



## Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi\*

Onur Çalışkan<sup>1</sup>

Necla Türkoğlu<sup>2</sup>

### Özet

Bu çalışmada Ankara şehir merkezi ve yakın çevresindeki farklı arazi dokularının Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklıkları (FES) analiz edilmiştir. 2010 yılının aralık ve temmuz aylarını kapsayan çalışmada, 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 ve 21:00 saatlerinde gerçekleşen termal algılamaların alansal dağılımı, zamansal değişimi ve termal koşulların yol açtığı stres dereceleri ortaya konulmaktadır. Ayrıca FES'ler ve termal algılamalar üzerinde başta arazi kullanım olmak üzere, yükselti, bakı, eğim gibi fizyografik özelliklerin etkileri incelenmektedir. Çalışma alanında FES termal algılama dizini kullanılarak yapılan analizlere göre, kışın  $-6^{\circ}\text{C}$ - $11^{\circ}\text{C}$ , yazın ise  $13^{\circ}\text{C}$ - $50^{\circ}\text{C}$  arasında değişen termal konfor değerleri görülmektedir. Her iki dönemde de şehir ormanlarındaki açık alanlar gündüz saatlerinde en yüksek FES değerlerine sahiptir. Gerek aralıkta gerek temmuzda gündüz saatleri boyunca şehir merkezinde soğuk, gece saatlerinde ise sıcak ada oluşmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoklimatoloji; fizyolojik eşdeğer sıcaklık; termal algılama; fizyolojik stres derecesi; Ankara

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

<sup>1</sup> Arş. Gör., Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, Ankara. E-Posta: [ocalis@education.ankara.edu.tr](mailto:ocalis@education.ankara.edu.tr)

<sup>2</sup> Yrd. Doç. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Ankara. E-Posta: [turkoglu@ankara.edu.tr](mailto:turkoglu@ankara.edu.tr)

## Analysis of Ankara urban area from human bioclimatologic point of view

Onur Çalışkan<sup>1</sup>

Necla Türkoğlu<sup>2</sup>

### Abstract

In this study, the Physiological Equivalent Temperatures (PET) of different land patterns in the Ankara urban area has been analyzed. The spatial distribution and temporal variation of the thermal perceptions and the grades of thermal stress caused by the thermal conditions have been determined for 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 and 21:00 hours during the December and July of 2010. The effects of physiographic features such as elevation, aspect, slope, and especially land use, on the PETs have also been examined. According to the analysis which is carried out by using PET thermal perception index, in the research area the thermal comfort values varies around from -6 to -11°C in winter and from 13°C to 50°C in summer. In both periods the open spaces (grasslands) of the city forests have the maximum PET values during the day. Either in December and in July the urban area (city center) has and cool island during the day and has a heat island during the night.

**Keywords:** Bioclimatology; physiological equivalent temperature; thermal perception; physiological stress grade; Ankara.

---

<sup>1</sup> Res. Assist., Ankara University, Faculty of Educational Sciences, Ankara. E-Mail: [ocalis@education.ankara.edu.tr](mailto:ocalis@education.ankara.edu.tr)

<sup>2</sup> Assist. Prof. Dr., Ankara University, Faculty Of Languages, History And Geography, Ankara. E-Mail: [turkoglu@ankara.edu.tr](mailto:turkoglu@ankara.edu.tr)

## 1.Giriş

Biyoklimatoloji, canlılar ve iklim arasındaki ilişkiyi araştıran çok disiplinli bir bilim dalıdır ve birçok alt kolu bulunmaktadır. Bunlar arasında bitki biyoklimatolojisi, hayvan biyoklimatolojisi, şehir biyoklimatolojisi, hava kirliliği biyoklimatolojisi, dağ biyoklimatolojisi, turizm ve eğlencinlen (rekreasyon) biyoklimatolojisi sayılabilir (Landsberg, 1972; Maarouf ve Munn, 2005).

İnsan biyoklimatolojisi çalışmalarının önemli bir bölümü, termal koşullara insanların verdiği tepkiler ya da verili atmosfer koşullarında kişilerin nasıl etkilendiklerini ölçmeye dayanmaktadır. 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 termo-regülatörlerin tepkisini değerlendiren dizinlerden biri olan Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) dizini kullanılmıştır (Höppe, 1999; Matzarakis vd., 1999).

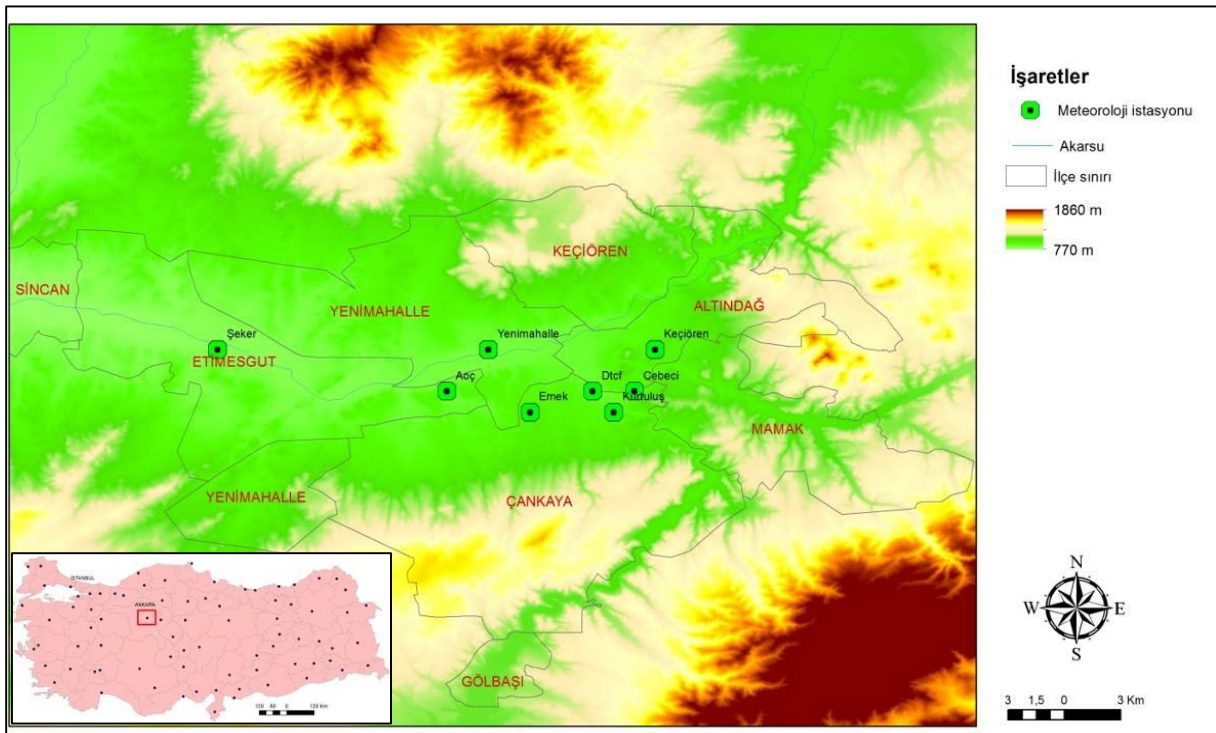
Bu çalışmada Ankara şehir merkezi ve yakın çevresinin insan biyoklimatolojisi üç farklı açıdan ele alınarak incelenmiştir. Bunlardan ilki Ankara'da yılın farklı iki döneminde termal algılamaların (hissedilen hava durumunun) alansal dağılımı ve bu koşulların ortaya çıkardığı termal koşulların yol açtığı streslerin belirlenmesidir. İkincisi bu termal algılamalar üzerinde konumun (matematiksel konum), morfolojinin, yükselti ve arazi kullanımının (şehir ve kırsal dokuların) etkilerinin ortaya konulması, son olarak da gün içinde termal algılamaların alansal olarak gösterdiği değişikliklerin analiz edilmesidir. Bu araştırmada elde edilen sonuçlar, farklı termal konfor alanlarının gerek yıl içinde, gerekse gün içinde gösterdikleri değişimin belirlenmesi açısından önemlidir. Bunun yanında farklı alanlarda ortaya çıkan farklı termal streslerin zamanlanmasının bilinmesi yerleşim alanlarının planlanmasında önemli katkılar sağlayacaktır.

## 2.Veriler ve Yöntem

Bu çalışmada 9 istasyonun 2010 yılı Temmuz ve Aralık aylarına ait saat 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 ve 21:00 hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, küresel solar radyasyon

Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

ve nispi nem verileri kullanılmıştır. Temmuz en sıcak ay olduğu için, aralık ise, ocak ayında hava koşullarından dolayı veri kaybının çok olması nedeniyle tercih edilmiştir. Çalışmada belirtilen °C cinsinden sıcaklıklar hava sıcaklığını değil, fizyolojik eşdeğer sıcaklıkları yansıtmaktadır. Veriler, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerini Destekleme Birimi tarafından desteklenen 10B6055001 nolu proje kapsamında kurulmuş, farklı şehir dokularını yansıtan Cebeci, Emek, Şeker, Yenikent, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi (DTCF), Atatürk Orman Çiftliği (AOÇ), Kurtuluş istasyonları ile Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne ait Keçiören ve Esenboğa istasyonlarından elde edilmiştir (Şekil 1, Tablo 1). Bu istasyonlar, farklı şehir dokularını, arazi kullanım özelliklerini yansıtan ve üçü dışında benzer amaçlarla Ankara şehrinin şehir klimatolojisini değerlendirmek amacıyla projeler kapsamında kurulmuşlardır. Şehir merkezinde bunlar dışında istasyon bulunmamaktadır.



**Şekil 1.** Ankara şehri ve yakın çevresinin lokasyon haritası.

Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

**Tablo 1.** Termal konfor analizi için kullanılan Ankara şehri ve yakın çevresindeki meteoroloji istasyonları.

Adı	Boylam (Doğu)	Enlem (Kuzey)	Yükselti (m)	Arazi kullanımı
Cebeci	32°,52'	39°,56'	882	Yoğun şehirsal fonksiyon alanı, yüksek yapı yoğunluğu
Emek	32°,49'	39°,55'	875	Yoğun şehirsal fonksiyon alanı, yüksek yapı yoğunluğu
Şeker	32°,40'	39°,57'	817	Banliyö, kırsal alan
Yenikent	32°,32'	40°,06'	796	Tarım alanı, kırsal alan
DTCF	32°,51'	39°,55'	890	Yoğun şehirsal fonksiyon alanı, yüksek teras
AOÇ	32°,47'	39°,56'	836	Şehir ormanı, açık alan
Keçiören	32°,51'	39°,58'	895	Yoğun şehirsal fonksiyon alanı, seyrek bina
Esenboğa	33°,00'	40°,08'	949	Havalimanı, kırsal alan
Kurtuluş	32°,51'	39°,55'	862	Yoğun şehirsal fonksiyon alanı, yeşil alan

## 2.1. Termal Konfor Dizini

İnsanların çevrelerindeki meteorolojik değişkenlere verdikleri tepkilerin anlaşılması bağlamında biyoklimatik koşulların somut şekilde açıklanabilmesi için termal dizinlerin gerekliliği çok uzun yıllardan beri bilinmektedir (Landsberg, 1972). Büttner (1938) iklimin insanlar üzerindeki etkilerinin anlaşılması için termal koşulların insan ısı dengesi üzerindeki etkilerinin anlaşılmasının zorunlu olduğunu vurgulamıştır. Termal konfor terimi, insanın çevresindeki ortamdaki memnuniyet derecesini ifade etmektedir. Bu tip ortamlarda insan metabolizması tarafından üretilen ısının dağılması için uygun koşullar bulunmaktadır; dolayısıyla insan ile onu çevreleyen ortam arasında termal denge sağlanmış demektir (ISO, 2002; ASHREA, 2004). Bu çalışmada kullanılan 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 ( $T_{mrt} = T_a$ )

Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

- 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)

#### 1.1. FES Değerlerinin Hesaplanması

Meteoroloji istasyonlarından alınan ve kullanıma hazır hale getirilen verilerden, RayMan yazılımı kullanılarak, saat 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 ve günlük ortalama FES değerleri hesaplanmıştır. RayMan hava sıcaklığı, buhar basıncı, rüzgâr hızı, bulutluluk örtüsü gibi verilerden yararlanarak ortalama radyan sıcaklığı ve termofizyolojik 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).

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

FES ( $^\circ\text{C}$ )	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

## 2.2. Termal Konfor Haritaları

Bu çalışmada, 2010 yılı Temmuz ve Aralık ayları boyunca Ankara'nın farklı arazi kullanıma sahip alanlarında bulunan dokuz meteoroloji istasyonunda ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler sonucu her bir istasyondan 5952 adet veri elde edilmiş ve bu veriler kullanılarak her bir istasyon için 1488 adet FES değeri hesaplanmıştır. Termal algılamalar enlem, yükselti ve arazi kullanıma göre modellenmiş, coğrafi bilgi sistemleri yazılımları kullanılarak termal konfor koşullarının alansal dağılımı saptanmıştır.

İstasyonlardan elde edilen FES değerleri, SPSS 16 (deneme sürümü) yazılımı yardımıyla yükselti, enlem, boylam ve arazi kullanım değerleri ile çoklu çizgisel regresyon analizinden geçirilerek, her bir saat için ayrı regresyon katsayısı (r) hesaplanmıştır. Bu sayede 9 istasyondan elde edilen FES değerleri, ArcGis 9.2 (deneme sürümü) yazılımı kullanılarak interpolate edilmiş ve her ay için birer termal algılama modeli oluşturulmuştur.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Aralık Ayı Termal Konfor Dağılımları

2010 yılı Aralık ayı 31 günlük ortalamalarına göre saat 00:00'daki FES değerlerine göre en sıcak koşullar şehir merkezinde ortaya çıkmaktadır. Bu zaman diliminde, şehir ısı adası yükselti farkının az olduğu batıya doğru yönelmekte ve daha az eğimli bir falezle kırsal alana geçmektedir. Bunun yanı sıra şehir merkezinden kuzeye ve doğuya gidildiğinde daha dik bir termal falezle karşılaşmaktadır. Şehrin FES değerleri ile kırsal FES değerleri arasındaki fark  $1,6^{\circ}\text{C}$  civarındadır. Yükseltinin arttığı alanlarda bu fark  $5^{\circ}\text{C}$ 'yi bulmaktadır. Aralık ayı boyunca gece yarısı termal konfor koşullarının en yüksek değerleri ( $1^{\circ}\text{C}$ - $2^{\circ}\text{C}$  FES) Sıhhiye, Kızılay, Emek gibi şehir merkezinin nispeten düz ve bina yoğunluğunun fazla olduğu bölümünde ortaya çıkmaktadır. Şehirdeki ormanlık alanlar  $1^{\circ}\text{C}$  daha soğuk termal konfor koşullarına sahiptir. Bu haliyle Ankara şehir merkezinin yoğun binalara sahip alanlarında aşırı soğuk stresi ( $0^{\circ}\text{C}$ >FES> $4^{\circ}\text{C}$ ) ortaya çıkarken, geri kalan alanlarda çok aşırı soğuk stresi ( $-10^{\circ}\text{C}$ >FES> $0^{\circ}\text{C}$ ) hissedilmektedir (Şekil 2).

Aralık ayı saat 03:00 FES değerleri hem kırsal hem şehirde soğumanın devam ettiğini göstermektedir. Şehir alanında soğuma oranı  $0,5^{\circ}\text{C}$  FES civarındayken, aynı oran kırsal alanlarda  $0,7^{\circ}\text{C}$  civarındadır. Soğuma oranı şehir merkezine doğru azalırken, yükseltideki

Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

artışa ve merkezden uzaklığa bağlı olarak artmaktadır. Buna göre saat 03:00'de şehir merkezinden güneyde ve kuzeyde kalan yüksek kırsal alanlar ile şehir merkezi arasında termal konfor farkı  $6^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkmaktadır. Şehir ile kırsal alan arasındaki FES değeri farkı  $1,9^{\circ}\text{C}$ , şehirdeki ormanlık alanlar ile  $0,8^{\circ}\text{C}$  arasındadır. Şehir ısı adası ve falezini bir önceki saat dilimindeki şeklini korumaktadır. Termal koşullardaki düşüş, FES dizini aralıklarının ortadan kalkmasına ve bütün alanda çok aşırı soğuk stresinin ( $-10^{\circ}\text{C} > \text{FES} > 0^{\circ}\text{C}$ ) ortaya çıkmasına neden olmuştur (Şekil 2).

Saat 06:00 FES değerlerine göre, termal konfor koşullarındaki düşüşler bu zaman diliminde de devam etmektedir. Aralık ayında Ankara ve yakın çevresinde gün doğumu saat 07:00 civarındadır (01.12.2010'da 06:47, 31.12.2010'da 07:06). Şehir merkezinde 03:00'a nazaran ortalama  $1^{\circ}\text{C}$ 'lik bir azalma ortaya çıkarken, yüksek kuzeydoğu ve güneydoğudaki FES değerlerinde değişim görülmemektedir. Isı adası, küçülmesine ve şehir merkezine hapsolmesine rağmen, varlığını korumaktadır. Şehir içi ormanlık arazi şehir merkezine nazaran  $0,6^{\circ}\text{C}$  daha az termal konfor değerine sahiptir. Bu zaman diliminde Ankara şehri ve yakın çevresinde çok aşırı soğuk stresi ( $-10^{\circ}\text{C} > \text{FES} > 0^{\circ}\text{C}$ ) varlığını korumaktadır (Şekil 2).

Gün doğumundan iki saat sonrasında denk gelen saat 09:00'da şehrin kuzeydoğusunda bir sıcak çekirdek oluşmaktadır. Yüksek kırsal alanlar ve Çubuk Çayı vadisi yamaçları merkezden daha çabuk ısınmaktadır. Şehrin yüksek ve rüzgârlı kuzeydoğusunun (Keçiören) da benzer bir eğilimde olması, atmosfer kalınlığı yanı sıra sıcaklık terslemesinin de termal konfor değerlerini etkilediğini göstermektedir. Şehir merkezi ve Ankara Ovasının nispeten korunaklı düz bölümlerinde soğuk termal koşullar bulunmaktadır. Bütün gece boyunca soğuyan yapay yüzeyler daha yavaş ısınırken ( $0,4^{\circ}\text{C}$ ), kırsal alanlar çok daha hızlı ısınmaktadır ( $4^{\circ}\text{C}$ ). Keçiören Meteoroloji istasyonunda sıcaklıktaki artış ortalama  $6^{\circ}\text{C}$  olarak ölçülmüştür. Bunun temel nedeni, yukarıda belirtilenlerin yanı sıra istasyonun bakışdır. Ankara Çayı Vadisi'nde doğuya bakan rüzgârlı bir yamaçta kurulu olan istasyon, en yüksek FES değerlerine sahiptir. Benzer bir durumun güneydeki yüksek sahada olup olmadığını söylemek için yeterli veri bulunmamaktadır. Şehrin güneydoğusundaki artış oranı  $1^{\circ}\text{C}$  olarak hesaplanmıştır. Şehir istasyonlarından yaklaşık 100 metre daha yüksekte olan alanların daha hızlı ısınmasında atmosferin daha çabuk ısınması önemli bir faktördür. Saat 09:00'da hava koşullarına bağlı olarak Ankara'nın kuzeydoğusunda aşırı soğuk ( $0^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 4^{\circ}\text{C}$ ), geri kalan bölümlerinde ise çok aşırı soğuk stres ( $-10^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 0^{\circ}\text{C}$ ) ortaya çıkmaktadır (Şekil 2).



Saat 12:00 FES değerleri dikkate değer bulgular ortaya koymaktadır. Bu zaman diliminde ortaya çıkan soğuk adanın oluşumu şehir dokusundan çok, daha çabuk ısınan doğal doku ile ilgilidir. Gece boyunca ısı adası olan alanın kuzeydoğusu ve kuzeybatısında olmak üzere iki sıcak merkez ortaya çıkmaktadır. Öğle saatinde şehir ormanı özelliği olan AOÇ'de FES değeri 11°C, Keçiören'de 4°C'dir. Şehir merkezinde termal konfor artışı 4°C, kır istasyonlarında ise 6°C civarındadır. Saat 12:00 FES değerleri, iki sıcak ada boyunca orta derece soğuk ( $8^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 13^{\circ}\text{C}$ ), şehrin güneydoğusunda aşırı soğuk ( $4^{\circ}\text{C} > \text{FES} > 0^{\circ}\text{C}$ ), bunların dışında kalan alanlarda güçlü soğuk stresi ( $8^{\circ}\text{C} > \text{FES} > 4^{\circ}\text{C}$ ) olarak algılanmaktadır (Şekil 2).

FES değerleri, incelenen zaman dilimleri içinde en yüksek değerlerine saat 15:00'de ulaşmaktadır. Sadece Keçiören istasyonunda saat 12:00'ye göre 5°C'ye yakın bir azalma dikkat çekmektedir. Bunun başlıca nedeni olarak bakı gösterilebilir. Çalışma alanı içinde en yüksek termal konfor değerleri şehir ormanı niteliği taşıyan AOÇ istasyonuna aittir. Bu alanda 12:00'de artan FES değerleri, 13:00'de zirve yaparak 15:00'e kadar yüksekliğini korumaktadır. Şehir ormanı karakterindeki bu alan ve batısındaki kır arazisinin, şehir merkezinden daha sıcak termal koşullara sahip olmasının temel nedeni, doğal dokunun gelen radyasyonu daha çabuk soğurarak atmosfere göndermesidir. Şehir dokusundaki alanda ise, gelen radyasyon kıra nazaran çok daha geç soğurulmakta, dolayısıyla hava sıcaklığı nispeten daha düşük olmaktadır. Bunun sonucu olarak FES değerlerinde belirgin düşüşler görülmektedir. Saat 15:00 itibariyle Ankara şehrinin batısında orta derece soğuk ( $8^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 13^{\circ}\text{C}$ ), şehir merkezinde güçlü soğuk ( $4^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 8^{\circ}\text{C}$ ), şehrin doğusunda aşırı soğuk ( $0^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 4^{\circ}\text{C}$ ) ve yüksek alanlarda çok aşırı soğuk ( $-10^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 0^{\circ}\text{C}$ ) stresi ortaya çıkmaktadır. Öğleden sonra saatlerinde en sıcak termal algılamalar, şehrin batısında ve şehir içi yeşil alanlarda ortaya çıkmaktadır (Şekil 2).

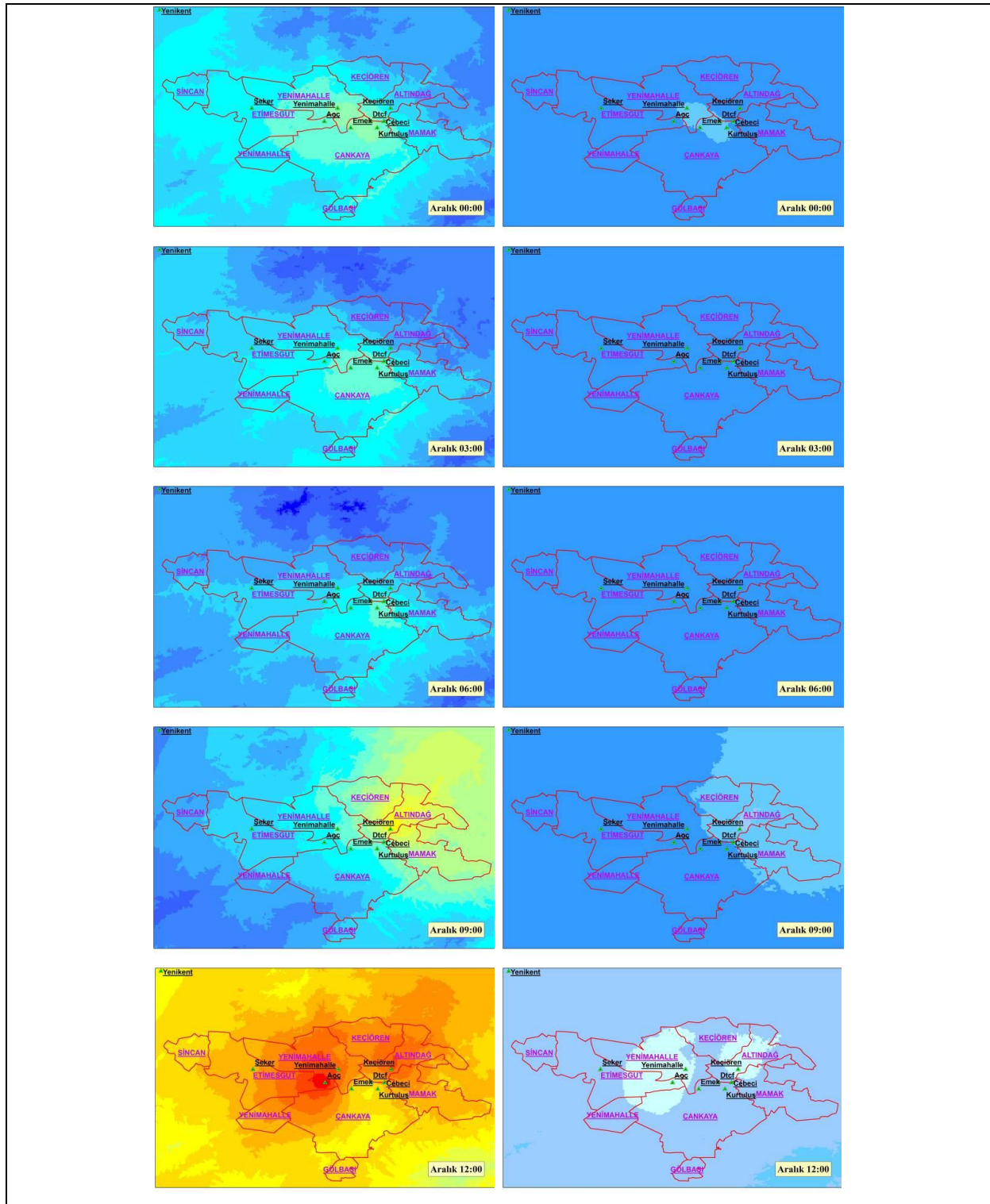
Saat 18:00'da kır ve şehir içi ormanlık alanlarda yüksek FES değerleri görülmektedir. Bu zaman diliminde soğuk bir çekirdek olarak beliren şehir merkezinin FES değeri, kırdan 3°C, şehir ormanından 1°C daha düşüktür. Kır ile şehir arasındaki bu farklılık, yükseltinin devreye girmesiyle bozulmaktadır. Gerek şehir dokusu, gerekse kır paterni içinde yükselti arttıkça FES değerlerinde hızlı azalış dikkati çekmektedir. Dolayısıyla yükselti farkının olduğu alanlarda arazi kullanım termal konfor üzerine etkisi sınırlanmaktadır. Nispeten düz olan Ankara Ovası boyunca şehir dokusunun aralık ayı termal konfor üzerinde önemli etkileri gözlenmektedir. Yenikent ve çevresinde güçlü soğuk ( $4^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 8^{\circ}\text{C}$ ), şehrin doğusunda ve

şehir merkezinde aşırı soğuk ( $0^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 4^{\circ}\text{C}$ ), şehrin kuzey ve güneyindeki yüksek alanlarda çok aşırı soğuk ( $-10^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 0^{\circ}\text{C}$ ) stresi ortaya çıkmaktadır. Aralık ayında gün batımı 16:30 civarında gerçekleşmektedir (01.12.2010 16:28, 31.12.2010 16:40). Gün batımından hemen sonra şehirdeki termal konfor azalması  $4^{\circ}\text{C}$ - $5^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, kırdan  $6^{\circ}\text{C}$  civarındadır. En yüksek azalma şehir ormanında gerçekleşmektedir ( $7^{\circ}\text{C}$  FES). Soğuma hızlarındaki farklılıklara rağmen öğleden sonra termal konfor değerleri hala şehirden daha yüksektir (Şekil 2).

Saat 21:00'de yeniden şehir ısı adası ortaya çıkmaktadır. Saat 18:00 ile kıyaslandığında termal koşullardaki düşüş, şehirde  $1,5^{\circ}\text{C}$ , şehir ormanında  $3^{\circ}\text{C}$ , kırdan ise ortalama  $6^{\circ}\text{C}$  civarındadır. Bu alansal farklılıklar şehir merkezinde gün doğumuna kadar sürecektir ısı adasının oluşumuna neden olmaktadır. Şehir merkezinde aşırı soğuk stresi ( $0^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 4^{\circ}\text{C}$ ), çevreleyen alanlarda çok aşırı soğuk stresi ortaya çıkmaktadır. Saat 21:00 itibarıyla şehir ile kır arasındaki farklılık  $2^{\circ}\text{C}$  ile  $5^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. Şehir ayrıca şehir ormanından da  $0,9^{\circ}\text{C}$  (FES) daha yüksek termal konfor koşullarına sahiptir (Şekil 2).

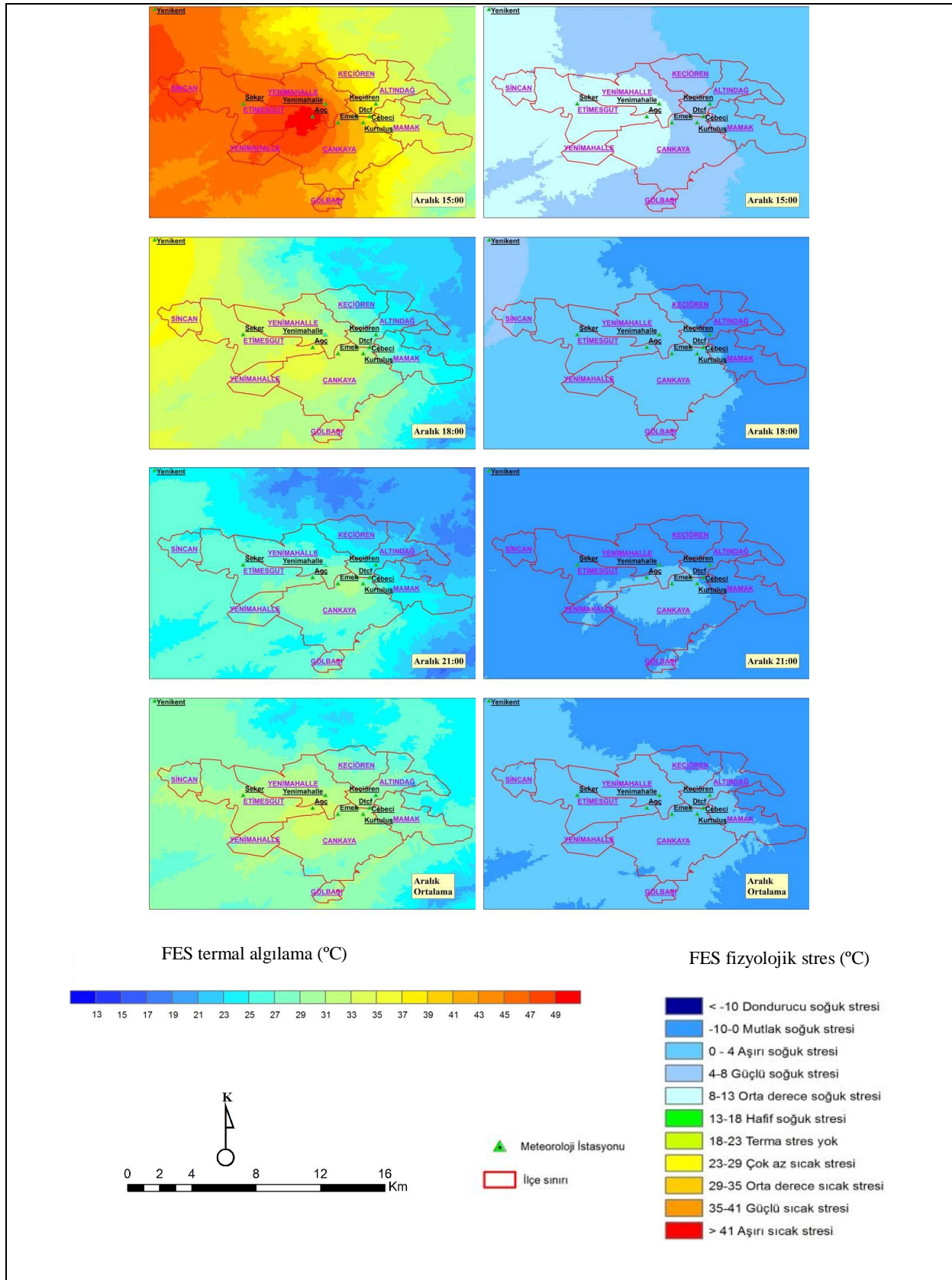
2010 Aralık ayında ölçülen günlük ortalamalara göre AOÇ ve çevresi en yüksek FES değerlerine sahiptir. Bunun başlıca sebeplerinden biri olarak gündüz boyunca yüksek termal konfor değerlerinin varlığı gösterilebilir. Şehir merkezi ile şehir ormanı arasındaki termal algılama farkı  $0,8^{\circ}\text{C}$ 'dir. Aralık ayı günlük ortalamaları dikkate alındığında şehir merkezi kırdan  $1^{\circ}\text{C}$  ile  $3^{\circ}\text{C}$  daha sıcaktır. Şehir merkezi ve alçak kır alanlarında aşırı soğuk stresi ( $0^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 4^{\circ}\text{C}$ ) görülürken, şehrin kuzeyinde, güneyinde ve Ankara ovasını çevreleyen yüksek alanlarda çok aşırı soğuk stresi ( $-10^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 0^{\circ}\text{C}$ ) gözlenmektedir. Şehir içi ormanlık alanların kırdan  $1,8^{\circ}\text{C}$  daha sıcak hissedilmektedir. Şehir ormanı içinde açık bir alana kurulu olan istasyonda (şehir ormanındaki açık alan: ağaçsız, ot formasyonunun hakim olduğu alan), ağaç formasyonunun sağladığı korunaklı alan boyunca, gündüz alınan radyasyon, hava sıcaklığı, rüzgar, nispi nem koşullarıyla birleşerek  $10^{\circ}\text{C}$  civarında bir FES değeri yaratmakta ve bunu stabil tutmaktadır (Şekil 2).

Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>



**Şekil 2.** 2010 Aralık ayı ortalama FES değerleri (solda) ve fizyolojik stres düzeylerinin (sağda) dağılımı.

Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>



Şekil 2'nin devamı

### 3.2. Temmuz Ayı Termal Konfor Dağılımları

2010 Temmuz ayı termal algılamalarının saat 00:00 ortalamasına göre şehir merkezi sıcak bir ada olarak belirmektedir. Topografyanın homojen özellikler sergilediği batıya doğru ısı adası falezini az eğimli, yüksek alanlarda ise dik eğimli bir yapı göstermektedir. Şehir kıra nazaran  $1,2^{\circ}\text{C}$  ile  $6,2^{\circ}\text{C}$ , şehir ormanlarından  $1,4^{\circ}\text{C}$  daha sıcak termal algılamalara sahiptir. Bunun nedeni şehir merkezinin daha geç soğumasıdır. Şehir merkezi ve batıya doğru Ankara Ovası boyunca hafif soğuk stresi ( $13^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 18^{\circ}\text{C}$ ), şehrin kuzeyi ve güneydoğusunda orta derece soğuk stresi ( $8^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 13^{\circ}\text{C}$ ) koşulları oluşmaktadır. Emek istasyonunda hesaplanan  $18,1^{\circ}\text{C}$  FES değeri, termal stressiz ( $18^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 23^{\circ}\text{C}$ ) bir alanın varlığını işaret etmektedir. Dolayısıyla temmuz ayı gece yarısında, yoğun binaların bulunduğu şehir alanlarında kırdan çok daha sıcak koşullar görülmektedir (Şekil 3).

Saat 03:00 FES değerlerine göre sıcaklıktaki değişim şehirde  $1,6^{\circ}\text{C}$ - $1,8^{\circ}\text{C}$ , kırdan ise  $1,5^{\circ}\text{C}$  ile  $2,2^{\circ}\text{C}$  arasındadır. Sıcaklık şehir ormanlarından AOC'de  $3^{\circ}\text{C}$ , Kurtuluş Parkı'nda  $1,8^{\circ}\text{C}$  azalmaktadır. Şehir ısı adası AOC'nin soğuma oranlarına bağlı olarak, batıda küçülmüş doğuda ise şehir ısı adası içinde Kurtuluş Parkı bir soğuk ada olarak varlığını korumaktadır. Şehirle kır arasındaki termal konfor farkı  $1,5^{\circ}\text{C}$ - $6^{\circ}\text{C}$ , şehirle şehir ormanları arasındaki fark ise  $1,5^{\circ}\text{C}$  ile  $3^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. Saat 03:00 itibarıyla Ankara şehri ve yakın çevresinde iki farklı termal stres ortaya çıkmaktadır. Şehir merkezi, batısı ve kuzeybatısında hafif soğuk stresi ( $13^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 18^{\circ}\text{C}$ ), şehir merkezinin doğusu ve kuzeydoğusunda ise orta derece soğuk stresi ( $8^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 13^{\circ}\text{C}$ ) yaşanmaktadır. Şehir merkezinde FES değerleri  $15^{\circ}\text{C}$  civarında iken, batısındaki alçak kırsal alanlarda  $13,5^{\circ}\text{C}$  civarındadır (Şekil 3).

Temmuz ayında güneş saat 04:30 civarında doğmakta (01.07.2010 04:20, 31.07.2010 04:43), 19:15 civarında batmaktadır (01.07.2010 19:25, 31.07.2010 19:07). Güneşin doğuşundan hemen sonraki saat dilimine denk gelen 06:00 termal koşullarında aralık ayı 09:00 FES değerlerine benzer bir alansal dağılım ortaya çıkmaktadır. Şehrin kuzeydoğusu ve bu bölümdaki kır alanları çok çabuk ısınarak sıcak bir merkez haline dönüşmektedir. Güneşin doğuşuyla birlikte kırsal alanlarda soğuma sona ermekte ve termal koşullarda artışlar gözlenmektedir. Uygun bakı ve topografya koşullarına sahip Keçiören, Esenboğa istasyonlarında bu artış  $10^{\circ}\text{C}$ 'yi bulmaktadır. Kurtuluş Parkındaki  $3^{\circ}\text{C}$ 'lik artış, şehir içi park alanlarının temmuz ayı sabah saatlerinde sıcak bir ada özelliği taşıdığını göstermektedir. Şehir, batısında ve güneyinde kalan alanlardan daha sıcak olmasına rağmen 00:00 ve 03:00

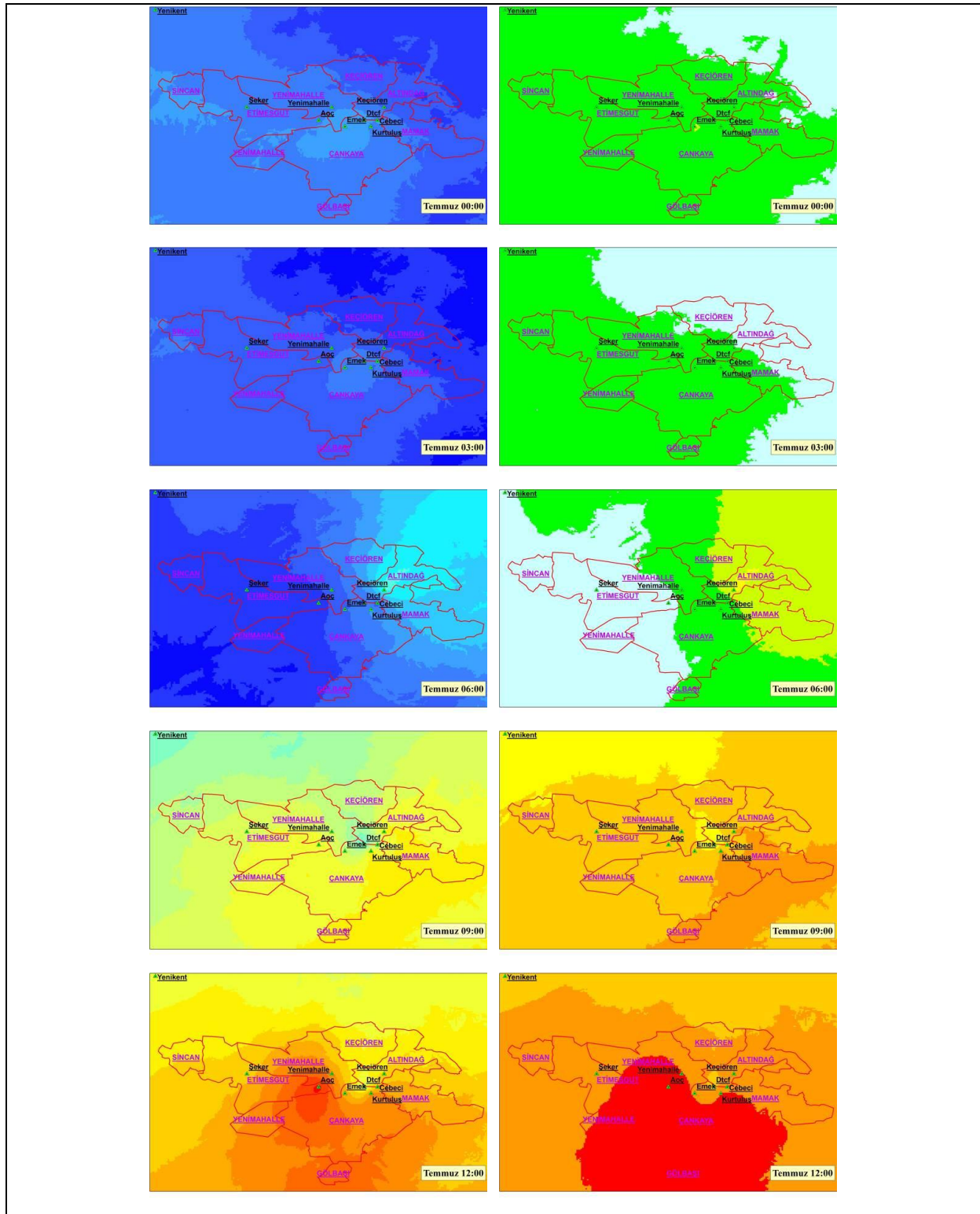
Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

saatlerinde oluşan belirgin ısı adası görüntüsü 06:00'da gözlenmemektedir. Saat 06:00'daki FES dizini, termal konfor basamaklarına göre incelendiğinde Yenikent ve Şeker'i içine alan batı bölümde orta derece soğuk stresinin ( $8^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 13^{\circ}\text{C}$ ) varlığını koruduğu dikkati çekmektedir. Şehir merkezinin de içinde bulunduğu orta bölümde hafif soğuk stresi ( $13^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 18^{\circ}\text{C}$ ), kuzeydoğuda termal stresin bulunmadığı konforlu koşullar ( $18^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 23^{\circ}\text{C}$ ), Keçiören civarında ise çok az sıcak stresi ( $23^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 29^{\circ}\text{C}$ ) görülmektedir (Şekil 3).

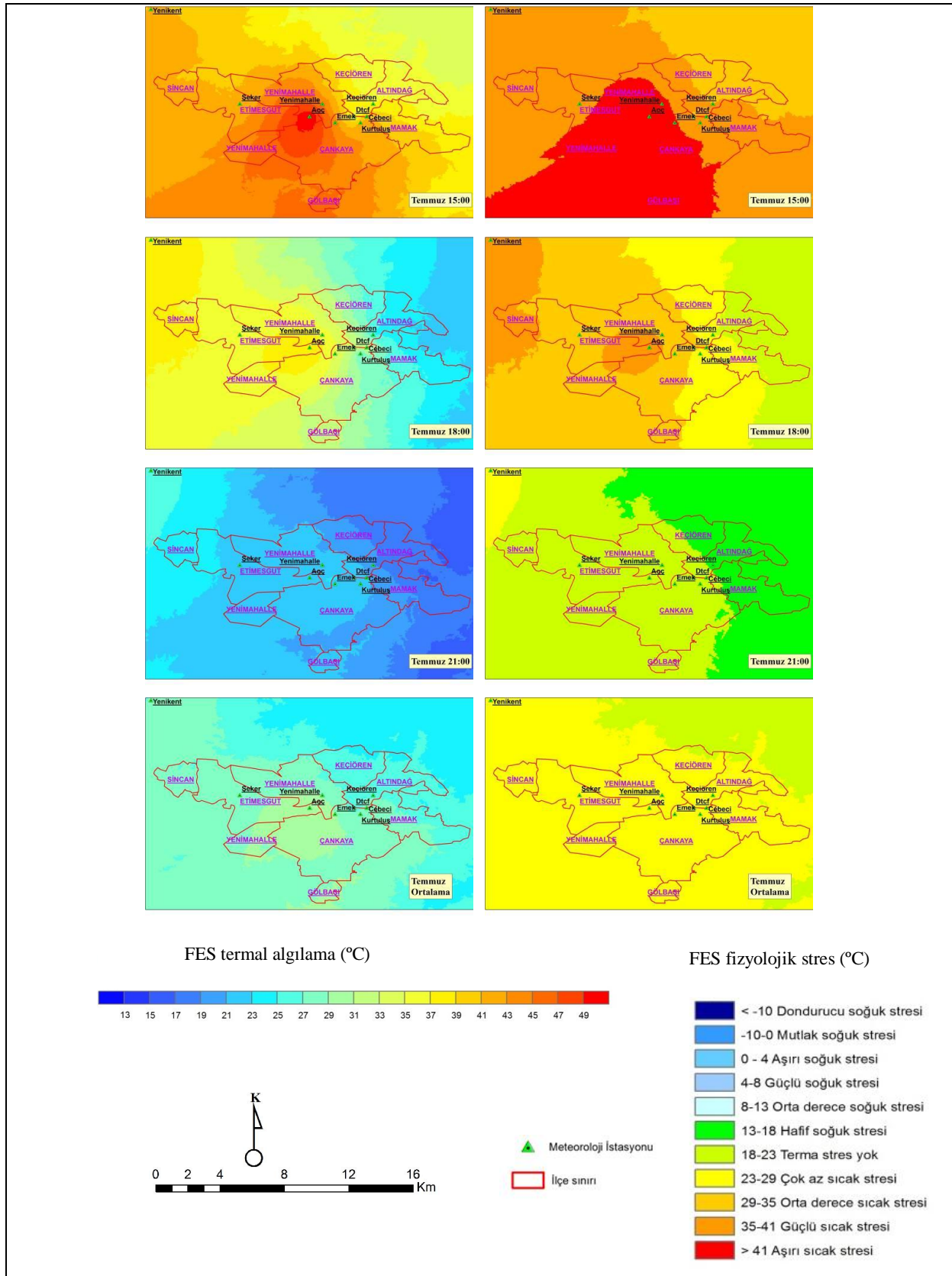
Saat 09:00'daki FES değerleri bütün istasyonlarda hızlı bir artış eğilimi göstermektedir. Temmuz ayında bu zaman diliminde, aralık ayında olduğu gibi şehir altı alanlar ve şehir ormanları sıcak çekirdekler olarak gelişirken, şehir, soğuk bir ada olarak ortaya çıkmaktadır. Şehir merkezinde sıcaklık  $28^{\circ}\text{C}$ - $30^{\circ}\text{C}$  FES arasında değişirken, Kurtuluş Parkı'nda FES  $5^{\circ}\text{C}$  daha yüksek termal konfor değerine sahiptir. AOÇ'deki FES değeri şehir merkezinden  $4^{\circ}\text{C}$  civarında daha yüksektir ( $32^{\circ}\text{C}$  - $34^{\circ}\text{C}$ ). Şehir soğuk adasının kuzeye doğru uzanmasının nedeni topografya koşullarıdır. Yapay malzemenin daha geç ısınmasına bağlı olarak, temmuz sabahlarında şehir, özellikle ağaç formasyonuna sahip kır alanlarından daha az sıcak termal koşullara sahiptir. 06:00 ile 09:00 saatleri arasında AOÇ'de FES farkı  $23^{\circ}\text{C}$ , Kurtuluş parkındaki sıcaklık farkı ise  $18,4^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu fark Emek'te  $16,1^{\circ}\text{C}$ , Cebeci'de  $15,7^{\circ}\text{C}$ , kır istasyonları olan Şeker'de  $20,0^{\circ}\text{C}$ , Yenikent'de  $12,5^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kuzeybatıya doğru alçak kırsal alanlar şehirle benzer bir ısınma eğilimi göstermektedir. Buna rağmen saat 09:00'da Yenikent istasyonu Emek istasyonundan  $5^{\circ}\text{C}$  daha soğuk FES değerlerine sahiptir. Bu haliyle Ankara şehri ve çalışma alanının kuzeybatı bölümünde çok az sıcak stresi ( $23^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 29^{\circ}\text{C}$ ), güneybatı- kuzeydoğu hattı boyunca orta derece sıcak stresi ( $29^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 35^{\circ}\text{C}$ ), Mamak, Çankaya ve Gölbaşı güneyinde ise güçlü sıcak stresi ortaya çıkmaktadır (Şekil 3).

Öğle saatlerinde şehir merkezi soğuk ada olma özelliğini devam ettirmektedir. İki önemli şehir içi orman yüksek termal konfor değerlerine sahiptir. Saat 12'de AOÇ ve çevresindeki FES değerleri  $45^{\circ}\text{C}$  - $47^{\circ}\text{C}$  civarındadır. Kurtuluş Parkı  $39^{\circ}\text{C}$  - $41^{\circ}\text{C}$  FES değerine sahipken, Kızılay Sıhhiye  $33^{\circ}\text{C}$  - $37^{\circ}\text{C}$  FES termal konfor değeriyle dikkat çekmektedir. Ağaçsız kırsal alanlarda ise  $33^{\circ}\text{C}$  - $35^{\circ}\text{C}$  FES civarında termal konfor değerleri açığa çıkmaktadır. Termal sıcaklık artışın en yüksek olduğu alan  $12,7^{\circ}\text{C}$  ile AOÇ'de yaşanırken bunu şehir istasyonları Emek ( $9,6^{\circ}\text{C}$ ) ve Cebeci ( $9,1^{\circ}\text{C}$ ) izlemektedir. En düşük sıcaklık artış oranının kuzeydoğuda ortaya çıktığı ( $2,5^{\circ}\text{C}$ ) gözlenmektedir. AOÇ şehir

Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>



Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>



Şekil 3'ün devamı.



merkezinden 7,5°C daha sıcak termal koşullara sahiptir. DTCF'nin ise Kurtuluş parkından 9,9°C daha serin FES değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Öğlen saatinde sıcaklık artışı daha az olmasına rağmen (Kurtuluş Parkı 6,1°C, DTCF 8,3°C) yeşil park alanların yüksek bina teraslarından daha sıcak olduğu dikkat çekici bir bulgudur. Dolayısıyla çalışma alanında kuzeyden güneye 3 farklı FES aralığında sıcak stresine sahip kuşak ortaya çıkmaktadır. En kuzeyde orta derece sıcaklık stresi (29°C<FES<35°C), AOÇ çevresi Ankara'nın güneyi ve buralarda yükseltisi az olan alanlarda aşırı sıcak stresi (FES>41°C), bunlar dışında kalan alanlarda ise güçlü sıcak stresi (35°C<FES<41°C) bulunmaktadır (Şekil 3).

Saat 15:00'daki termal algılama ortalamalarına göre en erken ısınmaya başlayan istasyonlar, aynı zamanda en erken soğuyan istasyonlar olma özelliği taşımaktadır. Saat 12:00 ile 15:00 arasında FES değerleri Keçiören'de 2,5°C, Esenboğa 1,9°C ve Kurtuluş istasyonunda 2,4°C düşmektedir. Bunun dışında bütün istasyonların FES değerlerinde artış görülmektedir. En yüksek artış Yenikent ve çevresinde gözlenmekte (5°C), şehir merkezi çevresine nazaran soğuk bir ada karakterini korumakta ve DTCF bu ada üzerindeki en soğuk nokta olarak dikkati çekmektedir. DTCF, Kurtuluş Parkı'ndan 5,8°C, Emek'ten 8°C daha serindir. Öğleden sonra saatlerinde çalışma alanının batısında termal konfor koşullarında artış, kuzeydoğusunda azalış olmasının başlıca nedeni bakı koşullarıdır. Şehir merkezi şehir ormanı dokusuna sahip alanlardan 5°C -6°C daha serin termal konfor koşullarına sahip olmasına rağmen, kır dokusuna sahip alanlardan 2°C -4°C daha sıcaktır. Üç farklı termal stres alanının varlığını koruduğu saat 15:00'deki FES değerlerine göre, orta derece sıcak stresine sahip kuşak daralarak kuzeydoğu köşeye çekilmiş, (29°C<FES<35°C), AOÇ çevresi, Ankara'nın güneyi ve yükseltisi az olan alanlarda aşırı sıcak stresi (FES>41°C) alanını genişletmiştir. Alanını genişleten bir diğer kuşak, Yenikent ve Sincan'ı içine alan güçlü sıcak stresinin (35°C<FES<41°C) görüldüğü kuşaktır (Şekil 3).

Saat 18:00'de AOÇ'nin üzerinde sıcak ada varlığını korumakta, şehir merkezi ise soğuk ada özelliğini giderek kaybetmektedir. Yenikent'de ise ikinci bir sıcak ada gelişimi ortaya çıkmaktadır. Şehir, gerek kırdan gerekse şehir ormanından 4°C daha serindir. 15:00-18:00 saatleri arasında termal konfor değerlerinde, şehirde 8°C, kır alanlarında 2,5°C -5°C, kuzeydoğuda kalan alanlarda ise 10°C -12°C azalma görülmektedir. Bu zaman diliminde en fazla düşüş Kurtuluş Parkı'nda ortaya çıkmaktadır (14,8°C). Kurtuluş Parkı DTCF'den 5,4°C daha serindir. Bu zaman diliminde şehir içi ağaçlı yeşil alanlar şehir merkezinden daha serin

(8°C) termal algılamaların yaşandığı yerler olarak belirlemektedir. Saat 18:00'de çalışma alanının batısı boyunca içinde küçük bir ada şeklinde hafif soğuk stresinin (13°C<FES<18°C) bulunduğu, termal stressiz (18°C<FES<23°C) bir kuşak ortaya çıkmaktadır. Çalışma alanının ortasında yine kuzey-güney doğrultusunda uzanan Keçiören, Çankaya ve Mamak'ın bir kısmını içine alan kuşak boyunca çok az sıcak stresi (23°C<FES<29°C), şehir merkezinin büyük bir bölümünü içine alan kuşak boyunca orta derece sıcak stresi (29°C<FES<35°C) görülmektedir. AOÇ ve yakın çevresi ile Yenikent'de ise güçlü sıcak stresine (35°C<FES<41°C) sahip alanlar oluşmaktadır (Şekil 3).

Saat 21:00 termal algılama değerleri saat 18:00 değerlerine benzer bir şekilde Yenikent civarında sıcak bir çekirdek oluşturmakta, buradan itibaren şehir merkezine kadar termal konfor değerleri azalmaktadır. Şehir merkezinde saat 06:00'ya kadar varlığını koruyacak ısı adasının ilk belirtileri ortaya çıkmaktadır. Yenikent ve çevresi 23°C-25°C civarında sıcaklığa sahiptir. Emek çevresinde ise Yenikent'den 3°C -4°C daha düşük FES değerleri görülmektedir. Şehir merkezini çevreleyen kır alanları 6°C -7°C daha serin termal algılama değerlerine sahiptir. Şehir merkezindeki FES değerleri, şehir ormanından (AOÇ) 0,2°C, şehir içi yeşil alandan ise 1,4°C daha yüksektir. Saat 21:00'de yüksek teraslar ile zemin arasında önemli bir fark bulunmamaktadır (0,3°C). Bunun başlıca nedeni, günbatımından sonra bırakılmaya devam eden radyasyondur. Saat 21:00'deki termal konfor koşullarına bağlı olarak, Yenikent çevresinde çok az sıcak stresi (23°C<FES<29°C), Ankara şehir merkezinin büyük bir bölümü ile kuzeyi ve güneyinde termal stressiz (18°C<FES<23°C), Keçiören, Mamak ve Altındağ'da hafif soğuk stresi (13°C<FES<18°C) olan koşullar ortaya çıkmaktadır. Dağların yüksek zirve kısımlarında ise orta derece soğuk stresi oluşmaktadır (Şekil 3).

2010 yılı Temmuz günlük ortalamalarına göre en sıcak alan, şehir ormanı ve çevresidir. Ortalama 29°C FES civarında termal algılamaların yaşandığı bu sıcak alanın çevresini, şehir merkezi ve alçak kırsal alanların termal koşulları (25°C -27°C) çevrelemektedir. Yoğun şehir merkezi ile şehir ormanı arasındaki FES farkı 1,6°C'dir. En düşük termal koşul değerleri, yüksek güneydoğu ve kuzey-kuzeydoğuda (21°C-23°C) görülmektedir. Binaların yüksek katları da (DTCF 23,6°C) nispeten düşük FES değerine sahiptir. Gece saatlerinde şehir merkezinin, gündüz saatlerinde şehir ormanı ve yeşil alanların daha yüksek termal konfor değerlere sahip olması, günlük ortalamalara arazi kullanım etkilerinin yansımadığını göstermektedir. Bunun temel nedeni, güneş gökyüzünde olduğu

sürece farklı alanlarda farklı hava koşulları ve buna bağlı farklı termal koşulların ortaya çıkmasıdır. Güneş battıktan sonra şehir ısı adası oluşmakta ve termal algılamalar çevreye göre en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Günlük ortalamalara göre tasnif edilen termal algılamalara bağlı olarak, şehir merkezi ve yakın çevresinde çok az sıcak stresinin ( $23^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 29^{\circ}\text{C}$ ) olduğu termal algılamalar hâkim olmaktadır. Kuzeydoğu ve güneydoğudaki yüksek alanlarda ise termal olarak stressiz ( $18^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 23^{\circ}\text{C}$ ) koşullar ortaya çıkmaktadır (Şekil 3).

### 3.3.Tartışma

2010 Temmuz ve Aralık ayı boyunca elde edilen termal algılama değerlerinin analizi, yılın bu iki farklı döneminde farklı fizyolojik streslerin ortaya çıktığını göstermektedir. Aralık ayında çalışma alanının tamamında soğuk stresinin çeşitli düzeyleri görülmektedir. Gün içinde en yüksek FES değerleri öğleden sonra (15:00) gözlenmektedir. 18:00'den 09:00'a kadar Ankara şehri ve yakın çevresinde çok aşırı soğuk stresi ( $-10^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 0^{\circ}\text{C}$ ) hâkim olmaktadır.

Aralık ayı termal konfor koşullarına göre, saat 09:00 ile 18:00 arasında şehir merkezinde yoğun binaların bulunduğu kısım, şehir ormanı ve kır alanlarından daha düşük FES değerlerine sahiptir. Şehir merkezinde saat 21:00'de oluşumu tamamlanan ve ertesi gün 09:00'a kadar varlığını koruyan şehir ısı adası bulunmaktadır. Şehir ısı adasının en güçlü olduğu zaman 03:00-09:00 arasındadır. (şehir kır farkı  $2,1^{\circ}\text{C}$ - $2,8^{\circ}\text{C}$  FES). Şehrin doğusunda ısı adasının falesi daha dik, batısında ise daha eğimlidir. Şehrin gündüz soğuk ada, gece sıcak ada olması bulgusu, Svensson ve Eliasson'un (2002) gerçekleştirdiği çalışmanın sonuçlarıyla uyumaktadır. Gothenburg (İsveç) şehrinde farklı kullanım özelliklerine sahip üç alanın (yoğun şehirleşme, apartmanlar ve müstakil evler) iklimi ve canlı ikliminin incelendiği çalışmaya göre, geceleri yoğun binaların bulunduğu alan, diğer alanlardan her zaman daha sıcaktır ve en yüksek sıcaklık sapmasına sahiptir ( $8^{\circ}\text{C}$ ). Bununla beraber apartmanlar ve müstakil evler, kırsal alanlardan ( $4^{\circ}\text{C}$ ) daha sıcaktır. Havanın açık olduğu gündüz saatlerinde ise binaların bulunduğu saha kırdan daha soğuktur. Ankara şehir merkezinde ortaya çıkan bu soğuk ada 12:00-18:00 arasında nispeten daha güçlüdür. Yükseltiye bağlı olarak soğuk ve sıcak adanın oluşum hızı değişmektedir. Daha yüksek kırsal alanlarda ( $>950$  m) 09:00'da başlayan ve 15:00'e doğru gücünü kaybeden soğuk ada, yükseltisi daha az olan ( $<950$  m) kırsal arazilerde 15:00'de asıl şeklini almaktadır. 950 metreden daha alçak kırsal alanlarda

şehir ısı adası etkisini 12:00'ye kadar korumaktadır. Bunun nedeni, atmosfer kalınlığına bağlı olarak ısınmanın daha geç ortaya çıkmasıdır. İnce atmosfer daha çabuk ısınıp soğumakta, daha kalın atmosfer ise daha geç ısınıp soğumaktadır. Yüksek kırsal alanların daha alçakta olanlara nazaran sadece saat 12:00-15:00 saatleri arasında daha yüksek FES değerlerine sahip olması bu fikri doğrulamaktadır.

Şehir ormanları ve ağaçlı park alanları, Aralık ayında en yüksek termal algılama değerlerine (günlük ortalama 2,6°C FES) sahiptir. Bu durum Mayer vd. (1997) ile Mayer ve Matzarakis'in (1997; 1998) elde ettikleri bulgularla uyumludur. Bu çalışmalarda ağaç gölgesinin ortalama radyan sıcaklığı önemli ölçüde azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra Freiburg'un (Almanya) batı sınırında, 40 yaşında meşe ve kayın ağaçlarından oluşan ormanın, ağaçsız alanlara nazaran daha düşük ve konforlu FES değerlerinin oluşmasına neden olduğu vurgulanmaktadır. Orman içindeki boş bir alandaki FES değerlerinin de araştırıldığı çalışmada (Mayer vd., 1997) orman içindeki açık alan (ormanın dışındaki çimenlik bir saha) ile ormanlık alan arasında ortalama radyan sıcaklık değerleri arasındaki en yüksek farkın öğleden sonra oluştuğu ve 30 K ulaştığı sonucuna varılmıştır. Gece açık alanda ortalama radyan sıcaklık değerleri daha düşüktür. Açık alanlarda geceleyin güçlü bir soğuk stresi ortaya çıkarken, ağaçların kanopisi tarafından tutulan uzun dalga radyasyonu daha yüksek ortalama radyan sıcaklık değerlerinin ölçülmesine neden olmuştur (Mayer vd., 1997). Ankara'da da gündüz saatlerinde, şehir içi ormanlık alanların açık alanlarında bulunan istasyonlarda, yoğun bina alanlarına göre daha yüksek FES değerleri görülmektedir. Bunun temel nedeni üst atmosferdeki düşük uzun-dalga radyasyonudur. Şehir ormanı içi açık alanlar gerek hava sıcaklığı, gerekse ortalama radyan sıcaklık bakımından çevrelerindeki ağaçlı alanlardan çok daha yüksek değerlere sahip olduklarından termal konfor değerleri de yüksektir.

2010 Aralık ayı termal algılama ortalamalarına göre gün batımından doğumuna kadar şehir merkezinin yoğun binalarla kaplı alanları en yüksek FES değerlerine sahiptir. Bunu sırasıyla şehir ormanları ve yeşil alanları, banliyöler ve kırsal alanlar takip etmektedir. Yükselti, bakı ve topoğrafya şehir ısı adasının şeklini ve gücünü değiştirmektedir. Gündüz saatlerinde en yüksek değerler orman içi açık alanlarda ortaya çıkmaktadır. Şehir merkezinde ise FES değerleri soğuk bir ada oluşturacak kadar düşüktür. Yükselti, topoğrafya ve bakı gündüz saatlerinde ısınma sürecinde etkili olmaktadır. Güneşin doğuşundan itibaren yüksek

kırsal alanlardaki termal koşullar şehirlerden daha yüksektir. Alçak kırsal alanlarda ise benzer durum öğleden sonra açığa çıkmaktadır.

Gece saatlerinde yüksek teraslar zeminlerden daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Bunun başlıca nedeni binaların ısıtılmasının teras ve balkonlara etkisidir. Ayrıca teras ve balkonların sadece belli yönlerden rüzgâr alabilmeleri de FES değerlerini etkilemektedir.

Güneşlenme süresinin daha uzun, global radyasyon oranının daha fazla olduğu temmuz ayında, FES değerleri daha olumlu termal konfor koşullarını oluşturmaktadır. Termal konfor koşullarına etki eden süreçler aralık ayıyla aynı şekilde işlemekte, sadece zamanlamaları ve etkileri değişmektedir.

Temmuz ayı ortalama FES değerlerine göre, sabah 06:00-09:00 ve akşam 18:00-21:00 saatleri arasında konforlu (termal stresin olmadığı ve çok az sıcak stresinin olduğu) termal algılamalar geniş alanlar kaplamaktadır. 21:00-06:00 saatleri arasında düşük seviyelerde de olsa soğuk stresi, 09:00-18:00 saatleri arasında ise çeşitli düzeylerde sıcak stresi ortaya çıkmaktadır. Temmuzda, benzeşik (homojen) termal algılama değerlerinin ortaya çıktığı aralık ayından farklı olarak çok çeşitli termal konfor koşulları oluşmaktadır. Bunun önemli bir nedeni gelen enerji miktarının artmasının yanı sıra çeşitli gölgelenme, rüzgâr hızı, nem koşullarının değişik termal algılamalar ortaya çıkarmasıdır. Aralıkta en yüksek FES ile en düşük FES arasındaki fark ortalama 6°C iken, temmuzda 8°C'dir. Gün içinde gelişen en yüksek FES ile en düşük FES arasındaki fark ise aralıkta 18°C, temmuzda 36°C'dir.

Temmuz ayında da aralıkta olduğu gibi şehir merkezinde gece sıcak ada, gündüz ise soğuk ada oluşmaktadır. Şehir ısı adasının en güçlü olduğu zaman dilimi 03:00'tür. Şehir ısı adasının aralıkta ortalama 12 saatlik bir ömrü vardır. Temmuzda bu süre 6 saate düşmektedir. Şehir ısı adasının ömrü kısalmasına rağmen gücü artmaktadır. Aralıkta kır ve şehir arasında oluşan termal algılama farkı en fazla 3°C'ye kadar yükselirken, temmuzda bu fark 6°C'ye kadar çıkmaktadır. Dolayısıyla serin yaz gecelerinde şehir merkezi daha olumlu termal konfor koşullarına sahiptir.

Şehir merkezindeki binaların üst katları ile alt katlarındaki FES değerleri birbirinden farklıdır. Aralık ayında çok düşük olan bu fark (0,5°C-1,5°C), temmuzda 8°C'ye kadar çıkmaktadır. Gece saatlerinde fark azalırken (1°C) gündüz artmaktadır (7°C-8°C). Dolayısıyla yazın yüksek teraslar, zemindeki koşullara nazaran çok daha serin termal koşullar sunmaktadır.

Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

Aralık ayında olduğu gibi, temmuz ayında da gündüz en yüksek FES değerleri şehir içi orman ve yeşil alanlarda ortaya çıkmaktadır. Bu bulgu Mayer vd. (1997) tarafından desteklenmektedir. Freiburg’da da orman içi açık alanlarda neredeyse tüm gün boyunca sıcaklık stresi ortaya çıkarken, gölgelik arazilerde ya hiç sıcaklık stresi bulunmamakta ya da orta derece sıcaklık stresi oluşmaktadır. Orman içi açık alanlar, ağaçların kanopisinden kaynaklı olarak yüksek ortalama radyan sıcaklıklara maruz kalmaktadırlar. Bunun en güzel delillerinden biri, radyasyonun en yüksek seviyede olduğu saat 12:00 ve sonrasında şehir ormanı ile şehir arasındaki farkın artmasıdır. Diğer, radyasyonun nispeten düşük seviyelerde olduğu aralıkta, farkın, temmuza nazaran daha düşük olmasıdır. Dolayısıyla özellikle yaz mevsiminde rekreasyon alanı olarak kullanılan bu tip alanlardaki açık alanlar, önemli sıcaklık streslerine yol açmaktadırlar.

Temmuz ayında da gün doğuşundan (06:00’dan önce) saat 21:00’e kadar şehir merkezi bir soğuk ada haline gelmektedir. Bu soğuk ada aralıktakinden daha uzun ömürlü ve daha güçlüdür. Gelen radyasyonun üzerindeki atmosfere geri verilmesinde, arazi kullanım son derece etkili bir faktördür. Şehirler gerek dokuları (yüzeyleri oluşturan malzeme cinsi, rengi), gerek paternleri (yüzey geometrisi ve topografyaları) bakımından kırdan farklıdırlar. Güneşten gelen ısı enerjisinin (radyasyonun) soğurulması kıra nazaran karmaşık süreçlerden geçer. Bunların sonucu olarak kır alanları çabuk ısındıkları halde şehirlere göre daha çabuk soğurlar. Şehirlerin içindeki orman ve yeşil alanlar, ısınma- soğuma döngülerinin farklılaştığı alanlardandır ve hava koşulları üzerindeki şehir etkisinin yumuşamasını sağlamaktadırlar. Temmuz ayında gündüzleri şehirde kıra nazaran daha serin, geceleri ise daha sıcak termal koşullar hüküm sürmektedir. Kırsal alanlarda yükselti ve topografya koşullarına bağlı olarak termal koşullarda farklılaşmalar görülmektedir.

#### 4.Sonuç

Çalışma alanında FES termal algılama dizini kullanılarak yapılan analizlere göre, kışın  $-6^{\circ}\text{C}$ - $11^{\circ}\text{C}$ , yazın ise  $13^{\circ}\text{C}$ - $50^{\circ}\text{C}$  arasında değişen termal konfor değerleri görülmektedir. İnsan biyoklimatolojisi üzerinde arazi kullanımı önemli ölçüde etkilidir. Her iki dönemde de şehir ormanlarındaki açık alanlar gündüz saatlerinde en yüksek FES değerlerine sahiptir. Gerek aralıkta gerekse temmuzda gündüz saatleri boyunca şehir merkezinde soğuk, gece saatlerinde ise sıcak ada oluşmaktadır. Geceleri oluşan sıcak adanın ömrü yazın azalırken,

Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

gücü artmaktadır. Sıcak ada topografya ve yükseltiden nispeten daha az etkilenmektedir. Soğuk adanın şekillenmesinde ise topografya, bakı ve yükseltinin etkisi daha fazladır. Soğuk adanın yaşam süresi yazın uzarken, gücü de artmaktadır. Şehir merkezinde zemin ve yüksek teraslar arasında aralıkta önemli farklar bulunmazken, temmuzda gündüz saatlerinde önemli farklar oluşmaktadır. Isınmanın ortaya çıktığı gündüz saatlerinde, Ankara şehri insan biyoklimatolojisi üzerinde arazi kullanım, bakı, yükselti ve topografya koşullarının hemen hemen ortak etkileri bulunurken, soğumanın esas olduğu gece saatlerinde temel etken arazi kullanımıdır.

### Teşekkür

Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Müdürlüğü tarafından desteklenen projeleri kapsamında elde ettikleri verilerin kullanımına izin veren Prof. Dr. Şükran Şahin'e ve Prof. Dr. İhsan Çiçek'e teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- Büttner, K., (1938). *Physikalische Bioklimatologie: Probleme und Methoden*. Akademische Verlagsgesellschaft mbH. Leipzig.
- Driscoll, D.M., (1992). Thermal Comfort Indexes. Current Uses and Abuses. *Nat. Weather Digest*, 17, 33-38.
- Epstein, Y., Moran, D. S., 2006. Thermal Comfort and the Heat Stress Indices. *Industrial Health*, 44, 388–398.
- Gagge, A. P., Stolwijk, J. A. J., Nishi, Y., (1971). An Effective Temperature Scale Based on a Simple Model Of Human Physiological Regulatory Response. *ASHRAE Transactions*, 77, 247-257.
- Höppe, P. (1999). The Physiological Equivalent Temperature—A Universal Index For The Biometeorological Assessment Of The Thermal Environment. *International Journal Biometeorology*, 43, 1: 71–75.
- ISO (International Organization for Standardization) 7726: 2002. Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities.
- 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.

Çalış, O., Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

- 
- Maarouf, A.R. ve Munn R.E., (2005). Bioclimatology, İçinde *Encyclopedia of World Climatology*, (Edit. Oliver, E., J.), Springer, Dordrecht. : 158-165.
- Matzarakis A., Mayer H., (1996). Another Kind Of Environmental Stress: Thermal Stress. *WHO News*, 18, 7-10.
- 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.
- Mayer, H., Matzarakis, A., (1997) The Urban Heat Island Seen from the Angle of Human-Biometeorology. İçinde: Proceedings of the International Symposium on Monitoring and Management of the Urban Heat Island, Fujisawa: 84–95.
- Mayer, H., Matzarakis A. ve Linser, S., (1997). Thermischer Wirkungskomplex der Waldatmosphäre. *Annual Meteorologie*, 33, 34–39.
- Mayer, H., Matzarakis, A., (1998). Human-Biometeorological Assessment of Urban Microclimates' Thermal Component. İçinde: Proceedings 2nd Japanese-German Meeting “Klimaanalyse für die Stadtplanung”. Research Centre for Urban Safety and Security, Kobe University. Special report 1: 155–168.
- Parsons, K.C., (2003). *Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, And Cold Environments On Human Health, Comfort And Performance*. Taylor & Francis, London, New York.
- Svensson, Marie K., ve Eliasson, I., (2002). Diurnal Air Temperatures In Built-Up Areas In Relation To Urban Planning. *Landscape and Urban Planning*, 61, 37–54.
- VDI, 1998. VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 3787, *Part I: Environmental Meteorology, Methods for The Human Biometeorological Evaluation Of Climate And Air Quality For The Urban And Regional Planning At Regional Level. Part I: Climate*. Beuth, Berlin.