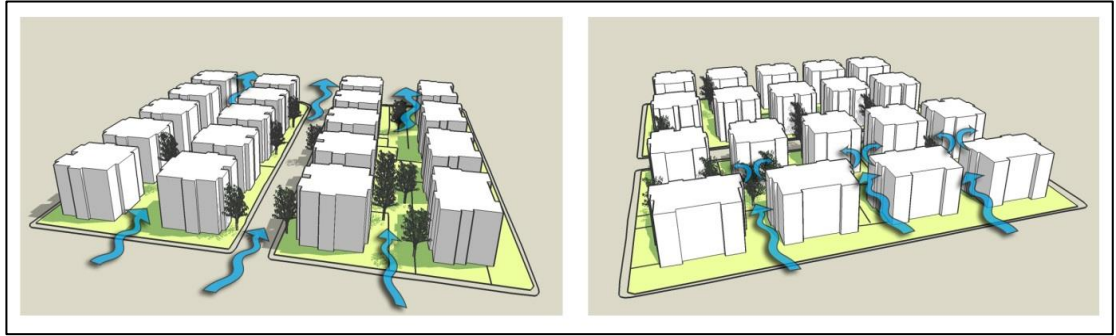
azalmakta, geceleri ise tam tersi depolanan ısıнын atmosfere salınması kısıtlanmakta ve kentsel çevrenin soğuması yavaşlamaktadır.



Şekil 1.2. Gökyüzü görünüş oranı ve güneş radyasyonu

Yukarıda bahsedildiği gibi kentsel geometri parametrelerinden biri aynı zamanda “gökyüzü görünüş oranı (GGO)” dır. Yapılaşmamış alan olması durumunda bu faktör “1”e eşit (%100 görünürlük), birbirine yakın ve çok yüksek binalarla çevrili bir nokta için veya çok dar bir sokak için ise yaklaşık “0.1” olabilmektedir.

Diğer bir tasarım kriteri olan sokak ve cadde yönlenmesi, kamusal alanların ve binaların güneş alma durumunu belirlerken, yayaaların termal konforunu da etkilemektedir. Bu nedenle sokak tasarımlarında mevsimsel farklılıkların ve ekstrem sıcaklıkların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Herrmann ve Matzarakis (2012) tarafından yapılan bir araştırmada, Kuzey-Güney yönündeki bir caddenin çok yüksek sıcaklıklara ulaştığı, Doğu-Batı yönündeki kentsel kanyonlarda ise sıcaklıkların oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir (Milošovičová 2013). Dolayısıyla ideal yönlenme de amaç, yazın güneşten korunma kışın ise güneş erişimini kolaylaştırmaktır. Bir sokağın yönü ile birlikte Y/G oranı, hava akımını etkilemekte dolayısı ile mikro iklimi değiştirmektedir. Düz ve paralel caddeler şehir içindeki hava akışını arttırırken, dar ve dolambaçlı sokaklar hava akışını yavaşlatmakta ve soğuk ya da sıcak rüzgarı azaltmaktadır (Şekil 1.3). Bu nedenle kentsel parametrelerden biri olan kentsel hava akımı, sokak geometrisi ve mikro iklim ile ilişkili düşünölmek zorundadır.



Şekil 1.3. Sokak geometrisi ve hava akımı ilişkisi

Yapı özelindeki tasarım kriterleri ise binaların hacmi, formu ve kullanımı ile ilişkilidir. Binaların yüzeyi büyüdükçe, yansım oranı ve güneş radyasyonu emilimi artmakta, dolayısıyla ısı salınımı yüksek olmaktadır. Bu nedenle, binaların hacim-yüzölçümü oranının kentsel sıcaklıklar ve mikro iklim üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır.

1.5.2.b. Yoğunluk

Hektar başına düşen kişi sayısı olarak ifade edilen yoğunluk kavramı, sayısal ve fiziksel anlamının yanında bir yerleşmenin yaşam biçimi hakkında da bilgi vermektedir (Dursun ve Yavas 2016). Ayrıca yoğunluk durumu ve kompakt tasarım, mikro iklimi ve termal konforu etkileyen önemli kriterlerdendir. Çünkü yüksek bina yoğunluğu ve kentsel yüzey özelliğinin değişimi genellikle daha az yeşil alan varlığı ve daha düşük rüzgar hızı anlamına gelmektedir. Bununla birlikte yoğun kentsel alanlarda binaların birbirine çok yakın olması nedeniyle gündüz depolanan ısının gece yavaş soğuması, kentlerde ısı yüküne neden olmaktadır (Şimşek 2013). Böylece mikro iklim önemli ölçüde değişikliğe uğramaktadır.

Yüksek kentsel yoğunluk ve kompakt kentsel formlar soğuk iklimlerde mikro iklim için olumlu bir etkiye sahip olabilmektedir. Ayrıca yürüme ve sürüş mesafeleri de azaltılarak ulaşım problemlerinin önüne geçilmektedir. Ancak kuzeyden güneye doğru binalar arasında uygun mesafeler planlanmalıdır. Aksi takdirde, yüksek yoğunluk özellikle konut alanlarında güneş enerjisine erişimi engellemektedir (Dursun ve Yavas 2015).

Ayrıca binaların ortalama yüksekliği ve aralarındaki mesafe, kentsel yoğunluğu belirlerken kentsel havalandırma koşullarını da etkileyen temel faktördür. Yođunlukla ilgili olarak Givoni (1998), soğuk iklim kentlerinde güneş erişiminin sağlanması için gúney yönelimli iki ve úç katlı konutların ve orta yoğunluğun uygun çözümler olduğunu belirtmiştir.

1.5.2.c. Arazi kullanım ve yerleşim dokusu

Arazi kullanım karakteri şehirlerdeki enerji dengesini ve mikro iklim durumunu önemli ölçüde belirlemektedir. Kent mekanında bir yandan parklar, nehirler ve göller gibi soğuk hava üreten alanlar, diğer yandan sürekli antropojenik ısı üreten sanayi alanları ve yerleşim alanları bulunmaktadır (Milořovičová 2013). Burada dikkat edilmesi gereken husus, su kütleleri ve bitki örtüsü gibi şehirlerdeki sıcaklıkların azaltılmasında önemli rol oynayan alanların soğuk iklimlerde nasıl uygulanacağıdır. Kış kentlerinde çoğunlukla yağışlar kar şeklinde olduğundan ve yılın büyük bir bölümünde düşük hava sıcaklıkları görüldüğünden, arazi kullanım kararları verilirken soğuk iklim öncelikli olmak zorundadır. Bu noktada, kentteki yeşil alanların tasarımı ve konumu önem kazanmaktadır. Bununla birlikte, kentsel yeşil alanların olumlu iklimsel etkilerini sadece parklar ve bahçeler gibi büyük rekreasyon alanları olarak düşünmemek gerekmektedir. Mahalle ölçeğinde küçük yeşil kentsel parçaların da mikro iklim üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır.

Sonuç olarak, her bir tasarım süreci için alanın genel yoğunluğu, cadde yönelimi, araç trafik yoğunluğu, binaların enerji performansı, yüzey tasarımı ve yeşil alan durumu olmak üzere tasarım kriterlerinin bir bütün olarak düşünülmesi ve iklim parametresinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

1.6. Soğuk İklim ve Planlama

Givoni (1998) soğuk bölgeleri, sert rüzgarlardan kuvvetli bir şekilde etkilenen ve kasım-mart ayları arasında sıcaklığın sıfırın altında olduğu yerler şeklinde

tanımlanmaktadır. Diğer taraftan Pressman (2004), soğuk iklim kentlerini beş ögeye ayırmıştır;

- Sıcaklık donma noktasının altındadır.
- Yağış genellikle kar şeklindedir.
- Güneş ışığı / gün ışığı sınırlıdır.
- Yukarıda belirtilen üç faktör de uzun sürelidir.
- Mevsimsel değişimler görülmektedir.

Soğuk iklimi tanımlayan bu beş farklı maddede görüldüğü gibi bütün yerleşim yerleri için aynı kaygılarla aynı planlama kararlarını hayata geçirmek doğru bir çözüm değildir. İklim bilgisi planlama sürecinde bir girdi olarak kullanılmak zorunda ve tüm kent ölçeğinde farklılaşan çözümlere yer verilmesi gerekmektedir. Özellikle ekstrem iklim özelliklerine sahip yerleşimlerde özel tasarım stratejilerinin üretilmesi ve dış mekan konforunun en üst seviyeye çıkarılması hedeflenmelidir.

Soğuk iklim kentleri kışa ve onun olumlu etkilerine daha fazla odaklanmak zorundadır (Westerberg 1994; Pressman 1995,2004). Bu kentlerde stratejiler üretirken amaç, enerjiyi, verimliliği, girişkenliği ve kışın sevincini arttıracak alanları ve etkinlikleri yapılandırmada yenilikçi yöntemler geliştirmek ve bu alanlarda kentliyi birleştirmek olmalıdır. Soğuk iklimlerde bir kentsel alanı planlarken ve geliştirirken, oluşabilecek olumlu ve olumsuz yanlar arasında bir denge bulmak önemlidir (Pressman and Zepic 1986). Pressman (1995, 2004) çalışmasında kış mevsiminin birçok olumlu ve olumsuz yönlerinden bahsetmektedir. Mevsimsel çeşitlilik, kayak, buz hokeyi ve buz pateni gibi açık hava sporları olumlu yönler olarak sıralanırken; kazalar, kar ve buz bakımı, azalan hareketlilik ve uzun süren soğuk havalarda maliyet artışı olumsuz yönler olarak sıralanmaktadır. Bu koşullar kent yaşamında bazı sınırlamalar getirmektedir. Açık hava etkinliklerinin kapsamı ve çeşitliliği azalmakta ve insanlar genellikle kapalı alanda vakit geçirmek zorunda kalmaktadır. Bu nedenle kış kentlerinde yaşam kalitesini arttırmak için rahatsızlığı azaltmak, kışla ilgili aşırı strese karşı koruma sağlamak ve faydalarını

olumlu yöne doğru çevirmek gerekmektedir. Pressman (2004), özetle kış kenti tasarım ve planlamasında gerekli amaç ve hedefleri şu şekilde sıralamıştır:

- Potansiyellerin ve fırsatların farkına varmak
- Tasarımda yapılan yenilikçi müdahaleleri desteklemek
- Kışa dair talep ve ihtiyaçlar için farkındalık sağlamak ve eğitimi arttırmak
- Gelecek planlarını ve tasarımlarını kış mevsimini göz önüne alarak yapmak
- Doğayla uyum içinde tasarım yapmak
- Kentsel gelişim politikasında kış mevsiminin açıkça kabul edilmesini sağlamak
- "Kış odaklı" organizasyonel bir bakış açısı benimsemek
- Enerji verimli, sürdürülebilir kentsel çerçeve geliştirmek
- Yerel ve bölgesel gurur yaratmak
- Küresel olarak rekabetçi bir pozisyon sağlamak
- Sosyo-ekonomik ve fiziksel refahta başarı sağlanmak

Sonuç olarak bu yaklaşımlar planlama sürecine kentsel tasarım kavramları ile politika geliştirme ve bölgesel planlama stratejileri perspektifinden katıldığı takdirde, soğuk iklimler için de anlamlı ve insancıl bir kentsel yaşam alanı tasarlanmasının temeli kurulmuş olacaktır.

1.6.1. Soğuk iklimlerde kent mikro iklimi

Soğuk iklim özelinde dış mekan termal konforu, mikro iklim ve kentsel tasarım ilkeleri arasında kurulan ilişki zayıf kalmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında iklim koşulları ve buna uygun oluşturulacak tasarım çözümleri “kış kenti” teması göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Sınırlı sayıda olmakla birlikte, bugüne kadar kış kentlerinin tasarımı için geliştirilmiş önemli stratejiler aşağıda güneş, rüzgar ve kar kontrolü başlığı altında derlenmiştir (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Tasarım stratejilerinin karşılaştırılması

| | (Pihlak 1983) | (Westerberg and Glaumann 1990) | (Erskine and Collymore 1994) | (Pressman 1995b) | (Winter City of Edmonton 2013) | (Dursun ve Yavas 2016) |
|---------------|---|---|---|--|---|--|
| Güneş | Açık alanları ve binaları mümkün olduğunca güneş ışığına erişecek şekilde konumlandırma | Mümkün olan her yerde, pasif güneş kazancı ve güneş enerjisi depolama sistemi kullanmak | Soğuk hava drenaj ceplerini güneşe doğru yerleştirmekten kaçınmak | Güneş erişimi için caddelerde doğu-batı yönelmesinde n ziyade kuzey-güney yönelmesini tercih etmek | Uzun binaları güneşe bakan eğimlere oturtmak ve pasif güneş ışığı erişimini arttırmak | Yaya odaklı cadde ve sokaklarda, yüksek yapıları sokağın kuzey tarafına yerleştirmek |
| | Güneşten gelen ısı yayılımını en üst düzeye çıkarmak için güneşe bakan yamaçlarda asfalt yüzeyler kullanmak | | Güneş kazancını mümkün olan yerlerde enerji kaynağı olarak kullanmak | | Kuzey güney doğrultusunda konutlar arasındaki mesafeyi 1: 1.5 Y/G oranında ayarlamak | Kış aylarında da kullanılacak kamusal alanlarda gölge oluşumundan kaçınmak |
| Rüzgar | Bitki örtüsünü rüzgar perdeleri olarak kullanmak | Artan rüzgar hızlarını önlemek için bina yüksekliklerini eşit tercih etmek | Soğuk rüzgar korumasını ilk sırada tutmak | Yüksek katlı binaları hakim rüzgar yönünde konumlandırmak | Terashlı veya kademe tarzında yapılar ile rüzgar akışını yavaşlatmak | Küme tasarımı ile rüzgardan korunma sağlamak |
| | Yaya hareket alanlarını kapsayacak şekilde yüksek barınaklar tasarlamak | Binaları ve mekanları küçük ölçekte tasarlamak | Yaya kullanımının yoğun olduğu dış mekânlarda rüzgar kesici siperler düşünmek | Binanın içinden geçen açık geçiş yolları tasarlamamak | | Bina konumları ile rüzgar tüneli oluşturmaktan kaçınmak |
| | | Korunmasız dış mekan merdivenlerinden kaçınmak | | Rüzgâr alan yapıların köşe noktalarında giriş-çıkış noktalarından kaçınmak | | |
| | | | | yürüyüş yollarını hakim rüzgar yönlerini dikkate alarak tasarlamak. | | |
| Kar | | Kar yüklerini önlemek için nispeten düşük tavan eğimleri kullanmak | Karı temizlemek için rüzgarı kullanmak | Kar depolama ve kaldırma alanları tasarlamak | Kar ve tuza dayanıklı malzeme seçimi yapmak | Çatı tasarımlarını kar ve buz düşmelerine göre yapmak |

Çizelge 1.2. (devam)

| | | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|---|
| | | Güneş erişimi olan küçük kar birikinti alanları belirlemek | | Geçici veya kalıcı kar çitleri kurmak ve taşıt yolunu yükselterek yollarda sürüklenen karı azaltmak | | Karın erime sürecinde kaygan zeminden kaçınmak için kar birikintilerini bina girişlerine yönlendirmemek |
| | | Gölge, buz ve kar birikinti alanlarının yanına yaya hareket alanı tasarlamamak | | | | Önemli yaya bölgelerini kar temizliği işleminde öncelikli tutmak |

Soğuk iklime duyarlı ve enerji verimli kentsel yeniden yapılanma ve optimum mikro iklim sağlama için tüm bu ilkeler göz önünde bulundurulmalıdır. Genel çerçevede kompakt kent formu, bina ve sokak oryantasyonu, küme tasarımı, yüksek yoğunluk, karma arazi kullanım, çok işlevli binalar, fonksiyonların yoğunlaşması ve toplu taşıma gibi planlama yaklaşımları içerisinde ele alınan bu stratejiler, aşağıda güneşe erişim, rüzgar kontrolü ve kar yönetimi başlıkları altında incelenmiştir.

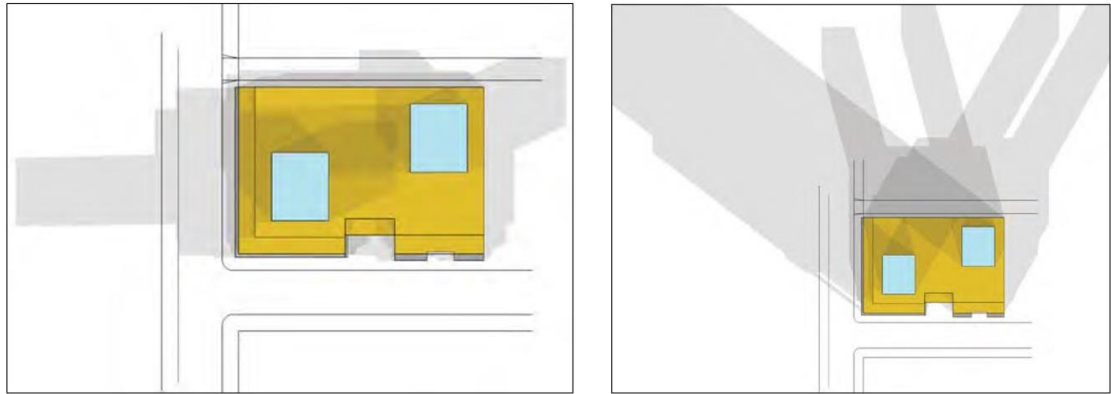
1.6.1.a. Güneşe erişim

Başarılı kamusal mekanlar için güneş enerjisine erişimin her zaman göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Pressman 1995; Matus 1988; Shashua-Bar *et al.* 2011). Doğrudan, yansıyan ve dağınık olmak üzere üç tür güneş ışınımı bulunurken, doğrudan ve yansıyan güneş ışınımı güneş açısına, yapının geometrisine ve çevresindeki yüzeylerin özelliklerine göre değişmektedir. Özellikle kış mevsiminde, yansıyan güneş ışığının kentsel çevre üzerinde büyük bir etkisi bulunmaktadır (Pressman 1995b).

Güneş yansıması ve emilimi farklı malzemeler ve renkler arasında değişiklik göstermektedir. Albedo oranı, cisimlerin güneş enerjisini yansıtma oranları olarak tanımlanmakta ve 0-1 arasında değer almaktadır. Yeryüzünde albedosu düşük olan alanlar daha fazla enerji absorbe eden alanlar olarak tanımlanmaktadır (Akman 2011).

Örneğin kar, güneş ışığının yaklaşık %85'ini yansıtırken asfalt sadece %10'unu yansıtacaktır (Borve 1987). Ayrıca renkler de güneş enerjisini emmede önemli bir faktördür. Renkler ne kadar açıksa, güneş yansımaları o kadar fazla olmaktadır.

Güneşe erişim için binalar arasındaki mesafeyi dengelemek de çok önemlidir. Düşük bir güneş açısı bina yüksekliğinin 15 katına kadar gölge oluşturabilmektedir (Pressman and Zepic 1986). Emmanuel, (2005) hem yaz aylarında minimal ısıyı yakalamak hem de kışın güneşe erişimi arttırmak amacıyla ideal Y/G oranını 0.4-0.6 aralığında önermiştir. Kış kentlerinde ise gölge oluşumunun önüne geçmek için bu oranının mümkün olduğunca düşük tutulması gerekmektedir (Şekil 1.4). Shashua-Bar *et al.* (2011) ve Matus (1988) göre, iki bina arasındaki minimum mesafe, güneş açısının düşük olduğu Aralık ayında ölçülerek tespit edilmelidir.



Şekil 1.4. Gölge diyagramı, yaz (sol) ve kış (Sağ) mevsimi 09:00-12:00-15:00 saatleri (Winter City of Edmonton 2016)

Ayrıca mümkün olduğu kadar güneş erişimini kolaylaştırmak için bina ve sokaklar uygun bir düzenlemeyle yönlendirilmelidir (Pressman and Zepic 1986). Sun Rhythm Form adlı kitabında Knowles (1981), yerleşik bir alanda doğu-batı aksındaki caddelerin, kış günlerinde gölgeleme eğiliminde olacağını, kuzey-güney yönündeki sokakların ise sadece gün ortasında güneş alacağını açıklamaktadır. Ancak caddeler açılı olarak yerleştirildiklerinde sabah veya öğleden sonraları kış aylarında güneş alabilmektedir. Victor (1963), soğuk iklim bölgelerinde optimum güneş oryantasyonu için binaların

konumlandırılmasında 12°'lik bir açıyla güneydoğu yönlenmesinin ideal bir çözüm olduğunu belirtmiştir. Diğer taraftan kaldırımlar, teraslar ve dış mekanlarda aşırı gölgelenmeyi önlemek için daha yüksek yapılar, sokakların kuzey tarafında konumlandırılmalıdır (Winter City Edmonton 2013).

Son olarak, tüm bu tasarım ilkeleri ile birlikte kompakt yerleşim tasarımının soğuk iklimlerde hem işlevlerin yakın olması hem de enerji kaybının azaltılması açısından tercih edilmesi gerekmektedir (Şekil 1.5). Böylece kat yüksekliği ve tasarımı ile birbirlerinin güneş erişimini engellemeyen ve kümelenen yapı grupları, ideal mikro iklimi sağlayan konut alanları meydana getirmektedir. Diğer taraftan, pasif güneş tasarım ilkeleri bir binanın ısıtma bileşeninin de bir parçasını oluşturarak güneş ışınlarından yararlanmaktadır. Güneye bakan pencereler, özellikle de güneşin düşük bir açıda olduğu ve doğrudan birçok binaya denk geldiği kış aylarında potansiyel olarak yüksek güneş kazanımlarına izin vermektedir.



Şekil 1.5. İklim duyarlı tasarım örneği (Winter City of Edmonton 2016)

1.6.1.b. Rüzgar kontrolü

Reiter'e (2010) göre, rüzgar yaya konforunu en fazla etkileyen faktörlerden biridir ve yaya seviyesindeki ortalama rüzgar hızı, çoğunlukla bina yükseklikleri arasındaki orana bağlı olarak değişmektedir. Soğuk iklimler için de rüzgar koruması zorunlu müdahalelerden biridir (Erskine and Collymore 1994; Pressman 1995). Rüzgarsız bir şehir soğuk iklimde fiziksel tasarım açısından ideal görünmektedir ancak hava kirliliği gibi nedenlerden dolayı elverişli olmamaktadır (Pressman 1995; Kantamaneni *et al.* 1996). Aşağıda, rüzgar hızının yaya termal konforunu nasıl etkilediğini gösteren bir tablo verilmiştir (Çizelge 1.3). Örneğin 4,5 m/s olan bir rüzgar hızı, 10°C'lik bir sıcaklıkta 6°C'lik bir düşüşle sıcaklığın 4°C hissedilmesine neden olabilmektedir.

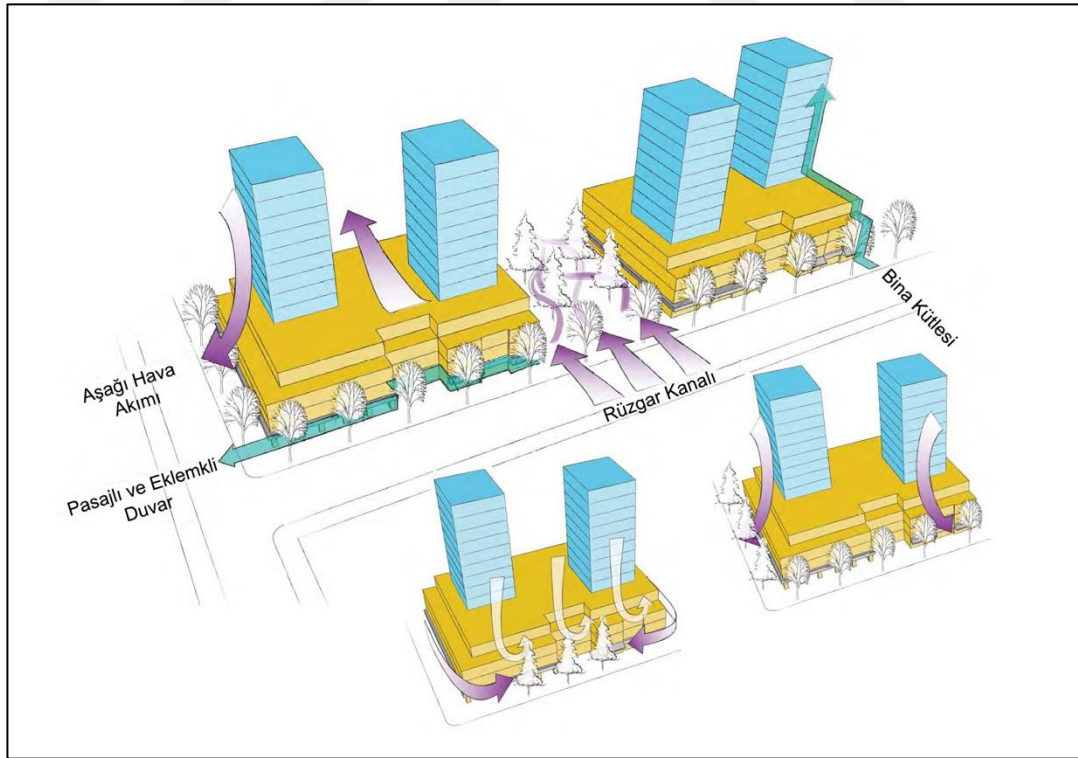
Çizelge 1.3. Belirlenmiş rüzgar hızlarında algılanan sıcaklık (Trlicik 2015)

| Rüzgar/Sıcaklık | | Sıcaklık (°C) | | | | | | | | |
|-------------------|-------|---------------|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 10°C | 5°C | 0°C | -5°C | -10°C | -15°C | -20°C | -25°C | -30°C |
| Rüzgar Hızı (m/s) | Sakin | 10 | 5 | 0 | -5 | -10 | -25 | -20 | -25 | -30 |
| | 4,5 | 4 | -2 | -8 | -14 | -20 | -26 | -32 | -38 | -44 |
| | 9 | 0 | -7 | -1 | -21 | -28 | -36 | -42 | -49 | -57 |
| | 14 | -2 | -10 | -17 | -25 | -33 | -41 | -48 | -56 | -63 |
| | 18 | -3 | -11 | -19 | -27 | -35 | -43 | -51 | -59 | -66 |
| | 22 | -4 | -12 | -20 | -28 | -36 | -44 | -52 | -60 | -68 |

Soğuk iklim bölgelerinde ilk olarak yönlenme ve bina hacmi rüzgar kontrolü için ele alınması gereken iki önemli konudur. Çevredeki ortalama bina yüksekliğinin en az iki katı kadar olan binalar, literatürde yüksek binalar olarak tanımlanmaktadır (Reiter 2010). Bir bölgede yüksek binalardan kaçınıldığında, rüzgar yaklaşık %50 oranında azalmaktadır (Ebrahimabadi 2015). Çünkü yüksek binalar, zemin seviyesinden 20-40 metreye kadar kuvvetli rüzgarları yakalayabilmekte ve aşağı doğru yaya seviyesine yönlendirebilmektedir. Bu nedenle yüksek binalardan kaçınılarak, zemin seviyesinde daha keyifli bir yaya konforu elde etmek mümkündür. Ek olarak, kentsel planlamada rüzgâr hızını en aza indirmek için, baskın rüzgarı zeminden yukarı doğru yönlendirmek ve binanın yüksekliğini basamaklar veya teraslar boyunca kademeli olarak yükselterek

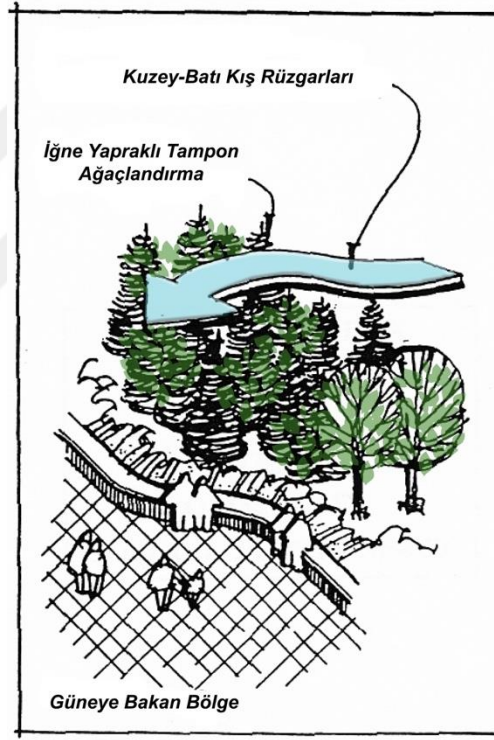
rüzgarı yavaşlatmak da etkili bir çözüm olarak sunulmaktadır (Pressman 1995a) (Şekil 1.6). Ayrıca cadde ve sokak yönlenmesinde kışın kuzeyden gelen rüzgarları engelleyecek şekilde bir tasarım tercih edilmelidir. Sonuç olarak kentsel formun, kentteki bitki örtüsünün ve arazinin diğer oluşumlarının çok üzerinde planlanmaması gerekmektedir. Rüzgar tüneli etkilerini ve rüzgar hızını azaltmak için evler ve rekreasyon alanları küçük ölçekte inşa edilmelidir.

Bina tasarımının yanı sıra, topoğrafya ve çevre bitki örtüsü de rüzgar hareketlerini yönlendirmektedir. (Westerberg and Glaumann 1990; Jeong *et al.* 2015) (Şekil 1.7). Mevcut bitki örtüsünün bölgedeki rüzgarların etkisini azaltmak için mümkün olduğunca korunması gerekmektedir. Ayrıca vejetasyonun maksimum rüzgar koruyucu olarak işlev görmesi için nispeten yoğun olması gerekmektedir. Bitki örtüsünün kış rüzgarlarını kontrol etmek için yetersiz kaldığı bölgelerde ise çitler ve fiziksel engeller, biraz pahalı bir çözüm olsa da etkili bir çözüm sunmaktadır (Pressman 1995).



Şekil 1.6. Ağaç kullanımı ile rüzgar hızının yavaşlatılması ve yönlendirilmesi (Winter City of Edmonton 2013)

Yoğun bir ağaç yaklaşık %70 gölge sağlamaktadır (Shashua-Bar *et al.* 2011). Soğuk iklimlerde, iğne yapraklı ağaçlar tercih edilerek rüzgâr tamponu görevi görmesi ve kışın renk vermesi sağlanabilmektedir (Pressman and Zepic 1986). Böylece açık kamusal alanların kuzey ve batı taraflarında iğne yapraklı bitki örtüsü tercih edilerek bölgelerin hakim kış rüzgarlarından korunması sağlanmalıdır. Bir binanın veya açık alanın güney yüzünde ise yaprak dökken ağaçlar tercih edilmelidir. Yaprak dökken ağaçlar, yaz mevsiminde gölge oluştururken, kışın yapraklarını dökerek güneş ışığının geçmesine izin vermektedir.



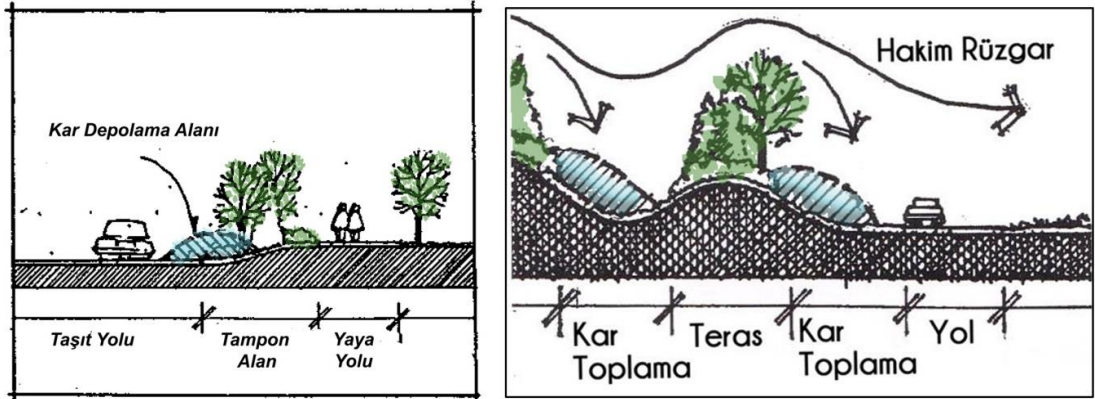
Şekil 1.7. Rüzgar kontrolü için bitkilendirme (Pressman 1995)

Ayrıca caddeden geçen köprülü binalar, kış aylarında rüzgar hızının azaltılması için önerilen stratejilerden biridir (Dursun ve Yavas 2015). Kışın karşılaşılan ani rüzgar ve yağış durumlarından yayaların korunması için rüzgarı engelleyecek ve güneş enerjisini en üst seviyeye çıkaracak köprülü ve geçişli binalar gibi pasaj alanlarının tasarlanması da yaya konforu için önemlidir (Pressman and Zepic 1986; Matus 1988; Pressman 1995, 2004).

1.6.1.c. Kar yönetimi

Soğuk iklim kentlerinin bir sıcak iklim kenti gibi planlanması ve tasarlanması birçok sorunu beraberinde getirmektedir. İklim göz ardı edilerek planlanmış kentlerde özellikle yoğun kar yağışı, sıcaklık ve rüzgardan ziyade daha büyük problemlere neden olmaktadır. Çünkü karın sürekli temizlenmesi gerekliliği ve oluşan kazalar sebebiyle ilave etkileri ve maliyeti bulunmaktadır (Trlicic 2015). Az miktarda kar birikintisi bile trafik kazalarına neden olabilirken, kar yağışı insan faaliyetlerinde de doğrudan veya dolaylı engellemeye neden olabilmektedir. Soğuk iklimlerde bir kentin yerleşim dokusuna veya binaların formuna karar verilirken kar atımının yapılacağı alan göz önünde bulundurulmalıdır (Erskine and Collymore 1994). Ayrıca rüzgârla oluşan kar riskini önlemek için, konutların ve mekanların doğru yönlendirilmesi, kentsel alanların tasarlanmasında en önemli faktörlerden biridir (Pressman 1995; Erell 2008).

Yaya öncelikli alanlarda engelsiz bir yaya sirkülasyonu sağlamak için geniş kaldırımlar tasarlanmalı ve tasarımda cadde temizliği ile kar temizleme ekipmanı için yeterli alan bırakılmalıdır. Taşıt yolu ile yaya yolu arasında tampon alanlar oluşturulmalıdır (Şekil 1.8). Yaya ve geçiş öncelikli alanlarda renk, desen değişimi ve dekoratif kaplama bantları uygulanmalıdır. Ek olarak, kışın sert etkileri ve donma-çözülme döngülerinin yanı sıra tuzun aşındırıcı etkilerine dayanıklı, güvenli, kaymaz ve bakımı kolay döşeme malzemeleri seçilmelidir. Ayrıca yükseltilmiş yaya geçitleri ile eriyen kar yürüme alanlarından uzağa doğru drene edilmeli, hareket kabiliyeti kısıtlı kişiler için engeller azaltılmalı ve yaya bölgelerinde trafik yavaşlatılmalıdır (Winter City Edmonton 2013).

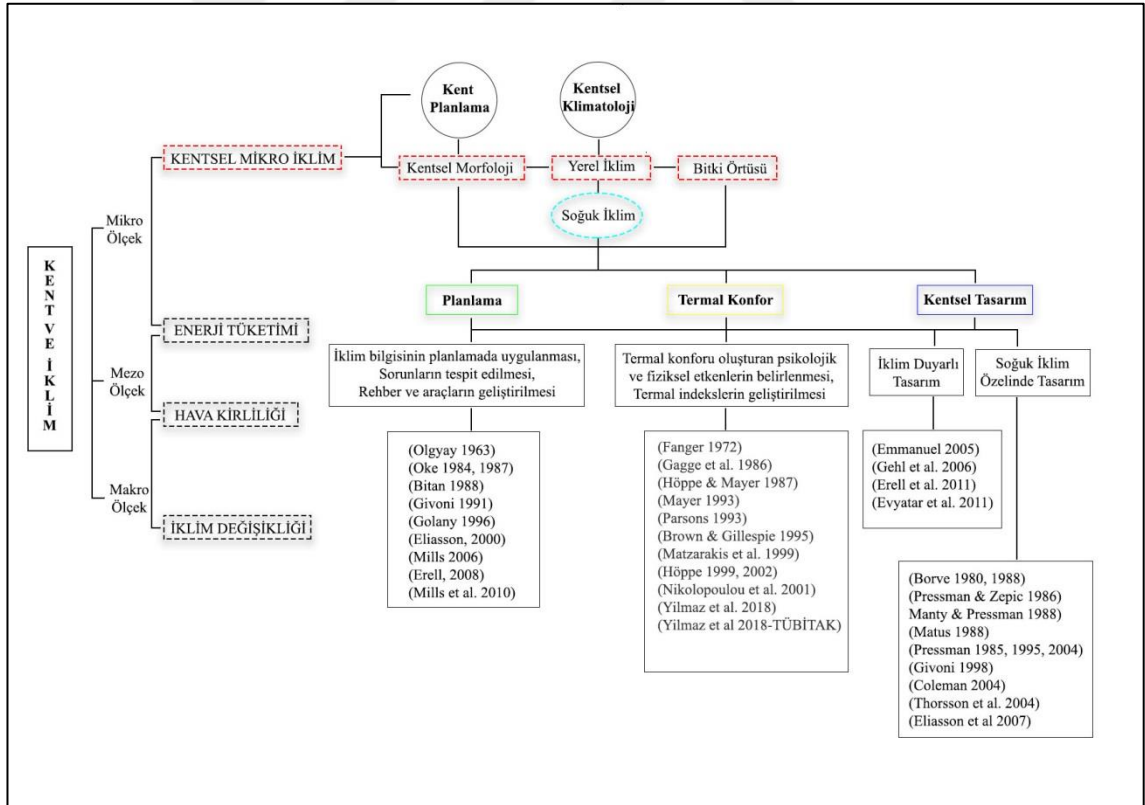


Şekil 1.8. Kar depolama alanları ve taşıt-yaya yolu ayırımı (Pressman 1995).

Kar birikintileri arasındaki maksimum mesafe 150 metreyi geçmemelidir. Kar birikintileri, ilkbaharda erimenin hızlanması için güneş erişiminin fazla olduğu noktalara konumlandırılmalıdır. Ayrıca küçük özel kar birikintileri için yer olması gerekmektedir. Garajların, çöp kutularının, posta kutularının ve girişlerin önündeki kar temizliğini azaltmak için bireysel konutlara erişimin mümkün olduğunca kısa tutulması gerekmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Londra'daki şehir merkezi ile kasabalar arasındaki meteorolojik farklılıkları ilk kez tanımlayan Luke Howard (1833), yaptığı çalışma ile modern kentsel iklim biliminin başlangıç noktasını oluşturmuştur (Gerald Mills 2008). 20. yüzyıl ortalarından beri ise kentsel iklim araştırmalarında önemli gelişmeler yaşanmakta ve çalışmalar kentsel ısı adası, yaya konforu, hava kirliliği, sokak geometrisi gibi geniş yelpazede birçok konuyu kapsamaktadır. Ek olarak, kentlerin enerji tüketimi ve çevreye olan etkileri ile ilgili artan endişeler, kentsel tasarım pratiğinde iklim biliminin uygulanmasına yönelik uyarıları ve dolayısıyla araştırmaları arttırmıştır. Çalışmanın ana araştırma konularını ve ilgili yayınları gösteren literatür haritası aşağıda verilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Literatür şeması

Bu bölüm, tezin ana konularının literatür taramasını içermektedir. Kent mikro iklimi ve açık hava konforu ile ilgili yapılan akademik çalışmalar, planlama ve tasarım ilişkisi çerçevesinde değerlendirilmiş ve belirli konu başlıkları altında incelenmiştir. Literatür başlıklara ayrılırken, kent iklim çalışmalarında makro ölçekten mikro ölçeğe geçiş ve simülasyon haritaları ile tez özelinde soğuk iklim çalışmaları göz önünde bulundurulmuştur.

2.1. Kent Planlama ve İklim İlişkisi

Fezer'in (1982)'de yaptığı çalışması yerleşim, sokak, avlu ve park yakınlarındaki iklim durumu ile ilgilidir. Araştırmada mikro iklimik etkenler ile ilgili hem mimarlara hem plancılara tavsiyeler verilmiştir. 1972 ve 1979 yılları arasında Ren ve Neckar'ın birleştiği alandaki yerleşimler incelenmiş ve meteoroloji istasyonu verileri ve uydu fotoğrafları kullanılmıştır. Alanda dört tip yerleşim tanımlanmış ve nüfus değişimleri sorgulanmıştır. Bu yerleşimler; dağınık, bahçe kent, yüksek katlı konut kümeleri ve eski yerleşim dokusudur. Yerleşimler içinde parkların, caddelerin, nehirlerin ve dolgu alanların etkisi tartışılmıştır.

Beckröge (1988), araştırmasında Dortmund'un mevcut ticaret bölgesinin yeniden yapılandırılması ile ilgili proje çalışmasını sunmaktadır. Çalışma somut bir örneğe atıfta bulunarak, bir projenin planlanmasında iklimsel yönlerin ne ölçüde dikkate alınabileceğini, hayata geçirme ve uygulamada yaşanan zorlukların neler olduğunu ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu planda çevrenin durumu özellikle dikkate alınmıştır. Ticaret bölgesinin tasarımı ile ilgili iklimden kaynaklı en önemli hususlar; iç bölgelerdeki havalandırma, yer döşemesinden doğan ısınma ve iklimsel stres faktörleri olarak sıralanmıştır. Araştırmada tüm bölge ve komşu alanlar için tavsiyeler dışında mikro ölçekte de çalışmalar gerektiği bildirilmiştir.

Mayer'in (1988) yürüttüğü 'Stadklima Bayern' araştırma programı, Münih'teki "Termal Harita ve İklim Ölçümleri" alt programlarından oluşan ve kentsel iklim üzerine kent planlama için veri sağlayan bir programdır. Çalışmada, kent planlamada bir faktör

olarak kent ikliminin ele alınması ile ilgili sorunlar tartışıldıktan sonra planlamada uygulanmasını açıklayan Stadtklima Bayern'in bazı sonuçları sunulmuştur. Ayrıca detaylı olarak termal görüntülerin farklı şekillerde nasıl analiz edilebileceğini gösteren "Termal Haritalama" alt programına değinilmiştir. Çalışmanın amacı, Baviera'daki büyük kentlerde yerleşim alanlarının ve yeşil alanların iklim ve hava kalitesi üzerine etkilerini araştırmaktır. Hedeflere uygun olarak Stadtklima Bayern, her şeyden önce kent planlamasına uygulanabilecek sonuçlar veren bir araştırma programı olduğu görülmüştür.

Katzschner (1988), 'kentsel gelişim parametresi olarak kentsel iklim' isimli çalışmasında Hannoversch-Münden kentini ele almıştır. Kentin ekolojik verilerinin kendi kentsel gelişim planlarına dahil edilmesi için çaba gösterilmiştir. Bunun bir parçası olarak, endüstri, turizm ve yerleşim alanlarının gelecekteki gelişimi için bir meteorolojik araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu gelişmelerin bazı yönleri sakıncalıyken, plancuların kalkınma planlarının etkisini tartışmak adına yaptıkları iklim araştırması çözüm bulmada yardımcı olmuştur. İklimsel ölçümler, yerel koşulları değerlendirmek için çok küçük bir ölçekte bir yıl boyunca gerçekleştirilmiştir.

Türkiye'de kentleşme ve iklim arasındaki ilişkiyi anlatan ilk çalışmalardan biri Karaca *et al.* (1995) tarafından yapılmıştır. Çalışmanın amacı, bölgesel iklim değişikliğini incelemek ve Türkiye'nin iki büyük kenti olan İstanbul ve Ankara'da kentleşmenin iklime olan etkilerini saptamak olmuştur. Eğilim analizi için doğrusal regresyon ve Mann-Kendall testinin sıralı versiyonu kullanılmıştır. İstanbul ve Ankara'nın hava sıcaklığı verileri (ortalama, maksimum ve minimum), sanayileşme ve ülkenin kırsal kesimlerinden büyük göç dalgalanmaları nedeniyle kentleşmenin bu bölgelerin iklimine olası etkilerini anlamak için analiz edilmiştir. Kırsal kesimlere kıyasla şehrin en kalabalık ve sanayileşmiş kesimi olan İstanbul'un güneyinde kentsel sıcaklıklarda belirgin bir artış olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, İstanbul'un güney kesiminde kentleşme ve sanayileşmenin bölgesel soğutma üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Ankara'nın ise kent geometrisine ve hava kirliliği sorununa

rağmen, meteoroloji istasyonu herhangi bir ısınma eğilimi göstermemiş ve Ankara'da önemli bir kentsel ısı adası yoğunluğu (kentsel-kırsal) tespit edilmemiştir.

Eliasson (2000), 'kent planlamasında iklim verisinin kullanılması' isimli çalışmasında, iklim konularının pratikte kentsel planlama süreci üzerinde çoğu zaman düşük bir etkisi olduğunu, bu etkisizliğin sebebinin iklim bilimciler, plancılar ve planlama süreci arasında cevapları aranması gereken önemli bir sorun olduğunu ifade etmiştir. Çalışmanın temel amacı, iklim bilgisinin kentsel planlama sürecinde nasıl ve ne zaman kullanılacağını araştırmaktır. Araştırma stratejisi, iklim bilimcileri ve plancıları içeren disiplinler arası bir araştırma grubunda geliştirilmiştir. Farklı görüşme teknikleri ve tarihsel verilere dayanan alan çalışmaları, İsveç'te üç şehirde belediye düzeyinde kentsel planlamaya katılan farklı aktörler tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışma, şehir plancılarının iklimsel boyutlarla ilgilendiğini ancak iklim bilgilerinin kullanımının sistematik olmadığını göstermiştir. Sonuçlar, klimatolojinin planlama süreci üzerinde düşük bir etkisi olduğunu doğrulamıştır. Bu düşük etkinin, beş açıklayıcı değişken, yani kavramsal ve bilgi temelli, teknik, politik, organizasyonel ve piyasa ile ilgili olabilecek birkaç kısıtlamanın bir sonucu olduğu görülmüştür. İklim bilimcilerin, iyi argümanlar, uygun yöntemler ve araçlar sağlayarak plancıların talep odaklı ihtiyaçlarını karşılamasının önemi vurgulanmıştır.

Kentsel klimatoloji üzerine artan araştırmalara ve mimarlar ile kent plancılarına iklim bilinçli tasarım uygulamaları için talebin artmasına rağmen, pratikte kentsel iklimin uygulandığına dair çok az kanıt bulunmaktadır. Erell (2008) makalesinde, iklim bilimcileri ile kent plancıları arasındaki ilişkiyi araştırmış ve bu zayıf ilişkinin bazı nedenlerini araştırmaya çalışmıştır. Daha sonra planlama sürecinde iklim biliminin uygulanması için metodolojik bir çerçeve oluşturmuş ve bu müdahalenin olası hedeflerini ve sınırlamalarını ortaya koymuştur. Çalışma, mimarlar ve plancılar tarafından rutin olarak alınan geniş bir karar yelpazesinin kentsel mikro iklim üzerindeki etkilerini, alanda uygulanan kapsamlı bir çalışmayla incelemiştir.

Kentsel planlama, kentsel arazi özelliklerini değiştirerek kentsel iklim ve insan sağlığını iyileştirmek için yararlı bir yöntemdir. Bu yöntemler, kentsel ısı adası (UHI) nedeniyle artan şehir sıcaklıklarının potansiyel risklerini azaltabilmektedir. Ancak kent planları için çeşitli kentsel gelişim senaryolarının iklimsel etkilerini değerlendirme sürecinde kolay araçlar mevcut değildir. Coutts *et al.* (2008), çalışmasında Melbourne/Avustralya'da bu uygulama için uygun bir araç tasarlamayı ve değerlendirmeyi amaçlamıştır. Hava Kirliliği Modeli (TAPM), uzun vadeli bir kentsel planlama stratejisinin yerel iklim üzerindeki etkisini ve Melbourne'daki kanopi UHI'sını değerlendirmek üzere seçilmiştir. Modeldeki kentsel arazi kullanım sınıflarının sayısı artırılarak ve konut yoğunluğuna odaklanan daha yüksek çözünürlüklü bir arazi örtüsü veritabanı oluşturularak TAPM'de iyileştirmeler yapılmıştır. Gelecekteki UHI senaryosu, Melbourne 2030 için kentsel planlama stratejisindeki planlardan türetilen kentsel bir arazi örtüsü veritabanı kullanılarak incelenmiştir. Sonuçlar, planlama müdahalesinin, yerel iklimlerin iyileştirilmesi için özellikle yararlı olacağı belirli alanları, yani etkinlik merkezleri ve büyüme alanlarını vurgulamıştır. Ayrıca TAPM'nin ve iklim modellerinin kent planlamasında bir araç olarak kullanılmasının uygunluğu da tartışılmıştır.

Kentsel çevrenin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmak için, kentsel iklim hakkındaki bilgiler planlama sürecinde iklim rehberlerine dönüştürülmelidir. Alcoforado *et al.* (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışma birçok amaç etrafında yürütülmüştür. Çalışma, Akdeniz iklimi olan kıyı kentlerinde iklimin ihtiyaçlarını belirlemek; diğer şehirlerde kullanılmak üzere uyarlanabilen metodolojiyi tanımlamak; gerekli analiz ölçeğinin seçimi, gerekli veri ve araçların seçimi, planlama önceliklerinin seçimi ve planlılar arasında paylaşılan bir dil geliştirilmesi ihtiyacı da dahil olmak üzere iklim bilgisini kentsel planlamaya uygularken ortaya çıkan bazı sorunların tartışılmasını içermektedir. Alan çalışması Portekiz'in Lizbon kentinde yapılmıştır. Planlılar mekânsallaştırılmış yönergeler ihtiyacı duyduğundan, Lizbon'un fiziksel özelliklerinin haritalandırılması Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bir dijital arazi modeli ve kentsel pürüzlülük verileri temel alınarak bir "havalandırma haritası" oluşturulmuştur. Ayrıca çalışmada, bir "yapı yoğunluğu" haritası da bir Landsat

imgesinin ve alan çalışmasının analizine dayanarak hazırlanmıştır. Bu iki tabaka çakıştırılarak, Lizbon'un "homojen iklimsel tepki birimlerini" gösteren nihai bir harita hazırlanmıştır. Son olarak, farklı başlıklarda planlama için bir dizi iklimsel yönerge (rehber) ortaya atılmıştır.

2.2. İklim Duyarlı Tasarım ve Termal Konfor Çalışmaları

Kentsel termal araştırmalardan elde edilen bilgiler, plancılara ve mimarlara fiziki planlama yaklaşımını etkileyebilecek ve uygulamaya fırsat verecek şekilde aktarılmalıdır. Evans and De Schiller (1996) tarafından yapılan çalışmada yaşam koşullarını iyileştirmek için kentsel iklim kontrol önlemleri ve kısıtlamaları gösterilmiştir. Araştırma ortamı ve planlama bağlamı arasındaki farklar zaman ölçeği, öncelikler ve uygulama olanakları açısından vurgulanmıştır.

Kentsel mikro iklimlerle tasarım yapma kabiliyeti, mimarların ve plancıların kentsel alanlardaki bölgesel iklim değişikliğini tanımlayabilmesine, gelecekte kentsel dokudaki değişikliklerden kaynaklanan olası değişimlere yönelik farkındalık geliştirilmesine ve tasarım sürecinde farklı ölçeklerde bu potansiyelin kullanılmasına bağlıdır. De Schiller and Evans (1996), araştırmada, iklim duyarlı planlama ve mimari projeler ile mevcut iklim koşullarının korunabileceği veya olumlu kentsel mikro iklim değişikliğinin sağlanabileceğini belirtmiştir. Bu makale, kentsel iklim kontrolünün planlama ve mimari tasarım sürecinde, lisansüstü ve lisans düzeyinde entegrasyonunu teşvik etmek için yazarlar tarafından farklı tasarım derslerinde verilen hedefleri ve yöntemleri açıklamaktadır. Burada açıklanan tasarım süreci ile ilgili öğretim dizisinin planlayıcılar ve mimarlar tarafından gerekli görülen bilginin seviyesini göstermesi amaçlanmaktadır.

İklim uzmanları günümüzde kentsel iklim bilimi ile ilgili çok fazla veri sağlamaktadır. Ancak bu verileri bir tasarım aracına uygulayan ve tercüme eden kentsel tasarım uzmanlarıdır. Golany (1996) makalesinde, kentin morfolojisi ile kentin termal performansı arasındaki ilişkiyi kentsel tasarım açısından özetlemektedir. Bir şehir veya mahalleyi farklı iklim bölgeleri için daha konforlu hale getirmeye katkıda bulunabilecek

ayrı bir kentsel biçim ve forma ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Kentsel tasarımcının sorumluluğunun ise, bu formları yerel iklim karakteri çalışmalarına göre oluşturması gerektiği vurgulanmıştır.

Dış mekan kamusal alanlardaki termal çevre ve bunların kullanımı kişilerin termal konfor algılamaları ile yakından ilgilidir. İklim koşulları açık alanların kullanımını ve etkinliklerini doğrudan etkilediğinden kamusal alanlar tasarlanırken bu koşullar dikkate alınmalıdır. Tsitoura *et al.* (2011) çalışmada, Girit'teki dört farklı kentsel açık alan üzerinde yapılan alan araştırmaları yoluyla mikro iklim ile açık hava konfor koşulları arasındaki güçlü ilişki ortaya çıkarılmıştır. Özellikle Güney Avrupa'da, yaz aylarında kentsel ısı adası olgusunun bulunduğu açık alanların uzun süre kullanılması nedeniyle, daha sürdürülebilir bir tasarımın yaşam kalitesi açısından kritik bir öneme sahip olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, kentsel mikro iklimin değerlendirilmesi için PMV, PET ve SET, WBGT gibi termal indeksler kullanılmış ve Akdeniz iklimi için en uygun olanı bulmak için değerler karşılaştırılmıştır. Bu şekilde, her tasarımcının kentsel açık alanın sürdürülebilirliğini, mikro klimatik koşulların kontrolüyle basitçe etkileyebileceği ve tasarımı sonucu konfor seviyelerini kolayca tahmin edebileceği vurgulanmıştır. Bu çalışmanın amacı, Akdeniz bölgelerinde özel bir konfor modeli sunmak ve konforun bireysel algılanması için sadece mikro klima faktörünün en uygun değerini bulmak değil, aynı zamanda sürdürülebilir tasarımla istenen mikro iklim koşullarına ulaşmanın yolunu tespit etmek olmuştur.

Konforlu kentsel çevre, yapılı çevrenin kentsel mikro iklime olan duyarlılığıyla yakından ilgilidir. Yerel özelliklerini ve ihtiyaçlarını dikkate alan yaklaşımlardan biri olan iklim duyarlı kentsel tasarım, gelecekteki gelişmelerde daha sürdürülebilir çözümler üretmek için yararlı bir araçtır. İklim duyarlı kentsel tasarım, doğal kaynakları daha az tüketerek konforu artırmak ve doğayı daha az tahrip ederek enerji tüketimini azaltmak için doğal temelli hedefler sağlamaktadır. Kaya ve Mengi (2011) çalışmalarında, yapılı çevrenin mekânsal özellikleri ile algılanan iklim arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı amaçlamıştır. Aynı zamanda, termal konfor seviyesini artırmak için iklim duyarlı tasarım ilkelerinin yapılı çevreye nasıl uygulanabileceği incelenmiştir.

Çalışma alanı olarak İzmir'deki Konak Meydanı'nın mekânsal yapısı incelenmiş ve yapılaşmanın yaz aylarında halkın konfor algılamasını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Başlangıçta iklim duyarlı tasarım kavramı ve temel ilkeleri gözden geçirilmiştir. Daha sonra yerleşim yeri, genel iklim koşulları, çevredeki kentsel doku, yüzey örtüsü malzemeleri ve gölgelendirme unsurları dahil alanın mekânsal yapısı analiz edilmiştir. Konak Meydanı'ndaki termal durum algısını analiz etmek için bir anket yapılmıştır. Son olarak, bulgular mekanın mekânsal yapısıyla ilişkili olarak insanların konfor algılamasının değerlendirilmesi yoluyla işlenmiş ve alandaki konfor koşullarını iyileştirmek için iklim duyarlı tasarım ilkelerine dayalı özel tasarım talimatları sunulmuştur.

Dış mekân termal konforu, kentsel açık alanların kullanım düzeni ile ilişkilidir. Termal olarak rahatsız olan açık hava ortamları, açık hava etkinliklerine katılımı engelleyebilir ve binaların soğutma için enerji tüketimini artırabilir. Yang *et al.* (2011) makalede, çeşitli kentsel tasarım stratejilerinin yaz aylarında açık hava termal koşullarına etkisini değerlendirmiştir. Alan ölçümleri Şanghay'daki iki yüksek katlı konutta gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonucu, sayısal simülasyonu yorumlamak için kullanılmıştır. Sayısal simülasyon olarak ENVI-met ve termal konfor endeksi olarak fizyolojik eşdeğer sıcaklık (PET) kullanılarak bir dizi kentsel tasarım stratejisi uygulanmıştır. Sonuçlar, zemin yüzey albedo'sunda 0,4'lük bir artışın genel olarak PET değerinde 5-7°C'lik bir artışa neden olduğu ve gece boyunca 18°C'den az sıra dışı bir düşüşle termal konforu azalttığını göstermiştir.

Garcia (2015) çalışmasında, Şili kentlerinde iklim değişikliğine uyum ve kılavuz ilkeler sunmak için yerel ölçekte kentsel iklim çalışması ve modellemesi sunmuştur. Bu çalışma, kentsel kanyon ölçeğinde kentsel mikro iklimin, ısı konforu ve kentsel tasarım ile olan ilişkisinin anlaşılmasının bir parçasıdır. Çalışma alanları, Şili'nin Concepcion kentinin metropol merkezinde yer alan 9 kent kanyonundan seçilmiştir. Morfoloji analizi için Yerel İklim Bölgeleri sınıflandırma sistemi (Stewart and Oke 2012) uygulanmıştır. Balık gözü fotoğrafları (gökyüzü görüntüleme faktörü), LIDAR verilerini kullanarak binaların yüksekliği, alan ölçümlerinden hava sıcaklığı ve rüzgar

hızı ve Ecotect yazılımı ile güneş radyasyon verileri ve gölgelendirme araştırılmıştır. Sonuçlar, termal konfor anketleri ile karşılaştırılmış ve yaz aylarında kamusal alanın termal konforunda önemli bir etkisi olan kentsel tasarım faktörleri dikkate alınarak yorumlanmıştır. Sonuç olarak, kentsel düzenleyici planların uyum tedbirlerinde önemli bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

Modern kentsel tasarımın ana hedeflerinden biri, kentsel kamusal alanlardaki kaliteyi ve etkinliği sağlamaktır. Bu süreçte kademeli olarak ortaya çıkan ve paradigma olarak sunulan kentsel iklim biliminin etkileri, iklimle duyarlı ortam ihtiyacını giderek arttırmaktadır. Bununla birlikte, çoğu zaman iklim değerlendirmelerinde aşağıdan yukarıya doğru iklimsel göstergeler, araçlar ve pratik ölçütler bulunmamaktadır. Nouri (2015), uyuşmazlıkları gidermek amacıyla çalışmada, kamusal alanlarda termal konfor seviyelerine hitap eden, yerleşik ve kavramsal projelerin uluslararası örneklerinden oluşan bir çerçeveyi başlatmaktadır. Alan çalışması olarak Auckland ile birlikte, yeni potansiyel önlemleri şekillendirmek ve Auckland yerel politikası ve tasarım ilkelerinde yeni hususlar başlatmak için çerçeveden çıkarılan çözümler incelenmiştir. Bu sayede, mikro iklim kaygılarının, Auckland'ın kamusal alanının kullanımını ve ömrünü artırmak için bir fırsat haline getirilmesi istenmiştir.

Makropoulou ve Gospodini (2016) makalelerinde, Yunanistan'ın orta boy bir kıyı kenti olan Volos şehir merkezinde seçilen açık alanlardaki mikro iklimik şartların deneysel bir incelemesini sunmuştur. Üç kentsel alanda, halka açık bir alanda ve iki tipik kentsel blokta gerçekleşen sistematik saha ölçümlerinin sonuçlarını incelemiştir. Ölçümler, 2013 yazında ve ilgili hava sıcaklığı ve bağıl nem kayıtlarında gerçekleştirilmiştir. Veriler, tipik bir kentsel blok veya / ve Yunan şehirlerinin merkezindeki tipik bir halk meydanının, kentsel çevrede sınırlı bir yerel ölçekte mikro ortamın oluşumunu ve nihai olarak farklılaşmasını değerlendirmek için kullanılmıştır. Buna ek olarak, araştırmada, bina inşaat malzemeleri, baskın kaplama malzemeleri ve seçilen sitelerde kentsel geometri tarafından belirlenen anahtar parametreler; yani Yükseklik/Genişlik Oranı (H/W) ve Gökyüzü Görünüş Faktörü (SVF) dikkate alınmıştır. Ölçümler, iki şehir bloğunun, yani farklı bina mülkiyetlerinin yarattığı avlu, çeşitli sokak kanyonları ve

yerel meteoroloji istasyonunun kayıtlarının açık alanlarında mikro iklimsel farklar ortaya koyduğunu göstermiştir.

Djukic *et al.* (2016) çalışmada, Leskovac'daki açık kamusal alan olan ana meydanın yaz günlerinde dış mekan konforundaki değişimin analizini sunmuştur. Analiz, mevcut durumu, kentsel tasarım yarışmasında ödül alan iki tasarım önerisini ve bu çözümlerin değerlendirilmesiyle ortaya çıkan teklifi kapsamaktadır. Makale, kamusal alanların yeniden tasarımının genellikle yarışmalar sırasında alınan kararlar ile olumsuz sonuçlar taşıdığı gerçeğini göz önünde bulundurarak, açık alan yarışmalarındaki göstergelerden biri olan açık alanın termal konforuna odaklanmıştır. Başarılı kamusal alanların kullanıcılarının ihtiyaçlarına cevap vermesi gerektiği yönündeki tezi takiben, makale, termal rahatlığı açık kamusal alanın başlıca özelliği olarak görmüştür. Mikro iklim analizinin, tasarımcıların sıcak yaz dönemlerinde özellikle yıl boyunca kullanıcı sayısını arttıracabilecekleri konforlu bir şehir yerleşimi yaratmalarına yardımcı olabileceği belirtilmiştir. Bu yazının amacı, kamusal açık alanlardaki mikro iklim konforu ile kentsel tasarım arasındaki ilişkinin karmaşıklığını vurgulamaktır. Özellikle kentsel tasarım yarışmalarında bu ilişkinin dikkate alınmasının önemini vurgulamak için bitkilendirme ve yeni yüzey malzemeleri ile ilgili müdahaleler sorgulanmıştır.

2.3. Kent Mikro İklimi ve ENVI-met Çalışmaları

Kentsel sınır tabakasındaki farklı doğal ve yapay elementler arasındaki etkileşimler, yapısal değişikliklere karşı çok hassas olan ve değişen yerel iklim koşullarının modellerini üretmektedir. Kentsel çevrenin geliştirilmiş bir yerel iklim ile sonuçlanmasını sağlayan akıllı bir planlama, enerji tasarrufu etkileri veya nihayetinde daha iyi bir yaşam kalitesini sağlayarak sağlık risklerinin azalması gibi birçok fayda sağlayabilmektedir. Ancak farklı süreçlerin çokluğu, sayısal modellerin yardımı olmadan yerel iklim üzerindeki değişimlerin etkilerini değerlendirmeyi imkansız hale getirmektedir. Kentsel yapısal değişiklikler iki gruba ayrılabilir: birincisi, kentsel alanların tamamen yeniden geliştirilmesi gibi büyük ölçekli değişiklikler ve ikincisi mevcut yapılar içerisinde küçük ölçekli değişikliklerdir. Bruse (1999) makalesinde

kentin her alanını ENVI-met metodu kullanılarak analiz etmiştir. ENVI-met, kentsel ortamda mikro iklimin simülasyonunu yapan bir bilgisayar programıdır. Kent iklimini taklit ederek yeni kentsel alanların tasarlanmasında yol gösterici olmaktadır. Bu doğrultuda literatürde ENVI-met programı ile yapılmış çalışmalar kent geometrisi, yönlenme, bitki örtüsü ve yüzey malzemeleri şeklinde gruplandırılarak incelenmiştir.

Kent geometrisi ve kentsel alanların yeniden geliştirilmesine yönelik çalışmalardan ilki, Langer *et al.* (2012) tarafından Genç Kentler Projesi kapsamında sunulan projedir. Tahran'dan 65 km uzaklıktaki Karaj bölgesinde yeni bir kasaba olan Hashtgerd için 35 ha bir alanda enerji verimli bir kent geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanı için ENVI-met programına topografya, iklim verileri, bina yükseklikleri ve bitki örtüsü verileri girilmiştir. Program ile mikro iklim simülasyonu sayesinde müdahaleler ile kentteki değişen iklim koşullarının etkisi tahmin edilmiştir.

Yunanistan'ın Selanik kentinin tarihi çekirdeğinde büyük bir kentsel alanın yeniden geliştirilmesine yönelik bir proje ise biyoklimatik kriterlere göre tasarlanmış ve ele alınmıştır. Chatzidimitriou *et al.* (2013) bu makalede önerilen müdahalenin uygulanmasıyla elde edilen mikro klima ve konfor standartlarını gösteren simülasyon sonuçlarını projenin ön değerlendirmesi olarak sunmaktadır. Açık alan mikro iklimine, yaya konforuna ve binaya odaklanan program, enerji tasarrufu sağlamak için açık alanların yeniden tasarlanması, yaz döneminde hava ve yüzey sıcaklığını düşürme ve termal konforun iyileştirilmesi için önerilerde bulunmuştur. Mikro iklim simülasyon yazılımı ENVI-met V3.1 betaV ile önerilen müdahalelerin uygulanması sonucunda ortam sıcaklığında %1.5, yüzey sıcaklığında %16.3 ve termal indekslerde %12 düşüş olduğu görülmüştür.

Gusson ve Duarte (2016) çalışmalarında, subtropikal iklime sahip Sao Paulo kenti için ENVI-met V4 kalibrasyonunu sunmuşlardır. Arazi kullanımı verileri ile birleştirilen mikro iklimsel ölçümler, Sao Paulo'nun en yoğun nüfuslu iki semtinde, inşaat yoğunlukları ve yapı tipolojisi ile karşılaştırılmıştır. Model ile her iki çalışma alanındaki hava sıcaklığı için ölçülen ve simüle edilen veriler arasında, RMSE (Root Mean Square

Error) değerini 1.6°C ve 1.9°C arasında, MAE (Mean Absolute Error) değerini 1.4°C ile 1.8°C arasında ve d (Index of Agreement) değerini 0.85 ile 0.92 arasında bularak çok benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Phoenix, Arizona'daki kentleşmiş alanların son yıllarda hızla büyümesi ve genişlemesi sonucu kentsel ısı adasının (UHI) etkilerini arttırmış ve şehir içindeki açık alanlarda, özellikle de geceleri konfor seviyesini düşürmüştür. Hedquist and Brazel (2014) çalışmada, UHI ile ilişkili olarak, dış mekan insan konforunu incelemiş ve ENVI-met metodundaki mikro klima modeli çıktıları kullanmıştır. Açık havada yapılan konfor seviyeleri, ENVI-met ile yılın farklı mevsimlerinde değerlendirilmiştir. Modelleme çıktılarının analizi, üç alanın her birindeki kilit noktalardaki ortalama ışıma sıcaklığı ve tahmini ortalama ay sonuçları üzerine odaklanmıştır. Sonuçlar, yaz aylarında şehir merkezindeki alanların, günün erken saatlerinde (serin ada) daha konforlu ve öğleden sonra akşam saatlerine (ısı adası) kadar çevreden daha konforsuz olduğunu göstermiştir. Buna karşın, açık tarım alanlarında yani şehir merkezinin dışındaki alanlar gündüzleri daha yüksek rahatsızlıklara ve akşam saatlerinde daha yüksek konfor seviyelerine sahip olduğu görülmüştür. Phoenix'de, model sonuçları, gölge ağaçlarının (ve gölge yapılarının) miktarının artırılmasının yanı sıra, bitki örtüsü ve geçirgen yüzeylerin miktarının artırılmasının ısıyı önemli ölçüde azaltabileceğini ve dış mekân insan konforunu artırdığını doğrulamıştır.

Kentsel alanlarda açık hava termal konforu, yayaların sağlığı için önemli bir faktör olarak bilinmektedir. Kentsel mikro iklim, kentsel hava kalitesi ve binaların enerji kullanımı üzerindeki etkisi nedeniyle genel olarak daha da önemlidir. Bununla birlikte dikkatli kentsel planlama, daha serin kentsel ortamlar sağlayabilmektedir. Farklı kentsel formlar, yayalar için farklı konfor koşullarına sahip farklı mikro iklime sahiptir. Taleghani *et al.* (2015) çalışmada tekil Doğu-Batı ve Kuzey-Güney, lineer Doğu-Batı ve Kuzey-Güney ve avlu biçimindeki formlar, bugüne kadar Hollanda'nın ılıman ikliminde en sıcak gün için analiz edilmiştir (19 Haziran 2000'de maksimum 33°C hava sıcaklığı ile). ENVI-met simülasyonu için dış ortam sıcaklığı, ortalama yansıyan sıcaklık, rüzgar hızı ve bağıl nem kullanılmışken, RayMan programı ile bu veriler Fizyolojik Eşdeğer

Sıcaklığa (PET) dönüştürülmüştür. Farklı yoğunluklu modellerin farklı termal ortamlar sağladığı görülmüştür. Sonuçlar, kentsel formdan etkilenen doğrudan güneş ve ortalama yansıma sıcaklığının termal konforda en önemli rolü oynadığını göstermiştir. Bu yazıda ayrıca, avlu biçimindeki formun, Haziran ayında Hollanda için diğer kentsel formlara kıyasla en konforlu mikro iklime sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar bir alan ölçümü ve kalibrasyon yoluyla doğrulanmıştır.

Kentsel alanlardaki mikro klimatik koşullar, bölgesel iklimin tüm kentsel alanla etkileşiminin sonucuna ve kentsel gelişimin yerel özelliklerine bağlıdır. Yetersiz konfor koşulları, yaşam kalitesini ve kamusal açık alanların kullanımını etkilemektedir. Acero and Herranz-Pascual (2015) tarafından yapılan çalışmada İber Yarımadası'nın kuzeyinde bulunan Bilbao'daki üç alanlı araştırma ile açık hava termal koşulları incelenmiştir. İklim değişkenleri, farklı bölgesel iklim koşullarında şehrin dört farklı bölgesinde ölçülmüştür. Termal konfor değerlendirmesi, termal indeks PET (Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık) vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, ENVI-met modelinden türetilen tahmini değerlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, modellenmiş ve ölçülen iklim değişkenleri arasındaki farkların, PET'de ilgili bir sapmayı (yani, modellenen ve ölçülen değerler arasındaki farkı) göstermiştir. Regresyon ve korelasyon analizleri, her iklim değişkeninin PET değerlerinin sapmasındaki önemini ortaya koymuştur. PET'in sapması, özellikle gökyüzü günlerinde ortalama ışıma sıcaklığı değerlerinin sapmasıyla yüksek oranda koşullandırılmış gibi görünmektedir. Sonuç olarak, dış mekân kentsel alanlardaki termal konforun değerlendirilmesinde modelleme teknikleri kullanılacaksa, bu değişkenlerin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi gerekliliği görülmüştür.

Roth and Lim (2017) makalede 3D kentsel bir mikro klima modelinin (ENVI-met 3.1) performansını, tropikal iklime sahip Singapur'da yer alan kompakt düşük katlı bir konut mahallesinde çoğunlukla açık ve sakin koşullar altında toplanan verilerle değerlendirmiştir. Gözlemler, yerden 2 m yükseklikteki sensörlerden elde edilen hava sıcaklığı, (Ta), yerden 1.1 m yükseklikte, ortalama radyan sıcaklığı (T_{MRT}) ölçen tam donanımlı bir mikro hava yolu istasyonu ile sağlanmıştır. Model, sekiz simülasyon gününün çoğunda tüm istasyonlarda mekânsal değişkenliği yakalama yeteneğine

sahiptir. Mekansal olarak ortalama Ta tahminleri, yağış sırasında (beş simülasyon gününe dayanan) kuru (üç gün) periyotlara kıyasla gözlemlere daha yakın olmuştur. T_{MRT} için gündüz modeli performansı değişken ancak zirve değerleri iyi tahmin edilmiştir. Sonuçlar, heterojen bir kentsel sistemin doğasında bulunan mikro ve biyoklimatik karmaşıklıkları vurgulamakta; günün her saatinde ve gece boyunca tutarlı soğutma sağlayan hiç bir senaryo bulunmadığını göstermektedir. Genel olarak mevcut sonuçlar ise, ENVI-met'in dış mekan termal konforunda Ta ve gündüzün aşırılıklarını değerlendirmek için yararlı bir planlama aracı olduğuna işaret etmektedir. Ancak model, sınırlamaların doğru bir şekilde başlatılması ve farkındalığı için detaylı yerel bilgiler gerektirmektedir.

İklim değişikliği, şehirleri kentsel iklimi sürdürülebilir planlamanın bir parçası olarak görmeye çağırılmaktadır. Kentsel mikro iklim modelleri, iklim hakkında yapı taşı seviyesinde bilgi sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, ilgi alanı hakkında çok detaylı bilgi gereklidir. Çoğu mikro iklim araştırması bu nedenle model alanını tanımlamak için varsayımlar ve genellemeler kullanmaktadır. Alan genişliğine sahip uzaktan algılama verileri, kentsel iklim modelleri tarafından gerekli olan ayrıntılı mekânsal ve tematik ölçekte birçok parametre türetmek için bir araç sağlamaktadır. Heldens *et al.* (2017) çalışmada bir dizi gerçek kentsel alan için mikro iklim simülasyonlarının uzaktan algılama verileri kullanılarak nasıl desteklenebileceğini göstermiştir. Otomatik bir süreçte, yüzey malzemeleri, albedo, LAI / LAD ve nesne yüksekliği türetilmiş ve kentsel mikro iklim modeli ENVI-met'e entegre edilmiştir. RS tabanlı yüzey bilgilerinin etkisini ve uygulanan veri ve tekniğin uygunluğunu analiz etmek için hem dinamik uzaktan algılama tabanlı girdi verileri hem de manüel ve statik girdi verileri ile çoklu mikro iklim simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Farklı modların analizi, yüksek kaliteli yükseklik verilerinin, ayrıntılı yüzey materyali bilgilerinin ve albedo'nun önemini göstermiştir.

Bu çalışmada Li *et al.* (2016) tarafından yaz günlerinde ne tür bir yüksek yoğunluklu kentsel biçimin daha iyi bir mikro klima ortamı sağladığı ana soru olarak oluşturulmuştur. Üç farklı kentsel formdaki mikro iklim ENVI-met yazılımını kullanarak simüle

edilmiştir. Yapı yoğunluğu, taban alanı oranı, yeşil alan oranı, kaldırım alanı, bina yüksekliği gibi parametreler simülasyona girdi oluşturmuştur. Hava sıcaklığı (T_a), güneş radyasyonu, ortalama radyasyon sıcaklığı (T_{MRT}) ve rüzgar hızı karşılaştırılarak analiz edildiğinde, üç olguda mikro iklim performansı sunulmuştur. Termal indeks olarak fizyolojik eşdeğer sıcaklık (PET) da üç olguda dış mekan termal konforunu değerlendirmek için kullanılmıştır.

Yüzey malzemeleri bazındaki çalışmalardan biri ise Battista *et al.* (2016) tarafından yapılmıştır. Kentleşmede yaşanan artış, birkaç faktöre bağlı olarak ısı adası etkisinin yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Yeşil alanlarda azalma, inşaat malzemelerinin yüksek güneş absorpsiyonu, su geçirmez yüzeyler, düşük gökyüzü görüntüleme faktörleri ve doğal havalandırma etkinliği bunlar arasındadır. Kentsel ısı adası özellikleri, enerji verimliliği ve çevre, sonuçta insan konforu ve sağlığı üzerinde çok büyük etkilere sahiptir. Kentsel dokunun gelişimi, yeni binaların çevresindeki tüm alanın dinamik termal akışkan alanının değiştirilmesini içermektedir. Çalışmada, Roma'da kentleşmiş çevrenin yeniden geliştirme sürecinin sonucu olarak termal ve enerji performansı üzerine yeni bir yapı kompleksinin etkisini araştırmıştır. Amaç, kentsel ısı adasının şehir iklimi ve nüfus sağlığı üzerine etkilerini daha iyi anlamak olmuştur. Değerlendirme, bir izleme süreci ve sayısal analizler vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık alanı ve Evrensel Termal İklim Endeksi (UTCI), bölgenin mevcut senaryosu için hesaplanmıştır. Yeniden yapılandırılmış ve önerilen bir senaryo için güneş ısısı altında yüzey sıcaklığının yükselmesinin sınırlandırılması, bitki ve serin malzemeler ile kentsel ısı adasına karşı hafifletme stratejilerinin benimsenmesi sağlanmıştır. Bölgenin yeniden yapılandırılmış konfigürasyonu ile gün ortasında ortalama hava sıcaklığının 3.5°C 'ye ve maksimum UTCI endeksinin 2.7°C 'ye kadar yükselmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni, doğal havalandırma için engel sayısının artması, toprak ve doğal bitki örtüsünün düşük albedo materyalleri ile değiştirilmesidir. Serin materyallerin ve bitki örtüsünün uygulanması, 2°C 'ye kadar bir sıcaklık düşüşünü belirlerken maksimum UTCI indirilmesi orta derecede, yaklaşık 1°C 'dir.

Bitki örtüsü etkisinin test edildiği çalışmalardan biri El-Bardisy *et al.* (2016) tarafından yapılmıştır. Sıcak iklim kentlerinde kentsel büyümenin hızlandığı son yıllarda, vatandaşların boş zamanlarda farklı etkinlikler için daha fazla açık hava alanının oluşturulmasının kritik gerekliliği vurgulanmaktadır. Kullanıcıların termal konforunu olumsuz yönde etkileyen unsurlar, sıcak ve nemli iklimlerde, özellikle tasarımın ilk evrelerinde araştırılmamaktadır. Bu durum, bu tür iklimlerle açık mekân tasarımında insanın termal konforunun göz önüne alma ihtiyacını ortaya koymuştur. Son zamanlarda, iklim duyarlı mekânlar, iklim bilimci ve kentsel tasarımcılar arasında dikkat çekmektedir. Ancak çoğu durumda, iklim duyarlı peyzaj tasarımı ve planlama, saha tasarımı seviyelerinde bulunmamaktadır. El-Bardisy *et al.* (2016) makalede, ENVI-met simülasyon aracını kullanarak, devlet okullarının avlusunda iklimsel hassas peyzaj tasarımını tartışmıştır. Alan çalışması: EL-Sherouk okulu, okul saatinde yüksek sıcaklıkta seçilmiş ve sayısal olarak simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçları, iklim için sınır koşullarını belirledikten sonra yüksek termal rahatsızlık ve olası bitki örtüsü kalıplarını ortaya çıkarmıştır. Çalışmada, diğer peyzaj unsurları arasındaki belirli ağaç modellerinin ve türlerinin, bu tür okullarda avlu boyutunda mikro iklimi şiddetle iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Okul avlusunda daha iyi bir mikro iklim için tasarım ölçütleri sunulmuştur.

Nüfusun daha fazla olduğu kentsel alanlarda, kentsel ısı ada etkisinin büyüklüğü buna göre artmaktadır. Park alanları, serin bir ada efekti oluşturabilmekte, kentsel mikro iklimi ayarlayabilmekte ve kentsel termal çevreyi geliştirebilmektedirler. Geçmişte birçok araştırmacı parkların soğutma etkilerini ve etkileyen faktörlerini incelemek için saha ölçümleri ve sayısal simülasyonlar kullanmışlardır. Lin and Lin (2016) çalışmada, parkların soğutma etkileri üzerine yapılmış daha önceki araştırmaları incelemiş ve kent parklarının mekânsal düzenlenişinin yerel sıcaklık düşüşü üzerindeki etkisini karakterize etmek için ENVI-met simülasyon modelini kullanmışlardır. Sonuçlar parkların farklı mekânsal düzenlemelerinin açık hava soğutma etkilerinde önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Daha geniş bir park alanı, daha büyük park sayısı, en geniş park alanının daha büyük bir alanı, daha eşit dağılmış park alanları ve daha fazla park çeşitliliği, açık alanlarda daha fazla serinletici etkilere neden olduğu görülmüştür.

Ağaç dikimi, kentsel ısı adasıyla mücadele etmek ve küresel ısınma ile kentleşme süreçlerinde termal konforu geliştirmek için gerçek araçlardan biridir. Bununla birlikte, farklı tür ve morfolojik özelliklere sahip ağaçların değişken güneş tutma kapasitesi ve dolayısıyla termal konfor düzenlenme potansiyeli vardır. Ayrıca binaların gölge etkisi, yayaların radyan yükünü azaltmada yardımcı olmakta ve dolayısıyla hava akışının azalmasına rağmen özellikle yüksek yoğunluklu şehirlerde termal konforu arttırmaktadır. Bu nedenle, ağaçlandırma ve gölgelendirme konusundaki bütüncül ve bağlamsal bir anlayış iklim duyarlı olmayan şehirlerin tasarımında yardımcı olabilmektedir. Morakinyo *et al.* (2017) çalışmada, bu iki gölgelendirme biçimi (ağaçlar ve binalar) arasındaki etkileşimi, Hong Kong'daki yayaların ısı konforu ve birinin diğerinin üzerindeki etkisi arasındaki etkileşimi daha iyi anlamak için ENVI-met modelini kullanarak gerçekleştirmiştir. Farklı kentsel yoğunlukların Hong Kong'daki sekiz ortak ağaç türü tarafından termal konfor iyileştirme potansiyeli üzerindeki etkisi özellikle incelenmiştir. Sonuçlar, sığ kanyonların benzer en-boy oranı değerlerine sahip daha derin benzerleri ile karşılaştırıldığında daha kötü termik duruma duyarlı olduklarını göstermiştir. Tüm ağaç yapılandırma parametrelerinden yaprak alanı indeksi, ağaç yüksekliği ve gövde yüksekliği sırasıyla gündüz ve gece termal konforunu iyileştirmekte ve ağırlaştırmakta etkili olmaktadır. Aynı zamanda, ağaçların gündüz termal konforunun iyileştirilmesindeki etkinliği, kentsel yoğunluğun artmasıyla ve gece boyunca bunun tersini azalttığı bulunmuştur. Plancılar ve peyzaj mimarlarının referans alması için, bu çalışma, daha derin kanyonlarda yüksek gövde ve sığ kanyonlar ile açık alanlar için tersi olan, düşük kanopi yoğunluğuna sahip uzun ağaçları önermektedir.

Kentsel mikro klima analizleri, yaşanabilir ve sağlıklı kamusal alanlar yaratmak için planlama karar sürecine giderek daha fazla kullanılmaktadır. Lobaccaro and Acero (2015), Bilbao belediyesiyle (İspanya, Bask Ülkesi) işbirliği içinde yürütülen çalışmada, dış mekan termal konfor koşullarını iyileştirmek için yeşil eylemlerin karşılaştırmalı bir analizini sunmuştur. Değerlendirme, tipik yaz mevsim koşullarında farklı geometrik oranlar ve beş kentsel yeşil sistem senaryosu ile karakterize edilen üç tip kent sokak kanyonunda gerçekleştirilmiştir. Her senaryo için, ortalama ışın sıcaklığı, bağıl nem, hava sıcaklığı, yüzey sıcaklığı ve rüzgar hızı ENVI-met modeli kullanılarak analiz

edilmiştir. Çalışma çim, yeşil çatılar ve ağaçlar gibi bitki örtüsünün yaya seviyesindeki termal konforu iyileştirdiğini nicel olarak teyit etmiştir. Termal konfor, PET (Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık) termal indeksi kullanılarak değerlendirilmiştir. En yüksek PET azalması, ağaçların ve çimenlerin varlığını birleştirerek gerçekleşmiştir. Buna ek olarak çalışma, en/boy oranının ve zemin yüzey materyalinin rahatsızlıktaki süreyi (PET > 23°C) nasıl etkilediğini göstermiştir. Sonuçlar, gerçek planlama önerilerini iyileştirmek için Bilbao belediyesi tarafından kullanılmıştır.

Kent geometrisi ve bitki örtüsünün birlikte ele alındığı çalışmada Middel *et al.* (2014), yarı kurak (Phoenix), Arizona'da öğleden sonra mikro ortamdaki kentsel formun ve peyzaj türünün etkisini araştırmıştır. Amaç, yaz aylarında sıcaklığı iyileştirmek için etkin kentsel form ve tasarım stratejileri bulmaktır. ENVI-met üç boyutlu mikro klima modeli kullanılarak Phoenix'teki tipik yerleşim yerleri için zemine yakın alanların hava sıcaklığı simüle edilmiştir. Model, Arizona Üniversitesi'nin Politeknik kampüsünde bulunan kuzey sınır köyünde peyzaj deneyinden alınan hava gözlemleri kullanılarak doğrulanmıştır. Onaylandıktan sonra, Phoenix'teki tipik yerleşim bölgelerinin gerçekçi kesitini temsil eden farklı kentsel formlara sahip beş mahalle tasarlanmıştır. Daha sonra mahalleler üç peyzaj tasarımıyla birleştirilmiş ve tipik bir yaz gününde bu mahalleler için ENVI-met ile simüle edilmiş mikro iklim şartları kullanılmıştır. Sonuçlar öğleden sonra için hava sıcaklığı dağılımı ve değişimi, havalandırma, yüzey sıcaklıkları ve gölgelendirme açısından analiz edilmiştir. Bulgular, gelişme sıcaklıklarının tasarım sıcaklıklarındaki dağılımı için önemli olduğunu ve soğumadaki mekânsal farklılıkların güneş radyasyonu ve yerel gölgeleme modelleriyle büyük oranda ilişkili olduğunu göstermiştir. Yaklaşım, LCZ (Local Climate Zone) konseptinin planlama ve tasarım için faydalı olduğunu önermektedir.

Kent Geometrisi, bitki örtüsü ve yüzey malzemelerinin birlikte ele alındığı çalışmada Chatzidimitriou and Yannas (2016), sokak ve bina geometrisi, bitki örtüsü tipleri, su yüzeyleri ve malzeme özellikleri gibi peyzaj unsurlarının kentlerdeki yaya ısıl konforuna etkileri ile kentsel morfolojinin ve kentsel tasarım parametrelerinin etkisi üzerine bir araştırma sunmuştur. Makale tarafından sağlanan veriler, seçilen

hesaplama araçlarını (ENVI-met, RadTherm ve Fluent) kullanarak simülasyonlarda kullanılmış ve iki tipik kentsel alan (bir meydan ve bir avlu) için gerçekleştirilmiştir. Makale, giderek daha rahatsız edici dönemler içeren yaz koşullarına odaklanmış ve Kuzey Yunanistan'daki Selanik kentinde başlatılan çalışmalara dayandırılmıştır. Bununla birlikte, bulgular benzer morfolojik özelliklere ve yaz tasarım koşullarına sahip diğer birçok şehir için de geçerlidir. Sonuçlar, dikkate alınan tasarım parametrelerinin her biri için yaya ısı konforunda olabilecek etkiye göre sıralanmış ve mekânsal ve zamansal değişiklikler vurgulanmıştır. Çalışma, kentsel tasarımcılar tarafından yaya konforunu iyileştirmek için uygun mikro iklimsel müdahalelerin belirlenmesinde kullanılacak verileri sunmuştur.

2.4. Soğuk İklim Konfor Koşulları ve Tasarım Parametreleri

Kış kentlerinde termal konfor ve kentsel tasarım alanındaki son araştırmalara genel bir bakış için 'kış', 'soğuk iklim', 'termal konfor' ve 'iklim duyarlı tasarım' anahtar sözcüklerinin çeşitli kombinasyonları kullanılarak literatür taraması yapılmıştır. Soğuk iklim çalışmaları özelinde yapılan bu literatür araştırmasında Kanada, Kuzey Amerika ve İskandinav ülkelerinin bu konuda öncü olduğu görülmektedir (Çizelge 2.1).

1982 yılında Kanadalı plancı Dr. Norman Pressman tarafından Yaşanabilir Kış Kentleri Birliği kurulmuştur. Kış kenti planlamasının da en erken savunucularından biri olan Pressman'ın 1982-2005 yılları arasında Kış Kentleri Birliği ile yürüttüğü çalışmalar çok sayıda yayına dönüşmüştür. Daha sonra bu birliğin yerini Kış Kentleri Enstitüsü almış ve enstitü, kış aylarında yaşam kalitesini iyileştirmek ve diğer kuzey bölgelerinde neler yapıldığı hakkında bilgi edinmek isteyenler için kaynaklar ve bağlantılar sunmaya devam etmiştir.

Kış kentleri ve soğuk iklim tasarım parametreleri ile ilgili yapılan literatür taramasından önemli sonuçlar çıkarılmıştır. Önemli bir bölümü Dr. Norman Pressman tarafından yürütülen çalışmalarda soğuk iklimlerde tasarım stratejileri üç temel faktöre dayandırılmıştır. Güneş erişimi, rüzgardan korunma ve kar yönetimi olarak vurgulanan

bu kentsel tasarım ilkeleri incelenen yayınların çoğunda bahsedilmiştir. Ayrıca literatür taraması, “iklim değişikliği” ve “fiziksel aktivite” konularını kış kentlerinde kentsel tasarıma entegre etmek için yeni bir araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir (Chapman 2018).

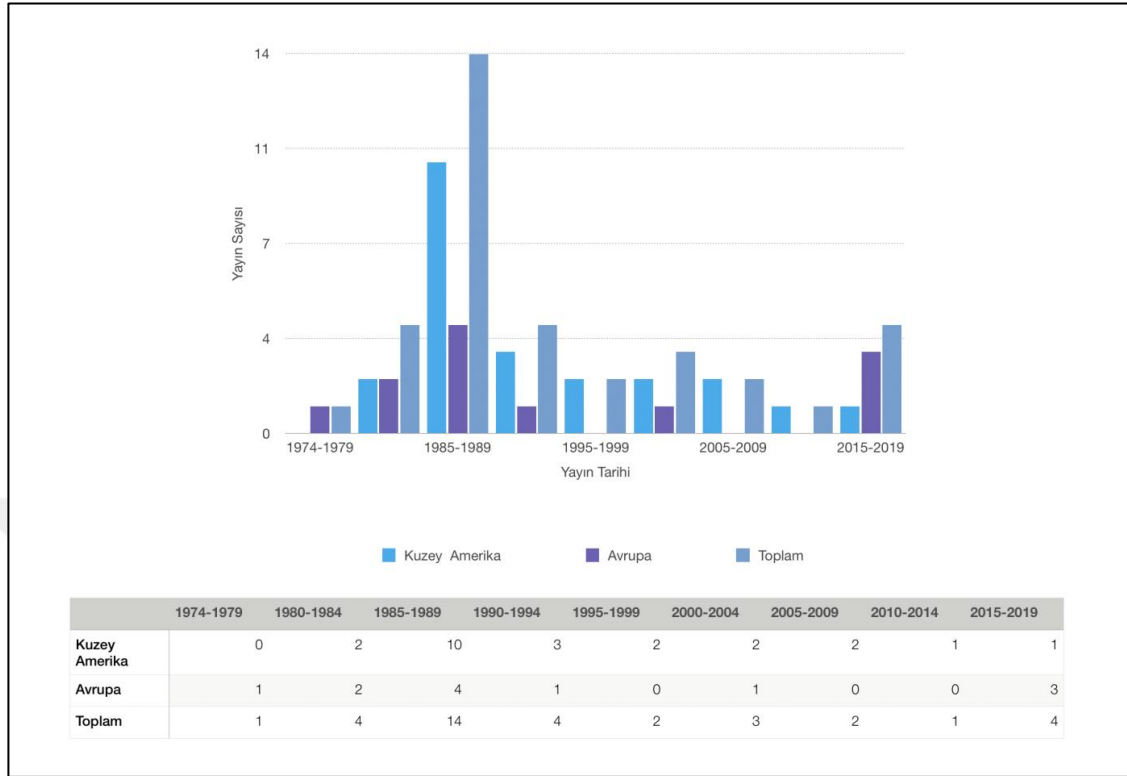
Genel olarak incelenen yayınlar, soğuk iklim koşullarına duyarlı bir kentsel tasarım yaklaşımı çerçevesinde tartışılmış ve seçilen çalışmalar aynı zamanda tasarım stratejilerinin yaya konforunu nasıl etkilediği üzerinden analiz edilmiştir.

Çizelge 2.1. Soğuk iklim literatür taramasında yer alan yayınlar

| Sayı | Tarih | Konu | Yazar |
|------|-------|---|--------------------|
| 1 | 1982 | Settlement Planning under Arctic Conditions in Northern Norway | Børve |
| 2 | 1983 | The liveable winter city (Canada) | Werier |
| 3 | 1983 | Philosophy, Principles and Practice of Northern Latitude Urban Landscape Design | Pihlak |
| 4 | 1985 | Reshaping Winter Cities: Concepts, Strategies and Trends | Pressman |
| 5 | 1985 | Planning For Winter Livability: toward an implementation strategy | Couture |
| 6 | 1986 | Planning in Cold Climates: A Critical Overview Of Canadian Settlement Patterns and Policies | Pressman and Zepic |
| 7 | 1987 | The Future of Winter Cities | Gappert |
| 8 | 1987 | Images of the North: Cultural Interpretations of Winter | Pressman |
| 9 | 1988 | Cities designed for winter | Mänty and Pressman |
| 10 | 1988 | Design For Northern Climates: Cold-Climate Planning and Environmental Design | Matus |
| 11 | 1988 | Settlement and housing design with special regard to local climate conditions in cold and polar-regions-examples from northern Norway | Børve |
| 12 | 1988 | Climate and Weather Protection Systems in Settlement Planning in the Arctic Regions of Northern Norway | Sterten |
| 13 | 1988 | A Climatic Approach to Town Planning in The Arctic | Zrudlo |
| 14 | 1988 | Developing Climate-responsive Winter Cities | Pressman |
| 15 | 1988 | Planning With Winter Climate in Mind | Phillips |
| 16 | 1989 | Final Report, UN/ECE Research Colloquium on Human Settlements in Harsh Living Conditions | Pressman |
| 17 | 1989 | Harsh Living Conditions: A Research Agenda | Pressman |
| 18 | 1989 | The Search for Northern Settlement Form | Pressman |

Çizelge 2.1. (devam)

| | | | |
|----|------|---|--------------------------------|
| 19 | 1990 | Design Criteria for Solar Access And Wind Shelter in The Outdoor Environment | Westerberg and Glaumann |
| 20 | 1991 | Human Health And Social Factors in Winter Climates | Pressman |
| 21 | 1994 | Climatic Factors in Play Areas And Public Space | Pressman |
| 22 | 1995 | Northern cityscape: Linking design to climate | Pressman |
| 23 | 1995 | Issues in Canadian Urban Design | Charette |
| 24 | 1996 | Sustainable winter cities: Future directions for planning, policy and design | Pressman |
| 25 | 2003 | Potential of Transferring Car Trips to Bicycle During Winter | Bergström and Magnusson |
| 26 | 2004 | Shaping Cities for Winter | Pressman |
| 27 | 2006 | Urban Winter: Applying Winter City Planning Principles to Improve Livability at The University of Winnipeg | Henke |
| 28 | 2007 | Climate and behaviour in a Nordic city | Eliasson <i>et al.</i> |
| 29 | 2009 | The Significance of Climate for The Use Of Urban Outdoor Spaces | Westerberg |
| 30 | 2012 | Improvements in Addressing Climate Factors In Urban Planning and Design | Ebrahimabadi |
| 31 | 2015 | Outdoor Comfort in Cold Climates : Integrating Microclimate Factors in Urban Design | Ebrahimabadi |
| 32 | 2015 | The Problems of Addressing Microclimate Factors in Urban Planning of The Subarctic Regions | Ebrahimabadi <i>et al.</i> |
| 33 | 2015 | Microclimate in Cold Climates A Study of a Neighbourhood Park in Kiruna Focusing on Sun and Wind | Trlicik |
| 34 | 2015 | Climate-Sensitive Urban Design in Cold Climate Zone: The City of Erzurum, Turkey | Dursun and Yavas |
| 35 | 2016 | Winter Design Guidelines, Transforming Edmonton into a Great Winter City | Winter City of Edmonton |
| 36 | 2016 | Too cold or too warm? A winter thermal comfort study in different climate zones in China | Cao <i>et al.</i> |
| 37 | 2016 | Urbanization and the Use of Climate Knowledge in Erzurum, Turkey | Dursun and Yavas |
| 38 | 2016 | Kış Kenti Erzurum için Kentsel Tasarım Rehberi | Dursun <i>et al.</i> |
| 39 | 2016 | Kış Kenti Erzurum'da İklim, Planlama ve Yerel Yönetim Politikalarının Etkileşim Düzeyi | Dursun <i>et al.</i> |
| 40 | 2017 | Soğuk İklim Duyarlı Kentsel Tasarım Yaklaşımları | Dursun and Yavaş |
| 41 | 2018 | Microclimate assessment method for urban design: A case study in subarctic climate | Ebrahimabadi <i>et al.</i> |
| 42 | 2018 | Urban Design of Winter Cities Winter Season Connectivity for Soft Mobility | Chapman |
| 43 | 2018 | Updating Winter: The Importance of Climate-Sensitive Urban Design for Winter Settlements | Chapman <i>et al.</i> |
| 44 | 2018 | Alternative scenarios for ecological urbanizations using ENVI-met model. | Yilmaz <i>et al.</i> |
| 45 | 2018 | Quantification of thermal comfort based on different street orientation in winter months of urban city Dadaşkent. | Yilmaz <i>et al.</i> |
| 46 | 2018 | TÜBİTAK Projesi 2150627 Soğuk Kentlerde İklim Parametrelerinin Termal Konfora Etkisi: Erzurum Kenti | Yilmaz <i>et al.</i> |
| 47 | 2018 | Analysis of Urban Settlement Unit By Envi-Met According To Different Aspects In Cold Regions. | Mutlu <i>et al.</i> |



Şekil 2.2. Soğuk iklim literatür taramasında yer alan yayınların yıllara göre dağılımı (Chapman 2018)

Pressman ve Zepic (1986), çalışmalarında kışla ilgili sorunların yelpazesini saptamayı, soğuk iklim bölgelerinde bazı gerçekçi hedeflerin formüle edilebileceği bağlamı belirlemeyi ve stratejik gelişim sağlamayı amaçlamışlardır. Yazarların en büyük hedefi, kış kaynaklı meselelerin rasyonel bir şekilde ele alınması ve değerlendirilmesidir. Dış ortamlarda soğuk iklimin etkilerini azaltmanın yanı sıra gelişme politikalarında mikro iklimsel ilkeleri teşvik etmenin ve uygulamanın önemini vurgulamışlardır. Ayrıca çalışmada kamusal ve yarı kamusal alanların sadece iklim kontrollü olmasının sorunun bir yönünü çözebileceği ancak yaşanabilir bir kış kentinin kışla hiçbir ilgisi olmayan çok çeşitli yaşanabilirlik faktörleriyle de ilgilenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Yaşanabilir bir kış şehri yapmak için kışa özgü koşulları çözenin yeterli olmadığı, dahası sıcaklık problemini kapalı alan yoluyla çözme eyleminin kentsel yaşanabilirliğin diğer sorunlarını çözmeyi zorlaştırdığı belirtilmiştir. İklim kontrollü bir şehir merkezi, yaşanabilirliğe katkıda bulunmak adına ileriye dönük ve doğru bir adım olarak kabul edilmektedir. İç mekanlarda halka açık alanların sağlanması önemli olsa da, dış mekan

ikliminin iyileştirilmesinin daha büyük bir zorluk ve zorunluluk olduğu, özellikle Kanada şehirlerinde en çok ihtiyaç duyulan yaklaşımın bu olduğu düşünülmüştür. Ayrıca yerel planlama ve yapı geleneklerine dönüş ve temel fizyolojik insan gereklilikleri gibi bazı temel hususlar, makalenin ilk bölümlerinde geliştirilmiş olmakla birlikte, Kanada kentlerinin evrimi hakkında da genel bir bakış açısı sunulmuştur. Bu kısım, mevcut yapı dokusuna düzeltici önlemlerin uygulanması ve kentsel çevre üzerinde yer alan boş, gelişmemiş arazi dokusu için geliştirilmiştir. Diğer bir hedef ise şehir plancılarının, kış yaşanabilirliğini ortaya koymaya teşvik edilmesidir.

Teknolojik bilgi birikimine ve bilimsel yöntemlere dayanan rasyonel, fonksiyonel ve pragmatik değerlerin estetik refahtan çok daha büyük bir öneme sahip olduğu bir evrende yaşadığımız için, kış yaşamındaki sorunlara çözüm önerilerinin "doğal" ve "doğal olarak" vurgulanması önemlidir. Pressman (1987), öncelikle her ülkenin kendi iklim koşullarına uygun olarak kendi çözümlerini geliştirmesi ve doğal ortamı reddetmek yerine kabul etmesi gerektiği vurgusunu yapmıştır. Ayrıca Pressman bu makalesinde, kentlerde "soğuk" kavramının, yılın önemli bir bölümü için geçerli olduğu koşullar altında, sadece işlevsel değil aynı zamanda duygusal olarak tatmin edici anlamlı gelişmeler sunması gerektiğini de belirtmiştir. Çünkü yöneticilere ya da tasarımcılara reçeteler sunmak zor olsa da, duygusal bir tepki yaratmanın ve yerine bağlılık ihtiyacının farkına varmanın daha kıymetli olduğuna dikkat çekmiştir.

Pressman and Lüttgen (2002), bir diğer makalede en kritik hedefi, dış mekan sezonunu (daha soğuk bölgelerde) uzatmak, insanları normalde çekilebilecekleri ve içeride daha fazla zaman geçirebilecekleri vakitlerde dışarıda kalmalarını teşvik etmek olarak belirlemişlerdir. Dışarıdaki sosyal alan ve içinde barındırdığı faaliyetler, yılın soğuk bölümünde bir düşüşe uğrasa bile, sosyal aktivitenin desteklenip devamının sağlanması istenmiştir. Ayrıca çalışmada, ideal iklim bölgeleri dışındaki kentlerde, dış ve iç mekanlar arasında yapılı veya doğal manzaraları devamlılık olarak düşünmenin önemi vurgulanmıştır. Tasarımın, iklim faktörlerini açıkça içermesi gerektiği ve iç ve dış mekan arasında ara buluculuk yapan mekanlar oluşturularak hava ve mevsim geçişlerinin göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir. Soğuk iklimin hakim

olduğu kentler için tasarımda esneklik vurgusu yapılmış, uygulamalı klimatolojinin ciddiye alındığında planlama, inşaat ve tasarım sürecinin çeşitli aşamalarında güçlü bir etki yapabileceği söylenmiştir.

Pressman (1996), makalesinde, kuzey ülkelerinde "iklim duyarlı" bir kentsel form oluşturma girişimlerinin nispeten yeni bir fenomen ve soruşturma alanının bir parçası olduğunu belirtmiştir. Uluslararası "kış kentleri" hareketi ile bağlantılı olarak, tüm kuzeyli sakinlerin konfor ve yaşam tarzlarını iyileştirmek için ulusal ve yerel eylem yönelimli açık, sistematik soruşturma talebi oluşturulmuştur. Çalışmada öncelikle kışın neden olduğu rahatsızlıkların var olduğunu ve planlamada teorik ve pratikte bunun kabul edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Kuzey şehirlerinin daha tatmin edici bir şekilde çalışabilmesi için, kışın olumsuz etkilerinin azaltılması ve faydalı özelliklerinin artırılması gerektiği söylenmiştir. Tüm yaz aktiviteleri kış boyunca terk edilebilir veya edilemez olsa da, insan yaşamı dışarıda tutulacaksa, doğru mikro iklim kontrolünün gerekliliği belirtilmiştir. Örnek "kış kenti" tasarımına dahil edilecek ana ilkelerin; doğanın teması, yıl boyunca kullanılabilirlik, kullanıcı katılımı, kültürel süreklilik ve kentin açık alanlarının tamamında rahat mikro iklim koşullarının oluşturulması olduğu ifade edilmiştir. Dört mevsimin her birinde insan refahı, yerleşim yeri, çalışma ve entelektüel gelişim için en uygun koşulların yaratılmasının hayati önem taşıdığı belirtilmiştir. Planlama politikasında ve kentsel tasarımda iklim duyarlı bir yaklaşımı benimsemenin özellikle birçok kuzey enleminde ve yüksek rakımda bulunan kentlerin uzun kış dönemlerinde, günlük hayatı daha az stresli hale getirebileceği söylenmiştir.

Eliasson *et al.* (2007) çalışmada çeşitli tasarımları ve mikro iklimleri temsil eden dört kentsel kamusal alan, hava ve mikro iklimin kentsel dış ortamlardaki insanları nasıl etkilediğini tahmin etmek amacıyla İsveç'in Göteborg kentinde araştırılmıştır. Araştırma stratejisi hem çok disiplinli hem de disiplinler arası yürütülmüş ve üç disiplinin bilim adamlarını içermiştir: mimar, iklim bilimci ve psikolog. Proje, dört mevsim boyunca yapılan meteorolojik değişkenlerin ölçülmesi, röportajlar ve her yerdeki insan faaliyetlerinin gözlemleri dahil olmak üzere yaygın alan çalışmalarına dayandırılmıştır. Makalede meteorolojik ve davranışsal verilerin çoklu regresyon analizi, hava sıcaklığı,

rüzgar hızı ve açıklık indeksinin (bulut örtüsü) insanların hava durumu, yer algıları ve mekana bağlı katılımın değerlendirmesinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, gelecekteki kentsel tasarım ve planlama projelerinde iklime duyarlı planlamanın kullanılması lehine olan argümanları desteklemektedir. Çünkü bir yerin fiziksel bileşeni ve bölgeye özgü mikro iklimi, doğrudan insanların yer, katılım, algı ve duygularla ilgili yerlerini etkilemektedir.

Önceki çalışmalar, iklim bilgisinin kentsel planlamada kullanılmasının farklı kısıtlamalar ile engellendiğini göstermektedir. Ebrahimabadi, Nilsson, & Johansson (2015a), çalışmada özellikle mikro iklim faktörlerinin İsveç'in kuzeyindeki kentsel planlama uygulamalarına dahil etme sorunlarına odaklanmıştır. Başlıca sorunlardan bazıları, soğuk iklim ile ilgili tasarım bilgisi eksikliği, mikro iklimi analiz etmek için kullanıcı dostu araçların bulunmaması, yerel iklimin potansiyel kullanımına bakılmaması ve politikacıların destek vermemesi olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bilgi sorunları açısından, plancıların farklı planlama ölçeklerinde ulaşılabilecek iklim hedefleri konusundaki farkındalıklarının iyileştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Kentsel formun kar kullanımı ve kar temizleme faaliyetleri üzerine etkisi konusunda daha fazla araştırma yapılması ve mikro iklim analizi için kullanılacak araçların plancılar için daha kullanıcı dostu hale getirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Daha da önemlisi, plancıların farklı mikro iklimlendirme analizlerini birleştiren ve verilen tasarım düzeninin tam bir değerlendirmesini sunan yöntemlere ihtiyaçları olduğu söylenmiştir.

Fiziksel hareketsizlik, halk sağlığı politikasında önemli bir endişe odağı olarak ortaya çıkmaktadır. Kış mevsimi ise dış mekan hareketliliğini daima kısıtlamıştır. Özellikle kışın dış mekan aktivitesi sert hava ve kaza korkusu ile azalmaktadır. İnsanların kışın hareketliliğinin önündeki engelleri veya olanakları anlamaları genellikle çevresel ipuçlarını tespit etme deneyimine ve yeteneğine dayanmaktadır. Chapman *et al.* (2018), bu çalışmada, topluluklardaki hareketliliği (yürüme ve bisiklete binme) etkileyen iklim ile ilgili koşulları belirlemek için kış yerleşimlerinin kentsel tasarım ilkelerini araştırmıştır. Bu çalışma ile kışın hareketliliğinin önündeki engeller ve engelleyiciler araştırılmış ve bunlar iklim değişikliği ve insan refahı ışığında tartışılmıştır. Kışın dış

mekan hareketliliği arttırılmak isteniyorsa, kentsel tasarım ilkelerinin yeniden değerlendirilmesi gerekebileceği belirtilmiştir. Fiziksel aktivitedeki artış, daha güvenli ve daha yürünebilir topluluklar oluşturarak sağlık hizmetleri üzerindeki maliyetlerin ve baskıların azaltılmasına yardımcı olabilmektedir. Çalışma, toplulukların devam eden iklim değişikliğini hesaba katan bağlamsal kış kenti tasarım ilkelerine odaklanmaları gerektiğini öne sürerek sona ermektedir.

2.5. Erzurum Kenti ve Çevresi Termal Konfor Çalışmaları

Yılmaz *et al.* (2007) tarafından yapılan çalışmada, Erzurum'da Ağustos 2005'te 15 açık ve sakin günde elde edilen bir veri seti kullanılarak asfalt, toprak ve çim yüzeyler arasındaki farklılıklar, zeminden 2 metre yükseklikte insan biyoklimatolojik koşulları ile karşılaştırılmaya çalışılmıştır. İnsan termal konforu açısından, toprak yüzeyin en avantajlı yüzey olduğu tespit edilmiştir. Ancak ortalama THI değerleri için çim yüzeyi daha elverişli özellikler sergilerken, en elverişsiz özelliklerin asfalt beton yüzeyi tarafından sunulduğu görülmüştür.

Makro ölçekten mikro ölçeğe kadar, kentsel düzen soğuk iklim koşulları ile tutarlı olmalıdır. Özellikle kamusal alanlarda dış mekan kullanımının yaygınlaştırılması için kış kenti özelliklerini yansıtması gerekmektedir. Kışın faydalı yönlerini en üst düzeye çıkararak kamusal alan tasarımı sayesinde konut sakinlerinin dışarıda kalmaları teşvik edilmelidir. Dursun *et al.* (2017) tarafından yapılan çalışmada, Erzurum'un mikro iklimi simüle edilerek Yakutiye Meydanı'nın kentsel dokusu ile soğuk iklim koşulları arasındaki tutarlılık araştırılmıştır. Genel olarak, meydanın içindeki ve etrafındaki kentsel yapıların kış rahatsızlıklarını engelleyip engellemediği sorgulanmıştır. Modellerin hesaplanmasında ENVI-met kullanılmıştır. Bulgular, Yakutiye meydanının soğuk iklim koşullarıyla uyumlu olmadığını ve mevcut iklim şartlarından yararlanamadığını göstermektedir. Sonuç bölümünde, alan çalışması için bazı kentsel tasarım önerileri sunulmuştur.

Mutlu *et al.* (2018) tarafından yapılan çalışmada, Erzurum için bir yapı bloğu dört farklı açıda konumlandırılmış ve ENVI-met ile analizi yapılmıştır. Ocak, 2017'de saatlik ölçümler alınmış ve bölgedeki en yüksek sıcaklıkların 0.3°C ile 0.7°C arasında olduğu gözlenmiştir. Yapılan analizler neticesinde ise 45° açıda bulunan yapı bloklarının soğuk bölgeler için en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir.

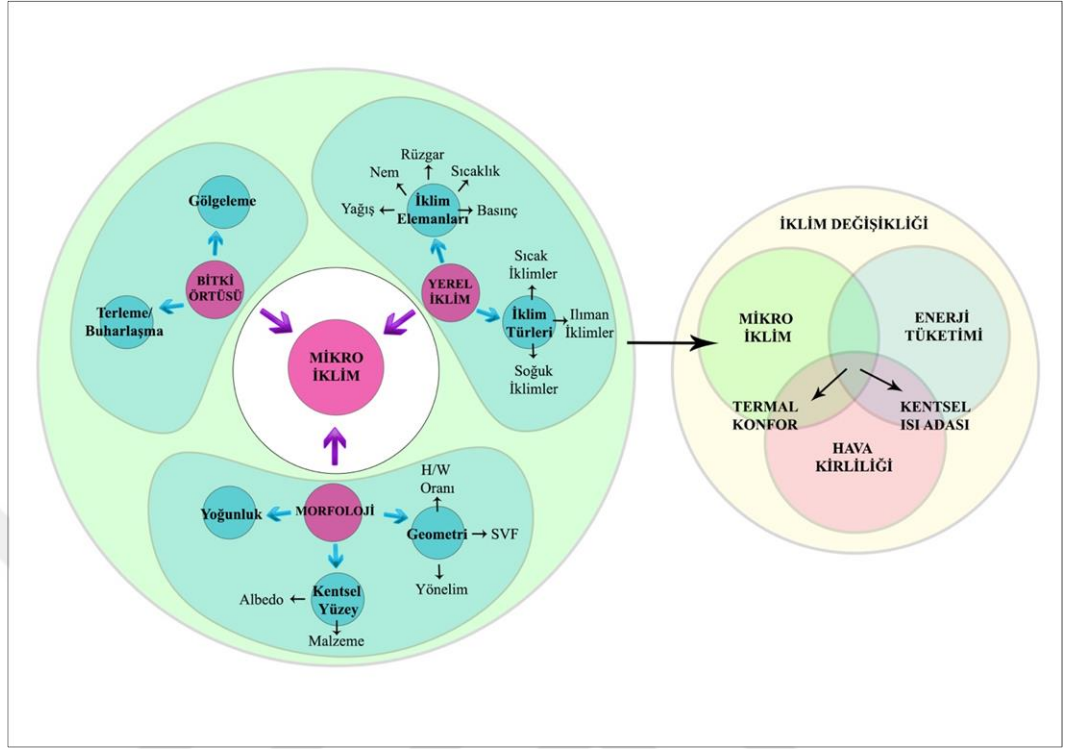
Yılmaz *et al.* (2018), Erzurum'da Kasım 2016 ve Ocak 2017 tarihleri arasında her ayın 10, 20 ve 30. günlerinde ölçüm olarak sokak yönleri bazında termal konfor araştırması yapmıştır. Termal konfor ölçümleri dört farklı yönde alınmıştır; Kuzey-Güney-Çamlıca Köyleri Sokağı (1), Doğu-Batı -Çamlıca Köyü Sokağı (2), Kuzeybatı-Güneydoğu- Milli Egemenlik Caddesi (3) ve Kuzeydoğu - Güneybatı – Emir Şeyh Caddesi (4). Her caddede 4 lokasyonun entegre ortalama değerleri ve her lokasyonda 3 ölçüm alınarak, alan ortalama gökyüzü görünüm faktörü (SVF) ve RayMan modeli kullanılarak termal konfor hesaplanmıştır. Sonuçlar kış mevsiminde termal konfor için en uygun caddenin NE-SW yönelimli cadde olduğunu göstermiştir.

Büyüyen nüfusun artan talebini karşılamak için yeni yerleşim ve sanayi bölgeleri açılarak doğal alanlar hızla bozulmaktadır. Betonarme, arazi yüzeylerinin değiştirilmesi, karmaşık kentsel yapılar ve bunaltıcı kentsel ortamların Kentsel Isı Adası'nın (UHI) oluşumuna katkıda bulunduğu bilinmektedir. Yılmaz *et al.* (2018), makalelerinde dış mekan ölçümleri nem, sıcaklık, rüzgar hızı gibi termal indeksler ve yön için 24 saatlik ölçümleri kullanmıştır. ENVI-met mikro ölçekli model, daha iyi kentsel ortamlar için termal konfor üzerine kış ve yaz döneminde alternatif senaryoları değerlendirmek için yapılmıştır. Erzurum'da botanik bahçe, oto sanayi bölgesi, şehir merkezi ve kırsal açık alanda olası senaryolar oluşturmak için bitki örtüsü özellikleri ile birlikte meteorolojik parametreler analiz edilmiştir. Botanik bahçesinin vejetatif simülasyonlarının ortalaması, şehir merkezindeki mevcut durumun ortalamasından yaklaşık 2,2 ° C daha soğuk tespit edilmiştir. Tüm istasyonların ortalamasına bağlı olarak, kışın her iki ormanlık alanın simülasyonu ile sıcaklığın 1,4 ° C arttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte iğne yapraklı bitkilerin bulunduğu tüm istasyonların ortalama sıcaklığı yaz aylarında 1.2°C daha soğuk tespit edilmiştir. Şehir merkezindeki yaprak döken bitkilerin, kışın

iğne yapraklı bitkilerden daha olumlu sonuçlar verdiği sonucuna varılmış ve genel olarak, soğuk iklim bölgelerinde ağaçlandırmanın hem yaz hem de kış için büyük avantajlar sağladığı ve dış mekan termal konforunu olumlu yönde etkilediği söylenmiştir. Ancak, bu konuda daha fazla ölçüm ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu da görülmüştür.

Dursun & Yavas (2018), çalışmada, bir soğuk iklim kenti olan Erzurum'da mikro iklim ile kentsel planlama arasındaki ilişkinin anlaşılması amaçlanmıştır. Farklı kentsel yapıların mikro iklim üzerindeki etkileri bu çalışma bağlamında analiz edilmiştir. Bir metodoloji olarak, ENVI-met, seçilen kentsel alanların mikro iklim simülasyonunu, hava sıcaklığı, bağıl nem, ortalama yansıyan sıcaklık, yüzey sıcaklıkları, gökyüzü görünüm faktörü, rüzgar hızı ve yönü gibi ölçülen ve elde edilen iklim verilerini işlemek için kullanılmıştır. Ayrıca, kentsel kullanımın mevcut durumunun gözlemlenmesine dayanan arazi kullanımları ve saha araştırmaları analize dahil edilmiştir. Bulgular, düzensiz bina arsa boyutlarının ve bina yüksekliğinin çoğunlukla tarihi alanlarda bulunduğunu ve bu kentsel formların soğuk iklim koşullarında termal konforu arttırdığını göstermiştir. Ayrıca kentsel fiziki çevre özelliklerinin çeşitliliğinin konforlu mikro iklim koşullarını desteklediği görülmüştür.

Yerleşik alanlarda iklim, kentsel doku ve insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak kırsal iklimlerden farklıdır. Kentsel iklim genellikle yerel ölçekte (1-50 km) veya mikro ölçekte (10 m – 10 km) çalışılmaktadır (Oke and Cleugh 1987). Kaynak özetlerine dair bir değerlendirme yapıldığında, dış mekan termal konforu ve kentsel ısı adası çalışmalarının mikro ölçekte birçok çalışmada kapsamlı olarak incelendiği görülmüştür. Ancak deneysel çalışmalar, tek başına hava sıcaklığına dayalı bir analiz ile sınırlı tutulmamaktadır. Analize dayalı akademik çalışmalar çoğunlukla mevcut kentsel morfoloji, bitki örtüsü ve yerel iklim ilişkisi çerçevesinde sürdürülmektedir (Şekil 2.3). Bu çerçevede mikro iklim ölçekteki literatür araştırması aşağıda değerlendirilmiştir.



Şekil 2.3. Mikro iklim ölçeğindeki çalışmaların kapsamı

Morfoloji üzerine yapılan çeşitli ampirik çalışmalarda, ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}), hava ve yüzey sıcaklığı, fizyolojik eşdeğer sıcaklık (PET), ağaçların gölgelemesi ve kentsel kanyonlarda rüzgar hızı analiz edilmektedir (Yoshida *et al.* 1990; Bourbia and Awbi 2004; Holst and Mayer 2011). Ayrıca genellikle sokak kanyonlarındaki tasarımın ve bitki örtüsünün termal koşullar üzerindeki etkisini ölçmek için mikro ölçekli modeller (RayMan, ENVI-met ve SOLWEIG) kullanılmaktadır (Ali-Toudert and Mayer 2006; Johansson and Emmanuel 2006; Herrmann and Matzarakis 2012).

Tüm çalışmalarda, bitki örtüsü yüksek termal stresi azaltmak ve kentsel ortamda termal rahatlığı iyileştirmek için önemli ve etkili bir önlem olarak kabul edilmiştir (Matzarakis *et al.* 1999; Charalampopoulos and Chronopoulou-Sereli 2005; Fröhlich and Matzarakis 2013; Ketterer and Matzarakis 2016). Birçok çalışmada bitki örtüsünün yararlı işlevleri iyice incelenmiş ve hem biyolojik hem de fiziksel (gölgeleme, rüzgar hızı azaltma ve radyasyon değişikliği) açıdan faydaları belgelenmiştir (Akbari and Taha 1992; Taha *et*

al. 1997). Çok çeşitli çalışmalar ise, niteliksel ve niceliksel vejetasyonun iklime ve biyometeorolojik koşullara katkısına odaklanmıştır. Örneğin, yeşil örtünün, kazanılabilir soğutma etkisiyle pozitif bir korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir (Spronken-Smith and Oke 1998; Bowler *et al.* 2010; Petralli *et al.* 2014). Ayrıca, çeşitli kentsel tasarım tercihlerinin bitki örtüsü varlığında termal konfor üzerindeki etkileri, birçok çalışmada doğrudan araştırılmıştır (Robitu *et al.* 2006; Ali-Toudert and Mayer 2007; Takebayashi and Moriyama 2009; Shashua-Bar *et al.* 2011).

Açık kentsel alanlarda kentsel mikro iklim ve termal konfor ile ilgili bazı çalışmalar ise çeşitli iklimlere odaklanmıştır. Yerel iklimin ön planda tutulduğu bu çalışmaların bazıları soğuk iklimde (Nikolopoulou *et al.* 2001; Thorsson *et al.* 2004; Eliasson *et al.* 2007), bazıları sıcak-nemli iklimde (Emmanuel *et al.* 2007), bazıları tropikal iklimde (Spagnolo an de Dear 2003), bazıları ılıman iklimde (Thorsson *et al.* 2007), bazıları ise sıcak-kuru iklimde (Bourbia and Awbi 2004; Ali-Toudert and Mayer 2006; Johansson and Emmanuel 2006; Pearlmutter *et al.* 2006; Aljawabra and Nikolopoulou 2010; Shashua-Bar *et al.* 2011; Pearlmutter *et al.* 2014) incelemelerini tamamlamıştır.

İncelenen çalışmalar, mikro iklim ve termal konforun farklı şekillerde çalışıldığını ve bu alanda yararlı bilgiler sağlandığını göstermektedir. Kentsel tasarım parametrelerinin açık alanlarda mikro iklim üzerindeki etkileri birçok kentsel bağlamda ve iklimde incelenmiştir. Ancak, çoğu çalışmada, bireysel parametrelerin etkileri ayrı ayrı tartışılmış ve olası tasarım seçeneklerinin göreceli önemlerini değerlendirmede karşılaştırmalı bir temelden kaçınılmıştır. Ayrıca, iklimsel ölçümlerin genellikle yerel iklim koşullarını yansıtmadığı ve özellikle mikro ölçekte soğuk iklim detayındaki çalışmaların çok az sayıda olduğu görülmüştür (**EK 1**).

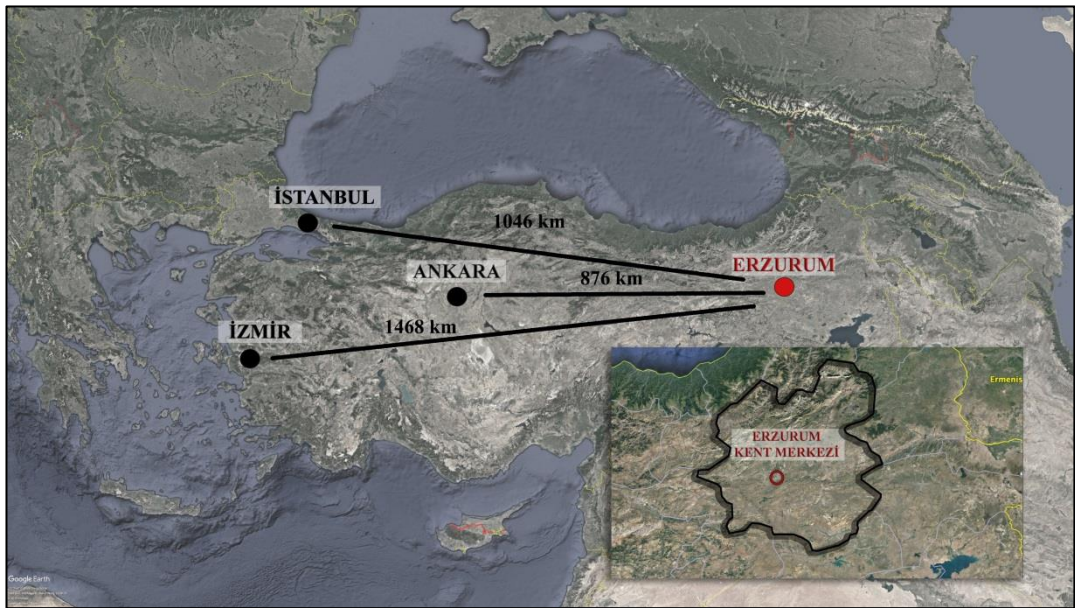
3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma kent planlama, kentsel tasarım ve kent iklim alanlarını içeren disiplinler arası bir çalışmadır. Çalışmanın amaçlarından biri, soğuk bir iklime sahip Erzurum kentinde mikro iklim ve kentsel tasarım arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır. Erzurum kenti ve iklimi bu amaca ulaşmada kullanılacak materyal olarak önemli veri sağlamıştır.

3.1. Materyal

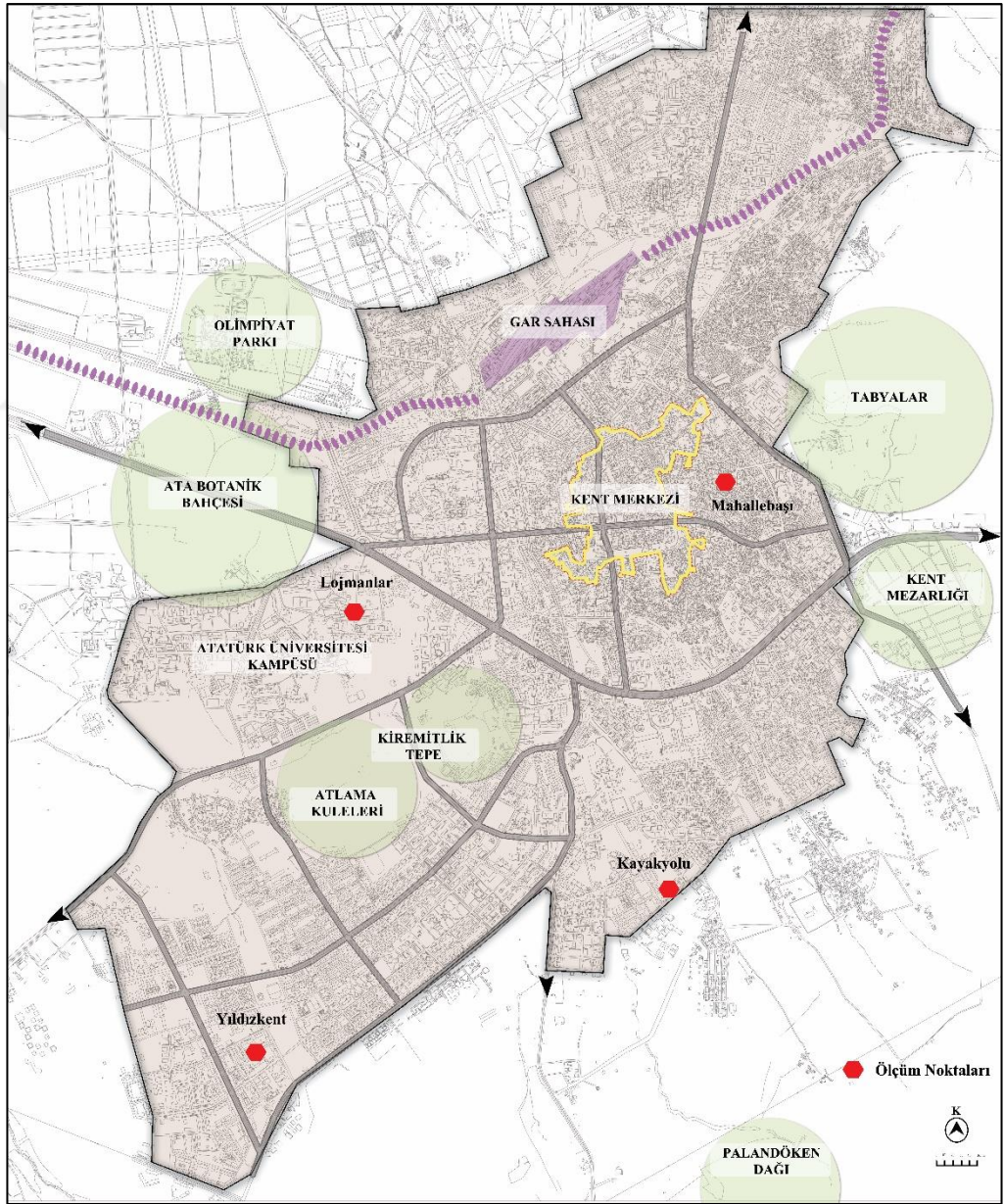
3.1.1. Çalışma alanının genel değerlendirmesi

25.066 km²'lik araziye sahip olan Erzurum İli Türkiye'nin 4. Büyük ilidir. Ülke topraklarının %3,2'sini kaplayan il, 40°15' ve 42°35' doğu boylamlarıyla 40°57' ve 39°10' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 3.1). Erzurum'un Yakutiye, Palandöken ve Aziziye ilçelerini kapsayan merkez nüfusu 422.164 kişi olmak üzere, 20 ilçeden oluşan ilin toplam nüfusu ise 767.848 kişidir (TÜİK 2018).



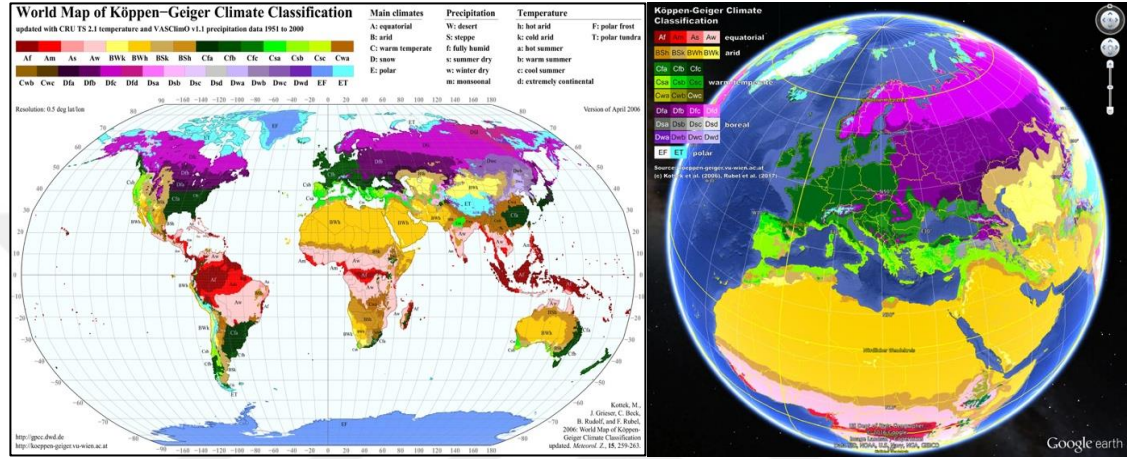
Şekil 3.1. Erzurum ili ülke içindeki konumu

Kent merkezi, 1853 metre rakımda Palandöken Dağları'nın kuzey eteklerinde hafif eğimli yüzeyler üzerinde kurulmuştur. Kentsel alan yaklaşık 30 kilometrekaredir. Kent, bir taraftan güneyde Palandöken Dağları eteklerindeki tepelik alanlara doğru genişlerken, çoğunlukla kuzey-kuzeybatı ve batıda Erzurum Ovası düzlükleri üzerinde yayılmaktadır (Şekil 3.2). Erzurum İli, Doğu Anadolu Bölgesindeki konumu, tarihi birikimi, sağlık ve eğitim olanakları, iklimi ve dolayısıyla kış sporları ile ulusal ve uluslararası düzeyde kayda değer bir öneme sahiptir.



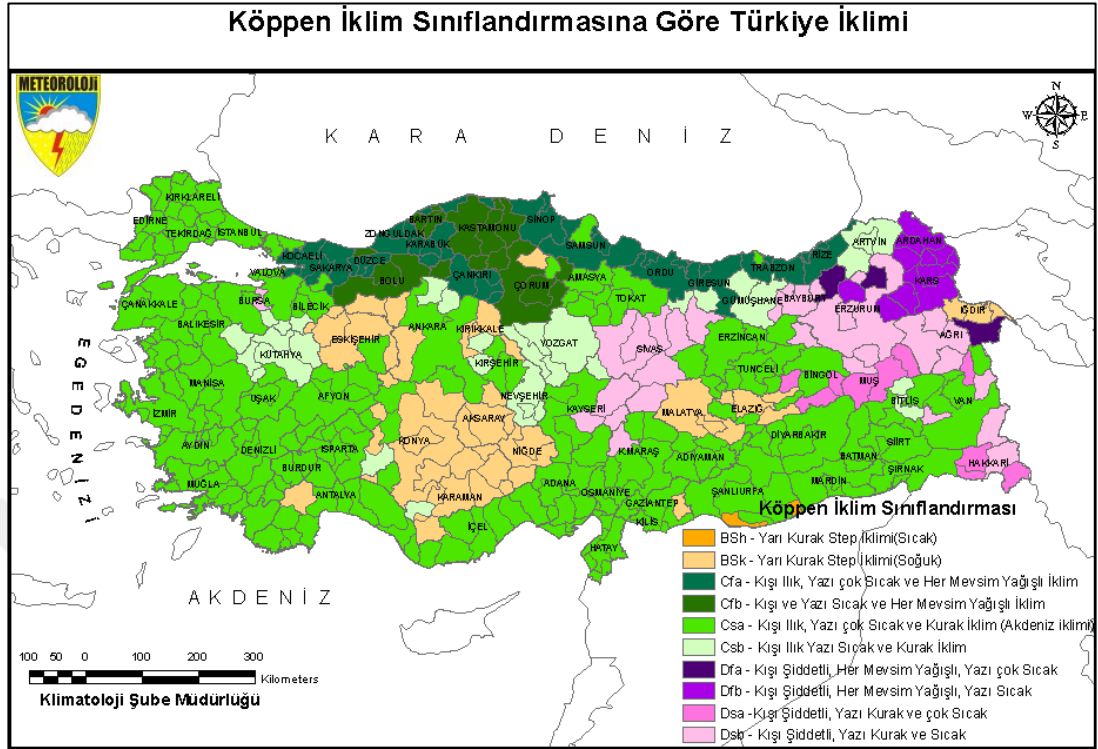
Şekil 3.2. Erzurum kent makroformu ve çalışma alanları

İklim çalışmalarında ve yayınlarda genellikle Köppen-Geiger iklim sınıflandırılması kullanılmaktadır. Bu sınıflandırma, Wladimir Köppen tarafından yapılmış ve 1961 tarihinde Rudolf Geiger tarafından güncellenerek Köppen İklim Sınıflandırması Dünya Haritası olarak yayınlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Köppen-Geiger dünya iklim sınıflandırması haritası (<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>)

Köppen iklim sınıflandırmasında Erzurum, Dsb (Kış Şiddetli, Yazı Kurak ve Serin) alt kategorisinde yer almaktadır (Şekil 3.4). Bu iklimde en az 4 ayın ortalama sıcaklığı 10°C'den fazla ve en sıcak ayların ortalama sıcaklığı 22°C'den düşüktür.



Şekil 3.4. Köppen-Geiger Türkiye iklim sınıflandırması haritası (Meteoroloji Genel Müd.)

Kış dönemi 6 aydan uzun bir süreyi kapsayan ilde, sıcaklık Ekim ayında düşmekte, Nisan ayında artmaya başlamaktadır. Ülkemizin en soğuk kentlerinden birisi olan yerleşimde sıcaklık kış aylarında -25°C 'nin altına düşebilmektedir. Kar örtüsü periyodu ekim ayından mayıs ayına kadar uzanmaktadır. Ayrıca nemli karasal iklime sahip olan kentte (Kottek *et al.* 2006) sezona bağlı sıcaklık farklılıkları yüksektir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1929-2017) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)

| ERZURUM | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|-------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) | -9.2 | -7.7 | -2.5 | 5.3 | 10.7 | 14.9 | 19.3 | 19.5 | 14.7 | 8.1 | 1.0 | -6.0 |
| Ortalama En Yüksek Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) | -4.0 | -2.4 | 2.4 | 10.8 | 16.8 | 21.6 | 26.4 | 27.1 | 22.6 | 15.0 | 6.7 | -1.0 |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) | -13.9 | -12.6 | -7.1 | 0.0 | 4.3 | 7.3 | 11.1 | 11.1 | 6.4 | 1.7 | -3.7 | -10.3 |
| Ortalama Güneşlenme Süresi (saat) | 3.1 | 4.3 | 5.1 | 6.2 | 7.9 | 10.2 | 11.1 | 10.6 | 9.0 | 6.7 | 4.7 | 3.0 |
| Ortalama Yağışlı Gün Sayısı | 11.1 | 11.1 | 12.3 | 13.7 | 16.1 | 10.8 | 6.5 | 5.1 | 5.0 | 9.5 | 9.3 | 10.6 |
| Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm) | 22.4 | 27.0 | 34.9 | 53.4 | 72.9 | 48.7 | 26.6 | 17.5 | 23.7 | 48.2 | 33.3 | 22.6 |

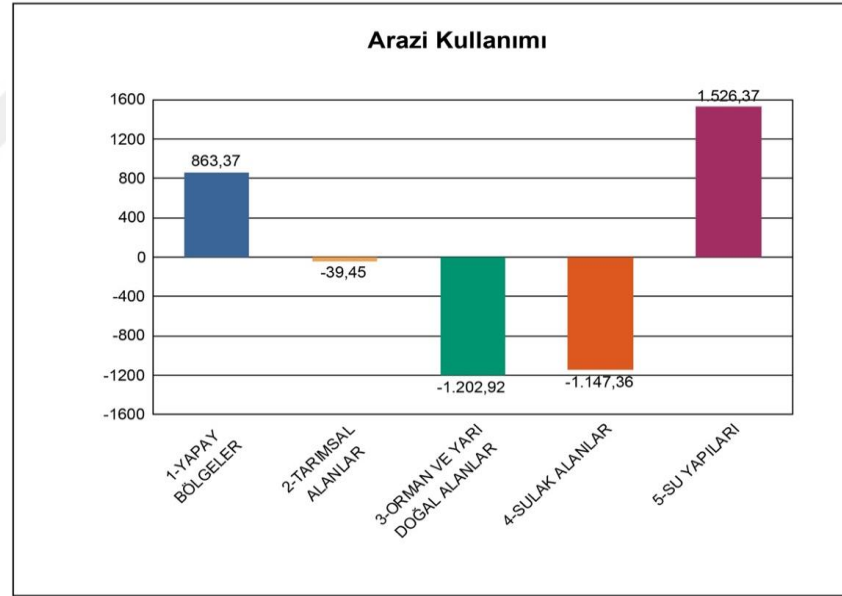
İl topraklarının kuzey kesimlerinde, yüksekliği yaklaşık 1000-1500 metrelere inen vadi içleri ve çukur sahalar bulunmakta ve iklimin sertliği düşmektedir. Yerel ölçekte ise Erzurum kent iklimi, rüzgar ve güneşlenmeyi etkileyen yerleşme tipolojisi sebebiyle mikro ölçekte farklılaşmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Kışın Erzurum kent merkezi, 2019

Rüzgar bakımından oldukça düşük değerlere sahip olan kent merkezinin yıllık rüzgar ortalaması 2,7 m/s'dir. Hakim rüzgar yönü güneybatı iken, kış dönemi boyunca hakim yön ENE ve WSW'dir.

Erzurum il genelinde Orman ve Su İşleri Bakanlığı Corine projesi arazi örtüsü sınıflandırması incelendiğinde 2006-2012 yılları arasında tarımsal alanlar ile orman ve sulak alanlarda kayıplar yaşandığı görülmektedir (Şekil 3.6). Erzurum kent merkezinde ise (Aziziye, Yakutiye, Palandöken merkez ilçeleri) 1990-2012 yılları arasında, yaklaşık 526 hektar yapay yüzeyin arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 3.2). Bu durum hem Erzurum il genelinde hem kent merkezinde mikro ve makro ölçekte iklim değişikliklerinin yaşanmasına neden olmaktadır.



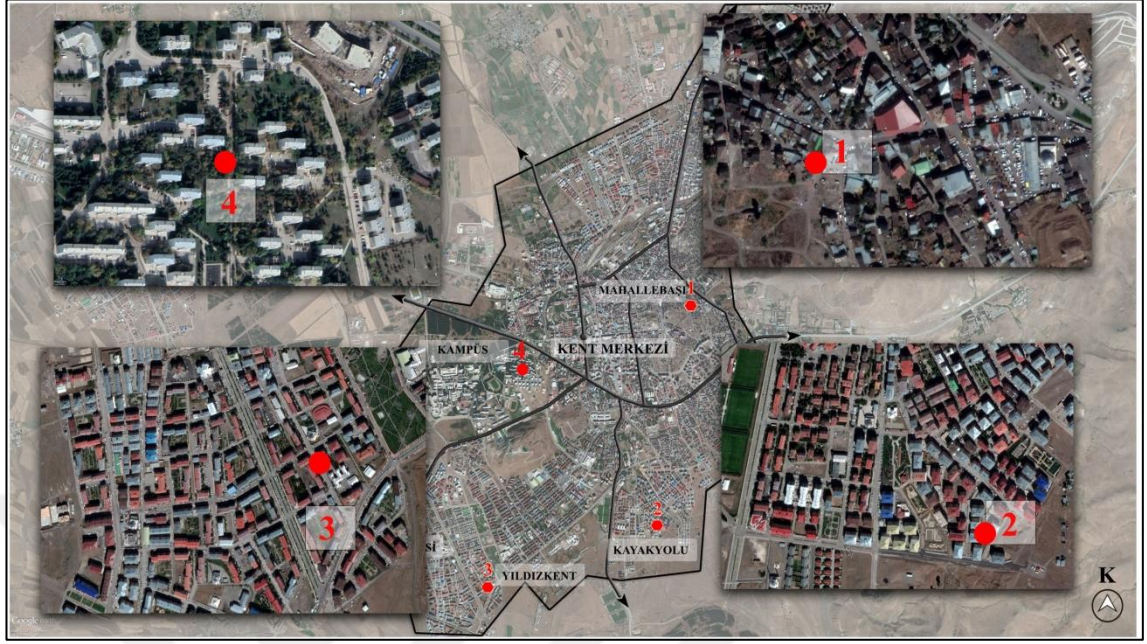
Şekil 3.6. Erzurum İl geneli 2006-2012 yılları arası arazi örtüsü değişimi (Anonim 2019)

Çizelge 3.2. Erzurum kent merkezi arazi örtüsü sınıflandırması (Anonim 2019)

| | Aziziye | | Yakutiye | | Palandöken | | Toplam | |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|------------|
| | 1990 | 2012 | 1990 | 2012 | 1990 | 2012 | 1990 | 2012 |
| 1-YAPAY BÖLGELER | 2.583,71 | 1.662,21 | 2.321,47 | 3.494,26 | 1.807,56 | 2.081,71 | 6.712,74 | 7.238,18 |
| 2-TARIMSAL ALANLAR | 63.446,92 | 60.980,05 | 34.155,26 | 37.495,40 | 15.063,89 | 15.483,15 | 112.666,07 | 113.958,60 |
| 3-ORMAN VE YARI DOĞAL ALANLAR | 93.915,48 | 88.867,36 | 52.786,09 | 52.638,83 | 40.538,20 | 49.092,08 | 187.239,77 | 190.598,27 |
| 4-SULAK ALANLAR | | 155,4 | 1.785,64 | 608,76 | | | | |
| 5-SU YAPILARI | 30,86 | 853,12 | 46,94 | 92,98 | | 28,58 | | |

3.1.2. Araştırma alanının analizi

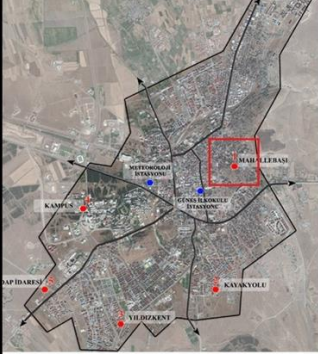


Çalışmanın ana materyalini Erzurum kenti oluştururken, soğuk iklim koşulları kentin çalışma alanı olarak seçilmesinde önemli rol oynamıştır. Tez çalışmasının da öncelikli amacı, soğuk iklim ve kış koşullarının kent ile uyumunu araştırmak ve kentsel mikro iklim üzerindeki çoklu parametrelerin etkilerini hesaba katan karşılaştırmalı bir değerlendirme yapmaktır. Özellikle konut alanı düzenlemesinde iklimsel verilerin mekan organizasyonlarını oluşturmadaki rolü sorgulanmıştır. Konut tipleri kat sayısına ve formlarına göre gruplandırılmıştır. Bu nedenle Erzurum kentinde araştırma alanları, kış koşulları ile kentleşme ve planlama süreci ilişkisini en iyi yansıtacağı düşünülen kentin çeperindeki 4 farklı konut tipolojisine sahip bölgeden seçilmiştir (Şekil 3.7). Birinci çalışma alanı kentin kuzey doğusunda yer alan Mahallebaşı (1), ikinci çalışma alanı kentin güney doğusunda yer alan Kayakyolu (2), üçüncü çalışma alanı kentin güney batısında yer alan Yıldızkent (3) ve son olarak dördüncü çalışma alanı Atatürk Üniversitesi (4) lojmanları olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Erzurum kenti araştırma alanları ve ölçüm noktalarının konumu

Çalışma alanlarının fiziksel analizleri de aynı başlıklar altında karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Bu başlıklar; toplam yapılaşmış alan, taban alanı kat sayısı (TAKS) ve kat alanı kat sayısı (KAKS) oranları, yükseklik/genişlik oranı (Y/G) ve gökyüzü görünüş oranı (GGO), yönlenme, geçirimsiz sert yüzey ve geçirimli yüzey yani yeşil alan oranlarıdır.





1. Mahallebaşı, kentin kuzeydoğusunda organik bir yerleşim dokusuna sahip olup, yerleşimde genellikle 2-3 katlı yapılaşma görülmektedir. Konut ve ticaret kullanımının birlikte olduğu alanda kentsel dönüşüm kararı verilmiştir (Veyisefendi Taş Mescit Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Alanı). Alanın analizinde, kış koşulları çerçevesinde hem kent geometrisi hem sokak yönlenmesi bağlamında ideal kriterlerin sağlandığı görülmektedir (Şekil 3.8). Ancak alanın yapı kalitesi iyi durumda değildir.

| MİKRO-İKLİM ALANI | | | | KONUM | FONKSİYON |
|---|---------------------|--|-----------------|---|---------------------|
| 1_Mahallebaşı | | | | Kent Merkezinin Kuzeydoğusu | Konut-Ticaret Alanı |
|  | |  | |  | |
| TOPLAM ALAN | YAPILAŞMIŞ ALAN | BİNA SAYISI | TAKS | KAKS | YOĞUNLUK |
| 4064 M ² | 2910 M ² | 28 | 0.7 | 1.4 | 100-150 Kişi/Ha |
| ORT. BİNA YÜKSEKLİĞİ | Y/G ORANI | GÖKYÜZÜ GÖRÜNÜŞ ORANI (SVF) | GEÇİRİMLİ YÜZEY | GEÇİRİMSİZ YÜZEY | SOKAK YÖNLENMESİ |
| 2 | 0.6 | 1 | %10 | %90 | KB-GD |

Şekil 3.8. Mahallebaşı semti fiziksel analizi

2. Kayakyolu semtinde çalışmanın yapıldığı alan, 2009 yılından sonra yapılaşmanın arttığı bir bölgedir. 7-8 katlı yerleşmenin hakim olduğu konut bölgesinde, düzensiz ve çarpık yapılaşma hakimdir (Şekil 3.9). Binalar arasında kalan mekanlar, yeni bir yerleşme alanı olmasına rağmen nitelik ve organizasyon yönünden zayıftır.




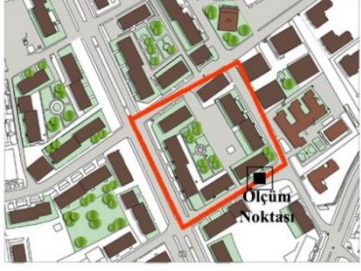
Çalışma alanı kış koşulları özelinde değerlendirildiğinde ise özellikle binaların güneş alma ve gölgede kalma durumlarının göz ardı edildiği görülmektedir. Ayrıca yükseklik/genişlik oranının 1.5 olarak hesaplanması yaya seviyesinde de güneş erişiminin kısıtlı ve konforun zayıf olduğunu göstermektedir. Bina yönlenmesinde hiçbir tasarım kriteri ya da iklim faktörü gözetilmemiş, sadece parsel bazında maksimum yer kazancı sağlanmıştır. Geçirimsiz yüzey oranının %80 oranında çıkması da yeni bir yerleşim alanında hangi kaygılarla hareket edildiğinin göstergesidir.

| MİKRO-İKLİM ALANI | | KONUM | | FONKSİYON | |
|--|---------------------|--|-----------------|---|------------------|
| 2_Kayakyolu | | Kent Merkezinin Güney Doğusu | | Konut Alanı | |
|  | |  | |  | |
|  | | | | | |
| TOPLAM ALAN | YAPILAŞMIŞ ALAN | BİNA SAYISI | TAKS | KAKS | YOĞUNLUK |
| 10600 M ² | 5250 M ² | 6 | 0.5 | 3.5 | 200-250 Kişi/Ha |
| ORT. BİNA YÜKSEKLİĞİ | Y/G ORANI | GÖKYÜZÜ GÖRÜNÜŞ ORANI (SVF) | GEÇİRİMLİ YÜZEY | GEÇİRİMSİZ YÜZEY | SOKAK YÖNLENMESİ |
| 7-8 | 1.5 | 0.65 | %20 | %80 | KB-GD |

Şekil 3.9. Kayakyolu Sempti fiziksel analizi

3. Yıldızkent semtinde çalışmanın yapıldığı alanın gelişimi 2000'li yılların başına dayanmaktadır. Çoğunlukla 5 katlı yapıların hakim olduğu bölgenin konut tipolojisi daha çok küme tasarımı şeklindedir (Şekil 3.10). Yerleşimde kamusal alan tasarımı, mekan organizasyonları ve açık-yeşil alan dengesinin sağlandığı görülmektedir.

Soğuk iklim özelinde çalışma alanı değerlendirildiğinde, sokak yönlenmesi ve kent geometrisi kriterlerinin uygun olduğu görülmektedir. Binaların genel olarak, diğer binaları gölgede bırakmayacak yükseklikte ve aralıkta konumlandırılması, güneşe erişimde önemli avantajlar sağlamıştır. Tüm çalışma alanlarında olduğu gibi kar depolama alanlarının olmayışı, kışın araba park yeri ve yaya ulaşımında önemli sorunları beraberinde getirmektedir (Şekil 3.11).

| MİKRO-İKLİM ALANI | | KONUM | | FONKSİYON | |
|--|----------------------|--|-----------------|---|------------------|
| 3_Yıldızkent | | Kent Merkezinin Güneyi | | Konut Alanı | |
|  | |  | |  | |
|  | | | | | |
| TOPLAM ALAN | YAPILAŞMIŞ ALAN | BİNA SAYISI | TAKS | KAKS | YOĞUNLUK |
| 15760 M ² | 10366 M ² | 8 | 0.6 | 3 | 100-200 Kişi/Ha |
| ORT. BİNA YÜKSEKLİĞİ | Y/G ORANI | GÖKYÜZÜ GÖRÜNÜŞ ORANI (SVE) | GEÇİRİMLİ YÜZEY | GEÇİRİMSİZ YÜZEY | SOKAK YÖNLENMESİ |
| 5 | 1 | 0.7 | %40 | %60 | KKB-GGD |

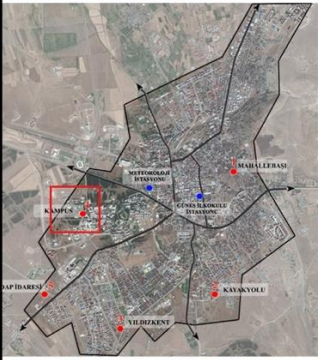
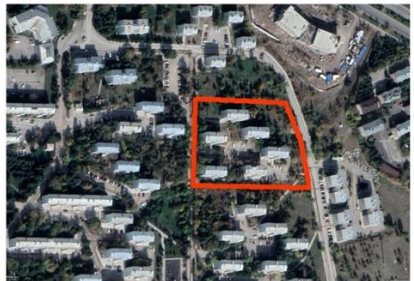



Şekil 3.10. Yıldızkent Senti fiziksel analizi



Şekil 3.11. Yıldızkent semti kışın kaldırım ve araç park yeri sorunu

4. Atatürk Üniversitesi Lojmanları, kampüs ana girişinde yer almaktadır. Kampüs ana yerleşkesi ve lojmanlar bölgesi 1956 yılında doğu-batı yönünde tasarlanmış ve binalar, kuzey ve güneyden cephe alacak şekilde bu doğrultuda konumlandırılmıştır. Yaya konforunun ön planda olduğu kampüs genelinde yeşil alan fazladır (Şekil 3.12).

Lojman bölgesi kış koşulları için değerlendirildiğinde ilk olarak ideal yönlenmenin sağlanamaması ve bunun beraberinde getirdiği sorunlar göze çarpmaktadır. Doğu-batı yönelimli tasarım kuzey cephede kalan konutların ve kamusal alanların güneş erişimine tamamen engel olmaktadır. Kuzey cephedeki otopark alanlarında ve çocuk oyun alanlarında kış mevsimi boyunca erimeyen kar birikintileri oluşmaktadır. Ayrıca yaya sirkülasyonunun önemli olduğu yerleşkede, yaya yolu ile taşıt yolu arasında tampon bölgelerin oluşturulmaması, karların yaya bölgesinde birikmesine ve taşıt yolundan yayalara çamur ve su sıçramasına neden olmaktadır.

| MİKRO-İKLİM ALANI | | KONUM | | FONKSİYON | |
|--|---------------------|---|-----------------|--|------------------|
| 4_Üniversite Lojmanları | | Kent Merkezinin Batısı | | Konut Alanı | |
|  | |  | |  | |
|  | |  | | | |
| TOPLAM ALAN | YAPILAŞMIŞ ALAN | BİNA SAYISI | TAKS | KAKS | YOĞUNLUK |
| 13200 M ² | 1570 M ² | 6 | 0.1 | 0.6 | 150-200 Kişi/Ha |
| ORT. BİNA YÜKSEKLİĞİ | Y/G ORANI | GÖKYÜZÜ GÖRÜNÜŞ ORANI (SVF) | GEÇİRİMLİ YÜZEY | GEÇİRİMSİZ YÜZEY | SOKAK YÖNLENMESİ |
| 5 | 0.5 | 1 | %90 | %10 | D-B |

Şekil 3.12. Üniversite lojmanları fiziksel analizi

3.1.3. Araştırma alanlarında meteorolojik verilerin elde edilmesi

Çalışma alanının fiziksel özellikleri ile birlikte kentin meteorolojik verileri de tezin ana materyalini oluşturmaktadır. Kullanılacak iklim verilerinin ve temsili bir simülasyon tarihinin seçilmesi getirilecek tasarım önerilerinde büyük öneme sahiptir. Çalışma

alanında nemli karasal iklim ve soğuk karlı günler hâkim olsa da, araştırmada sadece kış dönemi dikkate alınmamıştır. Bunun nedeni özellikle yaz dönemi boyunca güneşli gün sayısının fazlalığı ve yüksek rakım etkisi ile hissedilen sıcaklığın fazla olmasıdır. Ayrıca gece ve gündüz sıcaklık farklarının fazla oluşu ve bunun tasarım stratejilerinde önemli bir etken oluşturması da göz önünde bulundurulmuş bir unsurdur.

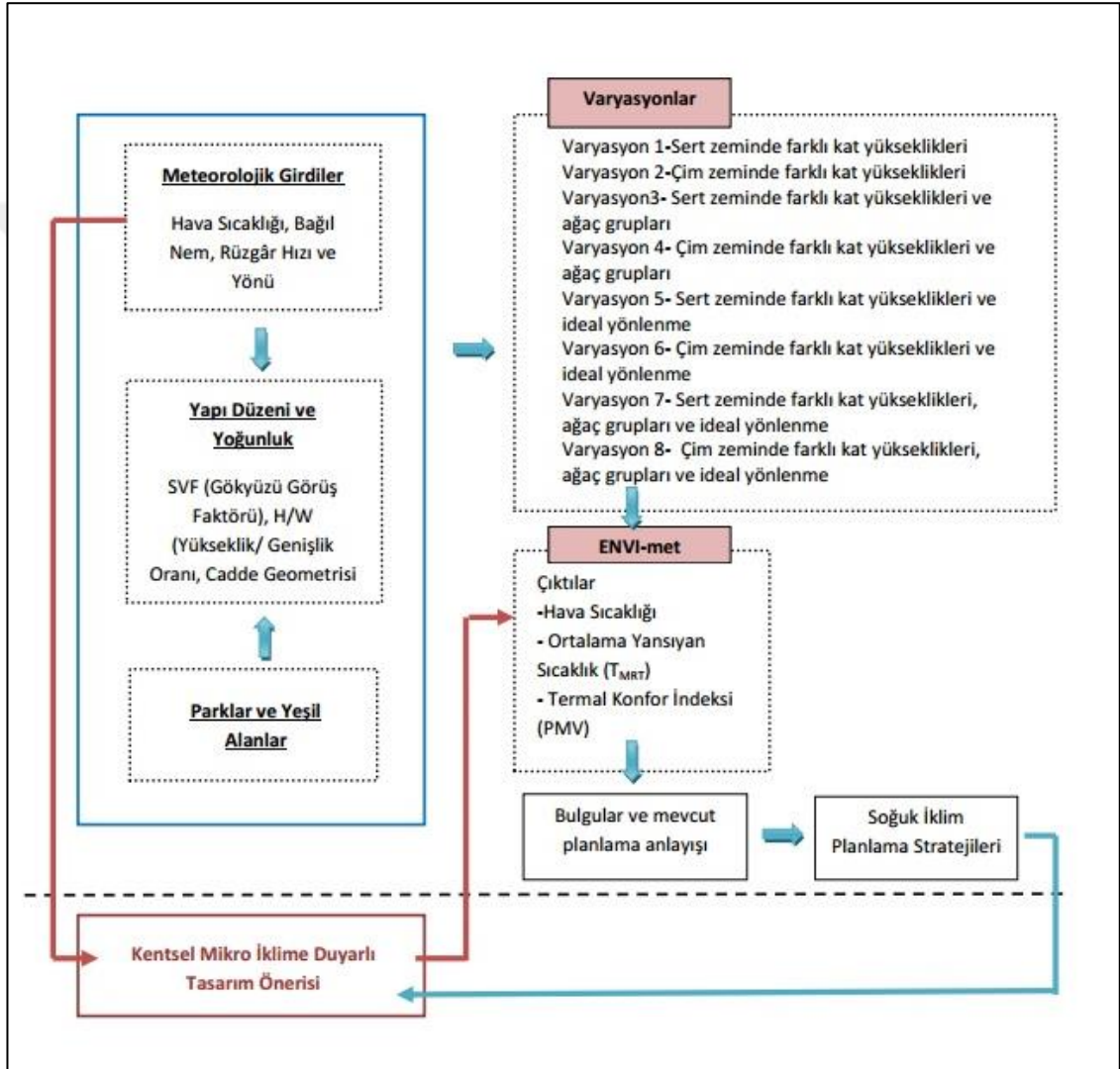
Her bir çalışma alanı içinde kış dönemi için 12-14-15-16 Şubat 2018 ve 2019 tarihleri ile yaz dönemi için 20-22-23-24 Temmuz 2017 ve 2018 tarihlerinde saatlik sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ölçümleri dijital ısı ve nem ölçer FINEST-345 model cihazı ile kaydedilmiştir (Şekil 3.13). Ayrıca Erzurum Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden aynı günlerin rüzgâr hızı (m/s), rüzgar yönü ve bağıl nem (g/m^3) verileri saatlik olarak alınmıştır. Çalışma alanının mikro iklim özelliğini daha iyi anlamak için sıcaklık verilerini kaydeden mobil ölçüm cihazları, yerden ortalama 2 metre yükseklikte konumlandırılmıştır.



Şekil 3.13. Mobil ölçüm cihazı

3.2. Yöntem

Bu çalışmada kullanılan araştırma yöntemleri, oluşturulan varyasyonlar ve bunlar arasındaki ilişkiler bu bölümde açıklanmış ve Şekil 3.14'te şematik olarak sunulmuştur.



Şekil 3.14. Çalışmanın metodolojik çerçevesi

Yöntem, Erzurum'un 4 farklı morfolojiye sahip semtinde hava sıcaklığı ($^{\circ}C$), bağıl nem (g/m^3), ortalama yansayan sıcaklık ($^{\circ}C$), yüzey sıcaklıkları, gökyüzü görüş faktörü (GGO), rüzgar hızı (m/s) ve yönü dâhil olmak üzere alınan ve hesaplanan veriler ile oluşturulan 8 çeşit varyasyon sonucunda simülasyon haritaları ve yerel mikro iklim saha

araştırmalarını içermektedir. Çalışmada, kentsel alanların genel mikro iklim simülasyonu ENVI-met programı ile elde edilmiştir. Ayrıca program ile birlikte termal konfor indekslerinden biri olan PMV (Predicted Mean Vote) değeri hesaplanmıştır. Dış mekan termal konfor indekslerinden biri olan Öngörülen Ortalama Değer (PMV)'in, hesaplanması için hava sıcaklığı, ortalama yansıyan sıcaklık, rüzgar hızı, bağıl nem, metabolik hız ve termal giysi yalıtımı olmak üzere altı parametre gerekmektedir. Bu değer -3 (soğuk) ile +3 (sıcak) arasında değişen yedi basamaklı psikofizik bir ölçeğe dayanmaktadır (izelge 3.3).

Çizelge 3.3. PMV indeksine ait termal his ve stres seviyeleri (Matzarakis *et al.* 1999)

| PMV (°C) | İnsan Termal Hissi | Termal Stres Seviyesi |
|-----------------|--------------------|-----------------------|
| >-3.5 | ok Soğuk | Aşırı Soğuk Stresi |
| (-3.4) - (-2.5) | Soğuk | Güçlü Soğuk Stresi |
| (-2.4) - (-1.5) | Serin | Orta Soğuk Stresi |
| (-1.4) - (-0.5) | Hafif Serin | Hafif Soğuk Stresi |
| (-0.4) - 0.5 | Konforlu | Termal Stres Yok |
| 0.6 - 1.5 | Hafif Ilıman | Hafif Sıcaklık Stresi |
| 1.6 - 2.5 | Ilıman | Orta Sıcaklık Stresi |
| 2.6 - 3.5 | Sıcak | Güçlü Sıcaklık Stresi |
| 3.5 + | ok Sıcak | Aşırı Sıcaklık Stresi |

ENVI-met programı, mikro klimayı modellemenin karmaşıklığı nedeniyle bazı süreçleri basitleştirmiş ve standartlaştırmıştır. Model, farklı kentsel durumlar için sıcaklık farklılıklarının yanı sıra sıcaklık dağılımının karşılaştırılmasını ve analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. ENVI-met, kentsel ortamlarda mikro meteorolojik süreçler hakkında bilgi verebilmektedir ancak, belirli bir gün için kesin sıcaklıkları yeniden üretmek için uygun bir program değildir (Kleerekoper *et al.* 2015).

Çalışmada kullanılan ENVI-met simülasyon programında, farklı kentsel tipolojiler için tahmin edilebilir çalışmalar yapmak ve sonuçların güvenilirliğini arttırmak için ölçülen ve simüle edilen veriler arasında kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. ENVI-met tarafından bütün sonuçların mutlak değerini doğrulamak da farklı bir yaklaşımdır. Ancak bu tezde

seçilen yöntem, kentsel önlemlerin etkilerinin objektif olarak karşılaştırılmasıdır. Dolayısıyla tüm simülasyonlar için aynı girdi parametreleri kullanıldığında, gerçek zamanlı hava koşulları veya iklimdeki farklılıklar önem teşkil etmemektedir. Tek bir simülasyon için 30 saat gerekli olduğundan, toplam 256 simülasyon için Mimarlık ve Tasarım Fakültesi'nin bilgisayar laboratuvarındaki 33 bilgisayar aynı anda kullanılarak yaklaşık bir aylık bir süre içerisinde tüm simülasyonlar bitirilmiştir.

Çalışma, yaz ve kış mevsimleri boyunca karşılaştırılabilir koşullar altında termal konfor düzeyini kapsamlı bir şekilde araştırmayı amaçlamaktadır. Araştırma sorusu iki aşamalıdır. İlk olarak iki ayrı mevsim için tüm önlemler aynı derecede mi etkiye sahiptir? Değilse, önlemler arasında önemli farklılıklar olup olmadığıdır? İlk soruya verilen cevap, adaptasyon stratejileri için birçok olasılık ortaya çıkarabilirken, ikincisi daha ayrıntılı olarak incelenerek ve daha sık uygulanacak önlemler önerebilmektedir. Bu, hangi tedbirlerin daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyduğu ve daha sık uygulanabilecekleri sorusuna yol açmaktadır. Bu nedenle bu çalışma, parametrelerin bir karışımına odaklanmaktadır.

3.2.1 ENVI-met modelinin tanıtımı

Araştırmacılar arasında kentsel iklimi tahmin etmek için üç metodoloji oldukça popülerdir. Birincisi, geçmişte toplanan iklim verilerinin istatistiksel olarak analizine dayanmaktadır. İkincisi, uydu görüntülerinden elde edilen verilerin CBS ile analiz edilmesidir. Üçüncüsü ise kentsel yerleşimin yazılımda modellenmesi ve kent unsurlarının çeşitli parametrelerini değiştirerek etkilerinin sayısal simülasyon modeli ile değerlendirilmesidir (De and Mukherjee 2016). Bu doğrultuda son yıllarda mikro iklimlendirme analizi için en yaygın kullanılan dinamik simülasyon araçlarından biri, Ruhr Bochum Üniversitesi'nde Michael Bruse tarafından geliştirilen ENVI-met modelidir (Bruse and Fleer, 1998; Bruse 2018). Modelin ilk resmi sürümü 1998 yılında ortaya çıkmış ve 2017 yılına kadar dünya genelinde 1900'den fazla kayıtlı kullanıcı mikro iklimlendirme araştırması için kullanmıştır. Ayrıca, ENVI-met çalışmalarının toplam sayısının % 77'si son beş yılda yayınlanmıştır. Mevcut çalışmaların çoğunda,

model yalnızca araştırma için kullanılmamış, aynı zamanda uygulanmıştır (Tsoka *et. al.*, 2018).

ENVI-met, kentsel alanlardaki iklim değişkenlerini hesaplamak ve simüle etmek için geliştirilmiş, üç boyutlu ve 0,5-10 metrelik grid çözünürlüğü olan, non-hidrostatik bir mikro iklim modelidir. Model, toplam radyasyonu (yani doğrudan, yansıyan ve dağınık güneş radyasyonu ve uzun dalga radyasyonu) göz önüne almaktadır. Akışkanlar dinamiği ve termodinamiğin yasalarını kullanarak, gün içinde iklim değişkenlerinin evrimini modellemektedir. ENVI-met modeli, binaların, bitki örtüsünün, yüzey özelliklerinin, toprakların ve iklimsel koşullarının etkisini birleştirerek atmosferin durumunu hesaplamaktadır (Bruse and Fleer 1998).

Bugüne kadar geliştirilen birçok sayısal model arasında ENVI-met, kullanımı kolay olması ve güvenilirlik sebebiyle bu çalışmada tercih edilmiştir. Ayrıca bu model, kentsel mikro iklimsel değişiklikleri termal konfor ve ortalama radyasyon sıcaklığı (T_{MRT}) ile ölçebilmektedir. Bu da dış mekân termal konforunu değerlendirmektedir. ENVI-met, özellikle farklı kentsel tasarım seçeneklerinin dış mekân termal çevreye olan etkileri olmak üzere farklı amaçlar için yoğun bir şekilde kullanılmış ve test edilmiştir (Ali-Toudert and Mayer 2007; Chow *et al.* 2011; Krüger *et al.* 2011; Ng *et al.* 2012; Maggiotto *et al.* 2014; Taleghani *et al.* 2015; Tsoka *et al.* 2018; Yılmaz *et al.* 2018a). Kentsel mikro iklim koşullarını hesaplamak için diğer model ve yöntemlerle karşılaştırıldığında, ENVI-met modeli, sokak seviyesinde insan konforunun hesaplanması için en uygun olanıdır.

ENVI-met için temel girdi parametrelerini, meteorolojik veriler, başlangıçtaki toprak yapısı ve sıcaklık profilleri, zemin yüzeylerinin yapısı ve özellikleri, bitki örtüsü unsurları ve binalar oluşturmaktadır. Simülasyonu çalıştırmak için kullanıcı tarafından oluşturulan iki dosya gerekmektedir. Birincisi, * .INX formatında olan ve simüle edilecek alanın gerekli tüm fiziksel bilgilerini tutan bir alan giriş dosyasıdır. Dosya, simülasyonun boyutları, binaların büyüklüğü ve yerleşimi, çeşitli yüzeylerin malzemeleri, yol, bitki örtüsü vb. hakkında bilgi içermektedir. İkincisi, * .SIM dosyası

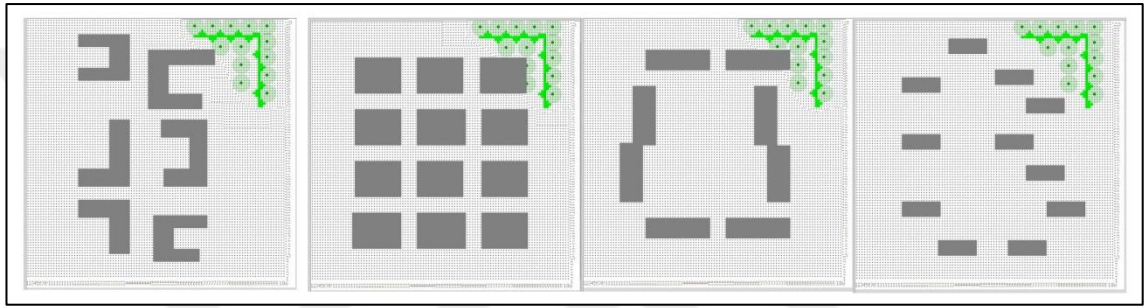
simülasyonun başlangıç noktasında iklim verilerini içeren ve zaman çizelgesinde sonuçları gösteren çıktı dosyasıdır. Mobil olarak ölçülen veya sabit bir meteoroloji istasyonundan alınan iklim verileri (sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve yönü), ENVI-met programında bir simülasyon başlatmak için gerekmede ve bir * .SIM dosyasında saklanmaktadır. Bu dosya aynı zamanda simülasyon çalıştırmasında alan giriş dosyası (* .INX), toprak veri tabanı ve bitki veri tabanı ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, modelde simülasyonun başlama tarihi ve zamanı, toplam simülasyon çalışma zamanı, sonuçların çıktı aralığı, çıktı klasörünün konumu ve yolu, simülasyonun zaman aşımı aralığı, simülasyon başlangıç noktası meteorolojik parametreleri, radyasyon düzeltme ve model zamanlaması da belirtilmektedir.

Bilgisayar modelleriyle termal konforun değerlendirilmesinde ızgara boyutunun etkisi önemlidir. Izgara boyutu, binaların detaylarını, mekan konumlarını ve diğer nesnelere nasıl modellenebileceğini, ayrıca hesaplanan noktalar arasındaki mesafelerin ne olduğunu belirlemektedir. Pratikte ENVI-met için minimum ve maksimum ızgara boyutu sırasıyla 0,5x0,5 metre ve 10x10 metredir (Bruse 2018).

3.2.1.a. Araştırma alanlarında simülasyon veri girişi

Bu çalışmada, 4 konut alanı için yapılan simülasyonlar ile her bir ızgara 1 metre x 1 metre alanı temsil etmektedir. Z yönünde model 20 ızgaradan oluşmakta, modelin yüksekliği 40 metre ile sonlanmaktadır. Alan giriş dosyası (.INX), 100x100x20 (x * y * z) ızgara hücrelerine sahip olup, 1x1x2 metre (x * y * z) ızgara boyutuna ve bu nedenle 100*100*40 metre alan boyutuna sahiptir (Şekil 3.15). Alınması gereken detay seviyesine bağlı olarak ızgara boyutu seçilmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda, 5x5 metrelik ızgara büyüklüğünün sokak profili veya mahalle meydanı içindeki iklim adaptasyon önlemlerinin etkisiyle ilgili bilgi vermek için çok fazla olduğu saptanmış, ayrıca PET ve hava sıcaklığı hesaplamalarında 1x1 metre veya daha küçük bir ızgara boyutunun uygun olduğu görülmüştür (Kleerekoper 2016).

Varyasyon gruplarında sert zemin için ENVI-met yazılımının veri tabanında mevcut olan granit kaplama kullanılmıştır. Geçirgen yüzeyler için ise ortalama yoğunlukta çim zemin seçilmiştir. Kuzeydoğu yönünde kullanılmış ağaç gruplarında her mevsim yeşil ve rüzgardan koruyucu özellikte olan iğne yapraklı bitkiler tercih edilmiştir. Ortalama 15 m yüksekliğinde olan bu ağaçlar, 7 m aralıklarla konumlandırılmıştır. Ayrıca rüzgardan koruyuculuğu arttırmak için 2 m yüksekliğinde ve genişliğinde yoğun çalı grubu da ağaç aralarına yerleştirilmiştir.



Şekil 3.15. Çalışma alanlarının ENVI-met yazılımı ile yapılan alan giriş dosyası

Meteorolojik veriler mobil ölçüm cihazı ile 30 saat boyunca tüm çalışma alanlarında kaydedilmiştir. Yaz ve kış dönemleri için 2 yıl içerisinde aynı tarihlerde ölçüm yapılmış ve bu tarihlerdeki ortalama sıcaklık simülasyonun başlangıç sıcaklığını oluşturmuştur. Bağıl nem, rüzgar yönü ve rüzgar hızı verileri için ise Erzurum 12. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden saatlik veriler alınmıştır. Simülasyon sonucu bazı parametreler 4 farklı konut mahallesinde kaydedilen gerçek ölçümler ile karşılaştırılarak kalibre edilmiştir. Modelin doğru bir başlatma zamanına ihtiyacı olması ve ilk 6 saatlik çıktılar modelin dönüş süresi olarak düşünüldüğünden, model toplam 30 saat çalıştırılmıştır. ENVI-met simülasyonlarında meteorolojik giriş verilerinin doğrudan belirli bir tarihe karşılık gelmediği unutulmamalıdır. Önemli nokta ekstrem sıcaklıkların sapma yaratmasını önlemek ve simülasyon sonucunun belirlenen saatler arasında ortalama sıcaklığı yansıtmasını sağlamaktır. Çizelge 3.4, 3.5, 3.6, 3.7'de simülasyonda kullanılan giriş verileri verilmiştir.

Çizelge 3.4. Mahallebaşı semti simülasyon başlangıç verileri

| Yer | Mahallebaşı | |
|---|-------------|------------|
| | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| Ölçüm Dönemi | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| Simülasyon Başlangıcı ve Özellikleri | | |
| Simülasyon Başlangıç Günü | 20 Temmuz | 12 Şubat |
| Simülasyon Başlangıç Saati | 00:00 | 00:00 |
| Toplam Simülasyon Saati | 30 | 30 |
| Izgara Hücresi (x, y, z) | 100x100x20 | 100x100x20 |
| Izgara Boyutu (metre) (x, y, z) | 1 x 1 x 2 | 1 x 1 x 2 |
| Model Rotasyon | 0 | 0 |
| Meteorolojik Koşullar | | |
| Rüzgar Hızı (m/s) | 0.5 | 5.1 |
| Rüzgar Yönü (0:N,90:E,180:S,270:W) | 100° | 220° |
| Referans Noktasındaki Pürüzlülük (m) | 0.1 | 0.1 |
| Başlangıç Sıcaklığı (°C) | 21,6 | 1,8 |
| Özgül Nem (2500 m) (g su/kg hava) | 7.0 | 7.0 |
| Bağıl Nem (2 m) (%) | 64 | 53 |

Çizelge 3.5. Kayakyolu semti simülasyon başlangıç verileri

| Yer | Kayakyolu | |
|---|------------|------------|
| | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| Ölçüm Dönemi | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| Simülasyon Başlangıcı ve Özellikleri | | |
| Simülasyon Başlangıç Günü | 24 Temmuz | 16 Şubat |
| Simülasyon Başlangıç Saati | 00:00 | 00:00 |
| Toplam Simülasyon Saati | 30 | 30 |
| Izgara Hücresi (x, y, z) | 100x100x20 | 100x100x20 |
| Izgara Boyutu (metre) (x, y, z) | 1 x 1 x 2 | 1 x 1 x 2 |
| Model Rotasyon | 0 | 0 |
| Meteorolojik Koşullar | | |
| Rüzgar Hızı (m/s) | 0.5 | 1.5 |
| Rüzgar Yönü (0:N,90:E,180:S,270:W) | 70° | 160° |
| Referans Noktasındaki Pürüzlülük (m) | 0.1 | 0.1 |
| Başlangıç Sıcaklığı (°C) | 15,5 | 0,1 |
| Özgül Nem (2500 m) (g su/kg hava) | 7.0 | 7.0 |
| Bağıl Nem (2 m) (%) | 61 | 89 |

Çizelge 3.6. Yıldızkent semti simülasyon başlangıç verileri

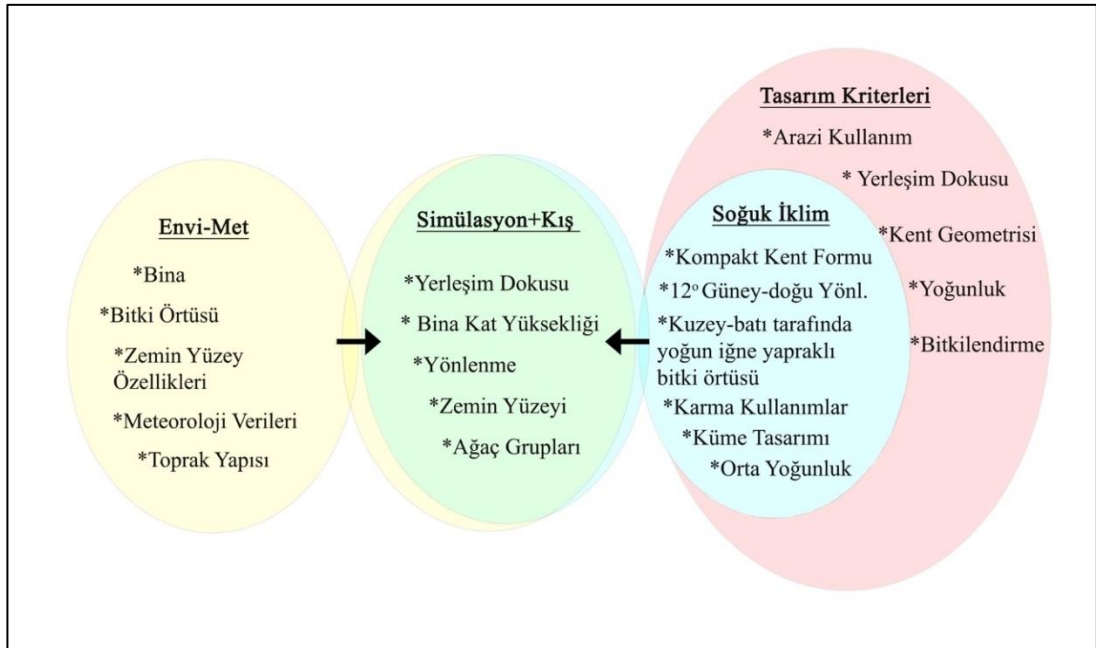
| Yer | Yıldızkent | |
|---|------------|------------|
| Ölçüm Dönemi | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| Simülasyon Başlangıcı ve Özellikleri | | |
| Simülasyon Başlangıç Günü | 23 Temmuz | 15 Şubat |
| Simülasyon Başlangıç Saati | 00:00 | 00:00 |
| Toplam Simülasyon Saati | 30 | 30 |
| Izgara Hücresi (x, y, z) | 100x100x20 | 100x100x20 |
| Izgara Boyutu (metre) (x, y, z) | 1 x 1 x 2 | 1 x 1 x 2 |
| Model Rotasyon | 0 | 0 |
| Meteorolojik Koşullar | | |
| Rüzgar Hızı (m/s) | 0.5 | 2.6 |
| Rüzgar Yönü (0:N,90:E,180:S,270:W) | 150° | 280° |
| Referans Noktasındaki Pürüzlülük (m) | 0.1 | 0.1 |
| Başlangıç Sıcaklığı (°C) | 23,5 | -0,7 |
| Özgül Nem (2500 m) (g su/kg hava) | 7.0 | 7.0 |
| Bağıl Nem (2 m) (%) | 62 | 94 |

Çizelge 3.7. Üniversite Lojmanları simülasyon başlangıç verileri

| Yer | Üniversite Lojmanları | |
|---|-----------------------|------------|
| Ölçüm Dönemi | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| Simülasyon Başlangıcı ve Özellikleri | | |
| Simülasyon Başlangıç Günü | 22 Temmuz | 14 Şubat |
| Simülasyon Başlangıç Saati | 00:00 | 00:00 |
| Toplam Simülasyon Saati | 30 | 30 |
| Izgara Hücresi (x, y, z) | 100x100x20 | 100x100x20 |
| Izgara Boyutu (metre) (x, y, z) | 1 x 1 x 2 | 1 x 1 x 2 |
| Model Rotasyon | 0 | 0 |
| Meteorolojik Koşullar | | |
| Rüzgar Hızı (m/s) | 0.5 | 1 |
| Rüzgar Yönü (0:N,90:E,180:S,270:W) | 70° | 110° |
| Referans Noktasındaki Pürüzlülük (m) | 0.1 | 0.1 |
| Başlangıç Sıcaklığı (°C) | 21,7 | -1 |
| Özgül Nem (2500 m) (g su/kg hava) | 7.0 | 7.0 |
| Bağıl Nem (2 m) (%) | 38 | 99 |

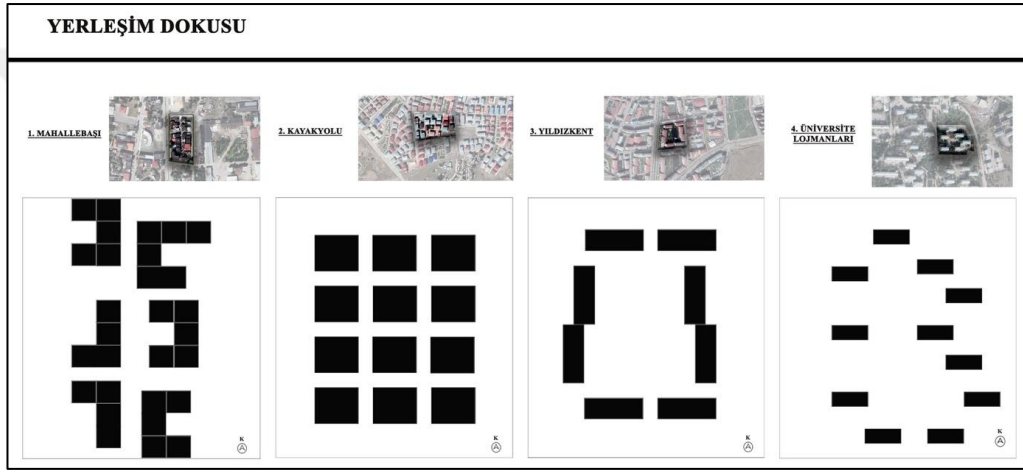
3.2.1.b. Araştırma alanlarında varyasyonların oluşturulması

Bu çalışmada kentsel tasarım ve meteoroloji parametrelerinin seçimi temel olarak ENVI-met simülasyon programının kapasitesine ve kentsel gelişim için sahip oldukları uygulanabilir değerlere dayanmaktadır. Bir dizi değişken, hava sıcaklığı ve termal konfordaki karşılıklı farklılıklara göre analiz edilmiştir. Bu çalışma için seçilen simülasyon varyasyonlarının sayısı zaman nedeniyle ve analizi yönetilebilir hale getirmek için sınırlı tutulmuştur. Ayrıca kış iklimi özelinde yapılan çalışmada, seçilen tasarım parametreleri soğuk iklim bölgelerinde aranan konut alanı tasarım kriterleri ile ilişkilendirilmiştir. Bu kriterler temel olarak; kompakt kent formu, en iyi güneş oryantasyonu için 12° güneydoğu yönlenmesi (Victor 1963), soğuk rüzgarların etkisinden korunmak için kuzeybatı tarafında yoğun iğne yapraklı bitki örtüsü varlığı, karma kullanımlar, rüzgarın etkisini azaltacak ve güneşten maksimum fayda sağlayacak küme tasarımlardır. Bu doğrultuda oluşturan yöntem, ENVI-met simülasyon modeli ile soğuk iklim tasarım kriterlerinin kesişimi ile 5 başlık altında toplanmış ve bu başlıklar altında 8 varyasyon oluşturulmuştur (Şekil 3.16).



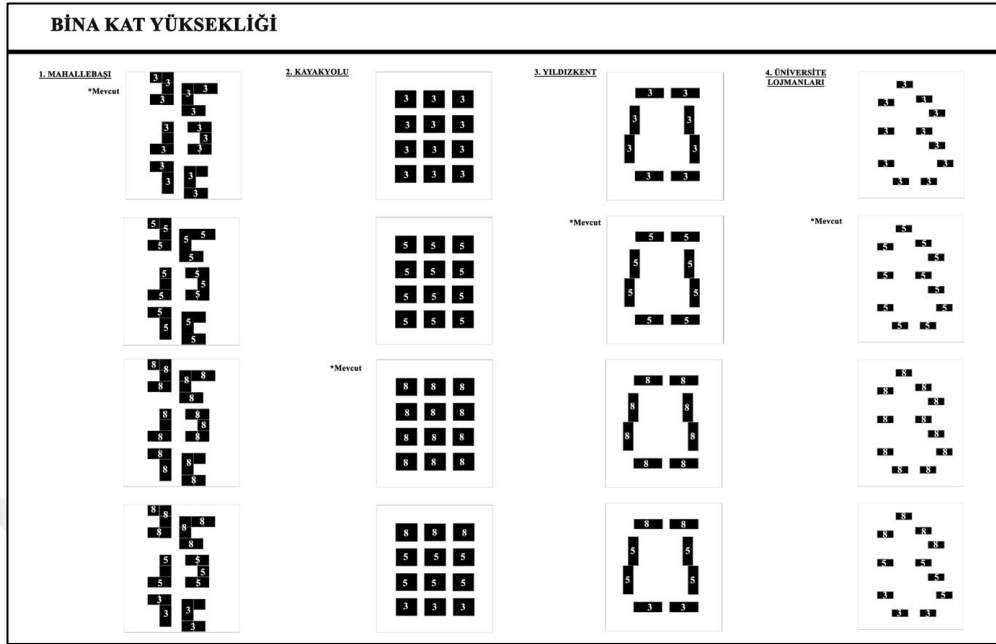
Şekil 3.16. Değişkenlerin tanımlanması

Yerleşim dokusu değişkeni ile çalışma alanı içerisinde ölçüm noktaları farklı konut tipolojisine sahip bölgelerden seçilmiş ve karşılaştırılabilir sonuçlara ulaşmak için aynı alan kullanımına sahip bu 4 yerleşim bölgesi üzerinden simülasyon sonuçları değerlendirilmiştir. Ancak kentsel geometrilere önemli farklılıklar karşılaştırmalı bir yaklaşımı engelleyebilmektedir. Bu nedenle 4 çalışma alanının yerleşim dokusu en temel formlarda sadeleştirilmiştir (Şekil 3.17). Böylece kentsel önlemlerin etkisinin analizi aynı kullanımda değişen parametrelere dayandırılmıştır.



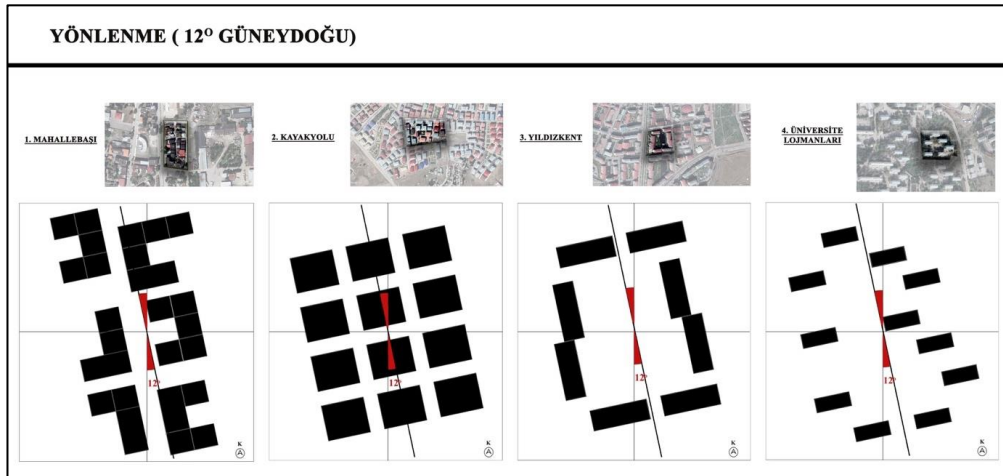
Şekil 3.17. Yerleşim dokusu

Bina kat yüksekliği değişkeni için varyasyonlarda ideal yükseklik ile mevcut yüksekliklerin var olduğu dört farklı model oluşturulmuştur. Literatürde belirtildiği gibi, soğuk iklimlerde ideal olan iki ve üç katlı güney yönelimli konutların tasarlanmasıdır. Bu nedenle ilk üç modelde tüm yapılar kendi içinde sabit 3 kat, 5 kat ve 8 kat şeklinde tasarlanırken dördüncü modelde yerleşim dokusu içerisinde güneyde daha az katlı yapıların tasarlandığı karma bir model sunulmuştur (Şekil 3.18). Her bir yerleşim dokusu için ideal kat yüksekliği özellikle kış kenti özelinde termal konfor (PMV), ortalama yansayan sıcaklık (T_{MRT}) ve hava sıcaklığı ($^{\circ}C$) üzerinden karşılaştırmalı olarak sorgulanmıştır.



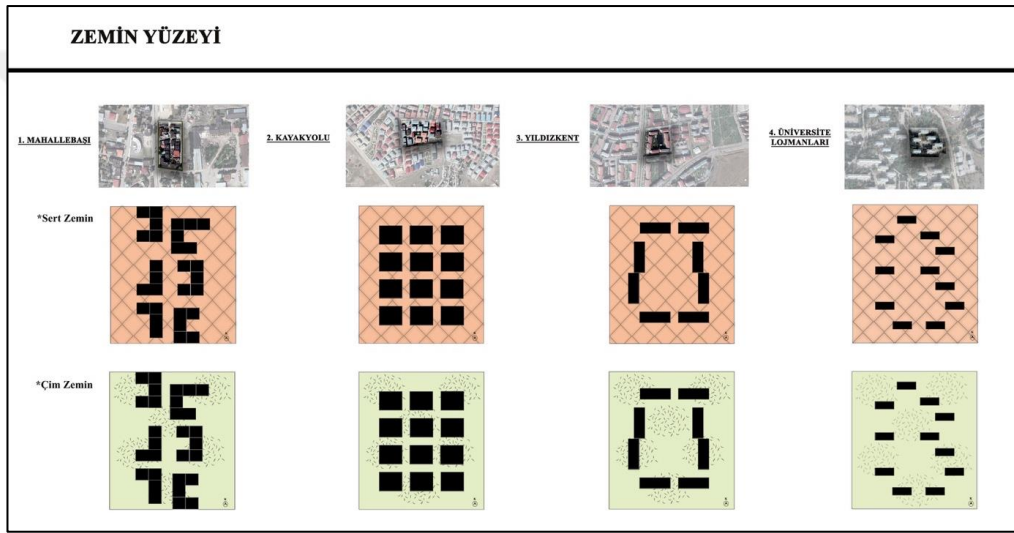
Şekil 3.18. Bina kat yüksekliği

Yönlenme değişkeni ile çalışmada her bir yerleşim dokusu için bu ideal yönlenme göz önünde bulundurularak varyasyonlar oluşturulmuştur (Şekil 3.19). Çünkü soğuk iklimlerde binaların konumu ayarlanırken 12° 'lik bir açıyla güneydoğu yönlendirilmesinin kış koşulları için daha uygun bir çözüm olduğu bilinmektedir. Bu nedenle simülasyon sonuçları ile bu değişkenin kış koşulları için ne kadar etkili bir yöntem olduğu tartışılmıştır.



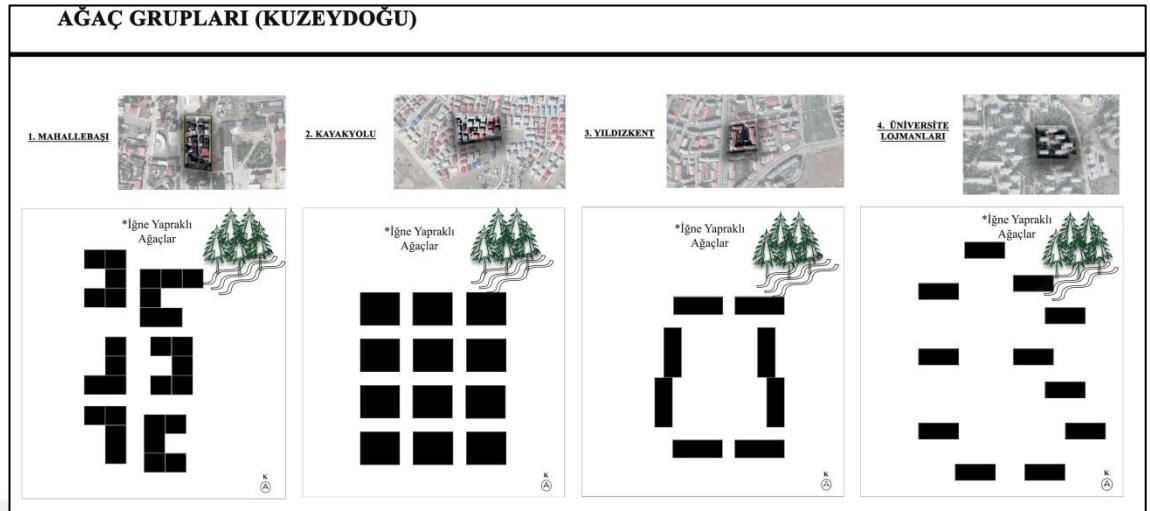
Şekil 3.19. Yönlenme

Zemin yüzeyindeki farklılıklar veya zeminin toprak ya da çim ile örtülü olması bütün iklim tiplerinde termal konfor açısından önemli farklılaşmalara neden olmaktadır. Genel olarak farklı kaplama malzemelerinin etkisi yüzey sıcaklıklarına bakılarak ölçülmektedir. Arazi örtüleri üzerinde yapılan araştırmalar, ortalama aylık ve ortalama günlük maksimum sıcaklıkların çim yüzeyden çıplak toprak, beton kaplama ve asfalta doğru arttığını göstermektedir. Bu çalışmada sağlıklı bir karşılaştırma açısından sadece %100 grait kaplama ile %100 çim örtüsü tercih edilmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Zemin yüzeyi

Ağaç grupları değişkeni ile son olarak soğuk iklim bölgelerinin bitkilendirme ve açık-yeşil alan kriterleri üzerinden varyasyonlar belirlenmiştir. Erzurum'da kışın hakim rüzgar yönü kuzeydoğu olduğundan, 4 yerleşmenin kuzey ve kuzeydoğu tarafına yoğun iğne yapraklı bitki örtüsü yerleştirilmiştir (Şekil 3.21). Böylece kışın kuzeyden gelecek soğuk rüzgârların engellenmesi ve güney cephelerin açıkta kalarak güneş erişiminin en üst düzeye çıkarılması hedeflenmiştir. Simülasyon sonuçları ile bu değişkenin kış koşulları için ne kadar etkili olduğu tartışılmıştır.



Şekil 3.21. Ağaç grupları

Her bir yerleşme için toplamda 8 varyasyon oluşturulmuş, her varyasyonun da kendi içinde 4 karşılaştırması yapılmıştır. Oluşturulan varyasyonlar;

Varyasyon 1- Sert zeminde farklı kat yükseklikleri

Varyasyon 2- Çim zeminde farklı kat yükseklikleri

Varyasyon 3- Sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç grupları

Varyasyon 4- Çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç grupları

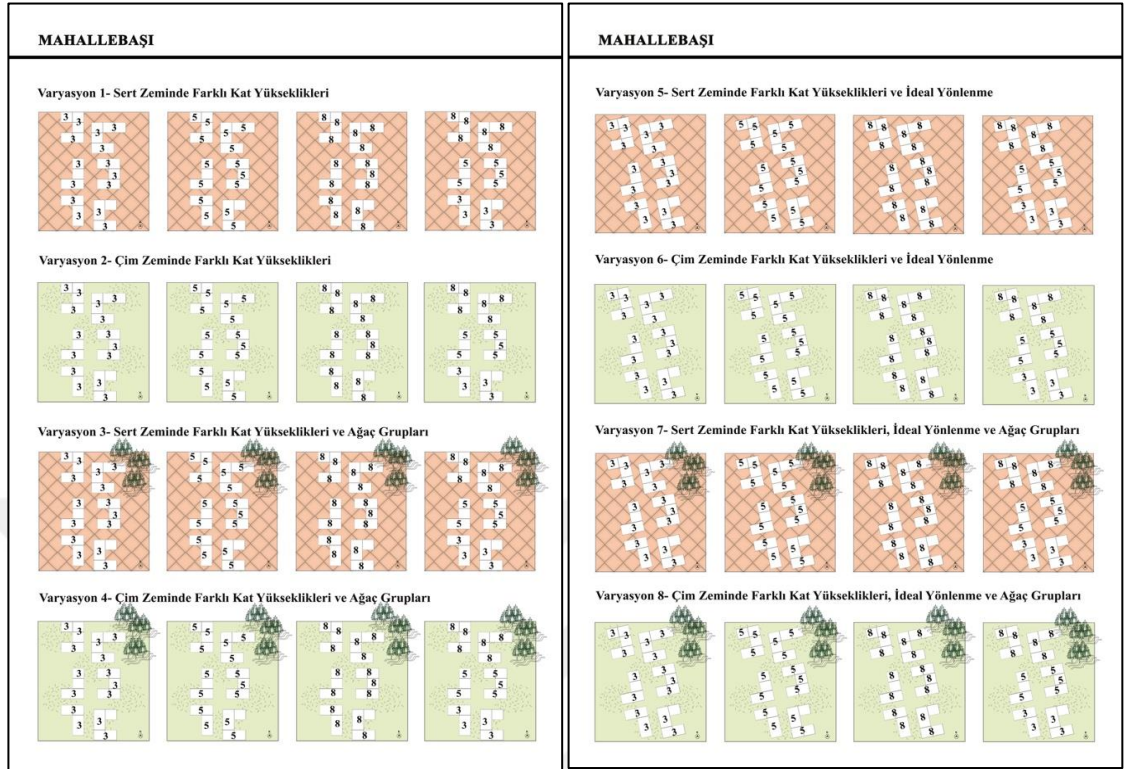
Varyasyon 5- Sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenme

Varyasyon 6- Çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenme

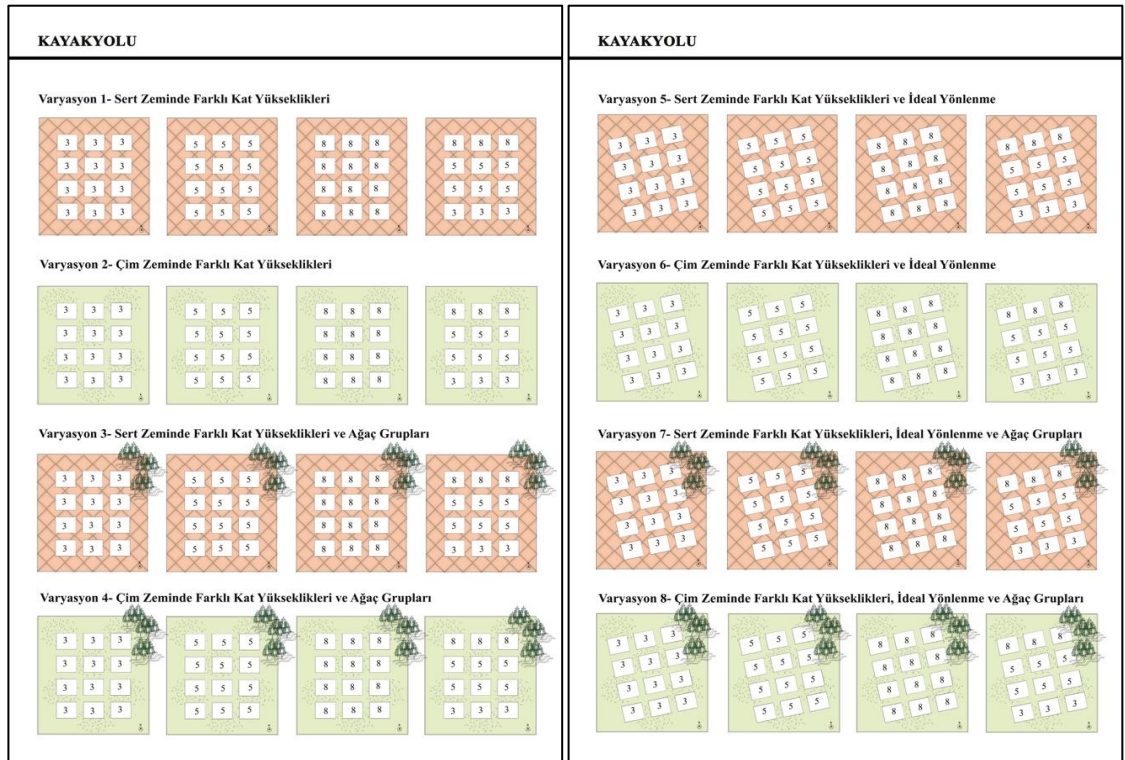
Varyasyon 7- Sert zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç grupları

Varyasyon 8- Çim zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç grupları

Mahallebaşı, Kayakyolu, Yıldızkent ve Üniversite Lojmanlarının her biri için 32, toplamda 128 simülasyon oluşturulmuştur. Bu 128 simülasyon ölçüm alınan tek bir dönemi kapsamaktadır. Yaz ve kış dönemleri için ayrı simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve toplam 256 simülasyon değerlendirmeye alınmıştır (Şekil 3.22, 3.23, 3.24, 3.25).



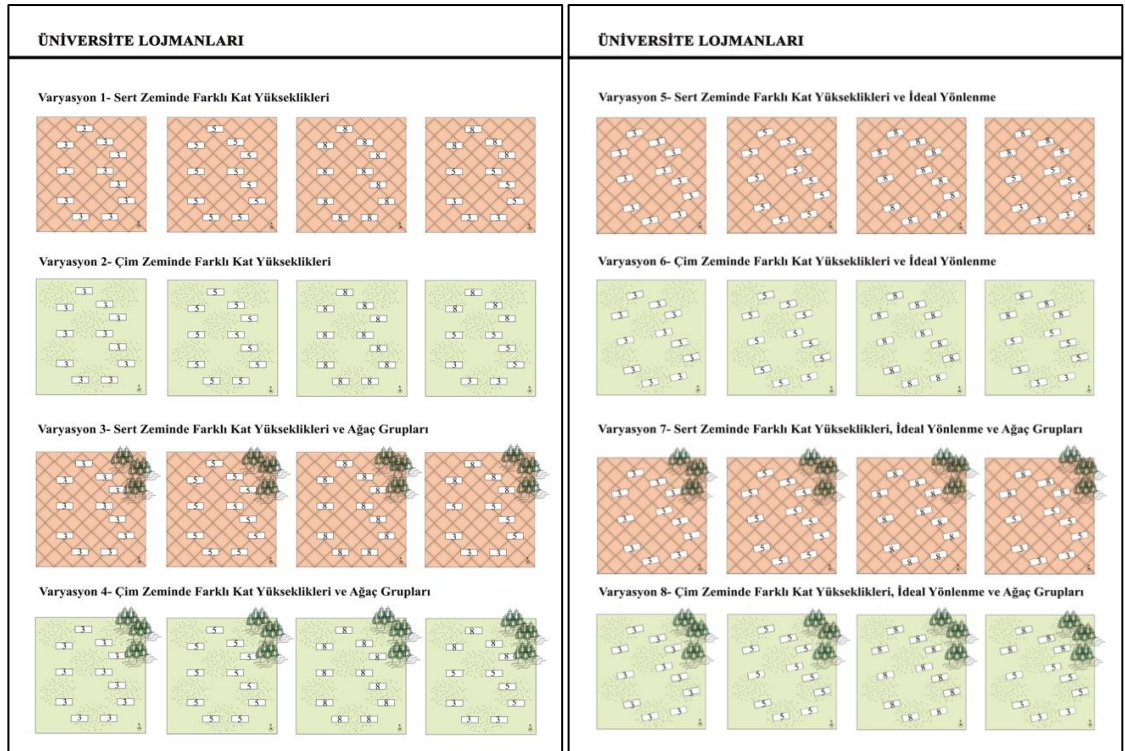
Şekil 3.22. Mahallebaşı semti için oluşturulan varyasyonlar



Şekil 3.23. Kayakyolu semti için oluşturulan varyasyonlar



Şekil 3.24. Yıldızkent semti için oluşturulan varyasyonlar



Şekil 3.25. Üniversite Lojmanları için oluşturulan varyasyonlar

Öngörülen Ortalama Oy (PMV) gibi konfor göstergeleridir. Ayrıca, tüm bu metodolojik değişkenler kentsel önlemlerin etkilerinin objektif bir karşılaştırmasına izin vermemektedir. Karşılaştırılabilir bir dizi ölçüme ulaşmak için, giriş ve çıkış parametrelerinin aynı türden olması gerekmektedir.

Bütün bu sebeplerle bu çalışmada, meteorolojik ve fiziksel koşullar benzer tutularak aynı değişkenler altında karşılaştırmalara gidilmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Varyasyon çalışmasında değiştirilen parametrelere bağı olarak hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık ve termal konfor indeksi olan PMV değeri analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçları literatürde bulunan sonuçlarla karşılaştırılmış, ayrıca alan ölçümleri ile ENVI-met sonuçları doğrulanmıştır. ENVI-met modeli ile oluşturulan simülasyonları açıklamak ve gerekçelendirmek için, sonuçlar 8 varyasyon kümesindeki alan ölçümleri ve teorik prensipler ile karşılaştırılmıştır.

4.1. Meteorolojik Veri Sonuçları

Literatürde, öğle saatlerinin kentsel alanda daha fazla ısı birikimine neden olduğu vurgulanmaktadır. Özellikle termal konfor değer aralıkları öğle saatlerinde artış göstermektedir. Dolayısıyla geniş aralık daha fazla ayrıntı göstereceğinden ve değişkenler arasında daha kesin bir karşılaştırma sağlayacağından sonuçlar genellikle saat 13:00'teki değerlere göre kıyaslanmaktadır. FINEST-345 model mobil ölçüm cihazı ile kaydedilen saatlik sıcaklıklar aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Çalışma alanlarında kaydedilen 30 saatlik sıcaklık verileri (°C)

| Tarih/ Saat | Mahallebaşı | | | | Kayakyolu | | | | Yıldızkent | | | | Ü. Lojmanları | | | |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 20 Tem 2017 | 20 Tem 2018 | 12 Şubat 2018 | 12 Şubat 2019 | 24 Tem 2017 | 24 Tem 2018 | 16 Şubat 2018 | 16 Şubat 2019 | 23 Tem 2017 | 23 Tem 2018 | 15 Şubat 2018 | 15 Şubat 2019 | 22 Tem 2017 | 22 Tem 2018 | 14 Şubat 2018 | 14 Şubat 2019 |
| 01:00 | 21,6 | 13,2 | 3,2 | -3,5 | 14,1 | 13,1 | 0,3 | -7,1 | 23,2 | 21,1 | -0,8 | -3,2 | 20,9 | 12,5 | -6,9 | -7,3 |
| 02:00 | 21 | 14,1 | 3 | -4,3 | 13,1 | 14,8 | 0,7 | -8,3 | 22,1 | 20,1 | -0,7 | -4,3 | 19,5 | 13,1 | -7,2 | -9,3 |
| 03:00 | 20,6 | 15,2 | 2,5 | -4,2 | 12,2 | 14,5 | 0,8 | -9,1 | 21,5 | 19,4 | -0,8 | -4,8 | 19 | 15,2 | -10,3 | -11,1 |
| 04:00 | 19,9 | 14,3 | 2,2 | -3,1 | 12,1 | | 0 | -9,2 | 20,8 | 18,7 | -1,1 | -4,3 | 18,6 | 17 | -9,2 | -12,1 |
| 05:00 | 20,3 | 17,2 | 2 | -3,8 | 11,7 | 15,3 | 0,7 | -7,3 | 20,6 | 17,5 | -2,1 | -4,3 | 17,8 | 17,1 | -8,2 | -13,2 |
| 06:00 | 21,5 | 17,5 | 2,5 | -5,5 | 13,1 | 15,3 | 0,8 | -8,1 | 21,6 | 18,6 | -2 | -5,5 | 19 | 18,3 | -6,4 | -12,3 |
| 07:00 | 22,9 | 19,2 | 2,4 | -4,1 | 14,5 | 17,2 | 0,3 | -7,2 | 24,8 | 19,7 | -2,4 | -4,2 | 21 | 19,5 | -4,4 | -11,5 |
| 08:00 | 26,6 | 21,5 | 3,5 | -3,4 | 16,3 | 18,1 | 0,1 | -6,3 | 26,7 | 20,7 | 0,2 | -3,8 | 22,5 | 19,7 | -2,3 | -10,2 |
| 09:00 | 28,6 | 23 | 4 | -3,2 | 18 | 20,1 | -0,8 | -5 | 26,4 | 20,6 | 6,8 | -3,5 | 26,5 | 21,3 | -1,8 | -8,8 |
| 10:00 | 27,5 | 23,2 | 5,2 | -5,4 | 20,1 | 22,5 | 0,7 | -3,2 | 26,7 | 21,5 | 11 | -2,6 | 28,6 | 22,3 | 1,2 | -6 |
| 11:00 | 29,4 | 24,4 | 7,2 | -5,8 | 23 | 25,2 | 2,3 | -1 | 28 | 21 | 10,6 | -1,7 | 29,5 | 23,1 | 4,8 | -1,7 |
| 12:00 | 29 | 25,7 | 7,5 | -5,3 | 25,2 | 25 | 4,2 | -1,2 | 28,1 | 23,9 | 9,8 | -1,5 | 32,3 | 23,3 | 3,9 | -3,9 |
| 13:00 | 29,5 | 26,1 | 8,7 | -4,6 | 26,5 | 26,4 | 6,2 | -1,1 | 27 | 23,6 | 10,4 | -1,4 | 33,8 | 24,5 | 3,6 | -2,5 |
| 14:00 | 29,5 | 27,6 | 8,9 | -4,7 | 26,3 | 28,2 | 6,9 | -1,5 | 28,5 | 24,7 | 10,9 | -0,2 | 31,7 | 20,4 | 6,1 | -2,1 |
| 15:00 | 29,3 | 25,4 | 9,5 | -3,7 | 25,8 | 29 | 5,7 | -0,5 | 28,2 | 24,1 | 10,3 | -1,8 | 32,6 | 16,5 | 5,5 | -1,3 |
| 16:00 | 29,1 | 24,9 | 9,1 | -6 | | | 5 | -0,6 | 28,2 | 25,4 | 5,6 | | 29,4 | 16,6 | 4,8 | |
| 17:00 | 28,1 | 23,3 | 6,1 | -7,4 | | 27,9 | 5,5 | | 27,5 | 26,2 | 3,5 | -2,3 | 28,3 | 18,9 | 3 | -3,3 |
| 18:00 | 27,8 | 19,6 | 4,5 | -9,2 | | 27,6 | 4,6 | -3,1 | 27,3 | 25,2 | 1,3 | -2,7 | | 18,6 | 2,9 | -4,8 |
| 19:00 | 27,5 | | 3,6 | -11,2 | 28,2 | | 3,7 | -3,2 | 25,7 | 22,5 | -1,2 | -3,4 | | 17,8 | 2,5 | -4,9 |
| 20:00 | 27,1 | 16,8 | 3,8 | -12,4 | 23,5 | 21,9 | 2,2 | -3 | 24,2 | | -1,5 | -4,1 | 26,8 | 15,7 | 1,1 | |
| 21:00 | 25,7 | 16,3 | 1,8 | -11,3 | 21,3 | 20 | -2,1 | -2,6 | 23,8 | 17,4 | -1,8 | -4,8 | 26,5 | 15,7 | 1,1 | -5,2 |
| 22:00 | 24,8 | 15,3 | 2 | -10,5 | 19,5 | 20,2 | -1,8 | -2,7 | 22,8 | 16,5 | -2,2 | -5,3 | 25,5 | 15 | 1,5 | -5,2 |
| 23:00 | 24,3 | 15,4 | 2,5 | -10,3 | 18,2 | 16,9 | -1,2 | -3,5 | 16,5 | 15,9 | -2,3 | -7 | 24,8 | 12,7 | 0,3 | -5,6 |
| 24:00 | 23,1 | 14,6 | 1,8 | -9,3 | 17,1 | 16,4 | -1,5 | -3,6 | 15,2 | 15,3 | -3,2 | | 23,5 | 12,5 | -0,1 | -5,6 |
| 01:00 | 22,7 | | 3,1 | -8,7 | 16,3 | 15,6 | -1,7 | -4,1 | 12,8 | | -2,1 | -8,2 | 23,2 | 11,9 | 0,2 | |
| 02:00 | 21,7 | 12,5 | 2,2 | -8,8 | 15,5 | 15,2 | -0,5 | -4,5 | 12,5 | | -3,1 | -7,8 | 22,1 | | -0,2 | -6,7 |
| 03:00 | 21,4 | | 2 | -7,6 | 14,3 | 14,1 | -1,8 | -4,9 | 13,2 | 12,3 | -3,5 | -7,5 | 21,5 | | -1,8 | -7,3 |
| 04:00 | 21,3 | 11,6 | 1,9 | -7,3 | 13,5 | 13,3 | -1,5 | -5,2 | 15,7 | | -3 | -6,3 | 20,8 | 10,8 | -1,4 | -6,4 |
| 05:00 | 20,9 | | 1,9 | -6,4 | 13,1 | 13,2 | 0,2 | -6,8 | 18,7 | | -3 | -5,5 | 20,6 | | -1 | -6,2 |
| 06:00 | 20,3 | 11,8 | 0,5 | -7,3 | 14,2 | 11,5 | 0,8 | -6,6 | 20,6 | | -3,2 | -5,4 | 21,6 | | -2,1 | -7,7 |

Çalışmada ölçüm noktalarından alınan sıcaklık sonuçları 11:00-15:00 saatleri arasında kendi içinde değerlendirilmiş ve simülasyon çıktıları bu saatte alınmıştır (Çizelge 4.2, 4.3, 4.4, 4.5).

Çizelge 4.2. Temmuz-2017 dönemi kaydedilen saatlik sıcaklık ölçümleri (°C)

| Zaman | Mahallebaşı | Kayakyolu | Yıldızkent | Üniversite Lojmanları | Maksimum Sıcaklık | Minimum Sıcaklık | Sıcaklık Farkı |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|------------------|----------------|
| 11:00 | 29,4 | 23 | 28 | 29,5 | 29,5 | 23 | 6,5 |
| 12:00 | 29 | 25,2 | 28,1 | 32,3 | 32,3 | 25,2 | 7,1 |
| 13:00 | 29,5 | 26,5 | 27 | 33,8 | 33,8 | 26,5 | 7,3 |
| 14:00 | 29,5 | 26,3 | 28,5 | 31,7 | 31,7 | 26,3 | 5,4 |
| 15:00 | 29,3 | 25,8 | 28,2 | 32,6 | 32,6 | 25,8 | 6,8 |
| Araştırma Günü (11:00-15:00) | Maksimum Sıcaklık | Minimum Sıcaklık | Sıcaklık Farkı | Ortalama Sıcaklık | Araştırma Alanı | | |
| 1.Gün | 29,5 | 29 | 0,5 | 29,34 | Mahallebaşı | | |
| 2.Gün | 33,8 | 29,5 | 4,3 | 31,98 | Ü. Lojmanları | | |
| 3.Gün | 28,5 | 27 | 1,5 | 27,96 | Yıldızkent | | |
| 4.Gün | 26,5 | 23 | 3,5 | 25,36 | Kayakyolu | | |

Çizelge 4.3. Temmuz-2018 dönemi kaydedilen saatlik sıcaklık ölçümleri (°C)

| Zaman | Mahallebaşı | Kayakyolu | Yıldızkent | Üniversite Lojmanları | Maksimum Sıcaklık | Minimum Sıcaklık | Sıcaklık Farkı |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|------------------|----------------|
| 11:00 | 24,4 | 25,2 | 21 | 23,1 | 25,2 | 21 | 4,2 |
| 12:00 | 25,7 | 25 | 23,9 | 23,3 | 25,7 | 23,3 | 2,4 |
| 13:00 | 26,1 | 26,4 | 23,6 | 24,5 | 25,2 | 23,6 | 1,6 |
| 14:00 | 27,6 | 28,2 | 24,7 | 20,4 | 28,2 | 20,4 | 7,8 |
| 15:00 | 25,4 | 29 | 24,1 | 16,5 | 29 | 16,5 | 12,5 |
| Araştırma Günü (11:00-15:00) | Maksimum Sıcaklık | Minimum Sıcaklık | Sıcaklık Farkı | Ortalama Sıcaklık | Araştırma Alanı | | |
| 1.Gün | 27,6 | 24,4 | 3,2 | 25,8 | Mahallebaşı | | |
| 2.Gün | 24,5 | 16,5 | 8 | 21,5 | Ü. Lojmanları | | |
| 3.Gün | 24,7 | 21 | 3,7 | 23,4 | Yıldızkent | | |
| 4.Gün | 29 | 25 | 4 | 26,7 | Kayakyolu | | |

Çizelge 4.4. Şubat-2018 dönemi kaydedilen saatlik sıcaklık ölçümleri (°C)

| Zaman | Mahallebaşı | Kayakyolu | Yıldızkent | Üniversite Lojmanları | Maksimum Sıcaklık | Minimum Sıcaklık | Sıcaklık Farkı |
|------------------------------|-------------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------|------------------|----------------|
| 11:00 | 7,2 | 2,3 | 10,6 | 4,8 | 10,6 | 2,3 | 8,3 |
| 12:00 | 7,5 | 4,2 | 9,8 | 3,9 | 9,8 | 3,2 | 6,6 |
| 13:00 | 8,7 | 6,2 | 10,4 | 3,6 | 10,4 | 2,8 | 7,6 |
| 14:00 | 8,9 | 6,9 | 10,9 | 6,1 | 10,9 | 1,3 | 9,6 |
| 15:00 | 9,5 | 5,7 | 10,3 | 5,5 | 10,3 | 2,1 | 8,2 |
| Araştırma Günü (11:00-15:00) | | Maksimum Sıcaklık | Minimum Sıcaklık | Sıcaklık Farkı | Ortalama Sıcaklık | Araştırma Alanı | |
| 1.Gün | | 9,5 | 7,2 | 2,3 | 8,36 | Mahallebaşı | |
| 2.Gün | | 6,1 | 3,6 | 2,5 | 4,78 | Ü. Lojmanları | |
| 3.Gün | | 10,9 | 9,8 | 1,1 | 10,4 | Yıldızkent | |
| 4.Gün | | 6,9 | 2,3 | 4,6 | 5,06 | Kayakyolu | |

Çizelge 4.5. Şubat-2019 dönemi kaydedilen saatlik sıcaklık ölçümleri (°C)

| Zaman | Mahallebaşı | Kayakyolu | Yıldızkent | Üniversite Lojmanları | Maksimum Sıcaklık | Minimum Sıcaklık | Sıcaklık Farkı |
|------------------------------|-------------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------|------------------|----------------|
| 11:00 | -5,8 | -1 | -1,7 | -1,7 | -1 | -5,8 | 4,8 |
| 12:00 | -5,3 | -1,2 | -1,5 | -3,9 | -1,2 | -5,3 | 4,1 |
| 13:00 | -4,6 | -1,1 | -1,4 | -2,5 | -1,1 | -4,6 | 3,5 |
| 14:00 | -4,7 | -1,5 | -0,2 | -2,1 | -0,2 | -4,7 | 4,5 |
| 15:00 | -3,7 | -0,5 | -1,8 | -1,3 | -0,5 | -3,7 | 3,2 |
| Araştırma Günü (11:00-15:00) | | Maksimum Sıcaklık | Minimum Sıcaklık | Sıcaklık Farkı | Ortalama Sıcaklık | Araştırma Alanı | |
| 1.Gün | | -3,7 | -5,8 | 2,1 | -4,75 | Mahallebaşı | |
| 2.Gün | | -1,3 | -3,9 | 2,3 | -2,3 | Ü. Lojmanları | |
| 3.Gün | | -0,2 | -1,8 | 1,6 | -1,32 | Yıldızkent | |
| 4.Gün | | -0,5 | -1,5 | 1 | -1,06 | Kayakyolu | |

4.2. ENVI-met Model Güvenirliği ve Sonuçların Doğrulanması

Hesaplamaların doğruluğu, büyük ölçüde ızgara boyutuna, modeldeki detaylara ve giriş parametrelerine bağlıdır. Çalışmada, modelleme sonuçları ile ölçülen değerler arasındaki kalibrasyonu değerlendirmek için iki farklı gösterge kullanılmıştır. İlk gösterge olan anlaşma dizini (d), 0-1 arasında değer almakta ve bu değer 1'e ne kadar yakın olursa doğruluk o kadar sağlanmış olmaktadır. Diğer gösterge RMSE ise bir veri kümesindeki farklı tahmin hatalarını karşılaştıran ve doğruluğu gösteren bir ölçüdür. Daha küçük değerler tahminde daha az hata olduğunu göstermektedir (şekil 4.1).

$$d = 1 - \frac{\left[\sum_{j=1}^{N_D} \left[(P_j - \bar{O}) - (O_j - \bar{O}) \right]^2 \right]}{\sum_{j=1}^{N_D} \left(|P_j - \bar{O}| + |O_j - \bar{O}| \right)^2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N_D} (P_j - O_j)^2}{N_D}}$$

| | |
|-----------|---|
| N_D | Analiz Edilen Veri Sayısı |
| \bar{O} | llen Değerkenlerin Ortalaması |
| O_j | Anlık llen değerkenler |
| P_j | Anlık Modelde Tahmin Edilen Değerkenler |

şekil 4.1. Simülasyonun doğrulanmasında kullanılan istatistiksel indeksler (Battista *et al.* 2016)

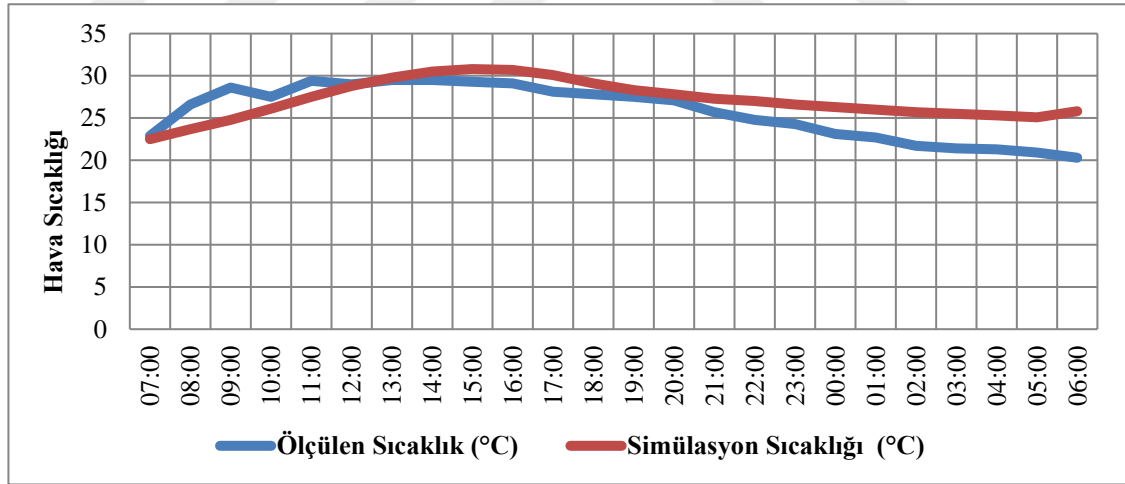
İlk alışma alanı olan Mahallebaşı semti için yaz döneminde simüle edilen ve ölçülen hava sıcaklığı arasındaki uyurşma endeksi 24 saatlik bir periyot için 0,99 iken RMSE değerı 2,43 olarak hesaplanmıştır (izelge 4.6).

Çizelge 4.6. Mahallebaşı için yaz döneminde ölçülen ve simüle edilen sıcaklıkların değerlendirilmesi

| Zaman | llen Sıcaklık (°C) | Simülasyon Sıcaklığı (°C) | Fark | Farkın Karesi | Karekök Ortalama Hata (RMSE) | Anlaşma Dizini (d) |
|-------|-----------------------|---------------------------|------|---------------|------------------------------|--------------------|
| 07:00 | 22,9 | 22,5 | -0,4 | 0,16 | 2,434 | 0,99 |
| 08:00 | 26,6 | 23,7 | -2,9 | 8,41 | | |
| 09:00 | 28,6 | 24,8 | -3,8 | 14,44 | | |
| 10:00 | 27,5 | 26,1 | -1,4 | 1,96 | | |
| 11:00 | 29,4 | 27,5 | -1,9 | 3,61 | | |
| 12:00 | 29 | 28,8 | -0,2 | 0,04 | | |
| 13:00 | 29,5 | 29,8 | 0,3 | 0,09 | | |
| 14:00 | 29,5 | 30,5 | 1 | 1 | | |

Çizelge 4.6. (devam)

| | | | | |
|-------|------|------|-----|-------|
| 15:00 | 29,3 | 30,8 | 1,5 | 2,25 |
| 16:00 | 29,1 | 30,7 | 1,6 | 2,56 |
| 17:00 | 28,1 | 30,1 | 2 | 4 |
| 18:00 | 27,8 | 29,1 | 1,3 | 1,69 |
| 19:00 | 27,5 | 28,3 | 0,8 | 0,64 |
| 20:00 | 27,1 | 27,8 | 0,7 | 0,49 |
| 21:00 | 25,7 | 27,3 | 1,6 | 2,56 |
| 22:00 | 24,8 | 27,0 | 2,2 | 4,84 |
| 23:00 | 24,3 | 26,6 | 2,3 | 5,29 |
| 00:00 | 23,1 | 26,3 | 3,2 | 10,24 |
| 01:00 | 22,7 | 26,0 | 3,3 | 10,89 |
| 02:00 | 21,7 | 25,7 | 4 | 16 |
| 03:00 | 21,4 | 25,5 | 4,1 | 16,81 |
| 04:00 | 21,3 | 25,3 | 4 | 16 |
| 05:00 | 20,9 | 25,1 | 4,2 | 17,64 |
| 06:00 | 20,3 | 25,8 | 5,5 | 30,25 |



Şekil 4.2. Mahallebaşı semtinde ölçülen ve simüle edilen hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılması

Bu doğrultuda Erzurum'daki saha ölçümleri ile yapılan doğrulama sonuçları her bir çalışma alanı için yaz ve kış dönemlerinde ayrı ayrı test edilmiştir (Çizelge 4.7, 4.8, 4.9, 4.10).

Çizelge 4.7. Mahallebaşı için doğrulanan simülasyon sonuçları

| Yer | Mahallebaşı | |
|------------------|--------------|-------------|
| Ölçüm Dönemi | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| d | 0,99 | 0,93 |
| RMSE (°C) | 2,434 | 1,29 |

Çizelge 4.8. Kayakyolu için doğrulanan simülasyon sonuçları

| Yer | Kayakyolu | |
|------------------|-------------|-------------|
| Ölçüm Dönemi | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| d | 0,93 | 0,63 |
| RMSE (°C) | 4,96 | 5,02 |

Çizelge 4.9. Yıldızkent için doğrulanan simülasyon sonuçları

| Yer | Yıldızkent | |
|------------------|-------------|-------------|
| Ölçüm Dönemi | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| d | 0,98 | 0,84 |
| RMSE (°C) | 3,36 | 4,19 |

Çizelge 4.10. Üniversite Lojmanları için doğrulanan simülasyon sonuçları

| Yer | Üniversite Lojmanları | |
|------------------|-----------------------|--------------|
| Ölçüm Dönemi | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| d | 0,93 | 0,68 |
| RMSE (°C) | 5,93 | 3,606 |

Sonuçlar, farklı kentsel varyasyonların hava sıcaklığı üzerindeki etkisinin ENVI-met modeli tarafından yaklaşık %80'lik bir doğrulukla ve 0.68-0.99°C arasında bir ortalama sapma ile hesaplanabileceğini göstermiştir. En çok sapma dereceleri, aşırı soğuk geceler dolayısıyla kış döneminde görülmüştür.

4.3. Mevcut Kentleşmenin İklim Üzerinde Yarattığı Değişimlerin Tespiti

Mikro-iklim analizleri için seçilmiş 4 alanda yapılan ölçümlerle hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık (T_{MRT}) ve termal konfor indeksi olan PMV değerleri bulunmuştur.

Ölçümlerde 2017 Temmuz ayının verileri ile 2018 Şubat ayının verileri hem yerinde yapılan ölçümler hem meteoroloji istasyonunun kaydettiği veriler karşılaştırılarak kullanılmıştır.

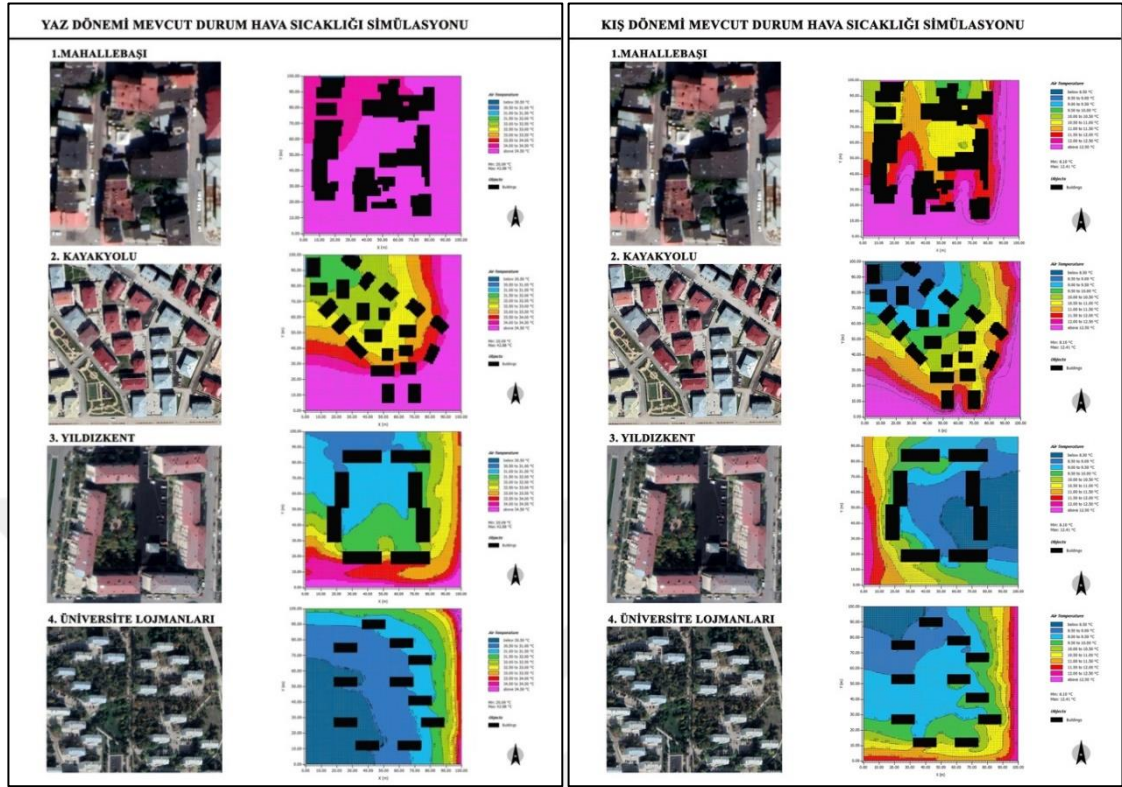
Mevcut durum tespitinde yaz ve kış dönemleri ayrı ayrı ele alınmıştır. Her ne kadar ilde kış dönemi 6 aydan uzun sürse de, problem tespitleri ve çözüm önerileri bu iki mevsim göz önüne alınarak yapılmıştır.

4.2.1. Araştırma alanlarının mevcut durum simülasyon çıktıları

Mevcut durum simülasyon sonuçlarında yaz dönemi için 23.07.2017, kış dönemi için 16.02.2018 tarihinde saat 13:00'teki değerler esas alınmıştır. Bunun sebebi, hem yaz hem kış dönemi için bu saatin açık alan kullanımının yüksek olacağı bir zaman dilimi olması hem de değişkenler arasında daha fazla karşılaştırmaya imkan sağlamasıdır. Bu doğrultuda mevcut durum için hava sıcaklığı, PMV ve T_{MRT} değerlerinin karşılaştırmaları yapılmıştır.

4.2.1.a. Hava sıcaklığı

Hava sıcaklığı simülasyon sonuçlarında $34,5^{\circ}\text{C}$ üzerindeki sıcaklıklar pembe renkli olarak gösterilmiş ve Mahallebaşı semtinin tamamı ile Kayakyolu semtinin önemli bir kısmının bu sıcaklık derecesinde kaldığı tespit edilmiştir. Yıldızkent semtinde ortalama sıcaklığın $30,5^{\circ}\text{C}$ ile $31,5^{\circ}\text{C}$ arasında, Üniversite lojmanlarında ise $30,5^{\circ}\text{C}$ ile 31°C arasında kaldığı görülerek bu iki yerleşim alanının diğer iki yerleşim alanından $2-3^{\circ}\text{C}$ daha serin olduğu yapılan karşılaştırmada anlaşılmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Yaz ve kış dönemi mevcut durum hava sıcaklığı simülasyonu

4 yerleşim alanında oluşan hava sıcaklığı farkının önemli ölçüde geçirimli ve geçirimsiz yüzey farkından oluştuğu tahmin edilmektedir. Mahallebaşı'nda tüm zeminin asfalt olması ve az katlı yapıların gölge etkisinin yok denecek kadar az olması sonucu bir soğutma etkisi yaratılmadığı tespit edilmiştir. Yıldızkent ve Üniversite lojmanlarında ise bahçeli yapı tipolojisinin varlığı sıcaklığın artmasını engellemiştir. Sonuç olarak, özellikle yaz mevsiminde sıcaklık değişimindeki önemli farkın asfalt ve toprak zemin değişiminden kaynaklandığı görülmüştür.

4.2.1.b. Tahmini ortalama oy (PMV)

PMV değeri için sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, yaz döneminde 5,1°C PMV değeri ile en fazla kırmızı renkli alana sahip olan Mahallebaşı semtinin aşırı sıcaklık stresinde olduğu görülmüştür. Aynı şekilde Kayakyolu semti de 4,3°C -5,1°C PMV değer aralığı ile aşırı sıcaklık stresi altındadır ancak 7-8 kat olan binaların gölge

etkisinin olduğu alanlarda PMV değerinin $3,3^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düştüğü tespit edilmiştir. Yıldızkent semtinde ise iç avlu $4,3^{\circ}\text{C}$ - $4,5^{\circ}\text{C}$ aralığında biraz daha düşük PMV değerindedir ancak yine yarıya yarıya asfalt varlığı sebebiyle aşırı sıcak stres aralığında kaldığı tahmin edilmektedir. Üniversite lojmanlarının olduğu son çalışma alanında ise PMV termal konfor indeksinin $3,7^{\circ}\text{C}$ - $4,1^{\circ}\text{C}$ aralığında en düşük değere ulaştığı görülmüştür. Sonuç olarak mevcut durumda, yaz dönemi için termal stres seviyesinin bina gölgesi ve ağaçlık alanlarda biraz daha düşük olduğu ancak açık ve asfalt kaplı alanlarda aşırı sıcaklık stresine dayandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.12). Kış dönemi için simülasyon sonuçlarında dikkat edilmesi gereken konu gölge boylarının uzunluğudur. Ortalama bina yüksekliği 8 kat olan Kayakyolu semti ile ortalama bina yüksekliği 5 kat olan Yıldızkent ve Lojmanlar bölgesinde gölge olan alanlar, $-2,8^{\circ}\text{C}$ PMV değeri ile “güçlü soğuk termal stres seviyesi” nin oluşmasına neden olmuşlardır. Mahallebaşı semtinde ortalama bina kat yüksekliği 2 olduğundan gölge olan alanlar maksimum $-2,4^{\circ}\text{C}$ 'de kalmış ve ortamın konfor seviyesini etkilemediği görülmüştür.



Şekil 4.12. Yaz ve kış dönemi mevcut durum PMV simülasyonu

4.2.1.c. Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT})

Bir alanın termal konfor seviyesini objektif olarak değerlendirmek için kullanılan fiziksel parametrelerden biri de ortalama yansıyan sıcaklıktır. Ortalama yansıyan sıcaklık, bir insan vücudu ve vücudun maruz kaldığı çevre arasındaki yansıyan enerji transferini açıklayan bir miktardır (Lai *et al.* 2017). Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}), insan enerji dengesi ile yakından ilişkili olduğundan termal değerlendirmelerde yaygın olarak kullanılan önemli parametrelerden biridir. Örneğin, bir bina cephesinin yansıtma katsayısı, yansıyan kısa dalga radyasyonunu etkilemektedir. Radyasyon ne kadar fazla yansır, binanın çevresindeki T_{MRT} de o kadar yüksek olmaktadır. Ayrıca bir bina veya ağaç grubu gölge oluşturarak T_{MRT} 'nin azalmasına da yol açabilmektedir.

Mevcut durumda T_{MRT} değeri ile ilgili sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, yaz döneminde bina gölge etkisinin daha az olduğu Mahallebaşı, Yıldızkent ve Lojmanlar bölgesinde bu değer 74°C-76°C aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ortalama bina yüksekliğinin 7-8 kat olduğu Kayakyolu semtinde ise T_{MRT} değerinin düşerek 70°C-72°C aralığında olduğu görülmüştür. Kış döneminde artan gölge boyu uzunluğu, Kayakyolu semtinde T_{MRT} değerinin 23°C'nin altında kalmasına neden olurken, diğer 3 çalışma alanında gölge alanlarda bu değer 29°C'ye kadar çıktığı görülmüştür. Kış dönemi için ortamdaki T_{MRT} değeri ise tüm çalışma alanlarında 39°C'nin üzerinde tespit edilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Yaz ve kış dönemi mevcut durum T_{MRT} simülasyonu

4.3. Araştırma Alanları Varyasyonlarının Simülasyon Sonuçları

Simülasyon çalışmaları ve karşılaştırmalı analizler, farklı tasarım parametrelerinin mikro iklimlendirme koşulları ve dış mekanlarda yayaların termal konforları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu çalışma, her bir parametrenin dört tip kentsel alan formu üzerindeki etkisinin değerlendirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Sonuç çıktıları, giriş ve çıkış parametreleri sabit tutularak her bir çalışma alanında 64 sıcaklık, 64 PMV ve 64 T_{MRT} değerleri için tek tek açıklanmıştır. Değerlendirmeler ENVI-met simülasyonları sonucu oluşturulan hava sıcaklığı, öngörülen ortalama oy (PMV) ve ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) mikro-iklim haritaları ile karşılaştırmalı bir şekilde yapılmıştır. Haritalar, yaz ve kış dönemleri için ayrı ayrı oluşturulmuş ve sonuçlar her bir çalışma alanında belirlenen referans noktaları üzerindeki değişimlerle grafikler üzerinden karşılaştırmalı olarak aktarılmıştır.

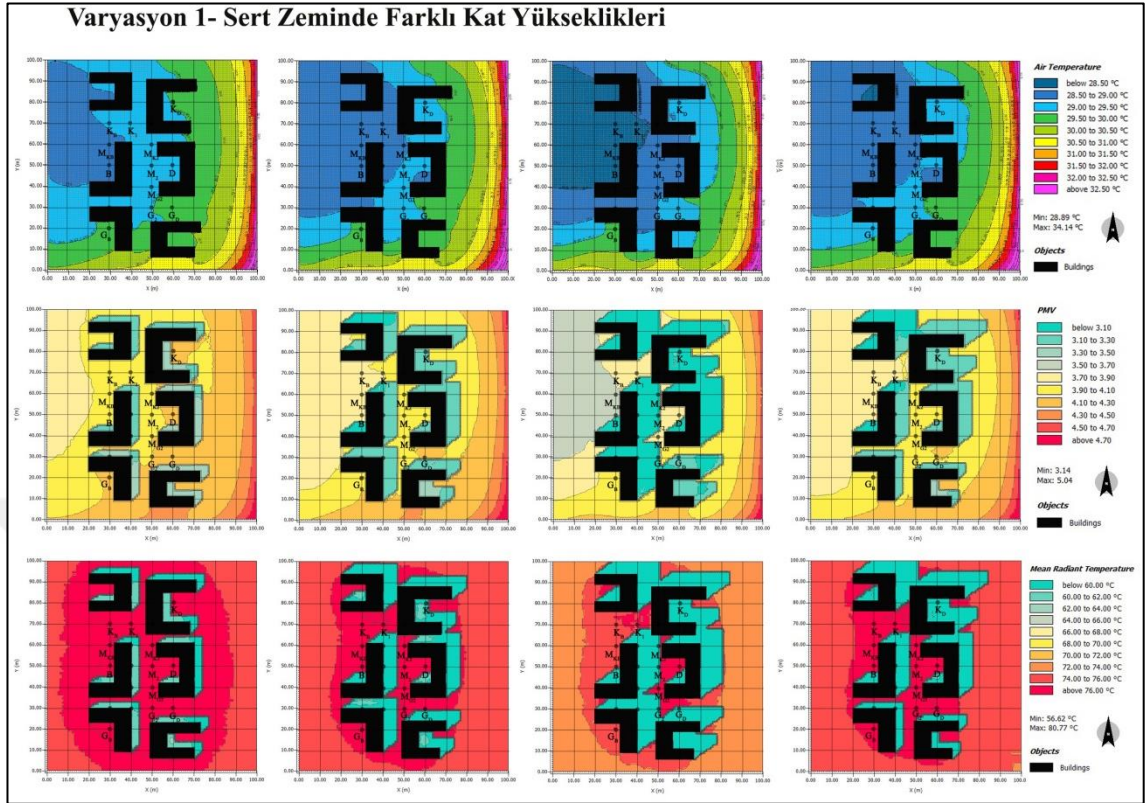
Varyasyonlarda 3 kat, 5 kat, 8 kat ve farklı kat yüksekliklerinin bir arada olduğu 4 farklı alt parametre oluşturulmuştur. Örneğin varyasyon 1 için binaların 3 kat olduğu alt varyasyon 1_1, 5 kat olduğu alt varyasyon 1_2, 8 kat olduğu alt varyasyon 1_3 ve farklı kat yüksekliklerinin bir arada olduğu alt varyasyon 1_4 olarak isimlendirilmiştir. Sert zeminin sabit tutulduğu 1-3-5-7 varyasyonlarında granit kaplama kullanılırken, varyasyon 2-4-6-8'de sabit tutulan çim zemin, ENVI-met model yazılımında bulunan orta yoğunlukta ve 15 cm yükseklikte seçilmiştir. Ayrıca varyasyon 3-4 ve 7-8'de kuzeydoğu yönünde her mevsim yeşil ve rüzgardan koruyucu özellikte olan iğne yapraklı ağaç grupları ve yoğun çalı grubu konumlandırılmıştır. Ağaç grupları ENVI-met model yazılımında bulunan 15 m yükseklikte konik ibreli ağaçlardan seçilmiştir. Ek olarak, varyasyon 5-6-7 ve 8'de binaların konumu ayarlanırken 12°'lik bir açıyla güneydoğu yönlendirmesinin etkisi test edilmiştir.

4.3.1. Mahallebaşı Senti

4.3.1.a. Yaz dönemi varyasyon çıktıları

1. Varyasyon-1 sert zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklime etkisi

Mahallebaşı semtinde simülasyon sonuçları K_B , K_1 , K_D , M_{KB} , M_{K2} , B , M_2 , D , M_{G2} , G_B , G_2 , G_D referans noktaları bazında karşılaştırılmıştır (Şekil 4.14).



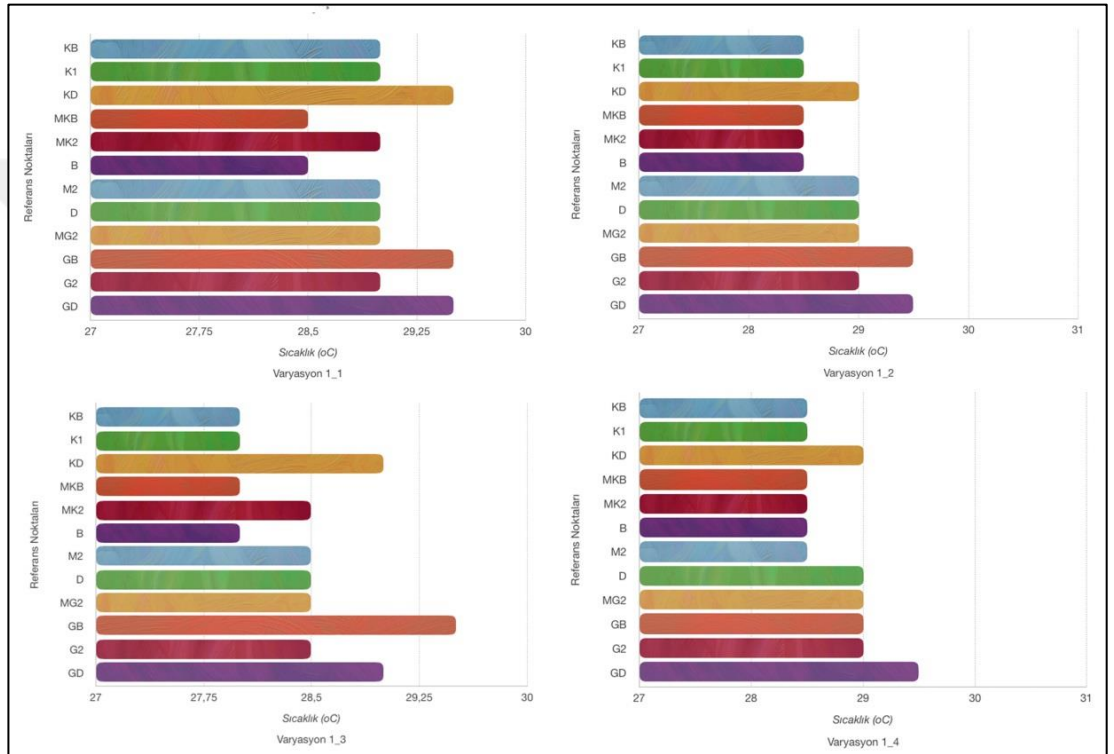
Şekil 4.14. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Varyasyon 1'deki simülasyon sonuçları, kat yüksekliği arttıkça gölge artışı ve rüzgar yönüne bağlı olarak hava sıcaklığının ortalama $0,5^{\circ}\text{C}$ düştüğünü göstermiştir (Şekil 4.15). Özellikle güney ve güneydoğu cephesi kapalı olan bina iç avlularının yüksek kat artışı ile birlikte sıcaklık düşüşünden daha fazla etkilendiği görülmektedir (M_{KB} , B, D).

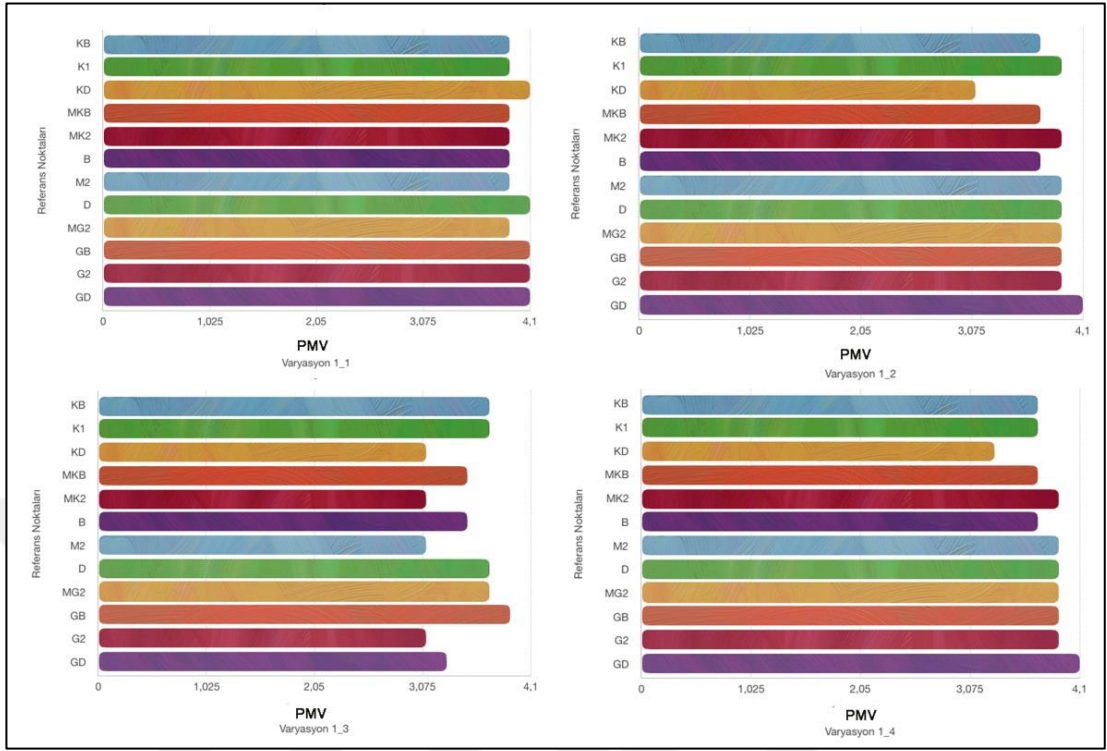
Dış mekan termal konfor indekslerinden biri olan PMV değeri için simülasyon sonuçları $3,1^{\circ}\text{C}$ ile $4,1^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.16). PMV değeri $3,5^{\circ}\text{C}$ ve yukarısını gösteren alanların "Aşırı Sıcaklık Stresi"nde olduğu, $3,3^{\circ}\text{C}$ - $3,5^{\circ}\text{C}$ aralığında olan gölge alanların ise "Güçlü Sıcaklık Stresi"nde olduğu tespit edilmiştir.

Simülasyonlar, kat yüksekliği arttıkça gölge oluşumunun arttığını ve PMV değerinin düştüğünü, ayrıca doğu tarafında binaların rüzgar yönünü dik keserek soğumayı engellediğini ve dolayısıyla PMV değerinin daha yüksek kaldığını göstermektedir.

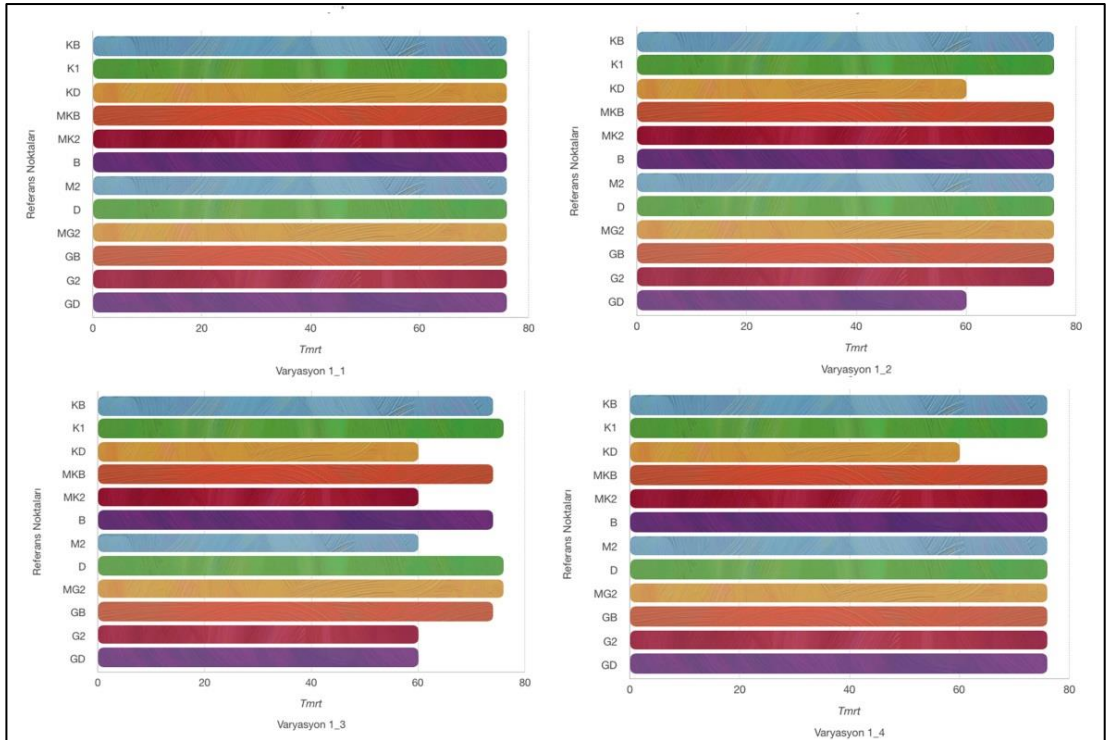
Simülasyon sonuçları T_{MRT} değerlerinin, bina cephelerinde ve zeminde kullanılan malzemelerin tüm parametrelerde aynı olduğu göz önünde bulundurularak, kat değişimi ile birlikte gölge oluşumuna bağlı olarak değiştiğini göstermiştir (Şekil 4.17). Bina kat yüksekliğindeki artış, bina çevresinde ortalama yansıyan sıcaklık değerinin düşmesine neden olmaktadır.



Şekil 4.15. Varyasyon-1 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



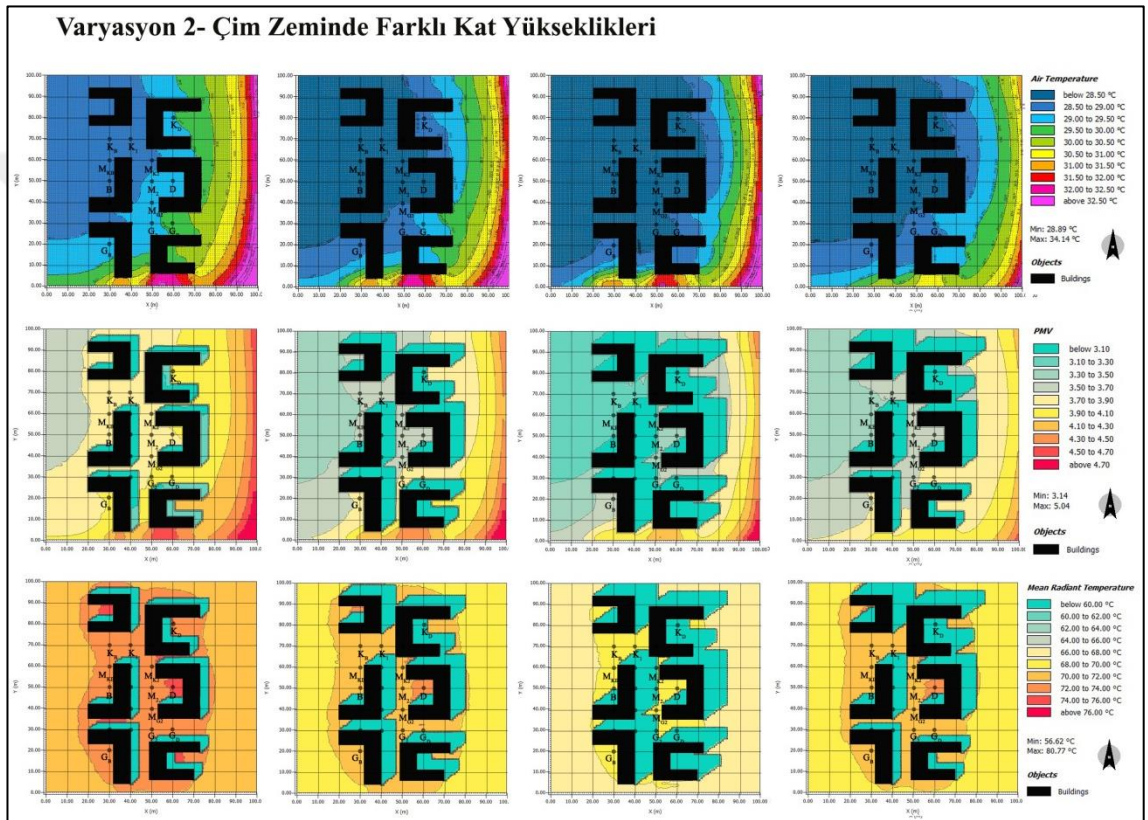
Şekil 4.16. Varyasyon-1 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.17. Varyasyon-1 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

2. Varyasyon-2 çim zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklim etkisi

Varyasyon 2’de, evapotransporasyon (terleme ve buharlaşma) sebebiyle çim zemin kullanımında sert zemine kıyasla ortamdaki hava sıcaklığının 0,5°C ile 1°C arasında düştüğü görülmüştür (Şekil 4.18).

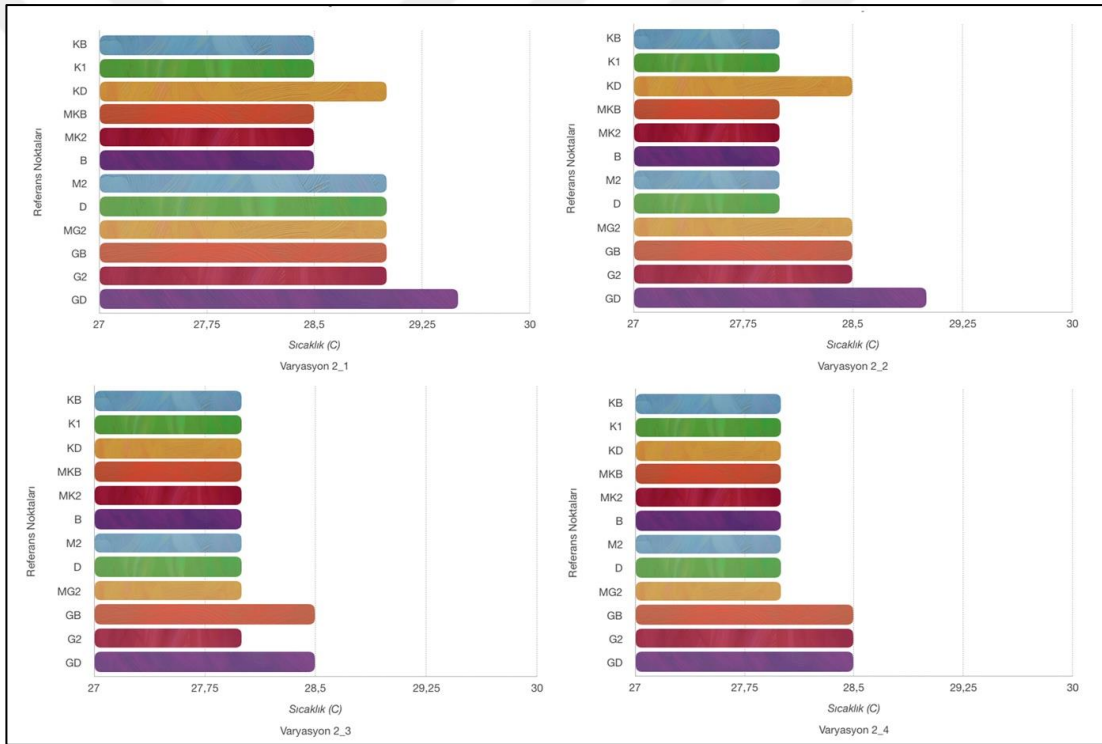


Özellikle 3 kattan sonra (varyasyon 2_2, 2_3, 2_4) gölge etkisi ve rüzgar ile birlikte simülasyonun batı tarafında hava sıcaklığı 28°C’nin üzerine çıkamamıştır (Şekil 4.19).

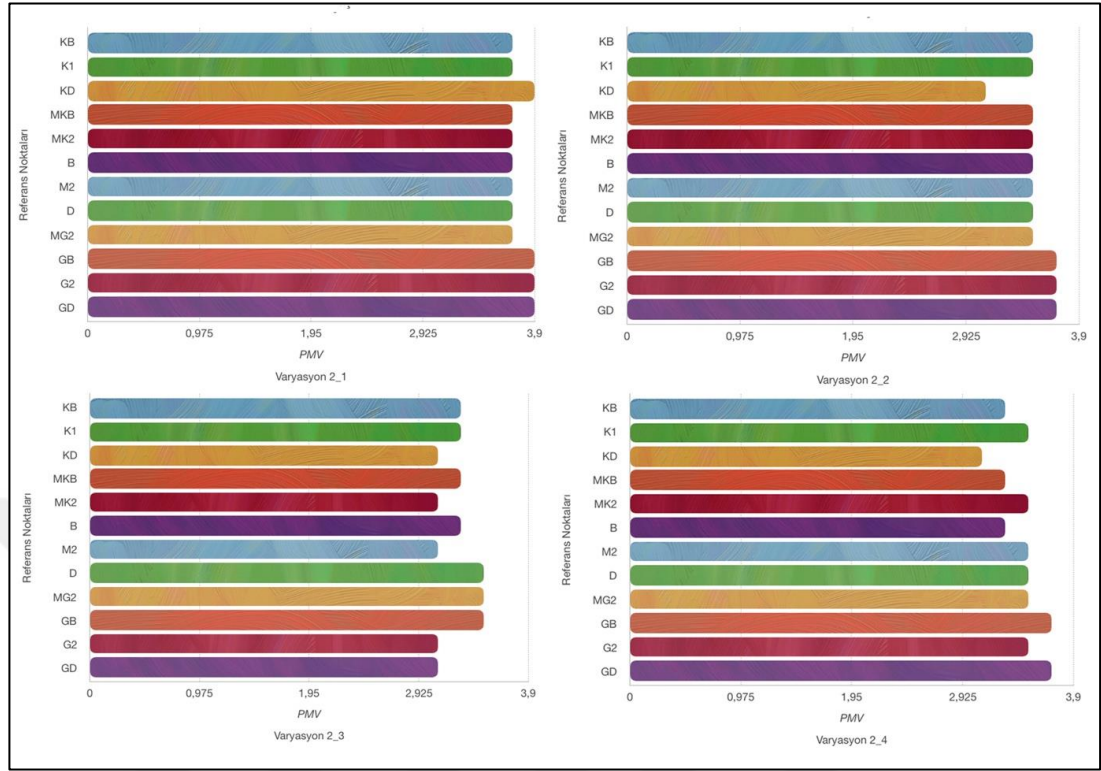
PMV değeri için simülasyon sonuçları, 3,1°C ile 3,9°C arasında değişim göstermiştir. Çim zemin kullanımı sert zemine kıyasla termal konfor değerinde ortalama 0,3°C - 0,5°C düşüşe neden olmuştur. Varyasyon 2_2, 2_3 ve 2_4 simülasyon sonuçlarında referans noktalarındaki PMV değerlerinin çim zemin kullanımı ve binaların gölgesi

sebebiyle 3,1°C- 3,5°C aralığında olduğu, varyasyon 2_1’de ise az katlı binalar sebebiyle bu değer 3,7°C-3,9°C seviyesine çıktığı görülmüştür (Şekil 4.20). Simülasyon sonuçları, 3,1°C ile 3,9°C arasındaki değişimin yaz dönemi için “Güçlü ve Aşırı Sıcaklık Stresi” yarattığını göstermiştir.

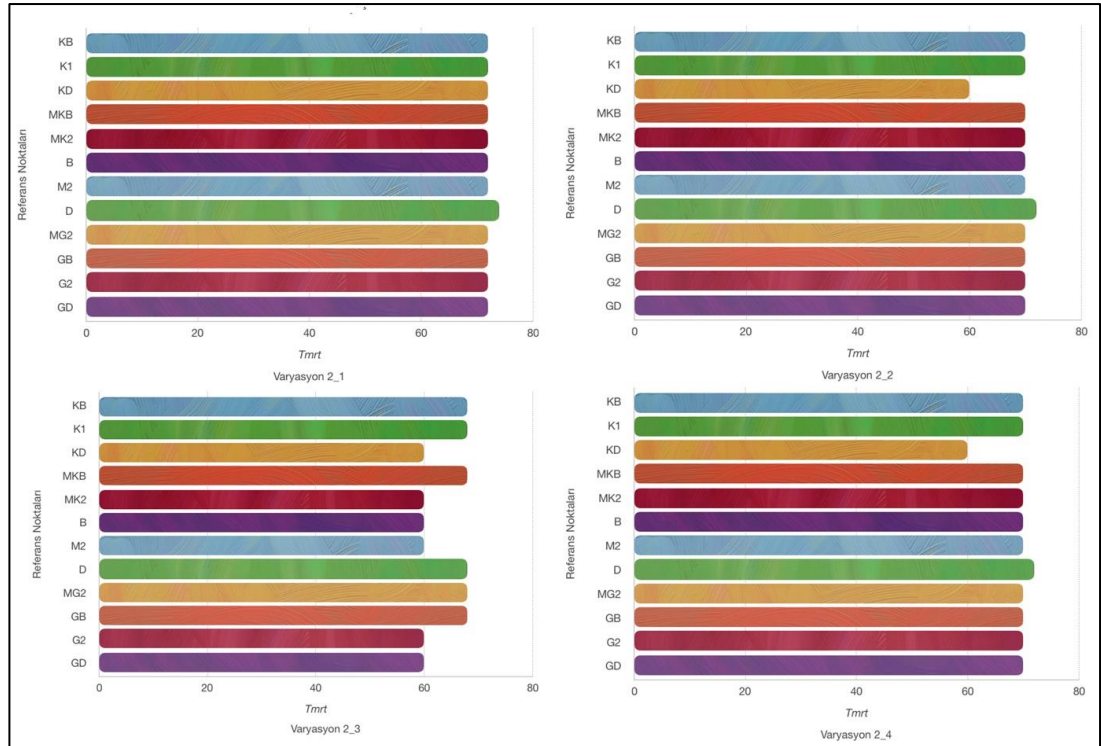
Çim zemin kullanımının sert zemine kıyasla ortalama yansıyan sıcaklık değerini ise 5°C ile 10°C arasında düşürdüğü görülmüştür. Özellikle varyasyon 2_3’te gölge artışı T_{MRT} değerinin 10°C’ye kadar düşmesine neden olmuştur (Şekil 4.21).



Şekil 4.19. Varyasyon-2 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



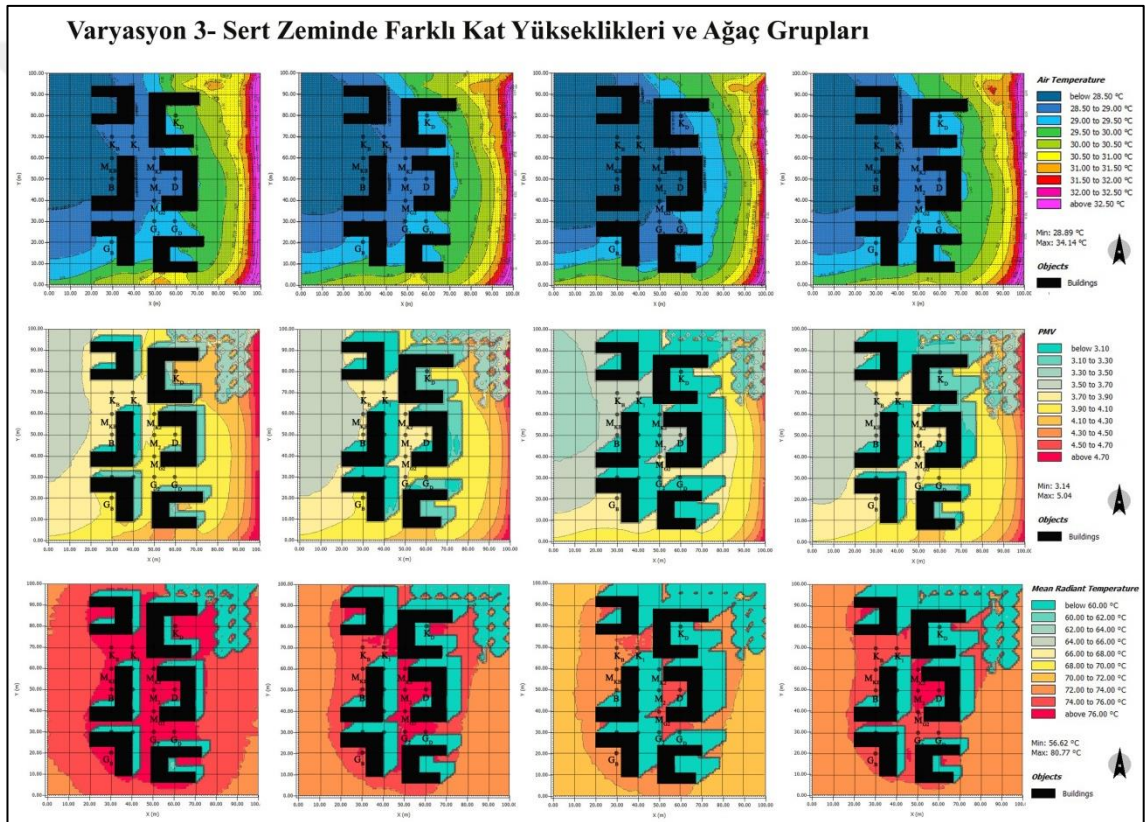
Şekil 4.20. Varyasyon-2 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.21. Varyasyon-2 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

3. Varyasyon-3 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

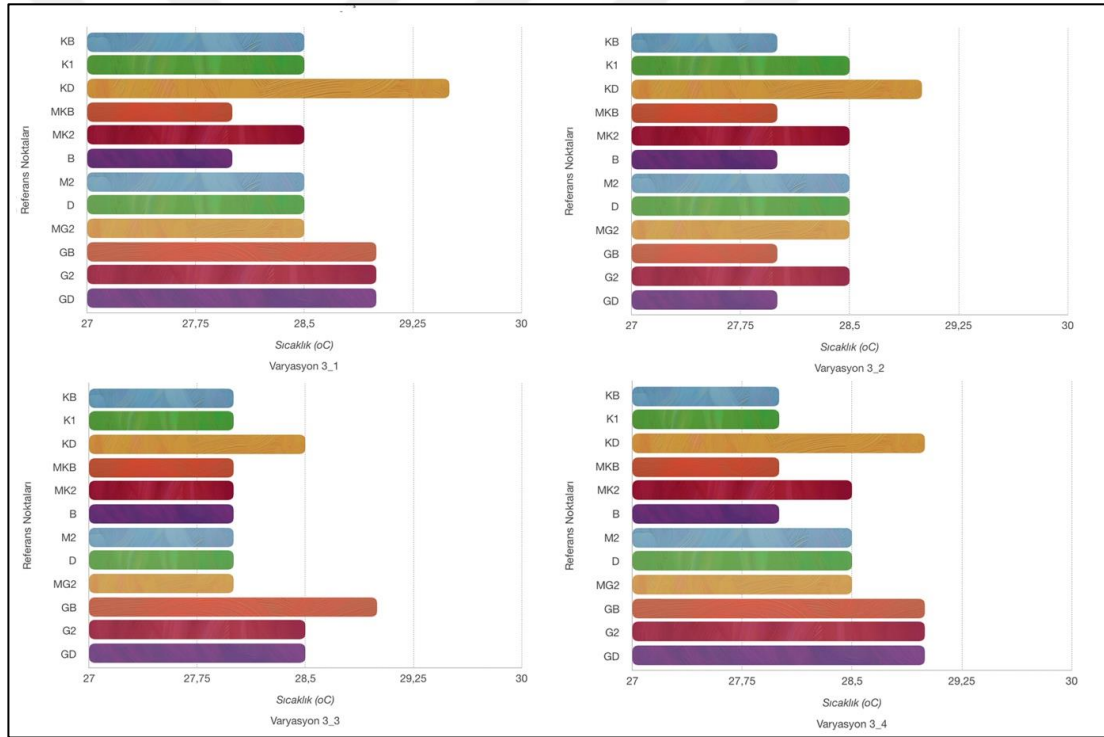
Simülasyon sonuçları, sert zeminde ağaç gruplarının kullanımı ile birlikte alan genelinde hava sıcaklığında ortalama $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik bir düşüş yaşandığını göstermiştir (Şekil 4.22). Ağaçlar, geçirimsiz olan kaplamalı alanlara ve binalara gelen kısa dalga radyasyonunu kırmış ve sıcaklığın düşmesine yardımcı olmuştur.



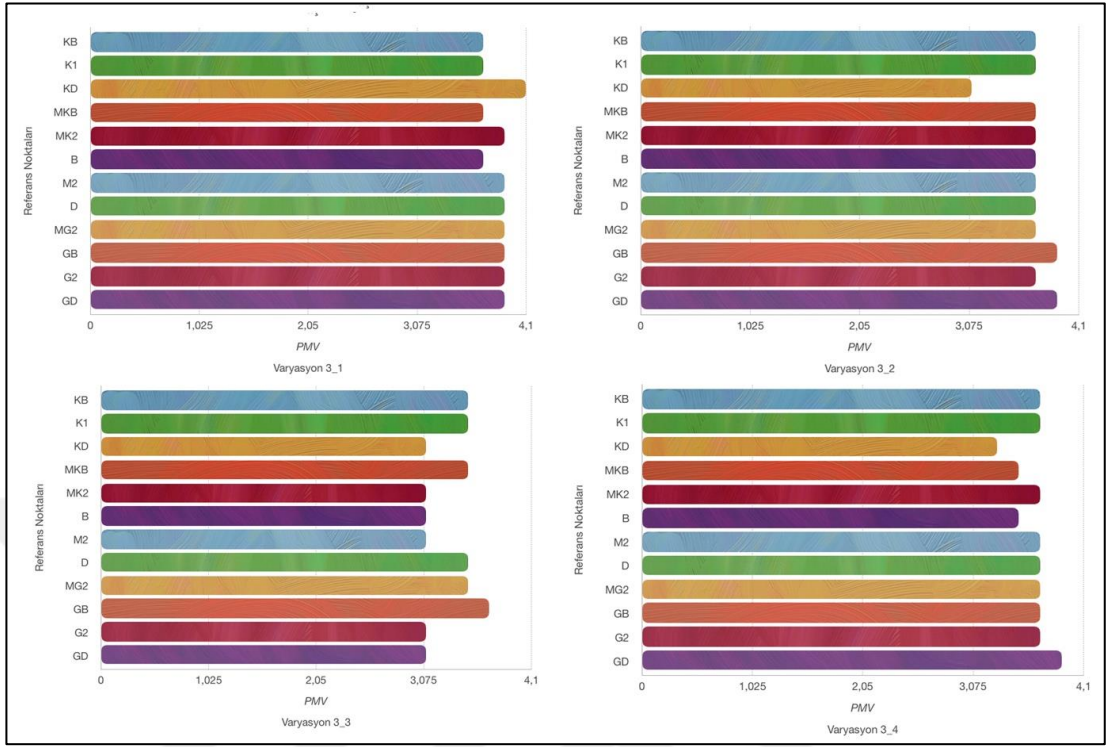
Aynı varyasyon gruplarındaki referans noktaları karşılaştırıldığında özellikle alt varyasyon 3_3'te K_B , K_1 , M_{K2} , M_2 , M_{G2} , D noktaları uzun gölge boyu sebebiyle daha düşük sıcaklıkta kalmıştır. Ancak diğer taraftan ağaç gruplarının bulunduğu kuzeydoğu tarafında rüzgarın yavaşlamasına bağlı olarak sıcaklığın arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.23).

PMV değeri için simülasyon sonuçları bu varyasyonda, 3,1°C ile 3,9°C arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.24). Sert zeminde ağaç kullanımı termal konfor değerinde ortalama 0,2°C'lik bir düşüşe neden olmuştur. Simülasyon sonuçlarının aynı şekilde 3,1°C ile 3,9°C arasındaki değişimi, yaz dönemi için “Güçlü ve Aşırı Sıcaklık Stresi”nin devam ettiğini göstermiştir.

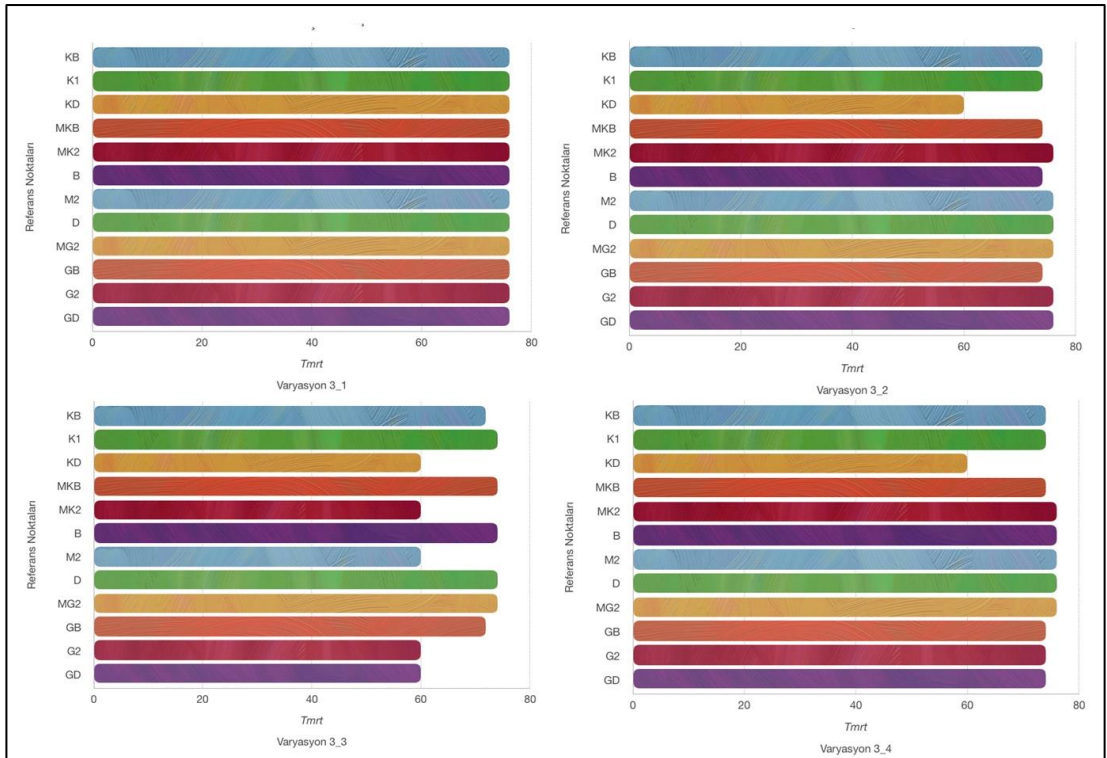
Varyasyon 3'te T_{MRT} değeri karşılaştırıldığında ağaç gruplarının alan genelinde 2°C'lik bir düşüşe neden olduğu saptanmıştır. Bitki örtüsünün olduğu alanda ise bu değerde 10°C'ye kadar farklar görülmüştür (Şekil 4.25).



Şekil 4.23. Varyasyon-3 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



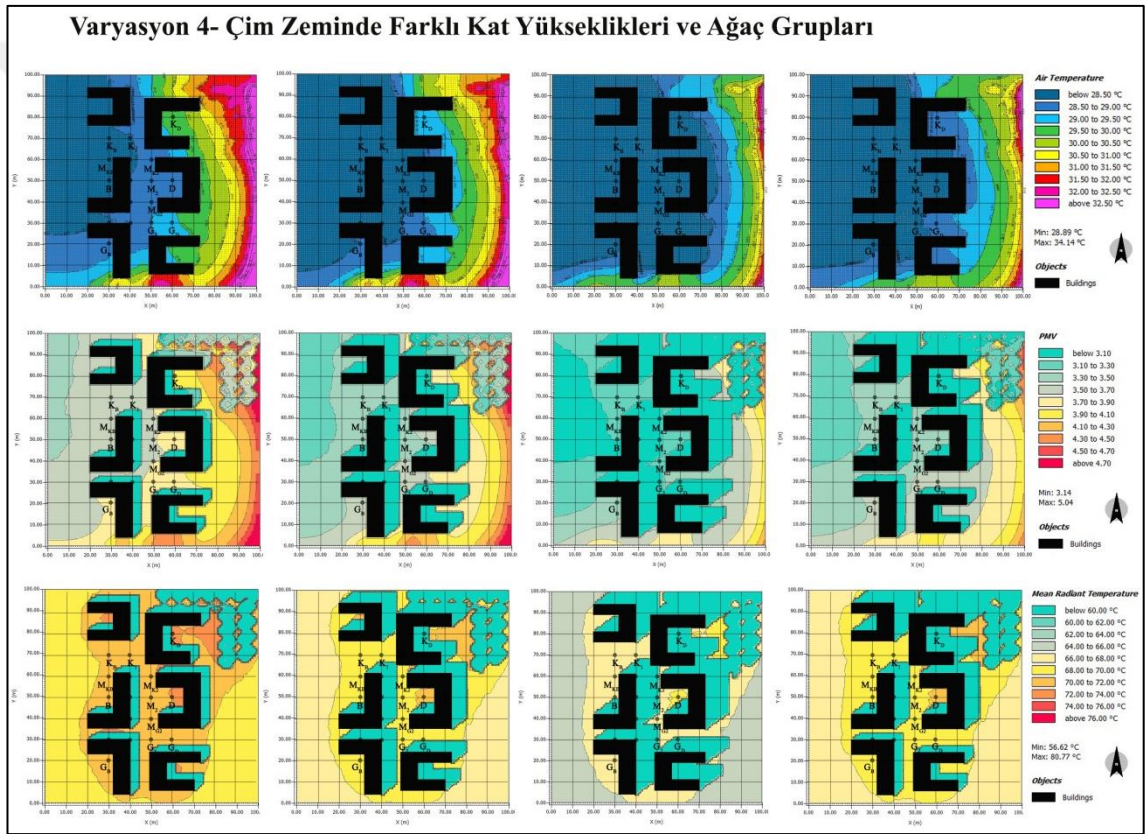
Şekil 4.24. Varyasyon-3 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.25. Varyasyon-3 T_{MRT} Değeri Simülasyon Sonuç Grafikleri

4. Varyasyon-4 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Bu varyasyonda çim zemin kullanımına ek olarak kuzeydoğu yönündeki ağaç gruplarının varlığı ortamdaki hava sıcaklığının 28,5°C'nin üzerine çıkmasını engellemiştir. Ancak ağaç grupları, konumlandırıldıkları alanda rüzgarı keserek sıcaklığın düşmesini de engellemişlerdir (Şekil 4.26).



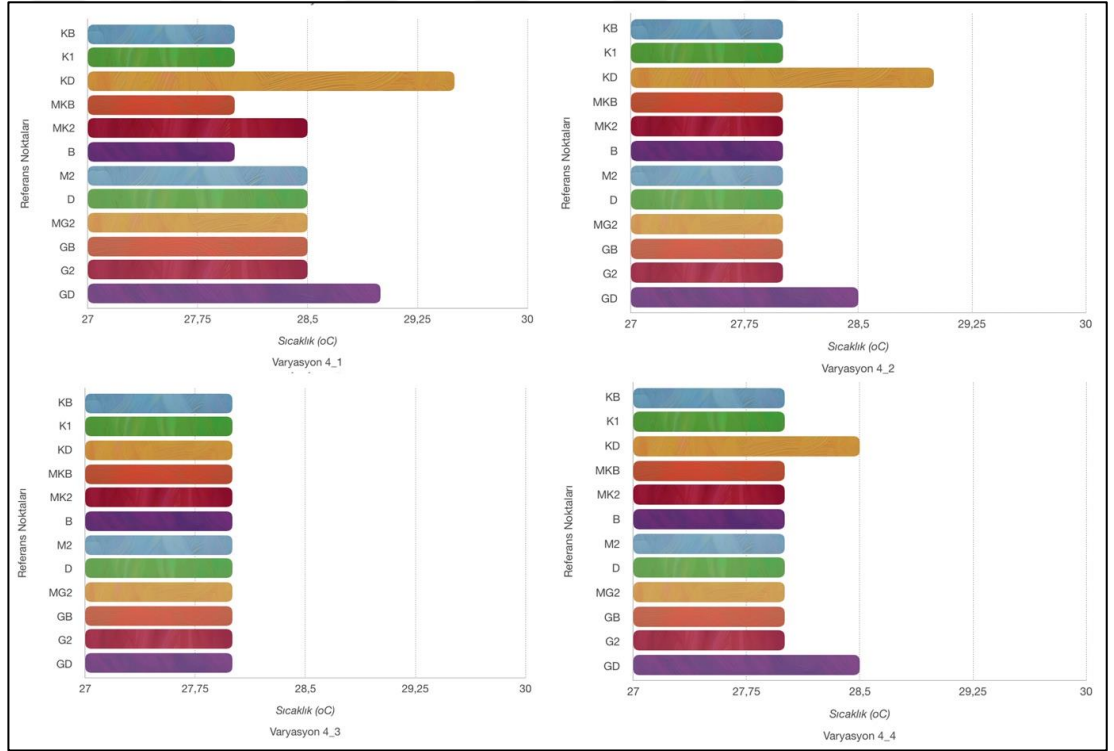
Şekil 4.26. Varyasyon-4 Hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Ağaç gruplarının yarattığı bu en büyük değişim binaların gölge etkisinin az olduğu alt varyasyon olan 4_1 ve 4_2'de görülmüştür (Şekil 4.27).

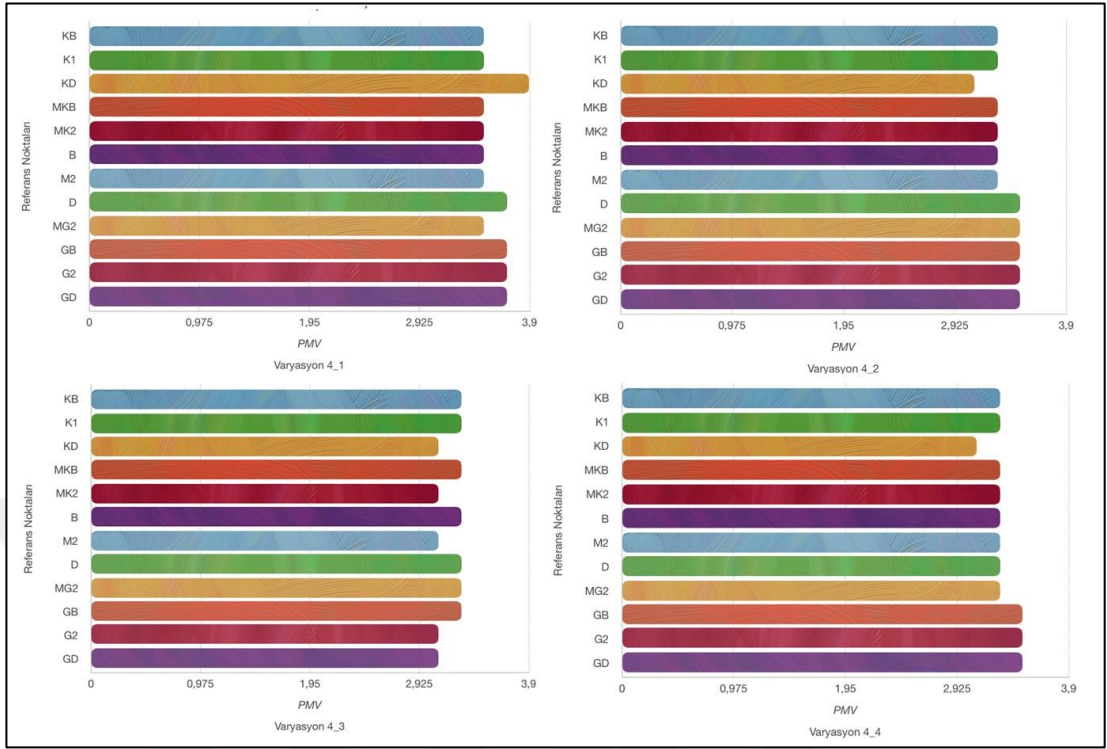
Bu varyasyonda PMV değeri, 3,9°C'nin altında kalmıştır. Çim zeminde ağaç kullanımı termal konfor değerinde ortalama 0,2°C'lik bir düşüşe neden olarak, soğuma etkisini

daha geniş bir alanda göstermiştir. PMV değerindeki en alt değer, bina yüksekliğinin 8 kat olduğu ve gölge etkisinin en fazla görüldüğü alt varyasyon olan 4_3'te tespit edilmiştir (Şekil 4.28). Simülasyon sonuçları, bu bölgede yaz dönemi için çim zemin ile birlikte ağaç kullanımının da “Güçlü ve Aşırı Sıcaklık Stresi” etkisinin önüne geçemediğini göstermiştir.

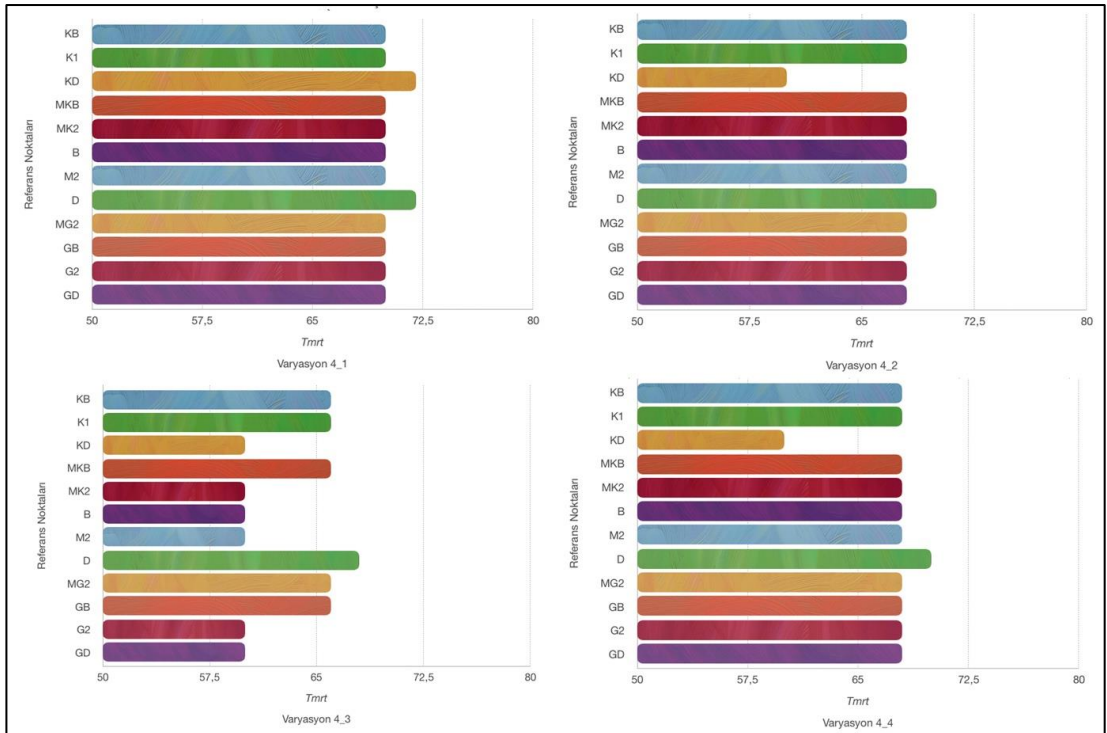
Varyasyon 4 ve Varyasyon 2 deki T_{MRT} değeri karşılaştırıldığında, ağaçların ortamdaki yansıyan sıcaklık değerini 2°C düşürdüğü görülmüştür. Ağaçların bulunduğu konumda bu farkın 10°C 'ye kadar düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.27. Varyasyon-4 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



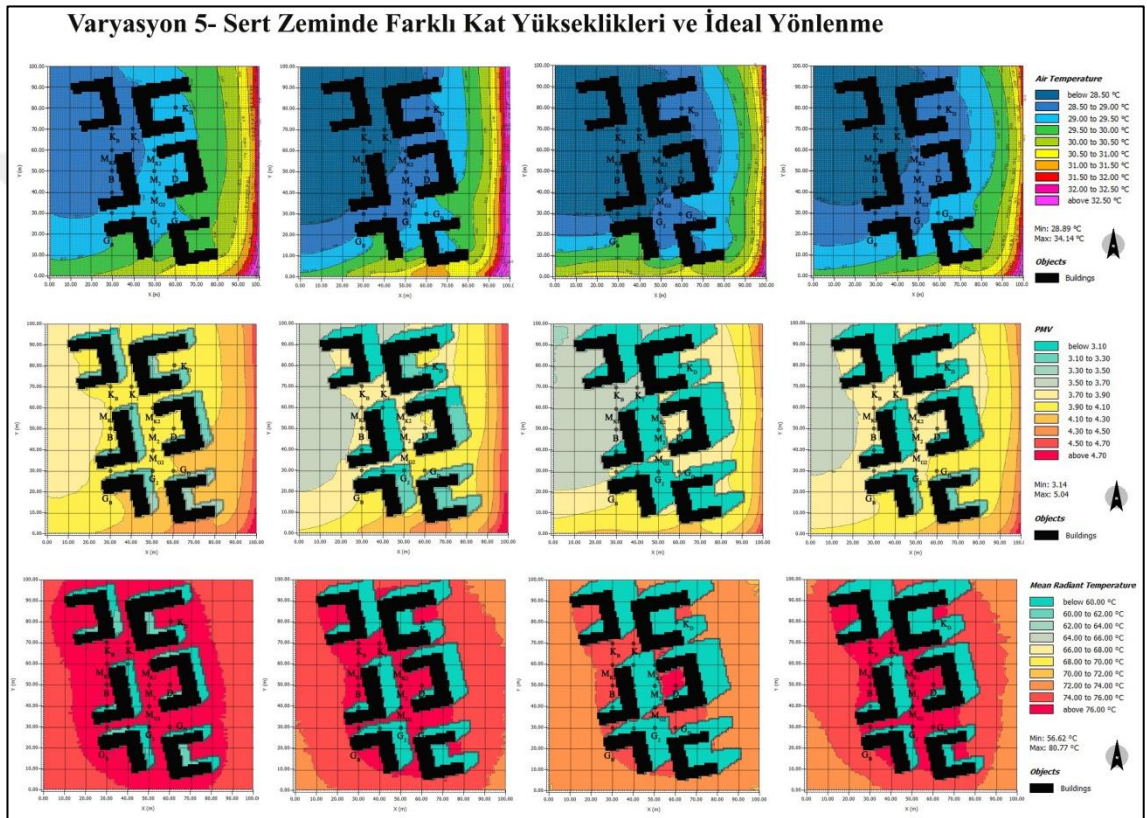
Şekil 4.28. Varyasyon-4 PMV Değeri Simülasyon Sonuç Grafikleri



Şekil 4.29. Varyasyon-4 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

5. Varyasyon-5 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

Varyasyon 5'teki simülasyon sonuçları, 12° yönlendirmenin hava sıcaklığında ortalama 0,5°C'lik bir düşüğe neden olduğunu göstermiştir (Şekil 4.30).



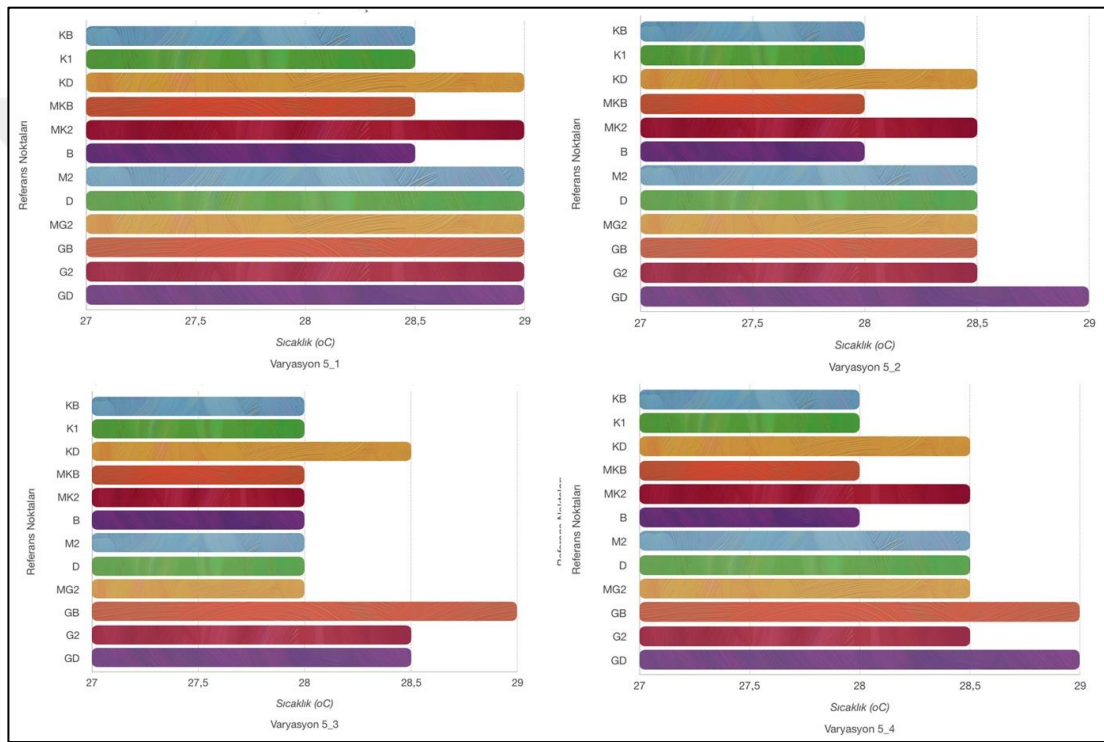
Şekil 4.30. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Aynı yönde esen rüzgarın (100°, Güneydoğu Keşişleme) hava sıcaklığının düşmesinde etkili olduğu tahmin edilmektedir. Özellikle güney ve güneydoğu cephesi kapalı olan bina iç avlularında yüksek kat artışı ile birlikte sıcaklık düşüşünün daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.31).

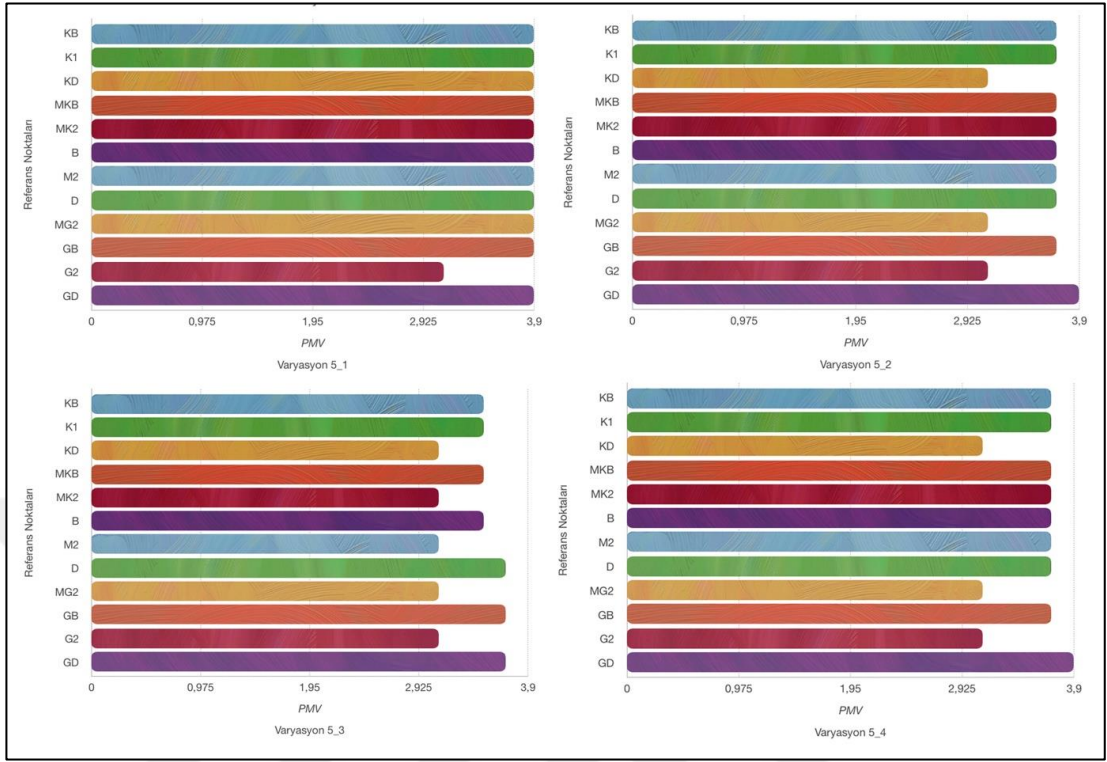
PMV değeri için simülasyon sonuçları ise 3,1°C ile 3,9°C arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.32). Yönlenme özellikle simülasyonun doğu tarafında rüzgar geçişine izin

vererek PMV değerinin bu alanda da düşmesine neden olmuştur. Sonuçlar, “Güçlü ve Aşırı Sıcaklık Stresi” etkisinin devam ettiğini göstermiştir.

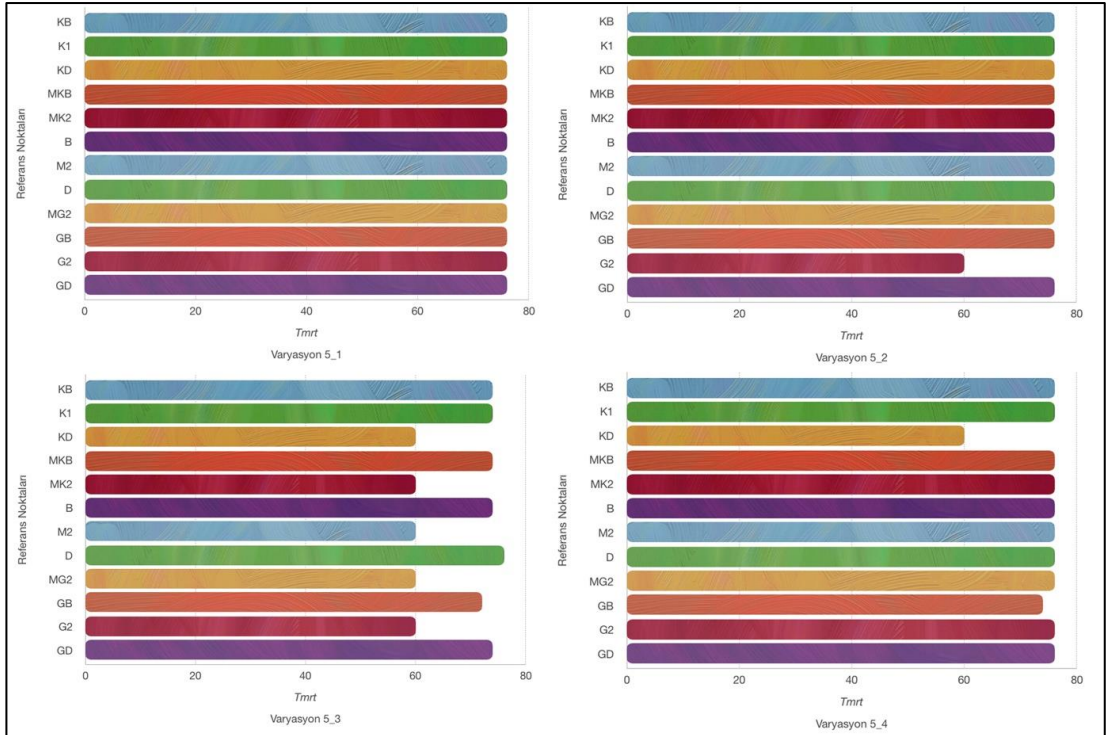
Bina cephelerinde aynı malzemeler kullanıldığı göz önünde bulundurularak, T_{MRT} değeri varyasyon 1 ile karşılaştırıldığında 12° güneydoğu yönlenmesinin değer sınırlarında daralma yarattığı tespit edilmiştir (Şekil 4.33).



Şekil 4.31. Varyasyon-5 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



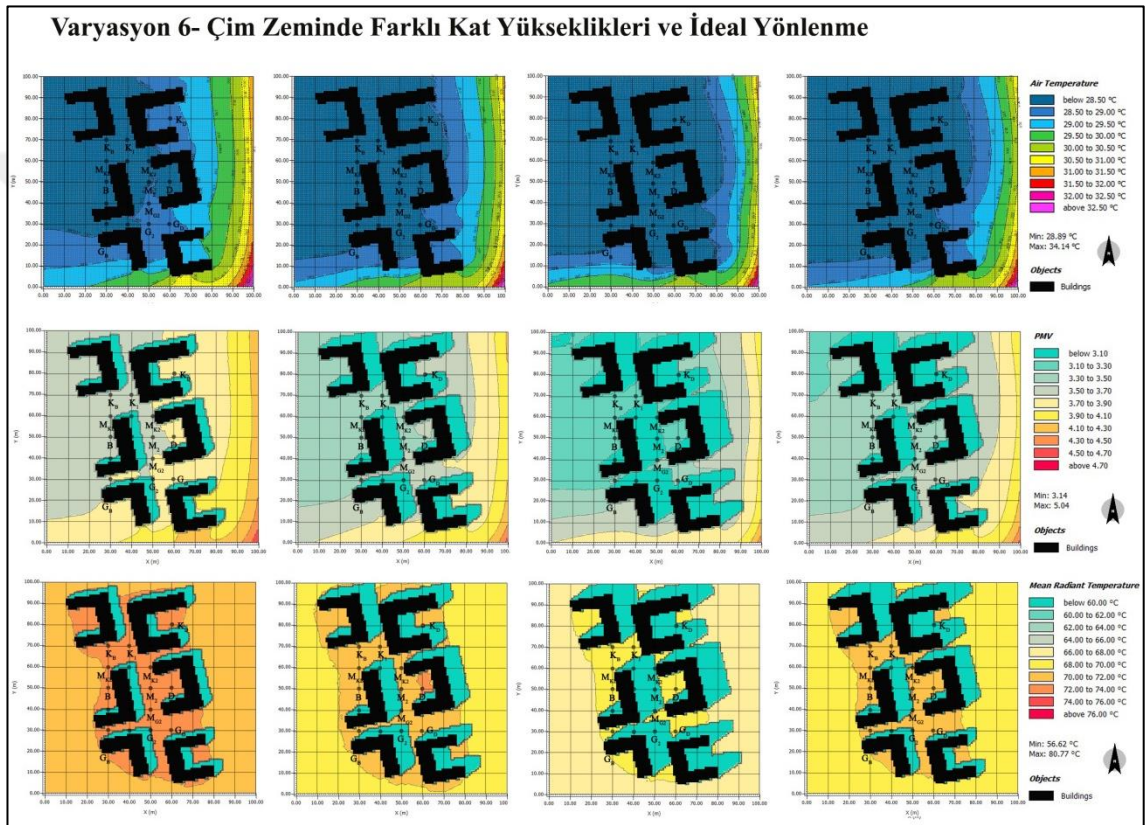
Şekil 4.32. Varyasyon-5 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.33. Varyasyon-5 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

6. Varyasyon-6 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

Simülasyon sonuçları, çim zeminde 12°'lik yönlendirme ile birlikte hava sıcaklığının 28°C'nin altında kaldığını göstermiştir (Şekil 4.34).



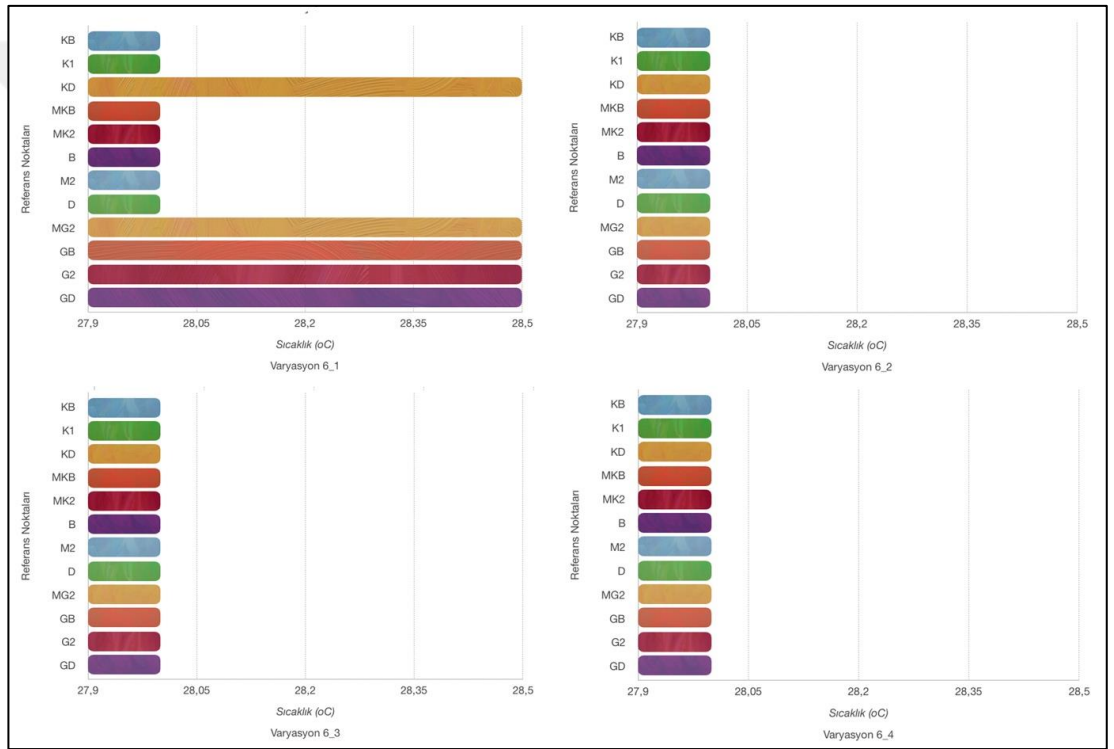
Şekil 4.34. Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Az katlı değişkenlerde yönlenmenin etkisi daha fazla görülmüş ve ortalama 0,5°C'lik bir fark tespit edilmiştir. Grafiklerde referans noktaları alt varyasyon 6_2, 6_3, ve 6_4'te en düşük sıcaklık değerini göstermiştir (Şekil 4.35).

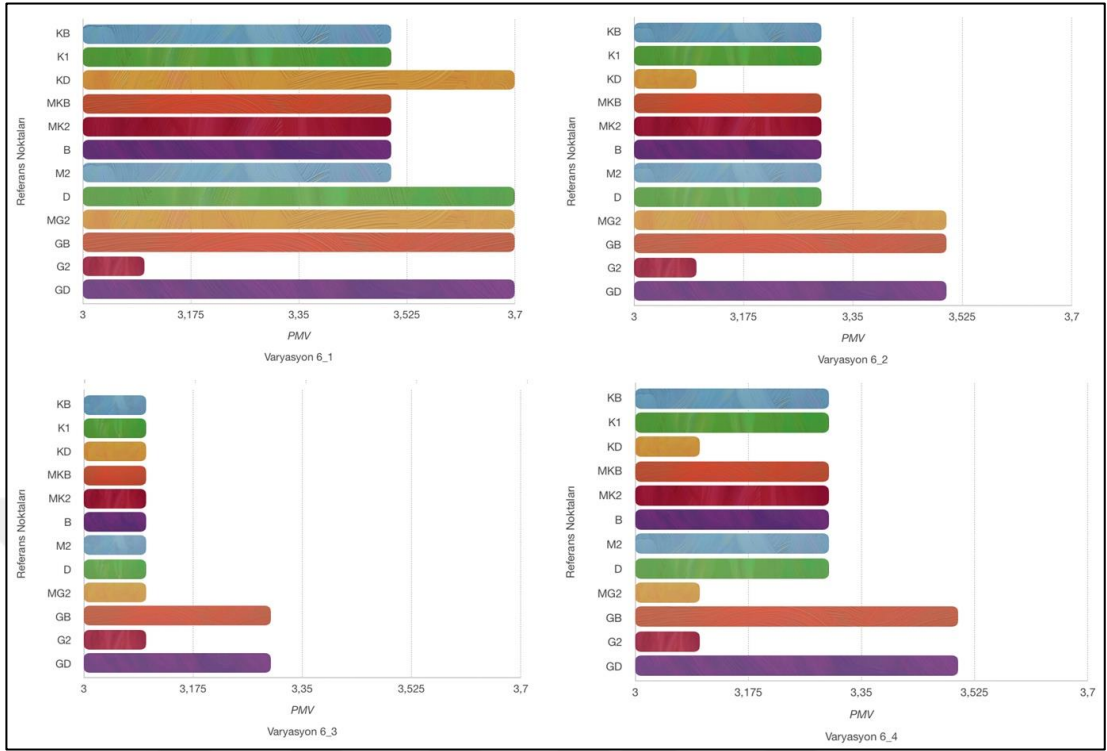
Çim zemin üzerinde bina konumlarının 12°'lik güneydoğu yönlendirilmesi PMV değerinde ise ortalama 0,2°C'lik bir azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.36). Yönlenme sonucu sert zeminde olduğu gibi simülasyonun doğu tarafında rüzgar geçişi sağlanarak

PMV değerinin bu alanda da düştüğü görülmüştür. Bu varyasyon ile sonuçlar yine “Güçlü ve Aşırı Sıcaklık Stresi” seviyesinde kalmış ancak termal konfor indeksi maksimum 3,7°C değerine çıkabilmiştir.

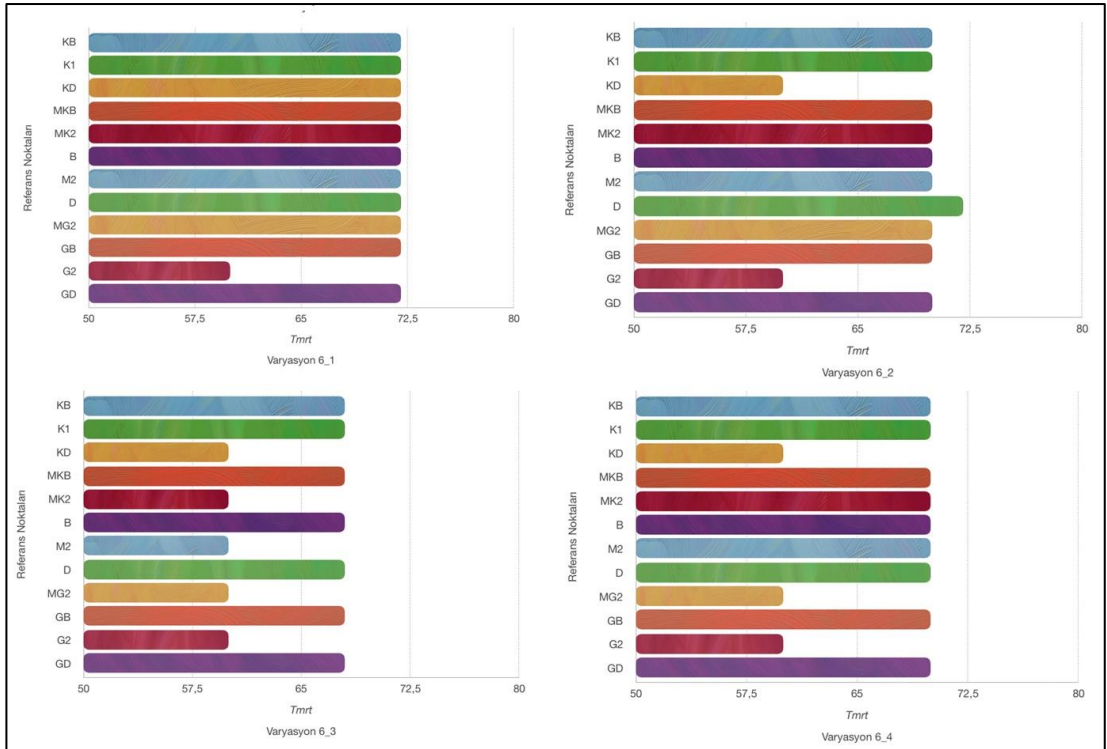
T_{MRT} değeri ise, Varyasyon 2’deki değer ile karşılaştırıldığında yönlendirmenin önemli bir fark yaratmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.37). Sadece binaların gölge yönlerinin değişiminden kaynaklı farklar görülmüştür.



Şekil 4.35. Varyasyon-6 Hava Sıcaklığı Simülasyon Sonuç Grafikleri



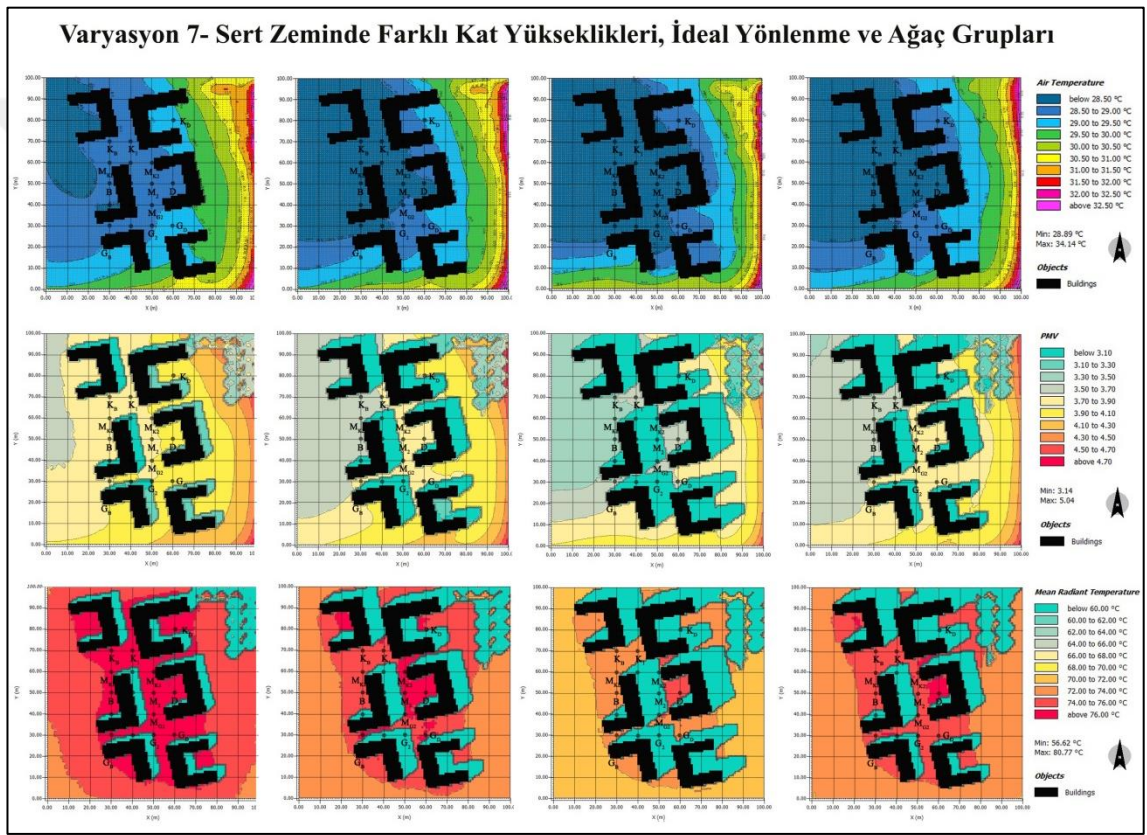
Şekil 4.36. Varyasyon-6 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.37. Varyasyon-6 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

7. Varyasyon-7 sert zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

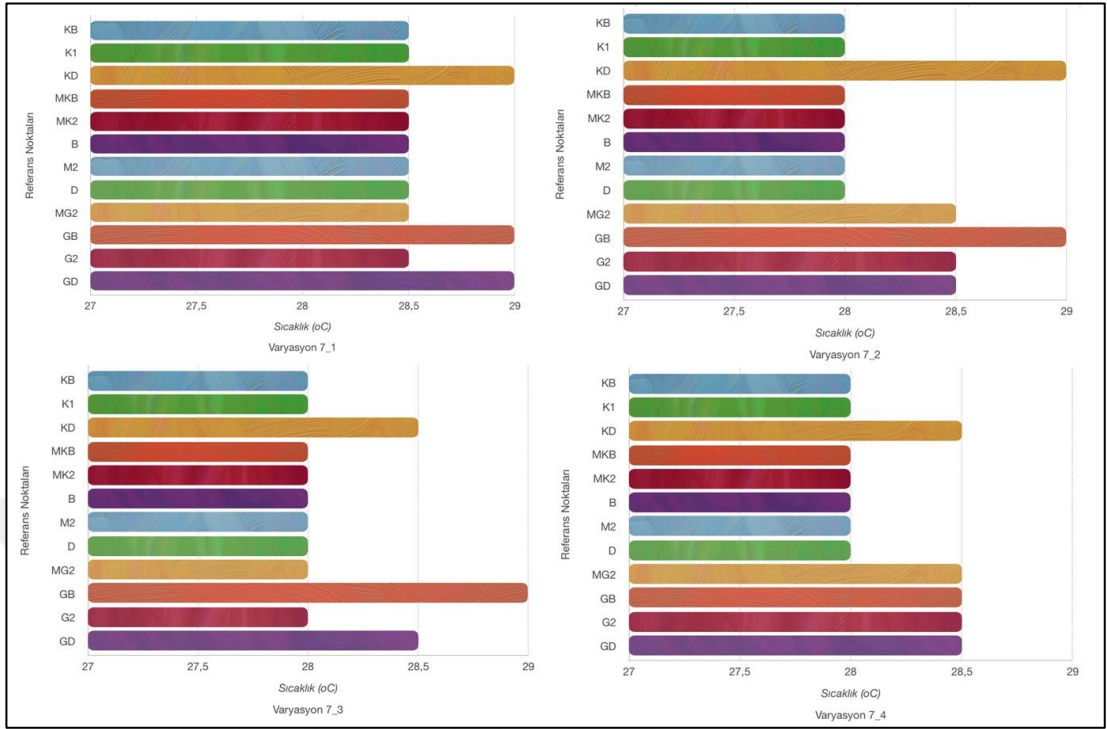
Varyasyon 7'de simülasyon sonuçları, yönlenmeye ek olarak ağaç gruplarının eklenmesiyle 28,5°C olan sınırın biraz daha genişlediğini göstermiştir. (Şekil 4.38). Özellikle güney bölgelerde 0,5°C sıcaklık farkları oluşmuştur (Şekil 4.39).



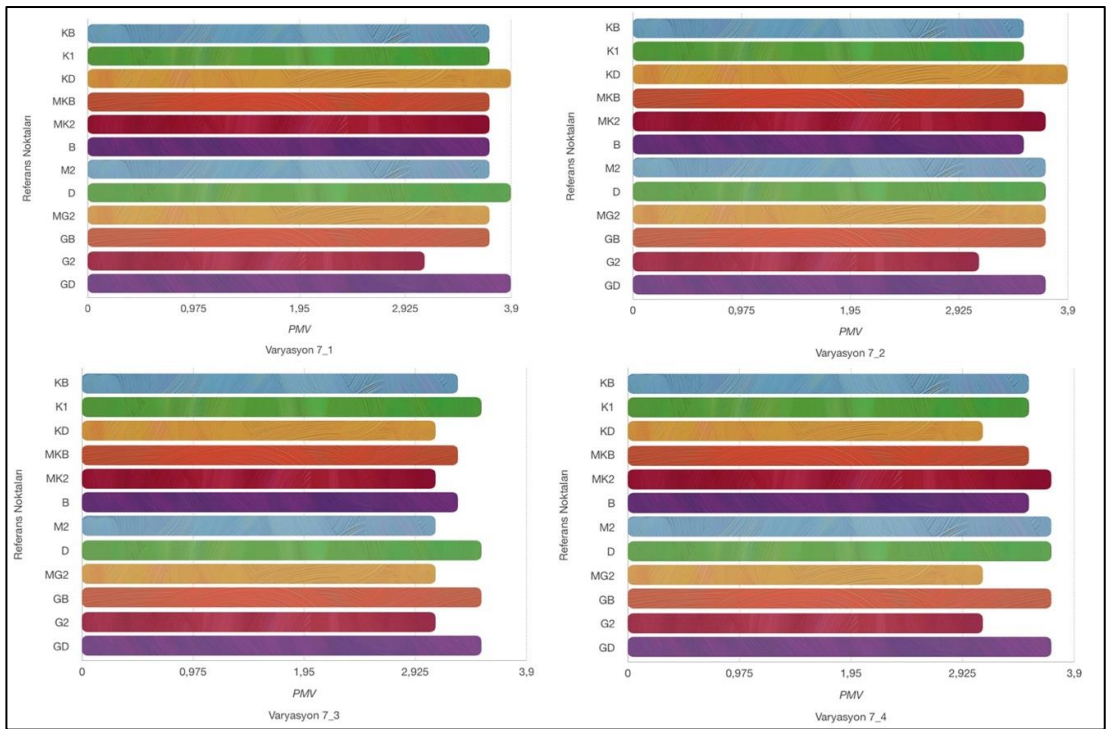
Şekil 4.38. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Sert zemin üzerinde yönlenme etkisi ve ağaç gruplarının konumlandırılması PMV değerinde ortalama 0,2°C'lik düşüşlerin olmasına neden olmuştur (Şekil 4.40).

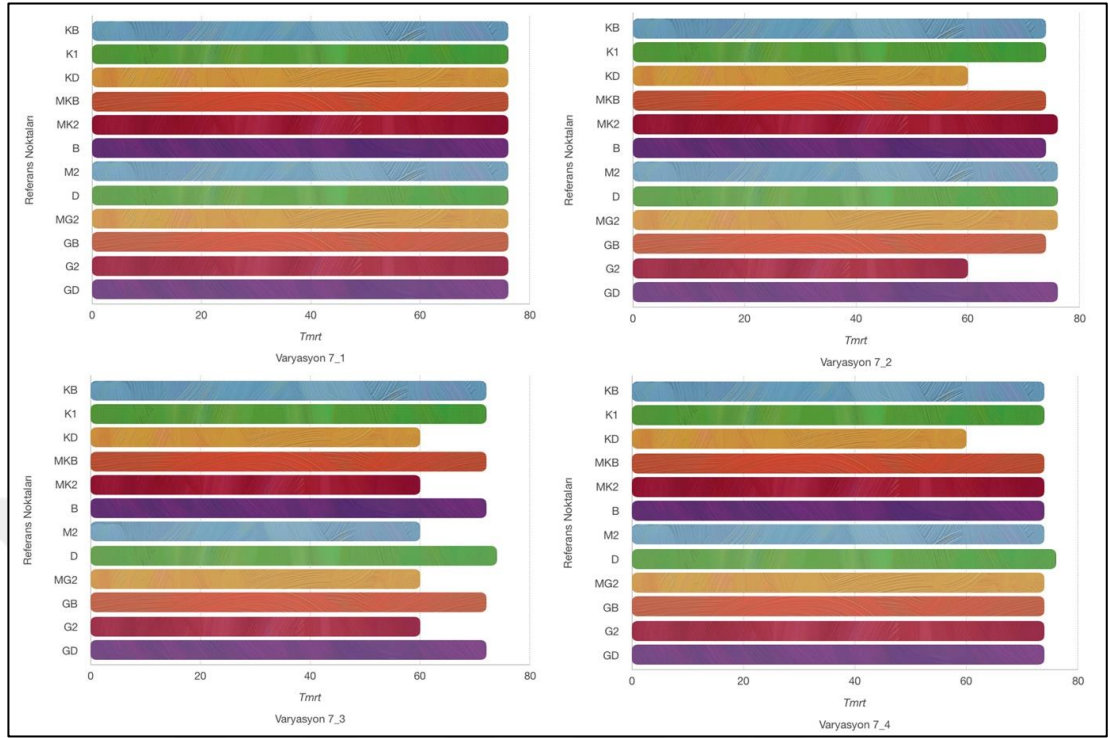
T_{MRT} değerinde ise ağaç gruplarının kullanılmasıyla simülasyon genelinde ortalama 2°C'lik düşüşlerin yaşandığı görülmüştür (Şekil 4.41).



Şekil 4.39. Varyasyon-7 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



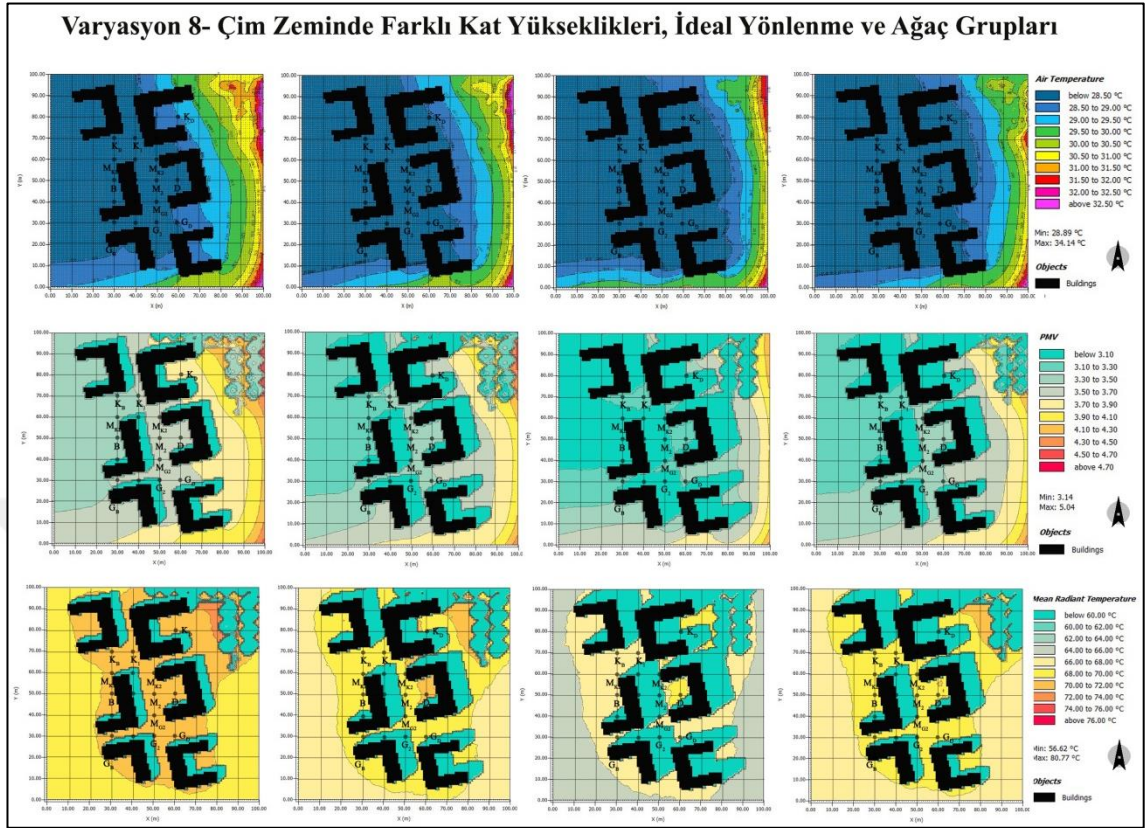
Şekil 4.40. Varyasyon-7 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.41. Varyasyon-7 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

8. Varyasyon-8 çim zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

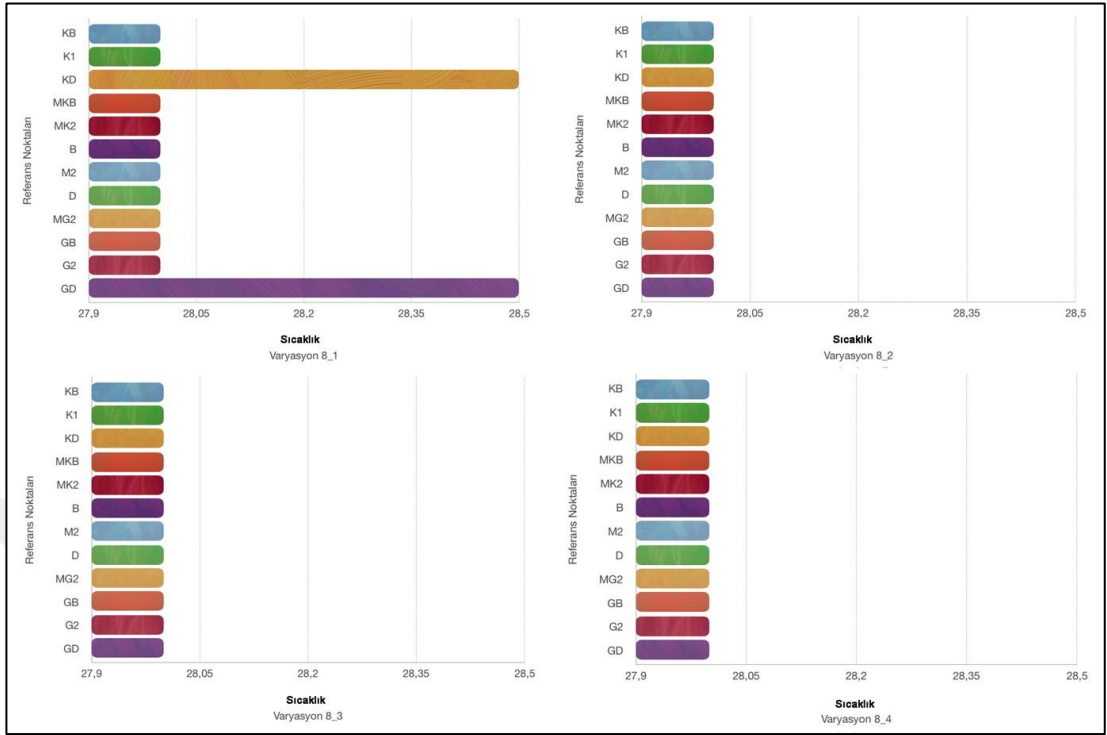
Varyasyon 8'deki simülasyon sonuçları, varyasyon 6 ve kendi içindeki alt varyasyonlarla karşılaştırıldığında simülasyon genelinde önemli bir fark olmadığı görülmüştür (Şekil 4.42). Ancak çim zeminde kuzeydoğu yönünde konumlandırılan ağaç gruplarının rüzgarı kesmeleri ve uzun dalga radyasyonunu tutmaları sebebiyle buldukları alanda hava sıcaklığındaki düşüşü engelledikleri tespit edilmiştir (Şekil 4.43).



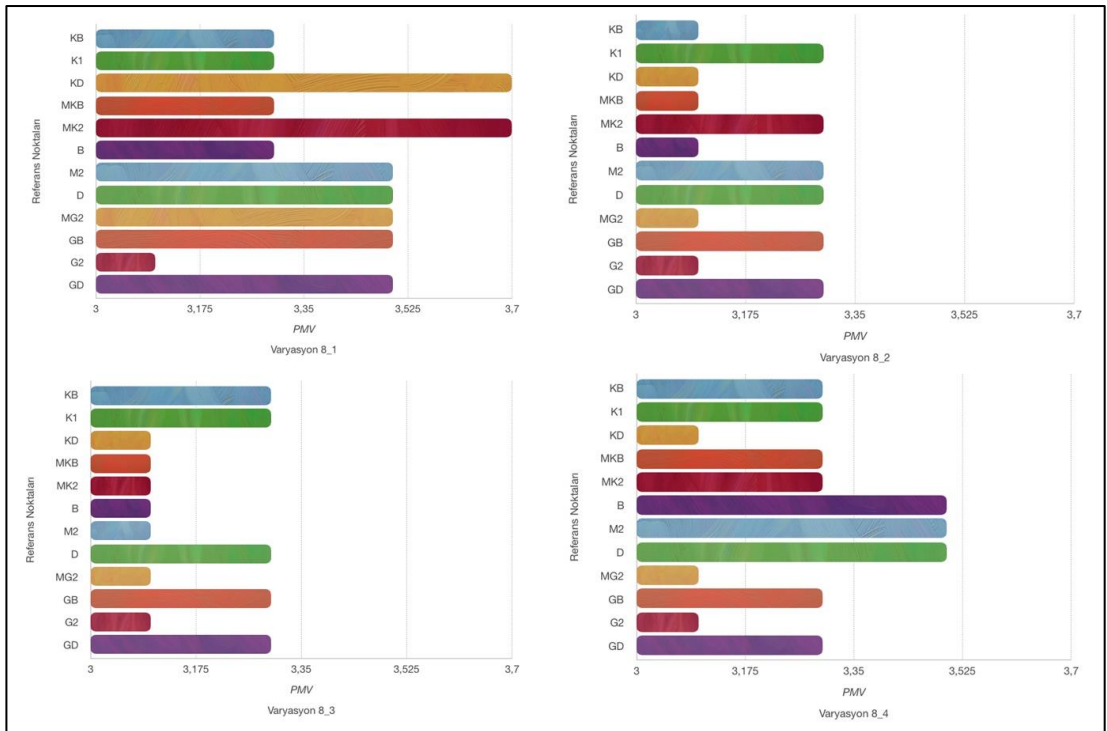
Şekil 4.42. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Ortamdaki PMV değerinde ağaç gruplarının eklenmesiyle önemli bir değişiklik saptanmamıştır. PMV değeri için simülasyon sonuçları 3,1°C ile 3,9°C arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.44).

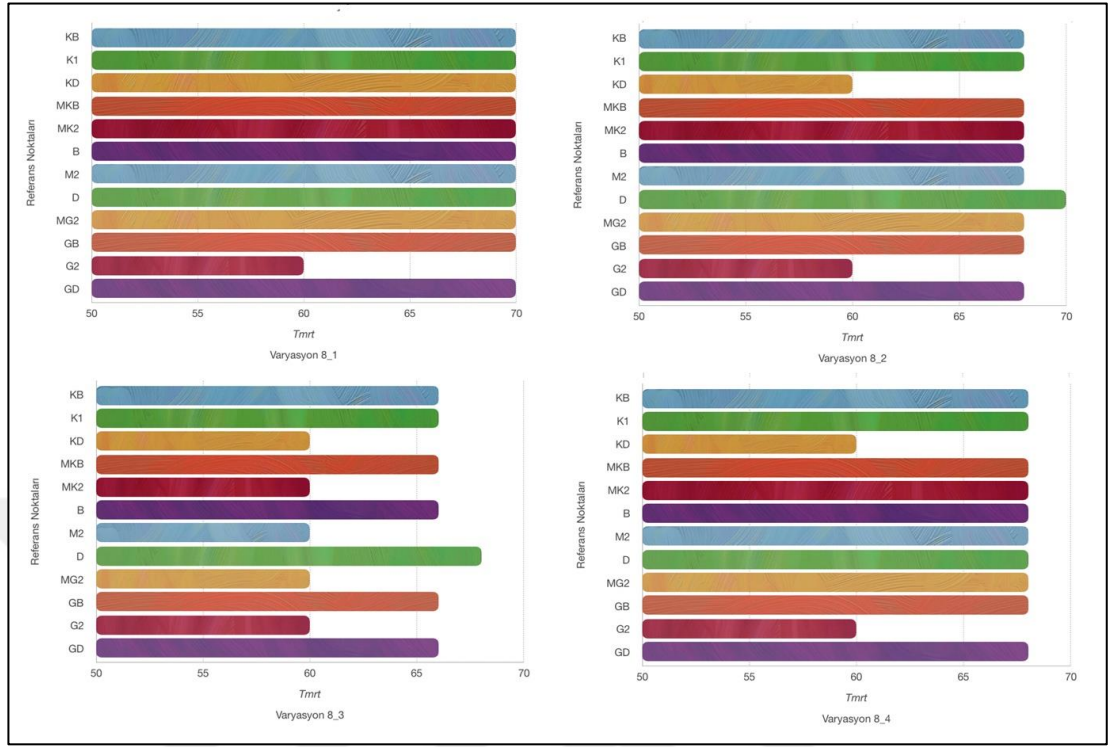
Kuzeydoğu yönünde konumlandırılan ağaç grupları simülasyon genelinde alt varyasyonlarla karşılaştırıldığında, ortalama yansyan sıcaklık (T_{MRT}) değerinde ise 2°C'lik bir düşüşe neden olduğu görülmüştür (Şekil 4.45).



Şekil 4.43. Varyasyon-8 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.44. Varyasyon-8 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri

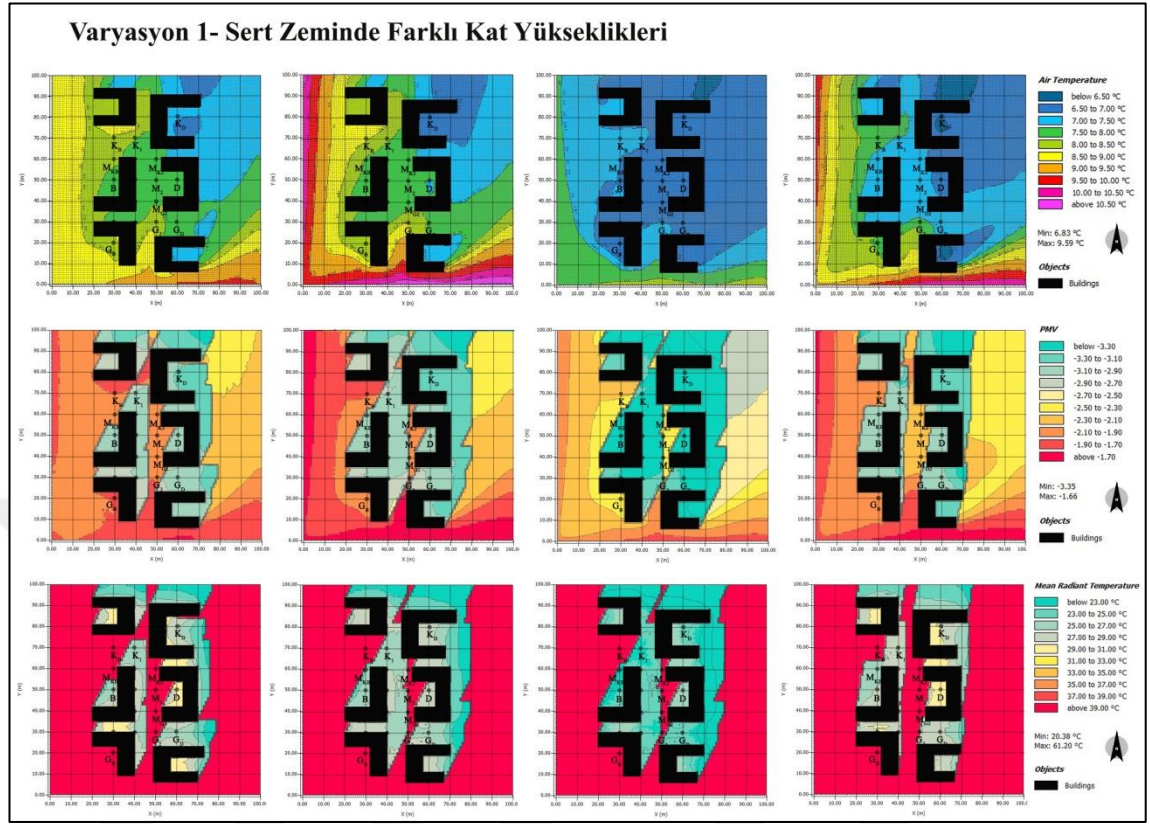


Şekil 4.45. Varyasyon-8 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

4.3.1.b. Kış dönemi varyasyon çıktıları

1. Varyasyon-1 sert zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklime etkisi

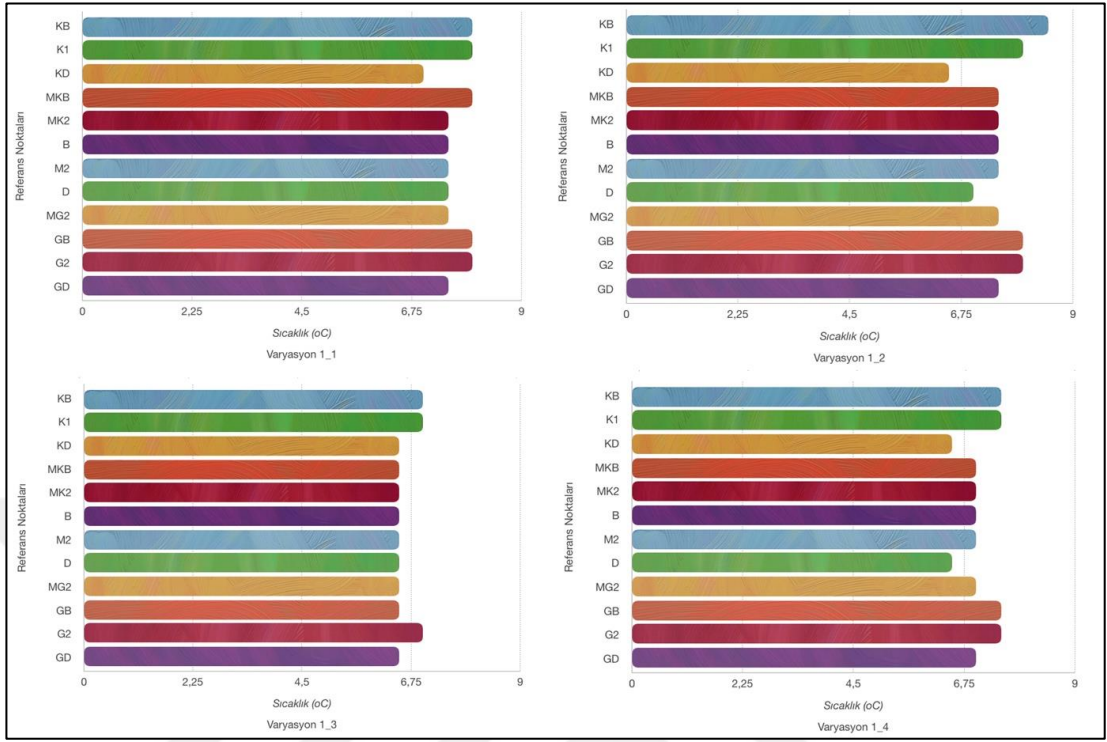
Kış dönemi için Varyasyon 1’de yaz döneminde olduğu gibi sert zemin sabit tutularak 3 kat, 5 kat, 8 kat ve farklı kat yüksekliklerinin bir arada olduğu 4 farklı parametre için Hava Sıcaklığı, PMV ve T_{MRT} değişimi incelenmiştir. Sert zemin için aynı şekilde granit kaplama kullanılmıştır (Şekil 4.46).



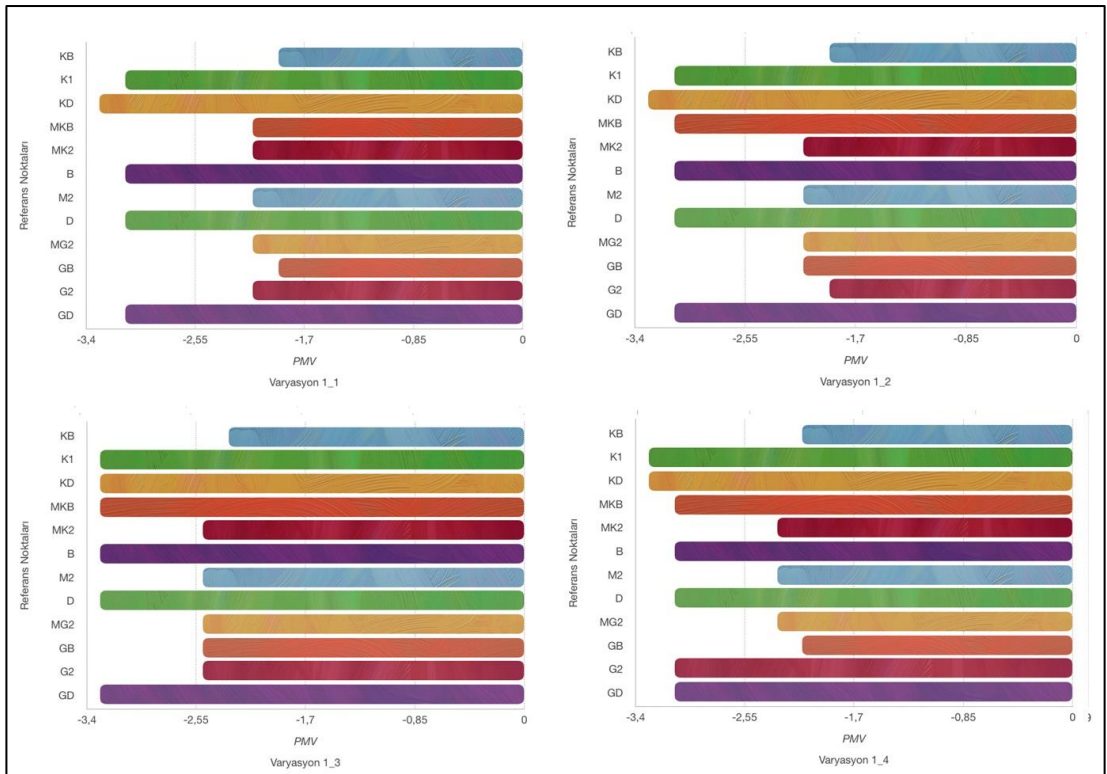
Şekil 4.46. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Varyasyon 1'deki simülasyon sonuçları, kat yüksekliği arttıkça gölge artışı ve rüzgar yönüne de bağlı olarak hava sıcaklığının ortalama 1°C düştüğünü göstermiştir (Şekil 4.47). Bu değişim özellikle bina yüksekliğinin 5 kattan fazla olduğu alt varyasyonlarda görülmüştür (varyasyon 1_3 ve 1_4).

Kış dönemi için PMV değeri bu varyasyonlarda -3,5°C ile -1,9°C arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.48). PMV değeri -1,5°C ve aşağısını gösteren bu alanın "Orta ve Güçlü Soğuk Stresi" nin etkisinde olduğu tespit edilmiştir. Simülasyonlar, kat yüksekliği arttıkça gölge oluşumunun arttığını ve PMV değerinin düştüğünü göstermektedir. Ayrıca rüzgarın lodos yönünde olması ve binaların rüzgar yönünü dik keserek alanın batı tarafında soğumayı engellemesi sebebiyle PMV değerinin bu alanda daha yüksek kaldığı görülmüştür.

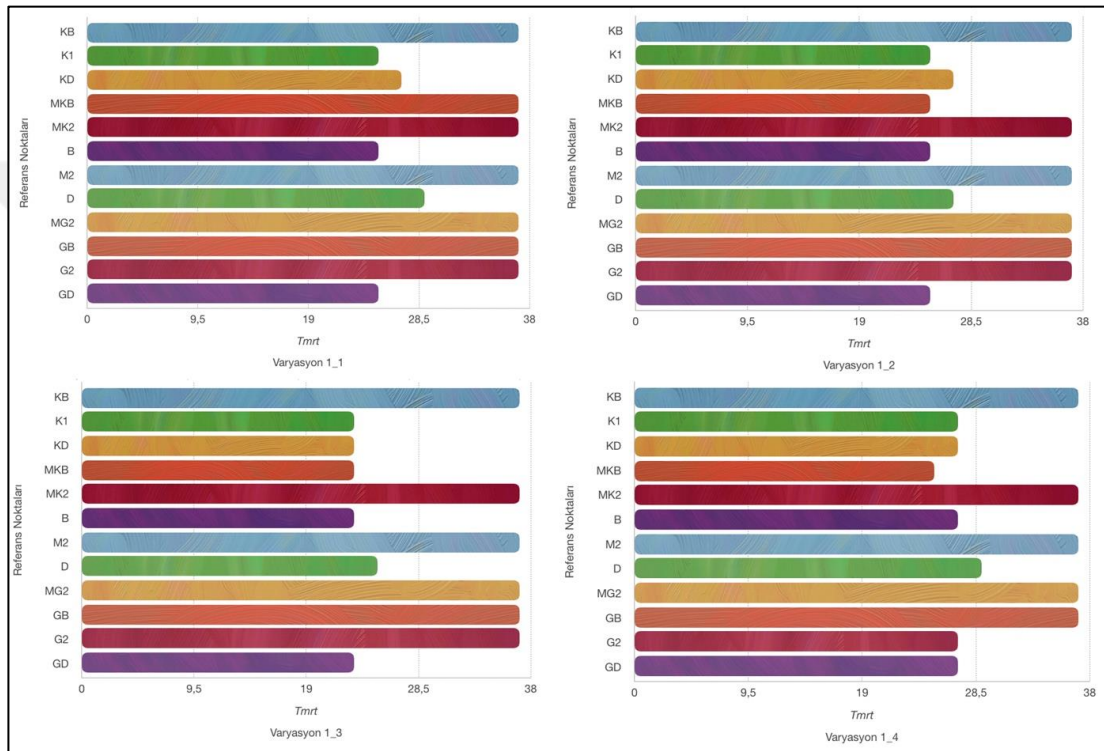


Şekil 4.47. Varyasyon-1 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.48. Varyasyon-1 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri

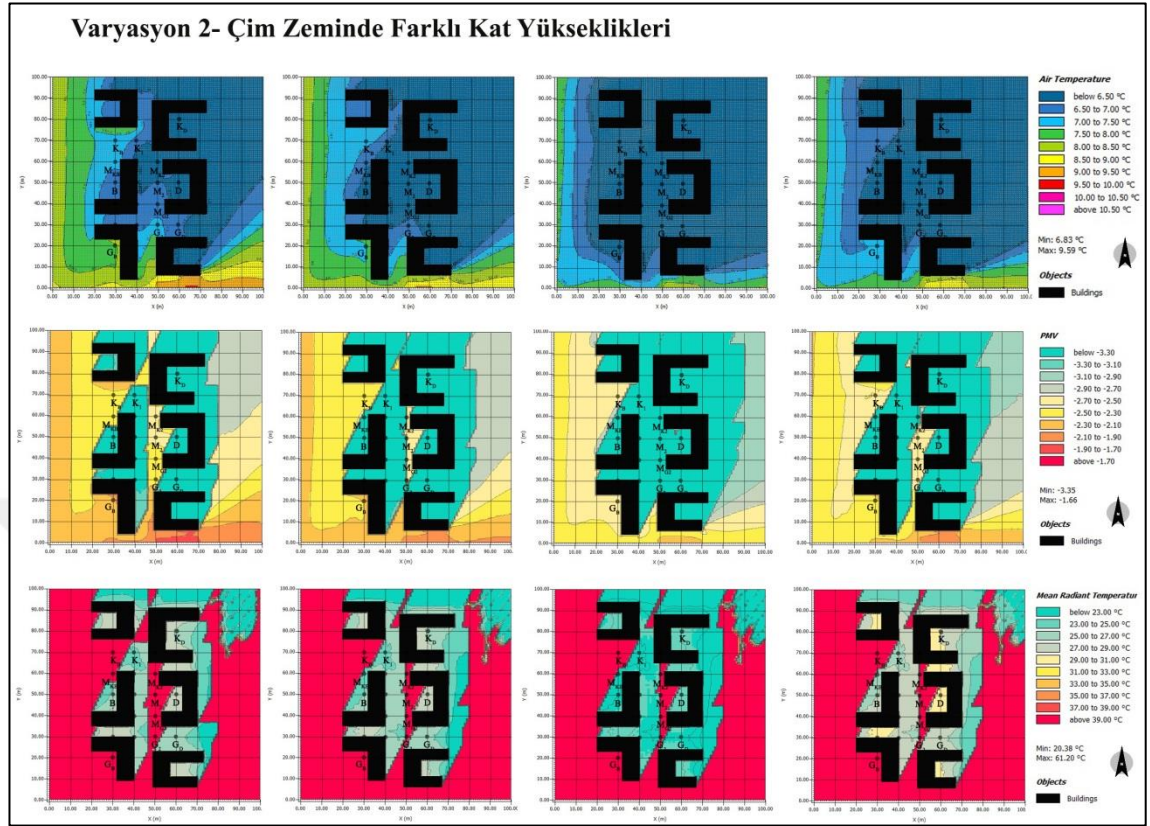
T_{MRT} değerlerinin, bina cephelerinde ve zeminde kullanılan malzemelerin tüm parametrelerde aynı olduğu göz önünde bulundurularak, kat artışı ile birlikte gölge oluşumuna bağlı olarak düştüğü görülmüştür (Şekil 4.49). 5 kat ve 8 kat olan alt varyasyonlarda (1_2 ve 1_3), bina çevresindeki ortalama yansıyan sıcaklık değerinin en düşük değerde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.49. Varyasyon-1 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

2. Varyasyon-2 çim zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklim etkisi

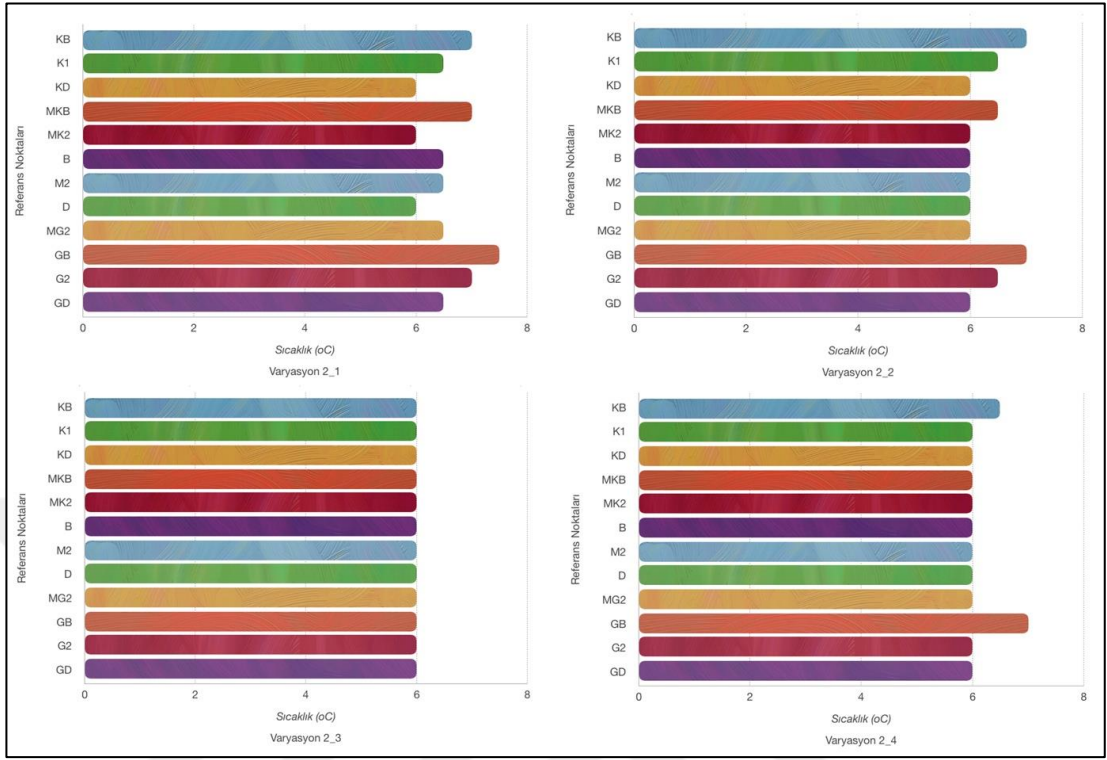
Varyasyon 2'de, terleme ve buharlaşma sebebiyle çim zemin kullanımının sert zemine kıyasla ortamdaki hava sıcaklığında maksimum 2°C'lik düşüslere neden olduğu görülmüştür (Şekil 4.50).



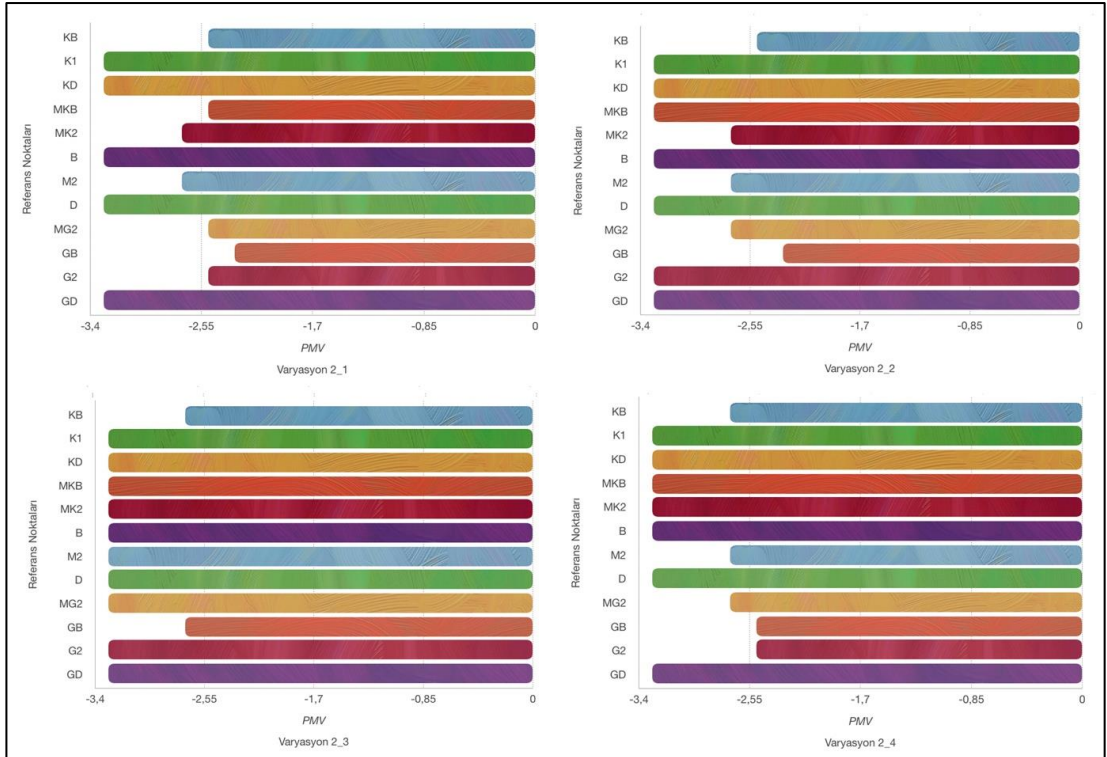
Şekil 4.50. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Alt varyasyonların tümünde gölge etkisi ve rüzgar ile birlikte simülasyonun doğu tarafında hava sıcaklığı $6,5^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerine çıkamamıştır (Şekil 4.51). PMV değeri için simülasyon sonuçları, $-3,5^{\circ}\text{C}$ ile $-2,5^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.52). Çim zemin kullanımı sert zemine kıyasla termal konfor değerinde ortalama $0,6^{\circ}\text{C}$ düşüşe neden olmuştur. Özellikle 5 kat ve 8 kat olan alt varyasyonlar, “Güçlü ve Aşırı Soğuk Stresi” oluşumuna neden olmuşlardır.

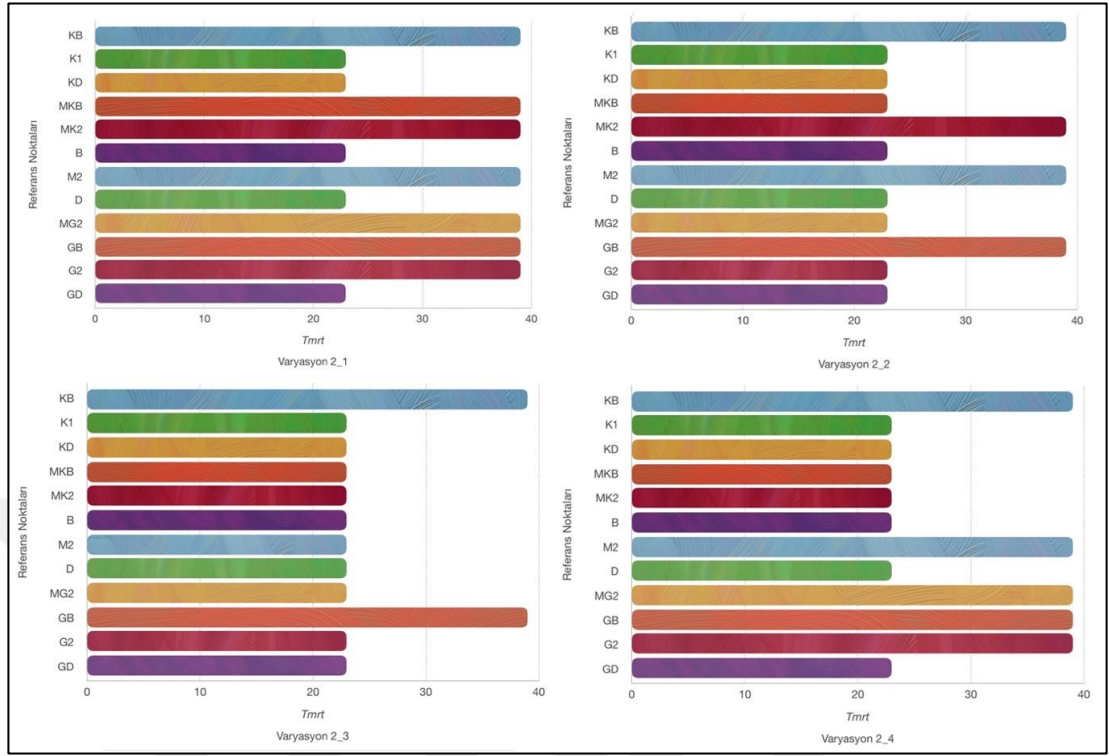
Bina cephelerinde aynı malzemeler kullanıldığı göz önünde bulundurularak, çim zemin kullanımının sert zemine kıyasla ortalama yansıyan sıcaklık değerini 2°C ile 5°C arasında düşürdüğü görülmüştür. Alt varyasyonlarda kat yüksekliğine bağlı kademeli bir sıcaklık değişimi görülmemiş, kat artışı ile birlikte T_{MRT} değerinde alansal büyüme ya da küçülme tespit edilmiştir (Şekil 4.53). Gölge olan alanlar 23°C 'nin altında kalmıştır.



Şekil 4.51. Varyasyon-2 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



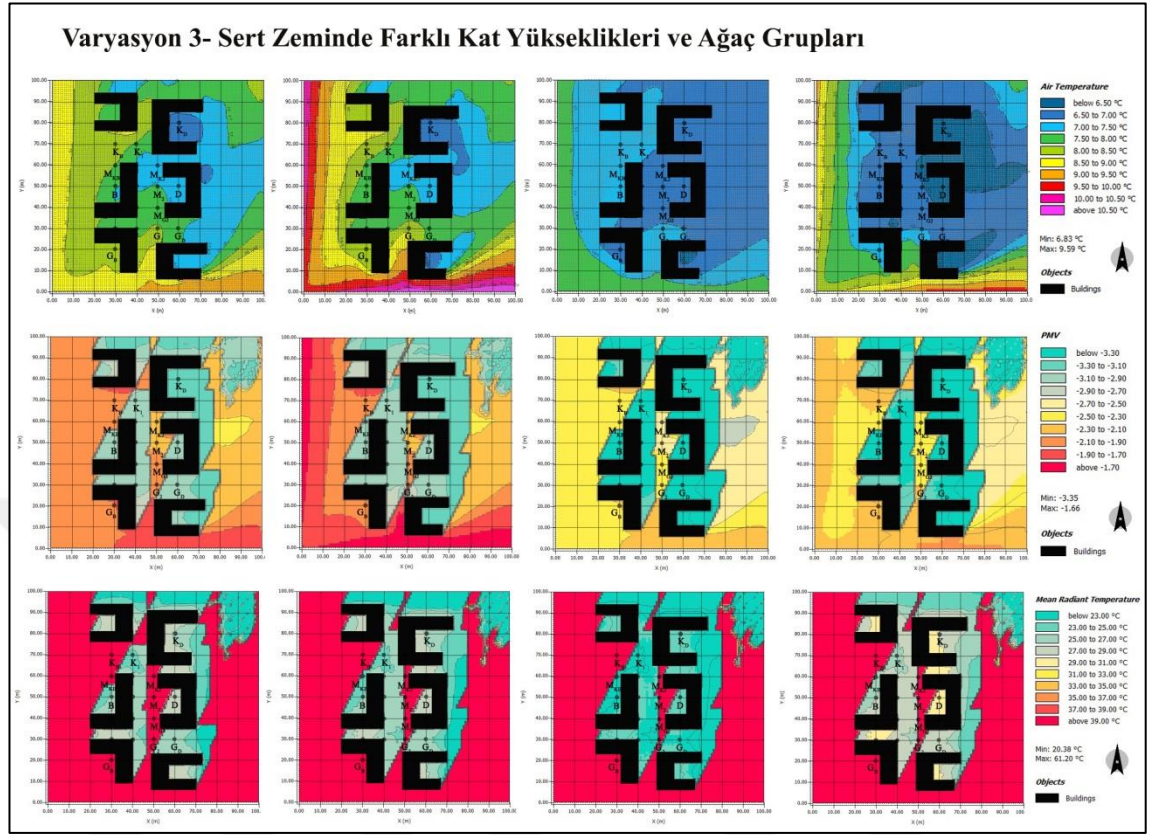
Şekil 4.52. Varyasyon-2 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.53. Varyasyon-2 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

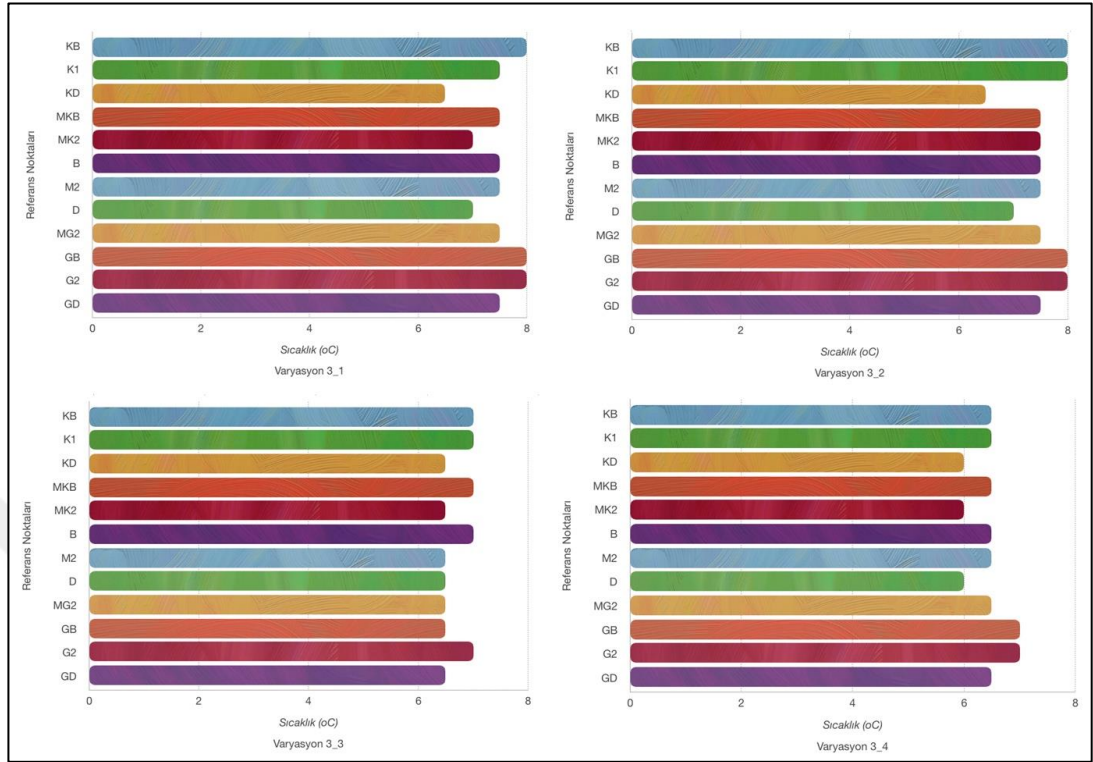
3. Varyasyon-3 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Kış dönemi için simülasyon sonuçlarında özellikle dikkat çeken nokta, sert zeminde ağaç gruplarının konumlandırıldığı kuzeydoğu bölgesinde hava sıcaklığında ortalama $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artışın tespit edilmesidir (Şekil 4.54).

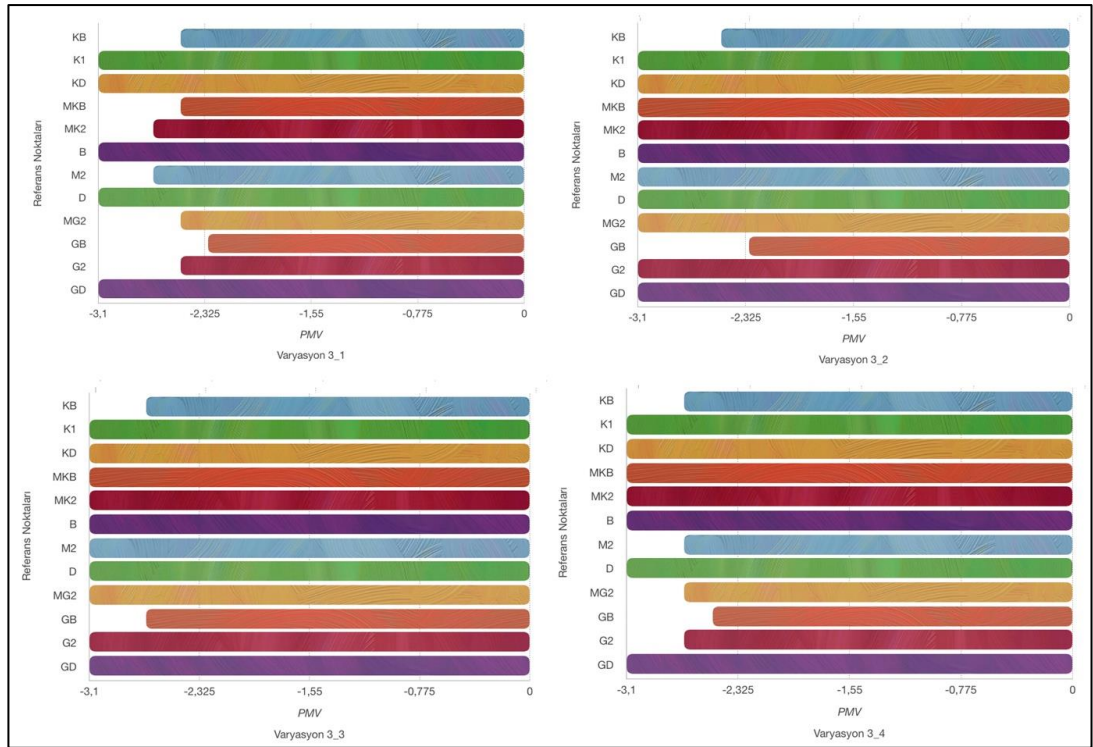


İğne yapraklı olan bu ağaç grubu hem rüzgarın etkisini azaltıcı görevde bulunmuş hem de kışın güneş ışığı erişimini tamamen engellemeyerek, ağaçlık alanda sıcaklık artışı sağlamıştır. Bu değişim 3 ve 5 katlı binaların kullanıldığı alt varyasyonlarda (3_1 ve 3_2) daha net görülmüştür. Alan genelinde referans noktaları karşılaştırıldığında ise sadece M_{K2} ve D noktalarında sıcaklık düşüşü tespit edilmiştir (Şekil 4.55).

PMV değeri için simülasyon sonuçları bu varyasyonda, $-3,1^{\circ}\text{C}$ ile $-2,3^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Sert zeminde ağaç kullanımı alanın termal konfor değerinde ortalama $0,4^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artış sağlarken, ağaçların etrafında ise ortalama $0,2^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artış göstermiştir. Ancak alan yine "Güçlü Soğuk Stresi" etkisinde kalmıştır (Şekil 4.56).

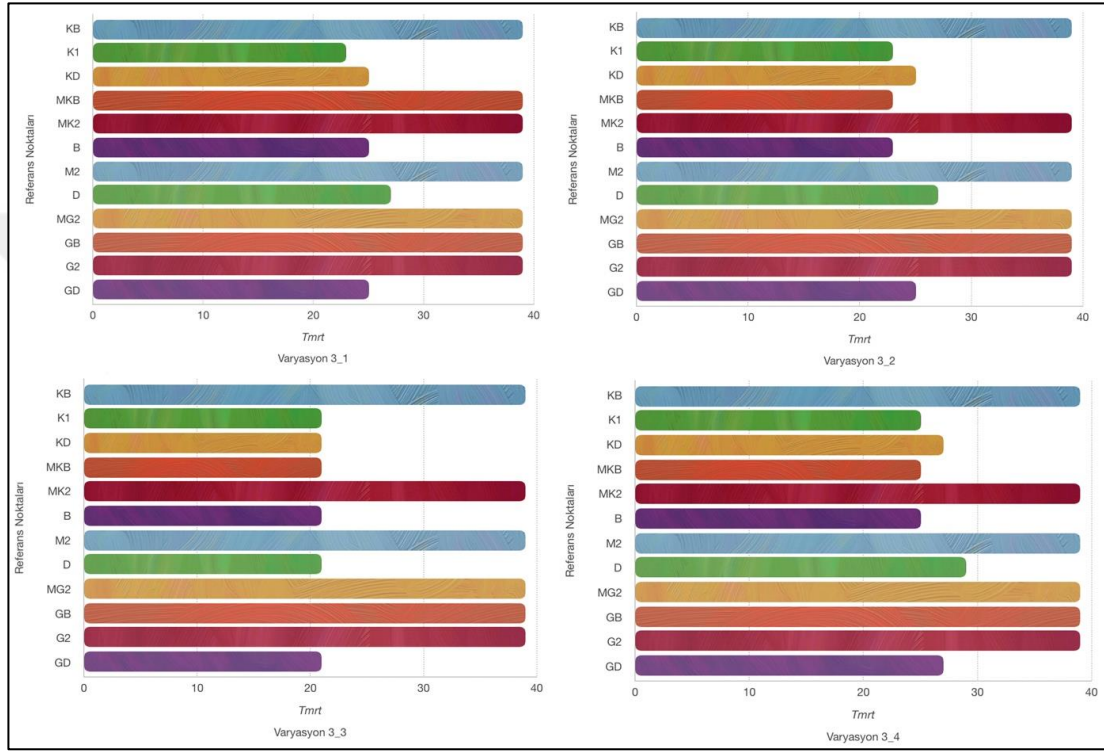


Şekil 4.55. Varyasyon-3 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.56. Varyasyon-3 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri

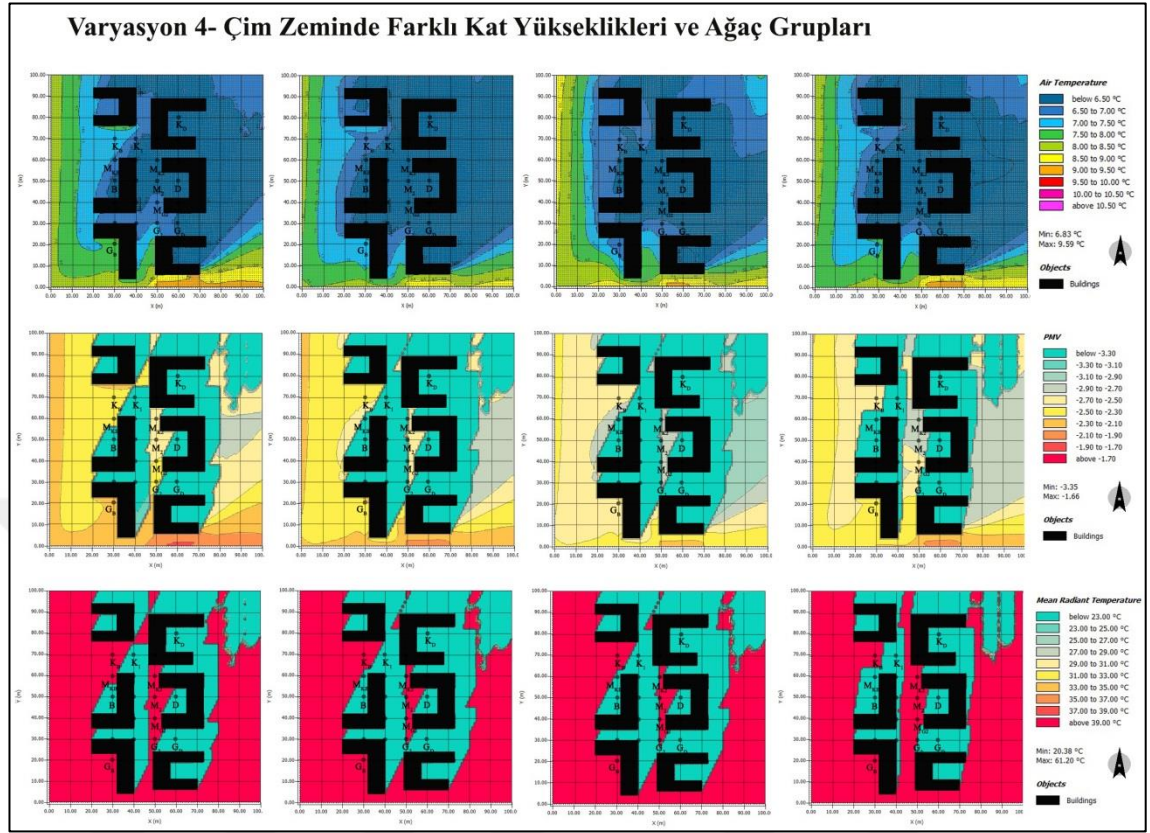
Kış dönemi için Varyasyon 3'te T_{MRT} değeri karşılaştırıldığında ağaç gruplarının alan genelinde bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Ancak ağaç gruplarının olduğu alanda gölge etkisiyle ortalama yansıyan sıcaklık değerinin 15°C - 20°C arasında kaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.57).



Şekil 4.57. Varyasyon-3 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

4. Varyasyon-4 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

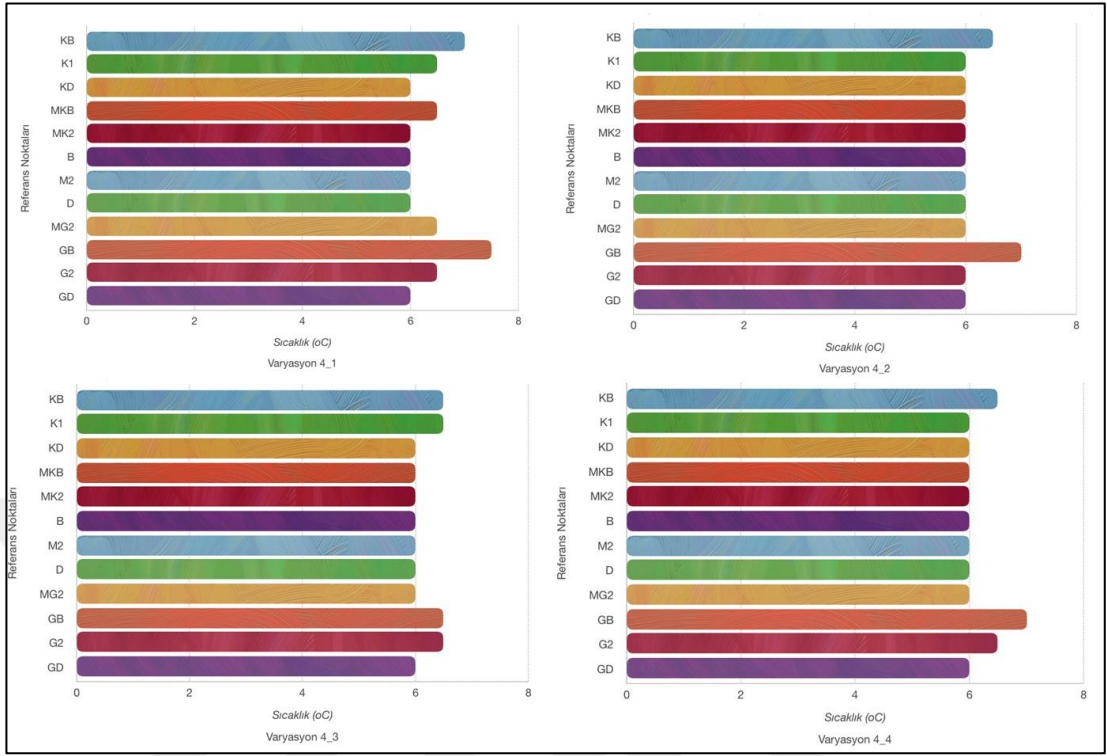
Bu varyasyonda çim zemin kullanımına ek olarak kuzeydoğu yönündeki ağaç gruplarının varlığı ortamdaki hava sıcaklığında önemli bir değişiklik oluşturmamıştır. Ancak ağaç gruplarının konumlandırıldıkları alanda rüzgarı keserek sıcaklık düşüşünü engelledikleri göz önünde bulundurulduğunda, kendi alanları etrafında $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik farklar yarattıkları görülmüştür (Şekil 4.58).



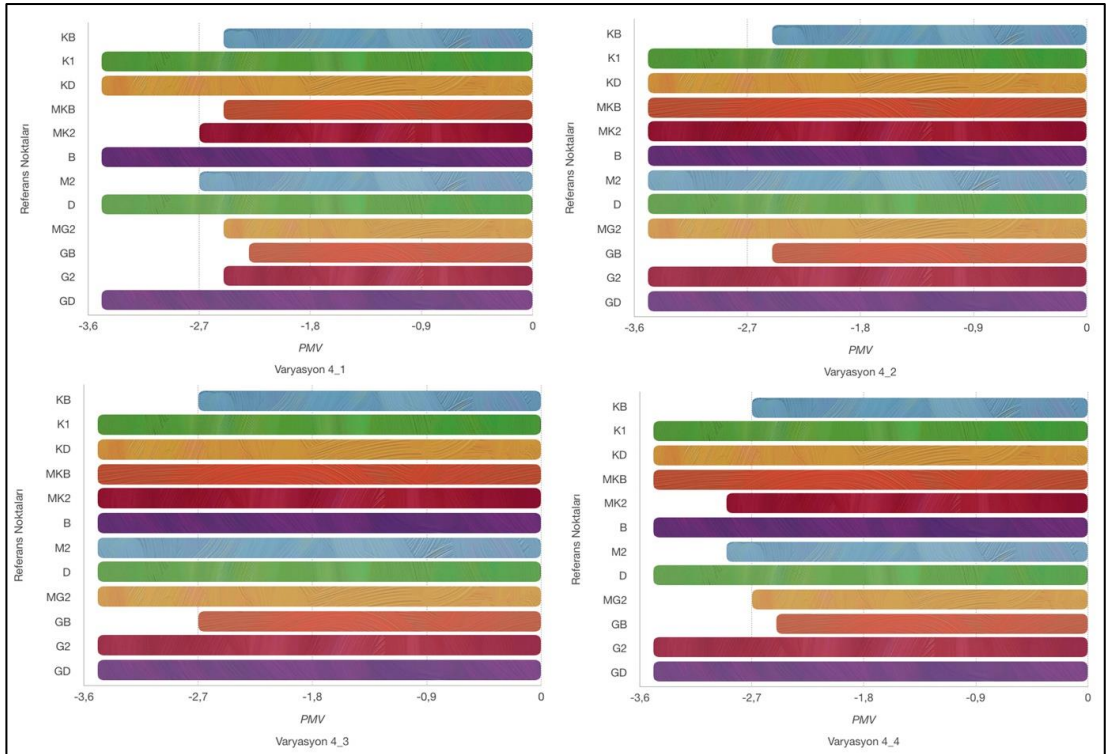
Şekil 4.58. Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Simülasyon sonuçları bu varyasyonda alan geneli için hava sıcaklığını 6°C - $6,5^{\circ}\text{C}$ aralığında göstermiştir (Şekil 4.59).

Varyasyon 4'te PMV değeri, $-3,5^{\circ}\text{C}$ ile $-2,5^{\circ}\text{C}$ aralığındadır. Çim zeminde ağaç kullanımı varyasyon 2 ile karşılaştırıldığında termal konfor değerinde önemli bir değişiklik oluşturmamıştır. PMV değerindeki en alt değer, bina yüksekliğinin 8 kat olduğu ve gölge etkisinin en fazla görüldüğü alt varyasyon olan 4_3'te tespit edilmiştir (Şekil 4.60). Bu varyasyonda da “Güçlü ve Aşırı Soğuk Stresi” oluşumunun devam ettiği görülmüştür.

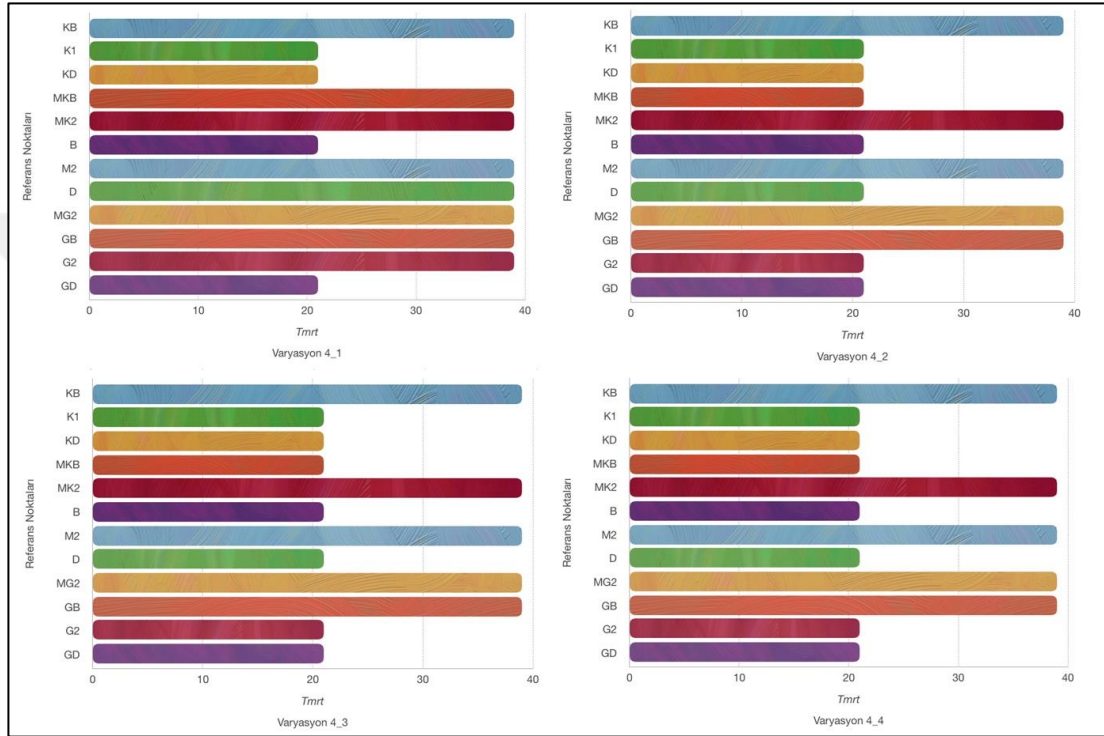


Şekil 4.59. Varyasyon-4 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.60. Varyasyon-4 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri

Varyasyon 4 ve Varyasyon 2 deki T_{MRT} değeri karşılaştırıldığında, simülasyon genelinde önemli bir değişim gözlenmezken, ağaç gruplarının olduğu alanda gölge etkisiyle ortalama yansıyan sıcaklık değerinin 15°C - 20°C arasında kaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.61).



Şekil 4.61. Varyasyon-4 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

5. Varyasyon-5 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

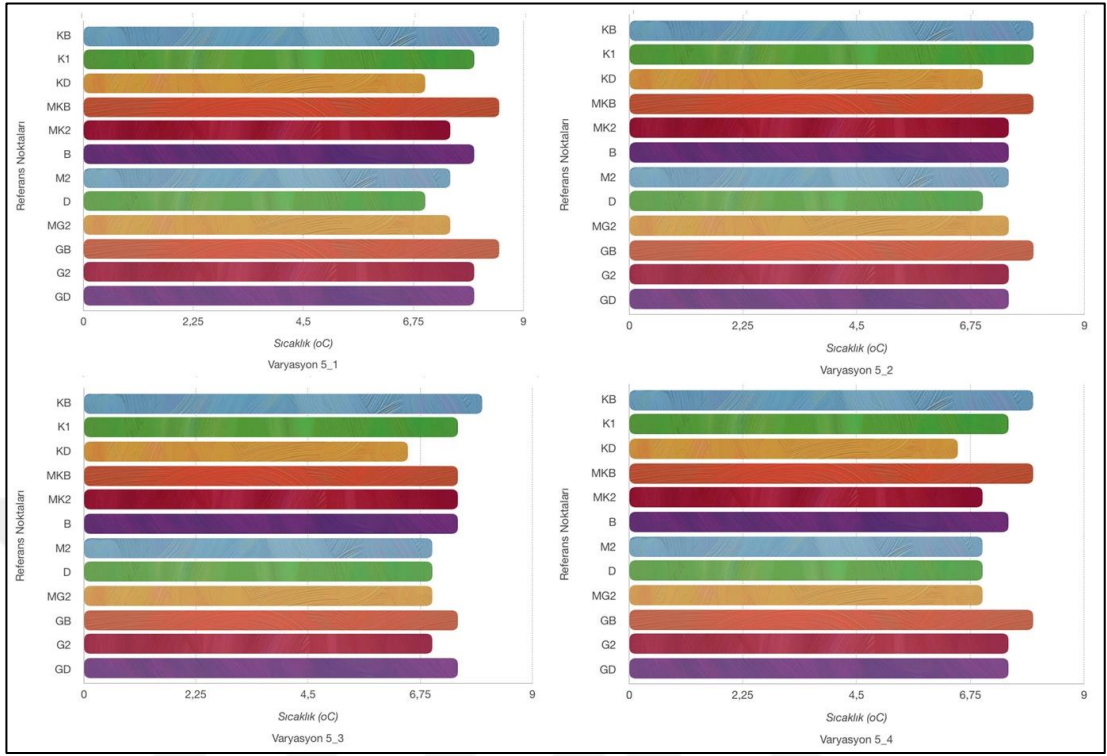
Varyasyon 5'teki simülasyon sonuçlarında, kış dönemi için 12° 'lik bir açıyla güneydoğu yönünde yapılan sokak yönlendirmesinin özellikle yüksek katlı alt varyasyonlarda hava sıcaklığında ortalama $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik artış sağladığı tespit edilmiştir (Şekil 4.62).



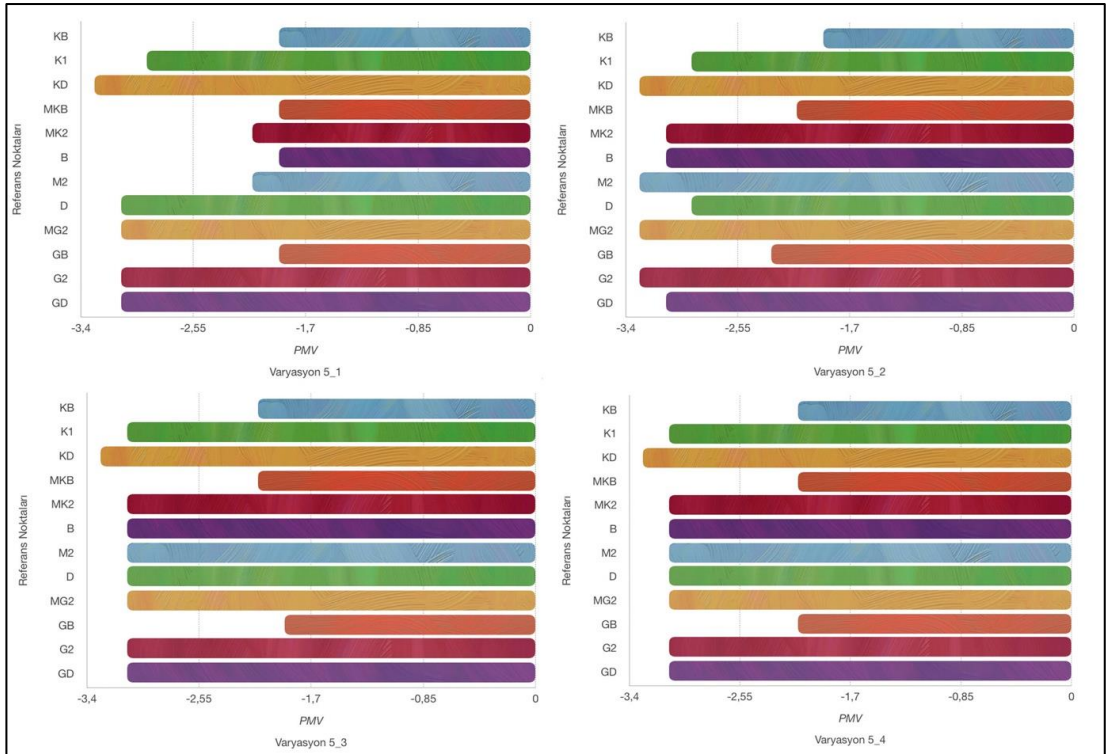
Şekil 4.62. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Gölge oluşumu sebebiyle $6,5^{\circ}\text{C}$ 'nin altında kalan 5_3 alt varyasyonundaki referans noktaları (K_1 , M_{K2} , M_2 , M_{G2} , G_2), yönlenme sonucu 7°C 'nin üzerine çıkmıştır (Şekil 4.63).

PMV değeri için simülasyon sonuçları $-3,3^{\circ}\text{C}$ ile $-1,9^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.64). Yönlenme özellikle simülasyonun batı tarafında rüzgar geçişine izin vererek PMV değerinin bu alanda düşmesine neden olmuştur.

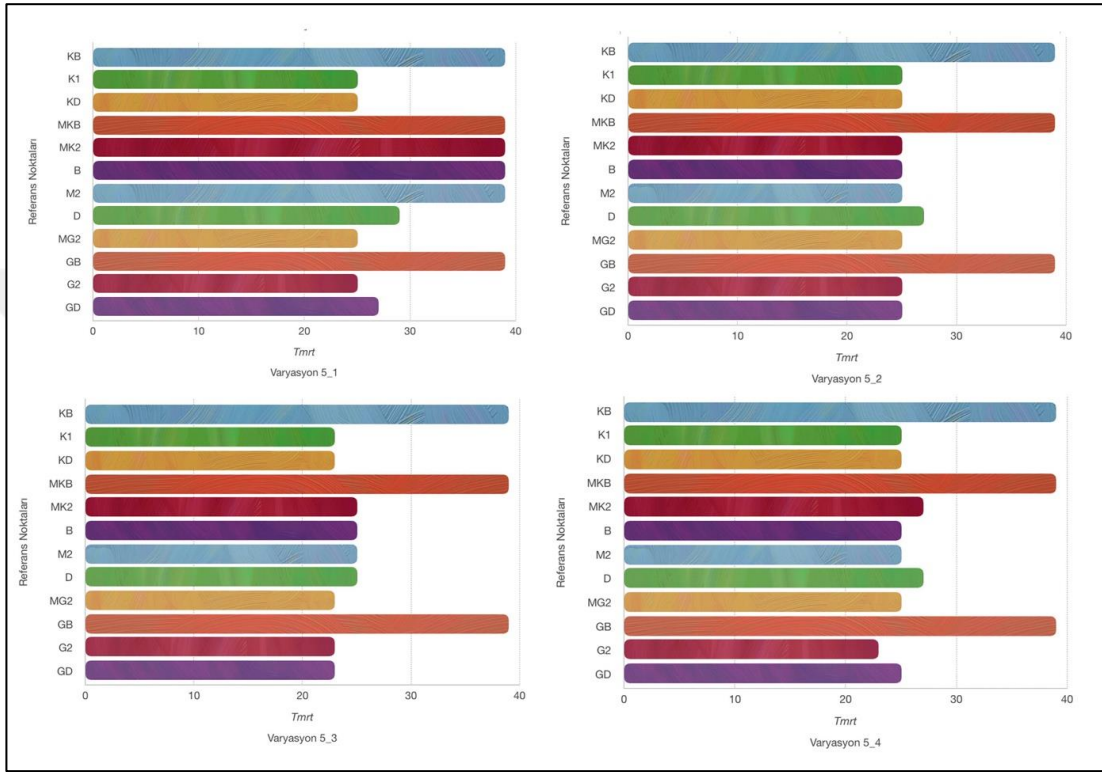


Şekil 4.63. Varyasyon-5 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.64. Varyasyon-5 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri

Bina cephelerinde aynı malzemeler kullanıldığı göz önünde bulundurularak, T_{MRT} değeri varyasyon 1 ile karşılaştırıldığında 12° güneydoğu yönlenmesinin bina katlarına bağlı olarak değer sınırlarının değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.65).



Şekil 4.65. Varyasyon-5 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

6. Varyasyon-6 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

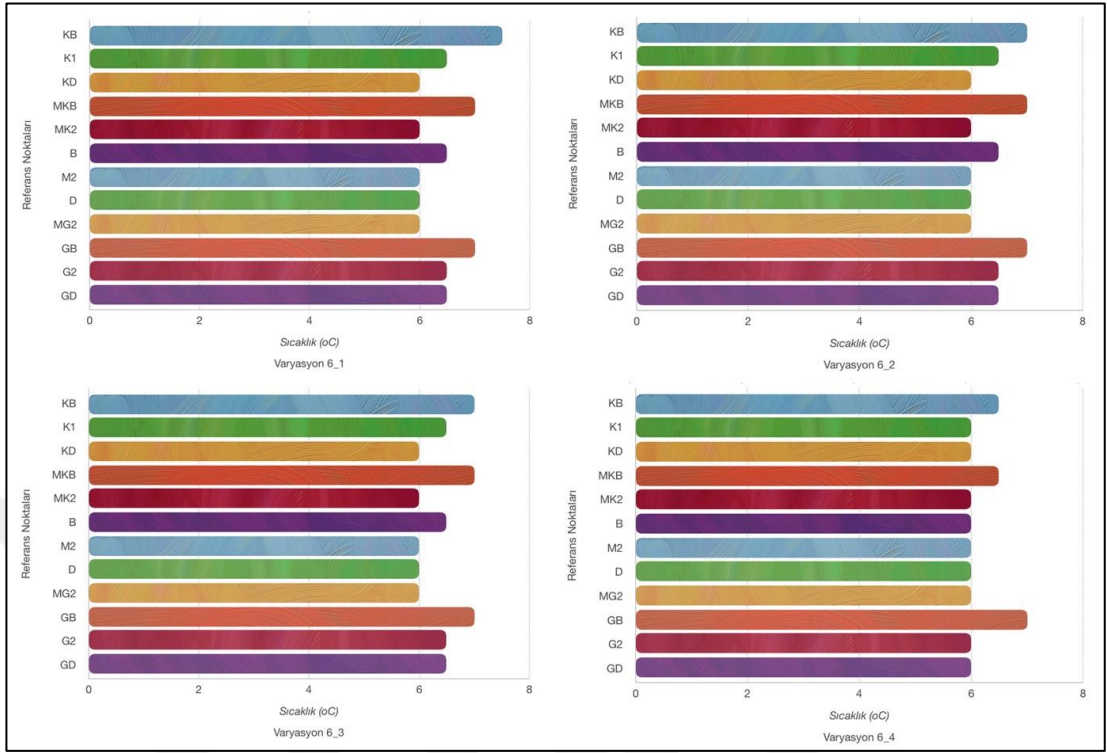
Simülasyon sonuçları, çim zeminde 12° 'lik yönlendirme ile birlikte ortam sıcaklığında önemli bir değişiklik göstermemiştir (Şekil 4.66).



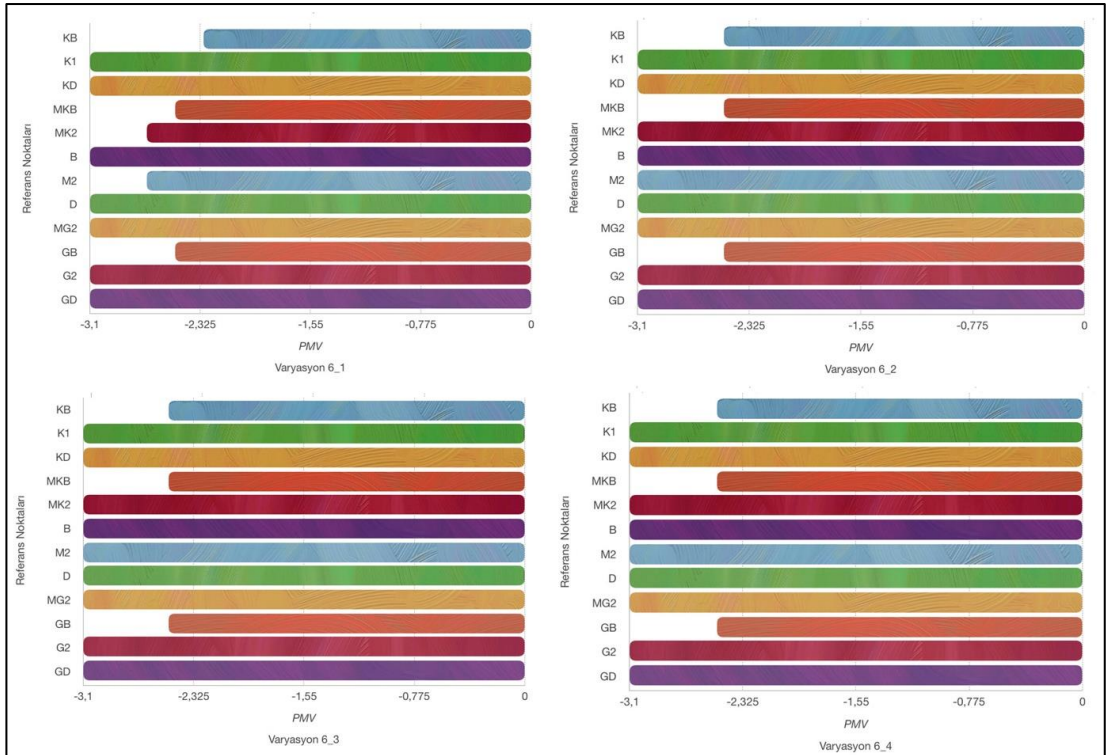
Şekil 4.66. Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Sadece bina kat yüksekliğinin 8 olduğu alt varyasyonda, M_{KB} , K_B ve B referans noktalarında $0,5^{\circ}\text{C}$ - 1°C aralığında sıcaklık artışı tespit edilmiştir (Şekil 4.67).

Çim zemin üzerinde bina konumlarının 12° 'lik güneydoğu yönlendirilmesi kış dönemi için PMV değerinde önemli bir fark oluşturmamıştır (Şekil 4.68). Termal konfor değer aralığı $-3,1^{\circ}\text{C}$ ile $-2,5^{\circ}\text{C}$ arasında tespit edilmiştir.

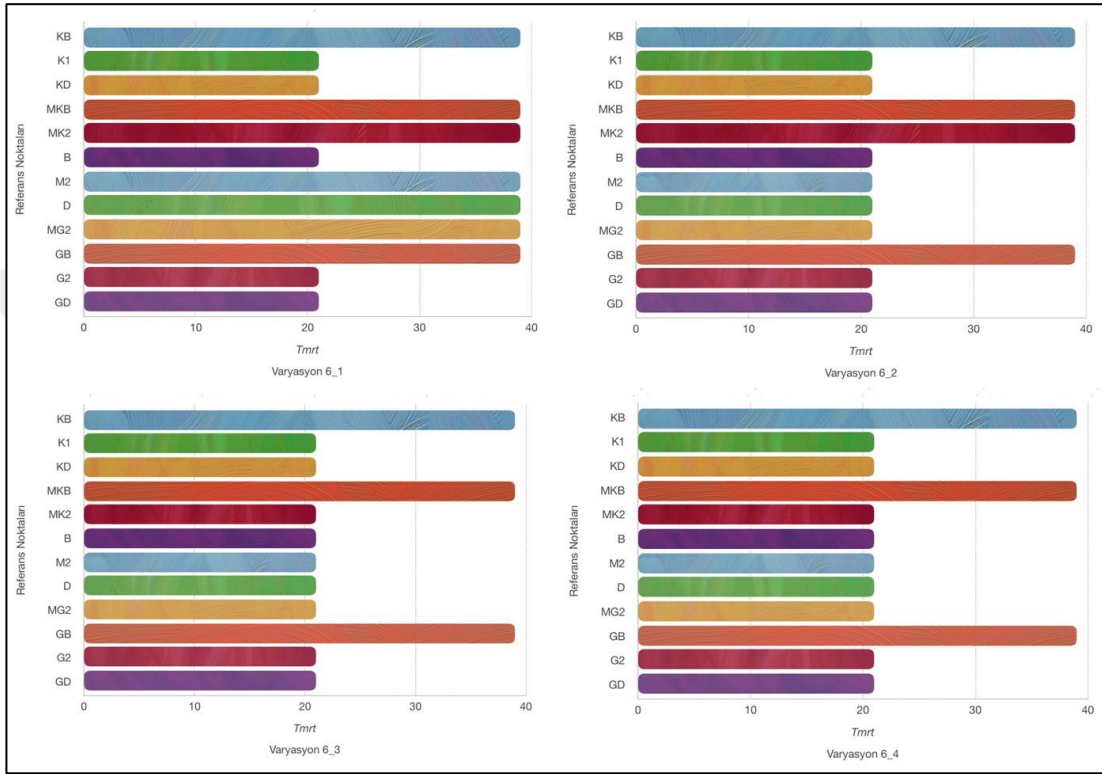


Şekil 4.67. Varyasyon-6 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.68. Varyasyon-6 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri

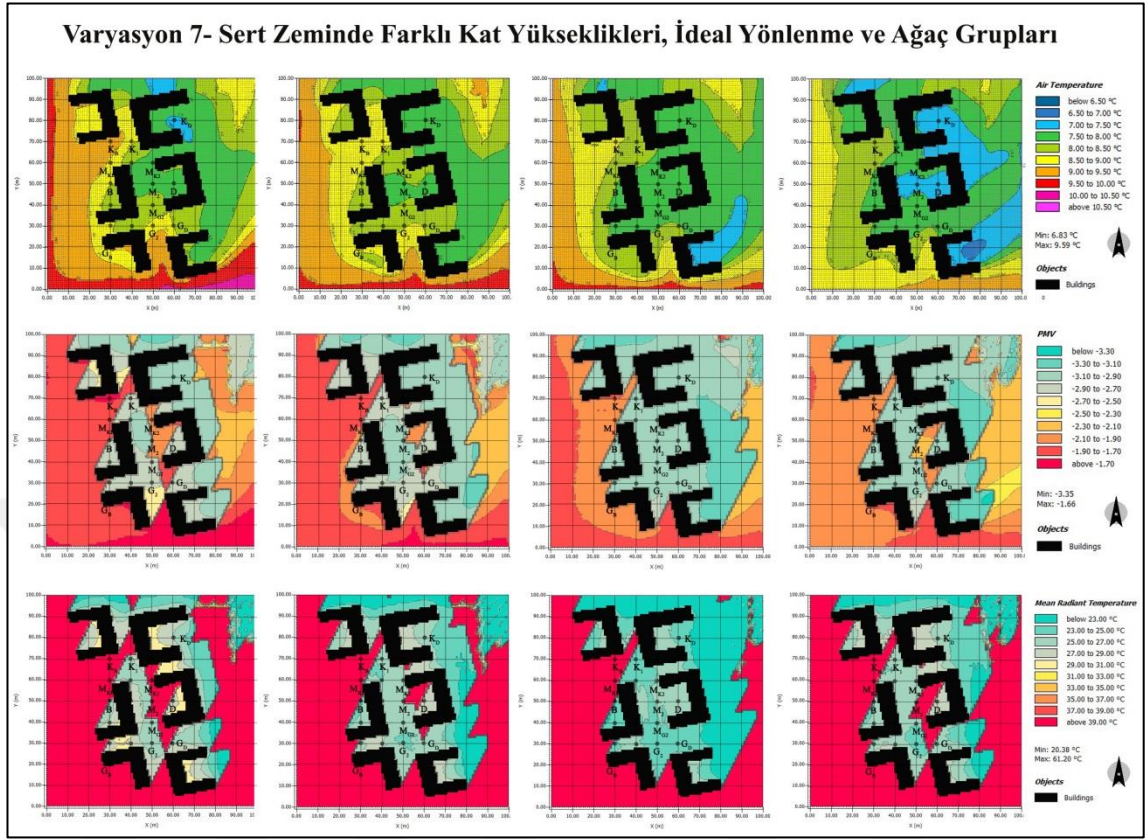
T_{MRT} değeri ise, Varyasyon 2'deki değer ile karşılaştırıldığında yönlendirmenin önemli bir fark yaratmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.69). Sadece binaların gölge yönlerinin değişiminden kaynaklı farklar görülmüştür.



Şekil 4.69. Varyasyon-6 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

7. Varyasyon-7 sert zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

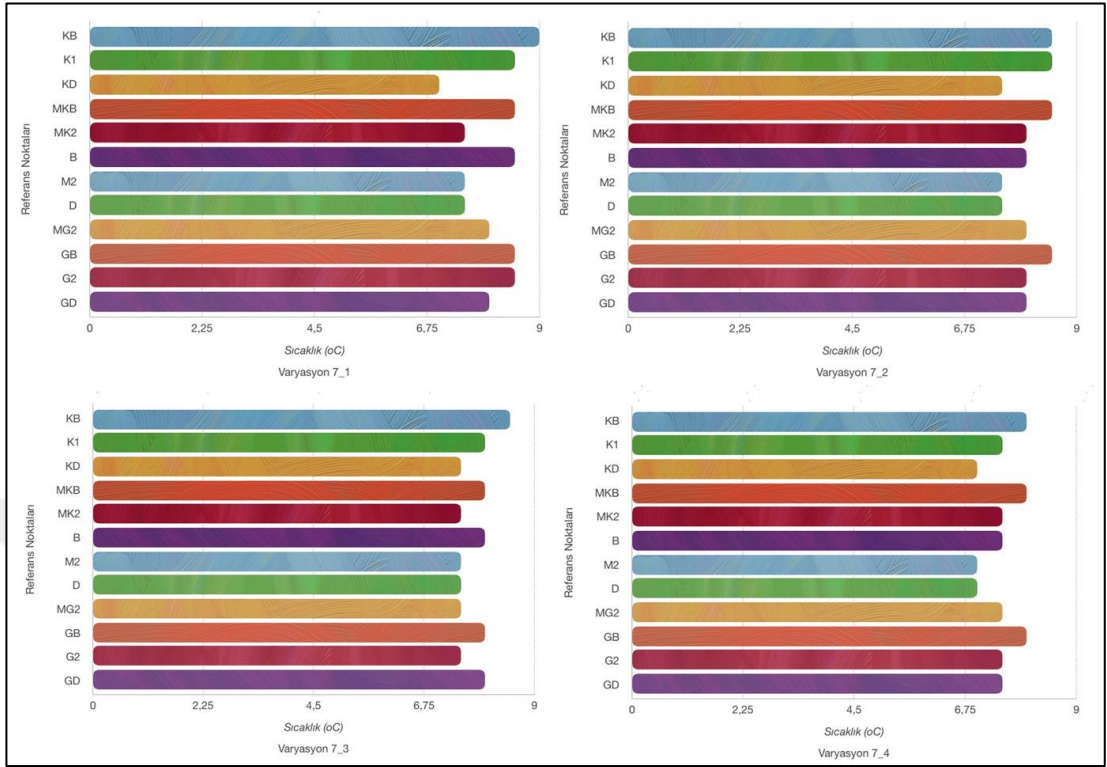
Simülasyon sonuçları, sert zeminde yönlenmeye ek olarak ağaç gruplarının eklenmesiyle kış dönemi için önemli bir sıcaklık artışının sağlandığını tespit etmiştir (Şekil 4.70).



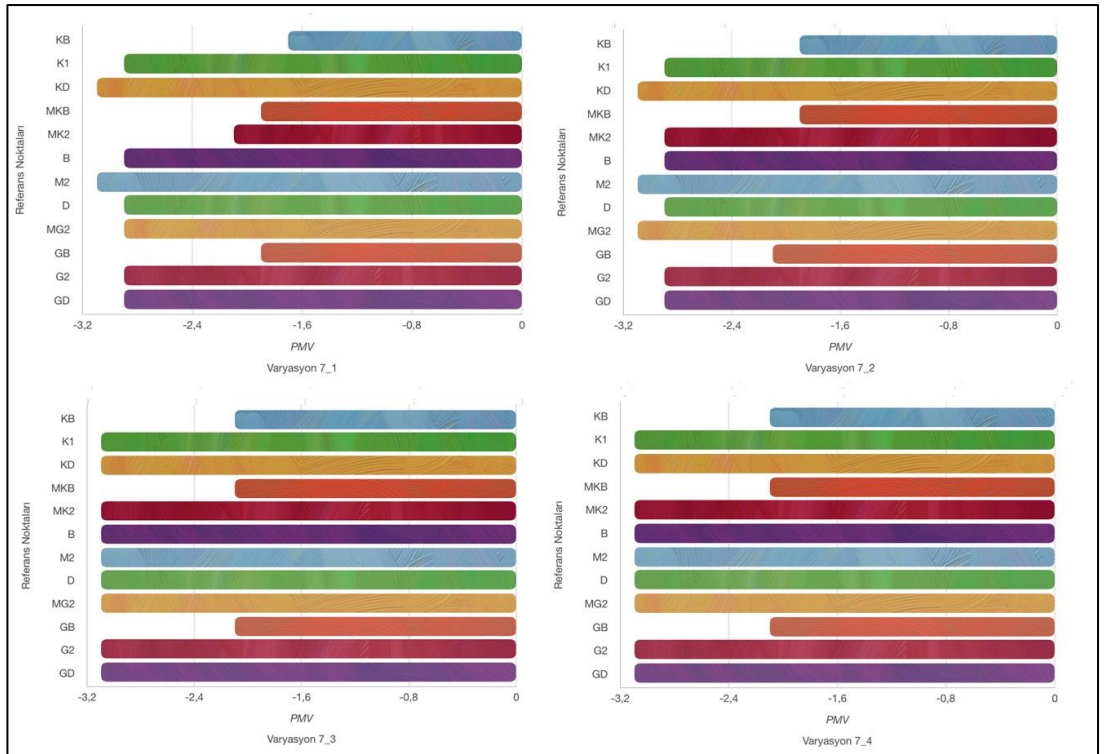
Şekil 4.70. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Bu varyasyon sonuçları, varyasyon 5 ile karşılaştırıldığında, özellikle kuzeydoğu bölgesindeki $6,5^{\circ}\text{C}$ - 7°C arasındaki sıcaklıkların maksimum $8,5^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar çıktığını göstermiştir (Şekil 4.71).

Sert zemin üzerinde yönlenme etkisi ve ağaç gruplarının konumlandırılması PMV değerinde ortalama $0,2^{\circ}\text{C}$ 'lik artış sağlamıştır. Bina gölgesinin düştüğü soğuk stres alanlarında ağaç gruplarının ısıtma etkisi yaratması, termal konfor değerindeki bu pozitif etkinin sebebi olarak görülmüştür (Şekil 4.72).

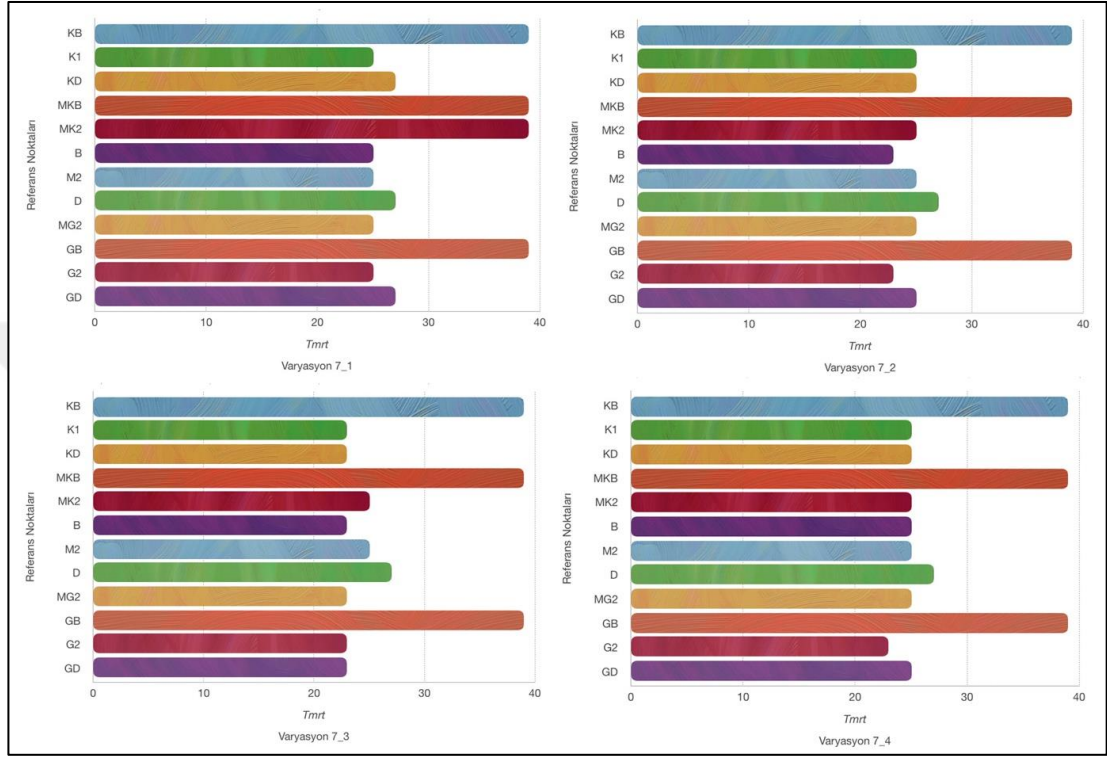


Şekil 4.71. Varyasyon-7 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.72. Varyasyon-7 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri

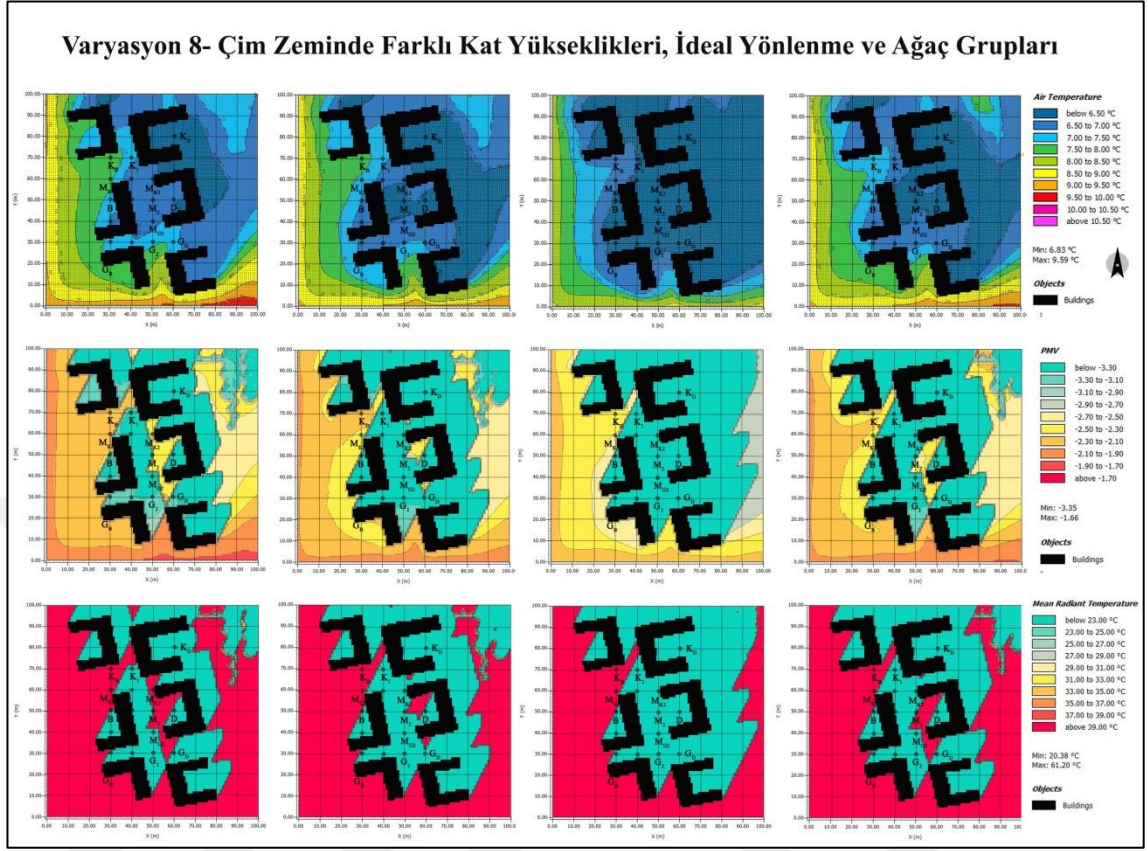
T_{MRT} değeri ise ağaç gruplarının kullanılmasının simülasyon genelinde önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür (Şekil 4.73).



Şekil 4.73. Varyasyon-7 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

8. Varyasyon-8 çim zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Varyasyon 8'deki simülasyon sonuçları, varyasyon 6 ve kendi içindeki alt varyasyonlarla karşılaştırıldığında simülasyon genelinde önemli bir fark olmadığı görülmüştür (Şekil 4.74).

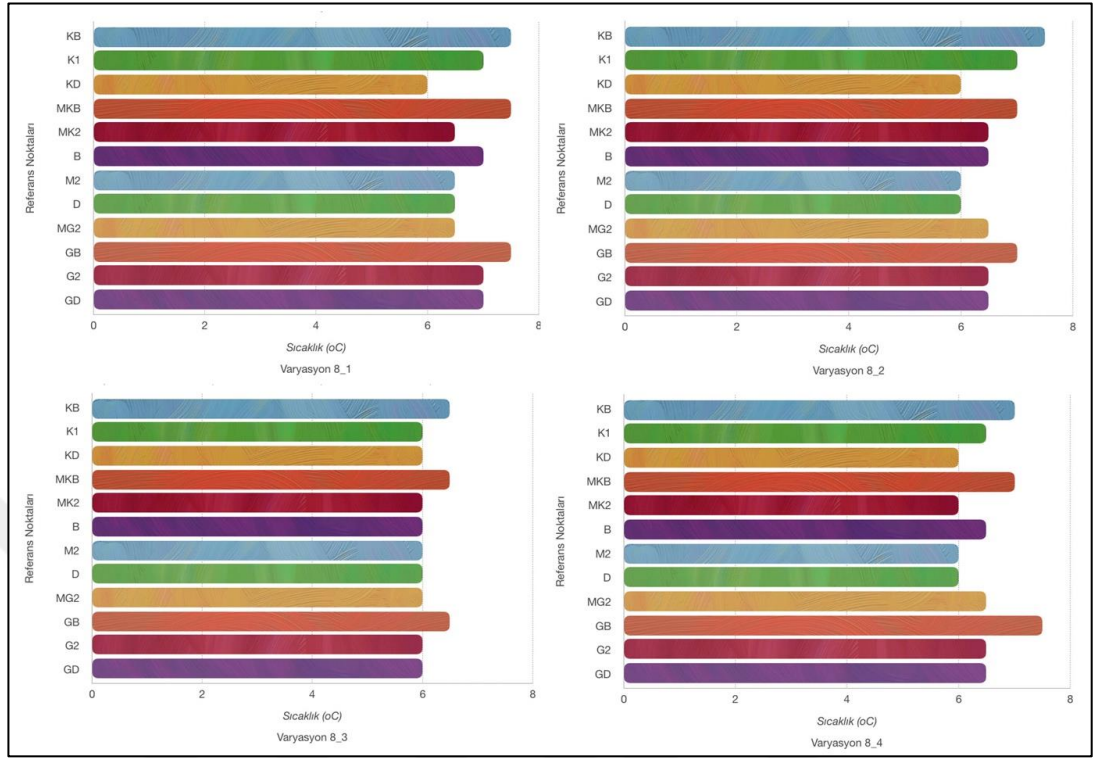


Şekil 4.74. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

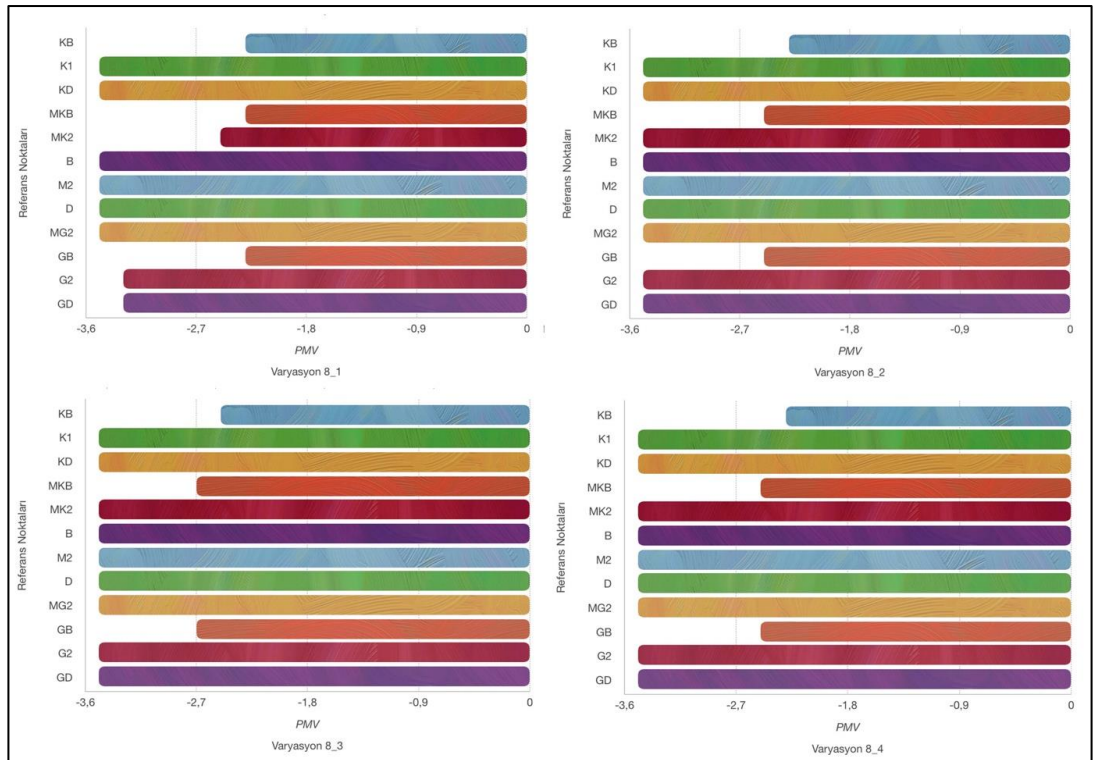
Ancak çim zeminde kuzeydoğu yönünde konumlandırılan ağaç gruplarının buldukları alanda hava sıcaklığında $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik artış sağladıkları tespit edilmiştir (Şekil 4.75).

Ortamdaki PMV değerinde ağaç gruplarının eklenmesiyle önemli bir değişiklik görülmezken, ağaç gruplarının yakın çevresinde $0,4^{\circ}\text{C}$ 'ye yakın bir artış saptanmıştır. Bina yüksekliğinin 8 kat olduğu 8_3 alt varyasyonunda gölge uzunluğu sebebiyle bu etki tespit edilememiştir (Şekil 4.76).

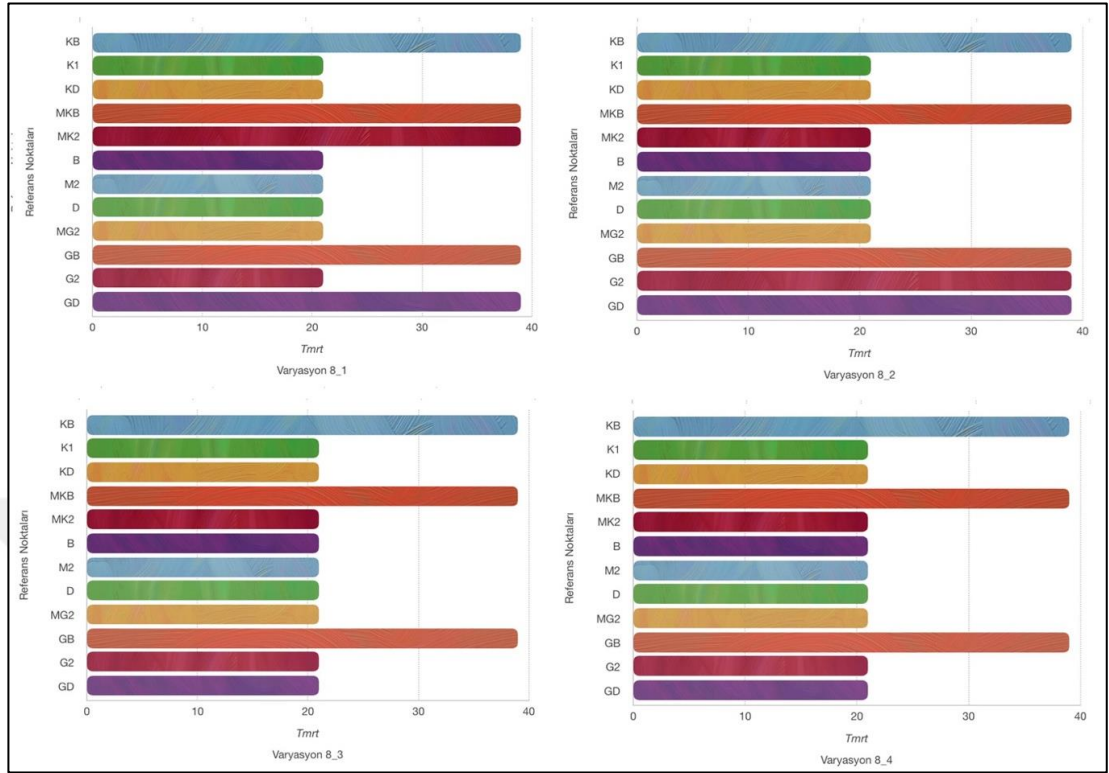
Ağaç grupları simülasyon genelinde alt varyasyonlarla karşılaştırıldığında, ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) değerinde önemli bir değişim tespit edilmemiştir (Şekil 4.77).



Şekil 4.75. Varyasyon-8 hava sıcaklığı simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.76. Varyasyon-8 PMV değeri simülasyon sonuç grafikleri



Şekil 4.77. Varyasyon-8 T_{MRT} değeri simülasyon sonuç grafikleri

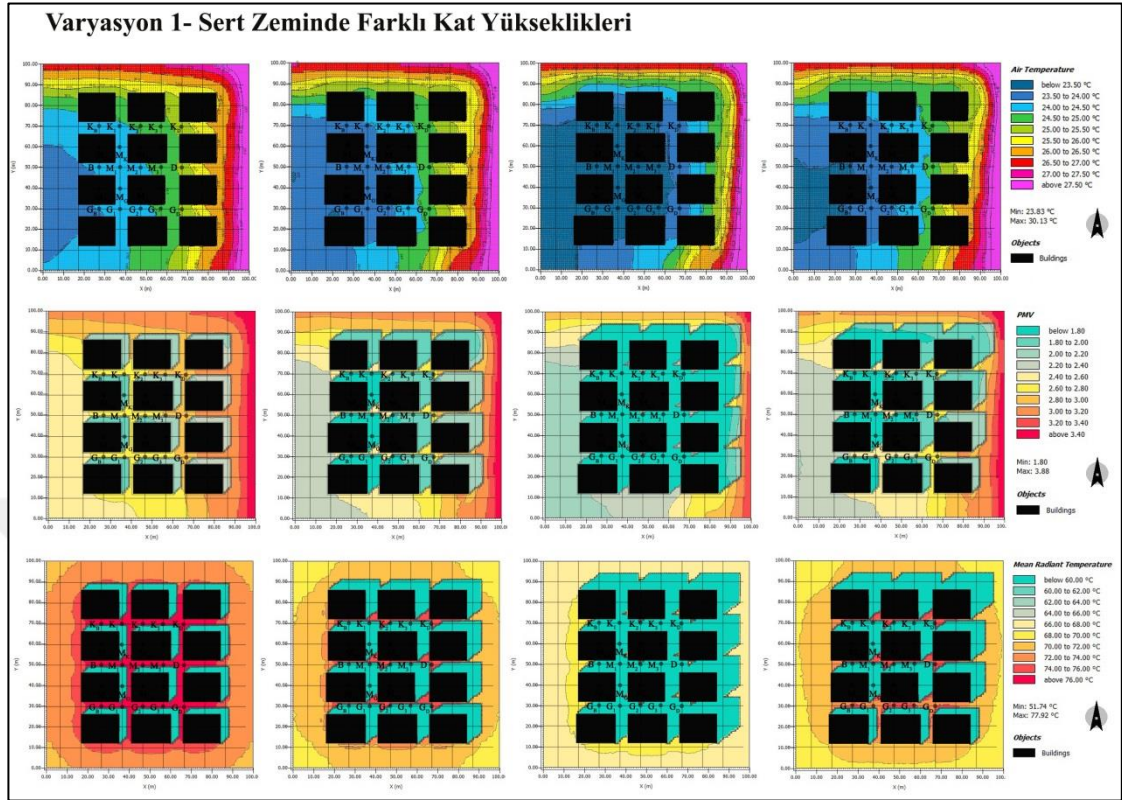
4.3.2. Kayakyolu Semti

4.3.2.a. Yaz dönemi varyasyon çıktıları

1. Varyasyon-1 sert zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklime etkisi

Kayakyolu semtinde simülasyon sonuçları K_B, K₁, K₂, K₃, K_D, M_K, B, M₁, M₂, M₃, D, M_G, G_B, G₁, G₂, G₃, G_D referans noktaları bazında karşılaştırılmıştır (Şekil 4.78).

Varyasyon 1'deki alt varyasyonlarda (1_2, 1_3, 1_4) kat yüksekliği arttıkça gölge artışı ve poyraz yönündeki rüzgara da bağlı olarak hava sıcaklığının özellikle batı ve güneybatı tarafında ortalama 0,5°C ile 1°C arasında değiştiği görülmüştür.



Şekil 4.78. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

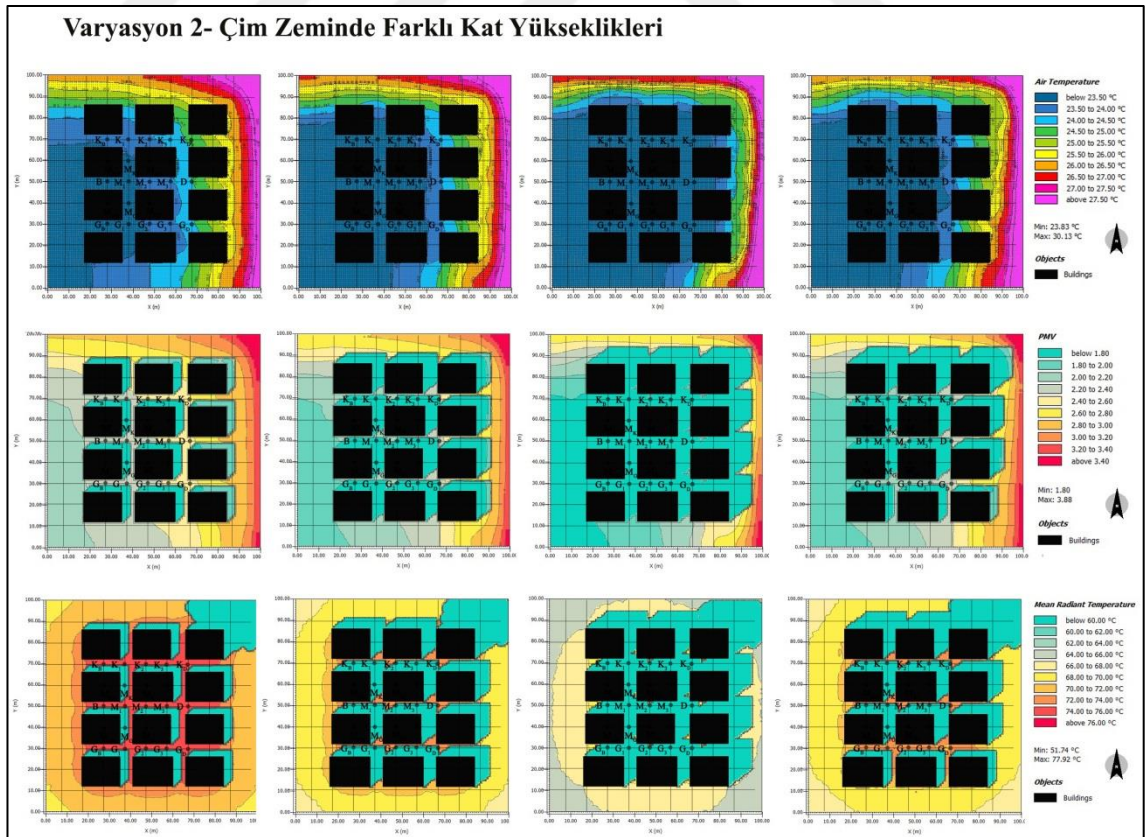
PMV değeri için simülasyon sonuçları $1,6^{\circ}\text{C}$ ile $2,8^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alanın ortalama PMV değerinin $2,6^{\circ}\text{C}$ altında ve “orta sıcaklık termal stres seviyesinde” olduğu tespit edilmiştir. Bu varyasyonda binaların birbirine çok yakın ve yüksek katlı oluşu, gölge artışına bağlı olarak PMV değerinin düşmesine sebep olmuştur.

Ayrıca sonuçlar, bina cephelerinde ve zeminde kullanılan malzemelerin tüm parametrelerde aynı olduğu göz önünde bulundurularak, kat artışı ile birlikte T_{MRT} değerinin değiştiğini göstermiştir. Bina kat yüksekliğindeki artış, bina çevresinde 2°C ile 4°C arasında ortalama yansıyan sıcaklık değerinin düşmesine neden olduğu saptanmıştır.

2. Varyasyon-2 çim zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklimine etkisi

Varyasyon 2’de, çim zeminin terleme ve buharlaşma ile sert zemine kıyasla yüzeyin soğumasına neden olduğu ve dolayısıyla ortamdaki hava sıcaklığında düşüş meydana geldiği görülmüştür (Şekil 4.79). Özellikle 3 kattan sonra (alt varyasyon 2_2, 2_3, 2_4) gölge etkisi ve rüzgar ile birlikte simülasyon genelinde hava sıcaklığının 23,5°C’den yukarı çıkmadığı saptanmıştır.

PMV değeri için simülasyon sonuçları, 1,6°C ile 2,4°C arasında değişim göstermiştir. Özellikle alt varyasyon 2_3’ten sonra PMV değerinin ortalama 1,6°C değerinde olduğu saptanmıştır. Çim zemin kullanımının sert zemine kıyasla termal konfor değerinde ortalama 1°C’lik düşüşe neden olduğu görülmüştür. Alanın PMV indeksine ait stres seviyesine göre “orta sıcaklık termal stres seviyesinde” olduğu tespit edilmiştir.

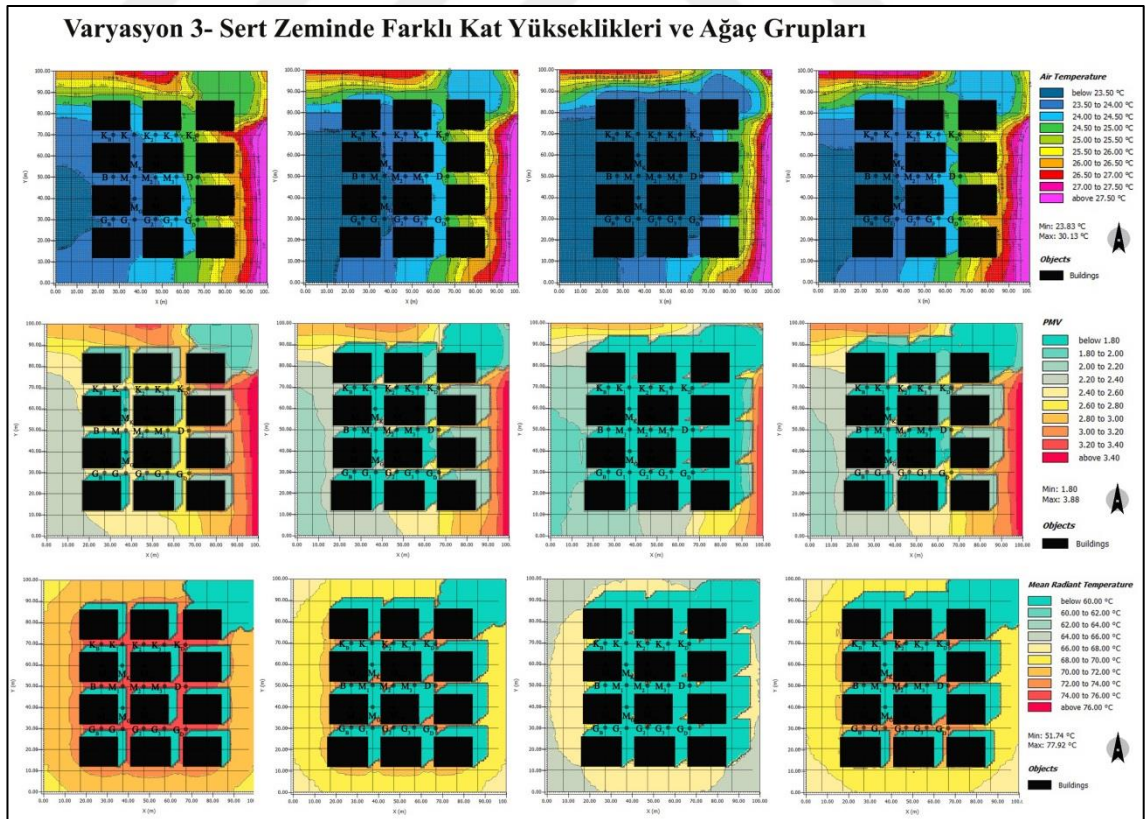


Şekil 4.79. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Bina cephelerinde aynı malzemeler kullanıldığı göz önünde bulundurularak, çim zemin kullanımının sert zemine kıyasla T_{MRT} değerini ortalama $6^{\circ}C$ düşürdüğü görülmüştür. Simülasyon sonuçlarında binaların gölge oluşturduğu alanlardaki T_{MRT} değerinin ise $60^{\circ}C$ 'nin altında olduğu tespit edilmiştir.

3. Varyasyon-3 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Simülasyon sonuçları, sert zeminde ağaç gruplarının kullanımı ile birlikte, alt varyasyon 3_3 hariç, özellikle alanın batı ve güneybatı bölgesinde hava sıcaklığında ortalama $0,5^{\circ}C$ 'lik bir düşüş yaşandığını göstermiştir (Şekil 4.80). Ağaçlar, geçirimsiz olan kaplamalı alanlara ve binalara gelen kısa dalga radyasyonunu kırmış ve sıcaklığın düşmesine yardımcı olmuştur.



Şekil 4.80. Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

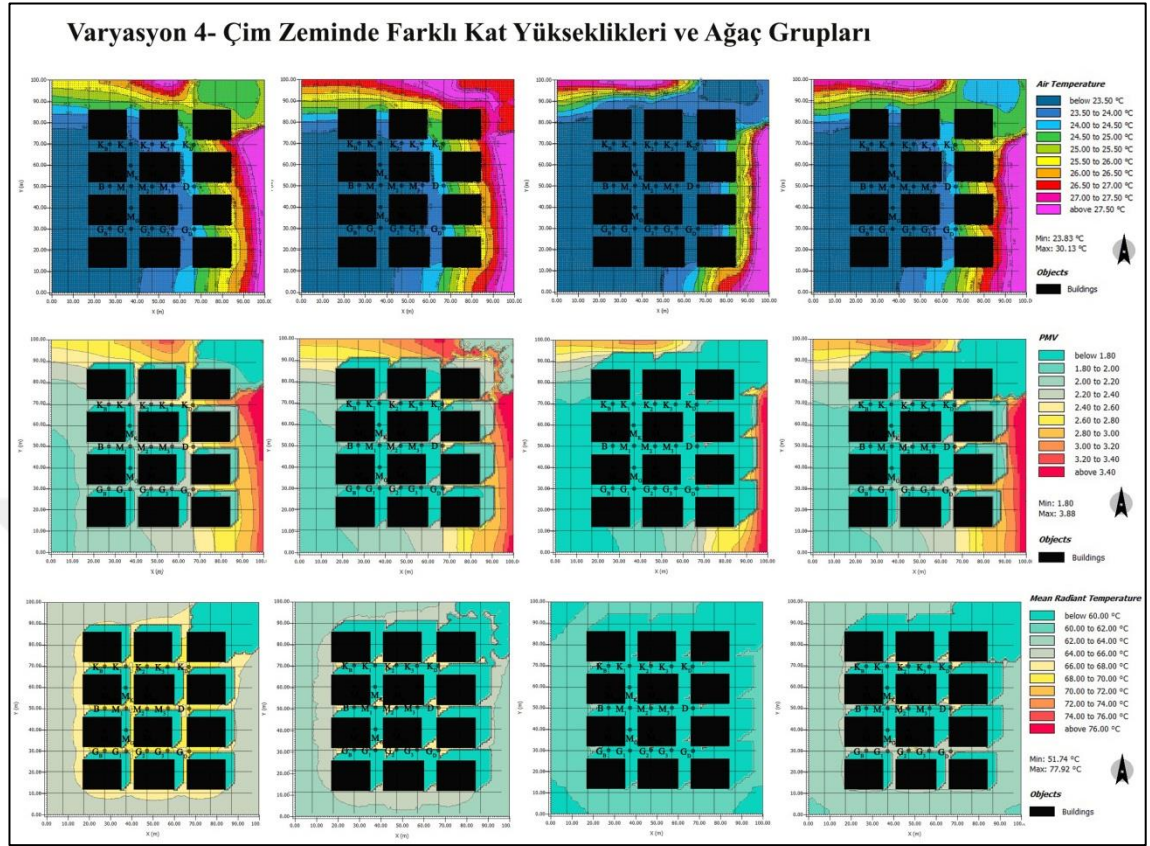
Mahallebaşı semtinden farklı olarak ağaç grupları buldukları alanda da sıcaklığın düşmesine neden olmuşlardır. Burada önemli olan nokta ağaçların yer seçimidir. Bir taraftan rüzgarı kesen ağaç ve çalı grubu hava sıcaklığının artmasına neden olurken, diğer taraftan gölge etkisi ile ısı birikimini engelleyerek ve terleme ile yüzeyin soğumasına katkıda bulunarak sıcaklığın düşmesini sağlamaktadır. Ortam sıcaklığı hangi faktörün daha baskın olduğuna göre değişiklik göstermektedir. Bu varyasyonda, ağaç gruplarının olduğu kuzeydoğu yönünden esen rüzgarın, ağaçların özellikle binaların gölge etkisi ile sıcaklığı düşürdüğü tahmin edilmektedir.

Simülasyon sonuçları bu varyasyonda, 1,6°C ile 2,8°C arasında değişim göstermiştir. Bu termal konfor indeksi için sert zeminde ağaç kullanımı referans noktaları temelinde (3_1 hariç) çok fazla değişikliğe neden olmazken, ortam genelinde 0,2°C'lik farklılıklara neden olduğu görülmüştür.

Kayakyolu semtinde varyasyon 3 için T_{MRT} değeri karşılaştırıldığında ise gölge alanlar dışında ağaç gruplarının alan genelinde 2°C'lik bir düşüşe neden olduğu saptanmıştır. Bitki örtüsünün olduğu alanda ise T_{MRT} değeri 60°C'nin altında kalmış ve 10°C'ye yakın farklar görülmüştür.

4. Varyasyon-4 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Bu varyasyonda çim zemin kullanımına ek olarak kuzeydoğu yönündeki ağaç gruplarının varlığı referans noktalarındaki hava sıcaklığında önemli bir değişime yol açmazken, ortamdaki hava sıcaklığının 23,5°C ve altında kalmasına neden olmuştur. Ek olarak, sert zeminde olduğu gibi ağaç gruplarının buldukları alanda hava sıcaklığının düşmesine neden oldukları görülmüştür (Şekil 4.81).



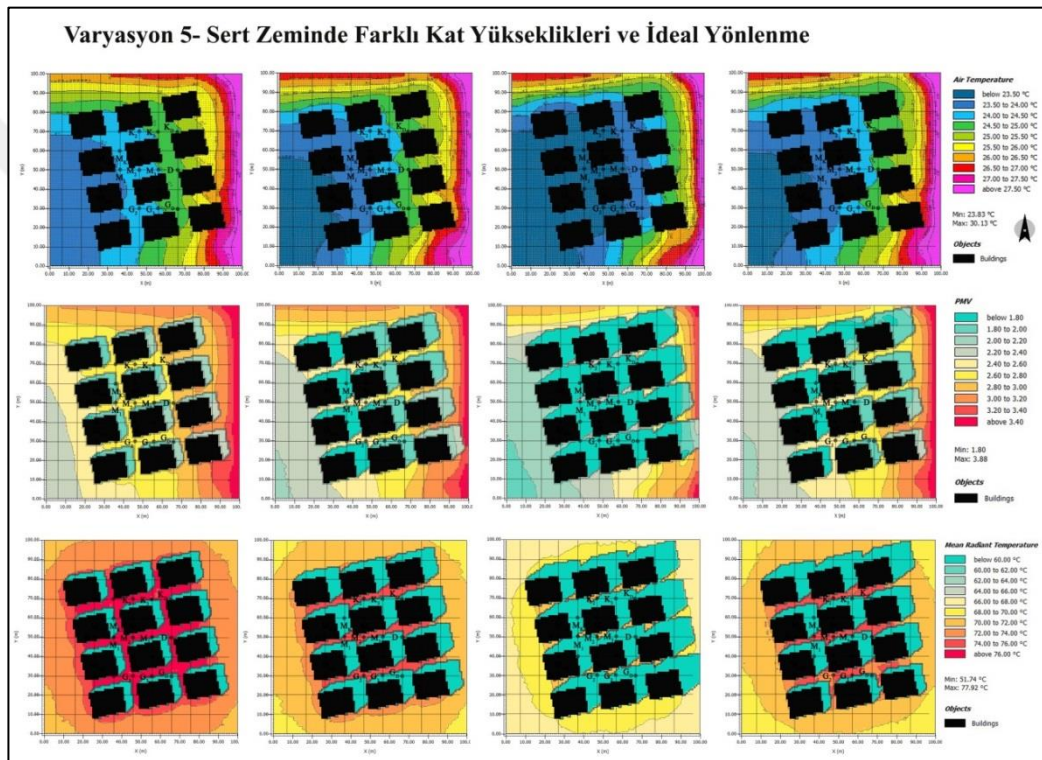
Şekil 4.81. Varyasyon-4 Hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Varyasyon 4'te PMV değeri $2,4^{\circ}\text{C}$ 'nin altında kalmıştır. $1,6^{\circ}\text{C}$ ile en alt değer, bina yüksekliğinin 8 kat olduğu ve gölge etkisinin en fazla görüldüğü alt varyasyon olan 4_3'te tespit edilmiştir.

Kayakyolu semti özelinde varyasyon 4 ve varyasyon 2 deki T_{MRT} değeri karşılaştırıldığında ise, ağaçların ortamdaki yansıyan sıcaklık değerini 2°C düşürdüğü görülmüştür. Ayrıca ağaçların bulunduğu alanda bu değer 60°C 'nin altında olduğu tespit edilmiştir.

5. Varyasyon-5 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

Yönlenme sebebiyle bundan sonraki varyasyonlarda referans noktaları, ilk 4 varyasyondaki referans noktalarından farklı olarak (K_2 , K_3 , K_D , M_K , M_1 , M_2 , M_3 , D , G_2 , G_3 , G_D) 11 noktaya düşmüştür (Şekil 4.82).



Şekil 4.82. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

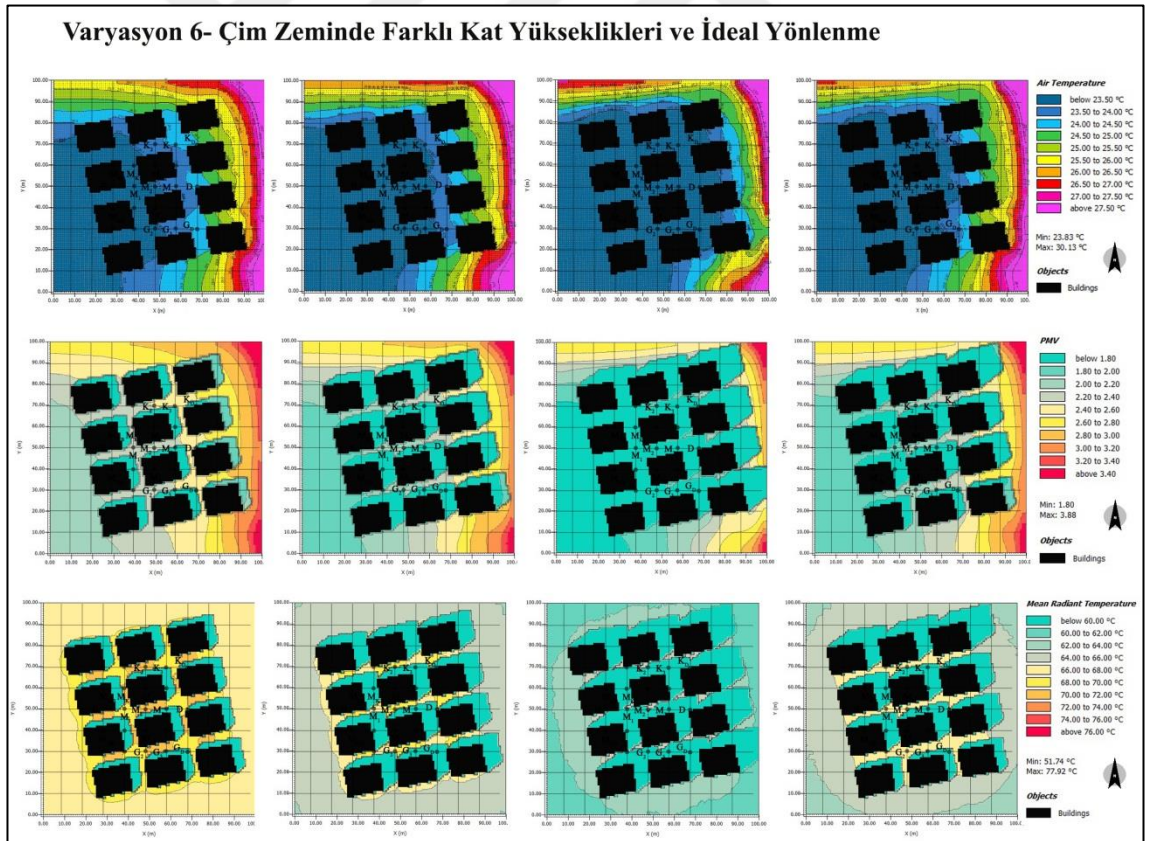
Varyasyon 5'teki simülasyon sonuçlarında, 12° güneydoğu yönlendirmesi ile yaz döneminde 23°C - $23,5^\circ\text{C}$ aralığındaki mavi alanların genişlediği görülmüştür. Hava sıcaklığının düşmesinde yönlenmenin rüzgar geçişine izin vermesi diğer bir etken olarak tahmin edilmektedir.

Simülasyon sonuçlarında PMV değeri $1,6^\circ\text{C}$ ile $2,6^\circ\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Yönlenme özellikle simülasyonun batı tarafında rüzgar geçişine izin vererek PMV değerinin bu alanda düşmesine neden olmuştur.

Bina cephelerinde aynı malzemeler kullanıldığı göz önünde bulundurularak, T_{MRT} değeri Kayakyolu semti özelinde varyasyon 1 ile karşılaştırıldığında 12° güneydoğu yönlenmesinin alt varyasyon 5_3 hariç önemli bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür. Varyasyon 5_3'te sadece 68°C - 70°C aralığındaki değer sınırının genişlediği tespit edilmiştir.

6. Varyasyon-6 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

Varyasyonda çim zemin baskın bir etki oluşturduğundan, referans noktaları üzerinde yönlendirmenin etkisi görülememiştir (Şekil 4.83).



Şekil 4.83. Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Simülasyon sonuçları, çim zeminde 12°'lik yönlendirme ile birlikte hava sıcaklığının özellikle alt varyasyon 6_2, 6_3 ve 6_4'te 23,5°C'nin altında kaldığını göstermiştir.

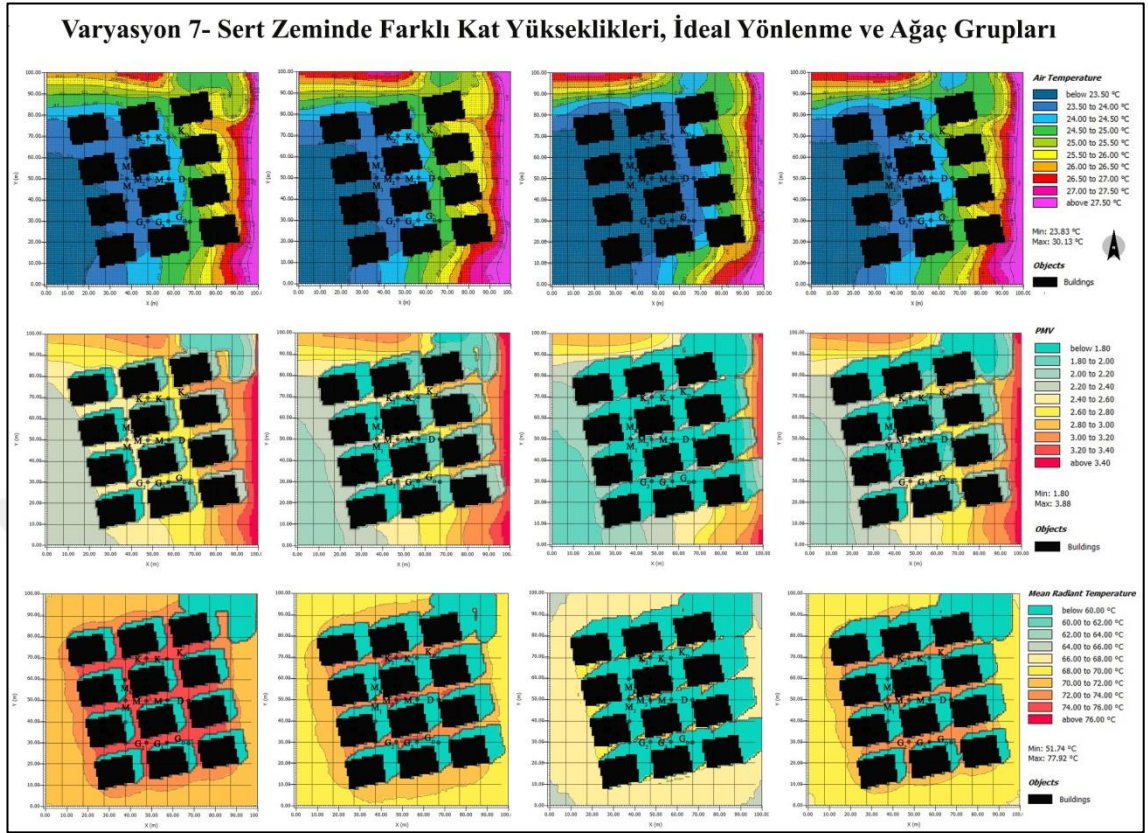
Çim zemin üzerinde bina konumlarının 12°'lik güneydoğu yönlendirilmesi PMV değerinde ortalama 0,2°C'lik bir azalmaya neden olmuştur. Yönlenme sonucu simülasyonun batı tarafında rüzgar geçişi sağlanarak PMV değerinin özellikle bu bölgede düştüğü tahmin edilmektedir. 1,6°C- 2,4°C aralığı ile indeks, “orta sıcaklık termal stres seviyesi”nde ölçülmüştür.

T_{MRT} değeri ise varyasyon 2'deki değer ile karşılaştırıldığında yönlendirmenin önemli bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir.

7. Varyasyon-7 sert zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Simülasyon sonuçları, sert zeminde yönlenmeye ek olarak ağaç gruplarının eklenmesiyle alt varyasyon 7_1 ve 7_2'de özellikle simülasyonun batı tarafında sıcaklığın düştüğünü göstermiştir. Alt varyasyon 7_3 ve 7_4'te ise sıcaklık sınırlarında önemli bir değişim görülmezken, ağaç gruplarının bulunduğu alanda hava sıcaklığının düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.84).

Sert zemin üzerinde yönlenme ile birlikte ağaç gruplarının konumlandırılması özellikle ağaç gruplarının bulunduğu alanda PMV değerinin ortalama 1,8°C'de kalmasına neden olmuştur. Varyasyon genelinde termal konfor indeksi 2,6°C-1,6°C aralığında değişmiştir.

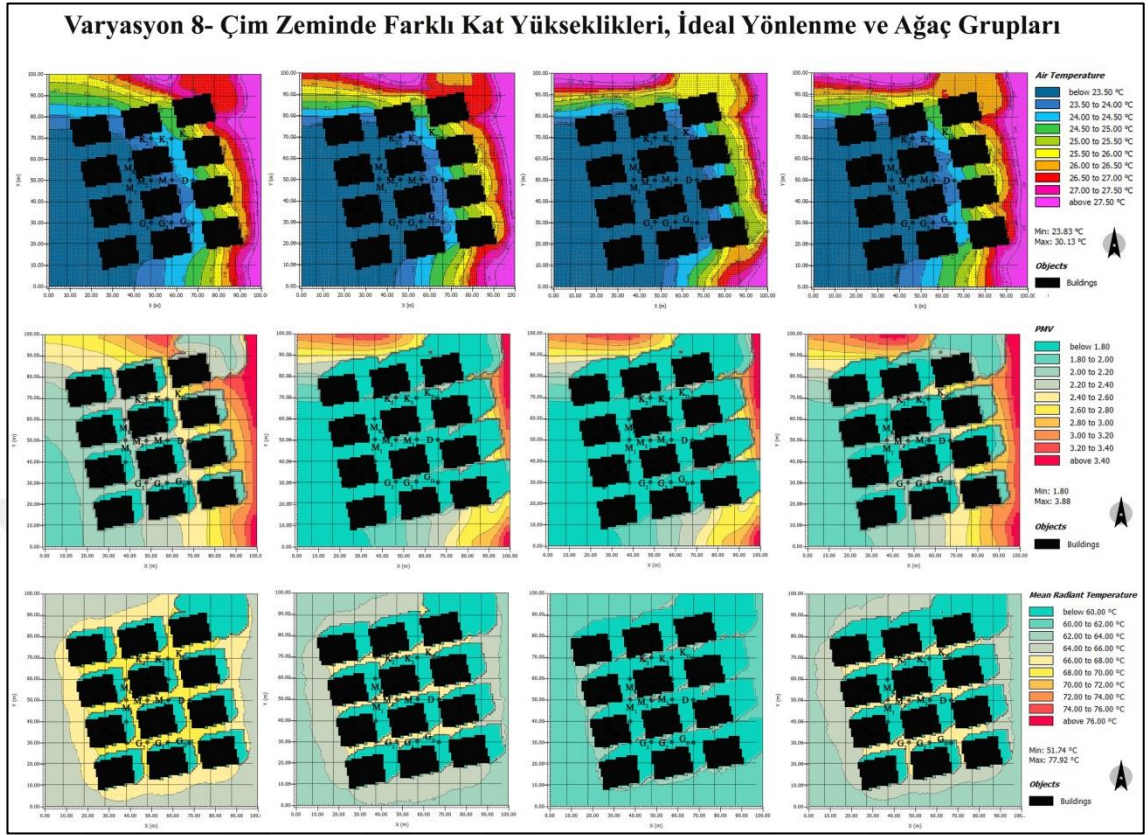


Şekil 4.84. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Ağaç gruplarının kullanılmasıyla simülasyon genelinde T_{MRT} değerinin üst sınır değerlerinde daralma olduğu görülmüştür. Ağaç gruplarının olduğu alanda ise T_{MRT} değeri, 60°C 'nin altında kalmıştır.

8. Varyasyon-8 çim zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Varyasyon 8'deki simülasyon sonuçları, varyasyon 6 ve kendi içindeki alt varyasyonlarla karşılaştırıldığında simülasyon genelinde önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Ancak çim zeminde kuzeydoğu yönünde konumlandırılan ağaç gruplarının buldukları alanda hava sıcaklığını arttırdıkları görülmüştür (Şekil 4.85).



Şekil 4.85. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

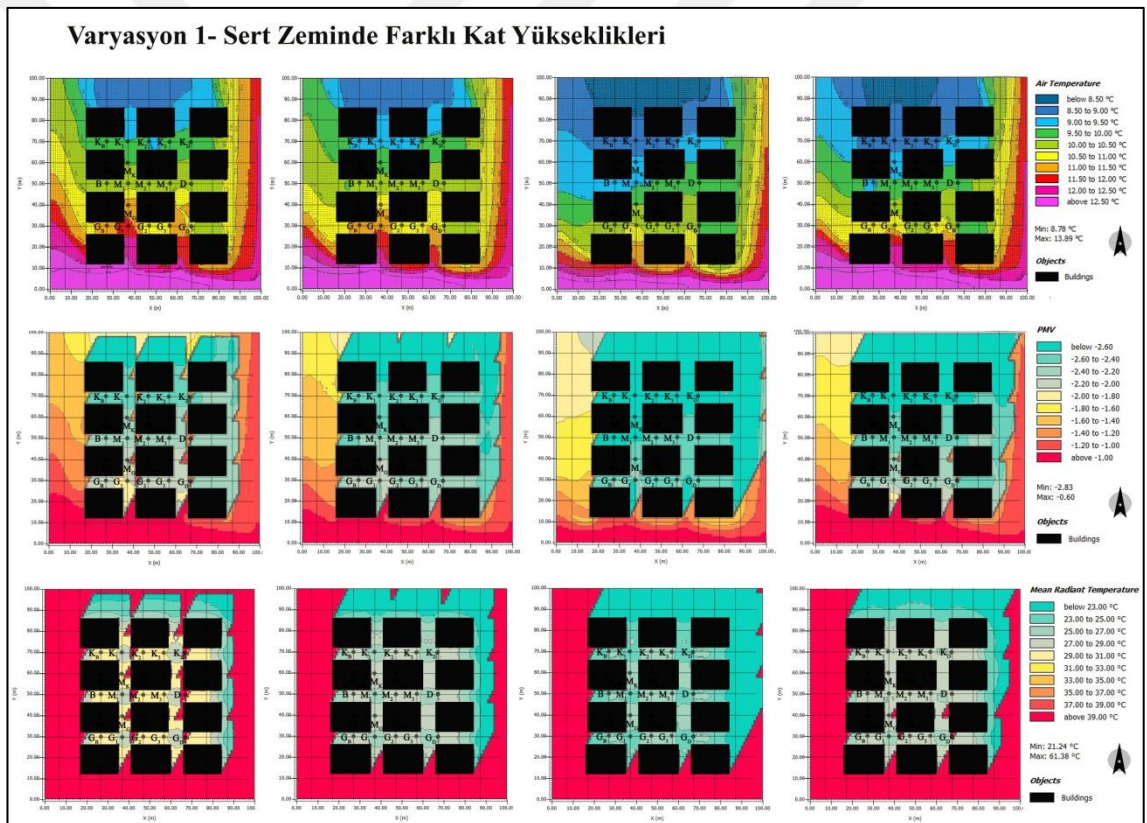
Varyasyon 8 ve varyasyon 6 kıyaslandığında, ağaç gruplarının etrafındaki PMV değeri dışında referans noktalarında önemli bir değişiklik saptanmamıştır. PMV değeri için simülasyon sonuçları 1,6°C ile 2,4°C arasında değişim göstermiştir.

Simülasyon genelinde kuzeydoğu yönünde konumlandırılan ağaç grupları alt varyasyonlarla karşılaştırıldığında, ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) değerinde 2°C'lik bir düşüşe neden olduğu görülmüştür.

4.3.2.b. Kış dönemi varyasyon çıktıları

1. Varyasyon-1 sert zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklimine etkisi

Simülasyon sonuçları, kat yüksekliğine ve simülasyon günü güneyden esen rüzgar yönüne bağlı olarak hava sıcaklığının ortalama 0,5°C değiştiğini göstermektedir. Özellikle 5 kattan fazla blokların olduğu alt varyasyonlarda hava sıcaklığı düşüşü tespit edilmiştir (varyasyon 1_3 ve 1_4) (Şekil 4.86).



Şekil 4.86. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Kayakyolu semtinde kış dönemi için PMV değeri -2,8°C ile -1,4°C arasında değişim göstermiştir. PMV değeri -1,5°C ve aşağısını gösteren bu alanın “Orta ve Güçlü Soğuk Stresi”nin etkisinde olduğu tespit edilmiştir.

Sonuçlar, kat yüksekliği arttıkça gölge oluşumunun artmasına ek olarak binaların birbirine çok yakın olmasının termal konfor indeksi olan PMV değerini etkilediğini göstermiştir. Ayrıca binaların güneyden esen rüzgarı keserek, bu alanda soğumayı engellediği ve PMV değerinin yüksek kalmasını sağladıkları tahmin edilmektedir.

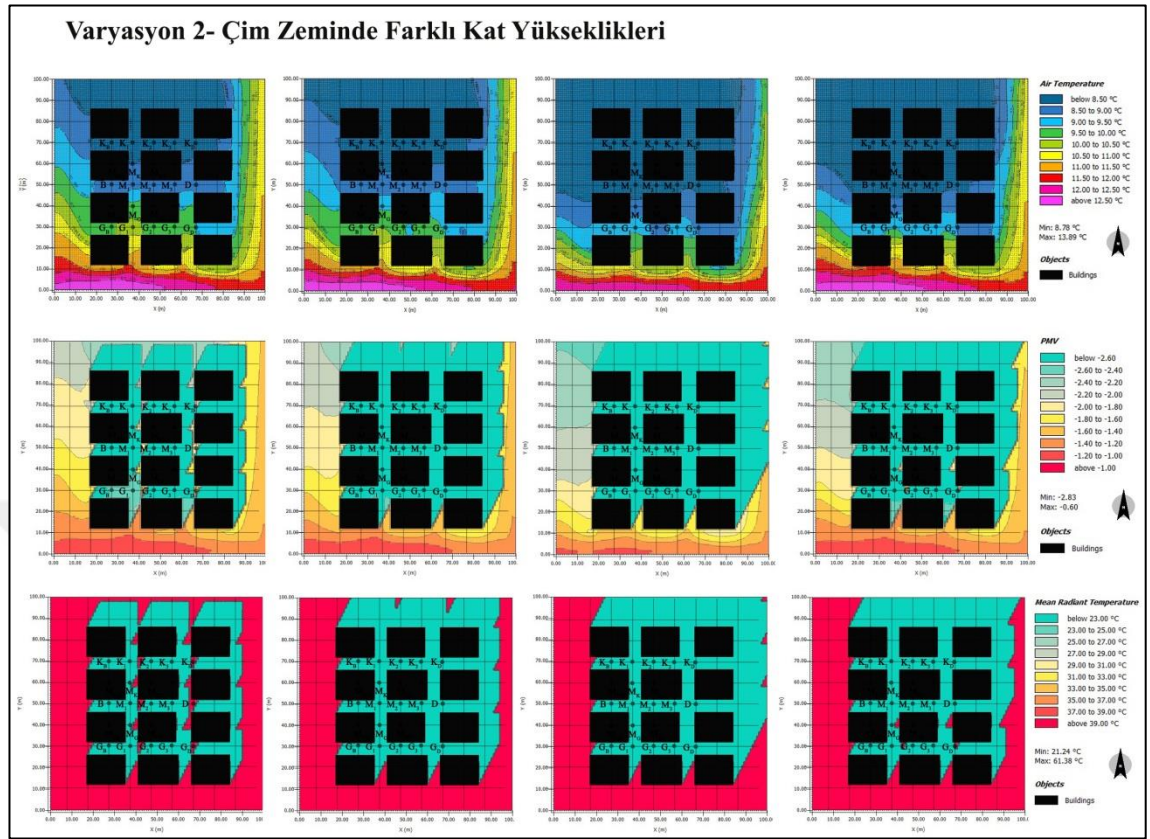
T_{MRT} değerlerinin, bina cephelerinde ve zeminde kullanılan malzemelerin tüm parametrelerde aynı olduğu göz önünde bulundurularak, kat artışı ile birlikte gölge oluşumuna bağlı olarak düştüğü görülmüştür. 8 kat olan alt varyasyonda (1_3), bina çevresindeki ortalama yansıyan sıcaklık değerinin en düşük değerde olduğu tespit edilmiştir.

2. Varyasyon-2 çim zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklime etkisi

Varyasyon 2’de, terleme ve buharlaşma sebebiyle çim zemin kullanımında sert zemine kıyasla ortamdaki hava sıcaklığının düştüğü görülmüştür (Şekil 4.90).

Sert zemin kullanımında $8,5^{\circ}\text{C}$ hava sıcaklığının simülasyonun kuzeyinde hakim olduğu görülürken, bu varyasyonda hava sıcaklığının düşerek güneydeki B, M_1 , M_2 , M_3 , D referans noktalarına kadar uzandığı görülmüştür. Alt varyasyon 2_3 ve 2_4’te ise sert zemin varyasyonunda bu referans noktalarındaki sıcaklık 9°C - $9,5^{\circ}\text{C}$ aralığında iken, çim zemin kullanımı ile sıcaklığın 8°C ’ye kadar düştüğü tespit edilmiştir.

Simülasyon sonuçları, PMV değerini ortalama $-2,8^{\circ}\text{C}$ olarak göstermiştir. Çim zemin kullanımı sıcaklık düşüşünde baskın bir etki yaratarak, “Güçlü Soğuk Termal Stres Seviyesi” nin oluşumuna neden olmuştur.



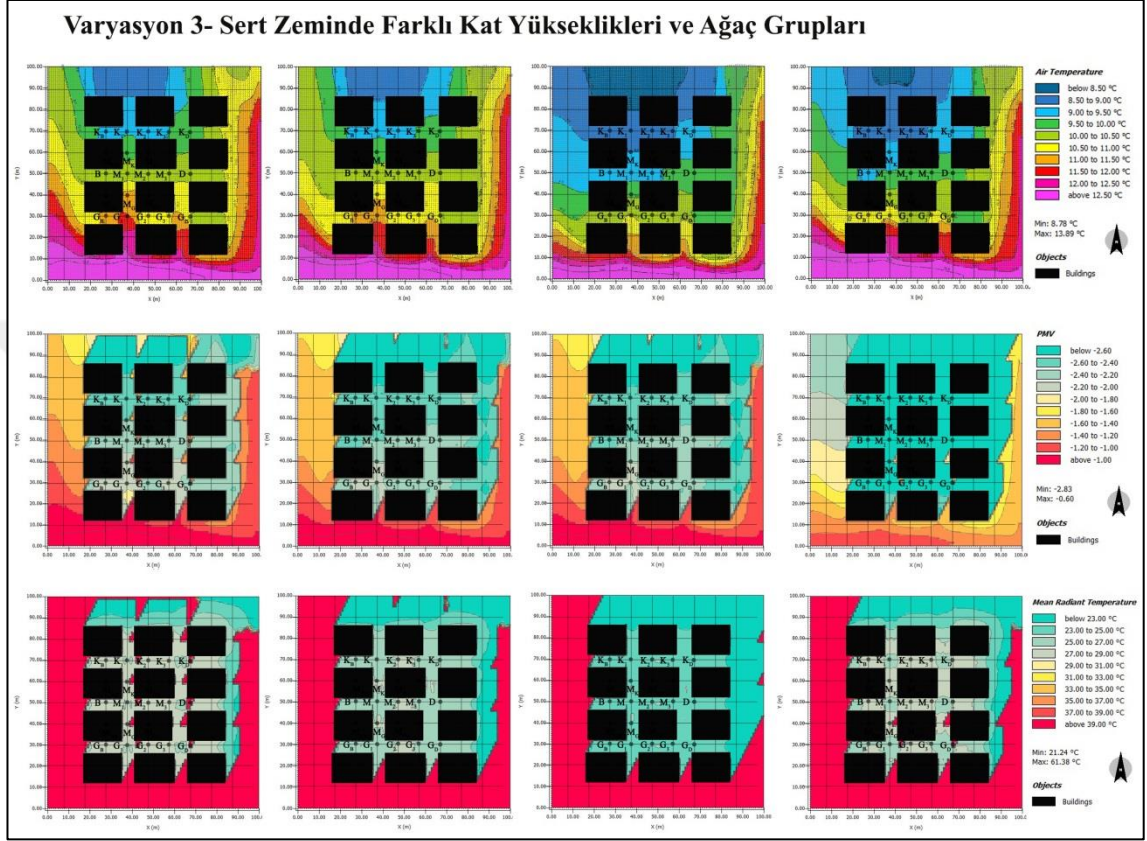
Şekil 4.90. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Bina cephelerinde aynı malzemeler kullanıldığı göz önünde bulundurularak, çim zemin kullanımının sert zemine kıyasla ortalama yansıyan sıcaklık değerini 2°C ile 5°C arasında düşürdüğü görülmüştür. Simülasyon sonuçlarında kat artışı ile birlikte T_{MRT} değerinde alansal büyüme ya da küçülme görülürken, tüm gölge olan alanların 23°C 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

3. Varyasyon-3 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Kış dönemi için simülasyon sonuçlarında, 8 kat hariç diğer alt varyasyonlarda ağaç gruplarının konumlandırıldığı kuzeydoğu bölgesinde hava sıcaklığında artış tespit edilmiştir. Bu durum, binalarda 5 kat ve yukarısının gölge sebebiyle ağaçların olumlu

etkisini ortadan kaldırdığını göstermiştir. Ağaçlar diğer varyasyonlarda, rüzgarın etkisini azaltıcı görevde bulunarak sıcaklık artışını sağlamıştır (Şekil 4.91).



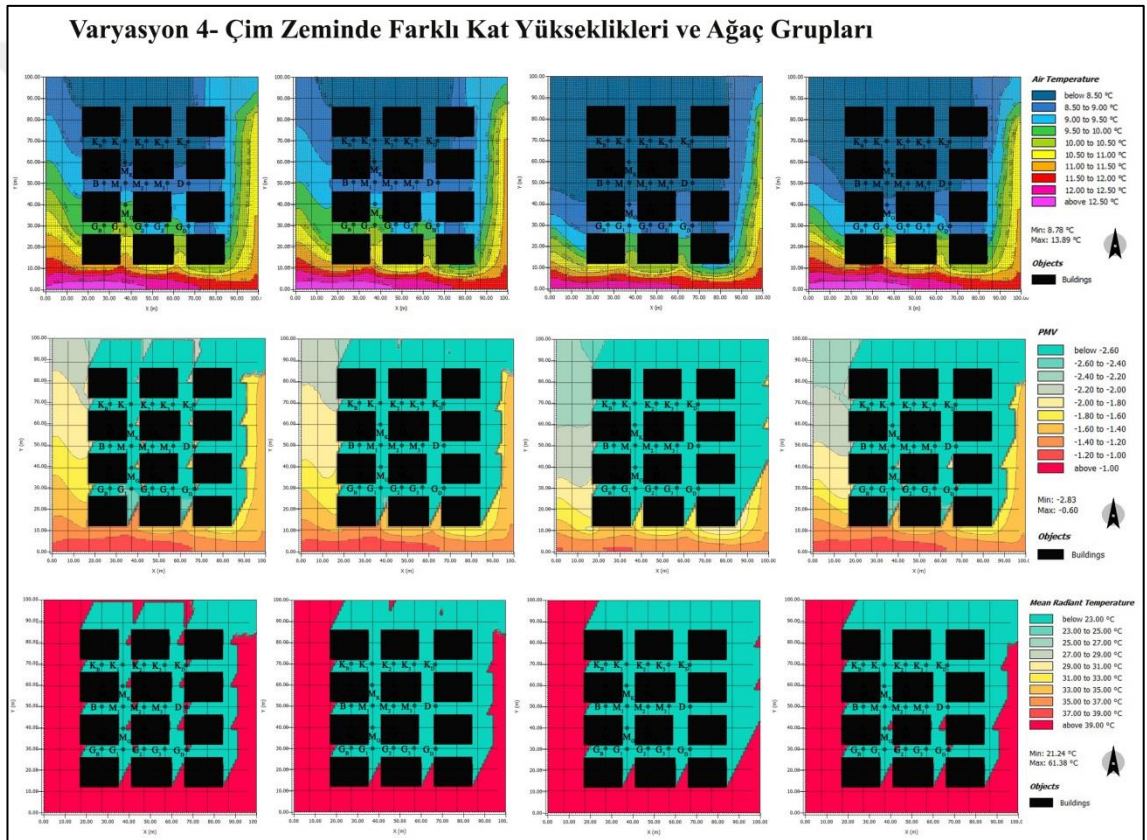
Şekil 4.91. Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

PMV değeri için simülasyon sonuçları bu varyasyonda, $-2,8^{\circ}\text{C}$ ile $-1,6^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Sert zeminde ağaç kullanımı, binaların birbirine yakınlığı ve gölge oluşumu sebebiyle alanın termal konfor değerinde önemli bir değişim yaratmamıştır. Alan yine “Güçlü Soğuk Stresi” etkisinde kalmıştır.

Kış dönemi için Varyasyon 3’te T_{MRT} değeri karşılaştırıldığında ise ağaç gruplarının en fazla değişimi 3 kat ile alt varyasyon 3_1’de oluşturduğu görülmüştür. Gölge etkisinin en az olduğu bu alt varyasyonda, ağaç gruplarının varlığı ile ortalama yansıyan sıcaklık değeri 2°C ’lik bir düşüş göstermiştir. Diğer varyasyonlarda önemli bir değişim tespit edilmemiştir.

4. Varyasyon-4 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Bu varyasyonda çim zemin kullanımına ek olarak kuzeydoğu yönündeki ağaç gruplarının varlığı ortamdaki hava sıcaklığında önemli bir değişiklik oluşturmazken, 8 katlı alt varyasyon hariç tutularak, ağaç gruplarının konumlandırıldıkları alanda rüzgarı keserek sıcaklık düşüşünü engelledikleri görülmüştür (Şekil 4.92).



Şekil 4.92. Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

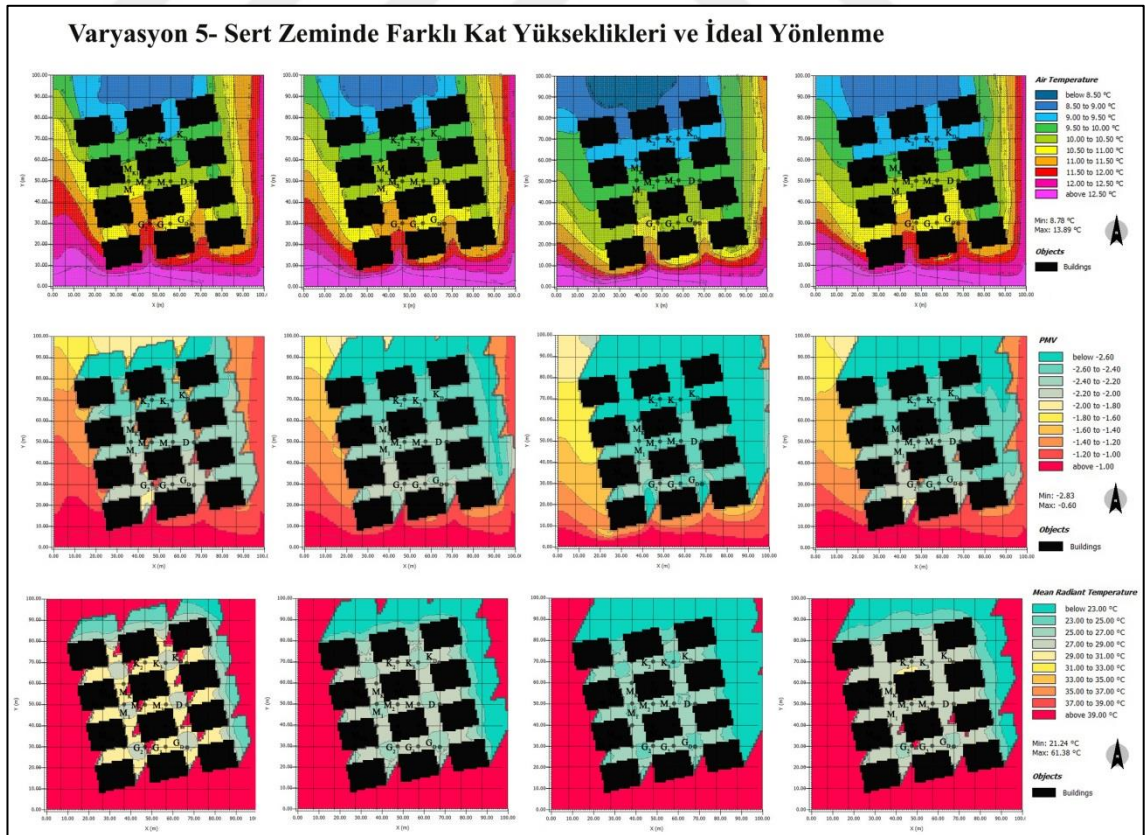
Ağaç gruplarının kendi alanları etrafında 0,5°C'lik farklar yarattıkları tespit edilmiştir. Simülasyon sonuçları bu varyasyonda alan geneli için hava sıcaklığını 8°C- 8,5°C aralığında göstermiştir.

Varyasyon 4'te PMV değerinin $-2,8^{\circ}\text{C}$ olduğu tespit edilmiştir. Ağaç kullanımı termal konfor değerinde önemli bir değişiklik oluşturmazken, çim zeminin baskın etkisi “Güçlü Soğuk Termal Stres Seviyesi”nin devam etmesine neden olmuştur.

Varyasyon 4 ve Varyasyon 2'deki T_{MRT} değeri karşılaştırıldığında, simülasyon genelinde önemli bir değişim görülmemiştir.

5. Varyasyon-5 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

Yönlenme sebebiyle bundan sonraki varyasyonlarda yaz döneminde olduğu gibi referans noktaları ilk 4 varyasyondaki referans noktalarından farklı olarak (K_2 , K_3 , K_D , M_K , M_1 , M_2 , M_3 , D , G_2 , G_3 , G_D) 11 noktaya düşmüştür (Şekil 4.93).



Şekil 4.93. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Varyasyon 5'teki simülasyon sonuçlarında, kış dönemi için 12°'lik bir açıyla güneydoğu yönünde yapılan sokak yönlendirmesinin kuzeyde yer alan referans noktalarında (K_2 , K_3 , K_D) ve özellikle yüksek katlı alt varyasyonlarda hava sıcaklığında ortalama 0,5°C'lik artış sağladığı tespit edilmiştir.

PMV değeri için simülasyon sonuçları -2,6°C ile -2,4°C arasında değişim göstermiştir. PMV değeri "Güçlü Soğuk Stresi" etkisinde kalmaya devam etmiştir.

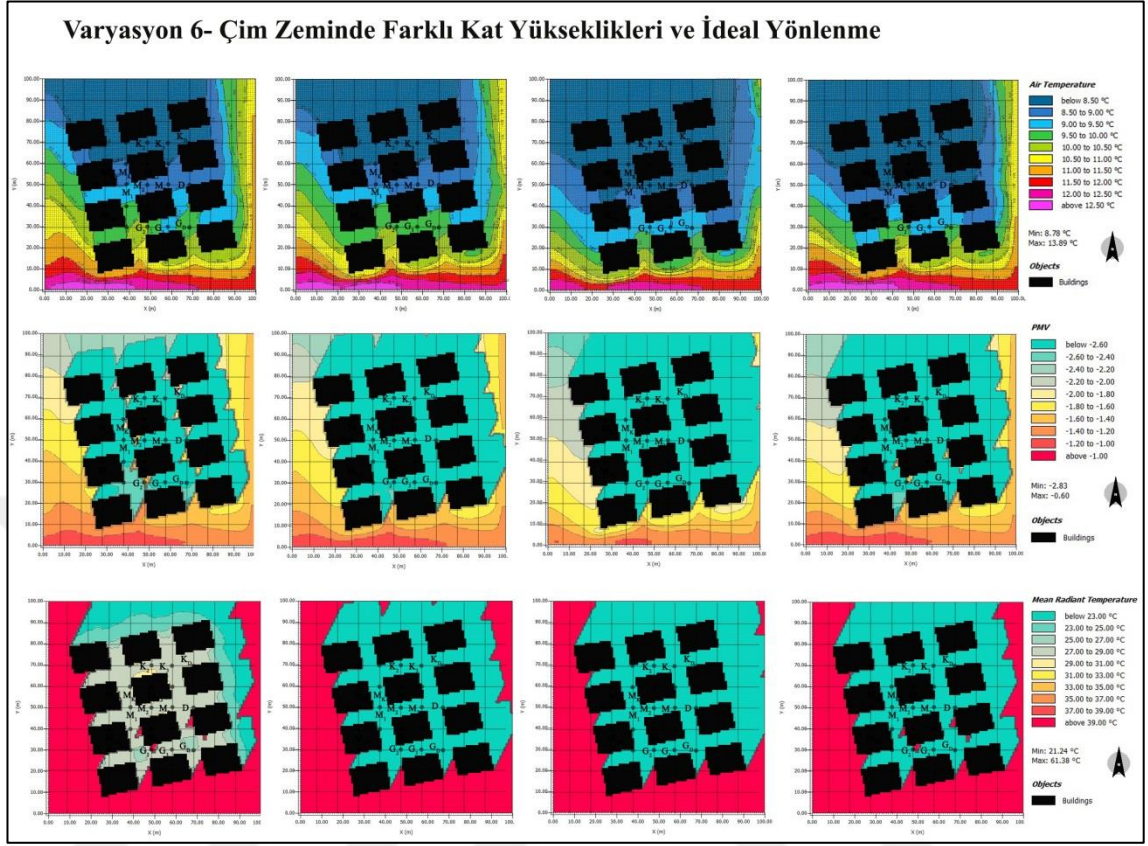
Bina cephelerinde aynı malzemeler kullanıldığı göz önünde bulundurularak, T_{MRT} değeri varyasyon 1 ile karşılaştırıldığında 12° güneydoğu yönlenmesinin önemli bir değişim oluşturduğu görülmemiştir.

6. Varyasyon-6 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

Simülasyon sonuçları, çim zeminde 12°'lik yönlendirme ile birlikte ortam sıcaklığında önemli bir değişiklik göstermezken, özellikle bina kat yüksekliğinin 8 olduğu alt varyasyonda, M_1 referans noktasına kadar sıcaklığın arttığını göstermiştir (Şekil 4.94).

Çim zemin üzerinde bina konumlarının 12°'lik güneydoğu yönlendirilmesi kış dönemi için PMV değerinde önemli bir fark oluşturmamıştır. Termal konfor değeri, gölge oluşumundaki fazlalık sebebiyle -2,8°C olarak tespit edilmiştir.

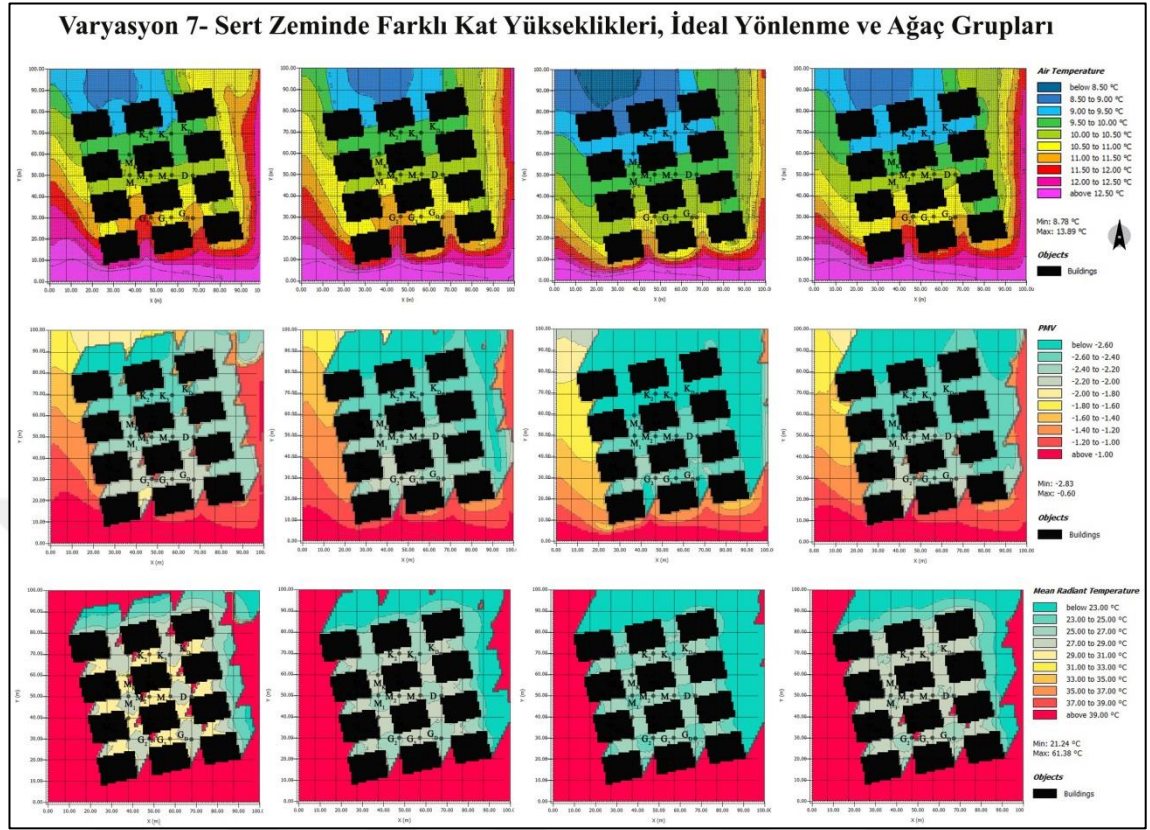
T_{MRT} değeri ise, Varyasyon 2'deki değer ile karşılaştırıldığında yönlendirmenin alt varyasyon 6_1'de bir değişim yarattığı görülmüştür. 3 kat olan bu varyasyonda, gölge kısalığı nedeniyle ortalama yansıyan sıcaklık değerinde 2°C'lik bir artış tespit edilmiştir.



Şekil 4.94. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

8. Varyasyon-7 sert zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Sonuçlar, sert zeminde yönlenmeye ek olarak ağaç gruplarının eklenmesiyle özellikle yüksek katların olduğu alt varyasyonlarda kış dönemi için önemli sıcaklık artışının sağlandığını göstermiştir (Şekil 4.95).



Şekil 4.95. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

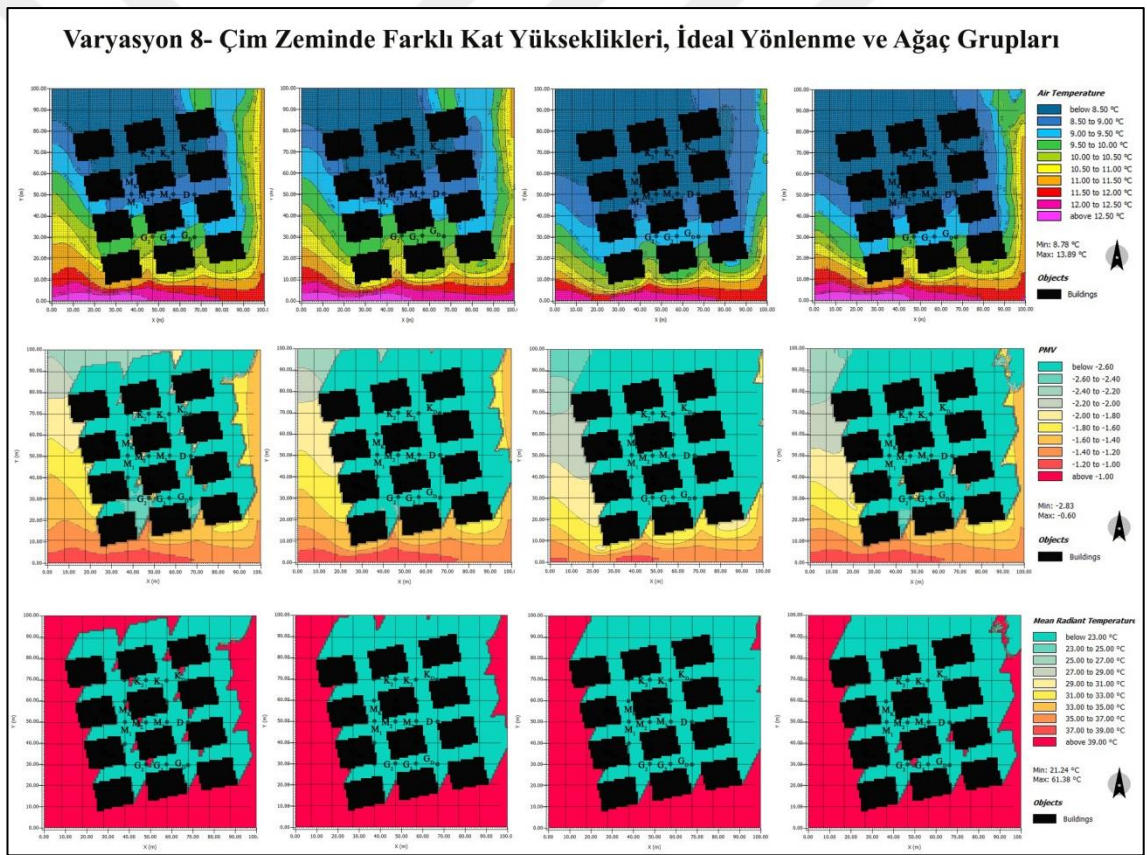
Yönlenme ve ağaç grupları ile birlikte kuzeydeki referans noktalarında $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik bir sıcaklık artışı sağlanmıştır.

Termal konfor değeri için ise, sert zemin üzerinde yönlenme etkisi ve ağaç gruplarının konumlandırılması ile bina gölgesinin düştüğü soğuk stres alanları dışında PMV değerinde ortalama $0,2^{\circ}\text{C}$ 'lik artış sağlamıştır.

T_{MRT} değerinde ise ağaç gruplarının kullanılması özellikle az katlı binaların kullanıldığı alt varyasyonlarda referans noktaları bazında 2°C 'lik artış sağlamıştır.

8. Varyasyon-8 çim zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Varyasyon 6 ve kendi içindeki alt varyasyonlarla karşılaştırıldığında, varyasyon 8'deki simülasyon sonuçlarının güneydeki referans noktalarında $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik farklar tespit edilmiştir. Ayrıca çim zeminde kuzeydoğu yönünde konumlandırılan ağaç gruplarının buldukları alanda hava sıcaklığında $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik artış sağladıkları görülmüştür (Şekil 4.96).



Şekil 4.96. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Ortamdaki PMV değerinde ağaç gruplarının eklenmesiyle önemli bir değişiklik tespit edilememiştir.

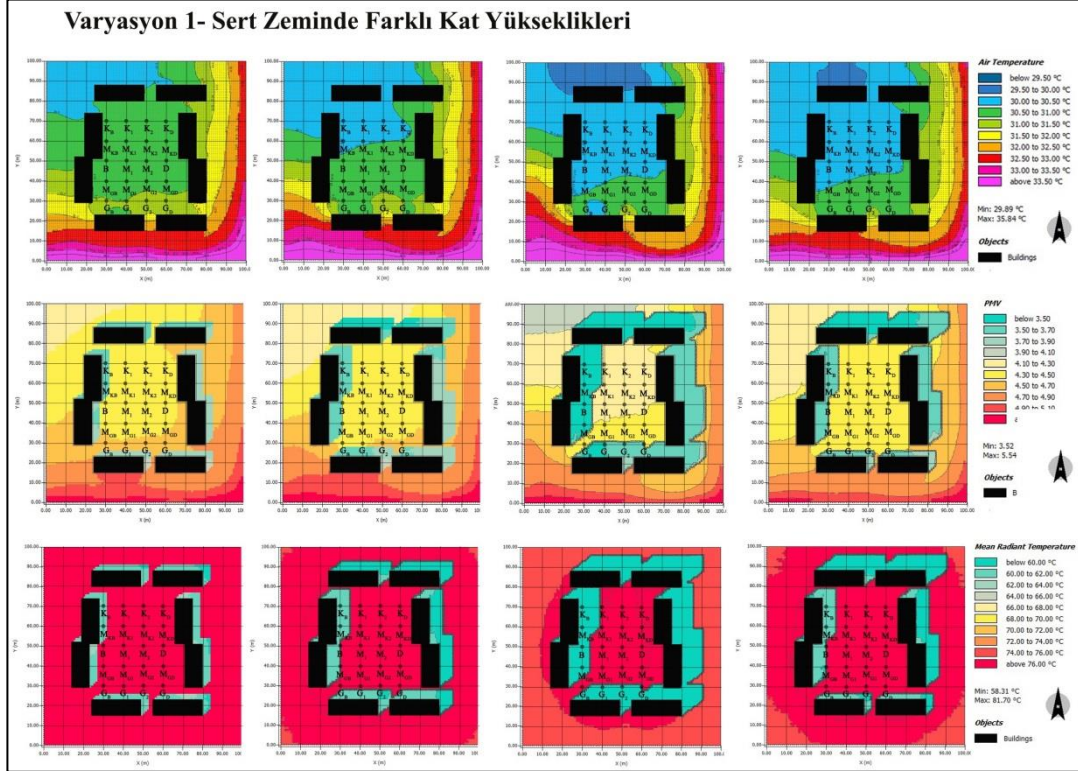
Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) değeri için Kuzeydoğu yönünde konumlandırılan ağaç grupları simülasyon genelinde alt varyasyonlarla karşılaştırıldığında, PMV değerinde olduğu gibi önemli bir değişim tespit edilmemiştir.

4.3.3. Yıldızkent Semt

4.3.3.a. Yaz dönemi varyasyon çıktıları

1. Varyasyon-1 sert zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklime etkisi

Yıldızkent semtinde simülasyon sonuçları K_B , K_1 , K_2 , K_D , M_{KB} , M_{K1} , M_{K2} , M_{KD} , B , M_1 , M_2 , D , M_{GB} , M_{G1} , M_{G2} , M_{GD} , G_B , G_1 , G_2 , G_D referans noktaları bazında karşılaştırılmıştır (Şekil 4.97).



Şekil 4.97. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

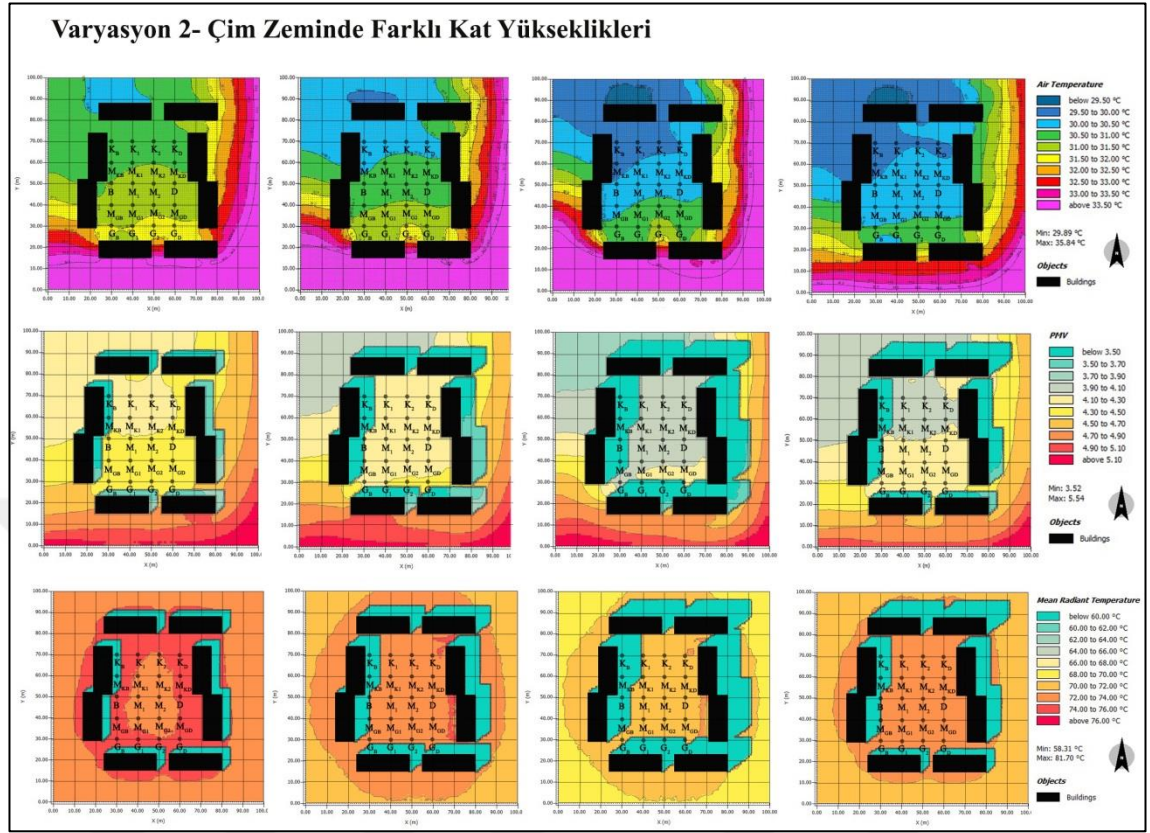
Sert zeminde bina kat yüksekliklerinin değiştirildiği bu varyasyonda, kat yüksekliği arttıķa özellikle avlu içerisinde gölge artışına bağlı olarak 0,5°C ile 1°C arasında sıcaklığın azaldığı görülmüştür.

Varyasyon 1’de PMV değeri 3,2°C ile 4,3°C arasında değişim göstermiştir. Alt varyasyon 1_3’te 8 kat bina yüksekliğine bağlı olarak orta avluda PMV değerinde 0,2°C’lik bir düşüş görülmüştür. Alan, termal stres seviyesinde ‘‘aşırı sıcaklık stresi’’nin etkisindedir.

Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte alt varyasyonlar 1_3 ve 1_4’te kat yüksekliği artışına bağlı olarak en üst değerin daraldığı görülmüştür. Gölgede kalan referans noktalarında T_{MRT} değerinin 60°C’nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

2. Varyasyon-2 im zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklime etkisi

Varyasyon 2’de sert zemin yerine çim zemin kullanılmış ve bina kat yüksekliklerinin değiştirilmesi sonucu oluşan farklılıklar incelenmiştir. Varyasyon 1’de olduğu gibi bina kat yükseklikleri arttıķa avlu içerisinde sıcaklık düşüşü gerçekleşmiş ancak bu farkın 0,5°C daha fazla olduğu görülmüştür. Yazın avlu içerisinde sert döşeme yerine toprak veya çim zemin kullanılmasının sıcaklık artışını engellediği tespit edilmiştir (şekil 4.98).



Şekil 4.98. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

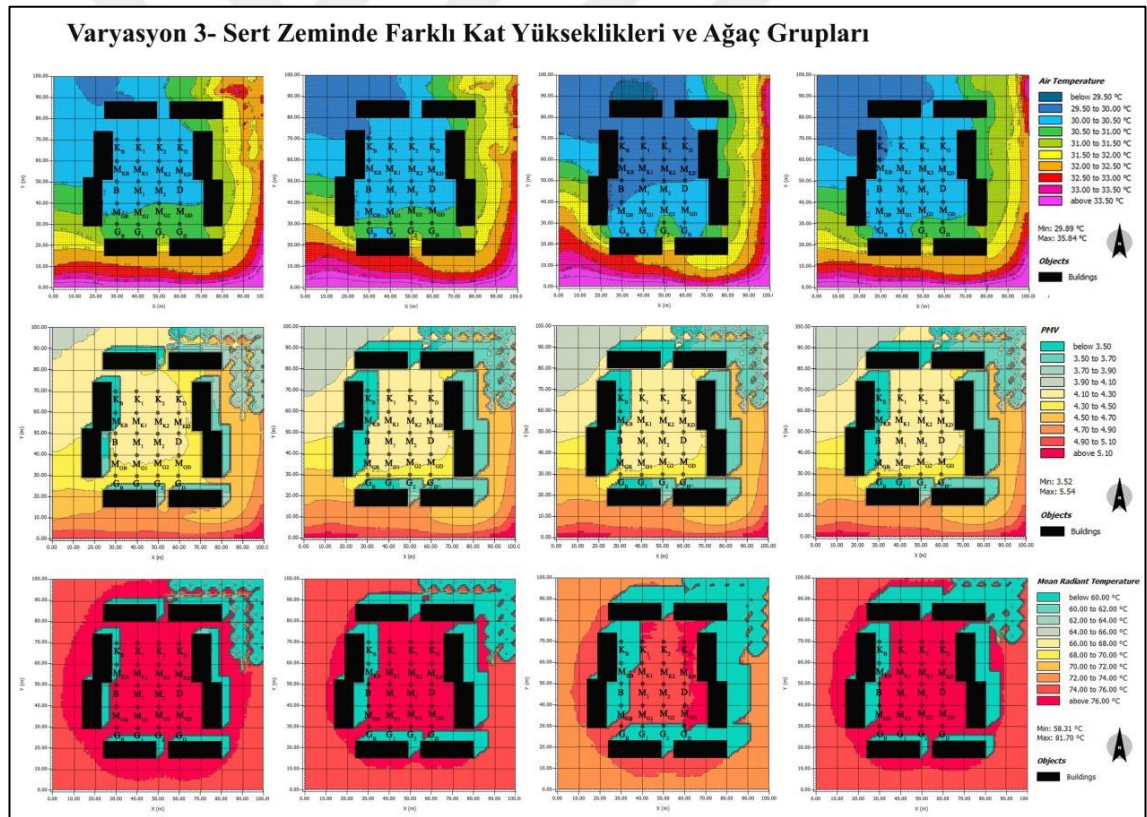
PMV değerinin varyasyon 2’de çim zemin kullanılmasıyla birlikte özellikle kuzeydeki referans noktalarında $0,2^{\circ}\text{C}$ - $0,4^{\circ}\text{C}$ aralığında düştüğü saptanmıştır. Ancak yine “aşırı sıcaklık “stresi” termal seviyesinde kalındığı görülmüştür.

T_{MRT} değeri ise bu varyasyonda çim zemin kullanımı ile birlikte 68°C ’ye kadar bir düşüş göstermiştir. Alt varyasyon 1_3’te binaların yüksek katlı oluşu sebebiyle en fazla fark görülürken, 1_2 ve 1_4 birbirine yakın sonuçlar göstermiştir.

3. Varyasyon-3 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Varyasyon 3’te sert zemin üzerine kuzeydoğu yönünde yoğun iğne yapraklı bitki örtüsü yerleştirilmiştir. Varyasyon 3 ilk olarak varyasyon 1 ile karşılaştırıldığında ağaç

gruplarının değişken olarak alındığı bir sorgulama gerçekleştirilmiştir. Sert zeminde ağaçların eklenmesinin hem mikro iklimlendirmede hem de yaya konforu üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu görülmüş ve günlük ortalama sıcaklık değerlerini 0.5°C - 2°C aralığında azalttığı test edilmiştir. Varyasyon 3 kendi içerisinde kat yüksekliklerinin artışına bağlı olarak değerlendirildiğinde ise yine kat arttıkça avlu içerisinde sıcaklığın düştüğü görülmüştür. Ek olarak bitki örtüsü varlığı, daha fazla sıcaklık düşüşü ile birlikte bu düşüşün daha geniş alanda hissedilmesine neden olmuştur. Ancak diğer taraftan ağaç gruplarının bulunduğu kuzeydoğu bölgesinde özellikle alt varyasyon 1_1 ve 1_2'de rüzgarın yavaşlamasına bağlı olduğu tahmin edilerek sıcaklığın arttığı görülmüştür (Şekil 4.99).



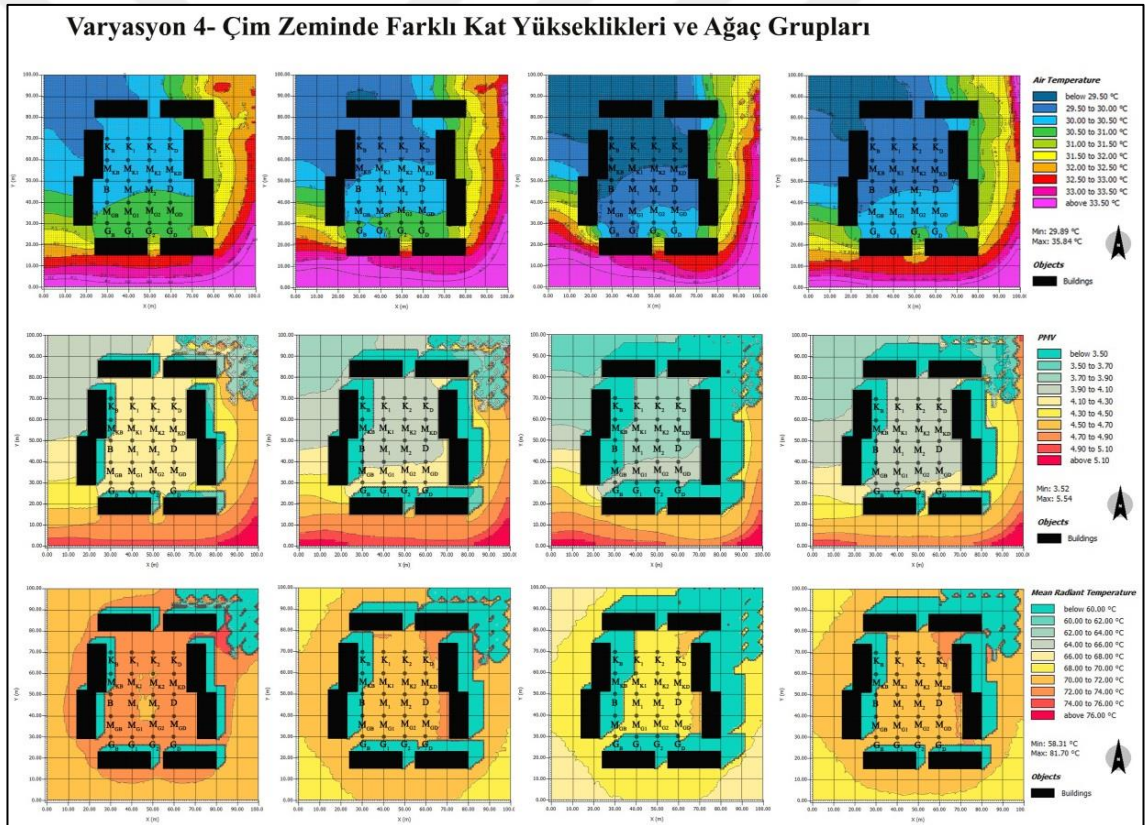
Şekil 4.99. Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

PMV değeri varyasyon 1'de olduğu gibi $3,2^{\circ}\text{C}$ ile $4,3^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Ancak ağaçların eklenmesi sonucu orta avluda PMV değerinde $0,2^{\circ}\text{C}$ bir düşüş yaşandığı tespit edilmiştir.

T_{MRT} değeri ise varyasyon 1'deki değer ile kıyaslandığında, ağaçların ortalama yansıyan sıcaklık değerini ortalama 2°C düşürdüğü saptanmıştır.

4. Varyasyon-4 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Varyasyon 4'te çim zemin üzerine kuzeydoğu yönünde yoğun iğne yapraklı bitki örtüsü yerleştirilmiştir (Şekil 4.100).



Şekil 4.100. Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Ağaç grupları varlığını sorgulamak adına yine ilk olarak varyasyon 2 ve varyasyon 4 kıyaslaması yapılmıştır. Varyasyon 3'te olduğu gibi ağaç grupları avlu içerisinde 0.5°C-2°C aralığında sıcaklığı azaltmıştır. Ek olarak, kuzeydoğu yönünde konulan ağaçlar,

rüzgarı keserek çevresinde bir soğutma etkisi yaratmamış, aksine çim zemin üzerinde 1°C-2°C sıcaklık artışına neden olmuşlardır.

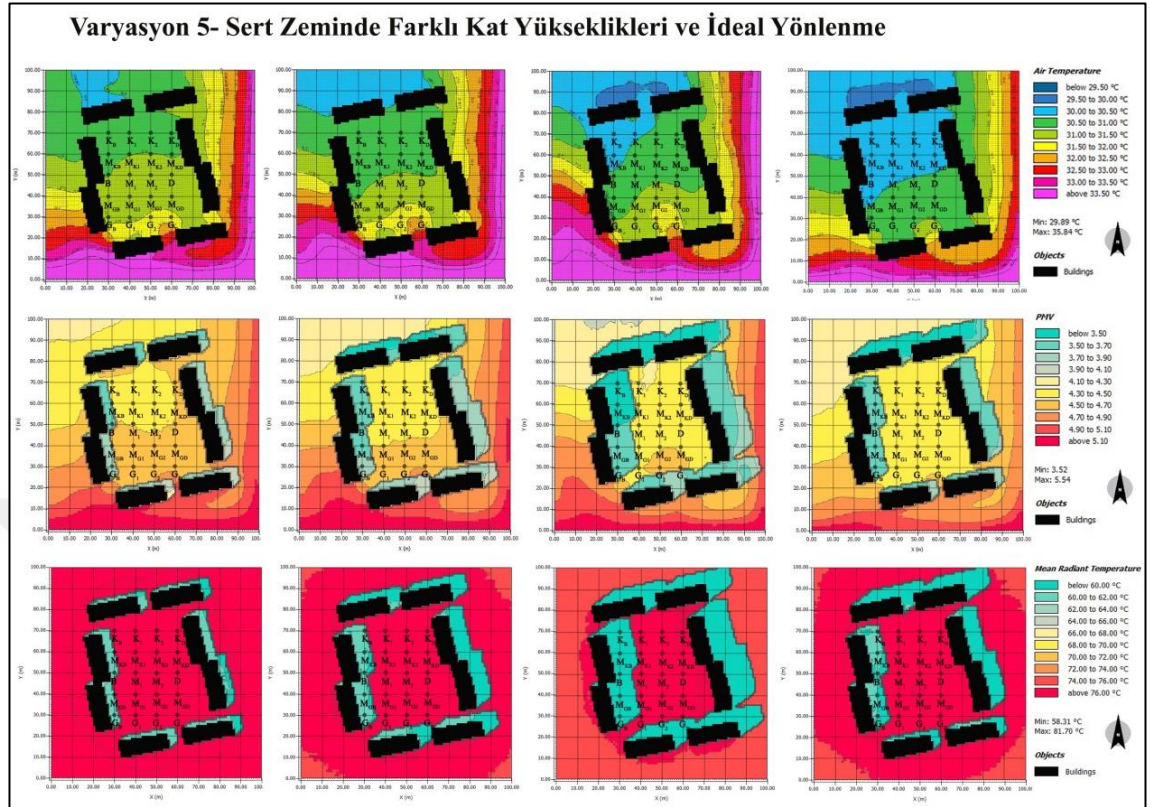
Varyasyon 4'te PMV değerinin özellikle avlu içerisinde ve simülasyon alanının kuzey ve kuzeybatı tarafında varyasyon 2'ye göre 0,2°C'lik farklar olduğu tespit edilmiştir. Özellikle alt varyasyon 1_3'te PMV değerinin 3,5°C'ye kadar düştüğü görülmüştür.

Yıldızkent semtinde varyasyon 4 için T_{MRT} değeri karşılaştırıldığında ise gölge alanlar dışında ağaç gruplarının alan genelinde 2°C'lik bir düşüşe neden olduğu saptanmıştır. Ağaçlık alanda ve bina gölgesinin olduğu alanlarda ise ortalama yansıyan sıcaklık değerinin 60°C'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

5. Varyasyon-5 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklim etkisi

İdeal yönlenme, varyasyon 5 ile birlikte değişkenlerden biri olmuştur. Varyasyon 5 ve varyasyon 1 kıyaslandığında sert zeminde 12°'lik bir açıyla güneydoğu yönlenmesinin etkisi sorgulanmıştır. Sonuçlar, yönlenmenin etkisiyle özellikle 5 kat ve 8 kat bina yüksekliklerinde avlu içerisinde 0.5°C-1°C'lik sıcaklık artışının yaşandığını göstermiştir (Şekil 4.101).

Yönlenmenin değişken olarak alındığı bu varyasyonda, PMV değerinin özellikle güneyde kalan referans noktalarında arttığı görülmüştür. Alanda termal indeks seviyesi 3,5°C – 4,5°C aralığında değişmiş ve “aşırı sıcaklık stresi” seviyesi devam etmiştir.

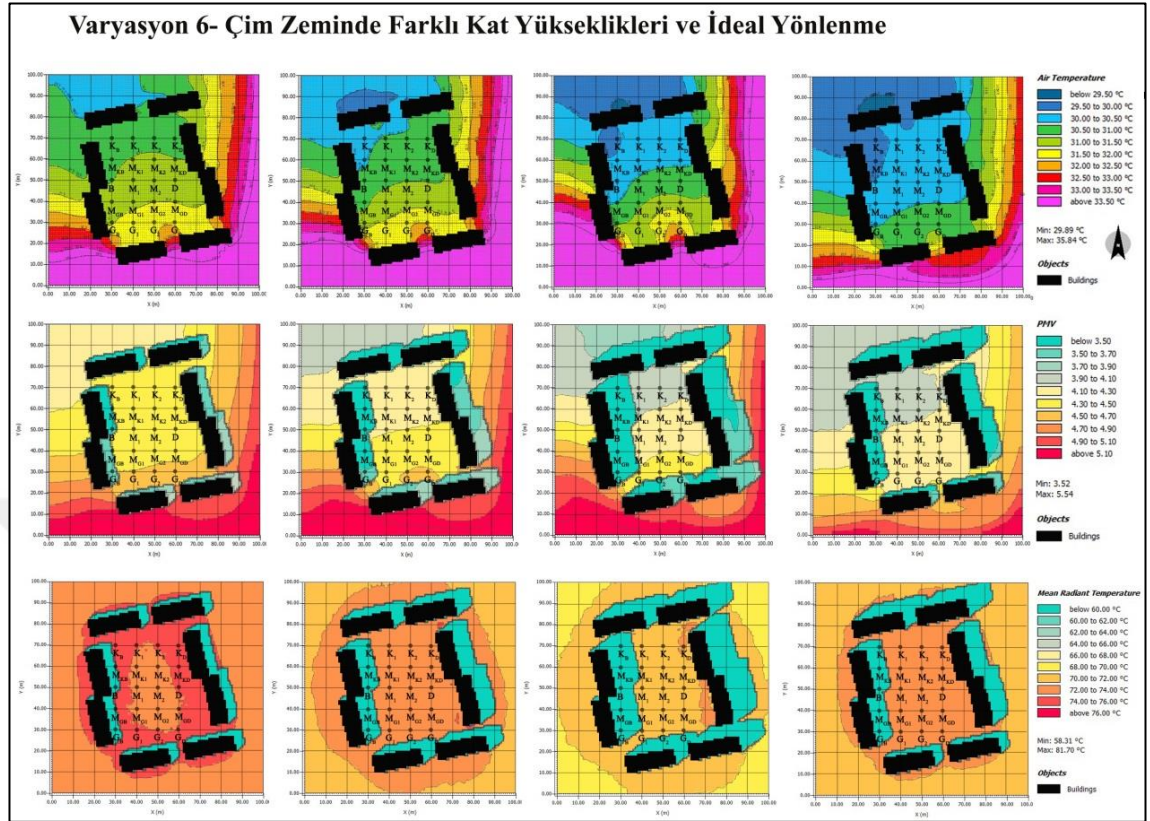


Şekil 4.101. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Varyasyon 5'te T_{MRT} değeri için yönlenme sebebiyle değer aralıklarında varyasyon 1'den farklı herhangi bir sonuç tespit edilmemiştir. Sadece yönlenme sebebiyle gölge açısı değişiminden kaynaklı olarak referans noktalarındaki değerlerde farklılıklar görülmüştür.

6. Varyasyon-6 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklimine etkisi

Varyasyon 6'da ideal yönlenme çim zemin üzerinde gerçekleştirilmiştir. Varyasyon 2 ile karşılaştırıldığında yönlenmenin çim zemin üzerinde, sert zeminde olduğu kadar bir sıcaklık farkı yaratmadığı ancak özellikle güneydeki referans noktalarında sıcaklık artışına neden olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.102).



Şekil 4.102. Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

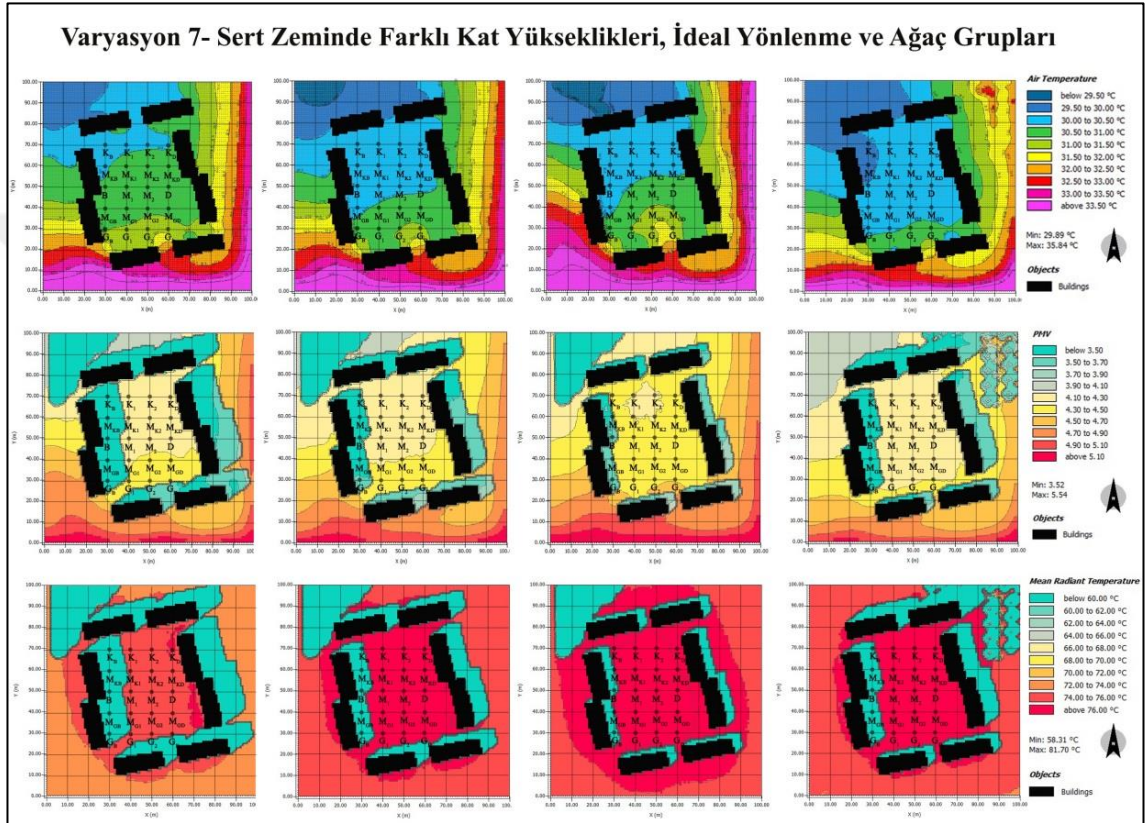
Çim zeminde 12°'lik yönlenmenin, hava sıcaklığı analizinde olduğu gibi alt varyasyon 1_4 hariç, özellikle güney referans noktalarında PMV değeri için 0,2°C sıcaklık artışına neden olduğu tespit edilmiştir. “Aşırı sıcaklık stresi” devam etmektedir.

T_{MRT} değeri, varyasyon 2'deki değerler ile karşılaştırıldığında yönlenmenin önemli bir etkisi tespit edilememiştir.

7. Varyasyon-7 sert zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Varyasyon 7'de sert zeminde ideal yönlenme ile birlikte kuzeydoğu yönünde yoğun iğne yapraklı bitki örtüsü de analize dahil edilmiştir. Ağaç gruplarının etkisini sorgulamak adına varyasyon 7 ve varyasyon 5 kıyaslamasında, avlu içerisinde 0.5°C-

1°C'lik bir sıcaklık azalışı yaşandığı tespit edilmiştir. Yönlenmenin etkisini sorgulamak için ise varyasyon 7 ve varyasyon 3 karşılaştırması yapıldığında, ağaçların soğutma etkisinin yönlenme sebebiyle özellikle avlu içlerinde 0.5°C azaldığı görülmüştür (Şekil 4.103).



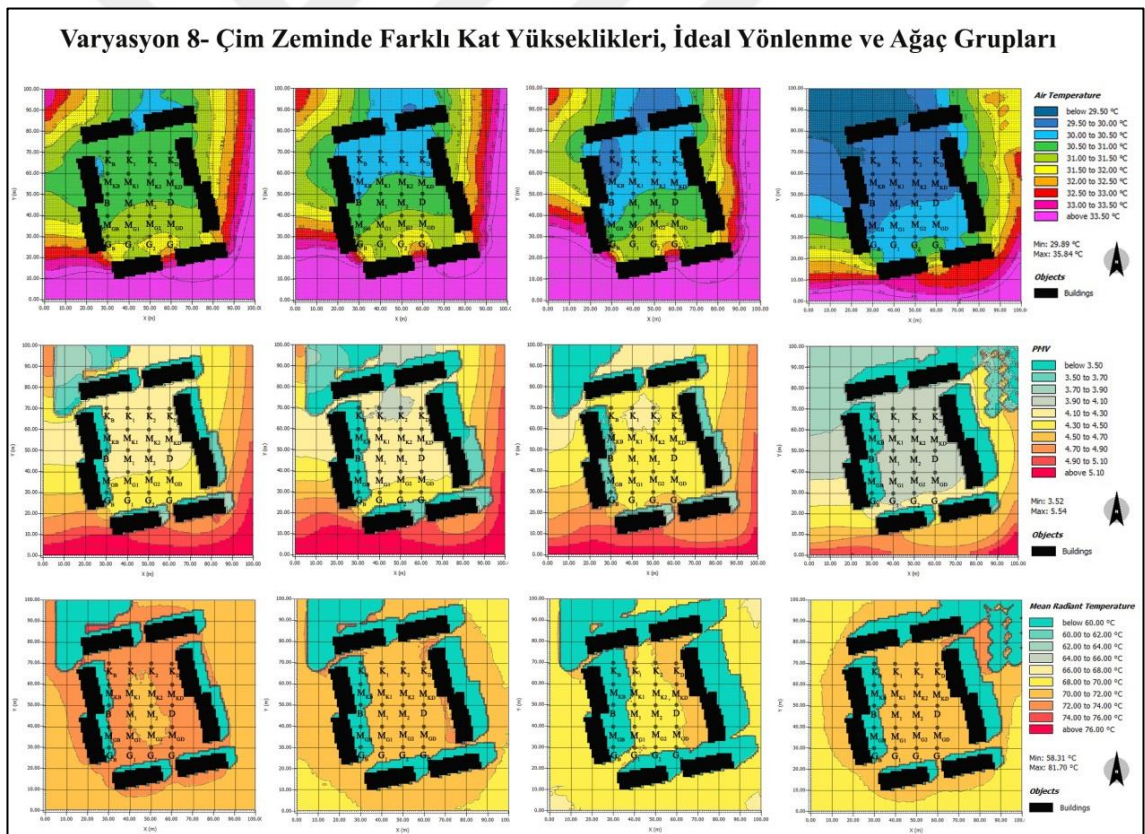
Şekil 4.103. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Varyasyon 7'de ağaç gruplarının eklenmesiyle PMV değerinin hava sıcaklığı ile doğru orantılı olarak düştüğü görülmüştür. Ağaç grupları termal konfor değerini ortalama 0,2°C düşürmüşlerdir.

Bu varyasyon için T_{MRT} değerinde önemli farklar görülmezken, gölge açısı nedeniyle bazı referans noktalarında farklılıklar saptanmıştır.

8. Varyasyon-8 çim zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Varyasyon 8'de çim zeminde ideal yönlenme ile birlikte kuzeydoğu yönünde yoğun iğne yapraklı bitki örtüsü de analize dahil edilmiştir. Ağaç gruplarının etkisini sorgulamak adına varyasyon 8 ve varyasyon 6 karşılaştırması yapıldığında, yine çim zemin üzerinde ağaç gruplarının bir soğutma etkisi yaratmadığı görülmüştür. Yönlenmenin etkisini sorgulamak için varyasyon 8 ve varyasyon 4 kıyaslamasında, 12°'lik bir açıyla güneydoğu yönlenmesinin avlu içlerindeki sıcaklığı 0.5°C-1°C arttırdığı görülmüştür (Şekil 4.104).



Şekil 4.104. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Varyasyon 8 için PMV değerinin, hava sıcaklığı simülasyon sonuçlarıyla doğru orantılı olarak $0,2^{\circ}\text{C}$ düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca $3,9^{\circ}\text{C}$ - $4,3^{\circ}\text{C}$ aralığında “aşırı sıcak stres seviyesi”nin devam ettiği görülmektedir.

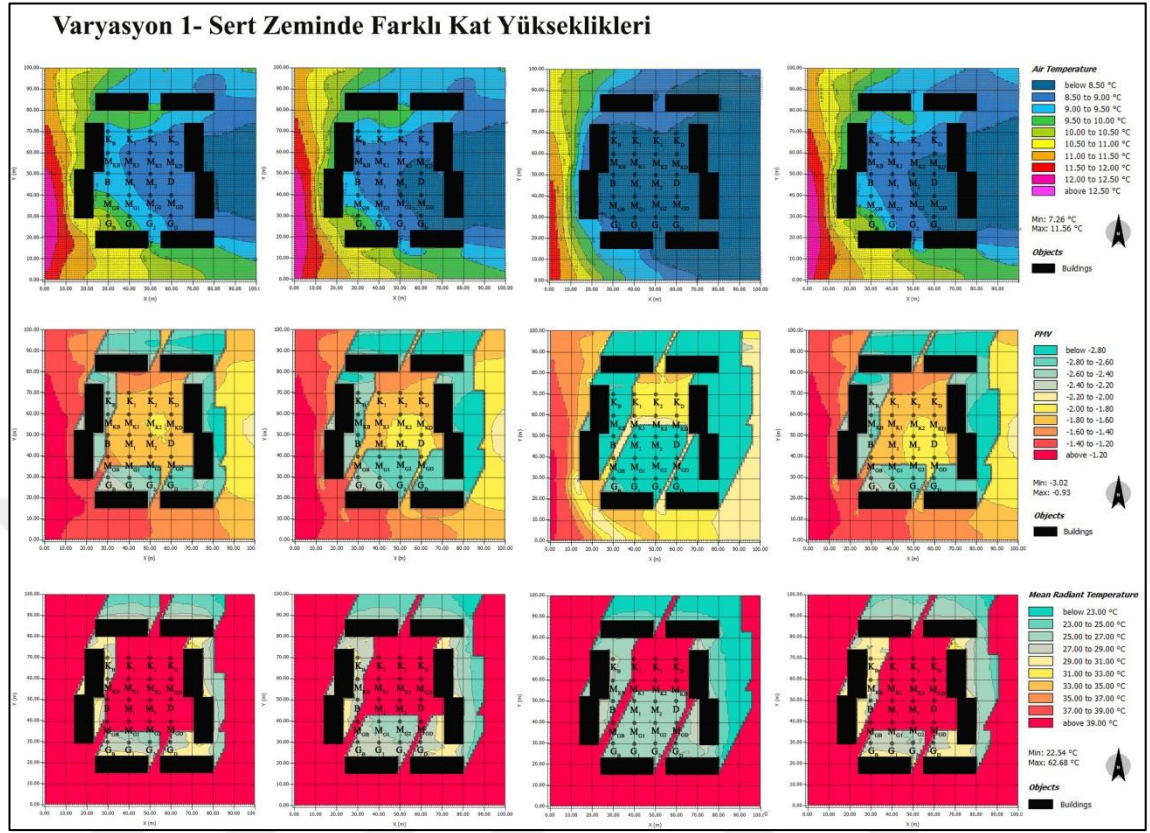
T_{MRT} değerlerinde ise tüm alt varyasyonlarda 2°C 'lik bir soğuma görülmüştür.

4.3.3.b. Kış dönemi varyasyon çıktıları

1. Varyasyon-1 sert zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklime etkisi

Simülasyon sonuçları yaz dönemindeki aynı referans noktaları bazında değerlendirildiğinde, kat yüksekliği ve simülasyon günü batıdan esen rüzgar yönüne bağlı olarak hava sıcaklığında değişimler görülmüştür. Özellikle bina kat yüksekliğinin 8 kat olduğu alt varyasyonda (1_3) $8,5^{\circ}\text{C}$ ile en düşük hava sıcaklığı saptanmıştır (Şekil 4.105).

Kış dönemi için varyasyon 1'de PMV değeri -3°C ile $-1,6^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alt varyasyonlarda bina kat yüksekliğine bağlı değişime bakıldığında kış döneminde bina gölge boylarının uzunluğu dikkat çekmektedir. Özellikle alt varyasyon 1_3'te 8 kat bina yüksekliğine bağlı olarak orta avluda PMV değerinin $-2,8^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düştüğü tespit edilmiştir. Alan termal stres seviyesinde “orta ve güçlü soğuk stres seviyesi”nin etkisindedir.

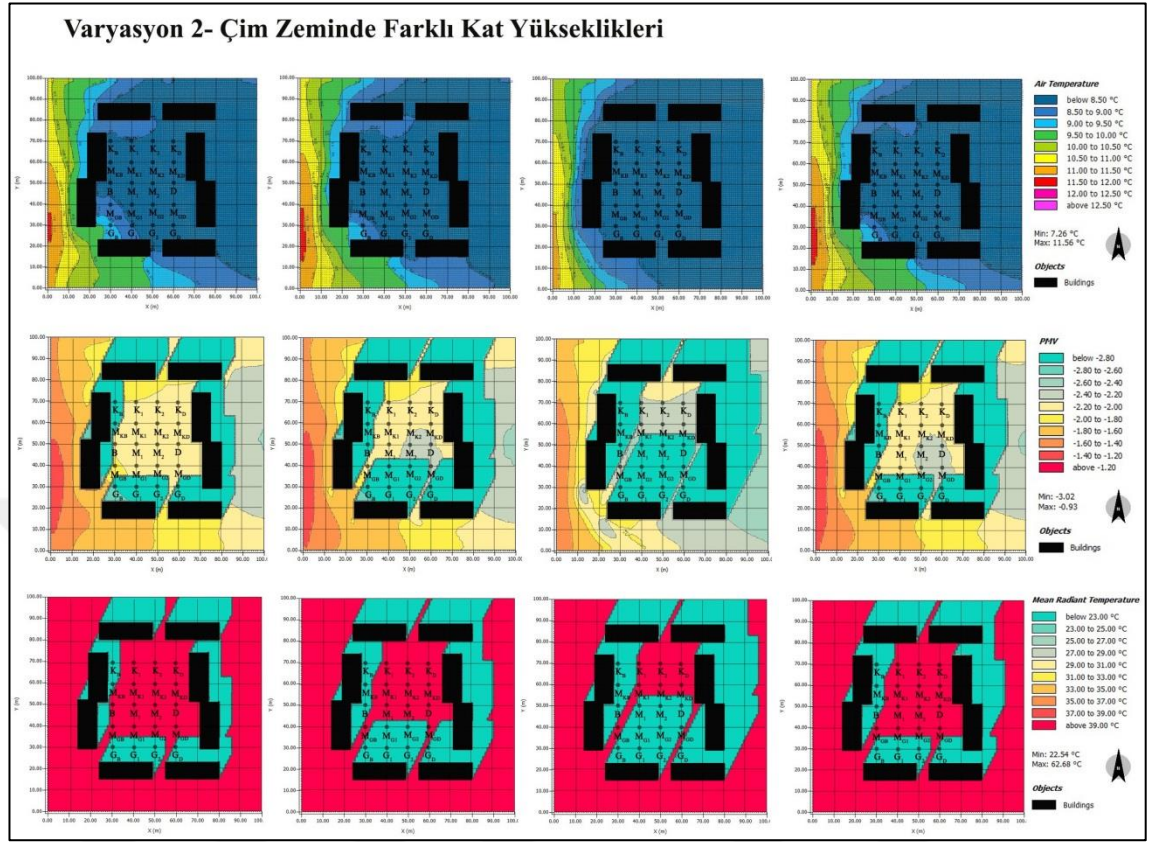


Şekil 4.105. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte alt varyasyonlarda kat yüksekliği artışına bağlı olarak bu değer 23°C'ye kadar düştüğü görülmüştür. Gölgede kalan referans noktalarında ise T_{MRT} değerinin 23°C'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

2. Varyasyon-2 çim zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklim etkisi

Varyasyon 2'de çim zemin sabit tutularak bina kat yüksekliklerinin değiştirilmesi sonucu oluşan sıcaklık farklılıkları incelenmiştir (Şekil 4.106).



Şekil 4.106. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

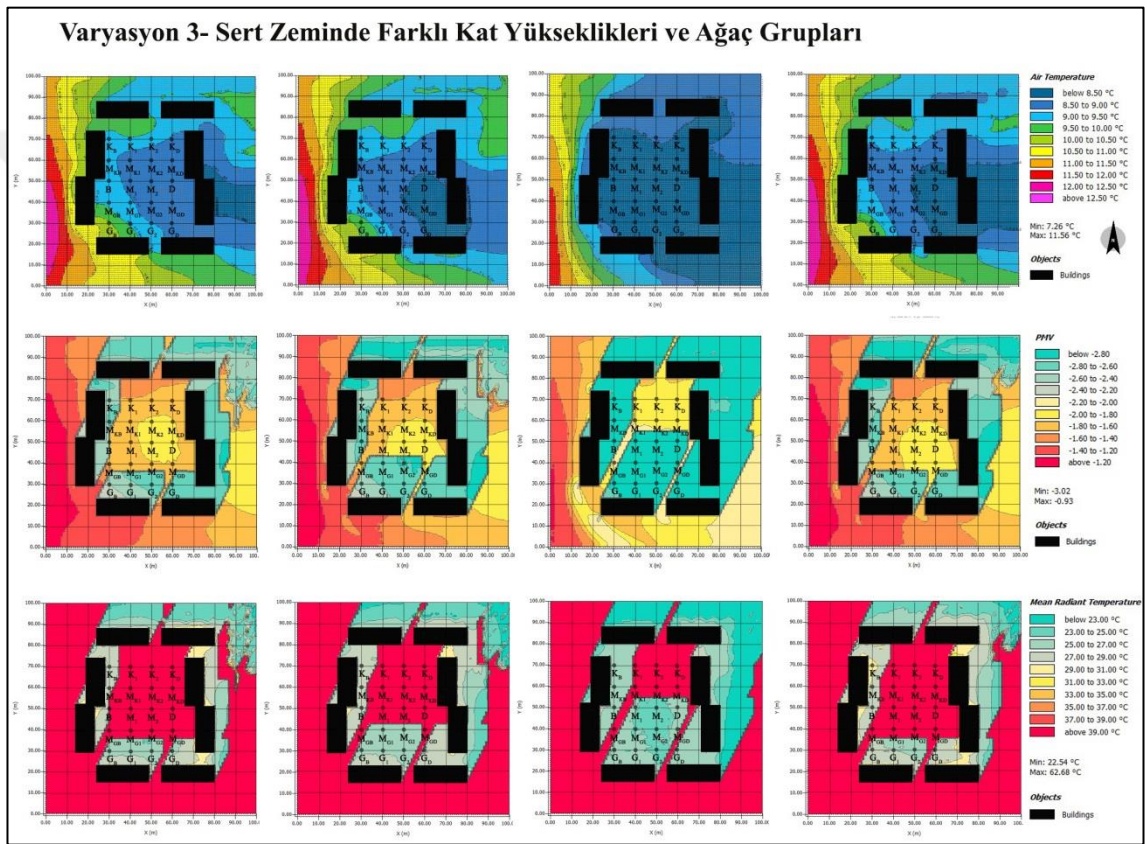
Kış döneminde baskın bir etki oluşturan çim zemin kullanımı, tüm referans noktalarında sıcaklığın $8,5^{\circ}\text{C}$ 'nin altında kalmasına neden olmuştur.

Varyasyon 2'de PMV değeri -3°C ile $-2,2^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alt varyasyonlarda bina kat yüksekliğine bağlı değişimin yanında çim zemin kullanımının PMV değerini ortalama $0,2^{\circ}\text{C}$ düşürdüğünü göstermektedir. Alan termal stres seviyesi "güçlü soğuk stres seviyesi"nin etkisindedir.

Ortalama yansayan sıcaklık (T_{MRT}) değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte 39°C ve üzerindedir. Gölgede kalan referans noktalarında ise sert zeminden farklı olarak tamamında T_{MRT} değerinin 23°C 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

3. Varyasyon-3 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Varyasyon 3'te ağaç gruplarının rüzgarı kesmeleri ve yerden yansıyan uzun dalga radyasyonunu hapsedmelerinin çevrelerindeki sıcaklığı arttırdığı tahmin edilmektedir (Şekil 4.107).



Şekil 4.107. Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Özellikle bina kat yüksekliğinin 8 kat olduğu alt varyasyonda (1_3) 8,5°C ile en düşük hava sıcaklığı saptanırken, ağaç gruplarının bu alt varyasyon hariç buldukları alanda hava sıcaklığını arttırdıkları tespit edilmiştir.

PMV değeri -3°C ile -1,8°C arasında değişim göstermiştir. Varyasyon 1 ile karşılaştırıldığında ortam genelinde PMV değerinin çok değişmediği görülürken, sadece

ağaç gruplarının etrafında 0,2°C'lik bir artış tespit edilmiştir. Alan termal stres seviyesi “orta ve güçlü soğuk stres seviyesi” nin etkisindedir.

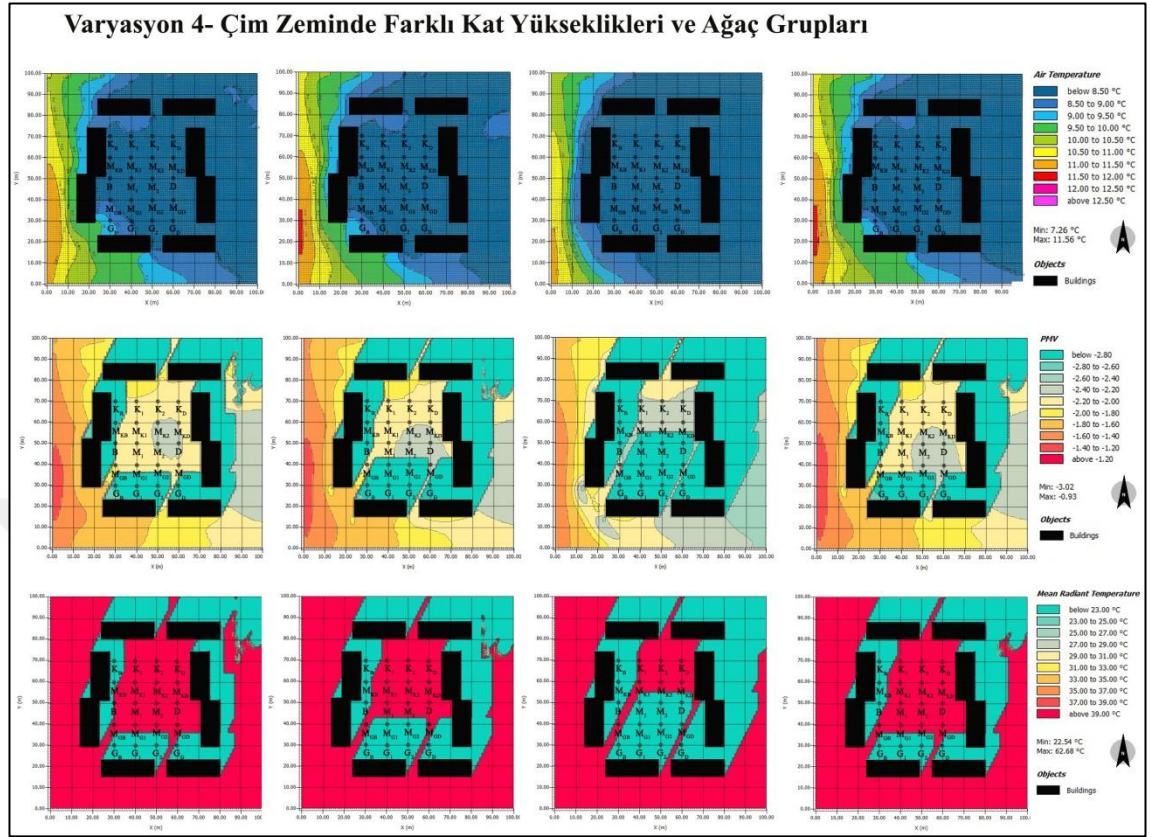
T_{MRT} değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte 39°C ve üzerindedir. Ağaç gruplarının ve binaların gölgesinde kalan alanlarda T_{MRT} değeri 23°C- 29°C aralığında değişim göstermiştir.

4. Varyasyon-4 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Varyasyon 4'te çim zemin sabit tutularak ve ağaç grupları eklenerek oluşan sıcaklık farklılıkları incelenmiştir (Şekil 4.108).

Kış döneminde baskın bir etki oluşturan çim zemin kullanımı bina kat yüksekliği değişikliğinden ve ağaçların eklenmesinden etkilenmemiş, tüm referans noktalarında sıcaklığın 8,5°C'nin altında kalmasına neden olmuştur.

Varyasyon 4'te PMV değeri -3°C ile -2,2°C arasında değişim göstererek varyasyon 2 ile aynı değer aralığında tespit edilmiştir. Çim zemine ağaç gruplarının eklenmesi ortamdaki PMV değerinde herhangi bir değişikliğe yol açmazken, sadece ağaç gruplarının etrafında değer artışına neden olmuşlardır.

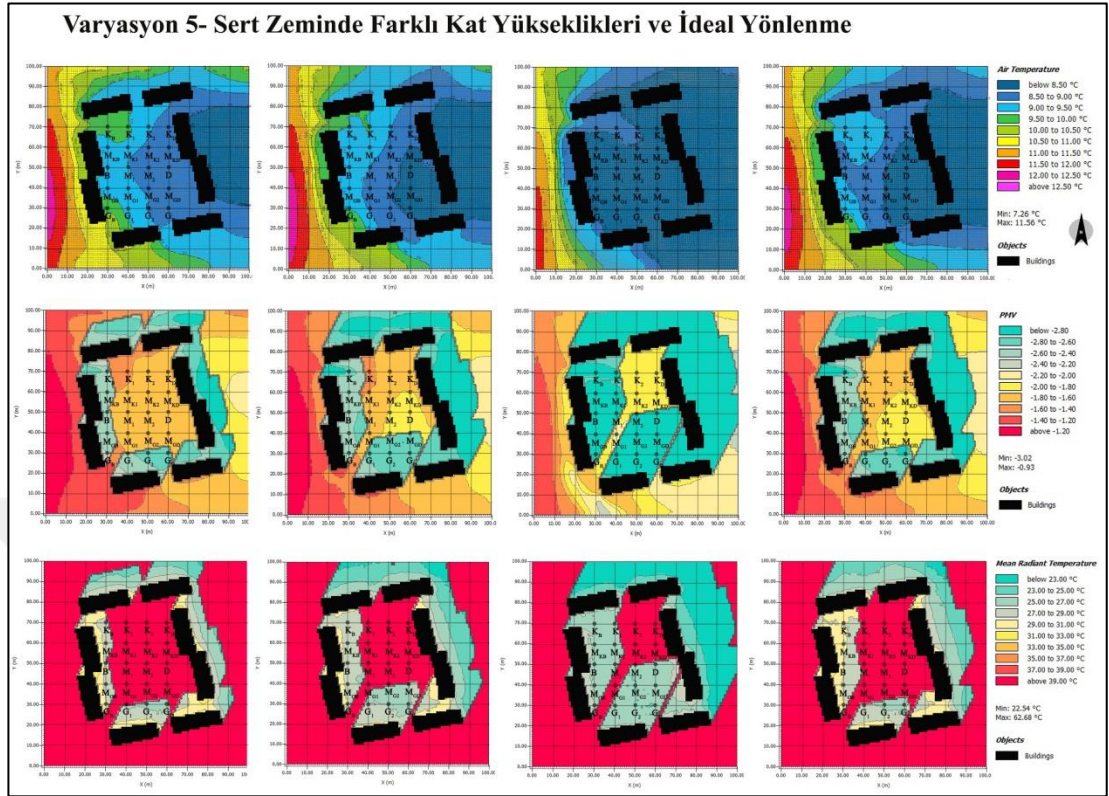


Şekil 4.108. Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

T_{MRT} değeri alan genelinde 39°C ve üzerindedir. Binaların ve ağaçların gölgesinde kalan alanların tamamında ise T_{MRT} değerinin 23°C 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

5. Varyasyon-5 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

Özellikle yönlenmenin ve bina kat yüksekliğinin etkisinin test edildiği varyasyon 5'te, kat yüksekliğinin 8 kat olduğu alt varyasyonda (1_3) $8,5^{\circ}\text{C}$ ile en düşük hava sıcaklığı saptanmıştır. Yönlenme sonucu alt varyasyon 1_3 hariç, diğer varyasyonların referans noktalarında sıcaklık artışı tespit edilmiştir (Şekil 4.109).



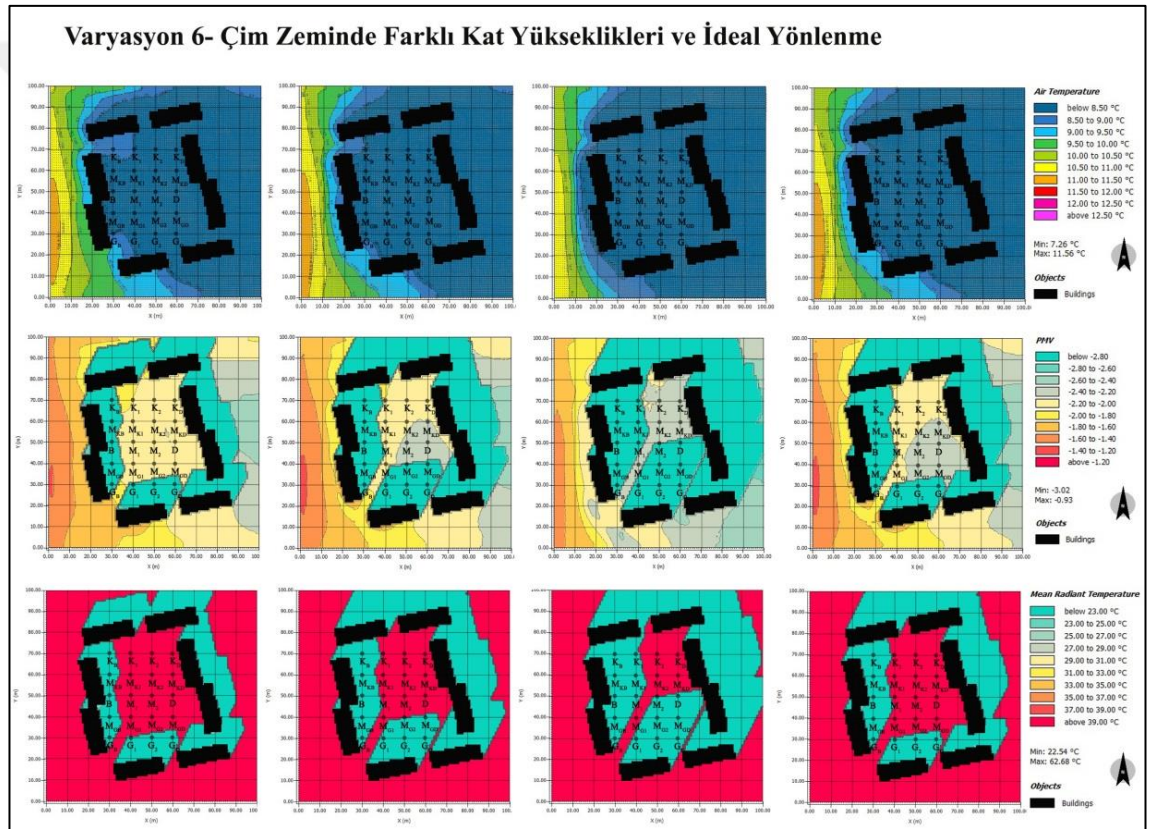
Şekil 4.109. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Kış dönemi için varyasyon 5'te PMV değeri -3°C ile $-1,8^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alt varyasyonlarda bina kat yüksekliğine bağlı değişime bakıldığında ise kış döneminde bina gölge boylarının uzunluğu dikkat çekerken, yönlendirmenin gölge düşen referans noktaları üzerinden olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Alan termal stres seviyesinde “orta ve güçlü soğuk stres seviyesi”nin etkisindedir.

Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte alt varyasyonlarda kat yüksekliği artışına bağlı olarak bu değer 23°C 'ye kadar düştüğü görülmüştür. Gölgede kalan referans noktalarında ise T_{MRT} değerinin 23°C 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

6. Varyasyon-6 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönelmenin mikro iklime etkisi

Varyasyon 6’da çim zemin sabit tutularak ve 12° güneydoğu yönlendirmesinin etkisi test edilerek bina kat yükseklikleri arasında değişen sıcaklık farklılıkları incelenmiştir. Kış döneminde baskın bir soğutma etkisi oluşturan çim zeminin etkisi, yönelme sonucu da değişmemiş ve ortamdaki sıcaklık 8,5°C’nin altında kalmıştır (Şekil 4.110).



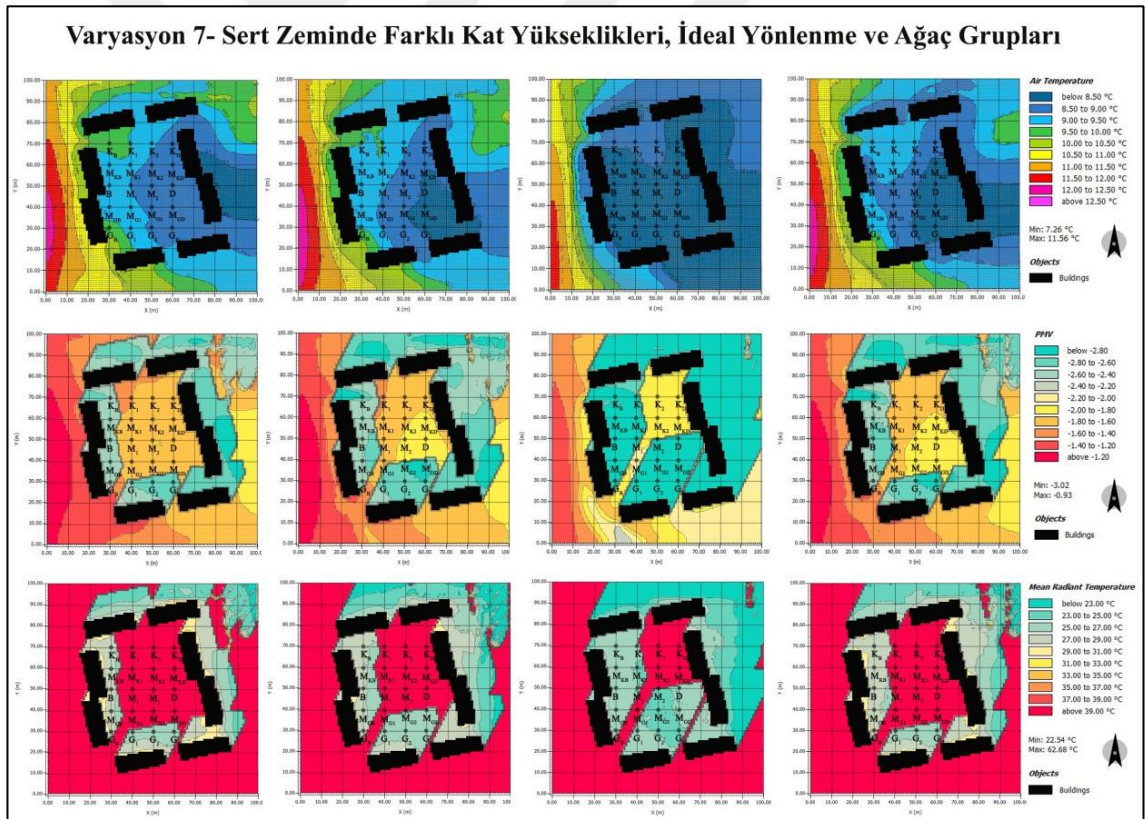
Şekil 4.110. Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Varyasyon 6’da PMV değeri -3°C ile -2,2°C arasında değişim göstermiştir. Alan termal stres seviyesi “güçlü soğuk stres seviyesi”nin etkisindedir.

Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte 39°C ve üzerindedir. Gölgede kalan referans noktalarında ise sert zeminden farklı olarak tamamında T_{MRT} değerinin 23°C 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

7. Varyasyon-7 sert zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Varyasyon 7'de sert zeminde yönelmenin ve ağaç gruplarının etkisi test edilmiştir. Simülasyonlarda en dikkat çekici nokta, ağaç gruplarının buldukları alanda $0,5^{\circ}\text{C}$ hava sıcaklığını arttırmış olmalarıdır (Şekil 4.111).



Şekil 4.111. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

PMV değeri $-2,8^{\circ}\text{C}$ ile $-1,6^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alt varyasyon 1_3 hariç, diğer varyasyonlarda ağaç gruplarının gölgedeki PMV değerini $0,2^{\circ}\text{C}$ yükselttiği tespit edilmiştir.

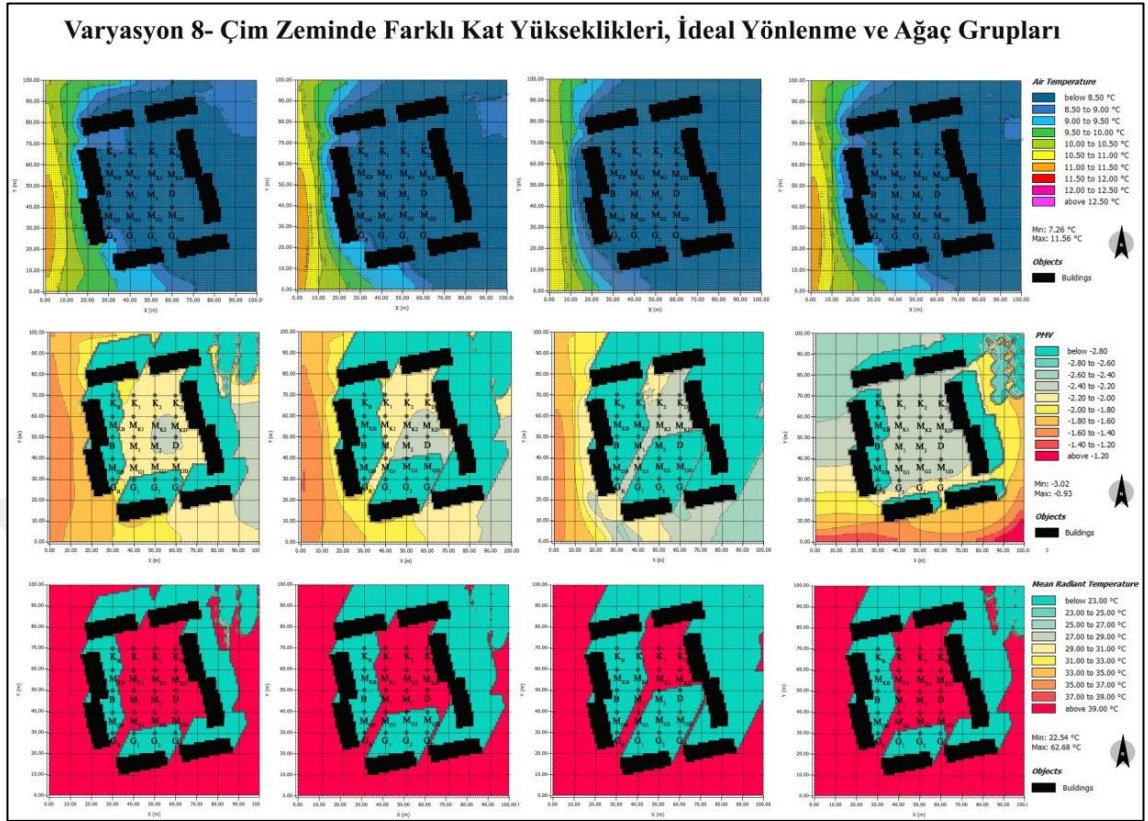
T_{MRT} değeri ise alan genelinde aynı olmakla birlikte alt varyasyonlarda kat yüksekliği artışına bağlı olarak bina gölgeleri sebebiyle bu değerin 23°C 'ye kadar düştüğü görülmüştür. Ağaç gruplarının da buldukları alanda gölge oluşturmaları T_{MRT} değerinin düşmesine neden olmuştur.

8. Varyasyon-8 çim zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Varyasyon 8'de çim zeminde 12° güneydoğu yönlendirmesinin ve ağaç gruplarının etkisi test edilerek bina kat yükseklikleri arasında değişen sıcaklık farklılıkları incelenmiştir. Kış döneminde baskın bir soğutma etkisi oluşturan çim zeminin etkisi, yönlenme ve ağaç grupları sonucu da değişmemiş ve ortamdaki sıcaklık $8,5^{\circ}\text{C}$ 'nin altında kalmıştır (Şekil 4.112).

Varyasyon 8'de PMV değeri -3°C ile $-2,2^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alan termal stres seviyesi "güçlü soğuk stres seviyesi"nin etkisindedir.

T_{MRT} değeri de alan genelinde aynı olmakla birlikte 39°C ve üzerindedir. Bina ve ağaç gölgesinde alanlarda ise T_{MRT} değerinin 23°C 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.



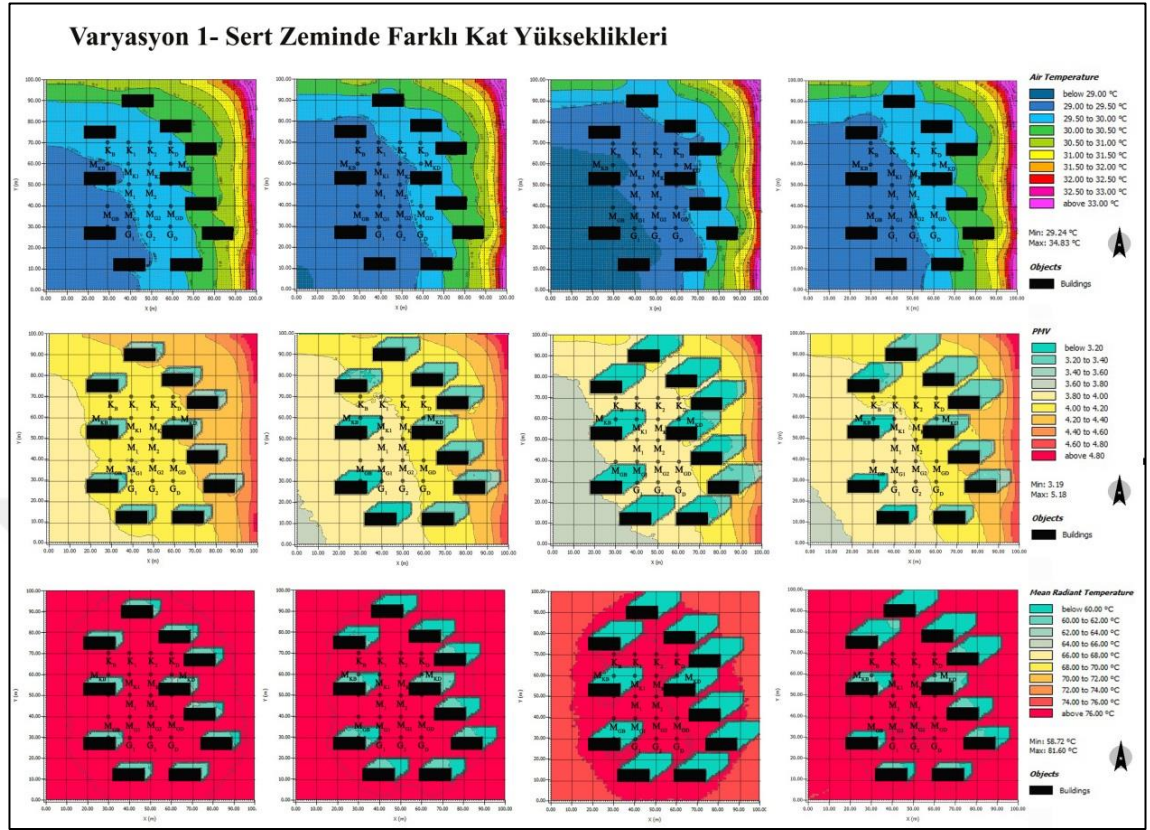
Şekil 4.112. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

4.3.4. Üniversite Lojmanları

4.3.4.a. Yaz dönemi varyasyon çıktıları

1. Varyasyon-1 sert zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklim etkisi

Lojmanlarda simülasyon sonuçları K_B , K_1 , K_2 , K_D , M_{KB} , M_{K1} , M_{K2} , M_{KD} , M_1 , M_2 , M_{GB} , M_{G1} , M_{G2} , M_{GD} , G_1 , G_2 , G_D referans noktaları bazında karşılaştırılmıştır (Şekil 4.113).



Şekil 4.113. Varyasyon-1 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Bu varyasyonda sert zemin üzerinde kat yüksekliği değiştirilmiş ve kuzeybatıdan esen rüzgarla birlikte özellikle referans noktalarının yoğunlaştığı orta alan içerisinde gölge artışına bağlı olarak 0.5°C ile 1°C arasında sıcaklık değişimleri görülmüştür.

Varyasyon 1’de PMV değeri 3°C ile 4°C arasında değişim göstermiştir. Alt varyasyon 1_3’te 8 kat bina yüksekliğine bağlı olarak simülasyonun orta bölgesi ve ortak kullanım alanı gölge etkisiyle en düşük değerde ölçülmüştür. Alan termal stres seviyesinde “güçlü ve aşırı sıcaklık stresi” nin etkisindedir.

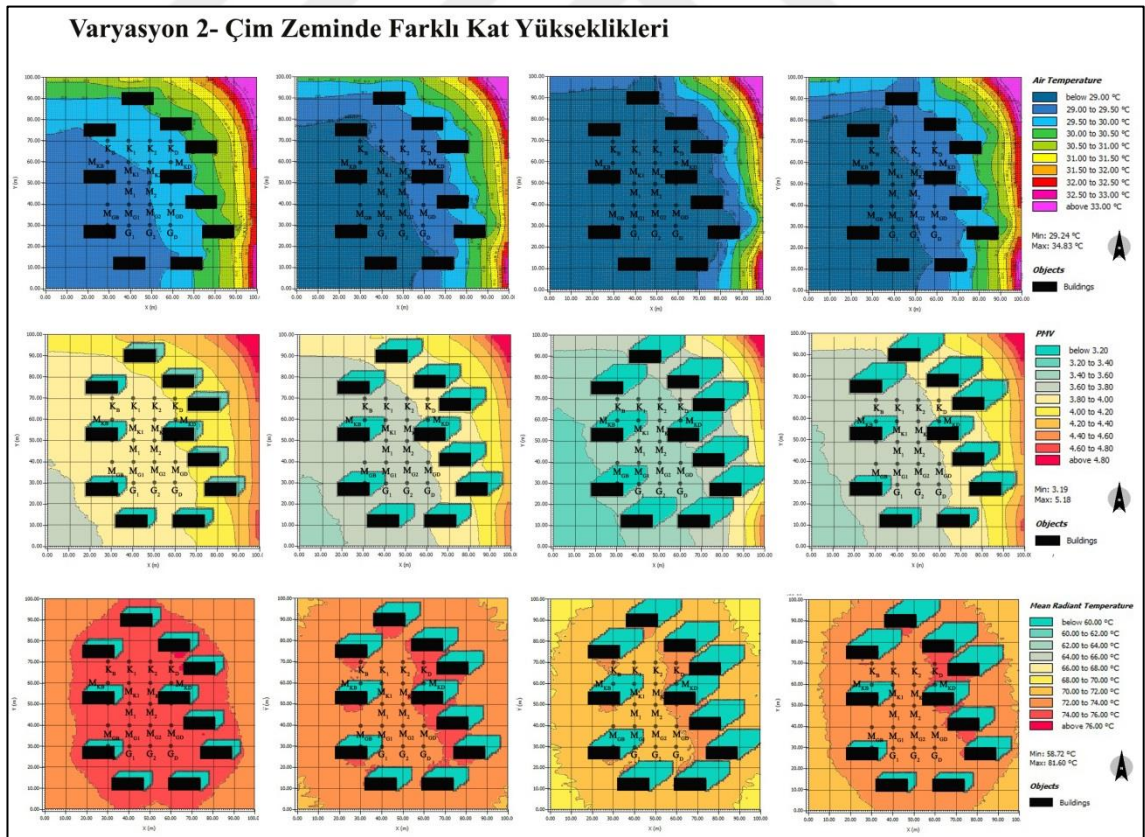
Ortalama yansayan sıcaklık (T_{MRT}) değeri, bina gölgesi dışında kalan alan genelinde aynı olmakla birlikte 76°C ’dir. Alt varyasyon 1_3’te kat yüksekliği artışına bağlı olarak en üst değerler daraldığı görülmüştür. Gölgede kalan referans noktalarında T_{MRT} değerinin ise 60°C ’nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

2. Varyasyon-2 çim zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklimine etkisi

Varyasyon 2’de sert zemin yerine çim zemin kullanılarak bina kat yüksekliklerinin değiştirilmesi sonucu oluşan sıcaklık farklılıkları incelenmiştir (Şekil 4.114).

Simülasyon sonuçlarında çim zemin kullanım etkisinin bina kat yüksekliği arttıkça arttığı görülmüştür. Alt varyasyon 1_3’te gölge etkisine ek olarak çim zemin kullanımının sıcaklığı 0,5°C daha fazla düşürdüğü görülmüştür.

PMV değerinin varyasyon 2’de çim zemin kullanılmasıyla birlikte referans noktalarında 0,2°C-0,4°C aralığında düştüğü saptanmıştır. Ancak yine “aşırı sıcaklık “stresi” termal seviyesinde kaldığı görülmüştür.

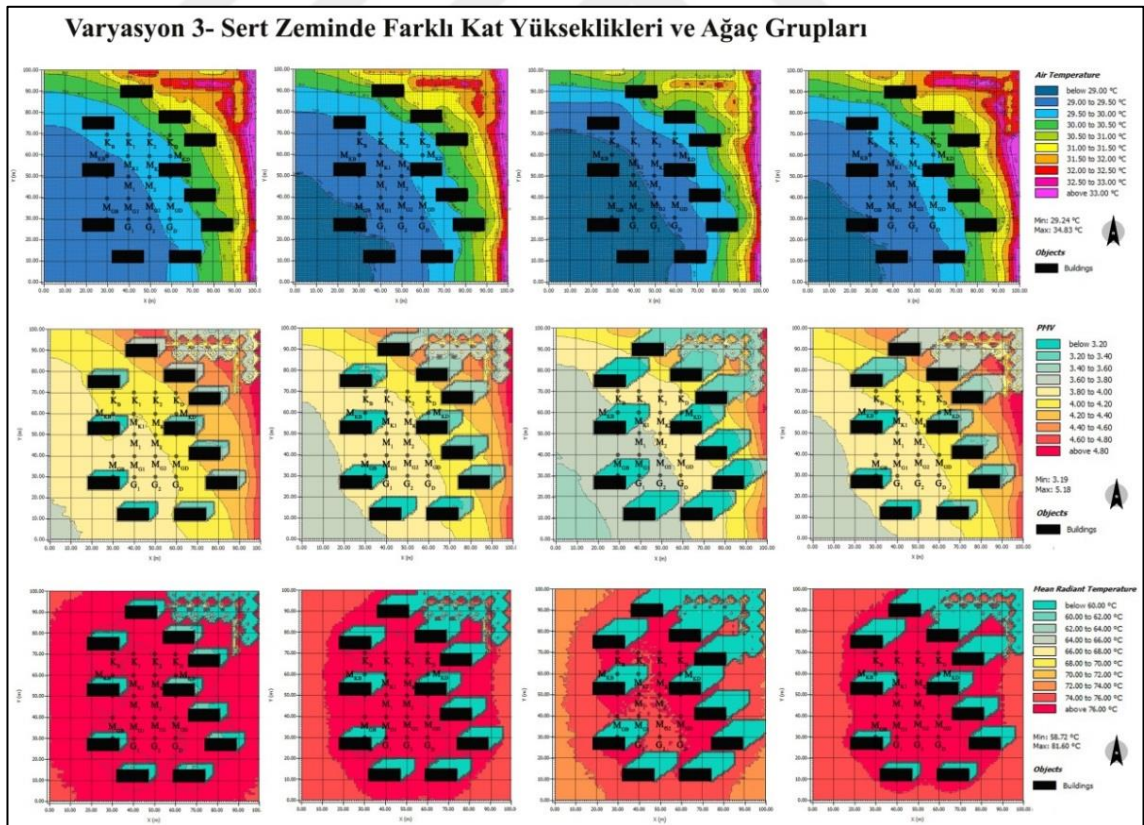


Şekil 4.114. Varyasyon-2 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

T_{MRT} değeri çim zemin kullanımı ile birlikte alt varyasyon 1_3'te binaların yüksek katlı oluşu sebebiyle 70°C 'ye kadar düşmüştür. Alt varyasyon 1_1'de ise ortamdaki T_{MRT} değeri 74°C ile en yüksek değerde kalmıştır.

3. Varyasyon-3 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Varyasyon 3'te sert zemin üzerine kuzeydoğu yönünde yoğun iğne yapraklı ağaç grubu yerleştirilmiştir. Sert zeminde ağaçların eklenmesinin günlük ortalama sıcaklık değerlerini 0.5°C - 2°C aralığında azalttığı test edilmiştir. Varyasyon 3 kendi içerisinde kat yüksekliklerinin artışına bağlı olarak değerlendirildiğinde ise yine kat arttıkça avlu içerisinde sıcaklığın düştüğü görülmüştür. (Şekil 4.115).



Şekil 4.115. Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Bitki örtüsü, daha fazla sıcaklık düşüşü ile birlikte bu düşüşün daha geniş alanda hissedilmesine neden olurken buldukları kuzeydoğu bölgesinde rüzgarın yavaşlamasına ve yansıyan radyasyonu tutmalarına bağlı olarak da sıcaklık artışı sağladıkları görülmüştür. PMV değeri varyasyon 1’de olduğu gibi 3°C ile 4°C arasında değişim göstermiştir. Ancak ağaçların eklenmesi özellikle varyasyon 1_3’te PMV değerinde 0,2°C’lik bir düşüşe neden olmuştur.

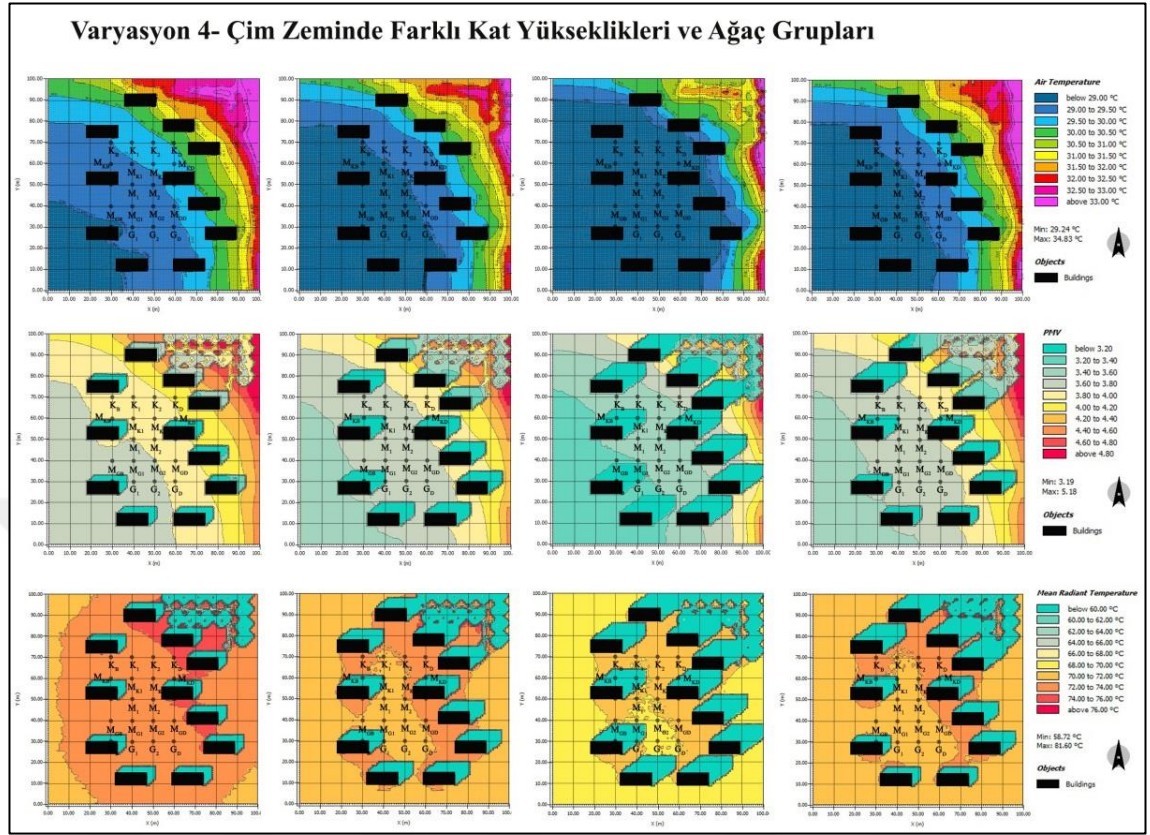
T_{MRT} değeri, varyasyon 1’deki değer ile kıyaslandığında, ağaçların ortalama yansıyan sıcaklık değerini özellikle alt varyasyon 1_3’te ortalama 2°C düşürdüğü tespit edilmiştir.

4. Varyasyon-4 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Varyasyon 4’te çim zemin üzerine kuzeydoğu yönünde yoğun iğne yapraklı bitki örtüsü yerleştirilmiştir (Şekil 4.116).

Varyasyon 2 ile karşılaştırıldığında alt varyasyon 4_1 hariç diğer simülasyonlarda önemli bir fark görülmemiştir. Ek olarak, kuzeydoğu yönünde konulan ağaçlar, rüzgarı keserek çevresinde bir soğutma etkisi yaratmamış, aksine çim zemin üzerinde 1°C-2°C sıcaklık artışına neden olmuşlardır.

Varyasyon 4’te PMV değeri varyasyon 2 ile karşılaştırıldığında alt varyasyon 4_1 hariç diğer varyasyonlarda önemli bir fark görülmemiştir. PMV değeri 3°C ile 3,8°C arasında değişim göstererek “güçlü ve aşırı sıcaklık stresi” nin etkisinde kalmaya devam etmiştir.



Şekil 4.116. Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

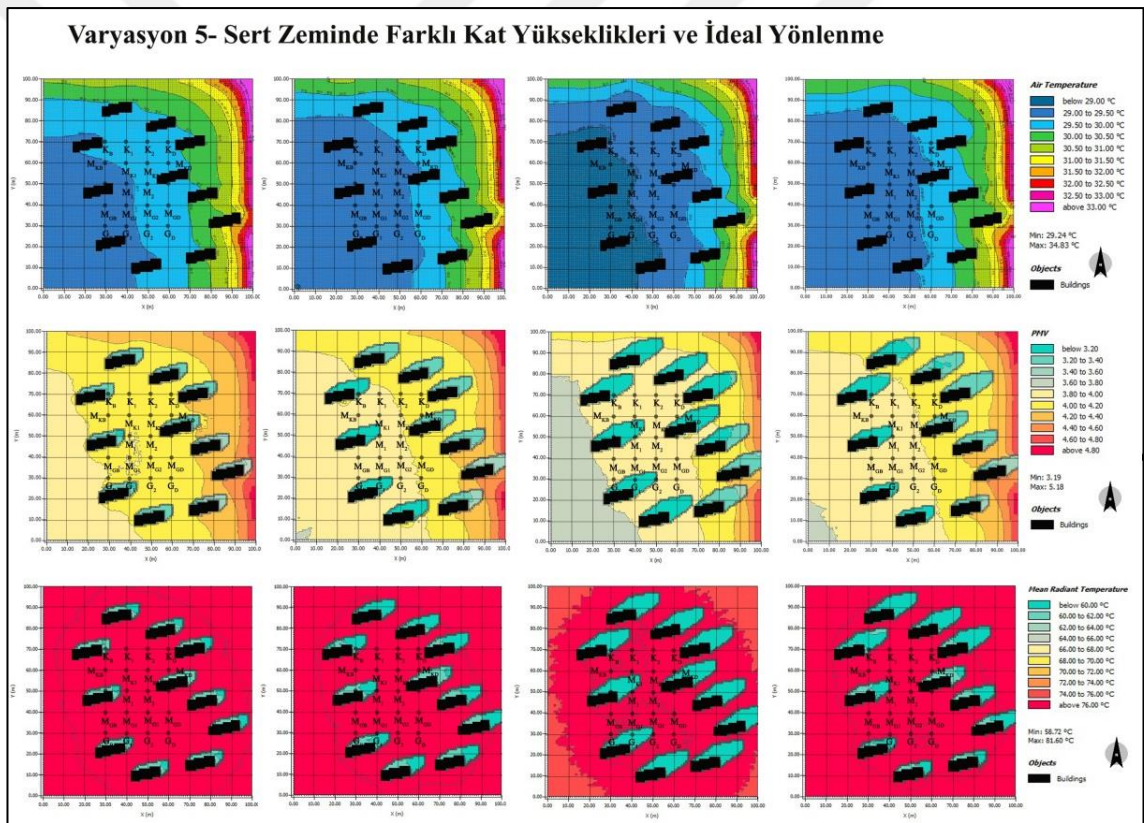
Varyasyon 4 için gölge alanlar dışında ağaç gruplarının alan genelinde T_{MRT} değerinde 2°C 'lik bir düşüşe neden olduğu saptanmıştır. Ağaçlık alanda ve bina gölgesinin olduğu alanlarda ise ortalama yansıyan sıcaklık değerinin 60°C 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

5. Varyasyon-5 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

Varyasyon 5 ile birlikte değişkenlerden biri olan 12° ideal yönlenmenin etkisi test edilmiştir. Sonuçlar, yönlenmenin etkisiyle referans noktalarında herhangi bir değişim göstermemiştir (Şekil 4.117).

Varyasyon 5'te, hava sıcaklığı simülasyonlarında olduğu gibi önemli bir değişim tespit edilmemiştir. Alanda termal indeks seviyesi 3°C – 4°C aralığında değişmiş ve “aşırı sıcaklık stresi” seviyesi devam etmiştir.

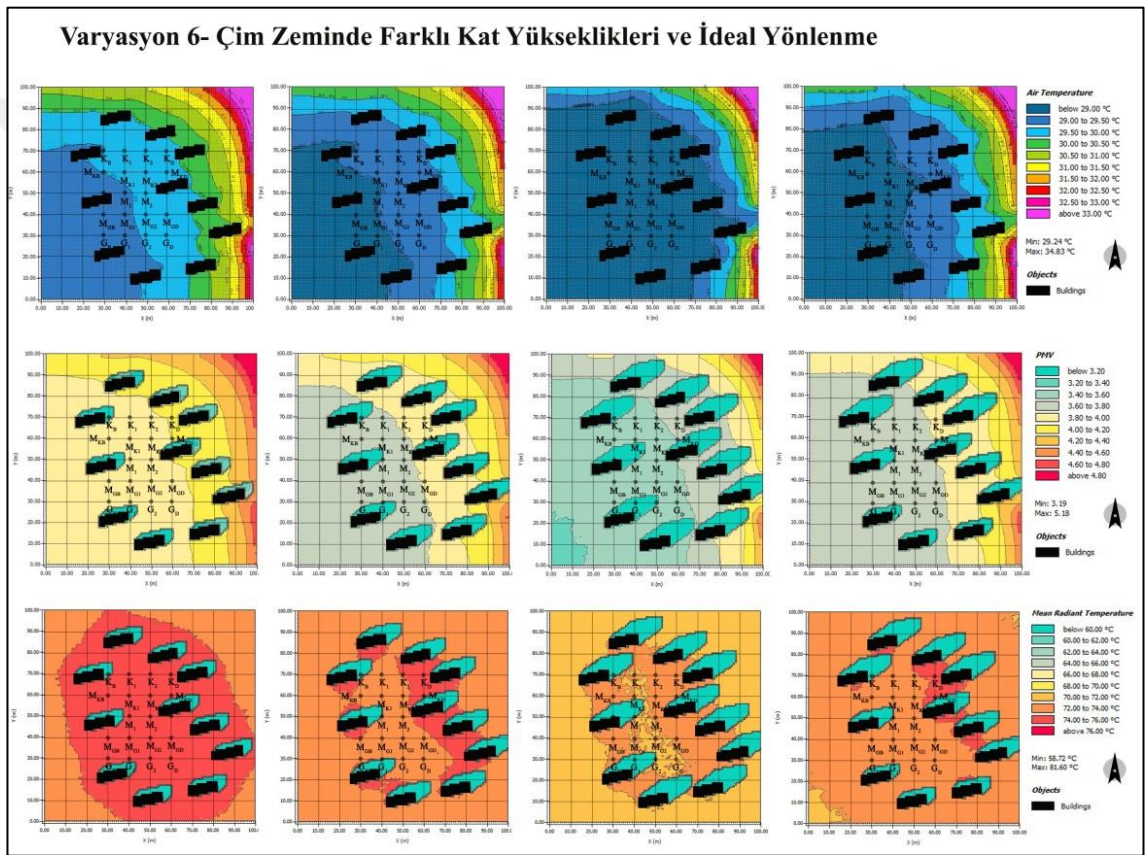
T_{MRT} değeri için yönlenme sebebiyle değer aralıklarında varyasyon 1'den farklı herhangi bir sonuç tespit edilmemiştir. Sadece yönlenme sebebiyle gölge açısı değişiminden kaynaklı olarak referans noktalarındaki değerlerde farklılıklar görülmüştür.



Şekil 4.117. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

6. Varyasyon-6 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklim etkisi

Varyasyon 6'da ideal yönlenme çim zemin üzerinde test edilmiştir. Varyasyon 2 ile karşılaştırıldığında yönlenmenin çim zemin üzerinde, önemli bir sıcaklık farkı yaratmadığı görülmüştür (Şekil 4.118).



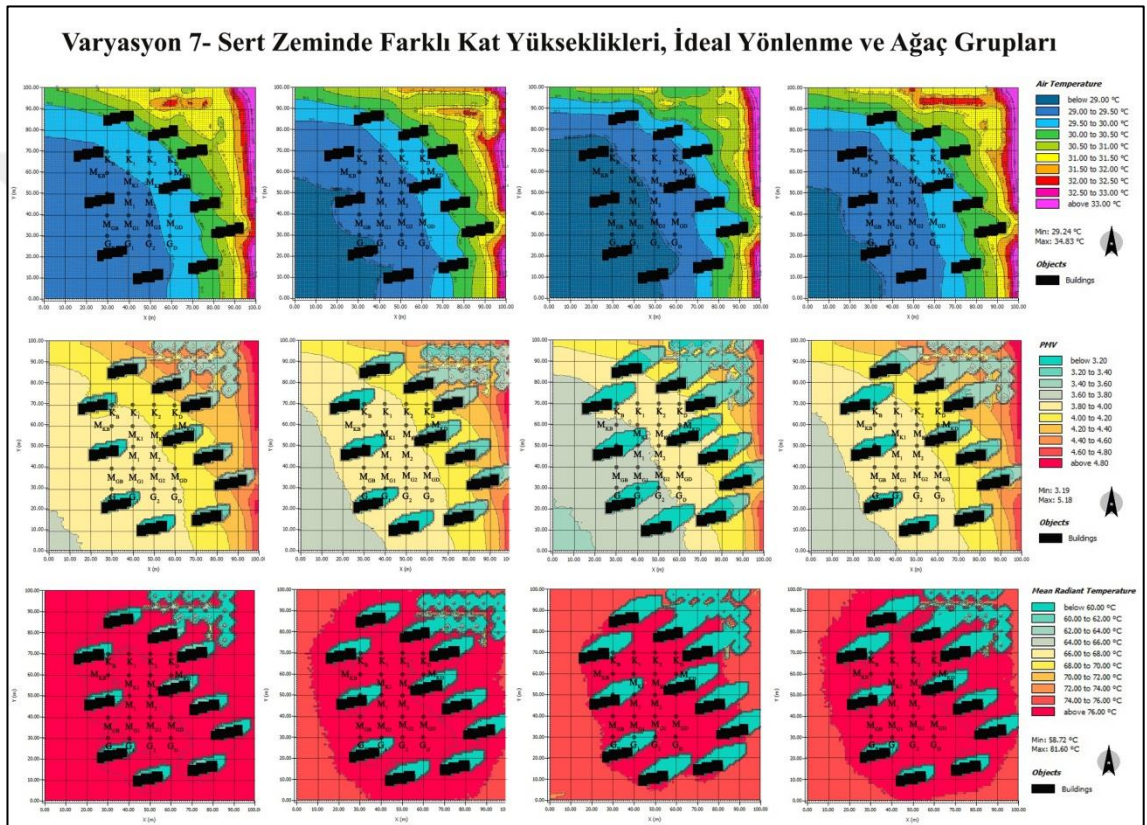
Şekil 4.118. Varyasyon-6 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Çim zeminde 12° 'lik yönlenmenin, hava sıcaklığı analizinde olduğu gibi PMV değeri için bir farklılık tespit edilmemiş ve “aşırı sıcaklık stresi” nin devam ettiği görülmüştür.

Varyasyon 6 için T_{MRT} değerinde alt varyasyon 6_4 hariç diğer varyasyonlarda önemli farklar tespit edilmemiştir.

7. Varyasyon-7 sert zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Varyasyon 7'de sert zeminde ideal yönlenme ile birlikte kuzeydoğu yönünde yoğun iğne yapraklı bitki örtüsü analiz edilmiştir (Şekil 4.119).



Şekil 4.119. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

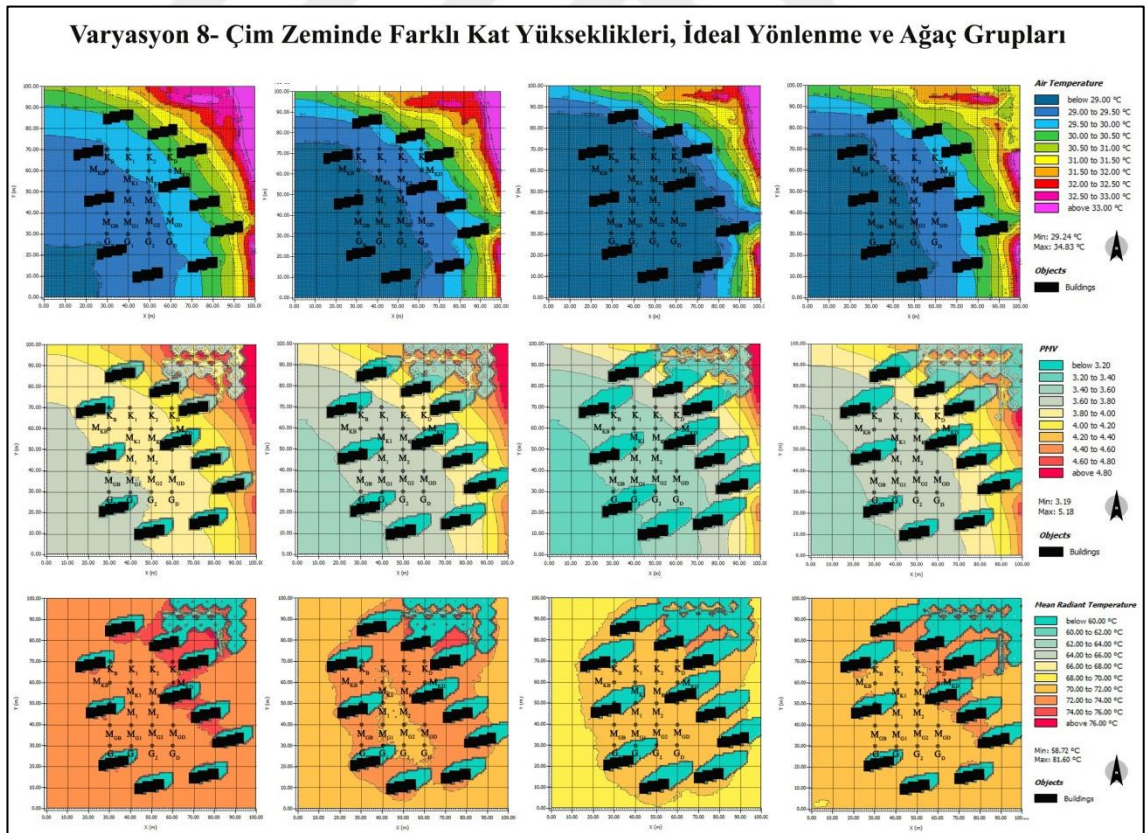
Ağaç gruplarının etkisini sorgulamak adına varyasyon 7 ve varyasyon 5 kıyaslandığında simülasyon genelinde önemli bir değişim görülmezken, ağaç gruplarının yerleştirildiği kuzeydoğu bölgesinde sıcaklık artışları tespit edilmiştir. Yönlenmenin etkisini sorgulamak için ise varyasyon 7 ve varyasyon 3 karşılaştırması yapıldığında, ağaçların bulunduğu alanda yönlenmeden önceki simülasyona göre sıcaklık düşüşü yaşandığı görülmüştür.

Varyasyon-7'de ağaç gruplarının eklenmesiyle PMV değerinin hava sıcaklığı ile doğru orantılı olarak özellikle simülasyonun güneybatı tarafında düştüğü görülmüştür. Ağaç gruplarının bulunduğu bölgede ise termal konfor değeri ortalama 0,2°C yükselmiştir.

Varyasyon 7 için T_{MRT} değerinde önemli farklar görülmezken, gölge açısı nedeniyle bazı referans noktalarında farklılıklar saptanmıştır.

8. Varyasyon-8 çim zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Varyasyon 8'de çim zeminde ideal yönlenme ile birlikte kuzeydoğu yönünde yoğun iğne yapraklı bitki örtüsü analize dahil edilmiştir (Şekil 4.120).



Şekil 4.120. Varyasyon-8 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Ağaç gruplarının etkisini sorgulamak adına varyasyon 8 ve varyasyon 6 karşılaştırması yapıldığında simülasyon genelinde bir değişim görülmezken, ağaç gruplarının bulunduğu bölgede sıcaklık artışı tespit edilmiştir. Yönlenmenin etkisini sorgulamak için varyasyon 8 ve varyasyon 4 kıyaslamasında ise 12°'lik bir açıyla güneydoğu yönlenmesinin özellikle referans noktalarında bir değişime neden olmadığı görülmüştür.

Varyasyon 8 için PMV değerinin, varyasyon 6 ile karşılaştırıldığında özellikle simüle edilen alanın güneybatı tarafında düştüğü görülmüştür. Ayrıca 3°C- 4°C aralığında “aşırı sıcak stres seviyesi”nin devam ettiği görülmektedir.

Ağaç gruplarının eklenmesiyle T_{MRT} değerlerinde tüm alt varyasyonlarda ortalama 2°C'lik bir soğuma görülmüştür.

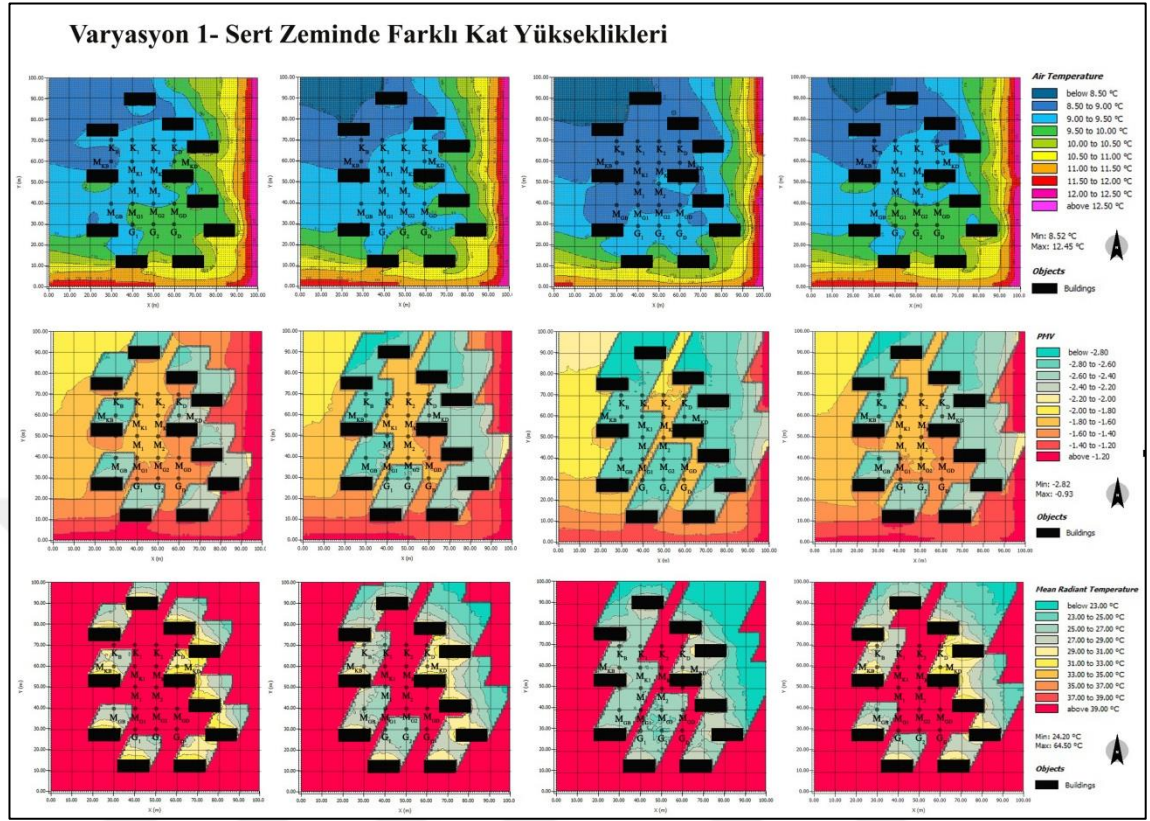
4.3.4.b. Kış dönemi varyasyon çıktıları

1. Varyasyon-1 sert zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklime etkisi

Simülasyon sonuçları aynı referans noktaları bazında değerlendirildiğinde, kat yüksekliği ve simülasyon günü güneybatıdan esen rüzgar yönüne bağlı olarak hava sıcaklığında değişimler görülmüştür (Şekil 4.121).

Bina kat yüksekliğinin 8 kat olduğu alt varyasyonda (1_3) referans noktalarının çoğunun 8,5°C - 9°C aralığında kaldığı tespit edilmiştir.

Varyasyon 1'de PMV değeri kış dönemi için -2,8°C ile -1,6°C arasında değişim göstermiştir. Alt varyasyonlarda kış döneminde bina gölge boylarının uzunluğu dikkat çekmektedir. Özellikle alt varyasyon 1_3'te 8 kat bina yüksekliğine bağlı olarak orta avluda PMV değerinin -2,8°C'ye kadar düştüğü tespit edilmiştir. Simülasyon alanı termal stres seviyesinde “orta ve güçlü soğuk stres seviyesi”nin etkisindedir.

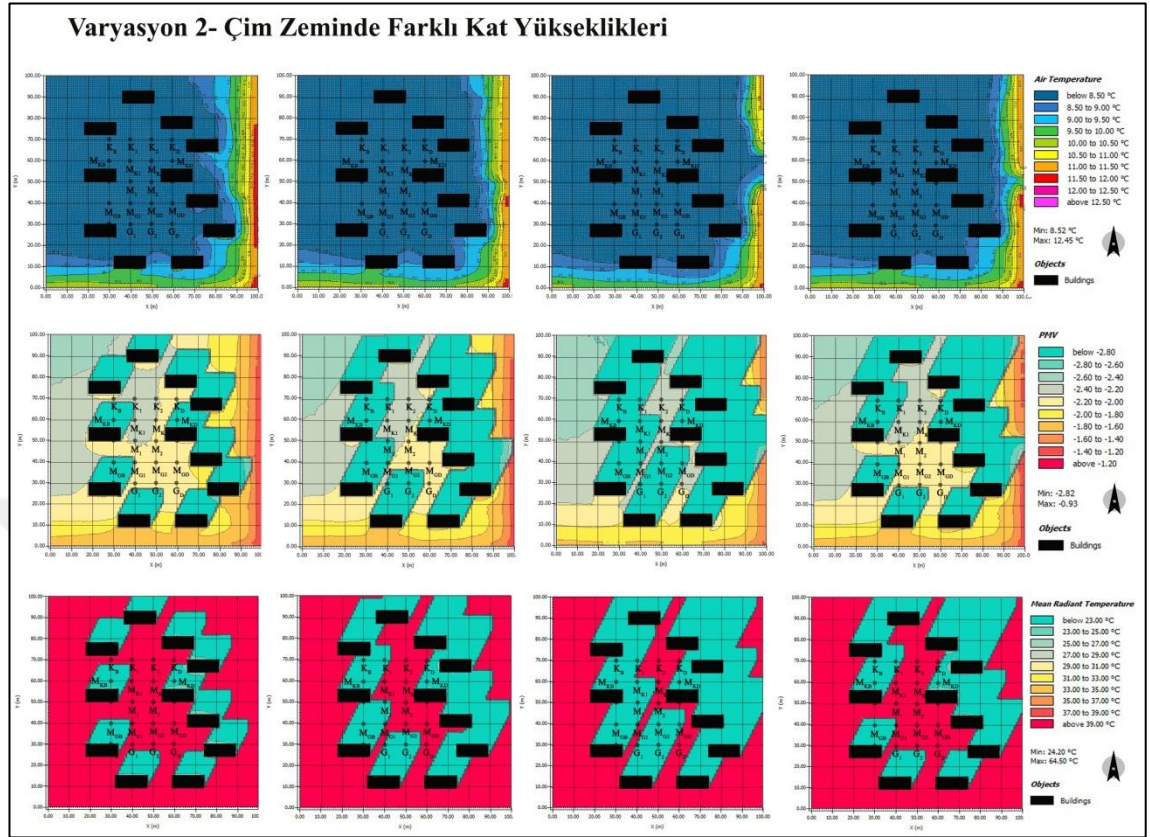


Şekil 4.121. Varyasyon-1 Hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte alt varyasyonlarda kat yüksekliği artışına bağlı olarak bu değer 23°C ile 31°C arasında değiştiği görülmüştür. Özellikle 8 katlı yapıların olduğu alt varyasyon 1_3'te gölgede kalan referans noktalarında T_{MRT} değerinin 23°C'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

2. Varyasyon-2 çim zeminde farklı kat yüksekliklerinin mikro iklime etkisi

Varyasyon 2'de kış dönemi için çim zemin sabit tutularak bina kat yüksekliklerinin değiştirilmesi sonucu oluşan sıcaklık farklılıkları incelenmiştir (Şekil 4.122).



Şekil 4.122. Varyasyon-2 Hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

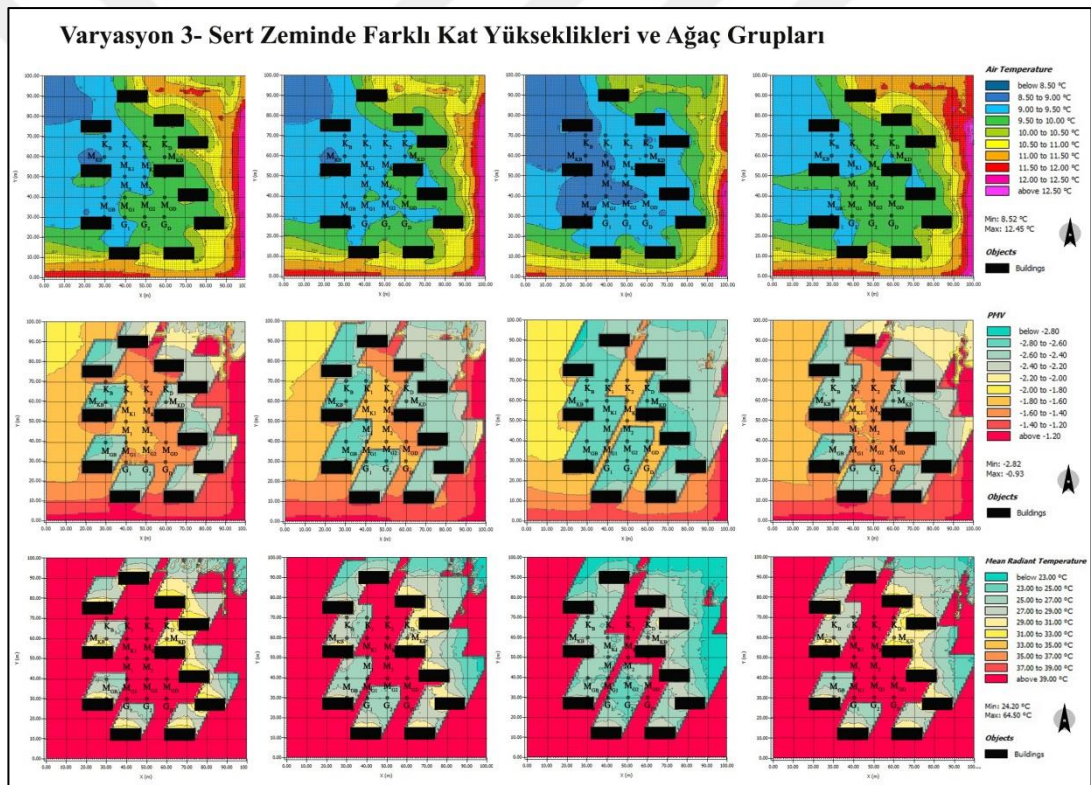
Simülasyonlarda baskın bir etki oluşturan çim zemin kullanımı, tüm referans noktalarında sıcaklığın 8,5C'nin altında kalmasına neden olmuştur.

Varyasyon 2'de PMV değeri -3°C ile $-2,2^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alt varyasyonlarda bina kat yüksekliğine bağlı değişimin yanında çim zemin kullanımının PMV değerini ortalama $0,2^{\circ}\text{C}$ düşürdüğünü göstermektedir. Alan termal stres seviyesi "güçlü soğuk stres seviyesi" nin etkisindedir.

Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte 39°C ve üzerindedir. Gölgede kalan referans noktalarında ise sert zeminden farklı olarak tamamında T_{MRT} değerinin 23°C 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

3. Varyasyon-3 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Varyasyon 3'te özellikle bina kat yüksekliğinin 8 kat olduğu alt varyasyonda (1_3) 8,5°C ile en düşük hava sıcaklığının orta alandaki referans noktalarına ulaştığı görülmüştür. Ancak varyasyon 1 ile karşılaştırıldığında ağaç gruplarının alt varyasyonlarda ve buldukları alanda hava sıcaklığını arttırdıkları tespit edilmiştir (Şekil 4.123).



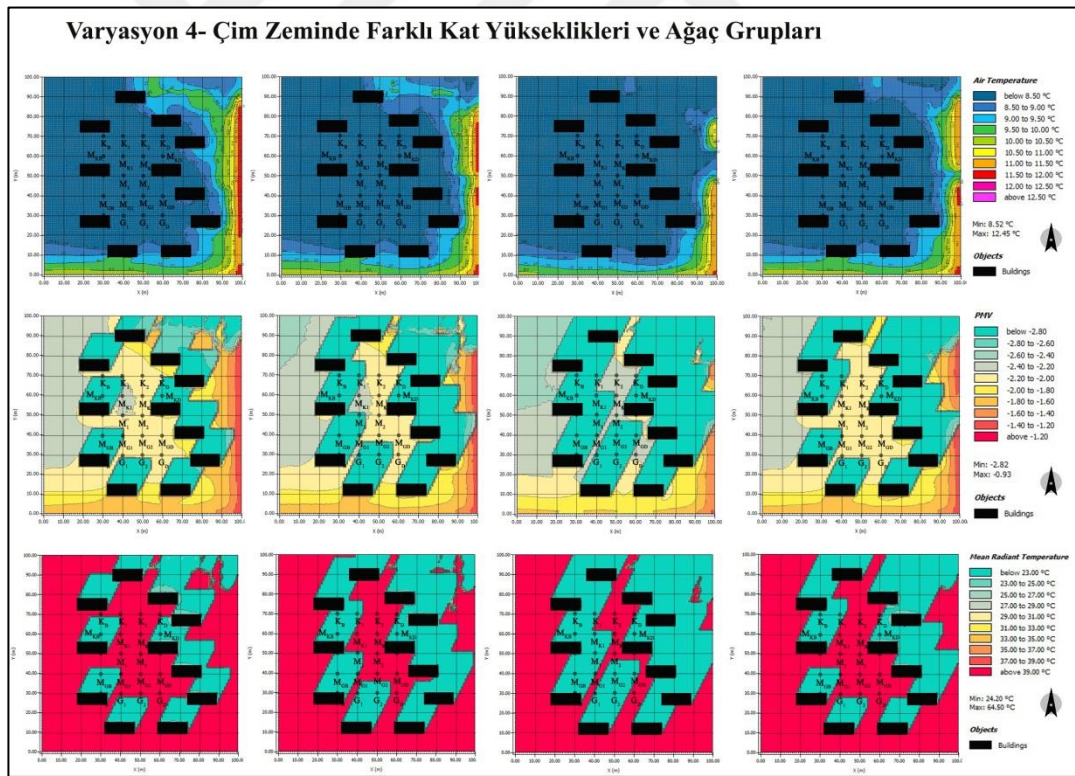
Şekil 4.123. Varyasyon-3 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Varyasyon 3'teki PMV değeri -2,8°C ile -1,6°C arasında değişim göstermiştir. Varyasyon 1 ile karşılaştırıldığında PMV değerinin özellikle ağaç gruplarının olduğu kuzeydoğu bölgesinde artış gösterdiği ve ağaç gruplarının bina gölgeleri üzerinde PMV değerini 0,2°C arttırdığı tespit edilmiştir. Alan termal stres seviyesi "orta ve güçlü soğuk stres seviyesi"nin etkisindedir.

T_{MRT} değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte 39°C ve üzerindedir. Ağaç gruplarının ve binaların gölgesinde kalan alanlarda T_{MRT} değeri 23°C - 29°C aralığında değişim göstermiştir. En düşük değer alt varyasyon 3_1'de tespit edilmiştir.

4. Varyasyon-4 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Varyasyon 4'te çim zemin sabit tutularak ve ağaç grupları eklenerek oluşan sıcaklık farklılıkları incelenmiştir. Tüm referans noktalarında hava sıcaklığı $8,5^{\circ}\text{C}$ 'nin altında kalırken, ağaç gruplarının eklendiği kuzeydoğu bölgesinde alt varyasyon 4_1'de $1,5^{\circ}\text{C}$, 4_2'de 1°C ve 4_4'te $0,5^{\circ}\text{C}$ artış tespit edilmiştir (Şekil 4.124).



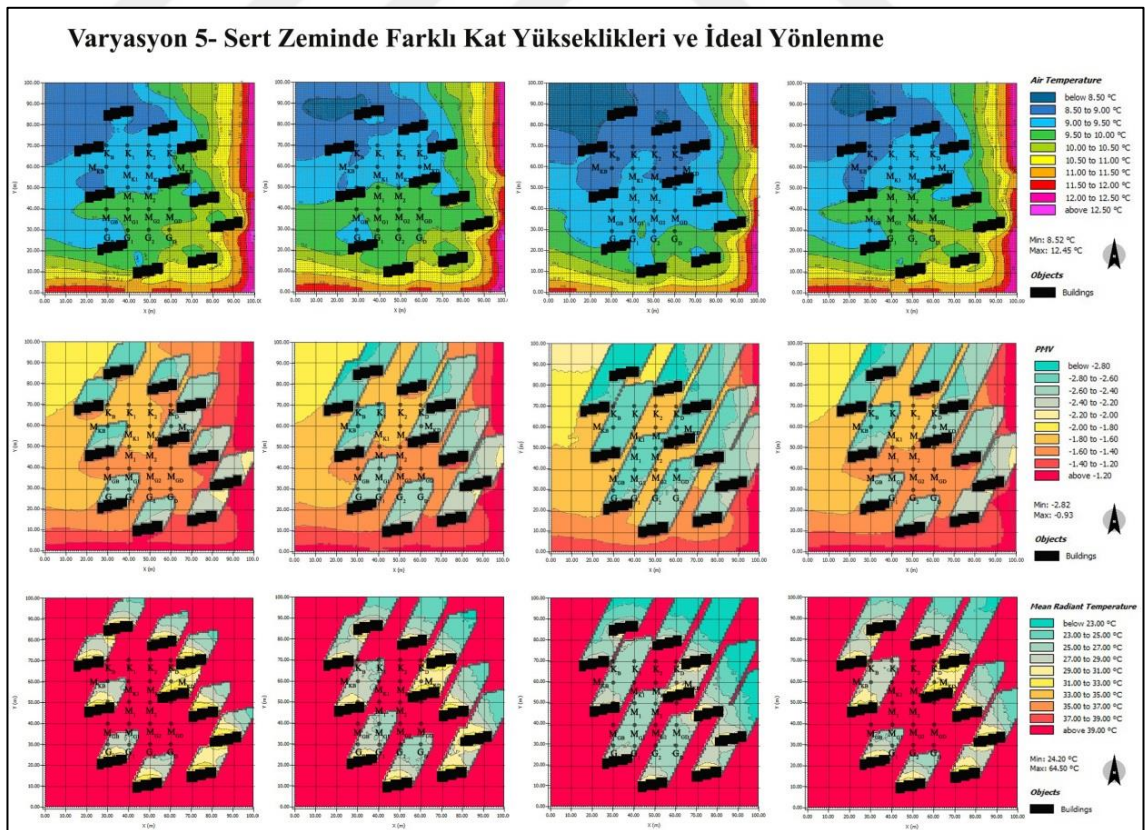
Şekil 4.124. Varyasyon-4 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

PMV değeri -3°C ile -2°C arasında değişim göstermiştir. Çim zemine ağaç gruplarının eklenmesi ortamdaki PMV değerinde herhangi bir değişikliğe yol açmazken, sadece ağaç gruplarının etrafında değer artışına neden olmuşlardır.

T_{MRT} değeri, alan genelinde 39°C ve üzerindedir. Binaların ve ağaçların gölgesinde kalan alanların tamamında ise T_{MRT} değerinin 23°C 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

5. Varyasyon-5 sert zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

Yönlenmenin ve bina kat yüksekliği etkisinin test edildiği varyasyon 5'te, 12° güneydoğu yönlenmesi sonucu özellikle güneydeki referans noktalarında sıcaklık artışı görülmüştür (Şekil 4.125).



Şekil 4.125. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Kış dönemi için varyasyon 5'te PMV değeri $-2,6^{\circ}\text{C}$ ile $-1,6^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alt varyasyonlarda kat yüksekliğine bağlı değişime bakıldığında bina gölge boylarının uzunluğu dikkat çekerken, güneydeki referans noktalarındaki değerlerin arttığı görülmüştür. Alan termal stres seviyesinde “orta ve güçlü soğuk stres seviyesi”nin etkisindedir.

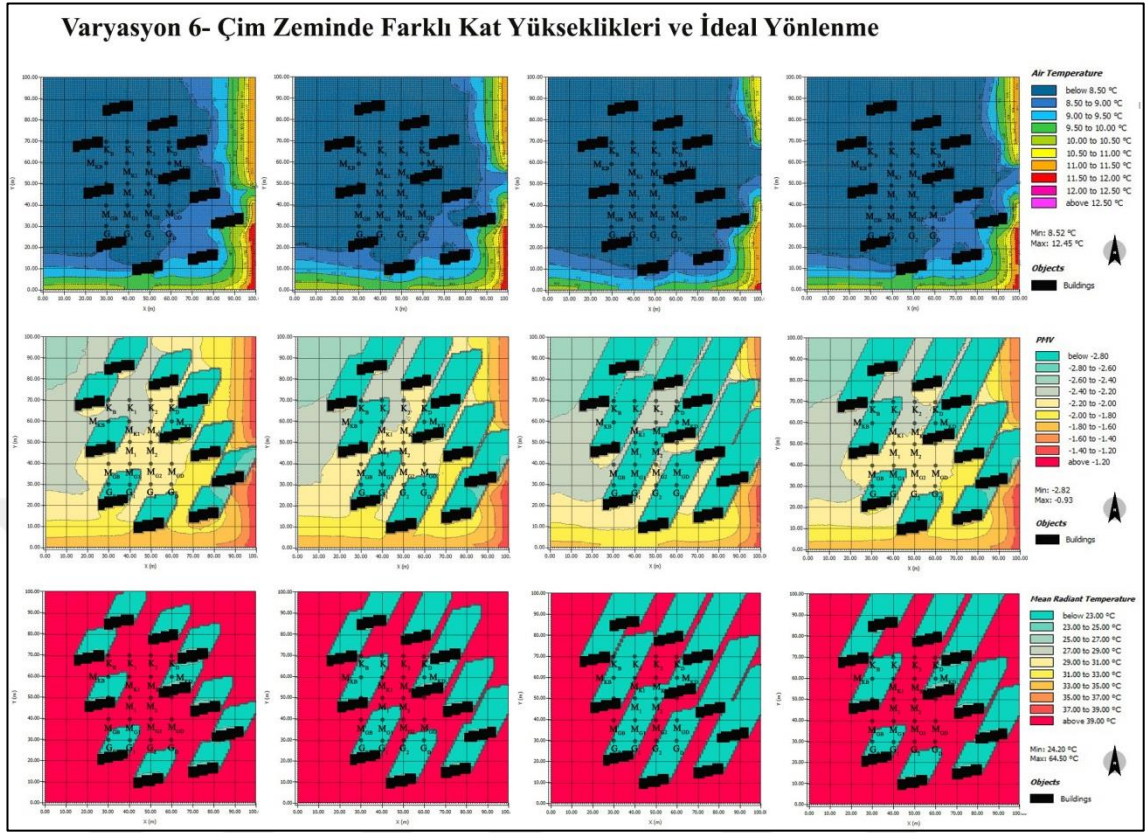
Ortalama yansıyan sıcaklık (T_{MRT}) değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte alt varyasyonlarda kat yüksekliği artışına bağlı olarak bu değer 23°C 'ye kadar düştüğü görülmüştür.

6. Varyasyon-6 çim zeminde farklı kat yükseklikleri ve ideal yönlenmenin mikro iklime etkisi

Varyasyon 6'da çim zemin sabit tutularak ve 12° güneydoğu yönlendirmesinin etkisi test edilerek bina kat yükseklikleri arasında değişen sıcaklık farklılıkları incelenmiştir (Şekil 4.126).

Diğer çalışma alanlarında olduğu gibi kış döneminde baskın bir soğutma etkisi oluşturan çim zeminin etkisi, yönlenme sonucu da değişmemiş ve ortamdaki sıcaklık $8,5^{\circ}\text{C}$ 'nin altında kalmıştır.

PMV değeri bu varyasyonda -3°C ile $-2,2^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alan termal stres seviyesi “güçlü soğuk stres seviyesi”nin etkisindedir.

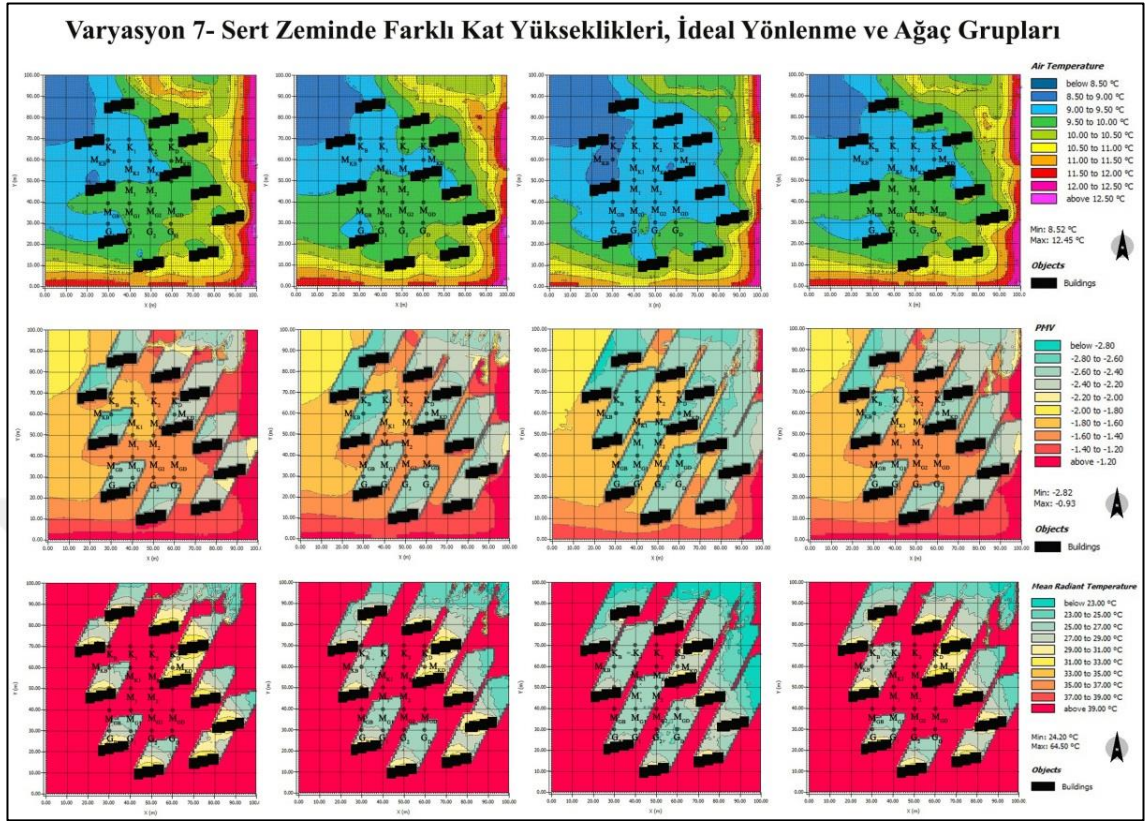


Şekil 4.126. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Ortalama yansayan sıcaklık (T_{MRT}) değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte 39°C ve üzerindedir. Gölgede kalan referans noktalarında ise sert zeminden farklı olarak tamamında T_{MRT} değerinin 23°C 'nin altında kaldığı görülmüştür.

7. Varyasyon-7 sert zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklime etkisi

Varyasyon 7'de sert zeminde yönlenmenin ve ağaç gruplarının etkisi test edilmiştir. Ağaç grupları ortam genelinde bir değişiklik oluşturmazken, simülasyonlarda en dikkat çekici nokta ağaç gruplarının buldukları alanda $0,5^{\circ}\text{C}$ - 1°C arasında hava sıcaklığını arttırmış olmalarıdır (Şekil 4.127).



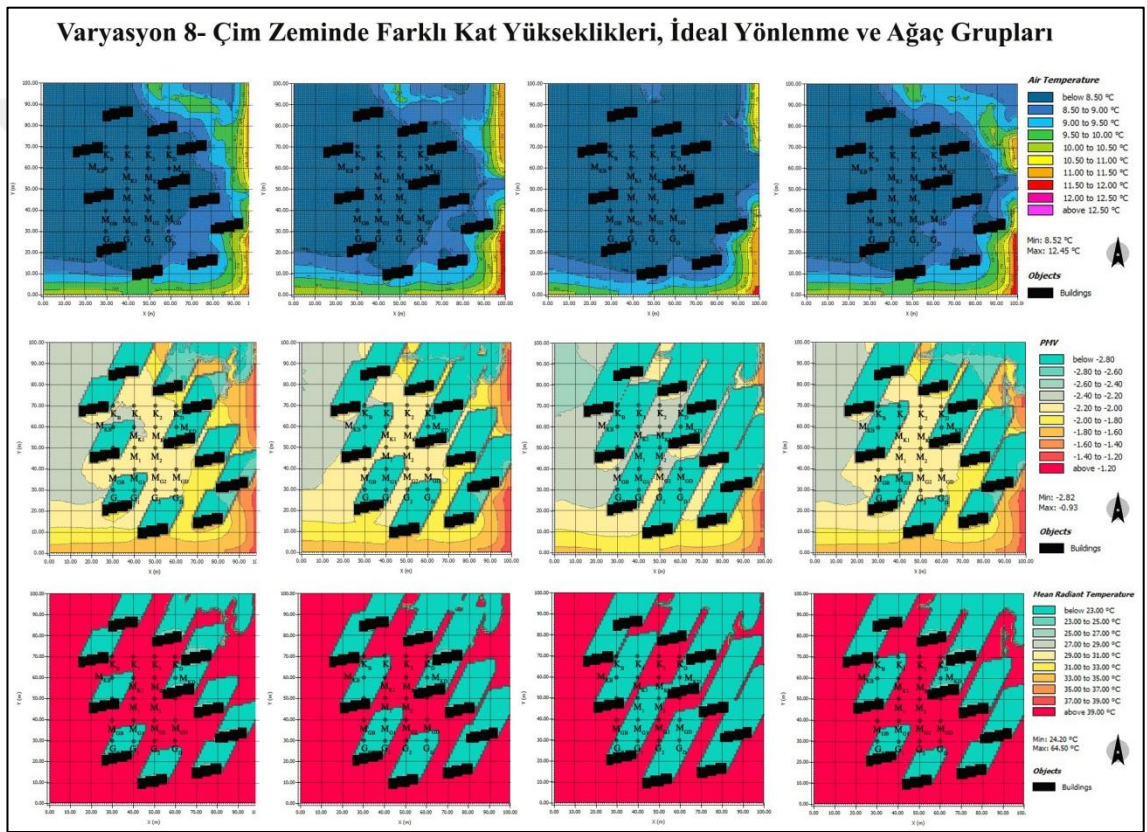
Şekil 4.127. Varyasyon-5 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

PMV değeri $-2,8^{\circ}\text{C}$ ile $-1,6^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alt varyasyon 1_3 hariç, diğer varyasyonlarda ağaç gruplarının gölgedeki PMV değerini $0,2^{\circ}\text{C}$ yükselttiği tespit edilmiştir.

T_{MRT} değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte alt varyasyonlarda gölge uzunluğu arttıkça bu değer 23°C 'ye kadar düştüğü tespit edilmiştir. Ağaç gruplarının buldukları alanda da gölge oluşumu T_{MRT} değerinin düşmesine neden olmuştur.

8. Varyasyon-8 çim zeminde farklı kat yükseklikleri, ideal yönlenme ve ağaç gruplarının mikro iklim etkisi

Varyasyon 8'de çim zeminde 12° güneydoğu yönlendirmesinin ve ağaç gruplarının etkisi test edilerek bina kat yükseklikleri arasında değişen sıcaklık farklılıkları incelenmiştir (Şekil 4.128).



Şekil 4.128. Varyasyon-7 hava sıcaklığı, PMV, T_{MRT} değeri simülasyon sonuçları

Kış döneminde baskın bir soğutma etkisi oluşturan çim zeminin etkisi, yönlenme ve ağaç grupları sonucu da değişmemiş ve ortamdaki sıcaklık 8,5°C'nin altında kalmıştır. Ancak alt varyasyon 8_3 hariç, diğer alt varyasyonlarda ağaç gruplarının bulunduğu alanda sıcaklığın 1,5°C'ye kadar arttığı tespit edilmiştir.

PMV değeri ise ağaç gruplarının bulunduğu alanda artış gösterse de, simülasyon genelinde -3°C ile $-2,2^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Alan termal stres seviyesi “güçlü soğuk stres seviyesi”nin etkisindedir.

T_{MRT} değeri, alan genelinde aynı olmakla birlikte 39°C ve üzerindedir. Bina ve ağaç gölgesinin bulunduğu alanlarda ise T_{MRT} değerinin 23°C 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir.

4.4. Araştırma İstasyonlarının Termal Konfor Değerlendirmesi

Araştırma istasyonlarının simülasyonlar sonucu referans noktaları bazında termal konfor değerlendirme için ortalama Hava Sıcaklığı, PMV ve T_{MRT} değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır. En yüksek değerlerin ölçüldüğü varyasyonlar turuncu ile en düşük değerlerin ölçüldüğü varyasyonlar ise mavi ile gösterilmiştir (Çizelge 4.11,4.12,4.13).

Mahallebaşı'nda ortalama hava sıcaklığı değerleri için yaz döneminde varyasyon 1'in, kış döneminde ise varyasyon 7'nin yüksek değerler aldığı görülmüştür. En düşük değerler ise yaz döneminde varyasyon 6 ve 8'de, kış döneminde varyasyon 4'te ölçülmüştür. Kayakyolu semtinde, ortalama hava sıcaklığı değeri yaz döneminde en yüksek varyasyon 5 ve 7'de ölçülürken, kış döneminde tüm alt varyasyonlar ile birlikte varyasyon 3,5 ve 7'de ölçülmüştür. En düşük değerler ise yaz döneminde varyasyon 2'de, kış döneminde varyasyon 4 ve 8'de görülmüştür. Ayrıca yaz döneminde alt varyasyon 1_3'te 8 katlı yapıların sıcaklığı düşürdüğü görülmüştür. Yıldızkent'te ortalama hava sıcaklığı değerleri, yaz dönemi için alt varyasyonlarla birlikte en yüksek varyasyon 5'te ölçülmüştür. Kış döneminde ise tüm sert ve çim zemin varyasyonları benzer sonuçlar verdiği için 1-3-5-7 varyasyonlarında en yüksek, 2-4-6-8 varyasyonlarında en düşük değerler ölçülmüştür. Ancak alt varyasyon 1_3'te yüksek kat kullanımının sert zeminde sıcaklık düşüşü yarattığı da görülmüştür. Yaz dönemi için en düşük değerler ise varyasyon 3 ve 4'te ölçülmüştür. Son olarak üniversite lojmanlarında yaz dönemi için en yüksek ortalama hava sıcaklığı değerleri, alt varyasyon 8 kat hariç,

benzer sonuçların ölçüldüğü varyasyon 1-3-5-7’de görülmüştür. En düşük değerler ise, alt varyasyon 3 kat hariç, çim zemin kullanımının etkin olduğu varyasyon 2-4-6-8’de ölçülmüştür. Kış döneminde en yüksek hava sıcaklığı değerleri ise varyasyon 7’de görülürken, en düşük değerler aynı sonuçların ölçüldüğü varyasyon 2-4-6-8’de görülmüştür.

Çizelge 4.11. Araştırma alanları ortalama hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılması

| Mahallebaşı | Yaz | | | Kış | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 29 | 28,8 | 28,7 | 29,6 | 7,6 | 7,5 | 6,6 | 7 |
| Varyasyon 2 | 28,8 | 28,2 | 28 | 28,1 | 6,5 | 6,2 | 6 | 6,1 |
| Varyasyon 3 | 28,6 | 28,3 | 25,7 | 28,5 | 7,4 | 7,5 | 6,7 | 6,4 |
| Varyasyon 4 | 28,4 | 28,1 | 28 | 28 | 6,3 | 6,1 | 6,1 | 6,1 |
| Varyasyon 5 | 28,8 | 28,3 | 28,2 | 28,5 | 7,8 | 7,5 | 7,2 | 7,3 |
| Varyasyon 6 | 28,2 | 28 | 28 | 28 | 6,5 | 6,4 | 6,4 | 6,1 |
| Varyasyon 7 | 28,6 | 28,2 | 28,1 | 28,2 | 8 | 8 | 7,8 | 7,5 |
| Varyasyon 8 | 28 | 28 | 28 | 28 | 6,8 | 6,5 | 6,1 | 6,5 |
| Kayakyolu | 3Kat (1_1) | 5Kat (1_2) | 8Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3Kat (1_1) | 5Kat (1_2) | 8Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 24,2 | 23,7 | 23 | 23,7 | 10 | 9,7 | 9,3 | 9,4 |
| Varyasyon 2 | 23,4 | 23,1 | 23 | 23 | 8,7 | 8,6 | 8,2 | 8,3 |
| Varyasyon 3 | 23,7 | 23,5 | 23 | 23,6 | 10 | 10 | 9,2 | 10 |
| Varyasyon 4 | 23,3 | 23,2 | 23 | 23,2 | 8,6 | 8,5 | 8,2 | 8,2 |
| Varyasyon 5 | 24,1 | 24 | 23,1 | 24 | 10 | 10 | 9,5 | 9,8 |
| Varyasyon 6 | 23,4 | 23,2 | 23 | 23,1 | 8,6 | 8,5 | 8,2 | 8,3 |
| Varyasyon 7 | 24 | 24 | 23,2 | 24 | 10 | 10 | 9,5 | 9,8 |
| Varyasyon 8 | 23,6 | 23,3 | 23 | 23,3 | 8,5 | 8,6 | 8,2 | 8,2 |
| Yıldızkent | 3Kat (1_1) | 5Kat (1_2) | 8Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3Kat (1_1) | 5Kat (1_2) | 8Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 30,6 | 30,3 | 30,1 | 30,1 | 8,8 | 8,5 | 8 | 8,5 |
| Varyasyon 2 | 30,8 | 30,5 | 30,1 | 30 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Varyasyon 3 | 30,1 | 30 | 29,7 | 30 | 8,8 | 8,6 | 8 | 8,5 |
| Varyasyon 4 | 30,1 | 29,9 | 29,3 | 29,6 | 8 | 8 | 8 | 8 |

Çizelge 4.11. (devam)

| | | | | | | | | |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Varyasyon 5 | 30,8 | 30,8 | 30,6 | 30,2 | 8,8 | 8,6 | 8 | 8,4 |
| Varyasyon 6 | 30,9 | 30,7 | 30,4 | 30 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Varyasyon 7 | 30,4 | 30,2 | 30,3 | 30 | 8,8 | 8,6 | 8 | 8,5 |
| Varyasyon 8 | 30,6 | 30,4 | 30,3 | 29,6 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Lojmanlar | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 29,3 | 29,1 | 28,9 | 29,2 | 9,1 | 8,9 | 8,6 | 9,1 |
| Varyasyon 2 | 29,2 | 28,6 | 28,5 | 28,6 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Varyasyon 3 | 29,3 | 29,1 | 28,8 | 29,2 | 9,2 | 9 | 8,7 | 9,2 |
| Varyasyon 4 | 29,1 | 28,7 | 28,5 | 28,7 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Varyasyon 5 | 29,3 | 29,1 | 28,8 | 29,1 | 9,2 | 9,2 | 8,8 | 9,1 |
| Varyasyon 6 | 29,3 | 28,8 | 28,5 | 28,6 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Varyasyon 7 | 29,2 | 29 | 28,7 | 29,1 | 9,3 | 9,3 | 8,9 | 9,3 |
| Varyasyon 8 | 29,1 | 28,7 | 28,5 | 28,7 | 8 | 8 | 8 | 8 |

Mahallebaşı'nda ortalama PMV değerleri de hava sıcaklığı ile benzer sonuçlar göstermiştir. Yaz ve kış dönemlerinin her ikisinde varyasyon 1'de en yüksek değerler ölçülmüştür. Varyasyon 8'de yaz dönemi için en düşük değer ölçülürken, varyasyon 4'te kış dönemi için en düşük değer ölçülmüştür. Ancak 8 kat kullanımının test edildiği alt varyasyon 1_3'te değerlerin daha düşük olduğu da görülmüştür. Kayakyolu'nda ortalama PMV değerleri, özellikle yaz döneminde birbirine yakın sonuçlar göstermiştir. Yaz dönemi için 8 kat olan tüm alt varyasyonlarda aynı sonuca ulaşılmıştır. En yüksek PMV değerleri için yaz ve kış döneminde sert zemin olan 1-3-5-7 varyasyonlarının tümünün göz önünde bulundurulması gerektiği görülmüştür. En düşük değerler ise yaz döneminde varyasyon 2 ve 8'de, kış döneminde en yüksek varyasyon 4 ve 6'da ölçülmüştür. Yıldızkent semtinde ortalama PMV değerleri karşılaştırıldığında yaz dönemi için en yüksek değerler, varyasyon 1 ve 5'te ölçülürken, en düşük değerler varyasyon 2 ve 4'te ölçülmüştür. Kış döneminde ortalama PMV değerleri ise hava sıcaklığı değerleri ile doğru orantılı olarak yaz döneminde 1-3-5-7 varyasyonları en yüksek (alt varyasyon 1_3 hariç), 2-4-6-8 varyasyonları en düşük değerleri almıştır.

Lojmanlarda ise ortalama PMV değeri, yaz dönemi için tüm alt varyasyonlarla birlikte değerlendirildiğinde en yüksek varyasyon 3 ve 5'te ölçülmüştür. En düşük değer ise alt varyasyon 3 kat hariç, varyasyon 4'te görülmüştür. Kış dönemi ise hava sıcaklığı değerleri ile paralel olarak en yüksek değerler 1-3-5-7 varyasyonlarında, en yüksek değerler 2-4-6-8 varyasyonlarında ölçülmüştür.

Çizelge 4.12. Araştırma alanları ortalama PMV değerlerinin karşılaştırılması

| Mahallebaşı | Yaz | | | | Kış | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 4 | 3,8 | 3,4 | 3,8 | -2,5 | -2,6 | -2,9 | -2,7 |
| Varyasyon 2 | 3,7 | 3,5 | 3,2 | 3,4 | -2,8 | -3 | -3,2 | -3 |
| Varyasyon 3 | 3,8 | 3,6 | 3,3 | 3,6 | -2,7 | -3 | -3 | -3 |
| Varyasyon 4 | 3,6 | 3,3 | 3,2 | 3,3 | -2,9 | -3,3 | -3,4 | -3,2 |
| Varyasyon 5 | 3,8 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | -2,5 | -2,9 | -2,8 | -2,9 |
| Varyasyon 6 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | 3,2 | -2,9 | -2,9 | -2,9 | -2,9 |
| Varyasyon 7 | 3,7 | 3,6 | 3,2 | 3,4 | -2,6 | -2,7 | -2,8 | -2,8 |
| Varyasyon 8 | 3,4 | 3,2 | 3,1 | 3,3 | -3 | -3,2 | -3,2 | -3,2 |
| Kayakyolu | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 2,5 | 1,7 | 1,6 | 1,9 | -2,2 | -2,4 | -2,6 | -2,5 |
| Varyasyon 2 | 2,2 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | -2,6 | -2,8 | -2,8 | -2,8 |
| Varyasyon 3 | 2,4 | 1,7 | 1,6 | 1,8 | -2,3 | -2,4 | -2,4 | -2,8 |
| Varyasyon 4 | 2,1 | 1,7 | 1,6 | 1,7 | -2,7 | -2,8 | -2,8 | -2,8 |
| Varyasyon 5 | 2,3 | 2 | 1,6 | 2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,3 |
| Varyasyon 6 | 2,1 | 1,7 | 1,6 | 1,7 | -2,7 | -2,8 | -2,8 | -2,8 |
| Varyasyon 7 | 2,3 | 1,9 | 1,6 | 2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,3 |
| Varyasyon 8 | 2,1 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | -2,6 | -2,6 | -2,6 | -2,6 |
| Yıldızkent | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 4,2 | 4,1 | 4 | 4 | -2 | -2,2 | -2,6 | -2,1 |
| Varyasyon 2 | 4,1 | 3,9 | 3,6 | 3,8 | -2,4 | -2,6 | -2,8 | -2,5 |
| Varyasyon 3 | 4 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | -2,1 | -2,2 | -2,6 | -2,1 |
| Varyasyon 4 | 4 | 3,8 | 3,5 | 3,7 | -2,5 | -2,6 | -2,8 | -2,3 |
| Varyasyon 5 | 4,2 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | -2,1 | -2,2 | -2,7 | -2,1 |

Çizelge 4.12. (devam)

| | | | | | | | | |
|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Varyasyon 6 | 4,2 | 4 | 3,8 | 3,8 | -2,5 | -2,6 | -2,7 | -2,5 |
| Varyasyon 7 | 3,9 | 3,9 | 4 | 3,8 | -2,1 | -2,2 | -2,6 | -2,2 |
| Varyasyon 8 | 4 | 3,9 | 4,1 | 3,7 | -2,5 | -2,6 | -2,8 | -2,5 |
| Lojmanlar | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 4,2 | 4,1 | 4 | 4 | -2 | -2,2 | -2,6 | -2,1 |
| Varyasyon 2 | 4,1 | 3,9 | 3,6 | 3,8 | -2,4 | -2,6 | -2,8 | -2,5 |
| Varyasyon 3 | 4 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | -2,1 | -2,2 | -2,6 | -2,1 |
| Varyasyon 4 | 4 | 3,8 | 3,5 | 3,7 | -2,5 | -2,6 | -2,8 | -2,3 |
| Varyasyon 5 | 4,2 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | -2,1 | -2,2 | -2,7 | -2,1 |
| Varyasyon 6 | 4,2 | 4 | 3,8 | 3,8 | -2,5 | -2,6 | -2,7 | -2,5 |
| Varyasyon 7 | 3,9 | 3,9 | 4 | 3,8 | -2,1 | -2,2 | -2,6 | -2,2 |
| Varyasyon 8 | 4 | 3,9 | 4,1 | 3,7 | -2,5 | -2,6 | -2,8 | -2,5 |

Mahallebaşı semtinde ortalama T_{MRT} değerleri, sert zemin varyasyonlarına bağlı olarak yaz döneminde varyasyon 5'te, kış döneminde ise varyasyon 3'te yüksek ölçülmüştür. En düşük değer ise her iki dönemde de varyasyon 8'de görülmüştür. Kayakyolu'nda ortalama T_{MRT} değerleri, PMV değerleri ile doğru orantılı olarak yaz döneminde 1-3-5-7 varyasyonlarında, kış döneminde 1-5-7 varyasyonlarında yüksek değerlerde ölçülmüştür. En düşük değerler ise yaz döneminde alt varyasyonlarda değişiklik gösterirken, kış döneminde varyasyon 8'de görülmüştür. Yıldızkent'te ortalama T_{MRT} değerleri yaz dönemi için en yüksek varyasyon 1 ve 3'te, en düşük ise varyasyon 8'de ölçülmüştür. Kış döneminde varyasyon 1 en yüksek T_{MRT} değerini gösterirken (gölge etkisi sebebiyle alt varyasyon 1_3 hariç), varyasyon 6 ve 8 ise en düşük değerleri göstermiştir. Son olarak üniversite lojmanlarında ise ortalama T_{MRT} değerleri yaz dönemi için en yüksek tüm alt varyasyonlarla birlikte 5 ve 7'de ölçülürken, en düşük varyasyon 4'te ölçülmüştür. Kış dönemi için ise en yüksek değerler varyasyon 5 ve 7'de ölçülürken, en düşük değerler varyasyon 2-4-6-8'de ölçülmüştür.

Çizelge 4.13. Araştırma alanları ortalama T_{MRT} değerlerinin karşılaştırılması

| Mahallebaşı | Yaz | | | | Kış | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 76 | 73,3 | 68,6 | 68,6 | 32 | 31 | 30 | 31 |
| Varyasyon 2 | 72,1 | 69,3 | 64 | 69,3 | 32 | 28 | 26 | 30 |
| Varyasyon 3 | 76 | 73,8 | 67,8 | 73,6 | 33 | 32 | 30 | 33 |
| Varyasyon 4 | 70,3 | 67,5 | 63,1 | 67,5 | 33 | 28,5 | 28,5 | 28,5 |
| Varyasyon 5 | 76 | 74,6 | 68,1 | 74,5 | 32,5 | 29 | 28 | 30 |
| Varyasyon 6 | 71 | 68,3 | 64,6 | 67,5 | 31,5 | 27 | 25,5 | 25,5 |
| Varyasyon 7 | 76 | 72,5 | 67,1 | 73 | 30 | 28 | 28 | 28,5 |
| Varyasyon 8 | 69,1 | 66,8 | 63,6 | 66,6 | 28,5 | 28,5 | 25,5 | 25,5 |
| Kayakyolu | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 73,8 | 58,9 | 58 | 62,8 | 30,4 | 26,2 | 24,2 | 26,8 |
| Varyasyon 2 | 68,1 | 58 | 58 | 60,8 | 24,1 | 21 | 21 | 22 |
| Varyasyon 3 | 72,1 | 58 | 58 | 62,5 | 29 | 25,3 | 23 | 26,8 |
| Varyasyon 4 | 67 | 58 | 58 | 60,2 | 24,1 | 21 | 21 | 22 |
| Varyasyon 5 | 71 | 62,3 | 58 | 65,2 | 30,2 | 26,4 | 24,6 | 26,8 |
| Varyasyon 6 | 63 | 60,3 | 58 | 61,3 | 27,9 | 21 | 21 | 21 |
| Varyasyon 7 | 71 | 63,4 | 58 | 64,3 | 29,1 | 26,1 | 24,6 | 27,9 |
| Varyasyon 8 | 64,3 | 61,6 | 58 | 60,1 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| Yıldızkent | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 74,2 | 72,4 | 69,7 | 72,4 | 36,3 | 33,9 | 30,1 | 35 |
| Varyasyon 2 | 71 | 69,2 | 70,8 | 69,2 | 33,6 | 30,9 | 27,3 | 32,2 |
| Varyasyon 3 | 74,2 | 72,4 | 68,7 | 72,4 | 35 | 33,1 | 29,6 | 34,8 |
| Varyasyon 4 | 70,5 | 67,6 | 64,5 | 67,6 | 33,6 | 30,9 | 27,3 | 32,7 |
| Varyasyon 5 | 72,4 | 71,5 | 71,5 | 71,5 | 35,2 | 33,9 | 29,2 | 34,3 |
| Varyasyon 6 | 70,2 | 68,5 | 67,1 | 68,5 | 31,8 | 30,9 | 25,5 | 31,8 |
| Varyasyon 7 | 70,1 | 71,5 | 73,3 | 71,5 | 33,9 | 33,8 | 28 | 34,5 |
| Varyasyon 8 | 68,8 | 67 | 66,8 | 67 | 31,8 | 29,1 | 25,5 | 32,7 |
| Lojmanlar | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) | 3 Kat (1_1) | 5 Kat (1_2) | 8 Kat (1_3) | Karma (1_4) |
| Varyasyon 1 | 76 | 74,3 | 72,8 | 74,3 | 37,3 | 33 | 29,9 | 36 |
| Varyasyon 2 | 74 | 70,5 | 68,8 | 70,4 | 35,8 | 31,5 | 27,3 | 33,7 |
| Varyasyon 3 | 76 | 73,8 | 71,4 | 73,8 | 36,8 | 31,9 | 29,9 | 35,4 |

Çizelge 4.13. (devam)

| | | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Varyasyon 4 | 72,1 | 69,2 | 66,8 | 68,3 | 35,8 | 30,5 | 27,3 | 33,7 |
| Varyasyon 5 | 75 | 74 | 74 | 76 | 37,1 | 34,8 | 32,1 | 35,1 |
| Varyasyon 6 | 73,1 | 70,7 | 70,2 | 71,4 | 35 | 31 | 28 | 33 |
| Varyasyon 7 | 75 | 75 | 74 | 75 | 36,4 | 34,1 | 31,3 | 35,6 |
| Varyasyon 8 | 71,4 | 70,8 | 68 | 69,4 | 35 | 31 | 28 | 34 |

Sonuç olarak, Mahallebaşı semtinde sonuçlar kış iklimi özelinde değerlendirildiğinde özellikle çim zemin kullanımının soğumayı arttırdığı tespit edilmiştir. Çim zemin ile birlikte ağaç kullanımının test edildiği varyasyon 4'te en düşük değerler ölçülmüştür. Ayrıca alt varyasyonlarda kat yüksekliği arttıkça hava sıcaklığı, PMV ve T_{MRT} değerlerinin düştüğü göz ardı edilmemelidir. Kayakyolu semtinde sonuçlar, Mahallebaşı semtinde olduğu gibi çim zemin kullanımının olduğu varyasyonlarda en düşük değerlerin ölçüldüğünü göstermiştir. Kış dönemi için özellikle sert zemin ve 12° yönlenmenin test edildiği varyasyon 5'te en yüksek değerler görülürken, araştırma alanında binaların yakın konumunun etkisiyle kat yüksekliği artışına paralel olarak hava sıcaklığı, PMV ve T_{MRT} değerlerinde daha fazla düşüşler saptanmıştır. Yıldızkent semtinde referans noktalarından alınan sonuçlarda, diğer çalışma alanlarında olduğu gibi çim zemin kullanımının olduğu varyasyonlarda en düşük değerler ölçülmüştür. Kış döneminde zemin kullanımındaki farklılıklar baskın bir etki oluşturarak sert zemin için varyasyon 1,3,5,7 ve çim zemin için 2,4,6 ve 8'de benzer sonuçların görülmesine neden olmuştur. Üniversite lojmanlarında referans noktalarından alınan sonuçların ortalaması karşılaştırıldığında ise çim zemin kullanımının olduğu varyasyonlarda en düşük değerler ölçülmüştür. Kış döneminde çim zemin kullanımı baskın bir etki oluşturarak özellikle hava sıcaklığı ve PMV değeri için varyasyon 2,4,6 ve 8'de benzer sonuçların görülmesine neden olmuştur. Ayrıca özellikle yüksek katın kullanıldığı alt varyasyon (1_3), değerlerinde düşüşler olduğu görülmüştür.

4.5. Kentsel Mikro İklim Duyarlı Tasarım Önerisi

İyi bir tasarım, tüm yaş gruplarındaki kişilerin, özellikle çocukların, yaşlıların ve fiziksel engeli olan kişilerin, toplum içerisinde daha bağımsız ve güvenli bir şekilde var

olmalarını sağlamak demektir. Hizmetlere erişilebilirliği ve evrensel olarak erişilebilir tasarımın kullanılmasını sağlamak, yüksek kalitede kentsel tasarımın kilit unsurlarıdır (Winter City of Edmonton 2013). Soğuk iklim tasarımında yüksek kalite ise, yıl boyunca daha yüksek düzeyde konfor ve erişilebilirlik sağlanırken, dış mekan sezonunu her yıl mümkün olduğu kadar uzatabilmektir (Pressman 2004). Kış odaklı kentsel tasarım çözümlerinin amacı sezonun zorluklarını iklimin sunduğu tüm olanaklardan yararlanarak fırsata dönüştürmektir.

Önceki bölümlerde alan çalışmaları ile dört farklı tipolojiye sahip semtin fiziksel özelliklerinin bir analizi yapılmış ve simülasyonları test edilmiştir. Bu süreçte genel iklim adaptasyon önlemlerine veya mikro iklimlendirme kategorisi başına stratejilere ulaşmak için alan çalışmasına dayanan nitel bir yöntem kullanılmıştır. Tezin bu bölümü, De Jong van der Voordt (2002) tarafından yapılan şemaya göre tasarım ile ilgili çalışma türleri içerisinde ‘tipolojik araştırma’ olarak tanımlanırken, bundan sonraki bölüm, belirli bir çalışma alanı ile tanımlı bir bağlam ve değişken iklim adaptasyon çözümleriyle (nesne), ‘tasarım çalışması’ olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Tasarımla ilgili çalışma türleri (Jong and Voordt 2002)

| | | NESNE | |
|--------|----------|----------------------------|--------------------------|
| | | Tanımlı | Değişken |
| BAĞLAM | Tanımlı | Tasarım Araştırması | Tasarım Çalışması |
| | Değişken | Tipolojik Araştırma | Tasarıma Göre Çalışma |

Bu bağlamda, araştırma alanlarının analizi ile simülasyon sonuçları ve soğuk iklimlerde kent mikro iklimini idealize etmek için güneşe erişim, rüzgar kontrolü ve kar yönetimi başlıkları altında incelenen literatür araştırması çerçevesinde Erzurum’un güneybatı aksında ve yeni gelişme eğiliminde olan bir alanda tasarım önerisi sunulmuştur. Bu alanın seçilme sebeplerinden ilki, diğer çalışma alanlarını ve ölçüm noktalarını tamamlayacak şekilde kentin çeperinde olması, ikincisi ise kent tipolojisindeki farklı gelişim eğilimlerini çevresinde barındırmasıdır (Şekil 4.129). Erzurum-Çat yolu

üzerinde bulunan tasarım alanının, kuzeydoğu ve güneybatı aksında okul alanları mevcut olup, doğusunda konut alanları yer almaktadır.

Ölçek, iklim adaptasyon önlemlerine ilişkin karar alma sürecinde temel belirleyici unsurdur. Genellikle mahalle ölçeği daha yönetilebilir olduğundan bu süreçte tercih edilmektedir (Kleerekoper 2016). Ancak, ilk etapta önlemlerin etkileri yerel sokak ölçeğinde daha net görülmektedir. Çünkü birçok mahalle karakteristik bir bina tipolojisi ve kamusal alanın organizasyonundan meydana gelmekte ve en uygun önlemlerin genel bir yansımasını bu mikro iklim ölçeğinde daha doğru okunmaktadır. Bu doğrultuda çalışma alanında bir komşuluk birimi tasarlanmış ve tasarımın simülasyonlar ile iklim duyarlılıkları test edilmiştir.



Şekil 4.129. Tasarım alanının konumu

Tasarımda ilk amaç ‘güneşe erişim’ olarak belirlenmiştir. Bu nedenle tasarım stratejisinde ilk sırada yükseklik/genişlik oranı ve yönlenme kriteri göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca mevcut dokunun güneydoğu-kuzeybatı aksında yönlenmiş olması tasarım açısından önemli avantajlar sağlarken, strateji hedeflerinin tutturulması için de yol gösterici olmuştur. Tasarımda binaların güneş ışığına erişimi en üst seviyeye çıkarılırken, kamusal alanların da hakim rüzgardan ve binaların oluşturacağı gölge etkisinden korunması amaçlanmıştır. Bu nedenle kuzeyden gelecek soğuk rüzgarların etkisini azaltmak, ‘rüzgar kontrolü’ sağlamak ve aşırı gölgelenmeyi önlemek için 5 katlı yapılar konut kümelerinin kuzeyinde kullanılmıştır (Şekil 4.130). Ek olarak simülasyon sonuçları doğrultusunda konut tipolojileri içerisinde küme tasarımlarının (Yıldızkent) güneşe erişimde daha ideal çözümler olduğu görülerek, yapıların nizamı ve birbiri ile ilişkisinde özellikle kırıklı diyebileceğimiz birbirini tamamen kapatmayan bir tasarım çözümü ve ısı kaybını minimuma indirmeyi sağlayacak blok nizam tercih edilmiştir. Tasarım alanı ortalama 59.500 m² olarak hesaplanmış ve 750 m² den toplam 21 bina konumlandırılmıştır. Her binada 4 daire düşünülmüş ve toplam 328 daire ile bir komşuluk birimi tasarlanmıştır. Ayrıca açık otoparkların binaların gölge etkisinde kalmamasına dikkat edilmiştir.



Şekil 4.130. Soğuk iklime duyarlı tasarım önerisi

Tasarımda ikinci amaç, simülasyonlardan çıkan sonuçlar doğrultusunda bitki örtüsü ve sert zemin kullanımının dengelenmesi olarak belirlenmiştir. Kuzey cephelerde sert zemin ve iğne yapraklı ağaç kullanımına ağırlık verilirken, güney cephelerde çim zemin ve yaprak döken ağaçlar kullanılmıştır. Ayrıca 'kar yönetimi' için kar depolama alanları göz önünde bulundurularak sert zeminde yaya yolu geniş tutulmuştur. Ek olarak geçirgen yüzeyler ile kar erimesi ve yoğun yağışlar için doğal bir filtre sağlanarak drenaj ve su şebekesi üzerindeki basıncın da azaltılması hedeflenmiştir (Şekil 4.131).



Şekil 4.131. Öneri konut alanı tasarım çözümü

Tasarım alanının simülasyonunda diğer dört analiz alanının başlangıç verilerindeki aynı veri tabanı kullanılmıştır. Her bir ızgara 1 metre x 1 metre alanı temsil etmektedir. Z yönünde model 20 ızgaradan oluşmakta, modelin yüksekliği 40 metre ile sonlanmaktadır. Alan giriş dosyası (.INX), 100x100x20 (x * y * z) ızgara hücrelerine sahip olup, 1x1x2 metre (x * y * z) ızgara boyutuna ve bu nedenle 100*100*40 metre alan boyutuna sahiptir. Varyasyon gruplarında sert zemin için ENVI-met yazılımının veri tabanında mevcut olan granit kaplama kullanılırken, geçirgen yüzeyler için ise ortalama yoğunlukta çim zemin seçilmiştir.

Meteorolojik ölçümler, alanın 450 metre kuzeydoğusunda bulunan DAP Bölge İdare Kalkınma Başkanlığı'nda 2 metre yüksekliğe yerleştirilen mobil ölçüm cihazı ile yapılmış ve saatlik kaydedilmiştir. Meteorolojik veriler diğer çalışma alanlarında olduğu gibi 30 saat boyunca kaydedilmiştir. Yaz dönemi için 21 Temmuz tarihinde ve

kış dönemi için 13 Şubat tarihinde 2 yıl boyunca ölçüm yapılmış ve bu tarihlerdeki ortalama sıcaklık simülasyonun başlangıç sıcaklığını oluşturmuştur. Bağıl nem, rüzgar yönü ve rüzgar hızı verileri için ise Erzurum 12. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden saatlik veriler alınmıştır. Modelin doğru bir başlatma zamanına ihtiyacı olması ve ilk 6 saatlik çıktılar modelin dönüş süresi olarak düşünüldüğünden, model toplam 30 saat çalıştırılmıştır (Çizelge 4.15).

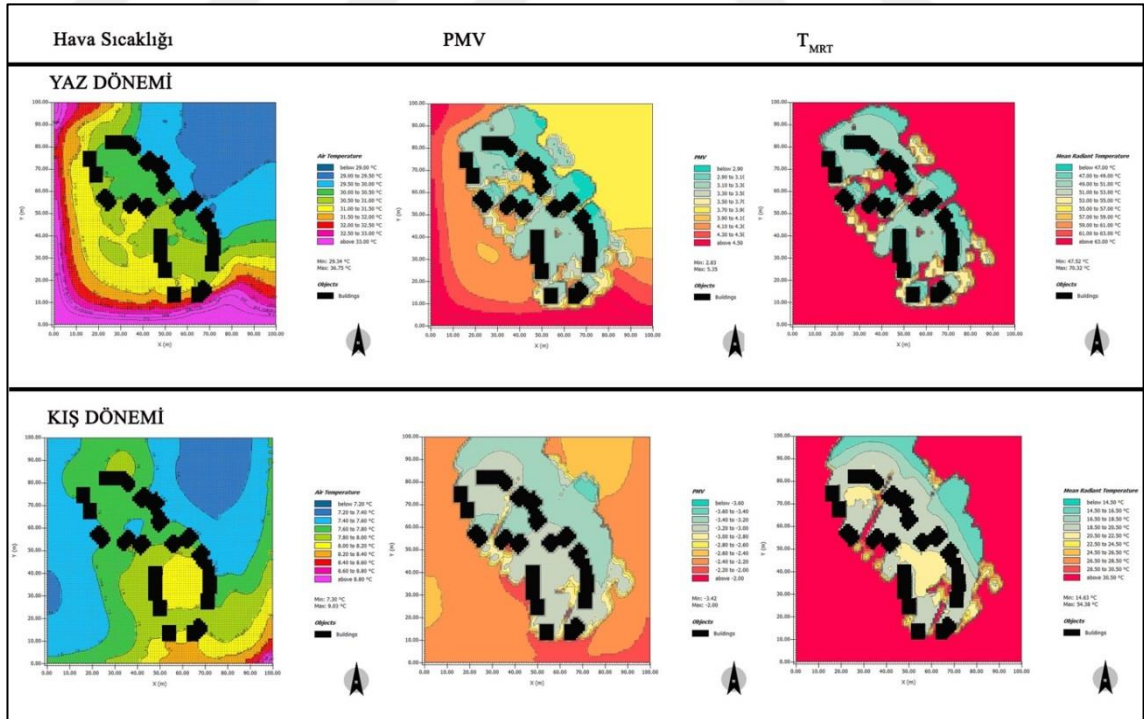
Çizelge 4.15. Öneri tasarım alanı simülasyon başlangıç verileri

| Yer | Öneri Tasarım Alanı | |
|---|---------------------|------------|
| | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| Ölçüm Dönemi | Yaz Dönemi | Kış Dönemi |
| Simülasyon Başlangıcı ve Özellikleri | | |
| Simülasyon Başlangıç Günü | 21 Temmuz | 13 Şubat |
| Simülasyon Başlangıç Saati | 00:00 | 00:00 |
| Toplam Simülasyon Saati | 30 | 30 |
| Izgara Hücresi (x, y, z) | 100x100x20 | 100x100x20 |
| Izgara Boyutu (metre) (x, y, z) | 1 x 1 x 2 | 1 x 1 x 2 |
| Model Rotasyon | 0 | 0 |
| Meteorolojik Koşullar | | |
| Rüzgar Hızı (m/s) | 0.5 | 0.2 |
| Rüzgar Yönü (0:N,90:E,180:S,270:W) | 220° | 135° |
| Referans Noktasındaki Pürüzlülük (m) | 0.1 | 0.1 |
| Başlangıç Sıcaklığı (°C) | 22,7 | -1,1 |
| Özgül Nem (2500 m) (g su/kg hava) | 7.0 | 7.0 |
| Bağıl Nem (2 m) (%) | 67 | 85 |

Simülasyonlar, birçok tasarım önerisini karşılaştırma imkanı sunarak ve inşaat başlamadan önce durum tespiti yapma imkanı vererek hem maliyet hem yaşam kalitesini yükseltmek adına ön görü sağlayan verimli bir yöntemdir. Bu doğrultuda yapılan tasarım önerisinin hem yaz hem kış dönemi için simülasyonlarla elde edilen hava sıcaklığı, PMV ve T_{MRT} sonuçları incelenmiştir. Değerlendirmede, çalışma alanları ve ölçüm tarihleri farklı olduğundan varyasyonların simülasyon sonuçları ile tasarım önerisinin simülasyon sonuçları arasında bir kıyaslamaya gidilmemiştir. Önceki bölümlerde belirtildiği gibi ENVI-Met programında bir karşılaştırmaya gidilebilmesi için bütün girdi ve çıktı parametrelerinin aynı olması gerekmektedir. Bu nedenle tasarım alanının simülasyon sonuçları kendi içinde değerlendirilmiştir.

Şekil 4.132’de görüleceği gibi yaz döneminde sonuçlar, açık kamusal alandaki hava sıcaklığı değerini 30°C-30,5°C aralığında göstermiştir. Termal konfor indeksi olan PMV değeri ortalama 3,1°C değerinde görülürken, kuzeye bakan gölge alanlarda 2,9°C’ye kadar düşmüştür. Güneye bakan ve özellikle sert zemin olan otopark alanlarında ise bu değer 4,1°C’ye çıktığı tespit edilmiştir. T_{MRT} değeri ise yine hava sıcaklığı ve PMV değeri ile doğru orantılı olarak gölge ve çim zeminin olduğu alanlarda diğer güneye bakan sert zemin alanlarına göre daha düşük tespit edilmiştir. Komşuluk biriminin açık kamusal mekanı olan alanda T_{MRT} değerinin ortalama 49°C olduğu görülmüştür.

Kış döneminde ise tasarım alanında hava sıcaklığının ortalama 7,6°C- 8°C aralığında olduğu tespit edilmiş ve açık kamusal mekanda en yüksek değere ulaşılmıştır. PMV değerinin ortak kullanım alanında -2,8°C ile -3,2°C arasında, T_{MRT} değerinin ise 20,5°C’ye kadar çıktığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.132. Yaz ve kış dönemi tasarım önerisi simülasyon sonuçları

Ek olarak 3D modelleme yazılımı olan Sketch-Up programında tasarım alanının üç boyutlu görselleri yapılmıştır (Şekil 4.133). Modeller yaz ve kış dönemi olarak ayrı ayrı oluşturulmuş ve simülasyonlarla aynı zaman dilimini yansıtmaları açısından öğleden sonra saat 13:00'ün görselleri alınmıştır.

Üç boyutlu modellemeler, özellikle kış döneminde gölge boylarının açık kamusal mekanlarda test edilen saatte bir olumsuzluk yaratmadığını göstermiştir.





Şekil 4.133. Yaz ve kış dönemi 3D modelleme sonuçları

Tasarımda önemli olan ve hedeflenen, ölçülen değerlerin alan içindeki dağılımı ve açık kamusal alanlarda bu değerlerin ideal seviyeye ulaşmasıdır. Bu bağlamda tasarım alanının yaz ve kış dönemine ait simülasyon sonuçlarında üç noktaya dikkat edilmiş ve tasarım bu çerçevede gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

- Komşuluk birimleri güneşten maksimum fayda sağlarken, ortak kullanım alanlarında da sıcaklık düşüşleri önlenmiş,
- Bina gölge etkisinin her iki mevsim için de keskin sıcaklık farkları yaratması engellenmiş,
- Özellikle PMV ve T_{MRT} sonuçlarında görüldüğü gibi bu değerlerin alanda kademeli olarak değişmesi sağlanarak, ani düşüşler önlenmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışma öncesinde soğuk iklimde kent planlaması ile ilgili literatürün ve araştırmacı çeşitliliğinin sınırlı olduğu görülmüştür. Teoride, soğuk iklimde kentsel tasarıma yön verecek ve daha konforlu bir mikro iklimlendirme sağlayacak bazı kılavuzlara ulaşılmıştır. Tüm araştırmalarda güneş enerjisine erişim, soğuk ve hakim rüzgardan kaçınmak gibi ortak ve genel ilkelerin paylaşıldığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan araştırmacılar arasında ortak bir mikro iklim tanımının olmadığı görülmüştür. Örneğin, Pressman and Zepic (1986) çalışmalarında mikro ölçeği binalar ve binalarda kullanılan malzemeler olarak tanımlarken, Borve (1987) yaptığı çalışmada açık kamusal alan tanımını mikro ölçek ile birlikte kullanmıştır. Ancak, hepsinin planlamada iklim faktörlerinin dikkate alınması gerektiği konusunda hemfikir olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan Pressman'ın soğuk iklimde şehir planlaması konusunda yazdığı ilkelerin, kuzey kutbuna yakın iklim bölgeleri (subarctic) için daha uygun olduğu bilinmektedir. Erzurum'da meteorolojik veriler ve simülasyon sonuçları ise subarctic iklim bölgelerinin tersine rüzgar hızının az, güneşlenme süresinin daha fazla olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak Pressman'ın bahsettiği stratejilerin genel anlamda soğuk iklim bölgeleri için uygulanabilir olmakla birlikte, yerele özgü verilerle birleştirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Yapılan simülasyon sonuçlarına göre soğutma ve ısıtmanın sadece bitki örtüsünün ve yüzey malzemelerinin bir fonksiyonu olmadığı, aynı zamanda kentsel özelliklerin biçim ve mekânsal düzenlemesine de bağlı olduğu tespit edilmiştir. Mutlu *et. al* (2018) tarafından yapılan çalışmada da, 45° açıda bulunan yapı bloklarının soğuk bölgeler için en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiş ve simülasyonlar ile aynı doğrultuda güneydoğu-kuzeybatı aksındaki yerleşimlerin daha ideal olduğu görülmüştür. Nitekim Yılmaz *et. al* (2018) tarafından Erzurum'un belirli caddelerinde yapılan çalışmada ise ideal sokak yönü kuzeydoğu-güneybatı olarak saptanmıştır. Burada her çalışma alanının kendi kriterleri ile değerlendirilmesi gerektiği görülmüştür.

Yapılan simülasyon sonuçlarında bitki örtüsünün hava sıcaklığını 0,5°C-1°C aralığında değiştirdiği belirlenmiştir. Nitekim benzer sonuçlar diğer çalışmalarda da elde edilmiştir (Guhathakurta and Gober 2010; Middel *et al.* 2012; Middel *et al.* 2014). Yilmaz *et al.* (2018), tarafından Erzurum’da botanik bahçe, oto sanayi bölgesi, şehir merkezi ve kırsal açık alanda olası senaryolar oluşturmak için bitki örtüsü özellikleri ile birlikte meteorolojik parametreler analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçları ile doğru orantılı olarak botanik bahçesinin vejetatif simülasyonlarının ortalaması, şehir merkezindeki mevcut durumun ortalamasından yaklaşık 2,2 ° C daha soğuk olduğu tespit edilmiştir. Tüm istasyonların ortalamasına bağlı olarak ise kışın her iki ormanlık alanın simülasyonunda sıcaklığın 1,4 °C arttığı belirlenmiştir. Simülasyonlarla benzer şekilde olan ve incelenen tüm çalışmalarda, yazın yeşil alanların hem güneşli hem de gölge alanlarda daha serin olduğu görülmüştür.

Yapılan simülasyon sonuçlarından kış kentleri için sert zemin ve çim zemin arasında dengeli bir dağılım yapılması gerektiği anlaşılmıştır. Literatürde incelenen çalışmaların büyük çoğunluğunun yaz döneminde yapılmış ve simülasyonlarda bu avantajın soğuk iklim bölgeleri için dezavantaja dönüşebileceği fark edilmiştir. Literatürde bitki örtüsü olan ve olmayan alanlar arasındaki sıcaklık ve termal konfor farklılıklarının temel nedenleri; (Johansson *et al.* 2013; Müller *et al.* 2014) açık nemli toprağın yüzeyindeki net radyasyonun bir kısmının gizli ısıya dönüşmesi, yaprakların ve orta büyüklükteki yeşil alanların gölge oluşturmaları ve her çeşit bitki örtüsünün evapotranspirasyon etkisi sebebiyle açıklanmaktadır (O’Malley *et al.* 2015). Vejetasyon tipinin karşılaştırılması ile ilgili yapılan çalışmalar ise hem ortalama radyan sıcaklık (T_{MRT}) hem de hava sıcaklığı değerleri için ağaç örtüsünün çim örtüsünden daha iyi olduğu konusunda hemfikirdir (Yang *et al.* 2011; Cohen *et al.* 2012; Yahia and Johansson 2013). Araştırmalar, çim alanı ile ağaç alanı arasındaki en büyük sıcaklık farklılıklarının, çim zeminin asfalt karelere benzer şekilde ölçüldüğü gündüz öğle saatlerinde meydana geldiğini göstermiştir. Çimlerin en büyük avantajı, yaz aylarında ve geceleri olarak tespit edilmiştir (Andreou and Axarli 2012; Johansson *et al.* 2013).

Simülasyon sonuçlarında bina kat yüksekliklerinin çoğunlukla gölgelemenin önemli olduğu doğu-batı yönündeki kanyonları etkilediği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar da, kentsel dokuda yüksekliğin artmasının her yönelimde daha fazla gölgelenmeye neden olarak hava sıcaklığını 3°C'ye kadar düşürdüğünü göstermektedir (Johansson and Emmanuel 2006; Cohen *et al.* 2012). Araştırmalarda kuzey-güney kanyonlarında bölgesel hava sıcaklıkları ile hemen hemen aynı değerler görülürken, doğu-batı kanyonlarında sıcaklığın yükseklik/genişlik oranına göre 0,5°C -1,0°C arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Simülasyon sonuçlarında kış aylarında, bir katlı binaların bile önemli gölge uzunluğu verdiği tespit edilmiş, bu nedenle rüzgarı azaltmak ve ideal mikro iklime ulaşmak için alternatif çözümler bulunması gerektiği belirlenmiştir. Örneğin, fiziksel engellerin veya bitki örtüsünün rüzgar hızları üzerindeki etkisini hafife almamak gerektiği tespit edilmiştir. Pressman'a göre (1995; 2004), iç avluya sahip dört veya beş katlı bloklardan oluşan mahalleler, İskandinav koşullarında mikro klimayı iyileştirmek için idealdir. Erzurum için de simülasyonlar bu ifadeyi desteklemiştir.

Simülasyonlarda, yapı malzemesi olarak beton kullanılmıştır. Teoriye göre, farklı renkler ve malzemeler farklı özelliklere sahiptir. Bu, çalışma alanlarında mikro iklimlerde sıcaklık ve rüzgar ile ilgili değişikliklere neden olabilmektedir. Ayrıca simülasyonlarda bina yüksekliği/arsa oranı dikkate alınmamıştır. Tezin amacı, farklı bina yüksekliklerinin çalışma alanlarında mikro iklimi nasıl etkilediğinin anlaşılmasını sağlamak olmuş ve farklı kat yüksekliğinde varyasyonlar oluşturularak termal konfor durumları test edilmiştir.

Doğrudan güneş ışığını yakalamak ve rüzgarı engellemek, açık kamusal alanların 10°C'ye kadar sıcak olmasını sağlayabilmektedir (Winter City of Edmonton 2013). Bu nedenle soğuk iklimlerde binaların daha iyi bir mikro iklimlendirme ve daha canlı bir kamu alanı oluşturmak için tasarlanması ve organize edilmesi gerekmektedir. Ancak bir kış kenti tasarım sürecinde bir yandan güneşe erişim, aşırı kar yağışı, buzlanma ve kar

depolama gibi temel faktörler göz önünde bulundurulurken diğer yandan yere özgü tasarım stratejilerinin de oluşturulması gerekmektedir.

Erzurum kent kimliğinin bir parçası olan kış iklimi, kent gelişirken göz önünde bulundurulması gereken bir özelliktir. Bu doğrultuda analiz ve simülasyonlar sonucunda geliştirilen iklim duyarlı tasarım kriterleri, Erzurum’u sürdürülebilir bir kış kenti yapmanın ilk basamağını oluşturmaktadır. Tasarım kriterleri, kategorize edilmiş mikro iklim çözümleri ile genel sonuçlara girdi oluşturmuştur. Bu kriterlerin gelecekteki gelişim kararlarına rehberlik etmesi ve kış odaklı kentsel tasarım çözümlerinin uygulama sürecinde yol gösterici olması amaçlanmıştır. Çünkü simülasyonlara dayalı olarak oluşturulan yere özgü iklim duyarlı planlama stratejileri ve yazından elde edilen teorik bilgilerin bütüncül olarak kullanımıyla ortaya konan kentsel tasarım projelerinin, dış mekân konforunu kış aylarında 2°C’ye kadar arttırılabileceği tespit edilmiştir.

5.1. Erzurum İçin Soğuk İklim Tasarım Kriterleri

Kent geometrisi;

Yapılı çevre, kentin doğrudan güneş radyasyonu, gölgeleme ve hava akımı ile ilişkisini tanımlamaktadır. Ek olarak hacim/yüzey ilişkisi ve ısı birikimi de kent geometrisi ile yakından ilgilidir. Aşağıda bu kavramlar çerçevesinde ve çıkan simülasyon sonuçlarına göre Erzurum özelinde tasarım kriterleri belirlenmiştir;

- Erzurum’da ilk tasarım hedefi, konut tasarımlarında binaların ve açık alanların tek güneşe erişmesi, diğer binalara ve açık alanlara gölge düşmemesi olmalıdır.
- Simülasyon sonuçlarında yükseklik/genişlik oranının yani gölgeleme etkisinin fazla olması yaz aylarında avantaj sağlarken, kış aylarında soğuk stres yarattığı tespit edilmiştir. Bu nedenle kışın diğer binalara gölge düşmesini engellemek ve güneş kazancını en üst seviyeye çıkarmak için geniş cadde ve sokakların önerilmesi gerekmektedir.

- Sonuçlarda özellikle kış döneminde kat yüksekliği arttıkça uzayan gölge boyları nedeniyle kamusal alanların ve diğer binaların gölgede kaldığı tespit edilmiştir (alt varyasyonlar 1_3). Önceki paragraflarda Emmanuel (2005)'in, hem yaz aylarında minimal ısıyı yakalamak hem de kışın güneşe erişimi arttırmak amacıyla ideal yükseklik/genişlik oranını 0.4-0.6 aralığında önerdiği belirtilmiştir. Ancak Erzurum özelinde bu oranın mümkün olduğunca düşük tutulması gerekmektedir.
- Simülasyonlarda kaldırımlar, teraslar ve dış mekanlarda aşırı gölgelenmeyi önlemek için sokakların kuzey tarafına daha yüksek yapıların tasarlanması gerektiği görülmüştür (alt varyasyonlar 1_4).
- Direkt güneşlenme ve T_{MRT} (ortalama radyan sıcaklık) süresi konfor koşullarını etkileyen iki önemli faktördür (Taleghani *et al.* 2015). Simülasyon sonuçları, analizi yapılan dört kentsel form üzerinde kapalı kentsel blokların (avlu) en yüksek termal konfor koşullarını sağladığını göstermiştir (Yıldızkent).
- Cadde ve sokak yönelmesine bağlı olarak da değişen güneş radyasyonu, simülasyonlarda 12° güneydoğu yönelmesi ile test edilmiştir. Sonuçlar, özellikle yüksek katlı doğu-batı formundaki binaların kuzey cephelerinde yönelme sonucu sıcaklık artışı olduğunu göstermiş, kış döneminde yönelmenin ortam sıcaklığını ortalama $0,5^\circ\text{C}$ arttırdığı tespit edilmiştir.
- Simülasyon sonuçlarında Erzurum'da doğu-batı yöneliminde kışın kuzey cephelerin önemli bir kısmının gölgede kalması sebebiyle kesinlikle tercih edilmemesi gerektiği görülmüştür.
- Kuzey-güney yönelimli caddelerde ise binalar arası mesafelere dikkat edilmeli, mümkünse güneydoğu yönünde açılı yönlendirmeler yapılmalıdır.
- Soğuk iklimin hakim olduğu kentte sokak yönleri kuzey rüzgarlarının etkisini en aza indirecek şekilde rüzgar yönüne dik olarak tasarlanmalıdır. Ayrıca kışın önemli bir hava kirliliği problemi yaşayan Erzurum kenti için makro ölçekte kontrollü olarak güneybatı yönündeki hakim rüzgar yönüne paralel hava koridorlarının açılması gerekmektedir.

Malzeme;

Kentsel alanlarda buharlaşma miktarı sızdırmaz yüzeyler, geçirgen olmayan malzemeler ve kırsal alanlara göre daha az bitki örtüsü nedeniyle azalmaktadır. Sonuç olarak, daha fazla enerji algılanabilir ısıya ve daha az enerji de gizli ısıya dönüşmektedir. Geçirgen malzemeler buharlaşma yoluyla soğumaya izin verirken, sert malzemeler ısı biriktirmektedir. Bu doğrultuda sert zemin ve çim zemin ayırımı yapılarak test edilen simülasyon sonuçlarına göre aşağıda Erzurum özelinde tasarım kriterleri belirlenmiştir;

- Simülasyon sonuçlarında çim zemin kullanımının hem yaz hem kış döneminde soğutucu etki yarattığı tespit edilmiştir. Ancak tamamı çim ile kaplı bir yüzeyin yaz mevsimi için avantaj oluştururken kış mevsiminde termal konfor seviyesini düşürdüğü görülmüştür.
- Simülasyon sonuçlarından diğer parametrelere göre baskın bir etki oluşturduğu görülen çim yüzeylerin her iki mevsimde avantaj sağlaması için kentsel alandaki yer seçimine dikkat edilmesi gerekmektedir.
- Erzurum'da çim zeminin güneş erişimi açık olan kamusal alanlarda tercih edilmesi gerekirken, binaların kuzey cephelerinde tercih edilmemelidir.
- Park alanları veya özel yollar gibi düşük kullanım oranlı alanların döşenmesinde daha yüksek bir geçirgenliğe izin vermek için çim derzli döşemelerin kullanımı tercih edilmelidir.
- Yaz döneminde sert zemin ve geçirimsiz yüzey fazlalığı dolayısı ile sıcaklık artışını engellemek ve aşırı sıcaklık termal stres seviyesini düşürmek için özellikle güneş erişimi olan alanlarda tasarlanacak toprak ve çim zemin ile homojen bir dağılım sağlanmalıdır.
- Kısa dalga radyasyonu, yüksek albedo oranına sahip maddelerde daha iyi yansıtılmaktadır. Simülasyonlarda granit kaplama olarak tek bir sert yüzey test edilmiş olsa da, kuzey cephelerde albedo oranı düşük ve ısı emilimi yüksek tuğla ve taş gibi yoğun malzemeler kullanılması tercih edilmelidir.

- Erzurum'da özellikle taşıt ve yaya yollarında donma-çözünme döngüsüne dayanacak ve enerji tasarrufu sağlayacak yüksek kaliteli malzemeler kullanılması gerekmektedir.

Bitki örtüsü;

Bitki örtüsü, hem buharlaşma ve terleme (evapotransporasyon) yoluyla hem de kısa dalga radyasyonunu absorbe edecek yüzeyleri gölgede bırakarak çoğunlukla çevreyi soğutmaktadır. Ancak bitki örtüsü her zaman çevresindeki ortamdan daha serin/soğuk değildir. Özellikle ağaçlar kışın rüzgar hızını kırarak ve zeminden yansıyan uzun dalga radyasyonunu engelleyerek atmosfere ısı kaybını yavaşlatmaktadır (Kleerekoper 2016). Kentsel alanlarda farklı bitki örtüsü uygulamaları olmakla birlikte, simülasyonlarda özellikle konut kümelerinin kuzeydoğusuna yerleştirilmiş ibreli ağaçların etkisi test edilmiştir. Sonuçlara göre Erzurum için belirlenen tasarım kriterleri aşağıda sıralanmıştır;

- Simülasyon sonuçlarına göre, ağaçların ortalama 0,5°C-1°C aralığında bir değişim oluşturarak, yazın soğutma kışın ise ısıtma etkisi yarattığı tespit edilmiştir (Yılmaz *et al.* 2018).
- Genel olarak Erzurum'da bir binanın veya açık alanın güney yüzünde yaprak döken ağaçlar tercih edilirken, açık alanların kuzey ve batı taraflarında iğne yapraklı bitki örtüsü tercih edilerek bölge hakim kış rüzgarlarından korunmalıdır.
- Geniş caddelerde ağaçlandırma yapılmalıdır.
- Seçilecek bitki örtüsü kar yüklerine, rüzgâra dayanabilmeli ve yıl boyunca az bakım gerektirmelidir. Ayrıca Erzurum'da binaları çevreleyen peyzaj alanlarının çatılardan düşen kar ve buza dayanıklı olmasına dikkat edilmelidir.
- Erzurum'da kışın önemli bir hava kirliliği problemi olduğundan, ağaçların yer seçiminde güneybatıdan esen hakim rüzgar yönünü kesmemesine dikkat edilmelidir.

Tezin araştırma soruları karmaşık ve çeşitli faktörlere bağlıdır. Pek çok faktör mikro iklimi etkilemekle birlikte bu sorular da kentsel formun neden olduğu mikro iklim

üzerindeki etkileri tam anlamıyla kapsamamaktadır. Bu tezi yürütmek için seçilen yöntem, simülasyon için kullanılan yazılımdaki sınırlı seçenekler nedeniyle sorgulanmaya açıktır. Ancak simülasyon uygulamaları uzun zaman aldığından ve simülasyonlarda göz ardı edilmiş meteorolojik faktörler bulunduğundan sonuçların kesin ve anlık verilere karşılık gelmediği bilinmelidir. Bu nedenle tezin sonuçları bir anahtar olarak değil, bir kılavuz olarak kabul edilmelidir.

Son olarak, yapılan çalışmalar sonucunda konut üretim biçimleriyle ilgili bazı bulgular ortaya çıkmıştır. Erzurum'da seçilen konut alanları, üretim biçimleri itibariyle farklı nitelikte alanlardır. Bu alanlardan Mahallebaşı kendiliğinden ortaya çıkmış bir yerleşimken, Yıldızkent kooperatif yoluyla üretilmiş bir alandır. Kayakyolu müteahhitler aracılığıyla son dönemde oluşan yerleşimler arasında yer alırken, üniversite lojmanları da yarışma projesi sonucu devlet eliyle üretilmiş bir konut alanıdır. Tüm örneklerde, ülkemiz kentlerinde olduğu gibi iklim bilgisinin kentsel mekanın planlanmasına dahil edilmediği görülmüştür. Bu noktada herhangi bir politika, mevzuat ya da kanunun mülkiyet biçimlenişinde bir etkisi tespit edilememiştir. Diğer taraftan simülasyonlar sonucunda bazı konut biçimlerinin diğerlerine göre mikro iklim açısından daha iyi sonuçlar ürettiği ortaya çıkmıştır. Erzurum için kooperatif yoluyla üretilen kentsel çevrenin mikro iklim değerleri, termal konfor açısından diğer konut çevrelerine göre ideale yakın sonuçlar göstermiştir. Ancak konut üretim biçimlerinin mikro iklime etkisi bu çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir. Bu nedenle bu konunun ayrı bir çalışma kapsamında düşünülmesi gerektiği anlaşılmıştır. Erzurum için bu sonuçlar ışığında küme tarzı ve kooperatif yoluyla üretilmiş konut alanlarının olumlu sonuçlarının ilgili kurum ve kuruluşlarca dikkate alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Acero, J. A., & Herranz-Pascual, K. (2015). A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. *Building and Environment*, 93(P2), 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.06.028>
- Akbari, H., & Taha, H. (1992). The impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities. *Energy*, 17(2), 141–149. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0360-5442\(92\)90063-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0360-5442(92)90063-6)
- Akman, Y. (2011). *İklim ve Biyoiklim*. Palme Yayıncılık.
- Alcoforado, M.-J., Andrade, H., Lopes, A., & Vasconcelos, J. (2009). Application of climatic guidelines to urban planning: The example of Lisbon (Portugal). *Landscape and Urban Planning*, 90(1), 56–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.10.006>
- Ali-Toudert, F., & Mayer, H. (2006). Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Building and Environment*, (41), 94–108. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.013>
- Ali-Toudert, F., & Mayer, H. (2007). Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy*, (81), 742–754. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.10.007>
- Aljawabra, F., & Nikolopoulou, M. (2010). Influence of hot arid climate on the use of outdoor urban spaces and thermal comfort: Do cultural and social backgrounds matter? *Intelligent Buildings International*, 2(3), 198–217. <https://doi.org/10.3763/inbi.2010.0046>
- Andreas, Matzarakis, H. M., & Iziomon, M. G. (1999). Applications of a universal thermal index: PET. *International Journal of Biometeorology*, 43, 76–84.
- Andreou, E., & Axarli, K. (2012). Investigation of urban canyon microclimate in traditional and contemporary environment. Experimental investigation and parametric analysis. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.11.038>
- Anonim, 2019. <http://corine.ormansu.gov.tr/corine>, (25.05.2019)
- Battista, G., Carnielo, E., & De Lieto Vollaro, R. (2016). Thermal impact of a redeveloped area on localized urban microclimate: A case study in Rome. *Energy and Buildings*, 133, 446–454. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.10.004>
- Beckröge, W. (1988). Climate as a factor of a planning project - Demonstrated by the example of Dortmund Bornstrasse. *Energy and Buildings*, 11(1–3), 129–135. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90029-1](https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90029-1)
- Bergström, A., & Magnusson, R. (2003). Potential of transferring car trips to bicycle during winter. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(8), 649–666. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(03\)00012-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0965-8564(03)00012-0)
- Blocken, B., & Carmeliet, J. (2004). Pedestrian Wind Environment around Buildings: Literature Review and Practical Examples. *Journal of Thermal Envelope and Building Science*, 28(2), 107–159. <https://doi.org/10.1177/1097196304044396>

- Borve, A. (1987). The design and function of single buildings and building clusters in harsh, cold climates.
- Børve, A. (1988). Settlement and housing design with special regard to local climatic conditions in cold and polar regions — examples from Northern Norway. *Energy and Buildings*, 11(1–3), 33–39. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90021-7)
- Børve, A. B. (1982). Settlement planning under arctic conditions in Northern Norway. *Energy and Buildings*, 4(1), 67–70. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(82\)90019-6](https://doi.org/10.1016/0378-7788(82)90019-6)
- Bourbia, F., & Awbi, H. B. (2004). Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate Part 1: Air and surface temperature measurements. *Renewable Energy*. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00170-8](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00170-8)
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>
- Bruse, M. (1999). Modelling and strategies for improved urban climates. *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium, Sydney, 8-12 Novembre 1999*, 6p.
- Bruse, M. (2018). ENVI-met 4.4: A Microscale Urban Climate Model. <http://www.envi-met.info>
- Bruse, M., & Fleer, H. (1998). Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling and Software*. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00042-5)
- Cao, B., Luo, M., Li, M., & Zhu, Y. (2016). Too cold or too warm? A winter thermal comfort study in different climate zones in China. *Energy and Buildings*, 133, 469–477. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.050>
- Chapman, D. (2018). *Urban Design of Winter Cities; Winter Season Connectivity for Soft Mobility*. Lulea University of Technology.
- Chapman, D., Nilsson, K. L., Rizzo, A., & Larsson, A. (2018). *Updating Winter: The Importance of Climate-Sensitive Urban Design for Winter Settlements*. (November). Retrieved from https://arcticyearbook.com/images/yearbook/2018/Scholarly_Papers/5_AY2018_Chapman.pdf
- Charalampopoulos, I., & Chronopoulou-Sereli, A. (2005). The influence of urban green areas on Discomfort and Relative Strain Index spatial pattern. The case of Elaionas region in Athens, Greece. *17th International Congress of Biometeorology (ICB) 2005*, 184–187. Germany.
- Charette, C. (1995). *Issues in Canadian urban design*. Institute of Urban Studies, University of Winnipeg.
- Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2015). Microclimate development in open urban spaces: The influence of form and materials. *Energy and Buildings*, 108, 156–174. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.048>
- Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2016). Microclimate design for open spaces: Ranking urban design effects on pedestrian thermal comfort in summer. *Sustainable Cities and Society*, 26, 27–47. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.05.004>
- Chatzidimitriou, A., Liveris, P., Bruse, M., & Topli, L. (2013). Urban Redevelopment and Microclimate Improvement: A Design Project in Thessaloniki, Greece.

- PLEA 2013-29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, 10-12 September 2013*. Munich, Germany.
- Chow, W. T. L., Pope, R. L., Martin, C. A., & Brazel, A. J. (2011). Observing and modeling the nocturnal park cool island of an arid city: horizontal and vertical impacts. *Theoretical and Applied Climatology*, 103(1), 197–211. <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0293-8>
- Chrisomallidou, N., Tsikaloudaki, K., & Theodosiou, T. (2016). *Quality of life and open spaces: A survey of microclimate and comfort in outdoor urban areas*.
- Cohen, P., Potchter, O., & Matzarakis, A. (2012). Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.11.020>
- Coutts, A. M., Beringer, J., & Tapper, N. J. (2008). Investigating the climatic impact of urban planning strategies through the use of regional climate modelling: a case study for Melbourne, Australia. *International Journal of Climatology*, 28(14), 1943–1957. <https://doi.org/10.1002/joc.1680>
- Couture, G. H. (1985). *Planning for winter livability... toward an implementation strategy* (University of Manitoba). Retrieved from https://mspace.lib.umanitoba.ca/bitstream/handle/1993/28604/Couture_Planning_for.pdf?sequence=1
- De Jong, T., & van der Voordt, T. (2002). Criteria for scientific study and design. *Ways to Study and Research*. Delft, DUP Science Publishers, 19–32.
- De Schiller, S., & Evans, J. M. (1996). Training architects and planners to design with urban microclimates. *Atmospheric Environment*, 30(3), 449–454. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(94\)00139-1](https://doi.org/10.1016/1352-2310(94)00139-1)
- De, B., & Mukherjee, M. (2016). Impact of Canyon Design on Thermal Comfort in Warm Humid Cities: A Case of Rajarhat- Newtown, Kolkata. *Fourth International Conference on Countermeasure to Urban Heat Island, 2016*, (June), 30–31.
- Djukic, A., Vukmirovic, M., & Stankovic, S. (2016). Principles of climate sensitive urban design analysis in identification of suitable urban design proposals. Case study: Central zone of Leskovac competition. *Energy and Buildings*, 115, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.057>
- Dursun, D., & Yavas, M. (2015). Climate-sensitive urban design in cold climate zone: The city of Erzurum, Turkey. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 3(1). https://doi.org/10.14246/irpspd.3.1_17
- Dursun, D., & Yavas, M. (2016). Urbanization and the Use of Climate Knowledge in Erzurum, Turkey. *Procedia Engineering*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.040>
- Dursun, D., & Yavaş, M. (2017). Soğuk İklimde Duyarlı Kentsel Tasarım Yaklaşımları. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 269–278. <https://doi.org/10.21597/jist.2017.125>
- Dursun, D., & Yavaş, M. (2018). Microclimate analysis of different urban forms in cold climates and the effect of thermal comfort. *ISPRS TC 3D Spatial Information Science*, 42(4), 155. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-155-2018>
- Dursun, D., Yavas, M., & Yilmaz, S. (2017). Microclimate Assessment and Urban Design of Public space in Cold Climate Zone : Tha Case of Yakutiye Square.

- EDRA48 Voices of Place, Empower, Engage, Energize*, 1–17. Madison, Wisconsin, USA.
- Dursun, D., Yavaş, M., & Güller, C. (2016). Kış kenti Erzurum'da iklim, planlama ve yerel yönetim politikalarının etkileşim düzeyi. *Planlama Dergisi*, 26(2), 147–159. <https://doi.org/10.14744/planlama.2016.73644>
- Dursun, D., Yavaş, M., & Okudan, Y. (2016). Kış Kenti Erzurum için Kentsel Tasarım Rehberi. *Uluslararası Kış Kentleri Sempozyumu 10-12 Şubat 2016*. Erzurum.
- Ebrahimabadi, S. (2012). *Improvements in Addressing Cold Climate Factors in Urban Planning and Design*. Lulea University of Technology.
- Ebrahimabadi, S. (2015). Outdoor Comfort in Cold Climates : Integrating Microclimate Factors in Urban Design (Luleå tekniska universitet). Retrieved from <http://ltu.diva-portal.org/smash/get/diva2:999481/FULLTEXT02.pdf>
- Ebrahimabadi, S., Johansson, C., Rizzo, A., & Nilsson, K. (2018). Microclimate assessment method for urban design – A case study in subarctic climate. *Urban Design International*, 23(2), 116–131. <https://doi.org/10.1057/udi.2015.26>
- Ebrahimabadi, S., Nilsson, K. L., & Johansson, C. (2015a). The problems of addressing microclimate factors in urban planning of the subarctic regions. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 42(3), 415–430. <https://doi.org/10.1068/b130117p>
- Ebrahimabadi, S., Nilsson, K. L., & Johansson, C. (2015b). The Problems of Addressing Microclimate Factors in Urban Planning of the Subarctic Regions. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 42(3), 415–430. <https://doi.org/10.1068/b130117p>
- El-Bardisy, W. M., Fahmy, M., & El-Gohary, G. F. (2016). Climatic Sensitive Landscape Design: Towards a Better Microclimate through Plantation in Public Schools, Cairo, Egypt. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216, 206–216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.029>
- Eliasson I. (2000). The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 48, 31–44.
- Eliasson, I., Knez, I., Westerberg, U., Thorsson, S., & Lindberg, F. (2007). Climate and behaviour in a Nordic city. *Landscape and Urban Planning*, 72–84. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.020>
- Elnabawi, M. H., Hamza, D. N., & Dudek, D. S. (2013). Use and Evaluation of the Envi-Met Model for Two Different Urban Forms in Cairo , Egypt : Measurements and Model. *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, 2800–2806.
- Emmanuel, R. (2005). Thermal comfort implications of urbanization in a warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR), Sri Lanka. *Building and Environment*, 40(12), 1591–1601. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.12.004>
- Emmanuel, Rohinton, Rosenlund, H., & Johansson, E. (2007). Urban shading a design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Climatology*, 27(14), 1995–2004.
- Erell, E. (2008). The application of urban climate research in the design of cities. *Advances in Building Energy Research*, 2(1), 95–121. <https://doi.org/10.3763/aber.2008.0204>
- Erol, O. (1993). *Genel Klimatoloji*. Ankara: Gazi Büro Kitabevi.

- Erskine, R., & Collymore, P. (1994). *The Architecture of Ralph Erskine*. Academy Editions.
- Evans, J. M., & De Schiller, S. (1996). Application of microclimate studies in town planning: A new capital city, an existing urban district and urban river front development. *Atmospheric Environment*, 30(3), 361–364. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(94\)00138-3](https://doi.org/10.1016/1352-2310(94)00138-3)
- Fanger, P. O. (1972). Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering. *New York, McGraw-Hill*.
- Fezer, F. (1982). The influence of building and location on the climate of settlements. *Energy and Buildings*, 4(2), 91–97. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(82\)90033-0](https://doi.org/10.1016/0378-7788(82)90033-0)
- Fröhlich, D., & Matzarakis, A. (2013). Modeling of changes in thermal bioclimate: examples based on urban spaces in Freiburg, Germany. *Theoretical and Applied Climatology*, 111(3), 547–558. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0678-y>
- Gagge, A. P., Stolwijk, J. A. J., & Nishi, Y. (1972). An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. *Memoirs of the Faculty of Engineering, Hokkaido University*, 13, 21–36.
- Gappert, G. (1987). *The future of winter cities* (Vol. 31). Sage Publications.
- Garcia, C. L. (2015). Thermal Comfort and Urban Design at Several Urban Canyons in The City Center of Concepcion , Chile. *ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate*. Toulouse, France.
- Gehl, J., & Gemzoe, L. (1996). Public spaces. *Public Life: Copenhagen, The Royal Danish Academy of Fine*.
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. John Wiley & Sons.
- Golany, G. S. (1996). Urban design morphology and thermal performance. *Atmospheric Environment*, 30(3), 455–465. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(95\)00266-9](https://doi.org/10.1016/1352-2310(95)00266-9)
- Guhathakurta, S., & Gober, P. (2010). Residential Land Use, the Urban Heat Island, and Water Use in Phoenix: A Path Analysis. *Journal of Planning Education and Research*, 30(1), 40–51. <https://doi.org/10.1177/0739456X10374187>
- Gusson, C. S., & Duarte, D. H. S. (2016). Effects of Built Density and Urban Morphology on Urban Microclimate - Calibration of the Model ENVI-met V4 for the Subtropical Sao Paulo, Brazil. *Procedia Engineering*, 169, 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.001>
- Hedquist, B. C., & Brazel, A. J. (2014). Seasonal variability of temperatures and outdoor human comfort in Phoenix, Arizona, U.S.A. *Building and Environment*, 72, 377–388. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.11.018>
- Heldens, W., Heiden, U., Esch, T., Mueller, A., & Dech, S. (2017). Integration of remote sensing based surface information into a three-dimensional microclimate model. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 125, 106–124. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.01.009>
- Henke, M. (2006). *Urban winter: applying winter city planning principles to improve livability at the University of Winnipeg*. University of Manitoba.
- Herrmann, J., & Matzarakis, A. (2012). Mean radiant temperature in idealised urban canyons—examples from Freiburg, Germany. *International Journal of Biometeorology*, 56(1), 199–203. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0394-1>

- Holst, J., & Mayer, H. (2011). Impacts of street design parameters on human-biometeorological variables. *Meteorologische Zeitschrift*, 20(5), 541–552. <https://doi.org/https://doi.org/10.1127/0941-2948/2011/0254>
- Hoppe, P. (1999). The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43(2), 71–75. <https://doi.org/10.1007/s004840050118>
- Jeong, Y., Lee, G., & Kim, S. (2015). Analysis of the Relation of Local Temperature to the Natural Environment, Land Use and Land Coverage of Neighborhoods. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 14(1), 33–40. <https://doi.org/10.3130/jaabe.14.33>
- Johansson, E., & Emmanuel, R. (2006). The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Biometeorology*, 51(2), 119–133. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0047-6>
- Johansson, E., Spangenberg, J., Gouvêa, M. L., & Freitas, E. D. (2013). Scale-integrated atmospheric simulations to assess thermal comfort in different urban tissues in the warm humid summer of São Paulo, Brazil. *Urban Climate*. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.08.003>
- Kantamaneni, R., Adams, G., Bamesberger, L., Allwine, E., Westberg, H., Lamb, B., & Claiborn, C. (1996). The measurement of roadway PM10 emission rates using atmospheric tracer ratio techniques. *Atmospheric Environment*, 30(24), 4209–4223. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/1352-2310\(96\)00131-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00131-8)
- Karaca, M., Tayanç, M., & Toros, H. (1995). Effects of Urbanizations on Climate of İstanbul and Ankara. *Atmospheric Environment*, 29(23), 3411–3421.
- Katzschner, L. (1988). The urban climate as a parameter for urban development. *Energy and Buildings*, 11(1), 137–147. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90030-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90030-8)
- Katzschner, L. (2004). Open Space Design Strategies Based on Thermal Comfort Analysis. *PLEA*, 1, 47–52.
- Katzschner, L. (2006). *Microclimatic thermal comfort analysis in cities for urban planning and open space design*. 31–36. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.102.3707&rep=rep1&type=pdf>
- Kaya, N., & Mengi, O. (2011). How Sensitive We Build to Climate? Design for Comfortable Urban Environment. *47th ISOCARP Congress 2011*, 1–11.
- Ketterer, C., & Germany, A. F. (2014). *Mapping of thermal-bioclimate in a city with complex topography – the example of Stuttgart , Germany*. 304–314.
- Ketterer, C., & Matzarakis, A. (2016). Mapping the Physiologically Equivalent Temperature in urban areas using artificial neural network. *Landscape and Urban Planning*, 150, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.02.010>
- Kleerekoper, L. (2016). Urban climate design: Improving thermal comfort in Dutch neighbourhoods (Delft University of Technology; Vol. 11). <https://doi.org/10.7480/abe.2016.11>
- Kleerekoper, L., Dobbelseen, A. van den, Hordijk, G. J., Dorst, M. J. van, & Martin, C. L. (2015). Climate adaptation strategies: achieving insight in microclimate effects of redevelopment options. *Smart and Sustainable Built Environment*, 4(1), 110–136.
- Knowles, R. L. (1981). *Sun rhythm form*. MIT Press, Cambridge, MA.

- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, *15*(3), 259–263.
- 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*. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.09.006>
- Lai, A., Maing, M., & Ng, E. (2017). Observational studies of mean radiant temperature across different outdoor spaces under shaded conditions in densely built environment. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.034>
- Langer, I., Sodoudi, S., & Cubasch, U. (2012). Using the ENVI-met program to simulate the micro climate in new Town Hashtgerd. *The International Conference on Urban Climate*, (January), 61–64. <https://doi.org/10.13140/2.1.1739.2005>
- Lau, K. K.-L., Lindberg, F., Johansson, E., Rasmussen, M. I., & Thorsson, S. (2017). Investigating solar energy potential in tropical urban environment: A case study of Dar es Salaam, Tanzania. *Sustainable Cities and Society*, *30*, 118–127. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.01.010>
- Lenzholzer, S., & Koh, J. (2010). Immersed in microclimatic space: Microclimate experience and perception of spatial configurations in Dutch squares. *Landscape and Urban Planning*, *95*(1–2), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.10.013>
- Li, J., Wang, J., & Wong, N. H. (2016). Urban Micro-climate Research in High Density Cities: Case Study in Nanjing. *Procedia Engineering*, *169*, 88–99. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.011>
- Lin, B. S., & Lin, C. T. (2016). Preliminary study of the influence of the spatial arrangement of urban parks on local temperature reduction. *Urban Forestry and Urban Greening*, *20*, 348–357. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.003>
- Lobaccaro, G., & Acero, J. A. (2015). Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons. *Urban Climate*, *14*, 251–267. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.10.002>
- Lynch, K. (1984). *Good city form*. MIT press.
- Maggiotto, G., Buccolieri, R., Santo, M. A., Leo, L. S., & Di Sabatino, S. (2014). Study of the Urban Heat Island in Lecce (Italy) by means of ADMS and ENVI-MET. *International Journal of Environment and Pollution*.
- Makropoulou, M., & Gospodini, A. (2016). Urban Form and Microclimatic Conditions in Urban Open Spaces at the Densely Built Centre of a Greek City. *Journal of Sustainable Development*, *9*(1), 132. <https://doi.org/10.5539/jsd.v9n1p132>
- Mänty, J., & Pressman, N. (1988). *Cities designed for winter* (Vol. 12). Building Book Limited.
- Martinelli, L., & Matzarakis, A. (2017). Influence of height/width proportions on the thermal comfort of courtyard typology for Italian climate zones. *Sustainable Cities and Society*. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.12.004>
- Matus, V. (1988). *Design for northern climates. Cold-climate planning and environmental design*. Retrieved from <https://www.osti.gov/servlets/purl/6718221>

- Matuschek, O., & Matzarakis, A. (2010). Estimation of sky view factor in complex environment as a tool for applied climatological studies. *Berichte Des Meteorologischen Instituts Der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*, 534–539.
- Matzarakis, A., Mayer, H., & Iziomon, M. G. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43(2), 76–84. <https://doi.org/10.1007/s004840050119>
- Mayer, H. (1988). Results from the research program “STADTKLIMA BAYERN” for urban planning. *Energy and Buildings*, 11(1–3), 115–121. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90027-8)
- Middel, A., Brazel, A. J., Gober, P., Myint, S. W., Chang, H., & Duh, J. (2012). Land cover, climate, and the summer surface energy balance in Phoenix, AZ, and Portland, OR. *International Journal of Climatology*, 32(13), 2020–2032.
- Middel, A., Hüb, K., Brazel, A. J., Martin, C. A., & Guhathakurta, S. (2014). Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. *Landscape and Urban Planning*, 122, 16–28. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.004>
- Mills, G. (1999). Urban climatology and urban design. *ICB-ICUC*, 99, 15th.
- Mills, Gerald. (2008). Luke Howard and the climate of London. *Weather*, 63(6), 153–157.
- Milošovičová, J. (2013). *Climate-Sensitive Urban Design in Moderate Climate Zone: Responding to Future Heat Waves*. Master’s Thesis in Urban Design, jmurbandesign.com/images/Thesis.
- Morakinyo, T. E., Kong, L., Lau, K. K. L., Yuan, C., & Ng, E. (2017). A study on the impact of shadow-cast and tree species on in-canyon and neighborhood’s thermal comfort. *Building and Environment*, 115, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.01.005>
- Mutlu, E., Yılmaz, S., Yılmaz, H., & Mutlu, B. (2018). Analysis of Urban Settlement Unit By Envi-Met According To Different Aspects In Cold Regions. *6th Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering*, 519. Singapore.
- Müller, N., Kuttler, W., & Barlag, A.-B. (2014). Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. *Theoretical and Applied Climatology*, 115(1), 243–257. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-0890-4>
- Ng, E., Chen, L., Wang, Y., & Yuan, C. (2012). A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.014>
- Nikolopoulou, M., Baker, N., & Steemers, K. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the Human parameter. *Solar Energy*. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00093-1)
- Nouri, A. S. (2015). A Framework of Thermal Sensitive Urban Design Benchmarks: Potentiating the Longevity of Auckland’s Public Realm. *Buildings*, 5(1), 252–281. <https://doi.org/10.3390/buildings5010252>
- O’Malley, C., Piroozfar, P., Farr, E. R. P., & Pomponi, F. (2015). Urban Heat Island (UHI) mitigating strategies: A case-based comparative analysis. *Sustainable Cities and Society*. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.05.009>

- Oke, T. R., & Cleugh, H. A. (1987). Urban heat storage derived as energy balance residuals. *Boundary-Layer Meteorology*, 39(3), 233–245. <https://doi.org/10.1007/BF00116120>
- Parsons, K. C. (1993). Human thermal environments. The principles and the practice. London, UK: Taylor and Francis, 199–217.
- Pearlmutter, D., Berliner, P., & Shaviv, E. (2006). Physical modeling of pedestrian energy exchange within the urban canopy. *Building and Environment*, 41, 783–795. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.03.017>
- Pearlmutter, D., Jiao, D., & Garb, Y. (2014). The relationship between bioclimatic thermal stress and subjective thermal sensation in pedestrian spaces. *International Journal of Biometeorology*, 58(10), 2111–2127. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0812-x>
- Petralli, M., Messetti, L., Brandani, G., & Orlandini, S. (2014). Urban planning indicators: useful tools to measure the effect of urbanization and vegetation on summer air temperatures. *International Journal of Climatology*, 34, 1236–1244. <https://doi.org/10.1002/joc.3760>
- Phillips, D. W. (1988). Planning with winter climate in mind. *Cities Designed for Winter*, 65–83.
- Pihlak, M. (1983). Philosophy, principles and practice of northern latitude urban landscape design. MLA, University of California.
- Pressman, N. (1985). *Reshaping winter cities: Concepts, strategies and trends*. Univ of Waterloo Press.
- Pressman, N. (1987). Images of the North: cultural interpretations of winter. *Winter Communities*, 5(5). Retrieved from <http://winnspace.uwinnipeg.ca/bitstream/handle/10680/969/154-1987-Pressman-ImagesoftheNorth-WEB.pdf?sequence=1>
- Pressman, N. (1988). Developing climate-responsive winter cities. *Energy and Buildings*, 11(1), 11–22. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90019-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90019-9)
- Pressman, N. (1989a). Final report: UN/ECE research colloquium on human settlements in harsh living conditions. *Habitat International*, 13(2), 23–29. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-3975\(89\)90062-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-3975(89)90062-3)
- Pressman, N. (1989b). Harsh living conditions: A research agenda. *Habitat International*, 13(2), 13–22. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-3975\(89\)90061-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-3975(89)90061-1)
- Pressman, N. (1989c). The search for northern settlement form: Dilemmas and directions. *Habitat International*, 13(2), 127–137. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-3975\(89\)90077-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-3975(89)90077-5)
- Pressman, N. (1991). Human health and social factors in winter climates. *Energy and Buildings*, 16(1), 765–773. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788\(91\)90049-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788(91)90049-9)
- Pressman, N. (1994). Climatic factors in play areas and public space. *Architecture and Behavior*, 10(4), 417–427.
- Pressman, N. (1995a). *Northern cityscape: Linking design to climate*. Winter Cities Association.
- Pressman, N. (1995b). Urban design: The northern dimension. In C. Charette (Ed.), *Issues in Canadian Urban Design* (pp. 221–267). Institute of Urban Studies.

- Pressman, N. (1996). Sustainable winter cities: Future directions for planning, policy and design. *Atmospheric Environment*, 30(3), 521–529. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(95\)00012-7](https://doi.org/10.1016/1352-2310(95)00012-7)
- Pressman, N. (2004). Shaping Cities for Winter. Climatic Comfort and Sustainable Design. Prince George, Winter Cities Associatio (ISBN 0-9698761-1-4). In *Cahiers de géographie du Québec* (Vol. 48). <https://doi.org/10.7202/011810ar>
- Pressman, N., & Lüttgen, A. (2002). Climatic comfort in Northern public space. URL: <Ftp://Ip20017719>. *Eng. Uffj. Br/Public/AnaisEventosCientificos/*, 959–962.
- Pressman, N., & Zepic, X. (1986). *Planning in cold climates: a critical overview of Canadian settlement patterns and policies*.
- Reiter, S. (2010). Assessing Wind Comfort in Urban Planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(5), 857–873. <https://doi.org/10.1068/b35154>
- Robitu, M., Musy, M., Inard, C., & Groleau, D. (2006). Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. *Solar Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2005.06.015>
- Roth, M., & Lim, V. H. (2017). Evaluation of canopy-layer air and mean radiant temperature simulations by a microclimate model over a tropical residential neighbourhood. *Building and Environment*, 112, 177–189. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.026>
- Salata, F., Golasi, I., de Lieto Vollaro, R., & de Lieto Vollaro, A. (2016). Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data. *Sustainable Cities and Society*, 26, 318–343. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.005>
- Salata, F., Golasi, I., Petitti, D., de Lieto Vollaro, E., Coppi, M., & de Lieto Vollaro, A. (2017). Relating microclimate, human thermal comfort and health during heat waves: An analysis of heat island mitigation strategies through a case study in an urban outdoor environment. *Sustainable Cities and Society*, 30, 79–96. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.01.006>
- Scherer, D., Fehrenbach, U., Beha, H. D., & Parlow, E. (1999). Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes. *Atmospheric Environment*, 33(24–25), 4185–4193. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00161-2](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00161-2)
- Sharmin, T., Steemers, K., & Matzarakis, A. (2015). Analysis of microclimatic diversity and outdoor thermal comfort perceptions in the tropical megacity Dhaka, Bangladesh. *Building and Environment*, 94, 734–750. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.10.007>
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., & Erell, E. (2011). The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International Journal of Climatology*, 31(10), 1498–1506. <https://doi.org/10.1002/joc.2177>
- Spagnolo, J., & de Dear, R. (2003). A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and Environment*, 38, 721–738. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(02\)00209-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00209-3)
- Spronken-Smith, R. A., & Oke, T. R. (1998). The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *International Journal of Remote Sensing*, 19(11), 2085–2104. <https://doi.org/10.1080/014311698214884>

- Sterten, A. K. (1988). Climate and weather protection systems in settlement planning in the Arctic regions of Northern Norway. *Energy and Buildings*, 11(1), 23–32. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90020-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90020-5)
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Şimşek, Ç. K. (2013). *İstanbul'da Kentsel İklim Üzerine Antropojenik Etkiler: Kent Isı Adalarının İncelenmesi*. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Taha, H., Douglas, S., & Haney, J. (1997). Mesoscale meteorological and air quality impacts of increased urban albedo and vegetation. *Energy and Buildings*. [https://doi.org/10.1016/s0378-7788\(96\)01006-7](https://doi.org/10.1016/s0378-7788(96)01006-7)
- Takebayashi, H., & Moriyama, M. (2009). Study on the urban heat island mitigation effect achieved by converting to grass-covered parking. *Solar Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.01.019>
- Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M., & Van Den Dobbelsteen, A. (2015). Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. *Building and Environment*, 83, 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.014>
- Thorsson, S., Lindberg, F., Eliasson, I., & Holmer, B. (2007). Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. *International Journal of Climatology*, 27(14), 1983–1993.
- Thorsson, S., Lindqvist, M., & Lindqvist, S. (2004). Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. *International Journal of Biometeorology*, 48(3), 149–156. <https://doi.org/10.1007/s00484-003-0189-8>
- Toy, S. (2010). *Biyoklimatik Konfor Değerleri Bakımından Doğu Anadolu Bölgesi Rekreatyonel Alanların İncelenmesi*. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Trlicik, J. (2015). *Microclimate in Cold Climates : A Study of a Neighbourhood Park in Kiruna Focusing on Sun and Wind*. Retrieved from <http://tu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1031623/FULLTEXT02.pdf>
- Tsitoura, M., Marina, M., & Tsoutsos, T. (2011). Evaluation of comfort conditions and sustainable design of urban open spaces in Crete. *PLEA 2011 - Architecture and Sustainable Development, Conference Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, (July), 439–444.
- Tsitoura, Marianna, Michailidou, M., & Tsoutsos, T. (2016). Achieving sustainability through the management of microclimate parameters in Mediterranean urban environments during summer. *Sustainable Cities and Society*. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.05.006>
- Tsoka, S., Tsikaloudaki, A., & Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications—A review. *Sustainable Cities and Society*. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.009>
- Victor, O. (1963). Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism. In *Climate Responsive Building*. New Jersey: Princeton University Press.

- Wang, Y., Akbari, H., & Chen, B. (2016). Urban Geometry and Environmental Urban Policy Development. *Procedia Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.038>
- Werier, V. (1983). The Liveable Winter City (Canada). *Habitat, Ottawa*, 31–35.
- Westerberg, U. (1994). Climatic planning—physics or symbolism. *Architecture and Behaviour*, 10(1), 49–71.
- Westerberg, U. (2009). The significance of climate for the use of urban outdoor spaces: some results from case studies in two Nordic cities. *International Journal of Architectural Research*, 3(1). <https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v3i1.258>
- Westerberg, U., & Glaumann, M. (1990). Design criteria for solar access and wind shelter in the outdoor environment. *Energy and Buildings*, 15(3), 425–431. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90017-D](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788(90)90017-D)
- Willmott, C. J. (1982). Some Comments on the Evaluation of Model Performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 63(11), 1309–1313. <https://doi.org/10.1175/1520-0477>
- Winter City of Edmonton. (2013). *For the love of winter: WinterCity Strategy implementation plan*. 1–52. Retrieved from https://www.edmonton.ca/city_government/initiatives_innovation/wintercity-strategy.aspx
- Winter City of Edmonton. (2016). *Winter City Design Guidelines*. 1–93.
- Yahia, M. W., & Johansson, E. (2013). Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. *International Journal of Biometeorology*, 57(4), 615–630. <https://doi.org/10.1007/s00484-012-0589-8>
- Yang, F., Lau, S. S. Y., & Qian, F. (2011). Thermal comfort effects of urban design strategies in high-rise urban environments in a sub-tropical climate. *Architectural Science Review*, 54(4), 285–304. <https://doi.org/10.1080/00038628.2011.613646>
- Yilmaz, S. vd. *TÜBİTAK Projesi 2150627 Soğuk Kentlerde İklim Parametrelerinin Termal Konfora Etkisi: Erzurum Kenti*. Erzurum.
- Yilmaz, S., Mutlu, E., & Yilmaz, H. (2018a). Alternative scenarios for ecological urbanizations using ENVI-met model. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(26), 26307–26321. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2590-1>
- Yilmaz, S., Mutlu, E., & Yilmaz, H. (2018b). Quantification of thermal comfort based on different street orientation in winter months of urban city Dadaşkent. *International Symposium on Grenner Cities for More Efficient Ecosystem in a Climate Changing World*, 1, 438.
- Yilmaz, S., Toy, S., & Yilmaz, H. (2007). Human thermal comfort over three different land surfaces during summer in the city of Erzurum, Turkey. *Atmósfera*, Vol. 20, pp. 289–297.
- Yilmaz, S., Yilmaz, H., Irmak, M. A., Kuzulugil, A. C., & Koç, A. (2018). Effects of urban *Pinus sylvestris* (L.) plantation sites on thermal comfort. *Acta Horticulturae*, (1215), 39–44. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1215.6>
- Yoshida, A., Tominaga, K., & Watatani, S. (1990). Field measurements on energy balance of an urban canyon in the summer season. *Energy and Buildings*, 15(3), 417–423. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90016-C](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788(90)90016-C)

Zrudlo, L. R. (1988). A climatic approach to town planning in the Arctic. *Energy and Buildings*, 11(1), 41–63. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90022-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90022-9)



ÖZGEÇMİŞ

Merve YAVAŞ, 1987 yılında Tekirdağ'da doğdu. Lise eğitimini Tekirdağ Anadolu Lisesi'nde tamandıktan sonra 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümünü kazandı. 2010 yılında bölümünden birincilikle mezun olarak, aynı yıl Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalında Kentsel Tasarım Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2012 yılında 'Tarihsel Çevrede Kentsel Kimlik ve Bir Uygulama Aracı Olarak Tasarım Rehberleri, Erzurum Kale Çevresi Kentsel Sit Alanı Örneği' adlı teziyle yüksek lisansını tamamladı. Aynı yıl, Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve 2013 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında doktora programını kazandı. Halen Şehir ve Bölge Planlama Bölümünde akademik çalışmalarına devam etmektedir.