

SÜNDİKEN DAĞLIK KÜTLESİNDE YER ÖLÇMELERİ İLE UYDU VERİLERİNDEN YÜKSELTİ VE BAKIYA BAĞLI OLARAK YÜZEY SICAKLIĞI DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ

M. Cetin^a, M.D. Kantarcı^b, N. Musaoglu^c

^aGYTE, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Gebze Kocaeli, mcerin@gyte.edu.tr

^bTÜ Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı (EM). Bahçeköy İstanbul

^cİTÜ, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Uzaktan Algılama Anabilim Dalı Maslak İstanbul

ANAHTAR KELİMELER: Uydu verisi, yükselti farkları, bakı farkları, sıcaklık değişimi.

ÖZET:

Eskişehir'in kuzeyinde yer alan Sündiken Dağlık Kütlesi doğu-batı yönünde uzanmaktadır. Kütle'nin kuzey bakılı yamaçları Sakarya Nehri'nden (330-400 m) başlayıp 1780 m'ye ulaşmaktadır. Güney bakılı yamaçlar ise Eskişehir ovasına (800 m) inmektedir. Dağlık arazinin kuzey bakılı yamaçları "Karadeniz Ardi İklimi"nin etkisindedir. Güney bakılı yamaçlar ise İç Anadolu bozkırının karasal ikliminin etkisindedir. Bakı ve yükselti farklarına bağlı olarak Sündiken Dağlık Kütlesi'nde ormanların tür bileşimi de farklı olup, Kızılçam-Ardıç kuşağı, Karaçam kuşağı, Sarıçam kuşağı ve Meşe kuşağı gibi orman kuşakları oluşmuştur. Orman kuşaklarının oluşumu ile bakı ve yükseltiye bağlı olarak değişen sıcaklık değerleri arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla açık alanlarda uydu verilerinden elde edilen yüzey sıcaklıkları, yer ölçmeleri ile düzeltilerek değerlendirilmiştir. Yer ölçmelerinde iki ayrı yöntem uygulanmıştır. Birinci yöntem; alçak arazideki (yerleşim yerlerindeki) meteoroloji istasyonlarının aynı tarihli ölçmeleri ile uydu verilerini değerlendirmektir. İkinci yöntem; aynı tarihli yer ölçmeleri ile meteoroloji istasyonlarının ölçmelerini ilişkilendirerek uydu verilerini değerlendirmektir. Elde edilen sonuçlar; açık alanlarda yükseltiye ve bakıya göre uyumlu bir yüzey sıcaklık değişimini işaret etmekle beraber, sıcaklık değişimlerinin tam doğrusal bir fonksiyon oluşturmadığını da göstermiştir. Özellikle alt yamaçlarda belirli bir yükseltiye kadar sıcaklığın daha hızla azaldığı, daha yukarıda yükseltiye bağlı sıcaklık azalmasının daha az ve eşit paylarla olduğu görülmektedir. Örnek olarak kuzey bakıda 04.07.2000 tarihinde saat 10³⁰'da 400-500 m kuşağındaki açık alanlarda 26.5 C° olarak ölçülen sıcaklık 500-600 m kuşağında 27.2 C°'ye (Nallıhan'da 600 m için 27.5 C°), 600-700 m kuşağında 26.4 C°'ye inmekte ve 1600-1700 m kuşağında 22.6 C°'ye düşmektedir. Aynı tarihte güney bakıda Eskişehir'de (800 m) 26.5 C° ölçülen sıcaklık, Eskişehir çevresindeki 800-900 m kuşağındaki açık alanlarda 28.7 C°, Alpu'da (900 m) 27.5 C°, 900-1000 m kuşağında 27.3 C° olup, 1600-1700 m kuşağında 23.2 C°'ye ulaşmaktadır. Benzer gelişme 22.08.2006 günü saat 11⁰⁰'de yapılan ölçmelerde de görülmüştür. Ancak bu ölçmelerde yüzey sıcaklığındaki artış dikkati çekmiştir. Örnek olarak; kuzey bakıda Nallıhan meteoroloji istasyonunda (800 m) sıcaklık artışı 4.7 C° (31.2-26.5 C°) olup, 1500-1600 m kuşağında 2.7 C°, 1600-1700 m kuşağında 2.5 C° olarak ölçülmüş ve hesaplanmıştır. İki ayrı tarihte ölçülen bu sıcaklık farkları bir yandan da iklim değişikliğinin yükseltiye ve bakıya bağlı olan sıcaklık değerlerine etkisini işaret etmektedir.

1. GİRİŞ

Meteoroloji istasyonlarının yerleşim yerlerinde bulunması, burada yapılan yağış ve sıcaklık ölçmelerinin dağlık araziye yaygınlaştırılmasında sorun yaratmaktadır. Yükseltiye ve bakıya göre değişen iklim özelliklerine bağlı olarak yükselti / iklim kuşakları oluşmaktadır. Ormanları oluşturan ağaç ve çalı türlerinin yayılışı ile bu yükselti / iklim kuşaklarının sınırları belirlenebilmektedir (Bkz. Kantarcı, MD. 2005). Sündiken Dağlık Kütlesi'nde yürüttüğümüz çalışmalarda da yükseltiye ve bakıya bağlı olarak iklim değişiminin sayısal değerlerle ortaya konulması gerekmiştir. Bu amaçla alçak arazideki yerleşim yerlerinde bulunan meteoroloji istasyonlarının ölçmeleri, dağlık arazideki yer ölçmeleri ve uydudan algılanan yüzey sıcaklığı değerleri kullanılmıştır. Özellikle ülkemizi de etkileyen ısınma / kuraklaşma sürecinde dağlık arazideki sıcaklık değişimlerinin belirlenmesi ve izlenmesi çok önemlidir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

2. ÇALIŞMA ALANI: SÜNDİKEN DAĞLIK KÜTLESİ

Sündiken Dağlık Kütlesi Eskişehir Ovası'nın kuzeyinde yer almakta ve kuzeyden Sakarya Irmağı ile sınırlanmaktadır.

Dağlık kütle 39° 49' - 40° 06' kuzey enlemleri ile 30° 40' - 31° 30' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Dağlık kütle'nin batıdan doğuya uzanan eksenini 70 km, kuzey/güney yönündeki eni 30 km'dir. Dağlık kütle 210 000 ha'lık bir alan kaplamaktadır (Harita 1). Sündiken Dağlık Kütlesi kuzeyde Sakarya nehri kıyısından (330 m) başlayıp 1500-1800 m'ye kadar dik yamaçlarla yükselmekte ve güneyde Eskişehir Ovasına (800 m) yine dik yamaçlarla alçalmaktadır (Harita 1 ve Kesit 1). Dağlık kütle'nin önde gelen yükseltileri Kartal Tepe (1754 m), Kızıl Tepe (1818 m), Karamişlik Tepe (1695 m), Lazoğlu Tepesi (1710 m), Ayı Tepesi (1699 m), Sündiken Tepesi (1769 m), Karakütük Tepesi (1600 m) ve Yalıkıran Tepe (1585 m)'dir.

Sündiken Dağlık Kütlesinin çevresinde yer alan 12 meteoroloji istasyonunun yağış sıcaklık değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Bu iklim değerlerine göre Dağlık Kütle'nin kuzey ve güney bakılardaki sıcaklık ve yağış değişimleri hesaplanmış ve kesit 1'de verilmiştir. Kesit 1'de verilmiş olan hesaplamalara göre; güney'de Eskişehir'de (800 m) 10.9 C° olan yıllık ortalama sıcaklığın her 100 m yükselti için 0.4 C° azalarak 1700 m yükseltide 7.3 C° düşebileceği hesaplanmıştır. Ortalama yıllık yağış miktarının Eskişehir'de 374 mm/yıl değerinden her 100 m

yükselti için 54 mm artacağı ve 1700 m'de yağışın 845 mm'ye ulaşacağı hesaplanmıştır. Kuzey bakılı yamaçlarda ise Sakarya vadisinde 400 m yükseltide 15 C⁰ olan ortalama yıllık sıcaklığın her 100 m yükseltide 0.6 C⁰ azalarak 1700 m'de 7.2 C⁰'ye düşeceği, 322.5 mm olan ortalama yıllık yağışında her 100 m'de 54 mm artarak 1700 m'de 1024 mm'ye ulaşacağı hesaplanmıştır. Kuzey bakıda üç sis kuşağının, güney bakıda ise bir sis kuşağının bulunduğu belirlenmiştir. Kuzey ve güney bakılarda orman kuran ağaç ve çalı türleri ile sis kuşakları arasındaki ilişkiler de Kesit 1'de gösterilmiştir. N Çelik tarafından 2006'da bitirilen araştırmada da Sündiken Dağlık kütlesinin kuzey ve güney yamaçlarındaki yükselti iklim kuşakları ağaç ve çalı türlerinin yayılışı ile incelenmiştir. Bu çalışmada alınan 8 kesit ile kesit 1'de gösterilen yükselti / iklim kuşaklarının daha ayrıntılı sınırları belirlenmiştir. Sündiken Dağlık Kütlesi'ndeki ormanları oluşturan ağaç ve çalı türlerine göre yükselti / iklim kuşaklarının ayırt edilmesi için uydu görüntülerinden de yararlanılmıştır. Çetin vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada yükselti / iklim kuşaklarının ayırımında uydu görüntülerinin kullanılabileceği ve kullanılmayacağı ağaç türleri de belirlenmiştir. Örnek olarak karaçam ile sarıçam ormanları mevcut uydu görüntüleriyle ayırt edilememektedir. Buna karşılık kızılçam, karaçam/sarıçam, tüylü meşe ormanları kolaylıkla ayırt edilebilmektedir.

Bütün bu ekolojik çalışmalar ile daha önce bitki türlerinin bulunmasına/yayılışına yönelik botanik/sistemik çalışmalarda iklim değerleri çok genel yaklaşımlar ile belirlenmiştir. Bu yönde denenmiş olan çeşitli yöntemler için Kantarcı M.D. 2005'te örnekler verilmiştir.

3. YÖNTEM

Isıl bantlardan yüzey sıcaklık değerlerinin hesaplanmasına yönelik çalışmalar AVHRR (1x1 km) algılayıcısına ait ısıl görüntülerin kullanılması ile başlamış ve yüksek çözünürlüklü ısıl uydu algılayıcılarının geliştirilmesi ile yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada yüksek çözünürlüklü ısıl algılama özelliğine sahip 4.3.2000 tarihli Landsat ETM+ (6.bant) ve 22.8.2006 tarihli Terra ASTER (13. bant) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerinden yüzey sıcaklık değerleri Landsat ETM+ ve Terra ASTER görüntüleri gibi ısı bandına sahip atmosferik düzeltme getirilmiş uydu verileri ile basitleştirilmiş Plank fonksiyonu kullanılarak belirlenebilmektedir (Landsat Project Science Office, 2002; Abrams vd., 2003):

$$T=(c_2\lambda^{-1})/\ln[(\epsilon c_1\lambda^{-5})/JIL_\lambda]+1] \quad (1)$$

T: Yüzey sıcaklık değeri (Kelvin, ⁰K)
L: Spektral radyans (mWcm⁻² ster⁻¹ µm⁻¹)
c₁:3.742e-16 Wm²
c₂:0.0144 mK
λ: Isıl dalga boyu merkezi (m)
ε: Yayınım katsayısı

Sıcaklığın yükseltiye ve bakıya göre değişimin belirlenmesi amacı ile uydu görüntülerinden yararlanılması ve yer ölçmeleri ile gerekli düzeltmelerin yapılması için aşağıdaki yöntem izlenmiştir. Bu yöntemlerin uygulanmasında 4.7.2000 günü saat 10³⁰'da ve 22.08.2006 günü saat 11⁰⁰'de alınan uydu görüntüleri ile çevredeki meteoroloji istasyonlarının ölçmeleri ve arazide yapılan ölçmeler kullanılmıştır.

3.1 Uydu Görüntülerinden Alınan Sıcaklık Değerleri

(1) Uydu görüntülerinden alınan sıcaklık değerleri dağlık kütlenin kuzey ve güney bakılarından açık alanlarda ölçülmüş ve bu çalışmada değerlendirilmiştir. KD, KB, GD ve GB bakılardaki ölçmeler bu çalışmada değerlendirilmemiştir (Bkz. Tablo 2 'de kuzey ve güney bakı açı dereceleri).

(2) Ölçmeler 100 m'lik kuşaklarda yapılmıştır. Her ölçülen noktanın yükseltisi alınmamıştır. Bu sebeple 100 m'lik kuşakta noktaların ağırlıklı dağılımının hangi yükseltide olduğu hesaplanmamıştır. Arazide orman içindeki açık alanlar bir yerde geniş açıklık halinde de bulunmaktadır. Ölçme noktalarının yükseltilerinin belirlenmeyişi daha sonra etkisini göstermiştir (Tablo 2'deki açıklamaya bakınız).

(3) Açık alanlar ısıl uydu görüntülerinin geometrik çözünürlüğüne bağlı olarak 60x60 m (Landsat ETM+ için) ve 90x90 m (Terra ASTER için) kareler (pikseller) içinde ölçülmüştür. Bu karelerin bazılarında açık yüzey %70-80 oranında, orman veya baltalık orman veya çalılık %20-30 oranında bulunabilmektedir. Bu tür tam açık olmayan alanlarda ölçme yapmaktan mümkün olduğu kadar kaçınılmıştır. Ölçme yapılan alanların sıcaklık değerlerinin aritmetik ortalamasına ait standart sapma miktarlarının düşüklüğü tam açık alanların ölçüldüğünü göstermektedir.

3.2 Dağlık Arazide Yer Ölçmeleri

Uydudan alınan sıcaklık değerlerinin dağlık araziye uygulanabilmesi için yer ölçmeleri de gerekmiştir. Bu amaçla kuzey bakıda üç, güney bakıda bir ve sırtta bir nokta da olmak üzere toplam 5 açık alanda sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Arazide ölçülen sıcaklık değerleri 15 gün süre ile ve günün her saatinde ölçülmüştür. Bu çalışmada sadece uydunun geçtiği 22.08.2006 günü saat 11⁰⁰'deki sıcaklık değerleri kullanılmıştır (Bkz. Tablo 2).

3.3 Meteoroloji İstasyonlarının Sıcaklık Ölçmeleri

Uydunun geçtiği 4.3.2000 günü saat 10³⁰ ile 22.8.2006 günü saat 11⁰⁰'de dağlık kütlenin çevresinde sıcaklık ölçmesi yapan Eskişehir, Nallıhan ve Alpu meteoroloji istasyonlarının verileri de alınmıştır. Alpu meteoroloji istasyonu kapatıldığı için 22.8.2006 günü saat 11 değeri hesaplanarak bulunmuştur (Bkz. Tablo 2 ve 3 ve Şekil 1).

3.4 Sıcaklığın Hesaplanması Yöntemleri (Yöntem I, II, III)

Yöntem I

Meteoroloji istasyonlarının ölçtüğü sıcaklık değerleri ile meteoroloji istasyonları çevresindeki açık alanlarda uydu görüntülerinden ölçülen sıcaklık değerleri arasındaki oran hesaplanmıştır. Örnek olarak Alpu meteoroloji istasyonunun 4.7.2000 günü saat 10³⁰'da ölçtüğü sıcaklık değeri 27.5 C⁰'dir. Aynı gün ve saatte alınan uydu görüntüsünde Alpu çevresinde (aynı yükseltide) 78 açık alanda (pikselde) ölçülen yüzey sıcaklığı 50.3 C⁰'dir (standart sapma 3.3). Bu iki sıcaklık değerinin birbirine oranı 0.547'dir (27.5/50.3 Bkz. Tablo 2). Elde edilen bu 0.547 oranına göre güney yamaçta her 100 m'de uydu görüntüsünden ölçülen sıcaklık değerleri yer sıcaklık değerlerine dönüştürülmüştür. Aynı orantı Nallıhan'da 4.7.2000 günü saat 10³⁰ için yapılmış ve 0.534 oranı bulunmuştur (27.5/51.5). Bu orana göre de kuzey bakıda her 100 m yükseltideki yer sıcaklıkları hesaplanmıştır (Bkz Tablo 2

ve 3). Bu yöntem 22.8.2006 günü saat 11'de alınan uydu görüntüleri için de uygulanmıştır (Bkz Tablo 2 ve 3).

Yöntem II

Yöntem I dağlık arazinin eteklerinde yer alan iki meteoroloji istasyonuna göre uygulanmış ve bir ucu açık bir hesaplama yöntemidir. Daha güvenli bir hesaplama yapabilmek için dağlık arazide kuzey ve güney bakılar da ve sırtta açık alanda sıcaklık ölçmeleri yapılmıştır. Bu sıcaklık ölçmeleri ile uydu görüntüsünden elde edilen sıcaklık değerleri arasındaki oranlar ile her 100 m'lik kuşakta yer sıcaklığı hesaplanmıştır.

Örnek olarak; kuzey bakıda 22.8.2006 günü saat 11'de Nallıhan'da (600 m) ölçülen sıcaklık değeri 32.5 C^0 , Nallıhan çevresindeki 48 açık alanda (pikseldede) ölçülen dengelenmiş sıcaklık ortalaması 43.4 C^0 , bu iki sıcaklık değeri arasındaki oran 0.749 'dur. Daha yukarı da Kuyupınar'da (900 m) ölçülen sıcaklık değeri 31.0 C^0 , çevredeki 72 alanda (pikseldede) uydu görüntüsünden dengelenmiş sıcaklık ortalaması 41.9 C^0 , bu iki sıcaklık değeri arasındaki oran 0.740 'dır. İki ölçme istasyonu arasında oran farkı 0.009 ($0.749-0.740$), yükselti farkı 300 m 'dir. Bu durumda her 100 m yükseltide oranın 0.003 kadar azalması gerekmektedir. Azalan oran paylarına göre, uydudan elde edilen sıcaklık değerlerini yer sıcaklığına dönüştürme oranları 600 m 'de 0.749 , 700 m 'de 0.746 , 800 m 'de 0.743 ve 900 m 'de 0.740 olacaktır. Bu durumda;

* 700 m 'de açık alan yüzey sıcaklığı 31.5 C^0 (uydudan ölçülen sıcaklık $42.3 \times 0.746\text{ C}^0$)

* 800 m 'de açık alan yüzey sıcaklığı 31.3 C^0 (uydudan ölçülen sıcaklık 42.1×0.743) olarak hesaplanmaktadır (Tablo 3).

Yöntem III

Yöntem III iki ucu (alt yükselti ve üst yükselti) ölçülmüş ve bu iki uç değerler arasındaki oranlara göre yapılmış bir hesaplama yöntemidir. Bu yöntemde Sündiken Dağlık kütlesinin eteklerinde Nallıhan, Eskişehir ve Alpu meteoroloji istasyonlarındaki ölçmelerin, uydu görüntülerinden alınan aynı alandaki yüzey sıcaklığı ölçmelerine oranı ile 1560 m yükseltideki Karakütük yaylasında yapılan sıcaklık ölçmelerinin uydu görüntülerinden elde edilen sıcaklığa oranı arasındaki fark, aradaki 100 m 'lik kuşak sayısına bölünerek her 100 m 'lik kuşağın sıcaklık değerleri hesaplanmıştır.

Örnek olarak;

* Kuzey bakıda Nallıhan'da ölçülen 32.5 C^0 sıcaklığın, açık arazide uydu görüntülerinden ölçülen ve dengelenmiş olan 43.4 C^0 sıcaklığa oranı 0.749 'dur.

* Karakütük yaylasında (1560 m) ölçülen 26.3 C^0 sıcaklığı, açık arazide uydu görüntülerinden elde edilen dengelenmiş 39.0 C^0 sıcaklığa oranı 0.674 'tür.

* Bu iki oran arasındaki fark 0.075 'tir ($0.749-0.674$). İki ölçme istasyonu arasındaki fark 1000 m 'dir ($1560-600$). Her 100 m yükselti artışında oran $0.075/10=0.0075$ azalacaktır (Tablo 3).

Bu yöntemde yükseltiye bağlı olarak eşit oranlarla bir sıcaklık azalması hesaplanmaktadır. Dolayısı ile yöntem uydudan alınan ölçmelere bağlı bir sıcaklık azalması fonksiyonu çizmektedir.

4. BULGULAR

(1) Yöntem I'e göre yapılan hesaplamada 4.7.2000 günü saat 10 30'da Sündiken Dağlık Kütlesi'nde 1700 m yükselti için kuzey bakıda 22.6 C^0 , güney bakıda 23.2 C^0 açık alan yüzey sıcaklığı hesaplanmıştır (Tablo 3). Bu hesaplama ve bulgunun karşılaştırılabileceği bir diğer ölçme yoktur. Sıcaklık değerleri uydunun algıladığına bağlı bir fonksiyon ile hesaplanmaktadır.

(2) Yöntem I'e göre 22.8.2006 günü saat 11'de Sündiken Dağlık Kütlesi'nde 1700 m yükselti için kuzey bakıda 28.7 C^0 , güney bakıda 27.3 C^0 açık alan yüzey sıcaklığı hesaplanmıştır (Tablo 3, Yer III sütunu). Bu hesaplama ve bulgu 1700 m yüksetide yöntem II ile elde edilen sıcaklık değerinden 3.2 C^0 daha yüksektir .

(3) Yöntem II'ye göre 22.8.2006 günü saat 11'de Sündiken Dağlık Kütlesi'nde 1700 m yükselti için kuzey bakıda 25.5 C^0 , güney bakıda 25.7 C^0 yüzey sıcaklığı hesaplanmıştır (Tablo 3).

(4) Yöntem III'e göre 22.8.2006 günü saat 11'de Sündiken Dağlık Kütlesi'nde 1700 m yükselti için kuzey bakıda 25.5 C^0 , güney bakıda 25.7 C^0 yüzey sıcaklığı hesaplanmıştır (Tablo 3, Yer II sütunu).

(5) Yöntem I ile yöntem II'nin 22.8.2006 günü saat 11'de Sündiken Dağlık Kütlesi'nde 1700 m yükseltide kuzey bakıdaki sıcaklık değerlerinin farkı 3.2 C^0 'dir ($28.7-25.5$). Güney bakıdaki sıcaklık değerlerinin farkı 2.6 C ($27.3-25.7$) olarak hesaplanmaktadır (Tablo 3). Bu farklar önemli sıcaklık değerleridir.

(6) Yöntem II ile hesaplanan sıcaklık değerlerinin yamaç boyunca yükseltiye göre azalma oranları doğrusal değildir (Tablo 2 ve Şekil 1). Sıcaklığın yamaç boyunca yükseltiye bağlı olarak değişimi sıcak yaz ayında (ağustos) dikkat çeken farkları ortaya koymaktadır. Bu farkların daha serin olan bahar aylarına ve soğuk kış aylarına uygulandığında belirginleşeceği anlaşılmaktadır. Ancak bu belirginliğin elde edilmesi için mevsimlik sıcaklık ölçmelerinin yapılması gerekmektedir.

(7) Yöntem III iki ucu ölçmeye bağlanmış bir hesaplama yöntemi olarak yükseltiye bağlı fakat uydu görüntülerinden elde edilen sıcaklığa da bağlı daha doğrusal bir sıcaklık azalması fonksiyonu çizmektedir (Tablo 3). Bu sebeple yöntem III yamaç boyunca oluşabilecek sıcaklık farklarını ortaya koymamaktadır.

(8) Yöntem II uydu görüntülerinden elde edilen yeryüzü sıcaklıklarının (yayımlanan sıcaklık) araziye daha uygun olarak hesaplanmasını mümkün kılmaktadır (Şekil 1).

(9) Yöntem I'e göre 100 m yükselti için sıcaklık azalması 22.8.2006 günü saat 11'de kuzey bakılı yamaçta aşağıdan yukarı $0.1, 0.2, 0.3, 0.1, 0.2, \dots, 0.6, 0.4, 0.5\text{ C}^0$ payları ile olmaktadır. Bu azalma paylarının $1300-1400\text{ m}$ yükselti arasında 0.6 C^0 olarak belirmesi dikkat çekicidir (Tablo 3, Yer III sütunu). Güney bakılı yamaçta ise azalma payları $1300-1400\text{ m}$ arasında 0.7 C^0 olarak belirmekte ve yukarı doğru $0.9, 0.6, 0.4\text{ C}^0$ payları ile devam etmektedir (Tablo 3 güney yamaç Yer III sütunu).

(10) Yöntem II'ye göre 100 m yükselti için sıcaklık azalması 22.8.2006 günü saat 11'de Kuzey bakılı yamaçta aşağıdan yukarı doğru $0.3, 0.2, 0.3, 0.8, 0.7, 0.6, 0.6, 0.8, 0.7, 0.8\text{ C}^0$ payları ile belirmektedir (Tablo 3 Yer I sütunu). Güney bakılı yamaçta ise sıcaklık azalma payları, aşağıdan yukarı $1.0, 0.4,$

0.3, 0.9, 1.3, 0.8, 0.6 C⁰ ile belirmektedir (Tablo 3, güney baki Yer I sütünü).

(11) Sıcaklığın yükseltiyi ve bakıya göre yöntem II ile elde edilen ve Tablo 3'de verilen azalma payları uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklıklarının yer ölçmeleri ile değerlendirilmesi sonucunda elde edilmiştir. Bu sıcaklık azalma paylarının 100 m'lik yükselti farklarına göre değişimi göz önüne alınarak, yükselti / iklim kuşaklarının oluşumu ile ormanları oluşturan ağaç ve çalı türlerinin yayılışı arasında daha uyumlu ilişkileri kurulması mümkün olabilecektir (Bu konudaki araştırmalarımız ve değerlendirmelerimiz devam etmektedir).

5. SONUÇ

Yukarıdan beri sıralanan yöntem ve bu yöntemlerden elde edilen bulgular dağlık arazide yükselti ve bakıya bağlı olarak iklim özelliklerinin değişimi konusunda ilginç sonuçlar elde etmemizi sağlamıştır. Bu sonuçları şöyle sıralamak mümkündür.

(1) Dağlık arazide yamaçlarda yükselen hava kütlelerinin soğuma hızı doğrusal bir fonksiyon ile ifade edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla da genel olarak 100 m yükselti değişiminde ± 5 C⁰ sıcaklık değişimi hesabı yapılmaktadır. Sıcaklık azalma payı kuzey bakılı yamaçlarda -0.6 C⁰/100m, güney bakılı yamaçlarda -0.4 C⁰/100m olarak alınabilir (Bkz kesit 1)

(2) Ancak uydu görüntülerinde termal bantta açık alanlarda ölçülen yeryüzü sıcaklıkları (yayımlanan sıcaklık) yamaç boyunca doğrusal bir fonksiyon çizmemektedirler (Tablo 3 ve Şekil 1).

(3) Meteoroloji istasyonlarının alçak arazideki yerleşim yerlerinde bulunuşu, dağlık arazideki iklim özelliklerine ait bilgi edinmemizi veya yorum yapmamızı zorlaştırmaktadır. Bu sebeple dağlık arazide ormancılık çalışmaları ve ormanların verimliliğini etkileyen su bilançosu hesapları ile yetişme ortamı sınıflandırmaları güvenli sayısal değerlere göre yapılamamaktadır.

(4) Dağlık arazide belirli yükseltilerde yapılacak sıcaklık ölçmeleri ile uydu görüntülerinde elde edilecek sıcaklık değerlerinin ilişkilendirilmesi ve sıcaklığın yükselti ile bakıya göre değişiminin belirlenmesi mümkün olmuştur (Yöntem II).

(5) Yöntem II ile elde edilen sıcaklık değişimleri her 100 m yükselti için eşit paylı bir sıcaklık azalmasının söz konusunu olmadığını göstermiştir. Gerçi her 100 m yükselti için sıcaklığın eşit paylı azalmayacağı yöntem I ve III'te de hesaplanmıştır. Ancak yöntem II ara ölçmeleri ile araziye daha uyumlu sonuçlar elde etmemizi sağlamıştır.

(6) Elde edilen sonuçlar Ağustos 2006 ayı için geçerlidir. İlkbahar ile sonbahar ve kış mevsimlerinde sıcaklık azalmasının yükselti ve bakı ile ilişkisinin araştırılması gerekmektedir. Sunulan çalışma böyle bir araştırmanın yapılmaya değer olduğunu ortaya çıkarmıştır.

(7) Dikkat çekici diğer bir sonuç 4.7.2000 ile 22.8.2006 sıcaklık değerleri arasındaki farktır. Ölçme yapılan meteoroloji istasyonlarından alınan sıcaklık değerleri ile uydu görüntülerinden elde edilen sıcaklık değerleri ve bunlara göre

yapılan hesaplamalar 22.8.2006 gününün 4.7.2000 gününden çok daha sıcak olduğunu göstermektedir. Aradaki fark temmuz ile ağustos ayı sıcaklık farkından daha fazla olup, ısınma / kuraklaşma sürecinin Sündiken Dağlık kütlesi üzerindeki etkisini işaret etmektedir (Şekil 1).

(8) Uydu görüntülerinden elde edilen 22.8.2006 sıcaklık değerleri, 4.7.2000 sıcaklık değerlerinden daha düşüktür (Şekil 1). Buna karşılık yamaçlardaki açık alanlardaki hesaplanmış sıcaklık değerleri 22.8.2006 tarihinde 4.7.2000 tarihinden daha yüksektir. Bu durum bir çelişki gibi görülebilir (Şekil 1). Sıcaklığın artması ve iklimin ısınması, dolayısı ile toprak suyunun (açık alanda) buharlaşıp kaybedilmesi bu çelişkili durumu yaratmaktadır. Gözeneklerindeki suyu kaybeden ve su yerine gözenekleri hava ile dolan topraklar daha az güneş enerjisi depolamaktadırlar. Bu sebeple daha kuru topraklardan daha az sıcaklık yayımlanmaktadır. Uydu ise bu farklı sıcaklık yayımlarını algılamaktadır. Bu sebeple daha serin olan 4.7.2000 gününde daha nemli olan toprakların daha fazla ısındıkları ve yüksek sıcaklık yayımladıkları, daha sıcak olan 22.8.2006 gününde ise daha kuru olan toprakların daha az ısındıkları ve daha düşük sıcaklık yayımladıkları sonucuna varılmaktadır (Şekil 1).

(9) Sakarya vadisine çökelen soğuk hava (vadi sis kuşağı) ile Eskişehir ovasına çöken soğuk havanın (bozkır çığ kuşağı) etkisi de tablo 3 ile şekil 1'deki sıcaklık eğrilerinde görülmektedir (Şekil 1 ile kesit 1'i karşılaştırınız).

KAYNAKLAR

Abrams, M., Hook S., Ramachandran, B., 2003. ASTER user Handbook Version 2. Earth Remote Sensing Data Analysis Centre (ERSDAC) URL: http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/04_Documents/aster_user_guide_v2.pdf (20 Mayıs 2007).

Çelik, N., 2006. Sündiken Dağları Kütlesi'nin yetişme ortamı özellikleri ve sınıflandırılması (yayınlanmamış doktora tezi, XII+310 sayfa), İstanbul Üniversitesi Orman fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji Abd. doktora programı.

Çetin, M., Musaoğlu, N., Çelik, N., Kantarcı M.D., 2005. Hyperspectral-based characterization of different vegetation species in Sündiken Mountain, Turkey. 25th Earsel Symposium, Global Developments in Environmental Earth Observation from Space, Remote Sensing of the Coastal Zone 3D Remote Sensing, Porto, Portugal.

Devlet Meteoroloji İşleri Gnl. Md.'lülüğü, 1974. Ortalama ve Ekstrem kıymetler meteoroloji bülteni. Başbakanlık basımevi, Ankara.

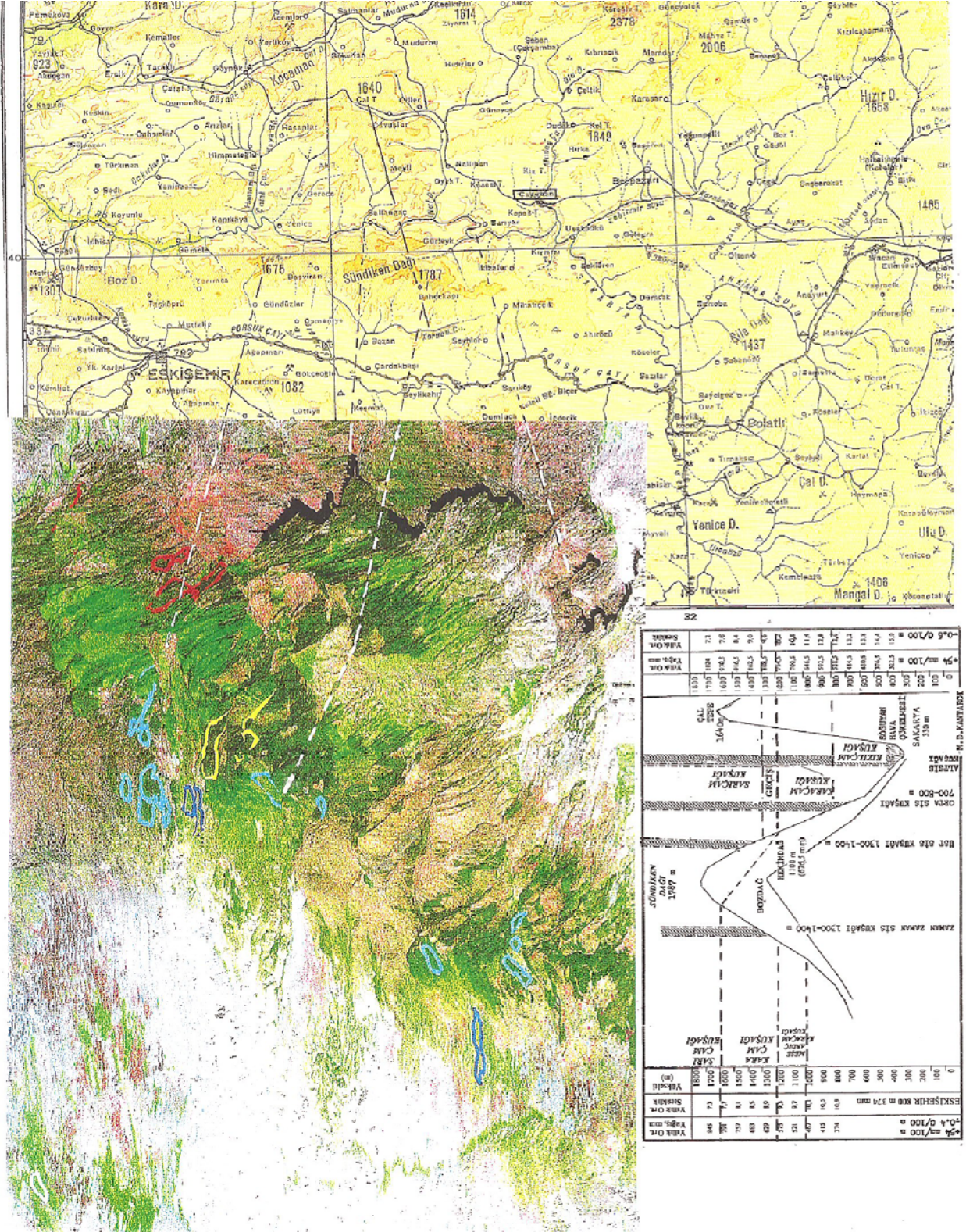
Devlet Meteoroloji İşleri Gnl.Md'lülüğü, 2000 ve 2005 ölçmeleri (Yayınlanmamış olan ölçmeler Gnl.Md'lükten araştırma için alınmıştır.)

Kantarcı, MD., 2005. *Orman Ekosistemleri Bilgisi.* İstanbul Üni. yay. nu. 4594, Orman Fakültesi yay. nu. 488 (XXVI+379), ISBN 975-404-756-1. İstanbul Üniv. Basım ve yayınevi, İstanbul.

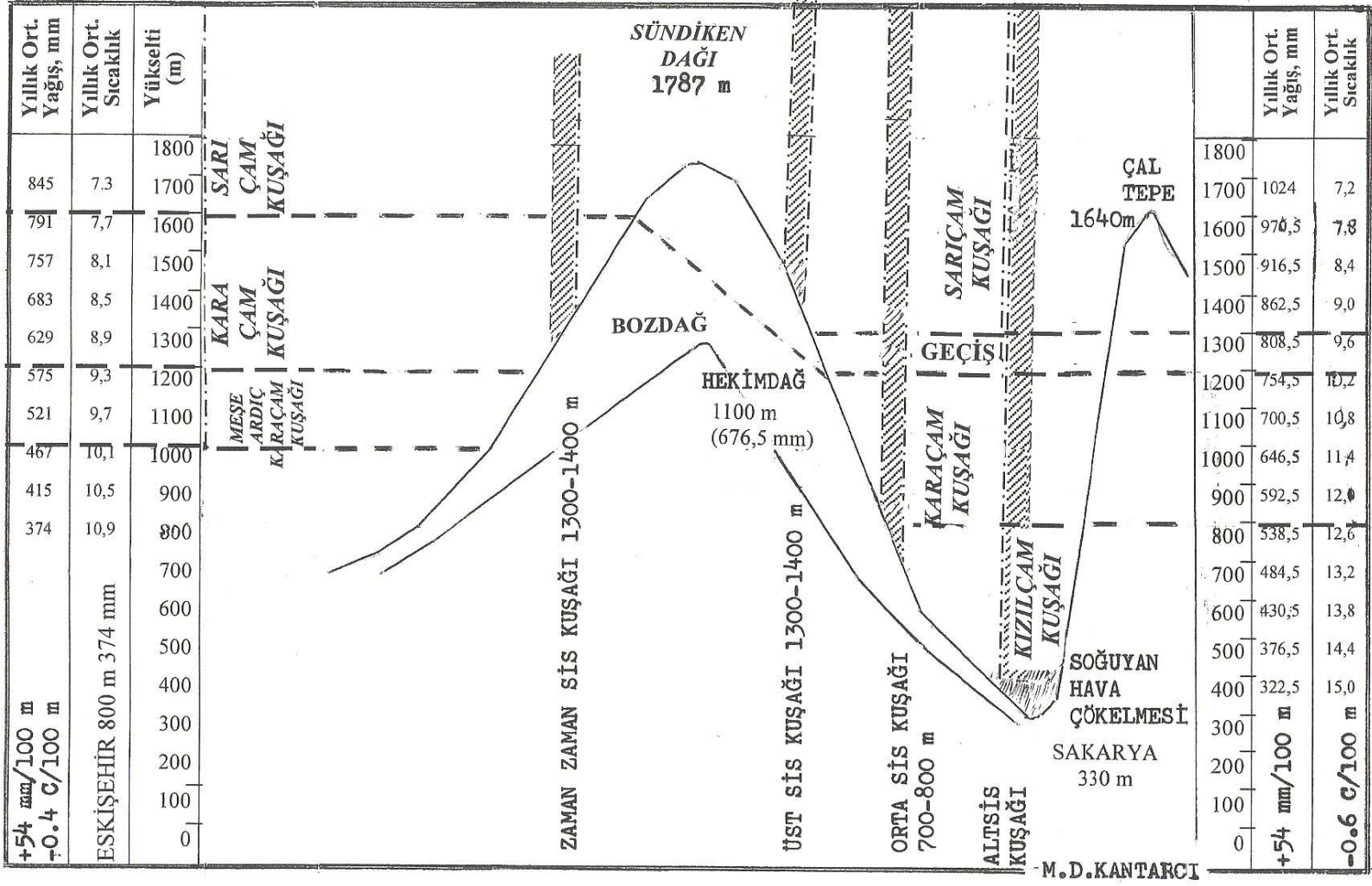
Kantarcı MD., Çömez A., Tuncer E., 2005. The effects of air pollution on forest on Sündiken Maisif (North of Eskişehir/Turkey). *Air quality management at urban, regional*

and global scales. Volume II, (920-927), ISBN 975-00331-2-4
Altındağ Grafik Matbaacılık- Mersinli / İzmir. Edit.: S.Topçu,
M.F.Yardıı, A.Bayram, T.Elbir,C.Kâhya.

Landsat Project Science Office, 2002. Landsat 7 Science Data
User's Handbook. URL:
http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html,
Goddard Space Flight Center, NASA, Washington, DC (20
Mayıs 2007).



Harita 1. Sündiken Dağlık Kütesinin yeri ve uydudan almış görüntüsü ile kuzey/güney kesiti



Kesit 1. Sündiken Dağları Kütlesinin kuzey/güney kesitinde yıllık sıcaklık ve yağış ile sis kuşaklarının, orman kuran ağaç türlerinin bakı ve yükseltiye göre değişimi

Meteoroloji İstasyonu	Yükselti (m)	İklim Elemanları	Ocak Ayı	4 Yaz Ayı (VI+VII+VIII+IX)	Yıllık
Eskişehir	800	Ort. Sıcaklık C°	-0.8	19.6	10.9
		Ort. toplam Yağış	43.6	71.8	373.6
Alpu	900	Ort. Sıcaklık C°			
		Ort. toplam Yağış		41.6	327.5
Gökçekısıık	850	Ort. Sıcaklık C°			
		Ort. toplam Yağış	31.4	90.0	303.5
Hekimdağ	1100	Ort. Sıcaklık C°			
		Ort. toplam Yağış	107.3	65.7	676.5
Mihalıççık	1350	Ort. Sıcaklık C°			
		Ort. toplam Yağış	79.9	95.0	580.5
Çatacık	1550	Ort. Sıcaklık C°	-4.2	15.8	9.8
		Ort. toplam Yağış	93.9	176.1	878.5
Beydili	524	Ort. Sıcaklık C°			
		Ort. toplam Yağış	47.3	48.6	384.9
Sarıyar Barajı	460	Ort. Sıcaklık C°	3.5	23.7	14.6
		Ort. toplam Yağış	53.9	74.6	380.4
Çayırhan (Nallıhan)	520	Ort. Sıcaklık C°			
		Ort. Yağış mm	44.9	43.4	358.8
Sarıcakaya	330	Ort. Sıcaklık C°			
		Ort. toplam Yağış	45.0	51.0	374.5
Beypazarı	682	Ort. Sıcaklık C°	1.8	22.3	13.2
		Ort. toplam Yağış	55.2	63.6	390.2
Nallıhan	650	Ort. Sıcaklık C°	2.1	21.5	12.6
		Ort. toplam Yağış	53.8	75.8	428.6

Kaynak: Ortalama ve Ekstrem Kıymetler Meteoroloji Bülteni 1974

Tablo 1. Sündiken Dağlık Kütlesi'nin çevresindeki meteoroloji istasyonlarının ölçtüğü ortalama toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerleri

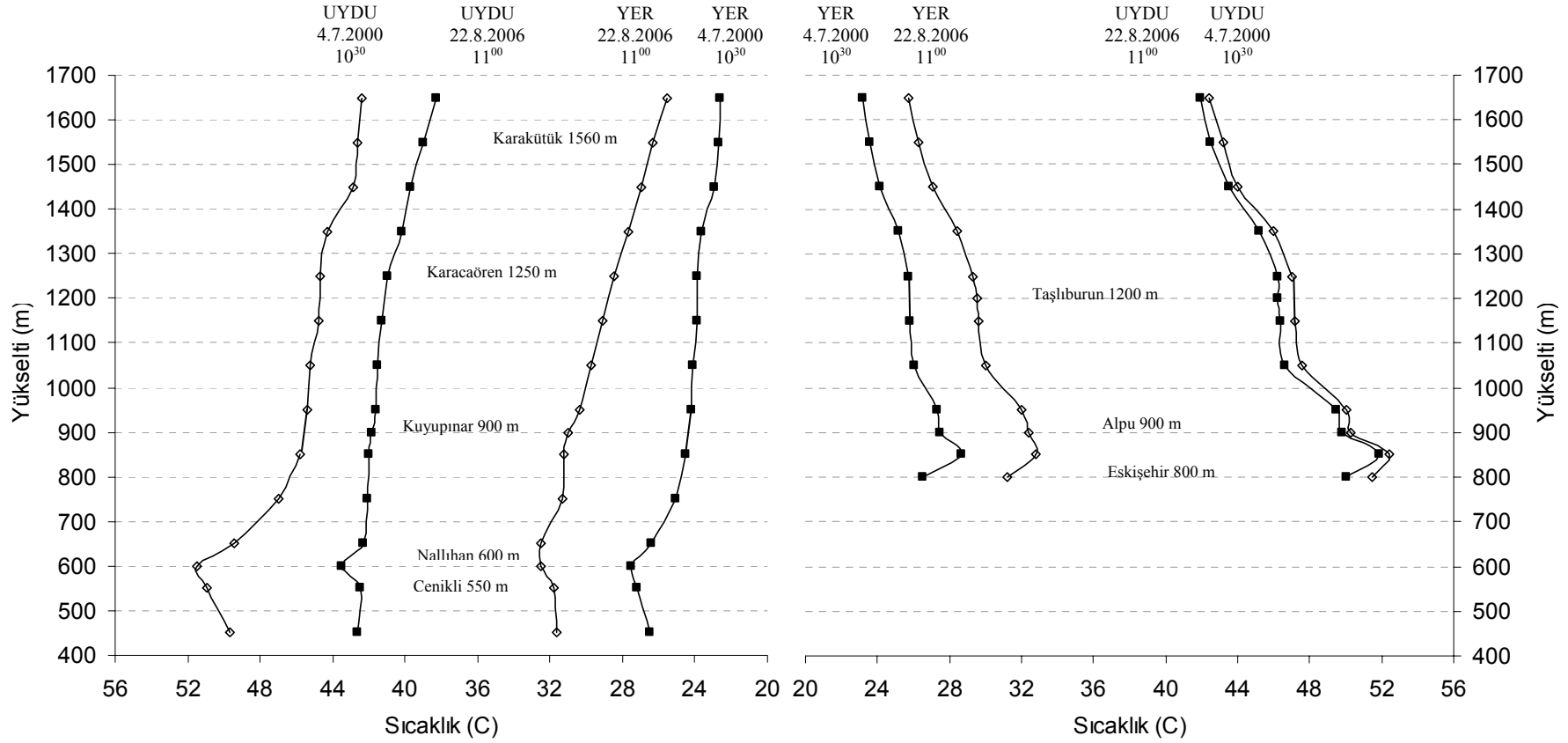
	ÖLÇME TARİHİ	ORAN %	METEOROLOJİ İST. ÖLÇMESİ C ^a	ÖLÇME SAYISI VE Sd. SAPMA	UYDU GÖRÜNTÜSÜNDEN ÖLÇÜLEN C ^b	KUZEY BAKI		GÜNEY BAKI				
						4.7.2000 SAAT 10.30	22.8.2006 SAAT 11.00	YÜKSELTI m	22.8.2006 SAAT 11.00	4.7.2000 SAAT 10.30		
Karakötük 1560 m	22.8.2006	0.674	26.3	82 S=2.8 (44.0)	39	42.4 S=2.5 42.6 S=2.8 42.9 S=2.8 44.3 S=2.8 44.7 S=3.4	38.3 S=2.8 39.0 S=3.4 39.7 S=2.7 40.2 S=2.9 41.0 S=3.2	1700 1600 1500 1400 1300	41.9 S=2.5 42.5 S=2.2 43.5 S=2.2 45.2 S=2.7 46.2 S=2.6	42.4 S=3.0 43.2 S=2.9 44 S=2.7 46 S=2.7 47.0 S=3.0	42.5 82 26.3 0.619 22.8.2006 Karakötük 1560 m	
Karacaören 1250 m	22.8.2006	0.695	28.5	55 S=2.6 (45.0)	41	44.8 S=4 45.2 S=4.5 45.4 S=4.4	41.3 S=3.0 41.5 S=3.2 41.8 S=3.3	1200 1100 1000	46.4 S=2.2 46.6 S=1.9 49.5 S=1.9	47.2 S=3.2 47.6 S=3.0 50.0 S=3.2	46.2 67 29.5 0.638 22.8.2006 Taşlıburun 1200 m	
Kuyupınar 900 m	22.8.2006	0.740	31.0	72 S=2.9 (49.0)	41.9	45.8 S=4.3 47.0 S=4.1	42.0 S=3.2 42.1 S=2.5	900 800	51.9 S=2.1 51.0	52.4 S=2.8 51.5	49.8 78 32.4 0.651 22.8.2006 Alpu 900 m	
Nallıhan 600 m	22.8.2006	0.749	32.5	48 S=2.5 (52.0)	43.4	50.9 S=4.1	42.5 S=2.8	600	49.7 S=3.8	42.6 S=2.9	50.3 S=3.3 73 31.2 0.547 4.7.2000 Eskişehir 900 m	
Cenkli 550m	22.8.2006	0.748	31.8	65 S=3.2 (50.0)	42.5	49.7 S=3.8	42.6 S=2.9	500	51.5 S=3.0	26.5 0.514 4.7.2000 800 m	51.0 S=3.1 54 31.2 0.612 22.8.2006 Eskişehir 800 m	
												UYDU GÖRÜNTÜSÜNDEN ÖLÇÜLEN C ^b
												ÖLÇME SAYISI VE Sd. SAPMA
												METEOROLOJİ İST. ÖLÇMESİ C ^a
												ORAN %
												ÖLÇME TARİHİ

M.D. Kantarcı

Tablo 2. Sündiken Dağlık kütlesinin kuzey ve güney bakılı yamaçlarında açık alanlarda uydu görüntülerinden ölçülen, yerde ölçülen ve meteoroloji istasyonlarında (Nallıhan, Alpu, Eskişehir) ölçülen sıcaklık değerleri

KUZEY BAKILI YAMAÇLAR (337.5⁰-22.5⁰)

GÜNEY BAKILI YAMAÇLAR (157.5⁰-202.5⁰)



Şekil 1. Sündiken Dağlık Kütlesin'de kuzey ve güney bakılı yamaçlarda 4.7.2000 ve 22.8.2006 tarihli uydu görüntülerinden ölçülen meteoroloji istasyonları ile arazide ölçülen ve 100 m'lik yükselti kuşaklarına göre hesaplanan sıcaklık değerleri

Yükselti m	Kuzey Bakı (337.5° - 22.5°)								Güney Bakı (157.5° - 202.5°)								Yükselti m							
	4.7.2000 SAAT 10.30				22.08.2006 SAAT 11.00				22.08.2006 SAAT 11.00				4.7.2000 SAAT 10.30											
	Yer C°	Uydu C°	Fark C°	Oran %	Yer I C°	Uydu C°	Fark C°	Oran I %	Oran II %	Yer II C°	Yer III C°	Yer I C°	Uydu C°	Fark C°	Oran I %	Oran II %		Yer II C°	Yer III C°	Yer C°	Uydu C°	Fark C°	Oran %	
1700	-2.9 22.6 -0.1	42.4 42.4 -0.2	19.8 19.8 0	0.534 0.534 0	25.5 38.3 -0.8	38.3 12.8 -0.7	12.8 0.667 -0.007	0.667 0.667 0.007	25.5 28.7 -0.8	28.7 -0.5 -0.5	0 3.2 -0.6	25.7 41.9 -0.6	41.9 16.2 -0.6	16.2 0.614 0.005	0.613 25.7 0.005	25.7 27.3 -0.005	23.2 42.4 -0.4	42.4 19.2 -0.8	19.2 0.547 -0.8	0.547 0.547 -0.8	1700			
1600	22.7 -0.2	42.6 -0.3	19.7 0	0.534 0	Karakütük yaylası 1560 m 26.3 39 12.7 0.674 -0.7 -0.7 -0.007				0.674 0.007	26.3 -0.7	29.2 -0.5	26.3 -0.8	42.5 -1.0	16.2 0.005	0.619 -0.005	0.618 26.3	27.7 27.7	23.6 -0.5	43.2 43.2	19.6 19.6	0.547 0.547	1600		
1500	22.9 -0.7	42.9 -1.4	20.0 0	0.534 0	27.0 -0.7	39.7 -0.5	12.7 -0.007	0.681 0.007	27 -0.7	29.7 -0.4	0 2.7	27.1 -1.3	43.5 -1.7	16.4 0.005	0.624 0.005	0.623 -0.005	27.1 28.3	28.3	24.1 -1.1	44.0 -2.0	19.9 19.9	0.547 0.547	1500	
1400	23.6 -0.3	44.3 -0.4	20.7 0	0.534 0	27.7 -0.8	40.2 -0.8	12.5 -0.007	0.688 0.007	27.7 -0.8	29.7 -0.6	0 2.4	28.4 -0.9	45.2 -1.0	16.8 0.005	0.629 0.005	0.628 -0.005	28.4 29.4	29.4	25.2 -0.5	46.0 -1.0	20.8 20.8	0.547 0.547	1400	
1300	23.9 0.0	44.7 -0.1	20.8 0	0.534 0	28.5 -0.6	41.0 -0.3	12.5 -0.011	0.695 0.007	28.5 0.5	30.7 -0.2	0 2.2	29.3 -0.3	46.2 0	0.634 0.004	0.638 -0.005	0.633 -0.005	29.2 30.1	30.1	25.7 -0.1	47.0 -0.2	21.3 21.3	0.547 0.547	1300	
1200	23.9 0.2	44.8 -0.4	20.9 0	0.534 0	29.1 -0.6	41.3 -0.2	12.2 -0.011	0.706 0.007	29 -0.4	30.9 -0.2	0 1.4	29.6 -0.4	46.4 0	0.638 0.005	0.638 -0.005	0.638 -0.005	29.5 30.1	30.1	25.8 -0.2	47.2 -0.4	21.4 21.4	0.547 0.547	1200	
1100	24.1 -0.1	45.2 -0.4	21.1 0	0.534 0	29.7 -0.7	41.5 -0.3	11.8 -0.011	0.717 0.007	29.4 -0.5	31.1 -0.2	0 0.9	30 -1.0	46.6 0	0.643 0.004	0.643 -0.004	0.643 -0.004	29.9 30.3	30.3	26 -1.3	47.6 -2.4	21.6 21.6	0.547 0.547	1100	
1000	24.2 -0.3	45.4 -0.4	21.2 0	0.534 0	30.4 -0.8	41.8 -0.2	11.4 -0.012	0.728 0.008	29.9 -0.5	31.3 -0.1	0 0.8	32.0 0	49.5 0	0.647 0.004	0.647 -0.004	0.647 -0.004	32.0 32.2	32.2	27.3 -1.4	50.0 -2.4	22.7 22.7	0.547 0.547	1000	
900	24.5 -0.6	45.8 -1.2	21.3 0	0.534 0	Kuyupınar 900 m 31.0 41.9 10.9 0.740 31.2 42 10.8 0.741 -0.3 -0.1				0.740 0.008	31.0 -0.4	41.9 -0.3	10.9 0.740	0.740 0.632	0.651 0.632	0.651 0.632	32.4 32.4	32.4	27.5 28.7	50.3 52.4	22.8 23.7	0.547 0.547	900		
800	25.1 -1.3	47.0 -2.4	21.9 0	0.534 0	31.3 -0.2	42.1 -0.2	10.8 0.744	0.744 0.008	31.3 -0.2	42.1 -0.2	0.5 0.2	31.2 -0.008	51.0 0.612	0.612 0.612	0.612 0.612	0.612 0.612	31.2 31.5	31.5	26.5 -0.008	51.5 -0.2	25.0 25.0	0.514 0.514	800	
700	26.4 -0.8	49.4 -1.5	23 0	0.534 0	31.5 -0.3	42.3 -0.2	10.8 0.747	0.747 0.008	31.5 -0.3	42.3 -0.2	-2.0 +0.2	31.3 -0.8	31.7 -0.1	0 0	0 0	0 0	31.7 31.9	31.9	Alpu ile 1700 m ilişkisi X=(27.5x42.4) / 50.3 =0.547x42.4=23.2 C°				700	
600	Nallhan 600m 27.5 51.5 23.7 0.534 27.2 50.9 23.7 0.534 0.7 1.2				32.5 31.8	43.4 42.5	10.9 10.7	0.749 0.748	0.748 0.748	31.8 -0.1	31.8 -0.1	0 0	31.8 -0.1	31.8 -0.1	0 0	0 0	0 0	31.8 31.9	31.9	Alpu ve Karakütük oranları farkına göre (-0.004 ve -0.005 hesaplandı)				600
500	26.5	49.7	23.2	0.534	31.6	42.6	11.0	0.742	0.748	31.9	31.9	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	31.9	31.9	Alpu 0.651 oranı ile hesaplandı				500	
400	Nallhan ile 1700m ilişkisi X=(27.5x42.4) / 51.2 =0.534x42.4=22.6 C°				Nallhan, Kuyupınar, Karacaören Karakütük yaylasındaki yer ölçmelerine göre oranlar belirlenip hesaplandı				Cenikli /Nallhan ile Karakütük oranları farkına göre hesap. 1600-1700 m uydu 38.3 değeri için 0.674 oranı ile Nallhan 0.749 oranı farkından hesaplandı.													400		

M.D. Kantarcı

Tablo 3. Sündiken Dağlık kütesinin kuzey ve güney bakılı yamaçlarında açık alanda uydudan algılanan sıcaklık değerlerinin Nallhan, Eskişehir, Alpu meteoroloji istasyonlarında ve arazide yapılan sıcaklık ölçümleri ile ilişkilendirilmesi ve 100m'lik yükselti kuşaklarına göre hesaplanması (arazide yer ölçmeleri 22.08.2006 tarihinde yapılmıştır)