



## Şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisinin Ankara ölçeğinde incelenmesi\*

Necla Türkoğlu<sup>1</sup>,  
Onur Çalışkan<sup>2</sup>,  
İhsan Çiçek<sup>3</sup>,  
Erkan Yılmaz<sup>4</sup>

### Özet

Bu çalışmada Ankara şehir merkezinin, farklı arazi dokusuna sahip alanlarındaki biyoklimatik koşullar incelenmiştir. Çalışmada meteorolojik parametreler yanı sıra insan enerji dengesini de hesaplamalarına dâhil eden Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) dizini kullanılmıştır. 6 meteoroloji istasyonunun 2001-2010 dönemindeki saatlik termal algılama değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerin alansal dağılımı için çoklu çizgisel regresyon modeli kullanılmıştır. Yapılan analizlere göre, şehir içi yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar, günün büyük bir bölümünde diğer arazi dokusuna sahip alanlardan daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Bu alanlar ile orman içi açık alanlar arasında 0,4-1,2°C, parklar arasında 2,2-3°C, banliyöler arasında 1,4-2,2°C, kırsal alanlar arasında 1,7-2,5°C günlük ortalama FES farkları bulunmaktadır. Farklar mayıs-eylül arası dönemde artmakta, ekim-nisan arası dönemde ise azalmaktadır. Şehrin değişik dokularında FES farkları gece saatlerinde gündüze göre daha belirgindir.

**Anahtar Kelimeler:** Termal algılama; biyoklimatik koşullar; arazi kullanımı; Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık, Ankara

\*[Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Müdürlüğü tarafından desteklenmektedir. Proje no: 10B6055001.]

<sup>1</sup> [Yrd. Doç. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara.E-Posta: nturkoglu@ankara.edu.tr.]

<sup>2</sup> [Arş. Gör. Dr., Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Ankara.E-Posta: ocaliskan@ankara.edu.tr.]

<sup>3</sup> [Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara.E-Posta: Ihsan.Cicek@ankara.edu.tr.]

<sup>4</sup> [Arş. Gör. Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara.E-Posta: erylilmaz@ankara.edu.tr.]

## The analysis of impact of urbanization on the bioclimatic conditions in the scale of Ankara\*

**Necla Türkoğlu<sup>1</sup>,  
Onur Çalışkan<sup>2</sup>,  
İhsan Çiçek<sup>3</sup>,  
Erkan Yılmaz<sup>4</sup>**

### Abstract

In this study, the bioclimatological conditions of Ankara urban area have been analyzed from the data which has been acquired from areas having different land cover and use. The hourly thermal perceptions of six meteorology stations have been calculated by using the physiologically equivalent temperature (PET) index that could involve not only the meteorological parameters but also human energy balance in calculations. The spatial distribution of values has been carried out by the multiple linear regression models. At the end of the analyses it is concluded that the areas which have higher built density in urban have greater PET values than the other land use classes during the most of the day. These daily mean PET difference between these areas and the grasslands is 0.4-1.2°C, the parks is 2.2-3°C, suburban is 1.4-2.2°C, rural is 1.7-2.5°C. The differences increase during night and from May to September, and decrease during daytime and from October to April.

**Keywords:** Thermal perception, bioclimatic conditions, land use, physiologically equivalent temperature, Ankara.

---

\*[This study is supported by Scientific Research Projects Office of Ankara University, Project nr: 10B6055001.]

<sup>1</sup> [Assist. Prof. Dr., Ankara University, Faculty of Languages, History and Geography, Department of Geography, Ankara, Turkey E-Mail: nturkoglu@ankara.edu.tr.]

<sup>2</sup>[Res. Assist. Dr., Ankara University, Faculty of Educational Sciences, Department of Elementary Education, Ankara, Turkey. E-Mail:ocaliskan@ankara.edu.tr.]

<sup>3</sup> [Prof. Dr., Ankara University, Faculty of Languages, History and Geography, Department of Geography, Ankara, Turkey. E-Mail: Ihsan.Cicek@ankara.edu.tr.]

<sup>4</sup> Res.Assist. Ankara University, Faculty of Languages, History and Geography, Department of Geography, Ankara. E-Mail: erylilmaz@ankara.edu.tr.]

## 1. Giriş

İklim sadece fiziksel çevrenin şekillenmesinde değil; insanoğlunun yaşamı ve her türlü sosyal, ekonomik faaliyeti üzerinde de önemli rol oynamaktadır. Dünya üzerindeki habitatların oluşumunda, insanların giyim tercihlerinde, her türlü ekonomik süreçte (tarım, sanayi, turizm gibi) ve hatta toplulukların dil-kültür gelişiminde iklimin etkisini görmek mümkündür. Yapılan araştırmalar, insanların ruhsal durumlarının dahi iklimin etkisi altında kaldığını göstermektedir (Straus ve Orlove, 2004: 32; Hobbs, 2005: 1). İnsan, organlarının sağlıklı çalışabilmesi için 37°C civarında bir iç sıcaklığa sahip olacak şekilde adapte olmuştur. Çevresel ısı değişikliklerinden etkilenmeksizin vücut ısısını koruma mekanizmasına homotermi olarak adlandırılmaktadır. Vücudun homotermiyi korumasının çok çeşitli yolları bulunmaktadır. Bunlardan ilki periferel kan akışı hızıdır. İnsan vücudunun sıcağa maruz kalması kan akışını hızlandırır, soğuğa maruz kalması ise akışı yavaşlatır. Periferel akış hızlandığında deri sıcaklığı artar ve deriden kaçan uzun dalga radyasyon oranını artırır. Soğukta titreme, sıcakta terleme vücudun ısı dengesini koruma yollarıdır. İç sıcaklığın uzun süre 37°C'den daha düşük olması hipotermiye, daha yüksek olması ise hipertermiye yol açmaktadır. Her iki durumda da kalıcı hasar ve ölüm riski bulunmaktadır. Bunların yanı sıra açık hava koşullarında insanın hiçbir örtü ve korumaya ihtiyaç duymaksızın yaşayabilmesi için ortalama 28-29°C hava sıcaklığı gerekmektedir. Dünya üzerinde bütün yıl bu hava sıcaklığına sahip alanlar kısıtlıdır. Buna rağmen insanlar dünyanın hemen hemen her yerinde yaşayabilecek şekilde adapte olmuştur. 37°C'lik iç sıcaklığı korumaya yarayan termoregülatörlerin çalışmadığı ya da çok az çalıştığı ortamlar konforludur.

Biyoklimatoloji iklimle canlılar arasındaki etkileşimi araştıran çok disiplinli bir bilim dalıdır. Hayvan, bitki, insan biyoklimatolojisi olduğu gibi kent biyoklimatolojisi de bulunmaktadır. Kentlerin kır alanlarından daha farklı bir iklimi ve biyoklimatolojisi bulunmaktadır (Landsberg, 1972; Akman, 1990; Karaca vd., 1995; Maarouf ve Munn, 2005; Çiçek, 2003; 2004; 2005). Şehirlerin kuruluşuyla birlikte enerji transferi (radyasyon, konveksiyon, konduksiyon), termal koşullar (özellik ısı, albedo), nem koşulları (buharlaştırma, yağış, yüzeyel akış) ve hava sirkülasyon sistemleri değişmektedir. Bu değişimler şehirler ve doğal ortam arasındaki farkı oluşturmaktadır. Bu farklılıkların yanında hava kirliliği, antropojenik ısı, yüzeylerin geçirgen olmaması, yüzeylerde kullanılan malzemelerin termal özellikleri ve yüzey geometrisi de etkilidir (Oke, 1981).

Çiçek (2003) Ankara şehrinde şehirleşmeye bağlı olarak biyoklimatolojik koşullardaki değişimi araştırdığı çalışmasında, Ankara Meteoroloji İstasyonu ile Esenboğa Meteoroloji İstasyonu'nun 1975-2006 yılları arası uzun dönem için hesaplanan Termohigrometrik Rahatsızlık İndeks değerlerini karşılaştırmıştır. İnceleme sonucunda kır/kasaba özelliği taşıyan Esenboğa 'da kışın soğuk etki yapan biyoklimatik dönemlerin oranı daha fazlayken, şehir özelliği taşıyan Ankara'da yazın sıcak koşulların daha etkin olduğu saptanmıştır. Rahat biyoklimatik dönemin süresi ise her iki istasyonda da birbirine yakın bulunmuştur. Şehirleşmenin beraberinde getirdiği sıcaklık artışına bağlı olarak yaz mevsiminde sıcaklık stresi yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır. Topay ve Yılmaz (2004) Muğla ili sınırları içindeki yükselteleri 3 m ile 850 m arasında değişen 11 meteoroloji istasyonundan, 1929-2000 yılları arasında elde edilen verileri derlemiştir. Bu çalışmada biyoklimatik konfor alanlarının tanımlanmasında Olgay'ın (1973) Konfor Aralığı kullanılmıştır. Buna göre sıcaklığı 21°-27°C arasında değişen, rüzgâr hızının 5 m/s'den daha az olduğu ve nispi nemin %30-65 arasında olduğu koşullar biyoklimatik olarak konforlu sayılmaktadırlar. Sonuç olarak biyoklimatik açıdan uygun konfor koşullarına sahip olan ayların Haziran, Ağustos ve Eylül olduğu, bunlar dışında kalan Temmuz ve Ekim aylarında ise daha konforsuz koşulların yaşandığı hesaplanmıştır. Bunların yanı sıra alan olarak Muğla ilinin merkezi kesimleri ile kuzeyinin daha konforlu açık hava koşullarına sahip olduğu ileri sürülmüştür. Matzarakis ve Karagülle (2007) İstanbul'un biyoklimatik özelliklerini ortaya koydukları araştırmalarında, Yeşilköy Havalimanı İstasyonu'nun, 2000 yılı Ekim ayından 2006 Aralık ayına kadar olan günlük sıcaklık, nem, rüzgar ve bulutluluk verilerini kullanmışlardır. Yukarıda belirtilen veriler FES dizini kullanılarak sınıflandırılmıştır. Çalışmanın önemli sonuçlarından biri İstanbul ili içinde sıcaklığa bağlı olarak yaşanan farklı streslerin frekansının çıkarılmasıdır. İstanbul'da ekim ayından nisan ayı başlarına kadar soğuk stresinin çeşitli düzeyleri yaşanmaktadır. Soğuk stresinin en sık yaşandığı ay şubattır (%60). Sıcak stresinin çeşitli düzeylerinin yaşandığı dönem ise haziran ve ekim ayı arasında kalan dönemdir.

Şehirleşmenin iklim elemanları (özellikle sıcaklık) üzerinde etkilerinin araştırıldığı pek çok çalışma bulunmaktadır. Karaca vd. (1995), İstanbul ve Ankara'da şehirleşmenin sıcaklık üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında Ankara'da şehir, kasaba/ kır özelliği taşıyan 5 istasyonu ele alarak bu istasyonlardaki sıcaklık eğilimlerini incelemiştir. Bu çalışmada Ankara'da hem kır hem de şehir istasyonlarının sıcaklıklarında azalma eğilimi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Araştırmacılar diğer araştırmalarında İstanbul'daki pek çok

istasyonda da saptanan bu özelliği, Ortadoğu ve Doğu Akdeniz’de görülen anlamlı sıcaklık azalması ve Ankara’nın nispeten planlı şehirleşmesi ile ilişkilendirmişlerdir. Ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıkların mekânsal ve zamansal eğilimlerini konu alan çalışmada Türkeş vd. (2002) özellikle şehirleşmiş ve hızlı şehirleşmenin olduğu istasyonlarda ısınma eğiliminin açıkça görüldüğüne işaret etmektedirler. Aynı çalışmada kuzey ve iç bölgelerde yaz ve özellikle güz ortalama sıcaklıklarının azalma eğiliminde olduğuna dikkat çekilmiştir. Çiçek’in (2005) çalışmasında Ankara şehrinin çevresindeki kırsal alanlardan daha sıcak olduğu, sıcaklıklardaki artış eğilimine paralel olarak şehir ve kır arasında akşam saatlerinde farkların arttığı belirtilmektedir.

Bu çalışmada Ankara şehrinin biyoklimatik koşulları, farklı arazi dokularına sahip alanlarda (yüksek bina yoğunluklu alan, banliyö kırsal alan, şehir merkezi yeşil alan, tarım alanı, şehir ormanı) yapılan ölçümlerden elde edilen verilerle analiz edilmiştir. Ankara şehrinde saatlik ölçümler aracılığıyla yılın farklı zamanlarında yaşanan ısı streslerinin yanı sıra, gün içinde bu streslerin nerelerde ortaya çıktığının bulunması amaçlanmıştır. İnsanların kendilerini rahat ve/veya rahatsız hissettiği hava koşulları ve bu koşulları değiştiren insan yapımı unsurların etkisinin somut olarak ortaya konulması çalışmanın amaçları arasındadır. Ankara şehir merkezindeki farklı biyoklimatik koşulların ve olası risklerin ortaya konulması karar vericiler, planlamacılar ve şehir merkezini kullananlar açısından önemlidir. Gerek enerji kullanımında verimliliğin artırılması, gerekse konforlu şehir alanlarının yaratılması için biyoklimatik koşulların bilinmesi önemlidir.

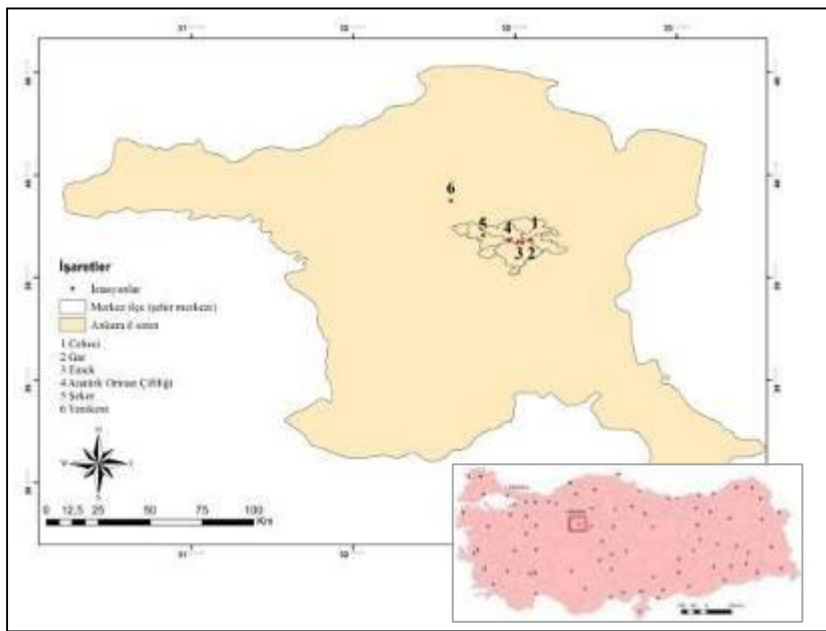
## **2. Materyal ve yöntem**

### **2.1. Veriler**

Bu çalışmada farklı arazi dokularını yansıtan 6 istasyonun 2001-2010 dönemine ait saatlik hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, küresel solar radyasyon ve nispi nem verileri kullanılmıştır. Her bir istasyon farklı yükselti ve arazi kullanım özelliğine sahip alanları temsil etmektedir. Tablo 1’de Ankara şehrinde biyoklimatik koşulların mekânsal ve zamansal dağılımını belirlemek için kullanılan istasyonların özellikleri bulunmaktadır (Şekil 1).

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan istasyonlar ve özellikleri.

Adı	Boylam (Doğu)	Enlem (Kuzey)	Yükselti (m)	Arazi kullanımı
Cebeci	32° ,52'	39° ,56'	882	Yoğun kentsel fonksiyon alanı, yüksek yapı yoğunluğu
Emek	32° ,49'	39° ,55'	875	Yoğun kentsel fonksiyon alanı, yüksek yapı yoğunluğu
Şeker	32° ,40'	39° ,57'	817	Banliyö, kırsal
Yenikent	32° ,32'	40° ,06'	796	Tarım alanı, kırsal
AOÇ	32° ,47'	39° ,56'	836	Kent ormanı, açık alan
Gar	32° ,50'	39° ,56'	855	Yoğun kentsel fonksiyon alanı, yeşil alan



**Şekil 1.** Çalışma alanının lokasyon haritası.

## 2.2. Termal Konfor Dizini

İnsanların çevrelerindeki meteorolojik değişkenlere verdikleri tepkilerin anlaşılması ve biyoklimatik koşulların somut şekilde açıklanabilmesi için termal dizinlere gereksinim duyulmaktadır. İnsanların atmosfer olayları karşısında verdikleri tepkileri ortaya koymak için hazırlanan dizinlere termal dizinler veya termal konfor dizinleri denilmektedir. Sayıları yüzlerle ifade edilen termal dizinlerin zaman içindeki değişimlerini de ortaya koyan bibliyografik çalışmalar bulunmaktadır (ör. Landsberg, 1972; Driscoll, 1992; Parsons, 2003; Epstein ve Moran, 2006). Bu çalışmada dünyada geniş kullanım alanına sahip, hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık, rüzgâr hızı, nemlilik gibi meteorolojik parametrelere bağlı olarak insan ısı dengesini sağlayan termoregülatörlerin tepkisini değerlendiren dizinlerden biri olan Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) dizini kullanılmıştır (Höppe, 1999; Matzarakis vd., 1999).

FES, temelde Münih Bireysel Enerji Denge Modeline (MEMI) (VDI, 1998) ve Gagge'nin iki-nodlu modeline (Gagge vd., 1971) dayanmaktadır. Açık alanlardaki meteorolojik koşullar insan ısı dengesi göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. 80W'lık bir iş yapan, kıyafetlerinin ısı direnci 0,9 clo olan, 35 yaşında, 175 cm uzunluğunda bir erkeğin açık havada karşılaştığı koşullar, tipik bir kapalı mekânda karşılaştığı hava durumuna vücut ısı dengesinin vereceği tepkiye eşitlenmiştir. Açık hava koşullarının, kapalı alanlardaki tepkilere eşitlenmesiyle somut bir konfor dizini ortaya çıkmaktadır. Tipik kapalı mekân olarak kastedilen alanda referans alınan iklimsel varsayımlar aşağıda verilmiştir.

- Ortalama radyan sıcaklık, hava sıcaklığına eşittir ( $T_{mrt} = T_a$ )
- Havanın hareket (rüzgâr) hızı 0,1 m/s'dir
- Su buharı basıncı 12 hPa'dır ( $T_a = 20^\circ$  ve nispi nem %50 civarında olduğundaki su buharı basıncı) (Höppe, 1999: 73)

### 2.3. FES Değerlerinin Hesaplanması

Meteoroloji istasyonlarından alınan ve kullanıma hazır hale getirilen verilerden, RayMan yazılımı kullanılarak, aylara ve mevsimlere göre saatlik ortalama FES değerleri hesaplanmıştır. RayMan hava sıcaklığı, buhar basıncı, rüzgâr hızı, bulutluluk örtüsü gibi verilerden yararlanarak ortalama radyan sıcaklığı ve termo-fizyolojik sıcaklığı hesaplayabilmektedir (Matzarakis vd., 2007; 2010). FES değerleri olarak hesaplanan termal algılamalar, insanların üzerindeki fizyolojik etkileri de kapsamaktadır. Örneğin hava sıcaklığının ( $T_a$ )  $30^\circ\text{C}$ , ortalama radyan sıcaklığının ( $T_{mrt}$ )  $60^\circ\text{C}$ , nispi nemin (rh) %50, rüzgâr hızının (v) 1 m/s olduğu açık hava koşullarında FES  $43^\circ\text{C}$  olarak hesaplanmaktadır. Bu değer aşırı sıcak termal algılama aralığındadır ve aşırı sıcak stresine yol açmaktadır (Tablo 2). Sonuçlarını santigrat derece ( $^\circ\text{C}$ ) cinsinden vermesi ve meteorolojik değişkenlerle insan enerji dengesini bir arada ele alması, FES'in yaygın bir kullanım alanının ortaya çıkmasını sağlamıştır (Höppe, 1999: 73; Matzarakis vd., 1999; 2007; 2010; Çalışkan ve Türkoğlu, 2011).

### 2.4. Termal Konfor Haritaları

RayMan yazılımı kullanılarak hesaplanan FES değerleri her mevsim için saatlik ortalamalar olarak derlenmiştir. Elde edilen FES değerlerinin çalışma alanına dağılımı çoklu



**Tablo 2.** Farklı termal algılamaya ve insanlar üzerinde farklı fizyolojik streslere neden olan FES değerleri (Matzarakis ve Mayer, 1996'dan değiştirilerek).

FES (°C)	Termal Algılama	Fizyolojik Stres Derecesi
-10	dondurucu soğuk	dondurucu soğuk stresi
0	aşırı soğuk	çok aşırı soğuk stresi
4	çok soğuk	aşırı soğuk stresi
8	soğuk	güçlü soğuk stresi
13	serin	orta derece soğuk stresi
18	çok az serin	hafif soğuk stresi
23	konforlu	termal stres yok
29	çok az sıcak	çok az sıcak stresi
35	sıcak	orta derece sıcak stresi
41	çok sıcak	güçlü sıcak stresi
	aşırı sıcak	aşırı sıcak stresi

çizgisel regresyon modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. FES değerleriyle (bağımlı değişken), yükselti ve arazi kullanım (bağımsız değişkenler) değerleri arasında çoklu çizgisel regresyon analizi yapılmıştır. Çoklu çizgisel regresyon bağımsız değişkenler ve bağımlı değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğu hipotezine dayanmaktadır. Bu doğrusal ilişki temel alınarak n sayıdaki bağımsız değişken ( $\beta_n$ ) için regresyon fonksiyonu Denk 1 aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad i=1, \dots, n. \quad (\text{Denk 1})$$

Bu fonksiyondan yararlanarak değişkenler arasında bulunduğu varsayılan gerçek çoklu ilişkinin tahmini değeri Denk 2 yardımıyla yapılmaktadır.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \varepsilon_i, \quad i=1, \dots, n. \quad (\text{Denk 2})$$

$\varepsilon_i$  gerçek bağımsız değişkenin model kullanılarak hesap edilen değeri ile gerçek değeri arasındaki farkı vermektedir ( $\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$ ) Bu fonksiyondaki  $\varepsilon_i$  katsayıların hesabı için Denk 3 yardımıyla en küçük kareler yönteminden yararlanarak gerçek  $\hat{y}_i$  değerleri ile teorik değerleri  $y_i$  arasındaki farklar minimize edilmektedir.

$$\sum_{i=1}^n [y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i})]^2 \quad (\text{Denk 3})$$

Her bir parametre için ayrı ayrı bir en küçük kareler katsayısı hesaplanarak, bunların gerçek y değerleri ( $\hat{y}_i$ ) ile teorik y ( $y_i$ ) değerleri arasındaki uzaklıkların farklarının kareleri toplamı minimuma indirilmektedir.

Elde edilen değerlerin anlamlı bir nedensellik içerip içermediklerinin analizi için bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayısının ( $r^2$ ) hesaplanması gerekmektedir. Çoklu korelasyon katsayısı determinasyon katsayısı Denk 4 yardımıyla hesaplanır.

$$r^2 = \frac{n \times (\beta_0 \times \sum y_i + \beta_1 \times \sum x_1 \times y_i + \beta_2 \times \sum x_2 \times y_i) - (\sum y_i)^2}{n \times \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2} \quad (\text{Denk 4})$$



Hesaplama sonucu ortaya çıkan değer 0 ile +1 arasında bir rakamdır.  $r^2$  değeri sıfıra yaklaştıkça nedensellik ilişkisi zayıflamaktadır. +1'e yakın  $r^2$  değeri bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasında fonksiyonel bir ilişkinin olduğunu göstermektedir (Pedhazur, 1982).

İstasyonlardan elde edilen FES değerleri, SPSS 16 (deneme sürümü) yazılımı yardımıyla yükselti ve arazi kullanım değerleri ile çoklu çizgisel regresyon analizinden geçirilerek, her bir saat için ayrı sabit ( $\beta_0$ ) ve bağımsız değişken katsayısı ( $\beta_1...$ ) hesaplanmıştır. ArcGis 10 (deneme sürümü) yazılımı kullanılarak regresyon formülü raster verilere uygulanmıştır. Yükselti değişkeni için 30 m'lik sayısal yükselti modeli (DEM) kullanılarak bir raster harita elde edilmiştir. Arazi kullanım için ise Corine arazi sınıflandırması 12 basamağa indirilmiştir. Her bir basamak için öngörülen Bowen oranları (EPA, 2008) aracılığıyla raster bir sayısal arazi kullanım haritası elde edilmiştir. ArcGis 10 yazılımının mekânsal analiz araçları menüsünde (spatial analysis tools) bulunan, harita cebri (map algebra) modülü raster verilerin hesaplanmasında kullanılabilir. Bu sayede bağımsız değişkenlere ait veriler regresyon kestirim denklemi içine yerleştirildiğinde, çalışma alanına ait bir raster FES haritası elde edilmektedir. İstasyonların haritalardaki FES değerleri ile gerçek değerler arasındaki fark 0,002-0,01°C arasında değişmektedir. Kestirilen değer ile gerçek değer arasındaki farklar makul düzeydedir.

### 3.Bulgular ve Tartışma

#### 3.1.Kış ortalama FES değerleri

Ankara şehir merkezindeki en olumsuz biyoklimatik koşullar kış mevsiminde yaşanmaktadır. Güneşlenme süresinin mevsimlik ortalaması 3 saat 10 dakika, güneşlenme şiddeti 161,3 W/m<sup>2</sup>'dir (Ankara Meteoroloji İstasyonu Bülteni, 1975-2010). Termal algılamaların en düşük seviyelerinin ortaya çıkmasının temel nedeni gelen ısı enerjisinin azlığıdır. Kış mevsiminin sabah saatlerinde FES ortalaması -7,5°C'dir. Şehir merkezinde yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar ile kırsal alanlar arasında yükseltiye bağlı olarak 1,5°C ile 7°C arasında FES farkı bulunmaktadır. Mevsimlik ortalamalara göre şehir ısı adasının en güçlü olduğu saat 07:00'dir. Bu zaman diliminde yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar banliyöden 1,8-1,9°C, kent ormanı açık alanlarından ve kırsal alanlardan 2,2-2,4°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Şehir merkezinde yüksek bina yoğunluğuna sahip

alanların, diğer alanlardan daha yüksek termal algılama değerlerine sahip olması Çiçek (2003; 2005) ve Çalışkan ve Türkoğlu (2011) ile uyumludur. Buna göre Ankara'nın kuzey ve güneydoğusundaki yüksek alanlarda dondurucu soğuk, diğer alanlarda ise aşırı soğuk termal algılamalar hâkimdir (Şekil 2, Şekil 6).

Saat 14:00 ortalamalarına göre FES değerleri 12°C civarında yükselmektedir. FES değerlerindeki artışın en yüksek olduğu yerler AOÇ (14,8°C) ve Cebeci'dir (12,1°C). Bunun nedeni AOÇ ve Cebeci'de yüzey alanının geniş olmasıdır. Dolayısıyla güneşten gelen kısa dalga radyasyonu daha fazla alan tarafından soğurulmaktadır. Buna bağlı olarak uzun dalga radyasyon akışı yüksek oranlarda gerçekleşerek, ortalama radyan sıcaklığı artırmaktadır. Kent ormanlarının açık alanlarında, yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların yüksek kat sayısına sahip (engebeliliği daha fazla) kesimlerinde ve daha az yeşil alan içeren bölümlerinde ısı adaları oluşmaktadır. Öğleden sonraki saatlerde yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların FES'leri kırsal alanlardan 0,8-2,7°C daha yüksektir. Yükseltideki artışa bağlı olarak bu fark 6°C'ye kadar çıkmaktadır. Şehir merkezinin güneyi ve alçak alanlarında soğuk, bu alanının kuzeyinde çok soğuk ve yüksek kırsal alanlarda aşırı soğuk termal algılamalar hâkimdir (Şekil 2).

21:00'deki FES ortalamaları (-5,4°C) şehrin tamamında benzer termal koşulları oluşturmaktadır. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar kent ormanlarından 1,8°C, banliyölerden 0,9°C, kırsal alanlardan 1,9°C, park alanlarından 1,4°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Güneşin batışıyla birlikte ısı adası şehrin tamamını kaplayacak bir güce kavuşmaktadır. Saat 21:00'de çalışma alanının tamamında aşırı soğuk termal algılamalar görülmektedir (Şekil 2).

Mevsimlik ortalamalar dikkate alındığında, en yüksek termal algılama değerleri, uzun dalga radyasyon akışının fazla olduğu, yüksek bina yoğunluğuna sahip Cebeci'de (-1,4°C) ortaya çıkmaktadır. Mevsimlik ortalamalar bakımından yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların FES'leri, kırsal alanlardan 1,9-2,4°C, kent ormanlarından 0,8-1,3°C, banliyölerden 1,2-1,7°C ve park alanlarından 2-2,5°C daha yüksektir. Kış ayları boyunca günün büyük bir bölümünde şehir, kırsal alanlardan daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Kent ormanlarındaki açık alanların FES değerleri öğle saatlerinde diğer alanlara göre daha yüksektir. Diğer zaman dilimlerinde ise yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan daha düşüktür. Kış mevsiminde şehrin üzerinde sürekli bir ısı adası bulunmaktadır. Bu mevsimde

biyoklimatik koşullar, çalışma alanının tamamında aşırı soğuk termal algılamalara göre oluşmaktadır (Şekil 2).

### 3.2.İlkbahar ortalama FES değerleri

İlkbaharda Ankara şehir merkezinin güneşlenme süresi ortalama 6 saat 42 dakika, güneşlenme şiddeti  $396 \text{ W/m}^2$  civarındadır. Sabah saatlerinde şehir merkezinin yüksek bina yoğunluğuna sahip alanları birer ısı adasına dönüşmektedir. Saat 07:00 ortalamaları ( $3,2^\circ\text{C}$ ) dikkate alındığında yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların FES değerleri, kent ormanından  $2,1-2,6^\circ\text{C}$ , kırsal alanlardan  $2-2,5^\circ\text{C}$ , banliyölerden  $2,2-2,7^\circ\text{C}$ , park alanlarından  $0,4-0,5^\circ\text{C}$  daha yüksektir. Şehir merkezinin yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlarında soğuk, alçak kırsal alanlarda çok soğuk ve yüksek alanlar da aşırı soğuk termal algılamalara görülmektedir (Şekil 3, Şekil 6).

Saat 14:00'te en yüksek FES değeri kent ormanları içindeki açık alanlarda oluşmaktadır. Bu alanların FES değerleri yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan  $1,5-4,1^\circ\text{C}$ , kırsal alanlardan  $6^\circ\text{C}$ , banliyölerden  $5,5^\circ\text{C}$ , park alanlarından  $7,9^\circ\text{C}$  daha yüksektir. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar ise kırsal ( $1,9-4,5^\circ\text{C}$ ) ve park alanlarından ( $3,8-6,4^\circ\text{C}$ ) daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Ankara şehir merkezinin saat 14:00'deki ortalama FES değeri  $17,5^\circ\text{C}$ 'dir. Kent ormanları ve şehrin güneyinde sıcak termal algılamalar hâkimken, konforlu koşullar geniş alanlar kaplamaktadır (Şekil 4).

Akşam saatlerinde şehir merkezinin FES değeri  $6,5^\circ\text{C}$  civarındadır. 21:00'de kent ormanları üzerindeki sıcak çekirdek dağılmakta ve şehir ısı adası yeniden belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların FES değeri, kent ormanlarından  $1-1,9^\circ\text{C}$ , kırsal alanlardan  $1,7-2,5^\circ\text{C}$ , banliyölerden  $1,4-2,3^\circ\text{C}$  ve park alanlarından  $0,4-0,9^\circ\text{C}$  daha yüksektir. Akşam saatlerinde konforlu koşullar ortadan kalkmakta, yerini farklı düzeylerde soğuk algılamalara bırakmaktadır. Şehir merkezi ve güneyinde soğuk, kuzeyinde çok soğuk, yüksek kırsal alanlarda ise aşırı soğuk termal algılamalar hâkim duruma geçmektedir (Şekil 3).

Bahar mevsimi ortalamalarına ( $9,2^\circ\text{C}$ ) göre yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar ve kent ormanları sıcak birer çekirdek olarak ortaya çıkarken, park alanları soğuk obruklar (çukurlar) oluşturmaktadır. Bunun dışında korunaklı vadi içlerinde kalan kentsel alanlar da çevrelerine nazaran daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların FES değerleri günün neredeyse tamamında (22-23 saat) kırsal ve banliyö

alanlarından daha yüksektir. Öğleden sonra ise kent içi açık alanlar, yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan daha yüksek FES'lere sahiptir. İlkbahar ortalamalarına göre Ankara şehir merkezinin neredeyse tamamı serin termal algılamaların hâkimiyetindedir. Şehir merkezinin kuzeyi ve güneydoğusunda kalan yüksek alanlarda ise soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 3).

### 3.3.Yaz ortalama FES değerleri

Yaz mevsiminde Ankara şehir merkezinde ortalama güneşlenme süresi 10 saat 42 dakika, güneşlenme şiddeti ise  $531,8 \text{ W/m}^2$ 'dir. Sabah saatlerinde Ankara şehir merkezinde ortalama termal algılama değeri  $15,2^\circ\text{C}$ 'dir. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların parklardan  $1,7-2,4^\circ\text{C}$ , orman alanlarından  $2,8-3,5^\circ\text{C}$ , kırsal alanlardan  $1,4-2,1^\circ\text{C}$ , banliyölerden  $3,1-3,8^\circ\text{C}$  daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Saat 07:00'de şehir merkezinin güneyi ve batısında çok az serin termal algılamalar, kuzeyi ve doğusunda serin - soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 4, Şekil 6).

Saat 14:00 termal algılama değerleri  $32,2^\circ\text{C}$  civarındadır. Sıcaklık stresinin en fazla olduğu zaman dilimi olan öğleden sonra saatlerinde en yüksek FES değerleri AOÇ ( $42,7^\circ\text{C}$ ) ölçülmüştür. Bu değer yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan  $1,3-4,3^\circ\text{C}$  daha yüksektir. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar ise kır ve banliyölerden daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Uzun dalga radyasyon akışının daha fazla olduğu Cebeci ve AOÇ çevresinde aşırı sıcak, bunun dışında kalan geniş alanlarda çok sıcak, park alanları ve yüksek kırsal alanlarda ise sıcak termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 4).

Akşam saatlerinde şehir ısı adası yeniden ortaya çıkmaktadır. Saat 21:00'de şehir merkezinin FES ortalaması  $18,1^\circ\text{C}$ 'dir. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar kır alanlarından  $1,2^\circ\text{C}$ , parklardan  $0,4^\circ\text{C}$ , banliyölerden  $1^\circ\text{C}$  ve kent ormanlarındaki açık alanlardan  $1,3^\circ\text{C}$  daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Kısa dalga radyasyon ortadan kalkmadan hemen önce saat 18:00-19:00 civarında, gökyüzü görüş faktörünün daha yüksek olduğu kırsal alanlarda, soğuma oranının yavaş olmasına bağlı olarak FES değerleri yüksek kalırken, bu durum saat 20:00 civarı ortadan kalkmaktadır. Şehir merkezinde yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar ve alçak kırsal alanlarda konforlu, bunun dışında kalan yerlerde çok az serin, yüksek kesimlerde ise soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 4).

Yaz mevsimi ortalama FES değeri  $23,8^\circ\text{C}$  olarak hesaplanmıştır. Güneşten gelen enerjinin fazla olduğu bu mevsimde, en yüksek FES değerleri radyasyon akışının en yüksek

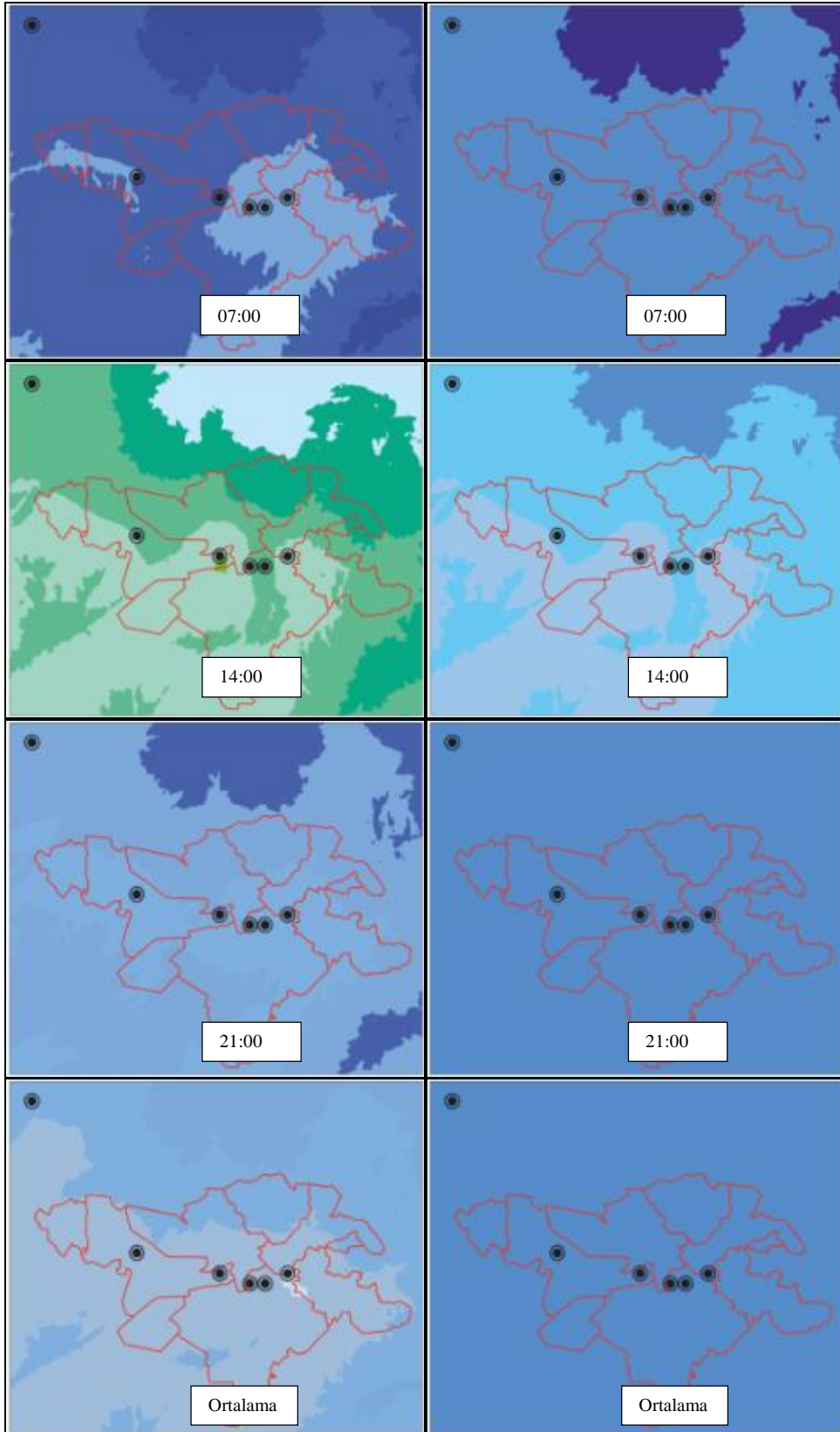
oranlarda olduğu Cebeci (25,8°C) ve AOÇ'de (24,6°C) ölçülmüştür. Yaz mevsimi boyunca saat 20:00'den ertesi gün saat 09:00'a kadar süren bir şehir ısı adası belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Saat 12:00'den 17:00'ye kadar, kent ormanları içindeki açık alanlar en yüksek FES değerlerine sahiptir. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlarda ise günün büyük bir bölümünde kırsal alanlardan daha yüksek FES değerleri görülmektedir. Yaz mevsimi ortalama değerlerinin alansal dağılımına göre şehir merkezinin güneyi ve doğusunda sıcak, kuzeyi ve doğusunda konforlu termal algılamalar hâkimdir (Şekil 4).

### 3.4.Sonbahar ortalama FES değerleri

Sonbaharda güneşlenme süresi 6 saat 36 dakika ve güneşlenme şiddeti 289 W/m<sup>2</sup>'dir. Saat 07:00'de şehirde yüksek bina yoğunluğunu sahip alanların üzerinde şehir ısı adası bulunmaktadır. FES ortalaması 2,5°C civarındadır. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların orman içi açık alanlardan 3-3,6°C, banliyölerden 2,6-3,2°C, kırsal alanlardan 3-3,5°C, parklardan 0,1-0,7°C daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Buna rağmen şehir merkezinin tamamında çok soğuk, yüksek kesimlerde ise aşırı soğuk termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 5).

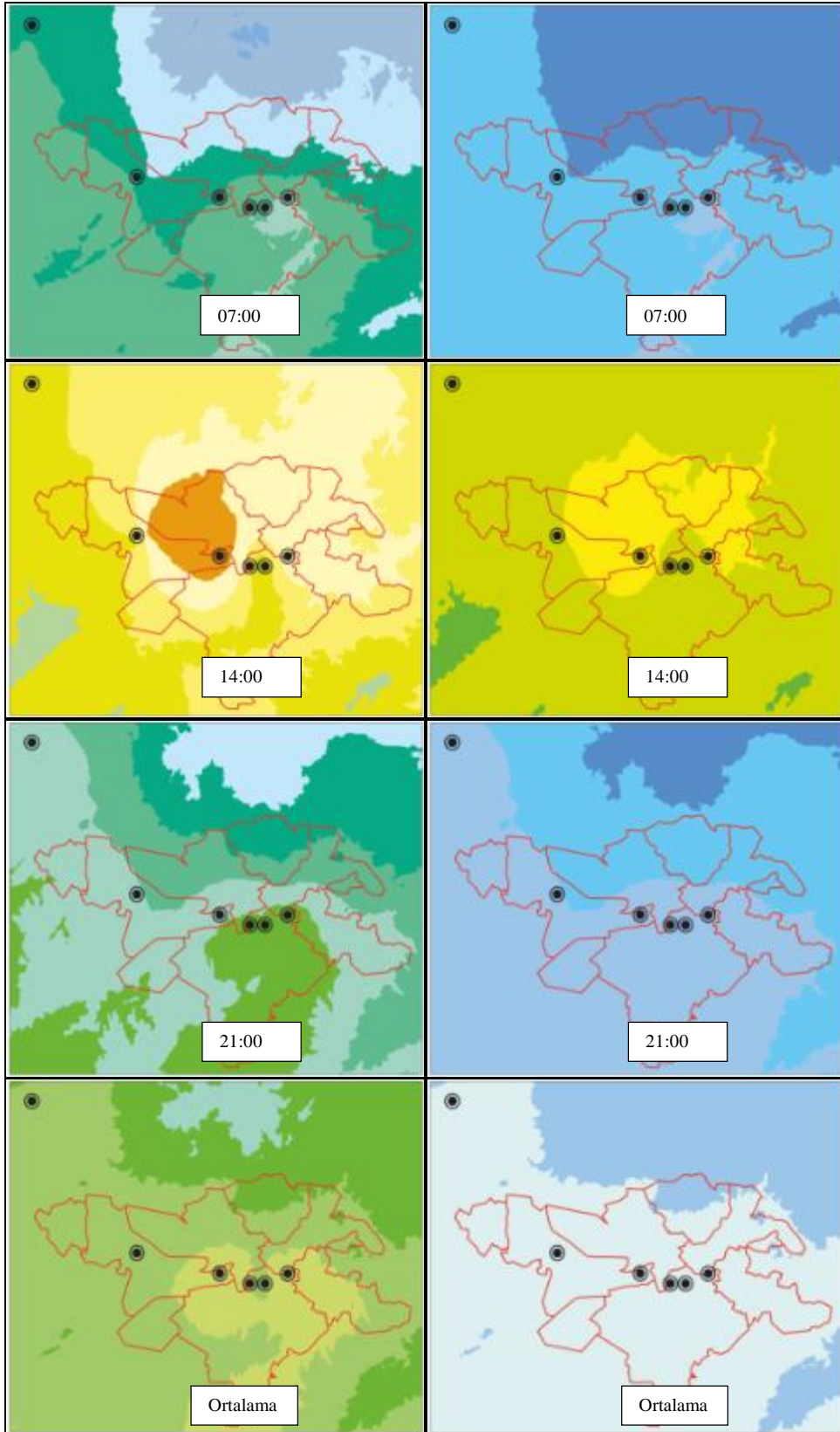
Saat 14:00'deki FES ortalaması 22,9°C'dir. Yüzey alanının daha geniş olduğu AOÇ ve Cebeci'de iki sıcak çekirdek bulunmaktadır. En yüksek FES değeri Cebeci'de olup, diğer istasyonlarla fark; AOÇ ile 0,1°C, Yenikent'le 2,8°C, Şeker'le 2,6°C, Gar'la 6,2°C, Emek'le 1,4°C'dir. Şehir ısı adasının parçalandığı Emek ve çevreleyen alanlarda ısı obruğu oluşmuştur. Bu haliyle Cebeci ve AOÇ çevresinde sıcak, bunun dışında kalan alanlarda ise konforlu termal algılamalar hâkimdir (Şekil 5).

Akşam saatlerinde (21:00) FES ortalaması 7,4°C'dir. Öğleden sonra geometrisi bozulan şehir ısı adası, yeniden eski şekline dönüşmüştür. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların FES'leri kırsal alanlardan 2,3-2,5°C, banliyölerden 1,7-1,9°C, park alanlarından 0,1-0,3°C daha yüksektir. Dolayısıyla yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar ile diğer alanlar arasındaki farklar akşam saatlerinde azalmaktadır. Sonbahar akşamlarında şehir ısı adasının yarattığı serin termal algılamaları, soğuk termal algılamalar çevrelemektedir. Yüksek kırsal alanlarda ise çok soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 5).



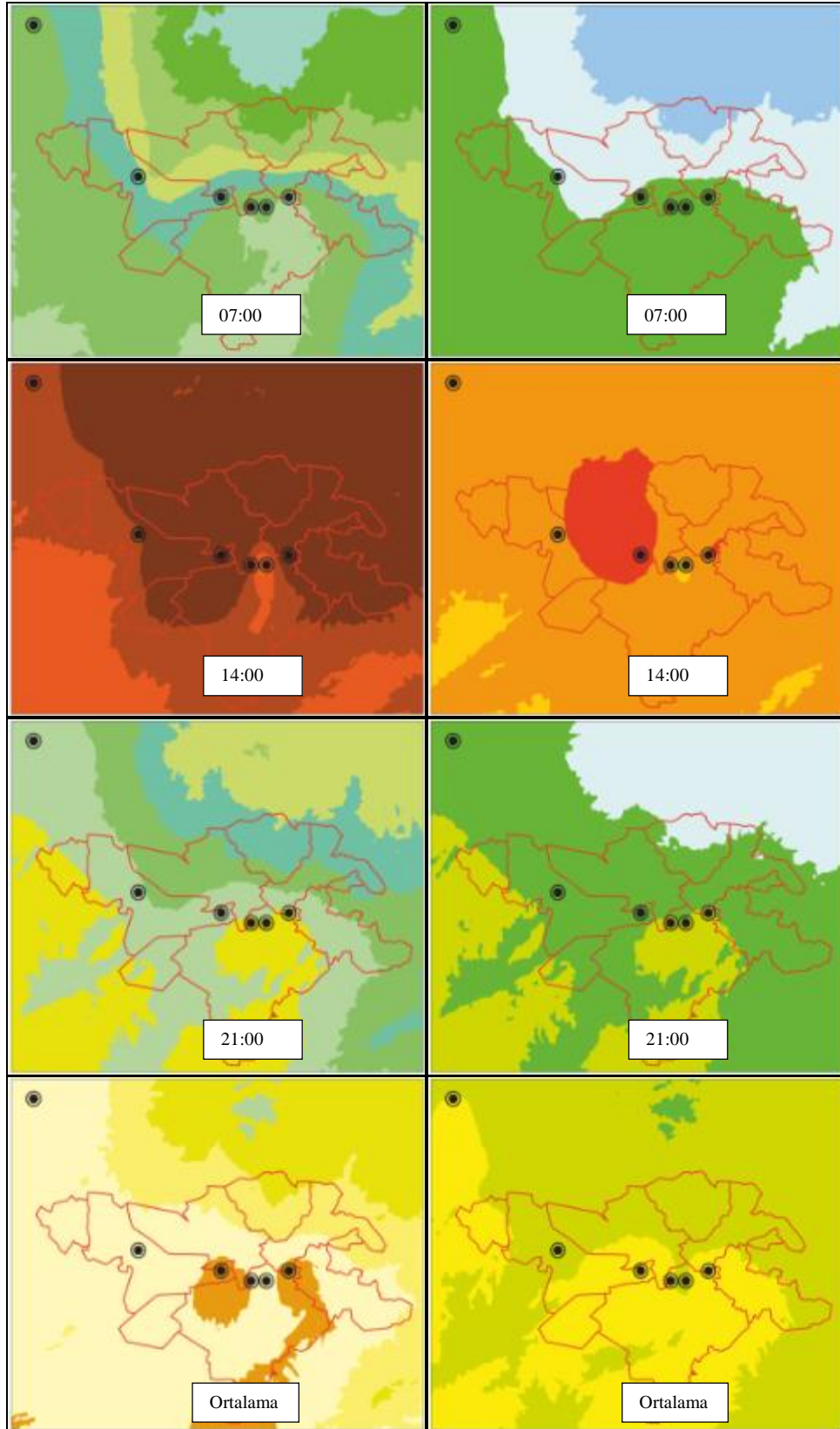
**Şekil 2.** Kış mevsimi FES değerleri ve termal algılama düzeyleri (2001-2010). İşaretler için bakınız Şekil 6.



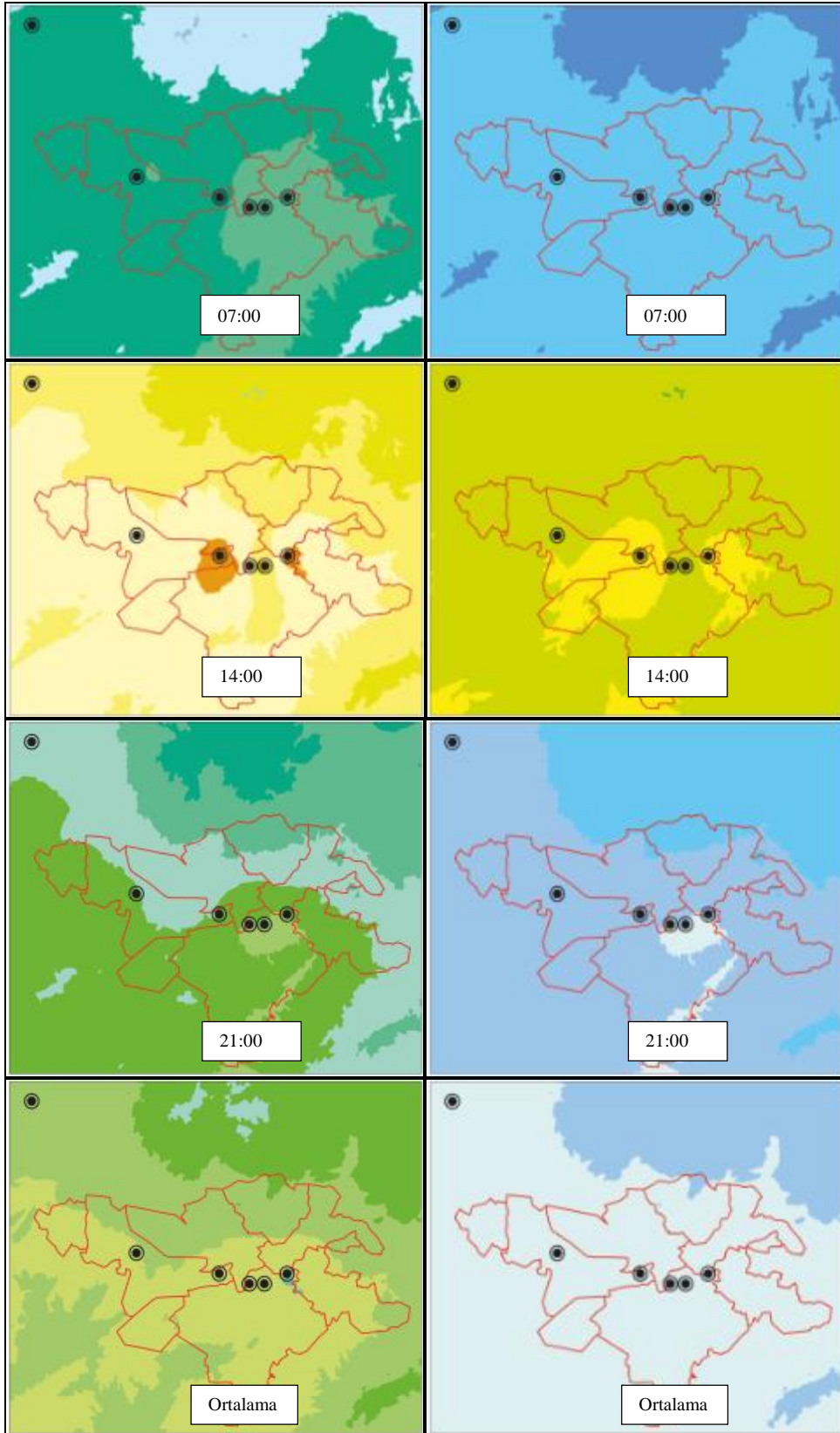


**Şekil 3.** İlkbahar mevsimi FES değerleri ve termal algılama düzeyleri (2001-2010). İşaretler için bakınız Şekil 6.

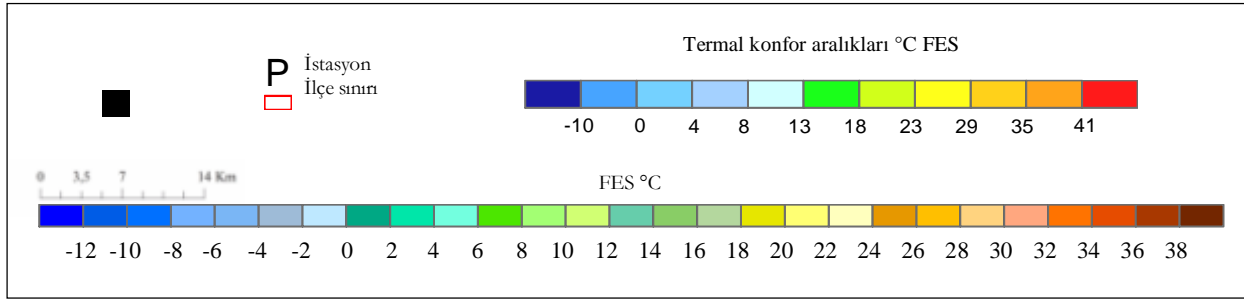




**Şekil 4.** Yaz mevsimi FES değerleri ve termal algılama düzeyleri (2001-2010).İşaretler için bakınız Şekil 6.



**Şekil 5.** Sonbahar mevsimi FES değerleri ve termal algılama düzeyleri (2001-2010). İşaretler için bakınız Şekil 6.



**Şekil 6.** Harita işaretleri.

Ankara şehir merkezinin sonbahar FES ortalaması  $10,9^{\circ}\text{C}$ 'dir. Günün büyük bir bölümünde yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların FES değerleri diğer alanlardan daha yüksektir. Bunun bir sonucu olarak mevsim ortalamalarında da yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar parklardan  $1,9-2,1^{\circ}\text{C}$ , ormanlardan  $1,5-1,7^{\circ}\text{C}$ , banliyölerden  $2,1-2,4^{\circ}\text{C}$ , kırsal alanlardan  $2,4-2,7^{\circ}\text{C}$  daha yüksek termal algılama değerine sahiptirler. Sonbaharda Ankara şehir merkezinin tamamında soğuk, yüksek kuzey ve güneydoğusunda ise çok soğuklar hâkimdir (Şekil 5).

### 3.5.FES değerlerinin gün içindeki eğilimi

Ankara şehir merkezinde yükselti, topografya, bakı ve arazi kullanım bakımından birbirinden farklı alanlar bulunmaktadır. Bu farklılıklar gün içinde termal algılama değerlerinin değişimine neden olmaktadır. Yukarıda belirtilen parametreler ile FES değerleri arasındaki etkileşim farklı oran ve eğilimlerde olmakla birlikte, biyoklimatik koşulları belirleyen temel faktör arazi kullanımıdır.

Şehir merkezinde farklı arazi kullanım alanları içerisinde, kent ormanı içindeki açıklık alanlar, termal konfor koşulları bakımından diğerlerinden belirgin farklılıklarla ayrılır. Bu farklılıklara neden olan uzun dalga radyasyonu ile ısı transferidir. Bu durumu AOÇ'nin FES değerlerinin gün içindeki eğiliminden görmek mümkündür. AOÇ'nin termal algılama değerleri, güneş gökyüzünde olduğu sürece çevresindeki kırsal alanlardan ve çoğu zaman yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan yüksektir (kışın yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan  $1-2^{\circ}\text{C}$ , kırsal alanlardan  $0,5-1,5^{\circ}\text{C}$ , yazın yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan  $1,5-3,5^{\circ}\text{C}$ , kırsal alanlardan ise  $3,5-6,5^{\circ}\text{C}$ ). Ağaçların oluşturduğu örtü, uzun dalga radyasyonun daha fazla yüzeyi kullanarak akışını sağlamaktadır. Daha fazla radyasyon akışı da ortalama radyan sıcaklığın yükselmesini beraberinde getirmektedir. Öğle saatlerinde AOÇ'deki ortalama radyan sıcaklık çevresinden  $15^{\circ}\text{C}$  daha fazla olabilmektedir. Kısa dalga radyasyonun azalmaya başladığı saatlerde (soğuk dönemde  $15:00$ 'ten, sıcak dönemde

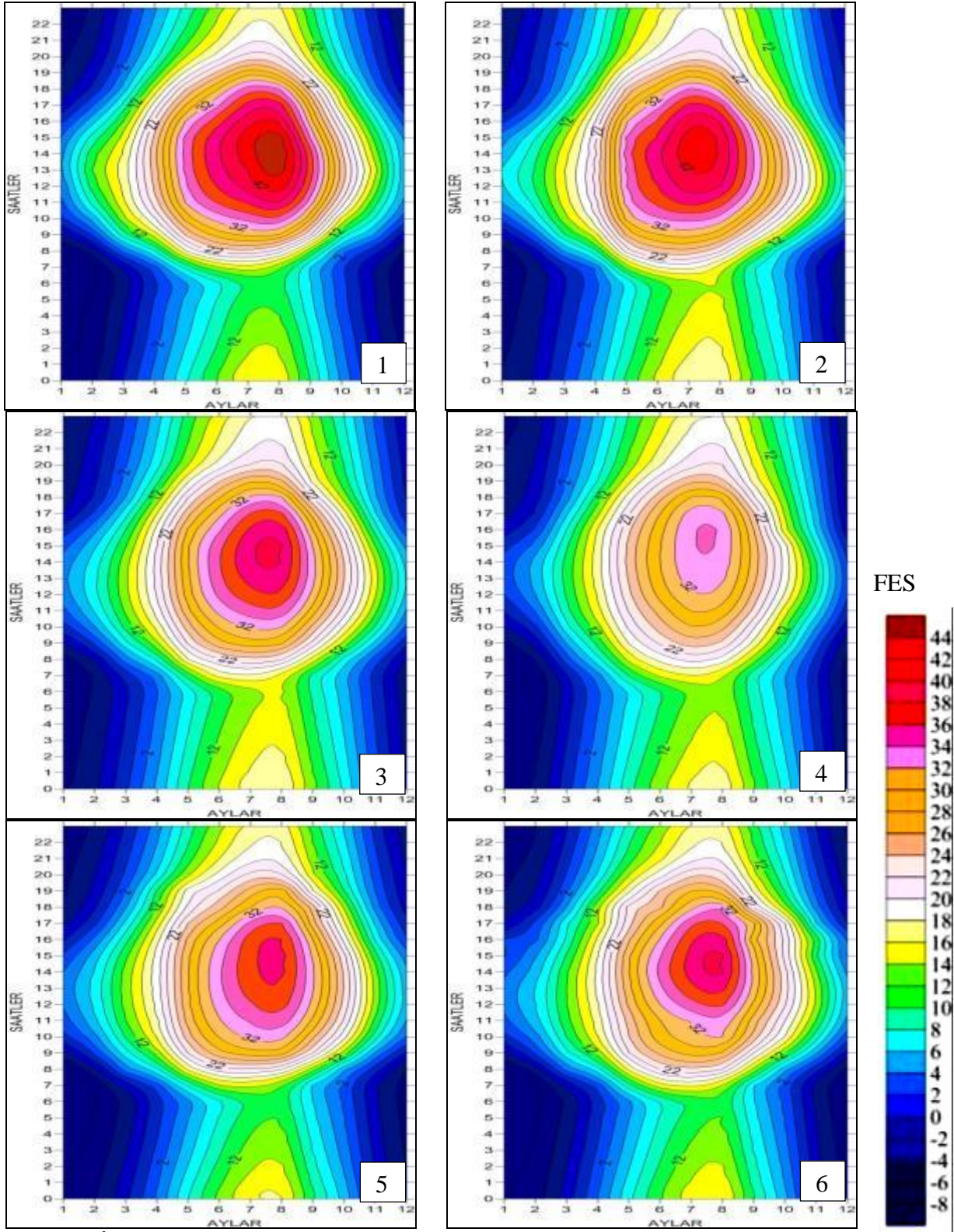
18:00'den sonra) AOC'nin bir süre daha yüksek FES değerlerini koruyabildiği gözlenmektedir. Güneş battıktan, radyasyon kaynağı ortadan kalktıktan kısa bir süre sonra ise FES değerlerindeki düşüş en yüksek seviyeye ulaşmaktadır (Şekil 7).

Özellikle soğuk dönemde soğuma oranları üzerinde arazi kullanımının etkisi yok denecek kadar azalmaktadır. Saat 00:00-09:00 arasında yüksek bina yoğunluğu bulunan alanlar ile kırsal alanlar arasında 0,3°C gibi önemsiz bir fark oluşmaktadır. Kentle kır arasındaki termal algılamalardaki en büyük fark, güneş battıktan sonraki bir- iki saat içinde gerçekleşmektedir. Bu sürede kırsal alanlardaki FES değerlerindeki düşüş kentten (yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan) 4-6°C daha fazladır (Şekil 7).

Soğuk dönemde güneşin doğuşuyla birlikte şehrin üzerinde bir soğuk ada, kır üzerinde bir sıcak ada oluşmaya başlamaktadır. Öğleye kadar belli belirsiz olan adalar öğleden sonra daha da belirginleşmektedir. Kır ve kent arasındaki en yüksek FES farkları güneşin batmasına yakın bir saatte (soğuk dönemde 16:00; sıcak dönemde 18:00 civarı) oluşmaktadır. Bunun temel nedeni yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlarda gökyüzü görüş oranlarının kırsal alanlardan çok daha düşük olmasıdır. Çevreleyen binalar kent kanyonlarının içine net radyasyon gelişini engeller ve bu alanlar açık kırsal alanlardan çok daha hızlı soğurlar. Gökyüzü görüş oranı daha yüksek olan kır alanları ve kent ormanı içi açık alanlarda soğuma, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan daha yavaş gerçekleşmektedir. Bu durum soğuk adanın güçlenerek zirveye ulaşmasına neden olmaktadır.

Güneş battıktan sonra FES değerlerindeki düşüş, kır istasyonlarında daha fazla olduğu için kent ve kır arasında bir eşitlik sağlanır. Biyoklimatik koşulların sadece topografyaya bağlı olarak şekillendiği homojen bir dağılım görülür. Bu dağılım soğuk dönemde 17:00-18:00, sıcak dönemde 19:00-20:00 arasında gerçekleşir. Bir sonraki zaman diliminde kırsal alanların FES değerlerindeki belirgin düşüş, şehir merkezinde sıcak adanın oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 7).





Şekil 7. İstasyonların saatlik FES değerleri (2001-2010). 1. AOC, 2. Cebeci, 3. Emek, 4. Gar, 5. Şeker, 6. Yenikent.

Kasım, aralık, ocak ve şubat gibi yılın soğuk aylarında kır alanlarıyla, orman içi açık alanlar arasında 0,1-0,5°C fark oluşmaktadır. Yaz aylarında 3-5°C'ye kadar çıkan bu farkın bu denli az olmasının önemli bir nedeni kentteki antropojenik ısıdır. Kış ayları boyunca binalar çevrelerindeki atmosferi ısıtmaktadırlar. Dolayısıyla bina duvar, pencere ve bacalarından atmosfere salınan ısı FES değerlerinin de yükselmesine yol açmaktadır. Bu durum kent soğuk adasının oluşumunu engelleyici, geciktirici bir rol oynamaktadır (Şekil 7).

Kır alanları ve uzun dalga radyasyon akışının gerçekleşemeyeceği kadar az yüzeyden oluşan (yüzey alanı daha az olan) alanların FES değerleri, yüzey alanı fazla olan alanlar kadar artmamaktadır. FES değerleri nispeten daha düşük seviyelerde kaldığı için güneş battıktan sonra FES değerlerindeki düşüş de az olmaktadır. Dolayısıyla daha az yüzey alanına sahip alanlarda en yüksek FES değeri ile en düşük FES değeri arasındaki genlik daha dardır. Gerek yıl içinde gerekse gün içinde en yüksek FES farkı orman içi açık alanlar (AOÇ) ile yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar (Cebeci) arasında gerçekleşmektedir. FES farkının en az olduğu alanlar ise kent içi yeşil alanlar (Gar) ile kırsal alanlardır (Yenikent, Şeker).

Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda özellikle gündüzleri homojen bir dağılım gözlenmemektedir. Uzun dalga radyasyon akışının daha yüksek oranlarda olduğu, engebелiliği ve yüzey alanı fazla olan Cebeci'de, gündüz saatlerinde Emek'e göre daha yüksek FES değerleri görülür. Emek'in havalandırması Cebeci'ye göre çok daha hızlıdır. Emek en fazla, Cebeci en az rüzgâr alan istasyondur. Bu nedenle özellikle sıcak yaz günlerinde gündüz saatleri Emek'te çok daha serin geçerken, Cebeci'de sıcaklık stresi artmaktadır (Şekil 7).

Şehir ısı adası, soğuk dönemde 13, sıcak dönemde ise 11 saat boyunca varlığını korumaktadır. En güçlü olduğu aylar kasım, ekim ve mayıdır. En zayıf olduğu aylar enerjinin daha az olduğu, şehir ısı adasının zayıfladığı ocak, aralık, şubat aylarıdır.

#### 4. Sonuç

Ankara şehir merkezinde konfor açısından en olumsuz koşullar kış mevsiminde ortaya çıkmaktadır. İlkbahar sonundan, sonbahar ortasına kadar ise olumlu termal algılama değerleri görülmektedir. Buna rağmen gece saatlerinde serin, öğle saatlerinde ise sıcak, çok sıcak koşullar yaşanmaktadır. İlkbahar başı ve sonbahar sonunda ciddi soğuk stresleri görülebilmektedir.

Ankara şehir merkezinde yüksek bina yoğunluğuna sahip yerler, ekim-nisan arasında saat 20:00'den ertesi gün saat 09:00'a, mayıs-eylül arasında ise 21:00'den ertesi gün saat 08:00'e kadar bir sıcak ada olarak belirmektedir. Oluşan sıcak adanın falezleri batı ve güneyde daha hafif eğimli iken, doğu ve kuzeyde daha diktir. Yapıların yoğunluğuna bağlı olarak kentlerde, enerji transferi (radyasyon, konduksiyon, konveksiyon), termal koşullar (albedo oranları, termal iletkenlik, özgül ısı kapasitesi), nem koşulları (buharlaştırma, yağış, yüzeyel akış) ve hava sirkülasyonları (rüzgâr frekansı ve hızı) değişmektedir. Bunların sonucunda biyoklimatik koşullar, doğal malzeme ve örüntüye sahip alanlarda farklı şekillenmektedir. Eşit oranda enerjiye verdikleri tepkiler değişmektedir. Ankara şehir merkezinde, gelen solar radyasyon aynı olmasına rağmen, yüksek bina yoğunluklu alanlarda gece boyunca daha yüksek FES değerleri oluşmaktadır.

Şehir içindeki yeşil alanlar, gece saatlerinde kent dokusuyla, gündüz saatlerinde kır dokusuyla benzer tepkiler vermektedirler. Cebeci ve Emek'te kentleşmenin sağladığı olumlu biyoklimatik koşulların etkisi, Gar istasyonu ile karşılaştırma yapıldığında açıkça ortaya çıkmaktadır. Yükseltisi kır istasyonlarından daha fazla olan (59 m) Gar, gündüz boyunca kır ve kent içi orman istasyonlarından daha düşük FES değerlerine sahiptir. Güneş battıktan sonra enerji transferinin kısa dalga radyasyondan daha çok uzun dalga radyasyonu, konveksiyon ve konduksiyonla gerçekleştiği Gar'da, biyoklimatik koşullarda soğuk dönemde iki saat, sıcak dönemde dört saat içinde yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların verdiği tepkilere kavuşmaktadır. Kırsal karakterlerinin gece boyunca kentleşmeye evirildiği gözlenmektedir. Kent içi yeşil alanların melez bir etkileme, etkilenme süreci içinde olduğu dikkat çekmektedir.

Ankara'da yılın büyük bir bölümünde farklı düzeylerde soğuk termal algılamalar hâkimdir. Dolayısıyla Ankara'da biyoklimatik koşullar kentleşme olmaksızın yaşamaya uygun değildir. Kentleşme beraberinde enerji transferinin, termal, nem ve rüzgâr koşullarının değişimini getirmiştir. Hâlihazırdaki durumuyla yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardaki değişimler yılın büyük bir bölümüne hâkim olan soğuk baskılarını azaltan bir karakterdedirler. Bu alanlar ile orman içi açık alanlar arasında 0,4-1,2°C, parklar arasında 2,2-3°C, banliyöler arasında 1,4-2,2°C, kırsal alanlar arasında 1,7-2,5°C günlük ortalama FES farkları bulunmaktadır. Dolayısıyla termal koşulların yükseltilmesi, insan yaşamına uygun hale getirilmesi için kentlerde kırlardan daha az enerji harcanmaktadır. FES değerlerinin yüksek olduğu temmuz sonu ve ağustos başında, aşırı sıcak algılamalar yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlarda ortaya çıkmaktadır. Kısacası insanların soğuktan korunmak için



Türkoğlu, N., Çalışkan, O., Çiçek, İ., Yılmaz, E. (2012). Şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisinin Ankara ölçeğinde incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 9:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

yaptıkları binaların, sıcak dönemde birer ısı kapanına dönüşme riski bulunmaktadır. Bu tip durumlarda kent içi yeşil alanlar, birer soğutucu görevi görmekte ve kent iklimini yumuşatmaktadırlar. Konforlu kentlerin oluşmasının birincil koşulu, yeteri kadar yeşil alandır. Dolayısıyla planlamalarda biyoklimatik koşulların göz önünde bulundurulması, daha sürdürülebilir ve konforlu kentlerin oluşturulmasında etkili olacaktır.

## Kaynaklar

- Akman, Y., (1990), *İklim ve Biyoiklim: Biyoiklim Metotları ve Türkiye İklimleri*, Palme Yayın Dağıtım, Ankara.
- Çalışkan, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8, 978-1001.
- Çiçek, İ., (2003), “Ankara’da Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi” *Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı 2002 11-13 Nisan 2002* Ege Üni. Ed. Fak. Yay No:121 s.145-157.
- Çiçek, İ., (2004), “Ankara’da Şehirleşmenin Yağış Üzerine Etkisi” *Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, C:14, S1, s:1-17.
- Çiçek, İ., (2005), Ankara’da Şehir ve Kırsal Sıcaklık Farklarındaki Değişiklikler (1970-2002) *Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, C:15, S:2, s:1-16.
- EPA, 2008. AERMOD Implementation Guide. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- Hobbs, E., J., (2005), “Introduction: The Emergence of Applied Climatology and Climate Impact Assessment”, *Applied Climatology: Principles and Practice*, (Edit. R. D. Thompson ve Allen Perry), Routledge, New York, 1-12.
- Höppe, P. (1999). The Physiological Equivalent Temperature—A Universal Index For The Biometeorological Assessment Of The Thermal Environment. *International Journal Biometeorology*, 43, 71-75.
- Karaca M., Tayanç M., Toros H., (1995) Effects of urbanization on climate of İstanbul and Ankara. *Atmos Envir*, Vol. 29, 23:3411-3421.
- Karagülle Z. Matzarakis, A. (2007), "The importance of climate for recreational planning in rural areas - Case Study of Mugla province", *Developments in Tourism Climatology – A. Matzarakis, C. R. de Freitas, D. Scott (editörler), Alexandropoulos*, s. 166-171.
- Landsberg, H.E. (1972): *The Assessment of Human Bioclimate, a Limited Review of Physical Parameters*. World Meteorological Organization, Technical Note No. 123, WMO-No. 331, Geneva.
- Maarouf, A.R. ve Munn R.E. (2005), “Bioclimatology”, *Encyclopedia of World Climatology* (Edit. E. J. Oliver,), Springer, Dordrecht, 158-165.
- Matzarakis A., Mayer H., (1996). Another Kind Of Environmental Stress: Thermal Stress. *WHO News*, 18, 7-10.

- Türkoğlu, N., Çalışkan, O., Çiçek, İ., Yılmaz, E. (2012). Şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisinin Ankara ölçeğinde incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 9:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>
- 
- Matzarakis A, Mayer H., Iziomon M. G., (1999). Applications of A Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43, 76-84.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., (2007). Modelling Radiation Fluxes In Simple And Complex Environments - Application Of The Rayman Model. *International Journal of Biometeorology*, 51, 323-334.
- Matzarakis, A., Rutz, F. ve Mayer, H., (2010). Modelling Radiation Fluxes In Simple And Complex Environments – Basics Of The Rayman Model. *International Journal of Biometeorology*, 54, 131-139.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2010, Ankara Meteoroloji İstasyonu Bülteni, 1975-2010.
- Oke, T.R., (1981), Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of Climate*, 1, 237-254.
- Olgay, V. (1973) Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Press, New Jersey.
- Pedhazur, E. J., (1982). *Multiple regression in behavioral research: Explanation and prediction*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Strauss, S. ve Orlove, B. S. (2004), *Weather, Climate, Culture*, Berg Publishers, Oxford.
- Topay, M., Yılmaz, B. (2004) Biyoklimatik Konfora Sahip Alanların Belirlenmesinde CBS'den Yararlanma Olanakları: Muğla İli Örneği, *Proceedings of 3th GIS Days in Turkey, September 6-9 2004, Turkey*. 425-434.
- Türkeş, M., Sümer, M., U. ve Demir, İ. (2002) "Revaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999", *International Journal of Climatology*, 22, 947-977.