

KOZAN İLÇESİ'NDE (ADANA) KURAK KOŞULLARIN FARKLI ARAZİ ÖRTÜLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Investigation of Drought on the Different Land Cover in Kozan District (Adana)

Mehmet Ali ÇELİK¹

Özet

Kuraklığın lokasyonu ve şiddetini belirlemek için uydu görüntüleri aracılığı ile iklim verilerinin zenginleştirilmesi mevcut kuraklık koşullarının tam, güncel ve ayrıntılı bir biçimde izlenmesi için büyük bir gerekliliktir. Bilhassa Türkiye gibi meteoroloji istasyon ağının çok gelişmediği ülkeler için istasyon tabanlı geleneksel yöntemler, geniş sahaları kapsayan ayrıntılı sonuçlar vermekten yoksundur. Uzaktan algılama ile kuraklığın izlenmesi, kuraklığın önceden tahmininde ve doğru sonuçlara ulaşmada önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu çalışmada MODIS uydusu TERRA platformuna ait 16 günlük ve aylık zamansal, 250 m ve 1 km mekânsal çözünürlüğe sahip uydu verileri kullanılmıştır. Bu verilerden, çeşitli bitki indeks modelleri oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra, iklim verileri kullanılarak aylık ve yıllık ölçeklerde meteoroloji-tabanlı kuraklık analizleri yapılmıştır. Farklı yöntemler uygulanarak elde edilen bulgular, birbiri ile kıyaslanmıştır. Böylelikle hem kuraklık fenomeni hakkında elde edilen bilgiler teyit edilmiştir hem de hangi yöntemin kurak koşulları daha iyi yansıttığı sorusuna cevap olunmuştur. Çalışmamızda cevap olunan sorular, aynı zamanda birçok bilim disiplini ve devlet kurumları için altlık teşkil edecek sonuçlar içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Adana, kuraklık, iklim, uzaktan algılama, bitki örtüsü

Abstract

It is a great necessity that climate data should be enriched via satellite images in order to determine drought location and severity and that current drought conditions should be followed in a complete, update and detail way. For particularly countries, such as Turkey, where meteorological station network has not developed much, conventional methods are destitute of detailed results covering wide areas. Following drought by remote sensing provides important conveniences in forecasting drought and getting out correct results. In this study, we used satellite data with 16-days and monthly of temporal and 250-m and 1-km of spatial resolution, belonging to TERRA platform of MODIS satellite. From these data, various vegetation index models were created. Beside this, we carried out meteorology-based drought analyses on a monthly and yearly scale, by using climate data. We compared findings which were obtained using different methods with each other. Therefore, we not only confirmed information which were obtained about drought phenomenon, but also answered the question of which method reflected dry (arid) conditions better. Replied questions in our study also contain results which would comprise a basis for many science discipline sand public institutions.

Keywords: Adana, drought, climate, remote sensing, vegetation

¹ Arş. Gör. Dr., Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Coğrafya Bölümü., mehmet.ali.celikk@gmail.com

GİRİŞ

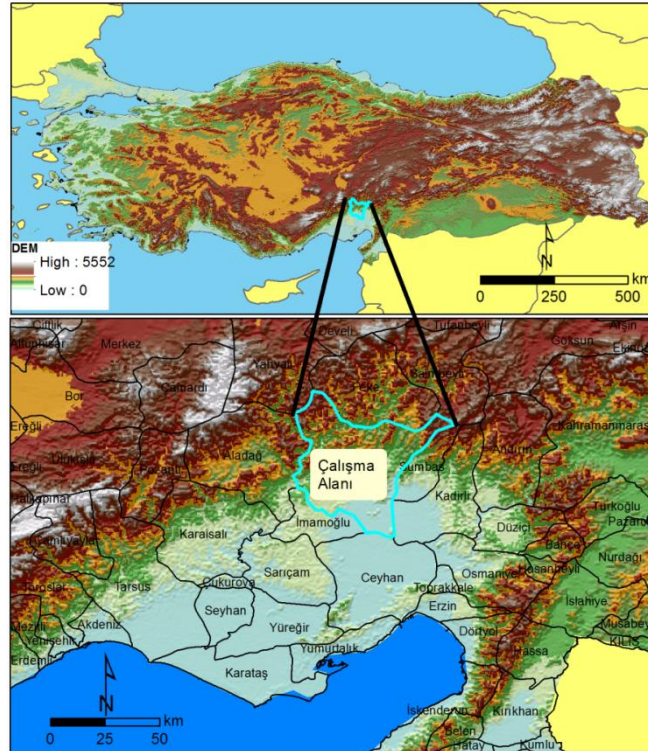
Kuraklığı bilimsel olarak ele almak için kullanılan en genel yöntem yağış tutarlarındaki ve yağışlı gün sayılarındaki azalmayı irdelemektir. Ancak farklı kuraklık olaylarını belirlemek, nitelendirmek ve izlemek amacıyla değişik kuraklık indisleri ve yöntemleri de kullanılır. Kuraklık indislerinin bazıları, yağış dizilerine dayanır ve meteorolojik kuraklıklarla ilgiliyken, bazıları ise hidrolojik ya da tarımsal kuraklıkları ve kentsel su sağlama sistemlerindeki su açıklarını tanımlamaya yöneliktir. Bölgesel-küresel ölçekli kuraklık değerlendirmesi ve izlenmesi için yaygın biçimde kullanılan birkaç indis bulunmaktadır. Kuraklık indisleri, kuraklık şiddetini kapsamlı bir çerçevede gözlemlemek ve belirli bir sürede iklimin, tarih boyunca süregelen normal koşullardan ne kadar sapmış olduğunu ölçmek amacıyla, yağış miktarı, kar örtüsü, akarsu akışı, ve diğer rezerv göstergeleri gibi büyük miktarda bilgiyi bir araya getirir (Narasimhan ve Srinivasan 2005, s. 70). Yapılan açıklamalardan ve tanımlardan da anlaşılacağı gibi Kuraklık indisi denilince çoğunlukla geleneksel yöntemler ile oluşturulan, yani meteorolojik veriler kullanılarak oluşturulan, kuraklık indisleri anlaşılmaktadır. Fakat son 25 yıldır uzaktan algılama tabanlı oluşturulan kuraklık indisleri kuraklık ile ilgili birçok araştırmada kullanılmaktadır (Tucker, 1989, s. 1663-1672; Wan, Wang ve Li, 2004, s. 61-72; Karabulut, 2015, s. 741-754).

Çalışmamızda kuraklığın izlenmesi için uzaktan algılama tekniği kullanılmıştır. Bu bağlamda, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) kullanılmıştır. NDVI kuraklık çalışmalarında en sık kullanılan modellerdendir (Kogan, 1995, s. 95; Karabulut, 2006, s. 39; Deng, Chen, Chuvieco, Warner, T. ve Wilson, 2007, s. 125; Pfeifer, Gonsamo, Disney, Pellikka ve Marchant, 2012, s. 108; Karabulut ve Çelik, 2012, s. 241; Ezzine, Bouziane ve Ouazar, 2014, s. 40).

Bu çalışmada, meteorolojik kuraklık indislerinin ve uzaktan algılama verileri kullanılarak oluşturulan bitki indeks modellerinin birbirine entegre edilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle kuraklık riskinin yüksek olduğu Adana'da, kuraklığın bitki örtüsü üzerine ne gibi etkisi olduğu? sorusunun cevabı araştırılmıştır.

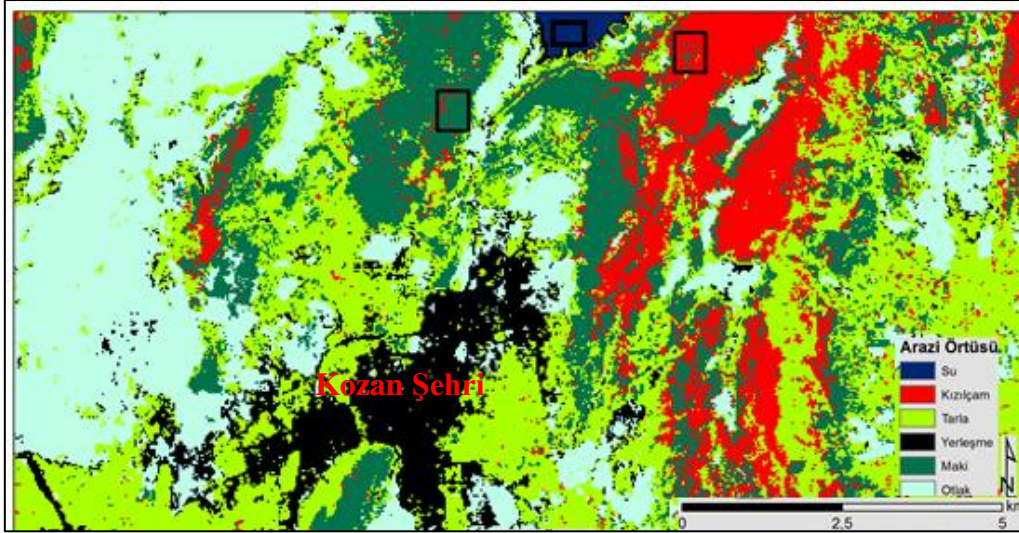
Akdeniz bölgesinin doğusunda yer alan Adana'nın kuzey kesimi, genel olarak yarı kurak iklim özellikleri göstermektedir. Yazları kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Akdeniz bölgesi yağışların büyük kısmını bahar ve kış aylarında almaktadır. Bu dönemde meydana gelebilecek bir kuraklık önemli tarımsal, ekonomik, sosyal ve ekolojik tahribatlara yol açmaktadır. Bu durum çalışma alanımızın Adana olmasında en önemli gerektir.

Çalışmamızda, Doğu Akdeniz Havzasında bulunan Adana il sınırlarından test alanları belirlenmiştir (Şekil 1). Böylelikle, Adana üzerinden Doğu Akdeniz Havzasındaki kurak koşullar daha iyi anlaşılacak ve arazi örtüsünün söz konusu kurak koşullara verdiği tepkiler izlenecektir. Test alanları, Adana şehrinin 60 km kuzey doğusunda yer alan Kozan İlçesi sınırlarından belirlenmiştir.



Şekil 1: Çalışma alanı lokasyon haritası

Test alanlarının belirlenmesinde Landsat TM uydu verilerinin işlenmesi sonucu elde edilen arazi kullanım haritası önemli bir belirleyici oldu. Landsat TM verileri, Erdas Imagine yazılımında *maksimum likelihood* algoritması ile ilk olarak 150 sınıf şeklinde elde edilmiştir. Daha sonra recode edilen görüntü, 6 sınıfa indirgenmiştir. Oluşturulan arazi kullanım haritasına *accuracy assesment* yani doğruluk analizi uygulanmıştır. Doğruluk analizi sonucu kappa istatistik metoduna göre, 0,88'dir. Bu oran, haritamızın çalışmada güvenilir bir şekilde kullanılabilceğini göstermektedir. Kurak koşulların farklı peyzaj üzerindeki etkisini incelemek için birbirinin yanı sıra yer alan arazi örtüleri test alanı olarak seçilmiştir. Bu arazi örtüleri; maki, su yüzeyi ve kızılçam vejetasyonuna aittir (Şekil 2).



Şekil 2: Adana'nın Kozan İlçesi'nden belirlenen test alanlarının arazi kullanım haritası üzerindeki görüntüsü

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmamızda temel olarak uzaktan algılama verileri kullanılmıştır. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) uydu verileri çalışmada kullanılan temel veridir. Bu çalışmada, MODIS TERRA platformuna ait aylık zamansal çözünürlüğe, 1 km mekânsal çözünürlüğe sahip MOD13A3 verileri kullanılmıştır.

NASA (National Aeronautics and Space Administration) tarafından uzaydaki yörüngesine yerleştirilen MODIS uyduları yeryüzünü küresel ölçekte izleyebilmektedir. MODIS uyduları ilk olarak 1999 yılında TERRA olarak adlandırılan algılayıcısı ile yeryüzüne ait görüntüler almaya başlamıştır. İlk etapta okyanus ve atmosfer çalışmalarında kullanılan MODIS uyduları, geniş alanlara dair kuraklık (Wan ve ark., 2004, s. 61-72; Brown, De Beurs ve Marshall 2008, s. 1548-1603; Du, Qingjiu, Tao, Qingyan, Tamas, Peter ve Yan, 2013, s. 245-253), toprak (Chen, Nguyen ve Li, 2011, s. 463-475), bitki örtüsü (Çelik ve Karabulut, 2013, s. 123-133), arazi kullanımı (Zhan, Sohlberg, Townshend, Dimiceli, Carroll ve Eastman, 2002, s. 336-350) ve tarım çalışmalarında (Wardlow ve Egbert, 2008, s. 1096-1116) yüksek mekânsal ve spektral çözünürlüğü ile önemli kolaylıklar sağlamaktadır. MODIS uyduları 0.4 mm ile 14.4 mm dalga boyu aralığında olmak üzere 36 adet banttan oluşmaktadır. MODIS uydularında, 1. ve 2. band 250 m, 3. ve 7. band 500 m, geri kalan 29 band ise 1 km mekânsal çözünürlüğe sahiptir.

Uydudan bitki örtüsü izlenmesi, NDVI içerisinde bir araya getirilen, kızıl ve yakın-kızılötesi dalgalardan elde edilen bilgilerden oluşturulur. Çalışmada kullanılan NDVI, yakın infrared ve kırmızı dalga boyundaki ışık değerlerinin birbirinden çıkarılıp daha sonra iki bandın toplamına bölünmesi ile elde edilen normalize edilmiş değerleri ifade eder. NDVI en yaygın olarak kullanılan bitki indekslerinden bir tanesidir ve şu formül ile hesaplanmaktadır (Tucker, 1989):

$$NDVI = \frac{\text{Yakın İnfrared} - \text{Kırmızı}}{\text{Yakın İnfrared} + \text{Kırmızı}} \quad (1)$$

Bu formül -1 ile 1 arasında değişen NDVI değerler üretilmektedir. Bu değerlerden negatife yakın olanı su, kar, bulut ve bitkiden yoksun nemli alanları ifade etmektedir. Diğer taraftan pozitif değerler de bitki örtüsünün varlığını işaret etmektedir (Karabulut, 2003, s. 94; Çelik ve Sönmez, 2013, s. 268; Çelik ve Karabulut, 2013, s. 39).

Çalışmada yapılan kuraklık analizleri uydu verilerinin yanı sıra iklim verileri kullanılarak yapılmıştır. Belirlenen test alanlarına ait iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) temin edilmiştir. Adana'ya ait günlük ve aylık ölçekteki toplam yağış, ortalama sıcaklık, nem verileri ile günlük maksimum, minimum yağış ve sıcaklık verileri 40 yıldan fazla bir süreyi kapsamaktadır. Böylelikle meteorolojik kuraklık indisleri oluşturuldu ve test sahalarının iklim özellikleri detaylı bir şekilde analiz edildi.

Orman Genel Müdürlüğünden (OGM) Adana paftasına ait orman mescere haritaları elde edilmiştir. Orman mescere haritaları farklı bitki örtüsüne ait test alanlarının belirlenmesinde önemli bir altlık olarak kullanılmıştır.

30 metrelik mekânsal çözünürlüğe sahip, ASTER DEM verileri, Harita Genel Komutanlığı tarafından oluşturulan 1/25 000'lik topografya haritaları, Tarım ve Köy işleri bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulan Toprak envanteri haritası, Maden Tektik Arama (MTA) tarafından oluşturulan 1/250 000 ölçekli Jeoloji haritaları ve Orman Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulan Orman Amenajman haritaları çalışmamızda kullanılan diğer önemli verilerdir.

Son olarak kurak ve nemli iklim dönemlerini tespit etmek için birden fazla meteorolojik-tabanlı kuraklık analizi yapılmıştır. Çok sayıda bilim insanı, çok çeşitli iklim ve kuraklık sınıflandırmaları yapmıştır. Bu durum çeşitli araştırmacıların görüşleri arasındaki ayrılıkları ortaya koyduğu gibi her alanda kusursuz sonuç vermiş bir formülün bulunamamış olması şeklinde de yorumlanabilir. Formüllerin bir kısmı çok basit, bir kısmı ise kuraklık fenomeninin kendisi gibi oldukça komplekstir. Fakat bu durum en uzun formül en doğru sonucu verecek şekilde de yorumlanamaz. Araştırmacıların iklim analizinde dikkate aldığı kriterler farklıdır. Bunlardan bazıları; yağış, maksimum sıcaklıklar, yağış rejimi ve bitki örtüsüdür. Bu kriterler kuraklık fenomeninden en fazla etkilenen iklimsel ve ekolojik parametrelerdir (MGM, 2013, s. 1).

Bu çalışmada en sık kullanılan SPI ve Erinç modelleri kullanılmıştır. Böylelikle sık bir şekilde kurak koşulların yaşandığı Akdeniz bölgesinde nemli ve kurak dönemler tespit edilmeye çalışılmıştır

Erinç İndisi, yağış miktarlarının doğrudan ortalama sıcaklıklara oranlanması ile elde edilir. Bu indis, karasal bölgelerde gerçekte olduğundan daha nemli bir durumun ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle Erinç, indisin hesaplanmasında ortalama sıcaklık yerine ortalama maksimum sıcaklığı almıştır. Ancak bu değerlendirmede ortalama maksimum sıcaklığın 0°C'nin altına düştüğü aylar, evapotranspirasyonun olmadığı varsayılarak dikkate alınmaz (MGM, 2013, s. 8). Erinç İndisi şu formül ile hesaplanır:

$$I_m = \frac{P}{T_{om}} \quad (2)$$

Burada, P:toplam yağış, T_{om} ise, yıllık ortalama maksimum sıcaklıktır. Burada elde edilen indis değerleri 6 kategoride sınıflandırılmıştır. Her indis değeri aynı zamanda vejetasyon tipi hakkında bilgi vermektedir (Tablo 1).

İklim Sınıfı	İndis Değeri	Bitki Örtüsü
Tam Kurak	<8	Çöl
Kurak	8-15	Çöl-Step
Yarı Kurak	15-23	Step
Yarı Nemli	23-40	Park görünümlü kuru orman
Nemli	40-55	Nemli orman
Çok Nemli	>55	Çok nemli orman

Çalışmamızda kullanılan bir diğer kuraklık indisi ise Standartlaştırılmış Yağış İndisidir (SPI). SPI kuraklıkları belirleme, değerlendirme ve izlemede bir bölgenin kuraklık yönetimi ve kuraklık ile ilgili mücadele teknik ya da olanaklarının gelişmesinde etkili bir yöntemdir (Türkeş, Akgündüz ve Demirörs, 2009:130). Farklı iklimler özellikleri gösteren alanların kuraklığını tanımlamak amacıyla yağış parametresini tek bir sayısal değere dönüştüren Standartlaştırılmış Yağış İndeksi yöntemi ilk olarak Mckee, Doesken ve Kleist, J. (1993) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem seçilmiş bir zaman dilimi içinde yağışın (X_i) ortalamadan (X_i^{ort}) olan farkının standart sapmaya (σ) bölünmesi ile aşağıdaki eşitlik 1 ile elde edilir. Söz konusu yöntem ile iklimin nemli ve kurak olma durumu, 10 sınıf şeklinde gruplandırılmaktadır (Tablo 2).

SPI değeri	Sınıflandırma
2 ve fazla	Olağanüstü Nemli
1.60 ile 1.90	Aşırı Nemli
1.30 ile 1.59	Çok Nemli
0.80 ile 1.29	Orta Nemli
0.51 ile 0.79	Hafif Nemli
0.50 ile -0,50	Normal
-0.51 ile -0.79	Hafif Kurak
-0.80 ile -1.29	Orta Kurak
-1.30 ile -1.59	Şiddetli Kurak
-1.60 ile -1.99	Çok Şiddetli Kurak
-2 ve düşük	Olağanüstü Kurak

Çalışmamıza konu olan test alanlarının iklimini daha iyi anlayabilmek için Thornthwaite iklim sınıflandırması yapılmıştır. Thornthwaite'in iklim sınıflandırması, yağış - buharlaşma ve sıcaklık - buharlaşma arasındaki ilişkiye dayanır. Thornthwaite'e göre yağışın buharlaşmadan fazla olduğu yerlerde toprak doymuş haldedir ve bu yerlerde su fazlalığı vardır. O halde bu yerin iklimi nemlidir. Bunun aksine, yağışların buharlaşmadan az olduğu yerlerde toprakta su birikmemekte ve bu toprak bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyu verememektedir. Bu gibi yerlerde bir su noksanlığı vardır. O halde bu yerin iklimi kuraktır. Thornthwaite'in sınıflandırmasındaki iklim tipleri, işte bu iki uç arasında oynar. Thornthwaite iklimleri, önce yağışla buharlaşma arasındaki ilişkiye dayanarak nemli ve kurak iklimler diye 2 büyük grupta toplamıştır. Derecelerine göre nemli iklimleri 6, kurak iklimleri de 3'e ayırmıştır. Bu harfler Thornthwaite sınıflandırmasındaki iklim tiplerinin birinci harflerini temsil eder (Tablo 3):

Nemli iklimler	A	Çok nemli
	B4	Nemli
	B3	Nemli
	B2	Nemli
	B1	Nemli
	C2	Yarı nemli
Kurak iklimler	C1	Kurak-az nemli
	D	Yarı-kurak
	E	Kurak (çöl)

Thornthwaite aynı zamanda, yukarıda tabloda verilen 9 iklim tipini, sıcaklık ve buharlaşma arasındaki ilişkiden hareketle termik karakterlere ayırmaktadır. Termik karakterine göre sınıflandırma işlemi harflerle ifade edilmektedir. Thornthwaite, 9 iklim tipinin termik karakterlerini; Megatermal (yüksek sıcaklıktaki iklimler), Mezotermal (orta sıcaklıktaki iklimler), Mikrotermal (düşük sıcaklıktaki iklimler), Tundra (çok düşük sıcaklıktaki iklimler), Don şeklinde sınıflandırmaktadır.

Thornthwaite analizi sonuçlarının üçüncü harfini ise, yağışların mevsimlere dağılışı ifade eder. Thornthwaite'in dördüncü harfi ise yaz aylarındaki buharlaşma miktarına göre sınıflandırılmıştır. Çalışmamızda test alanlarının iklim sınıflandırması ve kuraklık durumunu tespit etmek amacıyla kullanılan Thornthwaite yağış etkinlik indisi şu formül ile hesaplanır (Thornthwaite, 1948):

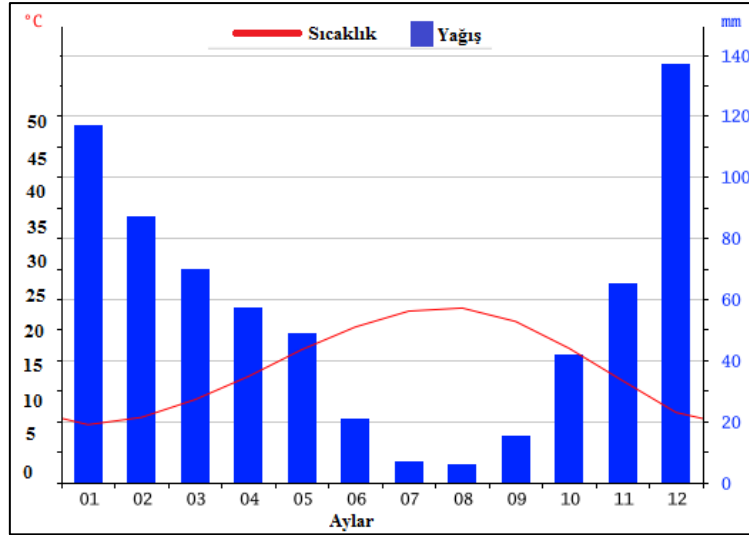
$$I_m = (100s - 60d) / ETP \quad (3)$$

Bu formülde, s: yıllık su fazlalığı, d: yıllık su eksikliği ve ETP ise: yıllık potansiyel evapotranspirasyon olarak ifade edilir. Thornthwaite yağış etkinlik indisi sonuçlarından elde edilen rakamlar şunu ifade etmektedir (Tablo 4):

I_m	Harf	İklim özelliği
>100	A	Çok nemli
100-80	B4	Nemli
80-60	B3	Nemli
60-40	B2	Nemli
40-20	B1	Nemli
20-0	C2	Yarı nemli
(0)-(-20)	C1	Kurak-az nemli
(-20)-(-40)	D	Yarı-kurak
(-40)-(-60)	E	Kurak (çöl)

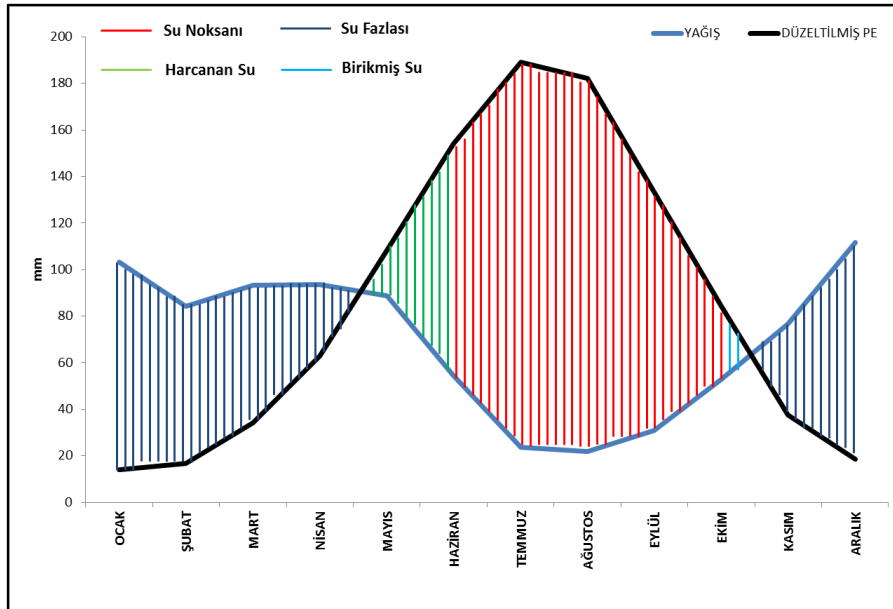
BULGULAR VE TARTIŞMA

Adana'da sıcak ve ılıman bir iklim hâkimdir. Adana Kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Adana ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 19,3°C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı: 673 mm'dir. 6 mm yağışla Ağustos yılın en kurak ayıdır. Ortalama 137 yağış miktarıyla en fazla yağış Aralık ayında görülmektedir. 28,6°C sıcaklıkla Ağustos yılın en sıcak ayıdır. Ocak ayında ortalama sıcaklık 9,5°C olup yılın en düşük ortalamasıdır (Şekil 3).



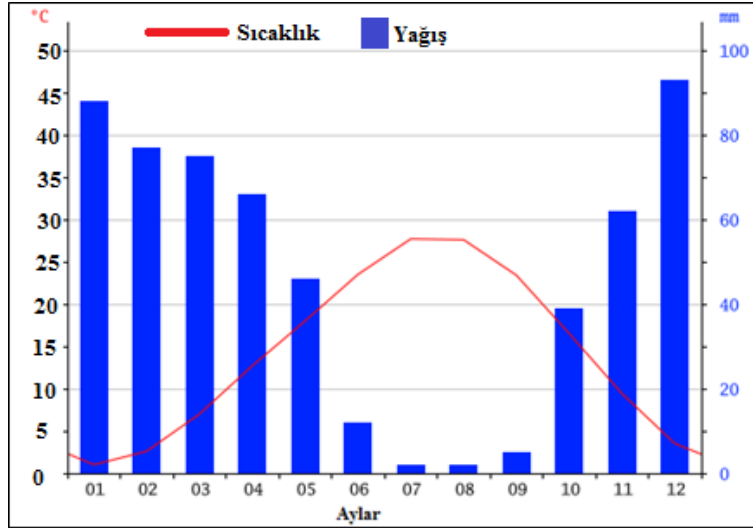
Şekil 3: Adana'nın sıcaklık ve yağış diyagramı

Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre ilk olarak Adana'nın iklimi hakkında bilgiler verilecektir. Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Adana, C1,B'4,s2,b4' ile temsil edilmektedir. Burada C1: Yarı Kurak-az nemli, B'4: Mezotermal, s2: Su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan, a' ise: Yaz buharlaşma oranı: %42 olan iklim tipini vermektedir. Kış mevsimi iklim tipine göre, Adana'da kışları ılıman bir iklimin hâkim olduğu görülmektedir. Yaz mevsimine ait Thornthwaite sonuçları incelendiğinde ise, Adana'da yazları çok sıcak bir iklim karakterinin hâkim olduğu görülmektedir. Genel olarak belirtilecek olursa; Adana kurak ve az nemli dördüncü dereceden mezotermal, kış mevsiminde çok kuvvetli su fazlası olan ve denizel şartlara yakın iklim tipine girer. Adana'da en fazla yağış kış aylarında olurken, en yüksek sıcaklıkların görüldüğü yaz aylarında ise evapotranspirasyon değerleri çok yüksek seviyelerdedir. Nitekim bu aylarda su noksanı çok yüksektir. Kış aylarında ise su fazlası yüksek seviyelerdedir. Adana'da yılın 5 ayında su fazlası görülürken, geriye kalan 7 ayda ise su noksanlığı söz konusudur. Ekim aylarında su birikimi başlarken, Aralık ayı ile birlikte Adana'da su fazlası oluşmaktadır. İlkbahar aylarının sonuna doğru fazla su harcanmaya başlar ve Haziran ayı ile birlikte su eksikliği görülür (Şekil 4).



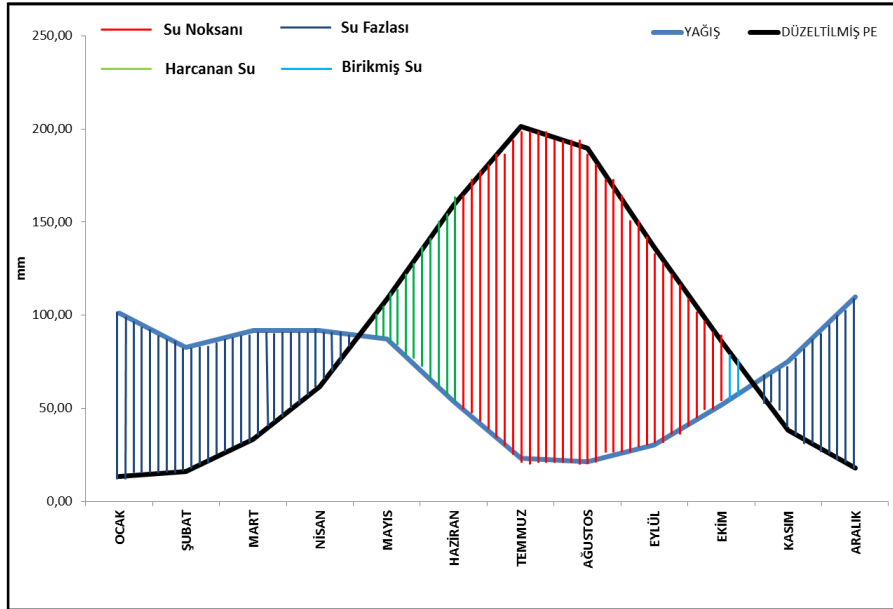
Şekil 4: Adana'nın Thornthwaite metoduna göre su bilançosu

Kozan'da sıcak ve ılıman iklim görülmektedir. Kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Kozan ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 14,4°C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı ise 567 mm'dir (Şekil 5).



Şekil 5: Kozan'ın sıcaklık ve yağış diyagramı

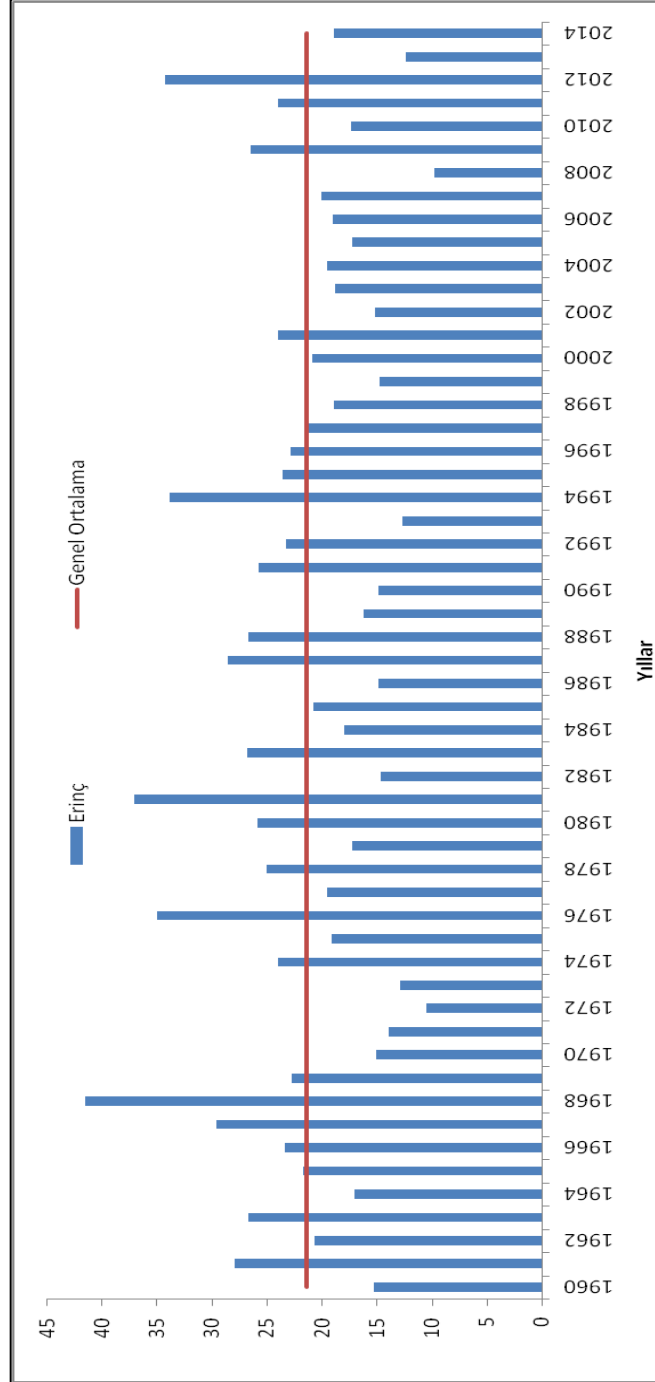
Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Kozan, C1,B'4,s2,b4' iklim sınıfı içerisinde yer alır. Genel olarak belirtilecek olursa; Kozan da Adana gibi kurak ve az nemli dördüncü dereceden mezotermal, kış mevsiminde çok kuvvetli su fazlası olan ve denizel şartlara yakın iklim tipine girer. Thornthwaite metoduna göre Kozan'da, 1965-2013 yılları arasındaki dönemde sonbaharda (eylül sonu, ekim ve kasım ayları) sıcaklıklar ile buharlaşmanın azalması buna karşılık yağışların artmasıyla beraber yüzeyde su birikmeye başlamaktadır. Yağışların kış mevsiminde devam etmesi, sıcaklık ve buharlaşmanın iyice azalmasıyla aralık, ocak, şubat, mart ve nisan aylarında toprakta su fazlası ortaya çıkmaktadır. İlkbahar aylarının sonlarından itibaren sıcaklık ve buharlaşmanın artma eğilimine girmesiyle mayıs ayında daha önceden zeminde birikmiş olan su harcanmaya başlamaktadır. Haziran ayından itibaren ise zemindeki fazla suyun hızla tüketilmesi, sıcaklık ile buharlaşmanın artması ve yağışların iyice azalmasıyla beraber zeminde su noksanı ortaya çıkmaktadır. Böylece haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayları, kurak devre olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6: Kozan'ın Thornthwaite metoduna göre su bilançosu

Gerek önceki önceki çalışmalar gerekse NASA'nın yaptığı uyarı Doğu Akdeniz Havzasının iklim değişimini yaşadığını göstermektedir. Bilhassa son yıllarda yaşanan iklim koşulları son 9 asrın en kurak dönemleri olarak kayda geçmiştir. Bu tespiti NASA'nın Goddard Uzay Çalışmaları Enstitüsü'nden Ben Cook yönetimindeki ekip yapmıştır ve çalışmalarını Amerikan Jeofizik Derneği'nin yayını olan *Journal of Geophysical Research Atmospheres* dergisinde yayınlamıştır. Çalışma, bölge ülkelerinde yapılan ağaç kesitlerinin incelenmesine dayanmaktadır (<https://kurios.ku.edu.tr/>). Adana ve Kozan MGM verilerinden oluşturulan Erinç Kuraklık İndisi de bu bölgeler için kuraklığın arttığı yönünde bir sonuç vermektedir.

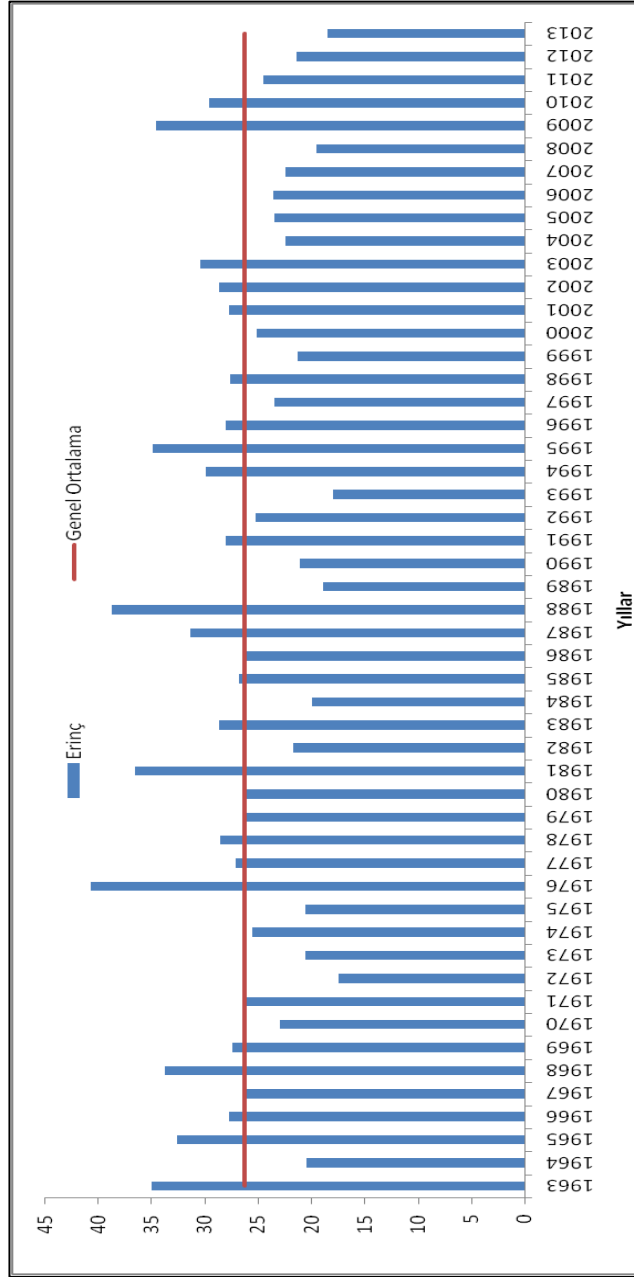
Örneğin, 2008 yılında Adana'da yaşanan kuraklık son 55 yılın en şiddetli kuraklığıdır. 1960-1980 yıllarına ait ortalama Erinç İndeksi değeri, 21,9 iken son 15 yılda bu değer 19,8'e düşmüştür. Bu durum Adana'da kurak koşulların hakim olmaya başladığını gösteren bir bulgudur. Son 15 yıla bakıldığı zaman eski dönemlerde yaşanan aşırı nemli koşulların son dönemde yaşanmadığı görülmektedir (Şekil 7). Bu durum aynı zamanda kuraklığın sıklığının artmasından çok nemliliğin şiddetinin düştüğünü göstermektedir. Ramos (2001) yaptığı çalışmada elde ettiğimiz bulgulara benzer tespitler yapmıştır. Ramos'a göre, son on yılda yıllar arası değişkenliğin azaldığını, kurak yılların oranının artmadığını ancak nemli ve çok nemli yılların azalmıştır (Türkeş, Koç ve Sarıç, 2007, s. 58).



Şekil 7: Erinç Kuraklık İndeksine göre, 1960-2014 yılları arasında Adana'da kurak ve nemli koşulların durumu

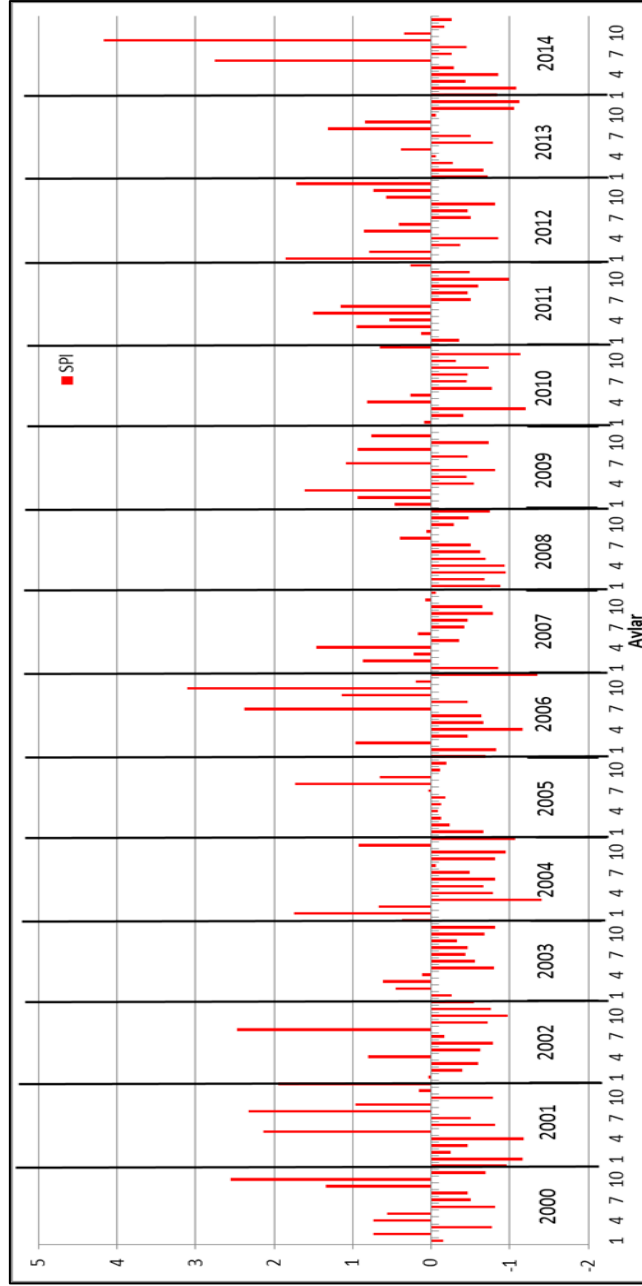
Kozan ilçesinin nemlilik ve kuraklık durumu bazı açılardan, Adana'dan farklılık göstermektedir. Örneğin 2008 yılında yaşanan kuraklık koşulu Kozan'da da hâkimdir. Fakat söz konusu dönemdeki kurak koşul Adana'da olduğu kadar şiddetli değildir. Adana ile Kozan iklimlerinin benzer noktası ise, iklimin kuraklaşmasıdır. Erinç İndisine göre, 1963-2013 yılları ortalaması 26,3'tür. Fakat 2000'li yıllardan sonra bu ortalama 25,1'e düşmüştür (Şekil 8). Bu durum Adana'da olduğu gibi

Kozan'da da iklimin kuraklaştığını göstermektedir. Bu durumun maki topluluğu ve kızılçam türü ile su yüzeyi üzerinde nasıl bir etki yaptığı sorusunun cevabı ilerleyen aşamalarda irdelenecektir.



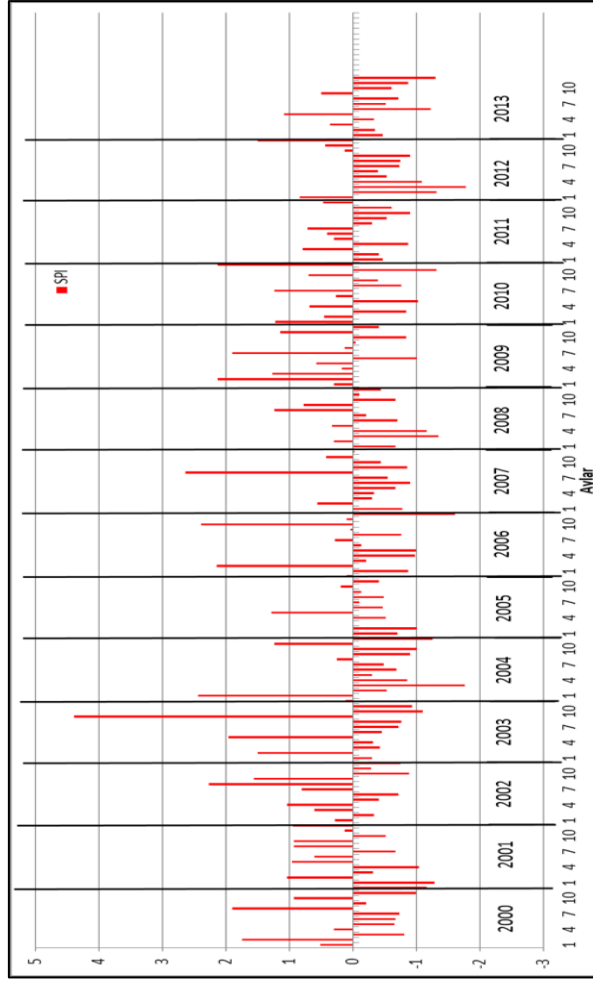
Şekil 8: Erineç Kuraklık İndeksine göre, 1960-2014 yılları arasında Kozan'da kurak ve nemli koşulların durumu

Adana ve Kozan'ın MGM verilerine SPI analizi yapılmıştır. 2001 yılının aralık ayının tüm Akdeniz bölgesinde olduğu gibi Adana ve Kozan'da da nemli geçtiği görülmektedir. Fakat bu nemliliğin şiddeti farklıdır. Adana'da, 2001, 2009 ve 2012 yılları nemli yıllardır. Bu yılların hangi aylarında nemli koşulların hâkim olduğuna bakılacak olursa, 2001 yılında mayıs, ağustos ve aralık ayları nemlidir. 2009 yılında, şubat, mart, temmuz, eylül, kasım ayları nemlidir. Ocak, şubat, mayıs, kasım, aralık orta ve üzerinde nemli sınıfındadır. 2008 yılı ise tüm Akdeniz bölgesinde olduğu gibi Adana'da da kuraktır (Şekil 9).



Şekil 9: 2000-2014 yıllarına ait Adana SPI analizi sonuçları

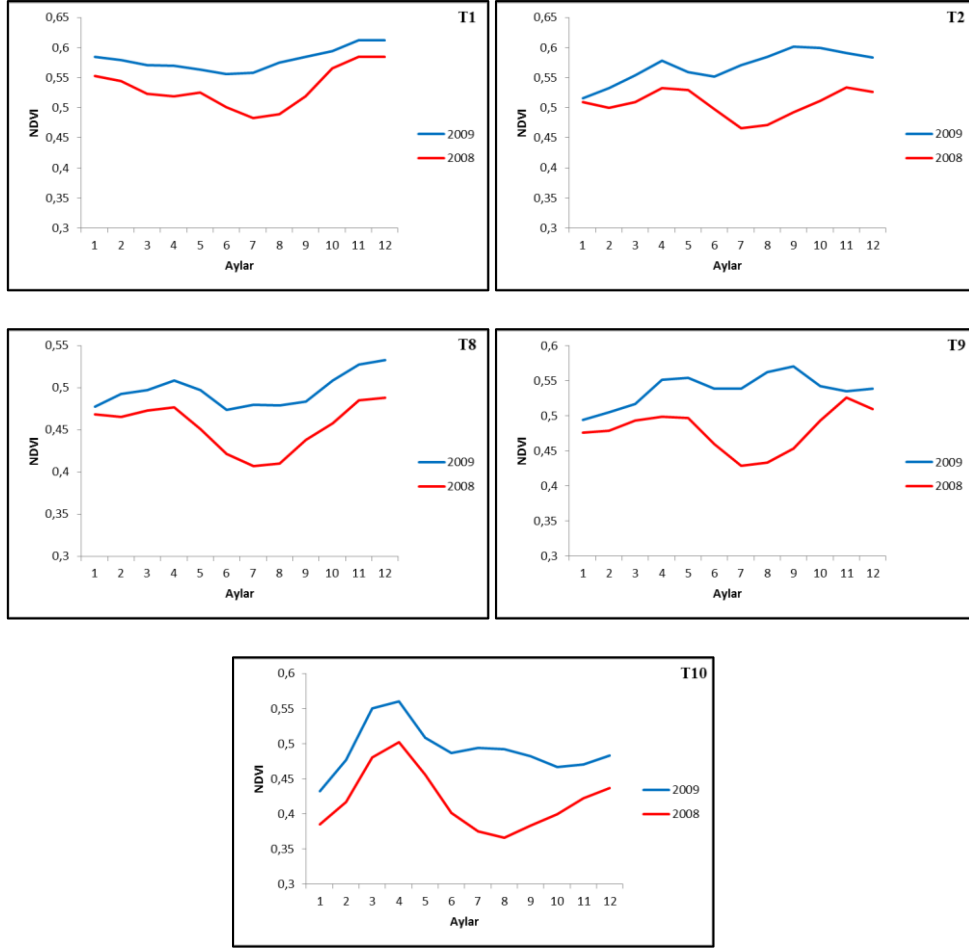
Kozan'a ait MGM verilerinden elde edilen SPI analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. 2000 ve sonrası sürece odaklanacak olunursa, 2008 yılının ağustos ve eylül ayları dışında kurak geçtiği görülmektedir. 2004, 2010 ve 2012 yıllarının ocak ayı nemli geçerken, 2001 yılının ocak ayı son yıllarda yaşanan en kurak ocak ayı olmuştur. 2001 yılının ocak ayı kurak geçmiştir fakat diğer aylarda nemli koşullar hâkim olmuştur. Bakıldığı zaman 2001 yılının 6 ayı orta ve üzerine nemli iklim koşullarının hâkim olduğu döneme tekabül etmektedir. Kozan'da, 2009 yılının ilk 5 aylık periyodunda nemli iklim koşulları hâkim olmuştur. Nemli ayların bitkinin yetiştirme dönemine tekabül etmesi, uydu verilerinin yansıma değerlerine etki edecektir. İlerleyen bölümlerde, 2009 yılında, bitki örtüsü gelişiminin ne durumda olduğu incelenecektir.



Şekil 10: 2000-2013 yıllarına ait Kozan SPI analizi sonuçları

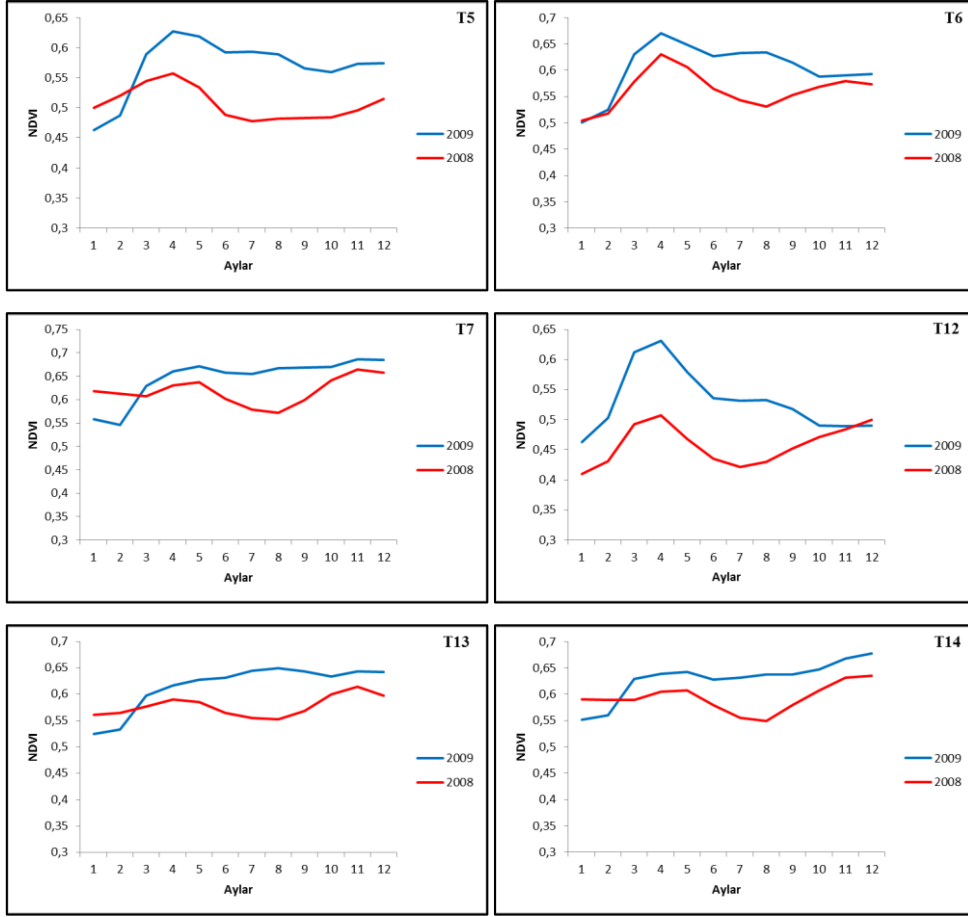
Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre test alanlarında, toprakta su fazlasının olduğu aralık-ocak-şubat ve mart ayları aynı zamanda vejetasyonun gelişme dönemlerine tekabül etmektedir. Vejetasyonun gelişimi ise kurak ve nemli dönemlerde büyük farklılıklar arz etmektedir. Bu farkı maki vejetasyonunda açık bir şekilde görmek mümkündür. Maki vejetasyonu, 2009 yılında nemli hava koşullarına bağlı olarak yüzeyde su birikiminin fazla olduğu bir dönemdir. 2008 yılı ise su noksanının fazla olduğu kurak bir yıldır. Zira makinin aylık NDVI değerleri incelendiğinde kurak dönemde vejetasyonun fotosentezi aktivitesinin düştüğü görülmektedir. Nemli dönemde ise maki vejetasyonunun fotosentez aktivitesi yüksektir. Bu durumu maki vejetasyonuna ait 5 test alanında da görmek mümkündür (Şekil 11).

ADANA'DA KURAK KOŞULLARIN FARKLI ARAZI ÖRTÜLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ



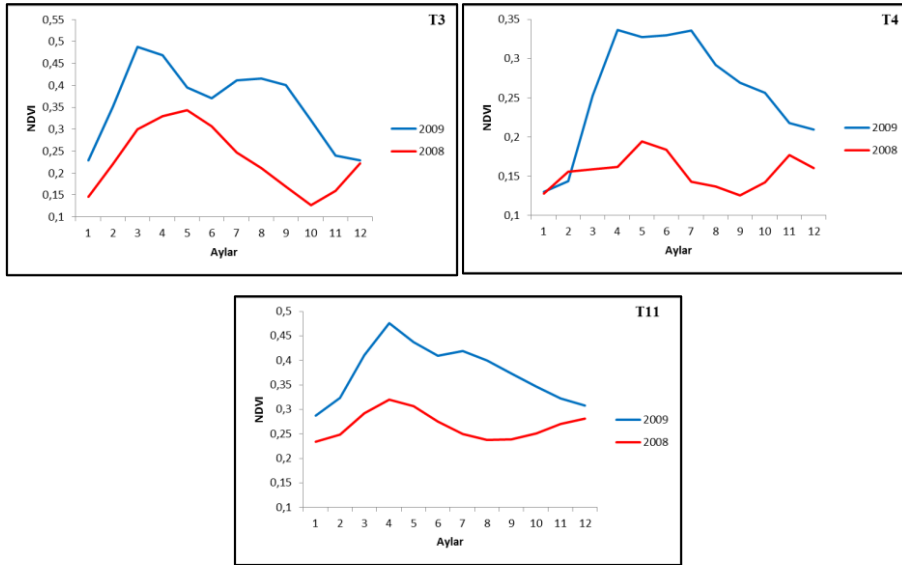
Şekil 11: Maki vejetasyonuna ait test alanlarının 2008 ve 2009 yıllarındaki NDVI trendi.

Kızılçam da maki vejetasyonu gibi kurak koşullara açık bir şekilde tepki vermektedir. Kızılçama ait 6 adet test alanı belirlenmiştir. Her 6 test alanında da, kurak yılda fotosentez aktivitesi düşerken nemli yılda artmaktadır. SPI analizine göre kurak koşulların Adana MGM verilerine daha açık bir şekilde yansıdığı görülmektedir. Kozan MGM verilerinde kurak yılın 8 ayında yağışlar ortalamasının çok altındadır. Nemli dönem olan 2009'da ise 8 ay boyunca yağışlar ortalamasının üzerindedir. Bu durum vejetasyon üzerinde net bir şekilde etki etmiştir. Artan yağışlar, vejetasyonun daha fazla yeşil olmasını sağlamıştır (Şekil 12).



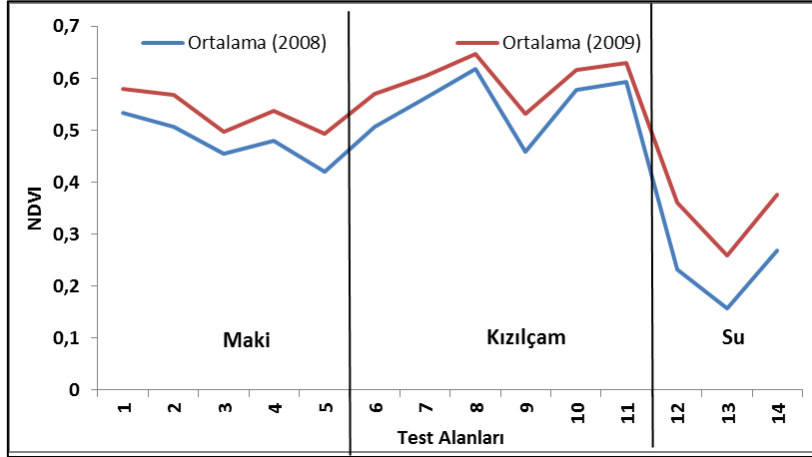
Şekil 12: Kızılçam vejetasyonuna ait test alanlarının 2008 ve 2009 yıllarındaki NDVI trendi.

Kurak ve nemli iklim koşullarının su üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yansıma değerlerinin nemli yılda daha yüksek olduğu görülmektedir. 2009 yılında su yüzeyi daha yüksek NDVI değerleri verirken, 2008 yılında düşük NDVI değerleri vermektedir. Bu durum kurak ve nemli koşulların suya bakılarak anlaşılacağı sonucunu vermektedir. Vejetasyon örtüsünün yanı sıra yeryüzünün farklı arazi grubu içerisinde yer alan su yüzeyi, kurak koşulları anlamada fikir vermektedir. Su yüzeyine ait 3 adet test alanı belirlenmiştir. Her 3 test alanı da nemli yılda yüksek NDVI değeri vermektedir. Kurak yılda ise suya ait NDVI değerleri düşmektedir. Bu farkı bariz bir şekilde görmem mümkündür (Şekil 13).



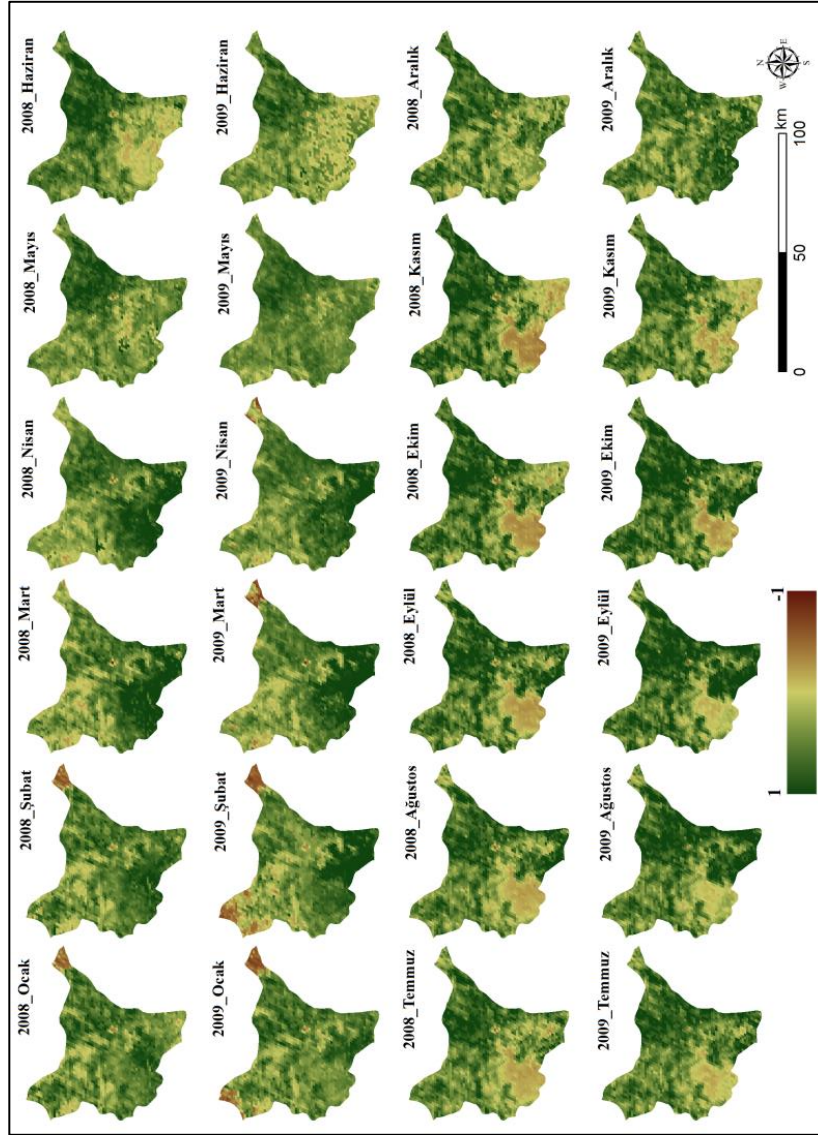
Şekil 13: Suya ait test alanlarının 2008 ve 2009 yıllarındaki NDVI trendi

Bu çalışmada kurak koşulların mekân üzerinde önemli bir yansıması olduğu görülmüştür. Farklı arazi örtüleri olan maki, kızılçam ve su yüzeyi gibi unsurların kurak koşullara net bir şekilde tepki verdiği görülmektedir. Kurak yıllarda her 3 arazi örtüsünün de NDVI değerleri düşerken, nemli yılda ise NDVI değerleri yükselmektedir (Şekil 14). Bu sonuçlar aynı zamanda arazi örtüsüne bakılarak meteorolojik koşulların anlaşılması hususunda önemli fikirler vermektedir.



Şekil 14: Test alanlarının kurak (2008) ve nemli (2009) ortalama yıldaki NDVI değerleri

Kozan İlçesi'nin güneybatı kesimi büyük oranda tarım alanları ile kaplıdır. Bu alanlarda, yıl içinde NDVI değişimi daha fazladır. Bu kesimler ocak ayında yeşil renk ile temsil edilmektedir. Haziran ayında ise Kozan İlçesi'nin güneybatısındaki tarlaların hasat edildiği görülmektedir. Bu dönemde NDVI değerleri düşüktür. Kozan Baraj Gölü'nün kuzey kesimi antropojenik etkiden uzaktır. Bu alanlarda, doğal vejetasyon hâkim bitki örtüsüdür. Bilhassa maki ve kızılçam alanlarının geniş alanlar kapladığı görülmektedir. Kuraklığın doğal vejetasyon üzerindeki etkisini daha detaylı bir şekilde anlayabilmek için 2008 kurak döneminde ve 2009 nemli yılına ait NDVI görüntüler incelenmiştir. NDVI görüntülerden gerek maki vejetasyonunun gerekse de kızılçam türünün 2009 yılında daha yeşil olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Doğal vejetasyonun en yeşil olduğu dönemlerden birisi aralık ayıdır. Bu ayda 0,5 ile 1 arasında NDVI değerine sahip alanın ilçe yüzölçümüne oranı 2008'de %38 iken 2009 yılında ise %41'dir. Mayıs ayında da benzer durum söz konusudur. 2009 yılının mayıs ayında 0,5 ve üzeri NDVI değerine sahip alanların yüzölçümüne oranı %40 civarındadır. Kurak koşulların hâkim olduğu 2008 yılında ise bu oran %31'dir.



Şekil 15: Kozan İlçesi'nde bitki örtüsünün nemli ve kurak dönemdeki durumu

SONUÇ

Kuraklık fenomeni önemli ekonomik ve sosyal sorunlara yol açmaktadır. SPI ve Erinç kuraklık analizleri, çalışma alanında kurak iklim koşullarının sıklıkla yaşandığını göstermektedir. Kurak koşulların yaşandığı dönemleri tespit etmek önemlidir fakat kuraklığın farklı arazi örtüleri üzerindeki etkisini araştırmak da büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada hem kurak dönemler tespit edilmiştir hem de kuraklığın mekân üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İstasyon tabanlı kuraklık analizleri ve uydu-tabanlı kuraklık indislerinin entegrasyonu sağlanarak, hem kuraklığın başlangıç ve bitişi hem de mekânsal yansımaları analiz edilmiştir.

Çalışmamızda uydu-tabanlı kuraklık analizi ile farklı arazi örtüleri kurak koşulları nasıl yansıtmaktadır? sorusunun cevabına ulaşılmıştır. Araştırma sonuçları hem su hem de kızılcım ve maki vejetasyonunun kurak iklim koşullarına önemli tepkiler verdiğini göstermektedir.

Bu çalışmanın sonuçları aynı zamanda arazi örtüsünü inceleyerek atmosferik koşullar hakkında fikir elde edilebilir mi? sorusunun cevabına ulaşılması bakımından önemlidir. Sonuçlar, kurak yılda araziye ait temel unsurların (su, bitki örtüsü) düşük yansımaya değerleri verdiğini göstermektedir. Bir başka ifade ile çalışmamızda gerek suya gerekse de vejetasyona bakarak kurak koşulların anlaşılacağı ortaya konulmuştur. Kurak iklim şartlarında gerek su gerekse de maki ve kızılcım NDVI değerleri önemli düşüşler göstermektedir. Bu durum iklim verilerinin eksik olduğu yerlerde bitki örtüsü ve diğer arazi örtüleri incelenerek kurak ve nemli iklim koşullarının anlaşılacağını göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen

sonuçlar kuraklığın başlangıcı ve bitişine dair bilgi verdiği gibi kuraklığın mekânsal etkilerini de anlayabilmemiz açısından önemlidir.

Kurak koşullar toprakta önemli ölçüde su noksanı meydana getirmektedir. Adana'da su noksanlığının ve su fazlasının hangi dönemlerde meydana geldiği Thornthwaite iklim sınıflandırması sonuçlarına yansımıştır. Su açığının olduğu dönem bitki örtüsünün NDVI değerlerinin düştüğü döneme tekabül ederken zeminde su fazlasının olduğu dönemler ise bitkinin gelişme dönemine denk gelmektedir. bu açıdan bakıldığında Thornthwaite iklim sınıflandırması ile uydu-tabanlı analizler arasında yakın ilişkinin olduğu görülmektedir. Kurak yılda zeminde su fazlası daha fazla olduğu için vejetasyon düşük NDVI değeri verirken, nemli dönemde ise yüzeyde su birikimi fazla olmaktadır ve toprak suya doymaktadır. Kökleri vasıtasıyla topraktan beslenen bitki; toprakta suyun fazla olduğu dönemlerde yüksek NDVI değeri vermektedir.

Kısacası bu çalışmada, uydu-tabanlı kuraklık analizleri ile meteorolojik tabanlı geleneksel kuraklık analizleri birbirine entegre edilmiştir. Aynı zamanda Thornthwaite iklim sınıflandırması yapılarak zeminde su fazlası ve eksiğinin olduğu aylar tespit edilmiştir. Tüm bu verilerin birbirine entegrasyonu sonucunda hem kurak dönemlerin başlangıcı ve bitişini hem de kuraklığın farklı arazi örtülerine olan etkisi incelenmiştir.

Çalışmanın sonuçları; kuraklık konusunda yapılan çalışmaların geleneksel yöntemlerin yanı sıra modern tekniklerden olan uydu-tabanlı kuraklık indisleri ile de gerçekleştirilebileceğini göstermektedir. Gerek geleneksel yöntemlerin avantajı ve dezavantajı gerekse de uydu tabanlı yöntemlerin avantajı ve dezavantajı vardır. her iki yöntemin birbirine entegre edilmesi avantajları arttırırken, dezavantajları azaltmaktadır. Bu bağlamda, meteoroloji ve uydu tabanlı tekniklerin birbirine entegre edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, kuraklık gibi kompleks bir fenomenin anlaşılmasında; her iki tekniğin entegre edilmesinin büyük avantajlar sağladığı gösterilmiştir.

Kaynakça

- Brown, M.E., De Beurs, K.M. & Marshall, M. (2012). Global phenological response to climate change in crop areas using satellite remote sensing of vegetation, humidity and temperature over 26 years. *Remote Sensing of Environment*, 126, 174–183.
- Chen, C F, Nguyen, T S. & Li, Y. C. (2011). Monitoring of soil moisture variability in relation to rice cropping systems in the Vietnamese Mekong Delta using MODIS data. *Applied Geography*, 31, 463-475.
- Çelik, M. A. & Sönmez, M. E. (2013). Kızıltepe ilçesinin tarımsal yapısındaki değişimlerin MODIS NDVI verileri kullanılarak izlenmesi ve incelenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27, 262-281.
- Çelik, M. A. & Karabulut, M. (2013). Yağış koşullarının antep fıstığı (*Pistacia vera* L.) Biomas aktivitesi ve fenolojik özelliklerine etkisinin uzaktan algılama verileri kullanılarak incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 60, 37-48.
- Deng, Y., Chen, X., Chuvieco, E., Warner, T. & Wilson, J.P. (2007). Multi-scale link ages between topographic attribute and vegetation indices in a mountainous landscape. *Remote Sensing of Environment*, 111, 122–134.
- Du, L., Qingjiu, T., Tao, Y., Qingyan, M., Tamas, J., Peter, U. & Yan, H. (2013). A comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 23, 245–253.
- Eriç, S. (1984). *Klimatoloji ve Metotları*. İstanbul: İ.T.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü.
- Ezzine, H., Bouziane, A. & Ouazar, A. (2012.) Seasonal comparisons of meteorological and agricultural drought indices in Morocco using open short time-series data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26, 36–48.
- Karabulut, M. (2003). An examination of relationships between vegetation and rainfall using maximum value composite AVHRR-NDVI data. *Turkish Journal of Botany*, 27, 93-101.
- Karabulut, M. (2006). NOAA AVHRR verilerini kullanarak Türkiye'de bitki örtüsünün izlenmesi ve incelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(1) 29-42.
- Karabulut, M. (2015). Drought analysis in Antakya-Kahramanmaraş Graben, Turkey. *Journal of Arid Land*, 7(6), 741-754.
- Kogan, F. N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*, 11, 91-100.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology January, Anaheim, CA (pp. 179-184). Boston: American Meteorological Society.
- MGM, (2013). 15 Ocak 2016 tarihinde http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf adresinden edinilmiştir.
- Pfeifer, M., Gonsamo, A., Disney, M., Pellikka, P. & Marchant, R. (2012). Leaf area index for biomes of the Eastern Arc Mountains: Landsat and SPOT observations along precipitation and altitude gradients. *Remote Sensing of Environment*, 118, 103–115.
- Thornthwaite, (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, 55–94.
- Tucker, C. J. (1989). Comparing SMMR and AVHRR data for drought monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 10(10), 1663–1672.
- Türkeş, M., Koç, T & Sarış, F. (2007). Türkiye'nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişikliklerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(2), 129-144.

- Türkeş, M., Akgündüz, A. S. & Demirörs, Z. (2009). Palmer Kuraklık İndisi'ne göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık Şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7, 129-144.
- Wardlow, B. D. & Egbert, S. L. (2008). Large-area Crop Mapping Using Time-series MODIS 250 m NDVI Data: An Assessment for the U. S. Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*, 112, 1096-1116.
- Wan, Z., Wang, P. & Li, X. (2004). Using MODIS Land Surface Temperature and Normalized Difference Vegetation Index products for monitoring drought in the southern Great Plain, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 25(1), 61-72.
- Zhan, X., Sohlberg, R., Townshend, J., Dimiceli, C., Carroll, M. & Eastman, J. (2002). Detection of land cover changes using MODIS 250 m data. *Remote Sensing of Environment*, 83, 336-350.