



Seasonal variation of surface temperature based on land cover in Ankara

Ankara şehrinde yüzey sıcaklıklarının arazi örtüsüne göre mevsimsel değişimi¹

İhsan Çiçek²
Erkan Yılmaz³
Necla Türkoğlu⁴
Onur Çalışkan⁵

Abstract

In this study, the seasonal variation of the surface temperature of Ankara urban area and its environment have been analyzed by using Landsat 7 image. The Landsat 7 images of each month from 2007 to 2011 have been used to analyze the annually changes of the surface temperature. The land cover of the research area was defined with supervised classification method on the basis of the satellite image belonging to 2008 July. After determining the surface temperatures from 6-1 bands of satellite images, the monthly mean surface temperatures were calculated for land cover classification for the period between 2007 and 2011. According to the results obtained, the surface temperatures are high in summer and low in winter from the air temperatures. All satellite images were taken at 10:00 am, it is found that urban areas are cooler than rural areas at 10:00 am. Regarding the land cover classification, the water surfaces

Özet

Bu çalışmada, Ankara şehri ve çevresindeki yüzey sıcaklıklarının yıl içerisindeki değişimi incelenmiştir. 2007-2011 yılları arasında yılın tüm aylarına bir görüntü düşecek şekilde, Landsat 7 uydusu ile alınan görüntülerin kullanıldığı çalışmada, 2008 yılı temmuz ayı görüntüsünden kontrollü sınıflandırma yöntemiyle şehir ve çevresine ait arazi örtüsü oluşturulmuştur. Uydu görüntülerinin 6-1 termal bantından yüzey sıcaklıkları hesap edildikten sonra, arazi örtülerinin her aya ait ortalama yüzey sıcaklıkları belirlenmiştir. Elde edilen değerlere göre yüzey sıcaklıkları, hava sıcaklığına paralel olarak, yaz aylarında yüksek, kış aylarında düşüktür. Tüm uydu görüntüleri saat 10:00 (GMT+2)'da alındığı için şehir, kırsal alanlara göre düşük sıcaklıkta çıkmıştır. Arazi örtüsüne göre su yüzeyleri tüm yıl boyunca en soğuk yüzeylerdir. En sıcak yüzeyler ise mera alanları ile kuru tarım alanlarıdır. Şehir içerisindeki yeşil alanlar kış

¹ Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir. Proje no: 10B6055002.

² Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara, ihsan.cicek@ankara.edu.tr

³ Arş. Gör. Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara, eryilmaz@ankara.edu.tr

⁴ Yrd. Doç. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara, nturkoglu@ankara.edu.tr

⁵ Arş. Gör. Dr., Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Ankara, ocaliskan@ankara.edu.tr

are the coolest surfaces during the whole year. The warmest areas are the grasslands and dry farming areas. While the parks are warmer than the urban areas during the winter, during the summer they are cooler than artificial land covers. The urban areas with higher building density are the cooler surfaces after water bodies.

Keywords: Ankara; urban heat island; thermal bands; Landsat; land cover.

[\(Extended English abstract is at the end of this document\)](#)

Giriş

İnsan tarafından oluşturulmuş alanlar içindeki şehirler, çevrelerine göre farklı sıcaklık, rüzgâr, yüzey akışı koşullarına sahiptir (Landsberg, 1981; T.R. Oke, 2002). Şehirler, lokal iklim bölgeleri oluşturmakta ve bir tür mikroklima alanı yaratmaktadırlar. Şehirler, çevrelerindeki kırsal alanlara göre ortalama 4°C daha sıcaktır (Oleson, Bonan, Feddema, & Jackson, 2011).

Çevrelerine göre daha sıcak ve bazen de soğuk olabilen şehirler (T. R. Oke, 1982), ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarında farklılıklar yaratmakta (Lee, Song, Baik, & Park, 2009), sıcaklık streslerine neden olmaktadır (Balogun, Balogun, & Adeyewa, 2010; Oka, 2011; Tomlinson, Chapman, Thornes, & Baker, 2011; Zhang, Shou, Dickerson, & Chen, 2011). Şehirlerde yaşayan yoğun nüfus ve endüstri faaliyetine bağlı olarak kirlilik artmaktadır (Lin ve diğ., 2008). Şehirler çevrelerine göre hem dikey hem de yatay görüş oranının azaldığı bölgeler olarak karşımıza çıkmaktadır (Cheng & Tsai, 2000). Şehirlerde hidrolojik döngü kesintiye uğramaktadır (Bounoua, Safia, Masek, Peters-Lidard, & Imhoff, 2009; Guoxiang, Bowling, Cherkauer, Pijanowski, & Niyogi, 2010). Bunlara bağlı olarak şehirler, insan sağlığını ve yaşam kalitesini etkileyen hava olaylarının görüldüğü yerlerin başında gelmektedir.

Şehirlerdeki bu iklim farklılığını yaratan ana nedenler içerisinde yüzey alanının artışı, düşük rüzgâr hızı, hava kirleticilerindeki yüksek oran, antropojenik ısı, yapı ve örtü malzemelerin özellikleri ile su yoksunluğuna bağlı buharlaşma azlığı ve düşük gök görüş oranı (GGO) sayılabilmektedir. GGO, antropojenik ısı ve yapı-örtü malzemelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri bu faktörler içerisinde daha da belirleyici olmaktadır (Matzarakis, 2011).

Şehirlerin kırsal alanlara göre sıcak olma durumu “şehir ısı adası (ŞIA)” kavramı ile anlatılmaktadır. ŞIA, şehrin gün boyunca kırsal alanda sıcak olma durumudur. Çünkü şehirlerde depo edilen enerji o kadar fazladır ki, gece soğuma döneminde kaybedilen enerji bile, kırsal alanların

aylarında şehirden daha sıcakken, yaz aylarında şehirden daha soğuktur. Şehir alanı genel olarak, su yüzeylerinden sonra en soğuk yüzeylerden oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ankara, şehir ısı adası, ısı bandı, Landsat, arazi örtüsü.

sabah saatlerinde aldıkları yüksek enerji miktarından daha fazladır. Buna rağmen tropikal, kurak ve karı-kurak iklimlerde şehirsel alanlar gün içinde kırsal alanlara göre belli saatlerde (güneş battıktan birkaç saat sonra) sıcakken, güneş doğduktan sonra soğuk durumdadır (Pena, 2008). Bu durum “Negatif ŞIA” kavramı ile tanımlanmaktadır.

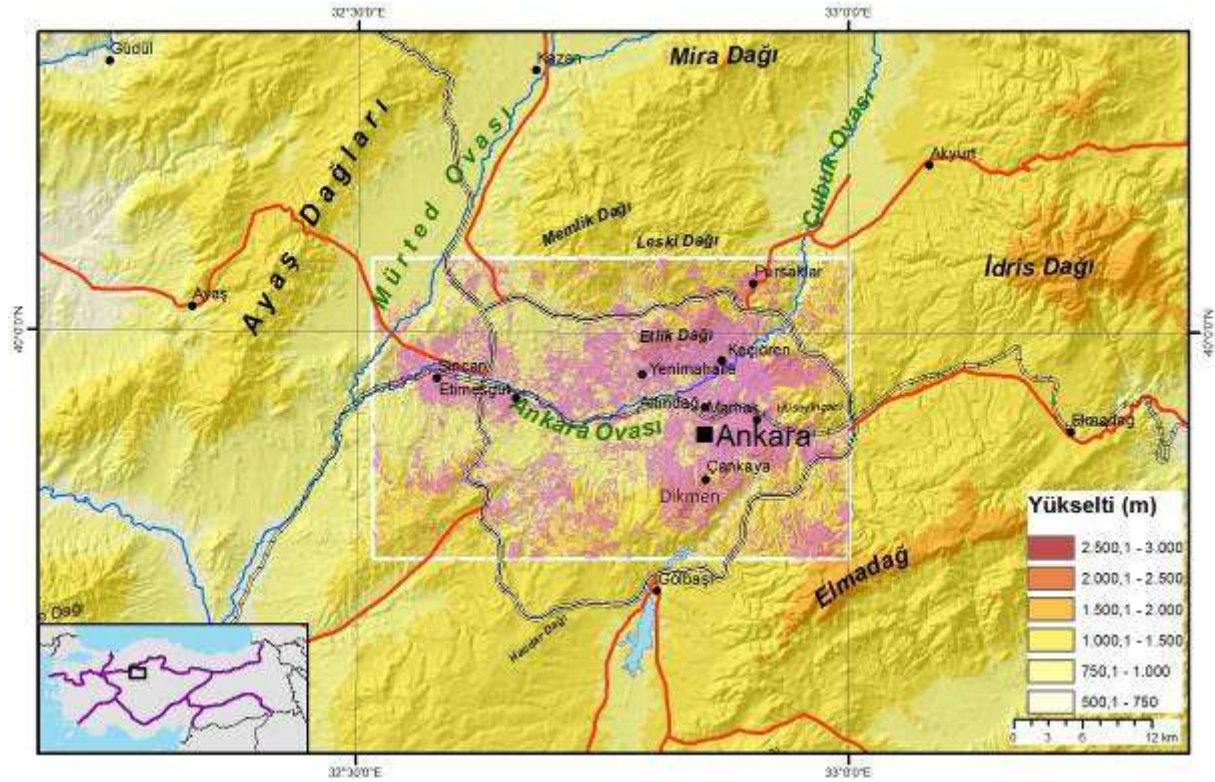
ŞIA hem hava sıcaklıklarında hem de yüzey sıcaklıklarında görülebilmektedir (Giovannini, Zardi, & de Franceschi, 2011; Stathopoulou ve diğ., 2009). Yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak belirlenen şehir ısı adası “yüzey ısı adası (YIA)” olarak nitelenir ve negatif YIA’dan da bahsetmek mümkündür.

Türkiye’deki şehirlerin çevrelerindeki kırsal alanlara göre daha farklı meteorolojik değişkenlere sahip olduğu birçok araştırma ile belirlenmiştir. İzmir ve Bursa için yapılan analizlerde beklenen sonuçlar elde edilmese de (Acar, 2005; Tanrıku, 2006), İstanbul ve Ankara için yapılan çalışmalar, şehir ısı adası etkisinin görüldüğünü göstermiştir (Çiçek, 2003; Çiçek & Türkoğlu, 2005; Karaca, Antepioğlu, & Karsan, 1995; M. Karaca, M. Tayanç, & H. Toros, 1995; M. Karaca, M. Tayanç, & H. n. Toros, 1995). Meteorolojik parametrelerin değerlendirilmesinin yanı sıra uydu görüntüleri ile İstanbul ve Ankara’da oluşan ısı adası araştırılmıştır (Bilgili, 2009; Kuşçu & Şengezer, 2011; Yüksel & Yılmaz, 2008). Özellikle Ankara ile ilgili çalışmalarda, şehrin tamamı göz önüne alınmamış ve daha da önemlisi oluşan negatif YIA’dan bahsedilmemiştir.

Bu çalışmada, Ankara şehrinde oluşan ısı adasının yıl içerisindeki gelişimi uydu görüntüleri ile incelenmeye çalışılmıştır. Uydu görüntüleri, günün sadece belli bir saatinde alındığından, şehir ile kırsal arasındaki sıcaklık durumu, meteoroloji istasyonlarının *saatlik* verileri ile tamamlanmıştır. Şehir ve çevresine ait uydu görüntüsünden, kontrollü sınıflandırma ile arazi örtüsü oluşturulmuş, arazi örtüsü sınıflarına göre yıl içindeki yüzey sıcaklık değişimi incelenmiştir.

1. Çalışma Alanı

Ankara, İç Anadolu Bölgesi’nde yer alan, 4 milyondan fazla nüfuslu bir şehirdir. 39°38'81" ve 40°02'30" kuzey enlemleri ile 32°31'20" ve 33°05'06" doğu boylamları arasında yer alan Ankara şehri, Ankara Ovası ve çevresinde kurulmuştur. Ankara Ovası, bir çanak şeklindedir. Bu çanağın merkezi, Ankara Çayı vadi tabanı ile sekilerinden oluşurken, çevresindeki yüksek alanlarda aşınım düzlükleri bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı ve çevresine ait yükselti ve rölyef haritası

Ankara şehri batıda Sincan civarında 750 metre yükseltiden başlar ve Ankara tren istasyonunda 850 metreye ulaşır. Dikmen civarında 1000 metreyi geçen yükseltilere çıkan yerleşme alanı, kuzeyde Keçiören civarında yine 1100 metrelerdedir. Şehrin büyük kısmı 800-900 metre yükselti aralığındaki Ankara Ovası ve çevresindeki sekilerde kurulmuştur.

Şehir, Cumhuriyetin ilk yıllarında Kale ve çevresinde yayılan küçük bir yerleşmeyken, 1970'lere kadar yavaş yavaş büyümüş, bu yıllardan sonra hızlı bir büyüme sürecine girmiştir. 1970'lerde yine Kale merkezli fakat daha geniş bir alana yayılan şehir bu yıllarda batıya doğru gelişmiştir. 1985'e kadar gelişme daha çok kuzey ve güney yönde olmuştur (Anonim, 2006). Günümüze doğru ise batı yönünde gelişme artmıştır. 1990 yılından sonra, özellikle şehirlerarası yolların kenarlarında büyüme eksenleri oluşmuştur. Halen bu eksenler yerleşme için gelişme potansiyeli sunan alanları oluşturmaktadır.

2. Veri ve Yöntem

Çalışmada, Ankara şehrinde ŞIA gelişimi için Landsat TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler, Birleşik Devletler Jeoloji Araştırma Kurumuna (USGS) ait internet sitesinden (<http://glovis.usgs.gov/>) indirilmiştir. Görüntüler Landsat 7 uydusu ile elde edilmiştir. Görüntü tarihleri ile görüntülerin alındığı andaki nispi basınç durumu Çizelge 1'de görülmektedir.

Landsat uydusu her çerçeveyi 16 günde bir tekrar görüntülemektedir. Buna göre bir çerçeve yılda 23 defa görüntülenmektedir. Fakat bulut örtüsü, görüntülerin kullanımını olanaksızlaştırmaktadır. Bu nedenle bir yılda, tüm aylara ait uydu görüntüleri elde edilememektedir. Ankara şehrine ait aylık uydu görüntüleri dört yılı kapsayan bir zaman diliminde (2007-2011) tamamlanabilmiştir.

Çizelge 1. Uydu görüntülerinin tarihleri ve özellikleri. YSort- Yüzey sıcaklık ortalaması, YSstd- Yüzey sıcaklık standart sapması, YB- Yüksek Basınç, AB-Alçak Basınç

| Tarih | YS _{ort} | YS _{std} | Nispi Bas. |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------|
| 22 Ocak 2007 | 6,0 | 1,1 | YB |
| 18 Şubat 2011 | 9,1 | 1,7 | AB |
| 19 Mart 2010 | 12,0 | 1,8 | YB |
| 12 Nisan 2007 | 16,8 | 1,6 | AB |
| 14 Mayıs 2007 | 23,7 | 2,0 | AB-YB |
| 1 Haziran 2008 | 23,1 | 1,9 | YB |
| 19 Temmuz 2008 | 26,9 | 1,9 | YB |
| 18 Ağustos 2007 | 25,0 | 1,8 | YB |
| 5 Eylül 2008 | 24,3 | 1,9 | YB |
| 26 Ekim 2009 | 16,2 | 1,9 | YB-AB |
| 22 Kasım 2007 | 8,2 | 1,2 | YB |
| 24 Aralık 2007 | 5,4 | 1,3 | YB |

*Uydu görüntülerinin alındığı günlerde ve bir önceki günde AMİ istasyonunda yağış ölçülmemiştir. YB-Yüksek basınç, AB-Alçak basınç, YB-AB-Alçak ve Yüksek basınç koşulları arasında.

Landsat 7 ETM uydu görüntülerinde 2003 yılından beri satır boşlukları oluşmaktadır. Bu satır boşluklarının giderilmesi için çeşitli yöntemler bulunmaktadır (Önder, 2002). Çalışmada, boşlukların doldurulmasında ENVI yazılımı içerisinde bulunan “gap_fill” (boşluk doldur) aracı kullanılmıştır. Bu araç, görüntüdeki boş piksel değerlerini, çevresindeki piksel değerlerinin ortalamasını alarak doldurmaya ve yumuşatma yapmaktadır.

Landsat 7 ETM uydusu, 6-1 ve 6-2 adlarında, 10.40 - 12.50 μ dalga boyu arısında görüntü alan, konumsal çözünürlüğü 60 m olan iki farklı ısı bandı (thermal band) sahiptir. Bunların her ikisi de yüzey sıcaklıklarında benzer sonuçlar vermektedir (Amarsaikhan, Ganzorig, & Moon, 2011). 6-2 bandı özellikle su yüzeyine ait sıcaklıkları daha iyi göstermektedir (Trisakti, Sulma, & Budhiman, 2004). Bu iki bant, birbirinden çok farklı olmayıp, bu çalışmada 6-1 bandının kullanılması tercih edilmiştir.

2.1.Yüzey Sıcaklık Haritaları

Görüntülerin sıcaklık modeline çevrimi bazı işlemlerin sırasıyla yapılmasını gerektirmektedir (Baumann, 2009). Bunun için ilk olarak spektral radyans değerleri bulunmuştur. Bu amaçla eşitlik 1 kullanılmıştır.

$$SR = [0,1238 + (0,005632 * DN)] \quad [1]$$

Burada, SR; spektral radyansı, DN ise görüntünün yansıma değerini (0-255) ifade etmektedir.

Elde edilen SR değerleri eşitlik 2 kullanılarak kelvin (K) dereceye ve eşitlik 3 kullanılarak santigrad dereceye çevrilmiştir. Aşağıdaki eşitlikler yardımı ile sıcaklık modelleri üretilmiştir.

$$K = 1260,56 / \left\{ \ln \left[\left(\frac{60,776}{SR} \right) + 1 \right] \right\} \quad [2]$$

$$^{\circ}C = ^{\circ}K - 273,15 \quad [3]$$

Görüntüler sıcaklık modeline dönüştürüldükten sonra, şehir ve çevresine ait ortalama yüzey sıcaklık değerleri ve sıcaklıkların standart sapmaları hesap edilmiştir (Çizelge 1). Standart sapma değeri, arazi örtüsü içerisindeki sıcaklık değişkenliğini belirtmek amacıyla kullanılmıştır.

2.2. Arazi Örtüsünün Belirlenmesi

Ankara şehrine ait arazi örtüsü, uydu görüntülerinden kontrollü sınıflandırma yöntemi ile oluşturulmuştur. Bu yöntem uygulanırken, En Çok Benzerlik (Maximum Likelihood) tekniği kullanılmıştır. Şehir ve çevresine ait arazi örtüsü çıkarılırken, su yüzeyleri 3, iğne yapraklı ormanlar 2, kuru tarım alanları 5, mera alanları 5, şehir alanı 4, sulu tarım alanları ile park ve bahçeler 4, çıplak alanlar 2 örnekle temsil edilmiş ve sonuçta arazi örtüsü oluşturulmuştur. Arazi örtüsü elde edilirken görüntünün yaz aylarına ait olması, vejetasyonun zengin olması ve tüm görüntüler için zamansal olarak orta bir noktada olması göz önüne alınarak 2008 yılı Temmuz ayına ait Landsat 7 görüntüsünün 9 bandı kullanılarak arazi örtüsü oluşturulmuştur. Elde edilen arazi örtüsü sınıfları, arazi çalışmaları yapılarak doğrulanmıştır.

2.3. İstasyon Verileri

Çalışmada, uydu görüntüleri ile elde edilen yüzey sıcaklıkları, Ankara'daki meteoroloji istasyonları ile bağdaştırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla istasyonların günlük sıcaklık grafikleri incelenmiş ve görüntünün alındığı saatteki hava sıcaklıkları analiz edilmiştir.

Değerlendirmek üzere biri kırsal özellikte, diğeri şehirselleşmiş olan iki istasyon verisi kullanılmıştır. Şehirselleşmiş olarak Ankara meteoroloji istasyonu (AMİ), Emek ve Cebeci istasyonları, kırsal istasyon olarak ise, Etimesgut meteoroloji istasyonu (EMİ), Şeker Fabrikası istasyonu (ŞFAB) kullanılmıştır. Emek istasyonu tam şehirselleşmiş olan bir istasyon olmasına rağmen veri setinde eksiklikler bulunmaktadır. Bu nedenle AMİ ve Cebeci istasyonlarının verilerine gereksinim duyulmuştur. Aynı şekilde EMİ istasyonu kırsal karakterdeki bir istasyondur fakat

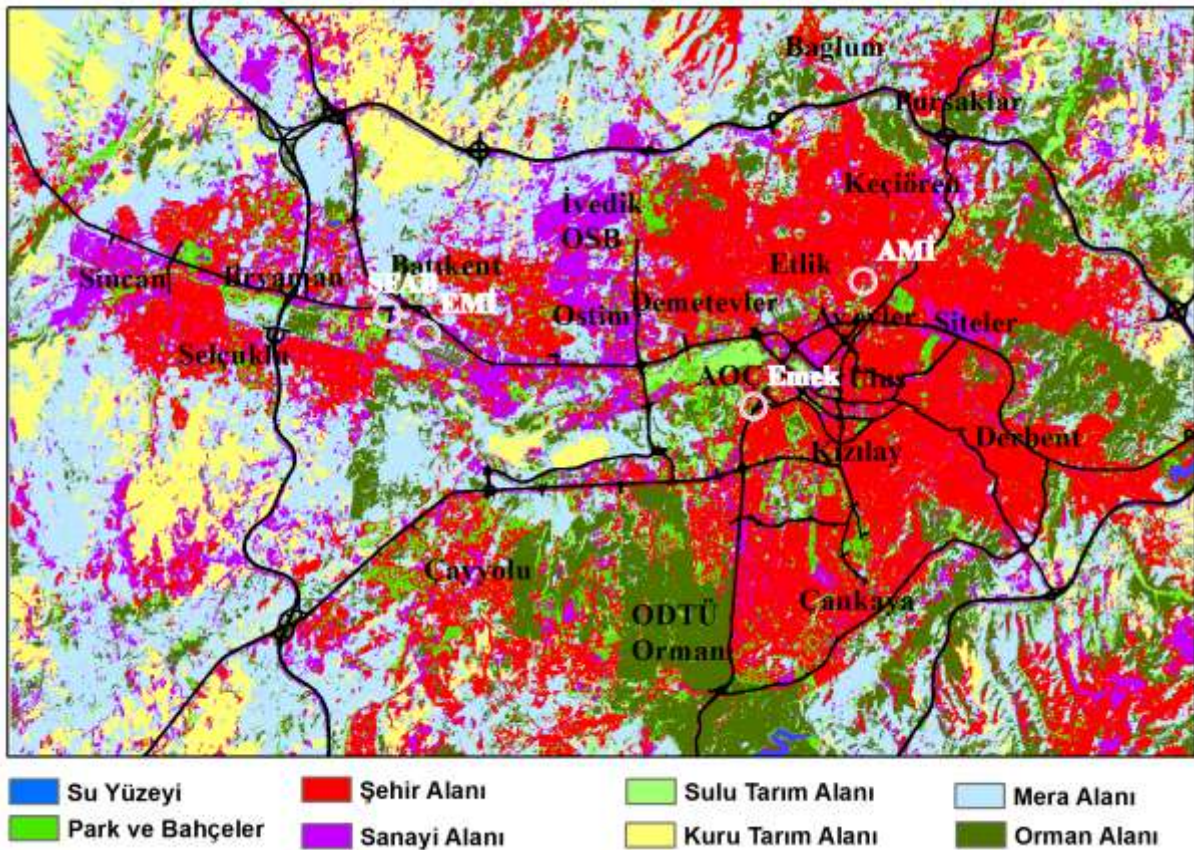
verilerinde eksiklik bulunmaktadır. Bu nedenle bazı görüntülerin alındığı saatler için ŞFAB istasyonu kullanılmıştır.

3.Bulgular

Bu kısımda ilk olarak, Ankara şehri ve çevresine ait arazi örtüsü değerlendirilmiş, ardından bu arazi örtülerindeki sıcaklık değişimi mevsimlere göre incelenmiştir.

3.1.Ankara Şehri Arazi Örtüsü (2008)

Ankara şehri, konut alanları, ticaret alanları, sanayi alanları ve hizmet alanlarının iç içe bulunduğu bir şehirdir. Kızılay ve Ulus genel olarak ticaret alanları ile kaplıdır ve iki çekirdek oluşturur. Kızılay çevresi konut alanları, eğitim alanları, sağlık alanları ve kamusal alanlarla çevriliyken, Ulus çevresi oto sanayi, mobilya sanayi ve konut alanları ile kaplıdır. Şehir bu iki merkezin çevresinde konut alanlarından oluşmaktadır. Bu alanların tümü, insan yapısı örtülerle kaplıdır. Bu alanlar içerisindeki sanayi tesisleri, şehrin diğer kısımlarından farklı yapı malzemeleri ile kaplıdır. Bu nedenle de şehirden farklı sıcaklık rejimi göstermektedir.



Şekil 2. Kontrollü sınıflandırma yöntemine göre Ankara şehri çevresi arazi örtüsü (Temmuz 2008)

Şehir kuzeybatıda Ostim ve İvedik Organize sanayi alanları ile kesilir ve ardından tekrar Batıkent konut alanları başlar. Daha batıda Eryaman ve Sincan konut alanları ile sanayi alanları bulunmaktadır (Şekil 2).

Şehir güneyde ve güneybatıda Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) ormanı ile son bulur. Ancak Eskişehir yolunda Çayyolu, Konutkent, Beysukent gibi konut alanları bulunmaktadır (Şekil 2).

Şehrin merkezinde Ankara Çayı vadi tabanı bulunmaktadır. Bu vadi, şehrin merkezi denilebileceği yerde Atatürk Orman Çiftliği (AOÇ) ve tesislerinden oluşmakta ve şehir içerisinde geniş bir yeşil alan meydana getirmektedir. AOÇ, şehrin batıya gelişimini kesintiye uğratmış, şehir doğuda, kuzeyde ve güneyde genişlemiş, bu alanı doğudan bir hilal şeklinde çevrelemiştir (Şekil 2).

3.2. Mevsimlere Göre Ankara YIA

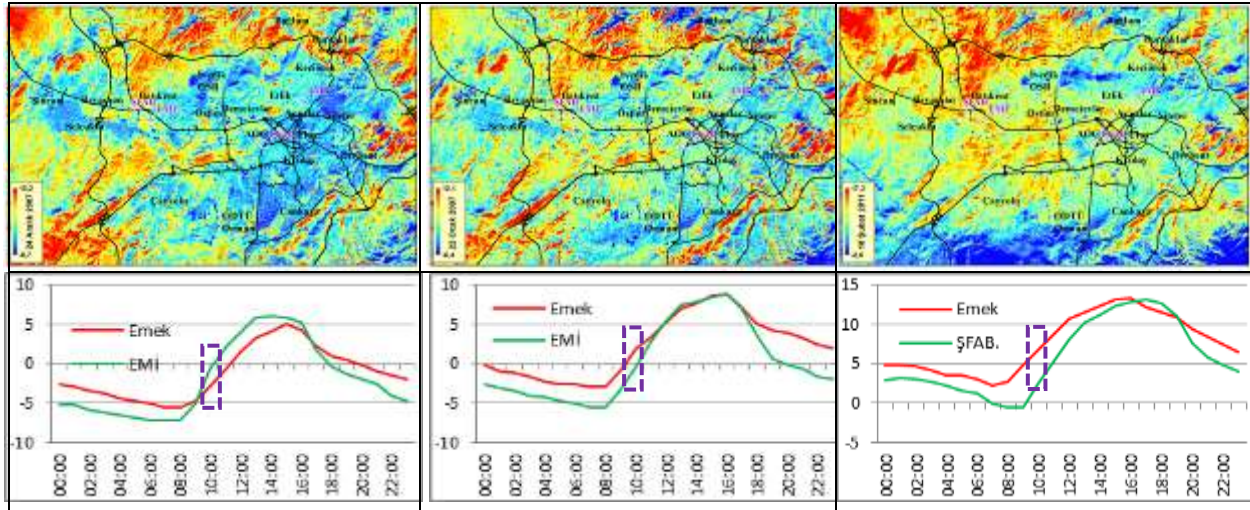
Ankara ve çevresine ait görüntülerden oluşturulan 12 adet sıcaklık modeline göre şehirde saat 10.00'da (uydu görüntüsünün alındığı saatte) Negatif YIA oluşmaktadır. Bunun nedeni şehir çevresindeki alanların hızlı ısınabilir özellikte olmasıdır. Negatif YIA'nın şiddeti aylara göre ve nispi basınç durumuna göre değişmektedir. Negatif YIA oluşumu, istasyon çifti doğru seçildiğinde, hava sıcaklıkları ile de desteklenmektedir.

Aşağıda, YIA'nın şiddeti, nispi basınçla ilişkisi, hava sıcaklıkları ile yüzey sıcaklıkları arasındaki bağlantı ve arazi örtüsü sınıflarına göre yüzey sıcaklık değişimi anlatılmaktadır.

3.2.1. Kış Ayları

Aralık, ocak ve şubat aylarına ait görüntüler genel olarak sıcaklığın düşük olduğu, şehrin karakteristik bir Negatif YIA sunmadığı aylardır (Şekil 3). Şehir ile kırsal alan arasındaki sıcaklık farkı, aralık ayında çok bariz olarak görülmekteyken, şubat ayında bu görünüm biraz belirsizleşir. Aralık ve ocak ayı görüntülerinde nispi basınç YB, şubat ayında AB durumundadır (Çizelge 1).

Aralık ayında EMİ istasyonundaki hava sıcaklığı Emek istasyonuna göre yüksek çıkmıştır. Ocak ve Şubat aylarında ise görüntünün alındığı saatte EMİ'de ve ŞFAB istasyonlarındaki hava sıcaklığı Emek istasyonuna göre düşüktür. Buna göre şehir, Aralık ayında görüntünün alındığı saatte kırsal alana göre soğuk iken, Ocak ve Şubat aylarında kırsal alana göre sıcaktır. Aralık ayında şehir-kırsal hava sıcaklığı farkı $-2,3$ °C iken, ocak ayında $2,2$ °C, şubat ayında ise $4,3$ °C olmuştur.



Şekil 3. Aralık (solda), Ocak (ortada) ve Şubat (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir.

İstasyonların, uydu görüntüsünden hesap edilen yüzey sıcaklıklarına bakıldığında, aralık ayında EMİ, Emek istasyonundan daha yüksek yüzey sıcaklığına sahiptir (5,5 ve 4,8 °C). Ocak ayında Emek istasyonundaki yüzey sıcaklığı EMİ'ye göre yüksektir (6,8 ve 6,5 °C). Şubat ayında, Emek istasyonundaki yüzey sıcaklığı hem EMİ'den hem de ŞFAB istasyonundan düşüktür (9,7;10,9;10,6 °C).

Aralık, ocak ve şubat aylarında, ortalama yüzey sıcaklığı en düşük arazi örtüsü genel olarak su yüzeylerindedir. Su yüzeylerinden sonra en soğuk yüzeyler şehir alanındadır (Aralık ayında park ve bahçeler). Şehir alanını, park ve bahçeler, sanayi alanları, sulu tarım alanları, orman alanları, mera alanları ve kuru tarım alanları takip etmektedir. Kış aylarında sıcaklık değişkenliğinin en yüksek olduğu yüzey, orman alanıdır. En düşük yüzey sıcaklıkları sanayi alanlarında belirlenmiştir (Çizelge 2).

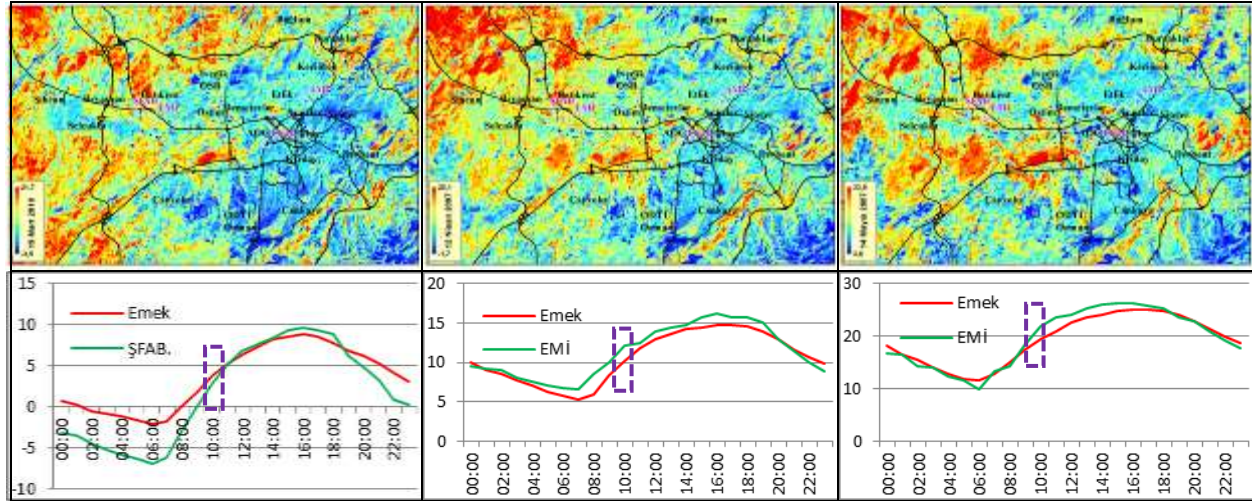
Çizelge 2. Kış aylarında, arazi örtülerinde belirlenen ortalama (T_{ort}), maksimum (T_{mak}) ve minimum (T_{min}) yüzey sıcaklıkları

| Arazi Örtüsü | Aralık-T _{ort} | Aralık-T _{min} | Aralık-T _{mak} | Ocak-T _{ort} | Ocak-T _{min} | Ocak-T _{mak} | Şubat-T _{ort} | Şubat-T _{min} | Şubat-T _{mak} |
|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Su Yüzeyleri | 4.60 | 2.79 | 6.45 | 4.54 | 3.47 | 6.78 | 5.79 | 3.13 | 9.36 |
| Kuru Tarım AL. | 6.50 | 1.77 | 10.31 | 6.49 | 1.77 | 12.18 | 10.15 | 3.13 | 15.24 |
| Sulu Tarım AL. | 5.26 | 0.74 | 10.31 | 5.99 | -0.30 | 12.18 | 8.96 | 2.46 | 15.24 |
| Park ve Bahçeler | 4.49 | -2.78 | 8.72 | 5.65 | -2.78 | 9.67 | 8.76 | 1.43 | 14.03 |
| Sanayi Alanı | 4.90 | -8.70 | 15.24 | 5.70 | -6.44 | 11.87 | 8.99 | -2.78 | 17.03 |
| Şehir Alanı | 4.50 | -4.23 | 10.62 | 5.47 | -3.50 | 10.62 | 8.49 | 1.43 | 14.03 |
| Orman Alanı | 5.39 | -1.00 | 11.25 | 6.07 | -1.36 | 12.18 | 8.92 | 2.46 | 16.14 |
| Mera Alanı | 6.20 | -0.30 | 11.25 | 6.43 | -1.71 | 12.18 | 9.56 | 2.46 | 17.33 |

3.2.2. Bahar Ayları

Mart, nisan ve mayıs aylarına ait görüntülerde şehir Negatif YIA özelliğindedir. Mart ayı görüntüsündeki YIA görünümü, nisan ve mayıs aylarına göre daha belirgindir (Şekil 3). Mart ayı

görüntüsü YB durumunda alınmışken, nisan ayı AB, mayıs ayı görüntüsü ise YB ve AB arasında alınmıştır (Çizelge 1).



Şekil 4. Mart (solda), Nisan (ortada) ve Mayıs (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kırsal ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir.

Mart ayında, Emek istasyonundaki hava sıcaklığı ŞFAB istasyonuna göre yüksektir. Nisan ve Mayıs aylarında, görüntünün alındığı saatte EMİ'de hava sıcaklığı Emek istasyonuna göre yüksektir. Bu da, kırsal alanın şehirselden sıcak olduğunu, Negatif YIA oluştuğunu göstermektedir. Mart ayında şehir-kırsal hava sıcaklığı farkı $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ iken, nisan ayında $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, mayıs ayında ise $-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ olmuştur.

İstasyonların, uydu görüntüsünden hesap edilen yüzey sıcaklıklarına bakıldığında, Mart ayında EMİ ve ŞFAB istasyonları, Emek istasyonundan daha yüksek yüzey sıcaklığına sahiptir ($12,7$; $15,8$ ve $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Nisan ve Mayıs aylarında EMİ, Emek istasyonundaki yüzey sıcaklığına göre yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir (Nisanda EMİ $18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, Emek $17,3\text{ }^{\circ}\text{C}$; Mayısta EMİ $26,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, Emek $22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

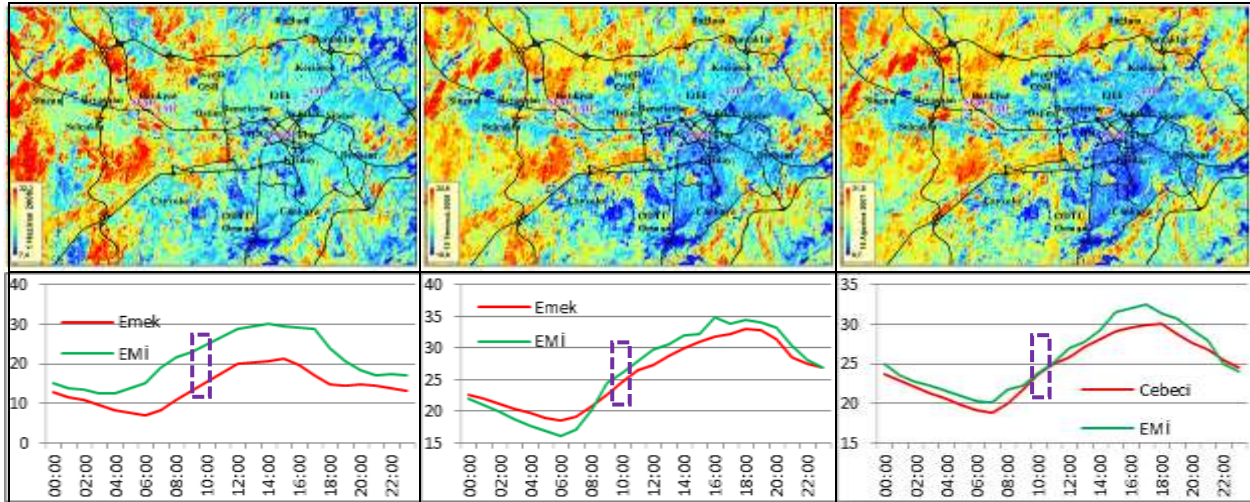
Bahar aylarında da en düşük ortalama yüzey sıcaklıkları su yüzeylerindedir. Park ve bahçeler kış aylarında şehirden sıcakken, bahar aylarında su yüzeylerinden sonra ikinci en soğuk yüzeyleri meydana getirir. En sıcak yüzeyler, mera alanları ile kuru tarım alanlarıdır. Sanayi alanları ile orman alanları da bahar aylarında şehir alanından daha yüksek yüzey sıcaklığına sahiptir. Yüzey sıcaklık değişkenliğinin en yüksek olduğu yüzey, mart ayında orman, nisan ve mayıs aylarında ise sanayi alanıdır. Yüzey sıcaklığının en düşük olduğu yüzey ise yine sanayi alanlarıdır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bahar aylarında, arazi örtülerinde belirlenen ortalama (T_{ort}), maksimum (T_{mak}) ve minimum (T_{min}) yüzey sıcaklıkları

| Arazi Örtüsü | Mart- Tort | Mart- Tmin | Mart- Tmak | Nisan- Tort | Nisan- Tmin | Nisan- Tmak | Mayıs- Tort | Mayıs- Tmin | Mayıs- Tmak |
|------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Su Yüzeyleri | 8.89 | 7.43 | 14.94 | 11.47 | 10.31 | 17.03 | 16.38 | 14.03 | 25.06 |
| Kuru Tarım AL. | 13.15 | 3.13 | 18.21 | 18.27 | 6.45 | 24.78 | 25.65 | 16.44 | 31.81 |
| Sulu Tarım AL. | 11.54 | 5.80 | 17.33 | 16.50 | 10.93 | 23.38 | 22.81 | 14.33 | 30.22 |
| Park ve Bahçeler | 10.70 | 1.43 | 16.73 | 15.98 | 8.08 | 22.25 | 21.82 | 8.08 | 28.61 |
| Sanayi Alını | 11.64 | -3.50 | 20.54 | 16.63 | -1.71 | 25.06 | 23.44 | 3.81 | 32.86 |
| Şehir Alanı | 10.81 | 1.09 | 17.62 | 16.04 | 7.43 | 23.10 | 22.63 | 8.08 | 29.69 |
| Orman Alanı | 11.57 | 4.14 | 21.69 | 16.59 | 7.75 | 23.66 | 23.87 | 15.84 | 30.49 |
| Mera Alanı | 13.30 | 3.47 | 21.69 | 17.35 | 5.14 | 23.95 | 24.42 | 17.33 | 33.90 |

3.2.3. Yaz Ayları

Haziran, temmuz ve ağustos aylarına ait görüntülerde sıcaklıklar yüksektir. Şehir alanı karakteristik bir Negatif YIA durumundadır (Şekil 5). Her üç ayda da görüntü YB durumundayken alınmıştır (Çizelge 1). Temmuz ve ağustos ayları görüntülerindeki negatif YIA, haziran ayına göre daha belirgindir.



Şekil 5. Haziran (solda), Temmuz (ortada) ve Ağustos (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir.

Şehir ve kırsal alan istasyon sıcaklık farkları incelendiğinde, her üç ayda da kırsal istasyonun şehrsel istasyona göre sıcak olduğu görülmektedir. Haziran ayında şehir-kır sıcaklık farkı $-9,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ iken, temmuz ayında $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ağustos ayında ise $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ölçülmüştür. Bunlara bağlı olarak, yaz aylarında uydu görüntüsünün alındığı saatlerde şehrin kırsal alana göre soğuk olduğu ve negatif ısı adası oluştuğu söylenebilir.

Hava sıcaklıklarındaki negatif durum, istasyonların yüzey sıcaklıklarında da görülmektedir. Haziran ayında Emek istasyonunda yüzey sıcaklığı $22,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ iken, EMİ'de $26,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ olmuştur.

Temmuz ayında da aynı durum görülür (Emek 25,6 °C; EMİ 29,7 °C). Ağustos ayında ise EMİ'da 27,5 °C, Cebeci istasyonunda 23,3 °C, Emek istasyonunda ise 24,2 °C yüzey sıcaklığı vardır.

Yaz aylarında en düşük ortalama yüzey sıcaklıkları yine su yüzeylerinde belirlenmiştir. Su yüzeylerini park ve bahçeler, sulu tarım alanları ve şehir alanı takip etmektedir. Sanayi alanları, şehir alanına göre her üç ayda sıcaktır. En sıcak yüzeylerin mera alanları olduğu yaz aylarında, kuru tarım alanı ile orman alanları birbirlerine göre değişken sıcaklıklar göstermektedir. En düşük yüzey sıcaklıklarının sanayi alanlarında görüldüğü yaz aylarında, Haziran ve Temmuz ayında sıcaklık değişkenliği en fazla sanayi alanında, Ağustos ayında ise orman alanlarındadır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Yaz aylarında, arazi örtülerinde belirlenen ortalama (Tort), maksimum (Tmak) ve minimum (Tmin) yüzey sıcaklıkları

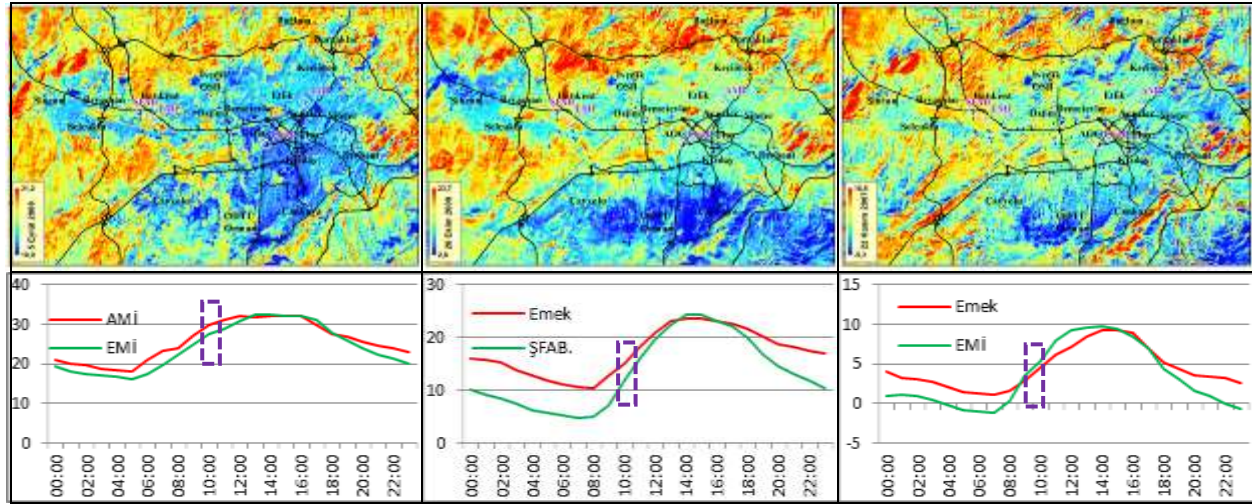
| Arazi Örtüsü | Haziran-Tort | Haziran-Tmin | Haziran-Tmak | Temmuz-Tort | Temmuz-Tmin | Temmuz-Tmak | Ağustos-Tort | Ağustos-Tmin | Ağustos-Tmak |
|------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Su Yüzeyi | 16.40 | 14.94 | 22.25 | 18.97 | 17.33 | 22.54 | 18.32 | 16.14 | 23.66 |
| Kuru Tarım | 22.65 | 17.03 | 29.42 | 27.79 | 24.50 | 34.67 | 26.26 | 19.96 | 30.22 |
| Sulu Tarım | 21.95 | 16.44 | 29.42 | 25.75 | 19.38 | 31.02 | 24.29 | 17.03 | 30.49 |
| Park ve Bahçeler | 21.23 | 12.80 | 28.34 | 23.86 | 17.33 | 30.49 | 22.54 | 15.24 | 29.95 |
| Sanayi | 22.92 | 7.43 | 32.33 | 26.32 | 10.62 | 34.41 | 24.49 | 8.72 | 31.28 |
| Şehir Alanı | 22.06 | 12.80 | 30.49 | 25.28 | 18.21 | 29.69 | 23.56 | 14.94 | 29.69 |
| Orman Alanı | 23.08 | 14.94 | 29.69 | 27.18 | 19.38 | 32.86 | 25.38 | 17.33 | 31.81 |
| Mera Alanı | 24.67 | 15.24 | 31.81 | 28.54 | 23.10 | 34.41 | 26.15 | 15.84 | 31.28 |

3.2.4. Güz Ayları

Eylül, ekim ve kasım aylarına ait görüntüler genel olarak sıcaklığın düşmeye başladığı aylardır. Bu aylarda şehir bazen karakteristik bir ısı adası konumundayken bazı günlerde ısı adası silikleşmektedir (Şekil 6). Eylül ve Kasım aylarında Negatif YIA karakteristiktir ve nispi basınç YB'tır. Ekim ayında ise AB-YB arasındadır (Çizelge 1). Bu nedenle negatif YIA karakteristiktir değildir.

Şehir ve kırsal alan istasyon sıcaklık farkları, eylül (2,2 °C) ve ekim (3,3 °C) aylarında pozitif, kasım ayında ise negatif çıkmıştır (-0,7 °C). Hava sıcaklıklarının pozitif çıkması, karşılaştığımız istasyonların özelliklerinden kaynaklanmaktadır. AMİ istasyonu, KD-GB uzantılı bir vadinin yamacında yer almaktadır ve güneydoğuya baktığından sabah saatlerinde güneş ışığını alarak hızlı bir şekilde ısınmaktadır. ŞFAB istasyonu da yarı-kırsal bir özelliktedir.

Aynı günlerde yüzey sıcaklıklarına bakıldığında; eylül ayında Emek'te 23,1 °C, AMİ'de 24,2 °C, EMİ'de ise 25,9 °C belirlenmiştir. Ekim ayında, Emek 16,7 °C, ŞFAB ve EMİ ise 18,2 °C yüzey sıcaklığına sahiptir. Kasım ayında ise yüzey sıcaklığı Emek'te 8,7 °C, AMİ'de ise 9,3 °C olarak belirlenmiştir.



Şekil 6. Eylül (solda), Ekim (ortada) ve Kasım (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir.

Güz aylarında da tüm diğer aylarda olduğu gibi en düşük yüzey sıcaklıkları su yüzeylerinde belirlenmiştir. Su yüzeylerini park ve bahçeler ile şehir alanı ve sulu tarım alanları takip etmektedir. Kasım ayında park ve bahçeler ile su yüzeyleri şehir alanından daha sıcaktır. Güz aylarında en sıcaklar yüzeyler yine mera alanları ve kuru tarım alanlarıdır. Orman alanları sanayi alanlarından sıcaktır. Her üç ayda da yüzey sıcaklık değişiminin en fazla olduğu arazi örtüsü ormanlardır. Güz aylarında en soğuk yüzey sıcaklığı yine sanayi alanlarında görülmüştür (Çizelge 5).

Çizelge 5. Güz aylarında, arazi örtülerinde belirlenen ortalama (T_{ort}), maksimum (T_{mak}) ve minimum (T_{min}) yüzey sıcaklıkları

| Arazi Örtüsü | Eylül- T_{ort} | Eylül- T_{min} | Eylül- T_{mak} | Ekim- T_{ort} | Ekim- T_{min} | Ekim- T_{mak} | Kasım- T_{ort} | Kasım- T_{min} | Kasım- T_{mak} |
|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| Su Yüzeyleri | 17.75 | 16.14 | 21.97 | 11.88 | 10.31 | 14.63 | 8.31 | 6.13 | 9.36 |
| Kuru Tarım AL. | 25.56 | 21.40 | 30.49 | 17.83 | 11.25 | 23.38 | 8.82 | 4.47 | 13.11 |
| Sulu Tarım AL. | 23.47 | 17.33 | 29.69 | 15.86 | 7.11 | 22.82 | 8.05 | 3.81 | 13.11 |
| Park ve Bahçeler | 21.52 | 13.72 | 29.15 | 14.54 | 7.11 | 20.83 | 7.75 | 0.05 | 12.49 |
| Sanayi Alanı | 23.78 | 9.99 | 30.22 | 15.74 | 2.79 | 23.10 | 7.93 | -5.33 | 18.80 |
| Şehir Alanı | 22.70 | 13.72 | 28.88 | 15.19 | 7.11 | 21.40 | 7.52 | -2.07 | 13.11 |
| Orman Alanı | 24.56 | 17.92 | 31.28 | 15.92 | 7.11 | 23.66 | 8.00 | 1.43 | 13.11 |
| Mera Alanı | 25.86 | 19.09 | 31.28 | 17.09 | 8.40 | 23.66 | 8.84 | 3.47 | 13.72 |

4. Tartışma

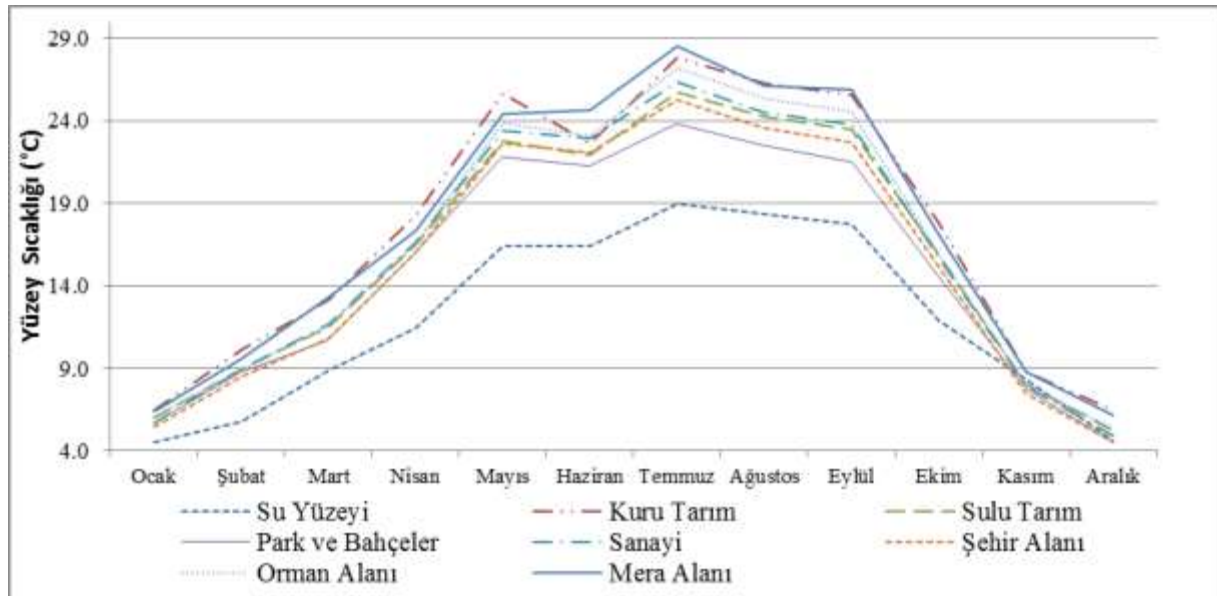
Çalışma alanında arazi örtülerine göre sıcaklıkların yıl içindeki seyri incelendiğinde; en soğuk yüzeylerin yıl boyunca su yüzeyleri olduğu görülmektedir. Genel olarak su yüzeylerini, park ve bahçeler ve sulu tarım alanları takip etmektedir. Bu durum üzerinde atmosfere gizli ısı transferinin önemli payı vardır. Bu zeminlerde gelen radyasyonun büyük bir kısmı hissedilebilir ısıya dönüşmeden buharlaşma ve konveksiyonla atmosfere transfer olmaktadır. Bu zeminlerde yüzey sıcaklık farklarının kışın az, yazın ise yüksek olması bu durumun bir sonucudur. Sanayi alanları sulu

tarım alanlarından daha sıcaktır. Çünkü bu alanlarda antropojenik ısı yayımı ve yapı malzemelerinin termal ısı kapasiteleri yüksektir. En sıcak yüzeyler ise mera alanları ile kuru tarım alanlarıdır (Şekil 7). Bu alanların sıcak olmasında; yüzeyin kuru olması, toprak içerisindeki gözeneklerin ısı yalıtımında etkin olması ve gelen enerjinin büyük bir kısmının hissedilir sıcaklığa dönüşmesi rol oynamaktadır.

Su, Gu, ve Yang (2010), Ninjing'te YIA'yı inceledikleri çalışmada, en yüksek sıcaklıkların yollarda olduğunu belirlemişlerdir. Yolları, yoğun ticari-konut alanları, kırsal konut alanları, sanayi alanları, düşük yoğunluklu ticari-konut alanları, şehir içi orman ve yeşil alanlar, tarım alanları ve su yüzeyleri takip etmektedir.

Rinner ve Hussain (2011) Toronto'da, YIA'yı inceledikleri çalışmada, en düşük sıcaklıkların su yüzeylerinde olduğunu, su yüzeylerini park ve bahçelerin izlediğini bildirmektedir. En yüksek sıcaklıklar ise ticaret ve sanayi alanlarında belirlemişlerdir. Yine Li ve diğ. (2011) Şangay'da YIA'yı belirledikleri çalışmada, en yüksek sıcaklıkların sanayi alanlarında olduğunu belirlemişlerdir. Sanayi alanlarını konut alanları takip etmektedir.

Bu açıdan bakıldığında, Ankara'da Negatif YIA, Toronto, Şangay ve Ninjing'te YIA görülmesine rağmen, en düşük sıcaklıklar su yüzeyleri ile park ve bahçelerde belirlenmiştir. Farklı sahalarda birbirine zıt durumlarda aynı yüzeylerin soğuk çıkması, bu yüzeylerin her zaman en soğuk yüzeyler olduğunu göstermektedir. Buradan, YIA ve daha da genişletilirse ŞIA oluşumunun su yüzeyleri ile park ve bahçelerin şehre göre nispi sıcaklığını değiştirmediği söylenebilir.



Şekil 7. Arazi örtülerine göre, aylık yüzey sıcaklık ortalamaları

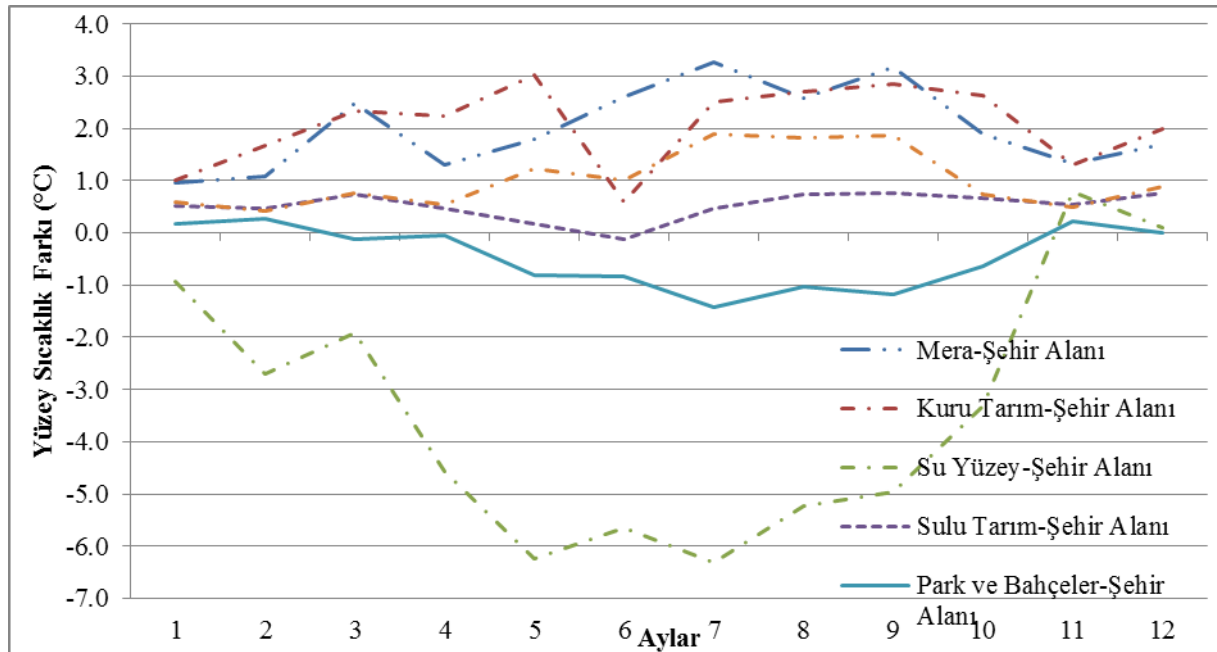
Su ve diğ. (2010), Rinner ve Hussain (2011) ve Li ve diğ. (2011)'nin yaptıkları çalışmalarda, çalışma alanı şehrsel alan ile sınırlandırılmıştır. Bu nedenle kuru ve sulu tarım alanı ile mera alanlarına ilişkin bilgi yoktur. Ankara'da da bu alanları değerlendirmede, en yüksek sıcaklıklar

sanayi alanlarında görülmektedir. Sayılan çalışmalarda da en yüksek sıcaklıklar sanayi alanlarında belirlenmiştir. Yine bu durum, YIA veya negatif YIA mevcut bilgilere göre sadece, şehrin çevresindeki kırsal alana göre durumunu bildirmekte olduğunu, şehrsel alan içerisindeki arazi örtülerindeki sıcaklıkların birbirine göre durumunda değişiklik yaratmadığını göstermektedir.

Çizelge 6. Arazi örtülerine göre, aylık yüzey sıcaklık standart sapmaları

| Arazi Örtüsü | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Tem. | Ağus. | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ort. |
|------------------|------|-------|------|-------|-------|---------|------|-------|-------|------|-------|--------|------|
| Su Yüzeyleri | 0,58 | 1,12 | 1,01 | 1,08 | 1,88 | 0,96 | 0,91 | 1,15 | 0,94 | 0,74 | 0,41 | 0,95 | 0,98 |
| Kuru Tarım Al. | 0,92 | 1,81 | 1,34 | 1,59 | 1,56 | 1,82 | 1,02 | 0,96 | 1,00 | 1,42 | 0,99 | 0,96 | 1,28 |
| Sulu Tarım Al. | 0,96 | 1,58 | 1,37 | 1,41 | 1,70 | 1,58 | 1,56 | 1,63 | 1,59 | 1,63 | 1,02 | 1,01 | 1,42 |
| Park ve Bahçeler | 0,77 | 1,28 | 1,35 | 1,41 | 1,57 | 1,52 | 1,36 | 1,45 | 1,33 | 1,44 | 0,92 | 0,79 | 1,27 |
| Sanayi Alanı | 1,14 | 1,58 | 1,76 | 1,79 | 2,04 | 1,86 | 1,74 | 1,68 | 1,74 | 1,76 | 1,30 | 1,23 | 1,63 |
| Şehir Alanı | 0,76 | 1,33 | 1,05 | 1,07 | 1,11 | 0,99 | 0,85 | 1,06 | 1,02 | 1,40 | 0,87 | 0,78 | 1,02 |
| Orman Alanı | 1,25 | 1,85 | 1,77 | 1,56 | 1,99 | 1,85 | 1,89 | 1,71 | 1,83 | 2,05 | 1,38 | 1,31 | 1,70 |
| Mera Alanı | 1,06 | 1,79 | 1,39 | 1,44 | 1,89 | 1,69 | 1,16 | 1,20 | 1,21 | 1,61 | 1,04 | 1,04 | 1,38 |

Şehir ile diğer arazi örtüleri arasındaki sıcaklık farkları, genel olarak yaz aylarında artmaktadır. Arazi örtülerinin kendi içlerindeki sıcaklık değişim (standart sapmaları) özellikleri homojenliği göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında en düşük sıcaklık değişimi su yüzeylerinde ve şehir alanında görülmektedir (Çizelge 6). Buna göre şehir alanı su yüzeyleri gibi homojen yüzeyler oluşturmaktadır. En yüksek sıcaklık değişimi ise orman alanları ile sanayi alanlarındadır. Sanayi alanlarındaki ısıtma ve soğutma faaliyetlerindeki alansal farklılıklar ile orman alanlarındaki bitki çeşitliliği bu sonuçlara neden olabilir.



Şekil 8. Şehir alanı ile diğer arazi örtüleri arasındaki sıcaklık farkının yıl içindeki gidişi

Bu durum, su yüzeyleri ile şehir arasındaki sıcaklık farkında en bariz şekilde ortaya çıkmaktadır. Aynı şekilde çalışma alanında ortalama yüzey sıcaklık farkı en fazla olan arazi örtüsü, su yüzeyleridir (Şekil 8). Su yüzeylerinin ortalama yüzey sıcaklığı kış aylarında şehirden yüksek çıkmaktadır.

Şehir ile park ve bahçeler arasındaki sıcaklık farkları, yaz ve kış aylarında hem nicelik hem de nitelik olarak değişmektedir. Kış aylarında park ve bahçeler şehir alanından daha sıcakken, yaz aylarında bu durum tersine dönmektedir. Yaz ayları, hem şehrin parklara göre daha sıcak olduğu, hem de sıcaklık farklarının en yüksek olduğu dönemdir (Şekil 8).

Sonuç

Ankara şehri ve çevresindeki yüzey sıcaklıklarının yıl içerisinde gösterdiği değişimin ortaya konulduğu bu çalışmada, 2007-2011 döneminde yılın tüm aylarına bir görüntü düşecek şekilde, Landsat 7 uydusu ile alınan görüntülerden faydalanılmıştır. Şehir ve çevresine ait arazi örtüsü oluşturulurken, uydu görüntülerinin yaz aylarına ait olması, vejetasyonun zengin olması ve tüm görüntüler için zamansal olarak orta bir noktada olması göz önüne alınmıştır. Arazi örtüsü; su yüzeyleri, kuru tarım alanları, sulu tarım alanları, park-bahçeler, sanayi alanı, şehir alanı, orman alanı ve mera alanı olmak üzere sınıflandırılmıştır. Uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla şehir ve kırsal karakterini yansıtan meteoroloji istasyonlarına ait verilerden faydalanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

Ankara şehrinde oluşan ısı adasının özellikleri mevsimlere göre farklılık göstermektedir. Bu farklılık gün içerisindeki saatlere göre de değişmektedir. Uydu görüntüsünün alındığı saatte (saat 10.00) şehir tüm aylarda negatif YIA durumundadır. Negatif YIA özelliği kış aylarında daha az belirgindir.

Ankara şehrinde saat 10.00'da oluşan negatif şehir ısı adası, sadece görsel analizlere göre YB dönemlerinde yoğunlaşmaktadır. AB ile AB-YB arası dönemlerde ada olma durumu silik haldedir. Bu durum özellikle haziran ayında kendini göstermektedir. 1 Haziran 2008 tarihinde görülen yağış, zemin özelliklerinin değişmesine ve diğer aylardan farklı olarak, tüm zeminlerin benzer davranışlar göstermesine neden olmuştur (Şekil 7). Bu nedenle uydu fotoğraflarının inceleneceği dönemlerin seçilmesinde hava durumuna dikkat edilmesi önem taşımaktadır.

Yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıklarının yıl içindeki gidişinde paralellik vardır. Yaz aylarında hem hava hem de yüzey sıcaklıkları yüksek, kış aylarında düşüktür. Buna rağmen istasyonlardaki hava sıcaklıkları ile istasyonların yüzey sıcaklıkları arasında tam bir paralellik bulunmamaktadır. Bazı

aylarda kırsal ve şehirsal istasyonlar arasındaki yüzey ve hava sıcaklıkları farkları pozitif çıkarken, bazı aylarda negatif çıkmıştır.

Güneş doğduktan sonra kırsal alanların hızlı bir ısınma ve sıcaklık artışı eğilimine girilmesi sonucunda, saat 10:00 civarında en sıcak yüzeyler mera alanları ile kuru tarım alanları olmaktadır. Şehir alanı, yüzey sıcaklığı düşük alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazi örtüsüne göre su yüzeyleri tüm yıl boyunca en soğuk yüzeylerdir. Şehir içerisindeki yeşil alanlar kış aylarında şehirden daha sıcakken, yaz aylarında şehirden daha soğuktur.

Arazi örtülerini kendi aralarında karşılaştırdığımızda, mera alanlarını doğal örtü olarak kabul edersek, termal özellik bakımından bu doğal örtüye en benzer yapıyı gösteren beşeri örtü, kuru tarım alanlarıdır. Şehir alanı, park ve bahçeler ile sulu tarım alanları ise, insan tarafından sıcaklık rejimi değiştirilmiş alanlar olarak ortaya çıkmaktadır.

Kaynaklar

Acar, D. (2005) *Bursa'da Şehirleşmenin Yağış ve Sıcaklık Üzerine Etkisi*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Basılmamış Yüksek Lisans Tezi.

Amarsaikhan, D., Ganzorig, M. ve Moon, T. (2011) "Investigation of Urban Temperature Changes using Multitemporal Thermal Infrared Images", İçinde *26th Asian Conference on Remote Sensing, Asian Association on Remote Sensing, Conference Proceedings*, November 11, 2005, Ha Noi, Vietnam

Balogun, A. A., Balogun, I. A. ve Adeyewa, Z. D. (2010) "Comparisons of urban and rural heat stress conditions in a hot-humid tropical city", *Global Health Actio110n*, 3, 5p.

Baumann, P. R. (2009) "Urban heat island lesson", *Geocarto International*, 24(6), 473-483.

Bilgili, C. (2009) *Ankara Kenti Yeşil Alanlarının Kent Ekosistemine Olan Etkilerinin Bazı Ekolojik Göstergeler Çerçevesinde Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Basılmamış Doktora Tezi.

Bounoua, L., Safia, A., Masek, J., Peters-Lidard, C. ve Imhoff, M. L. (2009) "Impact of Urban Growth on Surface Climate: A Case Study in Oran, Algeria", *Journal of Applied Meteorology & Climatology*, 48(2), 15p.

Cheng, M. T. ve Tsai, Y. I. (2000) "Characterization of visibility and atmospheric aerosols in urban, suburban, and remote areas", *Science of the Total Environment*, 263(1-3), 101-114.

Çiçek, İ. (2003) "Ankara'da Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi", İçinde *Prof.Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, 11-13 Nisan 2002, İzmir.

Çiçek, İ. ve Türkoğlu, N. (2005) "Urban effects on precipitation in Ankara", *Atmosfera*, 18:3, 172-186.

Giovannini, L., Zardi, D. ve de Franceschi, M. (2011) "Analysis of the Urban Thermal Fingerprint of the City of Trento in the Alps", *Journal of Applied Meteorology & Climatology*, 50(5), 18p.

Guoxiang, Y., Bowling, L. C., Cherkauer, K. A., Pijanowski, B. C. ve Niyogi, D. (2010) "Hydroclimatic Response of Watersheds to Urban Intensity: An Observational and Modeling-Based Analysis for the White River Basin, Indiana", *Journal of Hydrometeorology*, 11(1), 17p.

Karaca, M., Antepioğlu, Ü. ve Karsan, H. (1995) "Detection of urban heat island in Istanbul, Turkey", *Il Nuovo Cimento C*, 18(1), 49-55.

Karaca, M., Tayanç, M. ve Toros, H. (1995) "The Effects of Urbanization on Climate of İstanbul and Ankara. Atmos. Environ", *Urban Atmospheres*, 29(3411-3421).

Karaca, M., Tayanç, M. ve Toros, H. n. (1995) "Effects of urbanization on climate of İstanbul and Ankara", *Atmospheric Environment*, 29(23), 3411-3421.

Kuşçu, Ç. ve Şengezer, B. (2011, 10-15 April 2011) "Determination of Heat Islands from Landsat Tm Data: Relationship between Surface Temperature and Urbanization Factors in İstanbul", İçinde *34th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, Sydney, Australia (<http://www.isprs.org/proceedings/2011/isrse-34/211104015Final00211.pdf>, 12.11.2012)

Landsberg, H. E. (1981) *The urban climate*. Academic Press, New York.

Lee, S. H., Song, C. K., Baik, J. J. ve Park, S. U. (2009) "Estimation of anthropogenic heat emission in the Gyeong-In region of Korea", *Theoretical & Applied Climatology*, 96(3/4), 13p.

Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X. ve Wu, J. (2011) "Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China", *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 15p.

Lin, C.-Y., Chen, F., Huang, J. C., Chen, W. C., Liou, Y. A., Chen, W. N. ve Liu, S.-C. (2008) "Urban heat island effect and its impact on boundary layer development and land-sea circulation over northern Taiwan", *Atmospheric Environment*, 42(22), 15p.

Matzarakis, A. (2011) "Climate as key factor in urban planning, The example of Freiburg", *Ankara Üniversitesi Coğrafya Bölümü Seminerleri*, Ankara

Oka, M. (2011) "The Influence of Urban Street Characteristics on Pedestrian Heat Comfort Levels in Philadelphia" *Transactions in GIS*, 15(1), 15p.

Oke, T. R. (1982) "The energetic basis of the urban heat island", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.

Oke, T. R. (2002). *Boundary layer climates (İkinci Baskı)*, Routledge, New York.

Oleson, K. W., Bonan, G. B., Feddema, J. ve Jackson, T. (2011) "An examination of urban heat island characteristics in a global climate model", *International Journal of Climatology*, 31(12), 1848-1865.

Önder, M. (2002) *Uzaktan Algılamada Topografik Uygulamalar*, Harita Genel Komutanlığı Matbaası, Ankara

Pena, M. A. (2008) "Relationships between remotely sensed surface parameters associated with the urban heat sink formation in Santiago, Chile", *International Journal of Remote Sensing*, 29(15/16), 20p.

Rinner, C. ve Hussain, M. (2011) "Toronto's Urban Heat Island--Exploring the Relationship between Land Use and Surface Temperature", *Remote Sensing*, 3(6), 15p.

Stathopoulou, M., Synnefa, A., Cartalis, C., Santamouris, M., Karlessi, T. ve Akbari, H. (2009) "A surface heat island study of Athens using high-resolution satellite imagery and measurements of the optical and thermal properties of commonly used building and paving materials", *International Journal of Sustainable Energy*, 28(1-3), 18p.

Su, W., Gu, C. ve Yang, G. (2010) "Assessing the Impact of Land Use/Land Cover on Urban Heat Island Pattern in Nanjing City, China", *Journal of Urban Planning & Development*, 136(4), 8p.

Tanrikulu, M. (2006) *İzmir'de Şehirleşmenin Sıcaklığa Etkisi*, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara

Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E. ve Baker, C. J. (2011) "Including the urban heat island in spatial heat health risk assessment strategies: a case study for Birmingham", *UK. International Journal of Health Geographics*, 10(1), 14p.

Trisakti, B., Sulma, S. ve Budhiman, S. (2004) "Study of Sea Surface Temperature (SST) using Landsat-7 ETM (In Comparison with Sea Surface Temperature of NOAA-12 AVHRR)" İçinde *The Thirteenth Workshop of OMISAR*. 5 - 9 October 2004, (<http://www.gisdevelopment.net/application/nrm/ocean/ma05290.htm>, 12.11.2012)

Yüksel, Ü. ve Yılmaz, O. (2008) "Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 23(4), 937-952.

Zhang, D.-L., Shou, Y.-X., Dickerson, R. R. ve Chen, F. (2011) "Impact of Upstream Urbanization on the Urban Heat Island Effects along the Washington-Baltimore Corridor", *Journal of Applied Meteorology & Climatology*, 50(10), 18p.

Extended English Abstract

In this study, changes in surface temperatures in city of Ankara and its vicinity within a period of one year were analyzed. For this purpose, satellite images for the period between 2007 and 2011 provided that there is one image for each month in a year. The presence of clouds during winter months prevented use the images of respective months in the same year. Therefore images of different but adjacent years were used. 6-1 bands of Landsat 7 satellite images were initially converted into reflection values by using equations and then they were converted into surface temperature models.

From the image of June 2008, land cover was created for the city and its vicinity by using controlled classification method. From the images of June which is selected due to reflecting the plant vegetation period well, water surfaces, city area, wet agricultural areas, grazing areas, parks and gardens, industrial areas, dry agricultural areas and forested areas were determined. Monthly surface temperatures of determined land covers were calculated.

An attempt was made to compare surface temperatures and atmospheric temperatures based on satellite images, some stations in Ankara are accepted as urban areas for this purpose and some stations around the city were considered as rural areas. Temperatures at the time of taking satellite images of the stations were determined and surface temperatures on satellite images of station locations were calculated with the purpose of comparison.

When the course of temperatures within a year was analyzed based on the land cover, it is seen that coldest surfaces are water surfaces all year long. In general, water surfaces are followed by parks and gardens, urban areas and wet agricultural areas. Industrial areas have higher temperature than wet agricultural areas. Surfaces with highest temperatures are dry agricultural areas.

Su, Gu and Yang (2010) found that roads have the highest temperature in their study where they analyze surface heat island (SUHI) in Nanjing. Roads are followed by high-density commercial-residential areas, rural residential areas, industrial areas, low-density commercial-residential areas, forested and green urban areas, agricultural areas and water surfaces. In their study analyzing SUHI in Toronto, Rinner and Hussain (2011) found that water surfaces have the lowest temperature and water surfaces are followed by parks and gardens. They found that highest

temperatures are seen in industrial and commercial areas. In another study where they determine SUHI in Shanghai, Li et.al (2011) found that highest temperatures are seen in industrial areas. Industrial areas are followed by residential areas.

When considered in this context, lowest temperatures are in water surfaces, parks and gardens although negative SUHI is seen in Ankara, and SUHI is seen in Toronto, Shanghai and Ninjing. The fact that same surfaces are cold in contrary situations in different areas show that such surfaces are the coldest surfaces at all times. In this context, it is understood that SUHI and urban heat island (UHI), if extended more, does not change the relative temperature of water surfaces, parks and gardens when compared with the city.

Su et.al (2010), Rinner and Hussain (2011) and Li et.al. (2011) limited the area of their studies with urban areas. Therefore there is not any information on dry and wet agricultural areas and grazing areas. When we analyze such areas in Ankara, highest temperatures are seen in industrial areas. Aforementioned studies determined highest temperatures in industrial areas. According to current SUHI or negative SUHI information, this situation shows the status of the city when compared with rural areas in its vicinity and there is not any difference in relative temperatures of land covers in the city.

Temperature differences among land covers (standard deflections) indicate homogeneity. When considered within this context, lowest temperature change is seen in water surfaces and urban areas. Accordingly urban areas form homogenous surfaces just like water surfaces. Highest temperature changes are seen in forested areas and industrial areas. Areal differences in heating and cooling activities in industrial areas and plant diversity in forested areas may lead to such results.

Temperature difference between cities and other land covers generally increase on summer. This situation appears in the most distinctive way in temperature difference between water surfaces and the city. Similarly, average surface temperature difference is the highest in water surfaces in the studied area. Average surface temperature of water surfaces is higher than the city in winter.

Temperature differences between the city and parks and gardens are different in winters in terms of both quantity and quality. While, parks and gardens have highest temperature than the city in winters, this situation is the opposite on summer. Cities have highest temperature than parks and also temperature difference is the highest during summer months.

In conclusion, characteristics of heat island in city of Ankara vary based on seasons. This difference also depends on the time of the day. The city is in negative SUHI in all months at the time (10 a.m.) satellite images were taken. Negative SUHI is less significant during winter months.

Visual analysis shows that negative heat island seen in city of Ankara at 10 a.m. gets intense only during H (high pressure) periods. The possibility of island formation during the period between L (low pressure) and L-H is weak.

There is a parallelism in the course of surface temperatures and atmospheric temperatures during the year. On summer months, both atmospheric and surface temperatures are high, and they are low in winter. However, there is not an identical parallelism in surface temperatures of stations and station temperatures. During specific months, surface and atmospheric temperature difference between urban and rural stations is positive, some months indicate negative results.

Highest temperatures are seen in grazing areas and dry agricultural areas at around 10 a.m. as a result of rapid heating and increase in temperature in rural areas after the sun rise. City surfaces appear as areas with low surface temperatures.

In city of Ankara and its vicinity, if grazing areas are considered as the natural cover; the most natural human environment is dry agricultural areas in terms of temperature. Urban areas, parks and gardens, wet agricultural areas appear as areas where temperature patterns are changed by human.