

NOAA AVHRR VERİLERİNİ KULLANARAK TÜRKİYE'DE BİTKİ ÖRTÜSÜNÜN İZLENMESİ VE İNCELENMESİ

An Examination and Monitoring Vegetation Conditions in Turkey Using NOAA AVHRR Data

Murat KARABULUT

*KSÜ, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kahraman Maraş
mkarabulut@ksu.edu.tr*

Özet: Türkiye bulunduğu coğrafi konum itibari ile dikkate değer ölçüde biyolojik çeşitliliğe sahip bir ülkedir. Orman ve otsu bitkiler ana bitkisel formasyonları meydana getirirken, bir çok diğer tipe de ev sahipliği yapar. Farklı bitkisel formasyonlar ülke genelinde iklim ve topografik koşulların etkisinde çeşitlilik göstermiştir. Çalışmamızın ana amacını National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) verilerini kullanarak Türkiye'deki bitki örtüsü durumunun değerlendirilmesi oluşturmaktadır. Bu amaçla makalemizde ülkemizin farklı bölgelerinden seçilmiş, çeşitli bitki türlerinin 1992,1993 ve 1995 yıllarındaki durumları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Türkiye'nin ulusal ve bölgesel ölçekte bitki örtüsü durumunu ortaya koymak amacıyla AVHRR verileri 1992-1995 dönemleri arasını içerisine alan NFBİ değerlerine dönüştürülerek bitkisel aktivite durumları incelenmiştir. Yüksek biomas karakterine sahip orman alanları yıl boyunca yüksek indeks değerine sahip olurken, tam tersi olarak düşük biomas özellikleri nedeniyle otsu bitkiler daha düşük indeks değerleri ile ifade edilmektedir. Otsu bitkiler İç Anadolu'da Mayıs-Haziran, Doğu Anadolu'da ise Haziran-Temmuz aylarında kısa süreli olarak yüksek NFBİ değerleri göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bitki indeksi, vejetasyon durumu, biomas, fenoloji, AVHRR

Abstract: Turkey represents a considerable range of biodiversity due to its location in the World. Several types of forests and grasslands are the main vegetation formations of Turkey, but there are many other secondary vegetation areas in the country. The distribution of the different formations is controlled largely by climate and topography. The main objective of the study is to examine the utility of NOAA AVHRR data (which were collected for the years of 1992, 1993 and 1995) for monitoring vegetation conditions in Turkey. The NDVI is calculated and the data are composited for selected temporal periods to evaluate vegetation state. The results showed that the forested areas, which have larger amount of biomass, represented high NDVI; on the other hand grassland areas had low NDVI. Grassland areas reached peak NDVI level during at the end of may and beginning of June in the Interior Anatolia, in contrast Eastern Anatolia has reached the peak NDVI at the end of June.

Key Words: Vegetation index, vegetation state, biomass, phenology, AVHRR

1. Giriş

Türkiye bulunduğu coğrafi konum itibari ile dikkate değer ölçüde biyolojik çeşitliliğe sahip bir ülkedir. Orman ve otsu bitkiler ana bitkisel formasyonları meydana getirirken, bir çok diğer tipe de ev sahipliği yapar. Farklı bitkisel formasyonlar ülke genelinde iklim ve topografik koşulların etkisinde çeşitlilik göstermiştir (Atalay, 1994). Ülkemizde özellikle orman alanları, makilikler ve otsu

formasyon alanları nüfus artışının yaratmış olduğu baskı nedeniyle önemli ölçüde tehlike içerisindedir. İnsan faaliyetleri (tarım, yerleşme) bu alanların bozulma riski içerisine girmesine neden olmaktadır. Özellikle mera alanlarındaki aşırı otlatma bu yerlerde bulunan otsu bitkilerin zayıflamasına hatta yok olmasına sebep olmaktadır. Bu doğal ve yarı doğal özellik taşıyan alanlardaki bitki türlerinin ekolojik yapılarının belirlenmesi, arazi kullanımında meydana gelen değişikliklerin etkilerinin tespit edilmesi ve bu alanların gelecekte nasıl kullanabileceklerinin ve korunabileceklerinin ortaya konulması sürdürülebilir bir gelecek için zorunlu bir ihtiyaçtır.

Türkiye’de yeni teknolojileri kullanarak detaylı bölgesel bitki haritalarının yapımı, bitkilerin fenolojik karakterlerinin ve üretkenliklerinin belirlenmesi coğrafyacılar tarafından göz ardı edilmiş bir konudur. Doğal bitki örtüsü her geçen gün çeşitli şekillerde tahrip olan ülkemiz için bu konunun yeterince dikkat çekmemesi, en azından yeterli düzeyde literatürde yer bulamaması çok temel bir konunun göz ardı edilmesi anlamını taşımaktadır. Çağın sağladığı gelişmiş teknolojileri kullanarak yukarıda bahsettiğimiz olumsuzlukların ortadan kaldırılması konuyla ilgili bilim adamlarının gerekli adımları atmalarına bağlıdır. Bu hedefe yönelik olarak araştırmamızda uzaktan algılama yöntemleri tercih edilmiştir. Çünkü uydu verileri kullanılarak yapılan bitki örtüsü incelemeleri bir bölgenin ekolojisinin bilinmesi ve arazi kapasitelerinin belirlenmesi için ihtiyaç duyulan temel konuları içerisine almaktadır. Bütün dünyada uydu verilerinin bu tür çalışmalarda oldukça önemli ve pratik bilgiler ürettiği gözlenirken ülkemizde bu teknolojiye yararlananların sayısı yok denecek kadar azdır. Bunun belki de en önemli sebebi coğrafya bölümlerinin uzaktan algılama teknolojilerine çeşitli sebeplerden dolayı uzak kalmalarıdır. Bu tür çalışmalar için çok yılı içerisine alan verilere ihtiyaç duyulması ve bunun da maliyeti artırması nedeniyle yaşanan ekonomik yetersizliklerde bu tekniğin az kullanılma nedenlerinden birisini oluşturmaktadır.

Günümüzde bitki örtüsü ile ilgili bilgiler geleneksel olarak geleneksel örneklem metotları kullanılarak yapılmaktadır. Bu tür ölçümler doğru ve güvenilir olmalarına karşın geniş alanlarda örnek toplamada karşılaşılan sorunlar ve kısa sürede bitki örtüsünde meydana gelebilecek değişimleri kapsayamadıklarından dolayı dezavantajlı gözükmektedirler. Geniş alanlardaki bitki örtüsü incelemelerinde kullanılan National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) verileri bu güne kadar birçok bilim adamı tarafından dünyanın çeşitli bölgelerinde başarıyla kullanılmıştır (Goward ve diğ., 1991; Cihlar ve diğ., 1991; Marsh ve diğ., 1992; De Buers ve diğ., 2004; De Buers ve diğ., 2005). Çünkü bu yöntem yukarıda sözü edilen dezavantajları daha ucuz, geniş alanlarda kolaylıkla elde edilebilir olmaları ve geniş alanda kısa süreli değişimleri kaydedebilmelerinden dolayı ortadan kaldırmaktadır. Bu uyduya ait veriler bitkilerin biyolojik aktivite (fotosentez) durumuyla ilgili indekslere dönüştürülmek suretiyle pratik olarak kullanılmaktadır. Özellikle günlük toplanmış verilerden elde edilen bitki indeks değerleri biyolojik aktivitelerin izlenmesinde önemli avantajlar sağlamaktadır (Tucker, 1979; Campbell, 1997; Goward ve diğ., 1991; Marsh ve diğ., 1992; Yang ve diğ., 1997).

Çalışmamızın ana amacını NOAA AVHRR verilerini kullanarak Türkiye’deki bitki örtüsü durumunun (özellikle biyolojik aktivite seviyesi) değerlendirilmesi oluşturmaktadır. Bu amaçla makalemizde ülkemizin farklı bölgelerinden seçilmiş, çeşitli bitki formasyonlarının 1992,1993 ve 1995 yıllarındaki biyolojik aktivite durumları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ege bölgesi ile ilgili bitki örtüsü durum haritaları üretilerek bu bölgemizdeki biyolojik aktivite seviyesi detaylı olarak analiz edilmiştir. Ayrıca bitkisel fenolojik süreçleri belirlemek amacıyla oran görüntüleri oluşturarak biyolojik aktivite seviyesinin Türkiye genelinde izlediği seyir incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

NOAA’ya ait AVHRR algılayıcısını taşıyan meteorolojik uydular yerküreyi günde iki kez taramaktadır. Bunların birincisi gündüz yerel saat 10 civarında, diğeri ise gece saat 2.30 da gerçekleşmektedir. Bütün bu toplanan veriler çeşitli yer istasyonları vasıtasıyla toplanmaktadır. Son yıllarda Türkiye’de de bu uyduya ait verileri toplayan ve depolayan merkezler kurulmuştur (Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü ve Van 100. Yıl Üniversitesi).

AVHRR uydusunun yersel (mekansal) çözünürlüğü (piksel boyutu) lokal ölçekte 1.1 km ve global ölçekte 4 km'dir. Mekansal çözünürlük bir uydunun yer yüzünde tespit edebildiği en küçük alan olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada kullanılan veriler beş farklı spektral bantta (beş farklı dalga boyunda) veri toplayan NOAA 12 uydusuna aittir. Ancak kırmızı ışınlar (0.58- 0.68 mikron) denk gelen band 1 (Kanal 1) ve infrared dalga boyundaki (0.725- 1.10 mikron) ışınları içeren band 2 (Kanal 2) bitki örtüsü incelemelerinde en kullanışlı ışık dalga boylarıdır. Çünkü bitkiler fotosentez faaliyetleri sırasında kullanmak amacıyla kırmızı ışığın büyük bir kısmını bünyelerinde tutup depolarken, diğer taraftan yakın infrared dalga boyundaki ışıkların büyük bir kısmını da yansıtırlar. Bu ilişkiden yararlanarak bitki indeksleri hazırlamak mümkün olmuştur. En yaygın kullanılan bitki indeksi Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NFBİ)'dir. Hesaplamalar yoluyla elde edilen indeks değerleri ise bitkilerin yeşil biomas, yaprak alanları, fotosentez için yutulmuş enerji miktarı gibi bir çok özelliği ile yakından ilgilidir (Mallingreau ve diğ., 1986; Marsh ve diğ., 1992; Di ve diğ., 1994; Reed ve diğ., 1994; Lyon ve diğ., 1998). Bu özelliklerde bitki örtüsü durumunun belirlenebilmesi için kullanılan önemli parametreler olarak kabul edilmektedir. NFBİ yakın infrared ve kırmızı dalga boyundaki ışık değerlerinin birbirinden çıkarılıp (aralarındaki farkın bulunup) daha sonra iki bandın toplamına bölünmesi ile elde edilen normalize edilmiş değerleri ifade eder.

$$NFBİ = \frac{\text{Yakın İnfrared band} - \text{Kırmızı Band}}{\text{Yakın İnfrared band} + \text{Kırmızı Band}}$$

Bu formül -1 ile 1 arasında değişen NFBİ indeks değerlerini üretir ki, negatif değerler su, kar, bulut ve bitkiden yoksun nemli alanları ifade eder diğer taraftan pozitif değerler de bitki örtüsünün varlığını gösterir. Ancak negatif değerler ile bazı istatistiksel analizlerin çok zor olması nedeni ile gerçek NFBİ değerleri, $DNFBİ = ((NFBİ + 1) * 100)$ formülü kullanılarak 0-200 arasındaki indeks değerlerine dönüştürülmüştür. Neticede 100' den küçük değerler bitki örtüsünden yoksun olan su, buz ve bulut gibi alanları gösterirken, 100 ve yakın civarı değerler de çıplak veya cılız bitki örtüsünü, 130-200 arasındaki yüksek değerlerde bitki örtüsüne karşılık gelen alanları içerir hale gelmiştir. Sonuçta da bitki örtüsüne bağlı biyolojik aktivitelerin var olduğu alanlar her zaman pozitif değerle ifade edilmiş olacak ve yüksek indeks değerleri daha yeşil ve sağlıklı bitki örtüsüne karşılık gelecektir.

Uydular vasıtasıyla bitki örtüsü incelemelerinin yapılabilmesi için bulutsuz günde toplanan verilerin kullanılması zorunludur (Justice ve diğ., 1991). Bir tek AVHRR uydu görüntüsü çok ender olarak bulut içermeyebilir. Daha doğrusu elde edilen verilerin tamamının bulutsuz olması ihtimali çok küçüktür. Holben (1986) yılında yayınladığı bir makalede uydunun bulutsuz görüntü elde edememe dezavantajını gidermek ve kullanışlı veriler üretebilmek için bir çok görüntüyü kullanarak bileşke görüntüler elde etmiş böylece uygun zamansal (temporal) çözünürlükte ve kullanışlı yeni veriler üretmiştir. Bu yöntem her uydu görüntüsünün mükemmel ve kesin bir şekilde aynı projeksiyon sistemine kaydedilmesini zorunlu kılmaktadır. Bunun anlamı farklı günlerde toplanan verilerdeki her pikselin her gün için aynı pikseli temsil etmesi zorunludur. Yani farklı günlerde toplanan veriler üst üste getirildiğinde aynı alanı gösteren pikseller bir biri üzerine çakışmak zorundadır. Bu teknik birbirini izleyen günlere ait görüntülerden hangisinin piksel değerinin seçileceği maksimum değer kuralına göre yapılmaktadır. Yani her bir piksel değeri için maksimum NFBİ değeri dikkate alınarak bileşke görüntüler elde edilir. Böylece bu yöntemle görüntülerdeki bulutlulukla ilgili olumsuzluklar giderilmiş veya en az seviyeye indirilmiştir. Çünkü bulutlu günde NFBİ negatif iken, açık günde indeks değeri yüksek ve pozitifdir. Neticede de maksimum indeks değerleri dikkate alınarak sadece bitki örtüsüyle ilgili pikseller seçilmiş ve bulut içeren pikseller hesaplama dışı kalmış olacaktır.

Son yıllara kadar ABD'nin EROS veri merkezi (EROS Data Center, EDC) çeşitli dönemleri içeren bileşke görüntüler üretmiştir. Bu makalede kullanılan 1992, 1993 ve 1995 yıllarına ait uydu verileri EDC in web sayfasından (<http://edcdaac.usgs.gov/1KM/comp10d.asp>) elde edilerek analizler yapılmıştır. Veriler lokal çözünürlükte toplanmış ve daha sonra 10'ar günlük bileşke görüntülere dönüştürülmüştür. Neticede de her ayın son 10 gününü yansıtan değerler o ayın indeks değeri kabul edilerek analizler yapılmıştır. Her yıl için aylık bileşke görüntüler yukarıda anlatılan yöntem kullanılarak elde edilmiştir. Ancak işlemler sırasında diğer gerekli görüntü işleme yöntemleri de

kullanışlı sonuçlar elde etmek amacıyla veriler üzerinde uygulanmıştır. Ayrıca NFBİ değerleri kullanılarak yıllık maksimum ve minimum indeks değerleri hesaplanarak Türkiye geneli için bazı sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Bu işlemler sırasında aylık veriler içerisinde en yüksek piksel değerleri bir bileşke görüntüyü, aylara ait en düşük değerlerde diğer bileşke görüntüyü meydana getirecek şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Tarihsel maksimum ve minimum bitki indeks haritaları bütün Türkiye için iki haftalık periyotlar kullanılarak üretilmiştir. Burada en yüksek ve en düşük piksel değeri dikkate alınmıştır. Minimum değerler çoğu zaman kar ve bulutluluktan etkilenen alanlara denk gelmektedir. Bu alanlar bu yüzden ölçümden çıkarılmıştır.

Türkiye'nin ulusal ve bölgesel ölçekte (özellikle Ege Bölgesi) bitki örtüsü durumunu ortaya koymak amacıyla AVHRR verileri 1992-1995 dönemleri arasını içerisine alan NFBİ'lerine dönüştürülerek bitkisel aktivite durumları incelenmiştir. Bu bağlamda hem Türkiye geneli hem de çeşitli bölgelerden elde edilen sonuçlar değerlendirmeye tabii tutulmuştur. Ana fonksiyon alanlarının belirlenmesi sırasında NOAA'nın yapmış olduğu global arazi kullanım sınıfları verilerinden ve kitaplık kaynaklarından yararlanılmıştır (Atalay, 1994; Darkot ve Tuncel, 1995; Güngördü, 1999). Özellikle Atalay (1994; 134) tarafından ortaya konulan Türkiye'nin ana vejetasyon formasyonları ile ilgili harita örneklem alanlarının seçimi sırasında destekleyici ve doğrulayıcı malzeme olarak kullanılmıştır.

Ana bitki formasyonlarının biyolojik aktivite karakterlerini incelemek amacıyla bir çok örneklem alanı seçilmiştir. Özellikle Ege bölgesi topografik özellikleri nedeniyle bitki örtüsü sınıflarının uydu görüntülerinde kolayca ayırt edilebildiği yer olmasından dolayı bu çalışmada detaylı inceleme için test alanı olarak tercih edilmiştir. Orman formasyonu için Trakya, maki formasyonu için Akdeniz, otsu bitkiler için Doğu ve İç Anadolu, tarımsal bitkileri için Trakya, yükselti faktörü için Akdeniz bölgesinden test alanları tespit edilmiştir. Test alanları seçilirken incelenen formasyonu en iyi ortaya koyabilecek alanlar tercih edilmeye çalışılmıştır. Doğal vejetasyon formasyonları ile ilgili veriler toplanırken daha yüksek mekansal çözünürlüğe (30 m) sahip Landsat ETM verilerinden de yararlanılmıştır.

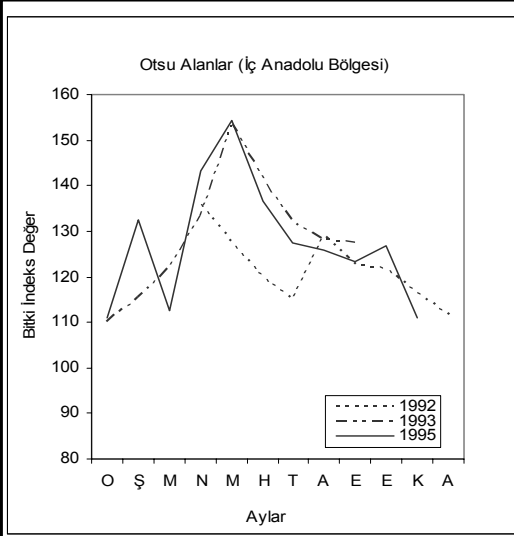
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ana vejetasyon formasyonlarının NFBİ özellikleri

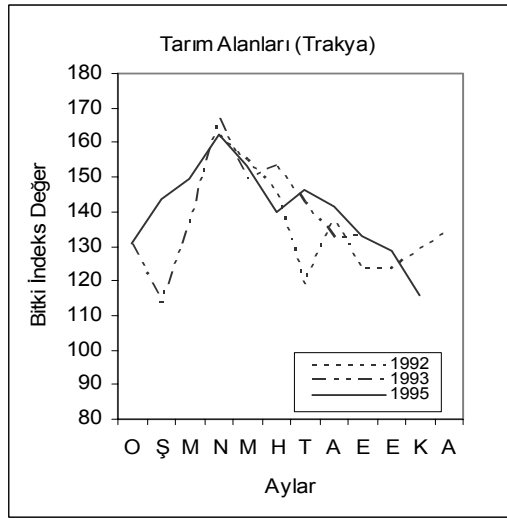
Test alanlarından toplanan bitki indeks değerleri şekil 1'de gösterilmiştir. Grafikleri karşılaştırdığımızda otsu bitkiler, orman ve tarım alanlarına ait bitki indeks değerleri birbirlerinden trend olarak ayırt edilebilmektedir. Yüksek bitki indeksleri yoğun bitki örtüsüne denk gelmektedir. Düşük değerler ise otsu ve cılız bitki örtüsünün bulunduğu alanları ifade etmektedir. Seçilmiş herhangi bir bölgede biyolojik aktivitenin yaygınlığı ve seviyesi farklı yıllar karşılaştırılarak ortaya konulabilir. Yine indeks değerlerinin yükseltiye bağlı yeşillenme sürecinin de ortaya konulmasında yardımcı olabileceği görülmektedir (Şekil 1e).

İç Anadolu bölgesinden elde edilen otsu bitkileri gösteren grafik incelendiğinde fenolojik sürelerinin kısa olduğu açıkça görülmektedir. Bitkiler Mayıs-Haziran aylarında maksimum aktivite seviyesine ulaşmaktadır. Sıcaklık ve yağış koşullarına bağlı olarak en yüksek biyolojik aktivite seviyesine ulaştığı aylarda sapmalar olabilmektedir. Nisan ayında belirgin hale gelen biyolojik aktivite Haziran ayı ortalarından itibaren zayıflamakta ve Ağustos ayında neredeyse kış aylarındaki seviyeye inmektedir. Bu durumun ortaya çıkması genellikle kısa ömürlü bitki olmaları ve İç Anadolu'nun yaz mevsiminde belirgin kuraklık yaşamasından ileri gelmektedir. Bu trendi fenolojik değişimleri anlatan şekilden de izlemek mümkündür (Şekil 1a).

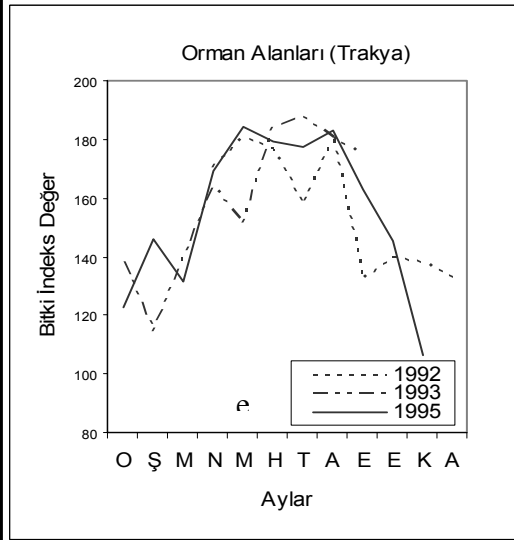
Tarımsal bitkilerle ilgili Trakya'dan toplanan indeks değerleri incelendiğinde otsu bitkilere benzer şekilde burada da kısa vejetasyon süresi kolaylıkla izlenebilmektedir. İndeks değerleri Nisan ayında belirgin bir artış göstererek Mayıs ayında maksimum düzeye ulaşmaktadır. Bu durum tarımsal bitkilerin hasattan birkaç hafta önce en yüksek biyolojik aktivite seviyesine ulaşmaları ile ilgilidir. Büyüme işleminin tamamlanmasından sonra hasat dönemine doğru indeks değerlerinde meydana



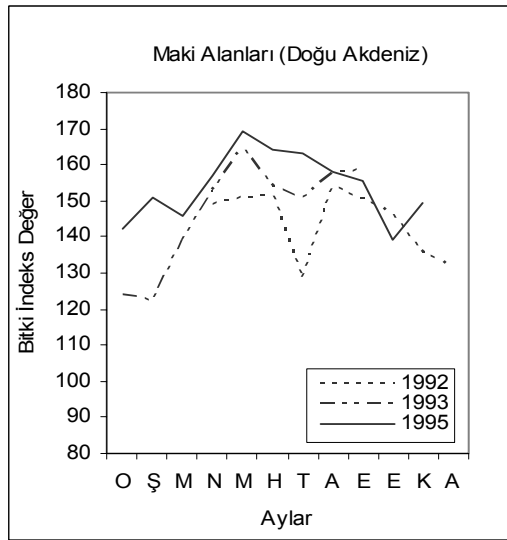
a



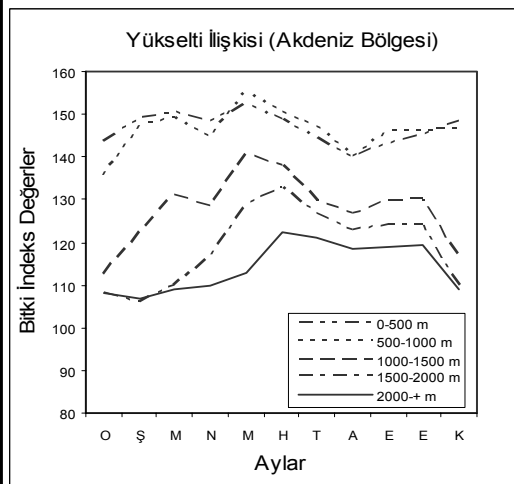
b



c



d



e

Şekil 1. Çeşitli bitki formasyonlarının farklı yıllarda sahip olduğu bitki indeks değerleri. Şekil a, b, c ve d otsu bitkiler, tarım alanları, orman ve makiliklerin yıllara göre yeşillik durumunu gösterirken, şekil 1e yükselti ile indeks değerleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır.

gelen hızlı değişmeyi çok belirgin bir şekilde izleyebiliriz. Bunun sebebi hasattan önceki günlerde olgunlaşmaya bağlı bitkinin bünyesinde meydana gelen yapısal değişikliklerdir (Şekil 1b).

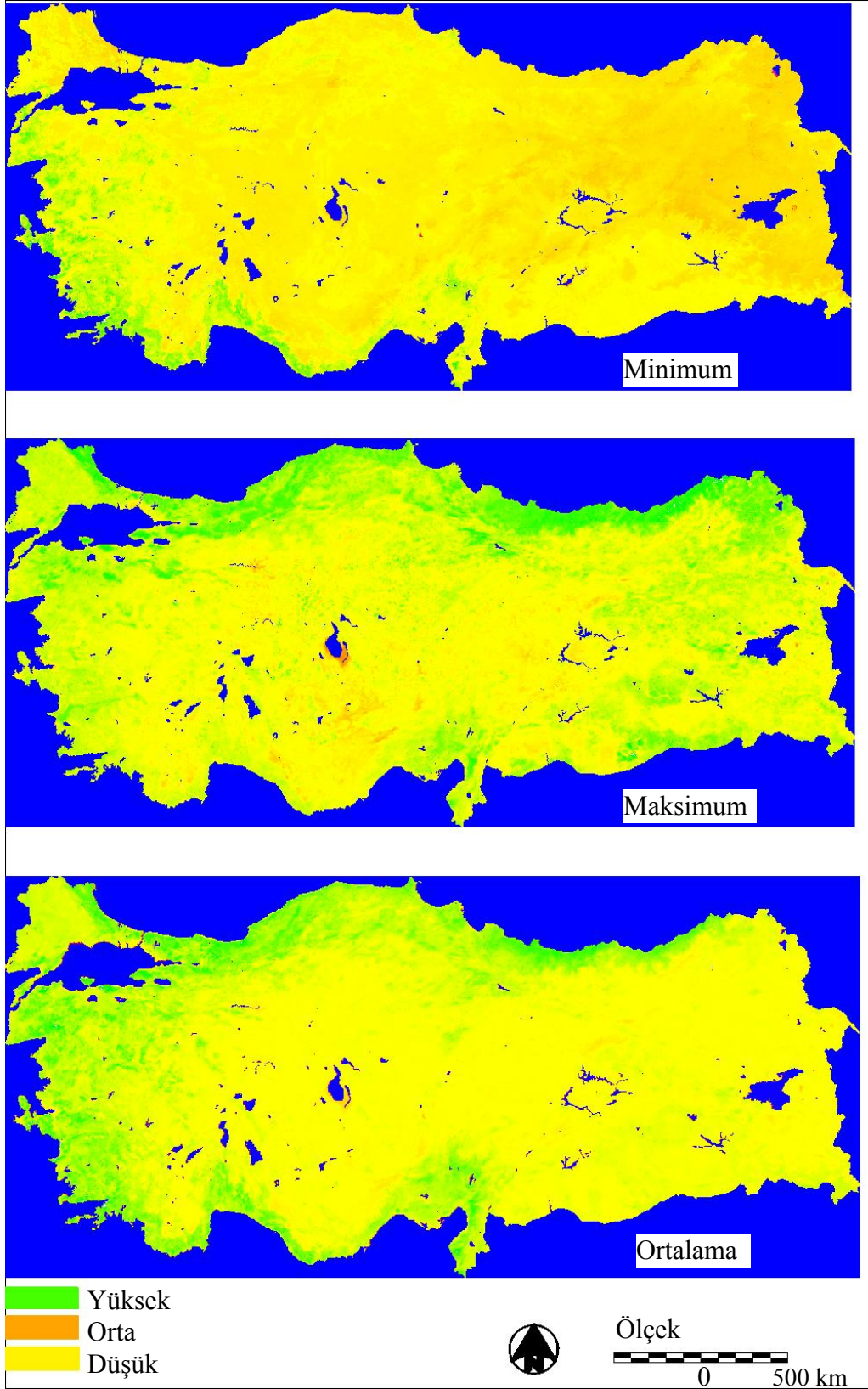
Şekil 1c Istranca dağlarının Karadeniz'e bakan yamaçlarından orman alanları için her üç yıla ait NFBİ değerlerini göstermek amacıyla alınmış verileri ifade etmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi indeks değerleri birbirine benzemektedir. Ancak yıl içerisinde ve yıllar arasında indeks değerlerinde bazı azalma ve yükselme gibi salınımlar meydana gelmektedir. 1995 yılında indeks değerlerinde genel anlamda bir artışı gözlemleyebiliriz. Orman alanlarının bütün yıla yayılan yüksek biyolojik aktivite seviyelerinin süreklilik gösterdiği belirgin bir şekilde görülmektedir. Ancak Aralık ve Ocak aylarında özellikle kar yağışları nedeniyle gerçek indeks değerlerine uydu verileri yoluyla ulaşmak zor olduğu için NFBİ değerlerinde düşüşlerin görülebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Diğer aylar incelendiğinde bütün yıl boyunca biyolojik aktivitenin devam ettiği görülmektedir. Diğer taraftan yaz ortasında sıcaklıkların artması ve yağış eksikliği nedeniyle çok küçükte olsa bir azalmanın gerçekleştiği görülmektedir. Yıllar arasında meydana gelen salınımlar da yine iklimle ilgili değişimlere bağlanabilir. Makilik alanlarda ormanlara benzer bir görüntü ortaya çıkarken bu bitki formasyonu için maksimum aktivitenin yaşandığı zamanı belirlemek daha da kolaylaşmıştır (Şekil 1d). Pik değerleri Mayıs ayında ortaya çıkarken yaz boyunca indeks değerlerinde açık bir azalma gözlenmektedir. Bununda Akdeniz ikliminin genel yapısıyla ilgili olduğunu söylemek mümkündür. Kuraklığın belirgin olduğu yaz mevsiminde bu alanlarda yaşayan bitki topluluklarını olumsuz yönde etkilediği indeks değerlerinin yaz mevsiminde izlediği seyirden açıkça anlaşılmaktadır.

Yükselti ile indeks değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde, bitkisel aktivite seviyesinin yükseltiye bağlı olarak azalma eğilimi açıkça izlenebilmektedir (Şekil 1e). Şekilden de anlaşılacağı gibi 0-1000 m arasında makilerin yaygın olduğu alanlarda indeks değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebi bu yükselti arasında yaygın olan makilik alanların yeryüzünü açık bırakmayacak şekilde kapaması ve çoğunlukla geniş yapraklı olmalarıyla ilgilidir. Diğer taraftan yükseldikçe iğne yapraklı ormanların yüzeyi örtme özelliklerinin değişmesi ve seyrekleşmesi nedeniyle daha düşük indeks değerleri de bu duruma paralel olarak azalma eğilimine girmektedir. Aynı şekilde dikkatlice incelenirse yükseltiye bağlı olarak bitki formasyonlarının pik seviyelerine ulaştığı ayın değiştiği görülebilir. Nisan-mayıs aylarında pik değerleri düşük yükseltiye ifade ederken 2000 m'nin üzerinde pik değerlerine haziran ayında ulaşılmaktadır. Bu durumun iki önemli nedeni bulunmaktadır. Birinci neden sıcaklığın yükseklerde düşük olması ve bitkisel faaliyetler için optimum seviyesine yaz mevsimine doğru ulaşmasıdır. İkinci sebep ise belli bir yükseltiden sonra ormanların seyrekleşmesi ve otsu bitkilerin yaygınlaşması ile ilgilidir. Bilindiği gibi otsu bitkiler sıcaklık koşullarının yeterli olduğu zamanlarda maksimum biyolojik aktivite seviyelerine ulaşmaktadır.

3.2. Yıllık maksimum, minimum ve ortalama NFBİ durumu

Yıllık maksimum, minimum ve ortalama bitki indeks görüntüleri 12 ayın piksel değerleri kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 2). Ülkemizin nispeten bitki örtüsünün zayıf ve tarımsal amaçlı kullanılan alanları sarı ve tonlarına yakın, bitki örtüsünün yoğun olduğu alanları da yeşil ve tonları ile gösterilmiştir. Sarı tonlar düşük veya orta derece civarında fotosentez aktivitesini, açık ve koyu yeşil ise çok yüksek biyolojik aktivite seviyesini göstermektedir. Özellikle koyu yeşiller çok canlı ve yoğun bitki örtüsüne karşılık gelmektedir. Çıplak alanlar ve bulutlu alanlar kahverengi görünmektedir.

Maksimum indeks değerleri yoğun ve sağlıklı bitki örtüsünün bulunduğu alanlardan elde edilmiştir. Maksimum değerler hem doğal hem de tarım bitkilerinin 1995 yılındaki biyolojik aktivite seviyesinin maksimum seviyeye ulaştığı anları bir görüntü üzerinde ortaya koymaktadır. Şekilden de anlaşıldığı gibi özellikle tarım bitkilerinin indeks değerleri yıllık bitkisel aktivitelerin maksimum düzeyde olduğu zamanları belirtmektedir. Diğer taraftan doğal bitki örtüsü ise verilerin toplandığı dönemlerdeki biyolojik aktivite seviyeleri ile ilgili gözükmemektedir. Her bitki türünün yıl içerisindeki maksimum biyolojik aktivite seviyeleri farklı zamanlara denk gelmesi nedeniyle birbirleriyle aynı anda karşılaştırma imkanı geleneksel metotlar yoluyla imkansızdır. Halbuki uzaktan algılamanın



Şekil 2. Maksimum, minimum ve ortalama NFBİ durumu (1995)

getirmiş olduğu kolaylık nedeniyle bütün bitkilerin maksimum biyolojik aktivite seviyelerini aynı anda görmek ve analiz etmek mümkündür. Bu şekilde elde edilen veriler kullanılarak ülkemiz bitki örtüsü canlılık haritası üretilmiştir (Şekil 2). Diğer bir ifadeyle maksimum bileşke görüntüleri bir yıl içerisindeki maksimum fotosentez aktivite seviyesinin dağılışını aynı anda meydana geliyormuş gibi göstererek bitki formasyonlarını karşılaştırma imkanı vermiştir.

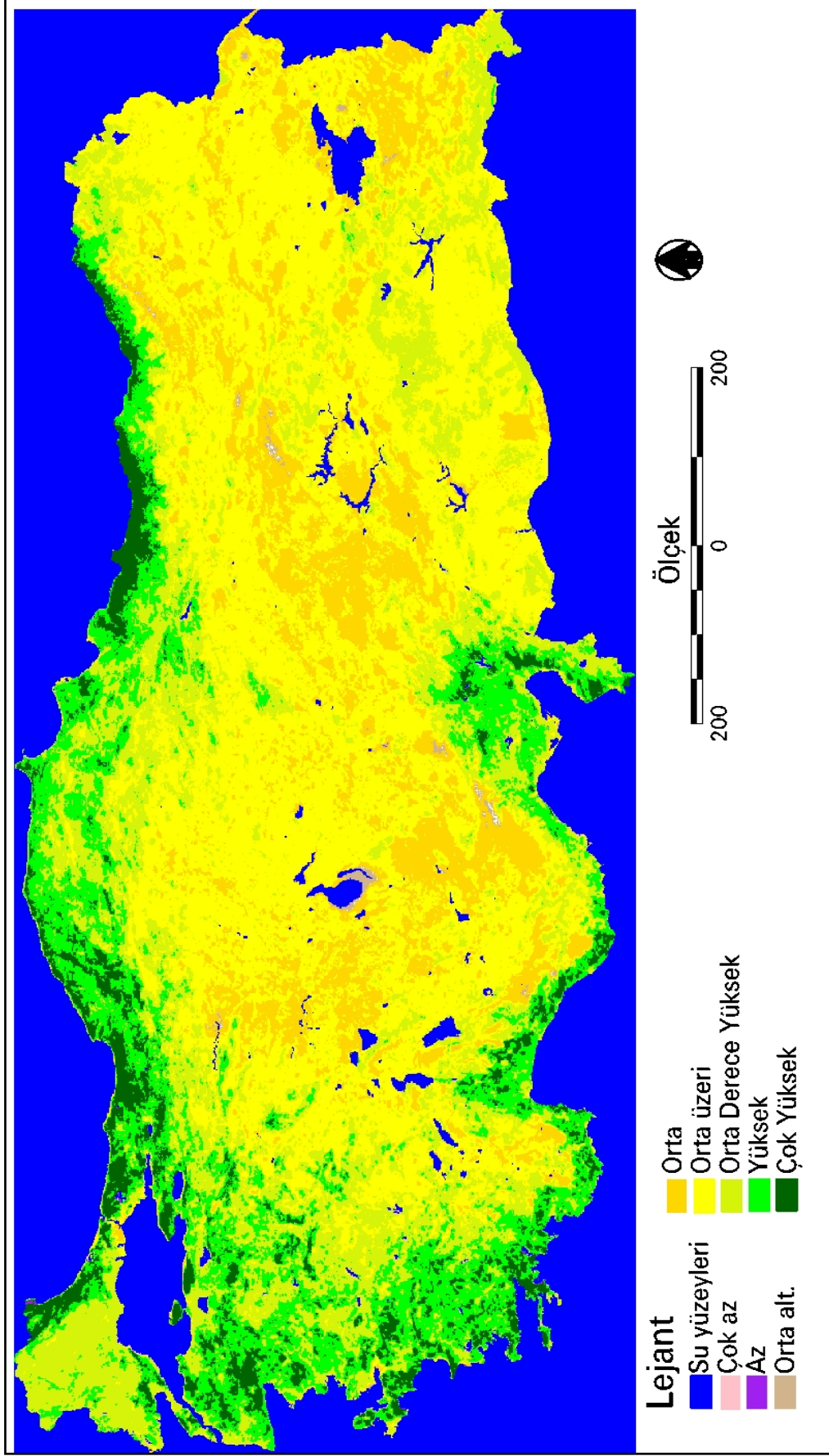
Kurak ve yarı kurak iklim alanlarında bulunan otsu bitkilerin vejetasyon aktivite seviyeleri yağış koşullarından ciddi anlamda etkilendiğinden dolayı yeşillik haritalarında bu farklılıkları kolayca gözlemlemek mümkündür (sarı renkte gösterilen alanlar). Bu sonuçlar ise uydu görüntülerinin klimatolojik verilere göre bitkisel durum hakkında daha doğru ve kullanışlı bilgilerin üretilmesini kolaylaştırdığını belgelemektedir. Böylece iklim kuşakları ve bitkisel durum arasındaki ilişkilerin uydu verileri yoluyla tespit edilebilirliği ortaya konulmuş olmaktadır.

Bir yıl (1995) içerisindeki toplam biyolojik aktivite seviyesini belirleyebilmek amacıyla NFBI değerleri toplanarak Şekil 3'deki bileşke görüntü elde edilmiştir. Şekil 3 dikkatlice incelendiğinde daha kısa fenolojik devreye sahip doğal ve kültive edilmiş bitkilerle bütün yıl yaprağını dökmeyen ve dolayısıyla biyolojik aktivitelerine az çok devam eden bitki formasyonlarının kolayca ayrılabilirdiği görülmektedir (yeşil ve tonları ile gösterilen alanlar). En yüksek aktivite değerleri bunun neticesinde normal olarak kıyı bölgelerimizdeki ormanlık alanlara denk gelmektedir. Birleştirilmiş indeks değerlerinin ülkemizin en kurak yerlerine denk gelen Konya havzası ve Tuz gölü çevresi gibi alanlarda en düşük değerlerle ifade edilmektedir. Diğer taraftan bitki örtüsünden yoksun dağ zirveleri ve aşırı otlatılmaya maruz kalmış step alanlarında da aktivite değerlerinin çok zayıfladığı görülmektedir (kahverengi ve koyu sarı renkte gösterilen alanlar). Vejetasyon süresi belli dönemleri içeren tahıl bitkilerinin yaygın olduğu alanlarda bütünleştirilmiş indeks değerleri orta derecede biyolojik aktivite seviyesini belirtmektedir (sarı ve tonları ile ifade edilen alanlar). Bunun temel sebebi bu alanların yılın bir bölümünde bitki örtüsünün bulunmadığı alanlar olmasıdır. Bağ ve bahçelerin yaygın olduğu, sulu tarım yapıldığı alanlarda (Ege ovaları, Çukurova) aktivite seviyesinin ortalamasının üzerine çıktığı yüksekçe yakın değerler ürettiği sonuçlardan kolayca anlaşılmaktadır. Bütün bu sonuçlar suyun varlığı ile bitkisel aktiviteler arasındaki kaçınılmaz ilişkiyi ortaya koymaktadır. Diğer bir ifade ile bu sonuçlar Türkiye yağış dağılışı ile çok belirgin benzerlik göstermektedir. Yıllık yağış miktarının yüksek olduğu alanlarda biyolojik aktivite seviyesinin buna paralel olarak arttığı görülmektedir.

3.2. Ege Bölgesi Bitkisel Aktivite Durumu

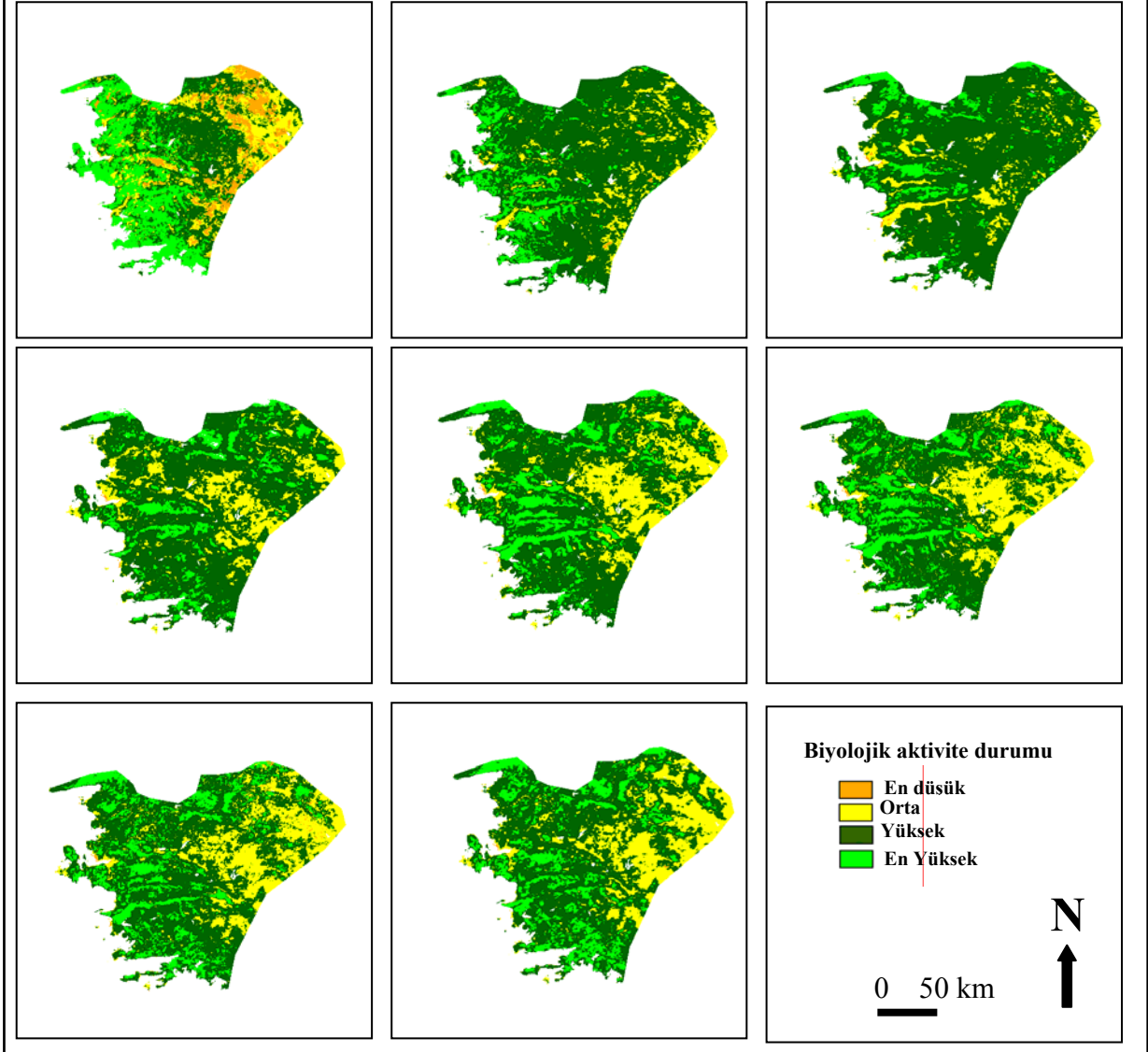
Ege bölgesine ait NFBI değerlerinden üretilmiş bileşke görüntüleri Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi indeks değerlerinin yıl içerisindeki durumu bitki formasyonlarına göre değişiklik göstermektedir. Sonuçlar baharın ilk aylarından itibaren belirginleşmeye başlayan ve lokal fenolojik farklılıklar sonucu ortaya çıkan "yeşil dalga"yı açıkça göstermektedir. Bu sonucu ortaya çıkaran yansıma değerleri bitki yoğunluğu, türü ve bitkisel aktivite seviyesiyle bağlantılı olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca topografik yapının etkilediği vejetasyon özelliklerinin de yansıma değerleri üzerinde etkiye sahip olduğu sonuçlardan kolayca anlaşılmaktadır. Geniş alanları kaplayan orman, tarım veya mera alanları yıl boyunca birbirlerinden çok farklı gözükmektedir.

Kıyıya yakın alanlarda kış sonu bahar başında gözlenen yüksek indeks değerleri baharın son aylarında İç Batı Anadolu'ya doğru kaymaktadır. Benzer şekilde kış sonlarında orman alanları yüksek indeks değeri ile ortaya çıkarken ilerleyen dönemlerde tarım alanları ve otsu bitkilerin yeşillenmesiyle maksimum aktivitelerin lokasyonlarında değişiklikler meydana gelmektedir. Her bir formasyonun yıl içerisindeki fotosentez aktivitelerindeki aylık değişimler açıkça gözlemlenmektedir. Özellikle yaprağını dökmeyen orman alanlarındaki bitkisel aktivitelerin belli bir seviyenin altına hiçbir zaman düşmediği gözlenirken, otsu ve tahıl bitkilerinin yaygın olduğu İç Batı Anadolu'da bu aktivitelerdeki yıllık değişimin çok belirgin olduğu açıkça izlenebilmektedir. Ege ovalarındaki tarımsal faaliyetlerin (bağ, bahçe ve pamuk tarımı) karakteri nedeniyle fenolojik devrenin daha geniş zamana yayıldığı da açıkça görülmektedir.



Şekil 3. Yıllık toplam bileşke NFBİ (1995). Şekil Türkiye’de yıllık biyolojik aktivite seviyesini göstermektedir.

EGE BÖLGESİ BİTKİ ÖRTÜSÜ DURUMU (1995)



Şekil 4. Ege Bölgesindeki bitki örtüsünün aylara göre durumunu gösteren bu harita ABD'ye ait NOAA AVHRR uydusu tarafından toplanan sayısal değerler Normalleştirilmiş Fark Bitki İndekslerine (NFBİ) çevrilerek elde edilmiştir.

Böylece doğal bitki örtüsü ile kültive edilmiş alanların indeks değerleri arasındaki fark belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Sulu tarımın yapılabildiği Ege ovaları ile kuru tarımın yaygın olduğu iç alanlardaki farkı açıkça görmek mümkündür. Özellikle sulanabilen alanlarda yeşillik durumunun ilkbaharın ilk aylarından yaz sonuna kadar devam ettiği gözlenirken bu süre iç alanlarda daha kısa süreli yaşanmaktadır. Yaz mevsiminin ilerleyen zamanlarında kıyıda uzaklaştıkça indeks değerlerindeki düşüş hızlanmaktadır.

3.4. Bitkisel Fenoloji

Fenolojik araştırmalar genellikle bitkinin gelişmesi, olgunlaşması ve hasat devrelerini detaylı bir şekilde ele alarak bitkisel gelişim ve çevre arasındaki ilişkileri inceler. Her sezonda bitki gençlik,

olgunluk ve yaşlılık evrelerini yaşarken kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlere maruz kalarak değişikliğe uğrar ve neticede yaprak, gövde, meyve ve çiçeklerinde deformasyonlar meydana gelir. Orta enlemlerde yıllık bitkilerin büyük bir çoğunluğu tipik olarak kök, yaprak ve gövdelerini tamamen kaybederler. Diğer taraftan çok yıllık odunsu bitkiler köklerini, gövdelerini ve dallarını muhafaza ederlerken yapraklarını kaybederler. Yapraklarını dökmeyen bitkiler (tropik bitkiler dahil) daha farklı fenolojik süreç yaşarlar, her bir yaprak farklı olgunlaşma eğilimi gösterir. Bu nedenle her bir ağacın hatta dalın üzerinde bulunan yapraklar farklı biyofiziksel değişime uğrarlar. Yapılan birçok çalışma, fenolojik devre içerisinde bitkide meydana gelen yukarıda ifade edilen biyofiziksel değişikliklerin uzaktan algılama yöntemleriyle kolaylıkla izlenebildiğini ortaya koymuştur (Reed ve diğ., 1994).

Bitki olgunlaştıkça fizyolojik değişikliğe uğrayarak spektral karakterinde de farklılaşmalar meydana gelir. Bitkilerin ihtiyarlama süreçlerinde mezofil dokuların hücre yapılarında meydana gelen bozulmalar kızıl ötesi ışınların yansıma değerlerinde belirgin düşüşlere neden olur. Buna paralel şekilde görünen dalga boyunda yansıma değerinde belirgin artışlar meydana gelir ki bu durum klorofilin enerjiyi bünyesinde depolama yeteneğini kaybetmeye başladığını gösterir. Klorofilde meydana gelen bu değişim böylece yansıma grafiğinin daha ileri kaymasına neden olur. Bu değişim spektral olarak kolayca gözlemlenebilir yani uzaktan algılama bu tür değişiklikleri etkili bir şekilde ortaya koyabilir (Campbell, 1987).

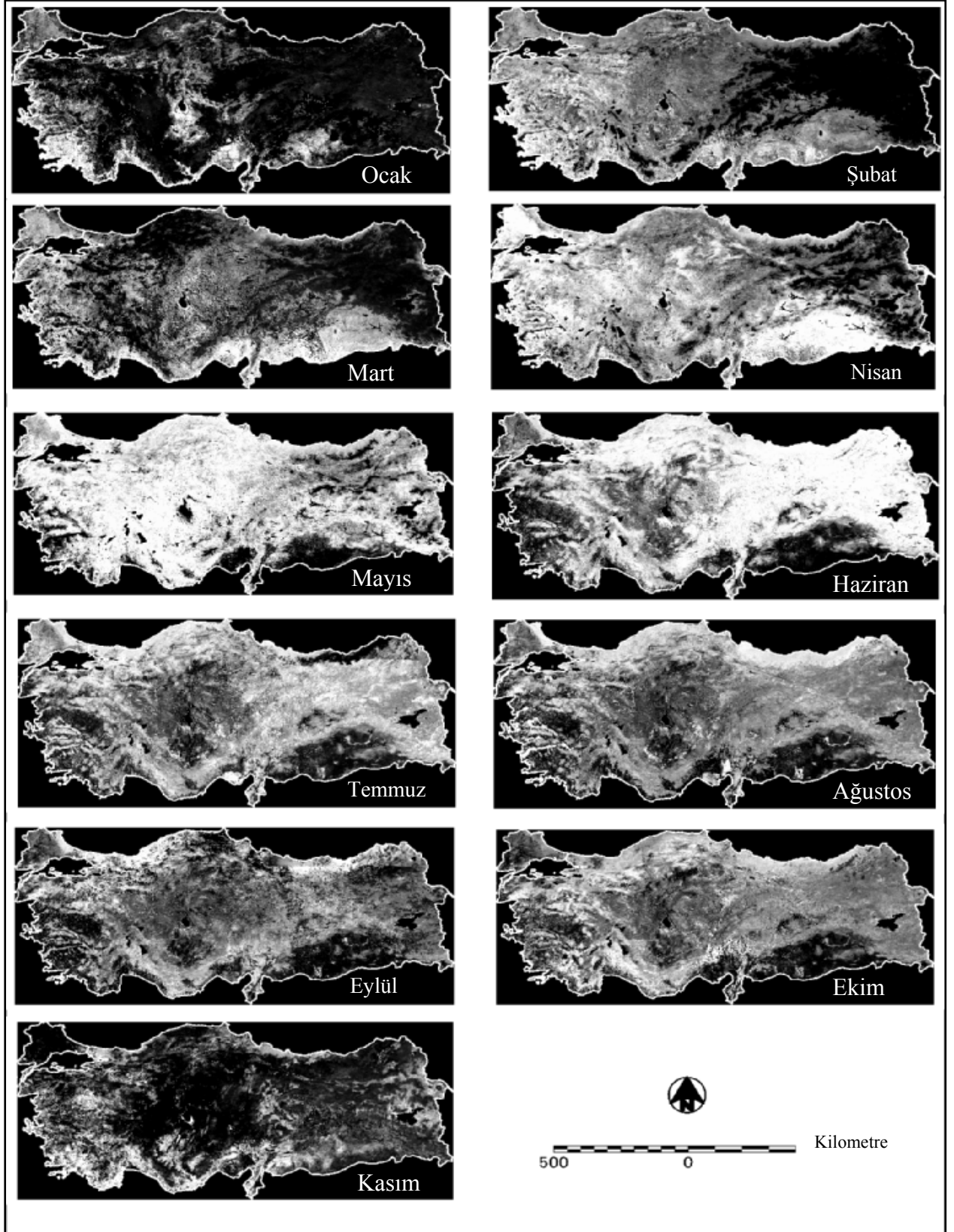
Şimdiye kadar yapılan bir çok çalışmada uydu görüntüleri bitkilerin fenolojik süreçlerini tespit etmekte kullanılmıştır (Reed ve diğ., 1994). Ancak uygulanan teknikler çoğu zaman birbirlerinden farklı olmuştur. Özellikle çimlenme devresinin kesin olarak başlangıcı ve sonunun uydu görüntüleriyle tespit edilmesi çeşitli sebeplerden dolayı hiç de kolay işlemleri içermez. Bu tür araştırmalar sırasında belli arazi örtülerinin gelişim aşamaları değişik metodlar kullanılarak tanımlanmaya veya ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada fenolojik aşamaları belirleyebilmek için ay bazında yeşillenmenin Türkiye genelinde izlediği seyir rölatif yeşillik kavramı içerisinde ele alınıp değerlendirilmiştir. Amaca ulaşabilmek için bitki indeks değerleri aşağıdaki formül kullanılarak yeni bir forma dönüştürülmüştür.

$$NFB\dot{I}_{oran} = NFB\dot{I} - NFB\dot{I}_{min} / NFB\dot{I}_{max} - NFB\dot{I}_{min}$$

Yukarıdaki formülde $NFB\dot{I}_{oran}$, yeni indeks değerine, $NFB\dot{I}$, günlük indeks değerine; $NFB\dot{I}_{max}$, yıllık maksimum indeks değerine; $NFB\dot{I}_{min}$, minimum indeks değerine karşılık gelmektedir.

Hesaplanan indeks değerleri genellikle 0 ile 1 arasında değişmektedir. Bu yöntem relatif yeşillik kavramına benzerlik göstermektedir. Burada kullanılan formül White ve diğerleri (1997) tarafından fenolojik süreçleri tespit etmek amacıyla geliştirilmiştir. Ancak uzun zamanda çok fazla değişiklik gösteren otsu bitkilerin minimum ve maksimum değerlerinin incelenmesinde bu metod sakınca yaratabileceği şeklinde çeşitli eleştirilere de maruz kalmıştır. Fakat bu çalışma da sadece bir yıla ait veriler üzerinden hesaplamalar yapıldığından dolayı yukarıdaki olumsuzluk ortadan kalkmış olacaktır.

Şekil 5 yukarıda açıklanan metod kullanılarak elde edilmiştir. $NFB\dot{I}$ 0 değeri yıllık rölatif olarak en düşük indeks değerine karşılık gelirken, $NFB\dot{I}$ 'nin 1 değeri yıllık rölatif olarak maksimum indeks değerini göstermektedir. Bu dönüşüm bitkilerin fenolojik aktivitelerine hassas olması nedeniyle tercih edilmektedir. 0,25 $NFB\dot{I}_{oran}$ değeri örneği alındığında alanın yıl içerisindeki maksimum yeşillik düzeyinin sadece %25'ine ulaştığını ifade etmektedir. Bu nedenle sadece bir $NFB\dot{I}$ değeri kullanarak fenolojik devre için eşik seviyesi tespit etmek mümkündür. Böylece her bir bitki formasyonu için biyolojik aktivite seviyelerinin aşamalarını tek tek tespit etmek mümkün olabilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi özellikle otsu bitkilerin bölgeler bazında yeşillenme ve kuruma dönemleri kolayca izlenebilmektedir. Örneğin İç Anadolu Bölgesinde maksimum değerlerine Mayıs ayında rastlanırken Doğu Anadolu'da maksimum yeşillenme Haziran ayının ortalarına sarkmaktadır. Benzer olarak şekilden de anlaşılacağı gibi yapraklarını dökmeyen ormanların hakim olduğu alanlarda $NFB\dot{I}$ oran sonuçları çok yüksek değerler göstermemektedir. Bunun sebebi bu alanlardaki biyolojik aktivite seviyesinde yıl içerisindeki değişimin çok düşük olmamasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir ifade ile



Şekil 5. Rölatif yeşillenme hesaplamasına göre Türkiye’de yeşillenmenin izlediği seyir (1995)

bu tür bitki formasyonlarının sahip olduğu minimum ve maksimum indeks değerleri arasındaki farkın az olması nedeni ile görüntülerde daha koyu renklerle ifade edilmektedir. Diğer taraftan özellikle otsu bitkilerin yıl içerisindeki biyolojik aktivite maksimum ve minimumlarını arasındaki farkın çok yüksek olması nedeniyle yeşillik en yüksek seviyeye geldiği zamanlarda yüksek oran değerlerine sahip oldukları ve neticesinde de görüntülerde beyazla ifade edilen yerlere denk geldikleri gözlenmektedir. Görsel olarak şekiller incelenirse herhangi bir arazi örtüsünün maksimum fenolojik aktivite seviyesine hangi ayda ulaşılabilirdiği ortaya konabilir. Aynı şekilde bitkilerin olgunluk ve bitkisel aktivitenin sona erme dönemleri ile ilgili de sonuçlar üretmek mümkün olabilir. Böylece özellikle ölme zamanlarına ait bilgiler sayesinde yangın risk alanlarının ve zamanlarının ortaya konulması kolaylaşacaktır.

4. Sonuç

Bu araştırmada NOAA AVHRR verileri kullanılarak Türkiye'deki bitki örtüsü durumunun (özellikle yeşillik) değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla makalemizde ülkemizin farklı bölgelerinden seçilmiş, çeşitli bitki formasyonlarının 1992,1993 ve 1995 yıllarındaki durumları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sonuçlar herhangi bir bitki formasyonunun AVHRR gibi kısa süreli veri toplayabilme özelliğine sahip yer gözlem uyduları yoluyla toplanan bütün yetiştirme devresini kapsayan spektral özellikleri kullanarak biyolojik aktivite durumunun efektif yolla izlenmesinin mümkün olabileceğini ortaya koymuştur.

Yüksek biomas karakterine sahip orman alanları yıl boyunca yüksek indeks değerine sahip olurken, tam tersi olarak daha düşük biomas özellikleri nedeniyle otsu bitkiler düşük indeks değerleri ile ifade edilmektedir. Otsu bitkiler İç Anadolu'da Mayıs-Haziran, Doğu Anadolu'da ise Haziran-Temmuz aylarında kısa süreli olarak yüksek indeks değerleri göstermektedir. Bunda da her bir türün vejetasyon süresi ve fenolojik özellikleri etkili olmaktadır. Bitkilerin fotosentez aktivite seviyeleri çimlenme ve büyüme aşamalarının seyri NFBİ çeşitlenmesinde en önemli faktörlerdir. Sonuçlar, kuraklığın çok hissedildiği ve suya ihtiyacın fazla olduğu alanlarda büyüme periyotlarının belirgin bir şekilde yağış olayları ile paralellik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Bu araştırma ayrıca bitkilerin vejetasyon özelliklerinin çalışılması dışında ana formasyonların zamansal (temporal) indeks karakteristikleri bölgesel bitki örtüsü sınıflarının tespitinde kolaylıkla kullanılacaklarını ortaya koymuştur. Bitki sınıfları indeks değerlerinin mevsimsel karakterlerinin incelenmesi yoluyla belirlenebilir. Çünkü bunlar bitkilerin biyolojik aktivite yönleriyle yakından ilgilidir. Örneğin fotosentez aktivitesinin uzunluğu, yeşillenme oranı, olgunlaşma süresi ve oranı bu aktivitelere örnek olarak verilebilir.

Araştırma sonuçları göstermiştir ki konu ile ilgisi olan kurum ve kuruluşlar ucuz ve doğru bilgilere uzaktan algılama yolu ile erişebilirler ve özellikle kuraklığın bitki örtüsü üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasında bu yöntemi kullanarak araştırmalar yapabilirler. Gelişmiş ülkelerde bunun iyi yapılmış örneklerini görmek mümkündür. Kuraklık problemi ile sık sık karşı karşıya kalan ülkemizde geniş alanlarda gerekli bilgilerin ucuz ve doğru bir şekilde elde edilmesinin önemi yadsınamayacak kadar önemlidir. Hatta elde edilen veriler bitki örtüsü yeşillik düzeyini verdiği için buradan hareketle potansiyel yangın alanlarını dahi tespit etmek mümkün olacaktır. Bu veriler yoluyla tarımsal ve orman işletmeciliğine kullanışlı bilgiler sağlanabilir. Mesela hayvancılıkla uğraşan çiftçiler bitkilerin yeşillenme ve ölme devrelerini bilerek gerekli işletme teknikleri geliştirebilirler. Yine bu indeksleri yağışla ilişkilendirmek suretiyle kuraklık etki çalışması yapılabilir. Bütün yukarıda saydıklarımıza ilave olarak bu yolla karın yerde kalma süresini de tespit edilebilir.

Mera işletmecileri günlük, haftalık uydu verileri yardımıyla bütün yılı kapsayan mera kullanım stratejileri geliştirebilirler. Bu yöntemle bitki hastalıklarını önceden fark ederek gerekli iyileştirme çalışmaları gecikmeden yapılabilir. Önceden tedbir alma anlamında bu teknoloji erken teşhis ve tedavi yöntemlerinin uygun bir şekilde işlenmesini kolaylaştırabilir. Ayrıca bu verileri kullanmak suretiyle bölgesel ve ulusal ölçekte bitki örtüsü haritaları hazırlanabilir.

Bitki indeksleri yoluyla diğer bazı iklim değişkenlerinin de tespit edilmesi mümkündür. Bütün bu avantajlar sayesinde uydu biyoklimatolojisi'nin hak ettiği değeri kazanabilir. Ancak teknolojiye

dayalı bu yöntemin uygulanması sırasında sınırlılıkların ve hata kaynaklarının çok iyi bilinmesi gerekir. Türkiye'nin bölgesel ölçekte arazi kullanım durumunu ve bitki örtüsünü gösteren haritaların tamamlanması çok uzak bir ihtimal gibi gözükse de yeni uydu teknolojileri ile kolaylıkla yapılabilir. Yerel ölçekte Çevre ve Orman ve Tarım ve Köy İşleri Bakanlıkları gibi kurumlar birbirlerinden habersiz ve kopuk bir şekilde detaylı haritalama çalışmaları yapmaktadırlar. Gerekli olan büyük ve kapsamlı proje dahilinde bu bilgilerin bir araya getirilmesidir.

Sonuç olarak uydular yoluyla toplanan verilerin bitki örtüsü araştırmalarında dünyada çok yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen ülkemizde henüz gerekli değeri görmediğini söyleyebiliriz. Birkaç bilim adamı ve bazı konuyla ilgili bakanlık mensupları tarafından yürütülen çalışmalar yetersiz gözükmektedir. Özellikle coğrafyacıların bu alan ilgi duymaları ve araştırmalara öncü olmaları sürdürülebilir bir gelecek için çok önemlidir.

Referanslar

- Atalay, İ., (1994) *Türkiye Vegetasyon Coğrafyası*, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Campbell, J. B., (1987) *Introduction to Remote Sensing*, the Guilford press, New York.
- Cihlar, J.; St. Laurent, L.; Dyer, J. A., (1991) "Relation between the Normalized Difference Vegetation Index and ecological variables", *Remote Sensing of Environment*, 35, 279-298.
- Darkot, B.; Tuncel, M., (1995) *Ege Bölgesi Coğrafyası* (3. Baskı), İÜ Edebiyat Fakültesi Basımevi, İstanbul.
- White, M. A.; Thornton, P. E.; Running, S. W., (1997) "A Continental phenology model for monitoring responses to interannual climatic variability", *Global Biochemical Cycles*, 11(2), 217-234.
- De Buers, K. M.; Henebry, G. M., (2005) "Land surface phenology and temperature variation in the International Geosphere-Biosphere Program high-latitude transects", *Global Change Biology*, 11, 779-790.
- De Buers, K. M.; Henebry, G. M., (2004) "Land surface phenology and climatic variation and institutional change; Analyzing agricultural land cover change in Kazakhstan", *Remote Sensing of Environment*, 497-509.
- Di, L.; Rundquist, D. C.; Luoheng, H., (1994) "Modeling relationships between NDVI and precipitation during vegetative growth cycles", *International Journal of Remote Sensing*, 15(10), 2121-2136.
- Güngördü, M. (1999) *Marmara Bölgesinin Bitki Coğrafyası*, İstanbul Üniversitesi Basımevi, İstanbul.
- Goward, S. N.; Markham, B.; Dye, D. G.; Dulaney, W.; Yang, J., (1991) "Normalized difference vegetation index measurements from AVHRR", *Remote Sensing of Environment*, 35, 257-277.
- Holben, B. N., (1986) "Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data", *International Journal of Remote Sensing*, 7, 1417-1434.
- Justice, C.; Townshend, J. R.; Kalb, V. L., (1991) "Representation of vegetation by continental data sets derived NOAA-AVHRR data", *International Journal of Remote Sensing*, 12(5), 999-1021.
- Lyon, G.; Yuan, D.; Lunetta, R. S.; Elvidge, C. D., (1998) "A change detection experiment using vegetation indices", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(2), 143-150.
- Malingreau, J. P., (1986) "Global vegetation dynamics, satellite observations over Asia", *International Journal of Remote Sensing*, 7, 1121-1146.
- Marsh, S. E.; Walsh, J. L.; Lee, C. T.; Beck, L. R.; Hutchinson, C. F., (1992) "Comparison of multi-temporal NOAA-AVHRR and SPOT-XS satellite data for mapping land cover dynamics in the west African Sahel", *International Journal of Remote Sensing*, 13(16), 2997-3016.
- Reed, B. C.; Brown, J. F.; VanderZee, D.; Loveland, T. R.; Merchant, L. W.; Ohlen, D. O., (1994) "Measured phenological variability from satellite imagery", *Journal of Vegetation Sciences*, 5, 703-714.
- Tucker, C., (1979) "Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation", *Remote sensing of Environment*, 8, 127-150.
- Yang, W.; Yang, L.; Merchant, J. M., (1997) "An assessment of AVHRR/NDVI-ecoclimatological relations in Nebraska, U.S.A.", *International Journal of Remote Sensing*, 18 (10):2161-2180.
- <http://edcdaac.usgs.gov/1KM/comp10d.asp>