

BİYOJENİK UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN EMİSYONLARININ MEVSİMLERE GÖRE DEĞİŞİMİNİN UYDU VERİLERİ DESTEĞİYLE BELİRLENMESİ

Sevim Burçin CAN¹, Ozan Devrim YAY²

¹ Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 26555, Muttalıp Mevkii, Eskişehir, sbcan@anadolu.edu.tr

² Yard. Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 26555, Muttalıp Mevkii, Eskişehir, odyay@anadolu.edu.tr

ÖZET

Fotosentetik faaliyetler sonucu bitkiler, atmosfere biyogenik uçucu organik bileşikler verirler. Atmosfere salınan biyogenik uçucu organik bileşikler (BVOC), güneş ışığının etkisiyle atmosferde yer alan hidroksil radikalleri (OH) ve azot oksitler (NOX) ile tepkimeye girerek, ozon ve diğer oksidanların oluşumuna neden olarak, atmosferik madde bileşimini etkilerler. Bu nedenle BVOC'ler, kentsel ve kırsal alanlarda, atmosfer kimyası ve atmosferdeki karbon döngüsü üzerinde yüksek derecede önemli etkilere sahiptir.

Söz konusu biyogenik uçucu organik bileşiklerin emisyon miktarları, salındığı bitki örtüsündeki yaprak yoğunlukları ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada yaprak yoğunluğu, uzaktan algılama teknolojileri yardımıyla, çalışılan bölgeye ait uydu görüntülerinden elde edilen NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) değerleri ile belirlenmiştir.

Çalışma alanı olan ve yaprak dökken ağaç türlerinin yoğun olduğu Amanos ormanı ve çevresinde, USGS (United States Geological Survey) bitki örtüsü veri tabanı kullanılarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla (CBS), meydana gelen BVOC emisyon miktarları hesaplanmış ve mevsimlere göre emisyon oranları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, BVOC emisyonu, yazın Temmuz ayında maksimum değerlere ulaşırken, kışın Şubat ayında minimum değerlere ulaşmıştır.

Anahtar Kelimeler: BVOC, CBS, NDVI, USGS, uzaktan algılama.

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE BIOGENIC VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS EMISSIONS' CHANGES BY SEASON WITH THE SUPPORT OF SATELLITE DATA

Plants emit biogenic volatile organic compounds (BVOCs) into the atmosphere as a result of their photosynthetic activities. In the presence of sunlight, BVOCs can react with hydroxyl radicals and they play very important role in ozone and secondary organic aerosol formation. Thus, biogenic VOCs have a highly significant effect on atmospheric chemistry and atmospheric carbon cycle at the urban and rural areas.

Biogenic VOC emissions are directly related with leaf density of vegetation. At this study, leaf density is determined with value of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) data derived from satellite images.

The study area is Amanos Forest and its surrounding that have intensive species of deciduous forest trees. At the study area, BVOC emissions have been calculated and compared according to seasons by using the USGS (United States Geological Survey) vegetation data base and GIS (Geographic Information Systems). According to the results obtained, BVOC emissions have maximum value at July in summer and these emissions have minimum value at February in winter.

Keywords: BVOC, GIS, NDVI, remote sensing, USGS.

1.GİRİŞ

Hava kirliliği çalışmalarında, ozon (O₃), üzerinde yoğunlaşılması gereken önemli bir kirleticidir. Ozon, kuvvetli bir yükseltgen olma özelliğinden dolayı, belirli seviyelerin üstünde troposferde bulunduğu hem insan sağlığına hem de bitkilere zarar veren bir hava bileşenidir. Ozon oluşumunda en önemli role sahip bileşiklerden olan uçucu organik bileşikler (VOC: Volatile Organic Compounds), güneş ışığının etkisiyle atmosferde yer alan hidroksil radikalleri (OH) ve azot oksitler (NOX) ile tepkimeye girerek, ozon oluşumuna neden olurlar.

Kırsal ve kentsel alanlarda, atmosferik kimya ve karbon döngüsü üzerinde yüksek derecede etkilere sahip olan biyojenik uçucu organik bileşiklerin (BVOC) en önemli kaynağı ormanlık alanlardır. Biyojenik uçucu organik bileşiklerin emisyon miktarlarının mevsimsel değişimlerini görebilmek için yaprak döken ağaç türleri etkili olmaktadır. Türkiye’de Amanos ormanı yaprak döken orman özelliğine sahip olması sebebiyle çalışmada Amanos ormanı ve çevresi için dört mevsimde meydana gelen biyojenik uçucu organik karbon (BVOC) emisyon miktarlarının belirli saatler için hesaplanması ve bu emisyon miktarlarının mevsimlere göre karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu hesaplamalar için öncelikle emisyon faktörleri, yaprak yoğunlukları ile birlikte sıcaklık ve fotosentetik olarak aktif radyasyon (PAR) değerleri belirlenmiştir.

Söz konusu bu uçucu organik bileşiklerin emisyon miktarları, salındığı bitki örtüsündeki yaprak yoğunlukları ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada yaprak yoğunluklarının hesaplanması için tahmini değerler yerine çalışılan bölgeye ait uzaktan algılama teknolojileri ile uydu görüntülerinden elde edilen bant bilgilerinden NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) değerleri belirlenmiş ve bu NDVI değerleri yaprak yoğunluğu hesaplamalarında kullanılmıştır. Ayrıca üzerinde çalışılan bölgede salınan söz konusu biyojenik uçucu organik bileşiklerin salındığı bitki grupları için USGS (United States Geological Survey) bitki grubu veri seti kullanılmış ve bu bitki türleri ile salınan VOC miktarları, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığı ile belirlenmiştir.

1.1. Uçucu Organik Bileşikler (VOC)

Uçucu organik bileşikler (VOC), deniz ve karasal ortamlardaki doğal kaynaklardan atmosfere salınırlar. Bu bileşiklerin yüzeysel akışları, troposfer kimyasındaki ve küresel karbon döngüsündeki önemli rollerinden dolayı ilgi alanı oluşturmaktadır (Fehsenfeld vd., 1992).

VOC emisyonları, troposferin büyük bir bölümünde bulunan OH konsantrasyonunun kontrolünde kritik bir öneme sahiptir, VOC emisyonları, atmosferik CH₄ ve CO konsantrasyonlarının büyümesinde büyük rol oynayabilmektedir. CH₄ bileşikleri atmosferin ısınımals dengesini etkiledikleri için , küresel sıcaklık ve yağış biçimine bağlı olarak, VOC emisyonları ile kara iklimi arasında anlaşılır bir ilişki vardır (Gunther vd., 1995)

Uçucu organik bileşikler, genel olarak biyojenik ve antropojenik kaynaklardan salınırlar ve bitki örtüsü, biyokütle yakılması ve insan biyojenik aktivitesi sonucunda oluşmaktadır. Bitki örtüsü tarafından atmosfere büyük bir oranda metan dışı uçucu organik madde (NMVOC) salınmaktadır. Metan dışı uçucu organik madde emisyonları dört kategoride gösterilebilir; isopren, monoterpenler, diğer reaktif VOC’ler ve diğer VOC’lerdir (Guenther vd.,1995).

VOC’lerin antropojenik kaynakları ise motorlu taşıt araçları, fosil yakıt kullanan kaynaklar, endüstriyel faaliyetler, katı atık depolama alanları, atık su arıtma tesisleri ve kanalizasyon sistemleridir (Yay, 2006)

1.2. Biyojenik Uçucu Organik Bileşikler (BVOC)

Bitkiler güneş ışığını kullanarak gerçekleştirdikleri biyolojik aktiviteler sonucunda temel fotosentez ürünleri ile birlikte önemli miktarlarda uçucu organik bileşikleri de atmosfere verirler. Biyojenik kökenli olan bu uçucu organik bileşikler (BVOC) bitkilerce üretilen ve bitkilerin büyümesinde, gelişmesinde, üremesinde ve çevresel etkilere karşı direnç göstermesinde önemli rol alan bileşiklerdir. Bu bileşikler, kimyasal açıdan yüksek derecede reaktif olmaları ve bitki örtüsü tarafından önemli miktarlarda salınmaları nedeniyle atmosferin kimyasal kompozisyonunu değiştirme potansiyeline sahiptirler. Bu özellikleri bakımından BVOC’ler biyosfer ve atmosfer arasında önemli bir etkileşim sağlarlar (Laothawornkitkul vd., 2009).

BVOC emisyonları, aynı zamanda güneş ışığından, ortamda bulunan karbondioksit (CO₂) konsantrasyonundan, genetik yapıdan, yaprak büyüklüğü ve yoğunluğundan da etkilenir. Bitki örtüsü biyokütlesi ve fizyolojik konumu da BVOC emisyonu üzerinde etkili olabilmektedir, kısacası bitki örtüsünden kaynaklanan BVOC emisyonları, arazi örtüsü ve çevre koşullarına son derece duyarlıdır (Eerdeken., 2010).

İsopren ve monoterpenler BVOC’lerin en yaygın türleridir (Zimmerman vd., 1979). Küresel çapta, %44 oranında isoprenden , %11 oranında monoterpenlerden, %22,5 oranında diğer reaktif VOC’lerden ve %22,5

oranında diğer VOC'lerden olamak üzere atmosfere yaklaşık 1150 Tg C*/yıl miktarında biyojenik uçucu bileşiğin yayıldığı tespit edilmiştir (Guenther et al., 1995). İsopren ve monoterpenler uçucu olmakla birlikte suda az çözünebilir özellikli olan reaktif bileşiklerdir.

BVOC'ler atmosfer kimyasında önemli rol oynarlar çünkü azot oksitlerle (NO_x) fotokimyasal reaksiyonlara girerek troposferik ozon oluşumuna neden olurlar (Chameides vd., 1992; Roselle, 1994; Simpson, 1995). İsopren özellikle oksidantların oluşumunda önemli rol oynar ve birçok antropojenik VOC den daha reaktiftir (Kuhn vd., 1998). Ayrıca küresel iklim değişikliğine bağlı olarak ortalama hava sıcaklığının artması, BVOC emisyonlarının artmasına ve artan bu BVOC'lerin NO_x'lerle fotokimyasal reaksiyonları sonucu fotokimyasal oksidant konsantrasyonlarının artmasına neden olmaktadır (Pierce vd., 1998). Bu nedenle gelecekteki fotokimyasal oksidant konsantrasyonlarını doğru olarak belirleyebilmek için BVOC emisyonlarının gerek global gerekse bölgesel ölçeklerde belirlenip bunların atmosferde sürekli olarak izlenmesi önemlidir (Bao vd., 2008).

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Biyojenik VOC Emisyon Envanteri

Biyojenik emisyonların belirlenebilmesi için ilk olarak, emisyon kaynaklarının boyutlarının hesaplanması gerekir. Daha sonra, emisyon için toplanan verilerin düzenlenmesi ve bir emisyon envanteri şeklinde ifade edilmesi gerekir. Bu çalışmada BVOC'lerin emisyon miktarlarının mevsimlere göre değişimi saptanmıştır. Söz konusu BVOC'lerin emisyon miktarlarının mevsimlere göre değişim göstermelerinin nedenlerinden biri bitkilerde bulunan yaprakların yoğunluklarının mevsimlere göre değişim göstermesidir.

Çalışmada BVOC'ler isopren ve monoterpenler olarak iki grup halinde belirlenmiştir. İsopren emisyonunun hem sıcaklığa hem de ışığa bağlı olduğu, monoterpenlerin ise çoğunlukla sadece sıcaklığa bağlı olduğu söylenebilir. Ancak hem sıcaklığa hem de ışık şiddetine bağlı monoterpen emisyonları da mevcuttur. Bu çalışmada monoterpenlerin emisyonlarının miktarlarını hesaplamada sadece sıcaklığa bağlı olanlar dikkate alınmıştır. Yıl içinde yaşanan dört mevsim için her mevsime ait belirli bir ay olmak üzere toplamda dört ay için ve her ay içinde belirli bir günün saatlerine ait emisyon hesabı yapılmıştır. Kış mevsimi için 2014 yılı Şubat ayı, İlkbahar mevsimi için 2014 yılı nisan ayı, Yaz mevsimi için 2013 yılı Temmuz ayı ve Sonbahar mevsimi için de 2013 yılı Ekim ayına ait veriler ile güncel hesaplamalar yapılmıştır.

2.2. USGS Land Use / Land Cover System

Biyojenik VOC emisyonları bitkilerden salınması sebebiyle Biyojenik VOC emisyon envanterinin en önemli girdisi bitki örtüsü türüdür. Her bitkinin emisyon miktarları ve emisyon faktörlerinin farklı olması bitki türü özelliğini önemli kılmaktadır. Bu çalışmada USGS tarafından hazırlanan ve güncel tutulan USGS Land Use / Land Cover veri seti kullanılmıştır.

Bu çalışmada, incelenen bölgeye ait veri setinde 2 tanesi kentsel yerleşim bölgesi ve su kütlesi olmak üzere 12 çeşit bitki örtüsü Coğrafi Bilgi Sistemleri ile belirlenmiştir. Biyojenik VOC emisyon envanteri için mevsimlere göre karşılaştırma yapmak için mevcut bitki türlerinin yaprak yoğunlukları saptanmıştır. Bu durumda yaprak döken bitki türleri önemli bir etken olmuştur. Yaprak döken bitki türleri yoğun olması sebebiyle Amanos Ormanı ve çevresi çalışma bölgesi olarak seçilmiştir.

2.3. Biyojenik VOC Emisyon Modeli

BVOC emisyon envanterinin en önemli girdisi bitki türü girdisidir. Emisyon envanteri hazırlanırken her bir bitki türüne ait emisyon faktörleri ve yaprak yoğunlukları bilinmelidir.

Belirli bir alandan kaynaklanan biyojenik VOC'lerin emisyonu, F yaprak emisyonunu, D yaprak yoğunluğunu, ε emisyon faktörünü, γ gerçek koşullar (PAR ve yaprak sıcaklığı) için düzeltme faktörünü ifade edecek şekilde aşağıdaki formül ile hesaplanır (Guenther vd., 1995):

$$F = D \varepsilon \gamma$$

Emisyonlar sıcaklık ve güneş radyasyonuna göre değişmesi sebebiyle, emisyon faktörü (ε) çoğunlukla PAR değerinin 1000 μmol m⁻² s⁻¹ ve yaprak sıcaklığının 303.15 K olduğu koşullara göre verilmektedir.

D (Foliar Density) Yaprak Yoğunluğu:

Farklı türlerin karışımından oluşan bir bitki örtüsü aylık değişimler sergileyebilir. Yaprak yoğunluğu farklı bitki örtüsü türleri için belirlenmektedir. İstenilen türe ait yaprak yoğunluğu belirlenirken bazı varsayımlar yapılabilir. Ancak bu çalışmada varsayım yerine uzaktan algılama ile edinilen uydu görüntülerinden de faydalanarak daha kesin yaprak yoğunluğu değerlerine ulaşılmıştır

Uydu görüntüleri ile elde edilen verilerden yaprak yoğunluğunun hesaplanması:

Uydu görüntüleri ile gerçek yaprak yoğunluğu değerlerine ulaşabilmek için; çalışma bölgesi olan Amanos Ormanı ve çevresine ait Landsat-8 uydu görüntüleri ile türetilen bant bilgilerinden söz konusu bölgeye ait NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) verileri uydu görüntülerinin yakın kızıl ötesi (NIR) ve kırmızı (RED) ışık dalga boyunda algılama yapan bantlarından hesaplanmaktadır.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Yaprak yoğunluğu modeli için coğrafik tabanlı veri elde etmek amacıyla hesaplanan NDVI verileri ile de GVI (Global Vegetation İndices) verileri ve son olarak türlere ait ortalama yaprak yoğunluğu değerleri takip eden formüller ile hesaplanmıştır (Guenther, 1995)

$$GVI = 100 * (1 + NDVI)$$

$$D_m = D_p [\exp \{ \ln(2) * ((G - G_2) / (G_{max} - G_2)) \} - 1] \quad (G > G_2)$$

$$D_m = 0 \quad (G < G_2)$$

D_m : Bir ay içerisindeki ortalama yaprak yoğunluğu (mean density)

D_p : Maksimum yaprak yoğunluğu değeri (peak density)

G : Belirli bir aya ait görüntüdeki her piksel değerine denk gelen GVI değeri

G_{max} : Bölgenin görüntüsünde her piksel değerine denk gelen elde edilmiş yıllık maksimum GVI değerleri.

G_2 : Sabit değer (Ağaç türlerinin olduğu alanlar için 110, diğer ekosistem türleri için ise 102 değerini alır)

Bu hesaplamada G değerlerinin, G_2 değerlerinden küçük olduğu durumlar için D_m değerleri, ihmal edileceğinden sıfır olarak kabul edilmiştir. Ayrıca hesaplamada kullanılan D_p (maksimum yaprak yoğunluğu) değerleri veri yetersizliği sebebiyle sıcaklık ve ışık şiddetinin maksimum olduğu ay olan Temmuz ayına ait varsayımlarla belirlenmiş ve maksimum yaprak yoğunluğu değerleri (Karl vd, 2009) kaynağından alınmıştır.

ϵ (Emisyon Faktörü):

Çalışmanın yapıldığı bölgede birden fazla bitki türü mevcut olduğundan Emisyon faktörleri bitki gurupları sınıflandırılmasına göre belirlenir. Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri için (Karl vd, 2009) kaynağından faydalanılmıştır.

Sıcaklık:

BVOC emisyonları sıcaklıktan etkilendiği için aralarında bir ilişki olduğu bilinmektedir, bundan yola çıkarak; BVOC emisyonlarının envanteri hazırlanırken, ölçümün yapıldığı günün maksimum ve minimum sıcaklıkları ile ara saatlerdeki sıcaklık değişimlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Günün 24 saatine dair sıcaklık değerlerini belirlemek için Yay'ın (2006) çalışmasında kullandığı ve <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk> adresinden temin edilebilen IPCC Data Distribution Centre Climate Baseline Download verisine göre; minimum sıcaklığın saat 06:00'da, maksimum sıcaklığın ise saat 14:00'de gözlemlendiği ve ara saatlerde sıcaklığın doğrusal olarak değiştiği varsayılmıştır (Yay, 2006). Maksimum ve minimum sıcaklıklar coğrafi bilgi sisteminde interpolate edilerek tüm çalışma alanı için sıcaklık verileri içeren raster veri üretilmiştir, ara saatlere ait sıcaklık verileri de coğrafi bilgi sistemi kullanılarak raster veri olarak üretilmiştir.

PAR (Photosynthetically Active Radiation: Fotosentetik Olarak Aktif Radyasyon) ve Düzeltme Faktörü:

PAR, görünür bölge radyasyonunun yaklaşık olarak yarısıdır (EEA, EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 2004). Yay'ın (2006) çalışmasında TUV (Tropospheric Ultraviolet and Visible Radiation Model) modeli ile belirlenen PAR değerleri, bu çalışmada da kullanılmıştır. Sıcaklık ve ışığın etkili olduğu emisyonlarda (İsopren ve bazı monoterpenler) düzeltme faktörü γ değeri şu şekilde hesaplanmaktadır (Guenther vd., 1995):

$$\gamma = C_L * C_T$$

CL, PAR değerini CT ise sıcaklık değerini içeren bir değişkendir. Her iki düzeltme faktörü de sıcaklık/PAR ile VOC emisyonları arasında eksponansiyel bir değişimi ifade etmektedir.

$$C_{L_{iso}} = \frac{\alpha c_{11} L}{\sqrt{1 + \alpha^2 L^2}}$$

$$C_{T_{iso}} = \frac{\exp(C_{T1}(T - T_s) / RT_s T)}{1 + \exp(C_{T2}(T - T_M) / RT_s T)}$$

CL iso: PAR ile ilişkili düzeltme faktörü
L: PAR akışı ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
 α : 0.0027
CT1: 95000 J*1/mol
TM: 314 K

CT iso: Sıcaklıkla ilişkili düzeltme faktörü
TS: Yaprak sıcaklığı (K)
CL1: 1.066
CT2: 230000 J*1/mol

Yalnızca sıcaklığın etkili olduğu emisyonlarda (monoterpenler) ise γ değeri şu şekilde verilmiştir:

$$\gamma_{mz} = \exp(\beta * (T - T_s))$$

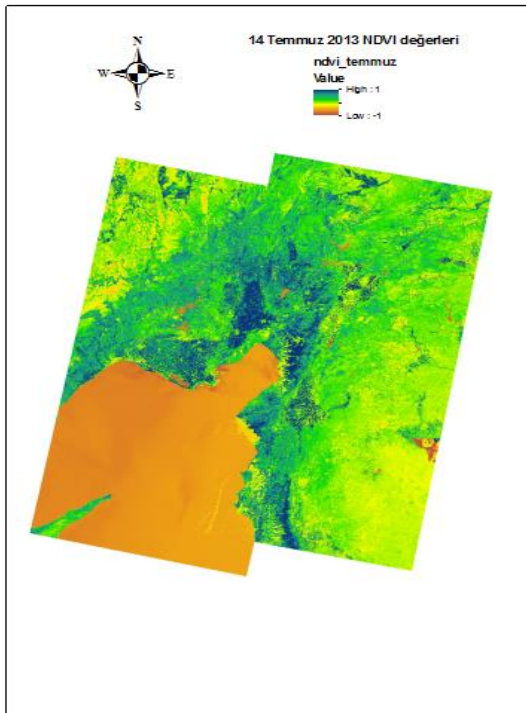
β : Ölçümlere dayalı ampirik sabit (1/K)

T: Hava Sıcaklığı (K)

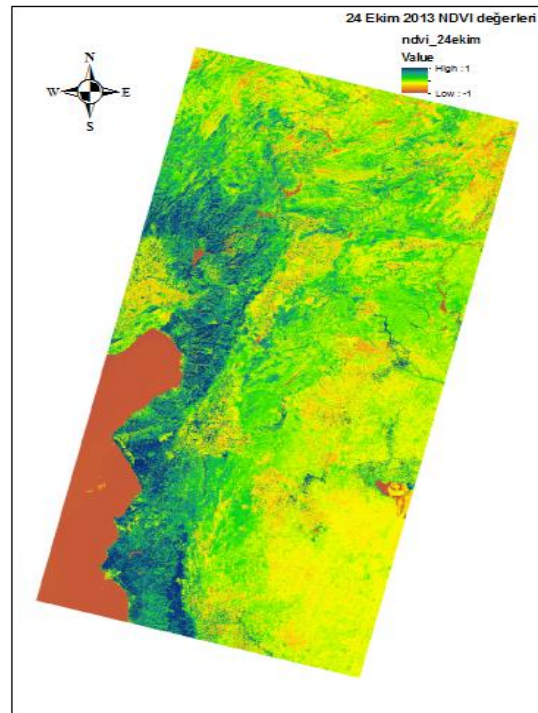
3.SONUÇLAR

Landsat-8 uydusundan elde edilen 14 Temmuz 2013, 24 Ekim 2013, 13 Şubat 2014 ve 2 Nisan 2014 günlerine ait parçalı Bant-4 ve Bant-5 uydu görüntüleri Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımında mozaik işlemi ile birleştirilmiştir.

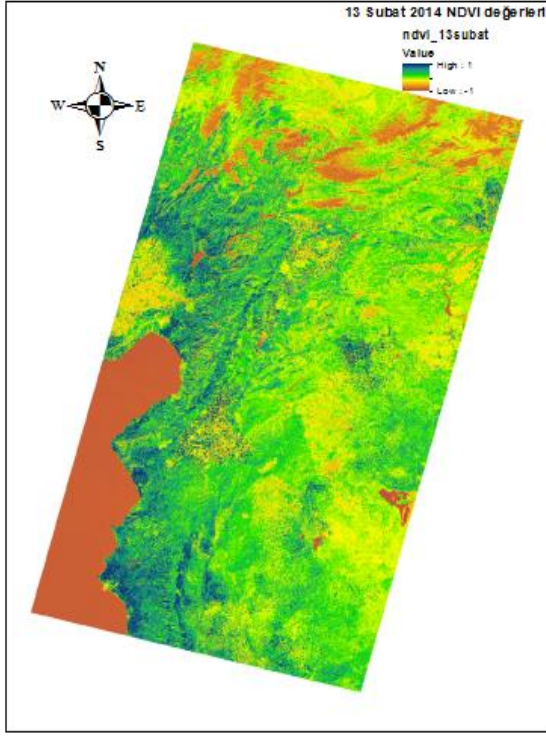
Bant-4 kırmızı ışıktaki dalga boyuna denk gelir ve bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda küçük sayısal değerlere sahip olur. Bant-5 ise Yakın Kızıl Ötesi ışıktaki dalga boyuna denk gelir ve bitki örtüsünün yoğun olduğu yerlerde yüksek sayısal değerler alır. Bu çalışmada NDVI verilerinin Bant-4 ve Bant-5 bilgilerinden hesaplandığı belirtilmiştir. Çalışmanın yapıldığı bölgede, söz konusu 4 ay'a ait ve her ay içinde seçilen bir gün için elde edilen uydu görüntüleri ile NDVI değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda NDVI değerleri +1'e yakın ve alanda bitki örtüsü seyrekleştiğinde NDVI değerleri -1'e yakın bulunmuştur.



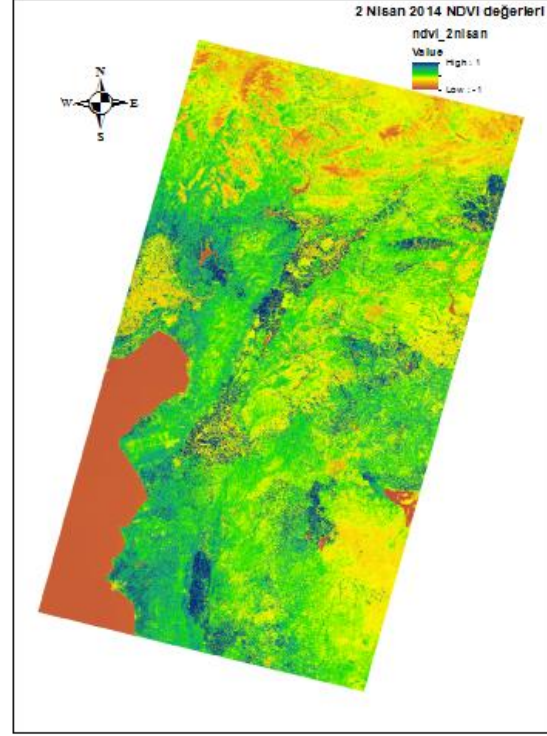
Şekil 3.1. 14 Temmuz 2013 gününe ait NDVI değerleri haritası



Şekil 3.2. 24 Ekim 2013 gününe ait NDVI değerleri haritası



Şekil 3.3. 13 Subat 2014 gününe ait NDVI değerleri haritası

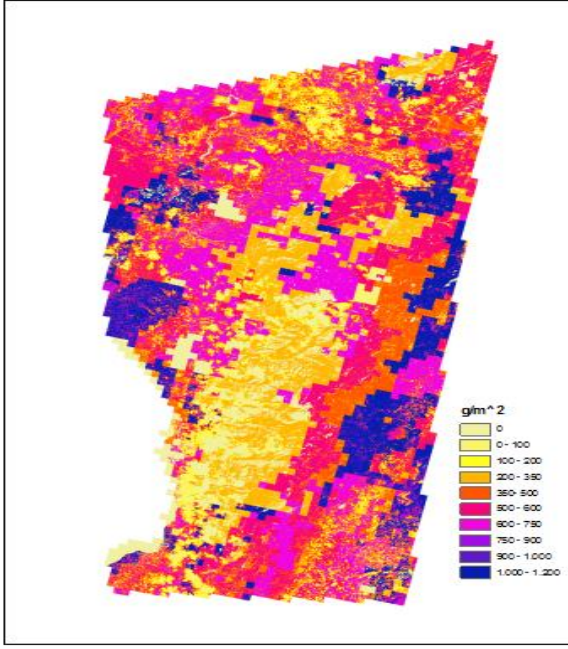


Şekil 3.4. 2 Nisan 2014 gününe ait NDVI değerleri haritası

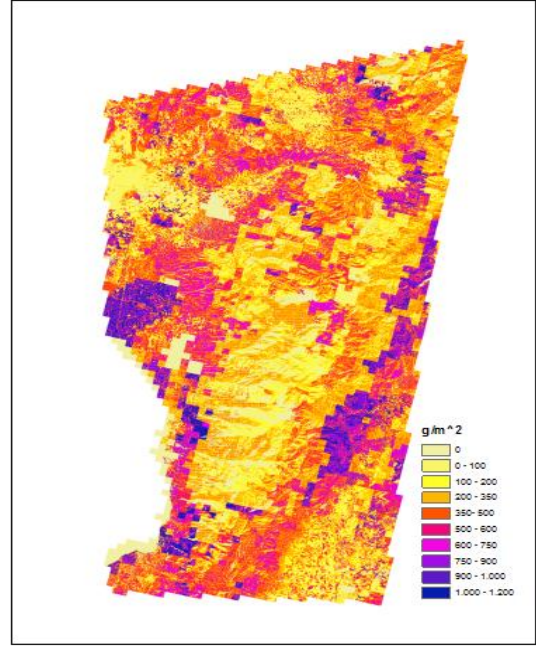
Şekil 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4'te NDVI değerlerinin turuncu rengi ile ifade edildiği su kütlelerinde bitki örtüsü bulunmadığından NDVI değerinin -1'e yaklaştığı görülmektedir. NDVI değerlerinin +1'e yakın olduğu alanlarda ise (haritada yeşil ve mavi renklerle gösterilen alanlar) yaprak yoğunluklarının giderek artması ve buna bağlı olarak da isopren ve monoterpenlerin emisyon oranlarının daha fazla olması beklenir.

Yaprak yoğunluğu hesaplamalarında, uydu görüntüleri ile elde edilen NDVI değerlerinden yaprak yoğunluğu modeli için coğrafik tabanlı veri elde etmek amacıyla GVI değerleri türetilmiştir. Türetilen GVI değerleri ortalama yaprak yoğunluğu hesaplamalarında kullanılmıştır.

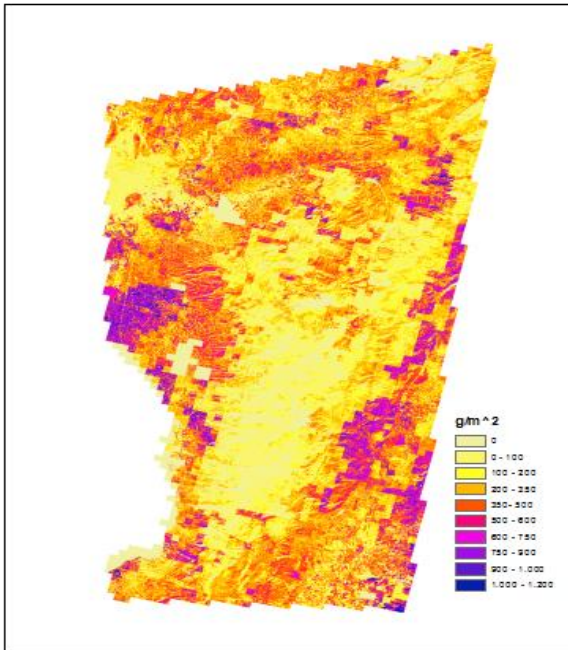
Dört ay içinden seçilen her bir güne ait yaprak yoğunlukları Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla hesaplanmıştır. Yaprak yoğunluğu değerleri (özellikle yaprak döken türler için) beklendiği gibi sıcaklığın ve ışık şiddetinin yüksek olduğu yaz aylarında yüksek, kış aylarında ise düşük çıkmıştır. Şekil 3.5, 3.6, 3.7 ve 3.8'de yaprak yoğunluklarının değişimi gözlenmektedir.



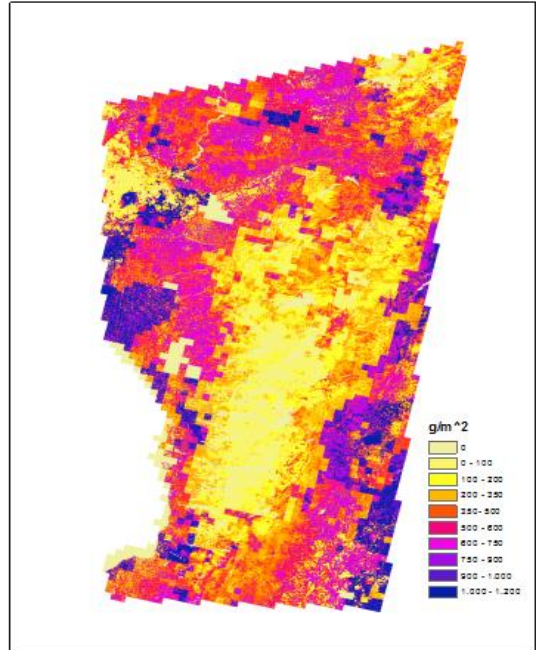
Şekil 3.5. 14 Temmuz 2013 gününe ait yaprak yoğunluklarının dağılımı



Şekil 3.6 24 Ekim 2013 gününe ait yaprak yoğunluklarının dağılımı



Şekil 3.7. 13 Şubat 2014 gününe ait yaprak yoğunluklarının dağılımı



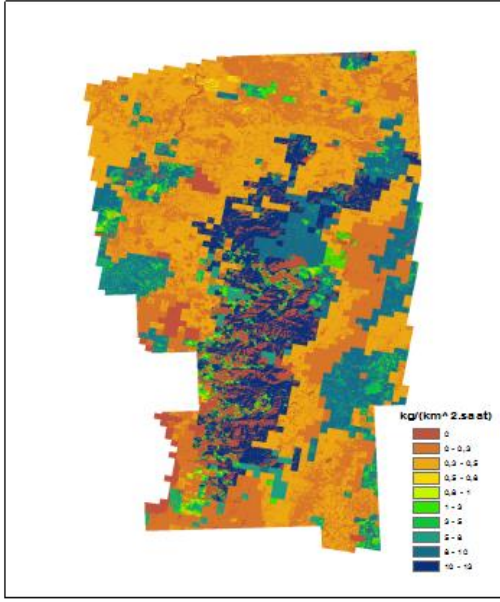
Şekil 3.8 2 Nisan 2014 gününe ait yaprak yoğunluklarının dağılımı

Şekil 3.6'ya göre ekim ayında temmuz ayına göre yaprak yoğunlukları azalmaktadır. Şekil 3.7'ye göre Şubat ayında yaprak yoğunluk seviyeleri yılın en düşük değerlerindedir. Bunun temel nedeni, kış aylarında sıcaklık ve ışık şiddetinin minimum olmakla birlikte yaprak döken bitki türlerinin yapraklarını bu mevsimde dökmüş olmalarıdır. Şekil 3.8'de Nisan ayı için ise Şubat ayına göre yaprak yoğunluklarının biraz daha arttığı görülür. Temmuz ayında ışık ve sıcaklığın yüksek derecede olması ve özellikle yaprak döken geniş yapraklı bitki türlerinin yapraklarını henüz dökmemiş olmasından kaynaklı olarak bitkilerin yaprak yoğunluk seviyeleri maksimum düzeydedir. Bu durum isopren ve monoterpenlerin emisyonlarının da maksimum düzeyde olacağını aynı şekilde kış aylarında ise emisyonun minimum düzeyde olacağını gösterir.

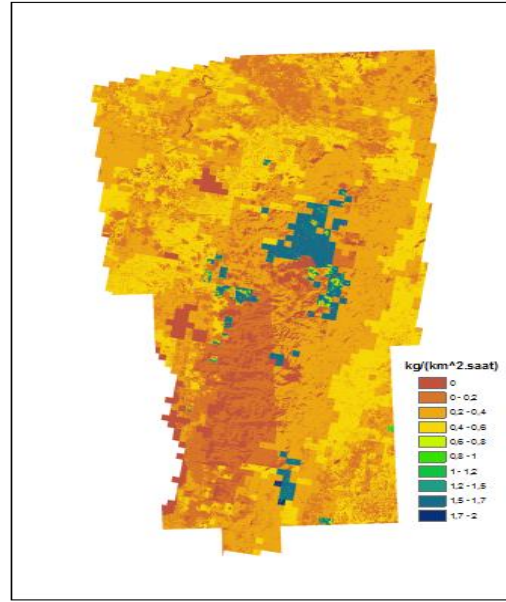
3.1 BVOC Emisyon Miktarlarının Belirlenmesi

Yaprak yoğunluk değerleri NDVI değerlerinden yola çıkarak, 4 ay için her aya ait belirli bir gün belirlenerek toplamda 4 günün her saati için hesaplanmıştır. Günler ulaşılabilen mevcut uydu görüntülerine göre belirlenmiştir.

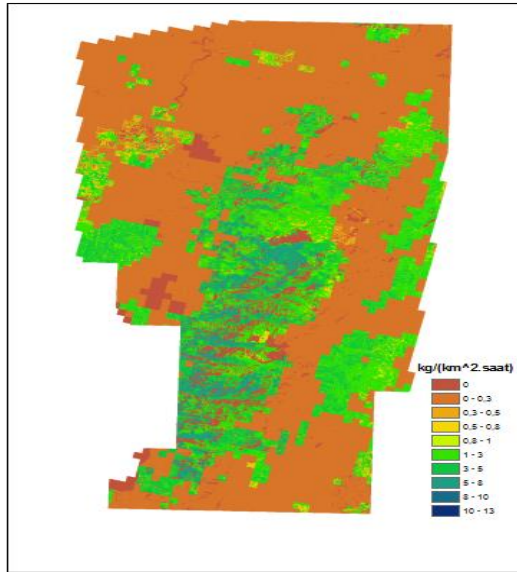
Söz konusu dört ay için gün içinde ışık ve sıcaklık şiddetinin maksimum olmasına bağlı olarak emisyon miktarlarının da maksimum olduğu saat 14:00'deki emisyon miktarları incelendiğinde, Yaz aylarında ışık ve sıcaklık şiddetinin artmasıyla orantılı olarak yaprak yoğunluğunun arttığı ve bu duruma bağlı olarak isopren ve sıcaklığa bağlı monoterpenerin emisyon miktarlarının Temmuz ayında arttığı görülmektedir. Şekil 3.9, 3.10, 3.11 ve 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16'da farklı tarihlerde saat 14:00'deki emisyon miktarları karşılaştırıldığında Temmuz ayında maksimum, Şubat ayında ise minimum emisyonun gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Sonbaharı temsil eden Ekim ayında yapraklar dökülmeye yeni başladığından Nisan ve Şubat aylarına göre daha fazla emisyon olduğu görülmüştür. Dolayısıyla en fazla emisyon Temmuz ayında, sonrasında Ekim ayında, onu takip ederek yaprakların yeni oluştuğu Nisan ayında ve en az emisyon ise yaprakların dökülmüş olduğu Şubat ayında gözlemlenmiştir. Sonuçlar Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak hem görsel olarak hem de sayısal olarak ifade edilmiştir.



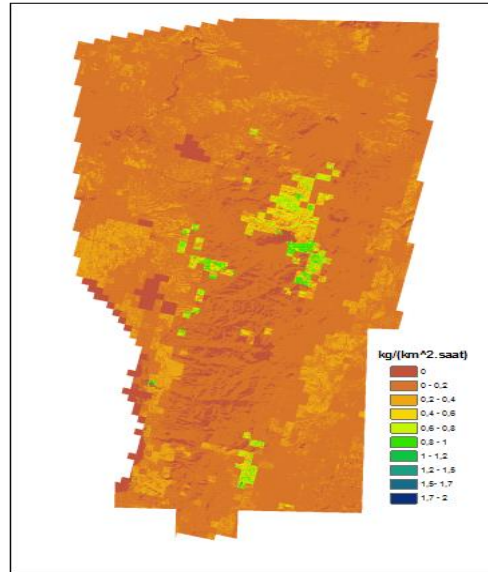
Şekil 3.9. 14 Temmuz 2013 gününe ait saat 14:00'deki isopren emisyonu



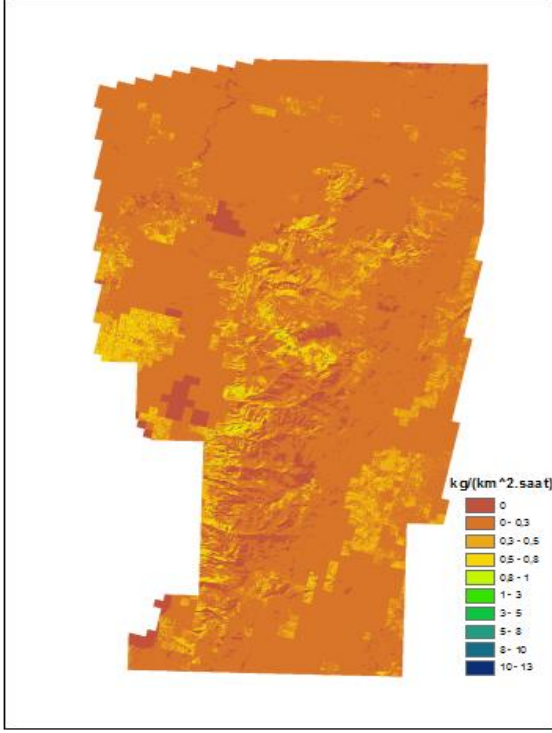
Şekil 3.10. 14 Temmuz 2013 gününe ait saat 14:00'deki monoteren emisyonu



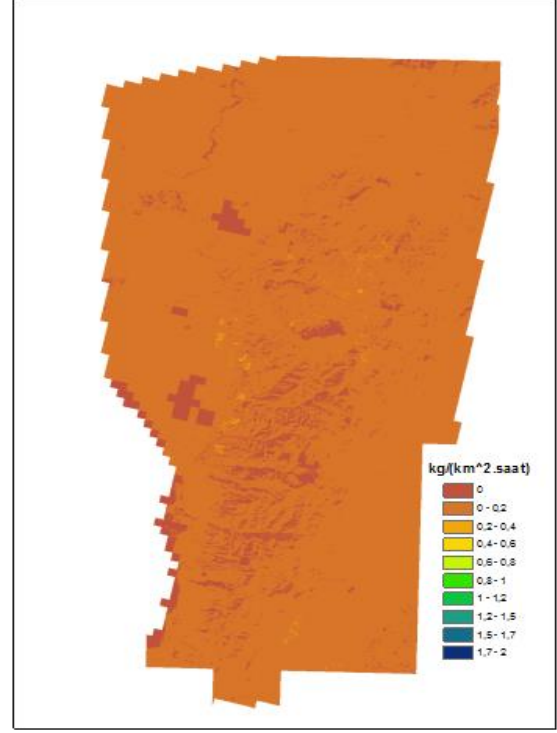
Şekil 3.11. 24 Ekim 2013 gününe ait saat 14:00'deki isopren emisyonu



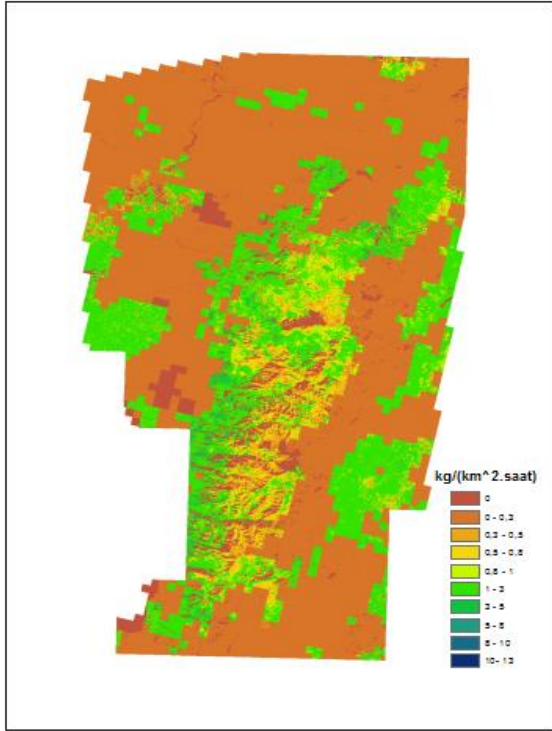
Şekil 3.12. 24 Ekim 2014 gününe ait saat 14:00'deki monoteren emisyonu



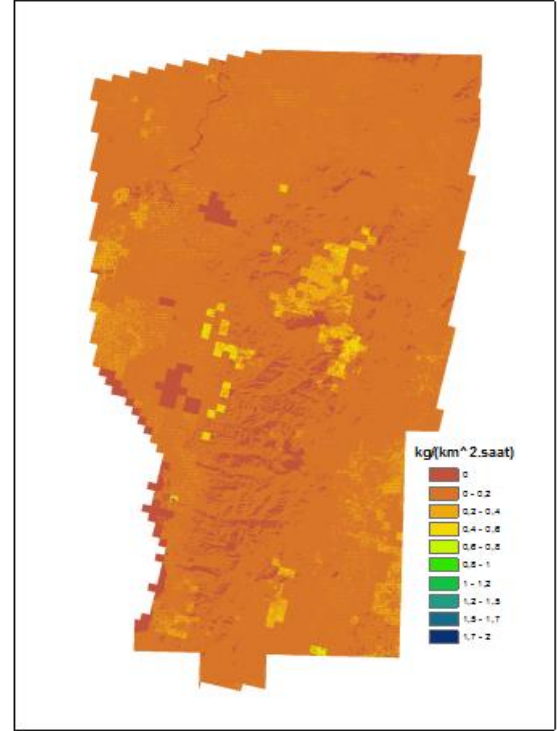
Şekil 3.13. 13 Şubat 2014 gününe ait saat 14:00'daki isopren emisyonu



Şekil 3.14. 13 Şubat 2014 gününe ait saat 14:00'daki monoterpen emisyonu



Şekil 3.15 2 Nisan 2014 gününe ait saat 14:00'daki isopren emisyonu



Şekil 3.16 2 Nisan 2014 gününe ait saat 14:00'daki monoterpen emisyonu

KAYNAKLAR

- Bao, H., Kondo, A., Kaga, A., Tada, M., Sakaguti, K., Inoue, Y., Shimoda, Y., Narumi, D., Machimura, T.,** 2008, Biogenic volatile organic compound emission potential of forests and paddy fields in the kinki region of japan. *Environmental Research* 106, 156-169.
- Chameides, W.L., Fehsenfeld, F., Rodgers, M.O., Cardelino, C., Martinez, J., Parrish, D., Lonneman, W., Lawson, D.R., Rasmussen, R.A., Zimmerman, P., Greenberg, J., Middleton, P., Wang, T.,** 1992, Ozone precursor relationships in the ambient atmosphere. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 97, 6037-6055.
- Eerdeken, G.,** 2010, Biogenic volatile organic compounds in tropical, temperate and boreal forest ecosystems, Doktora Tezi, Mainz Johannes Gutenberg Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mainz,.
- EEA, EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook,2004
- Fehsenfeld, F., J., Calvert, Fall, P. Goldan, A. Guenther, C Hewitt, B. Lamb, S. Liu, M. Trainer, H. Westberg, and P. Zimmerman,** 1992, "Emissions of volatile organic compounds from vegetation and the implications for atmospheric chemistry", *Global Biogeochem, Cycles*, 6, 389-430.
- Guenther, A., Hewitt, C.N., Erickson, D., Fall, R., Geron, C., Graedel, T., Harley, P., Klinger, L., Lerdau, M., Mckay, W.A., Pierce, T., Scholes, B., Steinbrecher, R., Tallamraju, R., Taylor, J., Zimmerman, P.,** 1995, "A global-model of natural volatile organic-compound emissions", *Journal of Geophysical Research- Atmospheres* 100, 8873-8892.
- Karl, M., Guenther, Koble, A.R., Leip, A. ve Seufert, G.,** 2009, "A new European plant- specific emission inventory of biogenic volatile organic compounds for use in atmospheric transport models", *Biogeosciences*, 6, 1059-1087.
- Kuhn, M., Builtjes, P.J.H., Poppe, D., Simpson, D., Stockwell, W.R., Andersson-Skold, Y., Baart, A., Das, M., Fiedler, F., Hov, O., Kirchner, F., Makar, P.A., Milford, J.B., Roemer, M.G.M., Ruhnke, R., Strand, A., Vogel, B., Vogel, H.,** 1998, Intercomparison of the gas-phase chemistry in several chemistry and transport models. *Atmospheric Environment* 32, 693-709.
- Laothawornkitkul, J., Taylor, J.E., Paul, N.D., Hewitt, C.N.,** 2009, "Biogenic volatile organic compounds in the earth system". *New Phytologist* 183, 27-51.
- Pierce, B.L., Redente, E.F., Barbarick, K.A., Brobst, R.B., Hegeman, P.,** 1998, Plant biomass and elemental changes in shrubland forages following biosolids application. *Journal of Environmental Quality* 27, 789-794.
- Roselle, S.J.,** 1994, Effects of biogenic emission uncertainties on regional photochemical modeling of control strategies. *Atmospheric Environment* 28, 1757-1772.
- Seinfeld, J., Pandis,** 1998, *S*, Atmospheric Chemistry and Physics, John Wiley & Sons, New York.
- Simpson, D.,** 1995, Hydrocarbon reactivity and ozone formation in europe. *Journal of Atmospheric Chemistry* 20, 163-177.
- Yay, O.D.,** 2006, Eskişehir ve yakın çevresinde yüzey ozon dağılımının MM5-CAMX modelleri kullanılarak belirlenmesi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Zimmerman P.,** 1979, "Testing of hydrocarbon emissions from vegetation, leaf litter and aquatic surfaces, and development of a methodology for compiling biogenic emission inventories." U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, EPA-450/4-79-004, 1-113.