

**ENERJİ ETKİN PLANLAMADA KONUT ADASI TASARIMI:  
HİPOTETİK KONUT ADALARININ ANKARA ÖRNEĞİNDE  
MİKROKLİMA ANALİZİ**

**Hakan HİSARLIGİL**

**DOKTORA TEZİ  
ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2009  
ANKARA**

Hakan HİSARLIGİL tarafından hazırlanan ENERJİ ETKİN PLANLAMADA KONUT ADASI TASARIMI: HİPOTETİK KONUT ADALARININ ANKARA ÖRNEĞİNDE MİKROKLİMA ANALİZİ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Şule KARAASLAN .....  
Tez Danışmanı, Şehir ve Bölge Planlama ABD

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sevgi LÖKÇE .....  
Mimarlık Anabilim Dalı, Erciyes Ü.  
Prof. Dr. Şule KARAASLAN .....  
Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Gazi. Ü.  
Doç. Dr. Çetin GÖKSU .....  
Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, ODTÜ  
Doç. Dr. Kübra CİHANGİR ÇAMUR .....  
Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Gazi Ü.  
Yrd. Doç. Dr. Demet EROL .....  
Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Gazi. Ü.

Tarih: 16/01/2009

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL .....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Hakan HİSARLIGİL

**ENERJİ ETKİN PLANLAMADA KONUT ADASI TASARIMI: HİPOTETİK  
KONUT ADALARININ ANKARA ÖRNEĞİNDE MİKROKLİMA ANALİZİ**  
(Doktora Tezi)

**Hakan HİSARLIGİL**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Ocak 2009**

**ÖZET**

Türkiye’de konut alanlarındaki enerji talebi çevresel olarak etkileri olumsuz ve ekonomik olarak dışa bağımlı bir kaynak olan petrol türevleri ile karşılanmakta, enerji kullanımında verimliliğin artırılmasına yönelik önlemler ise bölgelere göre değişen ısıtma gün derece saatleri gözetilerek hazırlanmış olan “TS 825 Isı Yalıtımı Yönetmeliği”ne göre alınmaktadır. Konut ölçeğinde ısıtma yüklerinin hesaplanması ile sınırlı kalan bu yönetmelikle kentsel iklim ve enerji konularında yapılan kuramsal çalışmalardan elde edilen bulgular karşılaştırıldığında, kentsel enerji kullanımında verimliliğin daha fazla artırılabilmesi için ısıtma ile birlikte soğutma yükleri ve bunlara önemli düzeyde etkisi olan mikroklima özelliklerinin dikkate alınması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmada enerji etkin hipotetik konut tiplerinden oluşan hipotetik konut adası örneklerinin mikroklima özellikleri analiz edilerek ısıtma ve soğutma gibi düşük nitelikli enerji talebinin yoğun olduğu konut alanlarının planlanmasında enerji etkin planlama ve tasarım ilkeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla bölgesel ölçekte soğuk ve sıcak iklim özelliklerinin bir arada görüldüğü ılımlı-kuru iklim özelliklerinin etkisinde olan kentlerden Ankara araştırma alanı olarak seçilmiştir. Konut alanlarının planlama ve tasarımı sürecinde kentsel iklim ve enerji konularındaki kuramsal bilgiler yanında simülasyon programlarından da bütüncül bir şekilde yararlanma potansiyelinin gözetildiği çalışmada, iklim özellikleri ve pasif denetim



yöntemleri analizlerinde Weather Tool v2.00, konut enerji analizlerinde CASAnova 3.0, konut adası ölçeğinde gölge ve radyasyon analizlerinde ECOTECH v5.50, mikroklima analizleride ENVI-met 3.0, görsel canlandırmada LEONARDO 3.5 ve grafik gösterimde GNUplot 3.0 programlarından yararlanılmıştır. Sonuçta, kentsel bir yerleşimde etkin bir enerji tasarrufunun konut adalarının tasarımında konut tipleri ve mikroklima özellikleri arasındaki karşılıklı etkileşim gözetilerek sağlanabileceği belirlenmiştir.

**Bilim Kodu** : 801.1.078  
**Anahtar Kelimeler:** Mikroklima, enerji etkin planlama, konut adası tasarımı, ENVI-met 3.0, ECOTECH v5.50, CASAnova 3.0, Weather Tool v2.00  
**Sayfa Adedi** : 300  
**Tez Yöneticisi** : Prof. Dr. Şule KARAASLAN

**RESIDENTIAL URBAN BLOCK DESIGN IN ENERGY EFFICIENT  
PLANNING: MICROCLIMATIC ANALYSIS OF HYPOTHETICAL  
RESIDENTIAL URBAN BLOCKS IN THE CASE OF ANKARA  
(Ph.D. Thesis)**

**Hakan HİSARLIGİL**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
January 2009**

**ABSTRACT**

Energy demand for residential areas in Turkey has been supplied mainly by the oil products a source having environmentally negative impacts and depending economically on foreign resources, while precautions for savings in energy use have been taken according to “TS-825 Heat Insulation Regulations” based on the climatic conditions of regional differences determined by heating degree days throughout the country. When compared both “TS-825 Heat Insulation Regulations” limited with the calculation of heating loads at the scale of dwelling unit with the findings of a number of theoretical studies on climate and energy at urban level, it can be assumed that beside heating, cooling loads of buildings and the microclimatic conditions that might have considerable effects on them at urban scale should be taken into account together for an effective saving in urban energy use. Therefore developing energy efficient planning and design principals at the scale of urban residential block through analyzing the microclimatic conditions of hypothetical urban residential blocks comprising energy efficient dwelling units for energy savings in residential areas where energy demand low at quality such as heating and cooling is relatively higher is the subject of this research. To this aim Ankara with a temperate-dry climate featuring both hot and cold climatic conditions together at the regional scale is determined as the case area. Weather Tool v2.00 for climate and passive design

analysis, CASAnova 3.0 for building energy analysis, ECOTECH v5.50 for shadow and radiation and ENVI-met 3.0 for microclimatic analysis at the block scale, LEONARDO 3.5 for visual and GNUplot 3.0 for graphic representation are used in this research where the potentials of the use of simulation tools in an integrated manner beside the theoretical knowledge on urban microclimate and building energy is also considered for planning and design process for residential areas. In conclusion, an efficient energy saving in settlements can be achieved through taking the mutual interaction between the type of dwelling units and microclimatic conditions into consideration in urban housing block design.

**Science Code : 801.1.078**

**Key Words : Microclimate, energy efficient planning, residential urban block design, ENVI-met 3.0, ECOTECH v5.50, CASAnova 3.0, Weather Tool v2.00**

**Page Number : 300**

**Adviser : Prof. Dr. Şule KARAASLAN**

**TEŞEKKÜR**

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Şule KARAASLAN'a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım Doç. Dr. Çetin GÖKSU ve Doç. Dr. Kübra CİHANGİR ÇAMUR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Sağladığı destek için hocam Prof. Dr. Sevgi LÖKÇE'ye ve Yrd. Doç. Dr. Demet EROL'a, eşim ve çalışma arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Beyhan BOLAK HİSARLIGİL'e, sabırlarından dolayı oğullarım Efe ve Berke'ye de çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                                      | Sayfa |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET .....                                                                                                                           | iv    |
| ABSTRACT .....                                                                                                                       | vi    |
| TEŞEKKÜR .....                                                                                                                       | viii  |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                                                     | ix    |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                                                                                                            | xii   |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....                                                                                                             | xvi   |
| RESİMLERİN LİSTESİ .....                                                                                                             | xxxv  |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                                       | 1     |
| 2. KENT VE İKLİM ETKİLEŞİMİ .....                                                                                                    | 13    |
| 2.1. Kentsel İklimin Değişmesine Neden Olan Faktörler .....                                                                          | 13    |
| 2.2. Kentsel Doku Özelliklerinin (Kanopi, Kanyon, Yoğunluk, Biçim, Konut Adası) Kent İklimi Üzerine Etkisi .....                     | 26    |
| 3. İKLİM VE ENERJİ İLİŞKİSİ.....                                                                                                     | 44    |
| 3.1. İklim Elemanlarının Enerji Kullanımına Etkisi .....                                                                             | 44    |
| 3.2. İklim Özelliklerinin Kentsel Doku Özelliklerine (Kanopi, Konut Adası Kanyon) Bağlı Olarak Enerji Kullanımı Üzerine Etkisi ..... | 50    |
| 3.3. Enerji Etkin Planlamada İklimle Uyumlu Tasarım .....                                                                            | 57    |
| 4. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ ETKİN PLANLAMA VE TASARIM ÜZERİNE YAPILMIŞ ÇALIŞMALARDAN ÖRNEKLER .....                              | 70    |
| 4.1. Dünyada Enerji Etkin Planlama ve Tasarım Üzerine Yapılmış Çalışmalar ..                                                         | 70    |
| 4.2. Türkiye’de Enerji Etkin Planlama ve Tasarım Üzerine Yapılmış Çalışmalar .....                                                   | 81    |

## Sayfa

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ: ARAŞTIRMADA KULLANILAN PROGRAMLAR VE ENERJİ ETKİN HİPOTETİK KONUT ADASI TİPLERİNİN BELİRLENMESİ ..... | 95  |
| 5.1. Araştırmanın Yöntemi .....                                                                                             | 95  |
| 5.2. Araştırmada Kullanılan Programların Tanıtımı .....                                                                     | 98  |
| 5.3. İklimle Uyumlu Enerji Etkin Konut Tasarımı .....                                                                       | 110 |
| 5.3.1. Hipotetik konut tiplerinin belirlenmesi .....                                                                        | 110 |
| 5.3.2. Hipotetik konut tipleri enerji analizi .....                                                                         | 125 |
| 5.4. İklimle Uyumlu Enerji Etkin Konut Adası Tasarımı .....                                                                 | 132 |
| 5.4.1. Hipotetik konut adası tiplerinin belirlenmesi .....                                                                  | 132 |
| 5.4.2. Hipotetik konut adası tipleri enerji analizi .....                                                                   | 146 |
| 6. HİPOTETİK KONUT ADALARININ ANKARA ÖRNEĞİNDE MİKROKLİMA ANALİZİ .....                                                     | 158 |
| 6.1. Mikroklima Analizleri ve Simülasyon Koşullarının Tanıtımı .....                                                        | 158 |
| 6.2. Hipotetik Konut Adası Tipleri Mikroklima Analizleri .....                                                              | 172 |
| 6.2.1. “K” tipi konut adası mikroklima analizi .....                                                                        | 173 |
| 6.2.2. “L” tipi konut adası mikroklima analizi .....                                                                        | 188 |
| 6.2.3. “M” tipi konut adası mikroklima analizi .....                                                                        | 203 |
| 6.2.4. “N” tipi konut adası mikroklima analizi .....                                                                        | 218 |
| 6.2.5. Hipotetik konut adası tipleri mikroklima özelliklerinin değerlendirilmesi .....                                      | 233 |
| 6.3. Yeniden Düzenlenen ‘L’ Tipi Konut Adası Mikroklima Analizleri .....                                                    | 245 |
| 6.3.1. ‘L’ ve ‘L <sub>1</sub> ’ tipi konut adası mikroklima analizleri karşılaştırması ...                                  | 245 |
| 6.3.2. ‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adası mikroklima analizleri .....                                                       | 251 |
| 6.3.3. ‘L’, ‘L <sub>1</sub> ’ ve ‘L <sub>2</sub> ’ konut adası tipleri mikroklima analizleri karşılaştırması.....           | 260 |

|                                                         | <b>Sayfa</b> |
|---------------------------------------------------------|--------------|
| 6.4. Hipotetik Konut Adalarının Konumlanma Biçimi ..... | 263          |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                              | 270          |
| KAYNAKLAR.....                                          | 286          |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                           | 297          |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1. Kentsel iklimi etkileme düzeyine göre kentsel yoğunluk bölgelerinin sınıflandırılması [Oke, 2004] .....                                                                                                                                                                                                                   | 32    |
| Çizelge 2.2. Kentsel iklimi etkileyen mekansal faktörler [Shepherd ve Burian, 2003].....                                                                                                                                                                                                                                               | 41    |
| Çizelge 2.3. Kentsel iklimi etkileyen mekansal faktörler [Piringer ve Joffre, 2004] .....                                                                                                                                                                                                                                              | 42    |
| Çizelge 3.1. Rüzgara bağlı hissedilen ısıнын değişim oranları [KSHAA, 2008].....                                                                                                                                                                                                                                                       | 49    |
| Çizelge 3.2. Bağıl nem oranına bağlı hissedilen ısıнын değişimi [KSHAA, 2008].....                                                                                                                                                                                                                                                     | 49    |
| Çizelge 3.3. Kentsel kanopi alanında artan hava sıcaklığının elektrik enerjisi kullanımına etkisi [Taha, 1997] .....                                                                                                                                                                                                                   | 52    |
| Çizelge 3.4. Enerji etkin tasarımda farklı ölçeklerin amaç etki ve sınırlar açısından etkileşimi [Mills, 2004] .....                                                                                                                                                                                                                   | 61    |
| Çizelge 4.1. Farklı konut tipine göre taban alanı, konut adası alanı ve nüfus yoğunluklarının değişimi [Kristl ve Krainer, 2001] .....                                                                                                                                                                                                 | 75    |
| Çizelge 4.2. Farklı konut adaları arasındaki özelliklerin karşılaştırılması [Hoyano ve ark., 2004] .....                                                                                                                                                                                                                               | 80    |
| Çizelge 4.3. Konut adedi ve toplam inşaat alanının eşdeğer olduğu yerleşme birimlerinde değişen toplam arsa alanı, TAKS ve KAKS değerleri ve nüfus yoğunluğu [Ok, 1984] .....                                                                                                                                                          | 87    |
| Çizelge 4.4. Teorik yerleşim tiplerinin ODTÜ Mimarlık Fakültesi Güneş evinde yerleşme maketleri yapılarak heliodom yardımıyla hesaplanan gölge oranları ile simülasyon sonuçlarına göre yerleşim tiplerinin yoğunluk, konut sayısı, gölge oranı, ısıtma yükleri ve güneşle ısınma oranları açısından karşılaştırma [Göksu, 1993] ..... | 89    |
| Çizelge 4.5. Mevcut ve kuramsal yerleşim tiplerinin ısı yükü ve güneşten ısı kazanımı performansı (GJ) [Göksu, 1993] .....                                                                                                                                                                                                             | 91    |
| Çizelge 4.6. Türkiye’de yapılan araştırmalarda değişkenler ve elde edilen bulgulara ilişkin özet.....                                                                                                                                                                                                                                  | 93    |
| Çizelge 5.1. Araştırmanın farklı ölçeklerdeki analiz ve aşamaları.....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 96    |



| <b>Çizelge</b>                                                                                                                                                                    | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 5.2. Simülasyon öncesi alanın iklim özelliklerine ilişkin verilerin yüklendiği ENVI-met veri biçimlendirme dosyası (configuration file) .....                             | 108          |
| Çizelge 5.3. Ankara'ya ait ölçüm istasyonlarından bazıları.....                                                                                                                   | 111          |
| Çizelge 5.4. Ankara'ya ait ısıtma ve soğutma derece saatlerinin aylara göre dağılımı.....                                                                                         | 114          |
| Çizelge 5.5. Bölgelere göre konutların $A_{top}/V_{brüt}$ (A/V) oranlarına bağlı olarak değişen $m^3$ veya $m^2$ cinsinden yıllık ısıtma enerjisi (Q') ihtiyaç hesap yöntemi..... | 120          |
| Çizelge 5.6. Bölgelere göre konutların en büyük ve en küçük $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi sınır değerleri.....                                                 | 121          |
| Çizelge 5.7. Enerji etkin konut tipleri ek ısıtma yükleri .....                                                                                                                   | 126          |
| Çizelge 5.8. Duvar ısıl geçirgenlik katsayısı ile pencere alanının ısıtma ve soğutma yükleri ile güneşten yararlanma üzerine etkileri.....                                        | 126          |
| Çizelge 5.9. “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”nde yapı yüzeyleri için getirilen ısıl geçirgenlik katsayısı üst sınırları [TSE, 2007].....                                      | 127          |
| Çizelge 5.10. Duvar ısıl geçirgenlik katsayısı ile pencere alanının ısıtma ve soğutma yükleri ile güneşten yararlanma üzerine etkileri.....                                       | 128          |
| Çizelge 5.11. Pencere ısıl geçirgenlik katsayısı ile pencere alanının ısıtma ve soğutma yükleri ile güneşten yararlanma üzerine etkileri.....                                     | 129          |
| Çizelge 5.12. $15^\circ$ aç farklarına göre değişen ‘b-4’ tipi ısıtma ve soğutma yükleri....                                                                                      | 129          |
| Çizelge 5.13. $5^\circ$ aç farklarına göre değişen ‘b-4’ tipi ısıtma ve soğutma yükleri....                                                                                       | 130          |
| Çizelge 5.14. Enerji etkin konut tipleri ısıtma ve soğutma yükleri arasındaki farklar.....                                                                                        | 131          |
| Çizelge 5.15. 21 Aralık'da 60 dakikalık aralıklara göre günün farklı saatlerinde oluşan gölge boyları ve uzunluk katsayıları.....                                                 | 133          |
| Çizelge 5.16. $K_1$ tipi konumlanma durumunda yüzeylerde oluşan günlük ortalama radyasyon değerleri ( $kWh/m^2$ ).....                                                            | 137          |
| Çizelge 5.17. $K_2$ tipi konumlanma durumunda yüzeylerde oluşan günlük ortalama radyasyon değerleri ( $kWh/m^2$ ).....                                                            | 137          |

| <b>Çizelge</b>                                                                                                                             | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 5.18. K <sub>3</sub> tipi konumlanma durumunda yüzeylerde oluşan günlük ortalama radyasyon değerleri (kWh/m <sup>2</sup> ).....    | 137          |
| Çizelge 5.19. 21 Aralık’da konut gruplarında yoğunluk ve güneşlenme süresi ilişkisi.....                                                   | 139          |
| Çizelge 5.20. 21 Aralık’da konut gruplarında emsal ve güneşlenme süresi ilişkisi.....                                                      | 139          |
| Çizelge 5.21. Konut ve konut adası tiplerine ilişkin alan büyüklükleri ile ısıtma ve soğutma yüklerine ilişkin değerler .....              | 147          |
| Çizelge 5.22. ‘K’ ve ‘L’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması.....                                                | 148          |
| Çizelge 5.23. ‘K’ ve ‘M’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması.....                                                | 149          |
| Çizelge 5.24. ‘K’ ve ‘N’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması.....                                                | 150          |
| Çizelge 5.25. ‘L’ ve ‘M’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması.....                                                | 150          |
| Çizelge 5.26. ‘L’ ve ‘N’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması.....                                                | 151          |
| Çizelge 5.27. ‘M’ ve ‘N’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması.....                                                | 151          |
| Çizelge 5.28. Isıtma ve soğutma yükleri ortalama değerleri ile bu değerlere göre konut adası tipleri arasındaki etkinlik göstergeleri..... | 153          |
| Çizelge 6.1. Isı tutma kapasitesi ve iletme katsayısı farklı olan yüzeylerdeki hava ve yüzey sıcaklıkları ile rüzgar faktörü.....          | 164          |
| Çizelge 6.2. Rüzgar hızı ve yönü ile duvar yüzeyi sıcaklıkları ilişkisi.....                                                               | 166          |
| Çizelge 6.3. Simülasyon ortamına ilişkin olarak kabul edilen iklim özellikleri...                                                          | 170          |
| Çizelge 6.4. En soğuk dönem simülasyon ortamına ilişkin özellikler.....                                                                    | 170          |
| Çizelge 6.5. En soğuk dönem simülasyon ortamına ilişkin özellikler.....                                                                    | 170          |
| Çizelge 6.6. En sıcak dönem simülasyon ortamına ilişkin özellikler.....                                                                    | 172          |

| <b>Çizelge</b>                                                                                                                                                         | <b>Sayfa</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 6.7. En soğuk dönem mikroklima özellikleri performansı.....                                                                                                    | 235          |
| Çizelge 6.8. En sıcak dönem mikroklima özellikleri performansı.....                                                                                                    | 238          |
| Çizelge 6.9. Konut tipleri ve konut adası tipleri yatay ve düşey yüzey oranları.....                                                                                   | 241          |
| Çizelge 6.10. Konut adaları içerisindeki radyasyon düzeyine göre yüzeylerin<br>performans dağılımı.....                                                                | 242          |
| Çizelge 6.11. Konut adaları içerisindeki rüzgara göre yüzeylerin performans<br>dağılımı.....                                                                           | 243          |
| Çizelge 6.12. Konut adaları içerisindeki radyasyon ve rüzgara göre yüzeylerin<br>performans dağılımı.....                                                              | 244          |
| Çizelge 6.13. Çalışma kapsamında yapılan konut adası tipleri en soğuk ve en sıcak<br>dönem mikroklima özellikleri performans karşılaştırması.....                      | 244          |
| Çizelge 6.14. ‘b-4’ konut tiplerinden oluşan ‘L’, ‘L <sub>1</sub> ’ ve ‘L <sub>2</sub> ’ konut adası tipleri<br>mikroklima özellikleri performans değerlendirmesi..... | 263          |
| Çizelge 7.1. Enerji yükleri ve mikroklima özellikleri karşılaştırılan konut ve konut<br>adası tipleri .....                                                            | 274          |
| Çizelge 7.2. Konut adası tipleri enerji yükleri ve mikroklima özellikleri performans<br>karşılaştırması .....                                                          | 280          |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1. Zaman ve mekan aralıklarına göre iklim özelliklerini sınırlandıran ölçekler [Koçman, 1993].....                                                                                                                                                              | 14    |
| Şekil 2.2. Aynı enlemde yer alan ve aralarında ortalama yıllık bir derecelik ısı farkları belirlenen kentler [Sydney Climate Data, 2008] .....                                                                                                                          | 15    |
| Şekil 2.3. Yer yüzeyine eşit olarak gelen radyasyon enerjisi (a) enlemlere göre değişen yüzey radyasyon değerleri (b) enlemlere göre radyasyon farkından kaynaklanan ekvatordan kutuplara doğru gizli ısı akışı [EOEARTH, 2008] .....                                   | 16    |
| Şekil 2.4. Ekvatordan kutuplara doğru ısınıp soğuyan havanın dalgalanan hareketleri ve bunun neden olduğu farklı basınç kuşakları [Earth Rochester, 2008]...16                                                                                                          |       |
| Şekil 2.5. Termal basınç farklarının etkilediği rüzgar hareketleri (a) dönerek hareket etmediği ve yüzeyi tamamen su olduğu varsayılan dünya yüzeyindeki hareketler (b) mevcut durumda dünya yüzeyinde oluşan hareketler [Federation of American Scientists, 2008]..... | 17    |
| Şekil 2.6. Her iki yarıküredeki iklim kuşakları (a) enlemlere göre simetrik olarak bölünmüş matematik kuşakları (b) yıllık yüzey sıcaklık ortalamasına göre asimetrik olarak bölünmüş sıcaklık kuşakları [Koçman, 1993].....                                            | 18    |
| Şekil 2.7. Küresel ölçekte yıllık hava sıcaklık ortalaması dağılım eğrileri [NASA, 2007] .....                                                                                                                                                                          | 19    |
| Şekil 2.8. Yüzeyin eğim ve yönüne göre değişen radyasyon hareketleri ve şiddeti (a) bir örnek alandaki kuzey ve güneye bakan yamaçlarda oluşan farklılıklar (b) yatay bir kesit üzerinde tutulan ve yansıyan radyasyon [NOAA, 2007].....                                | 20    |
| Şekil 2.9. Yüzey yapısındaki farklılıkların neden olduğu rüzgar hareketindeki değişimler [Comfortable Low Energy Architecture, 2008].....                                                                                                                               | 20    |
| Şekil 2.10. Yüzey yapısındaki farklılıkların neden olduğu rüzgar hareketindeki değişimler [Apollo, 2008].....                                                                                                                                                           | 21    |
| Şekil 2.11. 45° kuzey enlemi için 24 saatlik (a) güneşlenme süresi (b) radyasyon şiddeti [Physical Geography Net, 2007].....                                                                                                                                            | 22    |
| Şekil 2.12. 20° güney, 52° kuzeyde (a) aylık ortalama sıcaklık değişimi (b) aylık net radyasyon miktarı [Physical Geography Net, 2007].....                                                                                                                             | 22    |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                                                              | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.13. Sisli ve sisli olmayan hava koşullarında New York'daki havaalanlarında rüzgarın yön ve şiddet frekansını gösteren rüzgar gülleri [RAP, 2008] .....                                            | 24           |
| Şekil 2.14. Sıcaklığın artmasına bağlı olarak havanın su buharı tutabilme kapasitesindeki değişim oranı (a) mutlak nem oranı (b) bağıl nem oranı [Australian Government Bureau of Meterology, 2007] ..... | 25           |
| Şekil 2.15. Kırsal alandan kent merkezine doğru en dışta 1 C°, en içte ise 6 C° ye ulaşan artan sıcaklık eğrileri ile su ve yeşil yüzeylerinin bu dağılıma etkisi [Actionbioscience, 2008] .....          | 28           |
| Şekil 2.16. Gündüz saatlerinde hava sıcaklığı ile yüzey sıcaklık farkı [Actionbioscience, 2008] .....                                                                                                     | 28           |
| Şekil 2.17. Gece saatlerinde hava sıcaklığı ile yüzey sıcaklık farkı [Actionbioscience, 2008] .....                                                                                                       | 28           |
| Şekil 2.18. Farklı renklere boyalı hipotetik bir kent yüzeyi ile tipik bir kent yüzeyinin sıcaklık farkları [Chimklai ve ark., 2004] .....                                                                | 29           |
| Şekil 2.19. Kanopi alanında konut yoğunluğu ve yüksekliğinin rüzgar hızına etkisi [Climate Booklet for Urban Development, 2008].....                                                                      | 30           |
| Şekil 2.20. Konut yüksekliklerinin kanopi içindeki dağılımının rüzgar yönüne etkisi [Climate Booklet for Urban Development, 2008].....                                                                    | 30           |
| Şekil 2.21. Kentlerdeki yoğunluk dağılımlarının kıtalara göre farklılaşma oranı [Piringer ve Joffre, 2004] .....                                                                                          | 31           |
| Şekil 2.22. Gökyüzü görüş faktörünün (a) etkin albedo değerine (b) ortalama ısıma sıcaklığına etkisi [Aida, 1982].....                                                                                    | 33           |
| Şekil 2.23. Konutların aralarındaki açıklık ve yükseklik ilişkisine göre değişen rüzgar hareketleri [Hosker, 1985] .....                                                                                  | 34           |
| Şekil 2.24. 75 konut/hektar yoğunluğundaki bir konut adası için farklı çözüm önerileri [Biddulph, 2007] .....                                                                                             | 34           |
| Şekil 2.25. Konut adası tiplerinin ısı adası etkisi [Hoyano ve ark., 2004] .....                                                                                                                          | 35           |
| Şekil 2.26. Farklı ada tiplerinin kentsel alanda sıcaklık farkına etkileri [Diaz ve ark., 2006] .....                                                                                                     | 36           |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.27. Mevsim ve yön farklarına göre (a) kentsel kanyon (b) kentsel kanyonda radyasyon miktarında ölçülen saatlik değişimler [Pearlmutter, 1998].....                                                                                                                                                                                                                                 | 37           |
| Şekil 2.28. Kuzey yarıküre 33° enlemde yükseklik ve genişlik (H/W) oranları 0,5, 1, 1,5, 2, 3 ve 4 olan kanyonlarda kanyon içi, yer ve duvar yüzeylerinde yaz ve kış ayları için aylık ortalama radyasyon ve gölge düzeyi [Bourbia ve Awbi, 2004] .....                                                                                                                                    | 37           |
| Şekil 2.29. Kanyon yüzeyleri arasındaki yükseklik farklarının hava hareketlerine etkisi [Santiago ve Martin, 2005] .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 38           |
| Şekil 2.30. (a) H/W oranı 1 (b) H/W oranı 0,5 olan kanyonlarda yüzey sıcaklıkları ile rüzgarın oluşan türbülans farklarına birlikte etkisi [Kim ve Baik, 1999]...39                                                                                                                                                                                                                        |              |
| Şekil 2.31. Konut geometrik özelliklerinin radyasyon ve rüzgar hareketlerine etkisi [WBDG, 2008] .....                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 40           |
| Şekil 3.1. Termal konfor bölgesi (a) kuru termometre sıcaklığı, bağıl nem oranı ve rüzgar hızına göre değişen termal konfor aralığını gösteren psikrometrik grafik ve üzerinde belirtilen termal konfor bölgesi (b) Kuru termometre, ıslak termometre ve bağıl nem oranını bir arada gösteren biyoklimatik grafik ve üzerinde belirtilen termal konfor bölgesi [Saber ve ark., 2006] ..... | 46           |
| Şekil 3.2. Kuru termometre, ıslak termometre ve bağıl nem oranını içeren biyoklimatik bileşenler [Nebguide, 2008] .....                                                                                                                                                                                                                                                                    | 46           |
| Şekil 3.3. Kuru termometre, ıslak termometre ve bağıl nem oranını içeren biyoklimatik bileşenler arasındaki ilişkiler [Ohio State University, 2008].....                                                                                                                                                                                                                                   | 47           |
| Şekil 3.4. Sydney’de hava sıcaklığındaki değişim ve enerji kullanımına etkisi [Australian Government Bureau of Meteorology, 2007] .....                                                                                                                                                                                                                                                    | 48           |
| Şekil 3.5. Enerji performansını etkileyen faktörlerin ağırlıklı dağılımı [Ratti ve ark., 2005] .....                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 51           |
| Şekil 3.6. Termal konfor bölgesine bağlı olarak aktif veya pasif sistemlerin öncelik ve etkinlik sıralamasına göre konfor aralığının genişletilmesi [Givoni, 1976] .....                                                                                                                                                                                                                   | 58           |
| Şekil 3.7. Climate Consultant 3.0 iklim programı Ankara için yıl içindeki radyasyon şiddetinin günlere göre psikrometrik grafik üzerindeki dağılımı.....                                                                                                                                                                                                                                   | 59           |

| Sekil                                                                                                                                                                                                                            | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 3.8. Enerji kullanımını etkileyen faktörler [Chalfoun, 2001] .....                                                                                                                                                         | 60    |
| Şekil 3.9. İklim kuşaklarına göre yön, yer ve doku farklılıkları [Olgyay, 1969] .....                                                                                                                                            | 61    |
| Şekil 3.10. İklimle uyumlu hipotetik bir yerleşim örneği (a) yerleşim şeması (b) yerleşim alanı (c) sıcak-nemli iklim özelliklerinde en uygun yerleşme biçimi [Olgyay, 1969].....                                                | 62    |
| Şekil 3.11. Eğime ve yönüne göre değişen gölge boyları (a) düzlük alanda (b) düzlükte ve kuzeye ve güneye bakan eğimde [Erley ve Jaffe, 1980].....                                                                               | 63    |
| Şekil 3.12. Farklı yapılaşma düzenlerinin güneşten kazanılan radyasyon oranına etkisi (yıllık $\geq 800$ [kWh m <sup>2</sup> ] radyasyon ile cephe (%) oranları) [Compagnon, 2004] .....                                         | 64    |
| Şekil 3.13. Güneybatı Avustralya’da hipotetik bir yerleşimde yaz ve kış dönemlerinde rüzgarın değişen hakim yönünün (a) birbirine eğik (b) birbirine dik gelmesine göre optimum yapılaşma düzeni örnekleri [ENVI-met, 2008]..... | 65    |
| Şekil 3.14. İklim özelliklerinin konut adalarının biçimleri üzerine etkileri (a) soğuk (b) ılıman (c) sıcak-kuru iklim bölgeleri için biçimlenmiş konut adası örnekleri [Olgyay, 1969].....                                      | 66    |
| Şekil 3.15. İklim farklarına göre gölgelenme ve güneşlenme gereksinimlerine bağlı olarak şekillenen konut tipleri, boyutları ve yönlenme açıları [Hong Kong University, 2008] .....                                              | 67    |
| Şekil 3.16. Konutların bir araya geliş biçimine bağlı olarak hacim/yüzey oranlarındaki değişimler [Depecker ve ark., 2001].....                                                                                                  | 68    |
| Şekil 3.17. Toplam dış yüzey alanı / taban alanı oranının yüzey ısı kaybına etkisi [Stemmers, 2003].....                                                                                                                         | 68    |
| Şekil 3.18. İklim kuşaklarına göre değişen rüzgar yönleri ve denetleme biçimleri [Hong Kong University, 2008].....                                                                                                               | 69    |
| Şekil 4.1. Victor Olgyay’ın farklı iklim özellikleri için geliştirdiği enerji etkin yerleşim dokusu [Olgyay, 1969] .....                                                                                                         | 71    |
| Şekil 4.2. Victor Olgyay’ın geliştirdiği enerji etkin konut geometrik özellikleri (a) soğuk ve (b) sıcak-kuru iklim bölgeleri için [Olgyay, 1969] .....                                                                          | 72    |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Sayfa</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.3. Victor Olgyay'ın farklı iklim özellikleri için geliştirdiği konut tipleri ve yerleşim enerji etkin yerleşim konut adaları (a) soğuk ve (b) sıcak-kuru iklim bölgeleri için [Olgyay, 1969].....                                                                                                           | 72           |
| Şekil 4.4. Aynı yoğunluktaki farklı yapılaşma düzenlerinin gün ışığı ve alan kullanım verimlilikleri açısından karşılaştırılması [Steemers, 2003] .....                                                                                                                                                             | 73           |
| Şekil 4.5. Enerji etkin “güneş” konut adaları ve bir araya gelerek oluşturdukları doku özelliklerinin radyasyon ve rüzgar hareketlerine etkileri [Okeil, 2008].....                                                                                                                                                 | 73           |
| Şekil 4.6. Radyasyon kazancı açısından karşılaştırılan aynı yoğunlukta iki farklı hipotetik konut adası [Cheng ve ark., 2006] .....                                                                                                                                                                                 | 74           |
| Şekil 4.7. Hipotetik bir konut adası içerisindeki radyasyon kazancını artırmak için konutların konumu ve yüksekliklerinin yeniden düzenlendiği örnekler [Cheng ve ark., 2006] .....                                                                                                                                 | 74           |
| Şekil 4.8. 100x100m’lik bir alanda boyu 60m olan bir konutun çevresinde oluşan eş gölge modülü eğrileri ile en, yükseklik ve yönlenme farklarına göre belirlenen en etkin seçenek [Kristl ve Krainer, 2001].....                                                                                                    | 75           |
| Şekil 4.9. Güneş zarflarının konut adası içerisinde farklı boyutları ve alanları olan parsellere göre biçimleniş farkları [Capeluto ve ark., 2005].....                                                                                                                                                             | 76           |
| Şekil 4.10. (A)-20 metrelik yola dik iki parsel arasında (B)-12 metrelik yola paralel iki parsel arasında, (C)-kavşakta kesişen dört parsel arasında güneş ışınlarının engel sınır noktaları [Capeluto ve ark., 2005] .....                                                                                         | 77           |
| Şekil 4.11. MIT laboratuvarlarında mevcut bir konut alanının güneş ve rüzgar analizlerine göre yeniden tasarımı: (a) mevcut konut adası (b) adanın dış mekan termal konfor özelliklerini iyileştirmek üzere yeniden tasarlanmış şekli (c) adanın rüzgar analizlerine göre düzenlenmiş en son şekli [MIT, 2008]..... | 78           |
| Şekil 4.12. Sürdürülebilir konut adası modeli ile karşılaştırılan konut adalarının ortalama ısıma sıcaklık değerleri [Hoyano ve ark., 2004] .....                                                                                                                                                                   | 81           |
| Şekil 4.13. Sol-air modeline göre farklı iklim özelliklerinin (a) optimum konut boyutuna (b) optimum konut yönüne etkisi [Olgyay, 1969].....                                                                                                                                                                        | 82           |
| Şekil 4.14. Enerji etkin konut ve yerleşme tasarımında biçim faktörü ve yönlenmeye bağlı olarak radyasyon kazanım oranlarındaki değişim [Berköz, 1977].....                                                                                                                                                         | 83           |



| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.15. Ankara için 21 Ocak'ta (a) çeşitli saydırlık oranı yön ve eğimlere göre biyoklimatik konforu sağlayacak gece yalıtımı ve opak yüzey ısı geçirme katsayısı Kopak üst sınırı ilişkisi (b) Standart mekanda yapısal parametrelerde yapılan bazı değışikliklerin çevresel iç sıcaklığına etkisi [Çelik, 1981] .....                                       | 84           |
| Şekil 4.16. İstanbul Kadıköy'de (a) mevcut bir konut adası (b) içerisinde yapılan yeni düzenlemede konutların 12 ve 14 saatleri için gölge boyları ve birbirlerini etkileme oranlarının karşılaştırması [Buldurur, 1983].....                                                                                                                                     | 85           |
| Şekil 4.17. Kentsel yoğunluğun belirlenmesinde bağımlı ve bağımsız değışkenler ve aralarındaki ilişki şeması [Ok, 1984] .....                                                                                                                                                                                                                                     | 85           |
| Şekil 4.18. Konut adedi ve toplam inşaat alanının eşdeğer olduğu (a) hipotetik konut adası tipleri (b) tiplere göre toplam radyasyon düzeyi farkları [Ok, 1984].....                                                                                                                                                                                              | 86           |
| Şekil 4.19. Optimum performans gösteren P3 tipi için farklı konumlandırma seçenekleri (A-en soğuk dönem, B- en sıcak dönem), iklimsel performansa etkisi ve en etkin sonuçlar vermiş olan konum (K1) [Ok, 1984].....                                                                                                                                              | 87           |
| Şekil 4.20. Konum (1) ile en küçük kentsel modülün oluşturulduğu ve küçük komşuluk, komşuluk, ilkokul birimlerini içeren hipotetik yerleşimlerin iklimsel özelliklere göre farklılaşan yoğunluk ve doku biçimleri: (a) Ankara (ılımlı-kuru) (b) Diyarbakır (sıcak-kuru) (c) İstanbul (ılımlı-nemli) (d) Antalya (sıcak-nemli) (e) Erzurum (soğuk) [Ok, 1984]..... | 88           |
| Şekil 4.21. Güneş enerjisi kazanımı gözetilerek tasarlanmış kuramsal yerleşim tipleri [Göksu, 1993] .....                                                                                                                                                                                                                                                         | 90           |
| Şekil 4.22. Güneş enerjisi kazanımı gözetilerek tasarlanmış kuramsal yerleşim tiplerinden 0,9 kentsel yoğunluk için en uygun sonuçları veren konut adası tipleri [Göksu, 1993] .....                                                                                                                                                                              | 92           |
| Şekil 5.1. ASCII dosya formatlarından "Fixed Format Data" örneği.....                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 100          |
| Şekil 5.2. ASCII dosya formatlarından "Column Seperated Data" örneği.....                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 101          |
| Şekil 5.3. Weather Tool ortamında iklimsel verilerin bir yıl içerisindeki haftalık dağılımlarını gösteren üç boyutlu grafiklerin toplu gösterimi.....                                                                                                                                                                                                             | 102          |

| Şekil                                                                                                                                                                                                                        | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 5.4. CASAnova 3.0 ortamında konutun geometrik özelliklerine ilişkin değişkenlerin belirlendiği tasarım ortamı (a) kat adedi, kat yüksekliği ve en/boy oranı (b) yönlenme, hacim/yüzey oranı ve yapılaşma verileri..... | 103   |
| Şekil 5.5. Şekil 5.5. CASAnova 3.0 ortamında konutların ısı kazanç ve kayıplarını gösteren “Sankey” diyagramı.....                                                                                                           | 104   |
| Şekil 5.6. ECOTECT v5.50 ortamında 21 Aralık için 41. enlemdeki güneş yörünge diyagramı.....                                                                                                                                 | 105   |
| Şekil 5.7. Araştırmada tasarıma ilişkin geometrik değişkenlerinin işlendiği ENVI-met “Eddi Version” un uygulama ortamı görünümü.....                                                                                         | 107   |
| Şekil 5.8. LEONARDO 3.5 programının görsel canlandırma ortamı.....                                                                                                                                                           | 109   |
| Şekil 5.9. GNUplot 3.0 programının grafik sunum ortamı.....                                                                                                                                                                  | 110   |
| Şekil 5.10. Weather Tool v2.00 ortamında araştırma alanına ilişkin toplam radyasyon miktarı, ortalama hava sıcaklık ve ortalama bağıl nem oranları ile termal konfor sınırlarının aylık dağılımı.....                        | 112   |
| Şekil 5.11. Psikrometrik grafik üzerinde araştırma alanının ortalama hava sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi.....                                                                                                    | 113   |
| Şekil 5.12. Weather Tool v2.00’ a göre araştırma alanı için optimum yönlenme.....                                                                                                                                            | 116   |
| Şekil 5.13. Pencere alanı %20 olduğunda güneşten yararlanma olanakları ile termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi.....                                                                                                  | 117   |
| Şekil 5.14. Pencere alanı %40 olduğunda güneşten yararlanma olanakları ile termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi.....                                                                                                  | 117   |
| Şekil 5.15. Pencere alanı %60 olduğunda güneşten yararlanma olanakları ile termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi.....                                                                                                  | 117   |
| Şekil 5.16. Az hissedilir (0,2 m/sn) rüzgar hızına göre termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi.....                                                                                                                     | 118   |
| Şekil 5.17. Hissedilir (1,2 m/sn) rüzgar hızına göre termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi.....                                                                                                                        | 118   |
| Şekil 5.18. Ankara’ya ilişkin pasif denetleme yöntemlerinin aylara göre sağladığı kazanımların yüzdesini gösteren grafik.....                                                                                                | 119   |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                              | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.19. Eşit hacimdeki farklı geometrik biçimlerin CASAnova 3.0’da hesaplanan alan-hacim oranları.....                                                | 122          |
| Şekil 5.20. 32 konuttan oluşan bir konut yapısında alan-hacim oranının güneşten yararlanma ve ek ısıtma yüklerine etkisi.....                             | 122          |
| Şekil 5.21. 32 konuttan oluşan bir konut yapısında konumlanma farklarının güneşten yararlanma ve ek ısıtma yüklerine etkisi.....                          | 123          |
| Şekil 5.22. Birim konut tipleri ve bir konut yapısı içerisindeki konumları.....                                                                           | 124          |
| Şekil 5.23. Enerji analizleri yapılacak olan enerji etkin hipotetik konut tipleri.....                                                                    | 124          |
| Şekil 5.24. Örnek bir konut tipi (b-4) için 21 Aralık’da gün içerisinde oluşan gölge boylarının ECOTECH v5.50’de elde edilen görüntüleri.....             | 132          |
| Şekil 5.25. Konut tiplerinin 21 Aralık saat 11.45’teki 1. Gölge boyları ( $L_1$ ).....                                                                    | 134          |
| Şekil 5.26. ‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ konut tipleri ve 1. Gölge alanlarından oluşan modüler birimler ile ‘b-4’ tipinin 3 farklı konumlanma biçimi..... | 135          |
| Şekil 5.27. 21 Aralık’da 9.45 ile 13.45 saatleri arasında ‘b-4’ konut tipinin 3 farklı konumlanma biçimine göre oluşan gölge dokusu.....                  | 136          |
| Şekil 5.28. 21 Aralık’da 9.45 ile 13.45 saatleri arasında ‘b-4’ konut tipinin 3 farklı konumlanma biçimine göre oluşan gölge dokusu.....                  | 136          |
| Şekil 5.29. $K_1$ konumlanma biçimine göre ‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ konut tiplerinden oluşan 1 ha’lık örnek konut grupları.....                       | 138          |
| Şekil 5.30. Alanları eşit olan farklı geometrik biçimlerin çevre/alan oranları.....                                                                       | 140          |
| Şekil 5.31. Alanları farklı olan benzer geometrik biçimlerin çevre/alan oranları.....                                                                     | 141          |
| Şekil 5.32. Çevre/alan oranları eşit olan alanları farklı geometrik biçimler.....                                                                         | 141          |
| Şekil 5.33. Konut adası büyüklüklerine göre yapılaşma ve ulaşım alanları .....                                                                            | 142          |
| Şekil 5.34. Gölge boylarına göre konut tiplerinin konumlanma biçimleri.....                                                                               | 143          |
| Şekil 5.35. Gölge boylarına göre konut tiplerinden oluşan konut adaları.....                                                                              | 144          |
| Şekil 5.36. Gölge boylarına göre ‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ konut tiplerinin konumlanma biçimleri.....                                                  | 145          |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.37. Enerji ve mikroklima analizleri yapılmak üzere seçilen ‘K’, ‘L’, ‘M’ ve ‘N’ tipi konut adaları.....                                                                                                                                           | 146          |
| Şekil 5.38. Konut adası tiplerine göre yerleşim alanı ve yoğunluk ilişkisi.....                                                                                                                                                                           | 148          |
| Şekil 5.39. Konut adası tiplerine ve yerleşim büyüklüğüne göre ısıtma yükleri.....                                                                                                                                                                        | 152          |
| Şekil 5.40. Konut adası tiplerine ve yerleşim büyüklüğüne göre soğutma yükleri.....                                                                                                                                                                       | 152          |
| Şekil 5.41. Enerji etkin bir yerleşimde konut adası tiplerine göre gerekli alan oranları.....                                                                                                                                                             | 153          |
| Şekil 6.1. Yatay ve düşey yüzeylere gelen radyasyon miktarları (a) en soğuk dönem (b) en sıcak dönem .....                                                                                                                                                | 159          |
| Şekil 6.2. Bir konut adası alanı üzerinde farklı yüzey özellikleri (a) beton (b) çim (c) ağaçlı-beton (d) ağaçlı-çim .....                                                                                                                                | 160          |
| Şekil 6.3. En soğuk dönemde beton yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi .....                                                                                                                                                                             | 161          |
| Şekil 6.4. En soğuk dönemde çim yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi .....                                                                                                                                                                               | 161          |
| Şekil 6.5. En soğuk dönemde ağaçlı çim ve ağaçlı beton yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi .....                                                                                                                                                        | 161          |
| Şekil 6.6. En sıcak dönemde beton yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi .....                                                                                                                                                                             | 162          |
| Şekil 6.7. En sıcak dönemde çim yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi .....                                                                                                                                                                               | 162          |
| Şekil 6.8. En sıcak dönemde ağaçlı çim ve ağaçlı beton yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi .....                                                                                                                                                        | 162          |
| Şekil 6.9. Isı tutma ve iletme özellikleri farklı yüzeyler üzerinde rüzgarlı ve rüzgarsız olma koşullarında oluşan hava ve yüzey sıcaklık değerlerindeki değişim (a) çim (rüzgarsız) (b) çim (rüzgarlı) (c) asfalt (rüzgarsız) (d) asfalt (rüzgarlı)..... | 163          |
| Şekil 6.10. 1, 2 ve 3 no’lu durumlarda 4 katlı 2 konut bloğu üzerine 21 Aralık saat 13’de 5 m/sn hızla farklı yönlerden esen rüzgarın bu konutlar çevresindeki hareketleri.....                                                                           | 164          |
| Şekil 6.11. 1, 2 ve 3 no’lu durumlarda 4 katlı 2 konut bloğu üzerine 21 Aralık saat 13’de 5 m/sn hızla farklı yönlerden esen rüzgarın bu konutlar çevresindeki hızları.....                                                                               | 165          |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                                 | <b>Sayfa</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 6.12. 1, 2 ve 3 no'lu durumlarda 4 katlı 2 konut bloğu üzerinde 21 Aralık saat 13'deki oluşan duvar yüzeyi sıcaklıkları.....                                           | 165          |
| Şekil 6.13. 1, 2 ve 3 no'lu durumlarda 4 katlı 2 konut bloğu üzerinde 21 Aralık saat 13'deki oluşan çatı yüzeyi sıcaklıkları.....                                            | 166          |
| Şekil 6.14. En soğuk dönemde $K_1$ , $K_2$ ve $K_3$ tipi konumlanmalarda 3 m yükseklikte oluşan (a) rüzgar hareketleri (b) hız eğrileri .....                                | 167          |
| Şekil 6.15. En sıcak dönemde $K_1$ , $K_2$ ve $K_3$ tipi konumlanmalarda 3 m yükseklikte oluşan (a) rüzgar hareketleri (b) hız eğrileri .....                                | 168          |
| Şekil 6.16. Araştırma alanında en az sıcak dönem için 1-28 Şubat arasında (a) ocak (b) şubat aylarında 22-06 saatleri arasında esen rüzgarların yön, frekans ve hızları..... | 169          |
| Şekil 6.17. Araştırma alanında en sıcak dönem için (a) temmuz (b) ağustos aylarında 14-18 saatleri arasında esen rüzgarların yönleri .....                                   | 171          |
| Şekil 6.18. ECOTECT programında 'K' tipi konut adasının 21 Aralık'da 10 ile 14 saatleri arasında 30 dakikalık aralıklarla oluşan gölge dokusu.....                           | 174          |
| Şekil 6.19. ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında 'K' tipi konut adası ve ada içinde yer alan reseptörler.....                                                               | 174          |
| Şekil 6.20. 'K' tipi konut adasında saat 13'de hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesit .....                                                              | 175          |
| Şekil 6.21. 'K' tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen yüzey ve hava sıcaklık değerlerinin (a) saat 6'da (b) saat 24'deki değişimi.....               | 176          |
| Şekil 6.22. 'K' tipi konut adasında saat 13'de düşey yüzeylerden yansıyan uzun dalga radyasyon sıcaklık değerleri.....                                                       | 176          |
| Şekil 6.23. 'K' tipi konut adasında düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri.....                                                                           | 177          |
| Şekil 6.24. 'K' tipi konut adasında düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerleri.....                                                                            | 178          |
| Şekil 6.25. 'K' tipi konut adasında gökyüzü görüş faktör değerleri.....                                                                                                      | 178          |
| Şekil 6.26. 'K' tipi konut adasında saat 15'de oluşan duvar yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                                   | 179          |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                                   | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 6.27. ‘K’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan çatı yüzeyi sıcaklık değerleri .....                                                                                     | 179          |
| Şekil 6.28. ‘K’ tipi konut adasında rüzgar hızı değerlerini gösteren kesitler.....                                                                                             | 180          |
| Şekil 6.29. ‘K’ tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri .....                                                                    | 180          |
| Şekil 6.30. ‘K’ tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri .....                                                                    | 180          |
| Şekil 6.31. ‘K’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri .....                        | 181          |
| Şekil 6.32. ‘K’ tipi konut adasında saat 14’de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit.....                                                          | 182          |
| Şekil 6.33. 21 Haziran’da ‘K’ tipi konut adasında (a) (a0) no’lu (b) (a3) no’lu reseptörlerden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerinin gün içerisindeki dağılımı ..... | 183          |
| Şekil 6.34. ‘K’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 14 ve 22’de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı.....           | 183          |
| Şekil 6.35. ‘K’ tipi konut adasında saat 14’de düşey yüzeyler üzerindeki yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri.....                                                          | 184          |
| Şekil 6.36. ‘K’ tipi konut adasında saat 14’de düşey yüzeyler üzerindeki yayılan uzun dalga radyasyon değerleri .....                                                          | 184          |
| Şekil 6.37. ‘K’ tipi konut adasında saat 14’de çatı yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                                             | 185          |
| Şekil 6.38. ‘K’ tipi konut adasında saat 14’de kuzey ve güney duvar yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                             | 186          |
| Şekil 6.39. ‘K’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                                          | 186          |
| Şekil 6.40. ‘K’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                                          | 187          |
| Şekil 6.41. ‘K’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                                          | 187          |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 6.42. ‘K’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri .....     | 188          |
| Şekil 6.43. ECOTECT programında ‘L’ tipi konut adasının 21 Aralık’da saat 10 ile 14 arasında 30 dakikalık aralıklarla oluşan gölge dokusu.....              | 189          |
| Şekil 6.44. ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘L’ tipi konut adası ve ada içinde yer alan reseptörler.....                                              | 189          |
| Şekil 6.45. ‘L’ tipi konut adasında saat 13’de hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesit .....                                             | 190          |
| Şekil 6.46. ‘L’ tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen yüzey ve hava sıcaklık değerlerinin 06 - 24 saatleri arasındaki değişimi..... | 191          |
| Şekil 6.47. ‘L’ tipi konut adasında saat 13’de düşey yüzeylerden yansıyan uzun dalga radyasyon sıcaklık değerleri.....                                      | 191          |
| Şekil 6.48. ‘L’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri.....                                                          | 192          |
| Şekil 6.49. ‘L’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerleri.....                                                           | 192          |
| Şekil 6.50. ‘L’ tipi konut adasında gökyüzü görüş faktör değerleri.....                                                                                     | 193          |
| Şekil 6.51. ‘L’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan duvar yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                  | 193          |
| Şekil 6.52. ‘L’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan çatı yüzeyi sıcaklık değerleri .....                                                                  | 194          |
| Şekil 6.53. ‘L’ tipi konut adasında rüzgar hızı değerlerini gösteren kesitler.....                                                                          | 194          |
| Şekil 6.54. ‘L’ tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri .....                                                 | 195          |
| Şekil 6.55. ‘L’ tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri .....                                                 | 195          |
| Şekil 6.56. ‘L’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri .....     | 196          |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                       | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 6.57. ‘L’ tipi konut adasında saat 14’de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit .....                                             | 197          |
| Şekil 6.58. 21 Haziran’da ‘L’ tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerinin gün içerisindeki dağılımı.....     | 197          |
| Şekil 6.59. ‘L’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 14’de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı .....    | 198          |
| Şekil 6.60. ‘L’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 22’de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı .....    | 198          |
| Şekil 6.61. ‘L’ tipi konut adasında saat 14’de düşey yüzeyler üzerindeki yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri .....                                             | 199          |
| Şekil 6.62. ‘L’ tipi konut adasında saat 14’de düşey yüzeyler üzerindeki yayılan uzun dalga radyasyon değerleri .....                                              | 199          |
| Şekil 6.63. ‘L’ tipi konut adasında saat 14’de çatı yüzeyi sıcaklık değerleri .....                                                                                | 200          |
| Şekil 6.64. ‘L’ tipi konut adasında saat 14’de kuzey ve güney duvar yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                 | 200          |
| Şekil 6.65. ‘L’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                              | 201          |
| Şekil 6.66. ‘L’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                              | 201          |
| Şekil 6.67. ‘L’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                              | 202          |
| Şekil 6.68. ‘L’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri .....            | 202          |
| Şekil 6.69. ECOTECH programında ‘M’ tipi konut adasının 21 Aralık’da saat 10 ile 14 arasında 30 dakikalık aralıklarla oluşan gölge dokusu oluşan gölge dokusu..... | 203          |
| Şekil 6.70. ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘M’ tipi konut adası ve ada içinde yer alan reseptörler.....                                                     | 204          |
| Şekil 6.71. ‘M’ tipi konut adasında saat 13’de hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesit .....                                                    | 205          |



| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                      | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 6.72. ‘M’ tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen yüzey ve hava sıcaklık değerlerinin (a) saat 06’daki (b) saat 24’deki değişimi..... | 205          |
| Şekil 6.73. ‘M’ tipi konut adasında saat 13’de düşey yüzeylerden yansıyan uzun dalga radyasyon sıcaklık değerleri.....                                            | 206          |
| Şekil 6.74. ‘M’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri.....                                                                | 207          |
| Şekil 6.75. ‘M’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerleri.....                                                                 | 207          |
| Şekil 6.76. ‘M’ tipi konut adasında gökyüzü görüş faktör değerleri.....                                                                                           | 207          |
| Şekil 6.77. ‘M’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan duvar yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                        | 208          |
| Şekil 6.78. ‘M’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan çatı yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                         | 208          |
| Şekil 6.79. ‘M’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                             | 209          |
| Şekil 6.80. ‘M’ tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri.....                                                        | 209          |
| Şekil 6.81. ‘M’ tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri.....                                                        | 210          |
| Şekil 6.82. ‘M’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri.....            | 210          |
| Şekil 6.83. ‘M’ tipi konut adasında saat 14’de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit .....                                            | 211          |
| Şekil 6.84. 21 Haziran’da ‘M’ tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerinin gün içerisindeki dağılımı.....    | 212          |
| Şekil 6.85. ‘M’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 7’de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı .....    | 213          |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                     | <b>Sayfa</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 6.86. ‘M’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 14’de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı .....  | 213          |
| Şekil 6.87. ‘M’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 22’de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı .....  | 213          |
| Şekil 6.88. ‘M’ tipi konut adasında saat 14’de düşey yüzeyler üzerindeki yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri.....                                            | 214          |
| Şekil 6.89. ‘M’ tipi konut adasında saat 14’de düşey yüzeyler üzerindeki yayılan uzun dalga radyasyon değerleri .....                                            | 214          |
| Şekil 6.90. ‘M’ tipi konut adasında saat 14’de çatı yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                               | 215          |
| Şekil 6.91. ‘M’ tipi konut adasında saat 14’de kuzey ve güney duvar yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                               | 215          |
| Şekil 6.92. ‘M’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                            | 216          |
| Şekil 6.93. ‘M’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                            | 216          |
| Şekil 6.94. ‘M’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                            | 217          |
| Şekil 6.95. M’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri .....           | 217          |
| Şekil 6.96. ECOTECT programında ‘N’ tipi konut adasının 21 Aralık’da 10 ile 14 saatleri arasında 30 dakikalık aralıklarla oluşan gölge dokusu.....               | 218          |
| Şekil 6.97. ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘N’ tipi konut adası ve ada içinde yer alan reseptörler.....                                                   | 219          |
| Şekil 6.98. ‘N’ tipi konut adasında saat 13’de hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesit.....                                                   | 220          |
| Şekil 6.99. ‘N’ tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen yüzey ve hava sıcaklık değerlerinin (a) saat 06’da (b) saat 24’deki değişimi ..... | 220          |
| Şekil 6.100. ‘N’ tipi konut adasında saat 13’de düşey yüzeylerden yansıyan uzun dalga radyasyon sıcaklık değerleri.....                                          | 221          |
| Şekil 6.101. ‘N’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri.....                                                              | 222          |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                                                | <b>Sayfa</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 6.102. ‘N’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerleri.....                                                                                          | 222          |
| Şekil 6.103. ‘N’ tipi konut adasında gökyüzü görüş faktör değerleri.....                                                                                                                    | 222          |
| Şekil 6.104. ‘N’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan duvar yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                                                 | 223          |
| Şekil 6.105. ‘N’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan çatı yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                                                  | 224          |
| Şekil 6.106. ‘N’ tipi konut adasında rüzgar hızı değerlerini gösteren kesitler.....                                                                                                         | 224          |
| Şekil 6.107. ‘N’ tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri .....                                                                                | 225          |
| Şekil 6.108. ‘N’ tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri .....                                                                                | 225          |
| Şekil 6.109. ‘N’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini rüzgar tüneli ve hız eğrileri olarak gösteren yatay kesitler .....                                  | 226          |
| Şekil 6.110. ‘N’ tipi konut adasında saat 14’de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit .....                                                                     | 227          |
| Şekil 6.111. 21 Haziran’da ‘N’ tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerinin gün içerisindeki dağılımı.....                             | 228          |
| Şekil 6.112. ‘N’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 14’de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı (a) en kesit (b) boy kesit ..... | 228          |
| Şekil 6.113. ‘N’ tipi konut adasında saat 14’de düşey yüzeyler üzerindeki yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri.....                                                                      | 229          |
| Şekil 6.114. ‘N’ tipi konut adasında saat 14’de düşey yüzeyler üzerindeki yayılan uzun dalga radyasyon değerleri .....                                                                      | 230          |
| Şekil 6.115. ‘N’ tipi konut adasında saat 14’de çatı yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                                                         | 230          |
| Şekil 6.116. ‘N’ tipi konut adasında saat 14’de kuzey ve güney duvar yüzeyi sıcaklık değerleri.....                                                                                         | 231          |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                    | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 6.117. ‘N’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                          | 232          |
| Şekil 6.118. ‘N’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                          | 232          |
| Şekil 6.119. ‘N’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit.....                                                                          | 232          |
| Şekil 6.120. ‘N’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketleri.....                                                                      | 233          |
| Şekil 6.121. Konut adası mikroklima analizlerinden seçilen kritik noktalardaki veriler.....                                                                     | 234          |
| Şekil 6.122. Konut tiplerine göre yatay ve düşey yüzey oranları .....                                                                                           | 241          |
| Şekil 6.123. Konut adaları içerisindeki yüzey değerlerinin dağılımını gösteren kesit.....                                                                       | 242          |
| Şekil 6.124. ‘L’ ve ‘L <sub>1</sub> ’ tipi konut adalarının ECOTECT v5.50 ortamındaki görünümü.....                                                             | 246          |
| Şekil 6.125. ‘L’ ve ‘L <sub>1</sub> ’ tipi konut adalarının ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamındaki görünümü.....                                               | 246          |
| Şekil 6.126. Saat 13’de hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesit (a) ‘L’ tipi konut adası (b) ‘L <sub>1</sub> ’ tipi konut adası.....         | 247          |
| Şekil 6.127. ‘L’ ve ‘L <sub>1</sub> ’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan rüzgar hızları.....                                                                 | 248          |
| Şekil 6.128. ‘L’ ve ‘L <sub>1</sub> ’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan rüzgar hızları.....                                                                 | 248          |
| Şekil 6.129. Saat 14’de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit (a) ‘L’ tipi konut adası (b) ‘L <sub>1</sub> ’ tipi konut adası ..... | 249          |
| Şekil 6.130. Batı yüzeylerinden yayılan uzundalga sıcaklık farkları (a) ‘L’ tipi konut adası (b) ‘L <sub>1</sub> ’ tipi konut adası .....                       | 250          |
| Şekil 6.131. Rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesitlerin renk değerleri (a) ‘L’ tipi konut adası (b) ‘L <sub>1</sub> ’ tipi konut adası .....             | 250          |
| Şekil 6.132. ‘L’ ve ‘L <sub>1</sub> ’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketleri.....                                                 | 251          |
| Şekil 6.133. ECOTECT v5.50 görsel ortamında ‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adası.....                                                                             | 252          |
| Şekil 6.134. ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adası.....                                                                      | 252          |

**Şekil****Sayfa**

|                                                                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 6.135.‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında saat 13’de konut adası ve çevresindeki hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesitler (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar ..... | 253 |
| Şekil 6.136.‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında saat 13’de çatı yüzeyleri sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesitler (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar .....                   | 254 |
| Şekil 6.137.‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında saat 13’de duvar yüzeyleri sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesitler (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar .....                  | 254 |
| Şekil 6.138.‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitlerin renk değerleri (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar.....                                  | 255 |
| Şekil 6.139.‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketleri (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar .....                                                     | 256 |
| Şekil 6.140.‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında saat 14’de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar .....                         | 257 |
| Şekil 6.141.‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 14’de konut adasındaki yüzeyler üzerindeki dağılımı.....                                       | 257 |
| Şekil 6.142.‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında saat 14’de çatı yüzeyleri sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesitler (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar .....                   | 258 |
| Şekil 6.143.‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında saat 14’de duvar yüzeyleri sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesitler (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar .....                  | 258 |
| Şekil 6.144.‘L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesitlerin renk değerleri (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar .....                                     | 259 |
| Şekil 6.145.L <sub>2</sub> ’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikteki rüzgar hareketleri (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri .....                                                                   | 260 |
| Şekil 6.146.Saat 14’de oluşan hava sıcaklıkları (a) ‘M’ tipi konut adası (b) ağaçlandırılmış ‘M’ tipi konut adası .....                                                                                 | 261 |

**Şekil****Sayfa**

|                                                                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 6.147. Saat 22’de oluşan hava sıcaklıkları (a) ‘M’ tipi konut adası<br>(b) ağaçlandırılmış ‘M’ tipi konut adası .....                                                                                                  | 262 |
| Şekil 6.148. Konut adalarının konumlanma olasılıkları.....                                                                                                                                                                   | 264 |
| Şekil 6.149. En soğuk dönemde saat 13’de ‘L’ tipi konut adalarının<br>(a) ağaçlandırılmamış ‘E <sub>2</sub> ’ (b) ağaçlandırılmış ‘E <sub>1</sub> ’ tipi konumlanmada<br>rüzgarın 3 m yükseklikteki hız ve hareketleri ..... | 265 |
| Şekil 6.150. En sıcak dönemde saat 14’de ‘L’ tipi konut adalarının<br>(a) ağaçlandırılmamış ‘E <sub>2</sub> ’ (b) ağaçlandırılmış ‘E <sub>1</sub> ’ tipi konumlanmada<br>rüzgarın 3 m yükseklikteki hız ve hareketleri ..... | 265 |

**RESİMLERİN LİSTESİ**

| <b>Resim</b>                                                                                                                                                                                                | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Resim 3.1. Farklı iklim özelliklerinin konut biçimlenmesi üzerine etkileri (a) soğuk (b) ılıman (c) sıcak-kuru (d) sıcak-nemli iklim bölgeleri için tasarlanmış konut tipleri örnekleri [Olgyay,1969] ..... | 69           |
| Resim 4.1. Konut adaları içerisinde (a) güneş zarfları (b) zarfların sınırladığı hacimler içerisinde çeşitli konut tasarımları [Knowles, 2003] .....                                                        | 76           |
| Resim 4.2. BedZED tarafından geliştirilen ve 0,65 hektarlık bir alanda 100 konut ve işyeri içeren enerji etkin kompakt konut adası modeli [Dunster, 2003]....                                               | 79           |
| Resim 4.3. Heliodom yardımıyla gölge oranları hesaplanan (a) Akademililer (b) Harb-İş Koop. (c) ODTÜ toplu konut örnekleri [Göksu, 1993].....                                                               | 91           |

## 1. GİRİŞ

Yerleşimlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesine ilişkin kararlarda iklim koşullarının yer seçiminden yapı malzemesi niteliklerine kadar etkisi Aristoteles ve Vitruvius’dan bu yana bilinmektedir. Bunun temel nedeni kısaca fiziksel çevreye müdahalede iklim elemanlarının pasif yöntemlerle kontrolü ile hem iç hem de dış mekanda ısı konforunu artırarak ısıtma, soğutma ve havalandırma için kullanılan enerji gereksinimini en aza indirmektir. Ancak yakın zamanda petrol ve türevi enerji kaynakları ile buna yönelik teknoloji ve sistemlerin yaygınlık kazanması, yapı çevre özellikleri ile iklim özellikleri arasında var olan ilişkiyi giderek zayıflatmıştır. Daha da ötesi, nüfusları hızla büyüyen kentlerin fiziksel yapısı iklimi etkilemeye ve başta enerji kullanımı olmak üzere çevresel etkileri yalnızca yerel ölçeklerle sınırlı kalmayıp, bölgesel ve küresel ölçekte de görülmeye başlamıştır.

Kentsel dokunun önemli bir bölümünü oluşturan konutlar ve aralarındaki ilişkilerin mikroklimaya ve enerji kullanımına etkisi ise çok sayıda değişken içermektedir. Bu değişkenlerin ele alınan soruna göre ağırlıklarının değişebilmesi pek çok konuda olduğu gibi bu konuda da bütüncül bir yaklaşımı olanaksız hale getirmekte ve araştırmalarda sorunlara önceliklere göre belli bir sınırlılık içerisinde yaklaşılmasını gerektirmektedir. Buna paralel olarak 1970’lerde görülen petrol krizi ile konutlarda enerji verimliliğini artırmaya yönelik olarak başlayan, 1980’lerde ise “ısı adası” konusuna yoğunlaşarak kentsel iklim konusuna yönelen araştırmalar, son dönemde dış mekan konforu ve hava kalitesine etki eden morfolojik değişkenleri tanımlamaya yönelmiştir. Özellikle gelişmiş ülkelerde tasarım ve planlama alanlarında sürdürülebilirlik, eko-kent, yeşil-mimarlık, akıllı büyüme gibi başlıklarla çeşitlenen kuramsal ve uygulamaya yönelik model arayışları yaygınlaşmaya başlamış olmasına karşın, disiplinlerarası eşgüdüm yetersizliği, kavramsal boşluklar, sistem, simülasyon model ve araçlarının tasarım ve uygulama alanına aktarımındaki yetersizlikler, mevcut bilgilerden etkin bir biçimde yararlanabilmenin önündeki temel kısıtlayıcılar olarak ortaya çıkmıştır.



Özellikle bina ölçeğinde son derece gelişmiş olmasına karşın kentsel ölçekteki simülasyon modellerinin var olanlarından da etkin biçimde yararlanılamaması pek çok araştırmacı tarafından da vurgulanan güncel bir sorundur.

Son zamanlarda dünyada enerji ve iklim konusunda kentsel ölçekte yapılmış olan araştırma sayısı oldukça artmış olmasına karşın, Türkiye’de yapılan araştırma sayısının oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmektedir [Zeren, 1959; Şen, 1967; Berköz, 1969; Buldurur, 1983; Ok, 1984; Ecevit ve ark., 1994]. Yapılan araştırmaların genel olarak bina ölçeğinde enerji konuları üzerine yoğunlaşmış olduğu görülerek, kentsel planlama ve tasarımın ortak bir çalışma alanı olan konut adalarının fiziksel özelliklerinin kentsel enerji ve mikroklima performansına etkisi bu araştırmanın konusu olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın amacı, genel iklim özelliklerinin kentsel dokuda konut adalarının fiziksel özelliklerine bağlı olarak konutların enerji performansına etkisini araştırarak, konut adası ölçeğinde iklim ve enerji ilişkisi açısından fiziksel planlamaya girdi sağlayabilecek enerji etkin tasarım ilkeleri belirlemektir.

Genel iklim özellikleri ile uyumu gözetilerek tasarlanmış konut adaları ve bir araya geliş biçimlerinin yerleşimin mikroklima özellikleri ile ısıtma ve soğutma amaçlı enerji kullanımına etkilerinin araştırıldığı tez kapsamında ele alınan konular, konutların geometrik özelliklerinin ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan enerji yüklerine etkisi (boyut, yönlenme, hacim-yüzey oranı); enerji etkin ilkelere göre tasarlanmış konutların rüzgar ve güneşe konumlanma biçimlerinin mikroklima özelliklerine etkisi; iklim özellikleri ile uyumlu enerji etkin tasarım ilkelerinin konut yoğunluğuna etkisi; yerel iklim özellikleri ile uyumlu enerji etkin konut tiplerinin mikroklima özelliklerine olumlu etki edebilecek şekilde bir araya gelerek oluşturmaları gereken doku özelliklerinin konut adası konumlanma biçimine etkisi, peyzaj özelliklerine (asfalt, çim, parke ve ağaçlandırma) bağlı olarak etkilenen mikroklima özelliklerinin konut adası işlevlerinin konumlanmasına etkisi (otopark, çocuk oyun alanı, konut girişleri, yaya aksları, vb.); iklimle uyumlu enerji etkin

konut adası tasarımına bağı olarak mikroklima özelliklerinin konutların ısıtma ve soğutma yüklerine etkisidir.

Araştırma konuları kapsamında aşağıdaki tasarım bileşenleri analiz edilmektedir:

#### İklim özellikleri

Psikrometrik analiz (iklim türü, termal konfor sınırları, pasif denetim olanakları ve etkinlik sınırları), ısıtma ve soğutma saat dereceleri, optimum yönelme.

#### Enerji etkin konut

Geometrik özellikler (biçim, boyut, alan/hacim oranı, yön ve konum), yüzey özellikleri (pencere ve duvar oranları ve ısı geçirgenlik katsayıları), enerji performansı (ısıtma ve soğutma yükleri).

#### Enerji etkin konut adası

Geometrik özellikler (biçim, boyut, çevre/alan oranı), yüzey özellikleri (TAKS, KAKS, yeşil alan ve ağaçlandırma vb), enerji performansı (ısıtma ve soğutma yükleri), mikroklima özellikleri (en soğuk ve en sıcak dönem).

#### Enerji etkin yerleşim

Isıtma ve soğutma yükleri, yapılaşma alanı, konut adası konumlanma biçimleri.

Bu konu başlıkları ve tasarım bileşenlerinin analizleri, konut alanlarında ek ısıtma ve soğutma yüklerinin maksimum düzeyde yenilenebilir enerji kullanımı ile karşılanmasıyla küresel ısınmaya önemli ölçüde neden olan karbon emisyonunun kentsel alanda azaltılmasına katkı sağlanması; ısıtma ve soğutma gibi düşük nitelikli enerjinin kullanımında verimliliği artırmaya yönelik olarak konut alanlarında güneş ve rüzgar olanaklarından yararlanılmasını gözeterek iklimle uyumlu tasarım ilkeleri

geliştirerek dış kaynaklı enerji bağımlılığını azaltan bir planlama ve tasarım politikası ile ülke ekonomisine katkı sağlanması; verilen yanlış emsaller ile oluşan imar hataları sonucu hanehalkının güneşten yeterince yararlanamaması nedeni ile maksimum düzeye çıkan enerjiye ilişkin ekonomik kayıplarının güneşten en etkin şekilde yararlanılarak minimuma indirilmesi; özellikle sosyal ilişkilerin, kentsel dış mekanların en üst düzeyde kullanımı ile doğru orantılı olduğu varsayımı ile “kentsel çevre kalitesi” ve buna bağlı olarak “kentsel yaşam kalitesini” artırma potansiyeli ile “kentlileşme” sürecine katkı sağlanması; konut boyutunda geliştirilmiş olan enerji simülasyon modelleri ile mikroklimatik özelliklerinin belirlenmesi için geliştirilen simülasyon modellerini bütünleştirerek enerji etkin planlamada iklim ve enerji ilişkisine yönelik ilkelerin sayısal olarak belirlenmesi; planlama ve tasarım alanındaki eğitim ve öğretim programlarında fiziksel mekanın biçimlendirilmesine yönelik kararlarda gereksinim duyulan nesnel verilere yönelik bilimsel göstergeler kazandırabilmesi; kentsel iklim ve enerji konularında yerel yönetimlerin planlama politikalarını etkileyebilecek duyarlılık ve bilinçlenmenin oluşturulabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu ve benzer konuların önemi açısından kentsel iklim son dönemde iklimbilimciler ile tasarımcı ve plancılar arasında ortak bir çalışma alanı haline gelmiştir. Ancak her bir disiplinin, çalışmanın amacı, ölçeği, ve değişkenleri açısından konunun farklı boyutları ile ilgilenmekte olduğu görülmektedir [Mills, 1999]. Bu nedenle pek çok araştırmacı tarafından da vurgulandığı gibi iklim ve mekan ilişkisine yönelik araştırmalardan elde edilen bulgulardan yeterince yararlanılabilmesi, sözü edilen disiplinler arasındaki eşgüdüm yetersizliğinden dolayı beklenen düzeyde sağlanamamıştır. Dolayısıyla iklim konusuna ilişkin kuramsal bilgilerin uygulanabilir tasarım rehberlerine dönüştürülebilmesinin önemine yapılan vurgu giderek artmaktadır [Bitan, 1988; Oke, 1988a; Oke, 1988b; Arnfield, 1990; Kuttler, 1993; Mayer, 1993; Golany, 1996; Mills, 1999].

İklimbilimciler yapılaşmış çevrenin yerel iklim özelliklerine etkisi ile dış mekan ısı konforu üzerine yoğunlaşırken, tasarımcılar daha çok konutların fiziksel özelliklerinin enerji kullanımına etkisi üzerine yoğunlaşarak konuyu iç mekanın

termal konfor düzeyi ile sınırlandırmaktadır. Bu süreç içerisinde iklimbilimciler araştırmalarını başlangıçta kent makro formunda ortaya çıkan kentsel ısı adası konusu üzerine yoğunlaştırmışlardır. Ancak araştırmalar geliştikçe alt ölçek kararlarının bu konuda daha belirleyici olduğu görülerek; çalışmalar son dönemde mikroklima üzerinde yoğunlaşmıştır [Barry ve Chorley, 1978; Landsberg, 1981; Oke, 1987; Escourrou, 1991; Oke ve ark., 1991; Kuttler, 2006].

Tasarımcılar ise, 1973 petrol krizi ile birlikte enerji etkinliğini artırmada pasif güneş enerjisinin öne çıktığı konut ve iklim özellikleri üzerine odaklanmışlardır [Givoni, 1976; Markus ve Morris, 1979]. Tek yapı boyutunda çözüm arayışlarının özellikle kentsel alanlarda yetersizliğinin anlaşılması ile yüksek yoğunlukta yapılaşmış alanlarda güneşlenme oranını artırmaya yönelik olarak geliştirilen “güneş zarfı” modeli bu süreçteki değişimi gösteren aşamalardan birisidir [Knowles, 1981].

Ancak son yıllarda iklim özellikleri ile fiziksel çevre ilişkisinin tahmin edilenden çok daha kapsamlı bir etkileşim içerisinde olduğu sürdürülebilirlik, küresel ısınma ve çevre kalitesi gibi sorunlar her iki disiplin için ortak değişkenlerin ve göstergelerin yer aldığı konular haline gelmiştir. Bunlardan dış mekan kullanım süresi, sera gazı kirliliği, görsel konfor ve konutların enerji performansı gibi konuları etkileme düzeyi açısından değişkenlerin yoğunlaştığı kentsel mikroklima şimdiye kadar yaşanan kopuklukların giderilebilmesinde önemli bir ortak alan oluşturma potansiyeli taşımaktadır [Herzog, 1996; Rogers, 1998; Asimakopoulos ve ark., 2001; Littlefair, 2000; Hawkes ve Foster, 2002; Steemers, 2003; Thomas, 2003].

Günümüzde kentsel mikroklima araştırmalarının büyük bir bölümü kentsel dokuyu oluşturan dış mekanların bütününi temsil edebileceği varsayımı ile temel yapısal bir birim olarak belirlenen “kentsel kanyon” üzerine yoğunlaşmıştır. Bunun nedeni kentsel dokuyu oluşturan cadde ve sokakların işlevsel öneminin yalnızca ulaşım ile sınırlı olmayıp aynı zamanda kentsel aktivite, sosyal ve kültürel yaşam, dış mekan konforu açısından da stratejik bir önem taşımasındandır [Moughtin, 2003]. Bunların sonucunda genelde orta-enlem kuşak iklim diliminde yer alan kentlerde yapılan araştırmalardan kanyon içerisinde oluşan mikroklimatik farklılaşmalar ve

nedenlerine ilişkin elde edilen bulgular, önemli benzerlikler göstermektedir [Oke, 1988a; Oke, 1988b; Arnfield, 1990; Swaid ve ark., 1993; Asimakopoulos ve ark., 2001; Arnfield, 2003]. Yakın dönemde de cadde ve sokakların geometrik özellikleri temel bir araştırma modülü olarak ele alınmaya devam etmektedir [Ali-Toudert ve Bensalem, 2001; Hawkes ve Foster, 2002; Moughtin, 2003; Thomas, 2003].

Bu çalışmalarda öne çıkan dış mekan termal konforunun konutlarda enerji kullanımına etkisi açısından önemli bir gösterge olduğu kabul edilmekle birlikte, buna ilişkin çalışmaların sayısı oldukça azdır [Santamouris, 2001]. Dahası mikroklima özelliklerinin konutlarda enerji kullanımına etkisi genel olarak kabul edilmekle birlikte, araştırmalarda kullanılan veriler genel iklim özellikleri ile sınırlı kalmaktadır. Bir diğer konu ise kentsel dokunun bütününe temsil edebilme özelliği açısından önemi her ne olursa olsun, kentsel mikroklima araştırmalarının dokunun bütününe temsil edebileceği varsayılan cadde ve sokaklar ile bunları çevreleyen yapı yüzeyleri ile sınırlı olmasıdır.

İklimsel açıdan biçimlendirmede alınacak kararların belirlenmesinde tasarımcı tarafından karşılaşılabilecek temel güçlük yerin fiziksel özelliklerinin çeşitlilik düzeyi ve bu çeşitliliğe neden olan değişkenler arasındaki ilişkilerin karmaşık yapısıdır. Sıcak iklim kuşaklarında serinletme, soğuk iklim kuşaklarında ise ısı kazanımına karşın, orta iklim kuşaklarında mevsimsel olarak kış aylarında maksimum güneş kazanımı ile kuzey rüzgarlarından korunma ve yaz aylarında ise güneşten korunma ve mevsim rüzgarlarının içeri alınması gibi iç ve dış mekan gereksinimlerin sürekli karşılıklı içerisinde olduğu karmaşık çözümler gerektirmektedir.

Planlama süreci ve uygulamada iklimsel özelliklerin gözetilmemesinin, diğer kentsel alanlarda olduğu gibi konut alanlarında da gereksiz enerji kullanımından çevre kirliliğine kadar uzanan çok sayıda olumsuz etkileri olduğu anlaşılmıştır. Son zamanlarda kent ve konut ölçeğinde enerji tasarrufu konusunda önemli gelişmeler sağlanmasına karşın, kentsel iklim ve enerji performansı ilişkisini gözetken mekansal çözüm arayışlarının planlama ve tasarım sürecine etkisi henüz yeterli düzeye

ulaşamamıştır. Özellikle günümüz konut alanlarında cadde ve sokaklar kadar konut adalarının da iklimle uyumlu tasarımı, bu ve benzeri işlevsel özellikleri ve etkileri açısından kentsel bir planlama bileşeni olarak önem kazanmaya başlamıştır. Konutların i ve dış termal konforu, içerdiği işlevsel ve fiziksel tasarımı ile kentsel ve mimari ölçeklerin keşiştiği bir mekansal birim olarak konut adaları stratejik bir konumdadır. Bu nedenle, bu boşluğu gidermeye yönelik olarak, kentsel gelişmede alt ve üst ölçeklerdeki fiziksel kararları doğrudan etkileyebilme niteliği ile bir planlama ve tasarım birimi olarak ‘‘konut adası’’ tasarımının mikroklima özellikleri ve kentsel enerji performansına etkisi araştırmanın konusu olarak belirlenmiştir.

Kararların yukarıdan aşağıya doğru şekillendiği geleneksel planlama sürecinin tersine, enerji etkin planlamada iklimsel özelliklere göre yapılan tasarımlara bağlı olarak alt ölçek kararlar üst ölçek kararları etkileyebilmektedir. Yapılaşma düzeni kararlarına bağlı olarak mikroklima ve dolayısıyla konutlarda enerji kullanımı gibi etkilerin yanında, kentsel gelişme kararlarının belirlendiği bir ölçek olması, konut adalarının tasarımına iklim ve enerji performansını etkileme olasılığı ile stratejik açıdan daha da önem kazandırmaktadır. Bu nedenle bu tezde, iklim özellikleri ile uyumlu konut adası tasarımının mikroklima özelliklerine bağlı olarak kentsel enerji performansı ve planlamayı nasıl etkileyeceği sorusu problem cümlesi olarak belirlenmiştir.

### Hipotez ve alt hipotezler

#### *Hipotez*

İklim  zellikleri konut adası tasarımına bağlı olarak kentsel yerleşimin enerji performansını etkiler.

*Alt hipotez 1*

Ilımlı-kuru iklim özellikleri gösteren yerleşim alanlarında ısıtma ve soğutma yükleri enerji etkin konut tiplerini birlikte etkiler.

*Alt hipotez 2*

Enerji etkin konut tipleri enleme bağlı olarak konut adası biçimlenmesini etkiler.

*Alt hipotez 3*

Konut adası tiplerinin TAKS ve KAKS değerleri enerji performansını etkiler.

*Alt hipotez 4*

Enerji etkin konut adası tipleri en soğuk ve en sıcak dönem mikroklima özelliklerini etkiler.

*Alt hipotez 5*

Konut adası tasarımında peyzaj özellikleri en soğuk ve en sıcak dönem mikroklima özelliklerini etkiler.

*Alt hipotez 6*

Rüzgar, yerleşim alanında konut adalarının konumlanma biçimini etkiler.

*Alt hipotez 7*

Ilımlı kuru iklim özelliklerinde enerji ve mikroklima özelliklerine bağlı olarak konut adası tasarımı yerleşimin enerji performansını etkiler.

Yapılan bu araştırma özellikle yüzey yapısı ve özelliklerinin kısa mesafelerde önemli farklılıklar gösterdiği kentsel alanlarda yüzey sıcaklık değerleri ile uzun dalga ısıtım değerlerinin, durağan koşullardaki hava sıcaklık değerlerinden daha geçerli göstergeler olduğu; araştırma alanı gibi ılımlı kuru iklim özellikleri gösteren alanlarda yüzey hacim oranının enerji verimliliği açısından etkin ancak yeterli bir gösterge olamayacağı; kentsel alanda hava sıcaklıklarında oluşabilecek 1°C farkın bile konutların enerji verimliliğinde kayıp ve kazançlara önemli etkileri olabileceği; ‘ılımlı-kuru’ iklim özellikleri gösteren araştırma alanının bölgesel ölçekte benzer iklim özellikleri gösteren tüm yerleşim alanlarını temsil edeceği varsayımlarından hareket edilmiştir.

Bu araştırmanın sınırlılıkları, hem kentsel alanda enerji tüketiminde önemli bir payı olan hem de termodinamik yasalar açısından kullanılan enerji türü ile kullanım amacı açısından verimliliğin oldukça düşük olduğu konut alanları; kentsel gelişme kararlarına bağlı olarak kentsel dokunun fiziksel yapısı ve buna bağlı olarak da iklimi önemli ölçüde etkileyen kararların alındığı uygulama imar planı ile mimari tasarım ölçekleri; hem kentsel gelişme sürecinde kentsel dokuyu şekillendiren yapısal bir birim olma özelliği hem de mimari tasarım sürecinde konutların geometrik özellikleri ile bir araya geliş biçimlerini belirlemede alt ve üst ölçek kararlarının kesiştiği stratejik yeri kabul edilen konut adaları; yenilenebilir enerji türü olmalarının yanında pasif olarak kontrol edilebilir temel iklimsel elemanlar olan güneş ve rüzgar; ısıtma ve soğutma gibi düşük nitelikli enerji gereksiniminin bir arada değerlendirilmesi gereken ‘ılımlı-kuru’ iklim özellikleri ile sınırlandırılmıştır.

Araştırmada iklimsel veriler için araştırmada belirlenen alana ilişkin yerel ölçekteki yıllık tipik meteorolojik veriler (TMY2) baz alınmıştır. Simülasyon ortamında kullanılacak 72 m<sup>2</sup> ve 144 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki hipotetik konut tipleri “6 m x 12 m” ile “12 m x 12 m” olarak boyutlandırılmıştır. Araştırmada kat adetleri kentsel dokuda konut alanlarında hak kazanılmış olan 2, 4, 8, 12 kat ve kat yükseklikleri 3 m olarak belirlenmiştir. Araştırmadaki hesaplamaları etkileyebilecek ileri yapım tekniklerinin sağlayabileceği avantajların pasif denetim yöntemlerinin etki sınırları ile bu yöntemlerle elde edilecek kazanımların belirlenmesini önemli ölçüde etkileyebileceği



göz önüne alınarak, hipotetik konut tipleri için yapılan analizler standart malzeme ve yalıtım özellikleri ile sınırlı tutulmuştur. Yapılan analizlerde tüm konut tipleri için yüzey albedo değerleri, pencere ve duvar oranı ile termal geçirgenlik katsayıları (u-değeri) eşit olarak kabul edilmiştir. Hipotetik konut tiplerinin belirlenmesi için yapılan enerji analizlerinde ‘TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği’ tarafından belirlenen standartlar ve hesaplama yöntemi kabul edilmiştir. Farklı yükseklikteki konut tipleri arasında gölge boyuna göre değişen çekme mesafelerinin TAKS ve KAKS değerlerine etkisinin belirlenebilmesi için araştırmanın yapıldığı alandaki eğim %0 ile sınırlı tutulmuştur. Konut adalarının enerji ve iklim mikro performansı analizlerinde de hipotetik konut tiplerine göre değişen TAKS ve KAKS değerleri sabit tutulamamıştır.

Araştırmanın yöntemine göre araştırma kapsamına giren değişkenlere ilişkin genel bir literatür incelemesinden sonra hipotetik konut dokusu örneklerinde yapılaşma koşullarının iklim mikro etkileri ile buna bağlı olarak konutlarda enerji performansına etkileri özetlenerek enerji etkin konut adası tasarımına ilişkin ilkeler belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu konular araştırmada iklim ve enerji konularında belli sayısal ölçümlerin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Araştırmada alan ölçümü yapılmamasının nedeni bu konuda yapılmış olan çok sayıda çalışmada sayısal simülasyon modellerinin geçerliliğinin ilke olarak kabul edilmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, yanılma payı ile ölçme maliyeti oranı açısından karşılaştırıldığında daha fazla hız ve esneklik sağlayabilmesi nedeniyle, alan ölçümleri ile karşılaştırıldığında sayısal modellerin önemli avantajlar sağladığı konusunda yaygın bir görüş birliği vardır [Arnfield, 1990; Mills, 1997; Capeluto ve Shaviv, 2001; Kristl ve Krainer, 2001; Bourbia ve Awbi, 2004; Asawa ve ark., 2004]. Ancak kentsel iklim ve konutlarda enerji performansı üzerine geliştirilen sayısal modellerin araştırmanın amaçlarına, kullanım aşamalarına uygunluğu ile programın karmaşıklık düzeyi ve işlem hızına göre nitelik açısından oldukça farklı özellikler göstermekte oluşları, ölçümü yapılacak alanların belirlenmesinde önemli bir sorun oluşturmaktadır [Shaviv, 2004].

Araştırmada bu simülasyon modellerinden kentsel iklim mikroanalizi için ENVI-met 3.0, konutlarda enerji performans analizi için CASAnova 3.0 ve ECOTECT v5.50 sayısal modelleri ile iklim analizleri için Weather Tool v2.00 kullanılmaktadır. ENVI-met 3.0 az sayıda veriye karşın yüzey sıcaklığı, rüzgar hızı ve yönü, nem oranı, kısa-dalga ve uzun-dalga radyasyon miktarı ile önemli bir konfor parametresi olan ortalama ışıma sıcaklığı gibi iklim mikroanalizi açısından çok boyutlu ve karmaşık hesaplamaları günlük periyotlar halinde yapabilme özelliği taşımaktadır [Bruse ve Fler, 1998; ENVI-met, 2008].

CASAnova 3.0 enerji simülasyon modeli ise oldukça basit bir yapısı olmasına karşın hem performans ölçümü yapılacak konut tiplerinde, hem de simülasyon öncesi iklimsel parametrelerin belirlenmesinde kullanıcıya sağladığı analiz hızı açısından tercih edilmiştir [Crawley ve ark., 2005].

ECOTECT v5.50 ise konut ve konut grubu ölçeğinde gölgelenme ve radyasyon oranlarına ilişkin çok sayıda ve türde veri üretebilmektedir. Ayrıca analiz süreci LEONARDO 3.5 görsel ve GNUplot 3.0 grafik programları ile desteklenmektedir.

Tez araştırmasının 1. bölümünde araştırmanın konusu ve alanı kısaca tanımlanarak kavramsal açıdan sorunun içeriği, araştırmanın amacı, önemi, hipotez ve alt hipotezler ile tezin yapısı tanıtılmaktadır.

2. bölümde ise kentsel dokuda enerji etkinlik konusunun içeriğini oluşturan iklim özellikleri ile kentsel doku ilişkileri, bu konular üzerine yapılmış olan araştırmalardan elde edilen bulgular ışığında incelenecektir. İncelemede kentsel dokuda yüzeyler ve hava arasındaki etkileşim farklı ölçeklerde ele alınmaktadır.

3. bölümde kentsel dokuda iklim ve ilişkisi konunun içeriğini oluşturan genel iklim özelliklerinin yerleşim biçimine bağlı olarak enerji kullanımına etkisi bu konular üzerine yapılmış olan araştırmalardan elde edilen bulgular ışığında incelenecektir.

4. bölümde dünyada ve Türkiye’de bu konuda yapılan çalışmalar ve gelişmeler örneklerle ele alınarak karşılaştırılacaktır. Çalışmalarda elde edilen bulgulardan teze girdi sağlayabilecek değişkenlere ilişkin varsayımlar belirlenerek bir yapılacak olan enerji ve iklim mikro analizlerine bir girdi oluşturulacaktır.

5. bölümde ilk olarak araştırma yöntemi ile analizler için kullanılan simülasyon programları tanıtılmaktadır. Daha sonra iklim mikro analizleri yapılmak üzere seçilen hipotetik konut ve konut adası tipleri belirlenerek ek ısıtma ve soğutma yükleri açısından karşılaştırılmaktadır.

6. bölümde enerji etkin konut adası tipleri iklim mikro performansı açısından karşılaştırılarak, enerji etkin planlamaya girdi sağlayabilecek konut adası özelliklerine yönelik tasarım ilkeleri belirlenmeye çalışılmıştır.

7. bölümde tezin bulguları üzerine genel bir değerlendirme yapılarak araştırmanın sonuçlarına ilişkin bir dizi öneri getirilmektedir.

## 2. KENT VE İKLİM ETKİLEŞİMİ

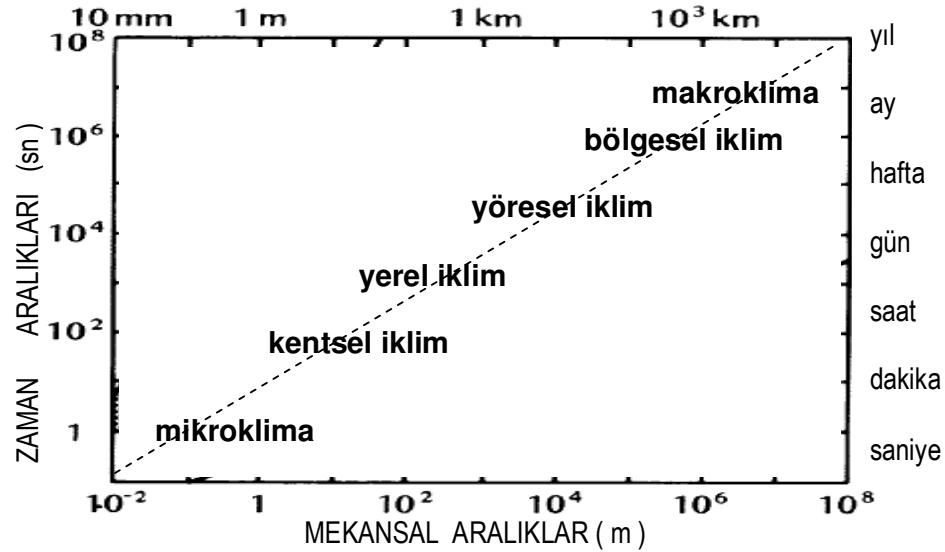
Kentler genel olarak içerisinde yer aldıkları bölgenin iklim özelliklerinin etkisi altındadır. Enlem etkisi altında olan bölgenin iklim özellikleri ise yöreye ve yerin özelliklerine göre değişerek daha da çeşitlenebilmektedir. Bununla birlikte kentler de büyüklükleri ve doku özelliklerine bağlı olarak etkisi altında oldukları iklim özelliklerini yerel ölçekte etkiler. Kentsel iklim olarak adlandırılan ve doğal çevredekenden daha farklı olan bu iklim özelliklerinin kapsamlı olarak anlaşılabilmesi için öncelikle genel iklim özelliklerini etkileyen faktörler ile bunların göstergesi olan iklim elemanlarının ayrıntılı bir incelemesini gerekmektedir. Bu bölümde kentsel iklimi etkileyen doğal faktörler ve iklim elemanları ile bunları etkileyen kentsel özelliklerin genel bir incelemesi yapılacaktır.

### 2.1. Kentsel İklimin Değişmesine Neden Olan Faktörler

Dünya, güneşten ışıma ile gelen ısı enerjisinin yer yüzeyinin farklı geometrik ve doku özelliklerinden dolayı eşit olmayan oranlarda dağıldığı bir enerji sistemidir. Yüzeylerin güneşe bakış açısı ve ısı depolama kapasitelerinden etkilenen ısı farklılıkları yüzeyler arasında ısı akışları ile sürekli olarak dengelenmek ister. Bu da daha fazla enerji tutan ekvator dan kutuplara, denizlerden karalara doğru enerji akışlarına neden olmaktadır. Hava, bu süreçte enerji fazlası olan yüzeylerden enerji açığı olan yüzeylere sürekli hareket ederek ısı taşıırken, enerji akışı sırasında oluşabilecek ani değişimleri yumuşatan esnek bir ortamdır. Sıcaklık, rüzgar, yağış ve nem gibi iklim elemanları havadaki bu enerji hareketlerinin farklı birer biçimidir.

İklim ise havanın hareketlerindeki değişimin düzenini tanımlamak üzere oluşturulan yapay bir sistemdir. Farklı zaman ve mekan aralıklarına göre değişen hava hareketlerinin yıllık, mevsimlik, günlük ve saatlik ortalaması mikro ölçekte santimetre ve saniyelik aralıklarla gerçekleşirken, makro ölçekte kilometre ve yıl ile ölçülen aralıklarda gerçekleşmektedir [Oke, 2004]. Havanın değişken yapısını anlık ölçen meteorolojik veriler ile bunların aylık ve yıllık ortalamalarına göre sınıflandırılan iklim özellikleri arasındaki farkların büyümesi ise makro ölçekteki

iklim özelliklerinin geçerliliğini azaltmamakla birlikte, gündelik yaşamı doğrudan etkileyen yerel ve mikro ölçekteki iklim özelliklerine önem kazandırmaktadır. Bunun nedeni ölçek büyüdükçe azalan değişim ortalamasının grafiğinin ölçek küçüldükçe artmasıdır [Olgyay, 1969]. Bu amaçla iklim özelliklerinin gündelik yaşamı etkileyen boyutları ile daha ayrıntılı olarak sınıflandırılabilmesi iklim özelliklerinin farklı ölçeklerle tanımlanması gereğini ortaya çıkarmıştır. Makro ölçekte küresel iklim özellikleri enlemlere göre tanımlanırken, aynı enlem üzerinde yer alan farklı bölgelerde yöresel ve yerel ölçekte farklı iklim özellikleri görülebilmektedir. Yerel iklim özelliklerinin etkisi altındaki bu özellikler doğal çevre içerisinde mikroklimatik düzeyde daha da çeşitlenerek artmaktadır. Şekil 2.1’de iklim özelliklerinin zaman ve mekan aralıklarına göre tanımlandığı ölçekler görülmektedir.



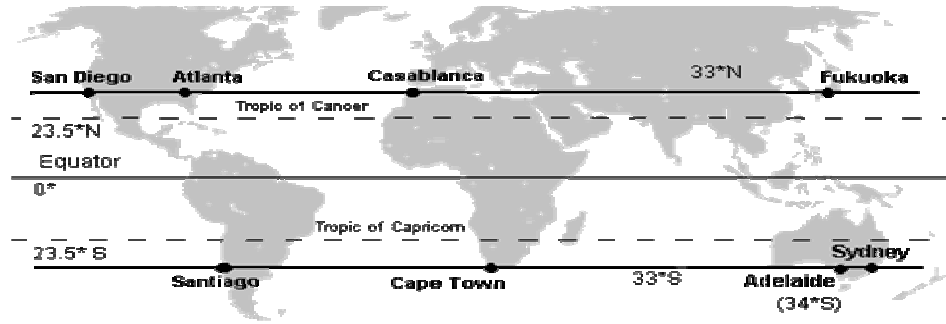
Şekil 2.1. Zaman ve mekan aralıklarına göre iklim özelliklerini sınırlandıran ölçekler [Koçman, 1993]

Kentsel iklim, enlem, kara ve deniz yüzeyi, yükseklik, yer şekilleri ve bitki örtüsü gibi faktörlere bağlı olarak değişen iklim elemanlarının etkisi altındadır. Radyasyon miktarı, sıcaklık, rüzgar ve nem gibi iklim elemanları, makro ölçekte enleme, bölgesel ölçekte coğrafi konuma, yöresel ölçekte doğal yüzey şekillerine, yerel ölçekte yüzey örtüsüne ve mikro ölçekte ise yüzeyin kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Radyasyon şiddeti yüzey sıcaklıklarını, yüzey sıcaklığı hava sıcaklığını, hava sıcaklığı basınç farkları ve buna bağlı oluşan

rüzgar hareketlerini, rüzgar hareketleri ise taşıdığı su buharı oranına göre yağışları etkiler. Güneş ve yüzey arasındaki ilişkilerden etkilenen hava hareketlerine bağlı olarak kentsel iklimin değişmesine neden olan doğal faktörler enlem, bölgesel özellikler, doğal yüzeyler, radyasyon, sıcaklık ve nem olarak sıralanabilir.

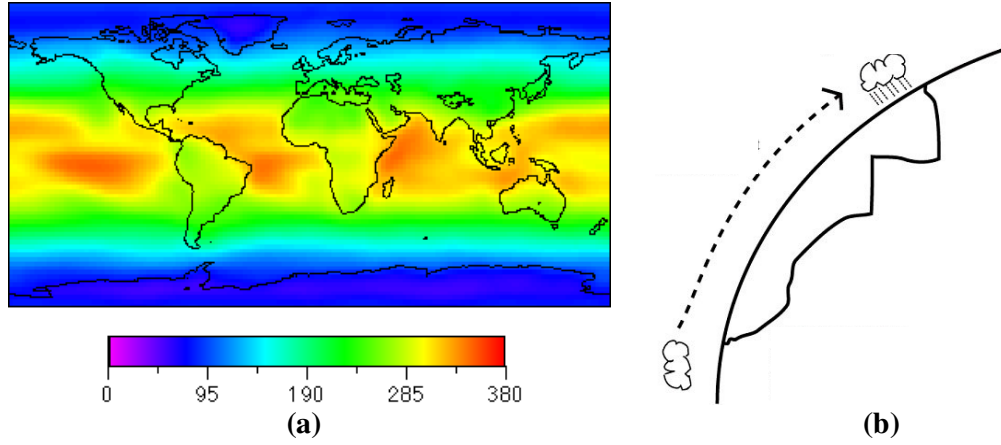
### Enlem

Enlem, güneşten gelen radyasyon şiddetine bağlı olarak makro ölçekte kentlerin iklim özelliklerini etkileyen en önemli değişkendir. Aynı enlem üzerinde yer alan kentlerin iklim özellikleri bölgesel ve yerel farklılıklara rağmen önemli benzerlikler göstermektedir (Şekil 2.2).



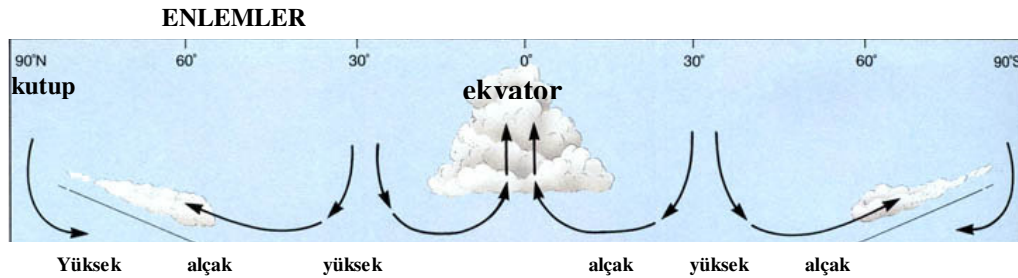
Şekil 2.2. Aynı enlemde yer alan ve aralarında ortalama yıllık bir derecelik ısı farkları belirlenen kentler [Sydney Climate Data, 2008]

Dünya yüzeyinde enlemler  $0^\circ$  kabul edilen ekvator'dan  $90^\circ$  kabul edilen kuzey ve güneyde yarıkürelerde yer alan kutuplara doğru derece, dakika ve saniyelik aralıklarla tanımlanmıştır. Yeryüzeyine eşit olarak gelen ısı enerjisinin yüzey tarafından tutulan miktarı güneş ışınlarının yüzeye geliş açısına bağlı olarak ekvator'dan kutuplara doğru giderek azalmaktadır (Şekil 2.3). Buna göre gelen enerji ile yüzeyde depolanan enerji farkı ekvator'da daha fazla, kutuplarda daha az, orta enlem kuşaklarında ise dengededir.



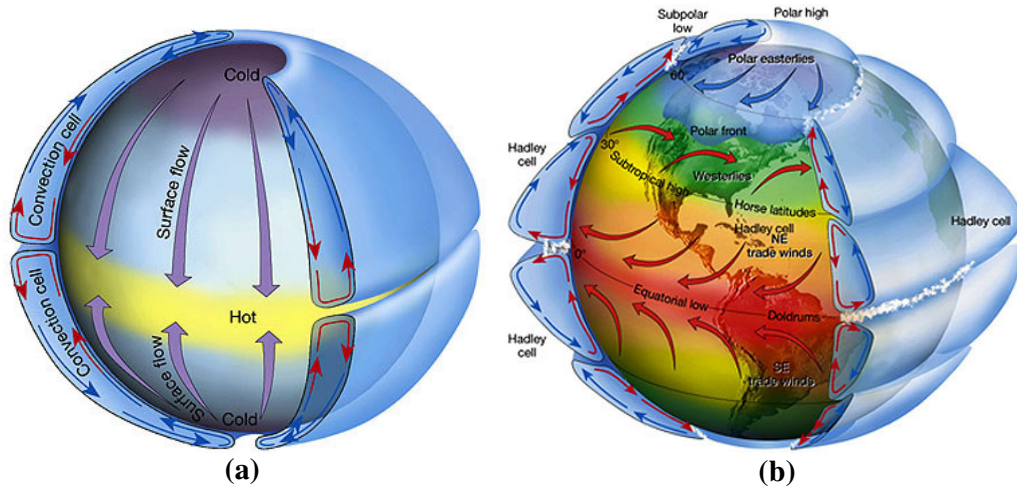
Şekil 2.3. Yeryüzeyine eşit olarak gelen radyasyon enerjisi (a) enlemlere göre değişen yüzey radyasyon değerleri (b) enlemlere göre radyasyon farkından kaynaklanan ekvatorlardan kutuplara doğru gizli ısı akışı [EOEARTH, 2008]

Enlemler arasında enerji dengesinde oluşan bu farklar enerjinin büyük hava ve okyanus akıntıları ile küresel ölçekte taşındığı ısı hareketlerine neden olmaktadır. Küresel ölçekte sıcak ve soğuk arasında oluşan dönüşlü hareketlerin yönü başlangıçta ekvatorlardan kutuplara doğrudur. Yaklaşık 2,5 kat daha fazla ısı enerjisi depolayan ekvatorlardan ısı enerjisi açığı olan kutuplara doğru hava yükselerek akarken, soğuyarak yere iner. Yere inen hava ısınarak tekrar yükselir. Havanın ısınarak yükseldiği enlemlerde alçak basınç kuşakları, soğuyarak yere indiği enlemlerde ise yüksek basınç kuşakları oluşur. Alçak basınç etkisi altındaki 0. ve 60. enlemler yüksek yağış ve nem oranı, yüksek basınç etkisi altındaki 30. ve 90. enlemler ise düşük yağış ve nem oranı ile açık ve güneşli hava koşullarının etkisi altındadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Ekvatorlardan kutuplara doğru ısınıp soğuyan havanın dalgalandıran hareketleri ve bunun neden olduğu farklı basınç kuşakları [Earth Rochester, 2008]

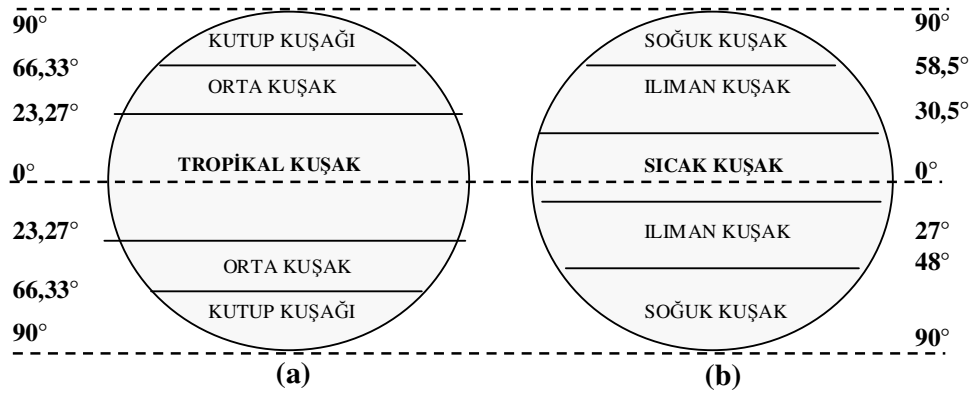
Bunun nedeni ise ısınıp yükselen havanın soğumaya bağlı olarak yaptığı iniş ve çıkışlar ile enlemlerin eksensel dönüş hızındaki farklılıklarının yaptığı “Coriolis” etkisi enlemlere paralel, kararlı rüzgar kuşakları oluşturmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Termal basınç farklarının etkilediği rüzgar hareketleri (a) dönerek hareket etmediği ve yüzeyi tamamen su olduğu varsayılan dünya yüzeyindeki hareketler (b) mevcut durumda dünya yüzeyinde oluşan hareketler [Federation of American Scientists, 2008]

Enlemin yaptığı etkilere göre Aristoteles’den, bu zamana kadar geçerli olarak kabul edilen Koppen’in yaptığı sınıflandırmaya kadar iklim kuşakları farklı parametrelere göre tanımlanmıştır. Bunlar arasında güneşten “gelen radyasyon” miktarına göre tanımlanan matematiksel iklim kuşakları kuzey ve güney yarıkürede tropikal, orta ve kutup olarak tanımlanan simetrik bölgelere ayrılır. Ancak kuzey ve güney yarıküredeki kara ve deniz yüzeyi dağılımındaki farka bağlı olarak “tutulan radyasyon” miktarındaki değişime göre tanımlanan sıcaklık kuşakları matematiksel kuşaklardan önemli farklılıklar göstermektedir. Yüzey enerjisi ve bunun etkilediği sıcaklık ortalamalarına göre sıcak, ılıman ve soğuk kuşaklar olarak sınıflandırılmış olan bu iklim kuşakları kuzey ve güney yarıkürede simetrik değildir (Şekil 2.6).





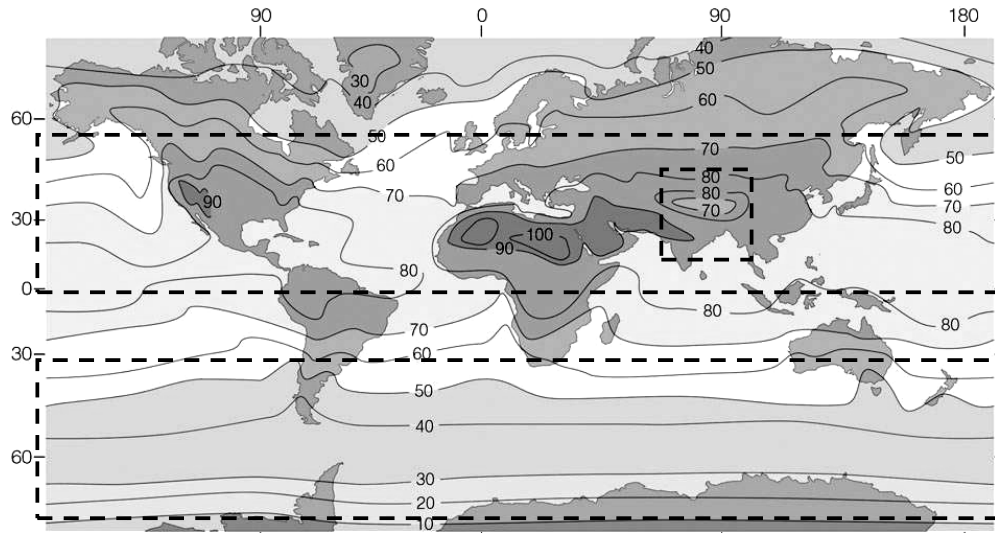
Şekil 2.6. Her iki yarıküredeki iklim kuşakları (a) enlemlere göre simetrik olarak bölünmüş matematik kuşakları (b) yıllık yüzey sıcaklık ortalamasına göre asimetrik olarak bölünmüş sıcaklık kuşakları [Koçman, 1993]

### Bölgesel özellikler

Yüzey özelliklerine bağlı faktörler enleme göre oluşan iklim özelliklerini etkileyerek bölgesel ölçekte farklılaşmalara neden olmaktadır. Bunların başında ise kentin konumlandığı bölgenin fiziki yapısı gelmektedir. Bölgenin kıyı veya iç kesimlerde olma durumu ile deniz seviyesinden yüksekliğine bağlı olarak yatay ve dikey konumu iklim özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Isı enerjisini depolama kapasitesi düşük, iletme özelliği yüksek olan karaların denizlere göre daha çabuk ısınması ve soğuması, bunu dengeleyen nem oranının daha düşük olması iç kesimlerdeki sıcaklık farklarının kıyı kesimlerine göre daha fazla olmasına neden olmaktadır. Yükseklik farkı ise iklim özelliklerini enlem kadar etkileyen bir başka faktördür. Bu nedenle kıyı kesiminde yer almasına karşın yüksek kesimlerdeki alanların iklim özellikleri iç kesimdekilerle benzerlikler gösterir. Yapılan araştırmalarda yüksekliğin enlemin etkisini tümüyle azaltabildiği belirlenmiştir. Bunun nedeni hava sıcaklığının ortalama her 150 metrede 1°C düşmesidir. 300 metrelik bir yükseklik farkı, ekvatora doğru 400-500 km mesafeye denk düşen beş derecelik enlem kaymasına karşılık gelmektedir. Bir diğer neden ise yükseldikçe soğuyan havanın su buharı taşıma kapasitesinin azalmasıdır. Buna bağlı olarak sıcaklık farklılığını azaltan bağıl nem oranının düşük olması, bölgesel ölçekte kıyı

kesiminde yer alan bir alanda karasal iklim özelliklerinin görülmesine neden olmaktadır.

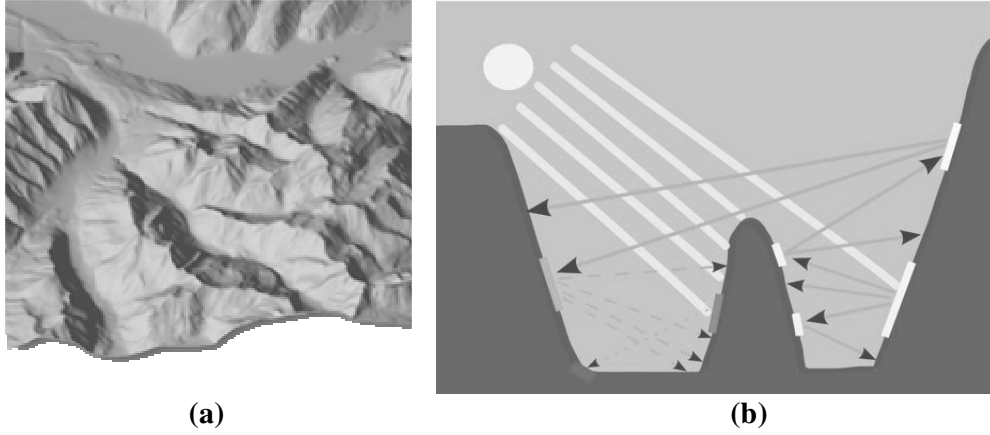
Bu etkilere bağlı olarak dünya yüzeyinde matematiksel enlem çizgilerinden oldukça farklı sıcaklık ortalaması eğrileri ortaya çıkmaktadır. Farklılaşma aralığı ise havadaki mutlak ve bağıl nem oranına bağlı olarak artmakta veya azalmaktadır. Şekil 2.7’de yıllık sıcaklık ortalaması eğrilerini gösteren haritada denizler ve karalar ile yükseklik farklarının küresel ölçekte yıllık hava sıcaklık ortalamalarına etkisi görülmektedir.



Şekil 2.7. Küresel ölçekte yıllık hava sıcaklık ortalaması dağılım eğrileri [NASA, 2007]

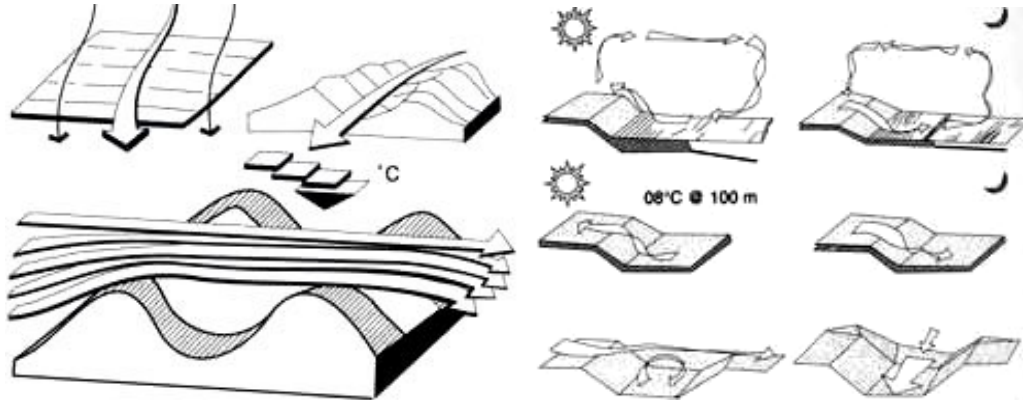
### Doğal yüzeyler

Bölgesel iklim özellikleri yöresel ve yerel ölçekte yer şekillerine göre çeşitlenerek daha da artmaktadır. Örneğin kuzey yarıkürede güneye bakan yamaçların güneşten gelen ışınlarla yataya göre yaptığı açının artmasına bağlı olarak radyasyon şiddeti bölgesel ortalamanın üzerinde, gölgede kalan kuzey yamaçlarda ise ortalamanın altında olmaktadır. Kentin yerleştiği eğimin yönü ve örtüsü yerel ölçekte de iklim özelliklerinin farklılaşmasına neden olur (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Yüzeyin eğim ve yönüne göre değişen radyasyon hareketleri ve şiddeti (a) bir örnek alandaki kuzey ve güneye bakan yamaçlarda oluşan farklılıklar (b) yatay bir kesit üzerinde tutulan ve yansıyan radyasyon [NOAA, 2007]

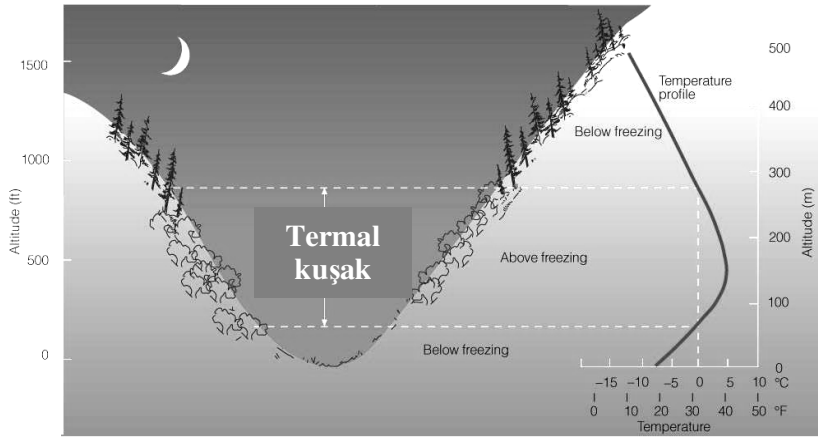
Yüzey özelliklerine göre oluşan yüzey sıcaklık farkları hava sıcaklığını, hava sıcaklığı ise yerel rüzgar hareketlerini etkilemektedir. Örneğin düz alanlara oranla daha fazla ısınan güney yamaçlarında gündüz aşağıdan yukarıya yükselen sıcak hava soğuyarak gece yukarıdan aşağıya doğru akar. Kuzeye bakan yamaçlarda ise sıcaklığın bu yöndeki düzlük alanlardan daha az olması nedeniyle rüzgarın gece ve gündüz hareketi güney yamaçlardakinin tam tersine döner (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Yüzey yapısındaki farklılıkların neden olduğu rüzgar hareketindeki değişimler [Comfortable Low Energy Architecture, 2008]

Bakı yönü radyasyon şiddeti ile birlikte rüzgar ve nem oranından da etkilenir. Örneğin Kuzey Anadolu'da Karadeniz'e dönük dağ yamaçları rüzgarın yönü ve

mutlak nem oranına bağlı olarak bütün yıl yağış alırken, güneye bakan yamaçların ise oldukça kurak olduğu görülmektedir. Hangi yönde ve yükseklikte olursa olsun yüzeyin yönü ve eğimine bağlı oluşan hava hareketleri, eğimin orta noktasında ısı farklılaşmasının aşağı ve yukarı bölgelere oranla daha az olduğu termal kuşaklar oluşturmaktadır (Şekil 2.10).

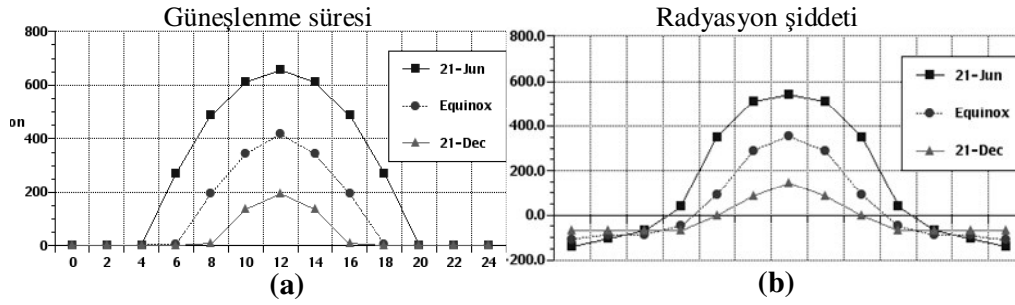


Şekil 2.10. Yükseklik faktörünün hava sıcaklığına etkisi ve eğimde yer alan termal kuşak [Apollo, 2008]

### Radyasyon

Güneşten radyasyon ışınları ile gelen ısı enerjisi sıcaklık, rüzgar, nem gibi iklim elemanlarını etkileyen en temel iklim değişkenidir. Atmosfere gelen güneş ışınlarının %30'u yansıtılarak geri dönerken, %20'si hava tarafından tutulmakta ve %50'si ise yere ulaşmaktadır. Yere gelen radyasyon, yüzey tarafından tutularak, yansıtılarak ve dağılarak yüzeyin kendisi ve yakın çevresinin termal özelliklerini etkiler. Yerde tutulan radyasyon miktarı ise yerin malzemesi ile yön ve eğim açısına göre değişir. Yer yüzeyi yön, açı, albedo ve ısı kapasitesi gibi fiziksel özelliklere bağlı olarak kısa ve uzun dalgalı ışınlardan kazandığı ısı enerjisinin büyük bir bölümünü havaya geri verir. Böylece hava yerden güneşten aldığından daha fazla enerji kazanarak ısınırken, yer soğumaktadır. Isı iletme katsayısı yüzeye göre oldukça düşük olan havanın sıcaklığı ise yerden yukarı doğru yükseldikçe azalır. Hangi enlemde olursa olsun yüzeye gelen ısı enerjisi güneşlenme süresine bağlı olarak yıl içerisinde mevsimlik,

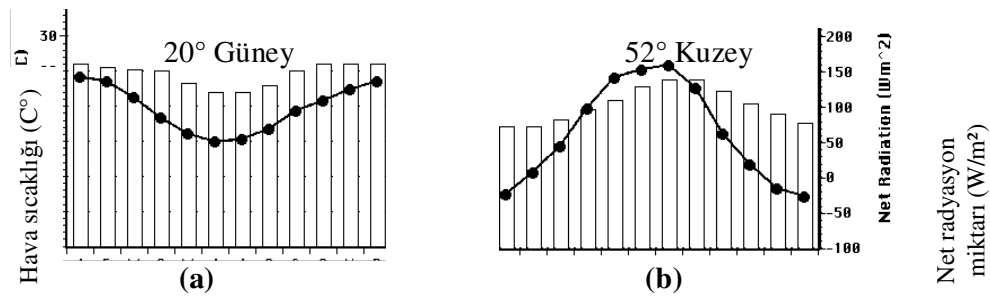
günlük ve saatlik değerlerinin ortalamaları sürekli olarak değişim gösterir. Gelen radyasyon miktarı güneşlenme süresi ile doğru orantılı olarak artar veya azalır (Şekil 2.11). Buna göre radyasyon şiddeti kuzey yarıkürede en kısa gün olan 21 Aralık'da sabah saatlerinde en düşük düzeyde iken, en uzun gün olan 21 Haziran'da öğle saatlerinde en yüksek düzeye ulaşır.



Şekil 2.11. 45° kuzey enlemi için 24 saatlik (a) güneşlenme süresi (b) radyasyon şiddeti [Physical Geography Net, 2007]

### Sıcaklık

Birbiri ile yakından ilgili ve doğru orantılı olan ısı ve sıcaklık, nitelik bakımından tümüyle farklı kavramlardır. Isı bir ortamda var olan potansiyel ve kinetik toplam enerjinin kalori veya jül cinsinden değerini, sıcaklık ise ortamdaki kinetik enerjinin derece cinsinden ortalama değerini ifade eder. Bir iklim elemanı olarak tanımlanan sıcaklık, havadaki kinetik enerjinin hissedilen ısı değeridir. Hava sıcaklığı güneş ışınlarının geldiği enleme ve yüzey özelliklerine göre etkilenecek şekilde değişir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. 20° güney, 52° kuzeyde (a) aylık ortalama sıcaklık değişimi (b) aylık net radyasyon miktarı [Physical Geography Net, 2007]

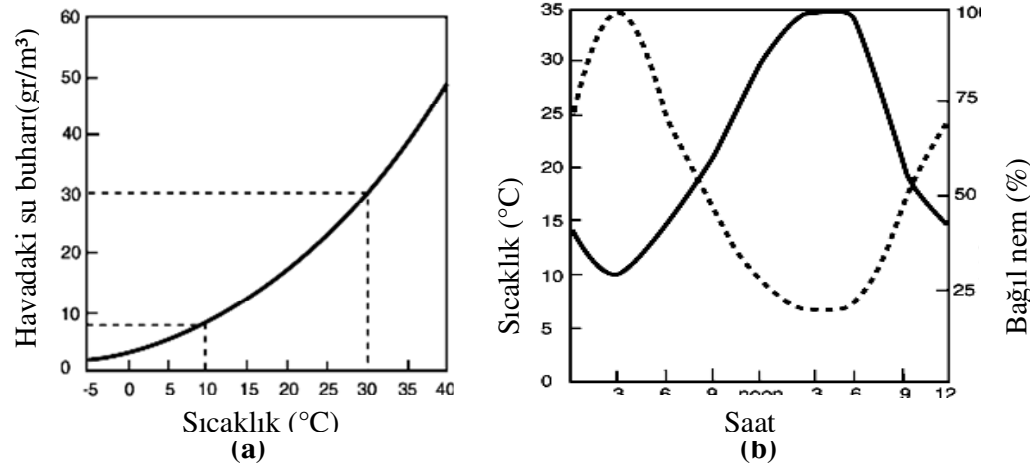
Güneşten gelen radyasyon enerjisi yüzeyin ısıyı depolama ve iletme kapasitesine bağlı olarak gizli ısı ve hissedilen ısı olarak iki ayrı değer ile ölçülür. Isı depolama ve iletme kapasitesi yüzeye göre değişmektedir. Örneğin su yüzeyinin ısı depolama kapasitesi toprağa göre daha yüksek, ısı iletme kapasitesi ise daha düşüktür. Havanın depolama ve iletme özellikleri açısından her iki yüzeye göre daha düşük değerler göstermesi yerden havaya doğru sürekli ısı akışına neden olur. Yüzeyler ısıyarak kısa dalga olarak depoladıkları ısı enerjisini uzun dalga olarak geri verir. Bu nedenle sıcaklık, yüzey ve hava sıcaklığı olmak üzere iki ayrı değer ile ölçülmektedir. Yüzeyin yönü, eğimi ve ısı kapasitesine bağlı olarak tutulan radyasyon oranı gizli ısı olarak da adlandırılan yüzey sıcaklığını, yüzey sıcaklığı ise hissedilen ısı olarak adlandırılan hava sıcaklığını etkilemektedir. Yüzeyler arasında oluşan sıcaklık farkları makro ölçekten mikro ölçeğe kadar tüm hava hareketlerini ve buna bağlı olarak iklim özelliklerini belirlemede en önemli gösterge haline gelmiştir. Kentsel iklimi etkileyen sıcaklık değerleri güneşlenme süresine bağlı olarak yıllık, mevsimlik, aylık, günlük ve saatlik ortalamalara göre belirlenmektedir.

### Rüzgar

Hangi ölçekte olursa olsun yüzey sıcaklıklarının etkilediği basınç farkları yatay ve düşey hava hareketlerine neden olmaktadır. Sıcak yüzey üzerinde ısınarak yoğunluğu azalıp yükselen hava yayılıp genişledikten (konveksiyon) sonra soğuyarak yere iner ve alçak basınç alanlarına doğru yatayda yere paralel olarak hareket eder (adveksiyon). Bir iklim elemanı olarak rüzgar havanın yataydaki periyodik düzenli hareketidir. Makro ölçekte 30° enlemlerde ekvatora doğru kuzey doğudan, kutuplara doğru güney batıdan, bölgesel ve yöresel ölçeklerde ise gündüzleri denizden karaya, geceleri karadan denize esen rüzgarlar en karakteristik hava hareketleridir. Küresel ölçekte enlem etkisine bağlı olarak düzenli bir yapı gösteren rüzgarın yönü, hızı ve frekansı, bölgesel ölçekte kıyı ve kara özellikleri, yöresel ölçeklerde ise yüzey şekillerinden etkilenerek mevsime ve günün saatlerine göre sürekli değişim gösterir. Genel olarak atmosferin üst katmanlarda gerçekleşen hava hareketlerinin yıllık periyodik düzenliliği ve hızı yere yaklaştıkça yüzeyin yaptığı sürtünme ve sürüklenme etkilerinden dolayı anlık değişimler göstererek azalır. Bu nedenle



buharı miktarının gram olarak ağırlığıdır. İklim elemanı olarak ölçülen nem değeri ise havadaki bağıl nem oranını ifade eder. Havanın su buharı tutabilme kapasitesinin bir göstergesi olan bağıl nem oranı hava sıcaklığı ile doğru orantılı olarak artar. Bir başka ifade ile bağıl nem havanın sıcaklığa bağlı olarak değişen su buharı açığını göstermektedir. Örneğin 30°C sıcaklıktaki hava 10°C sıcaklıktaki havaya oranla üç kat daha fazla su buharı tutabilme kapasitesine sahiptir. Havadaki mutlak nem oranı sabit olduğunda ise hava sıcaklığı arttıkça bağıl nem oranı azalır. Örneğin 10°C sıcaklıktaki havada %100 olan bağıl nem oranı, 30°C sıcaklıktaki havada azalarak %28 olur (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Sıcaklığın artmasına bağlı olarak havanın su buharı tutabilme kapasitesindeki değişim oranı (a) mutlak nem oranı (b) bağıl nem oranı [Australian Government Bureau of Meteorology, 2007]

Mutlak nem oranı ekvatordan kutuplara doğru radyasyon şiddetinin, deniz seviyesinden yüksek kesimlere doğru hava sıcaklığının, denizlerden karaların iç kesimlerine doğru su ve bitki yüzeyinin azalmasına bağlı olarak düşer. Mutlak nemin yüksek olduğu alanlarda sıcaklık farkı azalırken, düşük olduğu alanlarda sıcaklık farkları artar. Havadaki mutlak nem oranı ve sıcaklığa göre değişen bağıl nem oranı kuru ve sıcak havada en yüksek değerine ulaşırken, soğuk ve nemli havada en düşük değerine ulaşmaktadır. Sert yüzey yoğunluğunun yüksek olduğu kentsel alanlarda gece saatlerinde hissedilen ısının daha az, gündüzleri ise daha fazla olmasına neden



olan bağıl nem oranı kentsel iklim özelliklerine etkisi açısından son derece önemli bir göstergedir.

## **2.2. Kentsel Doku Özelliklerinin (Kanopi, Kanyon, Yoğunluk, Biçim, Konut Adası) Kent İklimi Üzerine Etkisi**

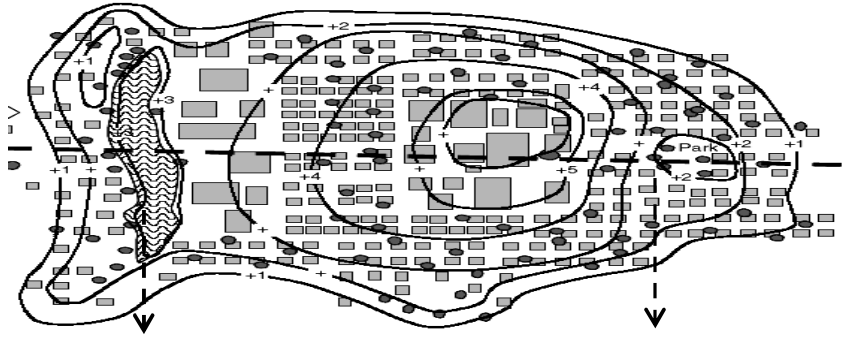
Kentsel alanlardaki iklimsel koşulların kırsal alanlardakinden farkı Roma kadar erken dönemlerde fark edilen bir olguydu. Bu farklılığa ilişkin ilk göstergeler Howard'ın 1820'de Londra'da, Renou'nun ise 1855'de Paris'te belirledikleri ısı adaları ile elde edilmiştir [Landsberg, 1981]. Kentlerin bölgesel, yöresel ve yerel iklim özelliklerini etkileme düzeyi, yapılan araştırmaların çoğalmasıyla ayrıntılı olarak ortaya konmuştur [Williamson ve Erell, 2001]. Büyüklüğüne göre kentsel alanlarda kırsal alanlara oranla ortalama 0,5-4°C daha fazla sıcaklık, %25 daha az rüzgar hızı, %2-8 daha düşük nem oranı, %15-30 daha az radyasyon oranı, %5-10 arası daha fazla bulutlanma ve %30-100 oranında daha yoğun sis görülmesi pek çok farklı kentte yapılan araştırmalardan elde edilen ortak bulgulardır [Mills, 2004]. Bununla birlikte, kentsel alanda kentsel doku özelliklerine bağlı olarak etkilenen radyasyon, sıcaklık, rüzgar ve nem oranı kontrol edilebilen iklim elemanları olarak önem kazanmaktadır. Ancak kentsel dokunun kentsel iklimi etkileyen morfolojik özelliklerinin iklim elemanları ile ilişkilerin doğrusal olmaması, araştırmalar açısından kent bütününe yönelik genel yaklaşımları yetersiz kılmaktadır [ENVI-met, 2008]. Bu nedenle kentsel alanda yapılan araştırmalar kentsel doku bütününi temsil edebilecek mekansal değişkenlerin belirlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu bölümde kentsel dokuyu temsil edilebileceği öngörülen kentsel kanopi, yoğunluk, yapılaşma biçimi, konut adası, kentsel kanyon ve konut özelliklerini ele alarak, kentsel özelliklerin iklim elemanları üzerine etkisini araştıran çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelenmektedir.

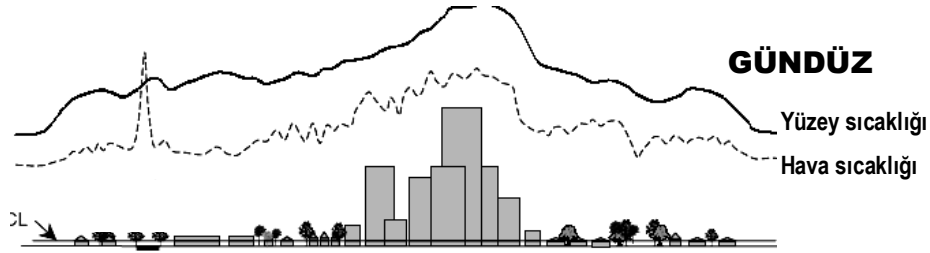
### Kentsel kanopi

Kentsel iklim araştırmalarında kentsel dokunun bütününi kapsayan kentsel kanopi yerden konutların çatı seviyesine kadar olan alanı içerir. Yüzey ve malzeme özelliklerine bağlı olarak radyasyon, sıcaklık, rüzgar ve nem gibi iklim elemanlarını etkileyen bu alan aynı zamanda kentsel iklim sınırlarını da belirlemektedir. Kanopinin kentsel iklim özelliklerini etkileme düzeyi ise büyük oranda kanopi alanının büyüklüğü ve yoğunluğu tarafından belirlenmektedir. Kanopi alanında konut yoğunluğunun artışı hava sıcaklığının artmasına, ortalama yükseklik artışı rüzgar hızının yavaşlamasına ve sert yüzey oranının artması ise bağlı nem oranının azalmasına etki eder. Güneşten gelen radyasyonun önemli bir bölümü çatılar ve duvarlarda tutulurken, ancak sınırlı bir bölümü yere ulaşabilmektedir. Tutulan radyasyonun miktarı ise yüzeyin özelliklerine göre farklılıklar gösterir. Yüzeyde tutulan enerjinin önemli bir bölümü hissedilen ve gizli sıcaklık olarak havaya iletilmektedir. Buna göre yüzey özellikleri ile birlikte hava sıcaklığı da değişmektedir.

Örneğin ısı depolama kapasitesi yüksek, iletme katsayısı düşük su yüzeyleri ve yeşil alanlarda enerji miktarının önemli bir bölümünün buharlaşmaya harcanması hava sıcaklığının azalmasına etki ederken, duvar ve yol gibi ısı depolama kapasitesi düşük, iletme katsayısı yüksek yüzeyler hava sıcaklığının artmasına neden olmaktadır (Şekil 2.15). Özellikle gündüz saatlerinde radyasyon şiddetine bağlı olarak artan yüzey sıcaklığının akşam saatlerinde hava sıcaklığından daha çabuk düşmesi, gece saatlerinde hava sıcaklığının yüzey sıcaklığından daha fazla hissedilmesine neden olmaktadır (Şekil 2.16). Oluşan bu farklılık homojen olmayıp, yapılaşma yoğunluğunun daha fazla olduğu merkezden çevreye doğru azalırken yeşil alanlar ve su yüzeyleri gibi ısı tutma kapasitesi yüksek olan yüzeylerin bu farklılaşmayı önemli oranda etkiler (Şekil 2.17).



Şekil 2.15. Kırsal alandan kent merkezine doğru en dışta 1°C, en içte ise 6°C'ye ulaşan artan sıcaklık eğrileri ile su ve yeşil yüzeylerinin bu dağılıma etkisi [Actionbioscience, 2008]



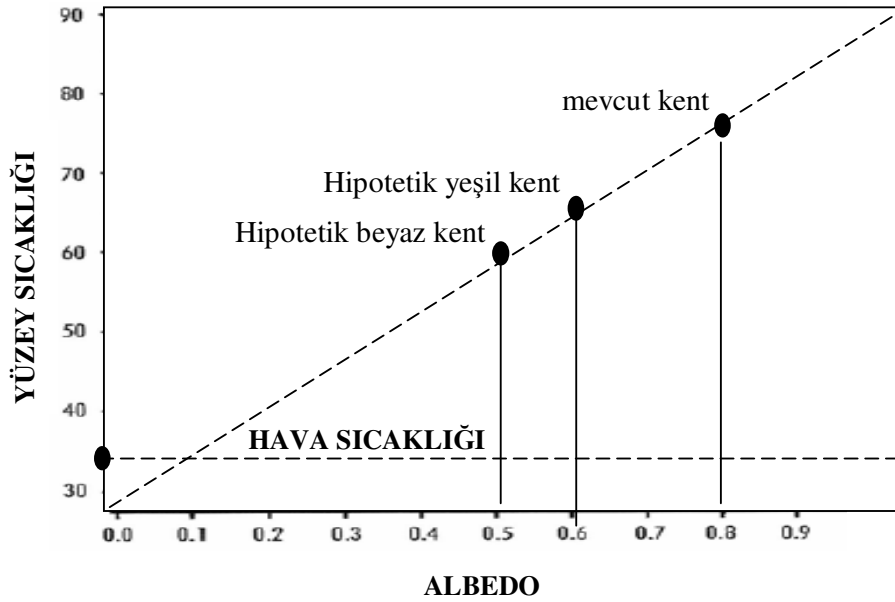
Şekil 2.16. Gündüz saatlerinde hava sıcaklığı ile yüzey sıcaklık farkı [Actionbioscience, 2008]



Şekil 2.17. Gece saatlerinde hava sıcaklığı ile yüzey sıcaklık farkı [Actionbioscience, 2008]

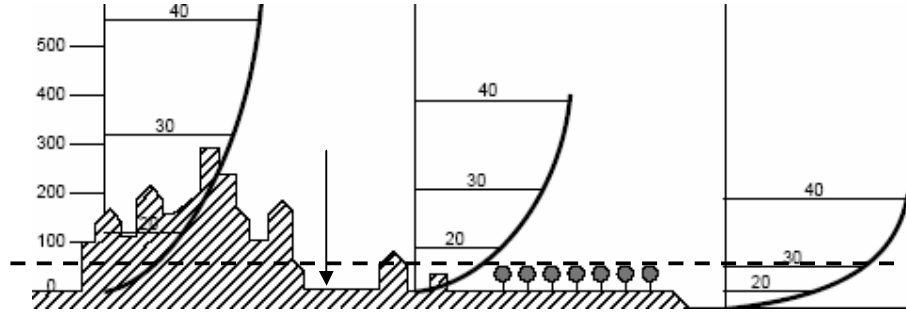
Yüzey sıcaklığı ve hava sıcaklığını önemli ölçüde etkileyen faktörlerden birisi de kanopi yüzeyin albedo değeridir. Yüzeyin yansıtma katsayısını gösteren albedo değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Yapılan bir araştırmada albedo değeri 0,25 olan, beyaz renk ile boyanmış hipotetik bir kent yüzeyinin albedo değeri kent dokusunun gölge ortalaması ile yaklaşık 0,5'e yükselmiştir. Ortalama albedo değeri 0,8 olan mevcut bir kent yüzeyi ile karşılaştırıldığında 0,3'lük bir artışın 20°C' lik ısı

farkına neden olduğu belirlenmiştir. Ortalama hava sıcaklığının 30°C'nin biraz üzerinde olduğu varsayılan deney ortamında 20°C'lik ısı farkı albedo değerinin etki düzeyini göstermektedir (Şekil 2.18). Albedo hesaplama modeli (ACM) ile yapılan araştırmada kentsel alanda sıcaklık etkileri açısından yatay yüzeylerin düşey yüzeylerden daha önemli olduğu vurgulanmıştır [Chimklai ve ark., 2004].



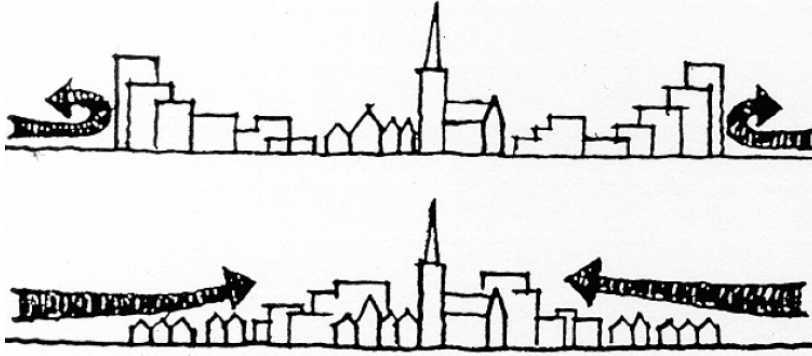
Şekil 2.18. Farklı renklere boyalı hipotetik bir kent yüzeyi ile tipik bir kent yüzeyinin sıcaklık farkları [Chimklai ve ark., 2004]

Kanopinin önemli ölçüde etkilediği bir diğer iklim elemanı ise rüzgardır. Rüzgar, yapılaşma dokusunun ortalama yüksekliği ile konutlar arasındaki mesafe ve yükseklik farkına bağlı olarak etkilenen bir iklim elemanıdır. Bu parametrelere bağlı olarak rüzgarın hızı ve yönü değişmektedir. Kuramsal olarak kanopiyi oluşturan konutların çatı seviyesinin ortalama yüksekliği ( $Z_d$ ) bölgesel rüzgar hareketleri açısından zemin hizası olarak kabul edilmektedir. Bunun nedeni kanopinin rüzgara karşı bir tepe oluşturarak yaptığı sürtünme etkisidir. Ortalama çatı yüksekliği ise bu tepenin üst yüzeyini temsil etmektedir. Bu nedenle rüzgarın hızı yer seviyesini oluşturan çatı seviyesinde önemli ölçüde azalmaktadır. Örneğin kırsal alanda yaklaşık 50 m yükseklikte 30 m/sn hızla esen bir rüzgar kent çevresinden merkezine doğru logaritmik bir eğri çizerek azalır (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. Kanopi alanında konut yoğunluğu ve yüksekliğinin rüzgar hızına etkisi  
[Climate Booklet for Urban Development, 2008]

Kentsel örtünün rüzgara karşı gösterdiği bir diğer önemli etki ise sürüklenme etkisidir (drag effect). Konutların rüzgara bakan ön yüzeyleri rüzgara karşı büyük bir direnç uygulayarak rüzgarın hızı ile birlikte yönünü de etkilemektedir. Bu durum da kanopi içerisindeki konutların yüksekliği, dağılım şekline göre gelen rüzgarın yönünü etkiler (Şekil 2.20).

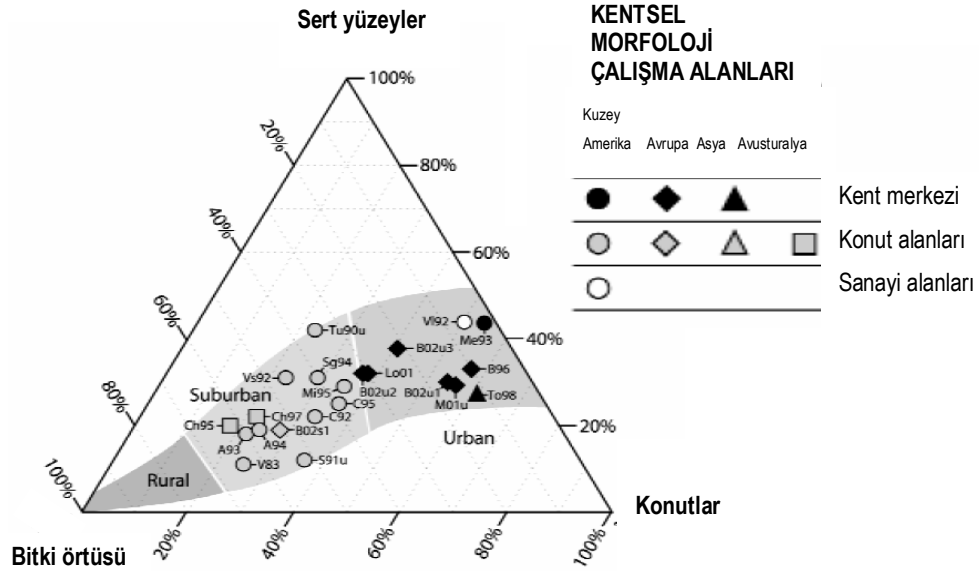


Şekil 2.20. Konut yüksekliklerinin kanopi içindeki dağılımının rüzgar yönüne etkisi  
[Climate Booklet for Urban Development, 2008]

### Yoğunluk

Kanopi alanının yoğunluğu kentsel iklimi etkileyen en önemli faktördür. Ancak kanopi alanını oluşturan mekansal elemanların çeşitliliğine göre değişen yoğunluk değerleri ve etkileri de farklı olabilmektedir. Konutlar ile taşıt ve yaya yollarının oluşturduğu sert yüzey yoğunluğu yüzey sıcaklığını artırırken, bitki örtüsü ve yeşil alan yoğunluğu gölgeleme ve nem oranını etkileyerek hava sıcaklığını azaltmaktadır.

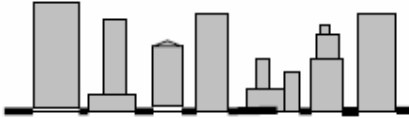
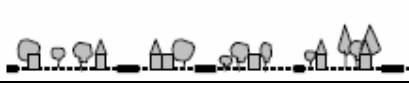
Dünyada farklı bölgelerdeki kentlerde iklimi etkileme düzeyine göre yoğunluk özelliklerine ilişkin yapılan bir araştırmada oldukça farklı yoğunluk değerleri belirlenmiştir. Araştırılan kentlerde yoğunluk türleri kent merkezi, konut alanı ve sanayi alanı gibi farklı kentsel alan kullanımları ile ilişkilendirilerek daha da ayrıntılı olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Yoğunluk özelliklerinin sert yüzey, yeşil alan ve konutlar olarak üç başlık altında araştırıldığı çalışmada Kuzey Amerika'da sanayi alanlarının Amerika'daki kent merkezleri ile Avrupa'daki kentlerin ortalamasına yakın bir yoğunluk oranı gösterdiği bulunmuştur [Piringer ve Joffre, 2004] (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Kentlerdeki yoğunluk dağılımlarının kıtalara göre farklılaşma oranı [Piringer ve Joffre, 2004]

Kentler arasındaki yoğunluk özellikleri farklılaşsa da yapılaşma yoğunluğunun kentlerin merkezinden çevresine doğru azaldığını varsayan bir başka araştırma kanopi alanı içerisindeki yoğunluk farklarının kentsel iklime etki düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır. Kanopi alanında yapılaşma yüzdesi ve çekme mesafelerinin değişken olarak kabul edildiği bir çalışmada iklimi etkileme düzeyine göre 7 farklı yoğunluk sınıflandırması yapılmıştır [Oke, 2004]. Çizelgeye göre yoğunluk azaldıkça iklimi etkileme oranı da azalmaktadır (Çizelge 2.1).

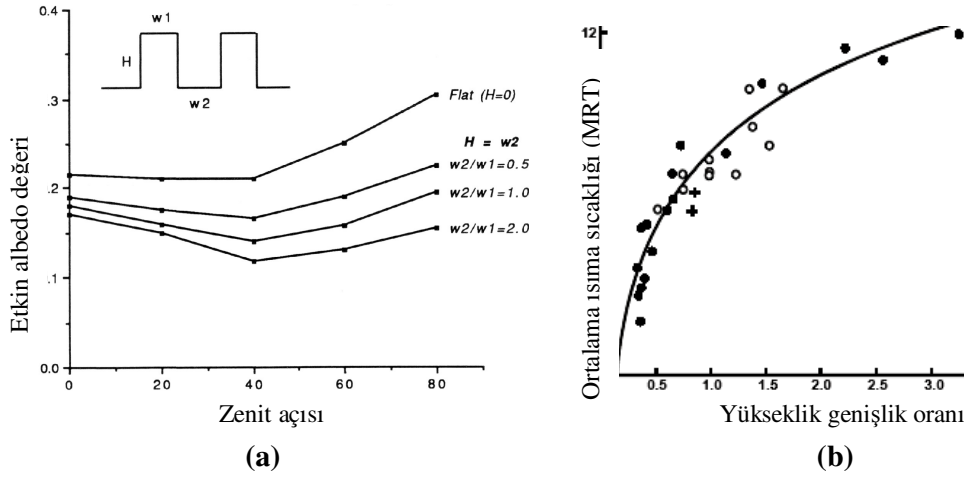
Çizelge 2.1. Kentsel iklimi etkileme düzeyine göre kentsel yoğunluk bölgelerinin sınıflandırılması [Oke, 2004]

| KENTSEL İKLİM BÖLGELERİ                                                                                    | GÖRÜNÜM                                                                              | pS | H/W      | YAPILAŞMA YÜZDESİ% |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|----------|--------------------|
| 1-YÜKSEK YOĞUNLUKTA GELİŞMİŞ KENTSEL ALAN<br>(Sık ve Yüksek Konut Blokları)                                |    | 8  | >2,0     | >90                |
| 2- YÜKSEK YOĞUNLUKTA GELİŞMİŞ KENTSEL ALAN<br>(2-5 Katlı Sık veya Bitişik Konut Blokları)                  |    | 7  | 1,0-2,5  | >85                |
| 3- ORTA YOĞUNLUKTA GELİŞMİŞ KENTSEL ALAN<br>(Bitişik Veya Ayrık Düzendeki Yapılmış Kentsel Konut Alanları) |    | 7  | 0,5-1,5  | 70-85              |
| 4- ORTA VEYA DÜŞÜK YOĞUNLUKTA GELİŞMİŞ KENTSEL ALAN<br>(Az Katlı Büyük Konut Blokları)                     |    | 5  | 0,5-0,2  | 70-95              |
| 5- DÜŞÜK YOĞUNLUKTA KONUT GELİŞME ALANI<br>(Düşük Yoğunluklu 1-2 Katlı Banliyö Evleri)                     |  | 6  | 0,05-0,2 | 35-65              |
| 6- GENİŞ YEŞİL PEYZAJ İÇERİSİNDE BÜYÜK KONUTLAR (Hastane, Üniversite, Havaalanı)                           |  | 5  | 0,1-0,5  | <40                |
| 7-YARI KIRSAL GELİŞME ALANI (Tek Katlı Seyrek Konutlar)                                                    |  | 4  | >0,05    | <10                |

### Yapılaşma düzeni

Kanopi alanında yoğunluk kadar yapılaşma özellikleri de kentsel iklimi etkileyen önemli bir faktördür. Yoğunluk ve yüksekliğin değişmediği bir düzenlemede, konutların geometrik özellikleri ile aralarındaki mesafelerin değişmesi tutulan radyasyon düzeyine bağlı olarak ortalama yüzey ve hava sıcaklığı ile rüzgar hareketlerini etkilemektedir. Bu açıdan gökyüzü görüş faktörü (sky view factor-SVF) yapılaşma düzeninin hava sıcaklığına etkisi açısından önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Konutlar arası mesafe arttıkça, yüzey ve hava sıcaklığı da artmaktadır. Şekil 2.22’de değeri 0 ve 1 arasında değişen gökyüzü görüş faktörü ile

0,5-3 değeri arasında değişen yükseklik/açıklık oranının hava sıcaklığına ve etkin albedo değerine etkisi görülmektedir [Aida, 1982].

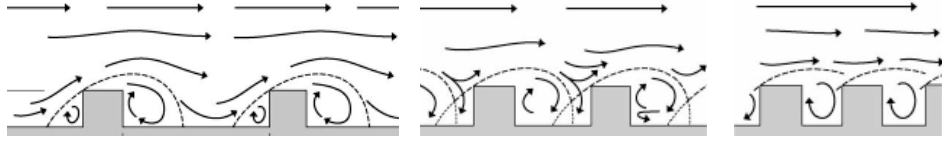


Şekil 2.22. Gökyüzü görüş faktörünün (a) etkin albedo değerine (b) ortalama ısıma sıcaklığına etkisi [Aida, 1982]

Yapılaşma düzeni rüzgar hareketlerini de önemli ölçüde etkilemektedir. Buna bağlı olarak konutlar arasındaki mesafenin değişmesine bağlı olarak kanopi alanı üzerinde çatı seviyesinde hızı yavaşlayan rüzgarın konutlara etkisi de farklılaşmaktadır [Oke, 1988]. Konutlar arası uzaklık konut yüksekliğinin yarısı kadar olduğunda konutlar rüzgarı perdelemekte ve bu uzaklığın yüksekliğin dört katına ulaşmasından sonra da rüzgar doğal hızına ulaşmaktadır.

Benzer etki yönlenme farklılıklarına bağlı olarak da gerçekleşir. Rüzgara karşı konutların dik veya açılı konumlanmaları rüzgarın hızını ve yönünü de etkilemektedir. Konutlar ile  $45^\circ$  açı yaptığında rüzgar hızı çatı seviyesindeki hızına ulaşırken,  $90^\circ$  açıda hızının yaklaşık iki kat azaldığı belirlenmiştir [Elnahas, 2003]. Araştırmalarda konutların birlikte konumlanmalarına bağlı olarak rüzgarın gölge alanı ve doku içerisindeki dağılımının da değiştiği belirlenmiştir (Şekil 2.23).

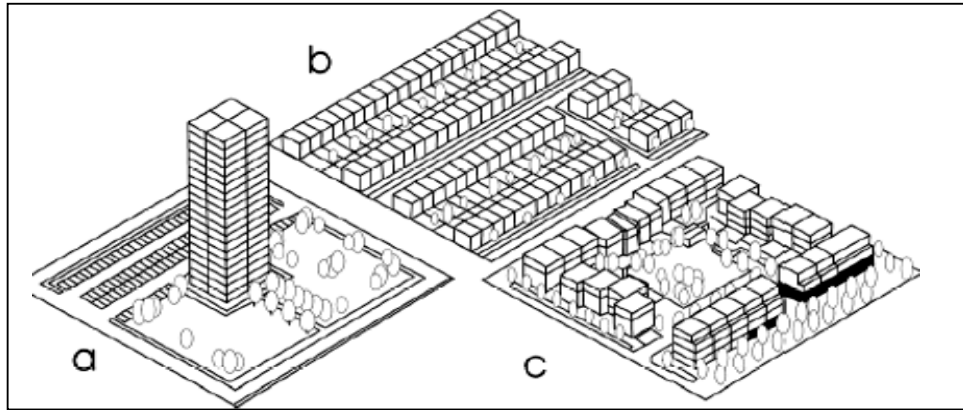




Şekil 2.23. Konutların aralarındaki açıklık ve yükseklik ilişkisine göre değişen rüzgar hareketleri [Hosker, 1985]

### Konut adası biçimi

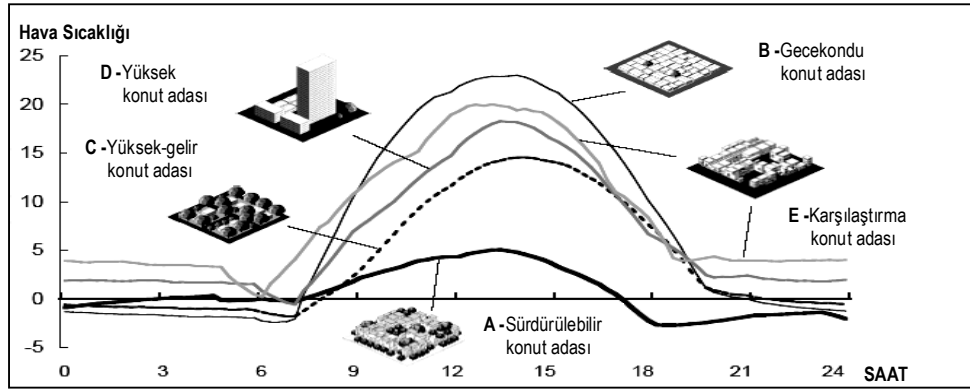
Kentsel kanopi alanı içerisinde taşıt yolları ile sınırlanmış mekansal birimler olan konut adaları, konut ve bitki örtüsü yoğunluğu ile yapılaşma düzenine bağlı olarak kentsel iklim elemanlarını çok boyutlu etkilemektedir. Bunun nedeni ise konut adasını oluşturan mekansal elemanların ve farklı yüzey özelliklerinin ada içerisinde dağılımındaki farklılıklardır. 1999 yılında Andrew Wright Associates tarafından hazırlanan “Urban Task Force” başlıklı bir raporda 75 konuttan oluşan bir konut adası, yoğunlukları aynı üç ayrı konut adası ile karşılaştırılarak, konut özellikleri ile birlikte otopark, ağaçlandırma ve yeşil alan gibi işlevsel özelliklerin mikroklimatik etkileri değerlendirilmiştir [Biddulph, 2007] (Şekil 2.24). Yapılan karşılaştırmada üç farklı öneriden “C” seçeneğinin istenilen sonuçları verdiği belirtilmiştir.



Şekil 2.24. 75 konut/hektar yoğunluğundaki bir konut adası için farklı çözüm önerileri [Biddulph, 2007]

Hoyano ve ark. (2004) tarafından yapılan bir araştırmada konut adası ölçeğinde de ısı adası etkisinin oluşabileceği belirlenmiştir (Şekil 2.25). Beş farklı konut adası

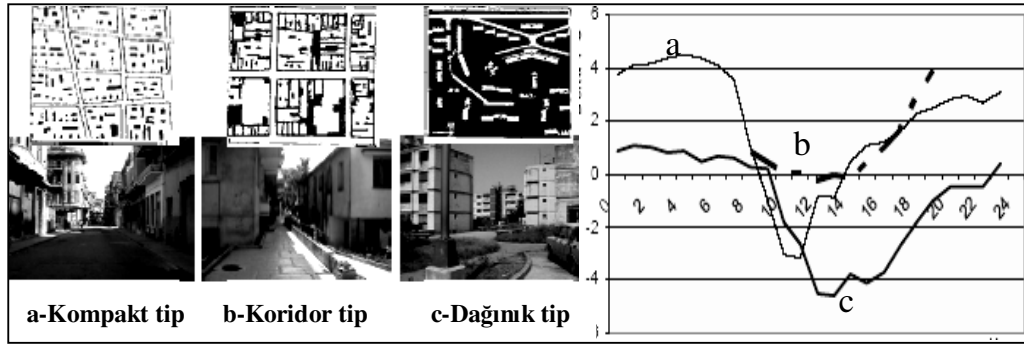
örneğin karşılaştırıldığı araştırmada, yoğunluk ve yapılaşma özelliklerinin yüzey ve hava sıcaklığına etkileri karşılaştırılmıştır. En düşük yoğunluktaki az katlı gecekondu dokusunun en yüksek yüzey sıcaklık değerini verdiği karşılaştırmada, çatı yüzey yoğunluğunun kentsel ısı dengesine etkisini göstermek açısından önemli bulgular elde edilmiştir. Aynı araştırmada çatı yüzeylerinin tamamen bitkilendirildiği öneri model ile aynı yoğunluktaki konut alanı karşılaştırıldığında yaklaşık 20°C sıcaklık farkı ortaya çıkmıştır [Hoyano ve ark., 2004]. Böylece konut adalarının bir araya gelmeleri durumunda oluşacak sıcaklık düzeyinin kanopi alanına etkisinin daha da artacağı vurgulanmaktadır.



Şekil 2.25. Konut adası tiplerinin ısı adası etkisi [Hoyano ve ark., 2004]

Bir başka araştırmada yeşil dokunun yoğunluğu ve alan içerisindeki dağılımının hava sıcaklığı üzerine önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Dört farklı jenerik örnek üzerinde yapılan bu araştırmada, özellikle sıcak iklim bölgelerinde %10 yeşil alan artışının hava sıcaklığında yaklaşık 1 Kelvin kadar azalma sağladığı belirtilmiştir [Dimoudi ve Nikolopoulou, 2003]. Asawa ve arkadaşları (2004) tarafından geliştirilen bir simülasyon modeli ile de ada içerisinde yüzeylerin hava sıcaklığına etkileri analiz edilerek değişimleri hesaplanmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak sıcak-nemli iklim bölgelerinde konut geometrisi ve çekme mesafelerinin mikroklimatik düzeyde peyzajdan daha etkin bir faktör olduğu vurgulanmıştır [Shashua-Bar ve ark., 2004]. Bunun nedeni ise mutlak nem oranı yüksekliğine bağlı olarak yeşil alanın sağladığı buharlaşma ve soğutma etkisinin azalmasıdır.

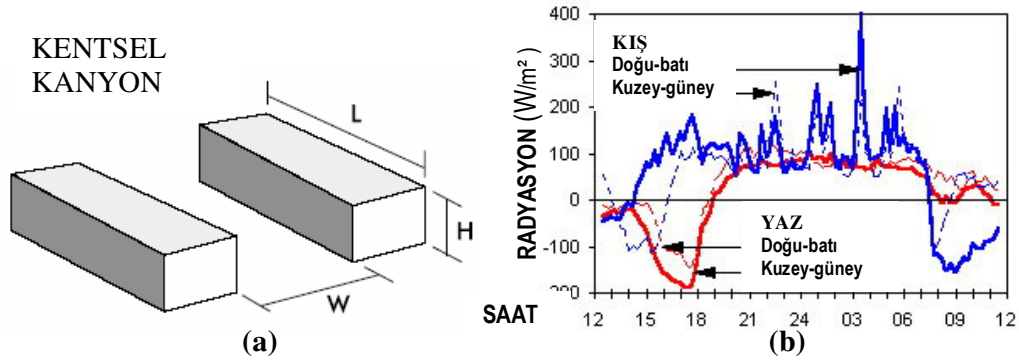
İçerdiği pek çok mekansal faktörün iklim elemanlarını farklı yönlerden etkilemeleri, konutlarla kentsel örtü arasında önemli bir bağ oluşturan konut adalarına ve bir araya geliş biçimlerine kentsel iklim açısından ayrı bir önem kazandırmaktadır. Bu konuda kentsel morfolojik özellikleri etkileyen üç farklı ada tipolojisinin karşılaştırıldığı bir araştırmada, geleneksel kompakt yapılaşma düzeninin sıcak iklim bölgelerindeki hava sıcaklığı açısından etkinliği, diğer ada tipleri ile karşılaştırılmıştır [Diaz ve ark., 2006]. Araştırmada hava sıcaklığı açısından bu ada tipleri arasında önemli farklar bulunmuş ve geleneksel kompakt ada biçiminin bu iklim bölgesinde en etkin değerleri verdiği vurgulanmıştır (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Farklı ada tiplerinin kentsel dokuda oluşan sıcaklık farklarına etkileri [Diaz ve ark., 2006]

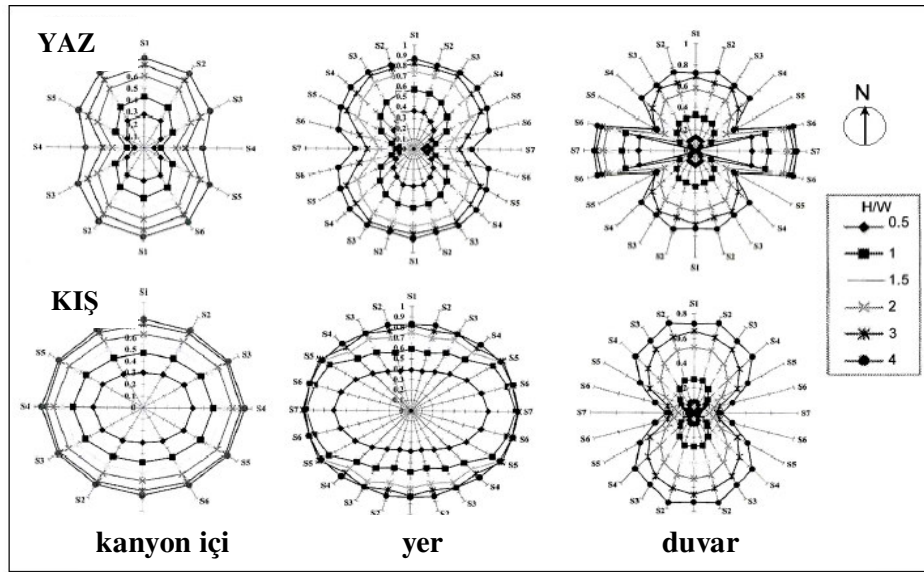
### Kentsel kanyon

Kentsel kanyon konutlar arasındaki yatay ve düşey yüzeyler ile bu yüzeylerin sınırladığı boşluktan oluşan en küçük mekansal birim olarak tanımlanmıştır [Oke, 1987]. Kanyonların yönü ve geometrik özellikleri kentsel kanopi alanının bütününe ısı dengesi açısından önemli etkiler yapmaktadır. Kanyon alanının uzunluk, yükseklik ve genişlik oranı (aspect ratio-H/W) ile yönü, radyasyon miktarı, yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı ve rüzgar hareketlerini etkileyen en önemli faktörlerdir (Şekil 2.27).



Şekil 2.27. Mevsim ve yön farklarına göre (a) kentsel kanyon (b) kentsel kanyonda radyasyon miktarında ölçülen saatlik değişimler [Pearlmutter, 1998]

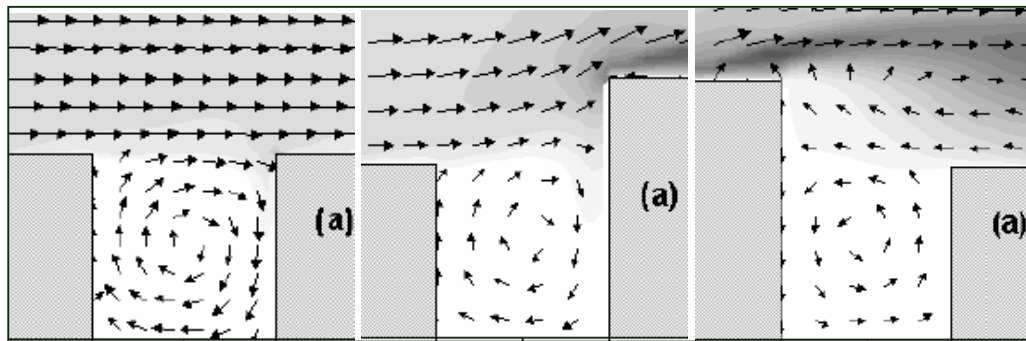
Bu değişkenlerin etkileri ise enleme ve iklim özelliklerine göre farklılıklar göstermektedir. Bu konuda yapılan araştırmalardan birinde kuzey yarıkürede  $33^\circ$  enlemde, konutlar arasındaki mesafelerin yönlenmeye bağlı olarak yaz ve kış aylarında yer ve duvar yüzeylerinin aylık ortalama ısıma ve gölge düzeyine etkisi belirlenmiştir. Çalışmada farklı yön ve genişlikteki kanyonların mevsime göre yüzey ve hava sıcaklık farklarına etkisi ölçülerek,  $33^\circ$  enlem için optimum yön ve boyutlar ortaya konmuştur (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. Kuzey yarıküre  $33^\circ$  enlemde yükseklik ve genişlik ( $H/W$ ) oranları 0,5, 1, 1,5, 2, 3 ve 4 olan kanyonlarda kanyon içi, yer ve duvar yüzeylerinde yaz ve kış dönemi için ortalama radyasyon düzeyi [Bourbia ve Awbi, 2004]

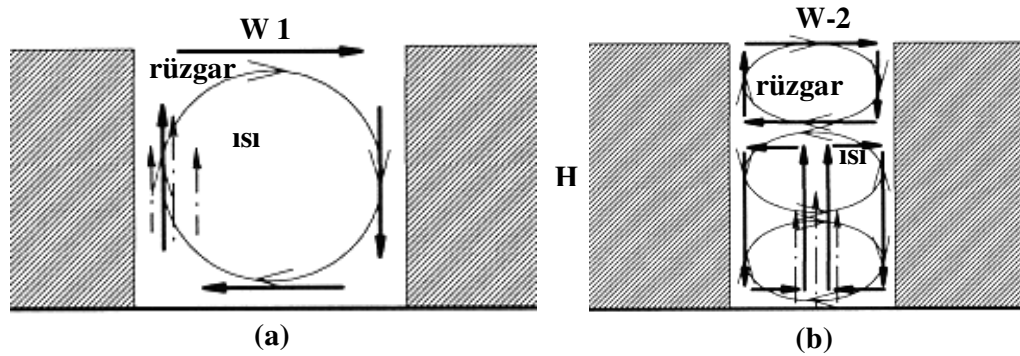
Kanyon içerisinde konutlar arası mesafe azaldıkça yer ve duvarlar tarafından yayılan uzun dalga ısımanın önemli bir bölümünün içeride kalması, yüzey enerji dengesinin bozulmasına ve hissedilen ısıнын artmasına neden olmaktadır. Bu ve benzer araştırmaların önemli bir bölümünde, konutlar arasındaki mesafenin yöne bağlı olarak sıcaklığı etkilediği ve güney, güney-doğu ve güney-batı yönlerinde en fazla sıcaklık farklarının olduğu belirlenmiştir. Ekvatora doğru yön faktörünün, kutuplara doğru ise konutlar arasındaki mesafelerin önemi azalmaktadır. Ekvatora doğru doğu-batı yönlerine dik, kutuplara doğru ise doğu-batı yönlerine paralel kanyonlar optimum yönler olarak kabul edilmektedir [Bournbia ve Awbi, 2004].

Kentsel kanyonlar ısı hareketleri ile birlikte hava hareketlerini de önemli ölçüde etkilemektedir. Rüzgarın hızı kanyon içinde yere doğru azalırken, yüzeyler arasında oluşan basınç farkları türbülanslara neden olmaktadır. Kanyonun rüzgara yatay etkisi rüzgarı alış açısına göre dik, eğik ve paralel olarak değişmektedir. Rüzgar kanyona paralel olarak geldiğinde hızı içeride daha da artarken, eğik bir açı yaparak geldiğinde rüzgarın hızı azalmakla birlikte yukarıdan aşağıya doğru çapraz girdapların oluşturduğu türbülanslar ortaya çıkmaktadır. Rüzgar dik olarak geldiğinde ise, rüzgarın kanyon içindeki hızı konutlar tarafından engellenerek azalmaktadır. Yataydaki bu etkilere kanyon yüzeyleri arasında yükseklik farkı ve çatı biçimi gibi düşey faktörlerin de eklenmesiyle, rüzgarın yönü ve hızı daha da karmaşık hale gelmektedir. Konutlar arasındaki yükseklik farkları rüzgarın hızını ve yönünü etkileyerek anafollara ve girdaplara neden olmaktadır (Şekil 2.29).



Şekil 2.29. Kanyon yüzeyleri arasındaki yükseklik farklarının hava hareketlerine etkisi [Santiago ve Martin, 2005]

Kanyon içerisinde ısı ve hava hareketleri bir arada etkileşerek çok daha karmaşık türbülanslara neden olmaktadır. Kanyon içerisinde yer, duvar ve çatı yüzeyleri arasında oluşan yüzey sıcaklık farkları, kanyona gelen rüzgarla birlikte günün saatlerine göre değişen ısı akışlarına neden olur. Rüzgara bağlı mekanik hareketler ile radyasyona bağlı termal hareketlerin bileşkesi, konutlar arasındaki mesafeye bağlı olarak değişmektedir [Kim ve Baik, 1999] (Şekil 2.30).

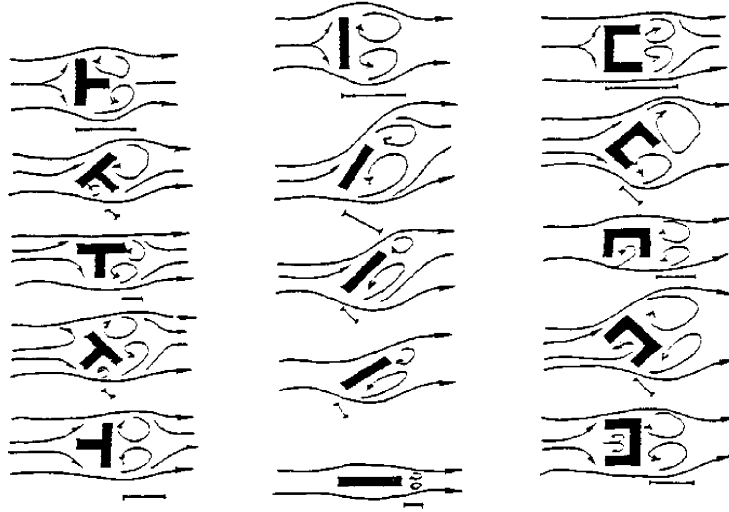


Şekil 2.30. (a) H/W oranı 1 (b) H/W oranı 0,5 olan kanyonlarda yüzey sıcaklıkları ile rüzgarın oluşan türbülans farklarına birlikte etkisi [Kim ve Baik, 1999]

### Konut özellikleri

Her konut biçimi, boyut ve malzeme özelliklerine göre radyasyon düzeyi, sıcaklık ve rüzgar gibi iklim elemanlarını etkileyerek, yakın çevresinde mikroklimatik özellikler açısından birbirinden oldukça farklı alanlar oluşturur. Bu konuda Weng (2001) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, uydu aracılığı ile alınan termal fotoğraflarda kentsel alanda, yüzey ısısında 120 m aralıklarla önemli farklar olduğu ortaya konmuştur. Bir başka araştırmada Nicol (1996) mikroklimatik açıdan yüzey ve hava sıcaklığının tek bir konut adası, konut cephesi, hatta birkaç ağaçtan oluşan ağaç kümesinde bile farklılaşabildiğini göstermiştir. Konutlar, yeri, konumu ve geometrik özellikleri ile mikroklima özellikleri açısından yalnızca kendi kabuk çevresini değil, yakınındaki konutları da etkileyebilmektedir. Bunlardan güneş ve rüzgar gölgeleri en önemli etkilerdir. albedo değerine bağlı olarak gelen radyasyonu tutma, yansıtma ve dağıtma düzeyleri de konutları, gelen güneş ışınlarını yönlendirmede önemli birer faktör haline getirir. Bu yönlendirme etkisi rüzgar için de geçerlidir. Konutun konumu, yönü, biçimi ve boyutları rüzgar hareketlerine yön verirken, yüzeylerinde

oluşan basınç farkları şiddetli türbülanslara neden olmaktadır. Bu özellikleri ile kanopi alanını oluşturan konutların kentsel iklime doğrudan olmasa da bir araya gelerek yaptığı dolaylı etkiler önemli bir düzeye ulaşmaktadır (Şekil 2.31).



Şekil 2.31. Konut geometrik özelliklerinin rüzgar hareketlerine etkisi [WBDG, 2008]

#### Kentsel iklimi etkileyen morfolojik parametreler

Kentsel alanda farklı ölçeklerde yer alan mekansal eleman ve özelliklerin kentsel iklime etkileri farklı disiplinlerde pek çok araştırmaya konu olmuştur. Bununla birlikte malzeme renginden, kentsel kanopi alanının bütününe kadar kentsel iklimi etkileyen mekansal değişkenlerin ve göstergelerin belirlenmesi halen devam eden bir süreçtir. Farklı kentler ve iklim özelliklerine yönelik olarak planlama, tasarım ve iklimbilim alanlarında yapılan ortak çalışmalar ile kentsel iklimi etkileyen parametreler kesinlik kazanmaya başlamıştır. Bunlardan Shepherd ve Burian tarafından yapılan araştırmada kentsel iklime etki eden kanopi, konut özellikleri, bitki örtüsü ve diğer faktörler olmak üzere dört ana başlık altında 23 parametre belirlenmiştir [Shepherd ve Burian, 2003] (Çizelge 2.2).

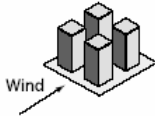
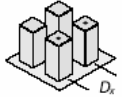
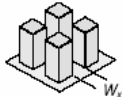
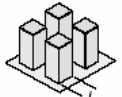
Çizelge 2.2. Kentsel iklimi etkileyen mekansal faktörler [Shepherd ve Burian, 2003]

| <b>KENTSEL İKLİMİ ETKİLEYEN MEKANSAL FAKTÖRLER</b> |                                                    |                                      |                                            |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>KANOPI</b>                                      | <b>KONUT</b>                                       | <b>BİTKİ</b>                         | <b>DİĞER</b>                               |
| Gökyüzü Görüş Faktörü (Sky View Factor)            | Taban Alanı<br>Ağırlıklı Ortalama Konut Yüksekliği | Ağaç Üst Yüzey Yoğunluğu             | Doğrudan Bağlantılı Geçirimsiz Yüzey Alanı |
| Kanopi Üst Yüzeyi Yoğunluğu                        | Konutun En–Boy Oranı                               | Ağaç Ön Yüzey Yoğunluğu              | Doğal ve yapay yüzey oranı                 |
| Ortalama Örtü Yüksekliği                           | Ortalama konut yüksekliği                          | Ağaç yüksekliği ağırlıklı ortalaması | Yapı malzemesi ve Renk                     |
| Pürüzlülük Boyu                                    | Konut Ön Cephe Yüzey Yoğunluğu                     | Yeşil Alan Yoğunluğu                 | Caddelerin Ortalama Yönü                   |
| Örtü Alanı Yoğunluğu                               | TAKS                                               | -                                    | -                                          |
| Örtü Ön Yüzey Yoğunluğu                            | Konut Yüksekliği Standart Sapması                  | -                                    | -                                          |
| Kanopi Yerden Yüksekliği                           | Çatı Yüzeyi Yoğunluğu                              | -                                    | -                                          |
| -                                                  | Duvar Yüzeyi– Taban Alanı Oranı                    | -                                    | -                                          |

Avrupa’daki kentleri kapsayan kentsel iklim çalışmaları için Oke, Vogt ve Grimmond gibi çok sayıdaki araştırmacının, ortak bir veri tabanı ve parametre belirlemek üzere birlikte hazırladıkları bir raporda, kentsel alanda “yüzey” ve “üç boyutlu strüktür” olarak iki başlık altında toplanan 11 parametre belirlenmiştir [Piringer ve Joffre, 2004]. COST-715 adlı bu eylem raporunda belirlenen bu parametrelere ilişkin ortalama yoğunluk değerleri, kent merkezi ve çevresi için ayrı ayrı ölçülmüştür (Çizelge 2.3).



Çizelge 2.3. Kentsel iklimi etkileyen mekansal faktörler [Piringer ve Joffre, 2004]

| <b>A –ÜÇ BOYUTLU STRÜKTÜR</b> |                                                                |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Z_H$                         | <b>Konut ortalama yüksekliği</b>                               |    | Planlama alanındaki tüm konutların ortalama yüksekliği<br><b>MİA:</b> > 20 m<br><b>Merkez:</b> 8-20m<br><b>Çeper:</b> 4-8m                                                                                                            |
| $\lambda_F$                   | <b>Ön cephe yüzey alanı katsayısı</b>                          |    | Toplam konut ön yüzey alanının toplam alana oranı<br><b>MİA:</b> > 0,4<br><b>Merkez:</b> 0,1-0,6<br><b>Çeper:</b> 0,1-0,3                                                                                                             |
| $\lambda_C$                   | <b>Toplam yüzey alanı katsayısı</b>                            |    | Çatı ve duvar yüzeylerinin toplamının plan alanına oranı<br><b>MİA:</b> > 2<br><b>Merkez:</b> 1,5-2,0<br><b>Çeper:</b> 1,3-1,8                                                                                                        |
| $V_P$                         | <b>Konut hacim alanı katsayısı</b>                             |    | Toplam konut hacminin plan alanına oranı<br>$V_P = \lambda_P \cdot Z_H$<br><b>MİA:</b> >15 m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup><br><b>Merkez:</b> 3-15 m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup><br><b>Çeper:</b> 1-3m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> |
| $D_X$                         | <b>Mekansal elemanlar arası karakteristik noktasal uzaklık</b> |  | Rüzgar tüneli deneylerinde çatı yüzeyinin geometrik merkezleri arası ideal uzaklık<br>Yapılaşmış alanlarda bu değer ortalaması: $D_X = L_X + W_X$                                                                                     |
| $W_X$                         | <b>Karakteristik kanyon genişliği</b>                          |  | $Z_H / W_X$ oranı<br>Ort. konut yüksekliği $Z_H$<br>Ort.kanyon genişliği $W_X$                                                                                                                                                        |
| $\lambda_S$                   | <b>Kanyon boyutları (yükseklik-açıklık oranı)</b>              |                                                                                     | Konut ortalama yüksekliği ile kanyon genişlik oranı<br><b>MİA:</b> > 2<br><b>Merkez:</b> 0,5-2<br><b>Çeper:</b> 0,1-0,5                                                                                                               |
| $L_X$                         | <b>Karakteristik konut kenar genişliği</b>                     |  |                                                                                                                                                                                                                                       |
| $\lambda_B$                   | <b>Konut yükseklik ve açıklık oranı</b>                        |                                                                                     | $Z_H / W_X$ oranı<br>Ort. bina yüksekliği $Z_H$<br>Ort.kanyon genişliği $W_X$<br><b>MİA:</b> > 2<br><b>Merkez:</b> 1-3<br><b>Çeper:</b> <1                                                                                            |
| $\psi_s$                      | <b>Gökyüzü görüş faktörü</b>                                   |                                                                                     | Gökyüzünün duvarlarla engellenme oranını ifade eder.<br><b>Merkez:</b> 0,3-0,6<br><b>Çeper:</b> 0,6-0,9                                                                                                                               |

Çizelge 2.3 (Devam) Kentsel iklimi etkileyen mekansal faktörler  
[Piringer ve Joffre, 2004]

| <b>B -KENTSEL YÜZEY</b> |                                             |                                                                                   |                                                                                                        |                                               |
|-------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| $\lambda_P$             | <b>Taban alanı<br/>katsayısı<br/>(TAKS)</b> |  | Toplam konut taban veya çatı yüzey alanının planlanan alana oranı                                      | <b>Merkez:</b> %35-60<br><b>Çeper:</b> %15-40 |
| $\lambda_V$             | <b>Yeşil alan<br/>oranı</b>                 |  | Yeşil ve toprak yüzey alanının planlanan alana oranı                                                   | <b>Merkez:</b> %0-55<br><b>Çeper:</b> %35-70  |
| $\lambda_F$             | <b>Sert yüzey oranı</b>                     |  | Toplam sert yüzey alanının planlama alanına oranı (cadde ve sokaklar, otoparklar ve yaya kaldırımları) | <b>Merkez:</b> %20-50<br><b>Çeper:</b> %10-40 |

### 3. İKLİM VE ENERJİ İLİŞKİSİ

İklim özellikleri kentsel alanda enerji kullanımını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Bu etki genel olarak insan ve çevresi arasında bozulan termal dengenin ısıtma, soğutma ve/veya havalandırma ile dengelenme gereksiniminden kaynaklanmaktadır. Yere, mevsime ve günün saatine göre değişen hava koşullarının oldukça geniş bir farklılaşma aralığı oluşturmaya karşın, çok fazla değişim göstermeyen termal konfor sınırları oldukça dar bir alanı kapsamaktadır. Dolayısıyla hava koşulları ile konfor sınırları arasındaki aralığın sürekli değişmesi, bozulan termal dengenin sağlanması için gereken enerji kullanımı da etkilemektedir. Giyinme ve barınma bu aralığı azaltmaya yönelik pasif denetim yöntemlerinden en bilinen olanıdır. Bu pasif yöntemlerden etkin bir şekilde yararlanmanın yeterli olmadığı durumlarda ise destekleyici aktif çözümlere gereksinim duyulur. Bu durumda yerleşimlerin biçimlenmesinde konut kabuğu ve konutların bir araya gelerek oluşturduğu doku özelliklerinden etkilenen kentsel iklim, enerji kullanımını doğrudan etkileyen bir faktör haline gelmektedir. Bu amaçla bu bölümde bir önceki bölümde verilen bilgiler ışığında, kentsel iklim özelliklerinin kentsel enerji kullanımına etkisi incelenecektir.

#### 3.1. İklim Elemanlarının Enerji Kullanımına Etkisi

İnsan ve çevresi arasında sürekli olarak bir ısı enerjisi akışı vardır. Daima sıcaktan soğuğa doğru olan enerjinin akış yönü yaşanan yerin iklim özellikleri, bulunan yerin konumu ve günün saatlerine göre sürekli değişmekte, yaşanan bu değişim ise insan ile çevresi arasındaki termal ilişkinin sürekli dengelenmesini gerektirmektedir. Buna bağlı olarak soğuk iklim bölgelerinde ısınma, ılıman iklim bölgelerinde mevsime göre serinleme ve ısınma, sıcak iklim bölgelerinde ise serinleme gereksinimi artmaktadır. Bu ilişkinin en önemli göstergesi ise hava sıcaklığıdır. Ancak hava sıcaklığı hem radyasyon, rüzgar ve nem gibi diğer iklim elemanlarının, hem de mekansal elemanların arasındaki karmaşık etkileşim sürecinin bir sonucudur. Bu gereksinimleri etkileyen radyasyon, sıcaklık, rüzgar ve nem gibi iklim elemanları

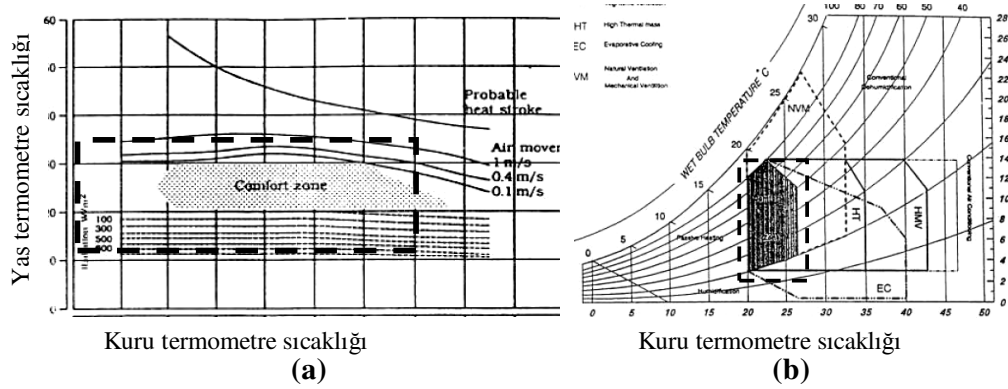
ve bir araya geliş biçimleri termal konforun sağlanmasına yönelik enerji kullanımını da etkilemektedir.

### İklimsel konfor bölgesi ve enerji kullanım ilişkisi

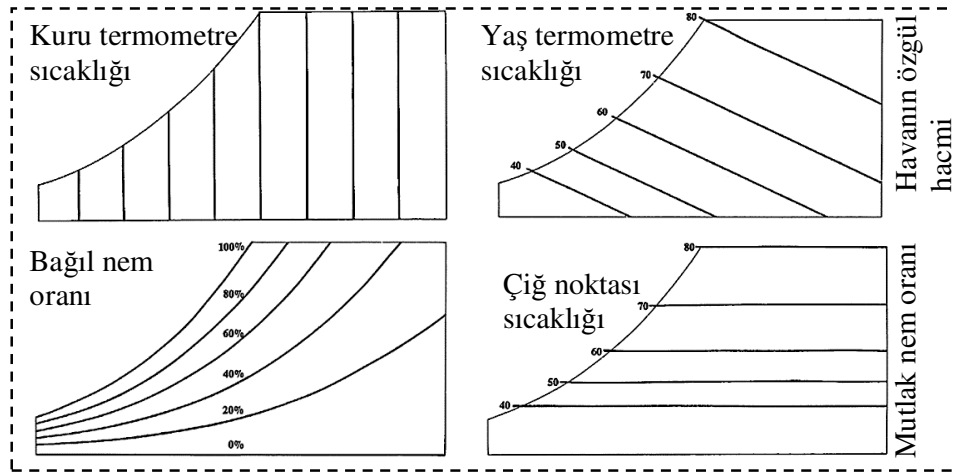
İklimsel konfor bölgesi dışardan herhangi bir enerji kaynağına gereksinim duymaksızın, doğal koşullarda vücut sıcaklığının çevre ile dengeli bir ilişki içerisinde olduğu aralığı tanımlar. İklimsel konfor bölgesini ilk olarak tanımlayanlardan Victor Olgyay'ın 1950'de geliştirdiği psikrometrik grafik, hava sıcaklığı, bağıl nem oranı ve rüzgar hızına göre değişen termal konfor aralığını göstermektedir (Şekil 3.1). Grafiğin ortasında yer alan konfor bölgesi, sıcaklık ve bağıl nem oranı ile birlikte alt sınıra doğru gölgelenme, üst sınıra doğru ise havalandırma için rüzgar gereksinimi artmaktadır [Olgyay, 1969].

Givoni (1976) tarafından geliştirilen biyoklimatik grafik ise kapalı mekanda iç hava koşullarının dış hava koşullarına göre tahmini değerlerini belirlemek üzere tasarlanmıştır (Şekil 3.1). Bu nedenle farklı iklim bölgelerindeki iklimsel konfor aralığı, dışarıdaki hava sıcaklığı ve su buharı basıncı arasındaki doğrusal ilişki esas alınarak belirlenmektedir. Bu amaçla hazırlanan grafik, farklı iklim bölgeleri için iklimsel konforun pasif yöntemlerle denetlenebileceği etki sınırlarını vermektedir. Temelde birbirinden çok farklı olmayan her iki tablodan Givoni tarafından geliştirilen biyoklimatik grafik, iklimle uyumlu tasarım çalışmalarında en yaygın olarak kullanılandır [Saber ve ark., 2006].

Givoni (1976)'nın geliştirdiği bu grafikte, kuru termometre sıcaklığı, yaş termometre sıcaklığı, bağıl nem oranı ve çiğ noktası (dew point) arasındaki ilişkiler, tek bir grafik üzerinde gösterilmektedir [Nebguide, 2008] (Şekil 3.2). Ayrıca bu grafik üzerinde farklı iklim özellikleri gösterilerek, bu bölgelerde termal denge için kullanılacak enerjinin gereksinim amacına göre pasif denetimlerin etki sınırları ve türleri de tanımlanmış olmaktadır.



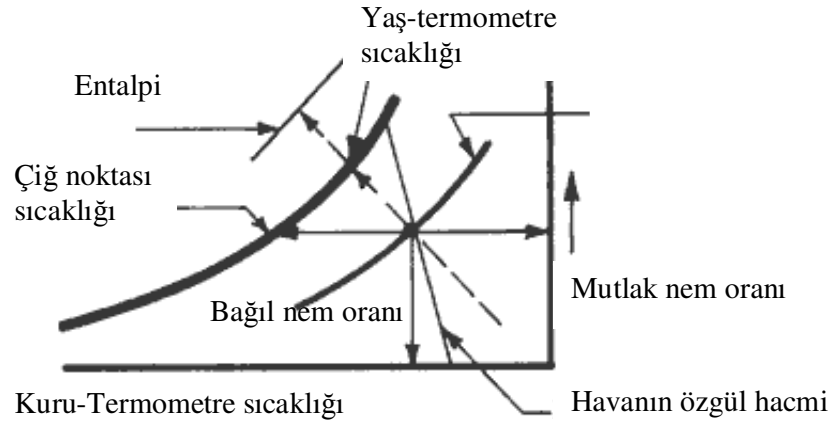
Şekil 3.1. Termal konfor bölgesi (a) kuru termometre sıcaklığı, bağıl nem oranı ve rüzgar hızına göre değişen termal konfor aralığını gösteren psikrometrik grafik ve üzerinde belirtilen termal konfor bölgesi (b) Kuru termometre, ıslak termometre ve bağıl nem oranını bir arada gösteren biyoklimatik grafik ve üzerinde belirtilen termal konfor bölgesi [Saber ve ark., 2006]



Şekil 3.2. Kuru termometre, ıslak termometre ve bağıl nem oranını içeren biyoklimatik bileşenler [Nebguide, 2008]

Çizelgeye göre soldan sağa, aşağıdan yukarıya doğru grafik alanı giderek büyümektedir. Bunun nedeni oldukça basittir. Çünkü soldan sağa doğru hava sıcaklığı aşağıdan yukarı doğru ise birim havadaki nem oranı (özgül nem oranı) artmaktadır. Grafiğin içinde yer alan eğriler ise bu iki değerin kesiştiği noktaların oluşturduğu eğriler olup bağıl nem oranını ifade etmektedir. Yaş termometre sıcaklığı olarak adlandırılan en yukarıdaki eğri hem %100 bağıl nem oranını yani su buharına doymuş hava sıcaklık değerini hem de çiğ noktasını gösterir. Kısaca en altta

kuru termometre sıcaklığı ile en sağda ise düz çizgili mutlak nem oranı doğrusal olarak artarken kesiştikleri noktalar giderek ısınan havanın su buharı tutma kapasitesinin artmasına bağlı olarak yatayda ve düşeyde eğrisel olarak genişleyerek açılmaktadır. Bu yoğun içeriği ile psikrometrik grafik havanın termal ve fiziksel özelliklerini anlatan özet bir tablodur. İnsanın kendisini kuşatan hava ile temasında “sıcaklık” olarak algıladığı değer, havadaki mutlak ve bağıl nem oranı, havanın basınç ve yoğunluğu ve içerisindeki enerji termal ve fiziksel pek çok değişkenin arasındaki karmaşık ilişkilerin karmaşık bir sonucunun ifadesidir. Şekil 3.3 bu değişkenlerin birbirlerini etkileme biçimini göstermektedir.

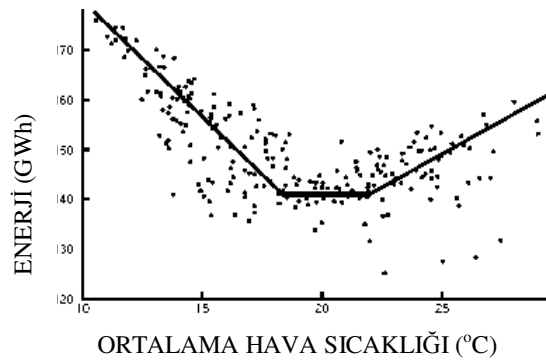


Şekil 3.3. Kuru termometre, ıslak termometre ve bağıl nem oranını içeren biyoklimatik bileşenler arasındaki ilişkiler [Ohio State University, 2008]

#### Hava sıcaklığı ve enerji ilişkisi

Radyasyon şiddeti ve buna bağlı olarak değişen hava sıcaklığı enerji kullanımını etkileyen en önemli iklim elemanıdır. Ancak bu etkinin sınırları iklim bölgelerine göre önemli farklılıklar gösterir. Bu nedenle ısıtma ve soğutma gün dereceleri konutlarda enerji talebini belirlemede bir enerji göstergesi olarak son yıllarda önem kazanmıştır [Kadıoğlu ve ark., 2001]. Isıtma ve soğutma gün dereceleri bir yerin belli bir zamanda (yıl, ay, gün) dış ortam ve oda sıcaklığını hesaba katarak, sıcaklığın veya soğukluğun şiddetini açıklar. Bu değer termal konfor sınırları olarak kabul edilen 18°C ile 21°C arasında değişebilmektedir [Katzschner, 2007]. Bunun için ısıtma gün dereceleri hesaplanırken 18°C, soğutma gün dereceleri hesaplanırken de 21°C

referans noktası olarak kabul edilmektedir. Sıcaklık gün derece değerleri, belirlenen bu dereceler ile arasında oluşan farkların aylık, mevsimlik ve yıllık ortalamalarına göre belirlenmektedir. 1990 ve 1991 yılları arasında Sydney’de hava sıcaklığı ve enerji kullanım ilişkisine yönelik olarak yapılan bir araştırmada hava sıcaklığının konutlarda enerji kullanımına etkisi Şekil 3.4’de gösterilmiştir. Bu grafikte 18°C ve 21°C aralığına yakın değerler dışında ısıtma ve soğutma amaçlı enerji kullanımında hızlı bir artış olduğu görülmektedir.

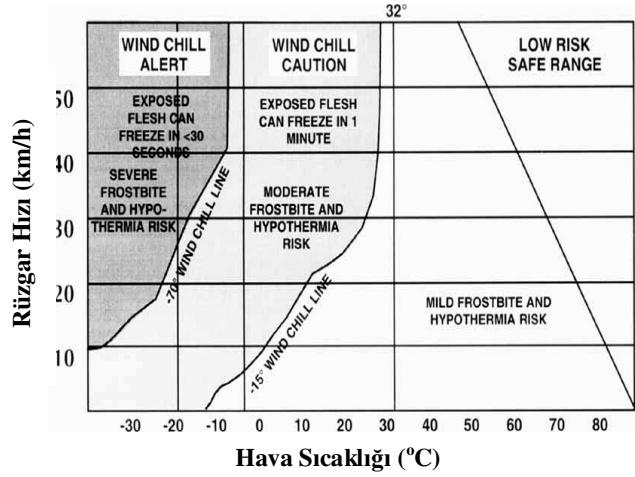


Şekil 3.4. Sydney’de hava sıcaklığındaki değişim ve enerji kullanımına etkisi [Australian Government Bureau of Meteorology, 2007]

#### Rüzgar ve enerji ilişkisi

Rüzgarın enerji kullanımına etkisi iklim özelliklerine göre farklılıklar göstermektedir. Soğuk iklim kuşaklarında rüzgarın hızına bağlı olarak hissedilen ısıtmanın hızla azalması ısıtma gereksinimini katlanarak artırırken, sıcak iklim bölgelerinde serinletici etkisi ile soğutma amaçlı enerji kullanımını önemli ölçüde azaltmaktadır (Çizelge 3.1). Sıcak ve soğuk iklim özelliklerinin birlikte yaşandığı ılıman iklim kuşaklarında ise, yaz ve kış aylarına göre benzer etkiler birlikte görülmektedir. Hangi iklim kuşağında olursa olsun rüzgar, yönü, hızı ve frekansındaki değişken yapısı ile özellikle gün dereceleri açısından kritik dönemlerde en soğuk gün derece sayısına bağlı olarak ısıtma ve en sıcak gün derece sayısına bağlı olarak da soğutma amaçlı enerji kullanımını etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle mutlak nem oranının yüksek olduğu iklim bölgelerinde rüzgarın serinletici etkisi, enerji kullanımını etkilemektedir.

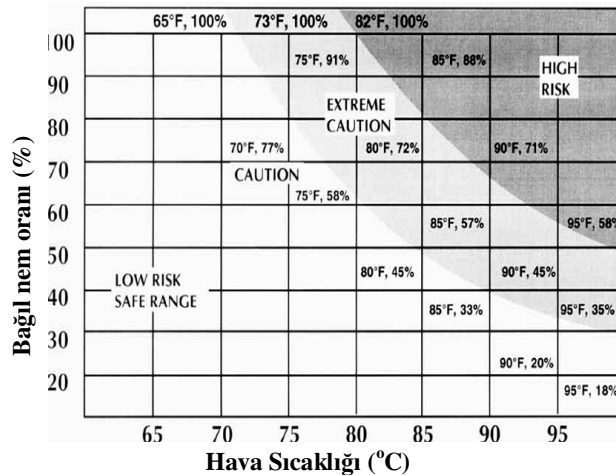
Çizelge 3.1. Rüzgara bağlı hissedilen ısıнын değişim oranları [KSHAA, 2008]



### Nem ve enerji ilişkisi

Sıcaklığı dengeleyen bir iklim elemanı olan nemin enerji kullanımına etkisi oldukça değişkendir. Bu etki mutlak ve bağıl nem oranlarına göre önemli farklar göstermektedir. Araştırmalar %30 ile %60 aralığında olumlu etkileri olan bağıl nem oranının, hava sıcaklığına bağlı olarak yüksek ve düşük oranlarda olumsuz etkilerinin arttığını göstermiştir. Optimum aralıktaki bağıl nem oranı ise hissedilen ısıyı azaltırken, sıcaklık farklılaşmasını da azaltmaktadır. Bu değişimin düzeyi, ısı göstergesi (heat index) ile özetlenmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Bağıl nem oranına bağlı hissedilen ısıнын değişimi [KSHAA, 2008]





Havadaki mutlak nem oranının yüksek olması ise tam tersine sıcak havanın daha sıcak, soğuk havanın daha soğuk hissedilmesine neden olmaktadır. Mutlak nem oranının oldukça düşük olduğu karasal iklim özelliklerinde bağıl nem oranının artması ile sıcaklığın azalması enerji kullanımını etkileyen önemli bir faktördür.

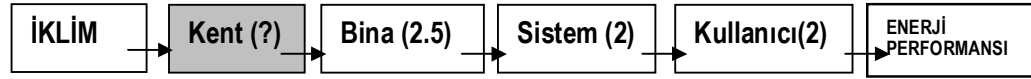
### **3.2. İklim Özelliklerinin Kentsel Doku Özelliklerine (Kanopi, Konut Adası, Kanyon) Bağlı Olarak Enerji Kullanımı Üzerine Etkisi**

Termal konfor aralığına göre belirlenen ısıtma, soğutma ve havalandırma amaçlı enerji kullanımı, dünya genelinde bölgenin iklim özelliklerine göre değişen ısıtma ve soğutma gün derece sayıları ile açıklanmaktadır. Ancak konutların enerji performansının iklime, kentsel alanda yer alan konutların enerji performansının da kentsel iklime bağlı olduğu, pek çok araştırmadan elde edilen ortak bulguların başında gelmektedir [Givoni, 1976; Steemers, 2003]. Son yıllarda yapılan araştırmalarda elde edilen istatistiki veriler, ABD ve Avrupa’da son 20 yılda kentlerdeki konut ve işyerlerinde ısıtma amaçlı enerji kullanımının azaldığı durumda, soğutma amaçlı enerji kullanımının önemli düzeyde arttığını göstermiştir [RESET, 2008].

Bu araştırmalardan birisinde ısıtma enerjisinin %22 oranında azaldığı, buna karşılık soğutma için kullanılan enerji oranında %75’lik bir artış olduğu belirlenmiştir [Elnahas ve Williamson, 1997]. Bu nedenle kentsel iklimin enerji kullanımına etkisi üzerine yapılan araştırmaların büyük bir bölümünün, kentsel alanda oluşan ısı adası ile konutlarda soğutma amaçlı enerji kullanımı ilişkisi üzerine yoğunlaşmakta olduğu görülmektedir [Souch ve Grimmond, 2006]. Kentlerin morfolojik özelliklerine göre belirlenen parametrelerin kentsel iklimi etkileme ağırlıkları genelde bilinmekle birlikte, bu parametrelerin kentsel enerji kullanımına etkileri henüz ayrıntılı olarak araştırılmamıştır. Ancak, bu parametrelerin farklı iklim özelliklerine göre enerji gereksinim türünü etkileme ağırlıklarının da değişebileceği tahmin edilmektedir. Kanopi alanında enerji kullanımını etkileyebilen parametreler şu başlıklar altında açıklanabilir:

### Kentsel kanopi alanı

Kentsel kanopi alanı güneşten gelen radyasyon miktarı, yüzey ve hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve bağıl nem oranını etkileyerek kentsel alanda termal konfor için gereken enerji kullanımını belirler. Kanopi alanının büyüklüğü ve yüksekliğine göre değişen yoğunluğuna bağlı olarak enerji kullanım düzeyi de değişmektedir. Kanopi alanının toplam enerji performansı üzerine etkisini araştıran bir grup araştırmacı, kentsel alanda iklim ve enerji performansı ilişkisini etkileyen değişkenler ve ağırlık katsayılarını Şekil 3.5'deki gibi sıralamıştır [Ratti ve ark., 2005]. Buna göre tüm değişkenlerin toplam katsayı ağırlıklarının 20 olabileceği varsayımından hareket eden araştırmacılar, konut tasarımı, sistemin etkinliği ve kullanıcı davranışına ilişkin bilinen katsayıların çarpımı 10 olarak kabul edildiğinde, kentlerin geometrik biçiminin enerji kullanımına etki faktörünün 2 olabileceği sonucuna varmışlardır [Ratti ve ark., 2005].



Şekil 3.5. Enerji performansını etkileyen faktörlerin ağırlıklı dağılımı  
[Ratti ve ark., 2005]

Genel olarak hangi iklim kuşağında olursa olsun, rüzgarın azalan hızı ve yüzey sıcaklığının artması, kanopi alanında ısı kaybı hızının düşerek hava sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Bugüne kadar yapılan araştırmaların ortak bulgusu, kentlerin ortalama sıcaklığının doğal çevreye oranla yüksek olmasıyla bağlı olarak yazın soğutma yükünü artırırken, kışın ısıtma yükünün azaltmasıdır. Atina'da kentsel iklimin konutlarda enerji kullanımı üzerine etkisini belirlemek için 10'u kentsel ve 20'si kırsal toplam 30 istasyonda yapılan ölçümlerde, kent merkezinde sıcaklığın ortalama 10°C artması ile konutlarda ortalama soğutma yükünün 2,5 katına, kritik dönemde ise 3 katına çıktığı belirlenmiştir [Santamouris, 2001]. Kış aylarında ise kent merkezindeki konutlarda ısıtma yükü %30 kadar azalmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde kentsel iklimin konutlarda ısıtma ve soğutma amaçlı enerji kullanımına etkisi üzerine yapılan bir başka araştırmada, araştırılan kentler ile yakın çevresinde yer alan hava alanlarındaki ölçümler arasında önemli farklar bulunmuştur. Konutların enerji kullanımında 1941 ile 1970 yılları arasındaki verilere göre yapılan karşılaştırmada, kent merkezlerinden Los Angeles'da soğutma dereceli gün sayısının %92 artarken, ısıtma dereceli gün sayısının %32 kadar azalabildiği belirlenmiştir (Çizelge 3.3). Yine aynı araştırmada büyüklüklerine bağlı olarak soğutma gün derece sayısında %11 ile St. Louis, ısıtma dereceli gün sayısında %3 ile Detroit en küçük farkların görüldüğü kentler olmuştur [Taha, 1997].

Çizelge 3.3. Kentsel kanopi alanında artan hava sıcaklığının elektrik enerjisi kullanımına etkisi [Taha, 1997]

| KENT                         | ENERJİ ARTIŞI (Mwatt /F) | SICAKLIK ARTIŞI (%/F) |
|------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Los Angeles (LADWP)          | 75                       | 2,0                   |
| Los Angeles (SCE)            | 225                      | 1,6                   |
| Washington D.C.              | 100                      | 2,0                   |
| Salt River Project (Phoenix) | 56                       | 2,0                   |
| Dallas-Ft Worth (TX)         | 250                      | 1,7                   |
| Tucson (AZ)                  | 12                       | 1,0                   |
| Colorado Springs (CO)        | 4                        | 1,0                   |

Kısaca, kentsel dokuya bağlı olarak ortaya çıkan kentsel iklim, konutların ısıtma ve soğutma yüklerini ve buna bağlı olarak enerji kullanımını etkilemektedir. Bu nedenle son zamanlarda yapılan araştırmalarda, kentsel iklim özelliklerinin konutlarda enerji talebi üzerine etkileri giderek önem kazanmaktadır. Yapılan araştırmalarda bir derecelik ısı farkının soğutma amaçlı elektrik enerjisi kullanımında %10'luk bir azalma sağlayabileceği görülmüştür [Flor ve Dominguez, 2004]. Bu etkinin ılıman iklim kuşaklarında kış aylarında konutların ısıtma yükünü azaltarak önemli düzeyde enerji kazancı sağladığı da belirlenmiştir. Bu konuda Avustralya'nın ılıman iklim kuşağında yer alan Adelaide kentindeki konut alanlarında ısıtma ve soğutma amaçlı enerji talebini etkileyebilecek kentsel tasarım değişkenleri için yapılan bir araştırmada, azalan güneş enerjisinin yapılaşma yoğunluğuna bağlı oluşan ısı adası etkisi ile dengelendiği belirlenmiştir. Konut özellikleri ne olursa olsun, kanopi alanında iklimle uyumlu düzenlemeler yapıldığı sürece, farklı doku tipleri içerisinde ortalama enerji kullanımında önemli farklılıklar görülmemiştir [Elnahas, 2003].

### Konut özellikleri

Konutlar enerji kullanımını konum, yön ve geometrik özellikleri ile doğrudan, aralarındaki ilişkilere göre şekillenen doku özelliklerinin oluşturduğu kentsel iklim özelliklerine bağlı olarak dolaylı yoldan etkilemektedir. Doku özelliklerine bağlı olarak konut yüksekliği ( $Z_H$ ), ön cephe yüzey alanı ( $\lambda_F$ ), toplam yüzey alanı katsayısı ( $\lambda_C$ ), bina hacim alanı katsayısı ( $V_P$ ), gökyüzü görüş faktörü ( $\psi_s$ ), konut yükseklik ve açıklık oranı ( $\lambda_B$ ), kanyon boyutları ( $\lambda_S$ ) ve genişliği ( $W_X$ ) ile konutların geometrik merkezleri arasındaki uzaklığın ( $D_X$ ) iklim elemanlarını, dolayısıyla kentsel iklimi etkilediği ortaya konmuştur. Ancak bu parametrelerin kentsel enerji kullanımına etkileri ayrıntılı olarak analiz edilmemiş olmakla birlikte, kentsel iklimi etkileyebildiği ölçüde ısıtma, soğutma ve havalandırma yükünde de önemli kazanımlar sağlayabileceği yapılan pek çok araştırma ile bilinmektedir.

Konutların oluşturduğu doku özelliklerine göre değişen mikroklima üzerine yapılan araştırmalar genel olarak, doku özelliklerinin konutların ısıtma ve soğutma yüklerine etkisi üzerine yoğunlaşmaktadır. Kanopi alanı bütününde mekansal birim olarak kentsel kanyon üzerine yoğunlaşan bu araştırmalar, kanyonun yönü, boyutları ve malzeme özelliklerinin yüzeylerde depolanan ve yayılan radyasyon ile kanyonun sınırladığı boşluktaki hava akımlarına etkilerini belirlemeye çalışmaktadır. İklim özellikleri ne olursa olsun gökyüzü görüş faktörü ( $\psi_s$ ), kanyon boyutları ( $\lambda_S$ ) ve genişliği ( $W_X$ ) ile konut yükseklik ve açıklık oranı ( $\lambda_B$ ), üzerine yapılan çalışmalar, bu faktörlerin kentsel alanda ısıtma yükünü azaltırken, soğutma yükünü artırdığını göstermiştir [Fezer, 1990]. Ancak bu etki iklim özelliklerine göre önemli ölçüde değişebilmektedir. Örneğin soğuk ve ılıman iklim kuşaklarında aktif ve pasif güneş enerjisi kazanımına etkisi ile ısıtma yükü açısından önemli bir faktör olan çatı ve cephe yüzey yoğunluğu [Compagnon, 2004], ılıman ve sıcak iklim kuşaklarında soğutma yükü açısından önem kazanmaktadır [Balaras, 1996]. Konut ortalama yükseklikleri ( $Z_H$ ), konutların geometrik merkezleri arası uzaklık ( $D_X$ ) ve ortalama kanyon yönü gibi faktörlerin kanyon alanındaki rüzgar hareketlerine etkisi belirlenmiş olmakla birlikte, enerji kullanımına doğrudan etkisine ilişkin göstergeler ayrıntılı olarak bilinmemektedir.

Genel olarak kentsel kanopi alanında konutların bir araya gelerek yaz aylarında ısıtma yükünü artırırken, kış aylarında soğutma yükünü azalttığı belirlenmiş ve bu etkilerin iklim ve kanyon özelliklerine göre değişebildiği anlaşılmıştır. Elnahas (2003) ılıman iklim kuşaklarında konut ve kanyon özelliklerinin kış aylarında kentsel alanda oluşan ısı adası etkisine bağlı olarak ısıtma yükünü çok fazla etkilemediğini belirlemiştir. Bu konuda Williamson ve Erell (2005), Adelaide kentinde doğu-batı ve kuzey-güney yönündeki kanyonlarda yaptıkları yerinde ölçümlerde, ısıtma amaçlı enerji kullanımında %19 oranında azalma belirleyerek, Elnahas'ın bulgularını doğrulayan sonuçlara ulaşmışlardır [Williamson ve Erell, 2005].

### Bitki örtüsü

Kanopi alanı içerisindeki ağaç ve yeşil alan yoğunluğu ile dağılımını kapsayan bitki örtüsünün enerji kullanımına etkisi, doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki türdür. Yaz aylarında güneş ışınlarını gölgeleme, kış aylarında ise rüzgar hareketlerini etkilemektedir. Her iki mevsimde de bağıl nem oranını artırması dolaylı etkisidir. Bu etkilerden iklim özelliklerine göre yararlanılarak, konutların ısıtma ve soğutma yüklerini azaltabilir. Böylece enerjiden tasarruf sağlanır.

Sayısal simülasyonlar ile ağaçların hem sıcak, hem de soğuk iklim kuşaklarında ısıtma ve soğutma amaçlı enerji kullanımında önemli azalmalar sağladığı belirlenmiştir. Ağaçlar gölgeleme ile yer ve duvar yüzeylerinde yüzey sıcaklığının azalmasını sağlar. Amerika'da farklı kentler de yapılan bir dizi araştırmada iyi konumlandırılmış 8 m çapındaki bir ağacın yıllık soğutma yükünü %2 ile %8 oranında azalttığı görülmüştür [Huang ve ark., 1987, 1990; Heisler, 1991; Akbari ve Taha, 1992; McPherson ve Sacamano, 1992; Sand ve Huelman, 1993; McPherson, 1994; Simpson, 1998]. Ancak bu araştırmalarda, ağaçların duvar ve yer yüzeyi ile hava arasındaki radyasyon akışını etkileyerek, gece saatlerinde yüzey sıcaklığının azalmasını engellediği de belirlenmiştir.

Ağaçların kış aylarında rüzgarı engelleyerek ısı kaybını azaltmasıyla sağladığı enerji kazancının, yaz aylarında soğutma etkisiyle sağladığı kazanımlardan daha fazla

olduğu belirlenmiştir. Heisler (1991), konut alanlarında ağaç yüzeyinin %10 kadar artırılmasının, rüzgar hızını %10 ile %20 oranında azalttığını belirlemiştir. Yoğunluğun %30 oranda artırılmasıyla da, rüzgar hızı %15 ile %35 oranında azaltılabilecektir [Heisler, 1991]. Ağaçların, havalandırma ve ısıtma enerjisine etkisi üzerine yapılan bir başka araştırma, ağaç yüksekliğinin 1 ile 4 katı arasındaki uzaklıkta rüzgar hızının %40 ile %50 oranında azaldığını göstermiştir [DeWalle ve ark., 1983]. Bu çalışmada rüzgarı geçirme (infiltration) oranının ise ağacın kendi yüksekliği kadar uzaklıkta %55, yüksekliğinin 4 ile 8 katı uzaklıkta ise %30 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Ağaçlandırmanın enerji kullanımına doğrudan ve dolaylı etkileri karşılaştırıldığında, buharlaşma ile konutların soğutma yükünün azalmasına yaptığı dolaylı etkinin, doğrudan yaptığı etkilerden daha etkin olduğu vurgulanmaktadır. Buharlaşma ile ağaçlar ve yeşil alanlar fazla ısıyı tutarak hem sıcaklık farklılaşmasını, hem de yüzeyin daha çabuk soğumasını sağlayarak hissedilen ısıyı azaltır. Kanopi alanında “Oasis” etkisi olarak bilinen bağıl nem oranının artması, “Bowen oranı” olarak adlandırılan hissedilen ısı ( $Q_H$ ), gizli ısıya ( $Q_L$ ) oranını azaltmaktadır. Yapılan araştırmalar bu yolla hava sıcaklığının 2 ile 3°C kadar azaldığını belirlemiştir. 1 kg suyun ağaçlar tarafından buharlaştırılması yaklaşık 2 320 kilojula yakın bir enerji gerektirmektedir. Ortalama büyüklükteki bir ağaç bir günde 375 kg su buharlaştırabilme kapasitesine sahiptir. Bunun için gereken enerji ise yaklaşık beş klimanın harcaması gereken 870 megajule karşılık gelmektedir. Yapılan araştırmalarda yoğun ağaçlandırılmış bir alandaki bağıl nem oranının %3’den, %10’a kadar değişen oranda arttığı belirlenmiştir.

Saito ve ark. (1990), küçük yeşil alanların soğutucu etkilerini araştırdığı çalışmada, Japonya’nın Kumamoto şehrinde 60 m x 40 m bir yeşil alanın içi ve dışı arasında 3°C hava sıcaklığı farkı belirlemiştir. Hava sıcaklığında bir derecelik bir azalmanın, soğutma için gereken elektrik harcamasında yıllık 0,7 milyar kilowatt/saat harcamaya karşılık gelen %12 oranında bir azalma sağlayabileceği [Taha ve ark., 1997] gözetilecek olursa, kanopi alanı içerisinde yer alan yeşil alan ve bitki örtüsünün enerji kullanımına etkileri daha iyi anlaşılabilir.

### Yüzey özellikleri

Kentsel kanopi alanını oluşturan yüzeyler farklı renk, malzeme ve doku özellikleri ile yüzey enerji dengesini etkileyerek, farklı iklim kuşaklarında enerji kullanımında önemli farklılaşmalara neden olur. Bu özelliklerin en önemli göstergesi albedo değeridir. ABD ve Avrupa kentlerinin ortalama albedo değerinin oldukça düşük bir değer olan 0,15 ile 0,30 arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırmalar kentsel dokuda konutların bir araya gelişlerinin kentsel örtünün renk ve malzemeye göre belirlenen etkin albedo değerini düz bir yüzeye oranla %10'dan fazla artırdığını, güneş ışınlarının duvar yüzeylerine daha dik geldiği kış aylarında ise bu oranın %20'yi aştığı belirlenmiştir [Aida ve Gotoh, 1981]. Genel olarak kentsel alan içerisinde kırsal alana göre daha düşük olan albedo değerinin bu farklılaşması, iki nedene bağlanmaktadır: Bunlardan birincisi, ısı kapasitesi düşük ve ısı iletme katsayısının yüksek olduğu sert ve koyu renkli yüzeylerin çokluğudur. İkincisi ise, yer ve duvar yüzeylerinde güneş ışınlarının yansıma ve yutulma oranlarının konutlar arasındaki mesafeye göre değişen oranlarda artması veya azalmasıdır.

Yatayda yaya, yol ve çatı yüzeyleri ile dikeyde konut yüzeyleri büyük oranda ısı kapasitesi düşük, ısı iletimi yüksek malzemelerden oluşmaktadır. Bu durum da gündüz saatlerinde yüzeylerde depolanan fazla ısının, gece saatlerinde havanın soğuması ile yeniden yüzeye çıkmasına neden olmaktadır. Robinette (1977), çim yüzeyde 38°C, asfaltta 61°C ve yapay çimde 73°C'lik yüzey sıcaklıkları belirlerken [TAREB, 2008], 20 yıl sonra Santamouris ve ark. (1997), yüzey sıcaklıklarını asfalt yüzey üzerinde 63°C ve beyaz renkli yaya yollarında ise 45°C olarak ölçerek benzer sonuçlara ulaşmıştır.

Albedo değerinin enerji kullanımına etkisi üzerine yapılan bir araştırmada, çatı yüzey albedo değerinin 0,2'den 0,8'e çıkarılmasının konutlarda soğutma için gereken enerjiyi %78 oranında azalttığı belirlenmiştir [Oak Ridge National Laboratory, 2008]. Hava sıcaklığının yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak azalması, özellikle sıcak iklim kuşaklarında konutlarda soğutma yükünü önemli oranda azaltmaktadır. Örneğin Rosenfeld ve ark. (1997) tarafından yapılan simülasyon analizlerinde, Los

Angeles kentinde hipotetik beyaz çatılar ile ağaç gölgelerinin soğutma amaçlı enerji kullanımında %18 oranında azaltarak, 1,04 milyar kilowatt/saat elektrik enerjisine karşılık gelen 100 milyon dolarlık bir kazanç sağladığı belirlenmiştir. Sayısal verilerin yerinde ölçümler ve bilgisayar simülasyonları ile birlikte karşılaştırılarak yapıldığı bir araştırmada, rüzgarsız havada 82°C'ye ulaşan siyah renkli çatı yüzeyinde yüzey sıcaklığının, 15 m/sn'lik bir rüzgarda 46°C'ye kadar düştüğü gözlemlenmiştir [Bretz ve Akbari, 1994].

Hangi iklim kuşağında olursa olsun, kanopi alanı içerisinde yer alan mekansal elemanlar ile iklim elemanları arasındaki karmaşık ilişki, bunların konutların ısıtma ve soğutma yüklerine doğrudan ve/veya dolaylı etkilerini belirlemede önemli engellerin başında gelmektedir. Doğrusal olmayan bu ilişkilerin, doğrusal yöntemlerle analizleri ise gerçek etkilerin sınırlı bir bölümünü açığa çıkarabilmektedir.

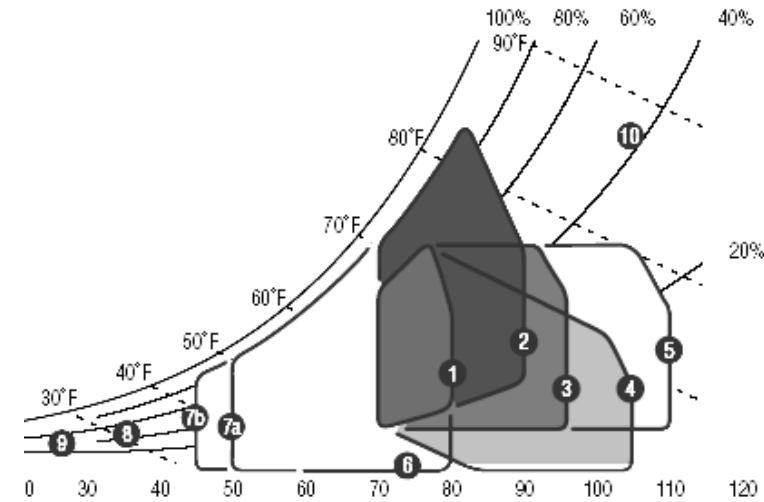
### **3.3. Enerji Etkin Planlamada İklimle Uyumlu Tasarım**

Enerji kullanımı kısaca, pasif yöntemlerle yeterince sağlanamayan termal konforun aktif yöntemlerle desteklenmesi olarak tanımlanabilir. Bu gereksinimin iklim elemanlarının pasif yöntemlerle en etkin biçimde denetlenerek azaltılabilmesi, planlama ve tasarım aşamasında malzeme ölçeğinden kent ölçeğine kadar tam bir uyumu gerektirir. Cadde ve sokakların yönlenmesi, konutların biçimi, yerleşim şekli ve konutlar arasındaki ilişkiler, yerleşimin eğimdeki yeri ve peyzaj gibi kararlar gözetilerek, planlanmış bir konut alanında enerji kullanımının yaklaşık olarak %20 oranında azaltılabileceği belirlenmiştir [Park ve Andrews, 2004]. Toplam enerji kullanımında %80'lik payı kentlerin aldığı Amerika Birleşik Devletleri'nde ulaşım sektörünün de içine alındığı bir başka araştırmada, planlama ve tasarım kararlarının enerji kullanımına etkisinin yaklaşık %70 oranında olduğu belirlenmiştir. Ancak planlama ve tasarım ilişkilerinin yukarıdan aşağıya şekillendiği geleneksel karar sürecinin tersine, enerji etkin planlama ve tasarımda ölçekler arasında eşgüdümün sağlanması büyük önem kazanır. Bu kararların alındığı ölçekler ve aralarındaki ilişkiler şu şekilde sıralanabilir:



### Termal konforun enerji etkin tasarıma etkisi

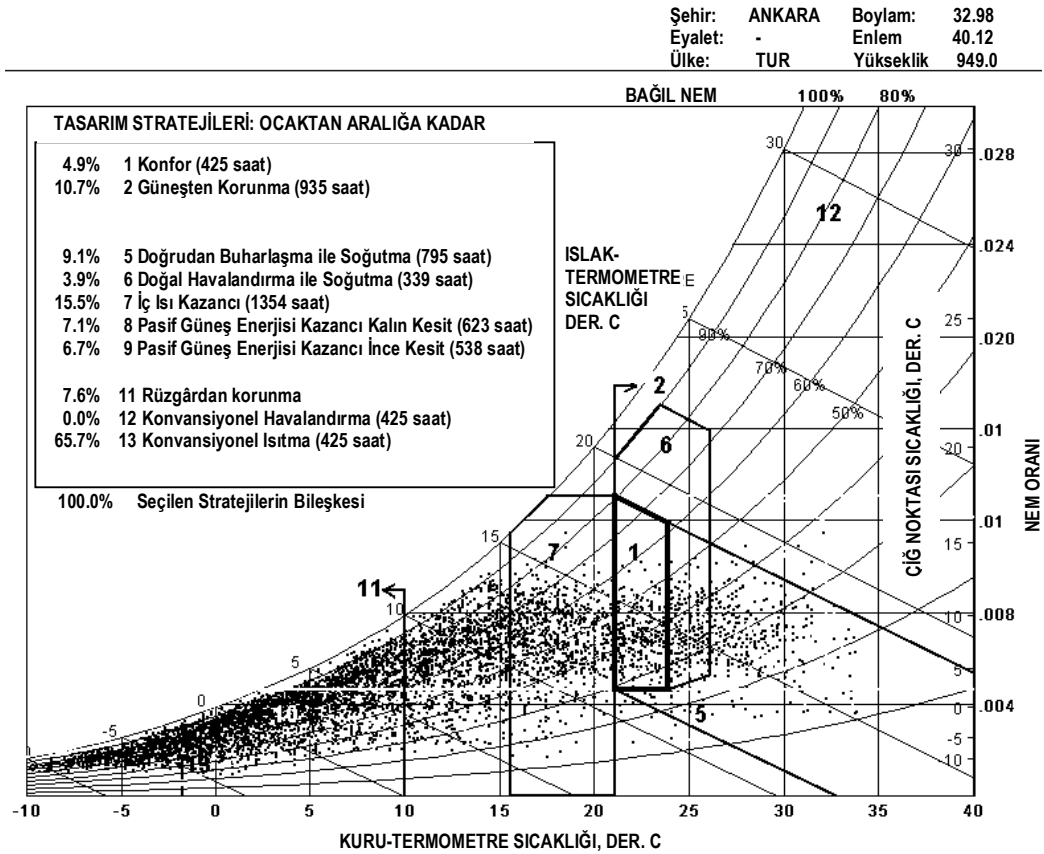
İklim elemanlarının denetimlerini öncelikle pasif sistemlerle yapmak, bunların yetersiz kaldığı yerde de aktif sistemlerden yararlanmak, enerji etkin planlama ve tasarımın etki sınırlarını belirlemek açısından önemlidir. Bu nedenle öncelikle planlama alanına ilişkin biyoklimatik sınırların belirlenmesi gerekmektedir. Bu sınırlar ısıtma, soğutma ve havalandırma için gereken enerji kullanımında aktif veya pasif sistemlerin etki ve öncelik alanlarını gösterir. Böylece psikrometrik grafik üzerinde termal konfor bölgesi ile yerin iklim özelliklerini gösteren iklim elemanlarının yıl içerisindeki dağılımı karşılaştırılarak, enerji etkin tasarımda alınması gereken önlemler ile pasif sistemlerin etkinlik sınırları belirlenmiş olur. Bu sınırların belirlendiği göstergeler ise bölgeye göre değişen kuru ve yaş termometre sıcaklıkları ile bağıl nem oranıdır. Şekil 3.6'da psikrometrik grafik üzerinde herhangi bir iklim bölgesi için geçerli olabilecek aktif ve pasif tasarım stratejilerinin geçerli olabileceği etkinlik alanlarının sınırları ve dağılımının tamamı görülmektedir.



1-Termal konfor bölgesi 2-Aktif destekli pasif havalandırma 3-Pasif ısıtma ve havalandırma 4 -Pasif ısıtma ve havalandırma 5-Evaporatif pasif soğutma 6-Nemlendirme 7a-Pasif Güneş Enerjisi: (48° Kuzey) 7b-Pasif güneş enerjisi: (32° Kuzey) 8-Aktif güneş enerjisi 9-Aktif ısıtma 10- Aktif serinletme

Şekil 3.6. Termal konfor bölgesine bağlı olarak aktif veya pasif sistemlerin öncelik ve etkinlik sıralamasına göre konfor aralığının genişletilmesi [Givoni, 1976]

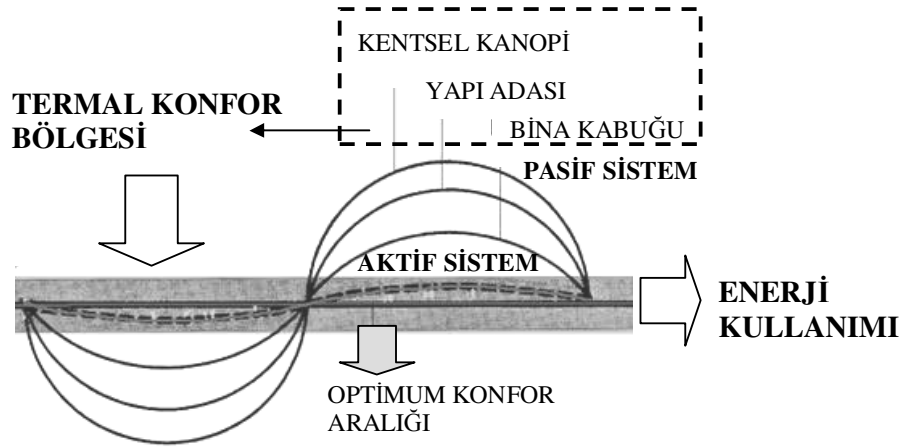
İklim bölgelerine göre bu stratejiler yerel iklim özelliklerine göre değişebildiği için bunların tamamının bir bölge için uygulanması olanaklı değildir. Yerin iklim özelliklerine göre bunların bir veya bir kaçını tercih edilebilir. Örneğin 40.12° kuzey enleminde yer alan Ankara'nın Climate Consultant 3.0 iklim programı ile elde edilen psikrometrik grafiği üzerinde bir yıllık sürede günlerin kuru termometre sıcaklık değerlerinin dağılımı görülmektedir (Şekil 3.7). Bu grafiğe göre Ankara için ek ısıtma ve soğutma yükü gerektirmeyen gün sayısını ifade eden konfor bölgesinin tüm yıl için %4,9 oranında olduğu görülmektedir. Grafiğe göre 0°C'nin altında olan gün sayılarının oranı %18 ile 20°C'nin altındaki %65 oranının toplamı konutlara önemli bir oranda ek ısı yükü getirmekte olduğu görülür. Ancak grafikte görülen yıl içindeki radyasyon şiddetinin günlere göre dağılımı bu yükün bir ölçüde pasif yöntemlerle dengelenerek azaltılabileceğini göstermektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Climate Consultant 3.0 programında Ankara için yıl içindeki radyasyon şiddetinin günlere göre psikrometrik grafik üzerindeki dağılımı

Grafiğe göre 1 206 saatlik güneş enerjisinden yararlanılırken kış rüzgarlarından yaklaşık 670 saat korunarak bir pasif denetim stratejisi öngörülmektedir. %9 oranla 24 ile 38°C'nin üzerinde olan günlerin grafikteki dağılımını gösteren alan ise soğutma amaçlı enerjinin gereksinim duyulacağı bölgeleri göstermektedir. Buraya ilişkin önerilen tasarım stratejisi ise doğrudan havadaki nem oranını artırmaktır.

Bina ölçeğinde enerji gereksiniminin azaltılabilmesi, iklim özelliğine göre değişen kritik dönemlerdeki ısıtma ve soğutma gün derecelerinin belirlenmesini gerektirir. Bu değerler ile birlikte binanın ısıtma, soğutma ve havalandırma yükleri yer, yön, biçim, boyut ve malzemeye göre de değişmektedir. Bu nedenle aktif ve pasif sistemler arasındaki ilişkinin konfor düzeyine göre belirlenmesi, sistemin etkinliğini artırabilmesi için gerekli bir yaklaşımdır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Enerji kullanımını etkileyen faktörler [Chalfoun, 2001]

Enerji etkin planlama ve tasarımda konut, konut adası ve kanopi alanı ölçeklerinde hedefler ve etki sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla Mills (2004) ölçekler arasındaki kararların ilişkilerini araştırmıştır. Buna göre bir ölçek bir üst ölçek kararlarını sınırlandırırken, bir alt ölçeğe etki etmektedir (Çizelge 3.4).

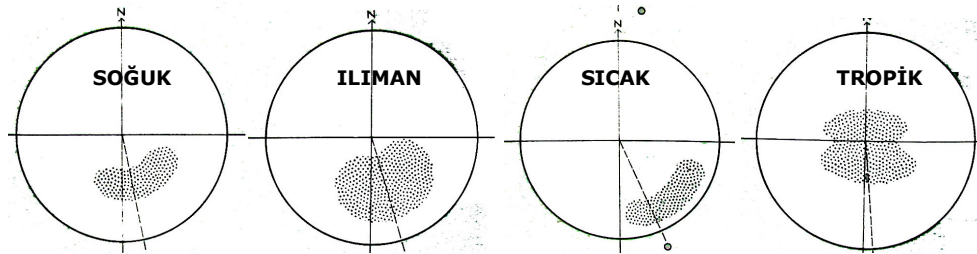
Çizelge 3.4. Enerji etkin tasarımda farklı ölçeklerin amaç etki ve sınırlar açısından etkileşimi [Mills, 2004]

| AMAÇ             |               | ETKİ           | SINIR                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                            |
|------------------|---------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |               |                | Konut                                                                                                                                                             | Konut Grupları                                                                                                                                  | Yerleşim                                                                                                                                   |
| TERMAL<br>KONFOR | İç<br>konfor  | Konut          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Yer, yön</li> <li>Boyut-biçim</li> <li>Malzeme</li> </ul>                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Işık ve güneş</li> <li>Rüzgara erişim</li> <li>Hava kalitesi</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Konut kodları</li> </ul>                                                                            |
|                  | Dış<br>konfor | Konut<br>adası | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mikroklima</li> <li>Malzeme - Yüzey</li> <li>Konut Boyutları</li> <li>Rüzgar Hareketleri</li> <li>Gölge Alanlar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Yapılaşma düzeni</li> <li>Yol boyut ve yönü</li> <li>Peyzaj</li> <li>Yüzey özellikleri</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Yoğunluk,</li> <li>Yükseklik,</li> <li>Alan Kullanımı</li> <li>Yeşil Alan</li> </ul>                |
| ENERJİ - HAVA    |               | Kanopi         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Enerji etkinlik</li> <li>Hava kalitesi</li> <li>Kentsel iklim</li> </ul>                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Trafik (doku-yoğunluk)</li> <li>Enerji Etkinlik</li> <li>Hava Kalitesi</li> <li>Kentsel İklim</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bölgeleme</li> <li>Yerleşim biçimi</li> <li>Yerleşim sınırları</li> <li>Ulaşım kararları</li> </ul> |

Hangi ölçekte olursa olsun radyasyon, sıcaklık, rüzgar ve bağıl nem oranı gibi pasif olarak denetlenmesi olanaklı iklimsel elemanların birlikte ele alınması, enerji etkin planlama ve tasarım sürecinde farklı ölçeklerin ortak konusunu oluşturmaktadır.

#### Kentsel kanopi ölçeğinde enerji etkin tasarım ilkeleri

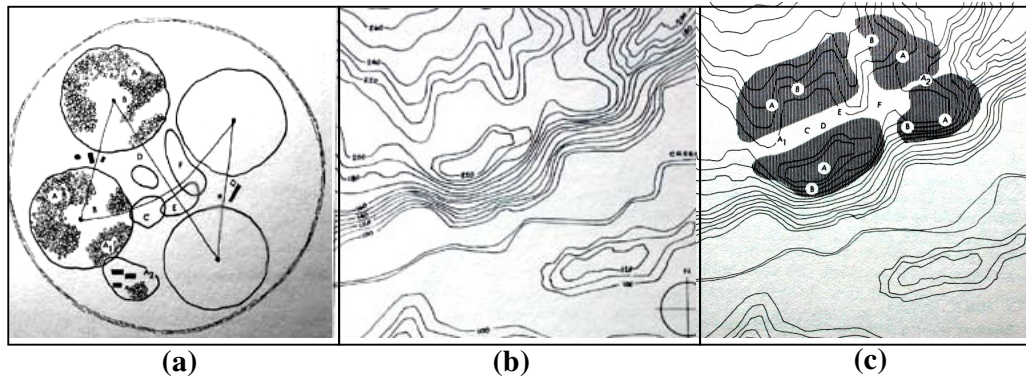
Hangi iklim bölgesinde olursa olsun optimum iklim özelliklerini sağlayabilecek yer seçimi, kentsel ölçekte en önemli karar aşamasını oluşturmaktadır. Bunu belirleyen faktörler ise iklim özelliklerinin gerektirdiği yoğunluk ve yönlenmedir. Bina ölçeğinden kanopi ölçeğine kadar yönlenme ve biçimlenme gereksinimleri benzerlikler göstermektedir. Sıcak ve soğuk bölgelerde ısı kayıp ve kazançlarını azaltmak için kompakt biçimler, sıcak ve nemli bölgelerde artan havalandırma gereksinimine bağlı olarak seyrelerek yayılmaktadır. Enlem ve iklim özelliklerine bağlı olarak yön, yer ve yoğunluk farklılıkları önem kazanır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. İklım kuşaklarına göre yön, yer ve doku farklılıkları [Olgyay, 1969]

Sıcak-kuru iklim bölgelerinde kış rüzgarlarından koruyarak, yaz rüzgarlarına açık olan güney ve güney doğuya eğimli yamaçlar, vadiler ve çukur alanlar, yerleşmek için uygun iklimsel koşulları sağlar. Bu alanlarda yüksek yoğunluk, gölgelenme oranını artırarak radyasyon kazancını azaltmaktadır. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde radyasyon fazlasından korunarak ısı kazancını azaltmak, sıcaklığın görece daha düşük olduğu yüksek alanlarda düşük yoğunlukta yapılaşma biçimini gerektirmektedir. Sıcak ve soğuk iklim özelliklerini içeren ılıman iklim bölgelerinde ortalama sıcaklığın bölgeye, yöreye ve yere göre farklılıklar göstermesi, yer seçimi, rüzgar ve radyasyon denetiminin dengelenmesini gerektirmektedir. Soğuk iklim bölgelerinde ısı kaybının en aza indirilmesi, yer seçiminde kuzey rüzgarlarından korunan güney yamaçları zorunlu kılmaktadır.

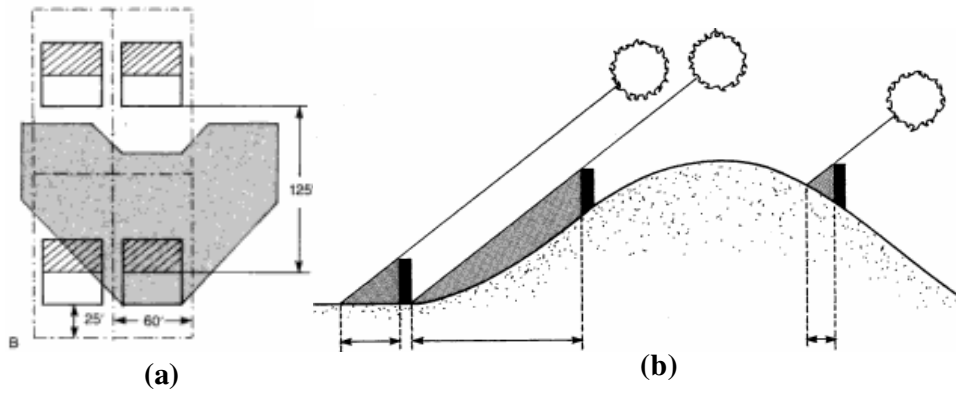
Öncelikleri belirlemek açısından önemli olan bu ilkelerin yerel ölçekte alanın özelliklerine göre uyarlanması gerekmektedir. Bu amaçla enerji etkin tasarımda öncelikle yerin doğal yapısı ve iklim özelliklerine ilişkin verilerin bilinmesi gerekir. Yerleşme alanına ilişkin meteorolojik verilerin yıllık, aylık ve günlük ortalama değerler ile topografya, eğim, güneşlenme ve rüzgar gibi doğal analizlerin sentezinin yapılması, alanın yerleşim potansiyellerinin belirlenmesi açısından zorunludur. Planlanacak nüfusa göre konut alanı, merkez ve ana ulaşım bağlantıları gibi işlevsel kararların mekansal dağılımı, enerji etkin planlama ve tasarım ilkeleri ile alanın koşulları arasındaki sağlanabilecek optimum dengeye göre belirlenebilir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. İklimle uyumlu hipotetik bir yerleşim örneği (a) yerleşim şeması (b) yerleşim alanı (c) sıcak-nemli iklim özelliklerinde en uygun yerleşme biçimi [Olgyay, 1969]

### Konut adası ölçeğinde enerji etkin tasarım ilkeleri

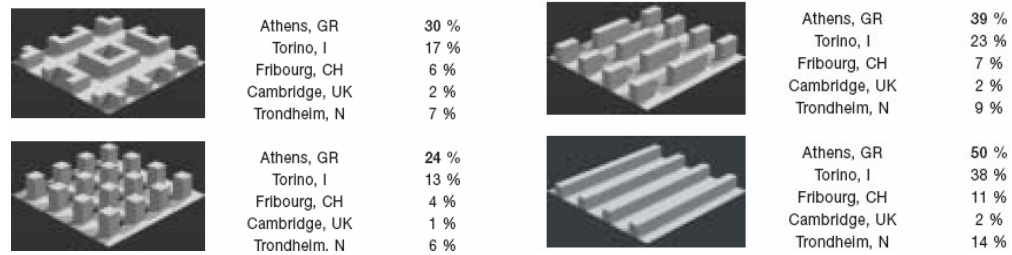
Yerleşim alanında yer seçimi, kentsel kanopi dokusu ve konut özellikleri her ne kadar iklimle uyumlu olursa olsun, bunları destekleyecek düzenleme kararlarına gerek duyulmaktadır. Bu açıdan konut adaları alt ve üst ölçekler arası ilişkilerde gereken uyumun sağlanabileceği önemli bir karar ölçeğidir. Konut adalarının alan sınırları ise ana hatları ile ulaşım kararları tarafından belirlenmektedir. Konut adasının şekli, büyüklüğü, biçimi ve boyutları ise konut tipleri, yoğunluk ve yapılaşma düzenine göre değişebilmektedir. Ancak bu fiziksel özelliklerin güneş, rüzgar ve nem oranı gibi iklim elemanlarını mikroklima ölçeğinde etkileyebilmesi, mekansal ve iklimsel elemanlar arasındaki ilişkilerin dengelenmesine yönelik analizleri gerekli kılmaktadır. Bu analizler sonucunda yoğunluk ve yapılaşma düzeni ile birlikte diğer mekansal elemanların iklimsel elemanlardan etkilenme durumuna göre ada içerisindeki optimum konumu da belirlenmiş olur. Özellikle güneş ışınlarının engellenme açısının konutlarda enerji kazancını etkilemesi, konut adaları içinde eğimin yönüne ve konut yüksekliğine göre değişen gölge ve radyasyon analizlerini gerektirmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Eğime ve yönüne göre değişen gölge boyları (a) düzlük alanda (b) düzlükte ve kuzeye ve güneye bakan eğimde [Erley ve Jaffe, 1980]

Radyasyon analizleri ise iki ayrı yöntemle yapılmaktadır: Bunlardan birisi günün belli saatlerinde konutların birbiri üzerine gölge düşürmeyecek şekilde yükseklik ve açıklık ilişkisini esas almaktadır. Bu yöntemde doğrudan gelen radyasyon

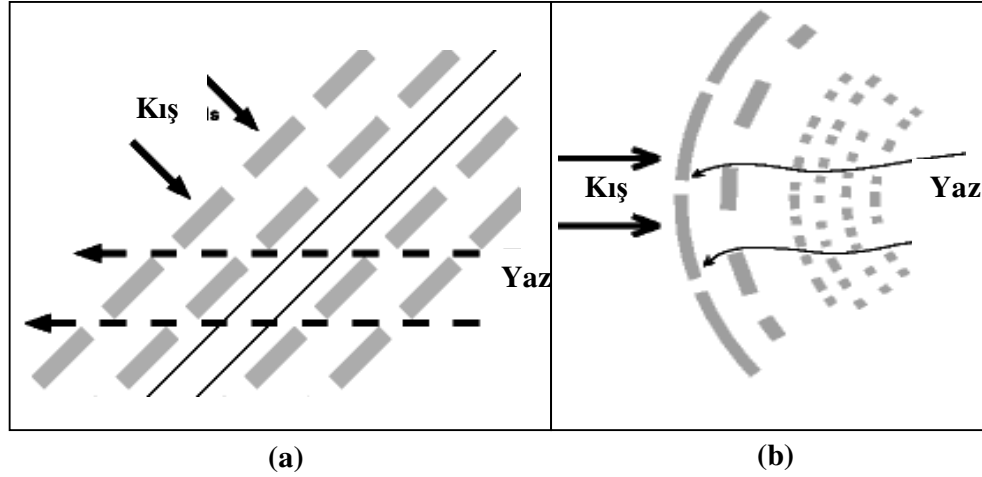
değerlendirilirken, yansıyan ve yaygın radyasyon miktarı değerlendirmeye katılmamaktadır. Diğer yöntem ise tüm radyasyon bileşenlerini hesap ederek, herhangi bir engelin gerçek radyasyon etkisini belirlemeyi esas alır. Bu yöntemde konut duvar yüzeyine gelen radyasyon miktarı, her saat aldığı radyasyon miktarı güneş ışığı geliş açısına göre değişen şiddeti ile çarpılarak hesaplanır [Elnahas, 2003]. İklim özellikleri ne olursa olsun, genellikle güneye bakan cephe yoğunluğu kazanılan radyasyon oranını etkileyerek artırmaktadır. Güneşten kazanılan radyasyon oranı yapılaşma düzeni yoğunluğu ve buna bağlı olarak konut adası biçimlenmesine de etki etmektedir [Compagnon, 2004] (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Farklı yapılaşma düzenlerinin güneşten kazanılan radyasyon oranına etkisi (yıllık  $\geq 800$  [kWh/m<sup>2</sup>] radyasyon ile cephe (%) oranları) [Compagnon, 2004]

Ancak radyasyon düzeyi biçimlenmeyi etkileyen tek faktör değildir. Değişen iklim özellikleri, konut adalarının biçimlenmesinde rüzgarın da, konutlar ve diğer mekansal elemanlarla ilişkilerinin belirlenmesini gerekli kılar. Rüzgar etkilerinden korunma veya yararlanma gereği, konutlar arasındaki mesafe ve yönlenme farklarına göre konut adasının biçimlenmesine etki eder. Örneğin Güneybatı Avustralya'da ılıman bir iklim kuşağı içerisinde yer alan bir bölgede yapılaşma düzeni kararları, bu iklim kuşağı için optimum güneşlenme ve mevsim rüzgarlarına göre şekillendirilmiştir. Yaz rüzgarlarının serinletici olanaklarına açık, kış rüzgarlarının soğutucu etkilerine ise kapalı olan yerleşim dokusunun yoğunluğu ve yönü, güneş ve rüzgar etkileri dengelenerek belirlenmiştir. Şekil 3.13'de aynı iklim kuşağında yaz ve kış rüzgarlarını birbirine dik olarak geldiği bir alan için çözüm önerisi görülmektedir. Burada kış rüzgarları yüksek konut bloklarıyla karşılanırken, serinletici yaz rüzgarlarına doğru konutların yüksekliği giderek azalmaktadır. Yüksek konut

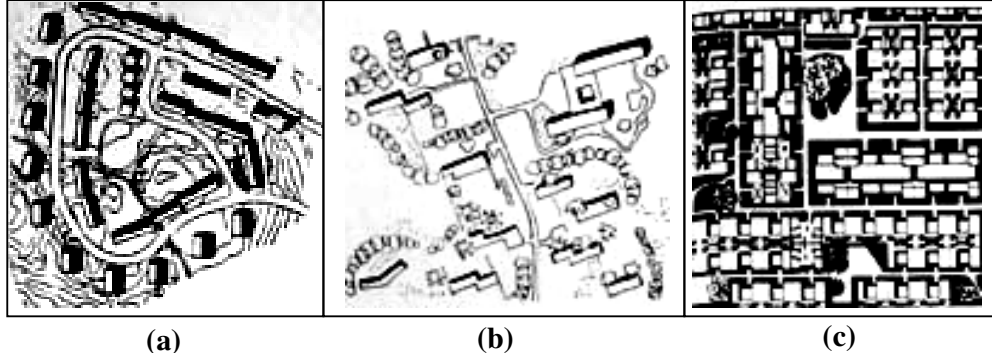
bloklarının bir araya gelişlerindeki dışbükey biçimlenme, kış rüzgarlarının soğutucu etkisini azaltırken, karşı yönde yaz rüzgarlarının serinletici etkisini artırmaktadır. Yapılan çalışma, iklim özelliklerine göre kentsel kanopi alanı içerisinde konut adaları için farklı yoğunluk bölgelerinin tanımlanabileceğini göstermektedir.



Şekil 3.13. Güneybatı Avustralya'da hipotetik bir yerleşimde yaz ve kış dönemlerinde rüzgarın değişen hakim yönünün (a) birbirine eğik (b) birbirine dik gelmesine göre optimum yapılaşma düzeni örnekleri [ENVI-met, 2008]

Konut adaları tasarımında nem oranının etkileri, alan içerisinde yüzey özellikleri ve dağılım şekillerinin de belirlenmesini gerekli kılmaktadır. Sert ve yeşil yüzeylerin oranı ve dağılımı biçimlenmeye etki eden faktörlerdir. Bu konuda yapılan bir araştırmada konut adası içerisinde asfalt, çim ve çatı gibi farklı yüzey özellikleri analiz edilerek, bağıl nem oranı hesaplanmıştır. Asfalt ve çim yüzey özelliklerinin uç değerleri temsil ettiği araştırmada, ağaçlandırma ile mevcut konut adasında artan gölgelenme ve bağıl nem oranı nedeniyle hissedilen ısıнын önemli oranda azaldığı gözlenmiştir [Asawa ve ark., 2004]. Bu nedenler, enerji etkin konut adalarının tasarımında güneş, rüzgar ve nem gibi iklim elemanlarının analizlerinin birlikte yapılmasını gerektirir [Bonneaud ve ark., 2001]. İklim özelliklerine göre iklim elemanlarının mekansal biçimlenmeyi etkilemedeki ağırlıkları da değişebilmektedir. Şekil 3.14'de (a) soğuk, (b) ılıman ve (c) sıcak-kuru iklim bölgeleri için biçimlenmiş konut adası örnekleri görülmektedir.

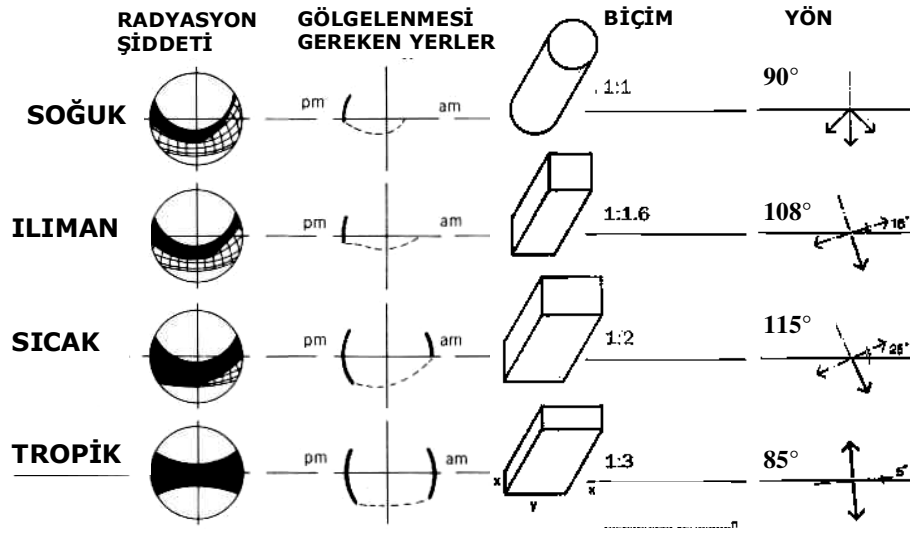




Şekil 3.14. İklim özelliklerinin konut adalarının biçimleri üzerine etkileri (a) soğuk (b) ılıman (c) sıcak-kuru iklim bölgeleri için biçimlenmiş konut adası örnekleri [Olgay, 1969]

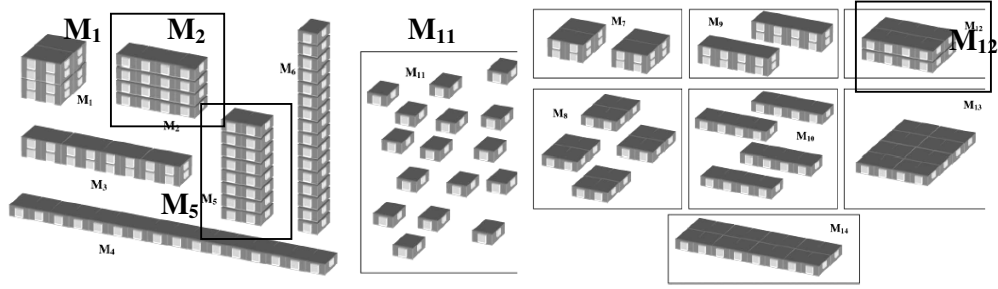
#### Konut ve konut adası ölçeğinde enerji etkin tasarım ilkeleri

Enerji etkin konut tasarımında amaç, bina kabuğunun sınırladığı iç ve dış mekan arasındaki ısı enerjisi akışını dengelemektir. Isı kaybı ve kazancı arasındaki denge konutun yönü, geometrik biçimi ve malzeme özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bunlardan konutun hacim ve yüzey oranı ile yönü, ısı kayıp ve kazançlarını belirlemede en önemli değişkenler olarak öne çıkmaktadır. Enlem etkisine göre değişen radyasyon şiddetine bağlı olarak korunulması ve yararlanılması gereken yönler, konutların boyutlarını da etkilemektedir. Kutuplara doğru ısı kaybının en aza indirilmesi için  $90^\circ$  güneye yönelmiş kompakt biçimler, ekvatora doğru inildikçe fazla ısı kazancını azaltmak için doğu-batı yönünde uzamaktadır (Şekil 3.15).



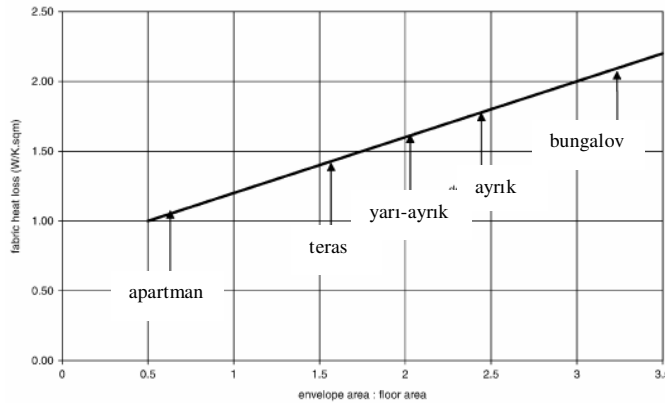
Şekil 3.15. İklim farklarına göre gölgelenme ve güneşlenme gereksinimlerine bağlı olarak şekillenen konut tipleri, boyutları ve yönlenme açıları [Hong Kong University, 2008]

Ancak tek yapı boyutunda geçerli olan bu ilkeler, konutların bir araya geliş biçimlerine göre de değişebilmektedir. Bu amaçla yapılan bir araştırmada enerji etkin konutların bir araya geliş biçiminin ısı kaybı ve kazancına etkisi soğuk ve ılıman iklim bölgeleri için karşılaştırılmıştır [Depecker ve ark., 2001]. Hacim yüzey oranının ılıman iklim bölgeleri için önemli bir değişken olmadığı sonucuna varılan araştırmada, kompakt konut gruplarını temsil eden tip M1 ile enerji performansı en düşük olan tip M11 her iki iklim bölgesinde de alt ve üst sınır değerleri vermişlerdir. M2, M5 ve M12 tipleri enerji performansı açısından her iki iklim bölgesinde de ısı kaybı açısından birbirlerine oldukça yakın, düşük değerler göstermişlerdir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Konutların bir araya geliş biçimine bağlı olarak hacim/yüzey oranlarındaki değişimler [Depecker ve ark., 2001]

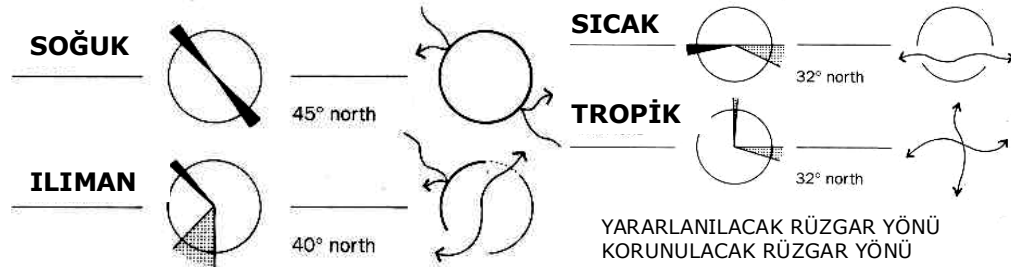
Ayrık yapılaşma düzeni diğer yapılaşma düzenlerine göre en yüksek ısı kaybı ve kazanç farklarına neden olmaktadır. Bu da hangi iklim bölgesinde olursa olsun kompakt konut kütlelerini hem enerji, hem de alan kullanımı açısından etkin bir biçimlenme tipi olarak öne çıkarmaktadır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Toplam dış yüzey alanı / taban alanı oranının yüzey ısı kaybına etkisi [Steemers, 2003]

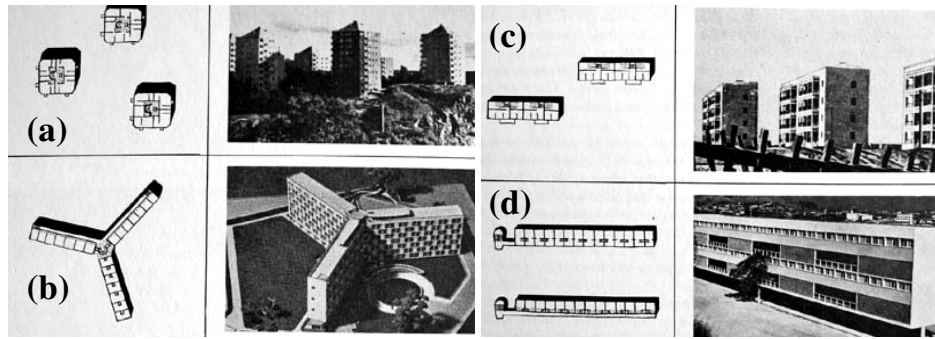
Her iklim bölgesi için farklılık gösteren rüzgar koşulları, konutların dış kabuk yüzey ve pencere özelliklerini etkileyen bir faktördür. Kutuplara doğru özellikle kış aylarında korunulması gereken rüzgar, ekvatora doğru yararlanılması gereken bir iklim elemanına dönüşür. Tropik iklim kuşaklarına doğru ise, mutlak nem oranına bağlı olarak doğrudan havalandırma gereksiniminin artması bina kabuğunun biçimlenmesini etkilerken, soğuk iklim bölgelerinde ise, konutların konumu ve yönlerini etkilemektedir. Her iklim bölgesinde amaç, mevsime bağlı olarak değişen

rüzgar hareketlerine göre korunma ve yararlanma önceliklerinin belirlenmesidir. Şekil 3.18’de farklı iklim kuşaklarına ait hâkim rüzgar yönleri ile bunları denetlemeye yönelik öncelikler görülmektedir.



Şekil 3.18. İklim kuşaklarına göre değişen rüzgar yönleri ve denetleme biçimleri [Hong Kong University, 2008]

Konut ve konut adası tasarımı, iklim bölgelerine göre farklılaşabilen konfor gereksinimleri, bu iki değişkenin birlikte değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Radyasyon ve rüzgarın konutların biçimlenmesine etkileri birlikte gözetildiğinde, konutlarda kullanılan enerji miktarı da önemli ölçüde azalmaktadır. Resim 3.1’de (a) soğuk, (b) ılıman, (c) sıcak-kuru ve (d) sıcak-nemli iklim bölgeleri için tasarlanmış konut tipleri örnekleri görülmektedir.



Resim 3.1. Farklı iklim özelliklerinin konut biçimlenmesi üzerine etkileri (a) soğuk (b) ılıman (c) sıcak-kuru (d) sıcak-nemli iklim bölgeleri için tasarlanmış konut tipleri örnekleri [Olgyay, 1969]

#### **4. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ ETKİN PLANLAMA VE TASARIMDA YAPILAN ÇALIŞMALARDAN ÖRNEKLER**

Enerji etkin planlama ve tasarımda iklim özelliklerinin etkisi üzerine yapılan çalışmalar döneme ve yere göre farklılıklar göstermektedir. Başlangıçta bina kabuğu ve geometrik özelliklerinin iç mekan termal konforu ve konutların enerji performansına etkisi ile sınırlı olan araştırma yöntem ve modelleri, son zamanlarda kentsel alanda yüzey enerji dengesi ve bunun etkilediği dış mekan termal konforu ve kentsel hava kalitesi sorunlarına yönelik olarak oluşturulmuştur. Bu durum kent makroformunda enerjiye ilişkin konuları da etkilediği belirlenen kentsel kanyon, konut adası, cadde ve sokaklar gibi gündelik yaşamın yer aldığı mekansal birimlerin mikroklimatik özelliklerinin önemini ortaya çıkarmıştır. Kentsel iklim özelliklerini etkileyen faktörlere ilişkin göstergelerin yoğunluk kazanması ve bunların ışığında gelişen sayısal simülasyon modellerinin çoğalmasıyla, ölçme ve değerlendirme hızı enerji etkin tasarım konusunda daha fazla seçeneklerin üretilebildiği esnek çözüm olanakları sağlamaktadır. Bu bölümde dünyada ve Türkiye’de bu konuda yapılan çalışmalar ve gelişmeler örneklerle ele alınarak karşılaştırılacaktır.

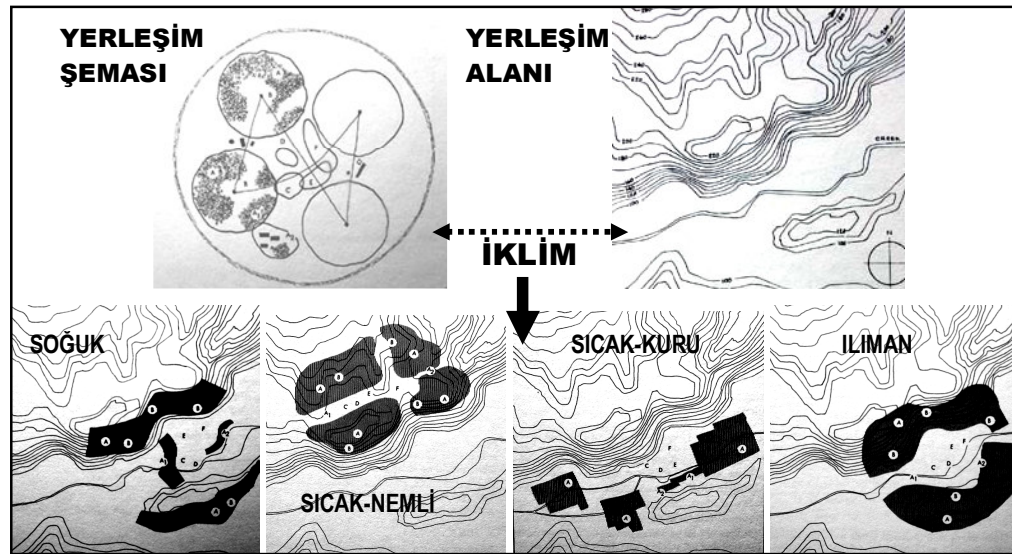
##### **4.1. Dünyada Enerji Etkin Tasarım Üzerine Yapılmış Olan Çalışmalar**

Enerji etkin planlama ve tasarıma yönelik çalışmalar, kentsel dokunun yoğun ve homojen olduğu, ülke sınırları içerisinde iklim özelliklerinin önemli farklar göstermediği Avrupa’da güneşin yerleşim yoğunluğu üzerine etkisine ilişkin araştırmalar ile başlamıştır. Kentsel iklimle uyumlu optimum yoğunlukları belirlemeye yönelik çalışmalarda araştırmacılar konut tipleri ve bir araya geliş biçimlerine ilişkin parametrelere bağlı olarak maksimum güneşlenme ve yoğunluk olanaklarını araştırmışlardır [Gropius, 1956; Beckett, 1942; Martin ve March, 1972; Cathain, 1977]. Ülke sınırları içerisinde çok sayıda farklı iklim bölgeleri içeren Amerika’da yapılan çalışmalarda ise, iklimsel özellikler açısından optimum performans gösterebilen ideal konut biçimi ve yer seçiminin öne çıktığı görülmektedir [Olgyay, 1969; Knowles, 1974, 1979]. Doğal yaşam ortamındaki canlılar ve toplu biçimde yerleşim örneklerindeki biçimlenme ilkelerinden hareket

eden Olgyay (1969) ve Knowles (1974, 1979), enerji etkin yerleşim tasarımında yerleşim özelliklerinin de iklim özelliklerinin doğal bir sonucu olarak değerlendirmiştir. Son dönemlerde ise Çin, İsrail, Avustralya ve Japonya’da yoğunluk kazanan iklimle uyumlu enerji etkin yerleşim araştırmalarında, iklim özelliklerinin sosyal ve ekonomik sorunlarla birlikte değerlendirildiği görülmektedir. Yapılan çalışmalardan bazı örnekler ve modeller şöyle sıralanabilir:

#### Biyoklimatik enerji etkin yerleşim modeli (SOL-AIR)

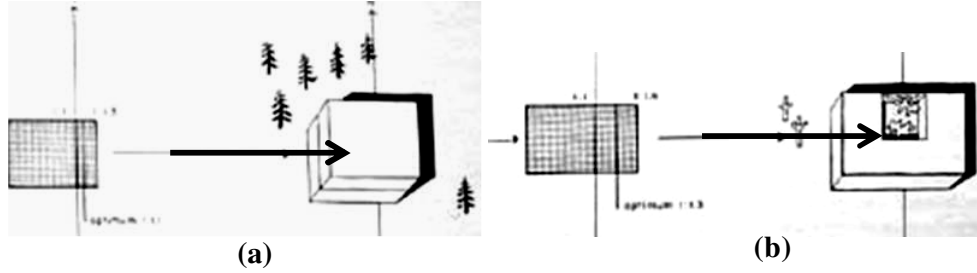
Planlama ölçeğinde arazi yer seçimi ve yoğunluk özelliklerini kontrol değişkeni olarak kabul eden Olgyay (1969) tarafından geliştirilen modelde, farklı iklim özelliklerinin bina kabuğu ve yerleşimin fiziksel dokusuna etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın uygulamasında Şekil 4.1’de sıcak-kuru, sıcak-nemli, soğuk ve ılıman iklim özelliklerine göre alanda yer seçimi, bölgeleme ve yoğunluk dağılımı ile yerleşimin geometrik biçimlenişine etkileri görülmektedir.



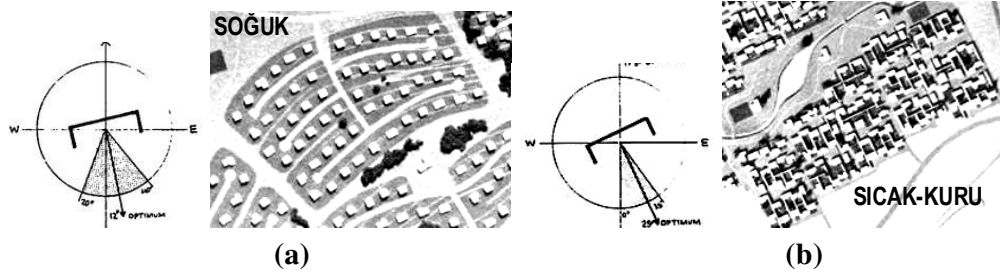
Şekil 4.1. Victor Olgyay’ın farklı iklim özellikleri için geliştirdiği enerji etkin yerleşim dokusu [Olgyay, 1969]

Yerleşimi oluşturan enerji etkin konut boyutları da iklim bölgelerine göre farklılıklar göstermektedir. Soğuk iklim bölgesi için plan oranları 1:1,3 olan ve minimum

yüzey/hacim oranını sağlayan iki katlı konut, sıcak-kuru iklim bölgesi 1:1,6 oranlarında iç avlulu tek katlı konut tipi en farklı konut tiplerini oluşturmaktadır (Şekil 4.2). Konut tipleri ve yerleşim dokusu karşılıklı olarak enerji etkin konut adalarının biçimlenmesini de etkilemektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Victor Olgyay'ın geliştirdiği enerji etkin konut geometrik özellikleri (a) soğuk ve (b) sıcak-kuru iklim bölgeleri için [Olgyay, 1969]

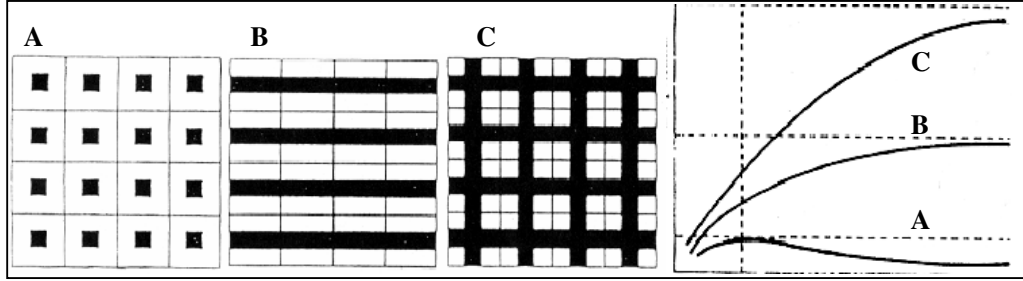


Şekil 4.3. Victor Olgyay'ın farklı iklim özellikleri için geliştirdiği konut tipleri ve yerleşim enerji etkin yerleşim konut adaları (a) soğuk ve (b) sıcak-kuru iklim bölgeleri için [Olgyay, 1969]

#### Enerji etkin kentsel doku modelleri

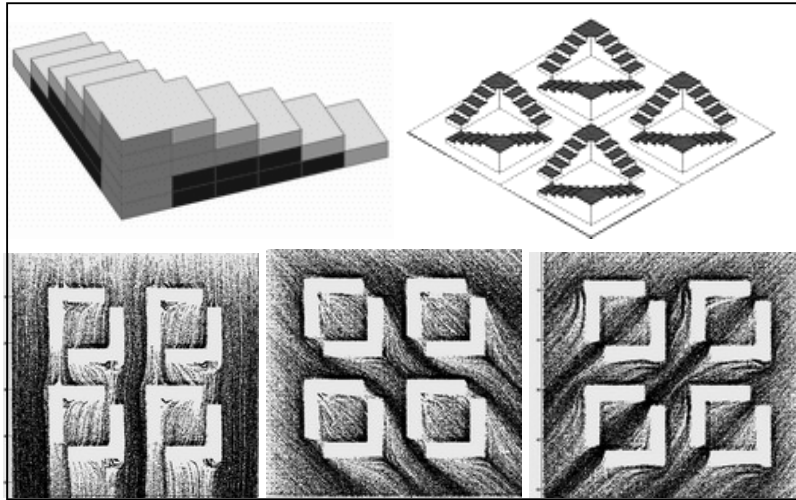
1968 yılında Martin ve March radyasyon ve gün ışığı açısından en etkin yapılaşma düzenini belirlemek için farklı hipotetik konut tiplerinin oluşturduğu kentsel doku örneklerini karşılaştırarak, en etkin kentsel biçimin avlu formları ile sağlanabileceğini öne sürmüştür (Şekil 4.4). Modele göre kat yüksekliği arttıkça noktasal ve doğrusal blok düzenleri ile karşılaştırıldığında, avlu düzeninin yapılaşma potansiyeli ve alan kullanım verimliliği açısından da önemli avantajlar sağladığı belirlenmiştir. Araştırmanın bulgularından yola çıkan Steemers (2003) mikroklima ve enerji kullanımı açısından avlu formunun yalnızca sıcak-kuru iklim bölgeleri için

değil, tüm iklim bölgeleri için de en etkin kentsel biçim olduğunu belirlemiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Aynı yoğunluktaki farklı yapılaşma düzenlerinin gün ışığı ve alan kullanım verimlilikleri açısından karşılaştırılması [Steemers, 2003]

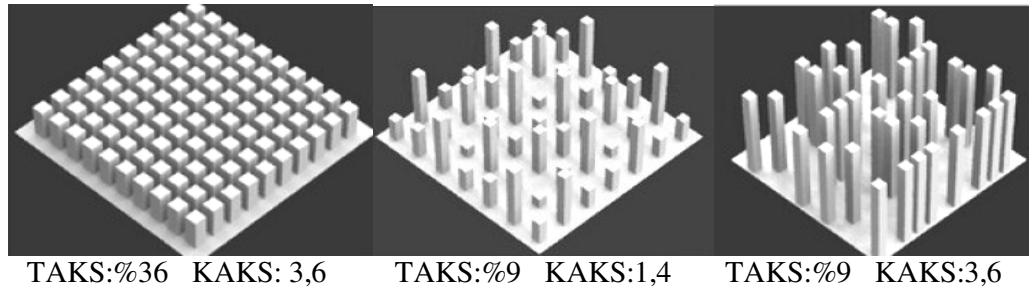
Okeil (2008) rüzgar ve güneş etkileri açısından biçimlenme olanaklarını araştırarak, sıcak nemli iklim bölgesi için avlu biçimine farklı bir yorum getirmiştir. Tasarladığı konut adalarının güneş ve rüzgara yönelme farklarına göre optimum performans analizlerini yapmıştır (Şekil 4.5). Önerilen ada tasarımı ile güneşten ve rüzgardan yararlanma olanaklarının artırılabilmesi için avlu formunda kot farkları oluşturulmuştur. Böylece hem ada içerisinde, hem de adaların bir araya gelişlerinde gölgelenme etkisi azaltılırken, havalandırma için gereken rüzgar kanallarının oluşturulması sağlanmıştır [Okeil, 2008].



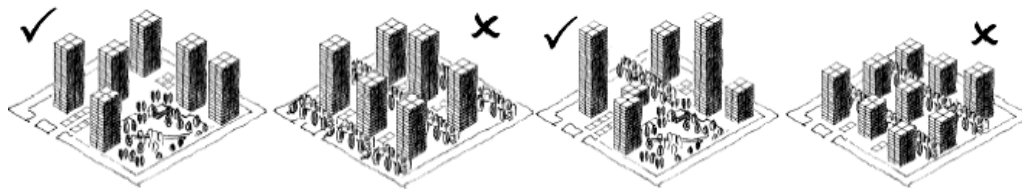
Şekil 4.5. Enerji etkin “güneş” konut adaları ve bir araya gelerek oluşturdukları doku özelliklerinin radyasyon ve rüzgar hareketlerine etkileri [Okeil, 2008]



Yapılaşma düzeninde radyasyon kazanımını artırmaya yönelik olarak geliştirilen bir başka modelde, aynı yoğunlukta değişen TAKS ve KAKS değerlerine göre radyasyon kazanımına etkisi açısından dağınık konumlanma biçiminin, düzgün ve homojen konumlanma biçimine göre önemli avantajlar sağladığı belirlenmiştir (Şekil 4.6). Modele göre konutların ada içerisinde konumlanmalarında hem yatay, hem de düşey farklılaşmasıyla daha fazla radyasyon kazanımı sağlanabildiği belirlenmiştir (Şekil 4.7). Böylece konut adası içerisinde kat alanı katsayısı korunurken, farklı taban alanı katsayıları ile konut adası içerisindeki yoğunluğun çeşitlendirilerek dağıtılmasıyla, ada içerisindeki toplam enerji kazanımı önemli oranda artırılabilir [Cheng ve ark., 2006].



Şekil 4.6. Radyasyon kazancı açısından karşılaştırılan aynı yoğunlukta iki farklı hipotetik konut adası [Cheng ve ark., 2006]



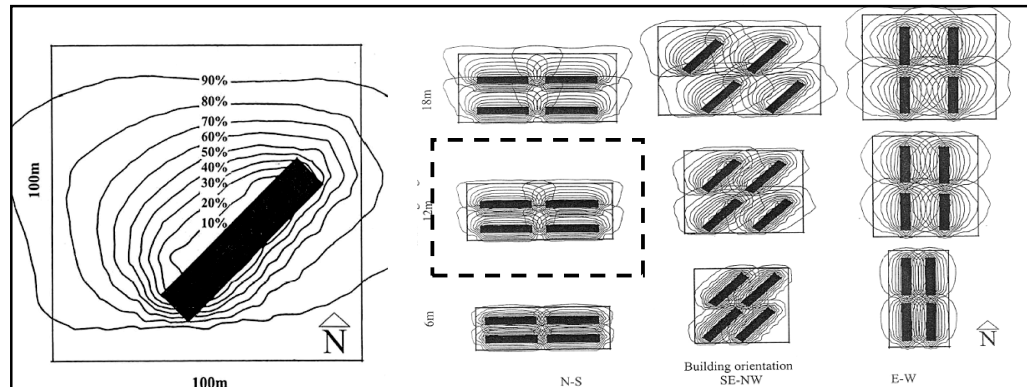
Şekil 4.7. Hipotetik bir konut adası içerisindeki radyasyon kazancını artırmak için konutların konumu ve yüksekliklerinin yeniden düzenlendiği örnekler [Cheng ve ark., 2006]

Kristl ve Krainer (2001) tarafından geliştirilen eş-gölge modülü modelinin (iso-shadow module), özellikle yeni gelişme alanlarının planlama sürecinde tasarım aşaması için pratik ve etkin bir model olabileceği ileri sürülmüştür. Dünyanın herhangi bir yerinde konut üzerine ve yere düşen net radyasyon miktarının belirlenebildiği tasarım modeli, araştırmacılar tarafından geliştirilen bir simülasyon

modeli (SENCE) ile analiz edilmiştir. Konut tiplerinin bağımsız değişken, konutların yükseklik, derinlik, aralarındaki mesafeler ve yönlerinin bağımlı değişkenler olduğu modelde, yerleşimin konut ve nüfus yoğunluğu analizleri yapılmıştır (Çizelge 4.1). Yansıyan ve yaygın radyasyon oranlarının değerlendirmeye katılarak toplam radyasyon bileşenlerinin hesap edildiği modelin sonuçlarına göre dik açı ile güneye yönelmenin diğer yönler göre %35 yapılaşma alanı kazancı sağladığı belirlenmiştir. 12 m yükseklikte tam güneye yönelmenin yoğunluk ve radyasyon ilişkisi açısından optimum alan kullanımı sağladığı görülmüştür (Şekil 4.8).

Çizelge 4.1. Farklı konut tipine göre taban alanı, konut adası alanı ve nüfus yoğunluklarının değişimi [Kristl ve Krainer, 2001]

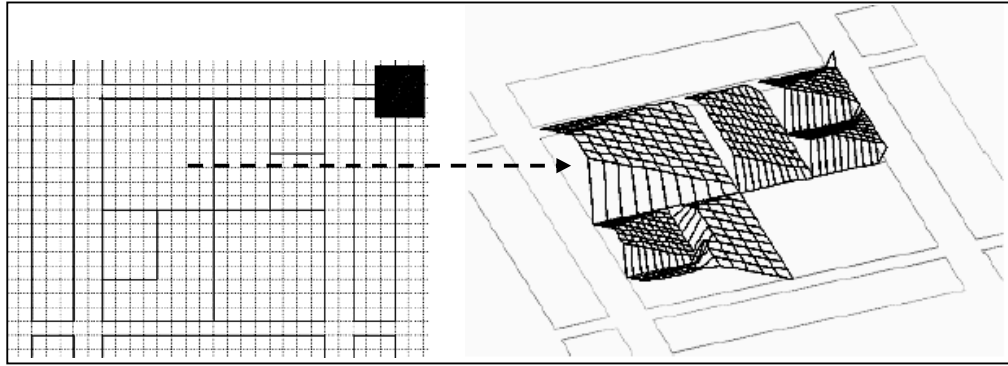
| TİP | uzunluk/genişlik (m) | yükseklik (m) | kat alanı (m <sup>2</sup> ) | toplam alan (m <sup>2</sup> ) | nüfus |
|-----|----------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------------|-------|
| 1   | 60/12                | 6             | 720                         | 1 440                         | 58    |
| 2   | 60/12                | 12            | 720                         | 2 880                         | 115   |
| 3   | 60/12                | 18            | 720                         | 4 320                         | 173   |
| 4   | 60/24                | 6             | 1 440                       | 2 880                         | 111   |
| 5   | 60/24                | 12            | 1 440                       | 5 760                         | 22    |
| 6   | 60/24                | 18            | 1 440                       | 8 640                         | 332   |
| 7   | 60/36                | 6             | 2 160                       | 4 320                         | 166   |
| 8   | 60/36                | 12            | 2 160                       | 8 640                         | 332   |
| 9   | 60/36                | 18            | 2 160                       | 12 960                        | 498   |



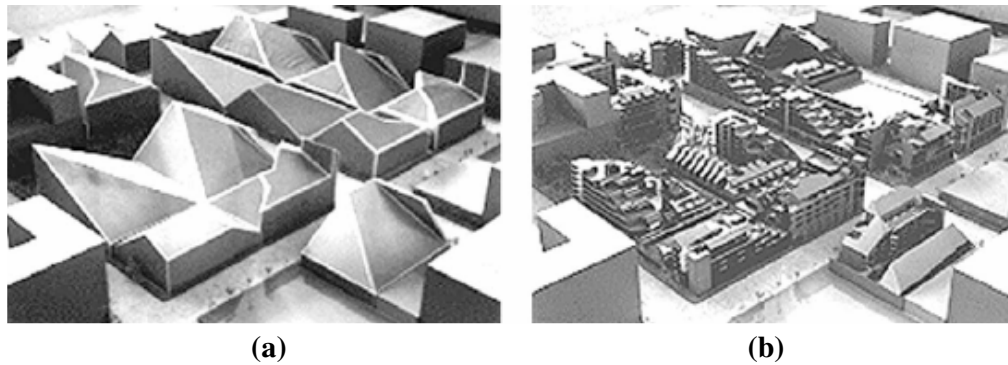
Şekil 4.8. 100x100 m’lik bir alanda boyu 60 m olan bir konutun çevresinde oluşan eş gölge modülü eğrileri ile en, yükseklik ve yönelme farklarına göre belirlenen en etkin seçenek [Kristl ve Krainer, 2001]

### Güneş zarfı modeli

Knowles (1981) tarafından geliştirilen güneş zarfı modeli ile alanı, boyutları ve biçimi ne olursa olsun, konut adası içerisinde en üst düzeyde güneşlenme sağlayabilen farklı biçimlenme olanaklarının çoğaltılabilmesi amaçlanmıştır. Modelin bir diğer önemli özelliği yüksek yapılaşma yoğunluğunda bile güneş kazanımını, aynı yoğunluktaki diğer yapılaşma düzenlerine oranla en üst düzeyde tutabilmesidir. Bunun yanında model hem mevcut alanda, hem de gelişme alanlarında kullanım olanağı sağlamaktadır. Bu da hem plancı, hem de tasarımcılar için önemli avantajlar sağlamaktadır [Knowles, 2003] (Şekil 4.9) (Resim 4.1).

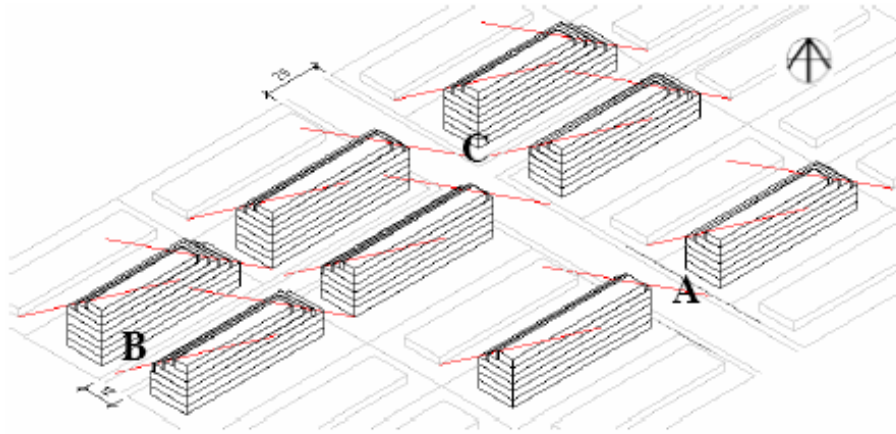


Şekil 4.9. Güneş zarflarının konut adası içerisinde farklı boyutları ve alanları olan parsellere göre biçimleniş farkları [Capeluto ve ark., 2005]



Resim 4.1. Konut adaları içerisinde (a) güneş zarfları (b) zarfların sınırladığı hacimler içerisinde çeşitli konut tasarımları [Knowles, 2003]

Knowles'un geliştirdiği bu model farklı araştırmacılar tarafından da yorumlanarak, farklı iklim özellikleri gösteren alanlara da uygulanmıştır. Örneğin, 2005 yılında Capeluto ve arkadaşları tarafından Kudüs'te yapılan bir uygulamada, güney-doğu ve kuzey-batı doğrultusunda birbiri ile dik olarak kesişen 20 m ile 12 m genişliklerindeki yollarla sınırlanmış konut adaları üzerine çalışılmıştır. Mevcut parsel sınırları ve çekme mesafelerine bağlı kalarak, enerji etkinlik açısından performans analizleri daha önce yapılmış yüksek konut bloklarının, güneş zarflarına göre yeniden düzenlenerek yapılaşma yoğunluğunun artırılması olanakları araştırılmıştır. Araştırmada üst katlarda kuzey ve doğu yönlerinde ie çekmeler ile gölge mesafesinin azaltılmasının yapılaşma alanında önemli kazanımlar sağlayabileceği belirlenmiştir [Capeluto ve ark., 2005] (şekil 4.10).

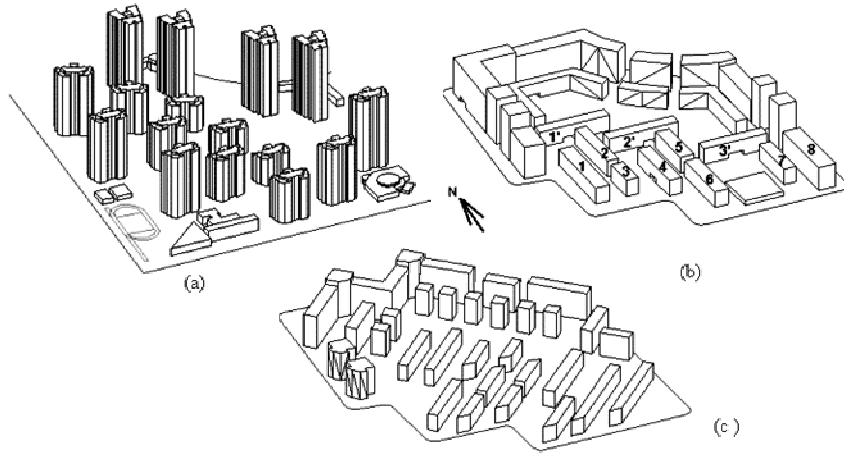


şekil 4.10. (A)-20 metrelik yola dik iki parsel arasında (B)-12 metrelik yola paralel iki parsel arasında, (C)-kavşakta kesişen dört parsel arasında güneş ışınlarının engel sınır noktaları [Capeluto ve ark., 2005]

#### Sürdürülebilir enerji etkin konut adası modelleri

1998-2002 yılları arasında ETHZ, EPFL, Tokyo Üniversitesi, Tsinghua Üniversitesi ve Tongji Üniversitesi'nden araştırmacılarla MIT yapı teknoloji laboratuvarlarında, Çin'de nüfusun oldukça yoğun olduğu Pekin, şangay ve şenzen kentlerinde sürdürülebilir konut alanları için araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar kapsamında çok sayıda tasarımın simülasyonları yapılarak iklimle uyumlu enerji

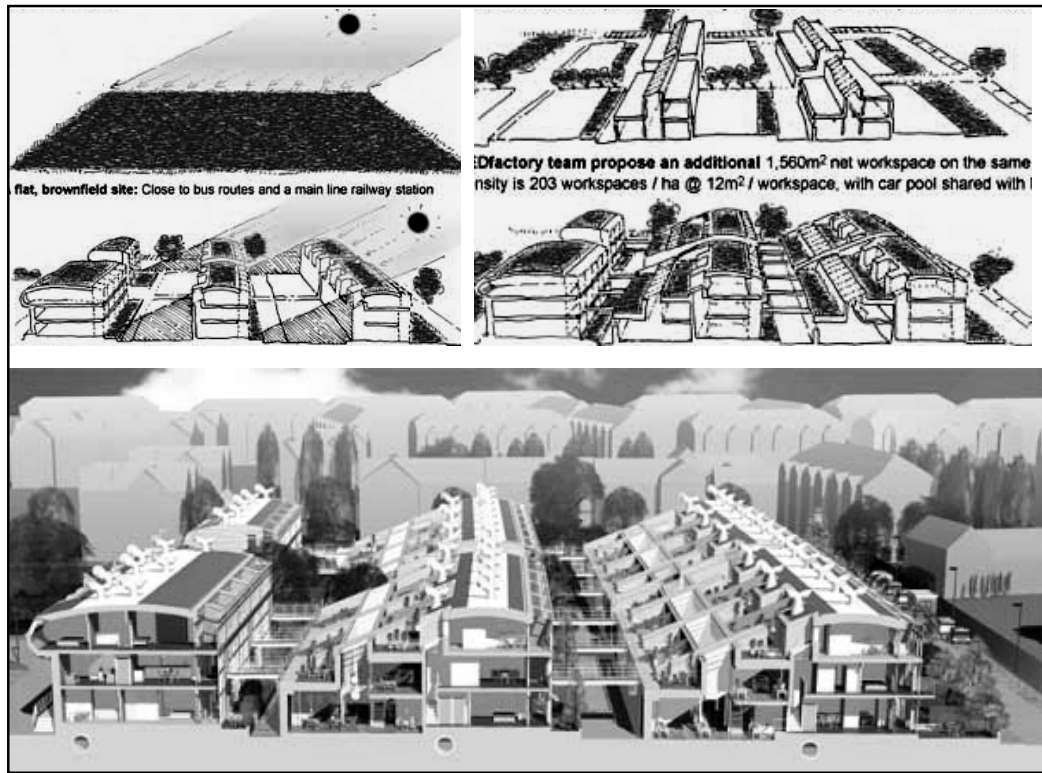
etkin yerleşim, konut adası ve konut tasarımı için rehberler geliştirilmiştir. Bu araştırmalardan birinde Pekin’de önceden tasarlanmış mevcut bir konut adası, yoğunluğu korunarak, rüzgar hareketlerinin olumsuz etkilerini azaltmak üzere yeniden tasarlanmıştır. Yükseklikleri 33 m’den 90 m’ye kadar değişen 16 blok içeren konutların yükseklikleri ile konumları yaz ve kış rüzgarlarına göre yeniden belirlenmiştir. Simülasyon analizlerinde Şekil 4.11’de görülen (a) seçeneğinde, yaya konforu açısından kış ayları için yerden 1,5 m yükseklikte ayaz etkisi yapabilecek 8-9 m/sn olan rüzgar hızının, 70 m yükseklikte 15 m/sn’ ye ulaştığı belirlenmiştir. Araştırmanın bulgularına göre tasarlanmış olan (b) seçeneği (Şekil 4.11), dış mekan termal konforu açısından kış ayları için istenilen sonuçları vermiştir. Bir sonraki aşamada güneşlenme ve yaz rüzgarlarına göre yeniden düzenlenen (c) seçeneğinin, dış mekan konforu açısından optimum sonuçlar verdiği görülmüş (Şekil 4.11) ve ayrıca enerji analizlerinin de devam ettiği belirtilmiştir [MIT, 2008].



Şekil 4.11. MIT laboratuvarlarında mevcut bir konut alanının güneş ve rüzgar analizlerine göre yeniden tasarımı (a) mevcut konut adası (b) adanın dış mekan termal konfor özelliklerini iyileştirmek üzere yeniden tasarlanmış şekli (c) adanın rüzgar analizlerine göre düzenlenmiş en son şekli [MIT, 2008]

Dunster (2003) tarafından beş yıl süren bir araştırma sonunda geliştirilen BedZED (Beddington Zero Energy Development) konut adası modeli, 0,65 hektarlık bir alanda 240 kişi hane halkı ve 200 kişi çalışanı ile yaklaşık 450 kişilik bir nüfus için tasarlanmıştır. Üç katlı 100 konut ve işyerleri içeren kompakt konut adası “sıfır

enerji” kentsel gelişme için bir prototip modülü olarak hazırlanmıştır (Resim 4.2). Modelde güneş ışınlarının geliş açısına göre konumlanan konutların oluşturdukları gölgeli alanlar, işyerleri ve konutlar için hizmet alanları olarak değerlendirilerek, alan kullanım yoğunluğunun en üst sınırlarda tutulması amaçlanmaktadır. Çatı yüzeylerinin bitkilendirilmesi ile de, yüzey enerji dengesinin sağlanması için artan sert yüzey yoğunluğunun neden olabileceği ısı adası etkisinin azaltılması hedeflenmiştir [Dunster, 2003].



Resim 4.2. BedZED tarafından geliştirilen ve 0,65 hektarlık bir alanda 100 konut ve işyeri içeren enerji etkin kompakt konut adası modeli [Dunster, 2003]

Hem kentsel kanopi içerisinde ısı adası etkisini azaltmak, hem de konut adası içerisinde dış mekan termal konfor düzeyini artırmak amacıyla Hoyano ve ark. (2004) tarafından geliştirilen sürdürülebilir konut adası tasarımı modelinde, Iino ve

Hoyano (1996) tarafından geliştirilen bir sayısal model ile üç boyutlu termal çevre analizi yapılarak konut adası ölçeğinde ısı adası etkisi araştırılmıştır (Eş. 4.1).<sup>1</sup>

$$HIP = \frac{\int_{alt\_surface} (T_s - T_a) dS}{S} \quad (4.1)$$

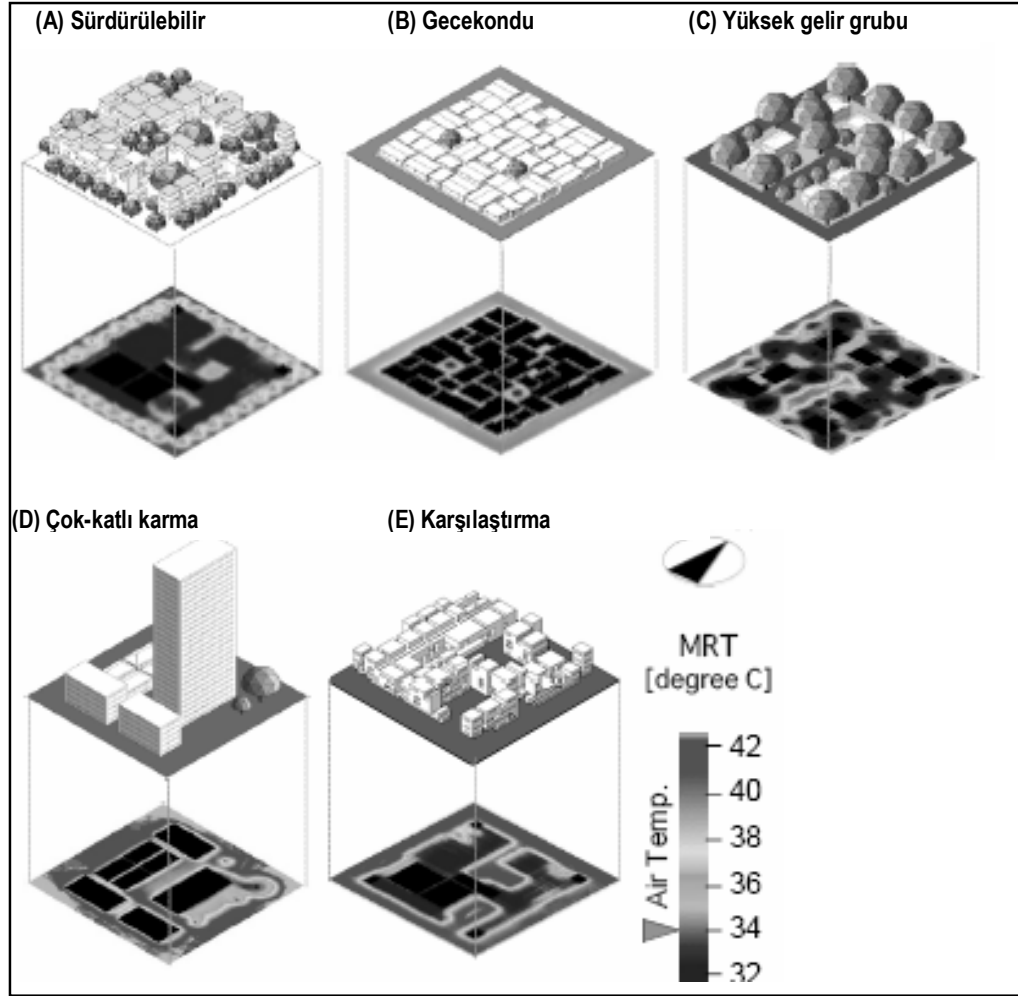
Bu araştırmada beş farklı konut adası arasında TAKS, KAKS, kat adedi, sert yüzey oranı ile strüktür ve malzeme özellikleri açısından yapılan karşılaştırmada (Çizelge 4.2) model, Filipinler'in başkenti Metro Manila'da bir gecekondu bölgesinde mevcut bir konut adasına uygulanmıştır.

Çizelge 4.2. Farklı konut adaları arasındaki özelliklerin karşılaştırılması  
[Hoyano ve ark., 2004]

|                                 | <u>KAKS</u><br>% | <u>TAKS</u><br>% | <u>YEŞİL ALAN</u><br>% | <u>KAT ADEDİ</u> | <u>SERT YÜZEY</u><br>% | <u>EMSAL</u><br>% | <u>STRÜKTÜR-<br/>MALZEME</u> |
|---------------------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|-------------------|------------------------------|
| <b>A-SÜRDÜRÜLEBİLİR</b>         | 200              | 50               | 55                     | 5                | 36                     | 15                | BETONARME                    |
| <b>B-GECEKONU</b>               | 50               | 50               | 2                      | 1                | 36                     | 36                | AHŞAP                        |
| <b>C-YÜKSEK GELİR<br/>GRUBU</b> | 24               | 12               | 53                     | 2                | 34                     | 4                 | YIĞMA                        |
| <b>D-ÇOK KATLI</b>              | 200              | 30               | 4                      | 20               | 68                     | 0                 | BETONARME                    |
| <b>E-KARŞILAŞTIRIMA</b>         | 200              | 50               | 0                      | 5                | 50                     | 0                 | BETONARME                    |

Önerilen konut adası modeli ile karşılaştırılan konut adalarının özellikleri, CAD ortamında 3 boyutlu olarak modellenmiş konut adası tiplerinin yerden 1,5 m yükseklikte ortalama ışıma sıcaklık değerleri (MRT-Mean Radiant Temperature) arasında önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Yapılan simülasyon analizlerinde, önerilen sürdürülebilir konut adası modelinin yüzey sıcaklığı ve hissedilen ısı düzeyinde önemli ölçüde azalmanın sağlanmış olduğu belirlenmiştir [Hoyano ve ark., 2004] (Şekil 4.12).

<sup>1</sup>HIP ısı adası potansiyeli değerlendirme göstergesi hissedilen ısı akışının konut adası toplam yüzey sıcaklığına oranı (HIP- ısı adası potansiyeli (°C), T<sub>s</sub> -birim düzlem yüzey sıcaklığı (°C), T<sub>a</sub> -hava sıcaklığı (°C), dS- birim düzlem alanı (m<sup>2</sup>), S- konut adasının yatay yüzey alanı (m<sup>2</sup>) [Iino ve Hoyano, 1996]



Şekil 4.12. Sürdürülebilir konut adası modeli ile karşılaştırılan konut adalarının ortalama ışıma sıcaklık değerleri [Hoyano ve ark., 2004]

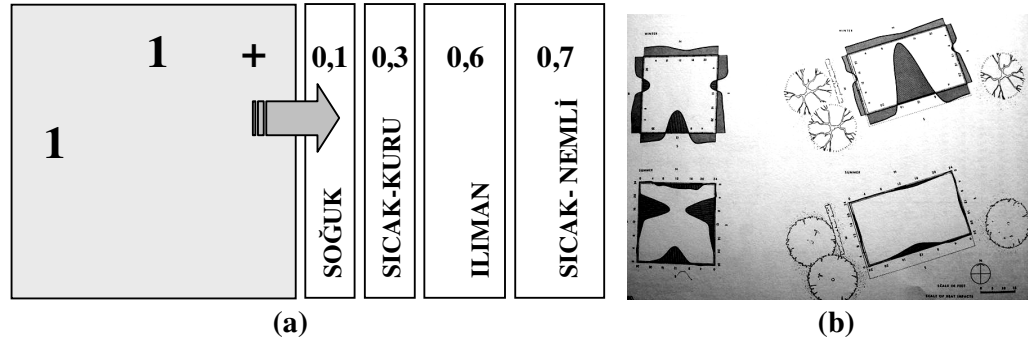
#### 4.2. Türkiye’de Enerji Etkin Tasarım Üzerine Yapılmış Olan Çalışmalar

Enerji etkin tasarım konusunda Türkiye’de yapılan çalışmaların genel olarak bina ölçeğinde konut geometrik özellikleri ve optimum kabuk üzerine yoğunlaşmış olduğu görülmektedir. Çalışmaların önemli bir bölümü Victor Olgyay’ın iklimle uyumlu konut ve yerleşim tasarımına ilişkin geliştirmiş olduğu yöntemlerin Türkiye’de belli yörelere uyarlanması ile başlamıştır. Son dönemlerde, enerji etkin konut tasarımı üzerine yapılan çalışmaların yanı sıra, enerji etkin yerleşimler üzerine araştırmalar da yapılmaya başlanmıştır.



### Enerji etkin konut adası tasarımı üzerine yapılmış çalışmalar

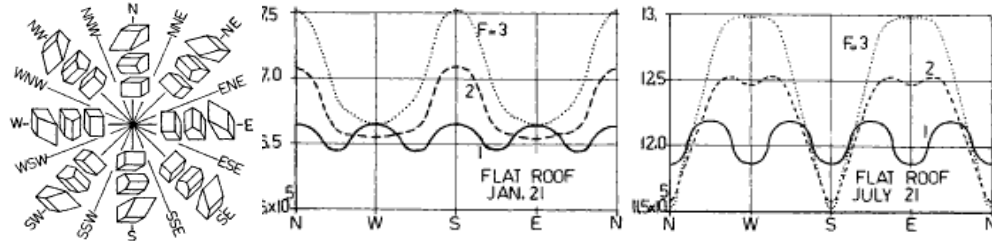
1950 yılı başlarında yapılan ilk çalışmalar, genel olarak iklimle uyumlu konut tasarımına yönelik olup, bina kabuğu, yön, çatı ve pencere gibi tasarım elemanlarının güneş kontrolü olanaklarına yöneliktir [Zeren, 1959, Şen, 1967, Berköz, 1969]. Mimari tasarımda güneş kontrolü üzerine ilk çalışmaları yapan Zeren (1959), Türkiye’de farklı iklim bölgeleri için en soğuk ve en sıcak dönemleri belirlediği araştırmasında, Olgyay (1969)’un grafik yöntemi olan “sol-air” modelini farklı bölgelere uyarlamıştır. Bu modelde farklı iklim bölgelerinde radyasyon ve hava sıcaklığının, konutların geometrik ve kabuk özellikleri ile biçimlenişine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Olgyay (1969) tarafından geliştirilen bu modele göre doğu ve batı yönleri ısı yükleri açısından simetrik olmayıp, öğleden sonra güneşlenmenin devam ettiği saatlerde hissedilen ısı, sabah saatlerine göre önemli farklılıklar göstermekte, bu da konutların tasarımında yön ve kabuk özelliklerinde gözetilmesi gereken önemli bir faktördür. Bu konuda Olgyay (1969) yapmış olduğu çalışmadan hareketle Şen (1967)’nin iklim özelliklerinin konutların boyutlarına etkisini araştırdığı çalışmasında, Rize ve çevresi için konut boyutlarında optimum oran 1:1,6 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Sol-air modeline göre farklı iklim özelliklerinin konut (a) optimum boyutuna (b) optimum yönüne etkisi [Olgyay, 1969]

Türkiye’de bina ölçeğinde yapılan araştırmalarla karşılaştırıldığında, kentsel ölçekte iklimle uyumlu enerji etkin yerleşim üzerine yapılmış çalışmaların sayısının oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bunlardan birinde Berköz (1969) Türkiye’nin çeşitli

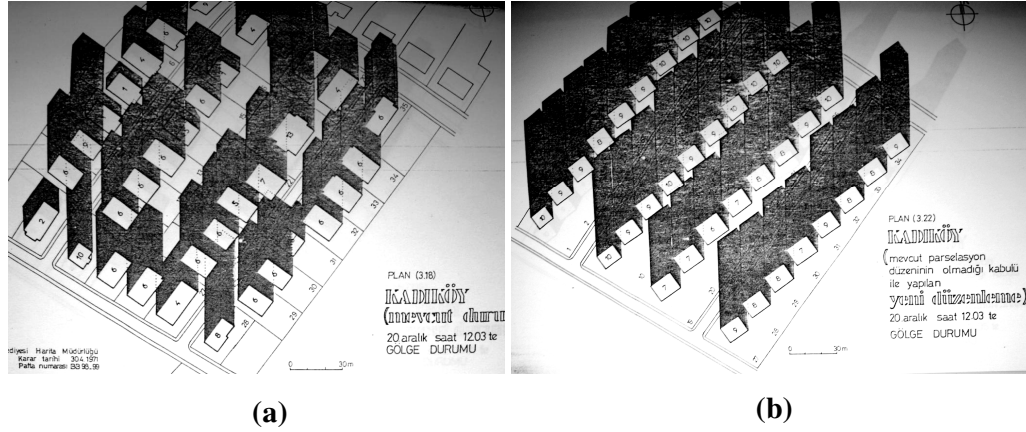
iklim bölgeleri için ısıtma enerjisi tasarrufu açısından optimum bina kabuğu ve yüksekliklerinin belirlenmesinde biyoklimatik konfor aralıklarını belirlemiştir. Bu araştırmada bina kabuğunun termal özellikleri, konutların biçimi ve yönü ile konutlar arasındaki mesafeye eğimin etkilerine bağlı olarak iklimle uyumlu enerji etkin yerleşim ilkelerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Çalışmada Olgyay (1969)'un “biçim faktörü” (aspect ratio) olarak adlandırdığı en ve boy oranlarının analizleri yapılarak, iklim bölgesine ve enleme göre maksimum radyasyon düzeyini sağlayabilecek biçimlenme ve minimum çekme mesafelerine ilişkin ayrıntılı eğim ve yön ilişkisi çizelgeleri hazırlanmıştır [Berköz, 1977] (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Enerji etkin konut ve yerleşme tasarımında biçim faktörü ve yönlenmeye bağlı olarak radyasyon kazanım oranlarındaki değişim [Berköz, 1977]

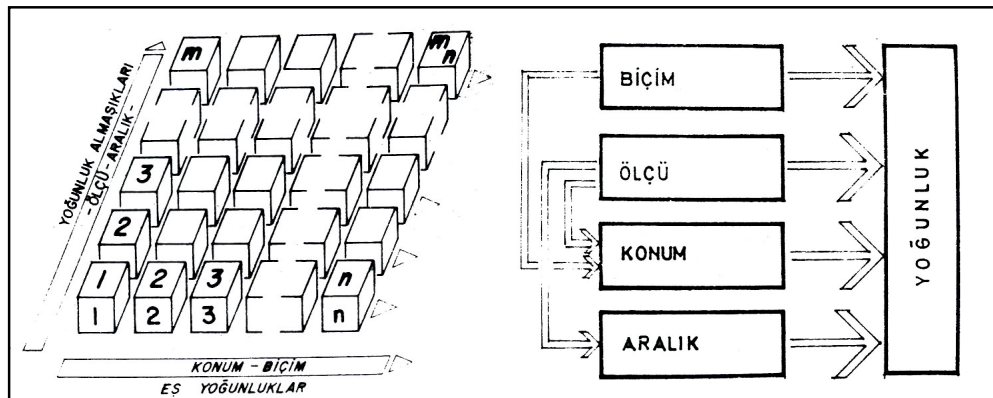
Türkiye’de bina ölçeğinde yapılan bir başka araştırmada gece yalıtımı sağlanmak koşulu ile cam yüzey oranının artırılmasının güneşten yararlanma düzeyini önemli ölçüde artırılabilirdiği belirlenmiştir. Bu amaçla araştırmanın ilk aşamasında sera haline dönüştürülen standart bir odanın biyoklimatik konfor için gereken gece yalıtımı ısı geçirme katsayısı analizleri, odanın yönüne, cam yüzeyinin oranına ve eğimine, duvarının ısı geçirme katsayısına göre yapılarak değişim miktarı belirlenmiştir. İkinci aşamada ise odanın ısı performansını görmek üzere 21 Ocak için yalıtılmadan önceki ve sonraki ortalama sıcaklığı ile sıcaklıkların gün içerisindeki değişimleri hesaplanarak tasarım aşamasında gözetilecek olan fiziksel değişkenlere ilişkin değerlerin belirlenmesindeki yararları göstermiştir. [Çelik, 1981] (Şekil 4.15).





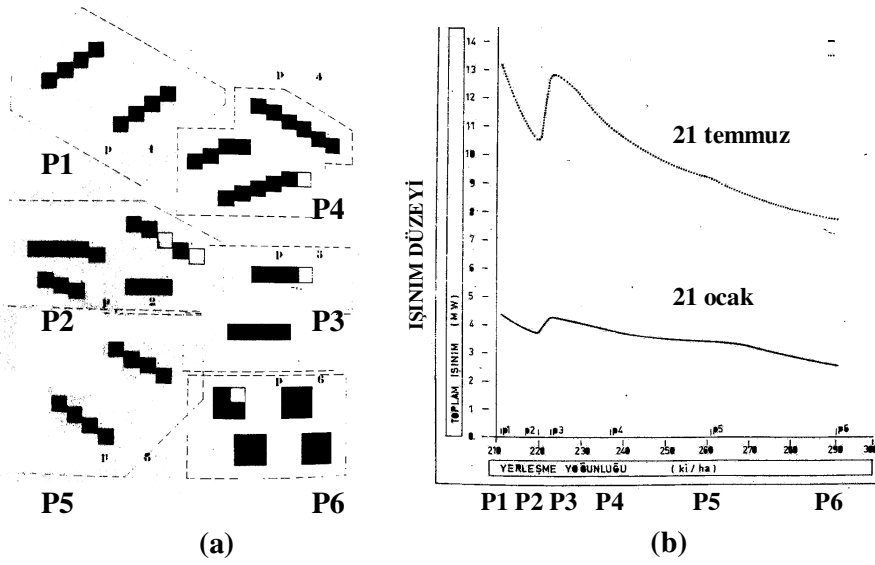
Şekil 4.16. İstanbul Kadıköy’de (a) mevcut bir konut adası (b) içerisinde yapılan yeni düzenlemede konutların 12 ve 14 saatleri için gölge boyları ve birbirlerini etkileme oranlarının karşılaştırması [Buldurur, 1983]

İklim özelliklerinin kentsel ölçekte fiziksel doku biçimlenmesine etkisini araştıran bir başka çalışmada, farklı iklim bölgelerinde optimum yerleşim yoğunluğunu belirlemek için bir yöntem geliştirilmiştir [Ok, 1984]. Konutların geometrik özellikleri ile yönlerinin değişmediğinin varsayıldığı bu araştırmada, konutlar arasındaki mesafe bağımlı değişken, konutların konum ve biçimi bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Kanopi yoğunluğunun belirlenmesini etkileyen iklim elemanları ise net radyasyon miktarı ve rüzgar ile sınırlandırılmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Kentsel yoğunluğun belirlenmesinde bağımlı ve bağımsız değişkenler ve aralarındaki ilişki şeması [Ok, 1984]

Araştırmanın ilk aşamasında yoğunlukları korunarak, farklı düzenlemelerle oluşturulan konut gruplarının radyasyon kazanımı açısından performans analizi yapılmıştır (Şekil 4.18).



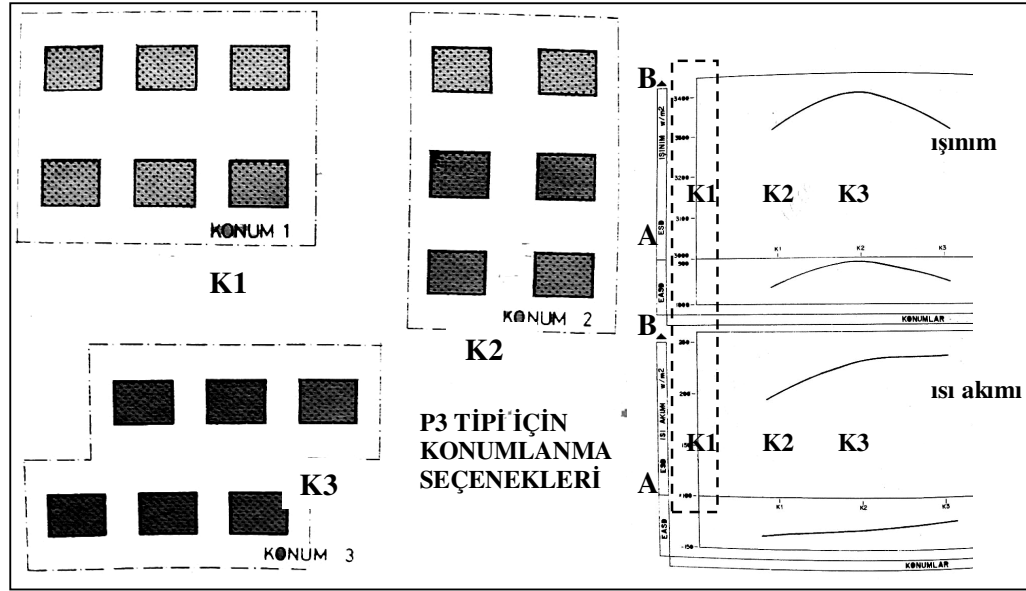
Şekil 4.18. Konut adedi ve toplam inşaat alanının eşdeğer olduğu (a) hipotetik konut adası tipleri (b) tiplere göre toplam radyasyon düzeyi farkları [Ok, 1984]

Bu aşamada iklimle uyum açısından en etkin konut grubuna ilişkin inşaat alanı, konut adedi, toplam arsa alanı, TAKS, KAKS ve nüfus yoğunluğu belirlenerek, araştırmanın bir sonraki aşaması için referans ölçütleri belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Konut adedi ve toplam inşaat alanının eşdeğer olduğu yerleşme birimlerinde değişen toplam arsa alanı, TAKS ve KAKS değerleri ve nüfus yoğunluğu [Ok, 1984]

| Yerleşme Birimi | Top. İnş. Alanı | Konut Adedi | Top. Arsa Alanı m <sup>2</sup> | K.A.K.S. | T.A.K.S. | Yoğunluk ki/ha |
|-----------------|-----------------|-------------|--------------------------------|----------|----------|----------------|
| P1              | 2 592           | 32          | 7 561                          | 0,34     | 0,10     | 211            |
| P2              | “               | “           | 7 255                          | 0,35     | 0,17     | 220,5          |
| P3              | “               | “           | 7 161                          | 0,36     | 0,10     | 223,4          |
| P4              | “               | “           | 6 724                          | 0,38     | 0,23     | 237            |
| P5              | “               | “           | 6 086                          | 0,42     | 0,10     | 262,8          |
| P6              | “               | “           | 5 487                          | 0,47     | 0,23     | 201,5          |

Radyasyon performans analizlerinde optimum performans gösteren yapılaşma tipi için üretilen farklı konumlandırma seçeneklerinin en soğuk ve en sıcak dönemler için termal performansı ölçülmüştür [Ok, 1984] (Şekil 4.19).

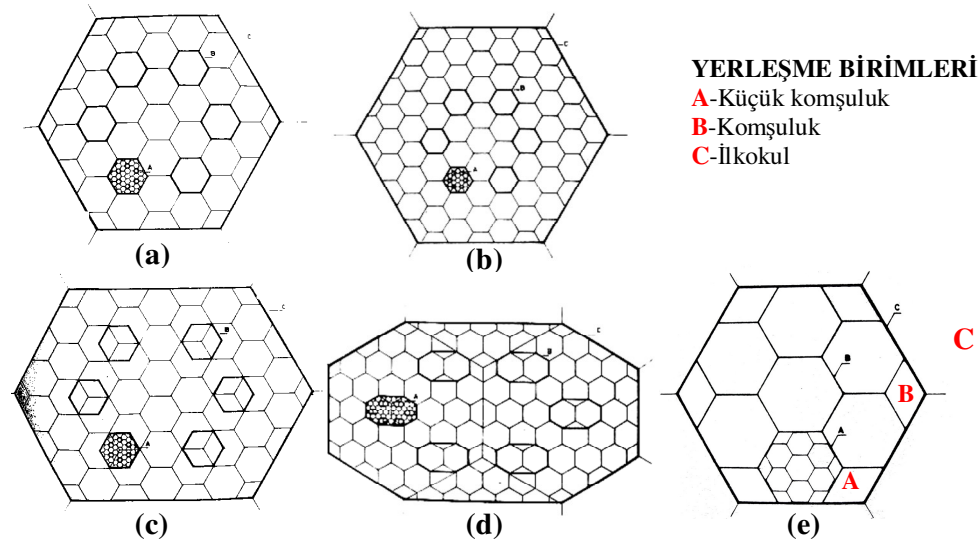


Şekil 4.19. Optimum performans gösteren P3 tipi için farklı konumlandırma seçenekleri (A-en soğuk dönem, B- en sıcak dönem), iklimsel performansa etkisi ve en etkin sonuçlar vermiş olan konum (K1) [Ok, 1984]

Daha sonra belirlenen konut grubu için 5 farklı iklim bölgesinde güneşlenme ve rüzgar gereksinimlerine bağlı olarak konutlar arasındaki mesafelerin yoğunluk farklarına etkisi belirlenmiş, bulunan yoğunluk değerlerinin, hipotetik yerleşim kent makroformunun biçimi ve boyutlarına etkisi karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre kentsel doku yoğunluğu ve makro formu iklim özelliklerine göre değişim göstermektedir. Biçimlenme açısından kuru iklim bölgelerinde toplu yoğun, nemli iklim bölgelerinde ise doğu batı ekseninde uzayan biçimler uygun özellikler göstermektedir. Sıcaklık değişkenine göre kentsel doku yoğunluğu soğuk iklim özellikleri için en düşük, ılımlı iklim özellikleri için orta, sıcak iklim özellikleri için ise en yüksek değerleri vermiştir.

Bu genel bulgulara göre en düşük kentsel yoğunluk soğuk iklim özelliklerini temsil eden Erzurum’da, en yüksek kentsel yoğunluk ise sıcak iklim özelliklerini temsil eden Antalya ve Diyarbakır kentleri için belirlenmiştir. Antalya için kentsel doku rüzgar gereksinimine bağlı olarak doğu batı ekseninde daha yaygın bir biçim gösterir. Sıcaklık değişkeni açısından Antalya ile benzerlikler gösterse de, Diyarbakır’da bağıl ve mutlak nem oranının düşük olması, gölgelenme gereksinimini öne çıkardığı için toplu yoğun bir biçimlenmeyi gerektirmektedir.

Bölgesel ölçekte ılımlı iklim özellikleri gösteren Ankara ve İstanbul gibi kentler için orta yoğunluktaki kentsel dokuların uygun olduğu ortaya konulmuştur. Ancak bu iklim özellikleri içerisinde de, bağıl ve mutlak nem oranının düşük olduğu Ankara gibi yerleşimler için uygun olan toplu yoğun biçimlenmenin, İstanbul gibi nemli alanlar için doğu-batı ekseninde uzaması gerektiği belirlenmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Konum (1) ile en küçük kentsel modülün oluşturulduğu ve küçük komşuluk, komşuluk, ilkokul birimlerini içeren hipotetik yerleşimlerin iklimsel özelliklere göre farklılaşan yoğunluk ve doku biçimleri: (a) Ankara (ılımlı-kuru) (b) Diyarbakır (sıcak-kuru) (c) İstanbul (ılımlı-nemli) (d) Antalya (sıcak-nemli) (e) Erzurum (soğuk) [Ok, 1984]

Yerleşim yoğunluklarının değişmediğinin varsayıldığı Göksu (1993) tarafından yapılan “Toplu Konutlarda Isı Kayıplarının Azaltılıp Kazançların Artırılması

Yoluyla Enerji Tasarrufu” adlı bir başka araştırmada, farklı yapılaşma düzenlerinin konutlarda ısı yüküne ve güneşle ısınma oranlarına (SHF-Solar Heating Fraction) etkileri karşılaştırılarak, yerleşimlerin enerji performansı analiz edilmiştir. Türkiye’de toplu konut uygulamalarının güneş enerjisi gözetilmeden planlandığı varsayımından yola çıkan bu araştırmada, Ankara Batıkent’deki bu tür toplu konut örnekleri ile güneş enerjisinden en üst düzeyde yararlanabilecek şekilde tasarlanmış teorik yerleşim modelleri arasında bir karşılaştırma yapılmıştır.

Enerji etkin planlamada güneş enerjisinin yapılaşma biçimi, konut yükseklikleri, kentsel yoğunluk, konutlar arası uzaklık, yönlenme ve değişik yerleşim biçimleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışma, özellikle “yapılaşma düzeni”nin önemini ortaya koymaktır. Bu amaçla yapılaşma yoğunluğunun ortalama 0,9, konut tiplerinin ise 10 m x 10 m kare tabanlı 100 m<sup>2</sup> kabul edildiği araştırmada, farklı yerleşim tipleri tasarlanarak, ısı kayıp ve kazançları açısından performans analizleri yapılmıştır. Çalışmadaki kuramsal örneklerde güneşle ısınma oranları, ısı yükü, gölge oranı, yoğunluk ve konut sayısı karşılaştırılması yapılarak, maksimum ve minimum değerler belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

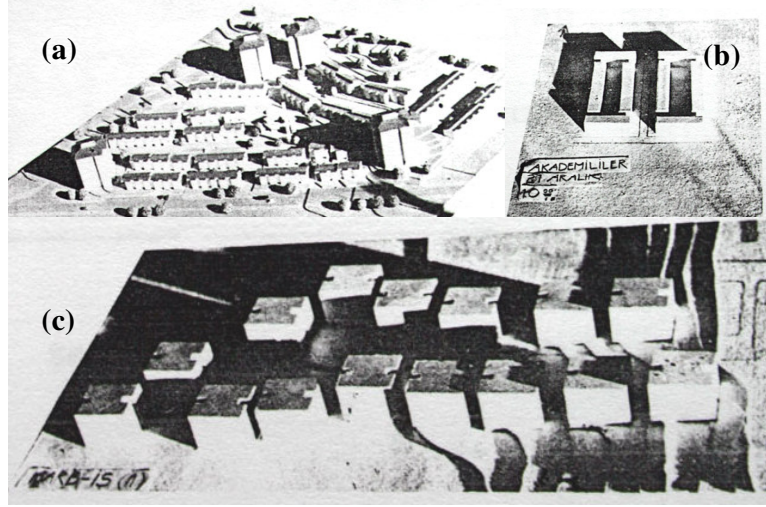
Çizelge 4.4. Teorik yerleşim tiplerinin ODTÜ Mimarlık Fakültesi Güneş evinde yerleşme maketleri yapılarak heliodom yardımıyla hesaplanan gölge oranları ile simülasyon sonuçlarına göre yerleşim tiplerinin yoğunluk, konut sayısı, gölge oranı, ısıtma yükleri ve güneşle ısınma oranları açısından karşılaştırma [Göksu, 1993]

|                              | SHF  | N<br>GJ | Gölge<br>Oranı | Yoğunluk | Konut<br>Sayısı |
|------------------------------|------|---------|----------------|----------|-----------------|
| <b>2 Kat (g) Tip A</b>       | 37,5 | 34,50   | 0,06           | 0,90     | 90              |
| <b>İki Yönlü Tip C</b>       | 32,8 | 31,04   | 0,50           | 0,88     | 88              |
| <b>İki Yönlü Tip D</b>       | 33,3 | 0,64    | 0,51           | 0,92     | 92              |
| <b>U Yerleşme Tip E</b>      | 32,2 | 33,29   | 0,31           | 0,88     | 88              |
| <b>2+2+2+3 Kat Tip F</b>     | 39,2 | 32,12   | 0,27           | 0,90     | 90              |
| <b>2+4 Kat Tip G</b>         | 34,7 | 29,88   | 0,30           | 0,88     | 88              |
| <b>2+8 Kat Tip I</b>         | 41,8 | 27,83   | 0,00           | 0,96     | 96              |
| <b>4 Kat (İkiyön) Tip M</b>  | 36,8 | 24,29   | 0,52           | 0,96     | 96              |
| <b>4 Kat (Tek yön) Tip N</b> | 41,5 | 27,60   | 0,03           | 0,92     | 92              |
| <b>8 Kat (4 Bina) R</b>      | 43,0 | 25,13   | 0,00           | 0,96     | 96              |
| <b>12 Kat (2 Bina) S</b>     | 44,3 | 23,44   | 0,00           | 0,96     | 96              |





Koop. ve ODTÜ'nün maketleri yapılarak, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Güneş Evi'nde yerleşme maketleri yapılarak heliodom yardımıyla hesaplanan gölge oranları ile örneklerin konut başına çatı alanı, güneşle ısınma oranları, ısı yükü ve güneşten kazanç oranlarının karşılaştırılması yapılmıştır (Resim 4.3).



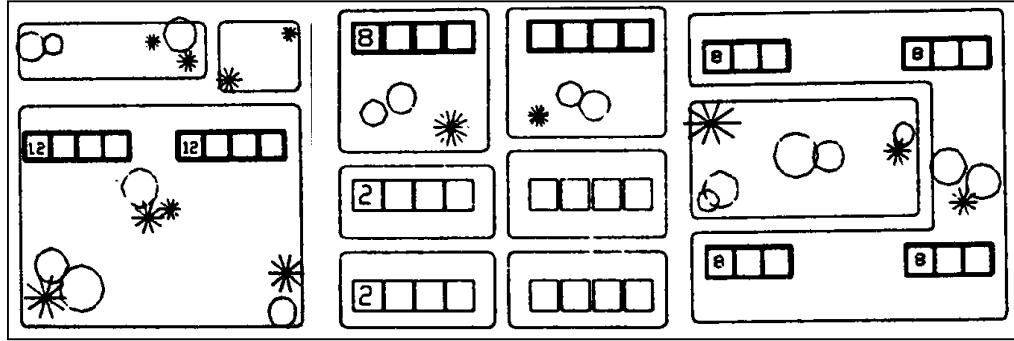
Resim 4.3. Heliodom yardımıyla gölge oranları hesaplanan (a) Akademililer (b) Harb-İş Koop. (c) ODTÜ toplu konut örnekleri [Göksu, 1993]

Araştırmaya göre güneş enerjisi dikkate alınarak yapılan bir yerleşme biçimi ile güneşten elde edilen kazanımların %40 dolaylarında artırılabilir konutların ek ısıtma yükünde önemli azalmalar sağlanılabileceği sonucuna varılan araştırmada, 0,9 yoğunluk için 4 katlı ve 2-4-6 katlı tek yönlü karma tiplerin termal performans açısından en uygun sonuçları verdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Mevcut ve kuramsal yerleşim tiplerinin ısı yükü ve güneşten ısı kazanımı performansı (GJ) [Göksu, 1993]

|         | Konut Başına Çatı Alanı (m <sup>2</sup> ) | SHF (%) | Isı Yükü (GJ) | Güneşten Kazanç (GJ) |
|---------|-------------------------------------------|---------|---------------|----------------------|
| Akademi | 46,80                                     | 2,7     | 60,54         | 1,63                 |
| Harbİş  | 19,60                                     | 8,3     | 24,80         | 2,10                 |
| ODTÜ    | 35,00                                     | 20,0    | 30,12         | 6,15                 |
| Tip A   | 50,00                                     | 37,5    | 34,22         | 12,83                |
| Tip E   | 50,00                                     | 32,2    | 33,29         | 10,72                |
| Tip F   | 44,40                                     | 39,2    | 32,12         | 12,59                |
| Tip M   | 25,00                                     | 38,8    | 24,30         | 8,90                 |
| Tip N   | 25,00                                     | 41,5    | 27,60         | 11,50                |

Araştırmanın vurgusu sadece plan ve tasarımın getirdiği katkının enerji performansına etki düzeyi ve bunu doğrulayan sayısal göstergeler olmuştur. Bu göstergelere göre kat sayısı azaldıkça yoğunluk düşürülürken, kat sayısı arttıkça yoğunluk artırılmalıdır. Buna göre 0,9 kentsel yoğunluk için en uygun tip 4 katlı veya 2, 4, 6 karma ve tek yönlü tiplerdir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Güneş enerjisi kazanımı gözetilerek tasarlanmış kuramsal yerleşim tiplerinden 0,9 kentsel yoğunluk için en uygun sonuçları veren konut adası tipleri [Göksu, 1993]

Bu bölümde dünyada ve Türkiye’de kentsel doku özelliklerine bağlı olarak iklim özelliklerinin kentsel enerji kullanımına etkisini araştıran enerji etkin tasarım modellerinin genel bir özeti yapılmıştır. Yapılan çalışmalar kentsel kanopi ölçeğinden konut boyutuna kadar farklı ölçeklerde radyasyon, sıcaklık, rüzgar ve nem gibi iklim elemanlarının denetlenmesi ile iklimle uyumlu tasarım stratejilerinin kentsel enerji kullanımına etkisine yönelik genel bir bilgi sunmaktadır. Dünyadakiler ile karşılaştırıldığında Türkiye’de yapılan çalışmaların konutların doğrudan radyasyon kazanımının artırılması yolu ile ek ısıtma yüklerinin azaltılmasına yönelik olduğu görülmektedir. Bu çalışmalarda ele alınan kriterler ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6’da özetlenmiştir.

Çizelge 4.6. Türkiye’de yapılan araştırmalarda değişkenler ve elde edilen bulgulara ilişkin özet

|                                                                             | <b>BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER</b> | <b>BAĞIMLI DEĞİŞKENLER</b>                                                                                                                      | <b>BULGULAR</b>                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MODEL-1</b><br>(Buldurur, 1983)                                          | -KAKS/TAKS                  | -Gölge boyu<br>-Güneşlenme oranı                                                                                                                | Konut adaları içerisinde yoğunluk değiştirilmeden yapılacak düzenlemelerle güneşlenme oranında %25 ile %45 oranında artış sağlanır |
| <b>MODEL-2</b><br>(Ok, 1993)                                                | -İklim özellikleri          | -KAKS<br>-Nüfus yoğunluğu                                                                                                                       | İklim özelliklerine göre KAKS ve nüfus yoğunluğu değişir.                                                                          |
| <b>MODEL-3</b><br>(Ecevit, Göksu, Demirbilek, Irlı, 1994’den aktaran Göksu) | -KAKS                       | -Güneşle ısıtma katsayısı (SHF)<br>-Gölgeleme oranı<br>-Ek ısıtma yükü                                                                          | yoğunluk 0,9 üst sınırı güneşten %40 daha fazla kazanç sağlanır                                                                    |
| <b>ÖNERİ MODEL</b>                                                          | -TAKS/KAKS<br>-Ağaçlandırma | -Enerji<br>-Ek ısıtma yükleri<br>-Ek soğutma yükleri<br>-Mikroklima özellikleri<br>-Radyasyon<br>-Hava sıcaklığı<br>-Yüzey sıcaklığı<br>-Rüzgar | Enerji ve mikroklima performansı için E=1 optimum yoğunluk ve 4 katlı konut tipleri optimum yapılaşma koşulları sağlamaktadır.     |

Ancak Türkiye gibi soğuk ve sıcak iklim özelliklerinin bir arada yaşandığı ılımlı iklim özellikleri gösteren bölgelerde bir iklim elemanı olarak radyasyonla birlikte rüzgar da konutlarda ısıtma yüküne etki eden bir diğer önemli iklim elemanıdır. Konutların güneşten en fazla radyasyon kazanımını artırabilecek biçimde konumlanmalarının yanında, ısıtma yüklerini azaltacak şekilde kış rüzgarlarından korunma olanaklarının da artırılması gerekmektedir. Bu iklim kuşağında kış rüzgarlarını engellemede konutların ısı yüklerinin azaltılmasında rol oynayan ağaç türleri ve yerleri de, bir diğer önemli faktör olarak kabul edilmelidir.

Ayrıca ılımlı iklim kuşağında konut ve yapılaşma düzeni kararları belirlenirken konutların ek ısıtma yükü ile birlikte ek soğutma yüklerinin de gözetilmesi gerekmektedir. Konutların bir araya gelişlerinde soğutma yüklerini azaltabilmek için en sıcak döneminde rüzgardan yararlanma olanaklarının artırılması tasarım kararlarında önemli bir yer tutmalıdır. En soğuk dönemde olduğu gibi, en sıcak

dönemde de, ağaç türleri ve yerleri önem kazanır. Gölge ve evaporasyon etkisi ile ağaçlar, hissedilen ısı akışı ve buna bağlı olarak ek soğutma yükünü azaltırlar. Bu nedenlerle ılımlı iklim kuşağında iklim elemanlarını kontrol etmede kentsel dokuda üç boyutlu geometrik özellikler ile yüzey yapısı yaz ve kış ayları için farklı değerlendirme ölçütleri gerektirmektedir. Kış ayları için güneş ışınlarının eğik olmasına bağlı olarak düşey yüzeyler, yaz aylarında ise ışınların dik gelmesi nedeni ile yatay yüzey özellikleri önem kazanır.

Sonuç olarak ılımlı iklim kuşaklarında soğuk ve sıcak döneme ilişkin tasarım kararlarının birlikte değerlendirilerek dengelenmesi gerekmektedir. Bu dengenin en somut göstergesi ise yüzey enerji dengesidir. Ilımlı iklim kuşaklarında kış aylarında yüzey enerji dengesinin pozitif, yaz aylarında ise negatif değerler vermesi hedeflenmelidir. Araştırmacılara göre bu dengenin belirlenmesine yönelik geçerli ölçümler yüzey sıcaklıklar değerleri gözetilerek yapılmalıdır [Soux ve ark., 2003]. Özellikle yüzey yapısı ve özelliklerinin kısa mesafelerde önemli farklılıklar gösterdiği kentsel alanlarda yüzey sıcaklık değerleri ile uzun dalga ışıınım değerlerinin, durağan koşullardaki hava sıcaklık değerlerinden daha geçerli göstergeler olduğu kabul edilmektedir.

Tez çalışmasının bundan sonraki aşamasında incelemelerden elde edilen bulgular ışığında, enerji etkin planlamada iklimle uyumlu konut adaları tasarımında optimum biçimlendirme ilkeleri belirlenmeye çalışılacaktır.

## **5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ: ARAŞTIRMADA KULLANILAN PROGRAMLAR VE ENERJİ ETKİN HİPOTETİK KONUT ADASI TİPLERİNİN BELİRLENMESİ**

Bu bölümde araştırma kapsamında ılımlı-kuru iklim özellikleri gösteren kentler için enerji etkin konut adalarının biçimlendirilmesine yönelik bir tasarım yöntemi geliştirilecektir. Enerji etkin planlama ve tasarımda, bina ölçeğinden kentsel doku ölçeğine kadar alt ve üst ölçek kararlarının hem kendi aralarında hem de iklim verileri ile sürekli bir ilişki olması gerektiği tezi ile yapılan bu çalışmada, bu ilişkilerin kurulmasında süreklilik ve kapsamlı analizlerin yapılabileceği bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

### **5.1. Araştırmanın Yöntemi**

Araştırmada izlenecek yöntem ve aşamaları Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Bu aşamalara göre ilk olarak çalışmada kullanılacak olan programlar tanıtarak daha sonra alanın iklim özellikleri ile uyumlu konut tipleri belirlenmektedir. Daha sonra enerji analizleri yapılan konut tiplerinden oluşan hipotetik konut adası tipleri üretilerek, seçilen örnekler için enerji analizleri yapılmaktadır. Enerji analizleri yapılan konut adası tipleri için mikroklima analizleri yapılarak ısıtma ve soğutma yükleri ile en soğuk ve en sıcak döneme ilişkin karşılaştırmalar ile elde edilen sonuçlar tartışılarak öneriler yapılmaktadır.

Çizelge 5.1. Araştırmanın farklı ölçeklerdeki analiz ve aşamaları

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A- ARAŞTIRMADA KULLANILAN PROGRAMLARIN TANITIMI</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>B- ENERJİ ETKİN KONUT TİPLERİ</b><br>KONUT TİPLERİNİN BELİRLENMESİ <ul style="list-style-type: none"> <li>• İklim Analizi</li> <li>• Pasif Denetim Yöntemleri</li> <li>• Hacim-Yüzey Oranı</li> <li>• Konut Tipleri</li> </ul> KONUT TİPLERİ ENERJİ ANALİZİ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isıtma ve Soğutma Yükleri</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>C- ENERJİ ETKİN KONUT ADASI TİPLERİ</b><br>KONUT ADASI TİPLERİNİN BELİRLENMESİ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gölge Boyu Analizi</li> <li>• Konumlanma Analizi</li> <li>• Yoğunluk Analizi</li> <li>• Konut Adası Geometrik Özellikler</li> </ul> KONUT ADASI TİPLERİ ENERJİ ANALİZİ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konut Adası Tipleri Isıtma ve Soğutma Yükleri</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>D-ENERJİ ETKİN KONUT ADASI TİPLERİ MİKROKLİMA ANALİZLERİ</b><br>SİMULASYON KOŞULLARININ TANITIMI<br>KONUT ADASI MİKROKLİMA ANALİZLERİ<br>En Soğuk Dönem <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hava ve Yer Yüzeyi Sıcaklığı</li> <li>• Radyasyon Analizleri</li> <li>• Duvar Yüzeyi Sıcaklıkları</li> <li>• Rüzgar Hızı ve Hareketleri</li> </ul> En Sıcak Dönem <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hava ve Yer Yüzeyi Sıcaklığı</li> <li>• Radyasyon Analizleri</li> <li>• Duvar Yüzeyi Sıcaklıkları</li> <li>• Rüzgar Hızı ve Hareketleri</li> </ul> ANALİZLERİN KARŞILAŞTIRILMASI<br>KONUT ADALARININ KONUMLANMA BİÇİMİ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rüzgar Hızı ve Hareketleri</li> </ul> |
| <b>E- DEĞERLENDİRME ve SONUÇ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Çizelge 5.1’de analizler ve aşamaları gösterilen araştırmanın yöntemi ve süreci ise şöyle özetlenmektedir:

### Araştırmada kullanılan programların tanıtımı

Bu bölümde çalışmada yararlanılacak olan simülasyon programları ile bu programların araştırmadaki kullanım alanları tanıtılmaktadır. Bu kullanım alanları araştırmanın aşamalarına göre iklimsel veri analizleri, konut ve konut adası tipleri enerji analizleri, gölge boyu ve radyasyon analizleri ve mikroklima analizleri için kullanılan programlar, konuya ilişkin içerikleri, analizlere ilişkin performans düzeyleri ve görsel sunuş ortamı için sağladıkları olanaklar birlikte gözetilerek anlatılmaktadır.

### Enerji etkin konut tipleri

Bu bölümde ek ısıtma ve soğutma yüklerinin en aza indirilebileceği alanın iklim özellikleri ile uyumlu örnek konut tipleri belirlenmektedir. Bu amaçla öncelikle iklimsel analizlerden elde edilecek verilere göre psikrometrik grafikte pasif denetim olanakları ile termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi analiz edilmektedir. Daha sonra örnek konut tipleri üzerinden hacim-yüzey oranı, cam ve duvar yüzeyleri ısı geçirgenlik katsayıları ile yönlenme farklılıklarının ek ısıtma ve soğutma yüklerine etkileri belirlenmeye çalışılmaktadır.

### Enerji etkin konut adası tipleri

Bu bölümde iklim özellikleri ile uyumlu konut tiplerinden oluşan ek ısıtma ve soğutma yüklerinin en aza indirilebileceği konut adası tipleri belirlenmektedir. Bu amaçla öncelikle enerji analizleri yapılmış olan konut tipleri için gölge boyu analizi yapılarak 21 Aralık için gölge boyu uzunlukları belirlenmeye çalışılmaktadır. Daha sonra 1. Gölge boyuna göre farklı konumlanma biçimlerinin gölge ve radyasyon etkileri analiz edilerek, optimum konumlanma biçimi ve buna göre konut adası yoğunluk sınırları gösterilmektedir. Bu bölüm sonunda konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri ile alan büyüklüğü için elde edilecek kazanımlar belirlenmeye çalışılmaktadır.



### Enerji etkin konut adası tipleri mikroklima analizi

Araştırmanın bu bölümünde enerji etkin konut tiplerini içeren hipotetik konut adalarının mikroklima analizleri yapılmaktadır. Yaklaşık 2 hektarlık farklı konut adası tipleri, en yüksek ve en düşük sıcak dönem için mikroklima özellikleri açısından karşılaştırılmaktadır. Analizlerde ölçümü yapılacak değişkenler yüzeylerden yansıyan ve yayılan radyasyon şiddeti, rüzgar hızı ve hareketleri, duvar yüzeyi sıcaklıkları ile hava ve yer yüzeyi sıcaklıklarıdır. Araştırmada performans değerlendirilmesi yapılan örneklerden bazıları için yaya yolu, otopark, yeşil alan ve ağaçlandırma gibi ada içi işlevsel farklılıkların gerektirdiği yüzey özelliklerinin, ada içerisindeki konumuna göre mikroklimatik özellikleri etkileme düzeyi da analiz edilecektir. Araştırmanın son aşamasında analizleri yapılmış olan konut adalarının bir araya gelişlerinde konumlanma biçimlerine göre komşuluk ünitesi ölçeğindeki bir yerleşim dokusunda rüzgar hızı ve hareketlerine etkisi araştırılmaktadır.

### Değerlendirme ve sonuç

Isıtma ve soğutma yüklerini içeren enerji analizleri ile en soğuk ve en sıcak döneme ilişkin hava ve yüzey sıcaklıkları ile rüzgar hız ve hareketlerini içeren mikroklima analizlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak konut adası tipleri için elde edilen kazanımların tartışıldığı bir değerlendirme ve sonrasında yapılacak öneriler ile araştırma süreci tamamlanmaktadır.

## **5.2. Araştırmada Kullanılan Programların Tanıtımı**

Bu bölümde öncelikle çalışmada yararlanılacak olan simülasyon programları ile bu programların araştırmadaki aşamalara yönelik kullanım alanları tanıtılmaktadır. Buna göre çalışma alanına ilişkin iklimsel verilerin analizleri için Weather Tool v2.00, konut enerji simülasyonları için CASAnova 3.0, konut gruplarının gölge boyu ve radyasyon analizleri için ECOTECT v5.50, yerleşme dokusu ve konut adası mikroklima simülasyonları için ENVI-met 3.0 ile bu programın uzantıları olan LEONARDO 3.5 ve GNUPlot 3.0 grafik gösterim programlarından yararlanılacaktır.

Çalışmada yararlanılacak olan simülasyon programların içerikleri ile bu programların araştırmadaki aşamalara göre kullanım alanları şöyledir:

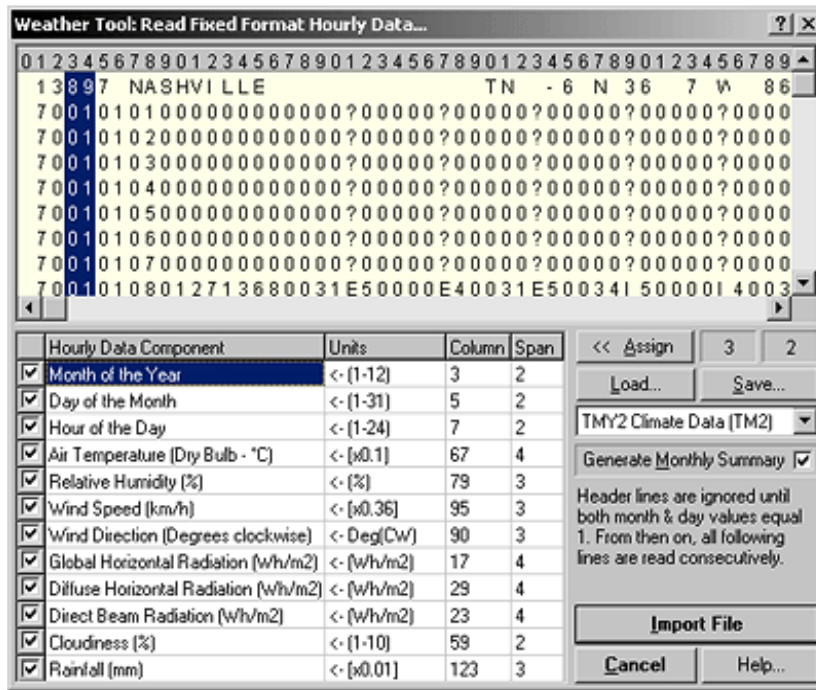
- Weather Tool v2.00 ( İklim özellikleri analizi )
- CASAnova 3.0 ( Konut enerji performansı analizi)
- ECOTECH v5.50: ( Gölge boyu ve radyasyon analizi)
- ENVI-met 3.0 ( Mikroklima analizi)
- LEONARDO 3.5 ( İki ve üç boyutlu görsel canlandırma)
- GNUplot 3.0 ( Verilerin grafik gösterimi)

#### Weather Tool v2.00.

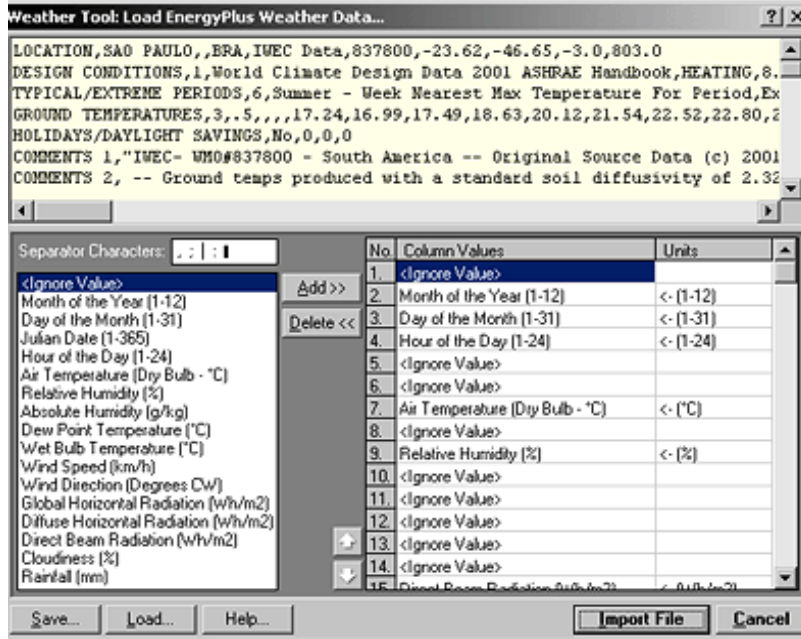
Çalışmanın ilk aşamasında çalışma alanı için ayrıntılı iklim verilerinin elde edilmesinin ötesinde, bu verilerden araştırmanın kapsam ve amacına uygun olarak belirlenen ham veriler ile aralarındaki ilişkilerin yeniden kurularak işlenmesi gerekmektedir. Dünya genelinde çok sayıdaki meteoroloji istasyonundan elde edilebilen oldukça ayrıntılı iklimsel veriler mevcut olmasına karşın, ham verilerin işlenerek yeniden üretimi temel bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Dünya genelinde uluslararası kullanıma açık olan, CTZ2 (California Climate Zones 2), CWEC (Canadian Weather for Energy Calculations), CSWD (Chinese Standard Weather Data), CTYW (Chinese Typical Year Weather), CityUHK (City University of Hong Kong), ETMY (Egyptian Typical Meteorological Year), IWEK (International Weather for Energy Calculations), IGDG (Italian Climatic data collection "Gianni De Giorgio"), INETI (Synthetic data for Portugal), ITMY (Iranian Typical Meteorological Year), RMY (Australia Representative Meteorological Years), SWEC (Spanish Weather for Energy Calculations), SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment), Technion (Israel Weather Data), veri tabanları EPW (\*.epw), WYEC2, SAMSON(\*.dat), DOE2(\*.fmt/ \*.txt), IWEK(\*.iwc), CSV(\*.csv), ESP-r(\*.clm), BLAST (\*.asc), TMY (\*.TMY), Custom(\*.CST) ve Process List (\*.lst) gibi programa uygun formatlara dönüştürülerek kullanılabilmektedir.

Şu ana kadar üretilmiş olan çok sayıdaki dosya formatları temelde iki türdür. Bunlar “ASCII” (American Standard Code for Information Interchange) ve “Binary

Files” türleridir. Bu formatlar arasındaki en belirgin farklılık verilerin depolanma ve buna göre işletim kapasiteleri arasındaki hız değişimidir. Örneğin “Binary Files” formatta depolama alanı 200 Kbyte’dan daha az iken, “ASCII” formatta bu alan 800 Kbyte’dan daha fazla yer tutmaktadır. Veri depolama alanının büyüklüğünün işletimcinin çalışma hızını etkilemesi nedeni ile formatın türüne göre çalışma hızı da değişmektedir. ASCII dosya formatındaki veri tabanları da kendi içinde “Fixed Format Data” ve “Column Separated Data” olmak üzere iki alt gruba ayrılmıştır (Şekil 5.1, Şekil 5.2).



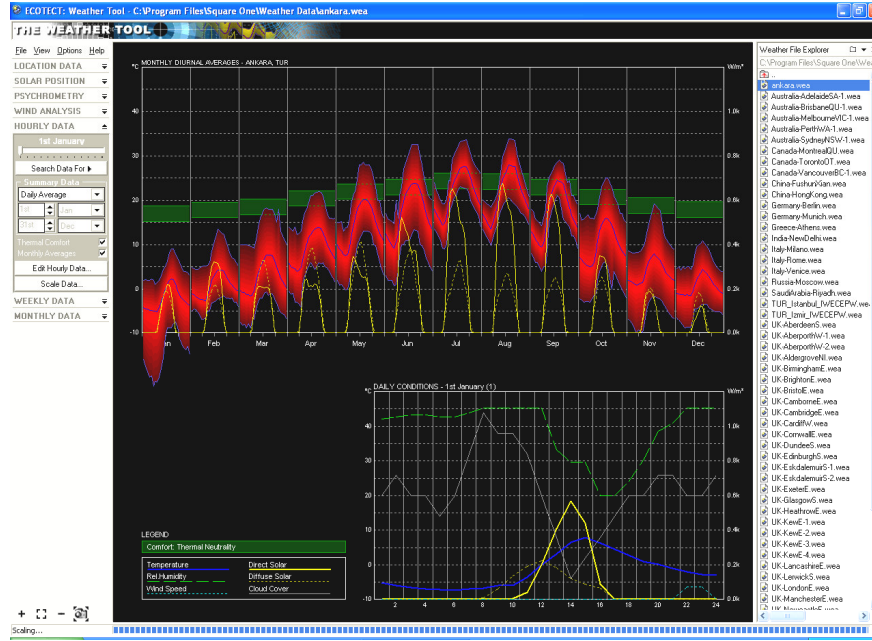
Şekil 5.1. ASCII dosya formatlarından “Fixed Format Data” örneği



Şekil 5.2. ASCII dosya formatlarından “Column Seperated Data” örneği

Bu veri türlerinin kullanılabilmesi ve formatlar arası geçiş yapılabilmesini sağlamaya yönelik iklimsel verilerin işlenmesine yönelik geliştirilmiş çeşitli programlar mevcuttur. Bu konuda geliştirilmiş olan “Meteonorm” ve “Climate Consultant” gibi oldukça kapsamlı programlardan biri olan “Weather Tool” bu araştırmada kullanılmak üzere seçilmiştir. Bunun nedeni Weather Tool için tasarlanmış bir “binary file” dosya formatı olan “\*.WEA”nın, aynı zamanda farklı programlarda kullanılmak üzere ASCII formatına da çevrilebilir olmasıdır. Weather Tool’un bir diğer önemli özelliği ise, iklimsel verilerin saatlik, günlük, haftalık, aylık ve yıllık periyotlar halinde görsel grafik halinde farklı sunum seçeneklerine sahip olmasıdır. Bunun ötesinde, psikrometrik grafik üzerinde özetlenebilen iklimsel verilere göre enerji etkin tasarım seçeneklerinin de sunulmuş olması programın bir diğer önemli özelliğidir.

Şekil 5.3’de programın sunduğu bu özelliklerden birisi olan hava sıcaklığı, doğrudan ve yaygın radyasyon şiddeti, rüzgar hızı, bağıl nem oranı ve bulutluluk düzeyi gibi iklimsel verilere ilişkin yıl içerisindeki ortalama değerlerin üç boyutlu grafik üzerindeki haftalık dağılımı görülmektedir.

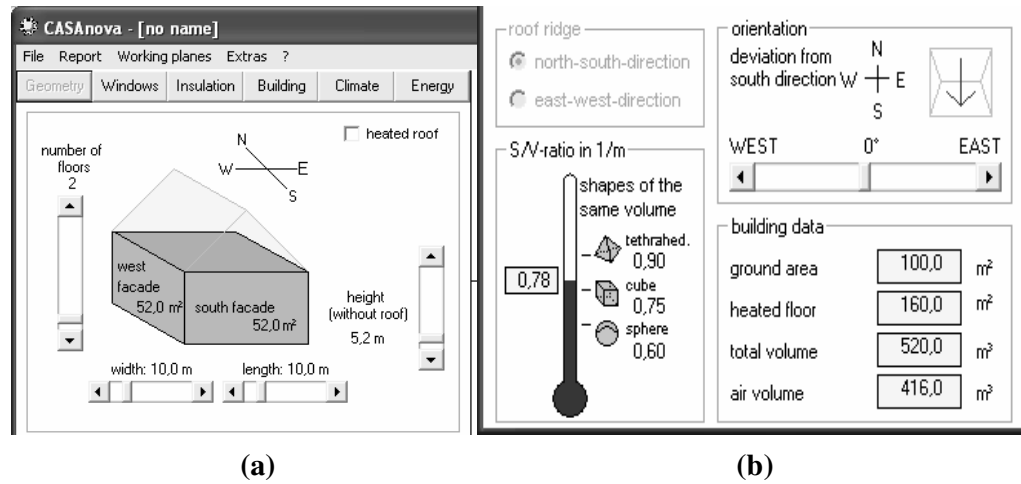


Şekil 5.3. Weather Tool ortamında iklimsel verilerin bir yıl içerisindeki haftalık dağılımlarını gösteren üç boyutlu grafiklerin toplu gösterimi

### CASAnova 3.0

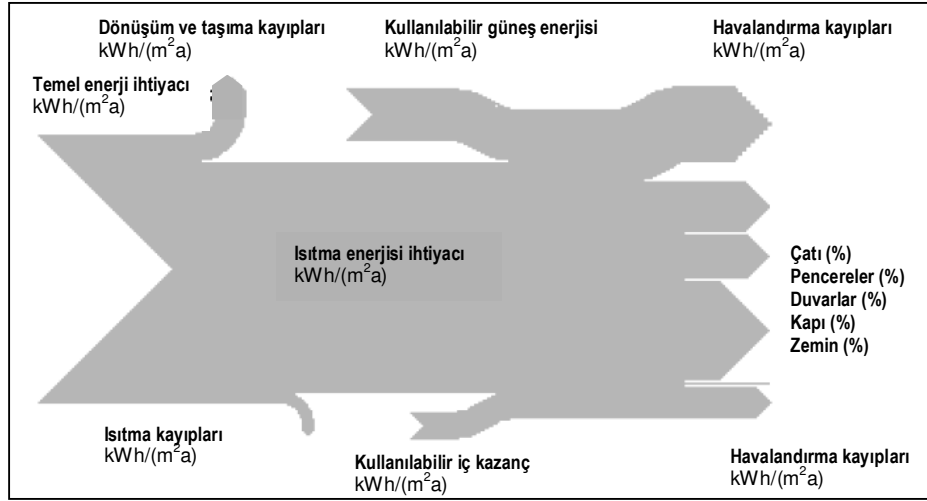
CASAnova 3.0, iklim özelliklerine göre konutların ısıtma ve soğutma amaçlı enerji gereksinimlerindeki değişim ile konut içerisindeki ısı hareketlerini belirlemek için Siegen Üniversitesi Fizik Bölümü tarafından geliştirilmiş eğitim amaçlı bir yazılım programıdır. Bu program, konutlara ilişkin geometrik özellikler, yönlenme, yalıtım, cam ve duvar yüzey oranları ve bunların ısı geçirme katsayıları, güneşten ısı kazanımı ile iklim özelliklerine göre konutun ısıtma ve soğutma yükleri ve enerji talebi arasındaki ilişkileri analiz etmek amacı ile kullanılabilmektedir. Analizleri yapılan konut biçimi kare veya dikdörtgen, boyutları ise 50 m ile sınırlıdır. Bu nedenle bu program, kentsel dokuda oldukça yaygın olan kare ve dikdörtgen biçimli konut tiplerinin enlem özelliğine göre ısıtma ve soğutma yüklerindeki değişimine ilişkin özet bilgiler vermek açısından uygun bir ortam sunmaktadır. Tasarlanan konut tiplerinin geometrik özellikleri, yönlenmesi, yalıtımı, pencere oranı ve radyasyon kazanım ve kayıplarını içeren değişkenler arasındaki ilişkilerin konutun enerji performansına etkisi, konumlandığı iklim özelliklerine göre ayrıntılı olarak

görülebilmektedir. Kullanıcı, araştırmanın konusuna göre bu değişkenlere farklı değerler verebilmekte ve farklı değişkenler için ayrıntılı hesaplamalar yapabilmektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. CASAnova 3.0 ortamında konutun geometrik özelliklerine ilişkin değişkenlerin belirlendiği tasarım ortamı (a) kat adedi, kat yüksekliği ve en/boy oranı (b) yönlenme, hacim/yüzey oranı ve yapılaşma verileri

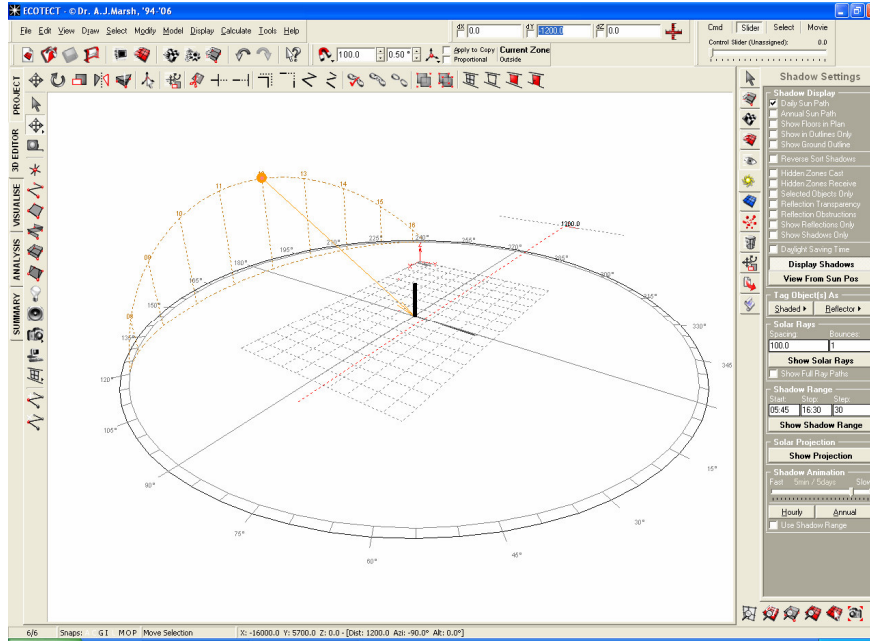
Simülasyonda tercihlere göre bina geometrisi ve konstrüksiyon özellikleri arasında farklı ilişkiler kurulabilmektedir. Program konutun yalnızca biçimsel özellikleri ile sınırlı olmayıp, duvar, pencere ve çatı türlerini de içeren iç ve dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak ısı kaybı ve kazançlarına ilişkin çok sayıda fiziksel parametreyi birlikte hesaplamaktadır (Şekil 5.5). Program, araştırmanın yapılmakta olduğu iklim özelliklerinin, konutun yüzey-hacim oranının değişimine göre ısıtma ve soğutma yükleri ile güneşten gelen radyasyondan yararlanma düzeyine etkilerini gösteren çeşitli grafiklerle hızlı bir şekilde görme ve karşılaştırma olanağı da sağlamaktadır.



Şekil 5.5. CASAnova 3.0 ortamında konutların ısı kazanç ve kayıplarını gösteren “Sankey” diyagramı

#### ECOTECT v5.50

ECOTECT v5.50, iklim ve enerji performansı ilişkisine yönelik son derece çeşitli ve ayrıntılı analizler yapabilen, sayısal ve görsel paketler içeren oldukça kapsamlı bir konut enerji simülasyon programıdır. Program ile farklı iklim özelliklerine göre yıllık, aylık, günlük ve saatlik periyotlarla herhangi bir enlem ve boylamda yüzeyler üzerine düşen doğrudan, yaygın ve toplam radyasyon miktarı ile gölgelenme ve güneşlenme oranı gibi konutların birbirlerini etkileme düzeylerine ilişkin termal analizler yapılabilmektedir. Araştırma kapsamında bu programdan konutların gölge boyu analizleri ile konutların biraya gelişlerine göre değişen radyasyon düzeylerinin belirlenmesi için yararlanılmaktadır. Programın kullanım amacının bir diğer önemli nedeni ise, Weather Tool v2.00 iklim programı ile uyumlu çalışmasıdır. Bu da araştırma alanının yer aldığı konuma ilişkin özelliklerin analizlerde doğrudan veri aktarımını kolaylaştıran bir özelliktir. Şekil 5.6’da yapılan gölge boyu analizleri için alanın enlem özelliklerine göre oluşturulmuş güneş yörünge diyagramı görülmektedir.



Şekil 5.6. ECOTECT v5.50 ortamında 21 Aralık için 41. enlemdeki güneş yörünge diyagramı

### ENVI-met 3.0

Kentsel iklimde sayısal yöntemlerin kullanımının doğrudan yapılan kapsamlı alan ölçümlerine göre önemli avantajları vardır. Bu programların tercih edilmesindeki en önemli unsur çok sayıda değişken ile birlikte atmosferin hareket sürecini de içerebilmesidir [Arnfield, 2003]. Kentsel iklim modelleri, çözünürlüklerine göre yüksek ve düşük olarak sınıflandırılmaktadır. Genellikle ısı adaları gibi belirgin sorunlara odaklanan modeller düşük çözünürlükte olup, tasarımdan çok planlama ölçeklerine yönelik olan iki boyutlu programlardır [Gross, 1991; Masson, 2000]. Sayısal çözünürlüklerine göre farklılaşmaktadır. Ancak mikroklimatik mekansal birim olarak kentsel kanyonu esas alan ve rüzgar ve radyasyon akışlarını araştıran bu modellerin çoğu, cadde ve sokak hacmini bir kapalı kutu olarak yorumlamakta ve ayrıntıları dahil etmeyerek ölçümleri belirlenen noktalar üzerinden yapmaktadır [Toudert, 2005]. Oysa CAD ortamında daha çok tasarımcılara yönelik olarak üretilen temsili mekanlar ile destekli TOWNSCOPE [Teller ve Azar, 2001], SOLENE [Groleau ve Miguet, 1998] gibi modeller iç ve dış mekan ilişkilerini de gözetmektedir [Toudert,

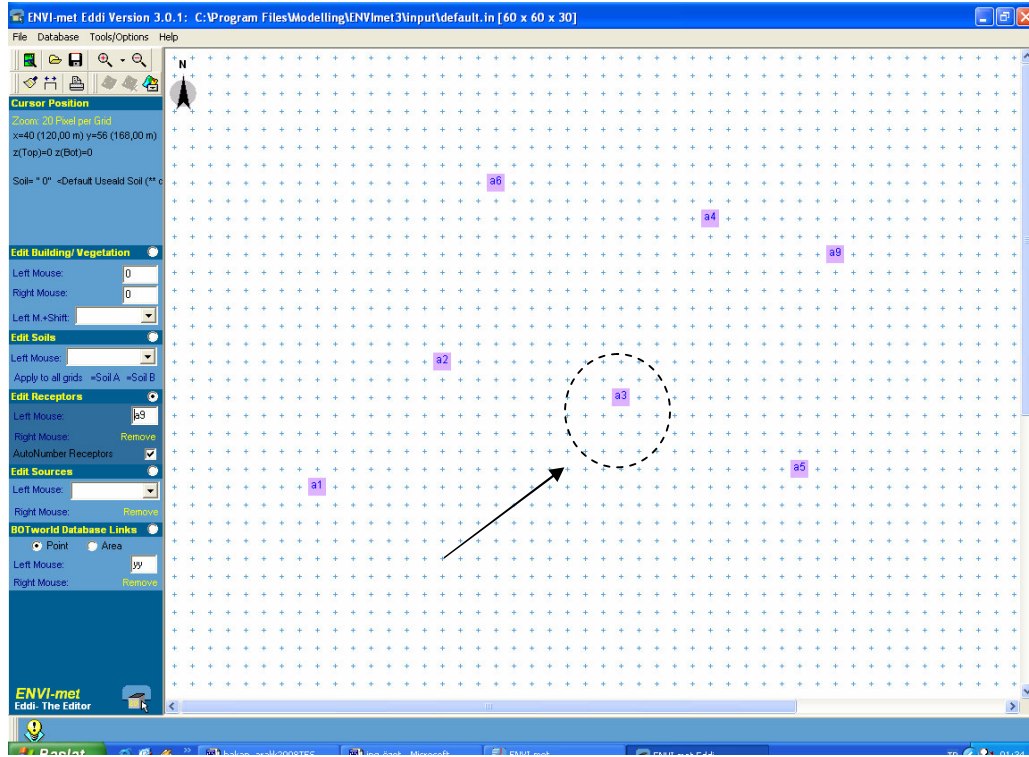


2005]. Ancak radyasyon ve rüzgar hareketi gibi ölçümleri ayrı ayrı ele alan bu programlar mikroklimatik analizlere uygun olarak tasarlanmamışlardır. Bu amaca yönelik olarak Michael Bruse tarafından geliştirilen ENVI-met 3.0 sayısal mikroklima analiz programı atmosfer, toprak, yüzey ve bitki gibi farklı modelleri zaman ve mekan boyutları açısından farklı çözünürlüklerde bir araya getiren bir programdır. Bu araştırma için bu nedenlerle seçilen. programın özellikleri kısaca şunlardır:

- Mikroklimatik hareketlerin simülasyonlarını en fazla 48 saatlik süre içerisinde günlük olarak yapabilmesi,
- Mikroklimatik hareketleri mekanda 50 cm ve zamanda 10 saniye aralığına kadar inebilen yüksek çözünürlükteki okuma düzeyine sahip olması,
- Az sayıda bağımsız değişken için, çok sayıda bağımlı değişkene ilişkin veri üretebilmesidir.

Kentsel dokuyu oluşturan pek çok değişkeni içeren üç boyutlu sayısal bir program olan ENVI-met 3.0 atmosfer modeli, toprak modeli ve bitki modeli olmak üzere üç farklı analiz modeli içermektedir. Bunlardan atmosfer modeli (rüzgar, sıcaklık, nem ve kirleticiler), rüzgar akışı (hız ve yön), türbülans, sıcaklık, nem, kısa-dalga ve uzun-dalga radyasyon akışlarını ölçen model, kütle, hareket, ısı ve nem korunmasını esas alan akışkan dinamiği ve termodinamik yasalara göre tasarlanmıştır [Garrat, 1992]. Araştırmada kullanılacak olan bu modelde ortalama hava akışı, sıcaklık ve nem, atmosfer türbülansı, radyasyon akışı ve yer ile konut yüzeyleri ısı ve enerji denge analizleri yapılmaktadır. Toprak modelinde ise yer, duvar ve çatı yüzeyleri olmak üzere tüm yüzeylerin sıcaklık ve nem düzeyi analizi yapılmaktadır. Bitki modelinde çim ve ağaç türlerini de içeren yeşil yüzeylerin ısı dengesi, nem oranı ve sıcaklık düzeyinin yanı sıra rüzgar hareketine etkileri de analiz sürecine dahil edilmektedir. Kentsel alanların karmaşık doku özelliklerini oluşturan konut, yol, ağaç ve diğer yüzey yapı ve özelliklerini oluşturan mekansal bileşenler, modelde, üç boyutlu bir ızgara ağ ortamında temsil edilmektedir. Ağ sayısı x-y-z koordinat sisteminde 60x60x30'dan 250x250x25'e kadar işlemci kapasitesine göre beş farklı seçenekten oluşmaktadır. Ağ boyutları ise tercihe göre 0,5-10 m arasında

değişmektedir. Buna göre ağ sayısı 250, ağ aralığı 10 m olarak belirlenen alanın kenar uzunlukları 2,5 km, büyüklüğü ise 6,25 km<sup>2</sup>'dir (Şekil 5.7). Üç boyutlu simülasyon ortamının her bir noktasının bir reseptör niteliği taşıyor olmasına karşın, yapılan simülasyonlarda analizin amacına göre alanın belli noktalarına reseptörler yerleştirilme olanağının sağlanmış olması, bu noktalarda elde edilen verilerin günlük değişimi tek bir grafik üzerinde gösterebilmesi içindir.



Şekil 5.7. Araştırmada tasarıma ilişkin geometrik değişkenlerinin işlendiği ENVI-met “Eddi Version” un uygulama ortamı görünümü

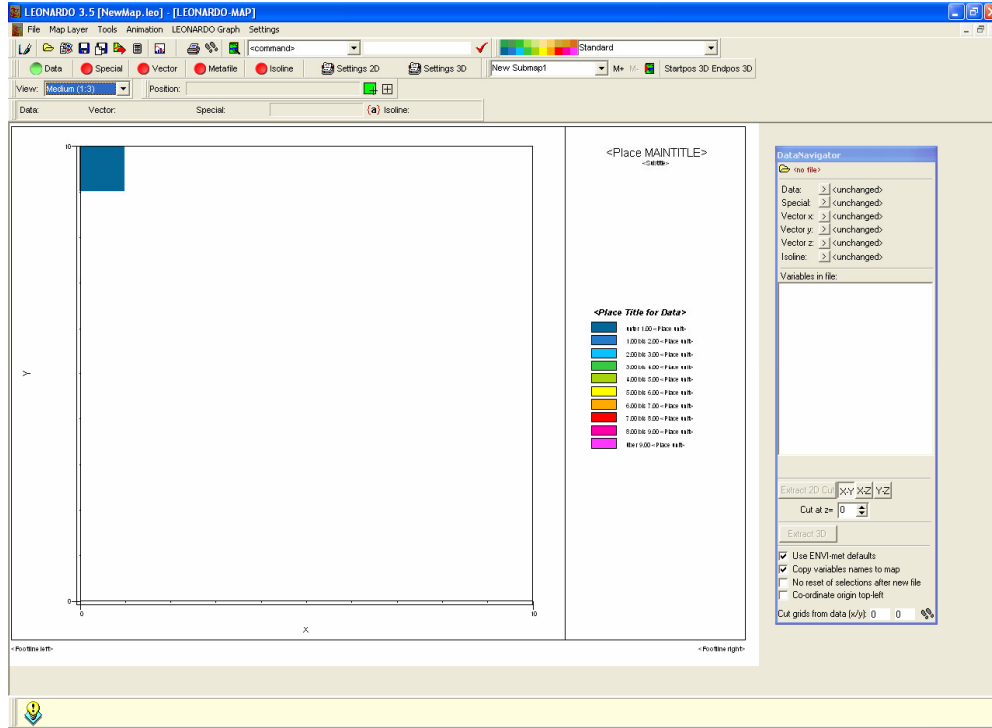
Simülasyonu yapılacak alana ilişkin coğrafi konum ile iklimsel verilere ilişkin değerler ise veri biçimlendirme dosyasına işlenerek, ortamın gerçeğe yakın olarak temsil edilebilmesi sağlanmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Simülasyon öncesi alanın iklim özelliklerine ilişkin verilerin yüklendiği ENVI-met veri biçimlendirme dosyası (configuration file)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>%ENVI-met Configuration File V1.1</b></p> <p>-----</p> <p><b>%MAIN-DATA</b> -----</p> <p>Name for Simulation (Text): =kis1</p> <p>Input file Model Area = [INPUT]default</p> <p>Filebase name for Output (Text): =kis1</p> <p>Output Directory: =C:\YAZ</p> <p>Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): =21.12.2007</p> <p>Start Simulation at Time (HH:MM:SS): =07:00:00</p> <p>Total Simulation Time in Hours: =24.00</p> <p>Save Model State each ? min =60</p> <p>Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s] =3,5</p> <p>Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) =45</p> <p>Roughness Length z0 at Reference Point =0.1</p> <p>Initial Temperature Atmosphere [K] =273</p> <p>Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] =5</p> <p>Relative Humidity in 2m [%] =70</p> <p><b>[POSITION]</b> -----</p> <p>Longitude (+:east -:west) in dec. deg: =33.00</p> <p>Latitude (+:northern -:southern) in dec.deg: =40.01</p> <p>Longitude Time Zone Definition: =30.00</p> <p><b>[SOLARADJUST]</b> -----</p> <p>Factor of shortwave adjustment (0,5 to 1,5) =0,5</p> <p><b>[TIMESTEPS]</b> Dynamical Timesteps -----</p> <p>Sun height for switching dt(0) -&gt; dt(1) =40</p> <p>Sun height for switching dt(1) -&gt; dt(2) =50</p> <p>Time step (s) for interval 1 dt(0) =10,0</p> <p>Time step (s) for interval 2 dt(1) =5,0</p> <p>Time step (s) for interval 3 dt(2) =2,0</p> <p><b>[NESTINGAREA]</b> -----</p> <p>Use aver. solar input in nesting area (0:n,1:y) =1</p> <p>Include Nesting Grids in Output (0:n,1:y) =1</p> <p><b>[TIMING]</b> -----</p> <p>Update Surface Data each ? sec =30.0</p> <p>Update Wind field each ? sec =900</p> <p>Update Radiation and Shadows each ? sec =600</p> <p>Update Plant Data each ? sec =600</p> <p><b>[BUILDING]</b> -----</p> <p>Inside Temperature [K] =293</p> <p>Heat Transmission Walls [W/m²K] =1,94</p> <p>Heat Transmission Roofs [W/m²K] =6</p> <p>Albedo Walls =0,2</p> <p>Albedo Roofs =0,3</p> <p><b>[RECEPTORS]</b> -----</p> <p>RECEPTOR (n) Co-ordinate =x,y</p> <p>Save Receptors each ? min =30.0</p> | <p><b>%ENVI-met Konfigürasyon Dosyası V1.1</b></p> <p>-----</p> <p><b>%ANA-VERİLER</b> -----</p> <p>Simülasyonun Adı : =kis1</p> <p>Model girdi dosyası = [INPUT]defaultkis.in</p> <p>Çıktı Dosya adı : =kis1</p> <p>Çıktı Direktörü: =C:\YAZ</p> <p>Simülasyon tarihi (GÜN.AY.YIL): =21.12.2007</p> <p>Simülasyon başlangıcı (saat:dakika:saniye): =07:00:00</p> <p>Toplam simülasyon süresi (saat): =24.00</p> <p>? dakikada bir veri kaydı =60</p> <p>Yerden 10m yükseklikteki Rüzgar hızı [m/s] =3,5</p> <p>Rüzgar Yönü (0:N..90:E..180:S..270:W..) =45</p> <p>Pürüzlülük Katsayısı z0 = 0.1</p> <p>Hava Sıcaklığı [K] =273</p> <p>2500 m'deki spesifik nem oranı [g Su / kg Hava] =5</p> <p>Bağıl nem oranı 2m [%] =70</p> <p><b>[KONUM]</b> -----</p> <p>Boylam (+:doğu -:batı): =33.00</p> <p>Enlem (+:kuzey-güney): =40.01</p> <p>Boylam Zaman Dilimi: =30.00</p> <p><b>[GÜNEŞ AYARI]</b> -----</p> <p>Kısaldağ Radyasyon ayar faktörü (0,5 to 1,5) =0,5</p> <p><b>[ZAMAN ADIMI]</b> Dinamik Zaman Aralığı -----</p> <p>dt(0)'ı dt(1)'e çevirmek için güneş yükseklik açısı = (=40&lt;)</p> <p>dt(1)'i dt(2)'ye çevirmek için güneş yükseklik açısı = (=50&lt;)</p> <p>dt(0) için zaman adım aralığı (saniye) =10,0</p> <p>dt(1) için zaman adım aralığı (saniye) =5,0</p> <p>dt(2) için zaman adım aralığı (saniye) =2,0</p> <p><b>[TAMPON BÖLGE]</b> -----</p> <p>Tampon bölge ortalama radyasyon değeri (0:hayır,1:evet) =1</p> <p>Tampon bölge varsayımı (0:hayır,1:evet) =1</p> <p><b>[ZAMANLAMA]</b> -----</p> <p>? saniyede bir yüzey veri güncelleme =30.0</p> <p>? saniyede bir rüzgar alanı veri güncelleme =900</p> <p>? saniyede bir radyasyon ve gölge veri güncelleme =600</p> <p>? saniyede bir bitki veri güncelleme =600</p> <p><b>[KONUT]</b> -----</p> <p>Konut iç sıcaklığı[K] =293</p> <p>Isı Geçişi (Duvar)[W/m²K] =1,94</p> <p>Isı Geçişi (Çatı) [W/m²K] =6</p> <p>Albedo (Duvar) =0,2</p> <p>Albedo (Çatı) =0,3</p> <p><b>[ALICILAR]</b> -----</p> <p>ALICI Koordinatları (n) =x,y</p> <p>Alıcı veri kayıt aralıkları (dakika) =30,0</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### LEONARDO 3.5

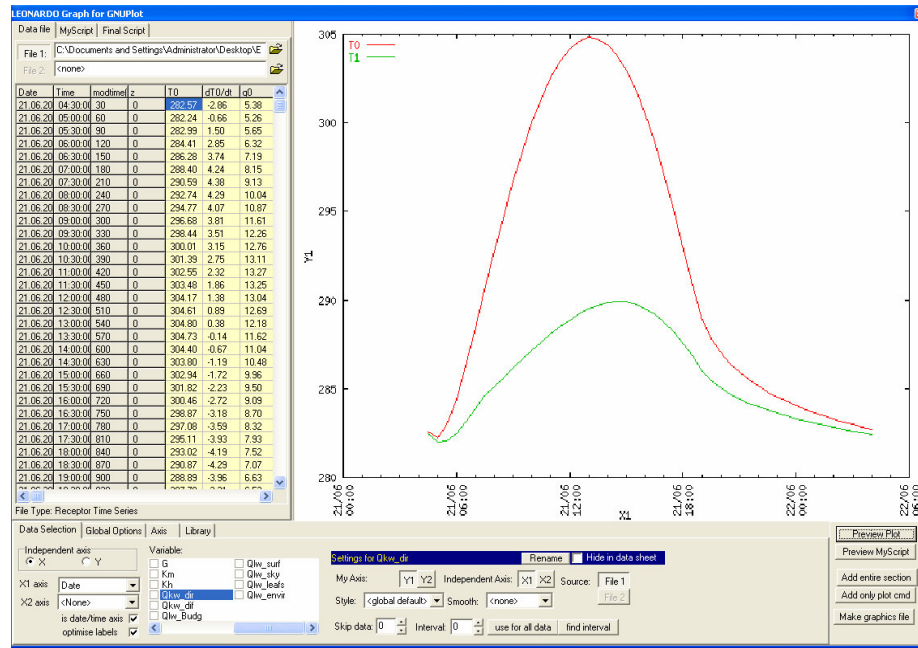
Genel olarak her türlü görsel canlandırma için üretilmiş çok amaçlı bir yazılım olan LEONARDO 3.5, ENVI-met 3.0 paketi içine alınarak programın bir alt dosyası haline getirilmiştir. Böylece yapılan her analiz sonrası simülasyonların sayısal sonuçları mekansal olarak iki ve üç boyutlu olarak canlandırılarak, sonuçları görsel olarak da değerlendirme olanakları sağlanmış olmaktadır. Bu da araştırmacıya çok sayıdaki değişkenin her birine ilişkin saatlik değerleri karşılaştırma olanağı vermektedir. Elde edilen sonuçların görsel özeti hem iki boyutlu, hem de üç boyutlu ortamda ifade edilebilmektedir. Böylece simülasyonu yapılan çalışmalara ilişkin değişkenlerin karşılıklı etkileşimini farklı ortamlarda bir arada görme olanağı sunulmuş olmaktadır. Şekil 5.8’de programın görsel canlandırma ortamı görülmektedir.



Şekil 5.8. LEONARDO 3.5 programının görsel canlandırma ortamı

## GNUplot 3.0

Bir grafik sunum programı olan GNUplot 3.0 ortamında, araştırmacı tarafından araştırmının amacına göre elde edilen verilerin zamansal değişimleri grafik tablo halinde özetlenmektedir (Şekil 5.9). Araştırmada ölçümü yapılan çok sayıdaki bağımlı değişkene ilişkin sayısal değerler amaca göre ayrı ayrı veya birlikte gösterilebilmektedir.



Şekil 5.9. GNUplot 3.0 programının grafik sunum ortamı

## 5.3. İklimle Uyumlu Enerji Etkin Konut Tasarımı

### 5.3.1. Hipotetik konut tiplerinin belirlenmesi

Araştırmanın bu aşamasında alanın iklim özelliklerine göre pasif denetim yöntemleri ile enerji yüklerini azaltma olanakları araştırılarak enerji analizleri yapılmak üzere konut tiplerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışma, araştırma alanının iklim özellikleri, pasif denetim olanakları ve yüzey-hacim oranı başlıkları altında yapılmaktadır:

### Araştırma alanının iklim özellikleri

Daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen verilere göre araştırmanın yapıldığı alan Ankara, yöresel ölçekte “ılımlı-kuru”<sup>1</sup> iklim özellikleri göstermektedir [Zeren, 1959]. Araştırma alanının iklim özelliklerine ilişkin ayrıntılı veriler ise alandaki çeşitli merkezlerde konumlanmış olan farklı istasyonlardan elde edilebilmektedir (Çizelge 5.3).

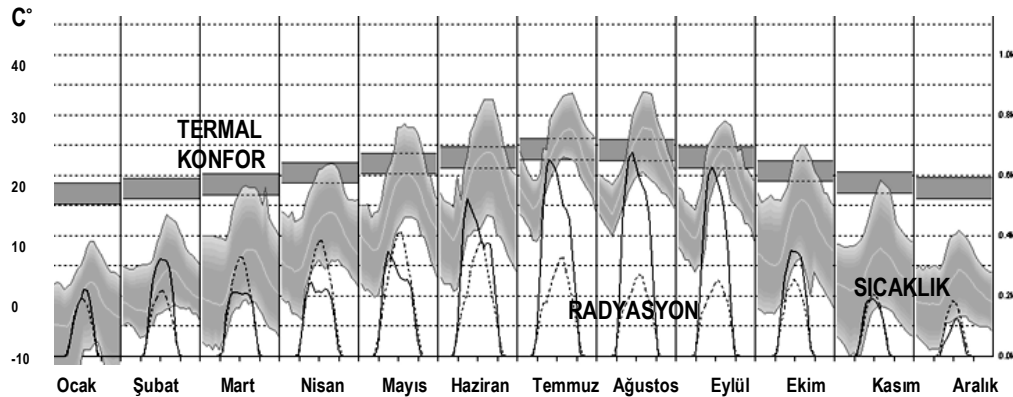
Çizelge 5.3. Ankara’ya ait ölçüm istasyonlarından bazıları

| YER         | İSTASYON ADI       |
|-------------|--------------------|
| KEÇİÖREN    | ANKARA BÖLGE       |
| ETİMESGUT   | ETİMESGUT MEYDAN   |
| YENİMAHALLE | GÜVERCİNLİK MEYDAN |
| ESENBOĞA    | ESENBOĞA MEYDAN    |
| GÖLBAŞI     | UFUK DANIŞMENT     |

Ancak bu istasyonlardan elde edilen verilerin simülasyon programlarında kullanılması için yeniden işlenerek uygun formatlara dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla, araştırma süresinin sınırları da göz önüne alınarak bu çalışma, bu amaca uygun olarak formatlanmış olarak hazırlanan “EnergyPlus” internet erişim sitesinden elde edilen Esenboğa meydan istasyonunun sağladığı veriler baz alınarak yapılmaktadır. 40,1°-33,0° enlem ve boylamında konumlanmış olan bu istasyonun verileri baz alınarak Weather Tool v2.00’a göre yapılan analizlerde araştırma alanı yıllık ortalama 7 saat güneşlenme süresi ile oldukça yüksek bir değer göstermektedir. Aralık ayında 1,562 kWh/m<sup>2</sup> olan yaygın radyasyon miktarı, Haziran ayında 8,671 kWh/ m<sup>2</sup>’ye kadar çıkan toplam radyasyon değerleri, hava sıcaklığı değerleri ile

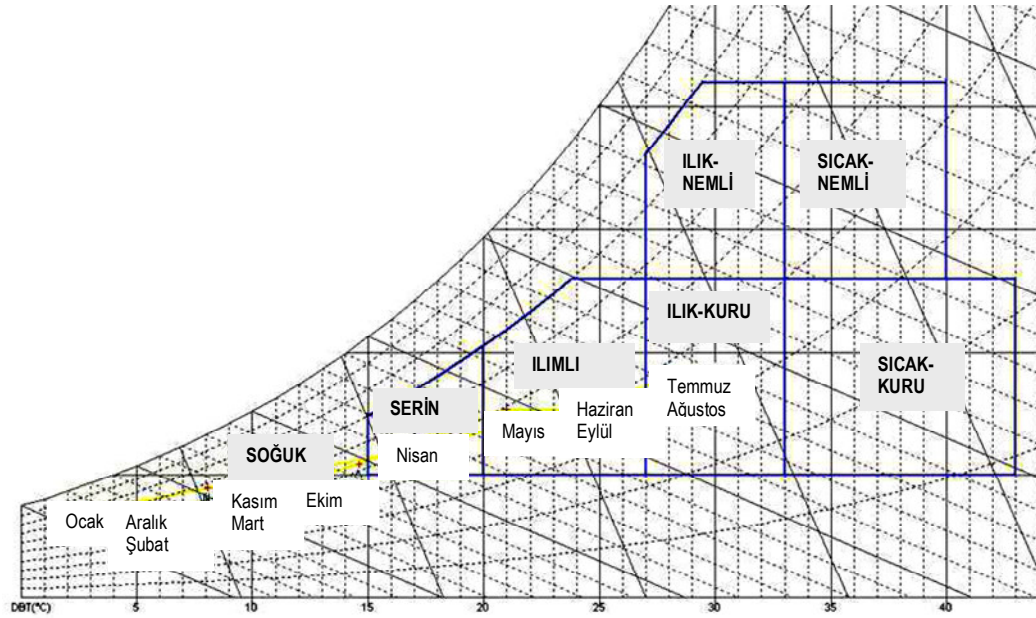
<sup>1</sup> Enlemlere göre Aristoteles’ten günümüze yapılmış olan pek çok iklim sınıflandırma sistemlerinden en yaygın olarak kullanılan ‘Koppen’ sistemidir. Oldukça ayrıntılı bir sınıflandırma yapılmış olan sisteme göre Türkiye ılımlı ve Akdeniz olmak üzere iki farklı iklim özelliği göstermektedir. Ancak araştırma alanının yer aldığı Anadolu yarımadasının mikroklima çeşitliliği açısından oldukça zengin bir coğrafyada yer alması çeşitli araştırmacılar tarafından farklı sınıflandırma sistemlerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Bunlardan İzbirak (1975) tarafından Koppen sistemi esas alınarak yapılan sınıflandırmada coğrafik ve topoğrafik özelliklere göre Anadolu yarımadasında 15 alt iklim türü belirlenmiştir. Bu sınıflandırmada araştırma alanı Akdeniz iklim özellikleri içerisinde yer almakla birlikte yerel ölçekte yarı kurak orta Anadolu tipi step iklim özellikleri göstermektedir. Bu çalışmada kabul edilen Zeren (1959) tarafından yapılmış olan sınıflandırmaya göre Türkiye ılımlı-kuru, sıcak-kuru, ılımlı-nemli, sıcak-nemli ve soğuk olmak üzere 5 beş farklı iklim bölgesine ayrılmıştır [Ok, 1984].

paralellik gösterir. En az sıcak dönemde Aralık ve Ocak aylarında hava sıcaklığı donma noktasına yakın düzeydedir. Kasım ve Nisan ayları arasındaki dönemde ise termal konfor sınırının altında kalan hava sıcaklıkları yaz döneminde Temmuz ve Ağustos aylarında 30°C'ye kadar yükselir. Yine bu dönemde gece ve gündüz sıcaklık farkları, mutlak nem oranının azalmasına bağlı olarak artış gösterir. Kentin denizden yükseklik ortalamasının 949 m gibi oldukça yüksek bir seviyede olması da bunu etkileyen bir diğer faktördür. Kentin ortalama 9,6°C olan hava sıcaklığı, 2000 yılında yapılan ölçümlerde 10,3°C olarak belirlenmiştir. En düşük sıcaklık ortalaması Ocak ayında -2,3°C, en yüksek sıcaklık ortalaması ise Temmuz ayında 20°C olarak belirlenmiştir. En düşük sıcaklık Ocak ayı içerisinde saat 5'de -22°C, en yüksek sıcaklık ise Ağustos ayında saat 13'de yaklaşık 33,7°C'dir. Verilere göre yıllık nem ortalamasının %80,6 olduğu araştırma alanında bu oran aylara ve günün saatlerine göre önemli ölçüde değişim göstermektedir. En yüksek değerlere en az sıcak dönemde sabah 24 ile 8 saatleri arasında %83'lük ortalama ile yükselen bağıl nem, en düşük değerlere %30'luk ortalama ile en sıcak dönemde öğleden sonra 12-17 saatleri arasında ulaşmaktadır. Şekil 5.10'da Weather Tool v2.00 ortamında 40°1' enlem ve 33°0' boylamında yer alan istasyondan elde edilen iklimsel verilerin bir özetini içeren radyasyon miktarı, ortalama rüzgar hızı ve yönü ile ortalama bağıl nem değerleri ile termal konfor sınırları arasındaki ilişkinin aylık dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 5.10. Weather Tool v2.00 ortamında araştırma alanına ilişkin toplam radyasyon miktarı, ortalama hava sıcaklık ve ortalama bağıl nem oranları ile termal konfor sınırlarının aylık dağılımı

Weather Tool v2.00’da yapılan bir diğer analizde termal konfor sınırlarına göre ılık-nemli, ılık-kuru, sıcak-nemli, sıcak-kuru, ılımlı ve soğuk olmak üzere 6 farklı iklim sınırlarının gösterildiği psikrometrik grafik üzerinde araştırma alanının sıcaklık ortalamalarına göre aylık dağılımları elde edilmiştir (Şekil 5.11). Bu grafik üzerindeki sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımına bakıldığında Zeren (1959)’a göre ılımlı-kuru iklim kuşağı içerisinde yer alan araştırma alanının daha çok soğuk iklim özellikleri gösteren sınırlar içerisinde yer aldığı anlaşılmaktadır. Buna göre Temmuz ve Ağustos ayları sıcak-kuru, Mayıs, Haziran ve Eylül ayları ılımlı, Ekim ve Nisan ayları serin ve Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları ise soğuk iklim özellikleri gösteren sınırlar içerisinde yer almaktadır. Şekil 5.11’deki bu dağılıma bakıldığında araştırma alanının iklim özelliklerinin yıl boyu geniş bir aralığa oturduğu görülmekte, bu da ılımlı iklim özellikleri gösteren alanların sahip olduğu değişken yapıyı açıkça göstermektedir.



Şekil 5.11. Weather Tool v2.00’a göre oluşturulan psikrometrik grafik üzerinde Ankara’nın ortalama hava sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi

Bu durumun ayrıntılarını görmek için yapılan bir başka analizde ise konutların ısıtılması ve soğutulması için gereken sürelerin bir göstergesi olan ısıtma ve soğutma derece saatleri karşılaştırılmış ve ısıtma derece saatlerinin soğutma derece



saatlerinden 12 kat daha fazla olduğu görülmüştür (Çizelge 5.4). Yapılan bu analizlerde ısıtma derece saatinin hesaplanması için 18°C, soğutma derece saatinin hesaplanması için 26°C termal konfor sınır değerleri olarak kabul edilmiştir. Yıl boyunca aylara göre 18°C ve altındaki kuru termometre sıcaklık değerlerinin arasındaki farkların bir aylık toplamı konutların ek ısıtma, en sıcak dönemde ise 26°C ile üstündeki kuru termometre sıcaklık değerlerinin arasındaki farkların bir aylık toplamı ise konutların ek soğutma yüklerini ifade etmektedir.

Çizelge 5.4. Ankara’ya ait ısıtma ve soğutma derece saatlerinin aylara göre dağılımı

| AYLAR   | GÜNEŞ SAAT DERECEŚİ<br>(Solar excess degree hours) | ISITMA SAAT DERECEŚİ<br>(Heating degree hours) | SOĞ. SAAT DERECEŚİ<br>(Cooling degree hours) |
|---------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| OCAK    | 1 074                                              | 15 014                                         | 0                                            |
| ŞUBAT   | 1 586                                              | 11 523                                         | 0                                            |
| MART    | 1 875                                              | 11 330                                         | 0                                            |
| NİSAN   | 2 250                                              | 6 393                                          | 10                                           |
| MAYIS   | 2 903                                              | 3 721                                          | 288                                          |
| HAZİRAN | 3 464                                              | 0                                              | 1 045                                        |
| TEMMUZ  | 3 989                                              | 0                                              | 2 064                                        |
| AĞUSTOS | 3 755                                              | 0                                              | 1 928                                        |
| EYLÜL   | 3 105                                              | 2 080                                          | 839                                          |
| EKİM    | 1 928                                              | 5 830                                          | 107                                          |
| KASIM   | 1 185                                              | 9 929                                          | 0                                            |
| ARALIK  | 718                                                | 12 484                                         | 0                                            |
| TOPLAM  | 27 832                                             | 78 304                                         | 6 281                                        |

Yapılan hesaplamalarda sayısal denklem Eş. 5.1’deki gibidir: Bu çizelgede ayrıca Szokolay (1988) tarafından geliştirilen ve Sol-Air hava sıcaklığı yöntemiyle hesaplanan güneşlenme saat değerleri de gösterilmektedir. Güneş derece saatleri (Solar excess degree hours) sol-air sıcaklık dış hava sıcaklık değerinden fazlasını göstermekte ve sayısal denklem Eş. 5.2 ve Eş. 5.3’deki gibidir:

$$HDH = T_b - T_m$$

$$CDH = T_m - T_b$$

$T_b$  -Referans Sıcaklık (ısıtma derece saati için 18°C , soğutma derece saati için 26°C)

$T_m$  -Maksimum ve Minimum Kuru Termometre Sıcaklık Ortalaması

(5.1)

$$T_s = T_0 + dT_e$$

( $T_s$ ) - Sol-air sıcaklığı(°C),

( $T_0$ ) - Dış hava sıcaklığı (°C),

(dTe)- Sol-Air excess temperature (K)

(5.2)

$$dTe = G * a_w * R_{so}$$

(G)- Dış yüzeye gelen toplam radyasyon miktarı (W/m²),

(a<sub>w</sub>) - Dış yüzey yansıtma katsayısı (0-1)

(R<sub>so</sub>) -Dış yüzey ısı geçirgenlik katsayısı

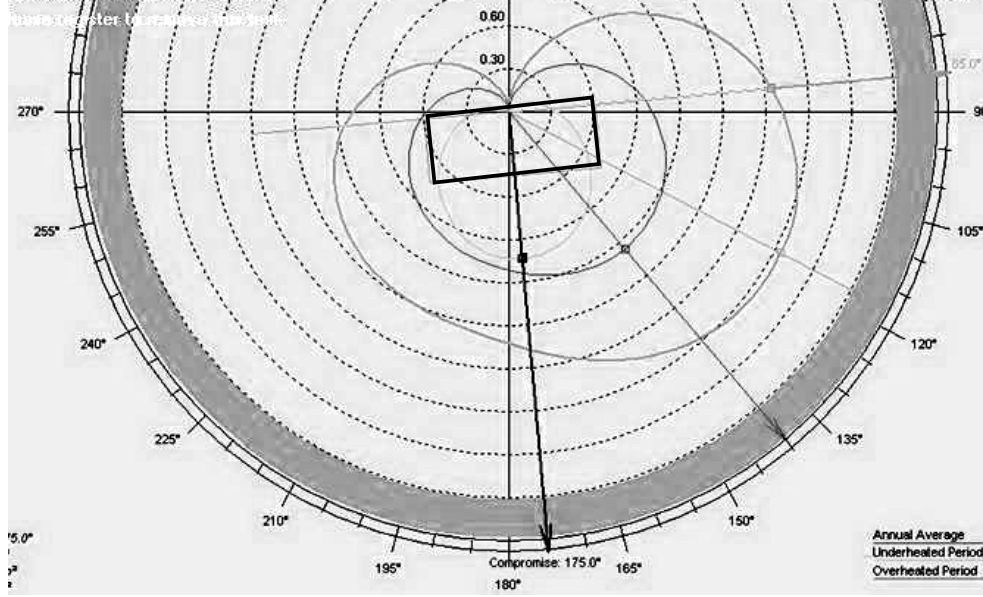
(5.3)

Çizelge 5.4'deki verilere göre öncelikle konutların ek ısıtma yüklerinin oldukça yüksek değerler gösterdiği Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları için güneş, ek soğutma yüklerinin arttığı Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için ise rüzgar gibi pasif denetim olanaklarının analiz edilmesi gerekmektedir. Bu analizlerde konutlarda güneşlenme, doğal aydınlatma ve havalandırma gibi pasif denetleme olanaklarının etkinlik sınırlarının da artırılabilmesi farklı dönem özelliklerini birlikte gözetilen ölçütlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla pasif denetim yöntemleri elde edilebilecek kazanımlara ilişkin olarak yapılacak analizler Weather Tool v2.00 ortamında yapılmaktadır.

#### Pasif denetim yöntemleri

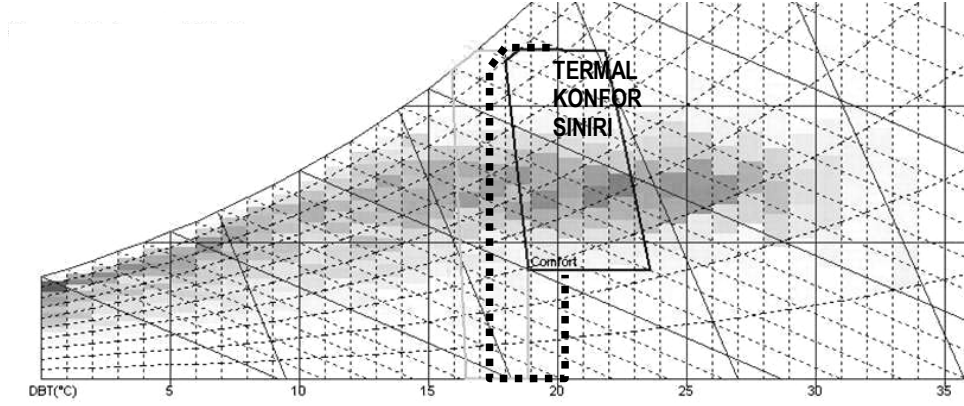
İklimle uyumlu pasif denetim yöntemlerinden biri olan optimum yönlenme için Weather Tool v2.00'da yapılan analizlerde en düşük ve en yüksek sıcaklık dönemlerinde yıl boyunca düşey yüzeye gelen ortalama radyasyon miktarları ölçüt alınmıştır. Hesaplamalarda en sıcak ve en az sıcak dönem ile yıl boyunca düşey yüzeye gelen günlük radyasyon şiddetlerini içeren 3 farklı değer baz alınmaktadır.

Şekil 5.12'de görülen optimum yön grafiğinde yıl boyunca 1,13 kWh/m² olan günlük ortalama radyasyon miktarı yeşil ok ile, en az sıcak dönemde 1,03 kWh/m² mavi ok ile, en sıcak dönemde 1,67 kWh/m² olan radyasyon düzeyi ise kırmızı ok ile gösterilmiştir. En sıcak dönemi gösteren mavi ok ile çakışan sarı ok ile gösterilen ve güneyden doğuya doğru 5° olarak belirlenmiş olan optimum yön bu üç farklı değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

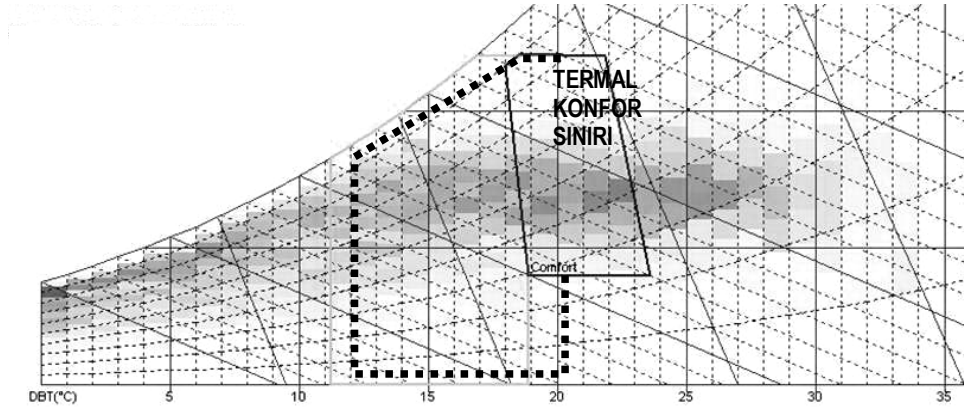


Şekil 5.12. Weather Tool v2.00'a göre araştırma alanı için optimum yönlenme

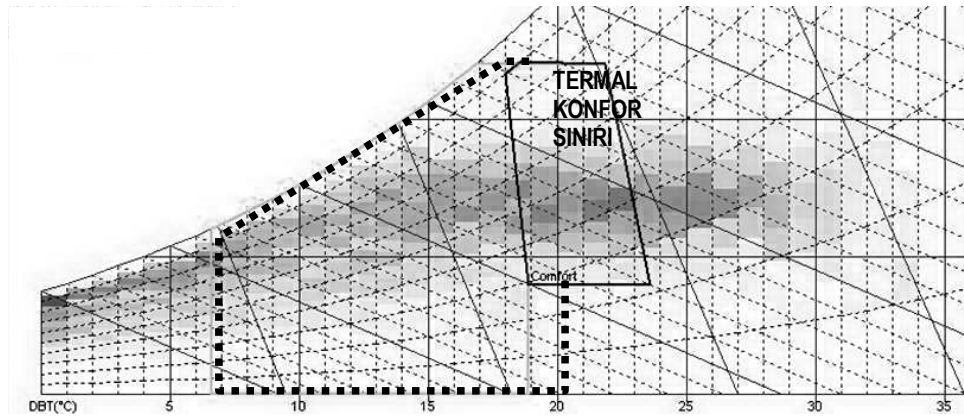
Optimum yönlenmenin sağlandığı koşulların yanında, konut yapılarının kabuk özellikleri de pasif denetim kararlarının etkinliğinin artırılmasında önem kazanan bir başka aşamayı oluşturmaktadır. Bunlardan duvar ve cam yüzey özellikleri ile bu yüzeylerin alan oranlarının ısıtma ve soğutma yüklerine etkileri gözetilerek optimum oranın belirlenmesi gerekmektedir. Bu faktörlerden pencere alanının radyasyon kazancına etkileri araştırıldığında önemli kazanımlar sağlandığı görülmektedir. Bu amaçla yapılan analizlerden ilkinde en soğuk dönemde güney cephesinde pencere ve duvar alanına arasındaki ilişkinin termal konfor sınırları üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan bu karşılaştırmalarda pencere-duvar alanı oranı %20 olduğunda etkinliği 18°C ile sınırlı olan pasif güneşlenme olanaklarının etkinlik düzeyinin, bu oranın büyüklüğüne bağlı olarak hızlı bir şekilde genişlemekte olduğu psikrometrik grafik üzerinde görülmektedir (Şekil 5.13, Şekil 5.14, Şekil 5.15).



Şekil 5.13. Pencere alanı %20 olduğunda güneşten yararlanma olanakları ile termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi

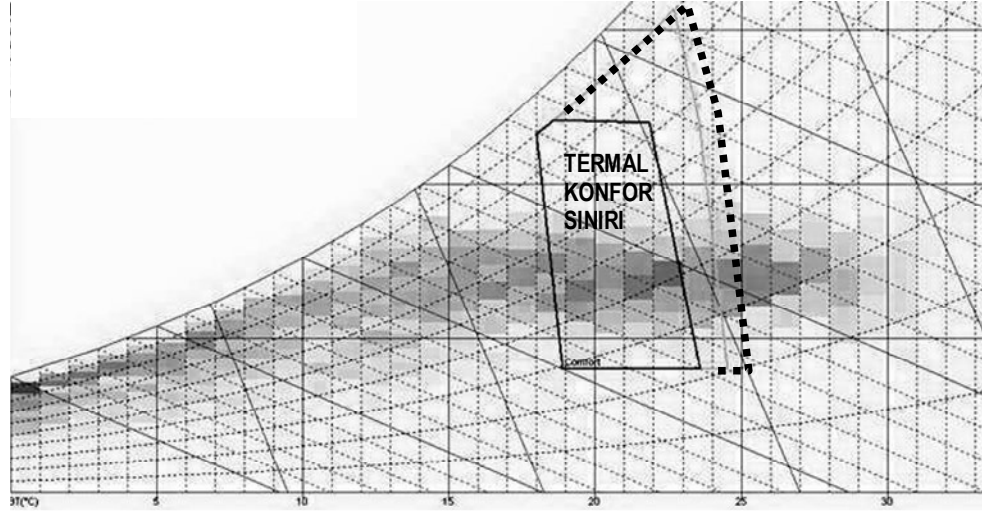


Şekil 5.14. Pencere alanı %40 olduğunda güneşten yararlanma olanakları ile termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi

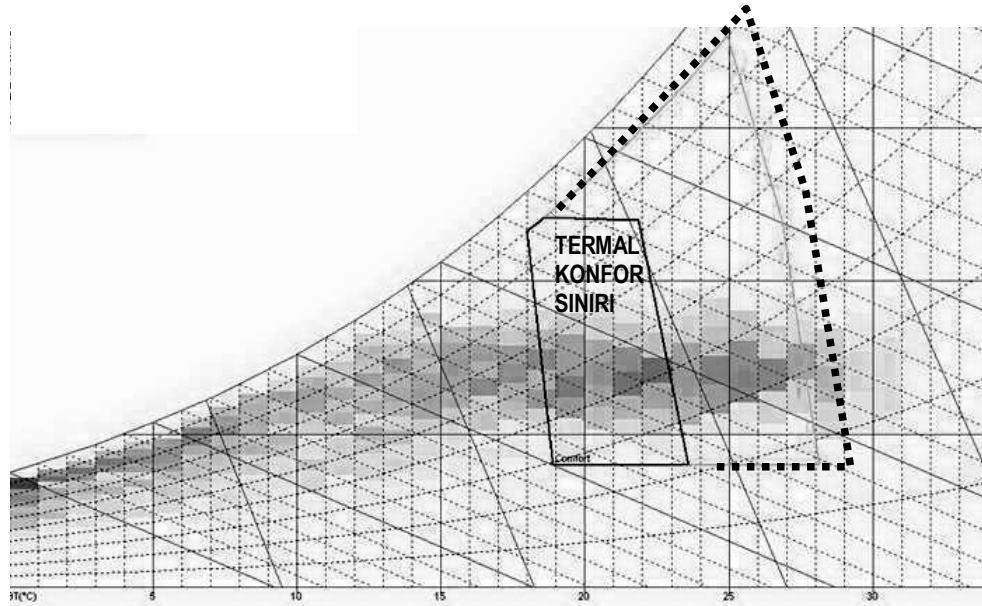


Şekil 5.15. Pencere alanı %60 olduğunda güneşten yararlanma olanakları ile termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi

Benzer şekilde günlük sıcaklık değer dağılımları ile termal konfor sınırlarının gösterildiği psikrometrik grafik üzerinde alana ilişkin iklimsel verilere göre rüzgardan yararlanılması koşulu ile en sıcak dönemde doğal havalandırma ile serinletme olanaklarının sınırlarının da benzer şekilde genişlemekte olduğu görülmektedir (şekil 5.16, şekil 5.17).

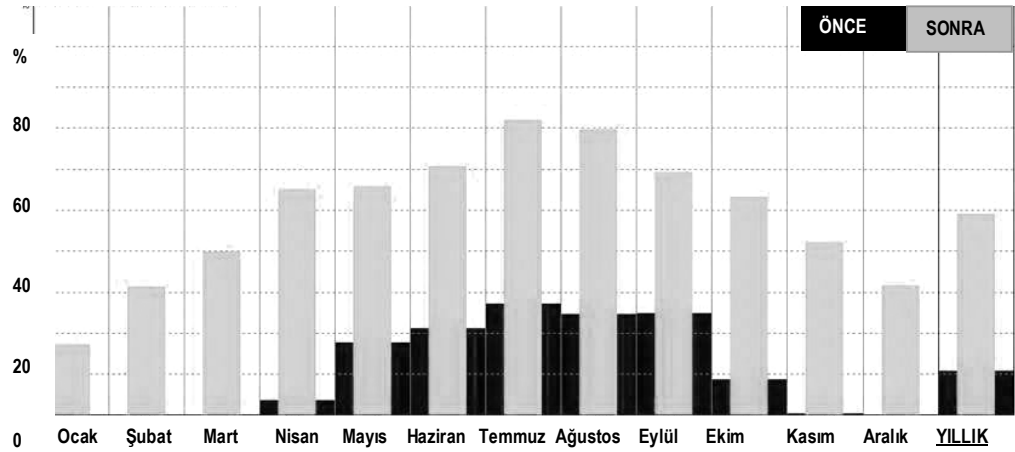


şekil 5.16. Az hissedilir (0,2 m/sn) rüzgar hızına göre termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi



şekil 5.17. Hissedilir (1,2 m/sn) rüzgar hızına göre termal konfor sınırlarının genişleme düzeyi

Elde edilen verilere göre yararlanılabilecek etkin pasif denetim yöntemleri ile değişen termal konfor sınırlarının arasındaki farkların yüzde olarak aylara göre dağılımı ve yıllık toplamı Weather Tool v2.00’da bir grafik üzerinde gösterilmiştir. Örneğin Şekil 5.18’deki grafiğe göre rüzgar ve güneş gibi pasif denetimler etkinleştirilmeden önce %20 olan termal konfor sınırının yapılabilecek düzenlemeler ile %60 kadar genişlemiş olduğu görülmektedir. Yapılan bu analiz ile pasif denetim yöntemleri ile termal konfor sınırlarında yaklaşık olarak %40 oranında bir artış sağlanabileceği anlaşılmıştır.



Şekil 5.18. Ankara’ya ilişkin pasif denetleme yöntemlerinin aylara göre sağladığı kazanımların yüzdesini gösteren grafik

#### Yüzey alanı-hacim oranı

Araştırma alanının iklimsel özelliklerine ilişkin veriler karşılaştırıldığında konutların ek ısıtma yüklerinin soğutma yüklerine oranla oldukça yüksek bir düzeyde olduğu, bu tip iklim özellikleri gösteren alanlarda, konutların yüzey ve hacim oranlarının en az olduğu kompakt biçimlerin ne kadar uygun olabileceği daha önce yapılmış pek çok araştırma tarafından da ortaya konularak tartışılmıştır [Olgyay, 1963; Knowles, 2003; Depecker ve ark., 2004; Steemers 2007]. Bu amaçla, binalarda ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması ve uygulama esaslarının belirlenmesi amacıyla hazırlanmış olan 8 Mayıs 2000 tarih ve 24 043 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmış olan TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” Madde 3’e göre de,

araştırma alanının yer aldığı Türkiye dört ısı bölgesine ayrılmıştır. Araştırma alanı ise bu sınıflandırmada 3. bölgede yer almaktadır [TSE, 2007]. Isıtma enerjisi ihtiyacı kriterlerinin belirlendiği TS 825 ‘Ek- 2’den yola çıkılarak hazırlanan çizelgede ısı bölgelerine göre konutların toplam yüzey alanı (A) ile toplam hacim (V) oranına bağlı olarak değişen  $m^3$  veya  $m^2$  cinsinden yıllık enerji tüketimlerine getirilen sınırlar gösterilmiştir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Bölgelere göre konutların  $A_{top}/V_{brüt}$  (A/V) oranlarına bağlı olarak değişen  $m^3$  veya  $m^2$  cinsinden yıllık ısıtma enerjisi (Q') ihtiyaç hesap yöntemi

|                                           |                                |       |       |       |                       |
|-------------------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-----------------------|
| <b>1. Bölge</b>                           | $A_N$ ile ilişkili $Q' =$      | 46,62 | A/V + | 17,38 | [kWh/m <sup>2</sup> ] |
|                                           | $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q' =$ | 14,92 | A/V + | 5,56  | [kWh/m <sup>3</sup> ] |
| <b>2. Bölge</b>                           | $A_N$ ile ilişkili $Q' =$      | 68,59 | A/V + | 32,30 | [kWh/m <sup>2</sup> ] |
|                                           | $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q' =$ | 21,95 | A/V + | 10,34 | [kWh/m <sup>3</sup> ] |
| <b>3. Bölge<br/>(Araştırma<br/>Alanı)</b> | $A_N$ ile ilişkili $Q' =$      | 67,29 | A/V + | 50,16 | [kWh/m <sup>2</sup> ] |
|                                           | $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q' =$ | 21,74 | A/V + | 16,05 | [kWh/m <sup>3</sup> ] |
| <b>4. Bölge</b>                           | $A_N$ ile ilişkili $Q' =$      | 82,81 | A/V + | 87,70 | [kWh/m <sup>2</sup> ] |
|                                           | $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q' =$ | 26,5  | A/V + | 28,06 | [kWh/m <sup>3</sup> ] |

$A_{top}$  : Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı olup, dış ölçülere göre bulunur. Birimi “m<sup>2</sup>”dir.

$V_{brüt}$  : Konutu çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacimdir. Birimi “m<sup>3</sup>”dür.

A/V : Isı kaybeden toplam yüzeyin ( $A_{top}$ ) ısıtılmış yapı hacmine ( $V_{brüt}$ ) oranıdır. Birimi “m<sup>1</sup>”dir.

Q' : A/V oranına bağlı olarak izin verilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacıdır. Birimi “kWh/m<sup>2</sup>, kWh/m<sup>3</sup>” dür.

$A_N$  : Konutun net kullanım alanıdır ( $A_n = 0,32 \times V_{brüt}$  formülü ile hesaplanır).

Ancak bu oran aynı zamanda yapının hacim büyüklüğü ile ters orantılı olarak etkilenmekte ve hacim büyüklüğüne göre bir cismin yüzey alanı ile hacim oranı arasındaki farklar da kendi içerisinde değişmektedir. Yasa kapsamında bu konuyu da gözetmiş olan yönetmelikte bölgelere göre konutların en büyük ve en küçük yüzey alanı-hacim ( $A_{top}/V_{brüt}$ ) oranları için yıllık ısıtma enerjisi sınır değerleri de belirlenmiş olup bu sınırlar dışında kalan yapılar için ayrıca bir hesap yapılması gerekmemektedir. Örneğin bu tabloya göre araştırma alanının yer aldığı 3. bölgede, alan-hacim oranı 0,2’den küçük olan yapılar için yıllık maksimum 51,7 kWh/m<sup>2</sup> olan

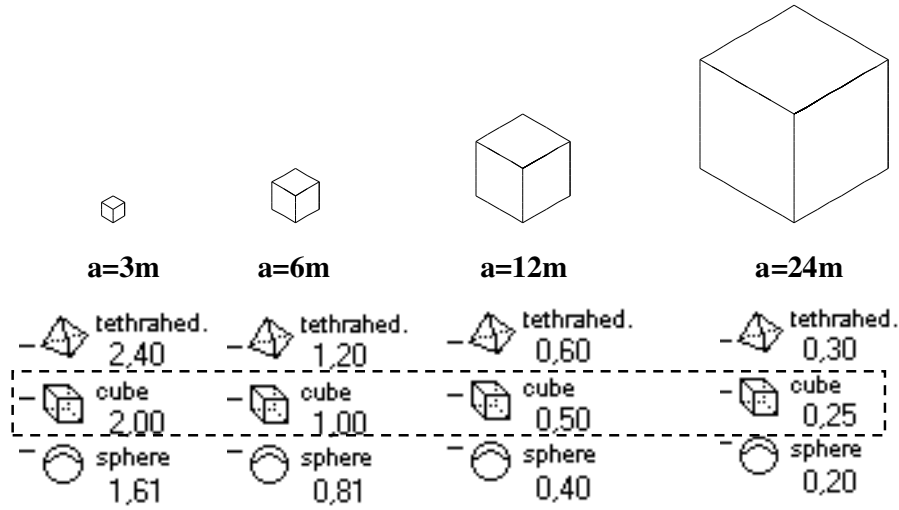
ısıtma yükü üst sınırı, alan-hacim oranı 1,05'den büyük olan yapılar için 116,5 kWh/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.6. Bölgelere göre konutların en büyük ve en küçük  $A_{top}/V_{brüt}$  oranları için ısıtma enerjisi sınır değerleri

| BÖLGE    | HESAPLAMA                             | $A/V < 0,2$ için | $A/V > 1,05$ için | BİRİM                   |
|----------|---------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| 1. Bölge | $A_n$ ile ilişkili $Q'_{1,DG} =$      | 19,2             | 56,7              | kWh/m <sup>2</sup> ,yıl |
|          | $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1,DG} =$ | 6,2              | 18,2              | kWh/m <sup>3</sup> ,yıl |
| 2. Bölge | $A_n$ ile ilişkili $Q'_{2,DG} =$      | 38,4             | 97,9              | kWh/m <sup>2</sup> ,yıl |
|          | $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2,DG} =$ | 12,3             | 31,3              | kWh/m <sup>3</sup> ,yıl |
| 3. Bölge | $A_n$ ile ilişkili $Q'_{3,DG} =$      | 51,7             | 116,5             | kWh/m <sup>2</sup> ,yıl |
|          | $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3,DG} =$ | 16,6             | 37,3              | kWh/m <sup>3</sup> ,yıl |
| 4. Bölge | $A_n$ ile ilişkili $Q'_{4,DG} =$      | 67,3             | 137,6             | kWh/m <sup>2</sup> ,yıl |
|          | $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4,DG} =$ | 21,6             | 44,1              | kWh/m <sup>3</sup> ,yıl |

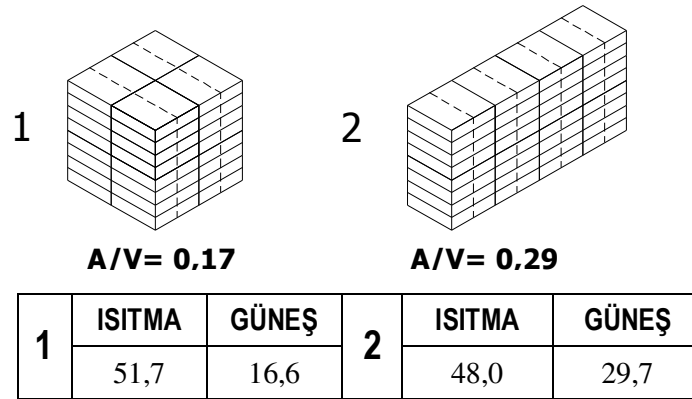
Ancak bu konuda yönetmelik kapsamında uygulamaya yönelik pratik nedenlerden dolayı gözletilmemiş olan nokta alan-hacim oranının yapının geometrik biçimi ile de ilişki içinde olmasıdır. Bu ilişkiye göre eşit hacimlerdeki cisimlerden en büyük alan hacim oranı veren geometrik biçim düzgün dörtyüzlü, en küçük alan hacim oranı veren geometrik biçim ise küredir. Bu ilişkiye göre alan hacim oranları diğer geometrik biçimlere göre daha büyük olan düzgün dörtyüzlünün yüzey ısı alışverişinin, alan hacim oranı kendisinden daha küçük olan bir küreye göre daha az daha fazla olduğu açıkça görülmektedir. Ancak geometrik biçim ile yüzey ısı hareketleri arasındaki bu ilişkinin, hacim büyüklüğü ile ters orantılı olarak etkilendiği, bu nedenle bir gösterge olarak alan hacim oranının etkisinin yapının hacmi büyüdükçe azalmakta olduğu görülmektedir. Bu geometrik biçimlerden küp ise alan hacim oranı için ortalama değerleri temsil etmektedir. Şekil 5.19'da farklı kenar uzunlukları olan küpler ve bu küpler ile eşit hacimde olan düzgün dörtyüzlü ve küre için CASAnova 3.0'da hesaplanan alan hacim oranları görülmektedir.





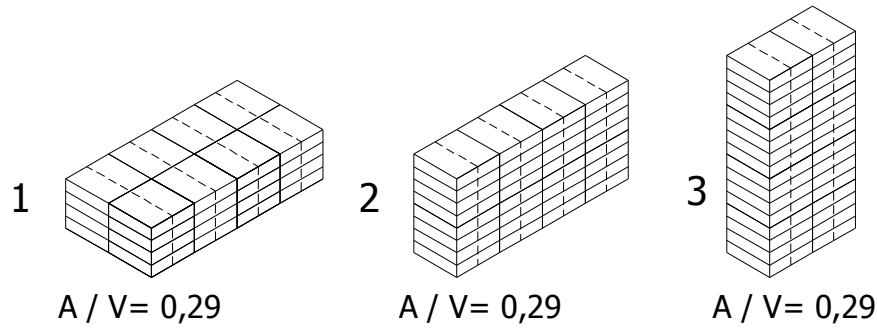
Şekil 5.19. Eşit hacimdeki farklı geometrik biçimlerin CASAnova 3.0'da hesaplanan alan-hacim oranları

Ancak güneşlenme süresinin daha az olduğu soğuk iklim kuşakları için etkinliği daha fazla olan kompakt biçimler için, güneşlenme süresinin daha fazla olduğu alanlarda yönlenme farkının ortadan kalkması nedeni ile bu etkinliğin azalabileceği anlaşılmaktadır. Bu amaçla 32 konutun farklı şekillerde biraya gelmesi oluşan farklı iki örnek konut yapısı için CASAnova 3.0'da yapılan bir analizden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında (2) no'lu konut tipinin güneşten yararlanma düzeyinin yaklaşık olarak iki kat artmasının ısıtma yükünde küp biçiminde olan (1) no'lu diğer örneğe göre 4 kWh/m<sup>2</sup> kadar azalma sağladığı belirlenmiştir (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. 32 konuttan oluşan bir konut yapısında alan-hacim oranının güneşten yararlanma ve ek ısıtma yüklerine etkisi

Benzer bir amaçla çalışma kapsamında yapılan bir başka karşılaştırmada ise konumlanma farkının da ek ısıtma yüklerini etkileyen önemli faktörlerden bir diğeri olduğu anlaşılmaktadır. Boyutları ve alan-hacim oranları eşit olan bir konut yapısının üç farklı konumu için çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalarda ısıtma yüklerinin güneşten yararlanma düzeyinde yaklaşık olarak yarı yarıya azalmanın ısıtma yükünde diğer tiplere göre 4 kWh/m<sup>2</sup> kadar artışa neden olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.21).

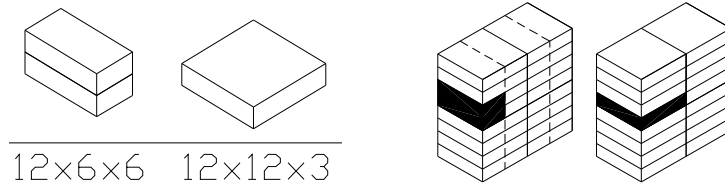


| 1 | ISITMA | GÜNEŞ | 2 | ISITMA | GÜNEŞ | 3 | ISITMA | GÜNEŞ |
|---|--------|-------|---|--------|-------|---|--------|-------|
|   | 51,7   | 16,6  |   | 48,0   | 29,7  |   | 48,2   | 31,2  |

Şekil 5.21. 32 konuttan oluşan bir konut yapısında konumlanma farklarının güneşten yararlanma ve ek ısıtma yüklerine etkisi

#### Enerji etkin konut tipleri

Araştırmada enerji analizleri yapılacak olan birim konut büyüklüklerinin belirlenmesinde TOKİ tarafından Toplu Konut Fonu'ndan toplu konut yapımcılarına konut ve altyapı inşaatları için kredi desteği sağlamada belirlenen konut alanı büyüklük üst sınırı olan 150 m<sup>2</sup> esas alınmış ancak simülasyon programlarında gereken pratik nedenlerle 144 m<sup>2</sup> olarak kabul edilmiştir. Buna göre 144 m<sup>2</sup> olarak kabul edilen birim konut tiplerinin en, boy ve yükseklikleri 12x6x3 m ve/veya 12x6x6 m olarak kabul edilmiştir. Bu boyutlar ile gün ışığından da yeterli düzeyde yararlanabilecek derinlik sınırları da sağlamış olmaktadır. Enerji analizleri yapılacak birim konut tipleri ve bir konut yapısı içerisindeki konumları Şekil 5.22'de gösterilmektedir.



Şekil 5.22. Birim konut tipleri ve bir konut yapısı içerisindeki konumları

Bu konut birimlerinin bir araya gelerek oluşturacakları konut tiplerinin geometrik özelliklerine göre ek ısıtma ve soğutma yüklerine olan etkilerini belirlemek için enerji analizleri yapılacak olan enerji etkin konut tipleri ise yüksekliklerine göre 2 kat (a), 4 kat (b), 8 kat (c) ve 12 kat (d) olarak harflerle, doğu-batı doğrultusundaki birim konut sayısına göre 1, 2, 3 ve 4 sayıları ile tanımlanmıştır. Şekil 5.23’de enerji analizleri yapılacak olan enerji etkin konut tipleri toplu olarak görülmektedir.

|         |          |          | HİPOTETİK KONUT TİPLERİ |  |  |  |
|---------|----------|----------|-------------------------|--|--|--|
| 12x6x3  | 12x6x6   | 12x12x3  |                         |  |  |  |
| a-1     | b-1      | c-1      | d-1                     |  |  |  |
|         |          |          |                         |  |  |  |
| 12x12x6 | 12x12x12 | 12x12x24 | 12x12x36                |  |  |  |
| a-2     | b-2      | c-2      | d-2                     |  |  |  |
|         |          |          |                         |  |  |  |
| 12x24x6 | 12x24x12 | 12x24x24 | 12x24x36                |  |  |  |
| a-3     | b-3      | c-3      | d-3                     |  |  |  |
|         |          |          |                         |  |  |  |
| 12x36x6 | 12x36x12 | 12x36x24 | 12x36x36                |  |  |  |
| a-4     | b-4      | c-4      | d-4                     |  |  |  |
|         |          |          |                         |  |  |  |
| 12x48x6 | 12x48x12 | 12x48x24 | 12x48x36                |  |  |  |

Şekil 5.23. Enerji analizleri yapılacak olan enerji etkin hipotetik konut tipleri

### 5.3.2. Hipotetik konut tipleri enerji analizi

Araştırmanın bu aşamasında, yalnızca ısıtma yükleri ile sınırlı tutulmuş yönetmelik için geçerli olan alan-hacim oranının ılımlı kuru iklim özellikleri gösteren alanlar için enerji yüklerinde bir gösterge olarak etkin olmakla birlikte yeterli olamayacağı düşünüldükçe, alan-hacim oranı ile birlikte yüzey özellikleri ve yönelme farkının da ek ısıtma yüklerini etkileme düzeyi, ek soğutma yükleri ile birlikte ele alınarak örnek bir konut tipi üzerinden şu sıralama ile yapılacaktır:

#### Alan-hacim oranı

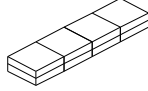
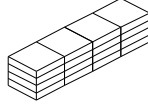
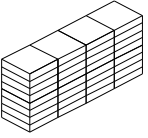
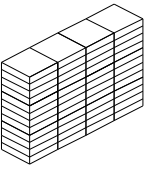
Bu analizler ile “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” Madde 3’e göre yapılan hesaplama yöntemi ile araştırma alanının yer aldığı 3. bölgede enerji etkin konut tiplerinin ek ısıtma yükleri hesaplanmaktadır. Alan-hacim oranına (A/V) göre ek ısıtma yüklerinin değişmediği bu hesaplamalara göre her konut tipi için üretilen alt tiplerde yükseklik ile doğu-batı doğrultusunda bitişik sıra düzeninde konumlanma sırasının ısıtma yükleri ile ters orantılı olarak değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 5.5). Isıtma yükleri açısından çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalardan elde edilen sonuçlara göre en ve boy oranı 1/4 olan 12 katlı konut tipi en az ısıtma yükü değerini verirken, en ve boy oranı 1/1 olan 2 katlı tip en fazla ısıtma yükü değerini vermiştir. Çizelge 5.7 üzerinde çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalarda alan-hacim oranının ısıtma yüklerinin azalmasında önemli bir etken olduğu anlaşılmaktadır.

Hacim-yüzey oranının konutlarda ısıtma ve soğutma yüklerine etkilerine ilişkin olarak yapılan analizlerden bir diğerinde ise “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” Madde 3’e göre hesaplanan ısıtma yükleri ile CASAnova 3.0’da hesaplanan ısıtma yükleri karşılaştırılarak her iki hesaplama yöntemi ile elde edilen sonuçların birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.7 Enerji etkin konut tipleri ek ısıtma yükleri

| TİP               | ALT TİP    | A/V         | 3. BÖLGE İÇİN EK ISITMA YÜKÜ |
|-------------------|------------|-------------|------------------------------|
| <b>A (2 kat)</b>  | <b>a-1</b> | 0,67        | 95,25                        |
|                   | <b>a-2</b> | 0,58        | 89,20                        |
|                   | <b>a-3</b> | 0,56        | 87,85                        |
|                   | <b>a-4</b> | <b>0,54</b> | <b>86,50</b>                 |
| <b>B (4 kat)</b>  | <b>b-1</b> | 0,50        | 83,8                         |
|                   | <b>b-2</b> | 0,42        | 78,42                        |
|                   | <b>b-3</b> | 0,39        | 76,4                         |
|                   | <b>b-4</b> | <b>0,38</b> | <b>75,73</b>                 |
| <b>C (8 kat)</b>  | <b>c-1</b> | 0,42        | 78,42                        |
|                   | <b>c-2</b> | 0,33        | 72,36                        |
|                   | <b>c-3</b> | 0,31        | 71,0                         |
|                   | <b>c-4</b> | <b>0,29</b> | <b>69,67</b>                 |
| <b>D (12 kat)</b> | <b>d-1</b> | 0,39        | 76,4                         |
|                   | <b>d-2</b> | 0,31        | 71,0                         |
|                   | <b>d-3</b> | 0,28        | 69,0                         |
|                   | <b>d-4</b> | <b>0,26</b> | <b>67,65</b>                 |

Çizelge 5.8. Duvar ısıl geçirgenlik katsayısı ile pencere alanının ısıtma ve soğutma yükleri ile güneşten yararlanma üzerine etkileri [TSE, 2007]

|                                                                                                                         |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ENERJİ ANALİZİ</b><br>(U)-DUVAR=0,50<br>(U)-PENCERE=2,4<br>PENCERE: %40<br>YÖN: GÜNEY<br>BİRİM:(kWh/m <sup>2</sup> ) | a-4                                                                                 | b-4                                                                                 | c-4                                                                                   | d-4                                                                                   |
|                                                                                                                         |  |  |  |  |
|                                                                                                                         | 12x48x6                                                                             | 12x48x12                                                                            | 12x48x24                                                                              | 12x48x36                                                                              |
|                                                                                                                         |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                         |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| A / V ORANI                                                                                                             | 0,54                                                                                | 0,38                                                                                | 0,29                                                                                  | 0,26                                                                                  |
| <b>YÖNETMELİK</b>                                                                                                       | <b>86,50</b>                                                                        | <b>75,73</b>                                                                        | <b>69,67</b>                                                                          | <b>67,65</b>                                                                          |
| <b>CASAnova 3.0</b>                                                                                                     | <b>88,5</b>                                                                         | <b>77,3</b>                                                                         | <b>71,7</b>                                                                           | <b>69,9</b>                                                                           |
| GÜNEŞLENME                                                                                                              | 31,1                                                                                | 30,9                                                                                | 30,8                                                                                  | 30,7                                                                                  |
| EK SOĞUTMA                                                                                                              | 3,5                                                                                 | 4,3                                                                                 | 4,7                                                                                   | 4,9                                                                                   |

Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmanın yapıldığı örnekler farklı kat yükseklikleri için en az ısıtma yükleri olan konut tiplerinden seçilmiştir. Seçilen bu tipler için CASAnova 3.0’da yapılan hesaplara göre ısıtma yüklerinin tersine, soğutma yüklerinin alan-hacim oranı ile ters orantılı bir ilişki içerisinde olduğu anlaşılmaktadır. Analizleri yapılan örneklerden ısıtma yükü en az olan konut tipi 12 katlı ‘d-4’, soğutma yükü en az olan konut tipi ise 2 katlı ‘a-4’ olarak belirlenmiştir. Konut tipleri arasında çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada güneşten yararlanma düzeyleri arasında önemli farklılıklar olmadığı anlaşılmıştır.

### Yüzey özellikleri

Bir önceki çalışmada CASAnova 3.0’da yapılan ısıtma ve soğutma yükleri için yapılan hesaplamalarda, “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” EK-4’de ısı bölgelerine göre yüzeyler için getirilen ısıl geçirgenlik katsayısı üst sınırları ile (Çizelge 5.9), CASAnova 3.0’da güneye bakan duvar yüzeylerinde %40 olarak kabul edilen pencere alanına göre yapılmıştır. Bu aşamada yapılacak analizler ile bu katsayılar ile pencere alanında yapılacak değişikliklerin konut tiplerinin güneşten yararlanma ve enerji yüklerine etkileri analiz edilmektedir.

Çizelge 5.9. “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”nde yapı yüzeyleri için getirilen ısıl geçirgenlik katsayısı üst sınırları [TSE, 2007]

|                 | <b>U<sub>D</sub> Dış duvar</b><br>(W/m <sup>2</sup> K) | <b>U<sub>T</sub> Çatı,</b><br>(W/m <sup>2</sup> K) | <b>U<sub>P</sub> Pencere</b><br>(W/m <sup>2</sup> K) | <b>U<sub>t</sub> Toprak temaslı döşeme</b><br>(W/m <sup>2</sup> K) |
|-----------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Bölge</b> | 0,70                                                   | 0,45                                               | 2,4                                                  | 0,70                                                               |
| <b>2. Bölge</b> | 0,60                                                   | 0,40                                               | 2,4                                                  | 0,60                                                               |
| <b>3. Bölge</b> | 0,50                                                   | 0,30                                               | 2,4                                                  | 0,45                                                               |
| <b>4. Bölge</b> | 0,40                                                   | 0,25                                               | 2,4                                                  | 0,40                                                               |

Bu amaçla ‘b-4’ konut tipi için duvar ısıl geçirgenlik katsayısı ile pencere alanındaki değişimin etkileri analiz edilerek karşılaştırılmış, çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada 81,8 kWh/m<sup>2</sup> olan ısıtma yükünün pencere alanı artırılıp, duvar ısıl geçirgenlik katsayısının azaltılmasıyla 60,9 kWh/m<sup>2</sup>’ye kadar düşmüş olduğu

görülmektedir. Yapılan karşılaştırmada ısıtma yükleri için etkin bir faktör olduğu görülen duvar ısı geçirgenlik katsayısının güneşlenme ve soğutma yükleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Ancak pencere alanı arttıkça, ısıtma yüklerinin azalırken, güneşlenme ve soğutma yüklerinde önemli artışlar ortaya çıktığı görülmüştür (Çizelge 5.10). Yapılan karşılaştırmada pencere alanının 3 kat artırılmasının güneşlenme olanaklarında 2,5, soğutma yüklerinde ise yaklaşık 2 kat artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.10. Duvar ısıl geçirgenlik katsayısı ile pencere alanının ısıtma ve soğutma yükleri ile güneşten yararlanma üzerine etkileri

| PENCERE ISIL GEÇİRGENLİK<br>KATSAYISI ( $U_P=2.4$ ) |      |            | PENCERE ALANI |      |      |
|-----------------------------------------------------|------|------------|---------------|------|------|
|                                                     |      |            | %20           | %40  | %60  |
| DUVAR ISIL<br>GEÇİRGENLİK<br>KATSAYISI              | 0,50 | ISITMA     | 81,8          | 77,3 | 73,9 |
|                                                     |      | SOĞUTMA    | 2,8           | 4,3  | 5,9  |
|                                                     |      | GÜNEŞLENME | 17,7          | 30,9 | 43,1 |
|                                                     | 0,20 | ISITMA     | 65            | 62,5 | 60,9 |
|                                                     |      | SOĞUTMA    | 2,7           | 4,3  | 6,0  |
|                                                     |      | GÜNEŞLENME | 17,5          | 30,4 | 42,3 |

Pencere alanının artması ile ısıl geçirgenlik katsayısının daha da önem kazanacağı düşüncesi ile yapılan analizlerde güneşlenme ve soğutma yükleri üzerinde önemli etkisi olan pencere alanı için ısıl geçirgenlik katsayısının farkının ısıtma yükleri üzerine etkisi belirlenmiştir. ‘b-4’ konut tipi için çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada 65 kWh/m<sup>2</sup> olan ısıtma yükünün pencere alanının artırılıp ısıl geçirgenlik katsayısının azaltılmasıyla 48,4 kWh/m<sup>2</sup>’ye kadar düşmüş olduğu görülmektedir. Yapılan bu karşılaştırmada ısıtma yükleri için etkin bir faktör olduğu görülen pencere ısıl geçirgenlik katsayısının güneşlenme ve soğutma yükleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, pencere alanı arttıkça, ısıtma yüklerinde azalma, güneşlenme ve soğutma yüklerinde ise artış ortaya çıktığı anlaşılmıştır (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11. Pencere ısııl geçirgenlik katsayısı ile pencere alanının ısıtma ve soğutma yükleri ile güneşten yararlanma üzerine etkileri

| DUVAR ISIL GEÇİRGENLİK<br>KATSAYISI ( $U_D = 0,20$ ) |     |            | PENCERE ALANI |      |      |
|------------------------------------------------------|-----|------------|---------------|------|------|
|                                                      |     |            | %20           | %40  | %60  |
| PENCERE ISIL<br>GEÇİRGENLİK<br>KATSAYISI             | 2,4 | ISITMA     | 65            | 62,5 | 60,9 |
|                                                      |     | SOĞUTMA    | 2,7           | 4,3  | 6,0  |
|                                                      |     | GÜNEŞLENME | 17,5          | 30,4 | 42,3 |
|                                                      | 1,4 | ISITMA     | 59,5          | 53,4 | 48,4 |
|                                                      |     | SOĞUTMA    | 2,8           | 4,5  | 6,4  |
|                                                      |     | GÜNEŞLENME | 17,4          | 30,0 | 41,3 |

#### Yönlenme

Araştırma alanı için optimum yönlenmenin güneyden 5° lik bir açı farkı ile güneydoğu olduğu Weather Tool v2.00’de daha önce yapılmış olan analizde belirlenmişti (Bkz. Şekil 5.12). Yönlenme ve enerji yükleri arasındaki ilişkiyi görmek için ‘b-4’ konut tipi örneğinde CASAnova 3.0’da yapılan analizlerden elde edilen sonuçların da bu konum ile oldukça yakın benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır. 15° açı farkları ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında optimum yönlenme konumunun en az ısıtma yükünün sağlanmış olduğu anlaşılan 15° güneydoğu ile en az soğutma yüklerinin sağlandığı güney arasında yer alabileceği görülmektedir (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12. 15° açı farklarına göre değişen ‘b-4’ tipi ısıtma ve soğutma yükleri

| YÖN     | GÜNEY BATI |     |      | GÜNEY | GÜNEY DOĞU |     |      |
|---------|------------|-----|------|-------|------------|-----|------|
|         | 45°        | 30° | 15°  | 0°    | 15°        | 30° | 45°  |
| ISITMA  | 57         | 54  | 50,8 | 48,4  | 47,5       | 48  | 50,4 |
| SOĞUTMA | 7,1        | 6,8 | 6,5  | 6,4   | 6,8        | 7,8 | 8,8  |



CASAnova 3.0’da 5° açı farkları ile daha ayrıntılı olarak analiz edildiğinde ısıtma ve soğutma ısıtma yüklerinin dengelendiği görülen güneyden 5° ile 10° doğuya bakan noktalar arasındaki optimum yönlenme açısının, Weather Tool v2.00’da da belirlenen konum ile çok yakın olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 5.13).

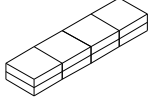
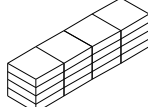
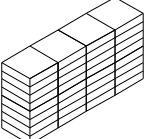
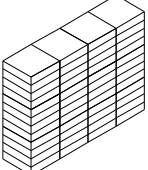
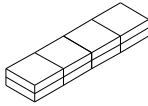
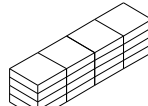
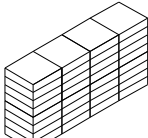
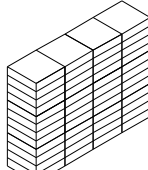
Çizelge 5.13. 5° açı farklarına göre değişen ‘b-4’ tipi ısıtma ve soğutma yükleri

| YÖN     | GÜNEY BATI |      |      | GÜNEY |      |      | GÜNEY DOĞU |      |      |
|---------|------------|------|------|-------|------|------|------------|------|------|
|         | 20°        | 15°  | 10°  | 5°    | 0°   | 5°   | 10°        | 15°  | 20°  |
| ISITMA  | 51,8       | 50,8 | 49,9 | 49,0  | 48,4 | 47,8 | 47,5       | 47,5 | 47,5 |
| SOĞUTMA | 6,6        | 6,5  | 6,4  | 6,4   | 6,4  | 6,5  | 6,6        | 6,8  | 7,1  |

Enerji tasarrufu için hacim-yüzey oranını esas alan “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” Madde 3’e göre yapılan hesaplama yöntemi ile elde edilen sonuçlar ile yüzey özellikleri ve yönlenme farklarının da gözetildiği CASAnova 3.0’dan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında ek ısıtma yüklerinde konut tiplerine göre %32,6 ile %39,4 arasında değişen ek kazanımlar sağlanabileceği anlaşılmaktadır [TSE, 2007]. Elde edilen bu sonuçlar Weather Tool v2.00’da pasif denetim yöntemleri ile termal konfor sınırlarında yaklaşık olarak %40 oranında bir artış ile de çok yakın sonuçlar vermektedir (Çizelge 5.14).

Bu sonuçlar termal konfor sınırları ile ısıtma ve soğutma yükleri arasındaki ilişkiyi görmek açısından da ayrıca önem kazanmaktadır. Ancak ısı yönetmeliğinde yer almayan soğutma yüklerine ilişkin olarak yapılmış analizlerde pencere alanının artırılmış olmasının soğutma yüklerinde konut tiplerine göre 1,8 kWh/m<sup>2</sup> ile 2,6 kWh/m<sup>2</sup> arasında değişen artışlara neden olduğu, en soğuk dönem için elde edilen kazanımlar gözetildiğinde de görülen bu artışın öneminin azalacağı söylenebilir. Ayrıca tasarım aşamasında pencere alanları için üretilen detayların bu farkı giderebilecek düzeyde olduğu da bu konuda yapılan araştırmalar ile ortaya konulmuştur.

Çizelge 5.14. Enerji etkin konut tipleri ısıtma ve soğutma yükleri arasındaki farklar

| <b>YÖNETMELİK</b>                                                                                       | a-4                                                                                          | b-4                                                                                           | c-4                                                                                            | d-4                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (U)-DUVAR=0,50<br>(U)-PENCERE=2,4<br>PENCERE: %40<br>YÖN:0° Güney<br>BİRİM:(kWh/m <sup>2</sup> )        | <br>12x48x6 | <br>12x48x12 | <br>12x48x24 | <br>12x48x36 |
| <b>EK ISITMA</b>                                                                                        | <b>86,50</b>                                                                                 | <b>75,73</b>                                                                                  | <b>69,67</b>                                                                                   | <b>67,65</b>                                                                                    |
| <b>EK SOĞUTMA</b>                                                                                       | <b>3,5</b>                                                                                   | <b>4,3</b>                                                                                    | <b>4,7</b>                                                                                     | <b>4,9</b>                                                                                      |
| <b>CASAnova 3.0</b>                                                                                     | a-4                                                                                          | b-4                                                                                           | c-4                                                                                            | d-4                                                                                             |
| (U)-DUVAR=0,20 (U)-<br>PENCERE=1,4<br>PENCERE: %60<br>YÖN: 5° GüneyDoğu°<br>BİRİM:(kWh/m <sup>2</sup> ) | <br>12x48x6 | <br>12x48x12 | <br>12x48x24 | <br>12x48x36 |
| <b>EK ISITMA</b>                                                                                        | <b>58,3</b>                                                                                  | <b>47,8</b>                                                                                   | <b>42,7</b>                                                                                    | <b>41,0</b>                                                                                     |
| <b>FARK ( %)</b>                                                                                        | <b>32,6</b>                                                                                  | <b>36,8</b>                                                                                   | <b>38,7</b>                                                                                    | <b>39,4</b>                                                                                     |
| <b>EK SOĞUTMA</b>                                                                                       | <b>5,3</b>                                                                                   | <b>6,5</b>                                                                                    | <b>7,2</b>                                                                                     | <b>7,5</b>                                                                                      |

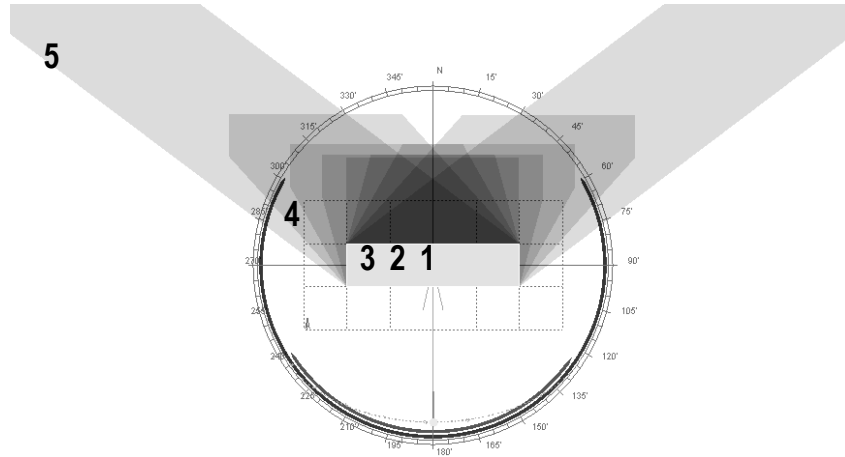
Yapılmış olan analizlerle ‘enerji etkinlik’ için belirlenen göstergelerin ısı yönetmeliğindeki gibi yüzey-hacim oranı ve ısıtma yükleri ile sınırlı tutulması durumunda konutların yönelme ve konumlanma farkları ile oluşabilecek kayıplar nedeni ile hedeflenen verimliliğin azalabileceği anlaşılmaktadır. Bu analizlerden elde edilen bulgulara göre ise yapılaşma koşulları ile elde edilen kazanımların daha da artabileceği görülmektedir. İklimle uyumlu yapılaşma koşullarının belirlenmesinde etkinlik sınırlarının konut adası tasarımı ile daha da artırılabilmesi tezi ile yapılan araştırmanın bundan sonraki aşamasında enerji etkin konut adası tipleri belirlenmeye çalışılacaktır.

## 5.4. İklimle Uyumlu Enerji Etkin Konut Adası Tasarımı

### 5.4.1. Hipotetik konut adası tiplerinin belirlenmesi

#### Gölge boyu analizi

Araştırmanın bu bölümünde örnek konut tiplerinin bir arada konumlanmaları durumunda güneşlenme süreleri ile buna göre değişen yüzey radyasyon değerlerinin ölçülebilmesi için enerji analizleri yapılmış olan konut tiplerinin gölge boyu analizleri yapılarak minimum çekme mesafelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun amaçla ilk olarak 'a-4', 'b-4', 'c-4' ve 'd-4' konut tiplerinden biri için 21 Aralık'da 7.45 ile 15.45 saatleri arasında oluşan gölge boylarının gün içerisindeki hareketlerinin bir saat aralıklarla değişim süreci gözlemlenmiştir (Şekil 5.24).



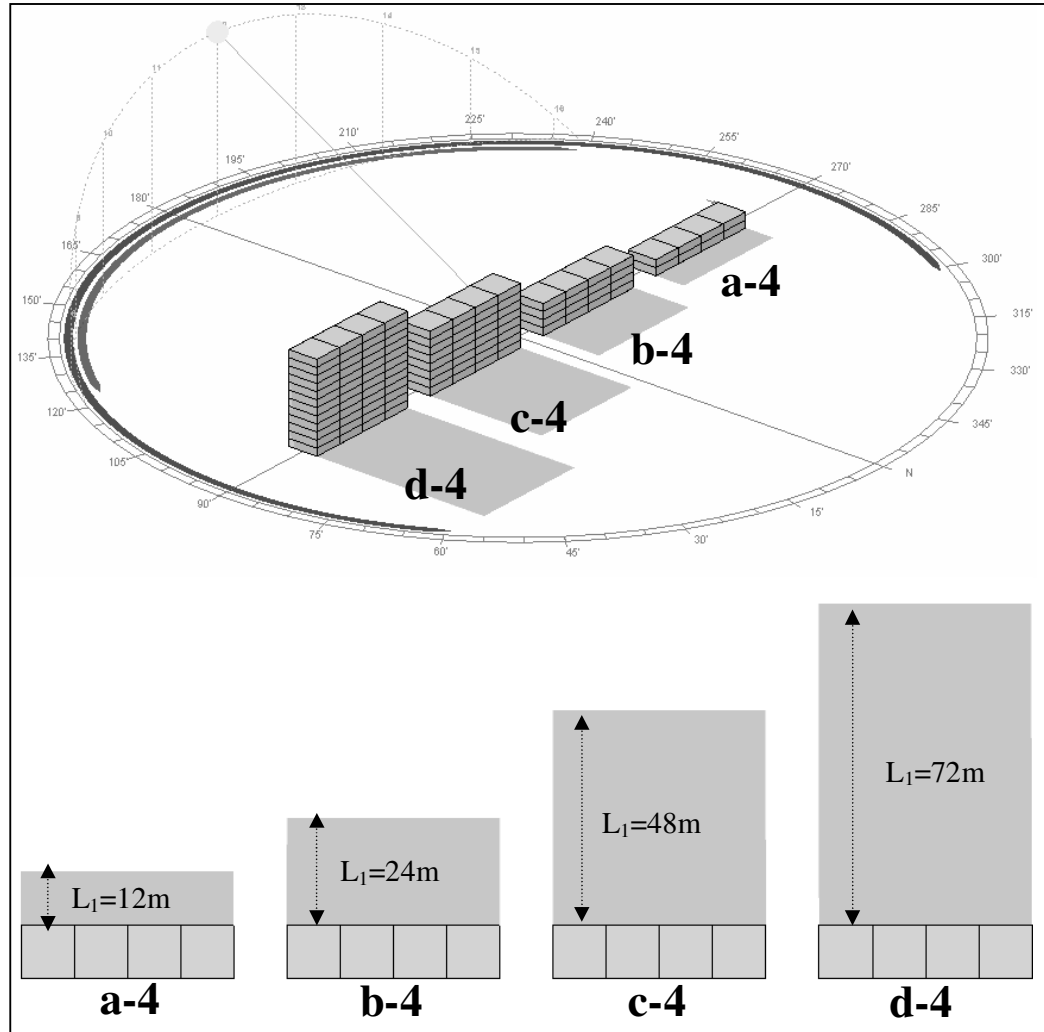
Şekil 5.24. Örnek bir konut tipi (b-4) için 21 Aralık'da gün içerisinde oluşan gölge boylarının ECOTECT v5.50'de elde edilen görüntüleri

Çizelge 5.15 gölge boyu katsayıları ile konut tiplerine göre değişen yüksekliklerin çarpımıyla elde edilen gölge boylarının gün boyu içerisindeki değişimlerini göstermektedir. Çizelgede görülen sonuçlara göre en soğuk dönemde en kısa gün olan 21 Aralık'da araştırma alanı için belirlenen en kısa gölge boyu, yüksekliğin 2 katı kadar bir değer vermektedir.

Çizelge 5.15. 21 Aralık'da 60 dakikalık aralıklara göre günün farklı saatlerinde oluşan gölge boyları ve uzunluk katsayıları

| <b>GÖLGE BOYU ve PERİYOTLARI</b>           | <b>5.Gölge</b>         | <b>4.Gölge</b>         | <b>3.Gölge</b>         | <b>2.Gölge</b>         | <b>1.Gölge</b> |
|--------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| <b>Gölge zamanları</b>                     | <b>07.45<br/>15.45</b> | <b>08.45<br/>14.45</b> | <b>09.45<br/>13.45</b> | <b>10.45<br/>12.45</b> | <b>11.45</b>   |
| <b>Gölge boyu katsayısı</b>                | <b>6,2</b>             | <b>3</b>               | <b>2,3</b>             | <b>2,1</b>             | <b>2</b>       |
| <b>Gölge boyu</b><br>(katsayı x yükseklik) | <b>(6,2) h</b>         | <b>(3)h</b>            | <b>(2,3)h</b>          | <b>(2,1)h</b>          | <b>(2)h</b>    |
| <b>a-4 (h=6m)</b>                          | 37,2                   | 18                     | 13,8                   | 12,6                   | 12             |
| <b>b-4 (h=12m)</b>                         | 74,4                   | 36                     | 27,6                   | 25,2                   | 24             |
| <b>c-4 (h=24m)</b>                         | 148,8                  | 72                     | 55,2                   | 50,4                   | 48             |
| <b>d-4 (h=36m)</b>                         | 223,2                  | 108                    | 82,8                   | 75,6                   | 72             |

Analizlerin bu aşamasında konut tiplerine göre gereken minimum çekme mesafeleri ve gölge alanı boyutlarının belirlenmesi gerekmektedir. Konutlar arasındaki minimum çekme mesafelerinin belirlenmesinde, enerji etkin tasarımda maksimum güneşlenme süresi gözetilerek, güneş ışınlarının yatay yüzeylere en eğik, düşey yüzeylere ise en dik konumda geldiği 21 Aralık'da güneş ışınlarının en yüksek açı ile geldiği saat 11.45 için baz alınan 1. Gölge aralığı bu analizler için bir ölçüt olarak kabul edilmektedir. Şekil 5.19'da 2, 4, 8 ve 12 katlı konut tipleri ve bu tiplerin 21 Aralık'da 1. Gölge boyuna göre sınırladıkları alanların oluşturduğu birimler görülmektedir (Şekil 5.25).

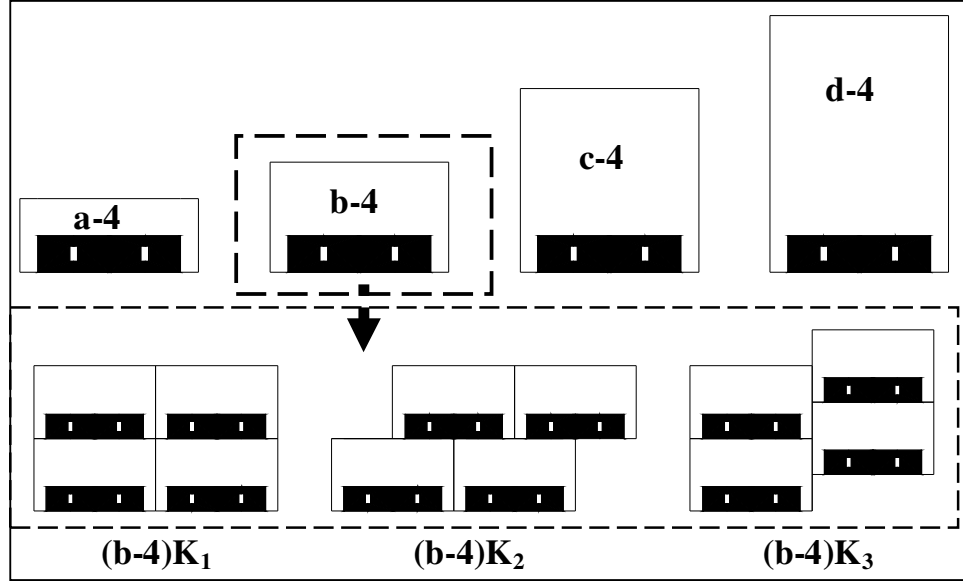


Şekil 5.25. Konut tiplerinin 21 Aralık saat 11.45'deki 1. Gölge boyları ( $L_1$ )

#### Konumlanma analizi

Bu analizde konut tiplerinin bir araya gelişlerine göre oluşan farklı konumlanma biçimlerinin gölgelenme oranı ile radyasyon düzeylerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle ilk olarak bir önceki aşamada 1. Gölge boyları belirlenen 'a-4', 'b-4', 'c-4' ve 'd-4' konut tipleri ile 1. Gölge boyuna göre gölge alanlarından oluşan modüler birimler belirlenerek, bunlardan 'b-4' konut tipi için

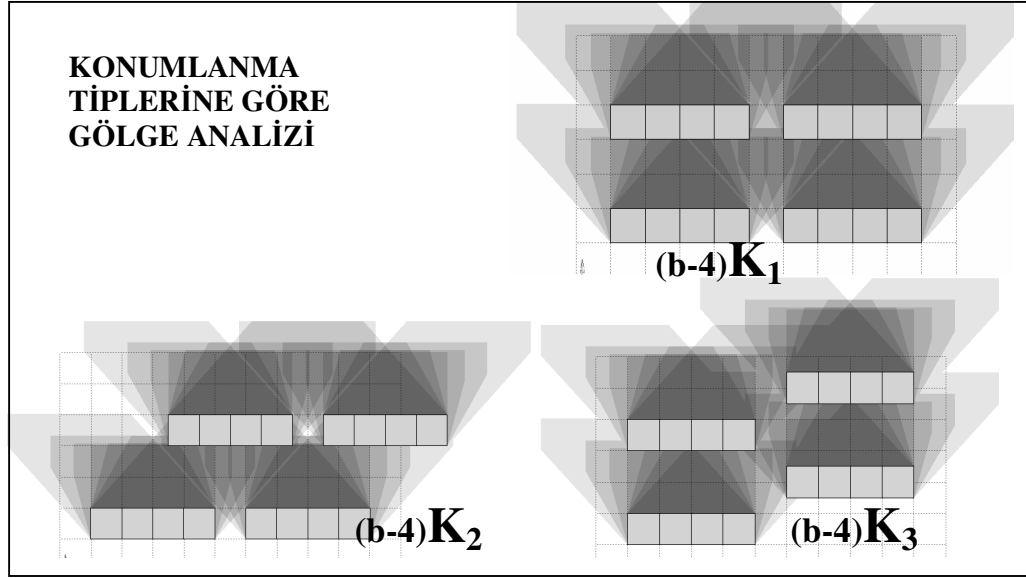
‘kuzey-güney’ ile ‘doğu-batı’ doğrultusunda farklı konumlanma olasılıkları gözetilerek  $K_1$ ,  $K_2$  ve  $K_3$  seçenekleri üretilmiştir (Şekil 5.26).



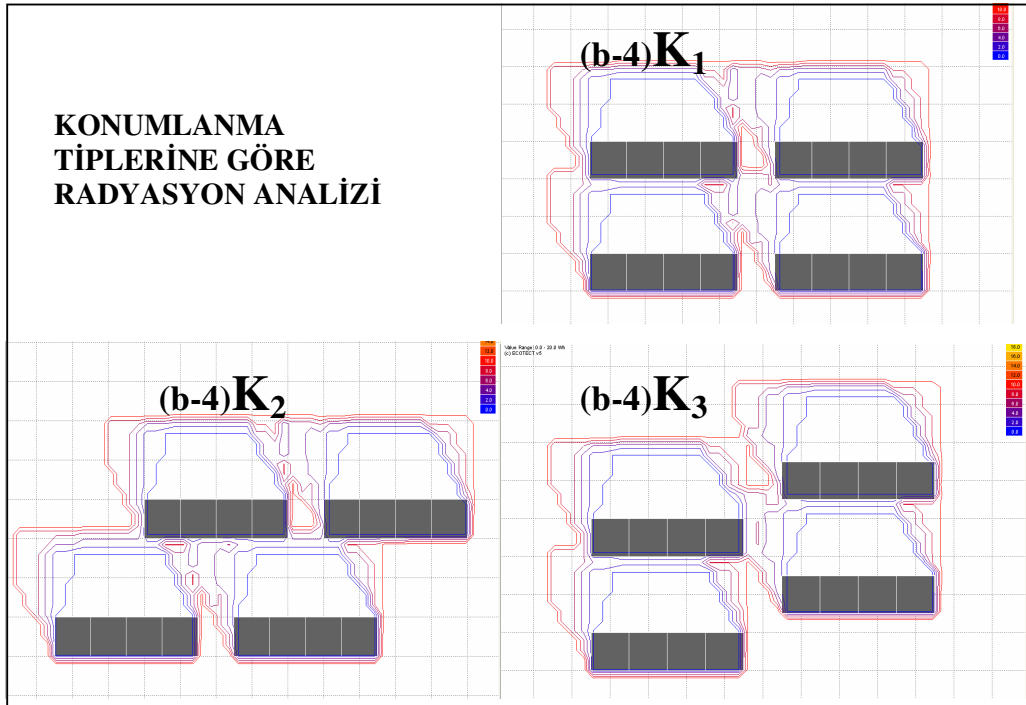
Şekil 5.26. ‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ konut tipleri ve 1. Gölge alanlarından oluşan modüler birimler ile ‘b-4’ tipinin 3 farklı konumlanma biçimi

İlk aşamada konumlanma farkına göre konutların duvar ve yere düşürdükleri gölge durumu için yapılan analizde, güneş ışınlarının yataya geliş açısının en az olduğu 21 Aralık’da,  $K_1$ ,  $K_2$  ve  $K_3$  tipi konumlanmaları durumunda, 9.45 ile 13.45 saatleri arasında toplam 4 saat süre ile konutların üzerine gölge düşmediği belirlenmiştir. (Şekil 5.27).

Güneş ışınlarının en düşük açı ile geldiği 15-31 Aralık tarihleri arasında 8.45 ile 14.45 saatleri için yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara göre duvar yüzeylerine doğrudan gelen kısa dalga radyasyon şiddetinin günlük toplam değerleri karşılaştırıldığında, her üç konumlanma tipinde de tüm yüzeylerde önemli bir fark oluşmadığı belirlenmiştir (Şekil 5.28).



Şekil 5.27. 21 Aralık'da 9.45 ile 13.45 saatleri arasında 'b-4' konut tipinin üç farklı konumlanma biçimine göre oluşan gölge dokusu



Şekil 5.28. 21 Aralık'da 9.45 ile 13.45 saatleri arasında 'b-4' konut tipinin üç farklı konumlanma biçimine göre oluşan gölge dokusu

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre analizlerin yapıldığı süre için tüm konumlanma biçimlerinin radyasyon kazanımı açısından önemli farklılıklar göstermediği, K<sub>1</sub> konumundaki konut yüzeylerinin radyasyon kazanımı açısından K<sub>2</sub> ve K<sub>3</sub> konumundakilere göre küçük farklarla olsa da, daha yüksek olduğu sonucu elde edilmiştir (Çizelge 5.16, Çizelge 5.17, Çizelge 5.18).

Çizelge 5.16. K<sub>1</sub> tipi konumlanma durumunda yüzeylerde oluşan günlük ortalama radyasyon değerleri (kWh/m<sup>2</sup>)

| (b-4) K <sub>1</sub> | 10.45-12.45 |       | 09.45-13.45 |       | 08.45-14.45 |         |
|----------------------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|---------|
|                      | ÖN          | ARKA  | ÖN          | ARKA  | ÖN          | ARKA    |
| ÇATI                 | 173,0       | 173,0 | 235,1       | 235,1 | 256,0       | 256,0   |
| GÜNEY                | 361,6       | 361,6 | 506,6       | 493,2 | 567,7       | 539-548 |
| DOĞU                 | 28,0        | 28,0  | 64,1        | 64,1  | 104         | 102-104 |
| BATI                 | 41,5        | 41,5  | 88          | 84    | 96          | 92      |

Çizelge 5.17. K<sub>2</sub> tipi konumlanma durumunda yüzeylerde oluşan günlük ortalama radyasyon değerleri (kWh/m<sup>2</sup>)

| (b-4) K <sub>2</sub> | 10.45-12.45 |       | 09.45-13.45 |         | 08.45-14.45 |         |
|----------------------|-------------|-------|-------------|---------|-------------|---------|
|                      | ÖN          | ARKA  | ÖN          | ARKA    | ÖN          | ARKA    |
| ÇATI                 | 173,0       | 173,0 | 235,1       | 235,1   | 256,0       | 256,0   |
| GÜNEY                | 361,6       | 361,6 | 506-499     | 493-486 | 567-560     | 542-536 |
| DOĞU                 | 28,0        | 28,0  | 64          | 64      | 104         | 83-104  |
| BATI                 | 41,5        | 41,5  | 88-64       | 88-64   | 96-67       | 94-67   |

Çizelge 5.18. K<sub>3</sub> tipi konumlanma durumunda yüzeylerde oluşan günlük ortalama radyasyon değerleri (kWh/m<sup>2</sup>)

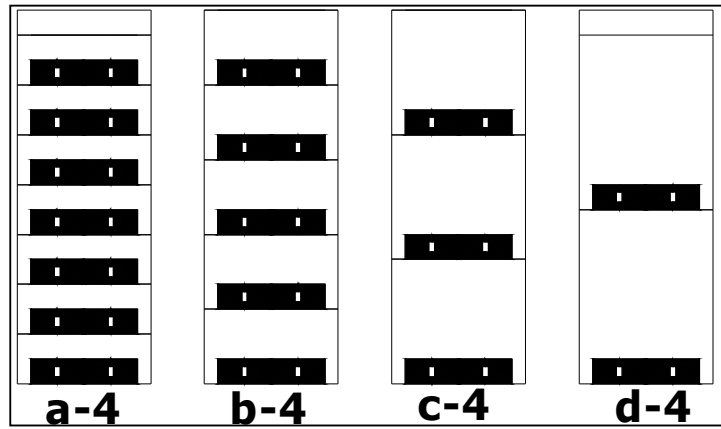
| (b-4) K <sub>3</sub> | 10.45-12.45 |       | 09.45-13.45 |         | 08.45-14.45 |         |
|----------------------|-------------|-------|-------------|---------|-------------|---------|
|                      | ÖN          | ARKA  | ÖN          | ARKA    | ÖN          | ARKA    |
| ÇATI                 | 173,0       | 173,0 | 235,1       | 235,1   | 256,0       | 256,0   |
| GÜNEY                | 361,6       | 361,6 | 506-499     | 493-486 | 567-560     | 542-536 |
| DOĞU                 | 28,0        | 28,0  | 64          | 64      | 104         | 83-104  |
| BATI                 | 41,5        | 41,5  | 88-64       | 88-64   | 96-67       | 96-67   |



Ancak bu konumlanma biçimlerinde alan kullanımı açısından daha kompakt olması nedeni ile  $K_1$  tipi, araştırmanın bundan sonraki aşamasında tüm konut tipleri için yapılacak olan yükseklik ve yoğunluk farklarının güneşlenme süresine etkilerinin belirlenmesinde örnek alınacaktır.

#### Yoğunluk analizi

Bu analizle konut tiplerine göre değişen yükseklik ve yoğunluk farklarının en soğuk dönemde güneşlenme süresine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Şekil 5.29'da  $K_1$  tipi konumlanma biçimine göre 2 kat (a-4), 4 kat (b-4), 8 kat (c-4) ve 12 katlı (d-4) tipleri ile 1. Gölge boylarına göre belirlenen alanlardan oluşan modüler birimlerin 1 hektarlık alanda kuzey-güney doğrultusunda konumlanarak oluşturdukları örnek konut grupları görülmektedir.



Şekil 5.29.  $K_1$  konumlanma biçimine göre 'a-4', 'b-4', 'c-4' ve 'd-4' konut tiplerinden oluşan 1 ha'lık örnek konut grupları

Konut adalarında yoğunluk ve güneşlenme süresi arasındaki ilişkinin analiz edildiği bu örnekler ile 21 Aralık'da gün içerisindeki farklı zaman aralıkları için TAKS, KAKS ve konut sayısının güneşlenme düzeyine etkisi ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Bu analizlere ilişkin sonuçların görüldüğü, Çizelge 5.19'da çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada saat 10.45 ile 13.45 arasında 4 saat süre ile konut tipleri üzerine gölge düşmediği görülmektedir. Bununla birlikte 7.45 ile 15.45 arasındaki 8 saatlik zaman periyodu için güneşlenme süreleri karşılaştırıldığında

‘d-4’ konut tiplerinden oluşan konut adasında gün boyu hiç gölge düşmediği, ‘a-4’ ‘b-4’ ve ‘c-4’ konut tiplerinden oluşan örneklerde ise gölgelenme süresinin belli oranlarda artmış olduğu görülmektedir. Yapılan bu karşılaştırmaya göre güneşlenme süresinin yoğunluğa bağlı olarak artabileceği anlaşılmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan bir diğer karşılaştırmada yoğunluğu eşit olan ‘c-4’ ve ‘d-4’ konut tiplerinden oluşan konut gruplarında TAKS’ın güneşlenme süresinde belli bir düzeyde azalmaya neden olduğu da anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.19. 21 Aralık’da konut gruplarında yoğunluk ve güneşlenme süresi ilişkisi

| KONUT GRUBU   |                 |      |      | GÜNEŞLENME SÜRESİ (%) |                |                |                |
|---------------|-----------------|------|------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|
| KONUT<br>TİPİ | KONUT<br>SAYISI | TAKS | KAKS | 10:45<br>12:45        | 09:45<br>13:45 | 08:45<br>14:45 | 07:45<br>15:45 |
| a-4           | 56              | 0,37 | 0,74 | 100                   | 100            | 87,5           | 84             |
| b-4           | 80              | 0,26 | 1,06 | 100                   | 100            | 93,3           | 92,5           |
| c-4           | 96              | 0,16 | 1,28 | 100                   | 100            | 97,5           | 98,1           |
| d-4           | 96              | 0,10 | 1,28 | 100                   | 100            | 100            | 100            |

Yoğunluk ve güneşlenme süresi ilişkisi için yapılan bir diğer analizde ise ‘a-4’ konut tiplerinden oluşan konut grubunda KAKS’ı artırmanın güneşlenme süresinde önemli düzeyde azalmaya neden olduğu anlaşılmaktadır. Bu konut grubunda 0,74 olan KAKS’ı iki kat artırarak 1,28’e çıkarmanın güneşlenme süresinde %60 azalmaya neden olurken, KAKS’ı 1,28 olan ‘d-4’ konut tiplerinden oluşan konut grubunda bu sürenin %100 olduğu görülmektedir. Çizelge 5.20’de KAKS’ları eşit olan her iki konut grubunda güneşlenme süresinin TAKS ile ters orantılı olarak değiştiği ve buna göre 1. Gölge boyuna göre emsal sınırının yaklaşık olarak 1,3 olduğu belirlenmiştir.

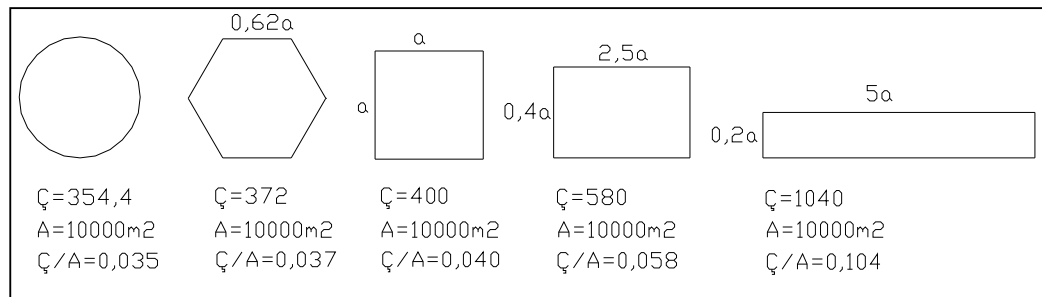
Çizelge 5.20. 21 Aralık’da konut gruplarında emsal ve güneşlenme süresi ilişkisi

| KONUT GRUBU   |                 |      |      | GÜNEŞLENME SÜRESİ (%) |                |                |                |
|---------------|-----------------|------|------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|
| KONUT<br>TİPİ | KONUT<br>SAYISI | TAKS | KAKS | 10:45<br>12:45        | 09:45<br>13:45 | 08:45<br>14:45 | 07:45<br>15:45 |
| a-4           | 56              | 0,37 | 0,74 | 100                   | 100            | 87,5           | 84             |
| a-4           | 112             | 0,37 | 1,28 | 70                    | 70             | 63,3           | 60             |
| d-4           | 96              | 0,10 | 1,28 | 100                   | 100            | 100            | 100            |
| a-4           | 224             | 0,37 | 2,56 | 29,5                  | 33,2           | 32,8           | 33,4           |
| a-4           | 336             | 0,37 | 4,44 | 24                    | 26,5           | 27,8           | 30,6           |

Bu karşılaştırmadaki örneklere bakılarak yoğunluk ve güneşlenme süresi arasındaki ilişkinin TAKS ile ters, KAKS ile doğru orantılı olduğu anlaşılmaktadır. Böylece konut tipleri arasında çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmaya göre 1. Gölge boylarına göre belirlenen yapılaşma koşulları içinde yoğunluğu artırmanın güneşlenme süresi için daha fazla kazanç sağlayabileceği söylenebilir.

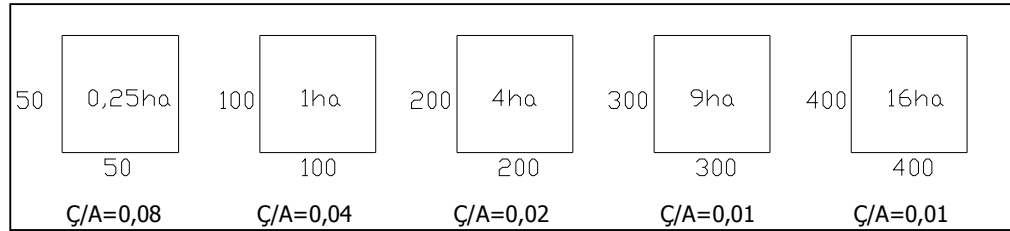
#### Konut adası geometrik özellikleri

Kentsel gelişme alanlarına ilişkin kararların alınmasında yapılaşma ve ulaşım için gereken alanlar arasında bir denge sağlanarak optimum değerlerin gözetilmesi, enerji etkin planlamada temel hedeflerden biri olarak kabul edilmektedir. Alınacak bu kararlar pek çok konuda olduğu gibi konut adalarının geometrik özelliklerinin biçimlenmesine de etki etmektedir. Konut adasının geometrik özellikleri adanın alan büyüklüğü, boyutları ve biçimini içermektedir. Konut adasının biçimlenmesinde etkin olabilecek faktörlerin başında ise ada alanı ile çevresi arasındaki oran gelmektedir. Şekil 5.30'da farklı geometrik biçimlerin çevre ve alan oranları arasındaki değişim görülmektedir. Şekildeki örneklere bakıldığında bu biçimlerin çevre-alan oranı küçüldükçe merkezi, büyüdüğüçe doğrusal bir form kazanmakta olduğu anlaşılmaktadır. Bu biçimsel farkın sayısal bir göstergesi olan çevre uzunlukları ile bu uzunlukların çevreledikleri alana oranları karşılaştırıldığında, bu oranın doğrusal olan biçim için 0,1, merkezi olan biçim için ise 0,035 olduğu görülmektedir. Bir hektarlık bir ada için çalışma kapsamında yapılan bu karşılaştırmada en küçük oran değerine ulaşılan biçim dairedir.



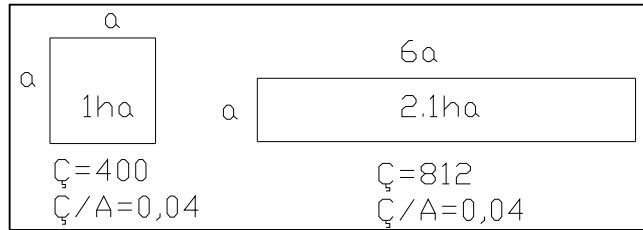
Şekil 5.30. Alanları eşit olan farklı geometrik biçimlerin çevre/alan oranları

Ancak alan büyüklüğü ile ilişkili olarak bu oranların da değişebildiği görülmektedir. Alan büyüklüğü ile ters orantılı olarak azalan bu oranın azalma hızının belli bir eşikten sonra yavaşladığı anlaşılmaktadır. Şekil 5.31’de farklı büyüklüklerde olan kare biçimli bir alanda çevre-alan oranları için çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada 0,25 ha’dan 9 ha’a kadar hızla azalan çevre-alan oranının 9 ha’dan 16 hektara kadar önemli bir değişime uğramadığı anlaşılmıştır.



Şekil 5.31. Alanları farklı olan benzer geometrik biçimlerin çevre/alan oranları

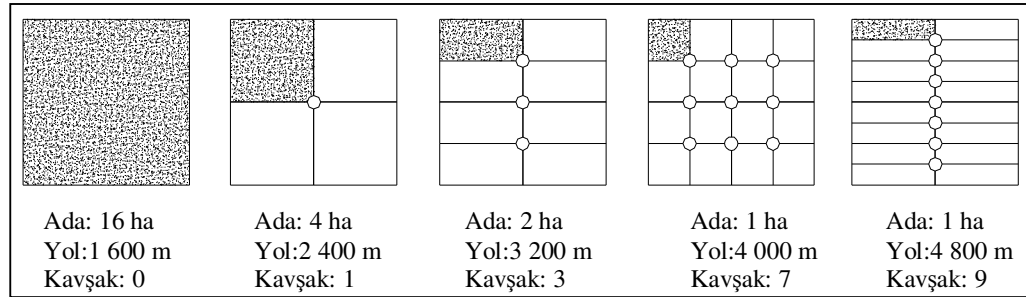
Çevre-alan oranına biçim ve büyüklük faktörlerinin etkisini birlikte görmek için çalışma kapsamında yapılan bir başka karşılaştırmada ise, alanı 1 ha olan kare biçimli bir ada ile alanı 2 ha olan bir dikdörtgen adanın çevre/alan oranlarının eşit olduğu görülmüştür (Şekil 5.32).



Şekil 5.32. Çevre/alan oranları eşit olan alanları farklı geometrik biçimler

Konut adalarının geometrik özelliklerinin belirlenmesinde gözetilecek ölçütlerden bir diğeri ise konut adalarının bir araya gelişlerinde yerleşim alanı ile yapılaşma alanı, ulaşım alanı, yol ve kavşak sayısı gibi oransal ilişkilerin optimum düzeyde tutulmasının sağlanmasıdır. Örneğin 16 ha’lık hipotetik bir yerleşim alanı üzerinde farklı alan büyüklüğü ve biçimleri olan konut adaları için çalışma kapsamında

yapılan karşılaştırmada ada alanının büyüklüğüne bağlı olarak ulaşım ve yapılaşma alanının artmakta veya azalmakta olduğu görülmüştür. Buna göre, Şekil 5.33'deki konut adası örnekleri arasından çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada yapılaşma alanları %50 azalırken, taşıt veya yaya ulaşımı için gereken toplam mesafenin konut adası alanına göre %25 ve %50 oranında arttığı görülmektedir.

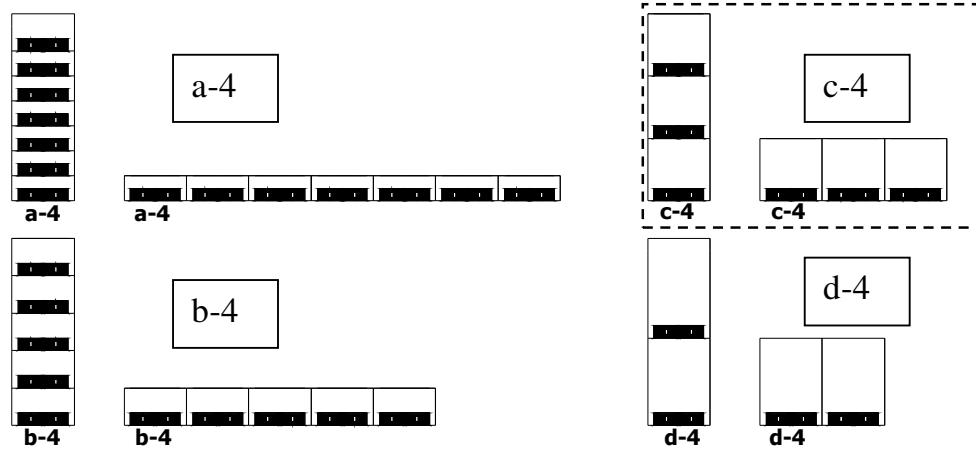


Şekil 5.33. Konut adası büyüklüklerine göre yapılaşma ve ulaşım alanları

Bir yerleşimde konut adası boyutlarının belirlenmesinde alan büyüklüğü ve biçim arasında optimum ilişkinin kurulması gerekliliğini gösteren bu oran, kentsel doku bütününde alan kullanım etkinliği için pek çok göstergeden biri olması açısından da önem kazanmaktadır. Ayrıca kentsel doku bütününde yaya ve taşıt ulaşımı için gereken sert yüzey alan oranının iklim özelliklerine göre yüzey sıcaklığı ve özellikle de en sıcak dönemde hava sıcaklığını etkileyen önemli bir faktör olduğu yapılan bazı araştırmalarla da belirlenmiş bir başka olgudur. Çalışma kapsamında yapılan bu karşılaştırmada 2 ha'lık konut adası büyüklüğünün yapılaşma ve ulaşım için gereken alanlar arasında optimum değer verdiği görülerek, araştırmanın bundan sonraki aşamasında bu büyüklük yapılacak enerji ve mikroklima analizleri için uygun görülmüştür.

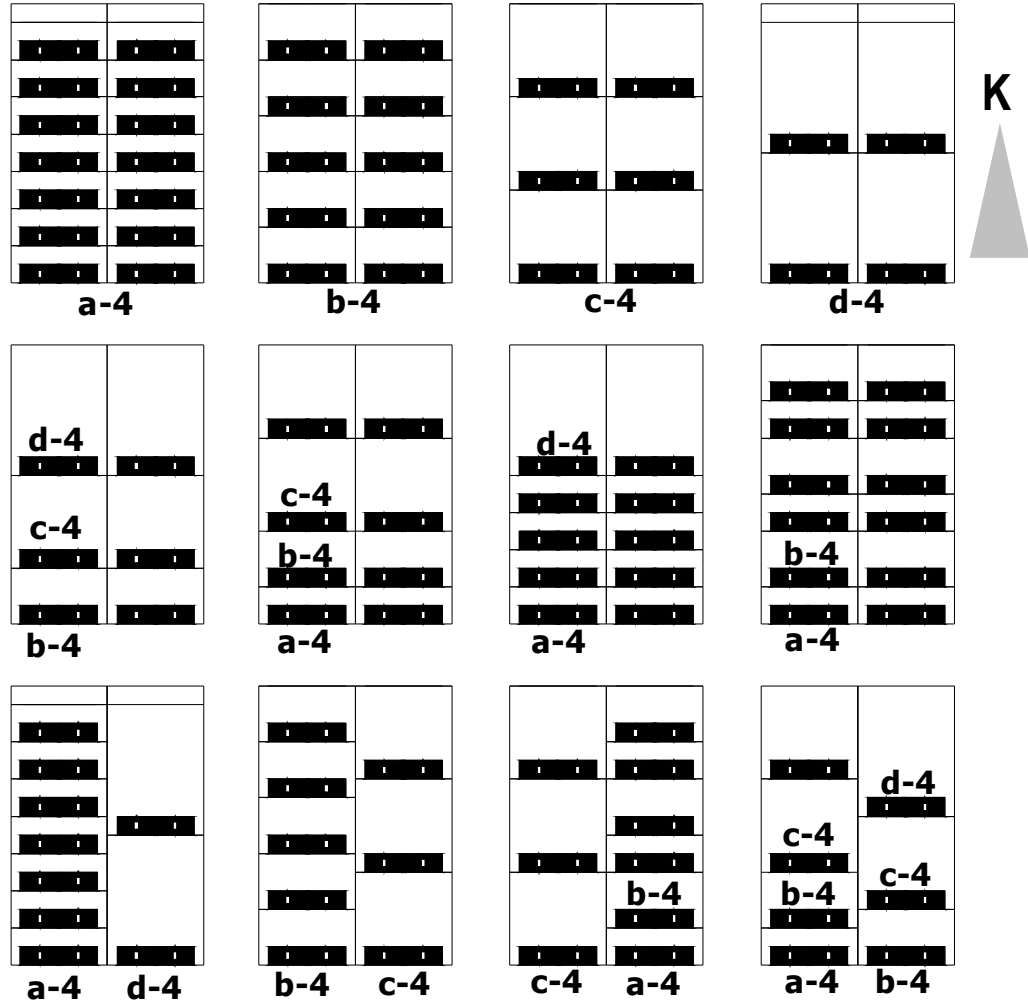
Bu araştırma kapsamında konut adasının geometrik özelliklerine etki edebilecek bir diğer faktör de ada içerisinde konumlanacak olan konut tipleridir. Bu tipler ve gölge boylarından oluşan modüler birimlerin bir araya geliş olasılıkları konut adasının alan büyüklüğü, biçimi ve boyutlarını etkilemektedir. Bu araştırma kapsamında belirlenen 'a-4', 'b-4', 'c-4' ve 'd-4' konut tiplerinin yaklaşık 1 ha'lık alanda farklı

konumlanma tiplerinden bir bölümü Şekil 5.34’de görülmektedir. Konumlanma tiplerine göre çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalarda konut tiplerinin kuzey-güney doğrultusunda konumlanmalarının çevre-alan oranı açısından daha kompakt bir biçimlenme olanağı sağladığı anlaşılmıştır. Özellikle gölge boylarının diğer konut tiplerine göre daha kısa olduğu ‘a-4’ ve ‘b-4’ konut tiplerinin konumlanmasında kuzey-güney doğrultusunun, doğu-batı doğrultusuna göre daha kompakt bir biçimlenme sağladığı anlaşılmaktadır. Konumlanmada yönelme doğrultusunun konut ve gölge boyunun yerde oluşturduğu alan biçiminin kare olduğu ‘c-4’ konut tipinde ise etkisinin kalmadığı anlaşılmıştır.



Şekil 5.34. Gölge boylarına göre konut tiplerinin konumlanma biçimleri

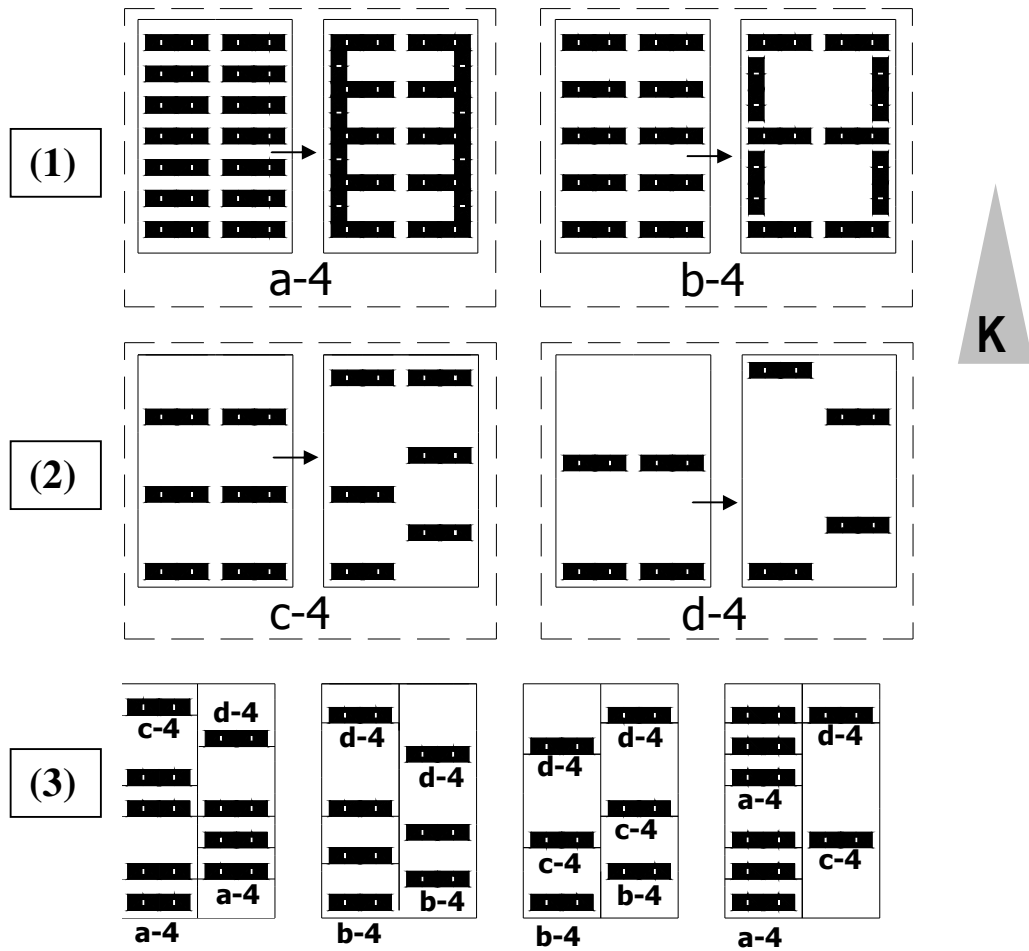
Şekil 5.35’de ise 120-180 m boyutlarında yaklaşık 2 ha’lık bir konut adası içerisinde farklı tipteki konutların 21 Aralık’daki 1. Gölge boylarına göre belirlenen konumlanma olasılıklarından bazıları görülmektedir.



Şekil 5.35. Gölge boylarına göre konut tiplerinden oluşan konut adaları

Yapılan bu çalışmaya göre 2 ha'lık konut adasının tüm konut tipleri için optimum biçim ve boyut özellikleri sağlayabildiği ve bu konut adası içerisinde komşu adalara gölge düşürmeden farklı yoğunlukta yapılaşma düzeni olanaklarının sağlanabildiği anlaşılmaktadır. Ancak çevre adalara gölge düşürmeyen bu ada tiplerinde ada içerisinde kalan açık alanlar için güneşlenme olanaklarının en soğuk dönemde oldukça azalmış olduğu görülmektedir. Bu sorunun giderilebilmesi için konut adası tiplerinin yoğunluk ve yükseklik olanaklarına göre farklı olasılıklar üretilebilmektedir. Bu olasılıklardan biri olan yoğunluğun azaltılmasının tüm konut adası tipleri için geçerli olabilecek bir seçenek olabileceği anlaşılmaktadır. Ancak

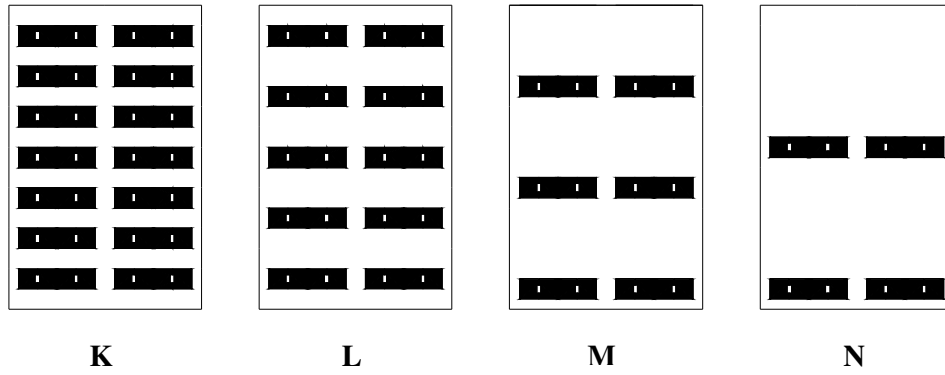
farklı yüksekliklerdeki konut tiplerinden oluşan konut adası tipleri için daha farklı seçenekler de üretilebileceği de görülmüştür. Bunlardan ‘a-4’ ve ‘b-4’ konut tiplerinden oluşan konut adalarında güneşlenme süresinin bir miktar azalması koşulu ile konut tiplerinin farklı konumlanması (1), ‘c-4’ ve ‘d-4’ katlı konut tiplerinde çevre adalara kısmen gölge düşmesi göze alınarak konutların gölge boylarını aşacak şekilde yeniden konumlanmaları (2) ve farklı konut tiplerinin birlikte konumlandığı karma konut adası tipleri üretilmesi (3) ile en soğuk dönemde konut adası içerisinde azalan güneşlenme olanaklarının artırılması sağlanabilmektedir (Şekil 5.36).



Şekil 5.36. Gölge boylarına göre ‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ konut tiplerinin konumlanma biçimleri



Böylece ısıtma ve soğutma yükleri arasındaki farka göre konut adası tiplerinin kentsel enerji, konut adası tipleri arasındaki yükseklik ve yoğunluk farklarının mikroklima özelliklerine etkilerini araştırmak için ‘a-4’ tipi konutlardan oluşan ‘K’ tipi, ‘b-4’ tipi konutlardan oluşan ‘L’ tipi, ‘c-4’ tipi konutlardan oluşan ‘M’ tipi ve ‘d-4’ tipi konutlardan oluşan ‘N’ tipi konut adaları tez çalışmasının bundan sonraki aşamalarında yapılacak olan enerji ve mikroklima analizleri için uygun görülerek seçilmiştir (Şekil 5.37).

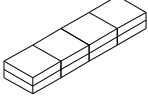
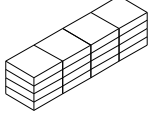
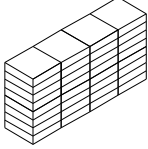
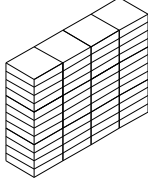
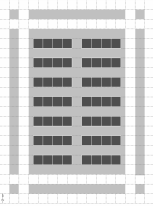
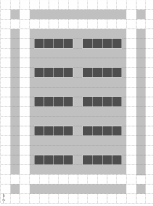
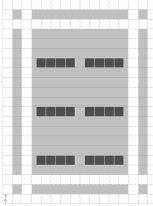
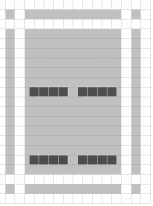


Şekil 5.37. Enerji ve mikroklima analizleri yapılmak üzere seçilen ‘K’, ‘L’, ‘M’ ve ‘N’ tipi konut adaları

#### 5.4.2. Hipotetik konut adası tipleri enerji analizi

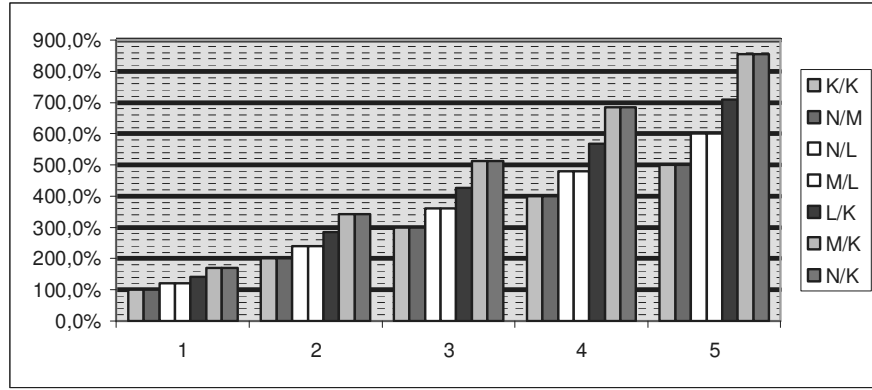
Araştırmanın bu aşamasında konut adası tipleri için enerji analizleri yapılmaktadır. Bu analizlerde ısıtma ve soğutma yükleri için her bir konut adası diğer konut adaları ile karşılaştırılarak bu yükler arasındaki farklılıklar belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan bu karşılaştırmada enerji etkin konut tiplerinden ‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ konut tipleri ile bu tiplerden oluşan ‘K’, ‘L’, ‘M’ ve ‘N’ konut adası tiplerinin alanları, ısıtma ve soğutma yükleri Çizelge 5.21’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.21. Konut ve konut adası tiplerine ilişkin alan büyüklükleri ile ısıtma ve soğutma yüklerine ilişkin değerler

| ENERJİ ETKİN<br>KONUT<br>TİPLERİ ALAN<br>VE ENERJİ<br>YÜKLERİ       |   |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Konut Tipleri                                                       | a-4                                                                                | b-4                                                                                | c-4                                                                                  | d-4                                                                                  |
| Konut Alanı (m <sup>2</sup> )                                       | 1 152                                                                              | 2 304                                                                              | 4 608                                                                                | 6 912                                                                                |
| Isıtma (kWh/m <sup>2</sup> )                                        | 67 162                                                                             | 110 131                                                                            | 196 762                                                                              | 283 392                                                                              |
| Soğutma(kWh/m <sup>2</sup> )                                        | 6 106                                                                              | 14 976                                                                             | 33 178                                                                               | 51 840                                                                               |
| ENERJİ ETKİN<br>KONUT ADASI<br>TİPLERİ ALAN<br>VE ENERJİ<br>YÜKLERİ |  |  |  |  |
| Ada Tipleri                                                         | K                                                                                  | L                                                                                  | M                                                                                    | N                                                                                    |
| Konut Alanı (m <sup>2</sup> )                                       | 16 128                                                                             | 23 040                                                                             | 27 648                                                                               | 27 648                                                                               |
| Isıtma (kWh/m <sup>2</sup> )                                        | 940 262,5                                                                          | 1 101 312                                                                          | 1 180 569,6                                                                          | 1 133 568                                                                            |
| Soğutma(kWh/m <sup>2</sup> )                                        | 85 478,5                                                                           | 149 760                                                                            | 199 065,6                                                                            | 270 360                                                                              |

Yukarıdaki sonuçlar karşılaştırıldığında en az ısıtma ve soğutma yükünün ‘K’ tipi, en çok ısıtma ve soğutma yükünün ise ‘N’ tipi konut adasında olduğu görülmektedir. Ancak konut adası tipleri karşılaştırıldığında elde edilen sonuçların konut yoğunluk farklarından etkilenmekte olduğu ve bu nedenle ada tipleri arasından ısıtma ve soğutma yükleri için çalışma kapsamında yapılacak karşılaştırmaların konut yoğunlukları eşitlenerek yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Yapılan karşılaştırmada yerleşim alanının büyüklüğü arttıkça konut adası tipleri arasındaki yoğunluk farkının artmakta olduğu ve bunun ısıtma ve soğutma yüklerine ilişkin sonuçları daha da etkileyebileceği anlaşılmaktadır (Şekil 5.38). Yoğunluk farkları en fazla olan ‘K’ ve ‘N’ tipleri karşılaştırıldığında bir konut adası için %80 olan yoğunluk farkının, beş konut adası için %360’a ulaşmış olduğu görülerek konut adası tipleri arasındaki

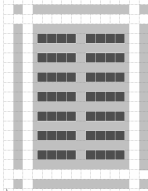
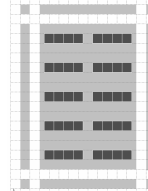
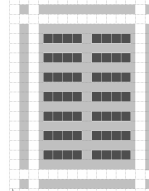
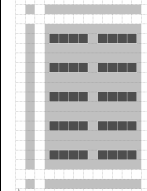
yoğunluk farklarının tüm ada tipleri arasındaki ısıtma ve soğutma yüklerini etkileme düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 5.38. Konut adası tiplerine göre yerleşim alanı ve yoğunluk ilişkisi

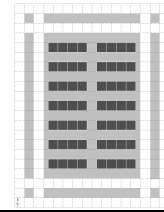
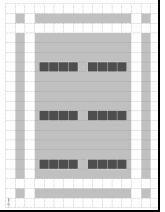
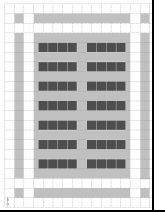
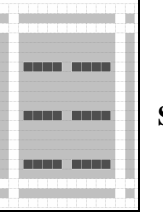
Bu amaçla ilk olarak ‘a-4’ konut tiplerinden oluşan ‘K’ tipi konut adası ile ‘b-4’ konut tiplerinden oluşan ‘L’ tipi konut adası karşılaştırılmış, ‘L’ tipi konut adasının ‘K’ tipi konut adasına göre ısıtma yükünün %17,1, soğutma yükünün ise %75 daha fazla olduğu görülmüştür (Çizelge 5.17). Ancak yoğunlukları eşit olarak karşılaştırıldıklarında ‘L’ tipi konut adasının ısıtma yükünün ‘K’ tipine göre %25,7 daha az, soğutma yükünün ise %32,2 daha fazla olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 5.22).

Çizelge 5.22. ‘K’ ve ‘L’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması

|  |  | ISITMA<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |  |  | SOĞUTMA<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|                                                                                     |                                                                                     |                                 |                                                                                      |                                                                                       |                                  |
| K                                                                                   | L                                                                                   |                                 | K                                                                                    | L                                                                                     |                                  |
| 940 262,5                                                                           | 1 101 312                                                                           | +%17,1                          | 85 478,5                                                                             | 149 760                                                                               | +%75,0                           |
| 1 343 232                                                                           |                                                                                     |                                 | 122 112                                                                              |                                                                                       |                                  |
| +%42,8                                                                              | -%18                                                                                | <b>%25,7</b>                    | +%42,8                                                                               | +%22,6                                                                                | <b>%32,2</b>                     |

‘a-4’ konut tiplerinden oluşan ‘K’ tipi konut adası ile ‘c-4’ konut tiplerinden oluşan ‘M’ tipi konut adası karşılaştırıldığında ‘M’ tipi konut adasının ‘K’ tipi konut adasına göre ısıtma yükünün %25,5, soğutma yükünün ise %132,8 daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak yoğunlukları eşitlenerek karşılaştırıldıklarında ‘M’ tipi konut adası ısıtma yükünün ‘K’ tipine göre %45,9 daha az, soğutma yükünün ise %61,4 daha fazla olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 5.18).

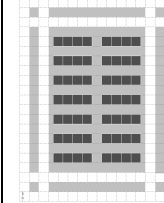
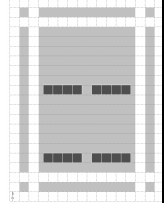
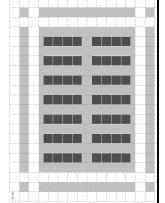
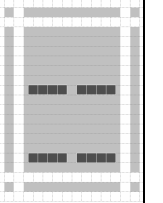
Çizelge 5.23. ‘K’ ve ‘M’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması

|  |  | ISITMA<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |  |  | SOĞUTMA<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| K                                                                                 | M                                                                                 |                                 | K                                                                                  | M                                                                                   |                                  |
| 940 262,5                                                                         | 1 180 569,6                                                                       | %25,5                           | 85 478,5                                                                           | 199 065,6                                                                           | %132,8                           |
| 1 611 878,4                                                                       |                                                                                   |                                 | 146 534,4                                                                          |                                                                                     |                                  |
| %71,4                                                                             | %26,7                                                                             | <b>%45,9</b>                    | %71,4                                                                              | %26,3                                                                               | <b>%61,4</b>                     |

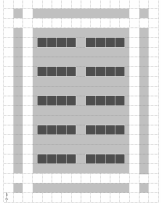
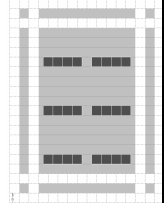
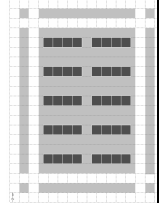
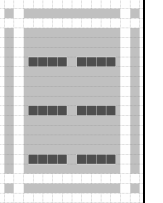
‘a-4’ konut tiplerinden oluşan ‘K’ tipi konut adası ile ‘d-4’ konut tiplerinden oluşan ‘N’ tipi konut adası karşılaştırıldığında ‘N’ tipi konut adasının ‘K’ tipi konut adasına göre ısıtma yükünün %25,5, soğutma yükünün ise %216 daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak yoğunlukları eşit olarak karşılaştırıldıklarında ‘N’ tipi konut adası ısıtma yükünün ‘K’ tipine göre %50,1 daha az, soğutma yükünün ise %144,6 daha fazla olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 5.24).

‘b-4’ konut tiplerinden oluşan ‘L’ tipi konut adası ile ‘c-4’ konut tiplerinden oluşan ‘M’ tipi konut adası karşılaştırıldığında ‘M’ tipi konut adasının ‘L’ tipi konut adasına göre ısıtma yükünün %7,2, soğutma yükünün ise %33 daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak yoğunlukları eşitlenerek karşılaştırıldıklarında ‘M’ tipi konut adası ısıtma yükünün ‘L’ tipi konut adasına göre %12,8 daha az, soğutma yükünün ise %13 daha fazla olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 5.25).

Çizelge 5.24. ‘K’ ve ‘N’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması

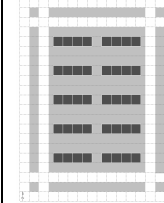
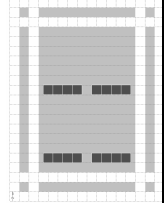
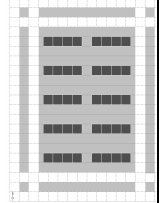
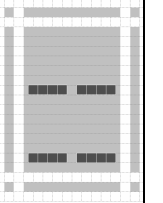
|                                                                                   |                                                                                   |                                        |                                                                                    |                                                                                     |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|  |  | <b>ISITMA</b><br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |  |  | <b>SOĞUTMA</b><br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |
| <b>K</b>                                                                          | <b>N</b>                                                                          |                                        | <b>K</b>                                                                           | <b>N</b>                                                                            |                                         |
| 940 262,5                                                                         | 1 133 568                                                                         | %20,5                                  | 85 478,5                                                                           | 270 360                                                                             | %216                                    |
| 1 611 878,4                                                                       |                                                                                   |                                        | 146 534,4                                                                          |                                                                                     |                                         |
| %71,4                                                                             | %29,6                                                                             | <b>%50,1</b>                           | %71,4                                                                              | %84,5                                                                               | <b>%144,6</b>                           |

Çizelge 5.25. ‘L’ ve ‘M’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması

|                                                                                    |                                                                                    |                                        |                                                                                     |                                                                                      |                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|  |  | <b>ISITMA</b><br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |  |  | <b>SOĞUTMA</b><br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |
| <b>L</b>                                                                           | <b>M</b>                                                                           |                                        | <b>L</b>                                                                            | <b>M</b>                                                                             |                                         |
| 1 101 312                                                                          | 1 180 569,6                                                                        | %7,2                                   | 149 760                                                                             | 199 065,6                                                                            | %33                                     |
| 1 321 574,4                                                                        |                                                                                    |                                        | 179 712                                                                             |                                                                                      |                                         |
| %20                                                                                | %10,6                                                                              | <b>%12,8</b>                           | %20                                                                                 | %10,7                                                                                | <b>%13</b>                              |

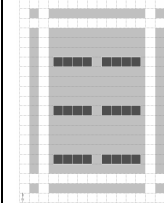
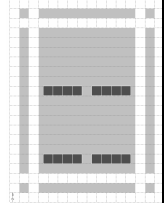
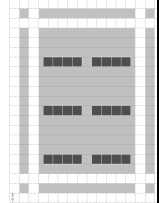
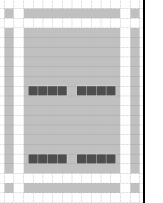
‘b-4’ konut tiplerinden oluşan ‘L’ tipi konut adası ile ‘d-4’ konut tiplerinden oluşan ‘N’ tipi konut adası karşılaştırıldığında ‘N’ tipi konut adasının ‘L’ tipi konut adasına göre ısıtma yükünün %3, soğutma yükünün ise %80,5 daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak yoğunlukları eşitlenerek karşılaştırıldıklarında ‘N’ tipi konut adası ısıtma yükünün ‘L’ tipi konut adasına göre %17 daha az, soğutma yükünün ise %60,5 daha fazla olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 5.26).

Çizelge 5.26. ‘L’ ve ‘N’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması

|                                                                                   |                                                                                   |                                        |                                                                                    |                                                                                     |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|  |  | <b>ISITMA</b><br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |  |  | <b>SOĞUTMA</b><br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |
| <b>L</b>                                                                          | <b>N</b>                                                                          |                                        | <b>L</b>                                                                           | <b>N</b>                                                                            |                                         |
| 1 101 312                                                                         | 1 133 568                                                                         | %3                                     | 149 760                                                                            | 270 360                                                                             | %80,5                                   |
| 1 321 574,4                                                                       |                                                                                   |                                        | 179 712                                                                            |                                                                                     |                                         |
| %20                                                                               | %14                                                                               | <b>%17</b>                             | %20                                                                                | %33,5                                                                               | <b>%60,5</b>                            |

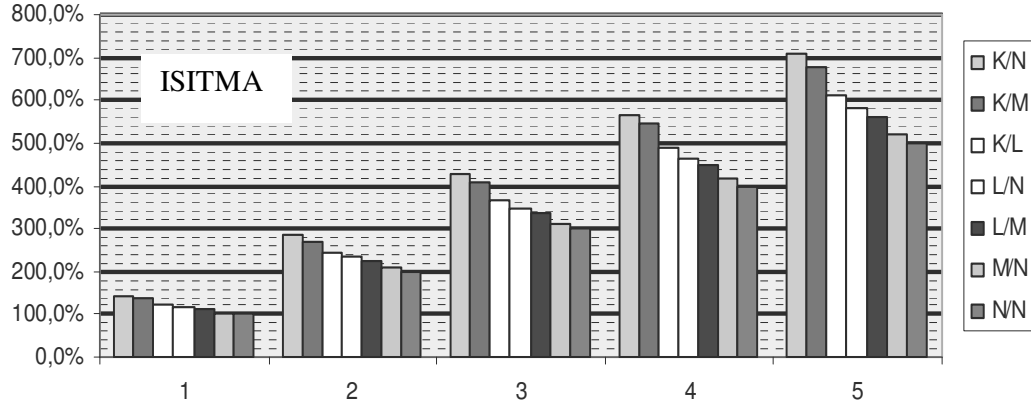
‘c-4’ konut tiplerinden oluşan ‘M’ tipi konut adası ile ‘d-4’ konut tiplerinden oluşan ‘N’ tipi konut adası karşılaştırıldığında ‘N’ tipi konut adasının ‘M’ tipi konut adasına göre ısıtma yükünün %4 daha az, soğutma yükünün ise %35,8 daha fazla olduğu görülmektedir. (Çizelge 5.27).

Çizelge 5.27. ‘M’ ve ‘N’ konut adası tipleri ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırması

|                                                                                     |                                                                                     |                                        |                                                                                      |                                                                                       |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|  |  | <b>ISITMA</b><br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |  |  | <b>SOĞUTMA</b><br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |
| <b>M</b>                                                                            | <b>N</b>                                                                            |                                        | <b>M</b>                                                                             | <b>N</b>                                                                              |                                         |
| 1 180 569,6                                                                         | 1 133 568                                                                           | %4                                     | 199 065,6                                                                            | 270 360                                                                               | %35,8                                   |
| 1 180 569,6                                                                         |                                                                                     |                                        | 199 065,6                                                                            |                                                                                       |                                         |
| %0                                                                                  | %4                                                                                  | <b>%4</b>                              | %0                                                                                   | %35,8                                                                                 | <b>%35,8</b>                            |

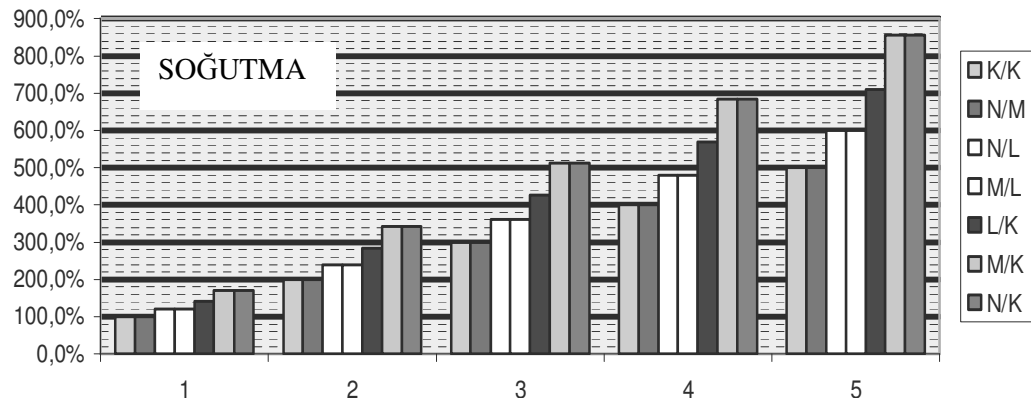
Çizelge 5.22, Çizelge 5.23, Çizelge 5.24, Çizelge 5.25, Çizelge 5.26 ve Çizelge 5.27’de çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalar birlikte değerlendirildiğinde, bir konut adası için ısıtma ve soğutma yüklerinde oluşan farkların, alanının büyüklüğüne göre yerleşim ölçeğinde daha da artmakta olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 5.39’daki grafik üzerinde eşit sayıda konut olan bir yerleşimde konut adası tiplerinin ısıtma ve

soğutma yükleri için çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalarda tek ada boyutunda ısıtma yükleri arasında maksimum %40 olan farkın ada sayısı 3 katına çıkması halinde %100,5 katına çıkması halinde ise %200'ü aşmış olduğunu göstermektedir.



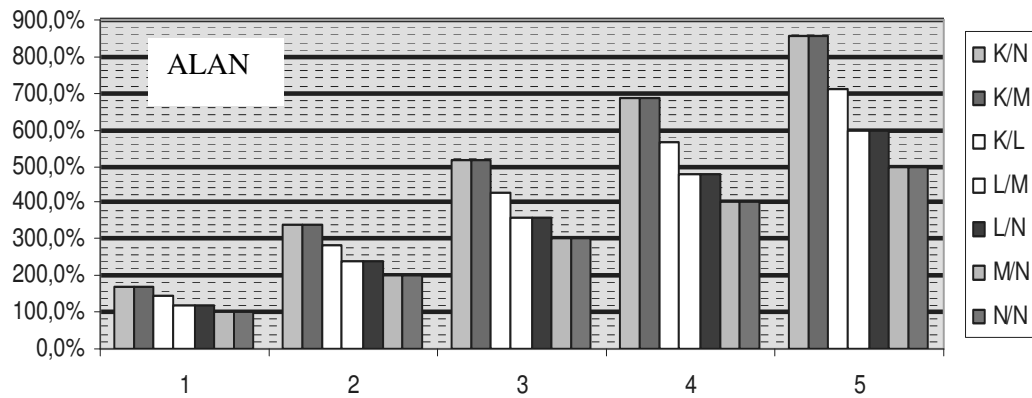
Şekil 5.39. Konut adası tiplerine ve yerleşim büyüklüğüne göre ısıtma yükleri

Çalışma kapsamında yapılan bu karşılaştırmada tek ada boyutunda maksimum %75 olan soğutma yükleri arasındaki farkın ada sayısı 3 katına çıkması halinde %200,5 katına çıkması halinde ise %300'ü aşmış olduğunu göstermektedir (Şekil 5.40).



Şekil 5.40. Konut adası tiplerine ve yerleşim büyüklüğüne göre soğutma yükleri

Konut adası tipleri arasında alan kazancı için çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmaya göre ise, tek ada için %75 olan alan farkının yerleşim alanı 5 katına çıktığında %350'nin üzerine çıktığı anlaşılmaktadır (Şekil 5.41).



Şekil 5.41. Enerji etkin bir yerleşimde konut adası tiplerine göre gerekli alan oranları

Şekil 5.39, Şekil 5.40 ve Şekil 5.41'deki grafikler ısıtma yükleri ve alan kazancı açısından 'N' tipi konut adasının, soğutma yükleri açısından 'K' tipi konut adasının en etkin tipler olduğunu ortaya koymuştur. 'L' tipi konut adasının ise ısıtma ve soğutma yükleri ile alan kazancı için tüm konut adası tipleri içinde ortalama değerlere en yakın sonuçlar veren tip olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında yapılan bu karşılaştırmalar yerleşim kararlarının alınmasında yapılaşma alanı ile alandaki konut adalarının ısıtma ve soğutma yükleri arasında bir denge gözetilmesi gerekliliğini, bunun belirlenmesinde de konut adası tasarımının önemini ortaya koymaktadır (Çizelge 5.28).

Çizelge 5.28. Isıtma ve soğutma yükleri ortalama değerleri ile bu değerlere göre konut adası tipleri arasındaki etkinlik göstergeleri

| ADA TİPİ        | ISITMA      | SOĞUTMA    | ADA TİPİ        | ISITMA   | SOĞUTMA  |
|-----------------|-------------|------------|-----------------|----------|----------|
| K               | 58,3        | 5,3        | K               | 2        | 1        |
| <b>L</b>        | <b>47,8</b> | <b>6,5</b> | <b>L</b>        | <b>7</b> | <b>6</b> |
| M               | 42,7        | 7,2        | M               | 1        | 2        |
| N               | 41          | 7,5        | N               | 1        | 2        |
| <b>ortalama</b> | <b>47,5</b> | <b>6,6</b> | <b>ortalama</b> | <b>7</b> | <b>6</b> |



### Bölüm sonucu

Buraya kadar yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre bu bölümde ısıtma ve soğutma yüklerine ilişkin enerji analizleri yapılan konut ve konut adası tipleri için genel bir performans değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu değerlendirme kapsamında konut ölçeğinde yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar şöyle sıralanmıştır:

Araştırma alanı küresel ölçekte ılıman iklim kuşağında yer almasına rağmen, bölgesel ölçekte psikrometrik grafik üzerinde görülen termal konfor sınırlarına göre soğuk iklim özellikleri göstermektedir.

Yıl boyu elde edilen iklimsel verilere göre ısıtma ve soğutma süreleri için belirlenen ‘derece saat’ler arasında çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada alanın ısıtma derece saatinin soğutma derece saatinin 12,5 kat daha fazla olduğu görülmektedir.

Isıtma için gereken sürenin bu düzeyde olduğu iklim koşullarında hacim-yüzey oranı ısı kaybı ve kazançları için önemli bir gösterge olarak kabul edilmekle birlikte, güneşlenme süresi göz önüne alındığında etkinliğinin azaldığı anlaşılan bu orana göre hesaplama yöntemi ile sınırlı olan “Isı Yalıtımı Yönetmeliği”nin bu konuda yeterli olmadığı görülmüştür.

“Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” ne göre araştırma alanının yer aldığı 3. bölge için belirlenen pencere ve duvar ısı geçirgenlik katsayıları ile CASAnova 3.0’da belirlenen katsayılara göre hesaplanan ısıtma yüklerine göre ısı geçirgenlik katsayısının ısıtma yükleri üzerinde önemli etkileri olduğu anlaşılmıştır.

Pencere alanının artması ile güneşlenme ve buna bağlı olarak ek ısıtma yükleri azalırken, soğutma yüklerinin artmakta olduğu belirlenmiştir.

Konumlanma biçimi ve geometrik özelliklerin ısıtma yükleri üzerinde etkili olduğu, güneşe bakacak şekilde konumlanarak doğu-batı doğrultusunda bitişik yapılaşma

düzeni ile konumlanan konut tiplerinin ek ısıtma yükünün yükseklikle birlikte önemli ölçüde azaldığı anlaşılmaktadır.

Araştırma alanı için iklimsel verilere göre Weather Tool v2.00'da güneyden doğuya 5 derece olarak belirlenmiş olan optimum yönlenmenin CASAnova 3.0'da ısıtma ve soğutma yükleri birlikte gözetilerek yapılan enerji analizleri tarafından da doğrulanmıştır.

Weather Tool v2.00'da doğal havalandırma ve güneş enerjisi gibi pasif denetim yöntemleri ile termal konfor sınırlarında yaklaşık olarak %40 oranında bir artış sağlanabileceği, bunun da ek ısıtma ve soğutma yüklerinde önemli düzeyde azalma sağlayabileceği anlaşılmıştır (Bkz. Çizelge 5.5).

CASAnova 3.0'da yönlenme, pencere ve duvar yüzeyi oranları ile bu yüzeylerin ısı geçirgenlik katsayıları arasında bir denge gözetilmesi ile konut tipine göre ek ısıtma yüklerinde %32,6 ile %39,4 arasında ek kazanç sağlanabileceği anlaşılmıştır (Bkz. Şekil 5.18).

Weather Tool v2.00 ile CASAnova 3.0 gibi farklı programlardan elde edilen benzer sonuçlar hem bir sağlama niteliğinde olması, hem de farklı ölçeklerde ve programlar ile yapılan çalışmaların arasındaki ilişkileri görmek açısından ayrıca önem kazanmaktadır.

Bu değerlendirme kapsamında konut adası ölçeğinde yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar ise şöyle sıralanmıştır:

21 Aralık için yapılan gölge analizlerine konut tiplerinin güneşin en dik konumda olduğu 11.45'de 1. Gölge boyları yüksekliklerin iki katına eşittir. Bu da yükseklikleri ne olursa olsun konut tiplerinin birlikte konumlanmaları durumunda güneşten en etkin biçimde yararlanmaları için aralarındaki yaklaşma mesafelerini belirleyici bir faktör olarak önem kazanmaktadır.

4 katlı ‘b-4’ konut tipi örnek alınarak konumlanma farkının gölge ve radyasyon düzeyi üzerine olan etkilerini görmek için yapılan analizlerde en kısa gün olan 21 Aralık’da 9.45 ile 13.45 saatleri arasında 4 saat süresince konut yüzeyleri üzerine gölge düşmediği ve konumlanma farklılıklarının belirtilen süre içerisinde konut yüzeylerindeki radyasyon düzeylerinde bir azalmaya neden olmadığı anlaşılmıştır.

Enerji etkin konut tiplerinden oluşan konut adalarında ada içerisinde tüm konutlar için 4 saat güneşlenme süresi ile komşu adalara gölge düşmemesi koşullarında yapılaşmada Emsal sınırının maksimum 1,3 olabileceği belirlenmiştir. Minimum 3 saat olan güneşlenme süresi altında kalmamak koşulu ile komşu adalara gölge düşmesi durumunda bu sınırın 1,5’e kadar çıkabileceği anlaşılmıştır.

Yoğunluk ve güneşlenme süresi arasındaki ilişkinin TAKS ile ters, KAKS ile doğru orantılı olduğu ve 1. Gölge boylarına göre belirlenen bu yapılaşma koşulları ile Emsali artırmanın güneşlenme süresi için daha fazla kazanç sağlayabileceği söylenebilir.

Güneşlenme süresinin yoğunluğa bağlı olarak artabileceği anlaşılmakla birlikte yoğunluğu eşit olan konut tiplerinden oluşan konut adalarında TAKS’ın artmasının güneşlenme süresinde azalmaya neden olduğu anlaşılmaktadır.

Konut adasının biçim ve boyutunu oluşturan geometrik özelliklerin belirlenmesinde alan büyüklüğü, çevre alan oranı, yapılaşma ve ulaşım alanları oranı ve içerisinde konumlanan konut tipleri belirleyici faktörlerdir. Konut adasının geometrik özelliklerinin belirlenmesinde optimum boyutlar bu faktörlerin birlikte ele alınması ile olanaklı görülmektedir. Bu araştırmada bu faktörler birlikte değerlendirildiğinde optimum konut adası alanı 2 ha olarak belirlenmiştir.

Konut adası tipleri arasında çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalarda ısıtma yükleri en az olan konut adası tipinin ‘N’, en çok olanın ise ‘K’ tipi konut adası; soğutma yükleri en az olan konut adası tipinin ‘K’, en fazla olanın ise ‘N’ tipi konut adası olduğu görülmüştür.

Yerleşimin büyüklüğüne göre alan kazancı açısından en etkin konut adası tipi ısıtma yükü en az, yapı yoğunluğu en fazla olan ‘N’ tipi (TAKS=1,28), en az etkin konut adası ise ısıtma yükü en fazla, yapı yoğunluğu en az olan ‘K’ tipi (TAKS=0,74) konut adasıdır.

Yerleşimin büyüklüğüne göre konut adaları arasındaki ısıtma ve soğutma yüklerine ilişkin farklar da artmakta, bu da yerleşimde uygulanacak olan konut ve konut adası tiplerine göre kentsel enerji performansını etkilemektedir.

Çalışma kapsamında yapılan bu karşılaştırmalar yerleşim kararlarının alınmasında yerleşim içerisindeki yapılaşma alanı ile bu alandaki ısıtma ve soğutma yükleri arasında bir denge gözetilmesi gerekliliğini, bunun gözetilmesinde de aynı zamanda bir planlama bileşeni olarak konut adası tasarımının ayrı bir önem kazanabileceğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bu sonuçlara göre bundan sonraki bölümde ısıtma ve soğutma yüklerine ilişkin enerji analizleri ile performans değerlendirilmesi yapılan konut adası tiplerinin en soğuk ve en sıcak dönemde sıcaklık, radyasyon ve rüzgar gibi iklim elemanlarının bu performanslarını etkileme düzeyini görmek için mikroklima analizleri yapılacaktır.

## 6. HİPOTETİK KONUT ADALARININ ANKARA ÖRNEĞİNDE MİKROKLİMA ANALİZİ

Araştırmanın bu bölümünde enerji analizleri yapılan hipotetik konut adalarının mikroklima analizleri yapılmaktadır. Yapılacak olan bu analizlerin amacı konut adası tiplerinin yükseklik ve yoğunluk farklarının mikroklima özelliklerine olası etkilerini görmek ve konut adası tasarımında ek ısıtma ve soğutma yükleri ile mikroklima özelliklerini karşılaştırarak birlikte gözetmek olanağı sağlamaktır. Bu amaçla bu bölümde ilk olarak mikroklima analizlerinin kapsamı ile simülasyon koşullarının tanıtımı yapılacaktır. Daha sonra ‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ konut tiplerinden oluşan ‘K’, ‘L’, ‘M’ ve ‘N’ konut adası tiplerinin en soğuk ve en sıcak dönem için mikroklima analizleri yapılarak elde edilen sonuçlara göre bir performans değerlendirmesi yapılacaktır. Yapılacak bu değerlendirmeden sonra konut adası tiplerinde yüzey özellikleri ve ağaçlandırmanın mikroklima özelliklerine etkilerini görmek üzere seçilecek bir konut adası tipi üzerinde yapılacak değişiklikler üzerinden oluşan farkların değerlendirmesi ile genel bir sonuç değerlendirmesi yapılacaktır.

### 6.1. Mikroklima Analizleri ve Simülasyon Koşullarının Tanıtımı

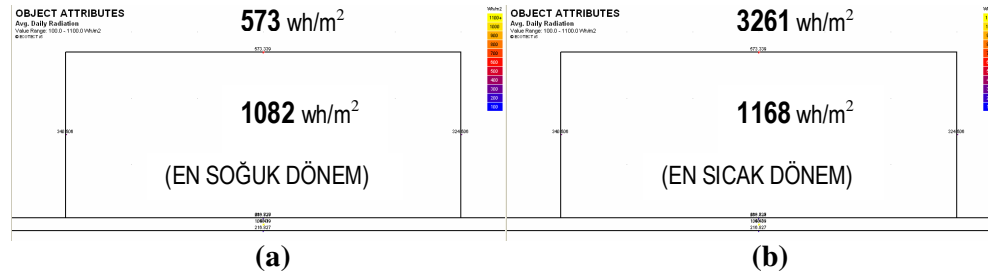
Bu bölümde konut adası tipleri mikroklima analizleri için yapılacak olan simülasyonlardan önce mikroklima özelliklerinin oluşum süreci ile en soğuk ve en sıcak dönem özelliklerine göre iklimsel ve mekansal elemanların etkileşim biçimleri tanıtılmaktadır. Bu amaçla bu konuda verilecek kısa örnekler ile mikroklima süreci anlatıldıktan sonra, ‘K’, ‘L’, ‘M’ ve ‘N’ konut adası tipleri için en soğuk ve en sıcak dönemde yapılacak mikroklima analizleri için geçerli olan simülasyon koşullarının tanıtımı şöyle yapılmaktadır:

#### Mikroklima analizleri

Mikroklima, termal süreçte iklimsel elemanlar ile mekansal elemanlar arasında mekansal ölçekte metre ve santimetre, zamansal ölçekte ise saat ve dakika gibi kısa

aralıklarla yüksek çözünürlükte gerçekleşen bir etkileşim sürecidir. İklimsel elemanlardan radyasyon şiddeti ve süresi, rüzgarın hızı ve yönü ve nem oranı ile, bu iklimsel elemanlardan kaynaklanan etkilere maruz kalan mekansal eleman ve yüzeylerin yatay ve düşey açısı ile ısı tutma ve iletme özellikleri bu süreci belirleyen faktörlerdir. Bu nedenle yapılacak olan mikroklima analizlerinde iklimsel ve mekansal her bir eleman etkileşim durumuna göre herhangi bir zaman ve mekan dilimi için ayrı bir önem kazanmaktadır.

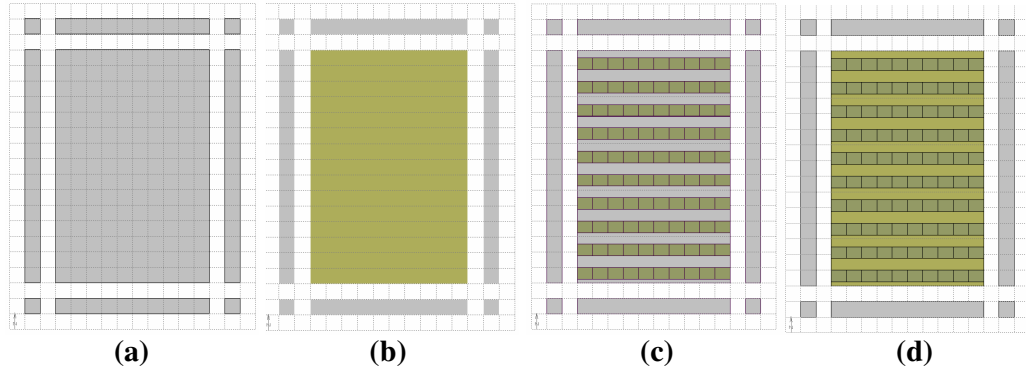
Bu etkileşim süreci özellikle araştırma alanı gibi mevsimsel hareketliliğin oldukça yoğun olduğu iklim kuşaklarında daha da belirginlik kazanmaktadır. Örneğin Weather Tool v2.00'den alınan iklimsel verilere göre ECOTECT v5.50'de yapılan ölçümlerde en soğuk dönemde yatay yüzeylere  $573 \text{ Wh/m}^2$ , düşey yüzeylere  $1082 \text{ Wh/m}^2$  gelen günlük ortalama radyasyon miktarının, en sıcak dönemde ise yatay yüzeylere  $3261 \text{ Wh/m}^2$ , düşey yüzeylere ise  $1168 \text{ Wh/m}^2$  olarak geldiği ölçülmüştür (Şekil 6.1). ENVI-met 3.0'da araştırma alanı için elde edilen değerler ile de çok yakın benzerlikler gösteren bu sonuçlar, dönemsel farklara göre yüzeyler üzerindeki etkilerin değişimini görmek açısından önemli göstergelerden birisi olarak kabul edilebilir.



Şekil 6.1. ECOTECT v5.50'de (a) en soğuk dönemde (b) en sıcak dönemde yatay ve düşey yüzeylere gelen günlük ortalama radyasyon miktarları

Mikroklima özellikleri açısından en soğuk ve en sıcak döneme göre değişen iklim elemanları ile mekansal elemanlar arasındaki etkileşimin daha kapsamlı anlaşılabilmesi için bir dizi örnek analiz yapılarak karşılaştırılmıştır. Bu amaçla belirlenen örnekler arasında yapılan ilk analizde tamamı beton ve çim yüzey olarak

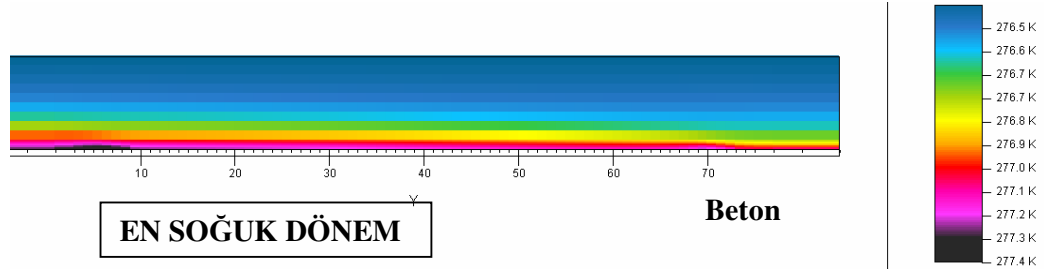
tasarlanan bir konut adası alanı daha sonra ağaçlandırılarak en soğuk ve en sıcak dönemde oluşan hava sıcaklıkları karşılaştırılmıştır (Şekil 6.2).



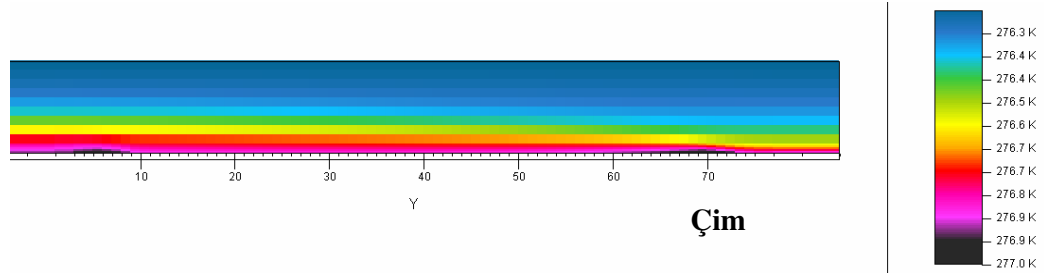
Şekil 6.2. Bir konut adası alanı üzerinde farklı yüzey özellikleri (a) beton (b) çim (c) ağaçlı-beton (d) ağaçlı-çim

Yapılan analizlerde rüzgar hızı en soğuk dönem için 5m/sn, en sıcak dönem için ise 3m/sn olarak kabul edilmiştir. En soğuk dönem için çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada yerden 3 m yükseklikte beton ve çim yüzeylerden oluşan hava sıcaklıkları arasında önemli farklılıklar olmadığı görülmüştür. Birbirinden oldukça farklı iki yüzey üzerinde 0,2 K kadar olduğu görülen bu farkın azlığının, en soğuk dönemde yatay yüzeylere gelen radyasyon düzeyinin azlığından kaynaklanmış olduğu tahmin edilmektedir.

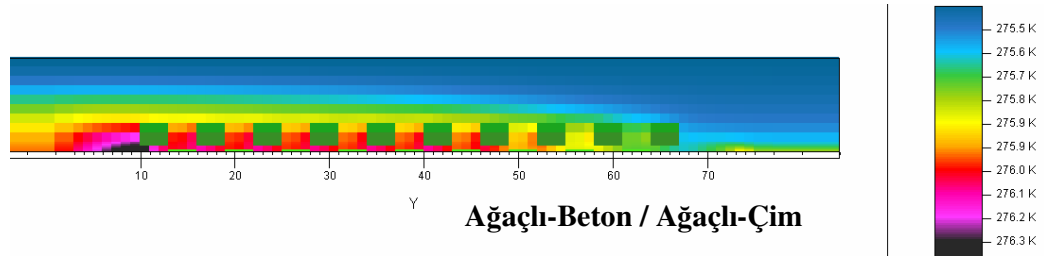
Ağaçlandırılmış olan örnekler arasında çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada ise yüzey özelliklerinin ağaç yoğunluğuna bağlı olarak oluşan gölge nedeni ile yüzey özelliklerinin hava sıcaklıkları üzerine etkisinin tamamen kaybolduğu ve hava sıcaklıklarının ağaçlandırılmamış örneklere göre 0,8 K kadar daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5).



Şekil 6.3. En soğuk dönemde beton yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi



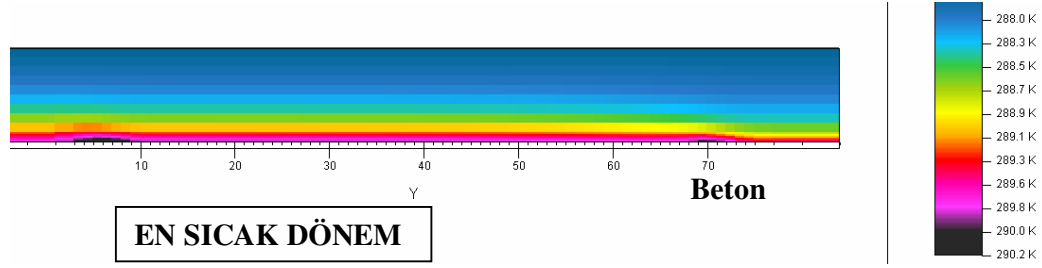
Şekil 6.4. En soğuk dönemde çim yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi



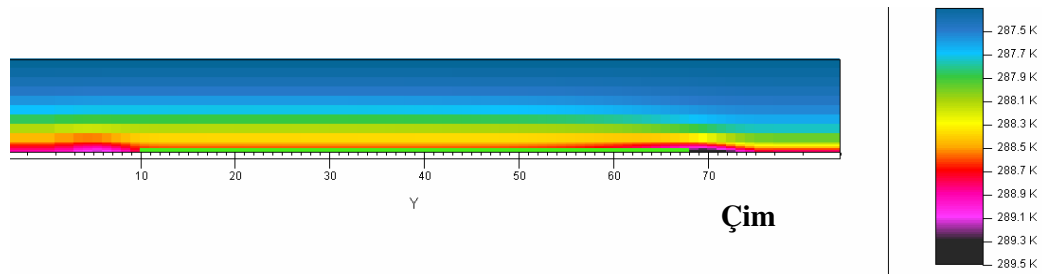
Şekil 6.5. En soğuk dönemde ağaçlı beton ve ağaçlı çim yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi

En sıcak dönem için yerden 3 m yükseklikte elde edilen değerler arasında çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada ise ada yüzeyleri üzerinde en soğuk dönemde 0,2 K olan hava sıcaklık farkının 1,3 K'e kadar çıkmış olduğu, bunun da en sıcak dönemde hava sıcaklıklarının yatay yüzey özelliklerinin etkilerine daha fazla açık olduğunu göstermektedir. Yine bu dönemde ağaçlandırmanın hava sıcaklıkları ile ilişkisine bakıldığında en soğuk dönemde 0,8 K olan farkın 2,7 K'e çıktığı bu dönemde ağaçlandırmanın hava sıcaklıkları üzerinde daha da etkili olduğu anlaşılmıştır (Şekil 6.6, Şekil 6.7, Şekil 6.8).

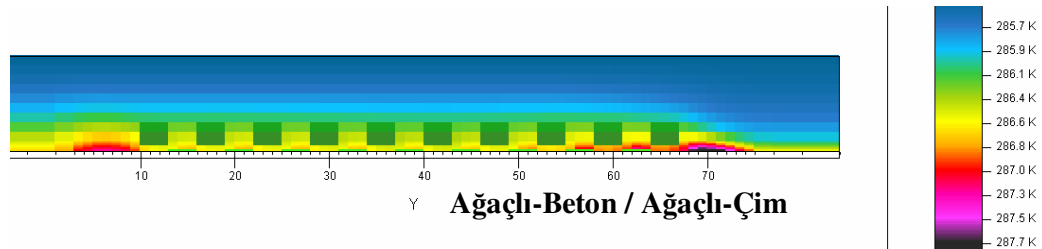




Şekil 6.6. En sıcak dönemde beton yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi

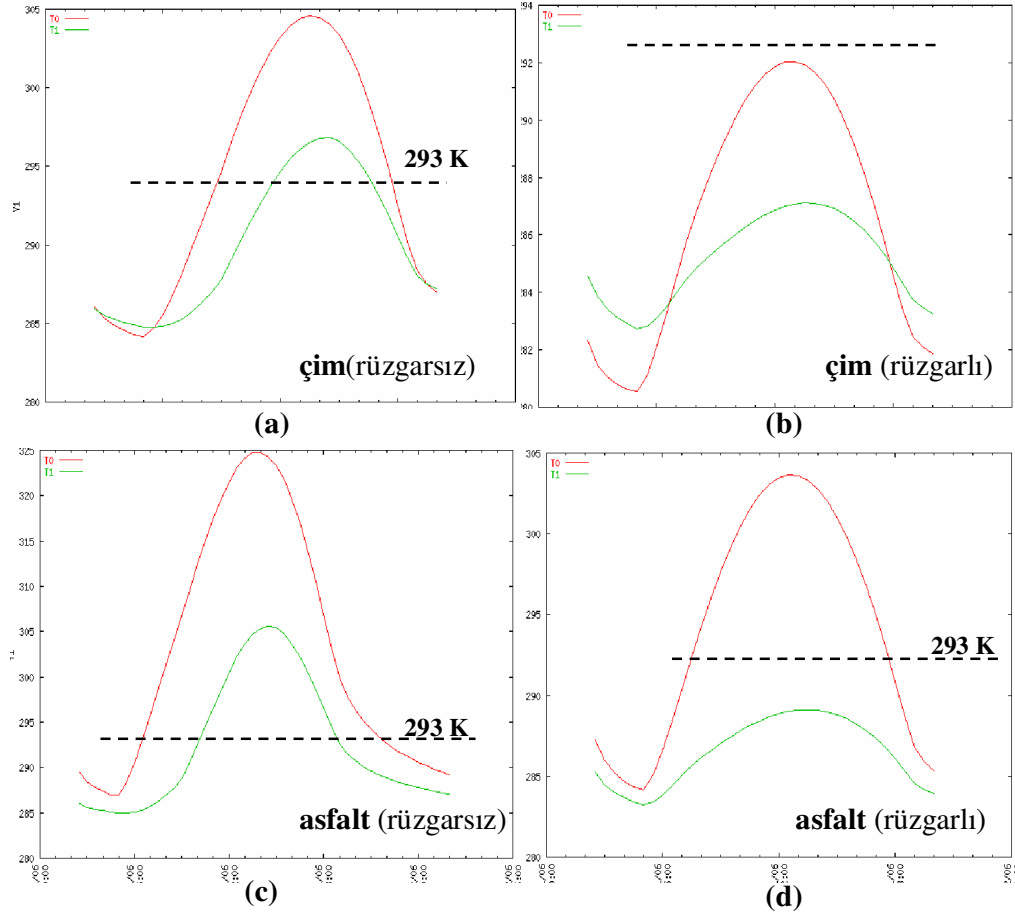


Şekil 6.7. En sıcak dönemde çim yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi



Şekil 6.8. En sıcak dönemde ağaçlı beton ve ağaçlı çim yüzeylerin hava sıcaklıklarına etkisi

En sıcak dönemde su, toprak, çim ve asfalt gibi ısı tutma kapasitesi ve iletme katsayısı farklı olan yüzeylerdeki sıcaklık değerleri için rüzgar faktörü ile birlikte ele alınarak çalışma kapsamında yapılan bir başka karşılaştırmada ise hava ve yüzey sıcaklıkları arasındaki farkların değişim düzeyi, yüzeyin ısı iletme katsayısı ile ısı tutma kapasitesinin hava sıcaklığına etkisini hava sıcaklıklarının ortalaması olan 293 K'nin referans olarak gösterildiği Şekil 6.9'daki grafikler açıkça göstermektedir.



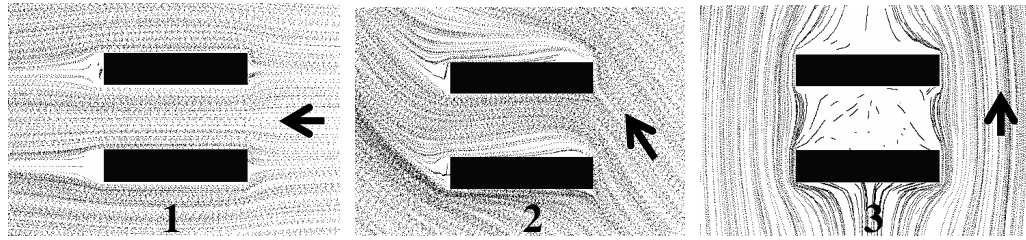
Şekil 6.9. Isı tutma ve iletme özellikleri farklı yüzeyler üzerinde rüzgarlı ve rüzgarsız olma koşullarında oluşan hava ve yüzey sıcaklık değerlerindeki değişim (a) çim(rüzgarsız) (b) çim (rüzgarlı) (c) asfalt (rüzgarsız) (d) asfalt (rüzgarlı)

Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalarda en düşük hava sıcaklıklarının su yüzeyi üzerinde, en yüksek hava sıcaklıklarının ise asfalt yüzey üzerinde olduğu görülmektedir. Isı iletme katsayısı diğer yüzeylere göre oldukça yüksek olan asfalt yüzeylerde hava ve yüzey sıcaklıkları arasındaki farkın artmış, ısı tutma kapasitesi diğer yüzeylere göre daha düşük olan çim yüzeyinde ise azalmış olması yüzeyin ısı iletme özelliği ile ısı tutma kapasitesinin hava sıcaklıklarına etkilerini açıkça göstermiştir. Ancak bu analizlerde rüzgarsız ortamda 8 K olan hava sıcaklık farkının 3 m/sn hızla esen bir rüzgarda kaybolması, rüzgarın hava sıcaklıklarını etkilemede yüzey özelliklerinden daha önemli bir etken olduğunu göstermektedir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1. Isı tutma kapasitesi ve iletme katsayısı farklı olan yüzeylerdeki hava ve yüzey sıcaklıkları ile rüzgar faktörü

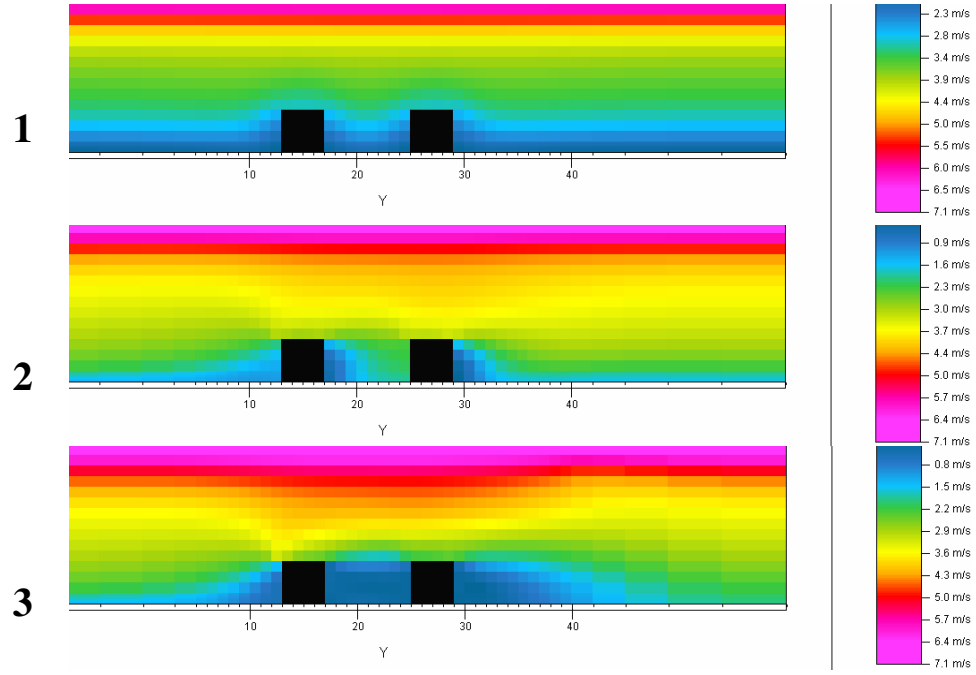
| YÜZEY TİPLERİ            | Yüzey Sıcaklığı<br>( $T_0$ ) | Hava Sıcaklığı<br>( $T_1$ ) | ( $T_0$ . $T_1$ ) |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| ÇİM (rüzgarsız)          | 305 K                        | 297 K                       | 8 K               |
| TOPRAK (rüzgarsız)       | 306 K                        | 297 K                       | 9 K               |
| ASFALT (rüzgarsız)       | 325 K                        | 305 K                       | 20 K              |
| ÇİM (rüzgarlı-3 m/sn)    | 292 K                        | 287 K                       | 5 K               |
| ASFALT (rüzgarlı-3 m/sn) | 304 K                        | 289 K                       | 16 K              |

Çalışma kapsamında yapılan bir başka simülasyonla da rüzgarın hızı ve yönü ile yüksekliğe göre yüzey sıcaklıklarının etkilenme düzeyi analiz edilmiştir. Şekil 6.6'da 4 katlı 2 konut bloğu üzerine 5 m/sn hızla farklı yönlerden esen rüzgarın bu konutlar çevresindeki hareketleri görülmektedir. Bunlardan 1. durumda rüzgarın yönünün değişmediği, 2. durumda rüzgarın yönünün önce konutlara paralel olarak yön değiştirip daha sonra doğal yönünde esmeye devam ettiği, 3. durumda ise rüzgarın hızının konutların arkasında kalan alanlarda giderek yok olduğu görülmektedir (Şekil 6.10).



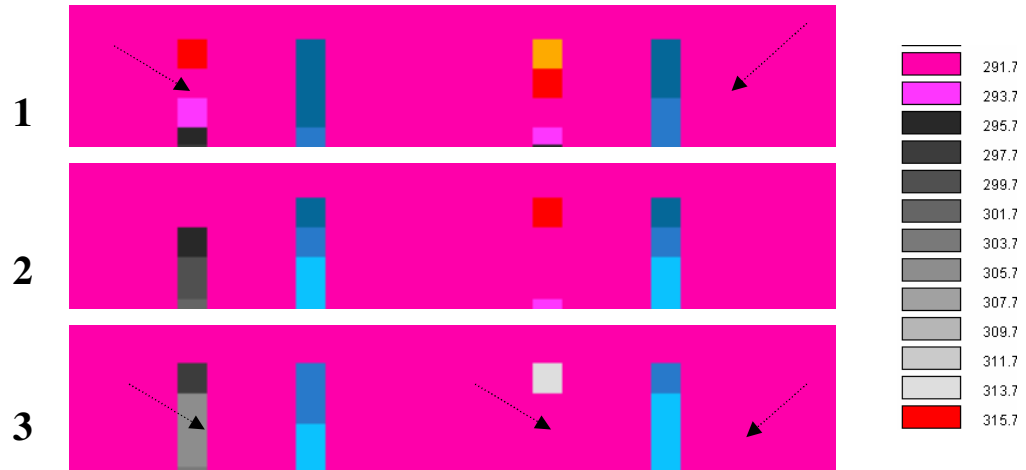
Şekil 6.10. 1, 2 ve 3 no'lu durumlarda 4 katlı 2 konut bloğu üzerine 21 Aralık saat 13'de 5 m/sn hızla farklı yönlerden esen rüzgarın bu konutlar çevresindeki hareketleri

Oluşan bu hareketlerin hız değerleri karşılaştırıldığında da önemli farklılıklar olduğu ortaya çıkmaktadır. 1 ve 2 no'lu örnekte konutlar arasında en az 2,3 m/sn olan rüzgar hızının, 3 no'lu örnekte 0,8 m/sn'nin altına kadar düşmüş olduğu görülmüştür (Şekil 6.11).



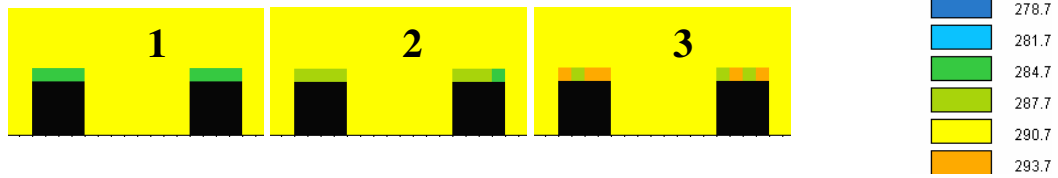
Şekil 6.11. 1, 2 ve 3 no'lu durumlarda 4 katlı 2 konut bloğu üzerine 21 Aralık saat 13'de 5 m/sn hızla farklı yönlerden esen rüzgarın bu konutlar çevresindeki hızları

Duvar yüzeyi sıcaklıklarına etkileri karşılaştırıldığında rüzgarın hareket ve hızının duvar yüzeyi sıcaklıklarını estiği yöne göre 10 K ile 15 K arasında değişen değerlerde etkilediği belirlenmiştir (Şekil 6.12).



Şekil 6.12. 1, 2 ve 3 no'lu durumlarda 4 katlı 2 konut bloğu üzerinde 21 Aralık saat 13'deki oluşan duvar yüzeyi sıcaklıkları

Çatı yüzeyleri arasında 9 K'e kadar çıkabilen sıcaklık farkları ile de Bu yön farklılıklarının yüzey sıcaklıklarına olan etkisi anlaşılmıştır (Şekil 6.9).



Şekil 6.13. 1, 2 ve 3 no'lu durumlarda 4 katlı 2 konut bloğu üzerinde 21 Aralık saat 13'deki oluşan çatı yüzeyi sıcaklıkları

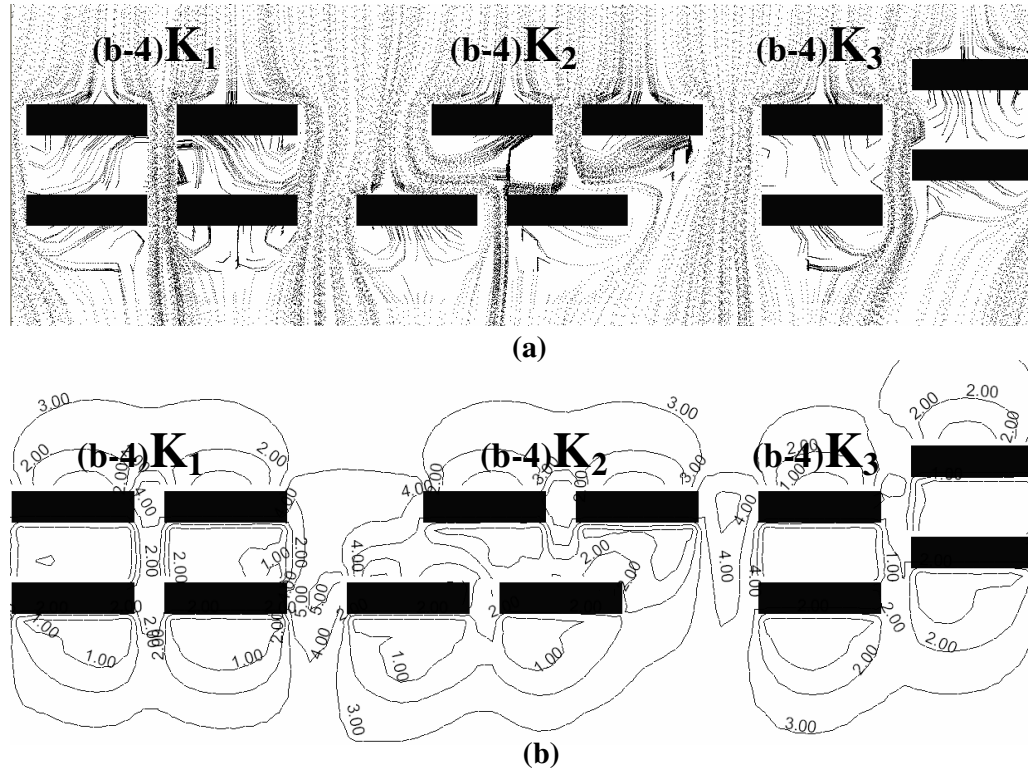
Rüzgarın duvar yüzeyi sıcaklıklarını etkileyen önemli bir faktör olduğu ve artan hızı ile değişen yönünün yüksekliğe bağlı olarak bu etkiyi daha da artırdığı anlaşılan bu analizlerden elde edilen sonuçların bir bölümü Çizelge 6.2'de gösterilmiştir. Bu çizelgedeki değerlere göre rüzgarın yüzey sıcaklıklarına etkisi daha çok yüzeylere paralel konumda iken artmaktadır. Örneğin rüzgarın 5 m/sn hızla estiği bir ortamda 12 m yükseklikte saat 13'deki değerleri karşılaştırıldığında paralel ve dik yönden esen rüzgarlar arasında 8 K olan yüzey sıcaklık farkları 6 m yükseklikte daha da artarak 16 K'e kadar çıkmıştır (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2. Rüzgar hızı ve yönü ile duvar yüzeyi sıcaklıkları ilişkisi

| RÜZGAR HIZI ve YÖNÜ ile<br>DUVAR YÜZEYİ SICAKLIKLARI |                   |       |           | HIZ    |        |        |
|------------------------------------------------------|-------------------|-------|-----------|--------|--------|--------|
|                                                      | YÖN               | SAAT  | YÜKSEKLİK | 1 m/sn | 3 m/sn | 5 m/sn |
| 1                                                    | PARALEL<br>(180°) | 12:00 | 6 m       | 313    | 299    | 295    |
|                                                      |                   |       | 12 m      | 309    | 295    | 291    |
|                                                      |                   | 15:00 | 6 m       | 293    | 289    | 285    |
|                                                      |                   |       | 12 m      | 291    | 285    | 283    |
| 2                                                    | EĞİK (45°)        | 12:00 | 6 m       | 317    | 305    | 301    |
|                                                      |                   |       | 12 m      | 313    | 301    | 293    |
|                                                      |                   | 15:00 | 6 m       | 297    | 291    | 289    |
|                                                      |                   |       | 12 m      | 293    | 287    | 285    |
| 3                                                    | DİK<br>(90°)      | 12:00 | 6 m       | 325    | 315    | 311    |
|                                                      |                   |       | 12 m      | 317    | 305    | 299    |
|                                                      |                   | 15:00 | 6 m       | 303    | 295    | 291    |
|                                                      |                   |       | 12 m      | 299    | 291    | 287    |

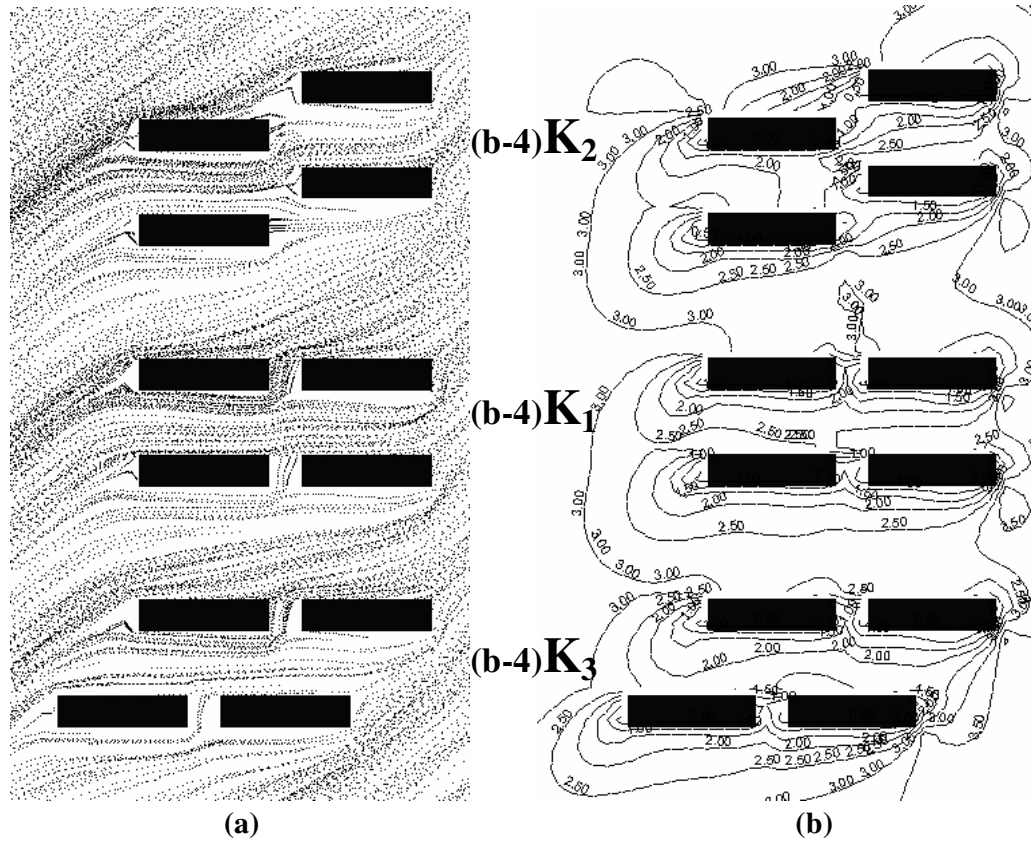
Bu analizlerden elde edilen sonuçlar konut tiplerinin konumlanmasının rüzgar açısından da önemini açıkça ortaya koyan sonuçlar göstermiştir. En soğuk ve en sıcak dönemler için farklı gereksinimler bu konumlanma ilişkisinin her iki dönem için de birlikte gözetilmesi gerektiğini ortaya koyan bir başka örnektir.

Bu amaçla daha önce Bölüm 5.3’de radyasyon analizleri yapılmış farklı konumlanma tipleri üzerine yapılan rüzgar analizlerinde de,  $K_1$  ve  $K_2$  tipi konumlanma biçimlerinin rüzgardan en fazla korunması gereken en soğuk dönemde hakim rüzgar yönüne karşı daha kapalı olup etkin sonuçlar verdiği görülmüştür (Şekil 6.14).



Şekil 6.14. En soğuk dönemde  $K_1$ ,  $K_2$  ve  $K_3$  tipi konumlanmalarda 3 m yükseklikte oluşan (a) rüzgar hareketleri (b) hız eğrileri

Konumlanma biçimlerinin hakim rüzgardan en etkin biçimde yararlanılması gereken en sıcak dönem için çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada ise  $K_1$  ve  $K_3$  tiplerinin hakim rüzgar yönüne karşı daha etkin sonuçlar verdiği görülmüştür (Şekil 6.15).



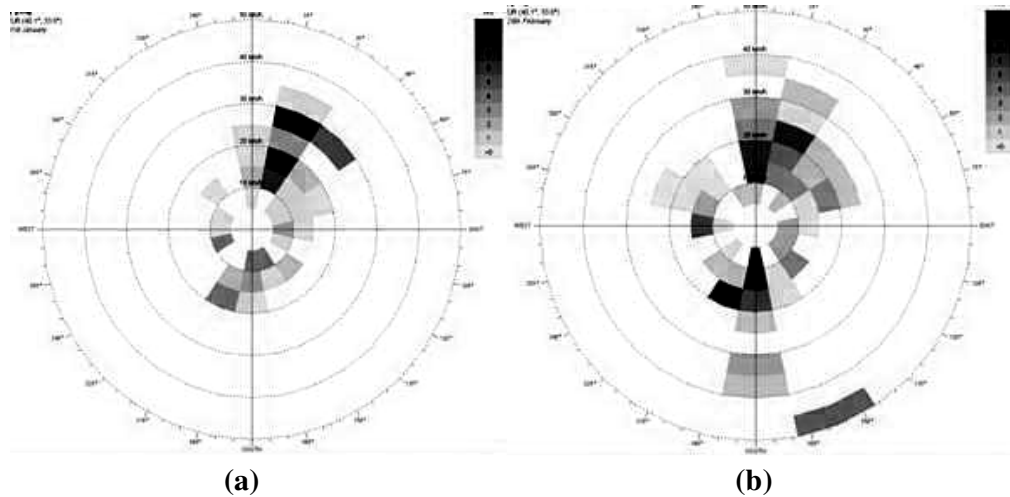
Şekil 6.15. En sıcak dönemde  $K_1$ ,  $K_2$  ve  $K_3$  tipi konumlanmalarda 3 m yükseklikte oluşan (a) rüzgar hareketleri (b) hız eğrileri

Çalışma kapsamında yapılan bu karşılaştırmalara bakılarak radyasyon ve gölge analizlerine göre etkin sonuçlar veren ‘ $K_1$ ’ konumlanma tipinin, her iki dönemde de rüzgar hareketleri için etkin bir tip olabileceği anlaşılmıştır.

Yapılan bu analizlerden en soğuk dönemde düşey, en sıcak dönemde ise yatay yüzey özelliklerinin iklim elemanlarının etkilerine daha çok açık olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle araştırma alanının iklim özelliklerine ilişkin çok sayıda verinin seçiminde, öncelikle bu farklılıkları temsil edebilecek kritik zaman dilimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre bu analizlerin güneş ışınlarının geliş açısı ve rüzgarın yön ve hızının önemli değişimler göstermiş olduğu en soğuk ve en sıcak olmak üzere iki farklı dönemde yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

### En soğuk dönem simülasyon koşulları

Araştırma alanının en az sıcak döneme ilişkin iklim verilerinin değerlendirilmesinde hava sıcaklık ve hakim rüzgar yönü için hava sıcaklık ortalama değerlerinin yıl boyunca en düşük düzeyde olduğu Aralık, Ocak ve Şubat ayları arasından Şubat ayı verileri esas alınmıştır. Bu verilere göre gün boyu ortalama farkı 5°C olan hava sıcaklık değerlerinin en düşük seviyeye sabah saat 7’de, en yüksek seviyeye ise öğleden sonra saat 13’de ulaştığı görülmektedir. Doğrudan radyasyon değerleri ise en yüksek düzeye saat 11’de ulaşmaktadır. En az sıcak dönemde % 70 ile % 85 arasında değişen bağıl nem oranının gün boyunca en düşük seviyeye hava sıcaklığının en yüksek düzeyde olduğu saat 13’de ulaştığı ortaya çıkmaktadır. Simülasyonlar en soğuk dönem olarak kabul edilen en düşük sıcaklık ortalamalarının gerçekleştiği saatler olarak kabul edilen Ocak ve Şubat ayları için gece saat 24’den sabah 6’ya kadar esen rüzgar verileri referans olarak alınmıştır. Bu aylar için elde edilen veriler ışığında belirlenen kritik dönem ortamını temsil edebileceği varsayımı ile simülasyon koşulları için hakim rüzgar yönü kuzey, ortalama rüzgar hızı 5 m/sn olarak kabul edilmiştir (Şekil 6.16, Çizelge 6.3).



Şekil 6.16. Araştırma alanında en soğuk dönem için (a) ocak (b) şubat aylarında 22-06 saatleri arasında esen rüzgarların yön, frekans ve hızları



Çizelge 6.3. Simülasyon ortamına ilişkin olarak kabul edilen iklim özellikleri

| SAAT           | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hava sıcaklığı | -2.8  | -3.1  | -3.2  | -3.6  | -3.7  | -3.7  | -3.8  |
| Bağıl nem      | 79    | 79    | 80    | 81    | 81    | 82    | 82    |
| Doğ.rad.       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Yay.rad.       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Rüzgar hızı    | 4.4   | 5.3   | 4.5   | 5.2   | 5.0   | 5.0   | 4.8   |
| Bulutluluk     | 52    | 52    | 54    | 54    | 53    | 57    | 61    |

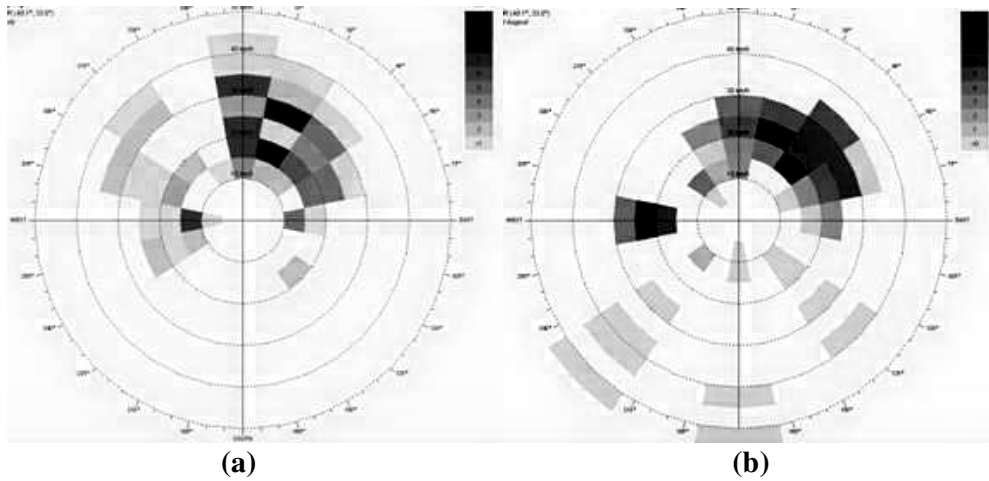
Bu veriler ışığında en soğuk dönem için yapılacak simülasyonlar için geçerli olan konu başlıkları ve sayısal değerler Çizelge 6.4’de sıralanmaktadır.

Çizelge 6.4. En soğuk dönem simülasyon ortamına ilişkin özellikler

| EN SOĞUK DÖNEM SİMÜLASYON KOŞULLARI |                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yer (Enlem-boylam)                  | 41°14’ Kuzey; 33°00’ Doğu                                                                                                                         |
| Tarih                               | 21 Aralık 2008                                                                                                                                    |
| Başlangıç saati                     | 06:00                                                                                                                                             |
| Simülasyon süresi                   | 24 saat                                                                                                                                           |
| Yüzey sıcaklığı                     | 273 K                                                                                                                                             |
| Hava sıcaklığı                      | 270 K                                                                                                                                             |
| Rüzgar yönü                         | 0°                                                                                                                                                |
| Rüzgar hızı                         | 5 m/sn                                                                                                                                            |
| Bağıl nem oranı                     | % 80                                                                                                                                              |
| Bina yüzey özellikleri              | Çatı : Albedo: 0,2<br>Duvar : Albedo: 0,3                                                                                                         |
| Yer yüzey özellikleri               | Taşıt yolu : Asfalt (Albedo: 0,15)<br>Yaya yolu : Beton parke (Albedo: 0,20)<br>Otopark : Asfalt (Albedo: 0,15)<br>Yeşil alan : Çim (Albedo 0,25) |
| Ağaç türü                           | Yaprak döken (h=10 m)<br>Yaprak dökmeyen (h=20 m)                                                                                                 |
| Mekansal çözünürlük                 | Yatay(x,y): 6 m<br>Düşey(z) : 3 m                                                                                                                 |

### En sıcak dönem simülasyon koşulları

Araştırma alanının en sıcak döneme ilişkin iklim verilerinin değerlendirilmesinde hava sıcaklık ve hakim rüzgar yönü için hava sıcaklık ortalama değerlerinin yıl boyunca en yüksek düzeyde olduğu Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarından Ağustos ayı verileri esas alınmıştır. Bu verilere göre gün boyunca ortalama farkı  $18^{\circ}\text{C}$  olan hava sıcaklık değerlerinin en düşük seviyeye sabah saat 4’de, en yüksek seviyeye ise öğleden sonra saat 16’da ulaştığı görülmektedir. Doğrudan radyasyon değerleri ise en yüksek düzeye saat 11’de ulaşmaktadır. En sıcak dönemde %12 ile %18 arasında değişen bağıl nem oranının gün boyunca en düşük seviyeye hava sıcaklığının en yüksek düzeyde olduğu saat 13’de ulaştığı görülmektedir. Simülasyonların yapılacağı bu dönemde en yüksek hava sıcaklık ortalamalarının gerçekleştiği saatler olarak kabul edilen öğlen 12’den akşam 18’e kadar esen rüzgar verileri esas alınmıştır. Yapılan analizlerde hava sıcaklık değerlerinin en yüksek düzeye ulaştığı Temmuz ve Ağustos aylarında rüzgar hızı ve yönü önemli ölçüde farklılıklar gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu aylar için elde edilen veriler ışığında belirlenen kritik dönem ortamını temsil edebileceği varsayımı ile simülasyon koşulları için hakim rüzgar yönü kuzey-doğu, minimum rüzgar hızı 3 m/sn olarak kabul edilmiştir (Şekil 6.17, Çizelge 6.5).



Şekil 6.17. Araştırma alanında en sıcak dönem için (a) temmuz (b) ağustos aylarında 14-18 saatleri arasında esen rüzgarların yönleri

Çizelge 6.5. En soğuk dönem simülasyon ortamına ilişkin özellikler

| SAAT           | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hava sıcaklığı | 20.1  | 20.6  | 20.1  | 19.5  | 19.0  | 18.5  | 17.9  |
| Bağıl nem      | 12    | 11    | 11    | 12    | 13    | 15    | 18    |
| Doğ.rad.       | 9     | 14    | 16    | 13    | 2     | 0     | 0     |
| Yay.rad.       | 97    | 105   | 100   | 101   | 104   | 54    | 3     |
| Rüzgar hızı    | 3.2   | 0.0   | 0.0   | 5.0   | 0.0   | 0.0   | 4.3   |
| Bulutluluk     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

Bu veriler ışığında en soğuk dönem için yapılacak simülasyonlar için geçerli olan konu başlıkları ve sayısal değerler Çizelge 6.6’da sıralanmaktadır.

Çizelge 6.6. En sıcak dönem simülasyon ortamına ilişkin özellikler

| EN SICAK DÖNEM SİMÜLASYON KOŞULLARI |                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yer (Enlem-boylam)                  | 41°14’ Kuzey;<br>33°00’ Doğu                                                                                                                      |
| Tarih                               | 21 Haziran 2008                                                                                                                                   |
| Başlangıç saati                     | 06:00                                                                                                                                             |
| Simülasyon süresi                   | 24 saat                                                                                                                                           |
| Yüzey sıcaklığı                     | 285 K                                                                                                                                             |
| Hava sıcaklığı                      | 283 K                                                                                                                                             |
| Rüzgar yönü                         | 45°                                                                                                                                               |
| Rüzgar hızı                         | 3 m/sn                                                                                                                                            |
| Bağıl nem oranı                     | %10                                                                                                                                               |
| Bina yüzey özellikleri              | Çatı : Albedo: 0,2<br>Duvar : Albedo: 0,3                                                                                                         |
| Yer yüzey özellikleri               | Taşıt yolu : Asfalt (Albedo: 0,15)<br>Yaya yolu : Beton parke (Albedo: 0,20)<br>Otopark : Asfalt (Albedo: 0,15)<br>Yeşil alan : Çim (Albedo 0,25) |
| Ağaç türü                           | Yaprak döken (h=10 m)<br>Yaprak dökmeyen (h=20 m)                                                                                                 |
| Mekansal çözünürlük                 | Yatay(x,y): 6 m<br>Düşey(z) : 3 m                                                                                                                 |

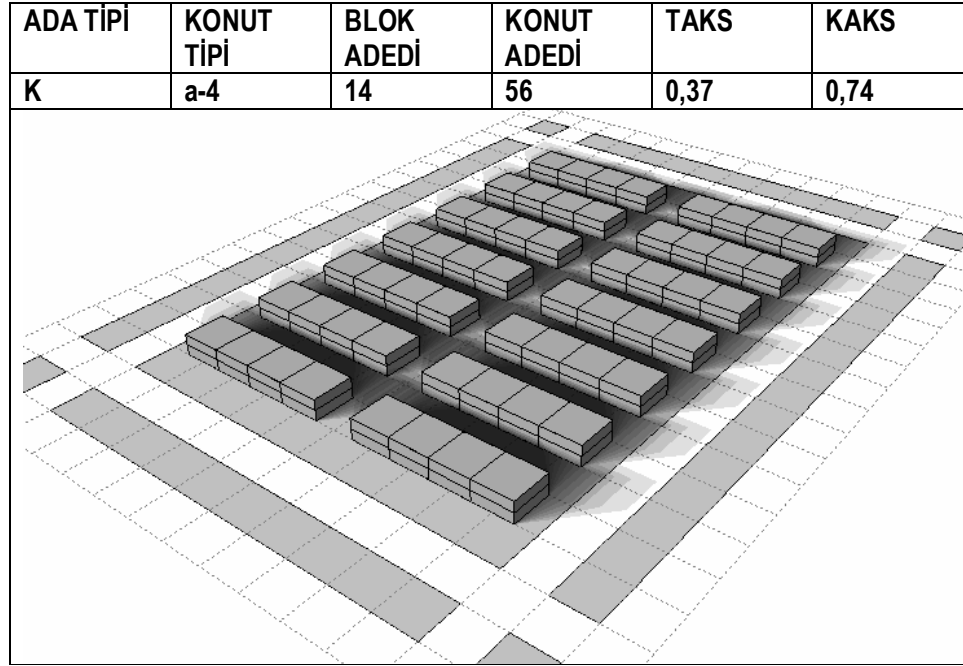
## 6.2. Hipotetik Konut Adaları Mikroklima Analizleri

Bir önceki bölümde de görüldüğü üzere iklim elemanlarından özellikle radyasyon ve rüzgarın en soğuk ve en sıcak olmak üzere iki ayrı dönem için ayrı özellikler göstermesi ve bunların dönemsel olarak yaptıkları farklı etkiler hipotetik konut adalarının mikroklima analizlerinin iki farklı dönem için yapılmasını gerektirmektedir. Buna göre ‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ konut tiplerinden oluşan ‘K’, ‘L’, ‘M’ ve ‘N’ konut adası tiplerinin en soğuk ve en sıcak dönem için yapılacak simülasyonlardaki mikroklima analizlerinin başlıkları şöyle sıralanmaktadır:

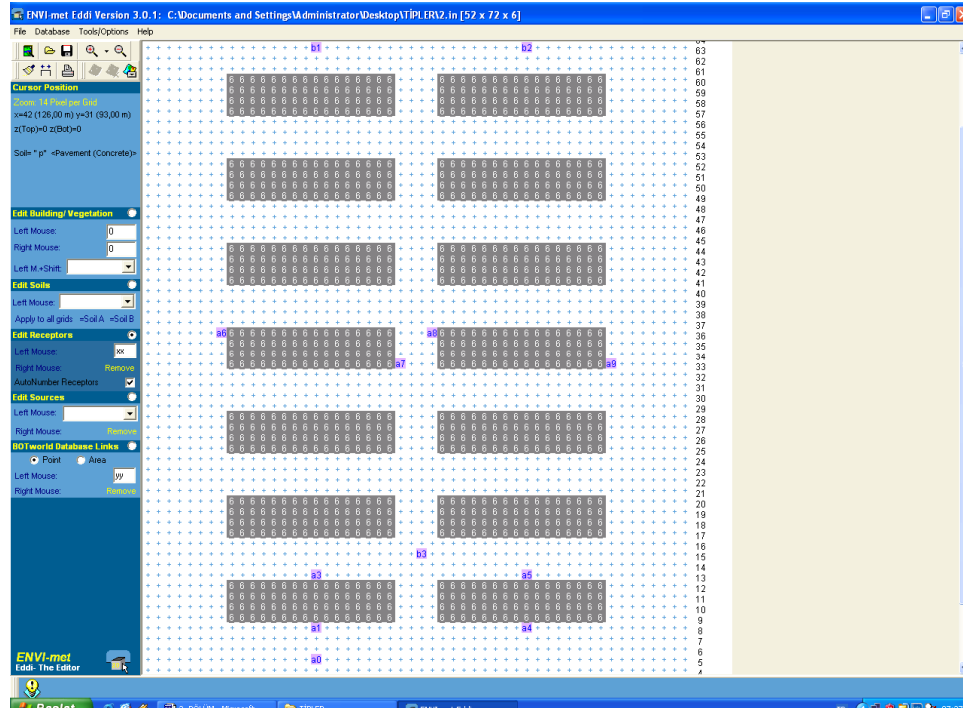
- Hava sıcaklıkları
- Duvar yüzeylerinden yansıyan ve tutulan radyasyon miktarları
- Duvar ve çatı yüzeyi sıcaklıkları
- Rüzgar hızı ve hareketleri

### 6.2.1. ‘K’ tipi konut adası mikroklima analizi

Araştırmanın bu bölümünde ‘a-4’ tipi konut bloklarından oluşan 120 m-180 m boyutlarındaki yaklaşık 2 hektarlık bir alan içinde konumlanan ‘K’ tipi konut adası için (Şekil 6.18) gerçekleştirilen simülasyonlarda en soğuk ve en sıcak döneme ilişkin mikroklima özellikleri için performans analizleri yapılmaktadır. Şekil 6.19’da simülasyon öncesi ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘K’ tipi konut adası içerisinde yer alan ‘a-4’ tipi konut blokları ile alanda farklı noktalarda yerleştirilmiş olan reseptörler görülmektedir.



Şekil 6.18. ECOTECT programında ‘K’ tipi konut adasının 21 Aralık’da 10 ile 14 saatleri arasında 30 dakikalık aralıklarla oluşan gölge dokusu

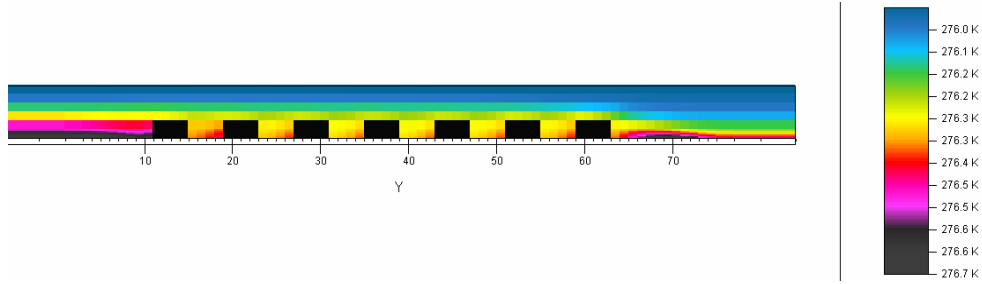


Şekil 6.19. ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘K’ tipi konut adası ve ada içinde yer alan reseptörler

### En soğuk dönem mikroklima analizi

#### *Hava ve yüzey sıcaklık analizi*

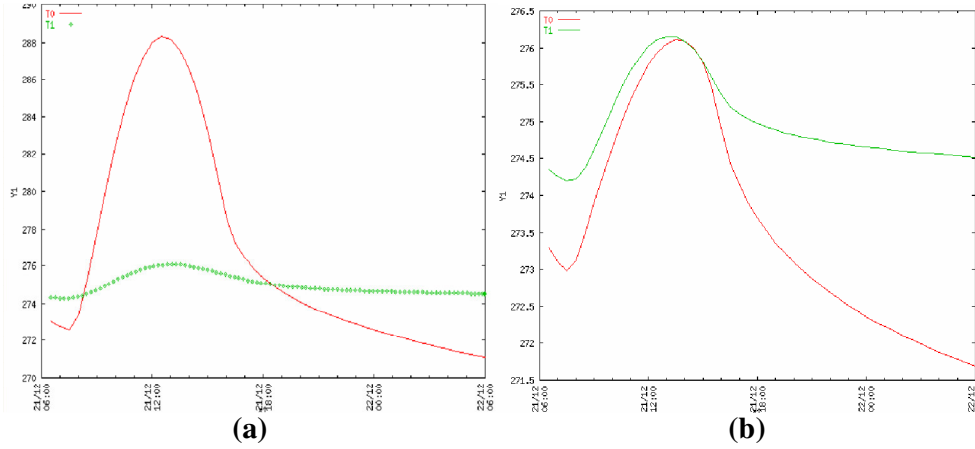
En soğuk dönem için yapılan hava sıcaklık analizlerinde, çevresi ile karşılaştırıldığında, konut adası içerisinde en soğuk dönem için önemli sayılabilecek düzeyde bir sıcaklık farkı olduğu görülmüştür. Yerden 3 m yüksekliğe kadar ortalama 0,7 K kadar olduğu görülen bu farkın, doğrudan gelen radyasyon şiddetinin en yüksek düzeye ulaştığı öğle saatlerinde albedo değeri en düşük olan asfalt yüzeyler üzerinde olduğu belirlenmiştir. 9 m yükseklikteki çatı seviyesinden sonra 0,2 K kadar düşen bu farkın bu yükseklikten sonra daha da azalarak dengelendiği görülmektedir (Şekil 6.20).



Şekil 6.20. 'K' tipi konut adasında saat 13'de hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesit

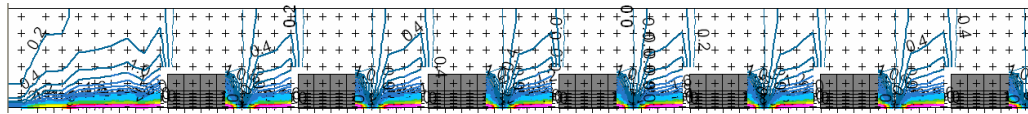
Konut adası dışında ve içerisinde oluşan hava sıcaklık farklarının daha kapsamlı olarak anlaşılabilmesi yüzey sıcaklıklarının belirlenmesini gerektirmektedir. Bu amaçla ilk olarak ada dışında daimi güneş alan bir noktada konumlanan (a0) reseptörü ile ada içerisinde daimi gölgede kalan bir noktada konumlanan (a3) reseptöründen elde edilen hava ve yatay yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. İlk bakışta genel olarak hava sıcaklık değerlerindeki artma ve azalmaların yatay yüzey sıcaklık değerleri ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu izlenimi edinilmekle birlikte, elde edilen sonuçlara göre hava sıcaklıklarının yatay yüzey sıcaklıklarından beklenen ölçüde etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada her iki reseptörden elde edilen hava ve yüzey

sıcaklık değerlerine bakıldığında yüzey sıcaklıklarının 275,5 K ile 288 K olmasına karşın, hava sıcaklıklarının her iki reseptörde de 276 K ile aynı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.21).



Şekil 6.21. ‘K’ tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen yüzey ve hava sıcaklık değerlerinin (a) saat 6’da (b) saat 24’deki değişimi

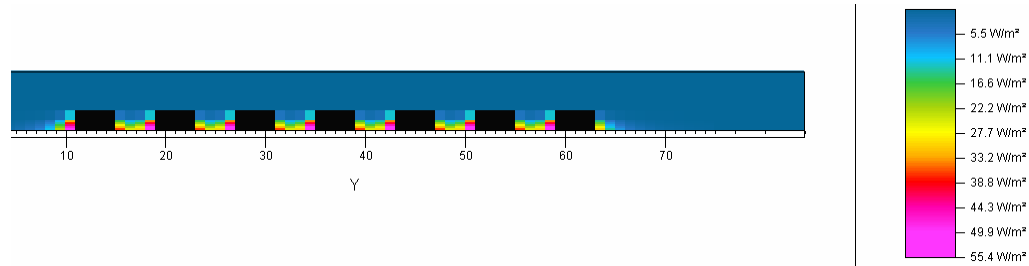
Yeryüzeyi üzerinde elde edilen bu değerlerin yüksekliğin artması ile yatayda azalarak daha sonra düşey yüzeylere yakın noktalarda artmaya başlaması, hava sıcaklığının düşey yüzlerden de etkilendiğini göstermektedir. Yapılan analizlerde uzundalga radyasyon sıcaklık dağılımlarının yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği alanlarda daha yoğunluk kazandığını göstermiştir (Şekil 6.22). Bu amaçla araştırmanın bundan sonraki aşamasında ada içerisindeki konut bloklarının duvar yüzeyi radyasyon değerleri analiz edilmektedir.



Şekil 6.22. ‘K’ tipi konut adasında saat 13’de düşey yüzeylerden yansıyan uzun dalga radyasyon sıcaklık değerleri

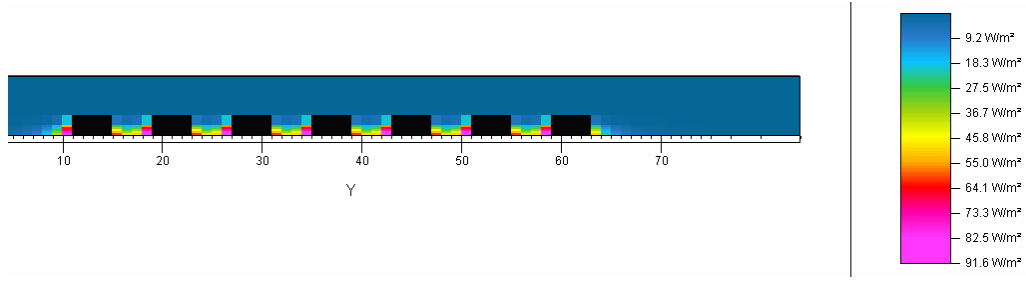
### Radyasyon analizi

‘K’ tipi konut adasında yüzeylerden gelen radyasyon düzeyine bakıldığında, yüzeylere atmosferden gelen kısa dalga radyasyonun bir kısmının yüzeyler tarafından tutulurken diğer bir kısmının yansıyan ve yayılan uzun dalga radyasyon olarak atmosfere geri döndüğü anlaşılmaktadır. Bu amaçla yapılan analizlerde Şekil 6.23’de düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon, Şekil 6.24’de ise bu yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon miktarları görülebilmektedir. 5,5 W/m<sup>2</sup> ile 55,4 W/m<sup>2</sup> arasında değişen yansıyan radyasyon değerleri ile 9,2 W/m<sup>2</sup>-91,6 W/m<sup>2</sup> arasında değişen yayılan radyasyon değerleri karşılıklı incelendiğinde, en soğuk dönemde düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerlerinin uzun dalga radyasyon değerlerinin yaklaşık 2 katı kadar olduğu anlaşılmaktadır. Birbirleri ile ilişkili olan her iki radyasyon değerlerinden en yüksek olanlar 3 m ve altındaki yükseklikte güneye bakan yüzeylerde, en düşük olanlar ise yüksekliğe bağlı olarak kuzeye bakan yüzeylerde çatı yüzeyi seviyesinde görülmektedir. Güneye bakan yüzeylerdeki kısa ve uzun dalga radyasyon düzeyinin yüksekliğe bağlı olarak yaklaşık olarak on kat artması veya azalmasının nedeninin duvar yüzeylerinde en yüksek değerinin ‘1’ olduğu çatı seviyesinden yere doğru yaklaştıkça azalan gökyüzü görüş faktörü olduğu anlaşılmıştır (Şekil 6.25). ‘K’ tipi konut adası içerisinde hava sıcaklıklarının en yüksek olduğu noktalar bu değerinin ‘0,8’ ile en düşük olduğu güneye bakan duvar yüzeylerine yakın 3 m ve altında kalan noktalardır.(Şekil 6.25).

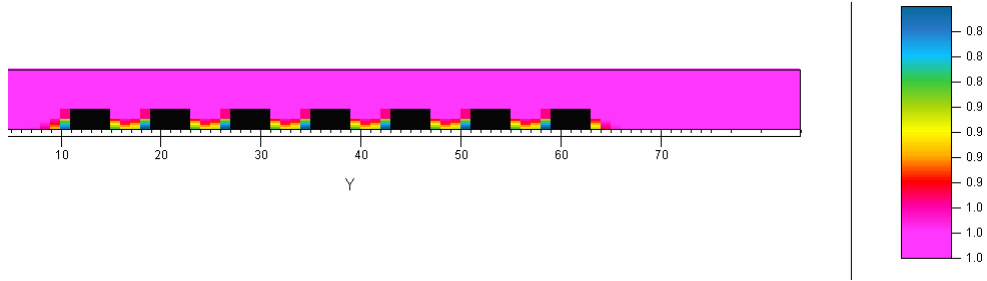


Şekil 6.23. ‘K’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri





Şekil 6.24. ‘K’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerleri



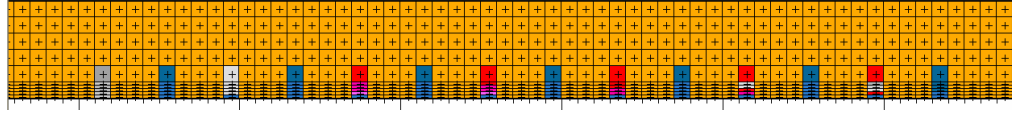
Şekil 6.25. ‘K’ tipi konut adasında gökyüzü görüş faktör değerleri

Yapılan bu analizlerden elde edilen veriler ışığında yüzeylerdeki radyasyon miktarındaki değişim düzeyinin yüzey sıcaklıkları üzerine etkilerini görmek için bir sonraki aşamada duvar yüzeyi sıcaklık analizleri yapılacaktır.

#### *Duvar yüzeyi sıcaklık analizi*

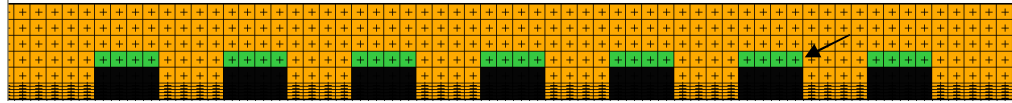
Duvar yüzeyi sıcaklıklarının ada içerisindeki dağılımına bakıldığında, gün boyunca oluşan en yüksek değerlerin güneye bakan tüm konut yüzeylerinde olduğu belirlenmiştir. Yüzey sıcaklıklarının 323 K olduğu en üst düzeye güneşin en dik konuma gelmeye başladığı saat 10’da ulaşarak, bu değeri saat 14’e kadar sürdürdüğü görülmüştür (Şekil 6.26). Bir önceki araştırmada elde edilen verilere göre en fazla 288 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklık değerleri ile aynı saatlerde 323 K seviyesine kadar çıkan düşey yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında, yatay yüzeyler ile düşey yüzeyler arasında 35 K gibi oldukça yüksek bir farkın ortaya

çıktığı anlaşılmakta, bunun da konut adası içerisindeki hava sıcaklık farklarını açıklayan önemli bir etken olduğu görülmektedir.



Şekil 6.26. ‘K’ tipi konut adasında saat 15’de oluşan duvar yüzeyi sıcaklık değerleri

Buna neden olarak, en az sıcak dönemde yatay yüzeyler tarafından tutulan kısa dalga radyasyon miktarının güneş ışınlarının eğik gelmesine bağlı olarak azalması gösterilebilir. Ancak güneşi doğrudan gören yatay ve düşey yüzeylerde azalan sıcaklık değerlerinin birlikte analiz edildiği bir başka simülasyon ortamından edilen görüntülere dayanarak, rüzgar hızı ve hareketlerinin bu değerleri etkilediği anlaşılmaktadır (Şekil 6.26, Şekil 6.27). Güneşi doğrudan gören çatı yüzeyi sıcaklıkları incelendiğinde doğrudan gelen kısa dalga radyasyon düzeyinin en yüksek olduğu saat 13’de yaklaşık 284 K olduğu görülmektedir (Şekil 6.27).

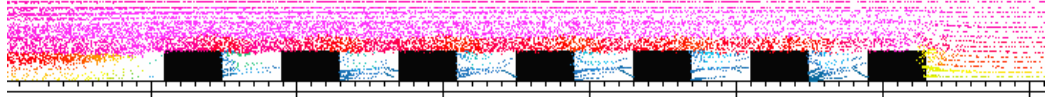


Şekil 6.27. ‘K’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan çatı yüzeyi sıcaklık değerleri

288 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklığı ile 284 K olan çatı yüzey sıcaklıkları arasındaki 4 K’lik farkın ise çatı seviyesindeki rüzgar hızının yüksekliğe bağlı olarak artmış olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu nedenlerle konut adasının mikroklima özelliklerine olası etkileri belirlemek üzere araştırmanın bundan sonraki aşamasında rüzgar hızı ve hareketlerine ilişkin analizler yapılmaktadır.

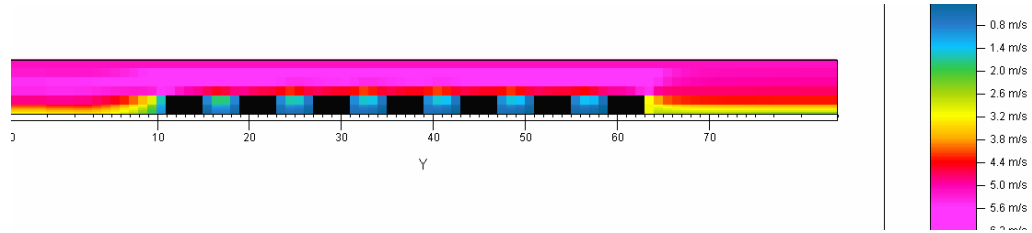
### Rüzgar analizi

Yapılan analizlerde kuzey-güney doğrultusunda esen hakim rüzgarın, rüzgara dik konumdaki konut bloklarının arasında kalan alanlarda hızının oldukça azalmış olmasına karşın, çatı seviyesinde daha da artmış olduğu görülmektedir (Şekil 6.28).



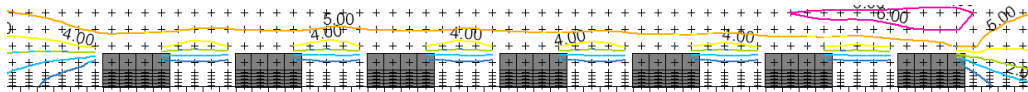
Şekil 6.28. 'K' tipi konut adasında rüzgar hızı değerlerini gösteren kesitler

Rüzgarın bu hareketlerine ilişkin elde edilen sayısal verilerden, ada dışındaki doğal ortamda ortalama 5 m/sn hızla esen hakim rüzgarın, ada yakın çevresinde bu hızının farklılaştığı, ada içerisinde ise yerden 6 m yükseklikteki çatı seviyesine kadar 1 m/sn'nin altına kadar düşmüş olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.29).



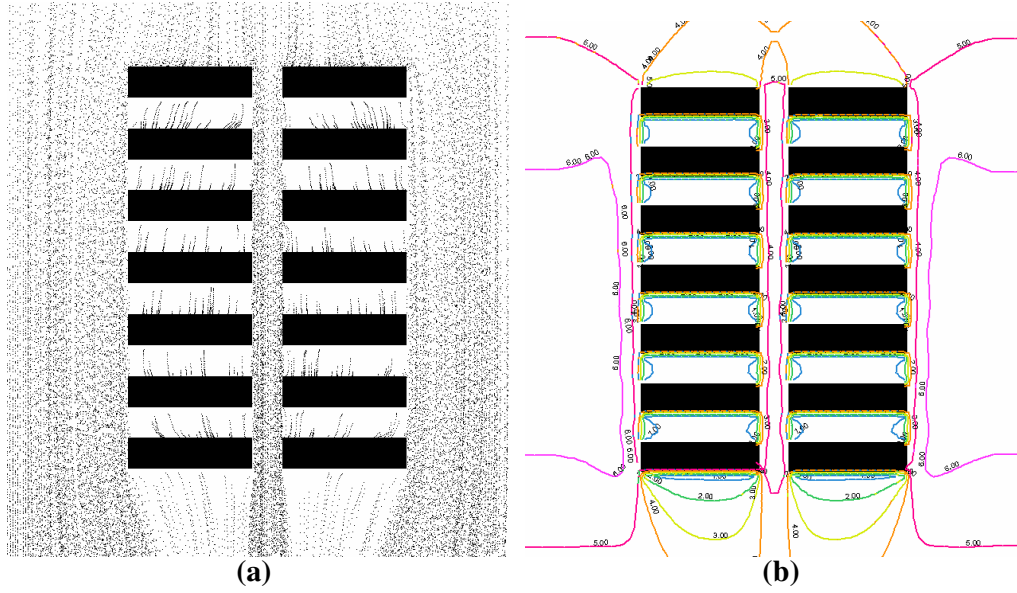
Şekil 6.29. 'K' tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri

Daha ayrıntılı olarak incelendiğinde rüzgar hızının, rüzgara dik konumdaki adanın kuzey ve güney kenarları arasında oluşan basınç farkının etkisi ile artarak 6 m olan çatı seviyesinin 3 m kadar üzerinde 5 m/sn olarak belirlenmiştir (Şekil 6.30).



Şekil 6.30. 'K' tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri

Rüzgarın hız ve hareketlerine yatay konumda bakıldığında adanın dış kesimlerinde doğal yönünü koruyan rüzgarın, adanın güney kesiminde bir gölge alanı oluşturduktan sonra doğal yönünde esmeye devam ettiği anlaşılmaktadır. Konutlar arasında kalan alanlarda hızı oldukça azalan rüzgarın, 6 m/sn ile en yüksek hıza konut adası içerisinde oluşan koridor ile adanın kuzey-güney doğrultusundaki dış kenarlarında ulaşmış olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 6.31).



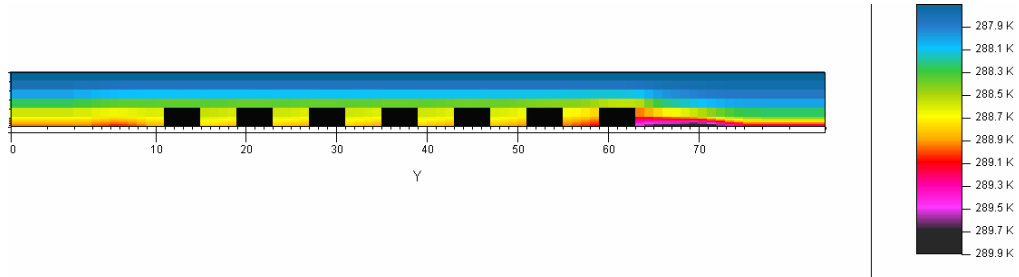
Şekil 6.31. ‘K’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri

#### En sıcak dönem mikroklima analizi

##### *Hava ve yüzey sıcaklık analizi*

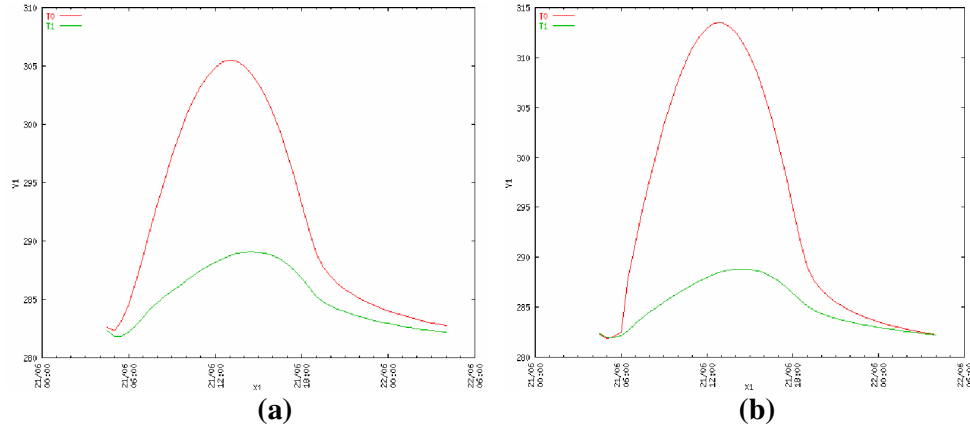
Yapılan analizlerde konut adası ve yakın çevresinde gün içerisindeki hava sıcaklık değerlerinin en yüksek düzeye ulaştığı saat 14’de 2,1 K’e kadar yükselen hava sıcaklık farklarının, bu farkın en çok 0,7 K olduğu en soğuk dönem değerleri ile karşılaştırıldığında yaklaşık üç kat arttığı görülmüştür. Doğrudan gelen radyasyon şiddetinin en yüksek düzeye ulaştığı öğle saatlerinde oluşan bu farkın, özellikle konut adası içerisinde daimi gölgede kalan alanlarla, adayı çevreleyen yaya ve taşıt

yolu gibi ısı iletme katsayısı yüksek olan sert yüzeylerin 3 m ve altındaki yüksekliklerde daha da belirginleştiği görülmektedir (Şekil 6.32). Ada içerisinde kalan alanlarda en yüksek hava sıcaklığı değerlerinin güney yönündeki yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği noktalarda belirginleştiği, buna da bu noktada yansıyan ve yayılan radyasyon düzeyinin hızla artmasına neden olan gökyüzü görüş faktörünün (SVF) azalmasının etki ettiği düşünülmektedir. Bu noktalarda hava sıcaklıklarında oluşan yüksek değerlerin yaklaşık 9 m'ye kadar bu düzeyi korumakta olduğu görülmektedir.



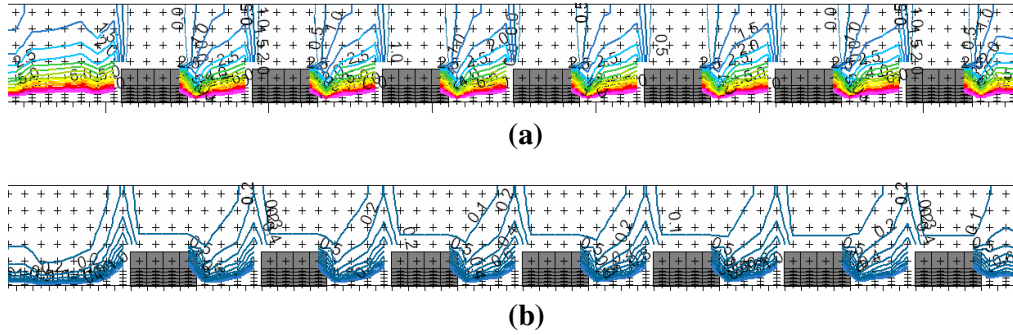
Şekil 6.32. 'K' tipi konut adasında saat 14'de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit

Konut adası dışında ve içerisinde oluşan hava sıcaklık değerleri ile bu değerlerdeki değişimin daha kapsamlı olarak anlaşılabilmesi, yatay ve düşey yüzey sıcaklıklarının belirlenmesini gerektirmektedir. Bu amaçla ilk olarak ada dışında daimi güneş alan bir noktada konumlanan (a0) reseptörü ile ada içerisinde daimi gölgede kalan bir noktada konumlanan (a3) reseptöründen elde edilen hava ve yatay yüzey sıcaklık değerleri arasındaki ilişkiler karşılaştırılmıştır. İlk bakışta genel olarak hava sıcaklık değerlerindeki artış ve azalışların yatay yüzey sıcaklık değerleri ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu izlenimi vermekle birlikte, hava sıcaklıklarının yatay yüzey sıcaklıklarından beklenen ölçüde etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada her iki reseptörden de elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında yüzey sıcaklıklarının 275,5 K ile 288 K olmasına karşın, hava sıcaklıklarının her ikisinde de 276 K ile aynı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.33).



Şekil 6.33. 21 Haziran'da 'K' tipi konut adasında (a) (a0) no'lu (b) (a3) no'lu reseptörlerden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerinin gün içerisindeki dağılımı

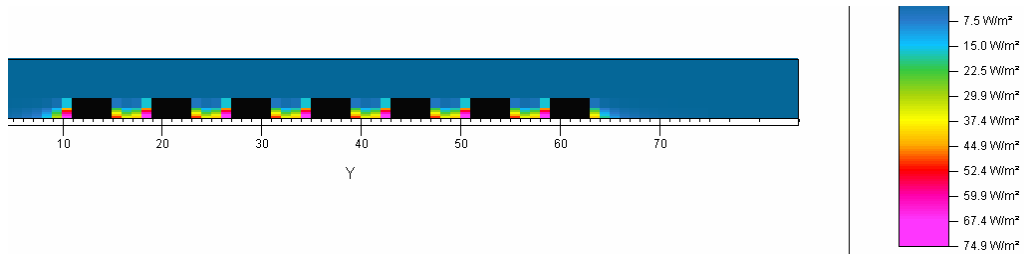
Yeryüzeyi üzerinde elde edilen bu değerlerin yüksekliğin artması ile yatayda azalarak daha sonra düşey yüzeylere yakın noktalarda artmaya başlamasının, hava sıcaklığının düşey yüzlerden de etkilendiğini göstermiştir. Yapılan analizlerde uzundalga radyasyon sıcaklık dağılımlarının yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği alanlarda daha yoğunluk kazandığını göstermiştir (Şekil 6.34). Bu amaçla araştırmanın bundan sonraki aşamasında ada içerisindeki konut bloklarının duvar yüzeyi radyasyon değerleri analiz edilmektedir.



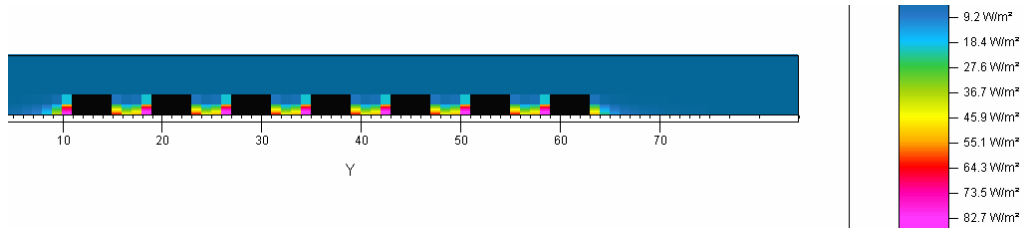
Şekil 6.34. 'K' tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin (a) saat 14 (b) saat 22'de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı

### Radyasyon analizi

21 Haziran'da hava sıcaklıklarının en yüksek seviyeye ulaşmaya başlamış olduğu saat 14'de, yüzeylere atmosferden gelen kısa dalga radyasyonun bir kısmının yüzeyler tarafından tutulurken diğer bir kısmının yansıyan ve yayılan uzun dalga radyasyon olarak atmosfere geri döndüğü anlaşılmaktadır. Bu amaçla yapılan analizlerde Şekil 6.35'de düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon, Şekil 6.36'da ise bu yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon miktarları görülebilmektedir.  $5,3 \text{ W/m}^2$  ile  $53,6 \text{ W/m}^2$  arasında değişen yansıyan radyasyon değerleri ile  $2,2 \text{ W/m}^2$ - $22,2 \text{ W/m}^2$  arasında değişen yayılan radyasyon değerleri karşılaştırıldığında, en sıcak dönemde uzun dalga radyasyon değerlerinin çok fazla değişmemesine karşın, kısa dalga radyasyon değerlerinin yaklaşık olarak iki kat artmış olması güneş ışınlarının her iki dönemde de düşey ve yatay yüzeylere farklı açılarla gelmesi ile açıklanabilir. Birbirleri ile ilişkili olan her iki radyasyon değerlerinden en yüksek olanların 3 m ve altındaki yükseklikte güneye bakan yüzeylerde, en düşük olanlar ise kuzeye bakan yüzeylerde çatı yüzeyi seviyesinde görüldüğü, bunun da gökyüzü görüş faktörü ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 6.35. 'K' tipi konut adasında saat 14'de düşey yüzeyler üzerindeki yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri

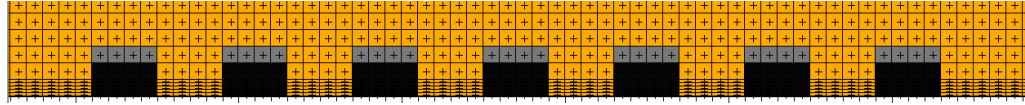


Şekil 6.36. 'K' tipi konut adasında saat 14'de düşey yüzeyler üzerindeki yayılan uzun dalga radyasyon değerleri

Yatay ve düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerlerinin birlikte değerlendirildiği dağılımlar karşılaştırıldığında da, en yüksek değerlerin ısı tutma kapasitesinin doğal yüzeylere göre daha düşük olduğu yaya ve taşıt yolu ile çatı yüzeyi gibi yatay yüzeyler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Günün en sıcak saati olan 14’de konutlar arasında kalan yüzeylerde, gece 22’den itibaren ise çatı yüzeyleri üzerinde artan değerler arasında oluşan bu farkın sabah saatlerinde azalarak dengelendiği görülmüştür. Sonraki bölümde, bu sürecin etkilediği hava ve yüzey sıcaklık değerleri ile bunların arasındaki ilişkinin değişim düzeyi analiz edilmektedir.

#### *Duvar yüzeyi sıcaklık analizi*

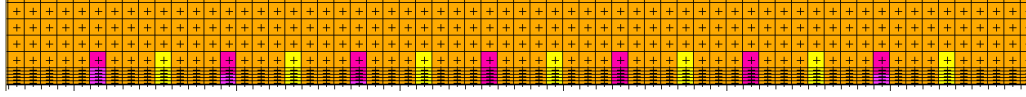
Duvar yüzeyi sıcaklıklarının ada içerisindeki dağılımına bakıldığında, gün boyunca oluşan en yüksek yüzey sıcaklıklarının çatı yüzeyleri üzerinde olduğu belirlenmiştir. Gün boyu güneşi doğrudan gören çatı yüzeyi sıcaklıkları incelendiğinde hava sıcaklıklarının en yüksek düzeye ulaştığı saat 14’de 310 K’e ulaştığı görülmektedir (Şekil 6.37).



Şekil 6.37. ‘K’ tipi konut adasında saat 14’de çatı yüzeyi sıcaklık değerleri

Duvar yüzeyi sıcaklıklarının en üst düzeye güneşin en dik konuma geçmeye başladığı saat 10’da ulaşarak 295 K olan bu değeri saat 14’e kadar sürdürdüğü görülmüştür (Şekil 6.38). Bir önceki çalışmada elde edilen verilere göre en fazla 315 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklık değerleri ile aynı saatlerde 295 K’e kadar çıkan düşey yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında, en sıcak dönemde yatay yüzeyler ile düşey yüzeyler arasında 20 K gibi önemli bir farkın ortaya çıktığı anlaşılmaktadır.



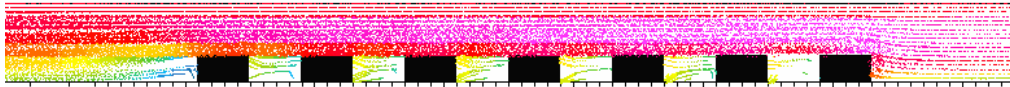


Şekil 6.38. 'K' tipi konut adasında saat 14'de kuzey ve güney duvar yüzeyi sıcaklık değerleri

315 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklığı ile 310 K olan çatı yüzey sıcaklıkları arasındaki 5 K'lık farkın ise çatı seviyesindeki rüzgar hızının yüksekliğe bağlı olarak artmış olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Sonraki bölümde konut adasının mikroklima özelliklerine olası etkilerini belirlemek üzere araştırmanın bundan sonraki aşamasında rüzgar hızı ve hareketlerine ilişkin analizler yapılmaktadır.

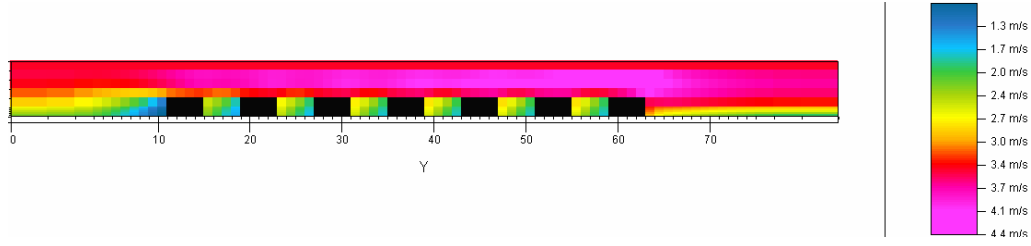
#### *Rüzgar analizi*

Yapılan ilk analizde simülasyon koşullarına göre kuzey doğudan 45° açı ile gelen hakim rüzgar hızının, rüzgara eğik konumdaki konut bloklarının arasında kalan alanlarda kısmen azalmış olmasına karşın, çatı seviyesinde artmış olduğu görülmektedir (Şekil 6.39).



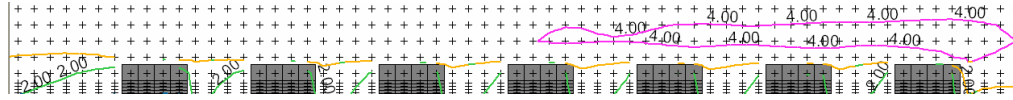
Şekil 6.39. 'K' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

Rüzgarın bu hareketlerine ilişkin elde edilen sayısal verilere göre, ada dışındaki doğal ortamda ortalama 3 m/sn hızla esen hakim rüzgarın, ada yakın çevresinde bu hızı koruduğu, ada içerisinde kuzeye bakan duvar yüzeylerinde yerden 6 m yükseklikteki çatı seviyesine kadar 2,7 m/sn hızla estiği belirlenmiştir (Şekil 6.40).



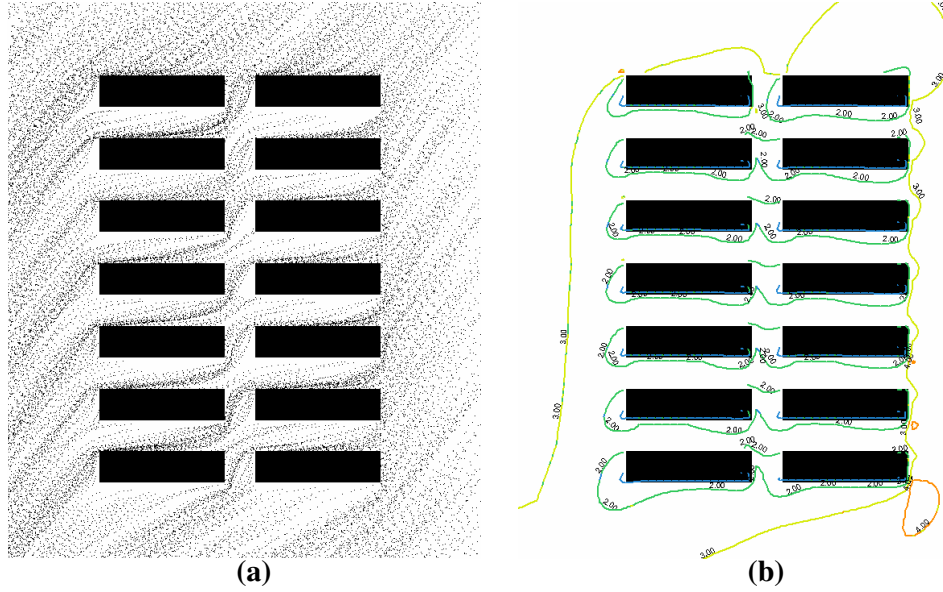
Şekil 6.40. 'K' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

Analiz sonuçları daha ayrıntılı olarak incelendiğinde, 'a-4' tipi homojen konut bloklarından oluşan konut adasında çatı seviyesinde 3 m/sn ile doğal hızında esen rüzgar hızının yere yaklaştıkça 3 m yükseklikten itibaren 2 m/sn'nin altına düştüğü görülmektedir (Şekil 6.41).



Şekil 6.41. 'K' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

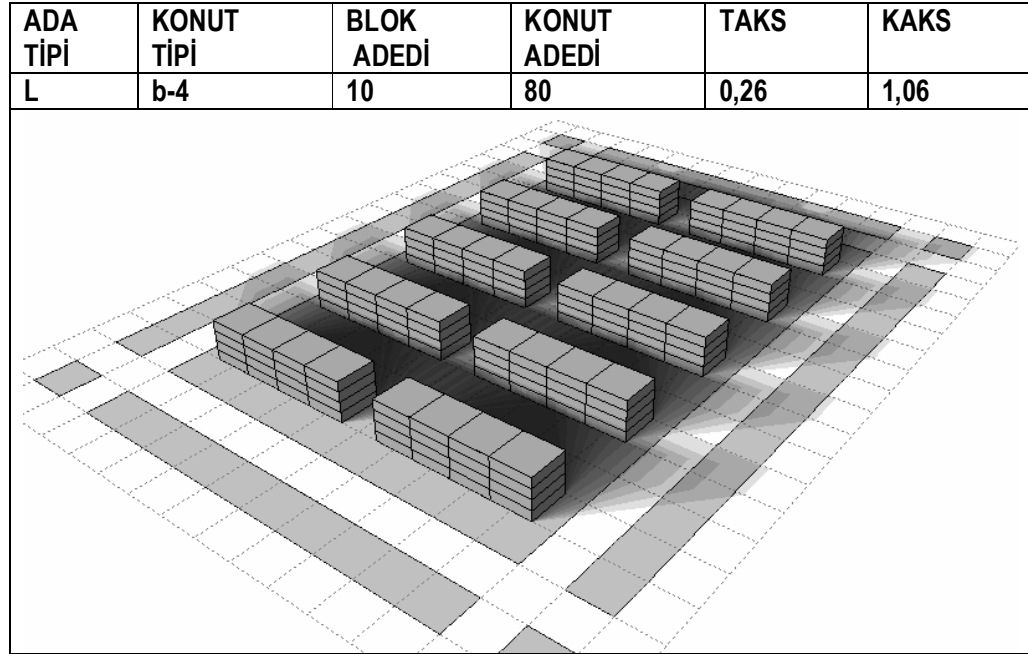
Rüzgarın hız ve hareketlerine yatay konumda bakıldığında adanın dış kesimlerinde 45° açı ile geldiği doğal yönünü koruyan rüzgarın, adanın güney-batı kesiminde bir gölge alanı oluşturduktan sonra bu yönde esmeye devam ettiği anlaşılmaktadır. Konut dizileri arasında kalan alanlarda hızı biraz azalan rüzgarın hızının, konut adası içerisinde doğu batı doğrultusunda oluşan koridorlarda yerden 3 m yükseklikte 2 m/sn hızda estiği görülmektedir (Şekil 6.42).



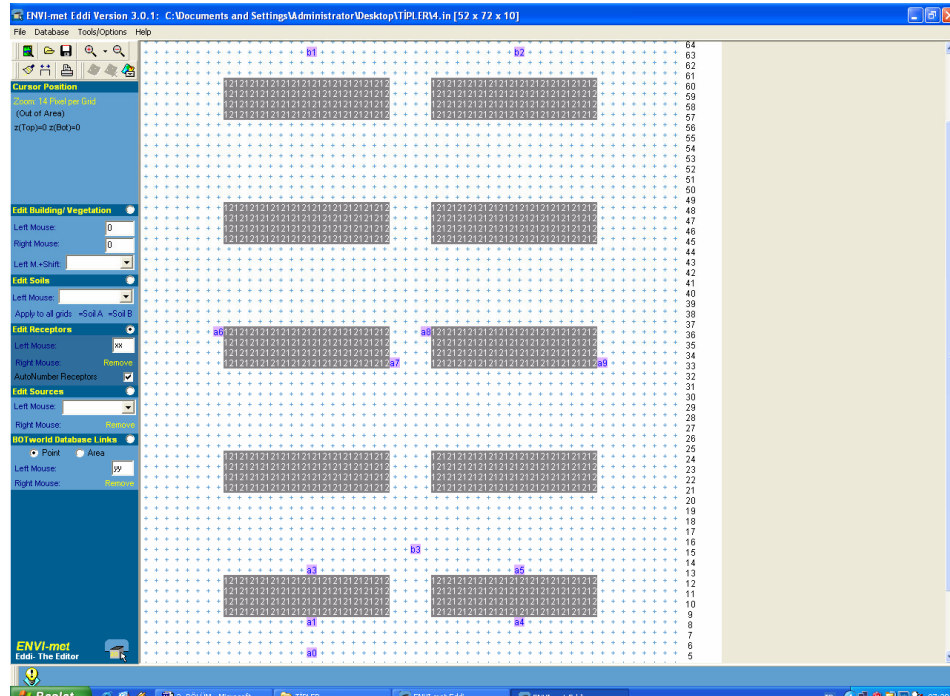
Şekil 6.42. ‘K’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri

### 6.2.2. ‘L’ tipi konut adası mikroklima analizi

Bu çalışmada ‘b-4’ tipi konut bloklarından oluşan 120 m - 180 m boyutlarındaki yaklaşık 2 hektarlık bir alan içinde konumlanan ‘L’ tipi konut adası (Şekil 6.43) için gerçekleştirilen simülasyonlarda en soğuk ve en sıcak döneme ilişkin mikroklima özellikleri için performans analizleri yapılmaktadır. Şekil 6.44’de simülasyon öncesi ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘L’ tipi konut adası içerisinde yer alan ‘b-4’ tipi konut blokları ile alanda farklı noktalarda yerleştirilmiş olan reseptörler görülmektedir.



Şekil 6.43. ECOTECT programında ‘L’ tipi konut adasının 21 Aralık’da saat 10 ile 14 arasında 30 dakikalık aralıklarla oluşan gölge doku

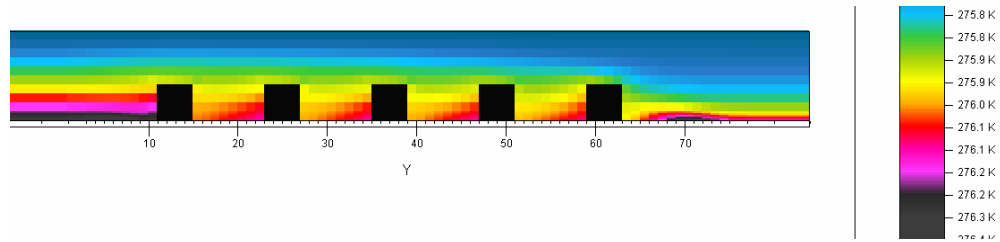


Şekil 6.44. ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘L’ tipi konut adası ve ada içinde yer alan reseptörler

### En soğuk dönem mikroklima analizi

#### *Hava ve yüzey sıcaklık analizi*

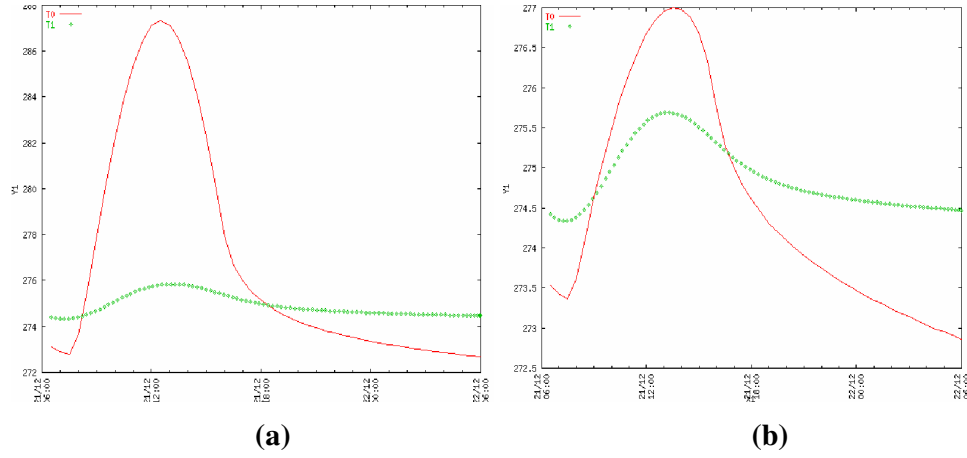
En soğuk dönem için yapılan hava sıcaklık analizlerinde, çevresi ile karşılaştırıldığında, konut adası içerisinde en soğuk dönem için önemli sayılabilecek düzeyde bir sıcaklık farkı olduğu görülmüştür. Yerden 3 m yüksekliğe kadar ortalama 0,7 K kadar olduğu görülen bu farkın, doğrudan gelen radyasyon şiddetinin en yüksek düzeye ulaştığı öğle saatlerinde albedo değeri en düşük olan asfalt yüzeyler üzerinde olduğu belirlenmiştir. 9 m yükseklikteki çatı seviyesinden sonra 0,2 K kadar düşen bu farkın bu yükseklikten sonra daha da azalarak dengelendiği görülmektedir (Şekil 6.45).



Şekil 6.45. 'L' tipi konut adasında saat 13'de hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesit

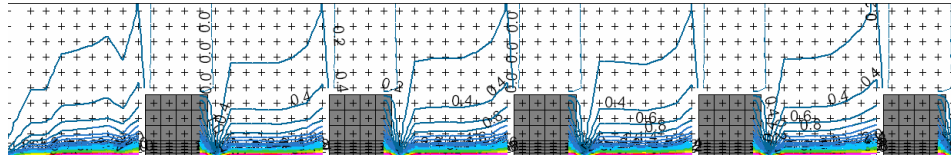
Konut adası dışında ve içerisinde oluşan hava sıcaklık farklarının daha kapsamlı olarak anlaşılabilmesi yüzey sıcaklıklarının belirlenmesini gerektirmektedir. Bu amaçla ilk olarak ada dışında daimi güneş alan bir noktada konumlanan (a0) reseptörü ile ada içerisinde daimi gölgede kalan bir noktada konumlanan (a3) reseptöründen elde edilen hava ve yatay yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. İlk bakışta genel olarak hava sıcaklık değerlerindeki artma ve azalmaların yatay yüzey sıcaklık değerleri ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu izlenimi edinilmekle birlikte, elde edilen sonuçlara göre hava sıcaklıklarının yatay yüzey sıcaklıklarından beklenen ölçüde etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada her iki reseptörden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında yüzey sıcaklıklarının 275,5 K ile 288 K olmasına

karşın, hava sıcaklıklarının her iki reseptörde de 276 K ile aynı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.46).



Şekil 6.46. ‘L’ tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen yüzey ve hava sıcaklık değerlerinin (a) 06 (b) 24 saatleri arasındaki değişimi

Yeryüzeyi üzerinde elde edilen bu değerlerin yüksekliğin artması ile yatayda azalarak daha sonra düşey yüzeylere yakın noktalarda artmaya başlamasının, hava sıcaklığının düşey yüzlerden de etkilendiğini göstermiştir. Yapılan analizlerde uzundalga radyasyon sıcaklık dağılımlarının yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği alanlarda daha yoğunluk kazandığını anlaşılmıştır (Şekil 6.47). Bu amaçla bundan sonraki aşamada ‘L’ tipi konut adası içerisindeki konut bloklarının duvar yüzeyi radyasyon değerleri analiz edilmektedir.

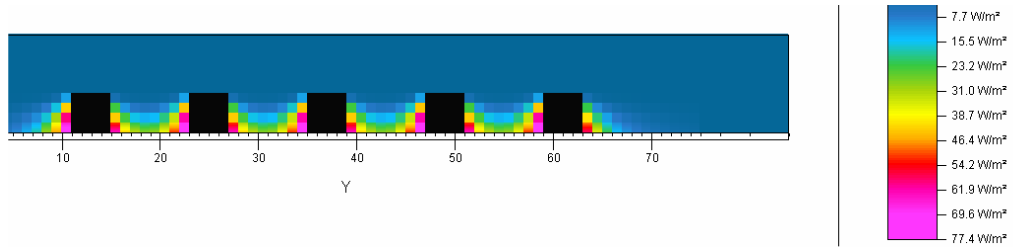


Şekil 6.47. ‘L’ tipi konut adasında saat 13’de düşey yüzeylerden yansıyan uzun dalga radyasyon sıcaklık değerleri

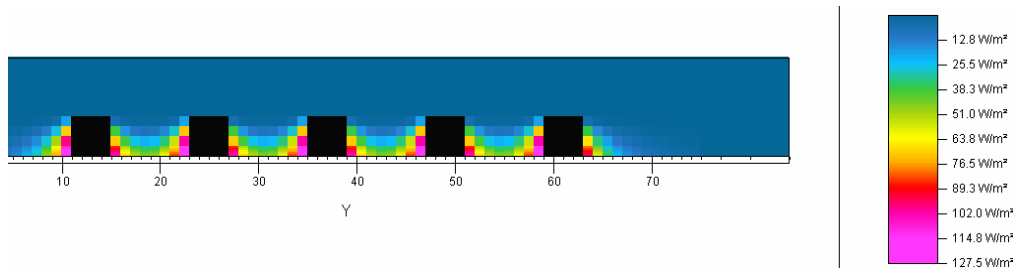
#### *Radyasyon analizi*

‘L’ tipi konut adasında yüzeylerden gelen radyasyon düzeyine bakıldığında, yüzeylere atmosferden gelen kısa dalga radyasyonun bir kısmının yüzeyler tarafından

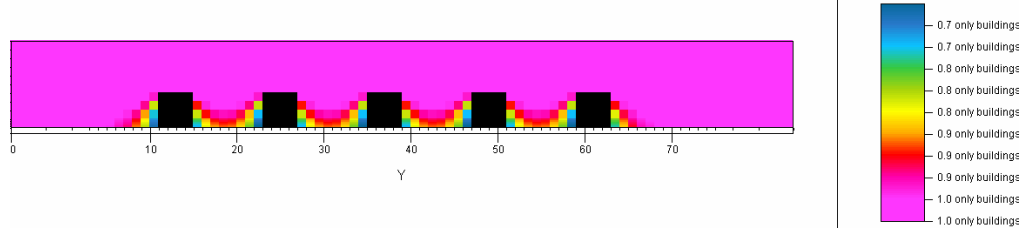
tutulurken, diğer bir kısmının yansıyan ve yayılan uzun dalga radyasyon olarak atmosfere geri döndüğü anlaşılmaktadır. Bu amaçla yapılan analizlerde Şekil 6.48’de düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon, Şekil 6.49’da ise bu yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon miktarları görülebilmektedir.  $7,7 \text{ W/m}^2$  ile  $77,4 \text{ W/m}^2$  arasında değişen yansıyan radyasyon değerleri ile  $12,8 \text{ W/m}^2$ - $127,5 \text{ W/m}^2$  arasında değişen yayılan radyasyon değerleri karşılıklı incelendiğinde, en soğuk dönemde düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerlerinin uzun dalga radyasyon değerlerinin yaklaşık 1,5 katı kadar olduğu anlaşılmaktadır. Birbirleri ile ilişkili olan her iki radyasyon değerlerinden en yüksek olanlar 3 m ve altındaki yükseklikte güneye bakan yüzeylerde, en düşük olanlar ise yüksekliğe bağlı olarak kuzeye bakan yüzeylerde çatı yüzeyi seviyesinde görülmektedir. Güneye bakan yüzeylerdeki kısa ve uzun dalga radyasyon düzeyinin yüksekliğe bağlı olarak yaklaşık olarak on kat artması veya azalmasının nedeninin duvar yüzeylerinde en yüksek değeri ‘1’ olan ve yere doğru yaklaştıkça azalan gökyüzü görüş faktörü olduğu anlaşılmıştır. ‘L’ tipi konut adası içerisinde hava sıcaklıklarının en yüksek olduğu noktalar bu faktör değerinin ‘0,7’ ile en düşük olduğu alanlar olduğu anlaşılmıştır (Şekil 6.50).



Şekil 6.48. ‘L’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri



Şekil 6.49. ‘L’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerleri

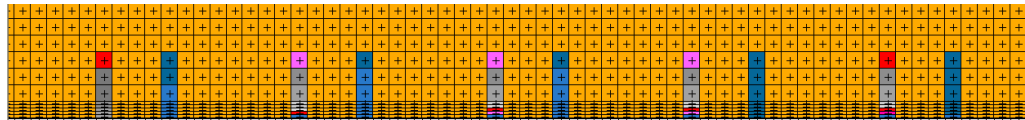


Şekil 6.50. ‘L’ tipi konut adasında gökyüzü görüş faktör değerleri

Yapılan bu analizlerden elde edilen veriler ışığında yüzeylerdeki radyasyon miktarındaki değişim düzeyinin yüzey sıcaklıkları üzerine etkilerini görmek için bir sonraki aşamada duvar yüzeyi sıcaklık analizleri yapılacaktır.

#### *Duvar yüzeyi sıcaklık analizi*

Duvar yüzeyi sıcaklıklarının ada içerisindeki dağılımına bakıldığında, gün boyunca oluşan en yüksek değerlerin güneye bakan tüm konut yüzeylerinde olduğu belirlenmiştir. Yüzey sıcaklıklarının 315 K olduğu en üst düzeye güneşin en dik konuma gelmeye başladığı saat 10’da ulaşarak, bu değeri saat 14’e kadar sürdürdüğü görülmüştür (Şekil 6.51). Bir önceki araştırmada elde edilen verilere göre en fazla 288 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklık değerleri ile aynı saatlerde 315 K seviyesine kadar çıkan düşey yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında, yatay yüzeyler ile düşey yüzeyler arasında 27 K gibi oldukça yüksek bir farkın ortaya çıktığı anlaşılmakta, bu da konut adası içerisindeki hava sıcaklık artışını açıklayan önemli bir etken olmaktadır.

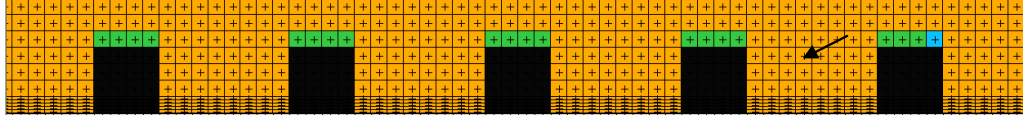


Şekil 6.51. ‘L’ tipi konut adasında saat 13’de oluşan duvar yüzeyi sıcaklık değerleri

Buna neden olarak en az sıcak dönemde yatay yüzeyler tarafından tutulan kısa dalga radyasyon miktarının güneş ışınlarının eğik gelmesine bağlı olarak azalması gösterilebilir. Ancak güneşi doğrudan gören yatay ve düşey yüzeylerde azalan



sıcaklık değerlerinin birlikte analiz edildiği bir başka simülasyon ortamından edilen görüntülere dayanarak, rüzgar hızı ve hareketlerinin bu değerleri etkilediği anlaşılmaktadır (Şekil 6.51, Şekil 6.52). Güneşi doğrudan gören çatı yüzeyi sıcaklıkları incelendiğinde doğrudan gelen kısa dalga radyasyon düzeyinin en yüksek olduğu saat 13’de yaklaşık 284 K’dir (Şekil 6.52).

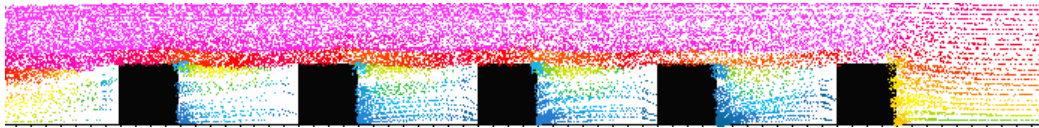


Şekil 6.52. 'L' tipi konut adasında saat 13'de oluşan çatı yüzeyi sıcaklık değerleri

288 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklığı ile 284 K olan çatı yüzey sıcaklıkları arasındaki 4 K'lık farkın ise çatı seviyesindeki rüzgar hızının yüksekliğe bağlı olarak artmış olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu nedenlerle konut adasının mikroklima özelliklerine olası etkileri belirlemek üzere araştırmanın bundan sonraki aşamasında rüzgar hızı ve hareketlerine ilişkin analizler yapılmaktadır.

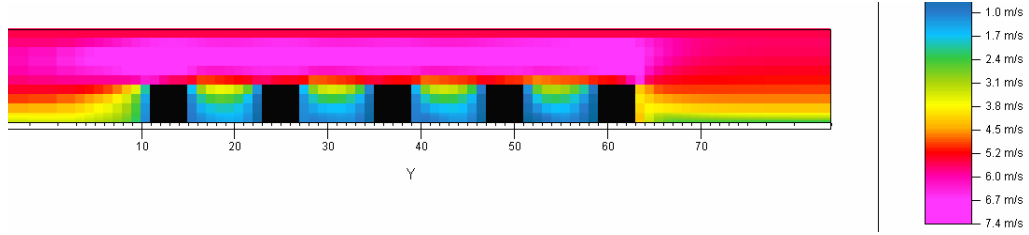
#### *Rüzgar analizi*

Yapılan analizlerde kuzey-güney doğrultusunda esen hakim rüzgarın, rüzgara dik konumdaki konut bloklarının arasında kalan alanlarda hızının oldukça azalmış olmasına karşın, çatı seviyesinde daha da artmış olduğu görülmektedir (Şekil 6.53).



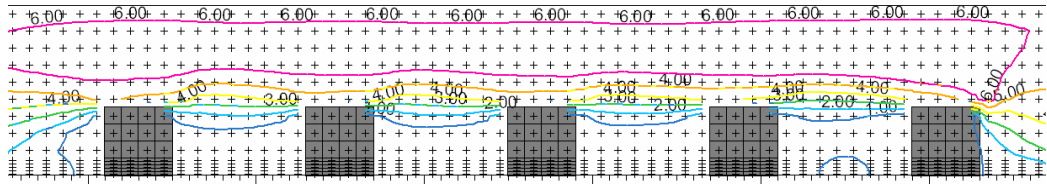
Şekil 6.53. 'L' tipi konut adasında rüzgar hızı değerlerini gösteren kesitler

Rüzgarın bu hareketlerine ilişkin elde edilen sayısal verilerden, ada dışındaki doğal ortamda ortalama 5 m/sn hızla esen hakim rüzgarın, ada yakın çevresinde bu hızının farklılaştığı, ada içerisinde ise yerden 12 m yükseklikteki çatı seviyesine kadar 1,7 m/sn'ye kadar düşmüş olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.54).



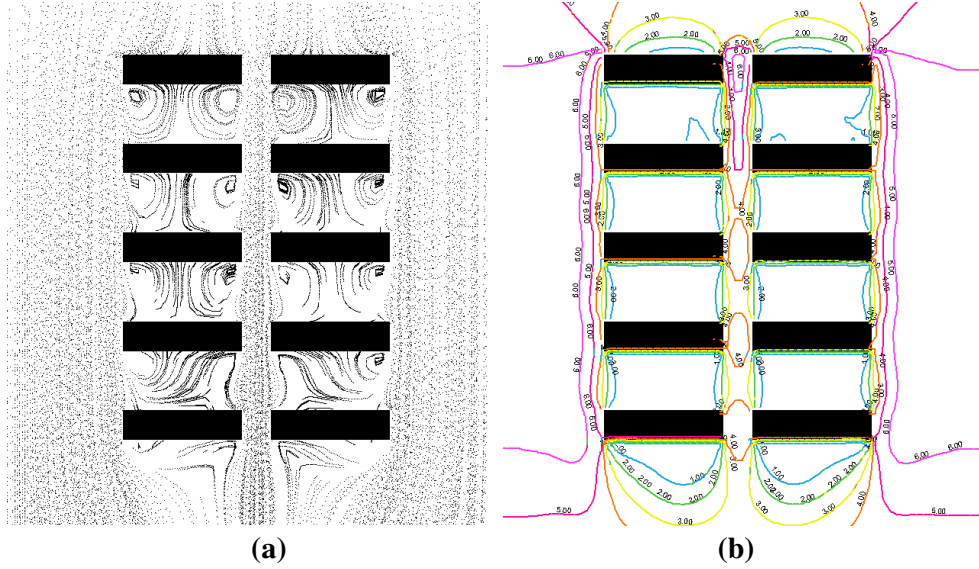
Şekil 6.54. 'L' tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri

Daha ayrıntılı olarak incelendiğinde rüzgar hızının, rüzgara dik konumdaki adanın kuzey ve güney kenarları arasında oluşan basınç farkının etkisi ile artarak 12 m olan çatı seviyesinin 3 m kadar üzerinde 6 m/sn olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.55).



Şekil 6.55. 'L' tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri

Rüzgarın hız ve hareketlerine yatay konumda bakıldığında adanın dış kesimlerinde doğal yönünü koruyan rüzgarın, adanın güney kesiminde bir gölge alanı oluşturduktan sonra doğal yönünde esmeye devam ettiği anlaşılmaktadır. Konut dizileri arasında kalan alanlarda hızı oldukça azalan rüzgarın, konut grupları arasında oluşan koridor ile adanın doğu ve batı kesimlerinde 5 m/sn olan hızının doğal hızının üzerine çıkarak kuzey-güney doğrultusundaki dış kenarlarda 6 m/sn ile en yüksek hıza ulaşmış olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 6.56).

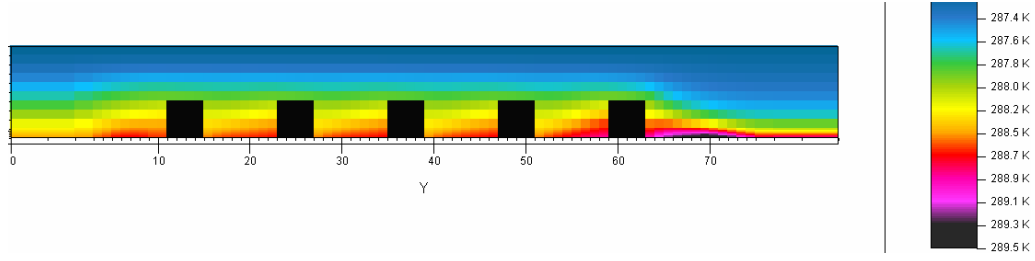


Şekil 6.56. ‘L’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri

#### En sıcak dönem mikroklima analizi

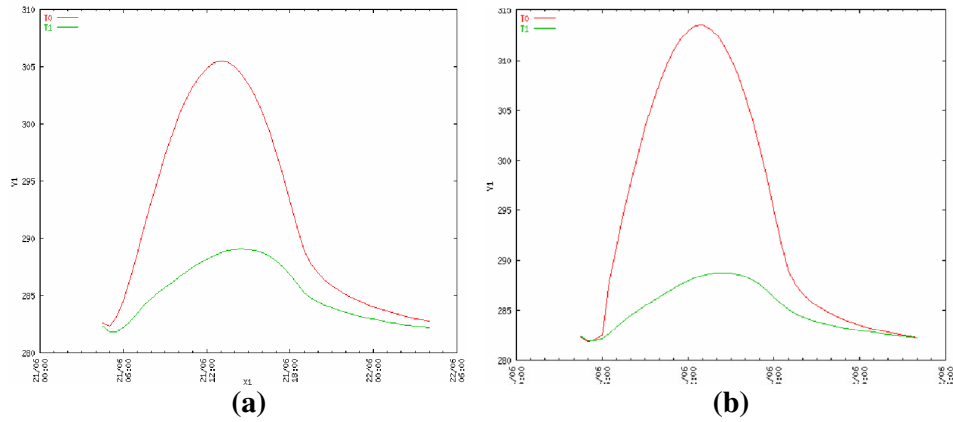
##### *Hava ve yüzey sıcaklık analizi*

Yapılan analizlerde konut adası ve yakın çevresinde gün içerisindeki hava sıcaklık değerlerinin en yüksek düzeye ulaştığı saat 14’de 2,1 K’e kadar yükselen hava sıcaklık farklarının, bu farkın en çok 0,7 K olduğu en soğuk dönem değerleri ile karşılaştırıldığında yaklaşık üç kat arttığı görülmüştür. Doğrudan gelen radyasyon şiddetinin en yüksek düzeye ulaştığı öğle saatlerinde oluşan bu farkın, özellikle konut adası içerisinde daimi gölgede kalan alanlarla, adayı çevreleyen yaya ve taşıt yolu gibi ısı iletme katsayısı yüksek olan sert yüzeylerin 3 m ve altındaki yüksekliklerde daha da belirginleştiği görülmektedir (Şekil 6.57). Ada içerisinde kalan alanlarda en yüksek hava sıcaklığı değerlerinin güney yönündeki yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği noktalarda belirginleştiği, buna da bu noktada yansıyan ve yayılan radyasyon düzeyinin hızla artmasına neden olan gökyüzü görüş faktörünün (SVF) azalmasının etki ettiği düşünülmektedir. Bu noktalarda hava sıcaklıklarında oluşan yüksek değerlerin yaklaşık 9 m’ye kadar bu düzeyi korumakta olduğu görülmektedir.



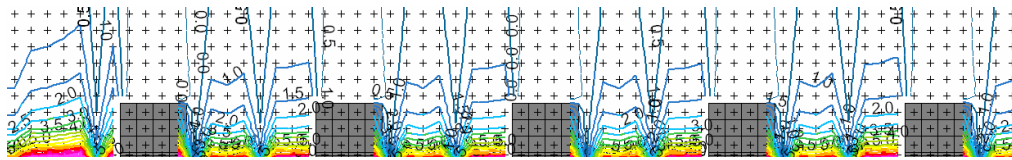
Şekil 6.57. 'L' tipi konut adasında saat 14'de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit

Konut adası dışında ve içerisinde oluşan hava sıcaklık değerleri ile bu değerlerdeki değişimin daha kapsamlı olarak anlaşılabilmesi, yatay ve düşey yüzey sıcaklıklarının belirlenmesini gerektirmektedir. Bu amaçla ilk olarak ada dışında daimi güneş alan bir noktada konumlanan (a0) reseptörü ile ada içerisinde daimi gölgede kalan bir noktada konumlanan (a3) reseptöründen elde edilen hava ve yatay yüzey sıcaklık değerleri arasındaki ilişkiler karşılaştırılmıştır. İlk bakışta genel olarak hava sıcaklık değerlerindeki artma ve azalmalar yatay yüzey sıcaklık değerleri ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu izlenimi vermekle birlikte, hava sıcaklıklarının yatay yüzey sıcaklıklarından beklenen ölçüde etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada her iki reseptörden de elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında yüzey sıcaklıklarının 305 K ile 313 K olmasına karşın, hava sıcaklıklarının her ikisinde de 288 K ile aynı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.58).

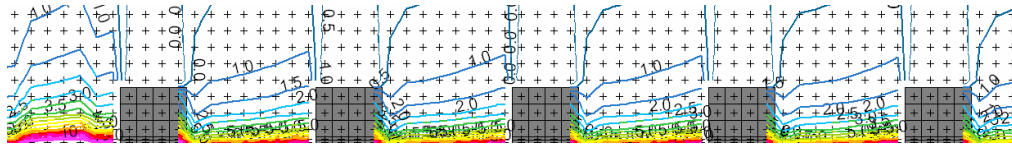


Şekil 6.58. 21 Haziran'da 'L' tipi konut adasında (a) (a0) (b) (a3) reseptörlerinden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerinin gün içerisindeki dağılımı

Yeryüzeyi üzerinde elde edilen bu değerlerin yüksekliğin artması ile yatayda azalarak daha sonra düşey yüzeylere yakın noktalarda artmaya başlamasının, hava sıcaklığının düşey yüzlerden de etkilendiğini göstermiştir. Yapılan analizlerde uzundalga radyasyon sıcaklık dağılımlarının yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği alanlarda daha yoğunluk kazandığını göstermiştir (Şekil 6.59, Şekil 6.60). Bu amaçla araştırmanın bundan sonraki aşamasında ‘L’ tipi konut adası içerisindeki konut bloklarının duvar yüzeyi radyasyon değerleri analiz edilmektedir.



Şekil 6.59. ‘L’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 14’de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı

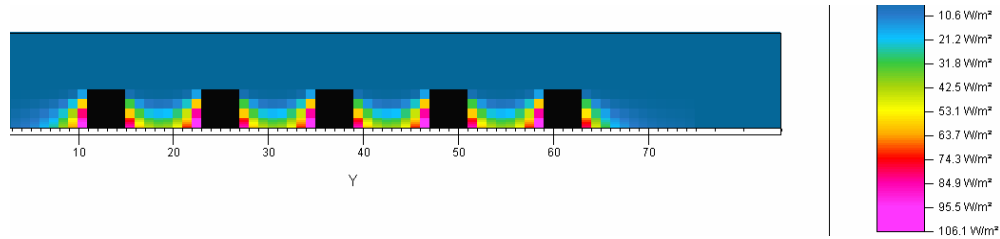


Şekil 6.60. ‘L’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 22’de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı

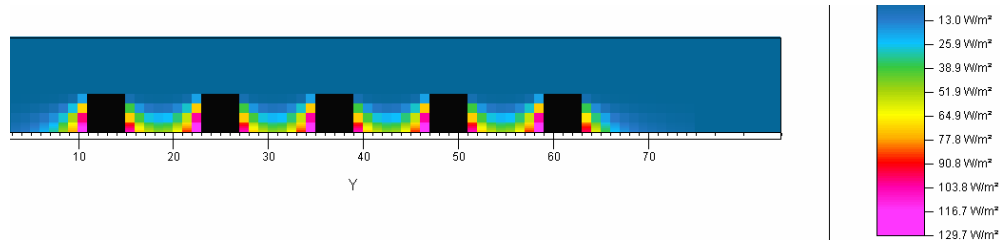
#### *Radyasyon analizi*

21 Haziran’da hava sıcaklıklarının en yüksek seviyeye ulaşmaya başlamış olduğu saat 14’de, yüzeylere atmosferden gelen kısa dalga radyasyonun bir kısmının yüzeyler tarafından tutulurken, diğer bir kısmının yansıyan ve yayılan uzun dalga radyasyon olarak atmosfere geri döndüğü anlaşılmaktadır. Bu amaçla yapılan analizlerde Şekil 6.61’de düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon, Şekil 6.62’de ise bu yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon miktarları görülebilmektedir. 10,6 W/m<sup>2</sup> ile 106,1 W/m<sup>2</sup> arasında değişen yansıyan radyasyon değerleri ile 13,0 W/m<sup>2</sup>-129,7 W/m<sup>2</sup> arasında değişen yayılan radyasyon değerleri karşılaştırıldığında, en sıcak dönemde uzun dalga radyasyon değerlerinin çok fazla

değişmemesine karşın, kısa dalga radyasyon değerlerinin yaklaşık olarak 1,3 kat artmış olması güneş ışınlarının her iki dönemde de düşey ve yatay yüzeylere farklı açılarla gelmesi ile açıklanabilir. Birbirleri ile ilişkili olan her iki radyasyon değerlerinden en yüksek olanlar 3 m ve altındaki yükseklikte güneye bakan yüzeylerde, en düşük olanlar ise kuzeye bakan yüzeylerde çatı yüzeyi seviyesinde görüldüğü bunun da gökyüzü görüş faktörü ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 6.61. 'L' tipi konut adasında saat 14'de düşey yüzeyler üzerindeki yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri

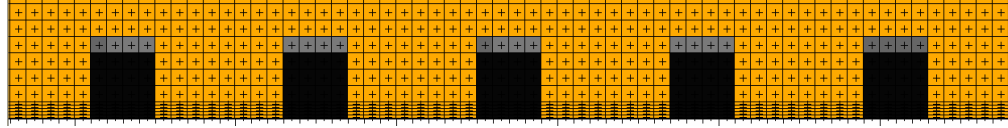


Şekil 6.62. 'L' tipi konut adasında saat 14'de düşey yüzeyler üzerindeki yayılan uzun dalga radyasyon değerleri

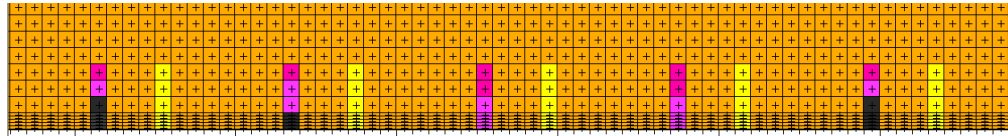
Yatay ve düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerlerinin birlikte değerlendirildiği dağılımlar karşılaştırıldığında da, en yüksek değerlerin ısı tutma kapasitesinin doğal yüzeylere göre daha düşük olduğu yaya ve taşıt yolu ile çatı yüzeyi gibi yatay yüzeyler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Günün en sıcak saati olan 14'de konutlar arasında kalan yüzeylerde, gece 22'den itibaren ise çatı yüzeyleri üzerinde artan değerler arasında oluşan bu farkın sabah saatlerinde azalarak dengelendiği görülmüştür. Sonraki bölümde, bu sürecin etkilediği hava ve yüzey sıcaklık değerleri ile bunların arasındaki ilişkinin değişim düzeyi analiz edilmektedir.

### *Duvar yüzeyi sıcaklık analizi*

Duvar yüzeyi sıcaklıklarının ada içerisindeki dağılımına bakıldığında, gün boyunca oluşan en yüksek yüzey sıcaklıklarının çatı yüzeyleri üzerinde olduğu belirlenmiştir. Gün boyu güneşi doğrudan gören çatı yüzeyi sıcaklıkları incelendiğinde hava sıcaklıklarının en yüksek düzeye ulaştığı saat 14'de 310 K'dir (Şekil 6.63). Duvar yüzeyi sıcaklıklarının en üst düzeye güneşin en dik konuma geçmeye başladığı saat 10'da ulaşarak 295 K olan bu değeri saat 14'e kadar sürdürdüğü görülmüştür (Şekil 6.64). Bir önceki analizde elde edilen verilere göre en fazla 315 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklık değerleri ile aynı saatlerde 295 K'e kadar çıkan düşey yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında, en sıcak dönemde yatay yüzeyler ile düşey yüzeyler arasında 20 K gibi önemli bir farkın ortaya çıktığı anlaşılmaktadır.



Şekil 6.63. 'L' tipi konut adasında saat 14'de çatı yüzeyi sıcaklık değerleri



Şekil 6.64. 'L' tipi konut adasında saat 14'de kuzey ve güney duvar yüzeyi sıcaklık değerleri

315 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklığı ile 310 K olan çatı yüzey sıcaklıkları arasındaki 5 K'lık farkın ise çatı seviyesindeki rüzgar hızının yüksekliğe bağlı olarak artmış olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu nedenlerle 'L' tipi konut adasının mikroklima özelliklerine olası etkileri belirlemek üzere araştırmanın bundan sonraki aşamasında rüzgar hızı ve hareketlerine ilişkin analizler yapılmaktadır.

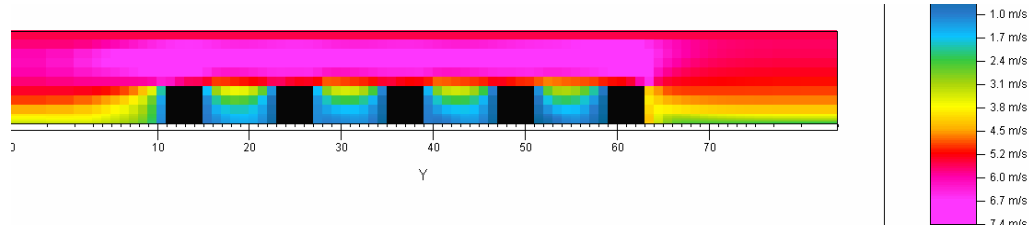
### Rüzgar analizi

Yapılan ilk analizde simülasyon koşullarına göre kuzey doğudan 45° açı ile gelen hakim rüzgar hızının, rüzgara eğik konumdaki konut bloklarının arasında kalan alanlarda kısmen azalmış olmasına karşın, çatı seviyesinde artmış olduğu görülmektedir (Şekil 6.65).



Şekil 6.65. 'L' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

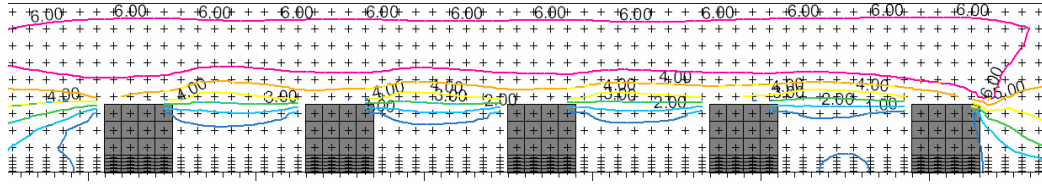
Rüzgarın bu hareketlerine ilişkin elde edilen sayısal verilere göre, ada dışındaki doğal ortamda ortalama 3 m/sn hızla esen hakim rüzgarın, ada yakın çevresinde bu hızı koruduğu, ada içerisinde kuzeye bakan duvar yüzeylerinde yerden 12 m yükseklikteki çatı seviyesine kadar 3,1 m/sn hızla estiği belirlenmiştir (Şekil 6.66).



Şekil 6.66. 'L' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

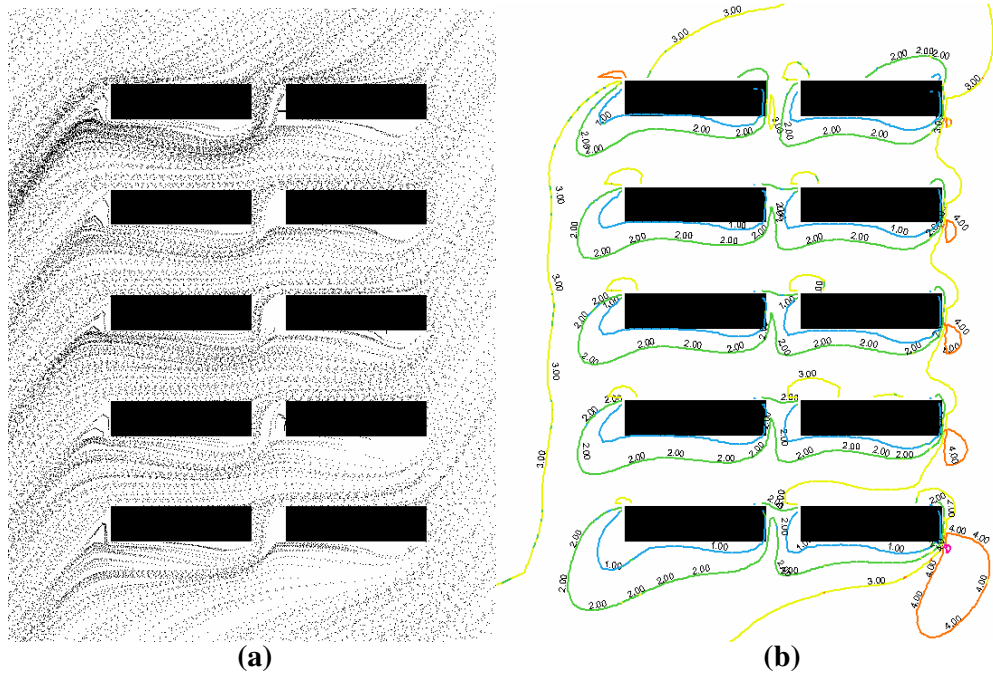
Rüzgar analizi sonuçları daha ayrıntılı olarak incelendiğinde, 'b-4' tipi homojen konut bloklarından oluşan 'L' tipi konut adasında çatı seviyesinde 3 m/sn ile doğal hızında esen rüzgar hızının yere yaklaştıkça 3 m yükseklikten itibaren 2 m/sn'nin altına düştüğü görülmektedir (Şekil 6.67).





Şekil 6.67. 'L' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

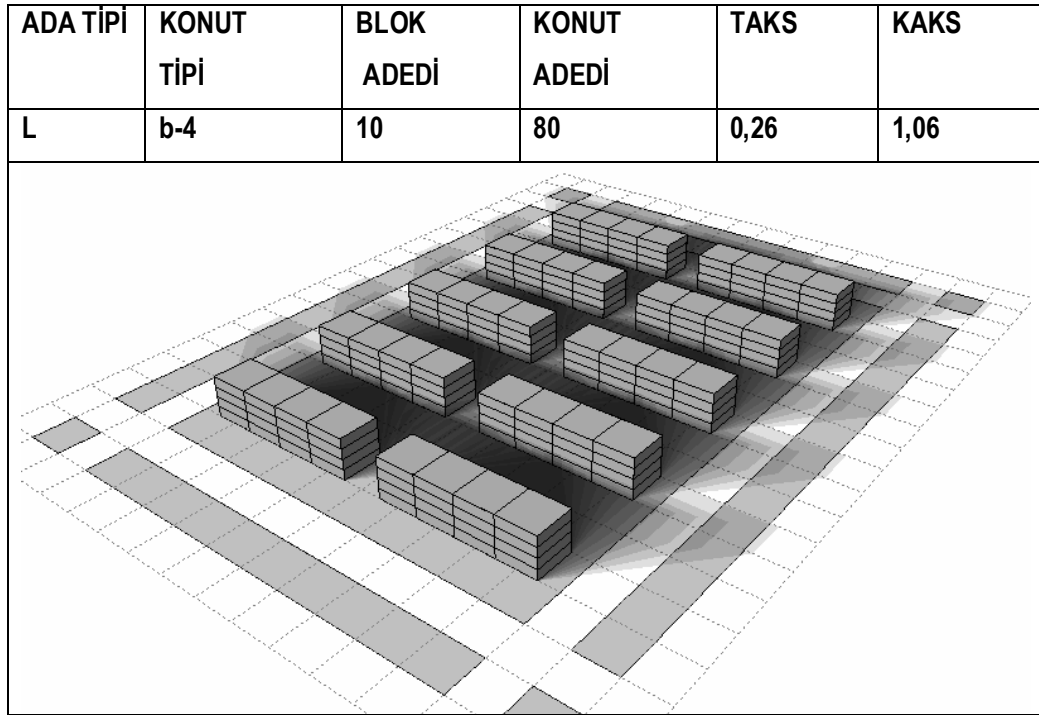
Rüzgarın hız ve hareketlerine yatay konumda bakıldığında adanın dış kesimlerinde  $45^\circ$  açı ile geldiği doğal yönünü koruyan rüzgarın, adanın güney-batı kesiminde bir gölge alanı oluşturduktan sonra bu yönde esmeye devam ettiği anlaşılmaktadır. Konut dizileri arasında kalan alanlarda hızı biraz azalan rüzgarın hızının, konut adası içerisinde doğu-batı doğrultusunda oluşan koridorlarda yerden 3 m yükseklikte 2 m/sn olduğu görülmektedir (Şekil 6.68).



Şekil 6.68. 'L' tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri

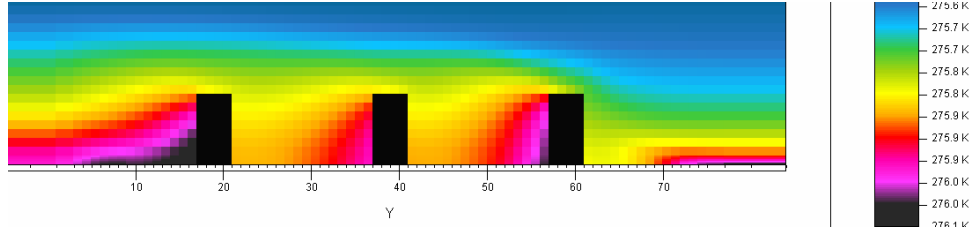
### 6.2.3. ‘M’ tipi konut adası mikroklima analizi

Araştırmanın bu bölümünde ‘c-4’ tipi konut bloklarından oluşan 120 m-180 m boyutlarındaki yaklaşık 2 hektarlık bir alan içinde konumlanan ‘M’ tipi konut adası (Şekil 6.69) için gerçekleştirilen simülasyonlarda en soğuk ve en sıcak döneme ilişkin mikroklima özellikleri için performans analizleri yapılmaktadır. Şekil 6.70’de simülasyon öncesi ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘M’ tipi konut adası içerisinde yer alan ‘c-4’ tipi konut blokları ile alanda farklı noktalarda yerleştirilmiş olan reseptörler görülmektedir.



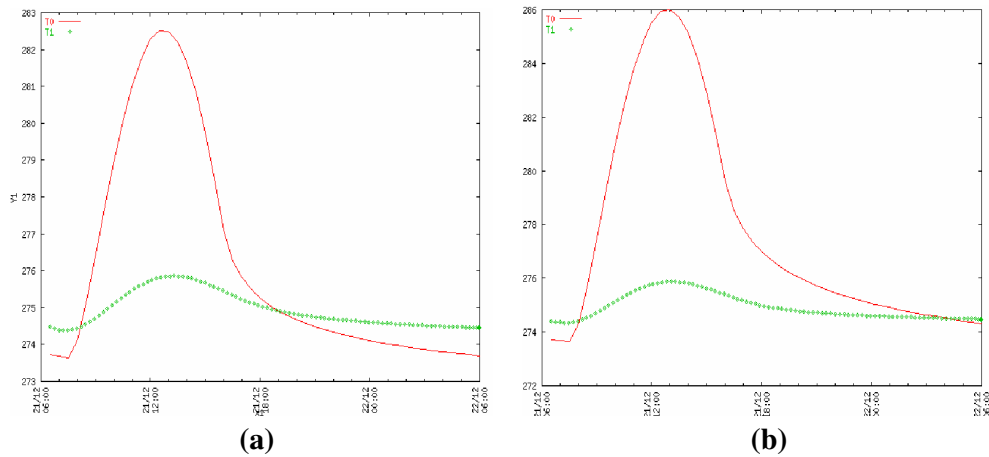
Şekil 6.69. ECOTECH programında ‘M’ tipi konut adasının 21 Aralık’da saat 10 ile 14 arasında 30 dakikalık aralıklarla oluşan gölge dokusu oluşan gölge dokusu





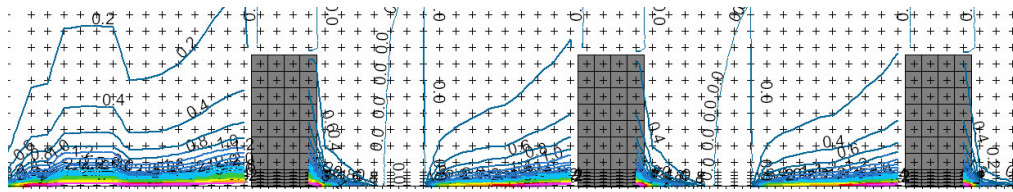
Şekil 6.71. 'M' tipi konut adasında saat 13'de hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesit

Konut adası dışında ve içerisinde oluşan hava sıcaklık farklarının daha kapsamlı olarak anlaşılabilmesi yüzey sıcaklıklarının belirlenmesini gerektirmektedir. Bu amaçla ilk olarak ada dışında daimi güneş alan bir noktada konumlanan (a0) reseptörü ile ada içerisinde daimi gölgede kalan bir noktada konumlanan (a3) reseptöründen elde edilen hava ve yatay yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. İlk bakışta genel olarak hava sıcaklık değerlerindeki artma ve azalmaların yatay yüzey sıcaklık değerleri ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu izlenimi edinilmekle birlikte, elde edilen sonuçlara göre hava sıcaklıklarının yatay yüzey sıcaklıklarından beklenen ölçüde etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada her iki reseptörden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında yüzey sıcaklıklarının 282,5 K ile 286 K olmasına karşın, hava sıcaklıklarının her iki reseptörde de 276 K ile aynı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.72).



Şekil 6.72. 'M' tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen yüzey ve hava sıcaklık değerlerinin (a) saat 06'daki (b) saat 24'deki değişimi

Yeryüzeyi üzerinde elde edilen bu değerlerin yüksekliğin artması ile yatayda azalarak daha sonra düşey yüzeylere yakın noktalarda artmaya başlaması, hava sıcaklığının düşey yüzlerden de etkilendiğini göstermektedir. Yapılan analizlerde uzundalga radyasyon sıcaklık dağılımlarının yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği alanlarda daha yoğunluk kazandığını göstermiştir (Şekil 6.73). Bu amaçla araştırmanın bundan sonraki aşamasında ada içerisindeki konut bloklarının duvar yüzeyi radyasyon değerleri analiz edilmektedir.

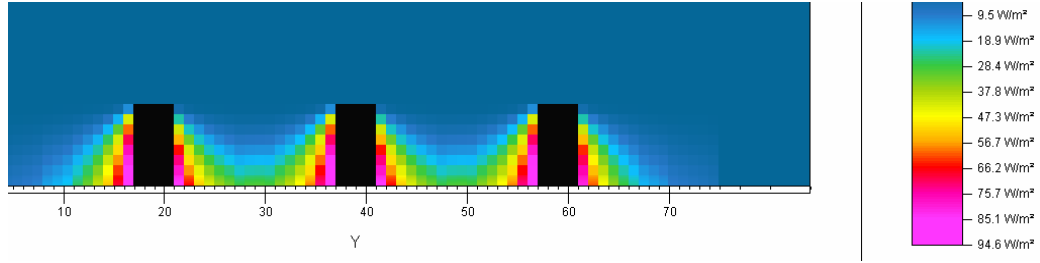


Şekil 6.73. ‘M’ tipi konut adasında saat 13’de düşey yüzeylerden yansıyan uzun dalga radyasyon sıcaklık değerleri

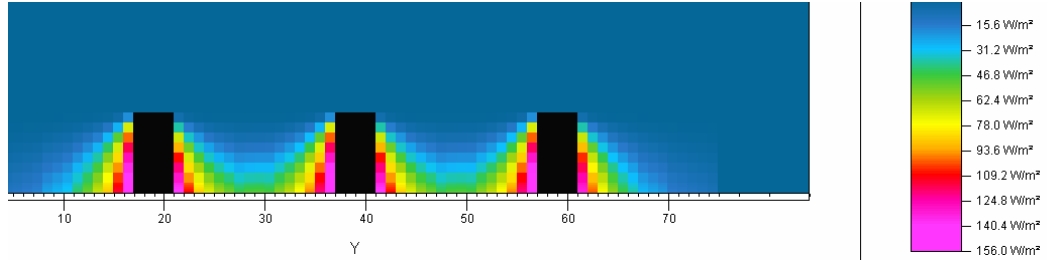
#### *Radyasyon analizi*

“M” tipi konut adasında yüzeylerden gelen radyasyon düzeyine bakıldığında, yüzeylere atmosferden gelen kısa dalga radyasyonun bir kısmının yüzeyler tarafından tutulurken diğer bir kısmının yansıyan ve yayılan uzun dalga radyasyon olarak atmosfere geri döndüğü anlaşılmaktadır. Bu amaçla yapılan analizlerde Şekil 6.74’de düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon, Şekil 6.75’de ise bu yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon miktarları görülebilmektedir. 9,5 W/m<sup>2</sup> ile 94,6 W/m<sup>2</sup> arasında değişen yansıyan radyasyon değerleri ile 15,6 W/m<sup>2</sup>-156,0 W/m<sup>2</sup> arasında değişen yayılan radyasyon değerleri karşılıklı incelendiğinde, en soğuk dönemde düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerlerinin uzun dalga radyasyon değerlerinin yaklaşık 1,5 katı kadar olduğu anlaşılmaktadır. Birbirleri ile ilişkili olan her iki radyasyon değerlerinden en yüksek olanlar 3 m ve altındaki yükseklikte güneye bakan yüzeylerde, en düşük olanlar ise yüksekliğe bağlı olarak kuzeye bakan yüzeylerde çatı yüzeyi seviyesinde görülmektedir. Güneye bakan yüzeylerdeki kısa ve uzun dalga radyasyon düzeyinin yüksekliğe bağlı olarak yaklaşık olarak on kat artması veya azalmasının nedeninin duvar yüzeylerinde en yüksek değeri ‘1’ olan ve

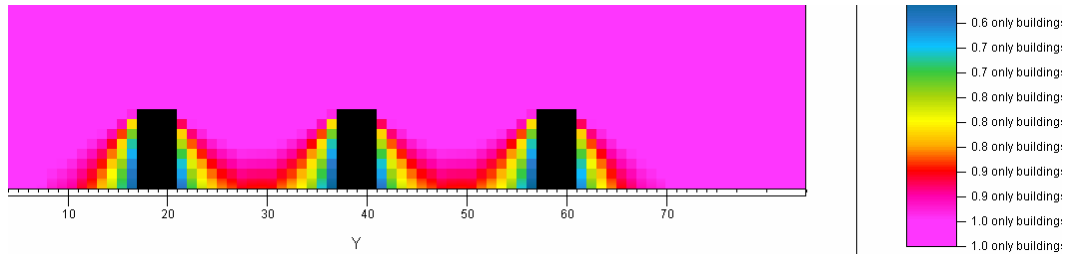
yere doğru yaklaştıkça azalan gökyüzü görüş faktörü olduğu anlaşılmıştır (Şekil 6.75). ‘M’ tipi konut adası içerisinde hava sıcaklıklarının en yüksek olduğu noktalar bu faktör değerinin ‘0,6’ ile en düşük olduğu alanlardır (Şekil 6.76).



Şekil 6.74. ‘M’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri



Şekil 6.75. ‘M’ tipi konut adasında düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerleri

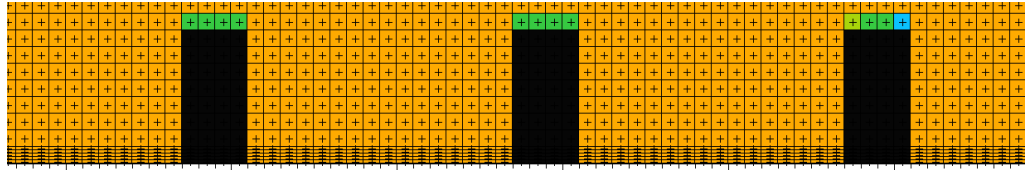


Şekil 6.76. ‘M’ tipi konut adasında gökyüzü görüş faktör değerleri

Yapılan bu analizlerden elde edilen veriler ışığında yüzeylerdeki radyasyon miktarındaki değişim düzeyinin yüzey sıcaklıkları üzerine etkilerini görmek için bir sonraki aşamada duvar yüzeyi sıcaklık analizleri yapılacaktır.

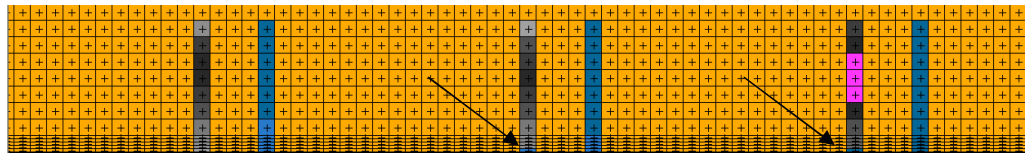
### *Duvar yüzeyi sıcaklık analizi*

Duvar yüzeyi sıcaklıklarının ada içerisindeki dağılımına bakıldığında, gün boyunca oluşan en yüksek değerlerin güneşe bakan tüm konut yüzeylerinde olduğu belirlenmiştir. Yüzey sıcaklıklarının maksimum 310 K olduğu düzeye güneşin en dik konuma gelmeye başladığı saat 10'da ulaşarak, bu değeri saat 14'e kadar sürdürdüğü görülmüştür (Şekil 6.77). Bir önceki araştırmada elde edilen verilere göre en fazla 285 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklık değerleri ile aynı saatlerde 310 K seviyesine kadar çıkan düşey yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında, yatay yüzeyler ile düşey yüzeyler arasında 25 K gibi oldukça yüksek bir farkın ortaya çıktığı anlaşılmakta, bu da konut adası içerisindeki hava sıcaklık artışını açıklayan önemli bir etken olmaktadır.



Şekil 6.77. 'M' tipi konut adasında saat 13'de oluşan duvar yüzeyi sıcaklık değerleri

Buna neden olarak, en sıcak dönemde yatay yüzeyler tarafından tutulan kısa dalga radyasyon miktarının güneş ışınlarının eğik gelmesine bağlı olarak azalması gösterilebilir. Ancak güneşi doğrudan gören yatay ve düşey yüzeylerde azalan sıcaklık değerlerinin birlikte analiz edildiği bir başka simülasyon ortamından edilen görüntülere dayanarak, rüzgar hızı ve hareketlerinin bu değerleri etkilediği anlaşılmaktadır (Şekil 6.77, Şekil 6.78). Güneşi doğrudan gören çatı yüzeyi sıcaklıkları incelendiğinde doğrudan gelen kısa dalga radyasyon düzeyinin en yüksek olduğu saat 13'de yaklaşık 284 K olduğu görülmektedir (Şekil 6.77).

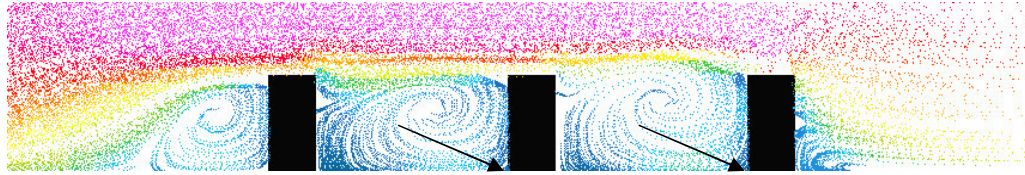


Şekil 6.78. 'M' tipi konut adasında saat 13'de oluşan çatı yüzeyi sıcaklık değerleri

288 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklığı ile 284 K olan çatı yüzey sıcaklıkları arasındaki 4 K'lık farkın ise çatı seviyesindeki rüzgar hızının yüksekliğe bağlı olarak artmış olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu nedenlerle konut adasının mikroklima özelliklerine olası etkileri belirlemek üzere araştırmanın bundan sonraki aşamasında rüzgar hızı ve hareketlerine ilişkin analizler yapılmaktadır.

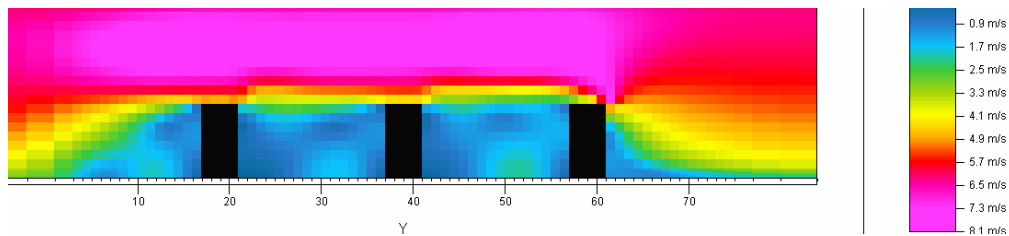
### *Rüzgar analizi*

Yapılan analizlerde kuzey-güney doğrultusunda esen hakim rüzgarın, rüzgara dik konumdaki konut bloklarının arasında kalan alanlarda hızının oldukça azalmış olmasına karşın, çatı seviyesinde daha da artmış olduğu görülmektedir (Şekil 6.79). Ayrıca konut blokları arasında yukarıda belirtilen duvar yüzeyi sıcaklıklarının azalmasının nedeni olan ters rüzgarlar oluştuğu görülmüştür.



Şekil 6.79. 'M' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

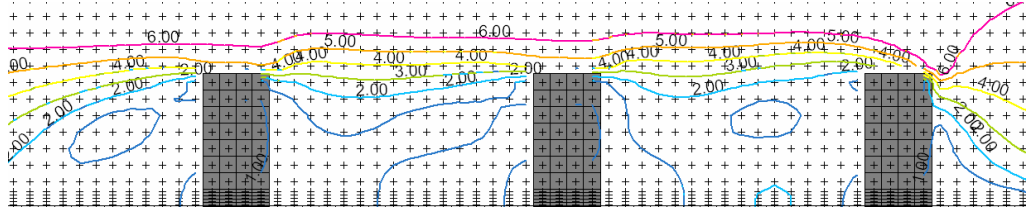
Rüzgarın bu hareketlerine ilişkin elde edilen sayısal verilerden, ada dışındaki doğal ortamda ortalama 5 m/sn hızla esen hakim rüzgarın, ada yakın çevresinde bu hızının farklılaştığı, ada içerisinde ise yerden 21 m yükseklikteki çatı seviyesine kadar 2 m/sn'nin altına kadar düşmüş olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.80).



Şekil 6.80. 'M' tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri

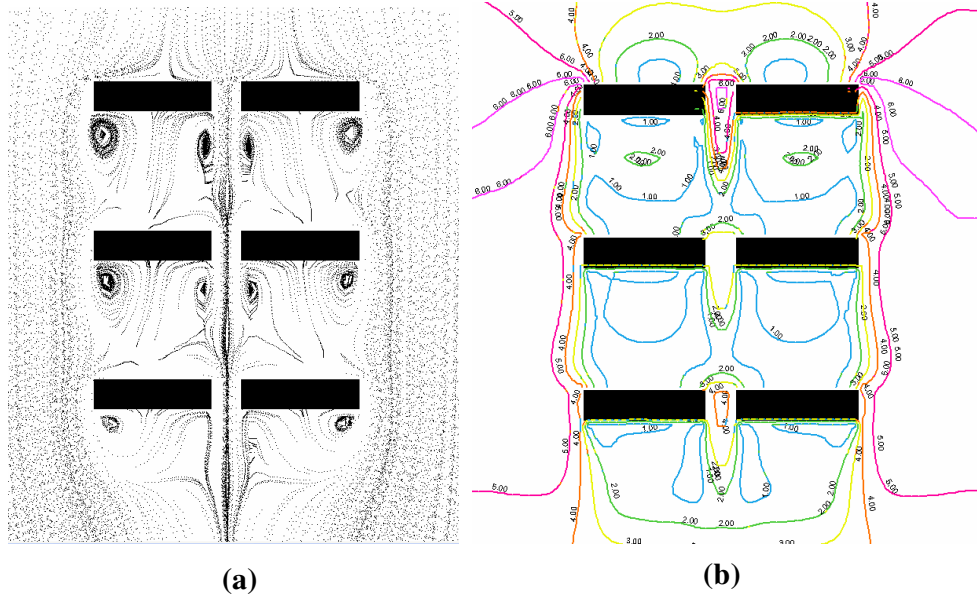


Daha ayrıntılı olarak incelendiğinde rüzgar hızının, rüzgara dik konumdaki adanın kuzey ve güney kenarları arasında oluşan basınç farkının etkisi ile artarak 21 m olan çatı seviyesinin 3 m kadar üzerinde 5 m/sn olarak belirlenmiştir (Şekil 6.81).



Şekil 6.81. 'M' tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri

Rüzgarın hız ve hareketlerine yatay konumda bakıldığında adanın dış kesimlerinde doğal yönünü koruyan rüzgarın, adanın güney kesiminde bir gölge alanı oluşturduktan sonra doğal yönünde esmeye devam ettiği anlaşılmaktadır. Konut dizileri arasında kalan alanlarda hızı oldukça azalan rüzgarın, konut adası içerisinde oluşan koridor ile adanın doğu ve batı kesimlerindeki kuzey-güney doğrultusundaki kenarlarında 6 m/sn ile en yüksek hıza ulaşmış olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 6.82).

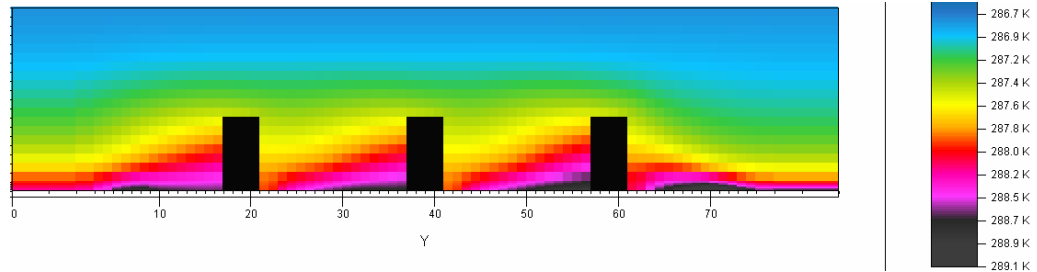


Şekil 6.82. 'M' tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri

### En sıcak dönem mikroklima analizi

#### *Hava ve yüzey sıcaklık analizi*

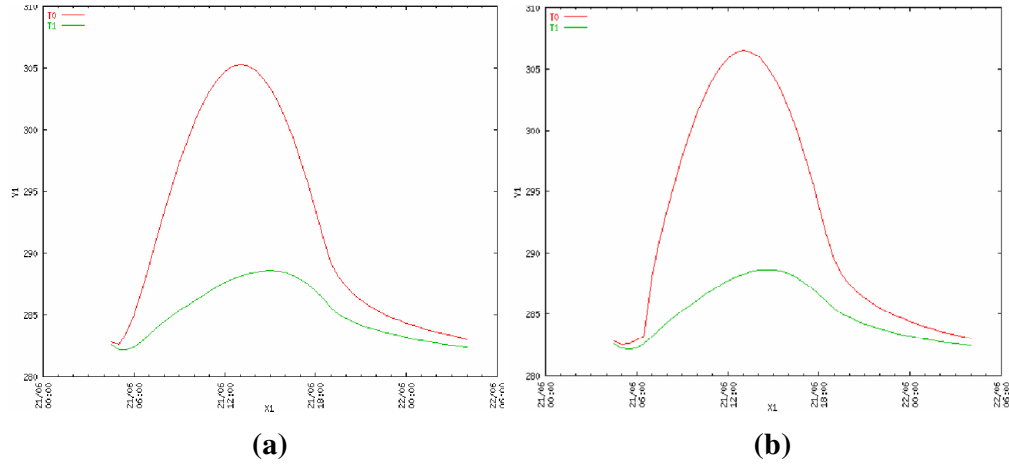
Yapılan analizlerde konut adası ve yakın çevresinde gün içerisindeki hava sıcaklık değerlerinin en yüksek düzeye ulaştığı saat 14'de 2,4 K'e kadar yükselen hava sıcaklık farklarının, bu farkın en çok 0,5 K olduğu en soğuk dönem değerleri ile karşılaştırıldığında yaklaşık dört kat arttığı görülmüştür. Doğrudan gelen radyasyon şiddetinin en yüksek düzeye ulaştığı öğle saatlerinde oluşan bu farkın, özellikle konut adası içerisinde daimi gölgede kalan alanlarla, adayı çevreleyen yaya ve taşıt yolu gibi ısı iletme katsayısı yüksek olan sert yüzeylerin 3 m ve altındaki yüksekliklerde daha da belirginleştiği görülmektedir (Şekil 6.83). Ada içerisinde kalan alanlarda en yüksek hava sıcaklığı değerlerinin güney yönündeki yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği noktalarda belirginleştiği, buna da bu noktada yansıyan ve yayılan radyasyon düzeyinin hızla artmasına neden olan gökyüzü görüş faktörünün (SVF) azalmasının etki ettiği düşünülmektedir. Bu noktalarda hava sıcaklıklarında oluşan yüksek değerlerin yaklaşık 9 m'ye kadar bu düzeyi korumakta olduğu görülmektedir.



Şekil 6.83. 'M' tipi konut adasında saat 14'de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit

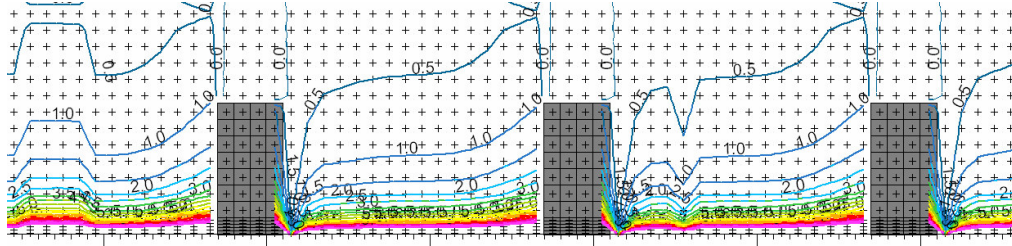
Konut adası dışında ve içerisinde oluşan hava sıcaklık değerleri ile bu değerlerdeki değişimin daha kapsamlı olarak anlaşılabilmesi, yatay ve düşey yüzey sıcaklıklarının belirlenmesini gerektirmektedir. Bu amaçla ilk olarak ada dışında daimi güneş alan bir noktada konumlanan (a0) reseptörü ile ada içerisinde daimi gölgede kalan bir noktada konumlanan (a3) reseptöründen elde edilen hava ve yatay yüzey sıcaklık

değerleri arasındaki ilişkiler karşılaştırılmıştır. İlk bakışta genel olarak hava sıcaklık değerlerindeki artış ve azalışların yatay yüzey sıcaklık değerleri ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu izlenimi vermekle birlikte, hava sıcaklıklarının yatay yüzey sıcaklıklarından beklenen ölçüde etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada her iki reseptörden de elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında yüzey sıcaklıklarının 305 K ile 307 K olmasına karşın, hava sıcaklıklarının her ikisinde de 288 K ile aynı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.84).

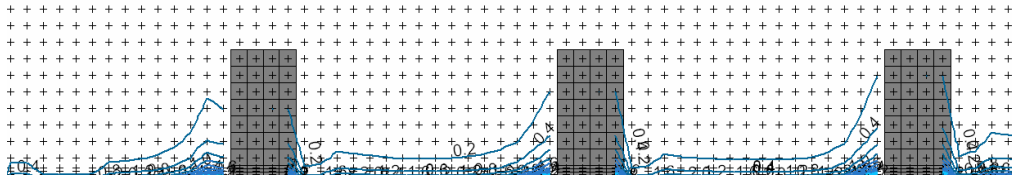


Şekil 6.84. 21 Haziran'da 'M' tipi konut adasında (a) (a0), (b) (a3) reseptörlerinden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerinin gün içerisindeki dağılımı

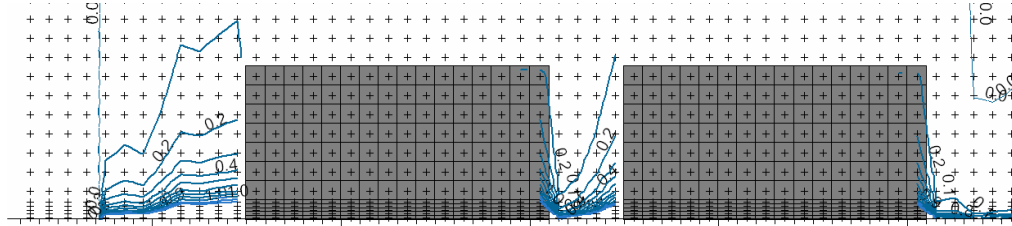
Yeryüzeyi üzerinde elde edilen bu değerlerin yüksekliğin artması ile yatayda azalarak daha sonra düşey yüzeylere yakın noktalarda artmaya başlamasının, hava sıcaklığının düşey yüzlerden de etkilendiğini göstermiştir. Yapılan analizlerde uzundalga radyasyon sıcaklık dağılımlarının yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği alanlarda daha yoğunluk kazandığını göstermiştir (Şekil 6.85, Şekil 6.86, Şekil 6.87). Bu amaçla araştırmanın bundan sonraki aşamasında ada içerisindeki konut bloklarının duvar yüzeyi radyasyon değerleri analiz edilmektedir.



Şekil 6.85. 'M' tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 14'de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı



Şekil 6.86. 'M' tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 7'de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı

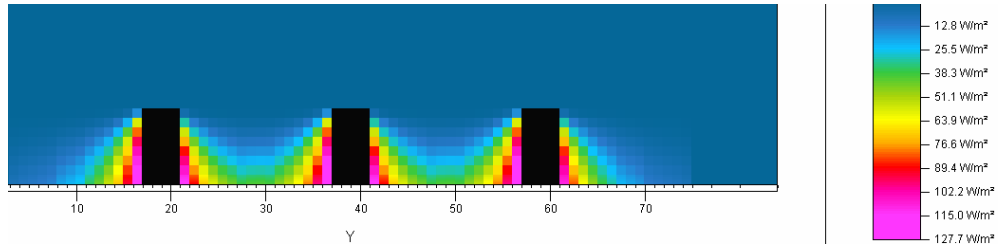


Şekil 6.87. 'M' tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 22'de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı

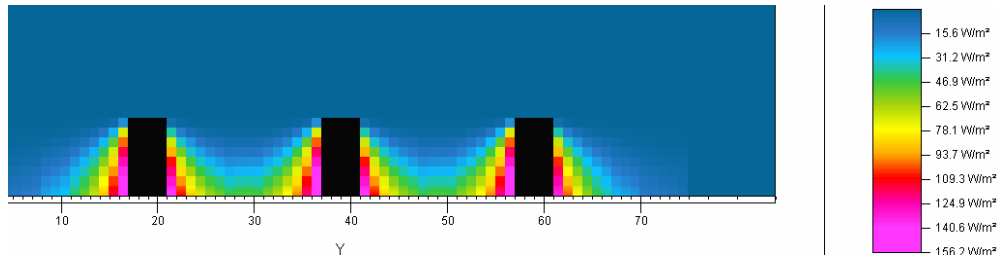
#### *Radyasyon analizi*

21 Haziran'da hava sıcaklıklarının en yüksek seviyeye ulaşmaya başlamış olduğu saat 14'de, yüzeylere atmosferden gelen kısa dalga radyasyonun bir kısmının yüzeyler tarafından tutulurken diğer bir kısmının yansıyan ve yayılan uzun dalga radyasyon olarak atmosfere geri döndüğü anlaşılmaktadır. Bu amaçla yapılan analizlerde Şekil 6.88'de düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon, Şekil 6.89'da ise bu yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon miktarları

görülebilmektedir.  $12,8 \text{ W/m}^2$  ile  $127,7 \text{ W/m}^2$  arasında değişen yansıyan radyasyon değerleri ile  $15,6 \text{ W/m}^2$ - $156,2 \text{ W/m}^2$  arasında değişen yayılan radyasyon değerleri karşılaştırıldığında, en sıcak dönemde uzun dalga radyasyon değerlerinin çok fazla değişmemesine karşın, kısa dalga radyasyon değerlerinin yaklaşık olarak 1,3 kat artmış olması güneş ışınlarının her iki dönemde de düşey ve yatay yüzeylere farklı açılarla gelmesi ile açıklanabilir. Birbirleri ile ilişkili olan her iki radyasyon değerlerinden en yüksek olanların 3 m ve altındaki yükseklikte güneye bakan yüzeylerde, en düşük olanlar ise kuzeye bakan yüzeylerde çatı yüzeyi seviyesinde görüldüğü, bunun da gökyüzü görüş faktörü ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 6.88. 'M' tipi konut adasında saat 14'de düşey yüzeyler üzerindeki yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri



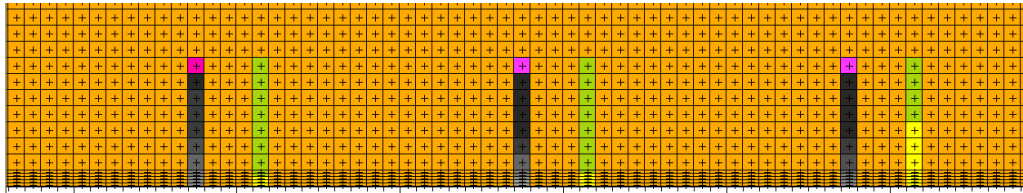
Şekil 6.89. 'M' tipi konut adasında saat 14'de düşey yüzeyler üzerindeki yayılan uzun dalga radyasyon değerleri

Yatay ve düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerlerinin birlikte değerlendirildiği dağılımlar karşılaştırıldığında da, en yüksek değerlerin ısı tutma kapasitesinin doğal yüzeylere göre daha düşük olduğu yaya ve taşıt yolu ile çatı yüzeyi gibi yatay yüzeyler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Günün en sıcak saati olan 14'de konutlar arasında kalan yüzeylerde, gece 22'den itibaren ise çatı yüzeyleri üzerinde artan değerler arasında oluşan bu farkın sabah saatlerinde azalarak

dengelediği görülmüştür. Sonraki bölümde, bu sürecin etkilediği hava ve yüzey sıcaklık değerleri ile bunların arasındaki ilişkinin değişim düzeyi analiz edilmektedir.

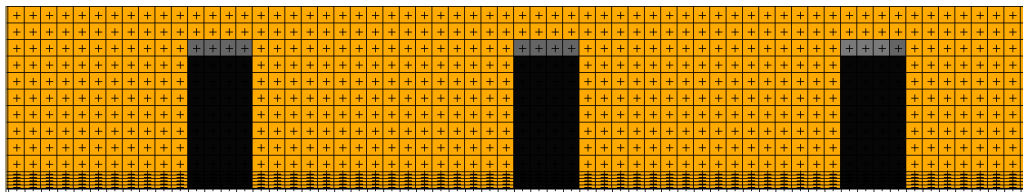
#### *Duvar yüzeyi sıcaklık analizi*

Duvar yüzeyi sıcaklıklarının ada içerisindeki dağılımına bakıldığında, gün boyunca oluşan en yüksek yüzey sıcaklıklarının çatı yüzeyleri üzerinde olduğu belirlenmiştir. Gün boyu güneşi doğrudan gören çatı yüzeyi sıcaklıkları incelendiğinde hava sıcaklıklarının en yüksek düzeye ulaştığı saat 14'de 305 K'e ulaştığı görülmektedir (Şekil 6.90).



Şekil 6.90. 'M' tipi konut adasında saat 14'de çatı yüzeyi sıcaklık değerleri

Duvar yüzeyi sıcaklıklarının en üst düzeye güneşin en dik konuma gelmeye başladığı saat 10'da ulaşarak ortalama 305 K olan bu değeri saat 14'e kadar sürdürdüğü görülmüştür (Şekil 6.91). Bir önceki araştırmada elde edilen verilere göre en fazla 305 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklık değerleri ile aynı saatlerde 305 K'e kadar çıkan düşey yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında, en sıcak dönemde yatay yüzeyler ile düşey yüzeyler arasında bir farkın ortaya çıkmadığı anlaşılmaktadır.

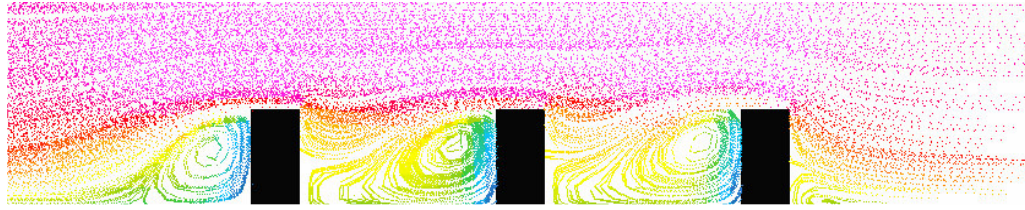


Şekil 6.91. 'M' tipi konut adasında saat 14'de kuzey ve güney duvar yüzeyi sıcaklık değerleri

305 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklığı ile 310 K olan çatı yüzey sıcaklıkları arasındaki 5 K'lık farkın ise çatı seviyesindeki rüzgar hızının artmış olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Sonraki bölümde konut adasının mikroklima özelliklerine olası etkileri belirlemek üzere araştırmanın bundan sonraki aşamasında rüzgar hızı ve hareketlerine ilişkin analizler yapılmaktadır.

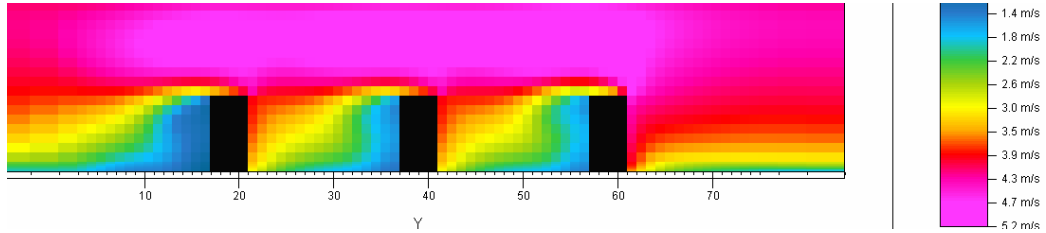
### *Rüzgar analizi*

Yapılan ilk analizde simülasyon koşullarına göre kuzey doğudan 45° açı ile gelen hakim rüzgar hızının, rüzgara eğik konumdaki konut bloklarının arasında kalan alanlarda kısmen azalmış olmasına karşın, çatı seviyesinde artmış olduğu görülmektedir (Şekil 6.92).



Şekil 6.92. 'M' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

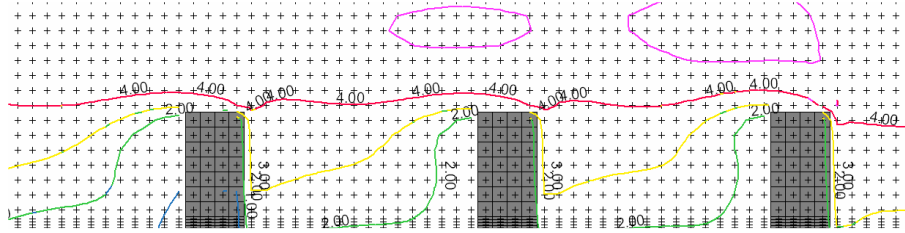
Rüzgarın bu hareketlerine ilişkin elde edilen sayısal verilere göre, ada dışındaki doğal ortamda ortalama 3 m/sn hızla esen hakim rüzgarın, ada yakın çevresinde bu hızı koruduğu, ada içerisinde kuzeye bakan duvar yüzeylerinde yerden 21 m yükseklikteki çatı seviyesine kadar 3,5 m/sn ile 4 m/sn arasında değişen hızlarla estiği belirlenmiştir (Şekil 6.93).



Şekil 6.93. 'M' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

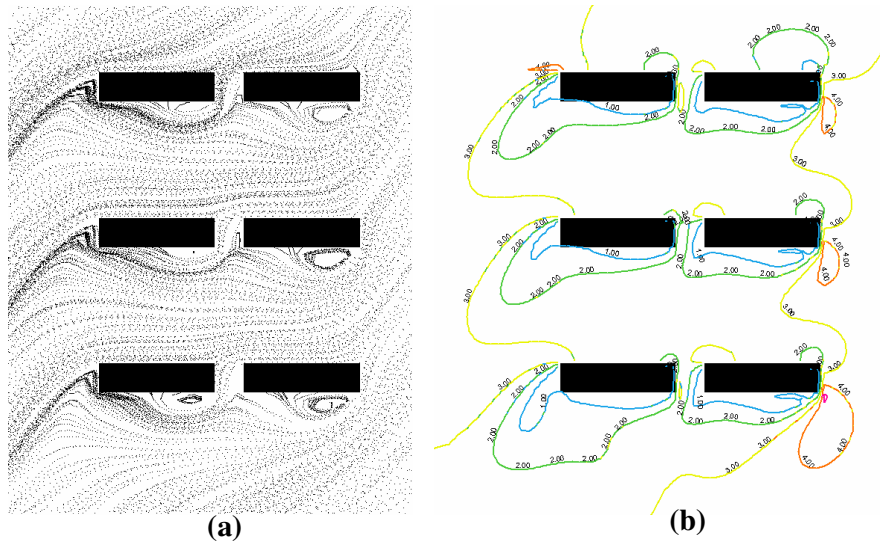


Analiz sonuçları daha ayrıntılı olarak incelendiğinde, ‘c-4’ tipi homojen konut bloklarından oluşan ‘M’ tipi konut adasında çatı seviyesinde 3 m/sn ile doğal hızında esen rüzgar hızının yere yaklaştıkça 3 m yükseklikten itibaren 2 m/sn’nin altına düştüğü görülmektedir (Şekil 6.94).



Şekil 6.94. ‘M’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

Rüzgarın hız ve hareketlerine yatay konumda bakıldığında adanın dış kesimlerinde 45° açı ile geldiği doğal yönünü koruyan rüzgarın, adanın güney-batı kesiminde bir gölge alanı oluşturduktan sonra bu yönde esmeye devam ettiği anlaşılmaktadır. Konut arasında kalan alanda hızı biraz azalan rüzgarın konutların güneye bakan cephelerinde hızı 1 m/sn olan türbülanslar oluşturarak konut adası içerisinde doğu-batı doğrultusunda 3 m/sn hızla esmeye devam etmekte olduğu görülmektedir (Şekil 6.95).

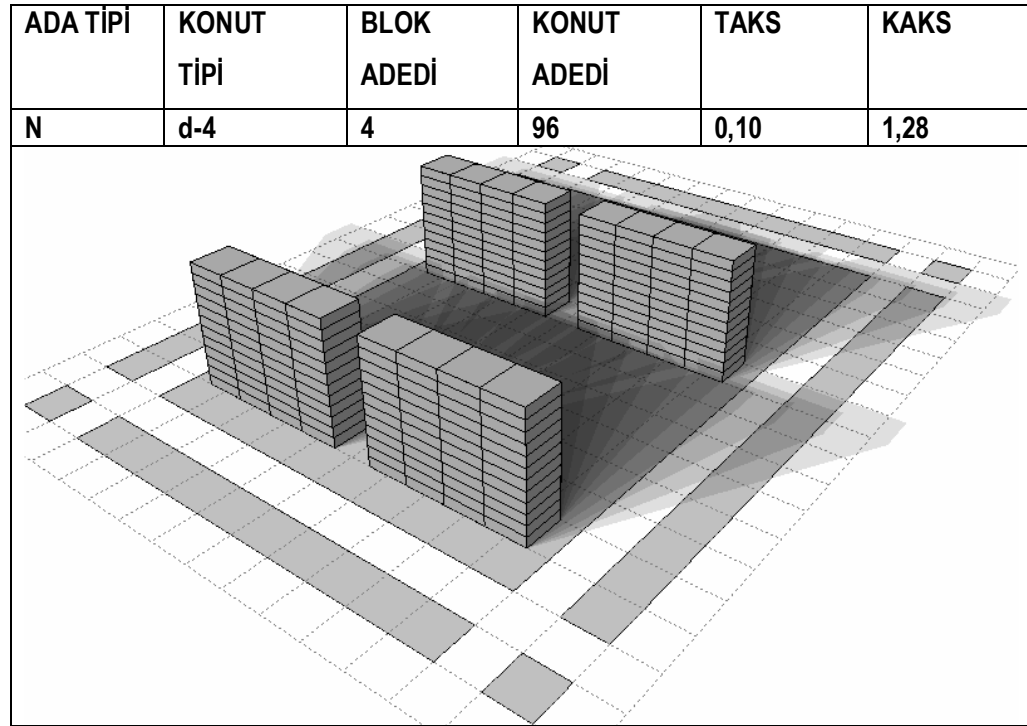


Şekil 6.95. ‘M’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri

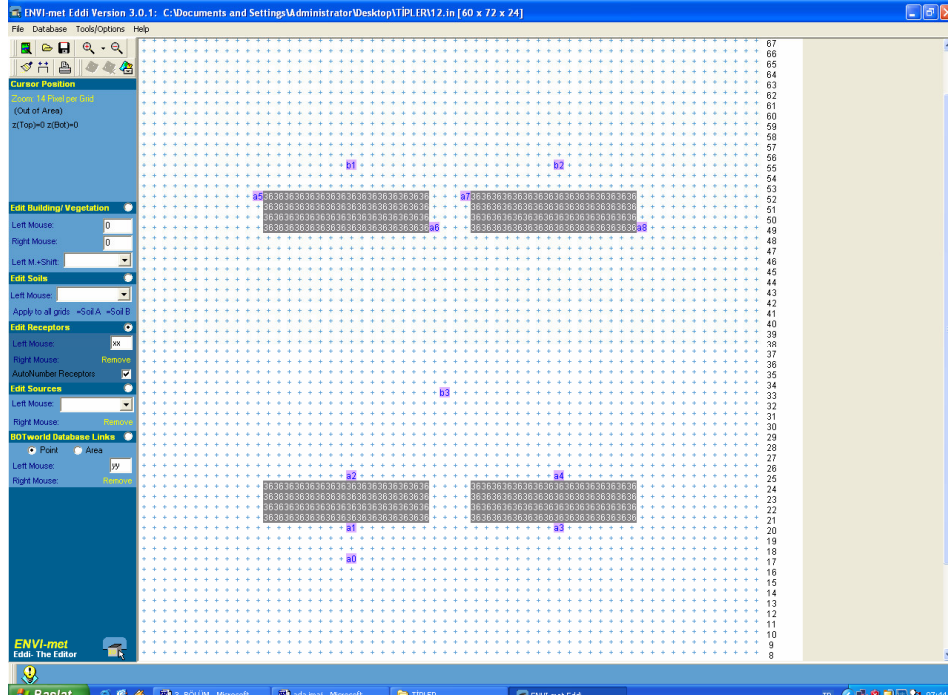


#### 6.2.4. ‘N’ tipi konut adası mikroklima analizi

Araştırmanın bu bölümünde ‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ tipi konut bloklarından oluşan 120 m-180 m boyutlarındaki yaklaşık 2 hektarlık bir alan içinde konumlanan ‘N’ tipi konut adası (Şekil 6.96) için gerçekleştirilen simülasyonlarda en soğuk ve en sıcak döneme ilişkin mikroklima özellikleri için performans analizleri yapılmaktadır. Şekil 6.97’de simülasyon öncesi ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘N’ tipi konut adası içerisinde yer alan ‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ tipi konut blokları ile alanda farklı noktalarda yerleştirilmiş olan reseptörler görülmektedir.



Şekil 6.96. ECOTECT programında ‘N’ tipi konut adasının 21 Aralık’da 10 ile 14 saatleri arasında 30 dakikalık aralıklarla oluşan gölge dokusu

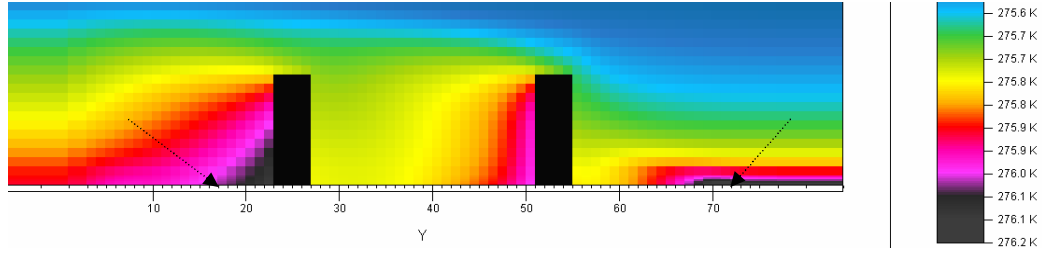


Şekil 6.97. ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘N’ tipi konut adası ve ada içinde yer alan reseptörler

### En soğuk dönem mikroklima analizi

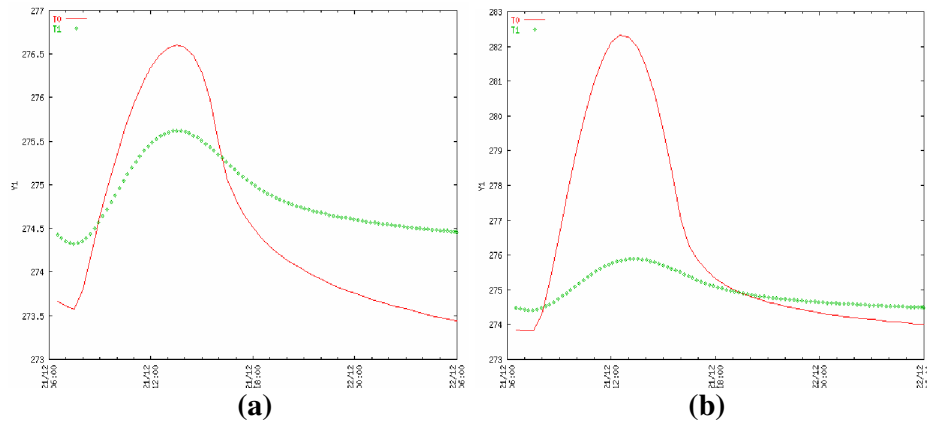
#### *Hava ve yüzey sıcaklık analizi*

En soğuk dönem için yapılan hava sıcaklık analizlerinde, çevresi ile karşılaştırıldığında, konut adası içerisinde en soğuk dönem için önemli sayılabilecek düzeyde bir sıcaklık farkı olduğu görülmüştür. Yerden 3 m yüksekliğe kadar ortalama 0,6 K kadar olduğu görülen bu farkın, doğrudan gelen radyasyon şiddetinin en yüksek düzeye ulaştığı öğle saatlerinde albedo değeri en düşük olan asfalt yüzeyler üzerinde olduğu belirlenmiştir. 33 m yükseklikteki çatı seviyesinden sonra 0,2 K kadar düşen bu farkın bu yükseklikten sonra daha da azalarak dengelendiği görülmektedir (Şekil 6.98).



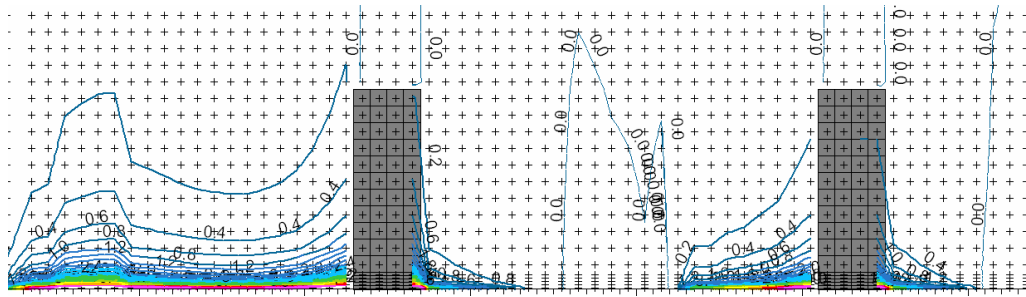
Şekil 6.98. 'N' tipi konut adasında saat 13'de hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesit

Konut adası dışında ve içerisinde oluşan hava sıcaklık farklarının daha kapsamlı olarak anlaşılabilmesi yüzey sıcaklıklarının belirlenmesini gerektirmektedir. Bu amaçla ilk olarak ada dışında daimi güneş alan bir noktada konumlanan (a0) reseptörü ile ada içerisinde daimi gölgede kalan bir noktada konumlanan (a3) reseptöründen elde edilen hava ve yatay yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. İlk bakışta genel olarak hava sıcaklık değerlerindeki artma ve azalmaların yatay yüzey sıcaklık değerleri ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu izlenimi edinilmekle birlikte, elde edilen sonuçlara göre hava sıcaklıklarının yatay yüzey sıcaklıklarından beklenen ölçüde etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada her iki reseptörden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında yüzey sıcaklıklarının 276,5 K ile 282,5 K olmasına karşın, hava sıcaklıklarının her iki reseptörde de 275,5 K ile aynı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.99).



Şekil 6.99. 'N' tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen yüzey ve hava sıcaklık değerlerinin (a) saat 06'da (b) saat 24'deki değişimi

Yeryüzeyi üzerinde elde edilen bu değerlerin yüksekliğin artması ile yatayda azalarak daha sonra düşey yüzeylere yakın noktalarda artmaya başlaması, hava sıcaklığının düşey yüzlerden de etkilendiğini göstermektedir. Yapılan analizlerde uzundalga radyasyon sıcaklık dağılımlarının yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği alanlarda daha yoğunluk kazandığını göstermiştir (Şekil 6.100). Bu amaçla araştırmanın bundan sonraki aşamasında ada içerisindeki konut bloklarının duvar yüzeyi radyasyon değerleri analiz edilmektedir.

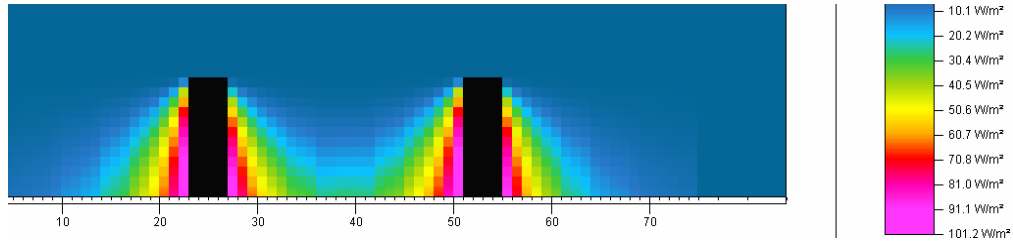


Şekil 6.100. 'N' tipi konut adasında saat 13'de düşey yüzeylerden yansıyan uzun dalga radyasyon sıcaklık değerleri

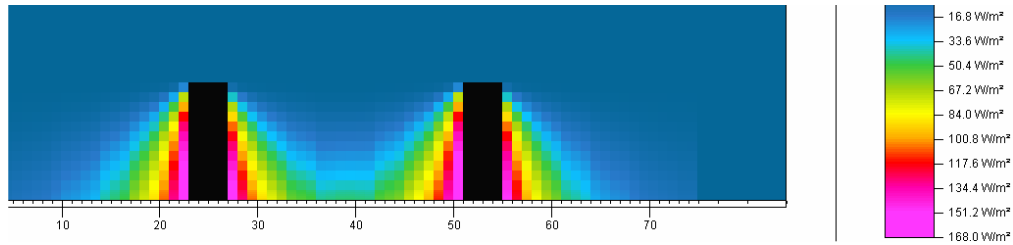
#### *Radyasyon analizi*

'N' tipi konut adasında yüzeylerden gelen radyasyon düzeyine bakıldığında, yüzeylere atmosferden gelen kısa dalga radyasyonun bir kısmının yüzeyler tarafından tutulurken diğer bir kısmının yansıyan ve yayılan uzun dalga radyasyon olarak atmosfere geri döndüğü anlaşılmaktadır. Bu amaçla yapılan analizlerde Şekil 6.101'de düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon, Şekil 6.102'de ise bu yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon miktarları görülebilmektedir.  $10,1 \text{ W/m}^2$  ile  $101,2 \text{ W/m}^2$  arasında değişen yansıyan radyasyon değerleri ile  $16,8 \text{ W/m}^2$ - $168,0 \text{ W/m}^2$  arasında değişen yayılan radyasyon değerleri karşılıklı incelendiğinde, en soğuk dönemde düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerlerinin uzun dalga radyasyon değerlerinin yaklaşık 1,5 katı kadar olduğu anlaşılmaktadır. Birbirleri ile ilişkili olan her iki radyasyon değerlerinden en yüksek olanlar 3 m ve altındaki yükseklikte güneşe bakan yüzeylerde, en düşük olanlar ise yüksekliğe bağlı olarak kuzeye bakan yüzeylerde çatı yüzeyi seviyesinde

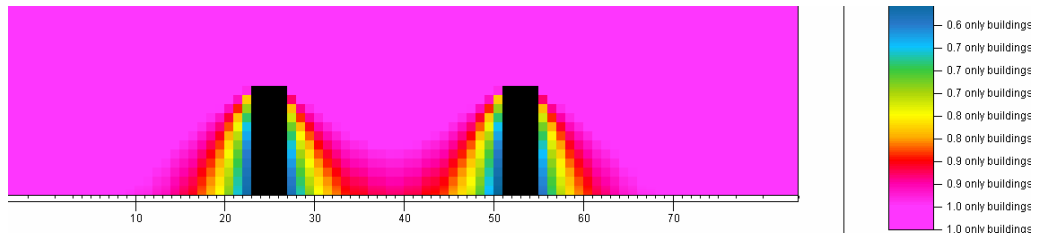
görülmektedir. Güneye bakan yüzeylerdeki kısa ve uzun dalga radyasyon düzeyinin yüksekliğe bağlı olarak yaklaşık olarak on kat artması veya azalmasının nedeninin duvar yüzeylerinde en yüksek değeri '1' olan ve yere doğru yaklaştıkça azalan gökyüzü görüş faktörü olduğu anlaşılmıştır (Şekil 6.103). 'N' tipi konut adası içerisinde hava sıcaklıklarının en yüksek olduğu noktalar bu faktör değerinin '0,6' ile en düşük olduğu alanlardır (Şekil 6.103).



Şekil 6.101. 'N' tipi konut adasında düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri



Şekil 6.102. 'N' tipi konut adasında düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerleri

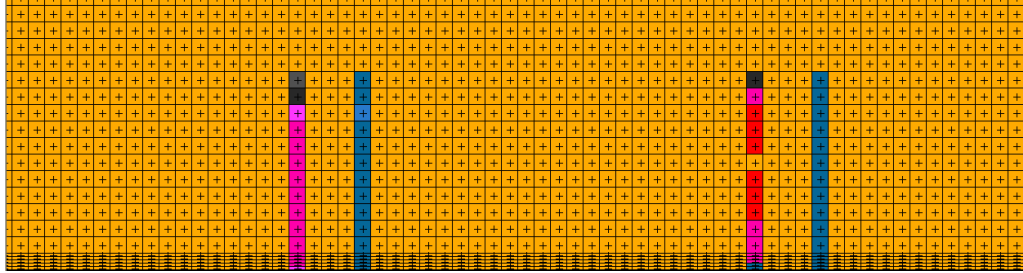


Şekil 6.103. 'N' tipi konut adasında gökyüzü görüş faktör değerleri

Yapılan bu analizlerden elde edilen veriler ışığında yüzeylerdeki radyasyon miktarındaki değişim düzeyinin yüzey sıcaklıkları üzerine etkilerini görmek için bir sonraki aşamada duvar yüzeyi sıcaklık analizleri yapılacaktır.

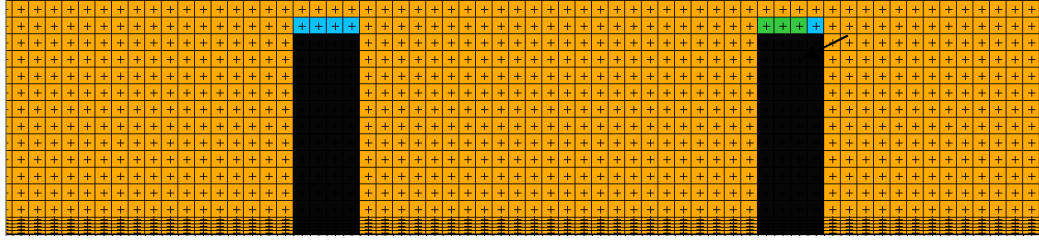
### *Duvar yüzeyi sıcaklık analizi*

Duvar yüzeyi sıcaklıklarının ada içerisindeki dağılımına bakıldığında, gün boyunca oluşan en yüksek değerlerin güneşe bakan tüm konut yüzeylerinde olduğu belirlenmiştir. Yüzey sıcaklıklarının 293 K ile 297 K arasında değişen olduğu en üst düzeye güneşin en dik konuma gelmeye başladığı saat 10'da ulaşarak, bu değeri saat 14'e kadar sürdürdüğü görülmüştür (Şekil 6.104). Bir önceki araştırmada elde edilen verilere göre en fazla 282,5 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklık değerleri ile aynı saatlerde 297 K seviyesine kadar çıkan düşey yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında, yatay yüzeyler ile düşey yüzeyler arasında 15 K bir farkın ortaya çıktığı görülmekte, bunun da konut adası içerisindeki hava sıcaklık artışını açıklayan bir etken olabileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 6.104. 'N' tipi konut adasında saat 13'de oluşan duvar yüzeyi sıcaklık değerleri

Buna neden olarak, en az sıcak dönemde yatay yüzeyler tarafından tutulan kısa dalga radyasyon miktarının güneş ışınlarının eğik gelmesine bağlı olarak azalması gösterilebilir. Ancak güneşi doğrudan gören yatay ve düşey yüzeylerde azalan sıcaklık değerlerinin birlikte analiz edildiği bir başka simülasyon ortamından edilen görüntülere dayanarak, rüzgar hızı ve hareketlerinin bu değerleri etkilediği anlaşılmaktadır (Şekil 6.104, Şekil 6.105). Güneşi doğrudan gören çatı yüzeyi sıcaklıkları incelendiğinde doğrudan gelen kısa dalga radyasyon düzeyinin en yüksek olduğu saat 13'de yaklaşık 284 K olduğu görülmektedir (Şekil 6.105).

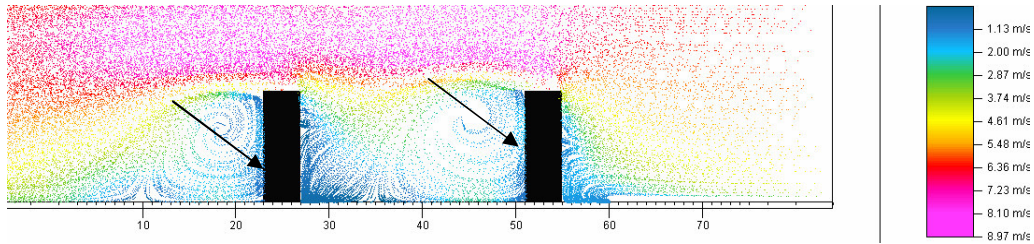


Şekil 6.105. 'N' tipi konut adasında saat 13'de oluşan çatı yüzeyi sıcaklık değerleri

282,5 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklığı ile 284 K olan çatı yüzey sıcaklıkları arasındaki 1,5 K'lık farkın ise yer seviyesindeki rüzgar hızının konutlar arasındaki açıklığa bağlı olarak artmış olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu nedenlerle konut adasının mikroklima özelliklerine olası etkilerini belirlemek üzere araştırmanın bundan sonraki aşamasında rüzgar hızı ve hareketlerine ilişkin analizler yapılmaktadır.

#### *Rüzgar analizi*

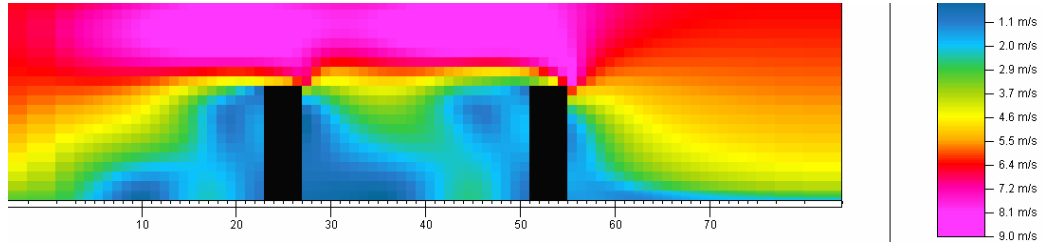
Yapılan analizlerde kuzey-güney doğrultusunda esen hakim rüzgarın, rüzgara dik konumdaki konut bloklarının arasında kalan alanlarda hızının oldukça azalmış olmasına karşın, çatı seviyesinde daha da artmış olduğu görülmektedir (Şekil 6.106) Ayrıca konut blokları arasında yukarıda belirtilen duvar yüzeyi sıcaklıklarının azalmasının nedeni olan ters rüzgarlar oluştuğu görülmüştür.



Şekil 6.106. 'N' tipi konut adasında rüzgar hızı değerlerini gösteren kesitler

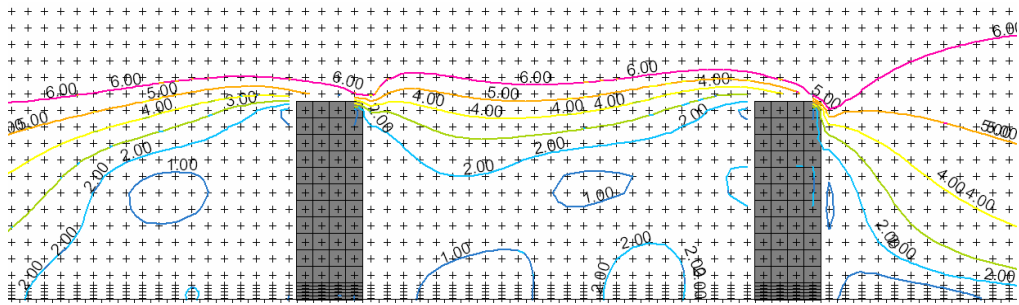
Rüzgarın bu hareketlerine ilişkin elde edilen sayısal verilerden, ada dışındaki doğal ortamda ortalama 5 m/sn hızla esen hakim rüzgarın, ada yakın çevresinde bu hızının

farklılaştığı, ada içerisinde ise yerden 6 m yükseklikteki çatı seviyesine kadar 2 m/sn'nin altına kadar düşmüş olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.107).



Şekil 6.107. N' tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri

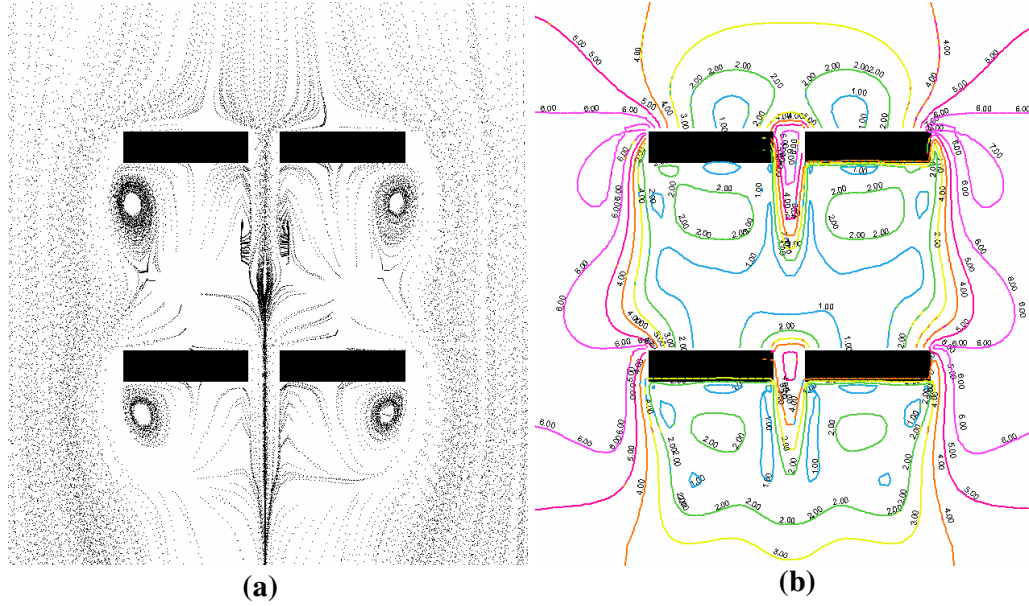
Daha ayrıntılı olarak incelendiğinde rüzgar hızının, rüzgara dik konumdaki adanın kuzey ve güney kenarları arasında oluşan basınç farkının etkisi ile artarak 33 m olan çatı seviyesinin 3 m kadar üzerinde 5 m/sn olarak belirlenmiştir (Şekil 6.108).



Şekil 6.108. N' tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitin renk değerleri

Rüzgarın hız ve hareketlerine yatay konumda bakıldığında adanın dış kesimlerinde doğal yönünü koruyan rüzgarın, adanın güney kesiminde bir gölge alanı oluşturduktan sonra doğal yönünde esmeye devam ettiği anlaşılmaktadır. Konut dizileri arasında kalan alanlarda hızı oldukça azalan rüzgarın, konut grupları arasında oluşan koridor ile adanın doğu ve batı kesimlerinde 6 m/sn olan hızının doğal hızının üzerine çıkarak kuzey-güney doğrultusundaki dış kenarlarda 5,5 m/sn ile en yüksek hıza ulaşmış olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 6.109).





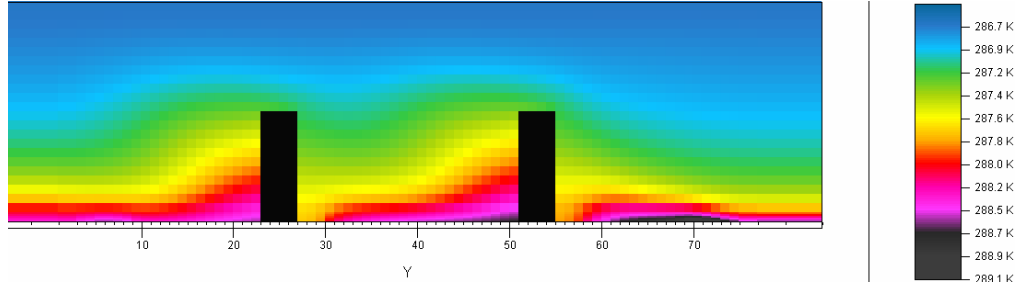
Şekil 6.109. N' tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri

#### En sıcak dönem mikroklima analizi

##### *Hava ve yüzey sıcaklık analizi*

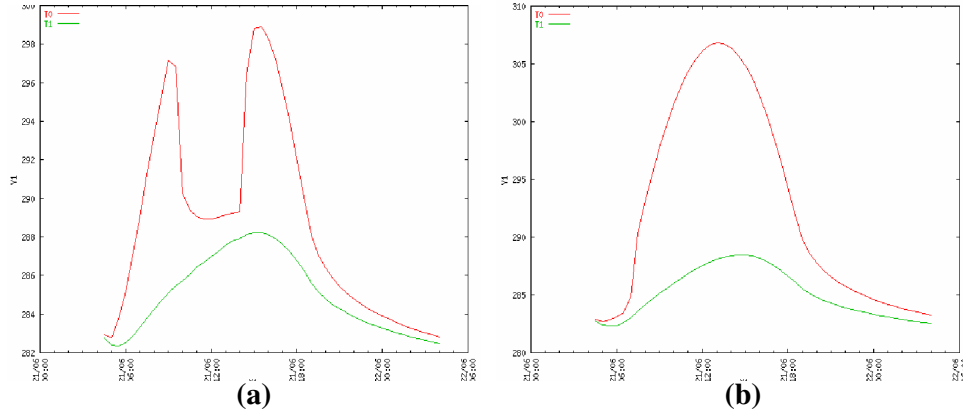
Yapılan analizlerde konut adası ve yakın çevresinde gün içerisindeki hava sıcaklık değerlerinin en yüksek düzeye ulaştığı saat 14'de 2,4 K'e kadar yükselen hava sıcaklık farklarının, bu farkın en çok 0,6 K olduğu en soğuk dönem değerleri ile karşılaştırıldığında yaklaşık dört kat arttığı görülmüştür. Doğrudan gelen radyasyon şiddetinin en yüksek düzeye ulaştığı öğle saatlerinde oluşan bu farkın, özellikle konut adası içerisinde daimi gölgede kalan alanlarla, adayı çevreleyen yaya ve taşıt yolu gibi ısı iletme katsayısı yüksek olan sert yüzeylerin 3 m ve altındaki yüksekliklerde daha da belirginleştiği görülmektedir (Şekil 6.110). Ada içerisinde kalan alanlarda en yüksek hava sıcaklığı değerlerinin güney yönündeki yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği noktalarda belirginleştiği, buna da bu noktada yansıyan ve yayılan radyasyon düzeyinin hızla artmasına neden olan gökyüzü görüş faktörünün (SVF) azalmasının etki ettiği düşünülmektedir. Bu noktalarda hava sıcaklıklarında

oluşan yüksek değerlerin yaklaşık 15 m'ye kadar bu düzeyi korumakta olduğu görülmektedir.



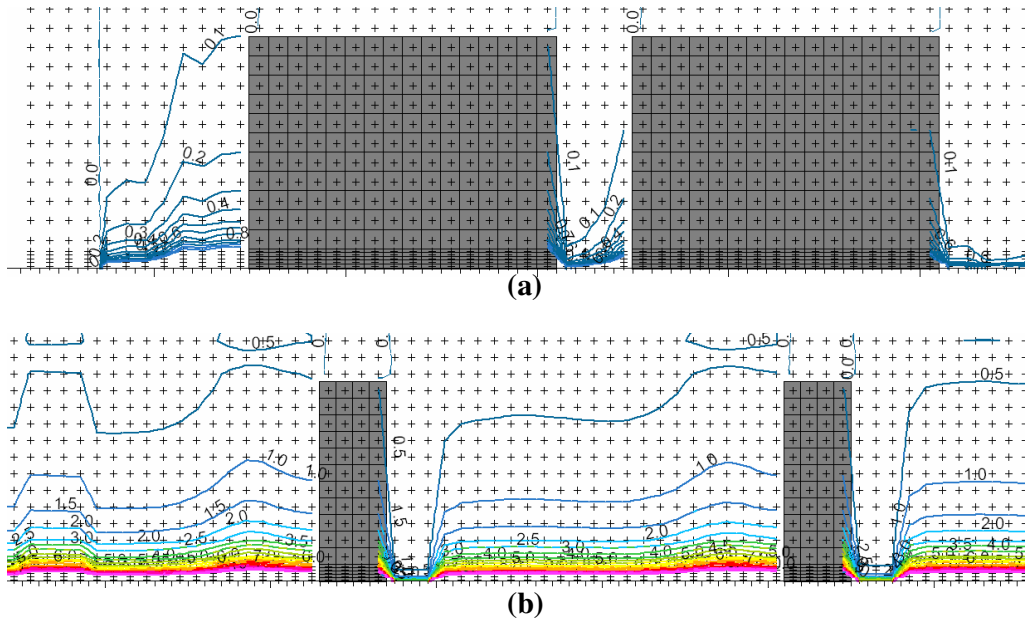
Şekil 6.110. 'N' tipi konut adasında saat 14'de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit

Konut adası dışında ve içerisinde oluşan hava sıcaklık değerleri ile bu değerlerdeki değişimin daha kapsamlı olarak anlaşılabilmesi, yatay ve düşey yüzey sıcaklıklarının belirlenmesini gerektirmektedir. Bu amaçla ilk olarak ada dışında daimi güneş alan bir noktada konumlanan (a0) reseptörü ile ada içerisinde daimi gölgede kalan bir noktada konumlanan (a3) reseptöründen elde edilen hava ve yatay yüzey sıcaklık değerleri arasındaki ilişkiler karşılaştırılmıştır. İlk bakışta genel olarak hava sıcaklık değerlerindeki artış ve azalışların yatay yüzey sıcaklık değerleri ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu izlenimini vermekle birlikte, hava sıcaklıklarının yatay yüzey sıcaklıklarından beklenen ölçüde etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada her iki reseptörden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında, yüzey sıcaklıklarının genel olarak 305 K olmasına karşın, hava sıcaklıklarının her ikisinde de 288 K ile aynı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.111).



Şekil 6.111. 21 Haziran'da 'N' tipi konut adasında (a0) ve (a3) reseptörlerinden elde edilen hava ve yüzey sıcaklık değerlerinin gün içerisindeki dağılımı

Yeryüzeyi üzerinde elde edilen bu değerlerin yüksekliğin artması ile yatayda azalarak daha sonra düşey yüzeylere yakın noktalarda artmaya başlamasının, hava sıcaklığının düşey yüzlerden de etkilendiğini göstermiştir. Yapılan analizlerde uzundalga radyasyon sıcaklık dağılımlarının yatay ve düşey yüzeylerin kesiştiği alanlarda daha yoğunluk kazandığını göstermiştir (Şekil 6.112).

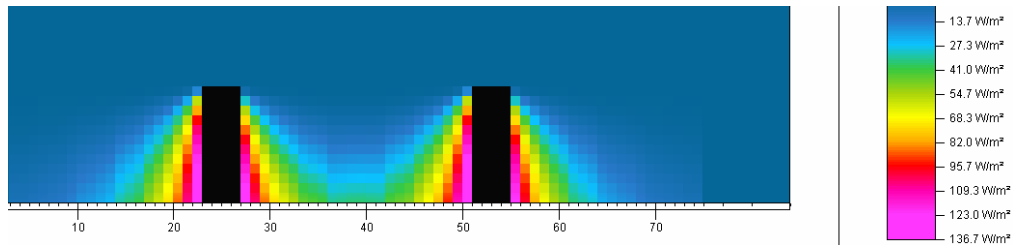


Şekil 6.112. 'N' tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 14'de konut adası ve çevresindeki yüzeyler üzerindeki dağılımı (a) en kesit (b) boy kesit

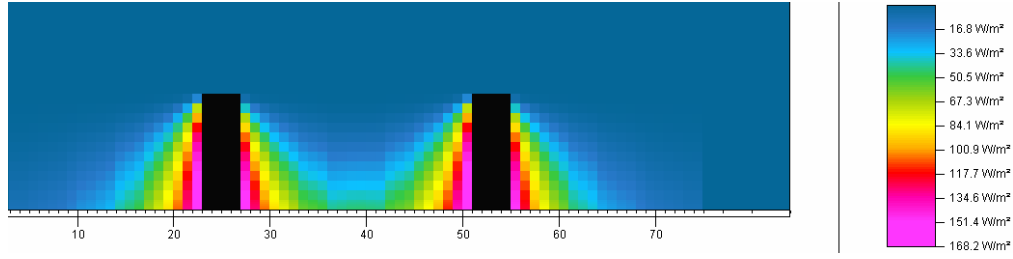
Bu nedenle araştırmanın bundan sonraki aşamasında ada içerisindeki duvar yüzeyi radyasyon değerleri analiz edilmektedir.

### *Radyasyon analizi*

21 Haziran'da hava sıcaklıklarının en yüksek seviyeye ulaşmaya başlamış olduğu saat 14'de, yüzeylere atmosferden gelen kısa dalga radyasyonun bir kısmının yüzeyler tarafından tutulurken, diğer bir kısmının yansıyan ve yayılan uzun dalga radyasyon olarak atmosfere geri döndüğü anlaşılmaktadır. Bu amaçla yapılan analizlerde Şekil 6.113'de düşey yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon, Şekil 6.114'de ise bu yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon miktarları görülebilmektedir.  $13,7 \text{ W/m}^2$  ile  $136,7 \text{ W/m}^2$  arasında değişen yansıyan radyasyon değerleri ile  $16,8 \text{ W/m}^2$ - $168,2 \text{ W/m}^2$  arasında değişen yayılan radyasyon değerleri karşılaştırıldığında, en sıcak dönemde uzun dalga radyasyon değerlerinin çok fazla değişmemesine karşın, kısa dalga radyasyon değerlerinin yaklaşık olarak %20'si kadar artmış olduğu görülmektedir. Radyasyon değerlerinden en yüksek olanların 3 m ve altındaki yükseklikte güneye bakan yüzeylerde, en düşük olanlar ise kuzeye bakan yüzeylerde çatı yüzeyi seviyesinde görüldüğü, bunun da gökyüzü görüş faktörü ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 6.113. 'N' tipi konut adasında saat 14'de düşey yüzeyler üzerindeki yansıyan kısa dalga radyasyon değerleri

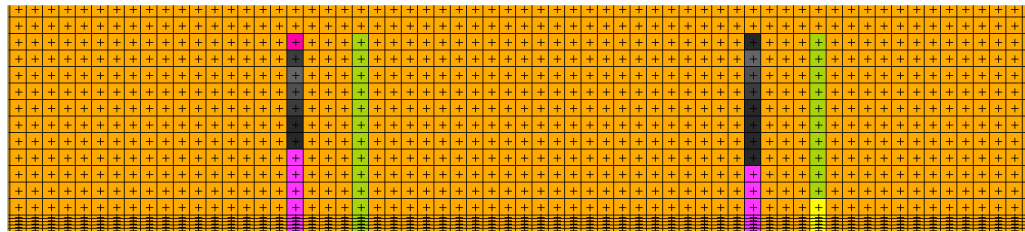


Şekil 6.114. ‘N’ tipi konut adasında saat 14’de düşey yüzeyler üzerindeki yayılan uzun dalga radyasyon değerleri

Yatay ve düşey yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyon değerlerinin birlikte değerlendirildiği dağılımlar karşılaştırıldığında da, en yüksek değerlerin ısı tutma kapasitesinin doğal yüzeylere göre daha düşük olduğu yaya ve taşıt yolu ile çatı yüzeyi gibi yatay yüzeyler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Günün en sıcak saati olan 14’de konutlar arasında kalan yüzeylerde, gece 22’den itibaren ise çatı yüzeyleri üzerinde artan değerler arasında oluşan bu farkın sabah saatlerinde azalarak dengelendiği görülmüştür. Sonraki bölümde, bu sürecin etkilediği hava ve yüzey sıcaklık değerleri ile bunların arasındaki ilişkinin değişim düzeyi analiz edilmektedir.

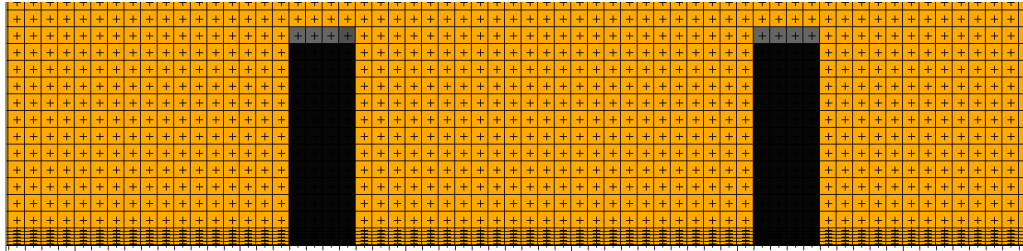
#### *Duvar yüzeyi sıcaklık analizi*

Duvar yüzeyi sıcaklıklarının ada içerisindeki dağılımına bakıldığında, gün boyunca oluşan en yüksek yüzey sıcaklıklarının çatı yüzeyleri üzerinde olduğu belirlenmiştir. Gün boyu güneşi doğrudan gören çatı yüzeyi sıcaklıkları incelendiğinde hava sıcaklıklarının en yüksek düzeye ulaştığı saat 14’de 310 K’e ulaştığı görülmektedir (Şekil 6.115).



Şekil 6.115. ‘N’ tipi konut adasında saat 14’de çatı yüzeyi sıcaklık değerleri

Duvar yüzeyi sıcaklıklarının en üst düzeye güneşin en dik konuma gelmeye başladığı saat 10'da ulaşarak 295 K olan bu değeri saat 14'e kadar sürdürdüğü görülmüştür (Şekil 6.116). Bir önceki araştırmada elde edilen verilere göre en fazla 305 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklık değerleri ile aynı saatlerde 295 K'e kadar çıkan düşey yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında, en sıcak dönemde yatay yüzeyler ile düşey yüzeyler arasında 10 K kadar bir farkın ortaya çıktığı anlaşılmaktadır.

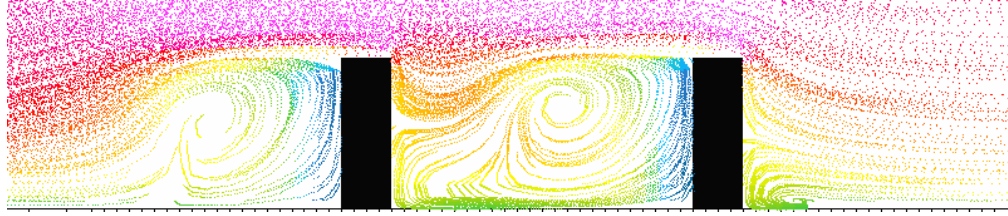


Şekil 6.116. 'N' tipi konut adasında saat 14'de kuzey ve güney duvar yüzeyi sıcaklık değerleri

305 K olan maksimum yatay yüzey sıcaklığı ile çatı yüzey sıcaklıkları arasında bir farkın oluşmaması ise rüzgar hareketlerinin düşey yüzeye yapmış olduğu etkilerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Sonraki bölümde konut adasının mikroklima özelliklerine olası etkilerini belirlemek üzere araştırmanın bundan sonraki aşamasında rüzgar hızı ve hareketlerine ilişkin analizler yapılmaktadır.

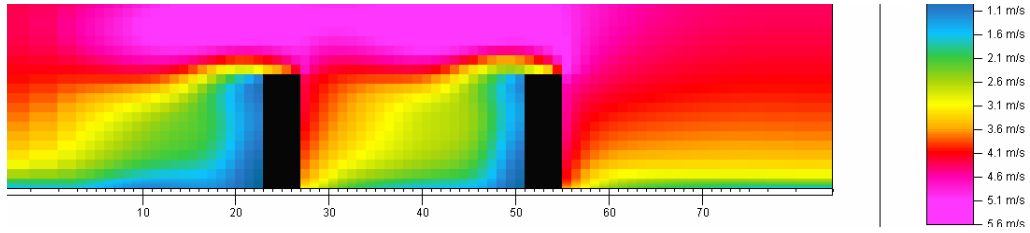
#### *Rüzgar analizi*

Yapılan ilk analizde simülasyon koşullarına göre kuzey doğudan 45° açı ile gelen hakim rüzgar hızının, rüzgara eğik konumdaki konut bloklarının arasında kalan alanlarda kısmen azalmış olmasına karşın, çatı seviyesinde artmış olduğu görülmektedir. Ayrıca rüzgarın konutların güneye bakan cephelerinde oluşturduğu türbülansların yüzey sıcaklıklarını etkileyecek düzeyde olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 6.117).



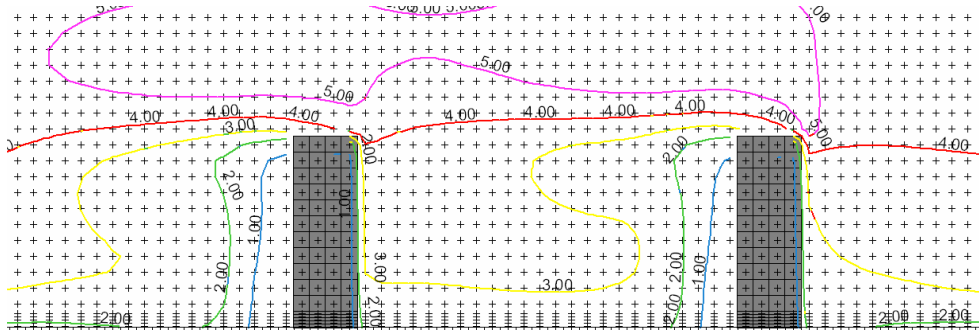
Şekil 6.117. 'N' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

Rüzgarın bu hareketlerine ilişkin elde edilen sayısal verilere göre, ada dışındaki doğal ortamda ortalama 3 m/sn hızla esen hakim rüzgarın, ada yakın çevresinde bu hızı koruduğu, ada içerisinde kuzeye bakan duvar yüzeylerinde yerden 33 m yükseklikteki çatı seviyesine kadar 4,1 m/sn hızla estiği belirlenmiştir (Şekil 6.118).



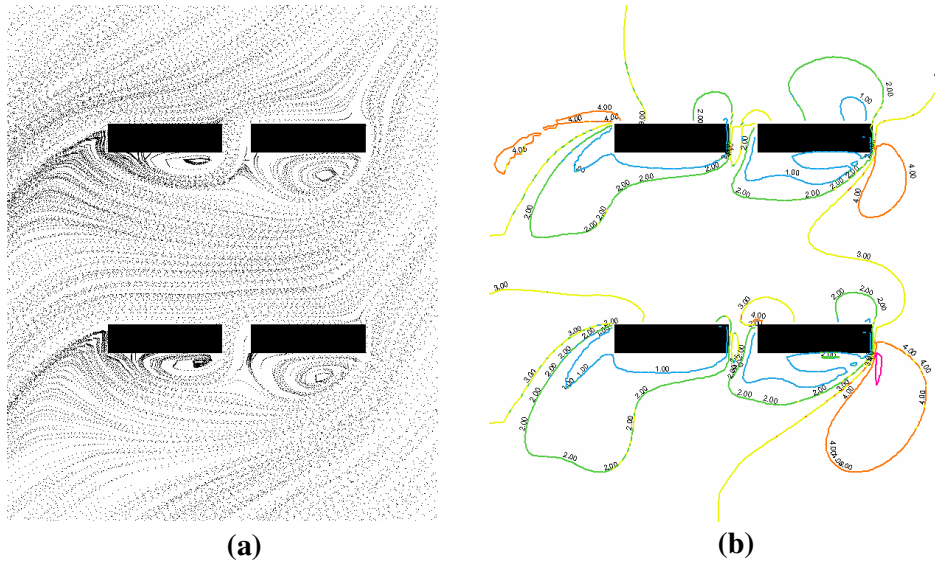
Şekil 6.118. 'N' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

Analiz sonuçları daha ayrıntılı olarak incelendiğinde 'a-4', 'b-4', 'c-4' ve 'd-4' tipi konut bloklarından oluşan 'N' tipi konut adasında çatı seviyesinde 4 m/sn ile doğal hızında esen rüzgar hızının yere yaklaştıkça 3 m yükseklikten itibaren 3 m/sn'nin altına düştüğü görülmektedir (Şekil 6.119).



Şekil 6.119. 'N' tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesit

Rüzgarın hız ve hareketlerine yatay konumda bakıldığında adanın dış kesimlerinde  $45^\circ$  açı ile geldiği doğal yönünü koruyan rüzgarın, adanın güney-batı kesiminde bir gölge alanı oluşturduktan sonra bu yönde esmeye devam ettiği anlaşılmaktadır. Konut arasında kalan alanda hızı biraz azalan rüzgarın konutların güneye bakan cephelerinde hızı 1 m/sn olan türbülanslar oluşturarak konut adası içerisinde doğu batı doğrultusunda 3 m/sn hızla esmeye devam etmekte olduğu görülmektedir (Şekil 6.120).



Şekil 6.120. ‘N’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketlerini gösteren yatay kesitler (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri

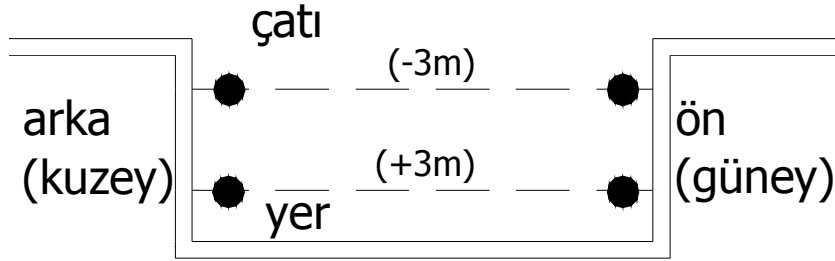
#### 6.2.5. Konut adası tipleri mikroklima analizlerinin değerlendirilmesi

Bu bölümde ‘K’, ‘L’, ‘M’ ve ‘L’ tipi konut adaları içerisinde en soğuk ve en sıcak dönem için yapılan ölçümlerden elde edilen verilere ilişkin hazırlanan çizelgeler üzerinden mikroklima özellikleri için genel bir değerlendirme yapılmaktadır. Bu değerlendirme konut adası tipleri arasında hava sıcaklıkları, radyasyon şiddeti, duvar ve çatı yüzeyi sıcaklıkları ile rüzgar hız ve hareketleri karşılaştırılarak yapılmaktadır. Konut adası tiplerine göre duvar, çatı ve yer yüzeyi ile bu değerlerin yüzeylere göre oransal dağılımını gösteren çizelgeler hazırlanarak, konut adası tiplerinin en soğuk ve en sıcak dönem performans düzeyi belirlenmeye çalışılmaktadır.



### Konut adası tipleri mikroklima analizi sonuçları

Yapılan analizlerden elde edilen çok sayıdaki verinin konut adası içerisinde kısa aralıklarla değişimler göstermiş olması genel bir değerlendirme yapabilmek için bu verilerin sınırlandırılmasını gerektirmektedir. Bu amaçla hazırlanan çizelgelerdeki veriler, konut adasının bütününe temsil edebilecek nitelikteki kritik noktalar ile sınırlandırılmıştır. Bu noktalar, konut adası içerisinde kuzey ve güneye bakan duvar yüzeylerine yakın konumda, yerden 3 m yükseklikte ve çatı seviyesinin 3 m altında yer almaktadır (Şekil 6.121).



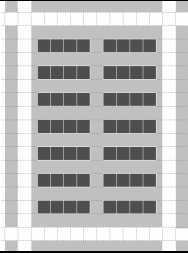
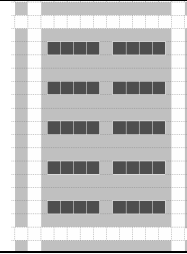
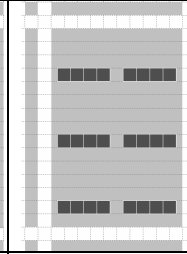
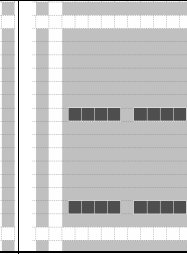
Şekil 6.121. Konut adası mikroklima analizlerinden seçilen kritik noktalardaki veriler

Bu noktalardan elde edilen verilere göre en soğuk ve en sıcak dönem için hazırlanan iki ayrı çizelge ile konut adası tiplerine göre mikroklima özelliklerine ilişkin genel bir değerlendirme yapma olanağı sağlanmış olmaktadır (Çizelge 6.7, Çizelge 6.8). Bu çizelgeler ve içerikleri ise şöyledir:

#### *En soğuk dönem mikroklima özellikleri*

Çizelge 6.7’de en soğuk dönemde yapılan mikroklima analizlerinden hava sıcaklıkları, radyasyon şiddeti, duvar ve çatı yüzeyi sıcaklıkları ile rüzgar hız ve hareketlerine ilişkin elde edilen sonuçlar görülmektedir.

Çizelge 6.7. En soğuk dönem mikroklima özellikleri performansı

| EN SOĞUK DÖNEM MİKROKLİMA ÖZELLİKLERİ PERFORMANSI |      |  |       |  |       |  |       |  |       |
|---------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ADA TİPLERİ                                       |      | K                                                                                 |       | L                                                                                 |       | M                                                                                  |       | N                                                                                   |       |
| KONUM                                             |      | YER                                                                               | ÇATI  | YER                                                                               | ÇATI  | YER                                                                                | ÇATI  | YER                                                                                 | ÇATI  |
| SVF                                               |      | 0,78                                                                              | 0,95  | 0,69                                                                              | 0,93  | 0,93                                                                               | 0,67  | 0,96                                                                                | 0,65  |
| Rad.                                              | RSW  | 50                                                                                | 10    | 75                                                                                | 10    | 95                                                                                 | 15    | 100                                                                                 | 15    |
|                                                   | RLW  | 80                                                                                | 20    | 130                                                                               | 20    | 155                                                                                | 25    | 170                                                                                 | 25    |
| T <sub>DUVAR</sub>                                | ÖN   | 320                                                                               | 320   | 320                                                                               | 318   | 316                                                                                | 306   | 296                                                                                 | 296   |
|                                                   | ARKA | 280                                                                               | 280   | 278                                                                               | 278   | 278                                                                                | 278   | 278                                                                                 | 278   |
| T <sub>HAVA</sub>                                 | ÖN   | 276,3                                                                             | 276,2 | 276,1                                                                             | 275,9 | 276,2                                                                              | 275,9 | 276,2                                                                               | 275,7 |
|                                                   | ARKA | 276,2                                                                             | 276,2 | 276                                                                               | 275,9 | 275,9                                                                              | 275,8 | 275,8                                                                               | 275,7 |
| Rüzgar                                            | ÖN   | 0,7                                                                               | 0,7   | 0,8                                                                               | 0,8   | 1,0                                                                                | 1,0   | 1,0                                                                                 | 1,0   |
|                                                   | ARKA | 0,7                                                                               | 0,7   | 0,8                                                                               | 1,5   | 1,0                                                                                | 1,8   | 2,8                                                                                 | 2,8   |

Çizelge 6.7’de görülen sonuçlara ilişkin olarak yapılan değerlendirmeler ise şöyledir:

#### *Hava sıcaklıkları*

Konut adası tipleri için en soğuk dönem performans göstergelerinden biri olan hava sıcaklıklarına bakıldığında, bu sıcaklıkların yerden yükseldikçe azalmakta olduğu görülmüştür. Güneye bakan duvar yüzeyleri üzerinde yerden 3 m yükseklikteki hava sıcaklıkları karşılaştırıldığında, en yüksek sıcaklıkların 276,3 K ile ‘K’ tipi konut adasında, en düşük sıcaklıkların ise 275,9 K olan ‘N’ tipi konut adasında olduğu görülmektedir. Yüksekliğe göre değişen bu değerlere bakıldığında 2 katlı olması nedeni ile ‘K’ tipinde sıcaklıkların fazla değişmemesine karşın, 12 katlı konut tiplerinden oluşan ‘N’ tipi konut adasında bu farkın 0,5 K kadar azalmış olduğu anlaşılmıştır. ‘N’ ve ‘M’ tiplerinde yer seviyesindeki hava sıcaklıklarının da ‘K’ tipinden 0,3 K daha düşük olduğu görülmüştür (Bkz. Çizelge 6.7).

### *Radyasyon*

Çizelge 6.7’de radyasyon analizlerinden elde edilen değerler karşılaştırıldığında bu değerlerin gökyüzü görüş faktörü ile ters orantılı bir ilişki içerisinde olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon düzeyi ile yayılan uzun dalga radyasyon şiddetinin yükseklik ile birlikte azaldığı, en yüksek düzeye ise tüm konut adası tiplerinde gökyüzü görüş faktörünün en düşük olduğu yerden 3 m yükseklik ve altında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte yansıyan ve yayılan radyasyon şiddetlerinin de doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu ve en soğuk dönemde yayılan uzun dalga radyasyon şiddetinin yansıyan kısa dalga radyasyon şiddetinden yaklaşık olarak 1,5 ve 2 kat kadar fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bu ilişkilere göre elde edilen sonuçlara bakıldığında en düşük yansıyan kısa dalga radyasyon şiddetine  $10 \text{ W/m}^2$  ile ‘K’ tipi konut adasında çatı seviyesinde, en yüksek değerlerin ise  $100 \text{ W/m}^2$  ile ‘N’ tipi konut adasında yer seviyesinde ulaşıldığı görülmüştür. Bu sonuçlara paralel olarak yayılan uzun dalga radyasyon şiddetine ise en düşük  $20 \text{ W/m}^2$  ile ‘K’ tipi konut adasında çatı seviyesinde,  $170 \text{ W/m}^2$  ile en yüksek ‘N’ tipi konut adasında yer seviyesinde ulaşıldığı görülmüştür (Bkz. Çizelge 6.7).

### *Duvar yüzeyi sıcaklıkları*

Çizelge 6.7’de duvar yüzeyi sıcaklıkları için çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada yüzey sıcaklıklarının radyasyon ve rüzgar hareketleri ile ilişki içerisinde olduğu görülmüştür. Genel olarak tüm konut adası tiplerinde konutların kuzeye bakan duvar yüzeylerinde  $278 \text{ K}$  olan yüzey sıcaklıklarının ‘K’ tipi konut adasında  $2 \text{ K}$  daha fazla olduğu görülmüştür. Çatı yüzeyi sıcaklıkları karşılaştırıldığında tüm konut adası tipleri içerisinde ortalama  $283 \text{ K}$  olan radyasyon şiddetinin en yüksek seviyeye ulaştığı öğle saatlerinde kuzeye bakan duvar yüzeyi sıcaklıkları ile arasında oluşan farkın yalnızca  $5 \text{ K}$  kadar olduğu belirlenmiştir. Bu da rüzgarın yatay konumda geldiği yüzeylerin sıcaklıklarının azalmasına etkisini görmek açısından önemlidir. Benzer şekilde ‘M’ ve ‘N’ tipi konut adalarında oluşan ve yaklaşık  $1 \text{ m/sn}$  hızla estiği belirlenen türbülanslar nedeni ile öğle saatlerinde

güneye bakan duvar yüzeylerindeki sıcaklıkların önemli ölçüde azaldığı ve ‘K’ ve ‘L’ tipi konut adaları ile karşılaştırıldığında da oluşan yüzey sıcaklık farklarının 15 K ile 25 K arasında değişen miktarlarda azalmış olduğu görülmektedir (Bkz. Çizelge 6.7).

### *Rüzgar*

Çizelge 6.7’de rüzgar analizlerinden elde edilen değerler karşılaştırıldığında en soğuk dönemde doğal havalandırma için gereken rüzgarlara kapalı olması gereken ada içerisindeki kuzeye bakan duvar yüzeylerinde en yüksek rüzgar hızı 2,8 m/sn ile ‘N’ tipi, en düşük rüzgar hızı ise 0,7 m/sn ile ‘K’ tipi konut adasında görülmüştür. Ayrıca diğer konut adası tiplerinde yer seviyesindeki rüzgar hızının ‘K’ tipi konut adasında çatı seviyesinde 0,7 m/sn esen rüzgar hızından daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Yapılan analizlerde tüm konut adası tiplerinde çatı seviyesi üzerindeki ortalama 4,5 m/sn ile 5,5 m/sn arasından değişen rüzgar hızının birbirine oldukça yakın olduğu, oluşan en yüksek farkın ise yüksekliğe göre 1 m/sn ile ‘K’ ile ‘N’ tipi arasında olduğu görülmüştür. Rüzgar hareketlerinin konut adası içerisinde konumlanan konut tipleri ile ilişkilerine bakıldığında ‘K’ tipi konut adasının çatı yüzeyi, ‘N’ tipi konut adasının ise duvar yüzeyi yoğunluğunun fazla olması nedeni ile bu konut adası tiplerinin en soğuk dönemde rüzgar hareketlerinden daha fazla etkilenmekte oldukları anlaşılmaktadır. Ayrıca tüm konut adası tiplerinde doğu ve batı yönüne bakan duvar yüzeyleri arasında oluşan koridorlarda hızı artarak yerden 3 m yükseklikte 6 m/sn’ye kadar ulaşan rüzgarın bu yüzeylerde önemli ölçüde ısı kaybına neden olabileceği de anlaşılmaktadır (Bkz. Çizelge 6.7).

### *En sıcak dönem mikroklima özellikleri*

Çizelge 6.8’de en sıcak dönemde yapılan mikroklima analizlerinden konut adası tipleri için hava sıcaklıkları, radyasyon şiddeti, duvar ve çatı yüzeyi sıcaklıkları ile rüzgar hız ve hareketlerine ilişkin olarak elde edilen sonuçlar görülmektedir.

Çizelge 6.8. En sıcak dönem mikroklima özellikleri performansı

| EN SICAK DÖNEM MİKROKLİMA ÖZELLİKLERİ PERFORMANSI |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ADA TİPLERİ                                       |      | K     |       | L     |       | M     |       | N     |       |
| KONUM                                             |      | YER   | ÇATI  | YER   | ÇATI  | YER   | ÇATI  | YER   | ÇATI  |
| SVF                                               |      | 0,78  | 0,95  | 0,69  | 0,93  | 0,93  | 0,67  | 0,96  | 0,65  |
| Rad.                                              | RSW  | 75    | 15    | 105   | 15    | 125   | 20    | 130   | 20    |
|                                                   | RLW  | 90    | 20    | 130   | 20    | 150   | 25    | 160   | 25    |
| T <sub>DUVAR</sub>                                | ÖN   | 294   | 294   | 296   | 294   | 298   | 294   | 306   | 294   |
|                                                   | ARKA | 290   | 290   | 290   | 290   | 290   | 290   | 290   | 290   |
| T <sub>HAVA</sub>                                 | ÖN   | 288,8 | 288,4 | 288,6 | 287,9 | 289,3 | 287,3 | 289,2 | 287,4 |
|                                                   | ARKA | 288,7 | 288,4 | 288,3 | 287,7 | 287,8 | 287,0 | 287,7 | 286,9 |
| Rüz.                                              | ÖN   | 1,8   | 2,1   | 1,9   | 1,5   | 1,1   | 1,5   | 0,7   | 1,3   |
|                                                   | ARKA | 2,4   | 2,7   | 2,7   | 3,1   | 2,9   | 3,3   | 3,3   | 3,8   |

Çizelge 6.8’de görülen sonuçlara ilişkin olarak yapılan değerlendirmeler ise şöyledir:

#### *Hava sıcaklıkları*

Çizelge 6.8’de konut adası tipleri için en sıcak dönem performans göstergelerinden biri olan hava sıcaklıklarının yerden yükseldikçe azalmakta olduğu görülmüştür. Güneye bakan duvar yüzeyleri üzerinde yerden 3 m yükseklikte elde edilen veriler karşılaştırıldığında en yüksek hava sıcaklıklarının 289,2 K ile ‘N’ tipi konut adasında, en düşük hava sıcaklıklarının ise 288,8 K ile ‘K’ tipi konut adasında olduğu görülmektedir. Yerden 3 m yükseklikte 1,4 K olan bu farkın çatı seviyesindeki değerlerine bakıldığında ‘K’ tipinin 2 katlı olması nedeni ile bu konut adasında değişmediği, 12 katlı konut tiplerinden oluşan ‘N’ tipi konut adasında ise hava sıcaklıklarının 1,8 K kadar azalmış olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 6.8).

### *Radyasyon*

Çizelge 6.8’de radyasyon analizlerinden elde edilen değerler karşılaştırıldığında bu değerlerin gökyüzü görüş faktörü ile ters orantılı bir ilişki içerisinde olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre yüzeylerden yansıyan kısa dalga radyasyon düzeyi ile yayılan uzun dalga radyasyon şiddetinin yükseklik ile birlikte azaldığı, en yüksek düzeye ise tüm konut adası tiplerinde gökyüzü görüş faktörünün en düşük olduğu yerden 3 m yükseklik ve altında ulaştığı belirlenmiştir. Bununla birlikte yansıyan ve yayılan radyasyon şiddetlerinin de doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu ve en soğuk dönemde yayılan uzundalga radyasyon şiddetinin yansıyan kısa dalga radyasyon şiddetinden yaklaşık olarak 1,2 kat daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bu ilişkilere göre elde edilen sonuçlara bakıldığında en düşük yansıyan kısa dalga radyasyon şiddetine  $15 \text{ W/m}^2$  ile ‘K’ tipi konut adasında çatı seviyesinde, en yüksek değerlerin ise  $130 \text{ W/m}^2$  ile ‘N’ tipi konut adasında yer seviyesinde ulaşıldığı görülmüştür. Bu sonuçlara paralel olarak yayılan uzun dalga radyasyon şiddetinin en düşük  $20 \text{ W/m}^2$  ile ‘K’ tipi konut adasında çatı seviyesinde,  $160 \text{ W/m}^2$  ile en yüksek ‘N’ tipi konut adasında yer seviyesinde ulaşıldığı görülmüştür (Bkz. Çizelge 6.8).

### *Duvar yüzeyi sıcaklıkları*

Çizelge 6.8’de duvar yüzeyi sıcaklıkları için çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada yüzey sıcaklıklarının radyasyon ve rüzgar hareketleri ile ilişki içerisinde olduğu görülmüştür. Genel olarak tüm konut adası tiplerinde konutların kuzeye bakan duvar yüzeylerinde  $290 \text{ K}$  olan yüzey sıcaklıklarının  $283 \text{ K}$  olan çatı yüzeyi sıcaklıklarından  $13 \text{ K}$  daha az olduğu anlaşılmaktadır (Bkz. Çizelge 6.8). Çatı yüzeyi sıcaklıkları karşılaştırıldığında tüm konut adası tipleri içerisinde ortalama  $305 \text{ K}$  olarak belirlenmiştir. radyasyon şiddetinin en yüksek seviyeye ulaştığı öğle saatlerinde genel olarak  $294 \text{ K}$  olan güneye bakan duvar yüzeyi sıcaklıkları ile arasında oluşan farkın ise  $11 \text{ K}$  kadar olduğu belirlenmiştir. Tüm konut adası tiplerinde  $290 \text{ K}$  olan kuzeye bakan duvar yüzeyleri ile güneye bakan duvar yüzeyleri arasında  $4 \text{ K}$  kadar olan sıcaklık farkları en sıcak dönemde güneye bakan duvar yüzeylerinde önemli bir farklılık oluşmadığı anlaşılmaktadır.

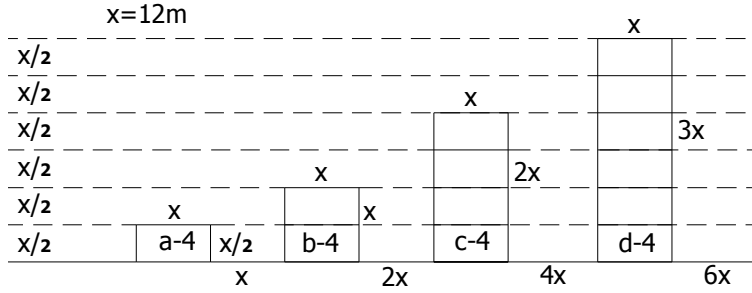
### *Rüzgar*

Çizelge 6.8’de rüzgar analizlerinden elde edilen değerler karşılaştırıldığında en sıcak dönemde doğal havalandırma için gereken rüzgarlara açık olması gereken kuzey yönündeki duvar yüzeylerinde en yüksek rüzgar hızı 3,3 m/sn ile ‘N’ tipi, en düşük rüzgar hızı ise 2,4 m/sn ile ‘K’ tipi konut adasında görülmüştür. Ayrıca diğer tiplerdeki yer seviyesindeki rüzgar hızlarının ‘K’ tipi konut adasında çatı seviyesinde 2,7 m/sn esen rüzgar hızından daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Yapılan analizlerde tüm konut adası tiplerinde çatı seviyesi üzerinde ortalama 3,5 m/sn hızla esen rüzgarın en sıcak dönemde önemli farklılıklar göstermediği anlaşılmaktadır (Bkz. Çizelge 6.8).

### Hipotetik konut adası tipleri mikroklima performansı karşılaştırması

Farklı yoğunluklara sahip olan konut adası tiplerinde değişen TAKS ve KAKS değerleri ile birlikte toplam yüzey alanı ve oranları da değişmektedir. Bu nedenle konut ve konut adası tiplerine göre kuzey, güney, doğu ve batıya bakan duvar yüzeyleri ile çatı ve yer yüzeyi oranlarını gösteren bir çizelge hazırlanarak, oluşan mikroklimatik etkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Şekil 6.122’de konut adaları içerisinde “x” birim uzunluğu 12 m olarak kabul edilen yatay ve dikey yüzey modüler oranlarını gösteren kesit görülmektedir. Modüler boyutun 12 m olarak belirlenmesinin bir nedeni, konut adası içerisinde en küçük ölçü birimi olarak kabul edilen kat yüksekliğinin 3 m’nin katlarından olmasıdır. Ayrıca gölge, radyasyon ve mikroklima analizleri için yapılan bütün simülasyonlarda yapılan ölçümlerden çıkan sonuçların bu çözünürlük düzeyine göre elde edilmiş olması da bunu etkileyen bir başka faktördür. Ancak yapılan analizlerde elde edilen sonuçlarda 3 m aralıklarla çok büyük farklar olmadığının anlaşılması ile çalışma kapsamında yapılan bu karşılaştırmada çözünürlük düzeyi azaltılarak modüler uzunluk birimi 12 m ile sınırlandırılmıştır (Şekil 6.122).



Şekil 6.122. Konut tiplerine göre yatay ve düşey yüzey oranları

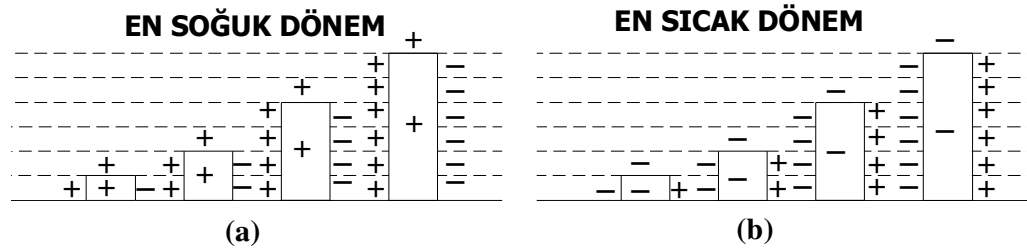
Çizelge 6.9’da çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada konut adalarındaki yüzey yoğunluklarının yapı yoğunlukları ile doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Tüm konut adalarında yüzey alanlarının yatay ve düşey oranlar açısından da önemli farklılıklar göstermekte olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre en çok çatı alanı ile ‘K’ tipi konut adası yatay yüzey oranı en yüksek, en çok duvar alanı ile ‘N’ tipi konut adası ise düşey yüzey oranı en yüksek konut adası olarak belirlenmiştir (Çizelge 6.9). Yapılaşmadan önce toplam 150 birimden oluşan konut adası yüzey alanı ile karşılaştırıldığında, yapılaşma sonrasında 220 birim yüzeyden oluşan ‘K’ tipi konut adasında 70, 270 birimden oluşan ‘M’ ve ‘N’ tipi konut adalarında ise 120 birim daha fazla yüzey oluştuğu anlaşılmaktadır. Ada tipleri içerisinde en yoğun konut yüzeyinin 144 birim ile ‘M’ tipi konut adasında, en az yoğun konut yüzeyinin 126 birim ile ‘K’ tipi konut adasında oluştuğu anlaşılmıştır. Yapılaşma yoğunluğu daha az olmasına karşın ‘L’ tipi konut adasındaki konut yüzey yoğunluğunun ‘N’ tipi konut adasından daha fazla olduğu görülmektedir(Çizelge 6.9).

Çizelge 6.9. Konut tipleri ve konut adası tipleri yatay ve düşey yüzey oranları

| YÜZEY<br>TÜRLERİ    | KONUT TİPLERİ<br>YÜZEY ORANLARI |            |            |            | KONUT ADASI TİPLERİ<br>YÜZEY ORANLARI |             |             |             |
|---------------------|---------------------------------|------------|------------|------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                     | a-4                             | b-4        | c-4        | d-4        | K                                     | L           | M           | N           |
| Güney               | 2x                              | 4x         | 8x         | 12x        | 28x                                   | 40x         | 48x         | 48x         |
| Kuzey               | 2x                              | 4x         | 8x         | 12x        | 28x                                   | 40x         | 48x         | 48x         |
| Doğu+Batı           | x                               | 2x         | 4x         | 6x         | 14x                                   | 20x         | 24x         | 24x         |
| Çatı                | 4x                              | 4x         | 4x         | 4x         | 56x                                   | 40x         | 24x         | 16x         |
| Konut Yüzeyi        | <b>9x</b>                       | <b>14x</b> | <b>24x</b> | <b>34x</b> | <b>126x</b>                           | <b>140x</b> | <b>144x</b> | <b>136x</b> |
| Ada Yüzeyi          |                                 |            |            |            | 94x                                   | 110x        | 126x        | 134x        |
| <b>Toplam Yüzey</b> |                                 |            |            |            | <b>220x</b>                           | <b>250x</b> | <b>270x</b> | <b>270x</b> |



Mikroklima özelliklerine göre konut adalarının performans değerlendirmesi ise en soğuk ve en sıcak dönemde termal konfor gereksinimleri gözetilerek ada içerisindeki ısı kayıp ve kazançlarına göre yüzeylere verilen pozitif (+) ve negatif (-) değerlerin toplamı ile yapılmıştır. Örneğin yüzeylere doğrudan gelen radyasyon şiddetine göre yapılan bir değerlendirmede en soğuk dönemde güneşi doğrudan gören çatı, güney, doğu ve batıya bakan yüzeylere pozitif (+), kuzeye bakan yüzeylere negatif (-), en sıcak dönemde ise yalnızca güneş görmeyen kuzeye bakan yüzeylere pozitif (+), diğer yüzeylere ise negatif (-) değerler verilmiştir (Şekil 6.123).



Şekil 6.123. Konut adaları içerisindeki yüzey değerlerinin dağılımını gösteren kesit  
(a) en soğuk dönem (b) en sıcak dönem

Bu değerlerin yüzeyler üzerindeki dağılımı ve toplamına göre konut adası tipleri arasında çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada en soğuk dönemde ‘K’ tipi pozitif (+), ‘N’ tipi ise negatif (-) performans gösterirken, en sıcak dönemde ‘K’ tipinin negatif (-), ‘N’ tipinin pozitif (+) performans göstermiş olduğu görülmüştür (Çizelge 6.10).

Çizelge 6.10. Konut adaları içerisindeki radyasyon düzeyine göre yüzeylerin performans dağılımı

| RADYASYON     | EN SOĞUK DÖNEM |             |             |             | EN SICAK DÖNEM |             |             |             |
|---------------|----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
|               | K              | L           | M           | N           | K              | L           | M           | N           |
| Güney         | +28x           | +40x        | +48x        | +48x        | -28x           | -40x        | -48x        | -48x        |
| Kuzey         | -28x           | -40x        | -48x        | -48x        | +28x           | +40x        | +48x        | +48x        |
| Doğu+Batı     | +14x           | +20x        | +24x        | +24x        | -14x           | -20x        | -24x        | -24x        |
| Çatı          | +56x           | +40x        | +24x        | +16x        | -56x           | -40x        | -24x        | -16x        |
| <b>Toplam</b> | <b>+70x</b>    | <b>+60x</b> | <b>+48x</b> | <b>+40x</b> | <b>-70x</b>    | <b>-60x</b> | <b>-48x</b> | <b>-40x</b> |

Ancak yapılan mikroklima analizlerine göre yüzeylerde oluşan etkilerin radyasyon ile sınırlı olmayıp, rüzgarın yönü, hızı ve hareketlerine göre de önemli ölçüde değişmekte olduğu, bu nedenle performans değerlendirmesinin farklı yönleri bakan yüzeyler üzerinde rüzgarın dönemsel olarak farklılaşan etkilerine göre de yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu amaçla çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada tüm konut adası tiplerinde en soğuk dönemde kuzeyden dik konumda gelen rüzgarı paralel karşılayan çatı, doğu ve batı yüzeyleri ile rüzgarı 1 m'sn üzerinde bir hızla gören duvar yüzeylerine negatif (-), en sıcak dönemde ise rüzgarı gören yüzeylere pozitif (+), diğer yüzeylere negatif (-) değerler verilerek çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada 'K' tipinin en sıcak dönemde, 'L' tipinin ise her iki dönemde pozitif (+) performans gösterdiği anlaşılmıştır (Çizelge 6.11).

Çizelge 6.11. Konut adaları içerisindeki rüzgara göre yüzeylerin performans dağılımı

| RÜZGAR        | EN SOĞUK DÖNEM |      |      |      | EN SICAK DÖNEM |      |      |      |
|---------------|----------------|------|------|------|----------------|------|------|------|
|               | K              | L    | M    | N    | K              | L    | M    | N    |
| Güney         | +28x           | +40x | +48x | +48x | -28x           | -40x | -48x | -48x |
| Kuzey         | +28x           | +40x | -48x | -48x | +28x           | +40x | +48x | +48x |
| Doğu+Batı     | -14x           | -20x | -24x | -24x | -14x           | -20x | -24x | -24x |
| Çatı          | -56x           | -40x | -24x | -16x | +56x           | +40x | +24x | +16x |
| <b>Toplam</b> | -14x           | +20x | -48x | -40x | +42x           | +20x | 0x   | -8x  |

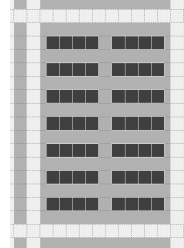
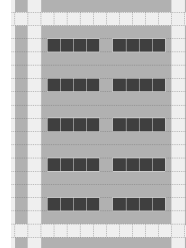
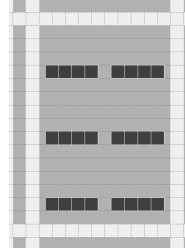
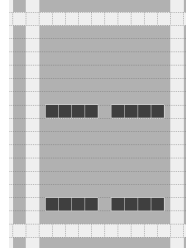
Konut adası tipleri arasında radyasyon ve rüzgar etkileri birlikte gözetilerek çalışma kapsamında yapılan performans karşılaştırmasında ise konut adası tiplerinin performansları arasında önemli farklılıklar ortaya çıktığı, 'M' ve 'N' tipinin en sıcak dönemde 'L' tipinin ise her iki dönemde pozitif (+) performans gösterdiği anlaşılmıştır. (Çizelge 6.12).

Çizelge 6.12. Konut adaları içerisindeki radyasyon ve rüzgara göre yüzeylerin performans dağılımı

| MİKROKLİMA    | EN SOĞUK DÖNEM |      |      |      | EN SICAK DÖNEM |      |      |      |
|---------------|----------------|------|------|------|----------------|------|------|------|
|               | K              | L    | M    | N    | K              | L    | M    | N    |
| Güney         | +28x           | +40x | +48x | +48x | +28x           | +40x | +48x | +48x |
| Kuzey         | +28x           | +40x | -48x | -48x | +28x           | +40x | +48x | +48x |
| Doğu+Batı     | -14x           | -20x | -24x | -24x | -14x           | -20x | -24x | -24x |
| Çatı          | -56x           | -40x | -24x | -16x | -56x           | -40x | -24x | -16x |
| <b>Toplam</b> | -14x           | +20x | -48x | -40x | -70x           | +10x | +48x | +56x |

Sonuç olarak mikroklima özellikleri birlikte gözetilerek çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada ‘K’ tipi konut adasının her iki dönemde de negatif (-) performansı gösterirken, ‘M’ ve ‘N’ tipi konut adalarının en soğuk dönemde negatif (-), en sıcak dönemde ise pozitif (+) performans bir göstermiş olduğu anlaşılmıştır. ‘L’ tipi konut adasının her iki dönemde de pozitif (+) performans gösterdiği anlaşılmıştır (Çizelge 6.13).

Çizelge 6.13. Çalışma kapsamında yapılan konut adası tipleri en soğuk ve en sıcak dönem mikroklima özellikleri performans karşılaştırması

| KONUT ADASI<br>TİPLERİ<br>MİKROKLİMA<br>ÖZELLİKLERİ<br>PERFORMANSI |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| KONUT ADASI<br>TİPLERİ                                             | <b>K</b>                                                                            | <b>L</b>                                                                            | <b>M</b>                                                                             | <b>N</b>                                                                              |
| EN SOĞUK DÖNEM                                                     | -                                                                                   | +                                                                                   | -                                                                                    | -                                                                                     |
| EN SICAK DÖNEM                                                     | -                                                                                   | +                                                                                   | +                                                                                    | +                                                                                     |
| DEĞERLENDİRME                                                      | -                                                                                   | +                                                                                   | + -                                                                                  | + -                                                                                   |

Böylece farklı yön ve konumdaki yüzeylerin en soğuk ve en sıcak döneme göre farklı etkilere açık olması her iki dönem için termal konfor için gereken radyasyon ve rüzgar ilişkilerinin yüzey ve hava sıcaklıkları açısından önemini ortaya koymaktadır. Yapılan bu değerlendirmelere göre bundan sonraki aşamada en soğuk ve en sıcak

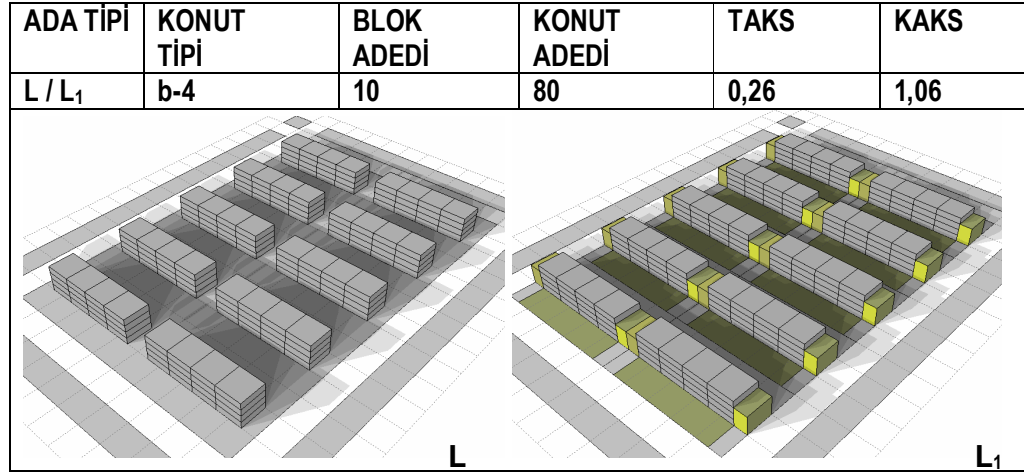
dönemde pozitif (+) performans gösteren ‘L’ tipi konut adasının yoğunluğu korunarak ada içerisinde yapılacak yeni düzenlemelerin bu performansı daha da artırmaya yönelik etkilerini araştırmak üzere mikroklima analizleri yapılacaktır.

### **6.3. Yeniden Düzenlenen ‘L’ Tipi Konut Adası Mikroklima Analizleri**

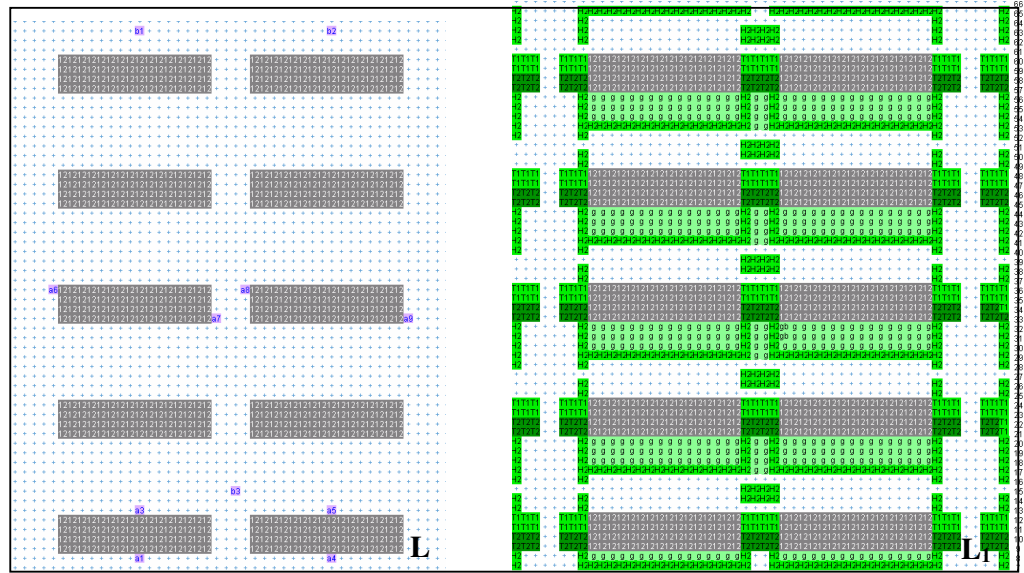
Bu çalışma ile bir önceki bölümde ‘K’, ‘L’, ‘M’ ve ‘N’ konut adası tipleri için sert yüzey özelliklerine göre yapılmış olan mikroklima analizleri, yapılacak yeni düzenlemelerle oluşan yüzey özellikleri, ağaçlandırma ve konut tipleri yükseklik farklılıklarının mikroklima özelliklerine etkilerini karşılaştırılmak için örnek bir konut adası üzerinden yapılmaktadır. Çalışma kapsamında yapılacak bu karşılaştırma ‘L’ tipi konut adası örneğinde ortaya konulmaya çalışılacaktır. Bu ada tipinin en soğuk dönem mikroklima özellikleri performans değerlendirmesinde optimum sonuçlar vermiş olması nedeniyle çalışma kapsamında yapılacak bu karşılaştırma için ‘L’ tipi konut adası seçilmiştir. Bu amaçla yapılacak analizlerde ilk olarak ‘L’ tipi konut adasının yüzey yapısı değiştirilmiş ve ağaçlandırılmış biçimi olan ‘L<sub>1</sub>’ ile kendisi karşılaştırılmakta, daha sonra ise yoğunluk değişikliği yapılmadan farklı konut tipleri ile yeniden düzenlenmiş biçimi olan ‘L<sub>2</sub>’ tipinin mikroklima özellikleri ‘L’ ve ‘L<sub>1</sub>’ konut adası tipleri ile karşılaştırılacaktır.

#### **6.3.1. ‘L’ ve ‘L<sub>1</sub>’ tipi konut adası mikroklima analizleri karşılaştırması**

Bu bölümde konut adası tasarımında asfalt otopark, çim alanlar ve ağaçlandırma ile yapılan düzenlemelerin en soğuk ve en sıcak dönem mikroklima özelliklerine etkileri analiz edilmektedir. ‘L’ tipi konut adasından farklı olarak ‘L<sub>1</sub>’ tipinde konutların kuzey cephesindeki daimi gölge alanlarında asfalt otopark, güneye bakan cephesinde ise çim alanlar ve ağaçlar, konutlara gölge düşürmeden rüzgar akımlarını engelleyecek şekilde konumlandırılmıştır. Simülasyon öncesindeki ‘L’ tipi ile bunun yeniden düzenlenmiş şekli olan ‘L<sub>1</sub>’ tipi konut adası Şekil 6.124’de ECOTECH v5.50 ortamında, Şekil 6.125’de ise ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında görülmektedir.



Şekil 6.124. ‘L’ ve ‘L<sub>1</sub>’ tipi konut adalarının ECOTECT v5.50 ortamındaki görünümü

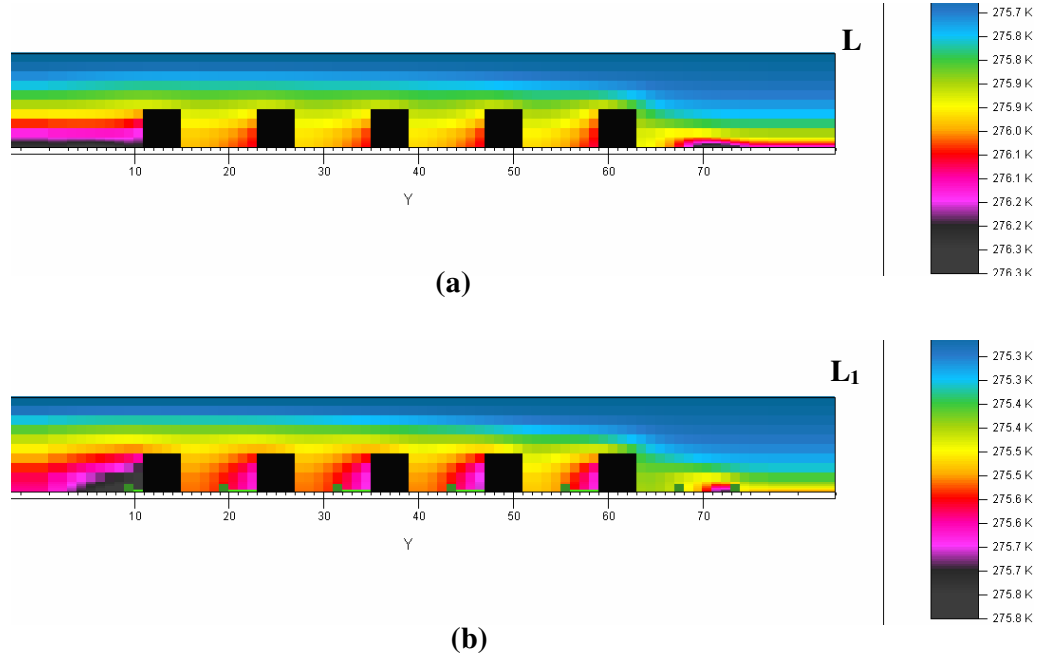


Şekil 6.125. ‘L’ ve ‘L<sub>1</sub>’ tipi konut adalarının ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamındaki görünümü

#### En soğuk dönem mikroklima analizi

En soğuk dönem için yapılan hava sıcaklık karşılaştırıldığında, konut adası içerisinde en soğuk dönem için önemli sayılabilecek düzeyde bir sıcaklık farkı oluşmadığı görülmüştür. Ada alanı içerisindeki en fazla 0,5 K kadar olduğu görülen bu farkın,

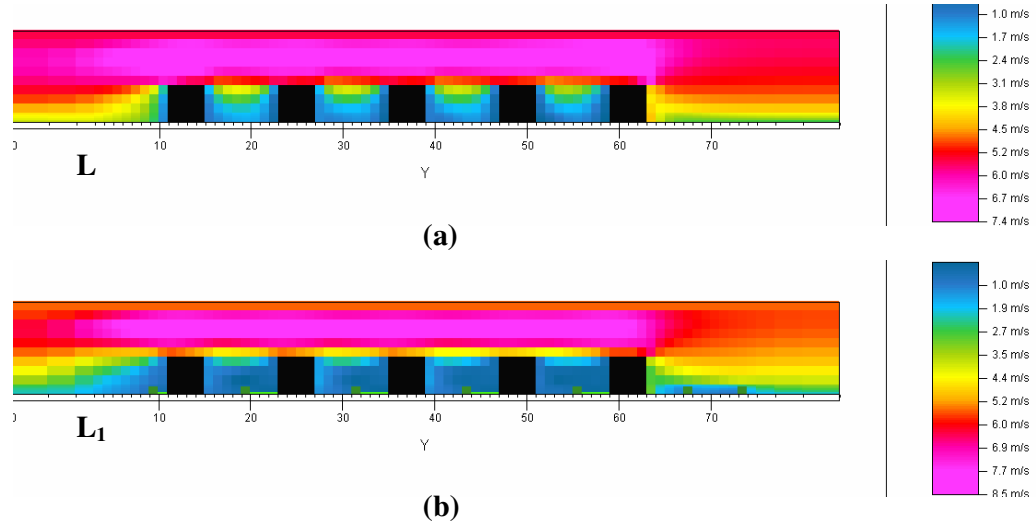
doğrudan gelen radyasyon şiddetinin en yüksek düzeye ulaştığı öğle saatlerinde yüzeylere yakın noktalarda oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 6.126).



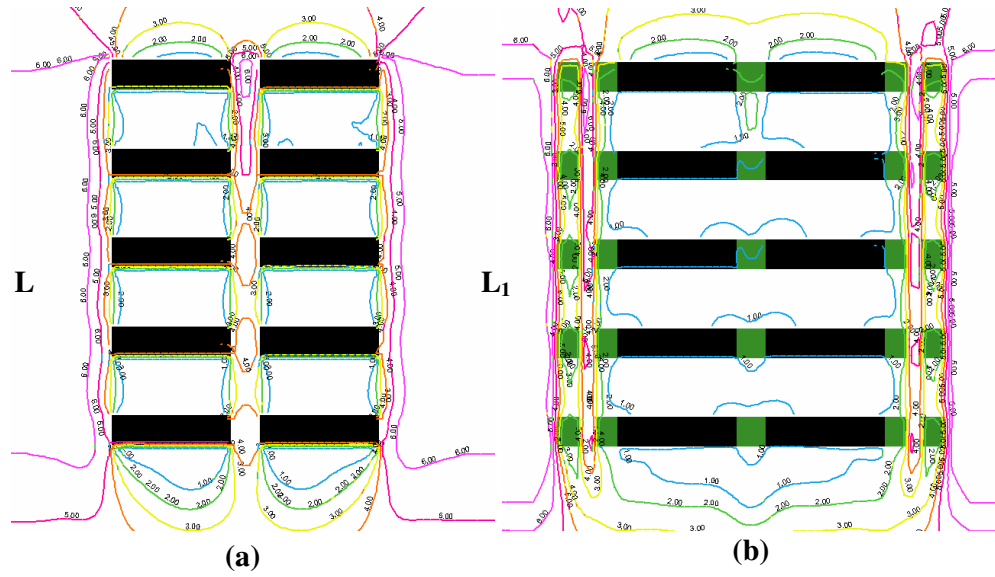
Şekil 6.126. Saat 13’de hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesit (a) ‘L’ tipi konut adası (b) ‘L<sub>1</sub>’ tipi konut adası

Her iki tip için en soğuk dönemdeki rüzgar hızı ve hareketleri karşılaştırıldığında, ‘L<sub>1</sub>’ tipi konut adasında ‘L’ tipine göre daha da azalmış olduğu ve yerden 9 m yüksekliğe kadar tüm ada içerisinde rüzgar hızının 1 m/sn’nin altına kadar düşmüş olduğu anlaşılmıştır (Şekil 6.127).

Bununla birlikte yapılan ağaçlandırma ile konut adası içerisinde yer alan konut blokları arasında kuzey-güney doğrultusunda hakim rüzgara dik bir konumda oluşan rüzgar koridorunda 3 m/sn ile 4 m/sn arasında değişen ve yerden 3 m yükseklik için oldukça yüksek sayılabilecek bir hızla esmekte olan rüzgar hızının 1 m/sn’nin altına düşmüş olması da en soğuk dönemde ağaçlandırmanın rüzgarın hızı ve hareketlerine olumlu etkileri açısından önemini ortaya koymaktadır (Şekil 6.128).



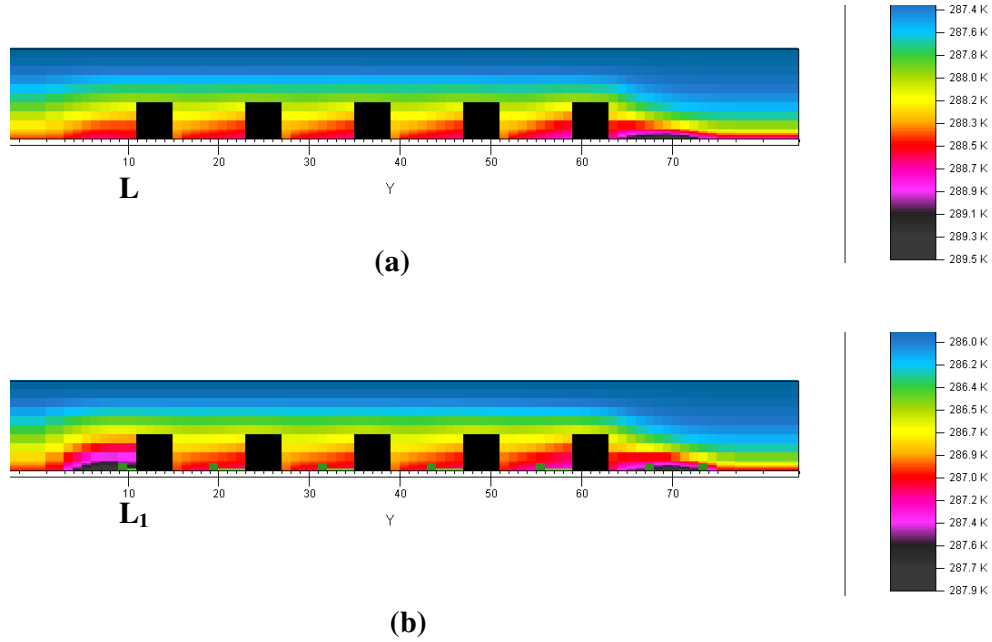
Şekil 6.127. Saat 13’de oluşan rüzgar hızları (a) ‘L’ tipi konut adası (b) ‘L<sub>1</sub>’ tipi konut adası



Şekil 6.128. Saat 13’de oluşan rüzgar hızları (a) ‘L’ tipi konut adası (b) ‘L<sub>1</sub>’ tipi konut adası

### En sıcak dönem mikroklima analizi

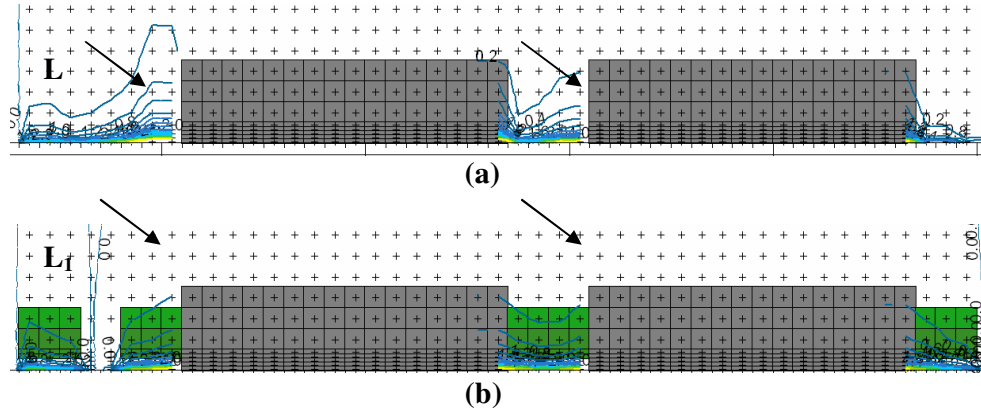
En sıcak dönem için yapılan analizlerden elde edilen hava sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında, konut adası içerisinde en sıcak dönem için önemli sayılabilecek düzeyde bir sıcaklık farkı oluşmadığı görülmüştür. Ada alanı içerisindeki en fazla 1,5 K kadar olduğu görülen bu farkın, doğrudan gelen radyasyon şiddetinin en yüksek düzeye ulaştığı öğle saatlerinde yatay ve düşey yüzeylere yakın noktalarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.129).



Şekil 6.129. Saat 14’de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit (a) ‘L’ tipi konut adası (b) ‘L<sub>1</sub>’ tipi konut adası

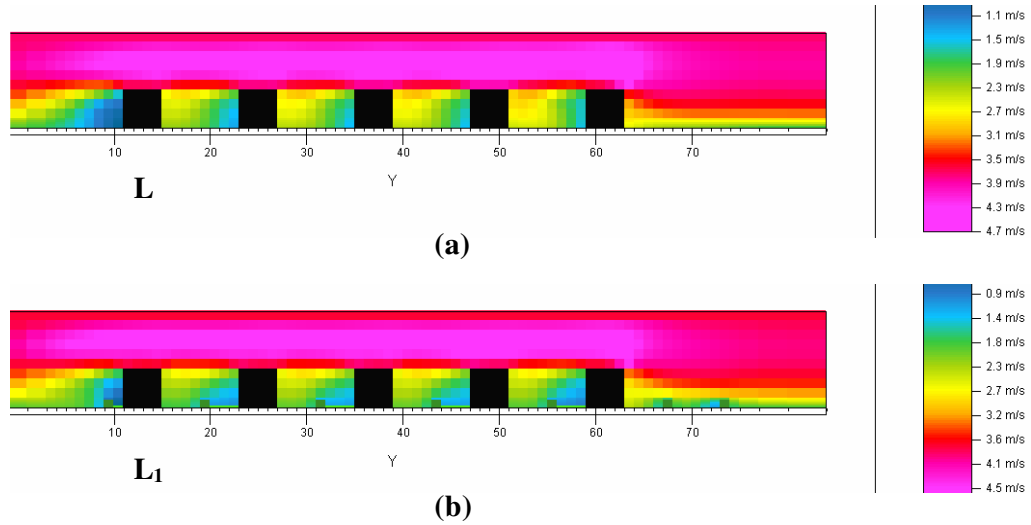
En sıcak dönem için yüzeylerden yayılan uzundalga sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında konut bloklarının batı yüzeylerinde öğleden sonra artan sıcaklık değerlerinin tipinde oldukça azalmış olduğu görülmektedir. Bu da, uygun şekilde konumlandırıldığında ağaçlandırmanın her iki dönemde de mikroklima özellikleri üzerine olumlu etkilerini gösteren bir başka örnektir (Şekil 6.130).





Şekil 6.130. Batı yüzeylerinden yayılan uzundalga sıcaklık farkları (a) 'L' tipi konut adası (b) 'L<sub>1</sub>' tipi konut adası

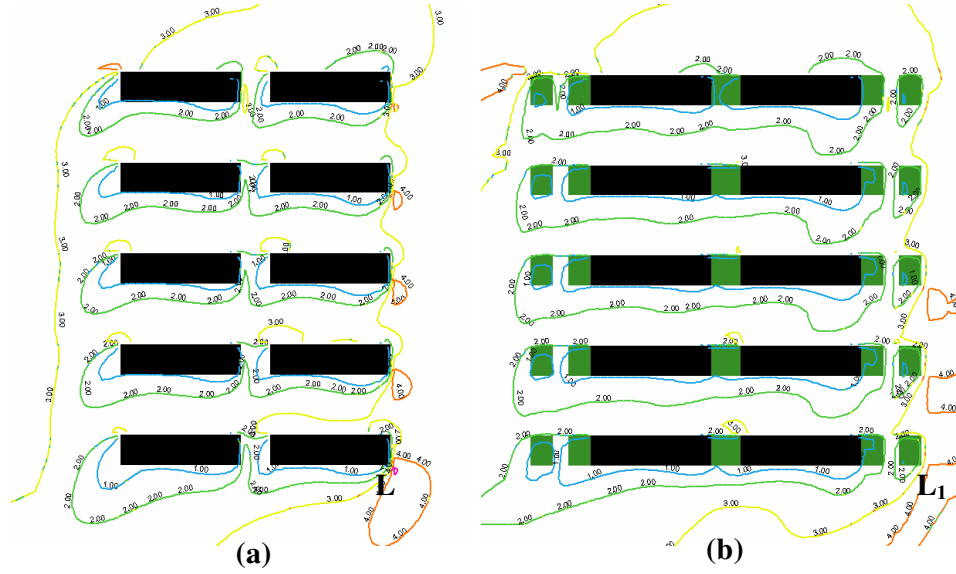
Her iki tip için en sıcak dönemdeki rüzgar hızı ve hareketleri karşılaştırıldığında, yapılan ağaçlandırma ile hakim rüzgarı karşılayan doğu-batı doğrultusundaki rüzgar koridorunda 'L' yerden yüksekliğe göre 2,3 m/sn ile 2,7 m/sn arasında değişen hızlarla esmekte olan rüzgar hızının ve 'L<sub>1</sub>' tipinde de önemli bir farklılık göstermediği anlaşılmıştır (Şekil 6.131).



Şekil 6.131. Rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesitlerin renk değerleri (a) 'L' tipi konut adası (b) 'L<sub>1</sub>' tipi konut adası

Bununla birlikte yapılan ağaçlandırma ile hakim rüzgarı karşılayan doğu-batı doğrultusundaki rüzgar koridorunda esmekte olan rüzgar hızının değişmemiş olması,

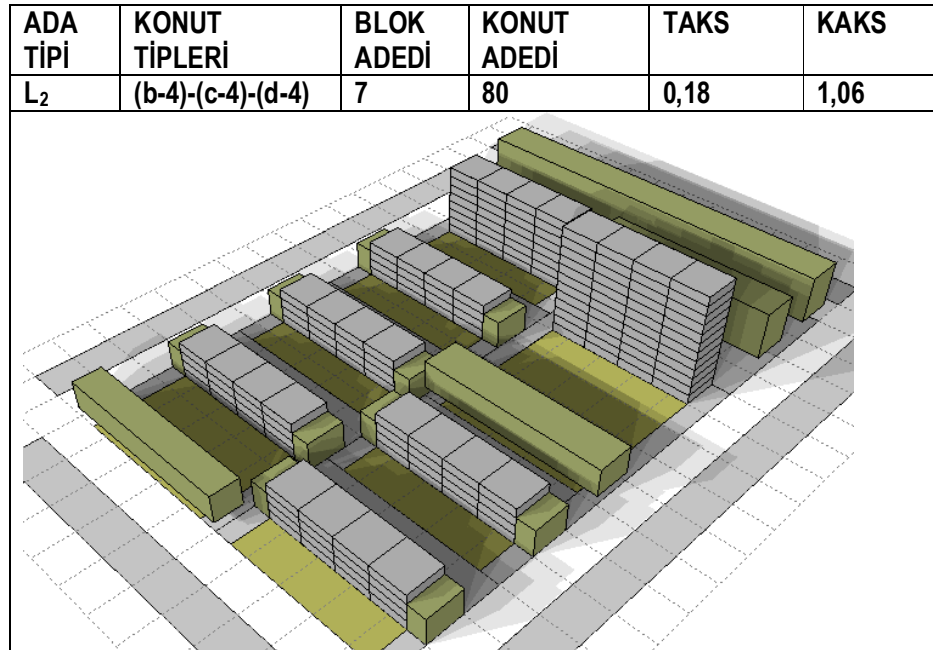
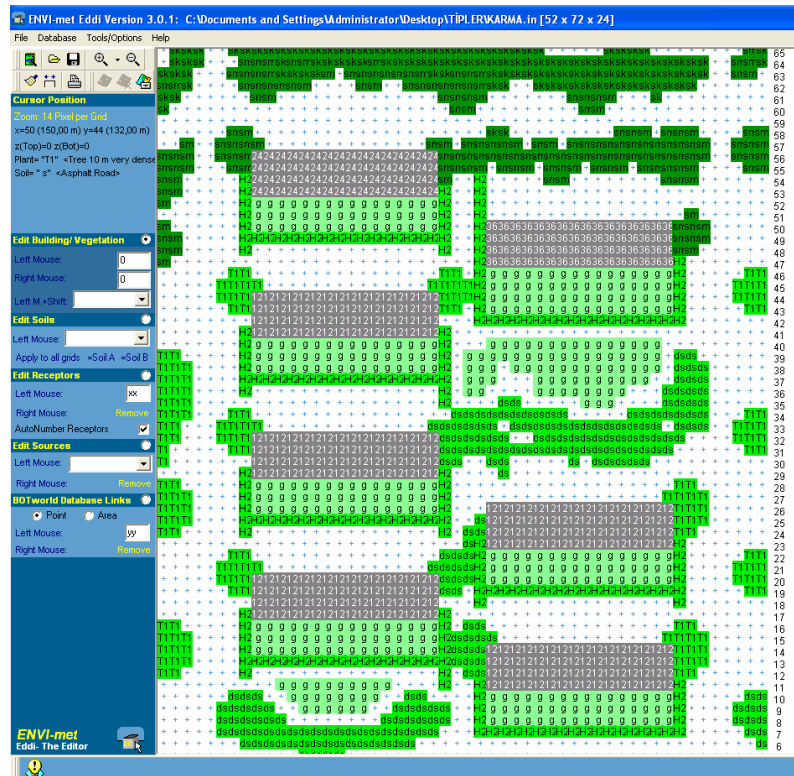
en soğuk dönemde rüzgarı engelleyecek şekilde konumlandırılmış olan ağaçların en sıcak dönemde rüzgarın hızını azaltan herhangi bir etkisinin oluşmadığını ortaya koymaktadır (Şekil 6.132).



Şekil 6.132. Yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketleri (a) 'L' tipi konut adası (b) 'L<sub>1</sub>' tipi konut adası

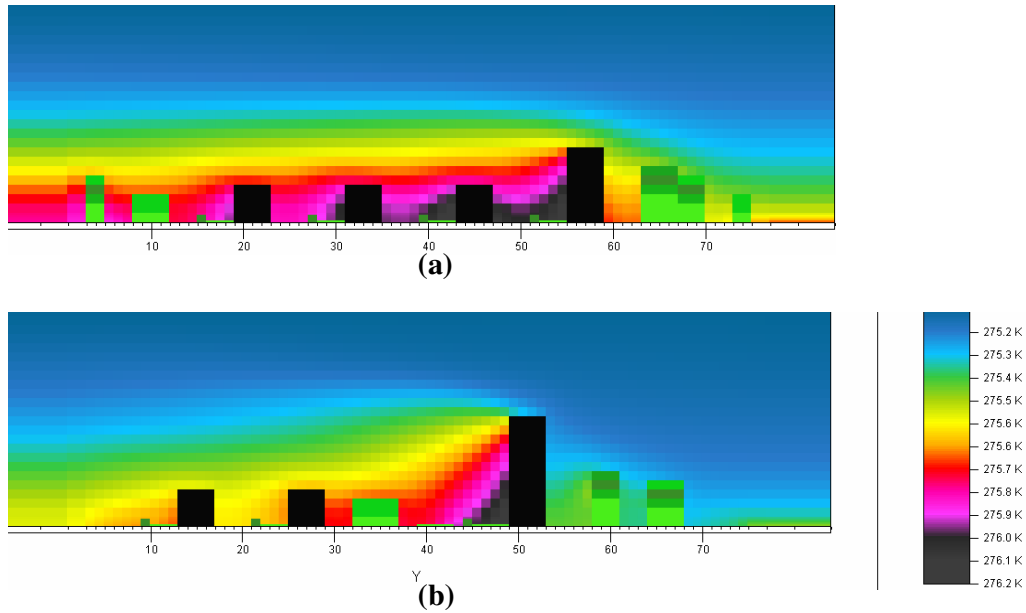
### 6.3.2. 'L<sub>2</sub>' tipi konut adası mikroklima analizleri

Önceki analizlerde 'b-4' tipi konutlardan oluşan 'L' tipi konut adasında 1,06 olan yapılaşma yoğunluğu korunarak 'c-4' ve 'd-4' konut tiplerinin eklenmesi ve yeşil alan yoğunluğunun daha da artırılması ile yapılan bu yeni düzenlemeyle oluşturulan 'L<sub>2</sub>' tipi konut adası örneğinde yeşil alan yoğunluğu ile yükseklik farklılıklarının mikroklima özelliklerine etkileri analiz edilmiştir. Şekil 6.133'de ECOTECT v5.50 ile Şekil 6.134'de ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında 'L' tipi konut adasındaki 'b-4', 'c-4' ve 'd-4' tipi konut blokları ile yeşil alan ve ağaçların konumlanma biçimleri görülmektedir.

Şekil 6.133. ECOTECT v5.50 görsel ortamında ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasıŞekil 6.134. ENVI-met Eddi Version 3.0.1 ortamında ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adası

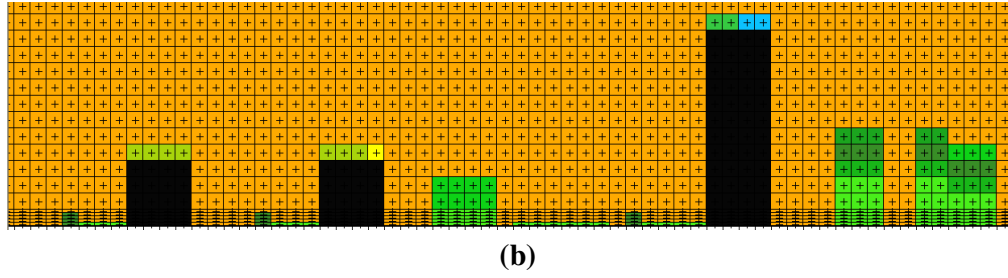
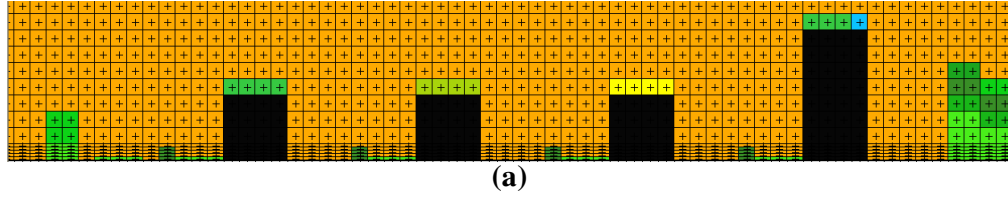
### En soğuk dönem mikroklima analizi

En soğuk dönem için yapılan hava sıcaklık analizlerinde, yeşil alan yoğunluğunu artırmanın ve farklı yüksekliklerdeki konut tiplerinin konut adası içerisinde en soğuk dönem için önemli sayılabilecek düzeyde olumlu etkilere neden olduğu görülmüştür (Şekil 6.135). ‘L’, ‘L<sub>1</sub>’ ve ‘L<sub>2</sub>’ tipleri hava sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında ‘L<sub>2</sub>’ tipinin ‘L<sub>1</sub>’ tipinden 0,5 K daha sıcak olan ‘L’ tipi ile yaklaşık olarak benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Ağaçlandırma yoğunluğunun daha fazla olmasına karşın hava sıcaklıklarının artmış olması ise ada içerisindeki rüzgar hızının adanın kuzey kesiminde konumlanan yüksek konutlar tarafından engellenerek azalmış olması ile açıklanabilir.



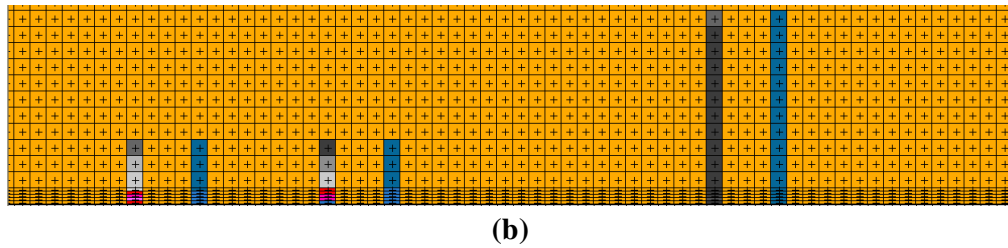
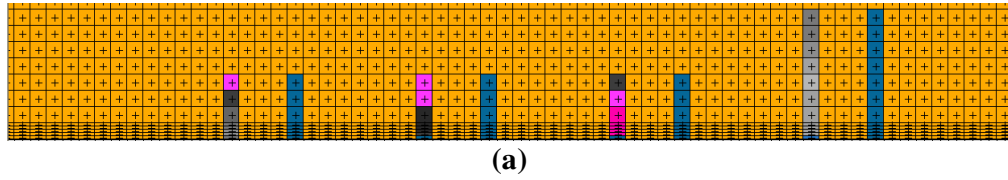
Şekil 6.135. ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında saat 13’de konut adası ve çevresindeki hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesitler (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar

Yapılan analizlerde ‘d-4’ ve ‘c-4’ konut tipleri önünde konumlanan ‘b-4’ tipi konutların çatı yüzeyi sıcaklıkları karşılaştırıldığında bu yüzeylerdeki sıcaklıkların 3 K ile 5 K kadar daha fazla oldukları görülmüştür (Şekil 6.136).



Şekil 6.136. ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında saat 13’de çatı yüzeyleri sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesitler (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar

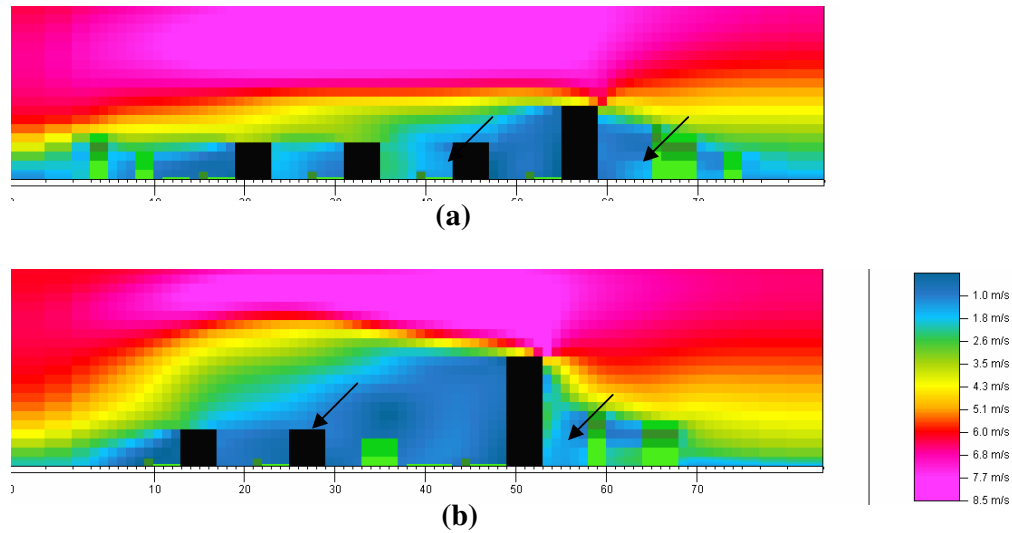
Benzer bir amaçla ‘L’ tiplerindekiler ile karşılaştırıldığında ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasındaki ‘b-4’ tipi konutların duvar yüzeyi sıcaklıklarının ‘c-4’ konut tipleri önünde konumlananlarda 5 K ile 10 K kadar artarken, ‘d-4’ konut tipleri önünde konumlananlarda ise önemli bir farklılık oluşmadığı görülmüştür. Ancak ‘d-4’ ve ‘c-4’ konut tipleri duvar yüzeyi sıcaklıklarının 10 K ile 15 K arasında değişen düzeyde önemli ölçüde artmış olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.137).



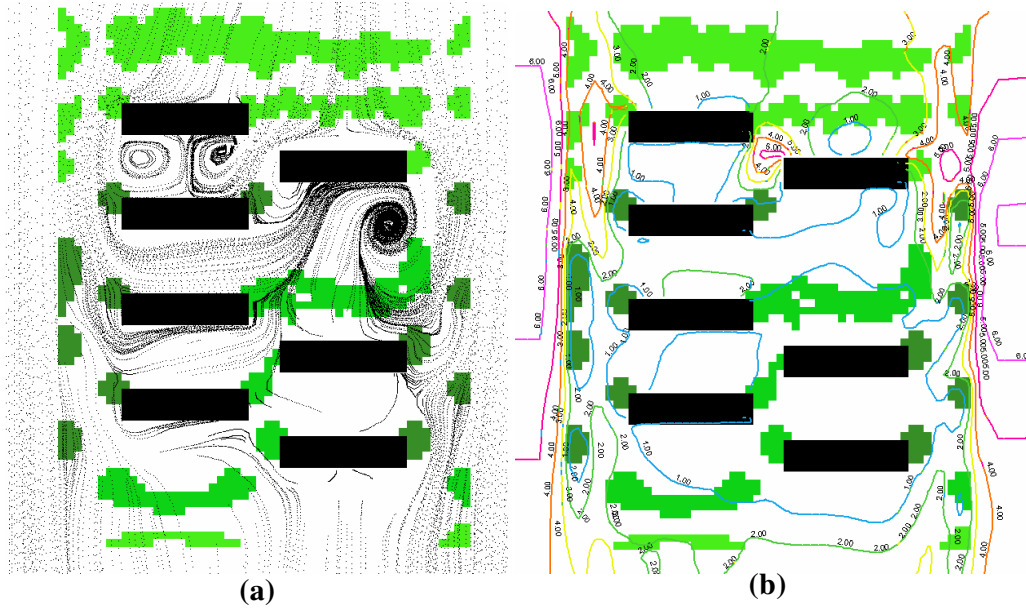
Şekil 6.137. ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında saat 13’de duvar yüzeyleri sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesitler (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar

En soğuk dönemde çatı ve duvar yüzeyleri üzerinde oluşan bu farklılıkların olası nedeni olan rüzgar hız ve hareketleri analiz edildiğinde adanın kuzey kesimindeki ‘d-4’ ve ‘c-4’ konut tipleri arkasında yer alan otopark yüzeyleri üzerindeki 20 m yüksekliğindeki yoğun ağaç gruplarının rüzgarın bu yüzeylerdeki türbülanslarının ve hızının önemli ölçüde azalmasını sağlamış oldukları anlaşılmıştır (Şekil 6.138).

Çalışma kapsamında yapılan bu karşılaştırmada ‘d-4’ ve ‘c-4’ konut tiplerinin kendilerinin de güney kesiminde konumlanan ‘b-4’ konut tipleri için benzer perdeleme etkileri yapmış oldukları ve ‘b-4’ konut tiplerinin çatı seviyesinde esen rüzgar hızının ‘L’ ve ‘L<sub>1</sub>’deki ‘b-4’ konut tiplerine göre 2 m/sn ile 4 m/sn daha yavaş esmekte olduğu anlaşılmıştır (Şekil 6.139). Ada içerisinde oluşan rüzgar hız ve hareketlerine ilişkin yerden 3 m yükseklikten alınan yatay kesite bakıldığında ‘d-4’ ve ‘c-4’ konut tiplerinin önünde türbülanslar ve ‘b-4’ konut tiplerinin bir bölümünde ise yüzeylere paralel akımlar olduğu görülmekle birlikte, oluşan bu hareketlerin hızlarının 1 m/sn düzeyinde olması bunların önemini azaltan bir niteliktedir. Şekil 6.138’deki kesit üzerinde de yoğun ağaç gruplarının rüzgarın hareketlerini engelleyerek hızının önemli ölçüde azalmış olmasını sağladığı görülmektedir.



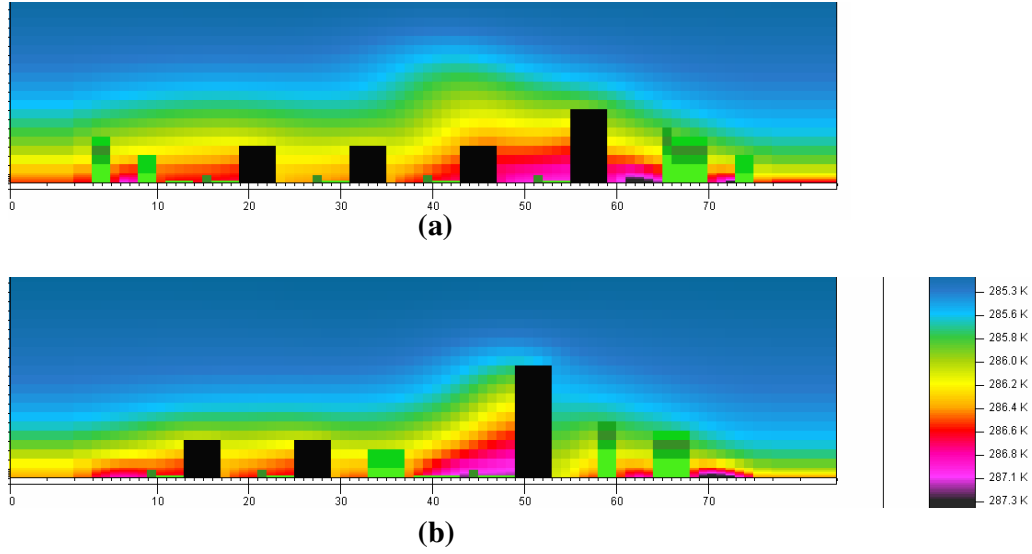
Şekil 6.138. ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında rüzgar hız ve hareketlerini gösteren düşey kesitlerin renk değerleri (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar



Şekil 6.139. 'L<sub>2</sub>' tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikte oluşan rüzgar hareketleri (a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri

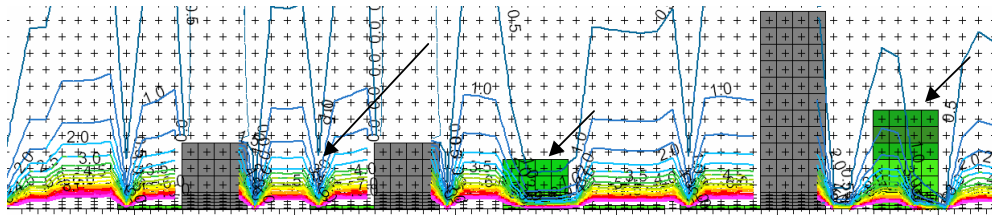
#### En sıcak dönem mikroklima analizi

Hava sıcaklıkları için yerden 3 m yükseklikte çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada 286,3 K ile 286,8 K arasında değişen hava sıcaklıklarının 'L<sub>2</sub>' tipi konut adasında aynı yükseklikteki hava sıcaklıklarının ortalama 288, 7 K olduğu 'L' tipinden 2,4 K, 287 K olduğu 'L<sub>1</sub>' tipinden ise 1,3 K daha az olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.140). Elde edilen sonuçların ise en sıcak dönemde yeşil alan yoğunluğunun hava sıcaklıkları ile ilişkisini görmek açısından önemli bir gösterge olabileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 6.140. ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında saat 14’de oluşan hava sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren düşey kesit (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar

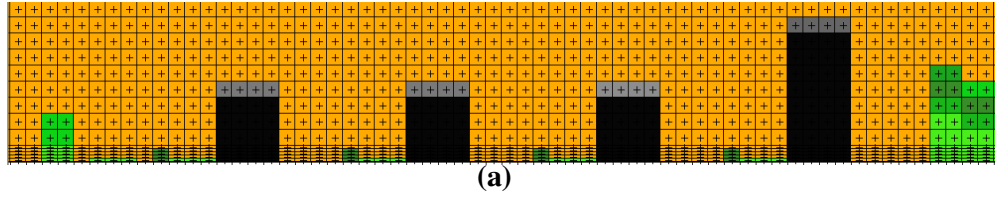
Yatay yüzeylerden yayılan uzundalga radyasyon sıcaklık değerlerinin ada içerisindeki dağılımına bakıldığında hava sıcaklıklarını etkilemede çim yüzeyler ile beton yüzeyler arasında önemli bir farklılık olmadığı, ancak ağaçların ve yapraklı bodur çit bitkilerinin sıcaklıkların azalmasını önemli ölçüde etkilediği anlaşılmıştır (Şekil 6.141).



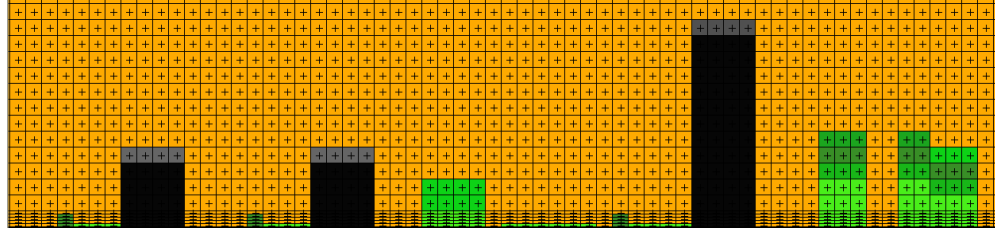
Şekil 6.141. ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında gün boyu oluşan uzun dalga radyasyon değerlerinin saat 14’de konut adasındaki yüzeyler üzerindeki dağılımı

‘d-4’ ve ‘c-4’ konut tipleri önünde konumlanan ‘b-4’ tipi konutların çatı yüzeyi sıcaklıkları karşılaştırıldığında bu yüzeylerdeki sıcaklıkların 3 K ile 5 K kadar daha fazla oldukları görülmüştür (Şekil 6.142).





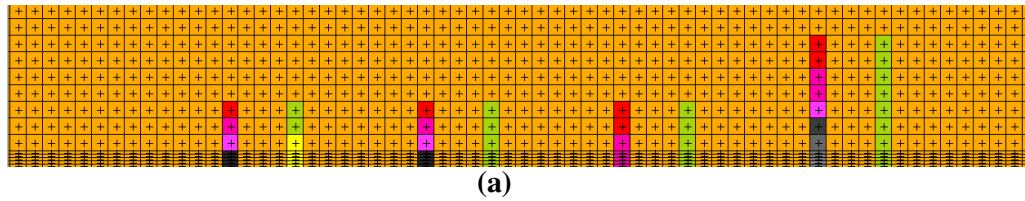
(a)



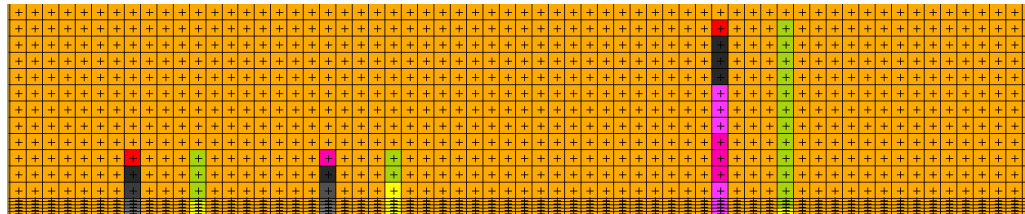
(b)

Şekil 6.142. ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında saat 14’de çatı yüzeyleri sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesitler (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar

Benzer bir amaçla ‘L’ tiplerindekiler ile karşılaştırıldığında ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasındaki ‘b-4’ tipi konutların duvar yüzeyi sıcaklıklarının ‘c-4’ konut tipleri önünde konumlananlarda 5 K ile 10 K kadar artarken, ‘d-4’ konut tipleri önünde konumlananlarda ise önemli bir farklılık oluşmadığı görülmüştür. Ancak ‘d-4’ ve ‘c-4’ konut tipleri duvar yüzeyi sıcaklıklarının 10 K ile 15 K arasında değişen düzeyde önemli ölçüde artmış olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.143).



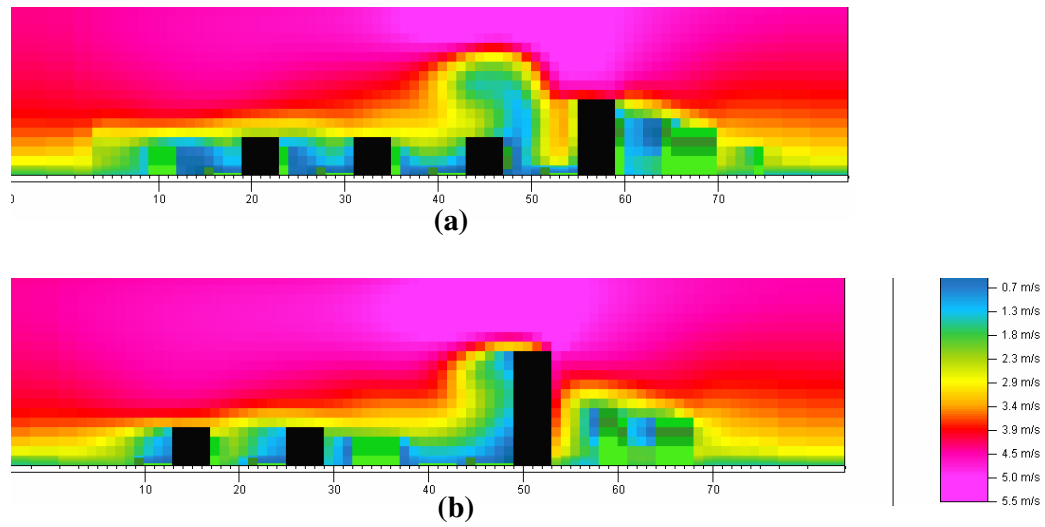
(a)



(b)

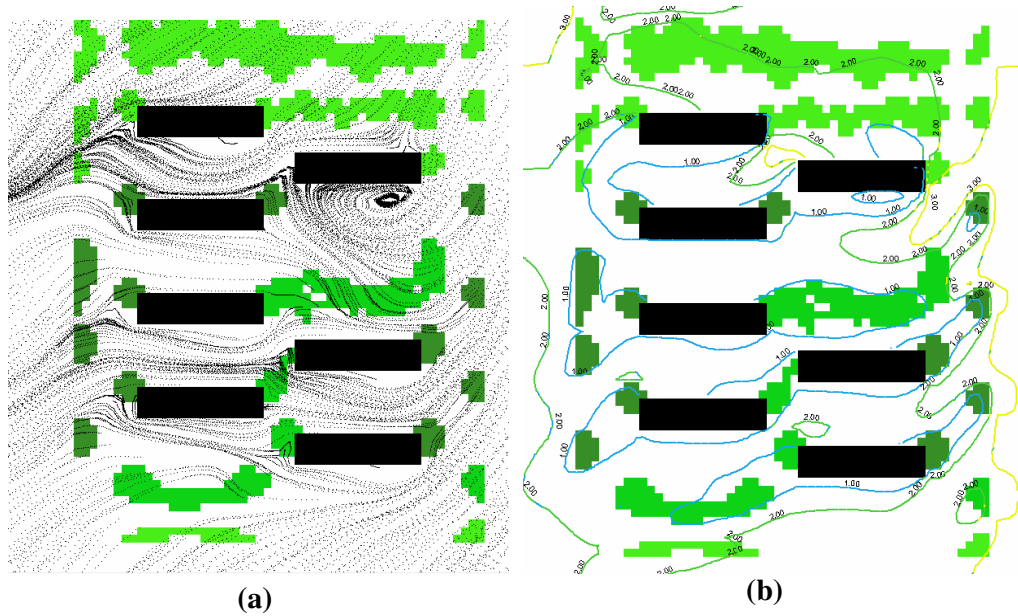
Şekil 6.143. ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında saat 14’de duvar yüzeyleri sıcaklık değerlerinin dağılımını gösteren yatay kesitler (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar

En sıcak dönemdeki rüzgar hızı ve hareketleri karşılaştırıldığında, yapılan ağaçlandırma ile hakim rüzgarı karşılayan doğu-batı doğrultusundaki rüzgarın yerden yüksekliğe göre 1 m/sn ile 2,5 m/sn arasında değişen hızlarla estiği anlaşılmıştır. Ancak rüzgarın konutların kuzeye bakan duvar yüzeylerine yakın konumlarda yerden 12 m yüksekliğe kadar 2 m/sn hızla esmeye devam ettiği, bu hızın adanın kuzey kesiminde konumlanmış olan ‘d-4’ konut tipi yüzeylerinde 4 m/sn’ye kadar çıkmış olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.144).



Şekil 6.144. ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında rüzgarın hız ve hareketlerini gösteren kesitlerin renk değerleri (a) 8 katlı konutlar (b) 12 katlı konutlar

Bununla birlikte kuzey-doğu yönünden 45° açı ile 3 m/sn hızla esmekte olan rüzgarın hızının ortalama olarak tüm ada alanı içerisinde yoğun ağaçlandırma ve konutların konumlanma biçimi nedeni ile 2 m/sn kadar azalmış olduğu görülmektedir (Şekil 6.145).

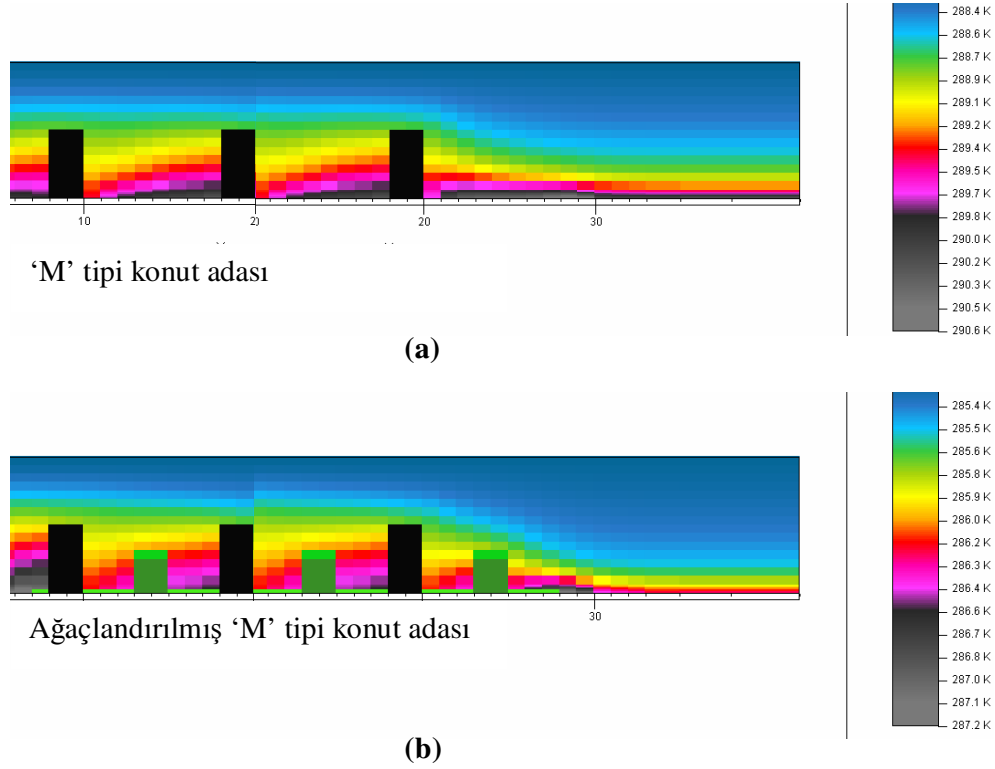


Şekil 6.145. ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında yerden 3 m yükseklikteki rüzgar hareketleri  
(a) rüzgar tüneli (b) hız eğrileri

### 6.3.3. ‘L’, ‘L<sub>1</sub>’ ve ‘L<sub>2</sub>’ konut adası tipleri mikroklima analizleri karşılaştırması

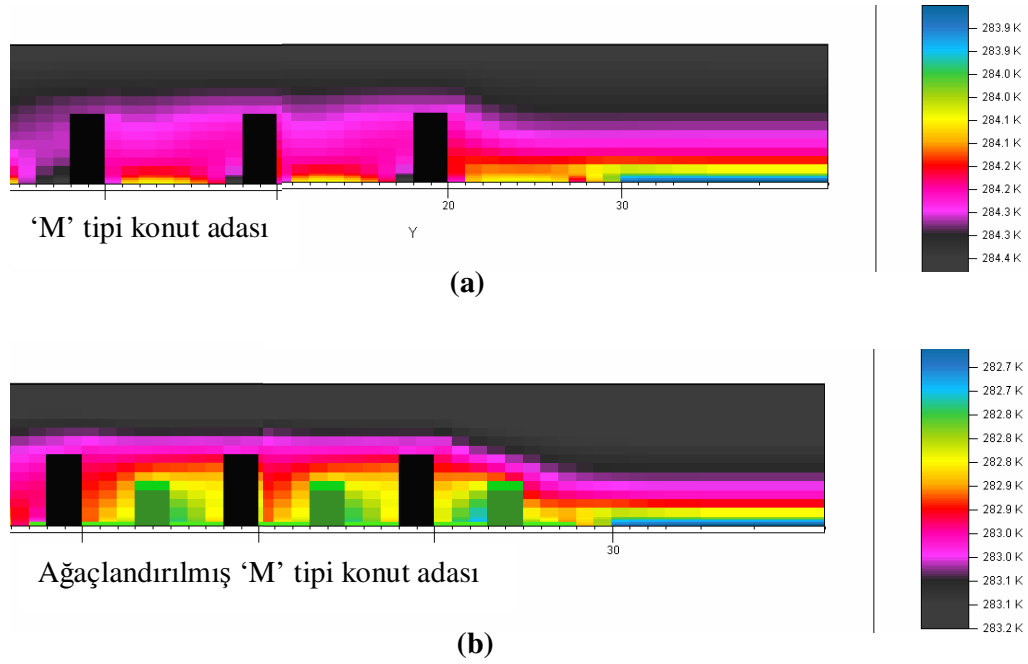
Yapılan analizler sonucunda güneşe bakan duvar yüzeylerinde hava sıcaklıklarında bir farklılık olmadığı, ancak hava sıcaklıklarında yerden 3 m yükseklikteki hava sıcaklıkları karşılaştırıldığında oldukça önemli düzeyde farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Hava sıcaklıklarında ‘L’ ve ‘L<sub>1</sub>’ tiplerinde 1,5 K olduğu görülen farkın, ‘L’ ve ‘L<sub>2</sub>’ tipleri arasında 2,2 K’ye kadar çıktığı belirlenmiştir. Yeşil alan ve ağaç yoğunluğunun mikroklima özelliklerine etkilerini karşılaştırmak için yapılan bir başka simülasyonda ise ağaç yoğunluğunun daha da artırılmasıyla hava sıcaklıklarındaki azalmanın 3,5 K’ye kadar ulaşabileceği görülmüştür.

‘L’ tipine göre TAKS’in daha düşük olduğu ‘M’ tipinde yeşil alan ve ağaçlandırma olanaklarının daha fazla olması nedeni ile ‘M’ tipi konut adası örneğinde çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada hava sıcaklıklarının en yüksek düzeye ulaştığı saat 14’de yerden 3 m yükseklikte olduğu görülen en yüksek hava sıcaklıkları arasındaki bu farkın yerden yükseldikçe azalmasına karşın simülasyon ortamında 45 m yükseklikte bile 3 K’in altına düşmediği belirlenmiştir (Şekil 6.146).



Şekil 6.146. Saat 14’de oluşan hava sıcaklıkları (a) ‘M’ tipi konut adası (b) ağaçlandırılmış ‘M’ tipi konut adası

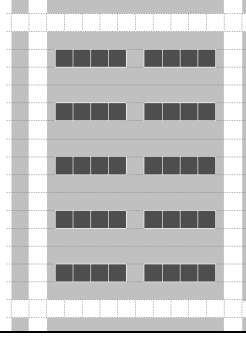
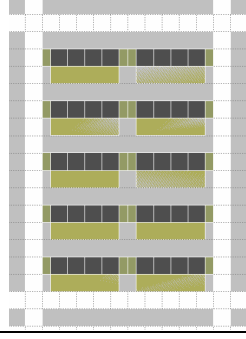
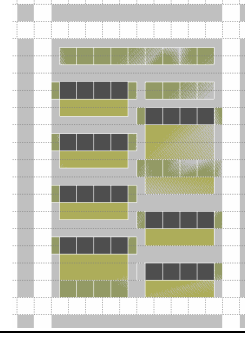
En sıcak dönemde konut adası ölçeğinde oluşabilecek bir ısı adası potansiyelini görmek amacı ile 21 Haziran’da gece saat 24’de elde edilen verilere göre her iki konut adası örneğinde hava sıcaklıklarının çatı seviyesi üzerinde adanın iç kesimlerine göre 0,2 ile 0,4 K arasında daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.147). Ancak her iki adanın iç kesimleri için çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada 21 Haziran gece saat 24’de elde edilen verilere göre hava sıcaklığı 282,8 K olan ağaçlandırılmış ‘M’ tipine göre, 284,3 K olan ‘M’ tipinde bu hava sıcaklığının 1,5 K daha fazla olduğunun belirlenmiş olması, en sıcak dönemde ağaçlandırmanın etkisinin gece saatlerinde de devam etmekte olduğunu görmek açısından önemlidir.



Şekil 6.147. Saat 22’de oluşan hava sıcaklıkları (a) ‘M’ tipi konut adası  
(b) ağaçlandırılmış ‘M’ tipi konut adası

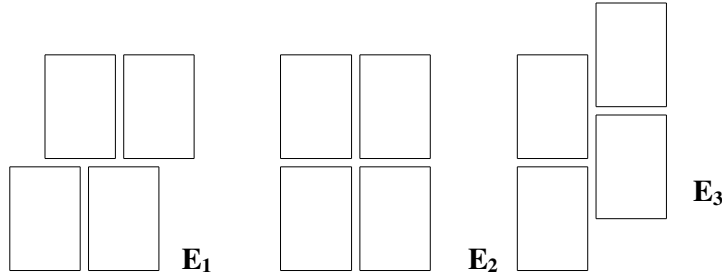
Böylece yeşil alan ve ağaç yoğunluğunun hava sıcaklıkları üzerinde önemli etkileri olduğu görülmekle birlikte, yaya yüksekliğinde rüzgarın hızının da azalmış olmasının açık alanlarda termal konfor düzeyini artırmış olduğu görülmektedir. Çizelge 6.14’de ‘L’, ‘L<sub>1</sub>’ ve ‘L<sub>2</sub>’ konut adaları için bu amaçla yapılan analizlerden elde edilen verilerin bir özeti görülmektedir.

Çizelge 6.14. ‘b-4’ konut tiplerinden oluşan ‘L’, ‘L<sub>1</sub>’ ve ‘L<sub>2</sub>’ konut adası tipleri mikroklima özellikleri performans değerlendirmesi

| EN SICAK DÖNEM<br>MİKROKLİMA<br>ÖZELLİKLERİ<br>PERFORMANS<br>DEĞERLENDİRMESİ |      |  |       |  |       |  |       |
|------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ADA TİPLERİ                                                                  |      | L                                                                                 |       | L <sub>1</sub>                                                                     |       | L <sub>2</sub>                                                                      |       |
| KONUM                                                                        |      | YER                                                                               | ÇATI  | YER                                                                                | ÇATI  | YER                                                                                 | ÇATI  |
| SVF                                                                          |      | 0,69                                                                              | 0,93  | 0,69                                                                               | 0,93  | 0,69                                                                                | 0,93  |
| Rad.                                                                         | RSW  | 105                                                                               | 15    | 100                                                                                | 15    | 135                                                                                 | 20    |
|                                                                              | RLW  | 130                                                                               | 20    | 125                                                                                | 20    | 165                                                                                 | 25    |
| T <sub>yüzey</sub>                                                           | ÖN   | 296                                                                               | 294   | 296                                                                                | 294   | 296                                                                                 | 294   |
|                                                                              | ARKA | 290                                                                               | 290   | 288                                                                                | 288   | 288                                                                                 | 288   |
| T <sub>hava</sub>                                                            | ÖN   | 288,6                                                                             | 287,9 | 287,1                                                                              | 286,7 | 286,3                                                                               | 286   |
|                                                                              | ARKA | 288,3                                                                             | 287,7 | 286,8                                                                              | 286,5 | 286,1                                                                               | 286,1 |
| Rüzgar                                                                       | ÖN   | 0,7                                                                               | 2     | 0,9                                                                                | 1,5   | 1,5                                                                                 | 1,9   |
|                                                                              | ARKA | 1,4                                                                               | 2     | 2,1                                                                                | 3,1   | 2,7                                                                                 | 3,1   |

#### 6.4. Hipotetik Konut Adalarının Konumlanma Biçimi

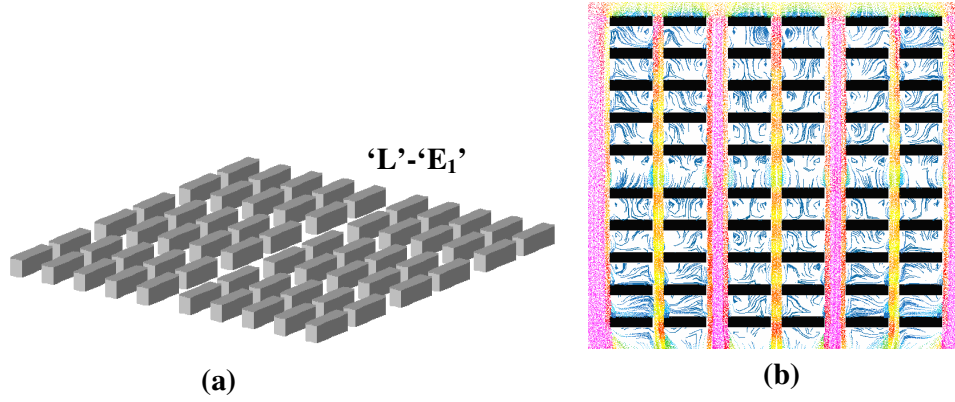
120 m-180 m boyutlarındaki ‘K’, ‘L’, ‘M’ ve ‘N’ konut adası tiplerinin bir yerleşim dokusu oluşturacak şekilde bir araya geliş olasılıklarının araştırıldığı bu bölümde, konut adaları için hipotetik konumlanma biçimleri üretilerek, konut adası ölçeğinde yapılmış olan analizlerden elde edilen genel bilgiler ışığında bu konumlanma olasılıklarının mikroklima özelliklerine etkileri değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Şekil 6.148’de de görüldüğü gibi çok sayıda üretilebilen bu olasılıkların yapılacak analizlerin amacına uygun olarak sınırlandırılması gerekmektedir. Bunlardan ızgara, doğu batı doğrultusunda şaşırtmalı ızgara kuzey güney doğrultusunda şaşırtmalı ızgara seçenekleri üretilerek en soğuk ve en sıcak dönemde rüzgar hızı ve hareketlerine etkileri analiz edilmiştir.



Şekil 6.148. Konut adalarının konumlanma olasılıkları

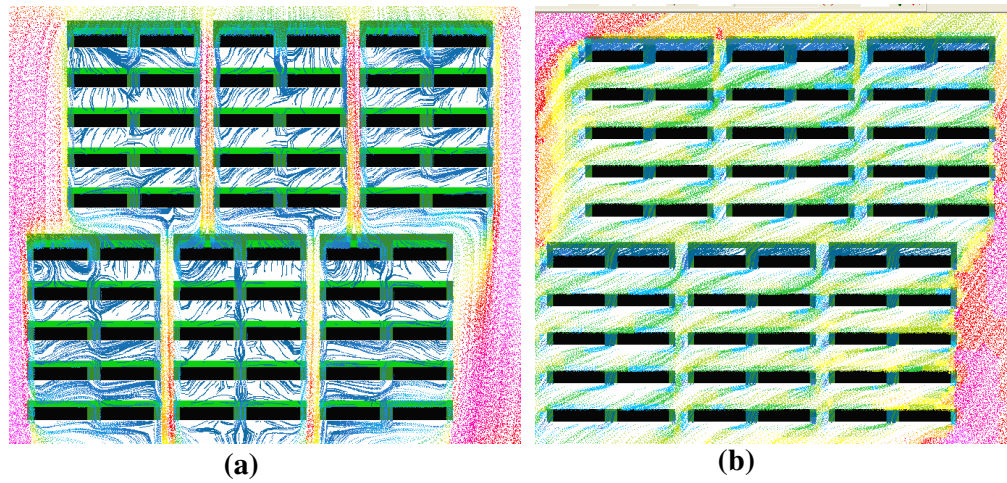
Çalışma kapsamında konut adalarının konumlanma biçimlerinin rüzgarın hız ve hareketlerine etkisini karşılaştırmak üzere konut adası tiplerinden oluşan hipotetik yerleşim birimlerinde en soğuk ve en sıcak dönem için rüzgar analizleri yapılmıştır. İlk olarak ‘L’ tipi konut adalarından ağaçlandırılmamış ‘E<sub>2</sub>’ ve ağaçlandırılmış ‘E<sub>1</sub>’ tipi konumlanma ile oluşan bir yerleşim dokusunun en soğuk dönem için yerden 3 m yükseklikteki rüzgar hızı ve hareketleri incelendiğinde, daha önce tek konut adası ölçeğinde yapılmış analizlerde hızı 0,9 m/sn ile 8,3 m/sn arasında değişen rüzgarın bu değerleri ‘E<sub>1</sub>’ tipi konumlanma sonrasında da sürdürdüğü belirlenmiştir. Ancak bu analizlere göre tek konut adası ölçeğinde kuzey-güney koridorunda 3,5 m/sn olarak ölçülen rüzgar hızının ‘E<sub>2</sub>’ tipi konumlanmadan sonra artarak 5,5 m/sn’ye yükseldiği görülmüştür (Şekil 6.149). Daha da önemlisi kuzeydeki hakim rüzgar yönüne açık konumdaki ana ulaşım aksları doğrultusunda oluşan koridorların genişlemesi nedeni ile bu hızın yaklaşık iki buçuk katına çıkarak 8,8 m/sn düzeyine ulaştığı belirlenmiştir. Konutlar arasında kalan alanlarda ise hızı 1 m/sn’nin altında olan rüzgarın, tek ada boyutundaki hızını önemli ölçüde koruduğu anlaşılmıştır. ‘L’ tipi konut adalarının ağaçlandırılmamış ‘E<sub>2</sub>’ tipi konumlanma ile oluşturduğu yerleşim dokusunun en soğuk dönemde olumsuz etkileri görülmüş ve ağaçlandırılmış ‘E<sub>1</sub>’ tipi konumlanma ile oluşturduğu yerleşim dokusu ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Buna göre ağaçlandırılmış ‘E<sub>1</sub>’ tipi konumlanmanın en soğuk dönemde rüzgar hızında yerleşim dokusu ölçeğinde önemli azalmalar sağlayabildiği anlaşılmıştır. Bu analizlere göre ‘E<sub>1</sub>’ tipi konumlanmadan sonra ana ulaşım akslarında ‘E<sub>2</sub>’ tipi konumlanmada 8,8 m/sn olan rüzgar hızının 5,2 m/sn’ye, ‘E<sub>2</sub>’ tipi konumlanmada

kuzey-güney koridorunda ise 3,7 m/sn olarak ölçülen rüzgar hızının 1,1 m/sn'ye düştüğü görülmüştür (Şekil 6.150).



Şekil 6.149. En soğuk dönemde saat 13'de 'L' tipi konut adalarının (a) ağaçlandırılmamış 'E<sub>2</sub>' (b) ağaçlandırılmış 'E<sub>1</sub>' tipi konumlanmada rüzgarın 3 m yükseklikteki hız ve hareketleri

'L' tipi konut adalarının ağaçlandırılmış 'E<sub>1</sub>' tipi konumlanma ile oluşturduğu yerleşim dokusunda en sıcak dönem için yapılan değerlendirmede de, rüzgarın konut adaları içinde 2,5 m/sn hızla 3 m/sn olan doğal hızına yakın bir hızla estiği, böylece en sıcak dönemde bu konut adası ve konumlanma biçiminde rüzgardan etkin bir biçimde yararlanılabildiği görülmüştür (Şekil 6.150).



Şekil 6.150. En sıcak dönemde saat 14'de 'L' tipi konut adalarının (a) ağaçlandırılmamış 'E<sub>2</sub>' (b) ağaçlandırılmış 'E<sub>1</sub>' tipi konumlanmada rüzgarın 3 m yükseklikteki hız ve hareketleri



### Bölüm sonucu

‘a-4’, ‘b-4’, ‘c-4’ ve ‘d-4’ tipi konut bloklarından oluşan ‘K’, ‘L’, ‘M’, ‘N’ ve daha sonra ‘L<sub>1</sub>’ ve ‘L<sub>2</sub>’ konut adası tiplerinin ‘E<sub>1</sub>’ konumlanma tipleri üzerinden “iklim özellikleri konut adası tasarımına bağlı olarak kentsel yerleşimin enerji performansını etkiler” hipotezi ile yapılan araştırmada alanın iklim özellikleri, konutların ısıtma ve soğutma yüklerine ilişkin enerji analizleri ve konut adalarının en soğuk ve en sıcak dönem için yapılmış olan mikroklima analizlerinden elde edilen bulgular şöyledir:

Yapılan bu analizlerden en soğuk dönemde düşey, en sıcak dönemde ise yatay yüzey özellikleri iklim elemanlarının etkilerine daha çok açık olmakta, bu nedenle mikroklima analizlerinde kritik zaman dilimlerinin alanın özellikleri ve araştırmanın amacına göre belirlenmesi gerekmektedir.

Buna göre araştırma alanında güneş ışınlarının geliş açısı ve rüzgarın yön ve hızının önemli farklılıklar göstermiş olması nedeniyle bu analizlerin en soğuk ve en sıcak olmak üzere iki farklı dönemde yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Her iki dönemde de radyasyon ve rüzgar yüzey sıcaklıklarını ve buna bağlı olarak hava sıcaklıklarını etkilemektedir. Rüzgarın hızının, geliş açısı ve yükseklik farklarına göre yüzey sıcaklıkları üzerinde önemli etkiler oluşturduğu, yüzeye paralel geldiği 180 °’lik açının ise yüzey sıcaklıklarının azalmasında en etkili geliş açısı olduğu belirlenmiştir.

Yapılan analizlerde çatı, doğu ve batıya bakan yüzeylere en soğuk dönemde yatay gelen rüzgarın, en sıcak dönemde ise bu yüzeylere oldukça dik bir açıyla gelen radyasyonun olumsuz etkilerine açık olması nedeni ile mikroklima performansı açısından olumsuz özellikler göstermektedir.

Aynı analizlere göre kuzeye bakan yüzeylerin rüzgara açık olması nedeni ile en soğuk dönemde olumsuz, en sıcak dönemde ise olumlu; güneye bakan yüzeylerin ise

radyasyon ve rüzgar etkileri açısından her iki dönemde de olumlu özellikler gösterdiği anlaşılmaktadır.

Konut adası tiplerinde zemin yüzeyinin en soğuk dönemde önemli bir etkisi olmamakla birlikte, en sıcak dönemde hava sıcaklığının artmasına önemli etkileri olduğu anlaşılmıştır.

‘K’ tipi konut adasında her iki dönemde de olumsuz etkilere açık yüzey doğu, batı ve çatı yüzeyi oranının, en soğuk dönemde olumlu etkilere açık olan güney cephesinden 2,5 kat daha fazla olması bu tipin etkinliğini azaltan bir faktördür.

‘L’ tipinde her iki dönemde de olumsuz etkilere açık yüzey doğu, batı ve çatı yüzeyi oranının ‘K’ tipine göre %50 azalmış, en soğuk dönemde ise olumlu etkilere açık olan güney cephesinin %100 artmış olması bu tipin etkinliğini artırmış olduğunu göstermiştir.

‘L’ tipinde her iki dönemde de olumlu ve olumsuz etkilere açık olan güney ve kuzey yüzeyi oranının ‘M’ tipine göre %50, ‘N’ tipine göre ise %67 oranında azalmış olmasına karşın, en soğuk dönemde rüzgardan etkin bir biçimde korunması bu tipin etkinliğini artırmış olduğunu göstermiştir.

‘M’ ve ‘N’ tiplerinde güneye bakan yüzey oranları ‘K’ ve ‘L’ tiplerine göre çok daha fazla olsa da, konut blokları arasındaki açıklık nedeni ile en soğuk dönemde rüzgardan yeterli şekilde korunamamaları ve yüzeyler arasında oluşan basınç farklarının güney cephelerinde oluşturduğu ters rüzgarlar yüzey sıcaklıklarının azalmasına neden olmaktadır. Böylece kuzeye ve güneye bakan her iki yüzeyde de olumsuz etkilerin artması bu tiplerin performansını düşürmektedir. Ancak kuzey ve güneye bakan yüzeylerin olumlu etkilere açık olması bu yüzey oranlarının en fazla olduğu ‘M’ ve ‘N’ konut adası tiplerini en sıcak dönemde avantajlı hale getirmektedir.

Ayrıca yoğun bir ağaçlandırmanın en soğuk dönemde rüzgar hızının, en sıcak dönemde ise hava sıcaklıklarının azalması önemli etkilerinin görülmüş olması, en sıcak dönemde olduğu kadar en soğuk dönemde de ‘M’ ve ‘N’ tipi konut adalarının etkin bir konut adası olma potansiyeli taşıdıklarını göstermektedir.

Her iki dönem mikroklima özellikleri birlikte gözetildiğinde yoğunlukları eşit olan ‘M’ ve ‘N’ tipi konut adalarından ‘M’ tipinin yükseklik ve çekme mesafelerinin daha az olması nedeni ile ‘N’ tipine göre daha avantajlı olduğu söylenebilir.

Yapılan analizler ılımlı-kuru iklim özellikleri gösteren yerleşim alanlarında farklı konut adası (Bkz. Çizelge 5.8) ve konumlanma tipleri ile TAKS ve KAKS gibi yükseklik ve yoğunluk bölgeleme kararları konut yüzeyleri ile bir iklim elemanı olarak rüzgar ve güneş arasında bir denge gözetilmesinin konut adası tasarımındaki önemini göstermiştir.

En soğuk ve en sıcak döneme göre olumlu ve olumsuz etkilere açık olan yüzey oranlarına göre çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada ‘K’ tipi konut adasının her iki dönemde de en düşük, ‘M’ ve ‘N’ tipi konut adalarının ise en soğuk dönemde en düşük ve en sıcak dönemde ise en olumlu olduğu, ‘L’ tipi konut adasının ise her iki dönemde de olumlu mikroklima özellikleri göstermiş olduğu belirlenmiştir.

Bu araştırma ile konut adasında yapılan ağaçlandırma ile en soğuk dönemde rüzgar hızında, en sıcak dönemde ise hava sıcaklıklarında 3 K ile 4 K kadar azalma sağlanabileceğinin belirlenmiş olması, bu konuda daha önce yapılmış olan araştırmalardan elde edilen sonuçlarla oldukça yakın benzerlikler göstermektedir [Shashua Bar, Tzamid, Hoffman, 2004, Hayono, Asawa, 2005].

Bu analizler, temel bir kentsel yaşam alanı olarak konut adalarının mikroklima özellikleri gözetilerek planlanması ve tasarımının, hem içerisinde yer alan konutların enerji yüklerinde azalma sağlamış, hem de konut adası içerisindeki dinlenme ve oyun alanlarında termal konfor açısından önemini göstermiştir.

Yerleşim ölçeğinde konut adalarının bir arada konumlanma biçiminin rüzgarın hız ve hareketlerine olan etkilerini görmek için 'L' tipi konut adası örnek alınarak yapılan analizlerde, 'E<sub>1</sub>' konumlanma tipinin en etkin konumlanma biçimi olduğu görülmüştür. Bu konumlanma tipinde rüzgarın doğal hızının en soğuk dönemde önemli ölçüde azalırken, en sıcak dönemde değişmediği belirlenmiştir.

Konutlarda ısıtma yükü için yapılan hesaplamalarda 'Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği'ne göre bir verimlilik göstergesi olarak kabul edilen yüzey-hacim oranının ılımlı-kuru iklim özellikleri gösteren alanlarda konumlanma ve yönlendirme ile etkinliğinin azalabileceği yapılan mikroklima analizleri ile daha da belirginleşmiştir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Amacı, iklim özellikleri ile uyumlu tasarlanmış konut adaları ve bu adaların bir araya geliş biçimlerinin yerleşimin ısıtma ve soğutma amaçlı enerji kullanımı ile mikroklima özelliklerine etkilerini analiz ederek, konut adalarının biçimlendirilmesi ve konumlanmasına yönelik “iklimle uyumlu enerji etkin tasarım ilkeleri” belirlemek olan bu tez kapsamında şu konular araştırılmıştır:

- İklim özellikleri
  - Psikrometrik analiz (iklim türü, termal konfor sınırları, pasif denetim olanakları)
  - Isıtma ve soğutma saat dereceleri
  - Optimum yönlenme
- Enerji etkin konut
  - Geometrik özellikler ( biçim, boyut, alan/hacim oranı, yön ve konum)
  - Yüzey özellikleri (pencere ve duvar oranları ve ısıl geçirgenlik katsayıları)
  - Enerji performansı ( ısıtma ve soğutma yükleri)
- Enerji etkin konut adası
  - Geometrik özellikler (biçim, boyut, çevre/alan oranı)
  - Yüzey özellikleri (TAKS, KAKS, yeşil alan ve ağaçlandırma vb.)
  - Enerji performansı ( ısıtma ve soğutma yükleri)
  - Mikroklima özellikleri (en soğuk ve en sıcak dönem)
- Enerji etkin yerleşim
  - Isıtma ve soğutma yükleri
  - Yapılaşma alanı
  - Konut adası konumlanma biçimleri

Önemi, kentsel alanda ısıtma ve soğutma gibi düşük nitelikli enerji gereksiniminin yoğunlaştığı konut alanlarında yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması

gereken bir planlama ve tasarım politikası ile ulusal düzeyde dışarıya enerji bağımlılığı, küresel düzeyde ise sera etkisine neden olduğu anlaşılan karbon emisyonunu azaltarak, ekonomik ve ekolojik açıdan kazanımlar sağlamak olan bu araştırmada yapılan incelemelerden bölümlere göre şu bilgiler elde edilmiştir:

“Kent ve İklim Etkileşimi” başlıklı 2. bölümde kentsel dokuda enerji etkinlik konusunun içeriğini oluşturan iklim özellikleri ve kentsel doku ilişkileri ile bunlar üzerine yapılmış olan araştırmalardan elde edilen bulgular incelenmiştir. Bu araştırmalarda kentsel yoğunluk [Oke, 2004], mekansal faktörler [Shepherd ve Burian, 2003] ile üç boyutlu mekansal strüktür [Piringer ve Joffre, 2004] kentsel iklimi etkileyen morfolojik parametreler olarak ele alınmaktadır. Farklı ölçeklerde yüzey özelliklerinin radyasyon, sıcaklık, rüzgar ve nem gibi iklim elemanlarını etkileme biçimine ilişkin yapılan bu araştırmalar üzerinde yapılan incelemede, kentsel alanda hava sıcaklıklarının doğal alanlara göre daha fazla olduğu ve kentsel alanda merkezden çepere doğru yoğunluk ile doğru orantılı olarak azalarak ısı adası etkisi olarak adlandırılan en az 1 derecelik sıcaklık farklarının olduğu görülmüştür.

“İklim ve Enerji İlişkisi” başlıklı 3. bölümde ilk olarak genel iklim özellikleri ile iklim elemanlarının ısıtma ve soğutma amaçlı enerji kullanımına etkisi, psikrometrik grafik üzerindeki termal konfor sınırlarının bunu belirleme düzeyi üzerine yapılmış olan araştırmalardan elde edilen bulgularla incelenmiştir. Daha sonra kentsel doku özelliklerine bağlı olarak hava ve yüzey özellikleri arasındaki karmaşık ilişkilerin incelenmesi ile kentsel kanopiyi oluşturan doku, malzeme ve renk gibi yüzey özellikleri ve bitki örtüsüne bağlı olarak mikroklima düzeyinde oluşan en küçük sıcaklık farklarının kentsel alanda enerji kullanımında önemli etkileri olduğu anlaşılmıştır. Bu ilişkileri gözetten iklim özellikleri ile uyumlu tasarımla kentsel iklim ve enerji performansı açısından önemli kazanımlar sağlanabileceği görülmüştür.

Dünyada ve Türkiye’de iklim ve enerji ilişkisi üzerine konut adası ölçeğinde yapılmış araştırmalardan örneklerin incelendiği 4. bölümde tez araştırmasına girdi sağlayabilecek şu bulgulara ulaşılmıştır:

İklim özelliklerine göre, konut tipi geometrik özellikleri ve yönlenme değişmektedir. Derinlik ve yüksekliği 12 m olan doğu-batı doğrultusunda bitişik düzende güney yönünde konumlanmış konutlar güneş enerjisi ve yapılaşma alanı kazancı için en etkin tiplerdir. Mevcut kentsel doku içerisinde konut adalarının imar durumunun korunarak ada içerisinde yapılacak düzenlemelerle güneş ışınlamından maksimum yararlanma olanaklarının %25 ile %45 oranında artırılabilceği ortaya konmuştur (Bkz. Bölüm 4.2). Konut adası tasarımında KAKS / TAKS oranındaki artış ile doğru orantılı olarak yatay ve düşeyde dağınık konumlanma biçimi güneş enerjisinden yararlanmada homojen konumlanma biçimine göre daha verimlidir. TAKS artışı ile doğru orantılı olarak konut adası ölçeğinde de oluşabilen “ısı adası etkisi” yeşil alan ve ağaçlandırma ile önemli ölçüde azalmaktadır. Konut adası ölçeğinde yapılan enerji etkin tasarımda güneşle birlikte rüzgar etkileri de gözönüne alınmalıdır. İklim yapısına göre değişen güneş ve rüzgar özellikleri TAKS’a bağlı olarak benzer konut tiplerinden oluşan bir yerleşimin yapı ve nüfus yoğunluklarını etkilemektedir.

2., 3. ve 4. bölümlerde yapılan bu incelemelerden elde edilen bilgiler ışığında kentsel dokuda mikroklima özelliklerinin kısa mesafelerde önemli farklılıklar gösterebildiği ve oluşan bu farkların kentsel alanda ısıtma ve soğutma yüklerine önemli etkileri olduğu varsayımından hareketle “iklim özellikleri konut adası tasarımına bağlı olarak kentsel yerleşimin enerji performansını etkiler” hipotezi ile yapılan araştırmada, iklim analizleri için Weather Tool v2.00’den, ısıtma ve soğutma yükü analizleri için CASAnova 3.0’den, gölge boyu ve radyasyon analizleri için ECOTECH v5.50’den ve mikroklima analizleri için ENVI-met 3.0 ile bu programın uzantıları olan LEONARDO 3.5 ve GNUplot 3.0’den yararlanılmıştır.

Yapılan analizlerin ilkinde Weather Tool v2.00 ile alana ait psikrometrik grafik üzerinde termal konfor sınırları ile yıllık ısıtma ve soğutma saat dereceleri belirlenerek, optimum yönlenme ve pencere yüzeyinin artırılması gibi pasif denetim yöntemleriyle ek ısıtma ve soğutma yüklerinde önemli düzeyde azalmalar sağlanabileceği belirlenmiştir. CASAnova 3.0 ile yapılan enerji analizlerinden elde edilen sonuçların Weather Tool v2.00’den elde edilen bu bulguları doğruladığı anlaşılmış, en, boy ve yükseklik, alan/hacim oranı gibi geometrik özelliklerde,

pencere ve duvar oranları ve ısı geçirgenlik katsayıları gibi yüzey özelliklerinde yapılacak değişikliklerle elde edilen kazanımların daha da arttığı belirlenmiştir. Daha sonra ECOTECT v5.50 ile yapılan analizlerle konut adasının biçimlenmesinde konut gölge boyunun, ada boyutlarını, çevre/alan oranını, TAKS ve KAKS gibi geometrik özellikleri etkilediği, bu durumun da konut ölçeğinde ısıtma ve soğutma yüklerinde oluşan farkları konut adası ve yerleşim ölçeğinde daha da artırabileceği anlaşılmıştır. Bundan sonraki aşamada ise ENVI-met 3.0 programı ile yapılan mikroklima analizlerinin ilkinde yapılaşmamış bir konut adasında ağaçlandırma ve malzeme farklarının en soğuk ve en sıcak dönemde yeryüzeyi ve hava sıcaklıklarına etkileri ile rüzgarın değişen yön ve hızının duvar yüzey sıcaklıklarına yaptığı etkiler belirlenmiştir. Daha sonra ENVI-met 3.0 ile yapılan konut adası mikroklima analizlerinde ise yükseklik ve çekme mesafesi, TAKS ve KAKS ile ağaçlandırma gibi farklılıkların en soğuk ve en sıcak dönemde konutların ısıtma ve soğutma yüklerini etkileyebilecek radyasyon şiddeti, rüzgar hızı ve hareketleri, hava ve yüzey sıcaklıklarında olumlu ve olumsuz yönde etkiler oluşturabildiği görülmüştür. ENVI-met 3.0 ile yapılan son analizde konut adalarının biraraya gelişlerinde konumlanma biçiminin en soğuk ve en sıcak dönemde rüzgar hızı ve hareketlerine farklı etkileri olduğu belirlenmiştir.

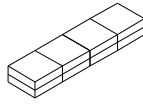
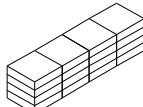
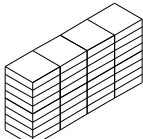
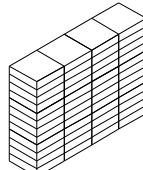
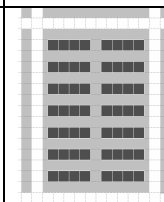
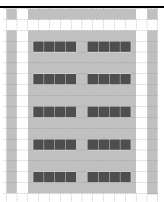
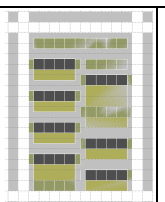
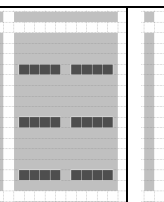
Bu çalışma sürecinde 5. bölümde, Weather Tool v2.00, CASAnova 3.0 ve ECOTECT v5.50 programları ile birim konuttan yerleşim boyutuna kadar farklı ölçeklerde bir dizi analiz yapılarak alanın genel iklim özellikleriyle uyumlu konut ve konut adası tipleri belirlenmeye çalışılmıştır. 6. bölümde ise ENVI-met 3.0 ile bu programın uzantıları olan LEONARDO 3.5 ve GNUplot 3.0'dan yararlanılarak yapılan analizlerde enerji etkin konut adası tipleri mikroklima performansı açısından karşılaştırılarak, enerji etkin planlamaya girdi sağlayabilecek konut adası tasarım ilkeleri belirlenmeye çalışılmıştır. 'a-4', 'b-4', 'c-4' ve 'd-4' tipi konut bloklarından oluşan 'K', 'L', 'M', 'N' ve daha sonra 'L<sub>1</sub>' ve 'L<sub>2</sub>' konut adası tipleri için en soğuk ve en sıcak dönem mikroklima analizleri yapılmıştır (Bkz. Bölüm 6.4).

Çok sayıda farklı konut tipleri arasında yapılan karşılaştırmada hacim yüzey oranına bağlı olarak ısıtma yükü en az olan 2 katlı 'a-4', 4 katlı 'b-4', 8 katlı 'c-4' ve 12 katlı



‘d-4 konut tipleri, yükseklik farkları ve buna bağlı olarak değişen TAKS ve KAKS değerlerinin konut adalarının enerji ve iklim performansı etkilerini karşılaştırmak için seçilmiştir. Bu amaçla bir konut adasında yükseklik, çekme mesafesi, TAKS ve KAKS farklarının toplam ısıtma ve soğutma yüklerini içeren enerji performansı ile en soğuk ve en sıcak dönemde radyasyon, rüzgar, yüzey ve hava sıcaklıklarını içeren iklim özelliklerine etkilerini belirlemek üzere 2 katlı ‘a-4’ tipi konutlardan oluşan ‘K’, 4 katlı ‘b-4’ tipi konutlardan oluşan ‘L’, 8 katlı ‘c-4’ tipi konutlardan oluşan ‘M’ ve 12 katlı ‘d-4’ tipi konutlardan oluşan ‘N’ tipi konut adaları seçilmiştir. Araştırmanın ilerleyen aşamasında ise ağaçlandırmanın iklim özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla ‘L<sub>1</sub>’, farklı yükseklikteki konut tiplerinin birlikte konumlanmasının iklim özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla da ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adaları seçilmiştir (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1. Enerji yükleri ve iklim özellikleri karşılaştırılan konut ve konut adası tipleri

| KONUT TİPLERİ       |  |  |  |  |                                                                                       |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | a-4                                                                                 | b-4                                                                                 | c-4                                                                                   | d-4                                                                                   |                                                                                       |
| KAT ADEDİ (h=3m)    | 2 (h=6m)                                                                            | 4 (h=12m)                                                                           | 8 (h=24m)                                                                             | 12 (h=36m)                                                                            |                                                                                       |
| YÜZEY / HACİM       | 0,54                                                                                | 0,38                                                                                | 0,29                                                                                  | 0,26                                                                                  |                                                                                       |
| YAPI ALANI (m²)     | 1 152                                                                               | 2 304                                                                               | 4 608                                                                                 | 6 912                                                                                 |                                                                                       |
| TABAN Alanı (m²)    | 576                                                                                 |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| KONUT ADASI TİPLERİ |  |  |   |  |  |
|                     | K                                                                                   | L-L <sub>1</sub>                                                                    | L <sub>2</sub>                                                                        | M                                                                                     | N                                                                                     |
| KONUT TİPİ          | a-4                                                                                 | b-4                                                                                 | b-4/c-4/d-4                                                                           | c-4                                                                                   | d-4                                                                                   |
| KONUT SAYISI        | 60                                                                                  | 80                                                                                  | 80                                                                                    | 100                                                                                   | 100                                                                                   |
| TAKS                | 0,40                                                                                | 0,25                                                                                | 0,20                                                                                  | 0,15                                                                                  | 0,10                                                                                  |
| KAKS                | 0,80                                                                                | 1,0                                                                                 | 1,0                                                                                   | 1,2                                                                                   | 1,2                                                                                   |

Bu bölümlerde yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar ise araştırmanın gelişme aşamalarına bağlı olarak sıralanan alt hipotezlere göre şöyledir:

“Ilımlı-kuru iklim özellikleri gösteren yerleşim alanlarında ısıtma ve soğutma yükleri enerji etkin konut tiplerini birlikte etkiler” alt hipotezi ile ilk olarak, iklimle uyumlu konut tasarımında alanın genel iklim özelliklerine göre psikrometrik grafik üzerinde belirlenen termal konfor sınırlarının pasif denetim yöntemleri ile genişletilebilme düzeyi araştırılmıştır. Bu amaçla Weather Tool v2.00 programında yapılan analizlere göre araştırma alanına ilişkin şu bulgular elde edilmiştir:

Ilımlı-kuru iklim kuşağı içerisinde yer almasına bağlı olarak araştırma alanı soğuk ve sıcak iklim özelliklerini birlikte göstermektedir. Alana ilişkin toplam yıllık ısıtma derece saatleri, soğutma derece saatlerinden 12 kat daha fazladır. Isıtma ve soğutma derece saatlerinin birlikte gözetilerek yapıldığı yön analizinde araştırma alanı için optimum yönelmenin güneyden doğuya doğru 5 derecelik bir açı yaptığı görülmüştür. Psikrometrik grafik üzerinde %20 olan termal konfor düzeyi yönelme, pencere / duvar yüzey oranları ve termal geçirgenlik katsayıları pasif denetim olanaklarından etkin şekilde yararlanılarak %60’a kadar çıkarılabilmektedir. Ilımlı-kuru iklim özellikleri gösteren alanlarda pasif denetim yöntemlerinden yararlanmada soğuk ve sıcak iklim özellikleri birlikte gözetilmelidir.

Bu iklim özelliklerinde geometrik özellikler (en-boy-yükseklik, yüzey-hacim oranı), yön ve yüzey özelliklerinin (duvar ve pencere yüzeyleri alanı, oranı ve ısı geçirgenlik katsayısı) konutların ısıtma ve soğutma yüklerine etkilerini belirlemek için CASAnova 3.0 programında yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar şöyle sıralanmaktadır:

Ilımlı-kuru iklim özelliği gösteren alanlardaki konut tasarımında yüzey-hacim oranı (küçüldükçe, büyüdüğü) ile soğutma yükleri ters orantılı (artmakta, azalmakta), ısıtma yükleri ve bu yükler arasındaki fark ise doğru orantılıdır. Birim konutların doğu-batı doğrultusunda bitişik düzende konumlanmış olan tiplerin kat yüksekliğinin artması ile birlikte ısıtma yükleri azalırken, soğutma yükleri artmaktadır. CASAnova

3.0’da yönlenme, pencere ve duvar yüzeyi oranları ile bu yüzeylerin ısı geçirgenlik katsayıları arasındaki ilişkiler gözetilerek tasarlanan konut tipleri ısıtma yüklerinde, “Isı Yalıtımı Yönetmeliği”ne göre hedeflenenden %32,6 ile %39,4 arasında azalma sağlanabilmektedir. CASAnova 3.0’da elde edilen sonuçlara göre ısıtma ve soğutma yükleri arasındaki fark konut tiplerine göre 10 ile 6 kat arasında değişmektedir. CASAnova 3.0’a göre elektrik enerjisi ile karşılanan soğutma yükleri için belirlenen katsayının diğer enerji türlerine göre yaklaşık üç kat daha fazla olması, soğutma yüklerinin toplam enerji bütçesindeki payını daha da artırmaktadır. Konutların ısıtma yükleri ve bunun belirlenmesinde yüzey/hacim oranı ile sınırlı tutulan “Isı Yalıtımı Yönetmeliği”, ılımlı-kuru iklim özellikleri gösteren alanlarda enerji etkin konut tasarımı için yeterli bir ölçüt oluşturamamaktadır. Bu analizler ılımlı-kuru iklim özellikleri gösteren alanlarda enerji etkin konut tasarımında ısıtma ve soğutma yüklerinin birlikte gözetilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

“Enerji etkin konut tipleri enleme bağlı olarak konut adası biçimlenmesini etkiler” alt hipotezi ile enerji etkin konut tiplerinin bir araya geliş biçimlerinin (gölge boyu, radyasyon ve konumlanma) konut adası biçimsel özelliklerine (TAKS, KAKS ve çevre/alan oranı) etkisi üzerine ECOTECT v5.50 programında yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar ise şöyledir:

Konut adalarının geometrik özellikleri (boyut, biçim ve alan) konut ölçeğinde gölge boyu ve konumlanma biçimi, konut adası ölçeğinde TAKS/KAKS, yerleşim ölçeğinde ise yapılaşma ve ulaşım alanları arasındaki dengeyi kuran konut adasının çevre/alan oranı ile belirlenmektedir. Araştırma alanının yer aldığı 36. enlemde konut tiplerinin 1. Gölge boyuna göre ‘K<sub>1</sub>’ tipi konumlanma biçimi, güneş enerjisi ve alan kazancı açısından en etkin sonuçları vermektedir. Bu konumlanma biçimi ile güneş enerjisi kazanımları korunarak KAKS değeri konut tiplerine göre 0,74 ile 1,28 arasında değişmektedir. Yerleşim ölçeğinde yapılaşma/ulaşım alanı oranı ile konut adası ölçeğinde çevre/alan oranı ile belirlenen 180 m x120 m boyutlarında yaklaşık 2 hektarlık konut adası alanı tüm konut tipleri için optimumdur. Bu analizler enerji etkin yerleşim alanları için konut adası tiplerinin belirlenmesinde alt ve üst ölçek kararlarının birlikte gözetilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

“Konut adası tiplerinin TAKS ve KAKS değerleri enerji performansını etkiler” alt hipotezi ile ısıtma ve soğutma yükleri ile yapılaşma alanına göre hipotetik konut adası tipleri karşılaştırılarak yerleşim ölçeğinde yapılan performans değerlendirilmesinden elde edilen bulgular ise şöyledir:

Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalara göre ılımlı-kuru iklim özellikleri gösteren yerleşimin ısıtma yükleri konut adası tiplerine göre KAKS ile ters, soğutma yükleri ise KAKS ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Buna göre ‘K’ (KAKS=0,74) ve ‘M’ ile ‘N’ (KAKS=1,28) konut adası tipleri arasında yapılan karşılaştırmada ısıtma yükleri en az olan konut adasının ‘N’ tipi, en çok olanın ise ‘K’ tipi, soğutma yükü en az olan konut adasının ‘K’ tipi, en fazla olanın ise ‘N’ tipi olduğu anlaşılmaktadır. ‘L’ (KAKS=1,03) tipi konut adası ısıtma ve soğutma yükleri için optimum aralığı vermektedir. Yerleşimde yapılaşma alanı kazancı açısından en etkin konut adası tipi ‘M’ ve ‘N’ tipi (TAKS=1,28), en az etkin konut adası ise en az yapı yoğunluğu olan ‘K’ tipi (TAKS=0,74) konut adasıdır. Bu alan kazancı yerleşimin büyüklüğü ile doğru orantılı olarak artmaktadır (Bkz. Bölüm 5.4.2). Konut ölçeğinde %32,6-%39,4 arasında değişen ısıtma yüklerindeki kazanç, konut adası tipine göre %40 (Bkz. Bölüm 5.4.1), yerleşimin büyüklüğüne göre ise %200 ve üzerine kadar çıkabilmektedir (Bkz. Bölüm 5.4.2). Yapılan analizler, birim konut ölçeği ile yerleşim ölçeği arasında oluşan ısıtma ve soğutma yükü ile yapılaşma alanına ilişkin farklar için bir denge gözetilmesi gerektiğini göstermiştir. Bu dengenin gözetilmesinde konut adası ölçeğindeki tasarımların yerleşim alanında alan kullanım ve enerji performansı etkinliği açısından önemi ortaya koymaktadır.

“Enerji etkin konut adası tipleri en soğuk ve en sıcak dönem mikroklima özelliklerini etkiler” alt hipotezi ile konut adası tipleri için yapılan mikroklima analizleri, konut adası içerisinde yatay ve düşey yüzeylerin en soğuk ve en sıcak dönemde değişen rüzgar ve güneş hareketlerine göre farklı etkilere açık olduklarını, mikroklima özelliklerinin yüzeylerin açık oldukları bu etkilere göre şekillendiklerini göstermiştir. Konut adası ve içerisinde yer alan konut tiplerinin değişen yatay ve düşey yüzey oranlarına göre en soğuk ve en sıcak dönem için hava sıcaklığı, yansıyan kısa dalga radyasyon ve yayılan uzun dalga radyasyon, yüzey sıcaklığı ve rüzgar hızı ve

hareketleri analiz edilerek çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalarda şu sonuçlara ulaşılmıştır:

Yüzey sıcaklık analizlerine göre yüzeylerde ısı kaybı yüzeyin rüzgara yaptığı açı ile doğru, yükseklikle ters orantılı, ısı kazancı ise yüzeyin güneşe yaptığı açı ile doğru, yükseklikle ters orantılı olarak değişmektedir. En soğuk dönemde rüzgara paralel, en sıcak dönemde ise güneşe dik konumda olan yatay yüzey oranının fazlalığı nedeni ile her iki dönemde de oluşan etkilere fazlasıyla açık olması nedeni ile ‘K’ tipi konut adası en düşük performansı göstermiştir. Yatay ve düşey yüzey oranı ile çekme mesafelerine bağlı olarak en soğuk dönemde güneşten yararlanma ve rüzgardan korunma, en sıcak dönemde ise güneşten korunma ve rüzgardan yararlanma olanaklarının dengelendiği ‘L’ tipi konut adası her iki dönem için de optimum performans göstermiştir (Bkz. Bölüm 6.3). Düşey yüzeylerin oranı ile konutlar arasındaki mesafenin artmasına bağlı olarak yatay ve düşey yüzeylerin her iki dönemde de rüzgar etkilerine açık olması nedeni ile ‘M’ ve ‘N’ tipi konut adaları en soğuk dönemde düşük, en sıcak dönemde ise yüksek performans göstermiştir. Bu analizlere göre konut adası tiplerinin TAKS ve KAKS değerlerine göre değişen yatay ve düşey yüzeylerinin alanı, açısı ve konumu ile rüzgar ve güneş arasında oluşan etkileri arasında bir denge gözetilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Yapılan analizler ılımlı-kuru iklim özellikleri gösteren yerleşim alanlarında konut adası tasarımında mikroklimatik özellikler için en soğuk ve en sıcak dönem özelliklerinin birlikte gözetilmesi gerektiğinin önemini göstermiştir.

“Konut adası tasarımında peyzaj özellikleri en soğuk ve en sıcak dönem mikroklima özelliklerini etkiler” alt hipotezi ile konut adası içerisinde yer alan yüzey farklılıklarının (yeşil alan, otopark, ağaçlandırma) en soğuk ve en sıcak dönemde hava sıcaklığı ile rüzgar hızı ve hareketlerine etkisi analiz edilerek şu sonuçlara ulaşılmıştır:

Peyzaj özelliklerine ilişkin yapılan analizlere göre hava sıcaklıkları ve rüzgar hızı ağaç yoğunluğu ile ters orantılı olarak değişmektedir. En soğuk ve en sıcak dönem mikroklima performansı optimum olan ‘L’ tipi konut adasında yapılan ağaçlandırma

ile ‘L<sub>1</sub>’ tipinde bu performansın daha da arttığı görülmüştür (Bkz. Bölüm 6.4). Farklı yükseklikteki konut tipleri ile KAKS korunup TAKS azaltılarak kazanılan alanda ağaçlandırma ve yeşil alan olanaklarının artırıldığı ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında ‘L<sub>1</sub>’ tipine göre en sıcak dönem hava sıcaklığının ve ısı adası etkisinin daha da azaldığı görülmüştür. Uygun yer ve tür gözetilerek yapılacak bir ağaçlandırma ile konut adası içerisinde en soğuk dönemde rüzgar hızında 4 m/sn, en sıcak dönemde ise hava sıcaklığında 3 K kadar azalma sağlanabildiği görülmüştür (Bkz. Bölüm 6.3.3). Yapılan analizler ılımlı-kuru iklim özellikleri gösteren alanlardaki konut adası tasarımında yatay ve düşeydeki sert yüzey ve yeşil alan oranları arasında bir denge gözetilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

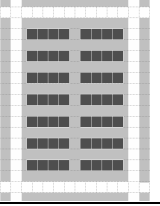
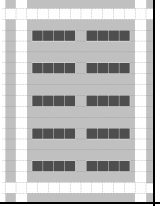
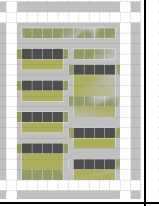
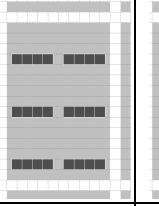
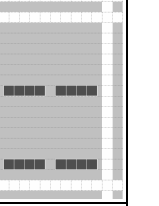
“Rüzgar, yerleşim alanında konut adalarının konumlanma biçimini etkiler” alt hipotezi ile yapılan konut adaları konumlanma tipleri için yapılan analizlerden şu sonuçlar elde edilmiştir:

Yapılan analizlere göre en soğuk ve en sıcak dönemde yerleşim dokusunda oluşan rüzgar hızlarının ulaşım akslarının doğrultusu ile hakim rüzgar yönü arasındaki ilişkiye göre farklılık gösterdiği anlaşılmıştır. En soğuk dönemde kuzey-güney doğrultusunda hakim rüzgara paralel konumda olan ulaşım akslarında rüzgar hızının ‘E<sub>2</sub>’ konumlanma tipinde diğer konumlanma tiplerine göre 4 m/sn azaldığı görülmüştür. En sıcak dönemde doğu-batı doğrultusunda hakim rüzgara eğik konumda olan ulaşım akslarında rüzgar hızının ‘E<sub>2</sub>’ konumlanma tipinde doğal hızına yakın olduğu anlaşılmıştır (Bkz. Bölüm 6.4). En soğuk ve en sıcak dönem mikroklima özellikleri için optimum performans gösteren ‘L’ tipi konut adası örneğinde yapılan analizlerde, en soğuk dönemde rüzgardan korunma, en sıcak dönemde ise rüzgardan yararlanma olanakları için ‘E<sub>1</sub>’ konumlanma tipinin en etkin tip olduğu belirlenmiştir. Yapılan analizler yerleşim ölçeğinde konut adalarının bir araya geliş biçimleri ile en soğuk ve en sıcak dönem hakim rüzgar yönlerinin birlikte gözetilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

“İlımlı kuru iklim özelliklerinde enerji ve mikroklima özelliklerine bağlı olarak konut adası tasarımı yerleşimin enerji performansını etkiler” alt hipotezi ile enerji ve

mikroklima performanslarına göre konut adası tipleri arasında çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada ısıtma ve soğutma yükleri ile en soğuk ve en sıcak dönem mikroklima performansları arasında karşıtlıklar olduğu göze çarpmaktadır (Çizelge 7.2). Bu çizelgede “K”, “L”, “L<sub>2</sub>”, “M” ve “N” tipleri farklı açılardan en iyi performans gösteren tipler olduğu için, yalnızca bu tiplere yer verilmiştir. Çizelgede artı (+) değerler olumlu, eksi (-) değerler ise olumsuz performansı göstermektedir.

Çizelge 7.2. Konut adası tipleri enerji yükleri ve mikroklima özellikleri performans karşılaştırması

| KONUT ADASI TİPLERİNE GÖRE ENERJİ VE MİKROKLİMA PERFORMANSI |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| KONUT ADASI TİPLERİ                                         |  |  |  |  |  |
|                                                             | K                                                                                 | L                                                                                 | L <sub>2</sub>                                                                     | M                                                                                   | N                                                                                   |
| KONUT TİPİ                                                  | a-4 (iki kat)                                                                     | b-4(dört kat)                                                                     | (karma)                                                                            | c-4(sekiz kat)                                                                      | d-4 (on iki kat)                                                                    |
| KONUT SAYISI                                                | 60                                                                                | 80                                                                                | 80                                                                                 | 100                                                                                 | 100                                                                                 |
| TAKS                                                        | 0,40                                                                              | 0,25                                                                              | 0,20                                                                               | 0,15                                                                                | 0,10                                                                                |
| KAKS                                                        | 0,80                                                                              | 1,0                                                                               | 1,0                                                                                | 1,2                                                                                 | 1,2                                                                                 |
| ENERJİ PERFORMANSI                                          |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |
| ISITMA                                                      | -                                                                                 | - +                                                                               | +                                                                                  | +                                                                                   | +                                                                                   |
| SOĞUTMA                                                     | +                                                                                 | + -                                                                               | +                                                                                  | -                                                                                   | -                                                                                   |
| MİKROKLİMA PERFORMANSI                                      |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |
| EN SOĞUK D                                                  | -                                                                                 | +                                                                                 | +                                                                                  | -                                                                                   | -                                                                                   |
| EN SICAK D.                                                 | -                                                                                 | +                                                                                 | +                                                                                  | +                                                                                   | +                                                                                   |

Buna göre enerji ve mikroklima performansı için konut adası tipleri arasında Çizelge 7.2’de çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalara ilişkin değerlendirmeler aşağıda sıralanmaktadır:

Konut adası tipleri arasında bu araştırmadaki karşılaştırmada KAKS / TAKS oranı ile ısıtma yükleri ve en sıcak dönem mikroklima performansının doğru, soğutma yükleri ve en soğuk dönem mikroklima performansının ise ters orantılı olarak değiştiği anlaşılmıştır. En yüksek TAKS ve en düşük KAKS ile ‘K’ tipi konut adasında en

fazla olan ısıtma yükü en soğuk dönemde daha da artarken, en az ısıtma yüküne sahip olma özelliği en sıcak dönemde önemli ölçüde azalmaktadır. En soğuk ve en sıcak dönem mikroklima performansı ile ısıtma ve soğutma yükleri optimum olan TAKS=0,25 ve KAKS=1,00 ile ‘L’ tipi, en etkin konut adası olarak belirlenmiştir. KAKS=1 olmak koşulu ile karma konut tiplerinden oluşan ‘L<sub>2</sub>’ tipi konut adasında en soğuk ve en sıcak dönem mikroklima performansı artışına bağlı olarak ısıtma ve soğutma yüklerinde azalmalar sağlanacağı görülmektedir. En soğuk dönem mikroklima performansları olumsuz olan ‘M’ ve ‘N’ tipi konut adalarından ‘M’ tipinin, konut yükseklikleri ve çekme mesafelerinin daha az olması nedeni ile bu konut adasında yapılacak ağaçlandırmanın en soğuk dönemde rüzgarın olumsuz etkilerinden korunmada ‘N’ tipine göre daha avantajlı olduğu “L<sub>2</sub>” tipi konut adası için yapılan rüzgar analizleri ile anlaşılmıştır (Bkz. Bölüm 6.3.2). ılımlı-kuru iklim özellikleri gösteren alanlarda enerji etkin yerleşimde mikroklima ve enerji performansları açısından optimum kat yüksekliği 4 ve 8, KAKS 1 ile 1,3 ve TAKS 0,26 ile 0,16 arasında değişmektedir. KAKS değişmeksizin konut tipleri arasında yükseklik farklarından yararlanarak TAKS azaltılırken, ağaçlandırma ve yeşil alan olanaklarının artırılabilirdiği karma tip konut adalarının eş yükseklikteki konut tiplerinden oluşan homojen tip konut adalarına göre daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Araştırma kapsamında yapılan karşılaştırmalara göre ılımlı-kuru iklim özellikleri gösteren enerji etkin bir yerleşim için konut adası tasarımında ısıtma ve soğutma yükleri ile en soğuk ve en sıcak dönem mikroklima özelliklerinin birlikte gözetilmesi gerektiğini ortaya koyan araştırmanın sonuçları şöyle özetlenebilir:

Konutlar insan ile çevresi arasındaki ısı dengesinin ucuz ve kolay şekilde kurulmasının en etkin araçlarıdır. Bu dengenin sağlanmasında tek tek konutların bir araya gelerek bir bütün oluşturmalarının, tek başına iyi yalıtılmış bağımsız birer barınma birimi olmalarından daha yararlı olduğu görülmektedir. Bu yararın artırılması için konutların en uygun şekilde bir araya nasıl gelmeleri gerektiği ise konut adası tasarımı ile belirlenebilmektedir. Böylece yatırım maliyeti fazla olan ek



sistemler ile bunların işletilmesi için gereken pahalı enerji türlerine olan gereksinimler de en aza indirilebilecektir.

Bu süreçte ilk olarak tek bir konut için kapsamlı bir iklim çalışması gerekmektedir. Böylece kış aylarında ısıtma, yaz aylarında soğutma için gereken enerji türü ve miktarı belirlenmelidir. Örneğin çalışma alanında ısınma için gereken enerjinin, soğutma için gereken enerjiden çok daha fazla olduğu sonucu bulunmuştur. Ancak soğutma için gereken enerjinin büyük oranda elektrik ile karşılanmakta olduğu düşünüldüğünde, soğutma için gereken enerji harcamalarının toplam enerji payı içindeki oranı giderek artacaktır. Bunun nedeni bu enerji türünün son kullanım maliyetinin nakliye sırasında oluşan kayıpların daha fazla olması nedeniyle diğer enerji türlerine göre daha yüksek olmasıdır. Isıtma ve soğutma için enerji giderlerinin azaltılmasında alınabilecek en basit önlem yapı topluluklarının doğru yön seçimidir. Çalışma alanı için bunun güneyden 5 derecelik bir açı ile doğuya doğru olduğu sonucu ortaya konmuştur.

Doğru yönlenme sağlandıktan sonra birim konutun güney cephesindeki pencere alanının artırılması ile güneşten yararlanma olanağı da artmakta, böylece ısıtma harcamaları daha da azaltılmaktadır. Bu koşulların sağlanması ile tek bir konut için elde edilecek kazanç en az %40 olmakta ve konutların yan yana ve üst üste konumlanarak bir araya gelmeleri ile bu kazanç daha da artabilmektedir. Birim konutların güneye bakacak şekilde bir araya gelmeleri ile oluşan konut bloklarında toplam yüzey alanının azaltılması ısıtma harcamalarında azalma sağlarken, soğutma harcamalarında artışa neden olmaktadır. Isıtma ve soğutma harcamaları arasındaki fark az katlı (2 katlı) ve çok katlı (12 katlı) bloklarda artarken, orta yükseklikteki bloklarda (4 ve 8 katlı) azalmaktadır. Bu blokların birbirlerine gölge düşürmeyecek şekilde yerleşmeleri güneşten en fazla yararlanmaları için zorunludur. Yapılan çalışmadan elde edilen bulgulara göre 36. enlem için bloklar arasındaki çekme mesafesinin blok yüksekliğinin en az 2 katı kadar olması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu koşullar ile birlikte en az ulaşım, en fazla yapılaşma alanı arasında bir denge gözetildiğinde en ve boy oranı yaklaşık 1:2 olan 2 hektar büyüklüğündeki konut adasının tüm konut blokları için optimum yerleşim olanağı sağladığı belirlenmiştir.

Isıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketiminde birim konut için yaklaşık %40 düzeyinde olan kazanç konut bloğunda %60, konut adası boyutunda %100'ün üzerine çıkarken, bu kazanç yerleşim büyüdükçe katlanarak artmaktadır.

Ancak tasarımda enerji kayıplarının azaltılmasına yönelik önlemlerin alınmasında güneşle elde edilen bu kazanımların; rüzgardan nasıl etkilenebileceği de ölçülmelidir. Bu amaçla bir karşılaştırma yapıldığında ısıtma giderleri fazla soğutma giderleri az olan az katlı konut bloklarında çatı yüzeylerinin fazla olması nedeni ile kış aylarında rüzgardan dolayı ısıtma giderlerinin, yaz aylarında ise güneşten dolayı soğutma giderlerinin artacağı görülmektedir. Isıtma giderleri az, soğutma giderleri fazla olan yüksek konut bloklarının güneşten yararlanma olanaklarının fazla olmasına karşın, bloklar arasındaki mesafenin artmasından dolayı rüzgar etkilerine açık olması nedeni ile kış aylarında ısıtma giderlerinin arttığı, yaz aylarında ise soğutma giderlerinin azaldığı anlaşılmaktadır. Bu etkiler gözönüne alındığında ısıtma ve soğutma giderleri arasındaki farkın daha az olduğu orta yükseklikteki konut bloklarını temsil eden 4 katlı konutların rüzgar ve güneşin olumlu etkilerinden yararlanmada en uygun koşulları sağladığı belirlenmiştir.

Peyzaj özellikleri de enerji harcamalarının azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Buna göre uygun bitki ve ağaç türleri (yaprak döken ve dökmeyen farklı taç genişliği ve yüksekliğinde) gölge yapmayacak ve rüzgarın hızını azaltacak şekilde gereken yerlerde konumlandırıldığında, kış aylarında konut yüzeylerinin daha da soğumasına neden olan rüzgar hızının, yaz aylarında ise artan hava sıcaklıklarının azalmasında önemli yararlar sağlanabilecektir. Ağaç sayısı arttıkça rüzgarın hızı ve hava sıcaklığı daha da azalmaktadır. Konut adası içerisindeki çim ve asfalt yüzeylerin alanı ve yeri de benzer etkiler açısından önem kazanmaktadır. Konut adalarının bir araya gelişinde ulaşım aksları ile yaz ve kış aylarındaki hakim rüzgar yönleri arasındaki ilişki dikkate alınmalıdır. Ulaşım akslarında rüzgarın hızının artmasına neden olabilecek koridorların yaz rüzgarlarına açık, kış rüzgarlarına ise kapalı konumda olması gerekmektedir. Yapılan bu çalışma ile konut yapılarında enerji giderlerinin azaltılmasına yönelik önlemlerin ısıtma olanaklarının güneş enerjisi ile artırılmasıyla sınırlı olamayacağı, rüzgardan yararlanarak soğutma

giderlerinin azaltılabileceği, rüzgardan korunarak ısıtma giderlerinin daha da azaltılabileceği ortaya konmuştur.

Böylece elde edilen sonuçlar araştırma alanının yer aldığı iklim koşullarındaki yerleşimler için tasarlanacak konut adalarında toplam inşaat alanının en fazla arsa alanı kadar, inşaat oturma alanının ise toplam inşaat alanının en az 1/5'i, en fazla 1/4'ü kadar olması gerektiğini göstermiştir. Belirlenen bu sınırlar arasında kalmak koşulu ile farklı yükseklikteki konut bloklarının yer aldığı ağaç ve yeşil alan yoğunluğu yüksek konut adalarının, homojen konut tiplerinden oluşan konut adalarına göre yaşam kalitesi açısından daha fazla olanaklar sunabileceği görülmüştür.

Temel hedefi küresel ölçekte ısınmanın, ulusal ölçekte ise enerji maliyetlerinin azaltılması, yerel ölçekte de yaşam kalitesinin artırılması için konut alanlarının tasarımı ve planlanması aşamasında iklim özellikleri ile uyumun gözetilmesi ve bunun için sayısal simülasyon modellerinden etkin birer tasarım aracı olarak yararlanma olanaklarını ortaya koymak olan bu araştırmaya göre yapılan değerlendirmeler aşağıdaki gibidir:

Mevcut “Isı Yalıtımı Yönetmeliği”nin konut ölçeğinde ve ısıtma yükleri ile sınırlı tutulması nedeniyle yerleşim ölçeğinde “enerji etkin” planlama ve tasarıma cevap verememesi, bu konuda hazırlanacak yönetmeliklerin, daha kapsamlı simülasyon programları ile yapılacak detaylı ve bütüncül analizler ile oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu amaçla farklı iklim bölgeleri için bu bölgelerdeki yerel enerji kaynakları ile birlikte yerel malzeme, yerel mimari ve yerel yerleşim özelliklerine ilişkin örnekler gözetilerek tasarım ve planlama çalışmalarında tasarımcıya esneklik sağlayabilecek enerji etkin ilkeler daha da genişletilmelidir.

Bu amaca uygun olarak kentsel alanda TAKS ve KAKS gibi yapılaşma düzenine ilişkin kararlar ile birlikte yere özgü renk, malzeme ve bitki örtüsü gibi yüzey özelliklerine ilişkin düzenleme kararları da yönetmeliklerde yerini almalıdır. Enerji etkin planlama ve tasarım çalışmalarında taşıt ve yaya bağlantıları, yapı ve nüfus

yoğunlukları ile yeşil alan ve ağaçlandırma gibi farklı ölçeklere ilişkin kararlar arasında bütünlüğü sağlayabilme potansiyeli olan bir kentsel mekan olarak konut adalarının önemi gündeme getirilmelidir. Bu amaçla kentsel doku içerisinde sabit ve gezici mikroklima istasyonları kurularak, sürdürülebilir ve stratejik planlama açısından gerekli müdahalelerin yapılabilmesine olanak sağlayan kentsel iklim özelliklerine ilişkin bir veritabanı oluşturularak ilgili kurumlar arasında sürekli bir iletişim ortamı oluşturulabilir. Buna yönelik olarak genel iklim verileri ile kentsel alanda yapılacak ölçümlerden elde edilecek mikroklimatik veriler iklim ve/veya enerji simülasyon programlarının diline uygun olarak işlenerek gerektiğinde tasarım ve planlama sürecine girdi sağlayabilecek şekilde yeniden üretilebilir. Kent bilgi sistemi içinde iklim verileri yer almalı, sürekli bu konuda istatistikler tutulmalı konut adalarının enerji performans ölçümleri sürekli yapılarak arşivlenmeli, kent planlarında bu ölçümlere dayalı olarak yön verilmeli ve mevcut konut adaları revize edilmeli, tüm bu işlemler CBS'den (coğrafi bilgi sistemleri) yararlanılarak sürekli güncellenmeli ve farklı kentsel özellik katmanlarıyla karşılaştırılarak, plan revizyonlarında kullanılmalıdır.

Kentsel alanda enerjinin etkin kullanımı için konut adalarının tasarımında enerji ve mikroklima performanslarına ilişkin göstergelerin birlikte değerlendirilmesi gerektiği ortaya konulan bu çalışmanın, planıcı ve tasarımcılar için konut adası boyutundan hareketle tüm yerleşim için farklı konu ve ölçeklere yönelik çözümler üretebilmelerine olanak sağlayan esnek bir model olma potansiyeli vardır. Geliştirilecek yeni bilgisayar programları aracılığıyla kentsel diğer özellikler de (topoğrafya, jeomorfoloji, vb.) ele alınarak bu tez kapsamında gerçekleştirilen tüm analizlerin yeniden yapılması ile konut adası tasarımı ve yer seçiminde, enerjiden en üst seviyede tasarruf sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Aida M. And Gotoh, K., “Urban albedo as a function of the urban structure - a two dimensional numerical simulation”, *Boundary Layer Meteorology*, 23: 415-424 (1981).
- Aida, M., “Urban albedo as a function of the urban structure – a model experiment (Part I)”, *Boundary Layer Meteorology*, 23: 405–413 (1982).
- Akbari, H. And Taha, H., “The impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities”, *Energy*, 17 (2): 141–149 (1992).
- Ali-Toudert F. And Bensalem R., “A methodology for a climatic urban design”, *Proceedings of the 18th conference on PLEA*, Florianopolis, Brasil, 469–73 (2001).
- Arnfield, J., “Street design and urban canyon solar access”, *Energy and Buildings*, 14: 117–31 (1990).
- Arnfield J. And Mills, G.M., “An analysis of the circulation characteristics and energy budget of a dry, asymmetric, east–west urban canyon”, *II. Energy Budget International Journal of Climatology*, 14: 239–261 (1994).
- Arnfield A.J., “Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island”, *International Journal of Climatology*, 23: 1–26 (2003).
- Asimakopoulos D.N., Assimakopoulos V.D., Chrisomallidou N., Klitsikas, N., Mangold, D., Michel, P., Santamouris, M. And Tsangrassoulis, A., “Energy and Climate in the Urban Built Environment”, *James & James*, London, 1-412 (2001).
- Asawa, T., Hoyano, A. And Nakaohkubo, K., “Thermal design tool for outdoor space based on numerical simulation system using 3D-CAD”, *Proceedings of 21th International Conference On PLEA*, Eindhoven, Netherlands, 2: 1013-1018 (2004).
- Balaras, C., “Cooling in buildings”, *Passive Cooling of Buildings*, Santamouris, M., Asimakopoulos D. (eds.), *James & James*, London, 1-34 (1996).
- Barry, G.R. And Chorley, R.J., “Atmosphere, weather and climate”, Chapter 7: Urban and forest climates, *Methuen & Co Ltd.*, London, 322-352 (1978).
- Berköz, E., “Biyoklimatik konfor yönünden tavan yüksekliğinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir metod”, Doktora Tezi, *İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi*, İstanbul, 31-51 (1969).

Berköz, E., "Optimum building shapes for energy conservation", *Energy and Architecture*, 30 (3): 25-31 (1977).

Bitan, A., "The methodology of applied climatology in planning and building", *Energy and Buildings*, 11: 1-10 (1988).

Bonneaud, F., Musy, M. And Depecker P., "Simulation of the wind in hot and humid climates cities: evaluation of the natural ventilation potential of the housing in urban blocks", *Seventh International IBPSA Conference*, Rio de Janeiro, 109-116 (2001).

Bourbia F. And Awbi H.B., "Building cluster and shading in urban canyon for hot-dry climate. Part 2: Shading simulations", *Renewable Energy*, 29: 291-301 (2004).

Bretz, S. And Akbari, H., "Durability of high-albedo roof coatings", *ACEEE 1994 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Pacific Grove, CA, 9: 65 (1994).

Bruse, M. And Fleer, H., "Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three-dimensional numerical model", *Environmental Modelling Software*, 13: 373-84 (1998).

Buldurur, M.A., "Kentsel tasarımda güneş enerjisinden yararlanma konusunda bir araştırma ve İstanbul'da çeşitli uygulama örnekleri", Doktora Tezi, *İTÜ Mimarlık Fakültesi Şehircilik Bilim Dalı*, İstanbul, 45-109 (1983).

Capeluto, I.G. And Shaviv, E., "On the use of solar volume for determining the urban fabric", *Solar Energy*, 70: 275-280 (2001).

Capeluto, G., Yezioro, A., Bleiberg, T. And Shaviv, E., "From computer models to simple design tools: solar rights in the design of urban streets", *Building Simulation: Ninth International IBPSA Conference*, Montréal, Canada, 131-138 (2005).

Cathain, C.O., "Some relationships between standards, constraints and built form", *Transactions of the Martin Center for Architectural and Urban Studies*, 2: 33-47 (1977).

Chalfoun, N.V., "Thermal comfort assessment of outdoor spaces using MRT© and fish-eye lens photography of architectural scale models: a case study of the "arts oasis" plaza at the university of Arizona", *18th International Conference on PLEA*, Florianopolis, Brazil, 1021-1025 (2001).

Cheng, V., Steemers, K., Montavon, M. And Compagnon, R., "Urban form, density and solar potential", *PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva, Switzerland, 1: 701-706 (2006).

Chimklai, P., Hagishima, A. And Tanimoto, J., "A computer system to support albedo calculation in urban areas", *Building and Environment*, 39 (10): 1213-1221 (2004).

Compagnon, R., "Solar and daylight availability in the urban fabric", *Energy and Buildings*, 36 (4): 321-328 (2004).

Crawley, D.B., Hand J.W., Kummert M. And Griffith B.T., "Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs", *Proceedings of IBPSA-Building Simulation*, Montreal, Quebec, Canada, 231-238 (2005).

Çelik, A.P., "Güneşden pasif yararlanan bina tasarında kabuğun devresel değişimini saptayan bir yol", Doçentlik Tezi, *İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi*, İstanbul, 81-87 (1981).

Depecker, P., Menezo, C., Virgone, J. And Lepers, S., "Design of buildings shape and energetic consumption", *Building and Environment*, 36 (5): 627-635 (2001).

DeWalle, D., Heisler, G. And Jacobs, R., "Forest home sites influence heating and cooling energy", *Journal of Forestry*, 81: 84-88 (1983).

Diaz G., de la Pena A.M. And Alfonso, A., "Learning from the past: the traditional compact city in hot-humid climates", *PLEA2006- The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva, Switzerland, 1-7 (2006).

Dimoudi, A. And Nikolopoulou, M., "Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits", *Energy and Buildings*, 35:69-76 (2003).

Dunster, B., "Realising Zero (Fossil) Energy Developments", *ZED Factory Limited*, 1-47 (2003).

Elnahas, M.M. And Williamson, T.J., "An improvement of the CTTC model for predicting urban air temperatures", *Energy and Buildings*, 25: 41-49 (1997).

Elnahas, M.M., "Energy simulation of urban dwellings in temperate climates", *Architectural Science Review*, 46(3): 239-246 (2003).

Erley, D. And Jaffe, M., "Site Planning for Solar Access", *U.S. Government Printing Office*, Washington D.C., 39-40 (1980).

Escourrou, G., "Le Climat et la Ville", *Géographie d'aujourd'hui*, Nathan, Paris, 1-202 (1991).

Fezer, F., "Climatic change after regeneration in the oldest quarter of Heidelberg", *Landscape and Urban Planning*, 19: 47-54 (1990).

Flor, S.F. And Dominguez, S.A., "Modelling microclimate in urban environments and assessing its influence on the performance of surrounding buildings", *Energy and Buildings*, 36: 403-413 (2004).

Garrat, J.R., “The Atmospheric Boundary Layer”, *Cambridge University Press*, Cambridge, 1-316 (1992).

Givoni, B., “Man, Climate and Architecture”, *Van Nostrand Reinhold*, New York, 1-364 (1976).

Golany, G., “Urban design morphology and thermal performance”, *Atmosphere Environment*, 30: 455-465 (1996).

Göksu, Ç., “Güneş ve Kent”, *ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları*, Ankara, 105-125 (1993).

Groleau, D. And Miguët, F., “Solène et la simulation des éclairagements directs et diffus des projets architecturaux et urbains”, *IBPSA France '98*, Sophia Antipolis, 61-65 (1998).

Gropius, W., “Scope of Total Architecture”, *Allen and Unwin*, London, 1-170 (1956).

Gross, G., “Anwendungsmöglichkeiten mesoskaliger Simulationsmodelle dargestellt am Beispiel Darmstadt”, Teil 1 Wind und Temperaturfelder, *Meteorologie Rundschau*, 43: 267-274 (1991).

Hawkes, D. And Foster, W., “Energy Efficient Buildings, Architecture, Engineering, and Environment”, *Norton*, New York, 1-240 (2002).

Heisler, G.M., “Computer simulation for optimizing windbreak placement to save energy for heating and cooling buildings”, *Trees and Sustainable Development: The Third National Windbreaks and Agroforestry Symposium*, Ridgetown, Ontario, 700-104 (1991).

Herzog, T., “Solar Energy in Architecture and Urban Planning”, *Prestel*, Munich, 1-223 (1996).

Hosker, R.P.J., “Flow around isolated structures and building clusters: a review”, *ASHRAE Transactions*, 91: 1671-1692 (1985).

Hoyano, A., Marui, M., Yoon, S. And Iiono, A., “Proposal of sustainable urban blocks and evaluation of their thermal environments in Metro Manila”, *PLEA Passive and Low Energy Architecture Conference*, PLEA Publications, 593-599 (2004).

Huang, Y.J., Akbari, H., Taha, H. And Rosenfeld, A., “The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings”, *Climate and Applied Meteorology*, 26 (9):1103–1116 (1987).



Huang, J., Akbari, H. And Taha, H., “The wind-shielding and shading effects of trees on residential heating and cooling requirements”, *ASHRAE Transactions*, 96: 1403-1411 (1990).

Iino, A. And Hoyano, A., “Development of a method to predict the heat island potential using remote sensing and GIS data”, *Energy and Buildings*, 23: 199-205 (1996).

Katzschner, L., “Microclimatic thermal comfort analysis in cities for urban planning and open space design”, **6. Fachtagung BIOMET des Fachausschusses Biometeorologie der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft**, Institutes der Universität Freiburg, 31-36 (2007).

Kim, J. And Baik, J., “A numerical study of thermal effects on flow and pollutant dispersion in urban street canyons”, *Journal of Applied Meteorology*, 38 (9): 1249-1261 (1999).

Knowles, R.L., “Energy and Form: An Ecological Approach to Urban Growth”, *Massachusetts Institute of Technology*, Massachusetts, 1-208 (1974).

Knowles, R.L., “Solar energy, building, and the law”, *Energy Conservation through Building Design*, D. Watson (Eds.), **Mc Graw Hill**, London, 241-244 (1979).

Knowles, R.L., “Sun, Rhythm and Form”, **MIT Press**, London, 1-289 (1981).

Knowles, R.L., “The solar envelope: its meaning for energy and buildings”, *Energy and Buildings*; 35: 15-25 (2003).

Koçman, A., “Türkiye İklimi”, **Ege Üniversitesi Yayınları**, İzmir, 37 (1993).

Kristl, Z. And Krainer, A., “Energy evaluation of urban structure and dimensioning of building site using ISO-shadow method”, *Solar Energy*, 70: 23-34 (2001).

Kuttler, W., “Planungsorientierte stadtklimatologie. aufgaben, methoden und fallbeispiele”, *Geogr. Rundschau*, 45 (2): 95-106 (1993).

Kuttler, W., “The urban climate”, *Weather and Climate*, **Teubner**, Wiesbaden, 371-432 (2006).

Littlefair, P.J., “Environmental Site Layout Planning: Solar Access, Microclimate and Passive Cooling in Urban Areas”, **IHS BRE**, London, 1-162 (2000).

Markus, T.A. And Morris, E.N., “Buildings, Climate and Energy”, **Financial Times Prentice Hall**, London, 1-560 (1979).

Martin, L. And March, L., “Urban Space and Structures”, **Cambridge University Press**, Cambridge, 1-279 (1972).

Mason, V., "A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models", *Boundary-Layer Meteorology*, 94: 357-397 (2000).

Mayer, M., "Urban bioclimatology", *Experientia*, 49: 957-63 (1993).

McPherson, E.G. And Sacamano, P.L., "Energy savings with trees in Southern California", *Technical Report Western Center for Urban Forest Research, California*, NE-186: 1-187 (1992).

McPherson, E.G., "Energy-saving potential of trees in Chicago, Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago urban forest climate project", *USDA Forest Service General Technical Report, Chicago*, NE-186: 95-113 (1994).

Mills, G., "An urban canopy-layer climate model", *Theoretical and Applied Climatology*, 57 (3-4): 229-244 (1997).

Mills, G., "Urban climatology and urban design", *ICB-ICUC'99 Conference*, Sydney, 542-545 (1999).

Mills, G., "Building density and internal building temperatures: A physical modeling experiment", *Physical Geography*, 18: 195-215 (2004).

Moughtin, C., "Urban Design, Street and Square", *Architectural Press*, Amsterdam, 1-320 (2003).

Nichol, J.E., "High-resolution surface temperature patterns related to urban morphology in a tropical city: A satellite-based study", *Journal of Applied Meteorology*, 35(1): 135-146 (1996).

Nunez, M. And Oke, T.R., "The energy balance of an urban canyon", *Journal of Applied Meteorology*, 16: 11-19 (1977).

Ok, V., "İklimsel karaktere bağlı olarak optimum performans gösteren yerleşme yoğunluğunun belirlenmesinde geliştirilen bir yöntem", Doktora Tezi, *İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Şehircilik Bilim Dalı*, İstanbul, 45-85 (1984).

Oke, T.R., "Boundary Layer Climates", *Routledge*, London, 400-435 (1987).

Oke, T.R., "The urban energy balance", *Progress in Physical Geography*, 12 (4): 471-508 (1988a).

Oke, T.R., "Street design and urban canopy layer climate", *Energy and Buildings*, 11: 103-113 (1988b).

Oke, T.R, Johnson, G.T., Steyn, D.G. And Watson, I.D., "Simulation of surface urban heat islands under ideal conditions at night - part 2 : diagnosis and causation", *Boundary Layer Meteorology*, 56: 339-358 (1991).

Oke, T.R., "Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites", *IOM Report No. TD. World Meteorological Organization, Geneva*, 11 -12 (2004).

Olgyay, V., "Design With the Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism", *Princeton University Press*, New Jersey, 153-177 (1969).

Park, H. And Andrews, C., "City planning and energy use," *Encyclopedia of Energy*, Cleveland, C.,eds., *Elsevier*, San Diego, 1: 1-14 (2004).

Pearlmutter, D., "Street canyon geometry and microclimate: designing for urban comfort under arid conditions", *Proceedings of PLEA '98*, Lisbon, 163-166 (1998).

Piringer, M. And Joffre, S., "The urban surface energy budget and mixing height in european cities: data, models and challenges for urban meterology and air quality", *Final Report of Working Group 2 of COST-715 Action, Central Institute for Meterology and Geodynamics, Vienna*, 2-198 (2004).

Ratti, C., Raydan D. And Steemers, K., "Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate", *Energy and Buildings*, 35: 49-59 (2003).

Ratti, C., Baker, N. And Steemers, K., "Energy consumption and urban texture", *Energy and Buildings*, 37: 762-776 (2005).

Rogers, R., "Cities For a Small Planet", *Basic Books*, London, 1-196 (1998).

Rosenfeld, A., Romm, J., Akbari, H. And Liloyd, A., "Painting the town white and green", *Technology Review*, 100 (2): 52-59 (1997).

Saberi, O., Saneei, P. And Javanbakht, A., "Thermal comfort in architecture", *Comfort and Energy Use in Buildings: Getting Them Right*, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 1-11 (2006).

Saito, I., Ishihara, O. And Katayama, T., "Study of the effect of green areas on the thermal environment in an urban area", *Energy and Buildings*, 15-16: 443-446 (1990).

Sand, M.A. And Huelman, P.H., "Planting for energy conservation in Minnesota communities", *Summary report for 1991 -93 LCMR research project, Department of Natural Resources, Forestry St. Paul, MN*, 1-46 (1993).

Santamouris, M., "Energy and Climate in the Urban Built Environment", *James & James/Earthscan*, Dublin, 3-383 (2001).

Santiago, J.L. And Martin, F., “Modelling the air flow in symetric and asymetric street canyons”, *International Journal of Environment and Pollution*, 25: 145-154 (2005).

Shashua-Bar, L., Tzamir, Y. And Hoffman, M.E., “Thermal effects of built up geometry and spacing on the UCL microclimate”, *International Journal of Climatology*, 24: 1729–1742 (2004).

Shepherd J.M. And Burian, S.J., “Detection of Urban-Induced Rainfall Anomalies in a Major Coastal City”, *Earth Interactions*, 7 (4): 1–17 (2003).

Simpson, J.R., “Urban forest impacts on regional space conditioning energy use: Sacramento County case study”, *Journal of Arboricultural*, 24: 201 (1998).

Souch C. And Grimmond S., “Applied climatology: urban climate”, *Progress in Physical Geography*, 30 (2): 270–279 (2006).

Soux, A., Oke, T. R., Nunez, M. And Wilson, M., “Measuring longwave radiative flux divergence in an urban canyon”, *ICUC6 American Geophysical Union Fall Meeting*, Göteborg, 111-112 (2003).

Steeners, K., “Energy and the city: density, buildings and transport”, *Energy and Buildings*, 35: 3–14 (2003).

Summers, F., Gezer, N., Yannas, S. And Somuncu, Y., “Environmental performance of buildings: a comparative study of building materials and construction techniques in Turkey”, *The British Council Britain-Turkey Partnerships Programme, METU (Ankara) / AA (London)*, 1-16 (2002-03).

Swaid, H., Bar-El, M. And Hoffman, M.E., “A bioclimatic design methodology for urban outdoor spaces”, *Theoretical and Applied Climatology*, 48: 49–61 (1993).

Şen, N., “Yapı Strüktürüne Biçimleniş ve Kabuk olarak İklim Etkisi”, *İTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 20-50 (1967).

Taha, H., “Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat”, *Energy and Buildings*, 25: 99-103 (1997).

Taha, H., Douglas, S. And Haney, J., “Mesoscale meteorological and air quality impacts of increased urban albedo and vegetation”, *Energy and Buildings*, 25: 169-177 (1997).

Thomas, R., “Sustainable Urban Design: An Environmental Approach”, *Spon*, London, 3-111 (2003).

Todhunter, P.E., “Microclimatic variations attributable to urban canyon asymmetry and orientation”, *Physical Geography*, 11: 131–41 (1990).

Weng, Q., “A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China”, *International Journal of Remote Sens.*, 22 (10): 1999–2014 (2001).

Williamson, T.J. And Erell, E., “Thermal performance simulation and the urban microclimate: measurements and prediction”, *Seventh International Ibpsa Conference*, Rio De Janeiro, Brazil, 159-165 (2001).

Williamson, T.J. And Erell, E., “Simulating air temperature in an urban street canyon in all weather conditions using measured data at a reference meteorological station”, *International Journal of Climatology*, 26 (12): 1671–1694 (2005).

Yoshida, A., Tominaga, K. And Watani, S., “Field measurements on energy balance of an urban canyon in the summer season”, *Energy and Buildings*, 15–16: 417–23 (1990–91).

Zeren, L., “Mimaride Güneş Kontrolü”, *İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 1-95 (1959).

İnternet: Actionbioscience “Urban Heat Islands: Hotter Cities” <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html> (2008).

İnternet: Apollo “Thermal Belts” [www.apollo.lsc.vsc.edu/.../chapter3/drainage3.html](http://www.apollo.lsc.vsc.edu/.../chapter3/drainage3.html) (2008).

İnternet: Australian Government Bureau of Meteorology “Urban Design: How Climate Information can help in?” [http://www.bom.gov.au/info/leaflets/urban\\_design.pdf](http://www.bom.gov.au/info/leaflets/urban_design.pdf) (1997).

İnternet: Australian Government Bureau of Meteorology “Humidity Calculator” <http://www.bom.gov.au/lam/humiditycalc.shtml> (2007).

İnternet: Oak Ridge National Laboratory “Highly-Reflective Low-Slope Roofs” <http://www.ornl.gov/sci/roofs+walls/roof/coatings.html> (2008).

İnternet: Comfortable Low Energy Architecture “Landform Orientation” [http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/interactive/matrix/level\\_1\\_landform.html](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/interactive/matrix/level_1_landform.html) (2008).

İnternet: Climate Booklet for Urban Development “Recommendations for Planning” [http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/Climate\\_Booklet/index-s.htm](http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/Climate_Booklet/index-s.htm) (2008).

İnternet: Earth Rochester “Land and Sea Breezes” [www.earth.rochester.edu/.../ees215/lect18.html](http://www.earth.rochester.edu/.../ees215/lect18.html) (2008).

İnternet: ENVI-met “ENVI-met, a 3D Microclimate Model” <http://www.envi-met.com> (2008).

Internet: EOEARTH “Earth's Energy Balance” <http://www.eoearth.org/> (2008).

Internet: Federation of American Scientists “Atmospheric Circulation; Weather Systems” [www.fas.org/.../docs/rst/Sect14/Sect14\\_1c.html](http://www.fas.org/.../docs/rst/Sect14/Sect14_1c.html) (2008).

Internet: GAISMA Sun Data around the World “Sun Path Diagram” [www.gaisma.com/en/location/kayseri.html](http://www.gaisma.com/en/location/kayseri.html) (2007).

Internet: Hong Kong University “Climatic Design of Buildings” <http://www.arch.hku.hk/cmhui/teach/65156-7.htm> (2008).

Internet: KSHAA “Heat-Cold Index Chart” <http://www.kshsaa.org/heatindex.html> (2008).

Internet: MIT “MIT Team Works Toward Energy-Efficient Chinese Homes” <http://web.mit.edu/newsoffice/2002/china-1211.html> (2008).

Internet: NASA “Langley Research Center Atmospheric Science Data” <http://eosweb.larc.nasa.gov> (2007).

Internet: Nebguide “Air Properties, Temperature and Relative Humidity” <http://www.ianrpubs.unl.edu/epublic/pages/publicationD.jsp?publicationId=1000> (2008).

Internet: NOAA “Why Are There Seasons?” <http://csc.gallaudet.edu/soarhigh/whyseasons.html> (2007).

Internet: Ohio State University “Greenhouse Condensation Control - An Introduction” <http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0800.html> (2008).

Internet: Okeil “Recent Research Projects” [www.okeil.com/ahmad/research/index.htm](http://www.okeil.com/ahmad/research/index.htm) (2008).

Internet: Physical Geography Net “Introduction to the Atmosphere” <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/71.html> (2007).

Internet: RAP “J. Ceiling and Visibility” [www.asr.ucar.edu/2004/RAP/ceiling-visibility.htm](http://www.asr.ucar.edu/2004/RAP/ceiling-visibility.htm) (2008).

Internet: RESET “Collection and Documentation of the Input Data and Evaluation Tools Required to Carry out the Study” [http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/reset\\_all.pdf](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/reset_all.pdf) (2008).

Internet: Sydney Climate Data “Sydney Climate” [www.auinfo.com/sydney-climate.html](http://www.auinfo.com/sydney-climate.html) (2008).

İnternet: TAREB “On the Built Environment - The Urban Influence”  
<http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/docs/special/urbenvir.pdf> (2008).

İnternet: Türkiye Cumhuriyeti Adalet Bakanlığı Sitesi “İmar Kanunu”  
<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/711.html> (2008).

İnternet: TSE “TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”  
<http://www.tse.org.tr/Turkish/Abone/StandardDetay.asp?STDNO=13719> (2007).

İnternet: WBDG “Design: Cooling Buildings by Natural Ventilation”  
[http://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC/ufc\\_3\\_440\\_06n.pdf](http://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC/ufc_3_440_06n.pdf) (2008).

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : HİSARLIGİL, Hakan  
 Uyuğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 16.08.1965 Ankara  
 Medeni hali : Evli  
 Telefon : 0 (505) 767 19 38  
 Faks : 0 (352) 437 65 54  
 e-mail : [hhisarligil@gmail.com](mailto:hhisarligil@gmail.com)

### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi                                                          | Mezuniyet tarihi |
|---------------|------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Yüksek lisans | Gazi Üniversitesi /<br>Şehir ve Bölge Planlama ABD                     | 2001             |
| Yüksek lisans | Hacettepe Üniversitesi /<br>İç Mimari ve Çevre Tasarımı Ana Sanat Dalı | 1991             |
| Lisans        | Gazi Üniversitesi/<br>Müh.Mim.Fak. Mimarlık Bölümü                     | 1988             |
| Lise          | M.E.V. Özel Toros Lisesi                                               | 1982             |

### İş Deneyimi

| Yıl       | Yer                             | Görev               |
|-----------|---------------------------------|---------------------|
| 1990-1992 | Gazi Üniversitesi               | Araştırma Görevlisi |
| 1995-1997 | Niğde Belediyesi İmar Müdürlüğü | Mimar               |
| 1997-2008 | Erciyes Üniversitesi            | Öğretim Görevlisi   |

### Yabancı Dil

İngilizce

### İlgi Alanları

Enerji ve Biçim İlişkisi, Tasarımda Geometri, Strüktürel Tasarım

### Verdiği Dersler

Temel Eğitim ve Mimari Proje I, Temel Eğitim ve Şehircilik Projesi I, Mimari İfade Teknikleri, Tasarımda Geometri



### **Jüri Üyelikleri**

1. “Mimarlar Odası Kayseri Şubesi Mimar Sinan Anısına Afiş Yarışması” Asil Jüri Üyesi, 2007.
2. “Hacı Bektaş Veli, Kültür Merkezi Mimari Proje Yarışması”, Yedek Jüri Üyesi, 1992.

### **Sürekli Yayınlarda Alınan Görevler**

TOL Mimarlık Kültürü Dergisi Yayın Kurulu Üyesi ve Editörü, 2001-2008.

### **Uluslararası Bilimsel Toplantı Düzenleme**

1. International Workshop “Atelier Erciyes”, Organizasyon Sekreteryası Üyesi, 2005.
2. “Sun Day Symposium’99”, Organizasyon Komitesi Üyesi, 1999.

### **Katıldığı Projeler**

1. Erciyes Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Avan Projesi, 1998.
2. Apartman Blokları, Yıldız, Ankara, 1990.
3. Konut, İşyeri, Balgat, Ankara, 1990.
4. Çam Koru Konut Yapı Kooperatifi Konutları ve Çevre Düzenlemesi, Kuyuluk, Mersin, 1989.

### **Aldığı Ödüller**

1. Ankara Büyükşehir Belediyesi, “**Öğrencilerarası Altınpark Çevresi Kentsel Tasarım Yarışması**”, **1. ÖDÜL**, 1991. (Kübra Cihangir Çamur ile)
2. Ankara Büyükşehir Belediyesi, “**Güzel Ankara Projesi Kent Omurgası Kuzey Bölümü Kentsel Tasarım Yarışması**”, **1. SATINALMA**, 1991. (Seydihan Çamur, Kübra Cihangir Çamur, Nevin Turgut Gültekin ile)
3. Antalya Kent Merkezi İçinde Kale Kapısı ve Kent Çevresi Kentsel Tasarım Yarışması, **3. MANSİYON**, 1990. (Fatma Çetinkaya, Nilgün Görer, Ayla Teker ile)

### **Ulusal Dergilerde Yayımlanan Makaleler**

1. “Betonart 2006 Yaz Okulu’ndan İzlenimler”, **Betonart**, 12, s.11-15, 2006.
2. “Re-Space: Atelier Erciyes”, **Arkitekt**, 6, s.59-60, 2006. (B. Hisarlıgil ile)

3. “Çevremiz ve Biz!”, **Bilim ve Ütopya**, 129, s.8-9, 2005.
4. “Konut, Metafor ve Anlam”, **TOL**, 5, s.22-24, 2005. (B. Hisarlıgil ile)
5. "Salisbury'den Poundbury'e Koruma ve Prens Charles", **TOL**, 4, s. 35-43, 2004.
6. "Made in Kayseri", **TOL**, 4, s. 8, 2004.
7. "Biçim Fetişi İzler", **TOL**, 3, s. 21-26, 2003.
8. "Öteki Hitler", **TOL**, 2, s. 21-26, 2003. (B.Hisarlıgil ile)
9. "Sanal ve Gizil Ayrımında Bir Dünya: Mimarlık", **TOL**, 1, s. 24-28, 2002.
10. "Sinan'ın Yurdu Ağırnas: 21. Yüzyıl Başına Dek Yaşamını Sürdürebilen Geleneksel Yerleşme", **Mimarlık**, Haziran 2002, s. 50-53, 2002.
11. “Yüksel Yaya Bölgesi”, **Planlama**, 89/2-3-4, s.62-70, Ankara, 1989. (S. Başaran, K. Cihangir Çamur, H. Kaplan, E. Kıvan, S. Kitapçı ile)

#### **Ulusal Dergilerde Yayımlanan Çeviri Makaleler**

1. Thomas, P., “Sembolik eşik”, **TOL**, 3, s.25-27, 2003. (B. Hisarlıgil ile)

#### **Kitap Bölümü (Ulusal)**

1. “Geleceğin Orta Anadolu Metropolü Kayseri ve Yakınında iki Küçük Tarihsel Kent: Germir ve Tavlusun” **Taç Vakfı 25. Kuruluş Yıldönümü Anısına Anı Kitabı**, s101-109, Ed: Sezgin, H., Türkiye Anıt Çevre Turizm Değerlerini Koruma Vakfı, İstanbul, 2001. (G. Bilsel, E. Yaşlıca, G. Büyükmihçi, F. Özcan, T. Yıldız ile)
2. “Kültürel Süreklilik Sağlamada Yaratıcı Kentsel Tasarımın İşlevi”, **Kentsel Tasarım-Kentsel Çevreye Çok Disiplinli Bir Yaklaşım Aracı**, Yayınlayan: M. Çubuk, MSÜ. Matbaası, s.145-153, İstanbul, 2000. (G. Bilsel, E. Yaşlıca, G. Büyükmihçi, S. Erkman ile)

#### **Uluslararası Kongreler**

1. “Phenomenology of Foldings in Vernacular Anatolian Settlements”, **Architecture and Phenomenology Congress**, Haifa, İsrail, 2007. (B. Hisarlıgil ile)
2. “Re-Space: Atelier Erciyes”, **Architectural Education Forum 3**, İstanbul, 2006. (B. Hisarlıgil ile)
3. “United Colors of Kayseri”, **UIA 2005, XXII World Congress of Architecture**, İstanbul, 2005. (B. Hisarlıgil ve B. Salgın ile)

4. “Sustainable Traditional Environment Commencing a New Strategy to Re-Insure the Cultural Continuity in Gesi and Surrounding Small Settlements”, **IAPS**, Amasya, 2001. (G. Büyükmihçı, G. Bilsel, E. Polat ile)

5. “Kayseri the Future Metropolis of Central Anatolia and Germir & Tavlusun Two Small Historical Towns within the Vicinity”, **IAPS 16 Metropolis 2000** (G. Moser, E. Pol, Y. Bernard. J. Coralisa, M. V. Guillian (eds), Paris, 2000. (G. Bilsel, E. Yaşlıca, G. Büyükmihçı, S. Erkman ile)

### **Ulusal Kongreler**

1. “Kültürel Süreklilik Sağlamada Yaratıcı Kentsel Tasarımın İşlevi”, **MSÜ, I. Kentsel Tasarım Haftası**, İstanbul, 2000. (G. Bilsel, E. Yaşlıca, G. Büyükmihçı, S. Erkman ile)

2. “Planlama Sürecinde Yerel Yönetim Merkezi Yönetim İlişkileri ve Planlamaya Katılımın Önemi, Planlamaya Katılım ve Belediyecilik Politikaları”, **14. Dünya Şehircilik Günü Kollogyumu**, İstanbul, 1990. (Ergen, Y., B., Erol, D., Gültekin, N. ile)

### **Uluslararası Çalıştaylar**

1. “Atelier Erciyes”, International Summer School, Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Kayseri, 2005.

2. “Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi ve Karlshure Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Ortak Tasarım Çalışması”, Kayseri-Nevşehir, 2001.

### **Ulusal Çalıştaylar**

1. “Betonart 2006 Yaz Okulu”, Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Kayseri, 2006.

2. “Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir Bölge Planlama Bölümü İlk Yıl Tasarım Eğitimi”, **Planlama Eğitiminde Yaratıcı Düşünce Ulusal Çalıştay**, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Şehir Bölge Planlama Bölümü, Ankara, 2003.