

Orta Karadeniz'deki Kuraklık Olaylarının Karakteristikleri

Characteristics of drought events in the Middle Black Sea region

Hurşit Yetmen*

Öz: İklim değişikliği öngörülerine göre gerçekleştirilen model simülasyonlar, bulunduğumuz yüzyılda Türkiye'nin birçok bölgesinin aksine Karadeniz Bölgesi yağışlarında artış tahmin etmektedir. Fakat bu tahminler, bölgede kuraklık yaşanmayacağı anlamına gelmez. Yakın geçmişte, özellikle Orta Karadeniz, tüm Türkiye'ye oranla oldukça şiddetli kuraklıklar yaşamıştır. Bu kurak dönemlerin, Kuzey Atlantik Salınımı (KAS)'nın güçlü pozitif indeksiyle tutarlı olması dikkat çekicidir. Bu çalışmayla Orta Karadeniz'de tarımsal faaliyetler, içme suyu, turizm, enerji üretimi ve çevre üzerinde önemli olumsuzluklara yol açabilen kuraklık olaylarının iklim değişikliği ve KAS'la olası ilgisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Orta Karadeniz'in kuraklık özellikleri Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemiyle incelenmiş, kurak dönemlerin KAS indeksleriyle ilgisinin ne düzeyde olduğu belirlenmiştir. Buna göre: (1) Aylık, 3 aylık (ocak-şubat-mart ve şubat-mart-nisan) ve yıllık SYİ serileri ile aynı dönemi kapsayan KAS indeksleri arasında 0.01 düzeyinde anlamlı, Orta Karadeniz'in iç kısımlarında daha güçlü olmak üzere orta seviyede negatif ilişki belirlenmiştir. (2) Aylık KAS indeksinin çok güçlü pozitif olduğu dönemlerde en şiddetli ve yaygın kuraklıklar yaşanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, KAS, SYİ, iklim değişikliği, Orta Karadeniz.

Abstract: Climate change projections that performed according to the model simulations, in the present century, contrast to many regions of Turkey in the Black Sea region is expected to increase rainfall. However, these estimates does not mean that there would not be drought in the region. In the recent past, especially in the Middle Black Sea region, rather than all of Turkey has experienced severe drought. Remarkable point is that, this dry periods are consistent with the strong positive North Atlantic Oscillation (NAO) index. In this study, droughts that could lead to major negative effect on the environment, agricultural activities, water supply, tourism and energy production in the Middle Black Sea region, climate change and the NAO was aimed to determine the possible relation. Drought characteristics in the Black Sea region were examined by the method of Standardized Precipitation Index (SPI) and relationship with dry periods and the NAO index was determined. Accordingly: (1) In the Middle Black Sea region, especially in the interior parts more powerful, at the 0.01 level of significance a moderate negative relationship was determined between Monthly, 3-month (january-february-march and february-march-april) and the annual SPI series and the same period of the NAO indexes. (2) During periods of very strong positive monthly NAO index has experienced the most severe and widespread drought. **Key words:** Drought, NAO, SPI, climate change, Middle Black Sea region.

1. Giriş

Dünya iklim sistemi Güneş enerjisi, atmosfer, okyanuslar, denizler ve diğer su kaynakları, kar örtüsü, buzullar, kara parçaları ve canlılar arasındaki etkileşime bağlı olarak şekillenmektedir. İklim sistemi, kendisini oluşturan bu bileşenlerin herhangi birinde oluşacak -küçük dahi olsa- değişimlerden etkilenir. Bu anlamda iklim değişikliği, nedeni ne olursa olsun iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler olarak tanımlanır (Türkeş, 2008). Güneşten alınan kısa dalga ve yeryüzünden uzaya verilen uzun dalga enerjinin

* İletişim Yazarı: hyetmen@gmail.com

bilânçosunda değişikliğe neden olabilecek tüm yersel, yörüngesel, atmosferik ve Güneşle ilgili süreçler iklim değişikliğinin temel hazırlayıcılarıdır. İklim değişikliğine neden olan doğal faktörlere ek olarak insan faaliyetleri sonucunda atmosferin bileşimi ve yeryüzü, özellikle son iki yüzyılda, etkileri ölçülebilir düzeyde değiştirilmiştir. 1860'tan 1980 yılına kadar gerçekleşen küresel sıcaklık artışının 0.4 °C ve 1980 ile 2000 yılları arasındaki sıcaklık artışının ise 0.4 °C olması, açıkça, son yıllarda artan insan etkinliklerinin iklim üzerindeki etkilerini göstermektedir (Kanber vd., 2008). Bu nedenle günümüzde iklim değişikliği ile ilgili çalışmalarda insan faktörünü de gözeten tanımlar, iklim modelleri ve yaklaşımlar önem kazanmıştır. Çokdisiplinli yapısı gereği Coğrafya bilimi bu anlamda uygulanabilir çözümler üretme noktasında önemli avantajlar sunmaktadır.

Türkiye'de Karadeniz bölgesi gibi zayıf soğuma eğilimlerinin görüldüğü yerler olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı sıcaklık artışlarının görüldüğü yerlerin daha fazla olduğu çeşitli çalışmalarla saptanmıştır. Yıllık ortalama, yıllık ortalama maksimum ve yıllık ortalama minimum hava sıcaklıklarının Türkiye genelinde belirgin bir artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Türkeş vd. 2002). Bu çalışmaların sonuçları, iklim değişikliğinin en belirgin ve görece olarak daha kolay belirlenen sonuçlarından birisi olan küresel ısınmanın Türkiye'de etkili olduğunu göstermektedir. Kuraklık olaylarının araştırılmasında kullanılan temel bileşenlerden olan yağış ve yağış özellikleri de iklim değişikliğinden etkilenmektedir. Türkiye'de yıllık yağış miktarı ve yağış yoğunluğu tutarlarında özellikle Akdeniz ve Karadeniz yağış rejimi bölgelerinde kuvvetli azalma eğilimleri belirlenmiştir (Türkeş vd. 2007).

Gelecekte iklim sisteminde meydana gelebilecek olası değişikliklerin boyutları ve etkilerinin kestirilmesi, uyum çabaları, uyum araçları ve politikaların geliştirilmesi için iklim simülasyonlarının rolü ve önemi artmaktadır. IPCC tarafından yayınlanan son rapora (AR5) göre Türkiye'nin de içinde bulunduğu bölgeyle ilgili farklı senaryolar kullanılarak yapılan çalışmalarda şu noktalar öne çıkmıştır: Sıcaklıklar her yerde ve her mevsim yükselecek, ama artış miktarı yaz mevsiminde kışa göre daha fazla olacaktır. İlginç olan, buna benzer bir durumun halihazırda tarihsel verilerde gözlenmesidir. Yağış ise Türkiye'nin güney kısımlarında azalacaktır. Kuzey ve özellikle kuzeydoğu kısımlarında ise bir miktar artabilir (Şen, 2013).

20. yüzyılda, KAS kış indeksinde alışılmadık dışında uzun süreli pozitif anomalilerin kaydedilmesi, bazı bilim insanları tarafından aynı dönemde güçlenen antropojenik küresel ısınmaya bağlanmaktadır (Gillett vd., 2003). Mercan resiflerinden alınan örneklerin incelendiği çalışmalarda bu kanı güçlenmektedir. KAS, Türkiye iklimini, özellikle yağışlı dönemler olan kış ve ilkbahar aylarında etkileyen bölgesel ölçekte bir salınım sistemidir. Bu anlamda Türkiye'de yağış/kuraklık olaylarını da etkileyen bir salınım olarak değerlendirilebilir.

Orta Karadeniz'de gelişen kuraklık olayları, bölgedeki yer üstü ve yer altı su kaynaklarını etkilediği için suyla ilişkili doğal ve beşeri ortam bileşenlerini de etkilemektedir. Türkiye'nin önemli bölgesel kalkınma projelerinden olan Yeşilirmak Havza Gelişim Projesi'nin kapsama alanı, büyük oranda bu çalışma için belirlenen sınırlarla örtüşmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın bulguları ve sonuçları projenin yürütücüleriyle istenildiği takdirde paylaşılacaktır.

2. Veri ve Yöntem

2.1. Yağış Verileri ve KAS İndeksleri

Orta Karadeniz'de yağış ve kuraklık karakteristiklerinin belirlenmesi için kullanılan aylık toplam yağışlar, iklimsel hesaplamalar için öngörülen 30 yıldan az olmama ölçütüne uygun olarak 1975-2008 dönemini kapsamaktadır. Söz konusu dönemde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı Amasya, Çorum, Merzifon, Tokat, Zile ve Samsun meteoroloji istasyonlarının aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Orta Karadeniz'deki kuraklık olaylarının KAS ile ilişkilerinin anlaşılabilmesi için kullanılan KAS indeksleri, Azor ve İzlanda basınç merkezleri arasında ortaya çıkan salınımın değişim değerini yansıtan istasyon tabanlı (station-based) indekslerdir. İzlanda alçak basıncı için Stykkisholmur-İzlanda, Azor yüksek basıncı için ise Ponta Delgada-Azor Adaları, Lizbon-Portekiz ya da Cebelitarık

istasyonlarının deniz seviyesine indirgenmiş basınç değerleri kullanılmaktadır. İndeksler yıllık, mevsimlik veya aylık olarak hazırlanmaktadır. KAS'ın etkinliğinin en fazla olduğu dönem, aralık-mart ayları arasındaki zaman dilimini kapsadığından, bu dört ayı içine alan bir indeks de ayrıca hazırlanmaktadır.

KAS indeksi pozitif evresindeyken Azor antisiklon alanında basınç değerleri normalden daha yüksektir. Aynı anda İzlanda siklon alanında ise basınç değerleri normalin altında seyrederek. Bu dönemde yer seviyesine yakın batı rüzgârları kuvvetlenir ve indeksin negatif evresine oranla yaklaşık 8 m/sn daha hızlı eser (Hurrell,1995a). Batı rüzgârları, Subtropikal Atlantik'teki denizel tropikal (mT) hava kütlelerini Kuzeybatı Avrupa'ya taşırlar. Bu evrede Akdeniz Havzası ve Orta Doğu, Arktik Kanada'nın doğusu ve Grönland batı rüzgârlarının taşıdığı nemli hava kütlelerinden yararlanamadığı için kuraktır. KAS indeksi negatif evresindeyken Azor ile İzlanda arasındaki basınç farkı azalmaktadır. Azor yüksek basıncı, normal basınç değerinin altında; İzlanda alçak basıncı ise normal basınç değerinin üstündedir. Bu dönemde azalan basınç gradyanı nedeniyle batı rüzgârları zayıflamaktadır. Bu nedenle Akdeniz Havzası, Kuzey Atlantik üzerinden yağış getiren orta enlem depresyon sistemlerinin etkisinde kalmaktadır. Kuzeybatı Avrupa ise bu dönemde soğuk ve kuru hava kütlelerinin etkisinde soğuk ve az yağışlı kışlar geçirir (Hurrell, 1995a).

2.2. Standart Yağış İndeksi

SYİ metodu, 1993 yılında McKee, Doesken ve Kleist tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde ihtiyaç duyulan tek meteorolojik değişken yağıştır. En önemli avantajı, yeraltı ve yerüstü su kaynakları ile tarımsal faaliyetler üzerinde yağış eksikliğine bağlı olarak meydana gelen kuraklık etkisini belirlemek için farklı zaman ölçeklerinin kullanılabilmesidir. Belirli bir istasyondaki yağış verilerinden hesaplanan SYİ değerlerinin ait olduğu kuraklık sınıfları (çizelge 1) ve olasılıkları belirlenerek kuraklıkla mücadele planları için önemli bilgiler sağlanabilmektedir.

Bu yöntemde en az 30 yıllık yağış kayıtları kullanılır. Yağış zaman serisi aylık toplam yağışlar şeklinde düzenlenerek hesaplamalar yapılır. SYİ, belirlenen zaman dilimi (1, 3, 6, 9, 12, 24 ay) içinde aylık yağış miktarının, yağış serisinin ortalamasından olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir:

$$SYI = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma}$$

Yağış 12 ay ve daha kısa periyotlarda normal dağılıma uymadığı için SYİ'nin normal dağılıma dönüştürülmesi gerekir. Her zaman dilimindeki veri dizileri kayan bir özellikte olup o ayın indeks değeri önceki ayların değerlerine göre belirlenir. Daha sonra her veri setine Gama dağılımı uydurulur ve böylece gözlenmiş yağış olasılıkları tanımlanır. Bu prosedür için yağış serisini en iyi temsil eden Gamma dağılımı kullanılır (Thom, 1958). Yani aylık yağış frekansı dağılımına Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu uydurulur. Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu hesaplandıktan sonra herhangi bir ayda gözlenmiş bir yağış değerinin kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx$$

Gama fonksiyonu, $x = 0$ için tanımsızdır fakat yağış dağılımı sıfır (0) içerebilmektedir. Bu durumda kümülatif olasılık dağılımı aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

Bu eşitlikte q , yağışların bulunmama olasılığını ifade eder. Başka bir ifadeyle, yağışsız günlerin yüzdesidir. Eğer, m yağış zaman serisinde yağışsız günlerin sayısı ise, bu yüzde; olarak hesaplanabilir (Şen, 2003).

$$q = m/n$$

Kümülatif olasılık değeri $H(x)$, ortalaması sıfır (0) ve varyansı bir (1) olan SPI değerini ifade eden standart normal rastgele değerli Z değişkenine dönüştürülür. $H(x)$, SYİ'nin değeridir.

SYİ DEĞERLERİ	SINIFLANDIRMA
0 ile -0.99	Hafif Kurak
-1.00 ile -1.49	Orta Kurak
-1.50 ile -1.99	Şiddetli Kurak
-2.00 ve düşük	Olağanüstü Kurak

Çizelge 1. SYİ değerleri ve kuraklık sınıflandırması.

2.3. Gidişler Analizi

Belirli bir zaman dilimindeki kurak dönemler, kuraklığın başlangıcı ve bitişi, kurak dönemlerin sayısı, kuraklık süresi, kuraklığın büyüklüğü, kuraklık şiddeti ve kuraklık olasılığı gibi değişkenler gidiş çizgisinin belirlenen sabit seviye ile karşılaştırılmasıyla elde edilebilir (Şen, 2003). Bu çalışmada yukarıda belirtilen kuraklık özelliklerinin belirlenmesinde gidişler analizi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan gidişler analizi yönteminin prosedürlerine sayfa sınırlamasına bağlı olarak yer verilmedi. Bu yöntemle ilgili daha ayrıntılı bilgilere verilen literatürden (Sırdaş, 2002, Şen, 2003) ulaşılabılır.

3. Bulgular

3.1. Yağış Özellikleri

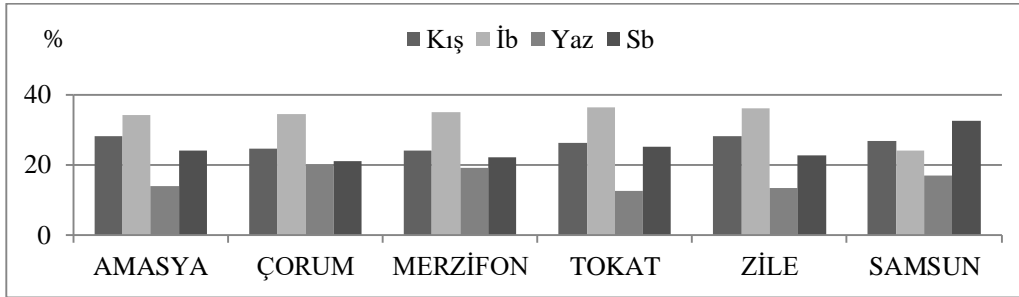
Aylık toplam yağış serileri incelenen Amasya, Çorum, Merzifon, Tokat ve Zile istasyonları yıllık yağış miktarı bakımından büyük benzerlik göstermekte ve yağış miktarları 435 mm ile 455 mm arasında değişmektedir. Samsun istasyonu ise 688 mm ile diğer istasyonlardan daha fazla yağış almaktadır. Bu farkın temel nedeni Samsun'un kıyıda, diğer istasyonların daha karasal olan iç kısımlarda yer almasıdır (Çizelge 2).

Çizelge 2. İstasyon bilgileri.

İstasyon	Yükseklik (m)	Enlem	Boylam	Gözlem d.
Amasya	409	40.6 K	35.8 D	1975-2008
Çorum	776	40.5 K	34.9 D	1975-2008
Merzifon	535	40.8 K	35.5 D	1975-2008
Tokat	611	40.3 K	36.5 D	1975-2008
Zile	719	40.2 K	35.8 D	1975-2008
Samsun	4	41.3 K	36.2 D	1975-2008

İç kısımlarda yer alan istasyonların mevsimlik yağışları incelendiğinde ilkbahar %34-36'lık oranla en yağışlı mevsimdir. Diğer mevsimler kış (%24-28), sonbahar (%21-25) ve yaz (%12-20) olarak sıralanmaktadır (Şekil 1). Samsun'da ise yağışların mevsimlere dağılışı daha düzenli olmakla birlikte sonbahar yağışlarının payı (%32) diğer mevsimlerden daha fazladır (Şekil 1). Bu durum, Karadeniz kıyı kuşağı ikliminin tipik bir özelliğidir. Kıyı kuşağında Karadeniz yağış rejimi, iç kısımlarda ise İç Anadolu geçiş rejimi egemendir.

Bir istasyonda kaydedilen yıllık toplam yağışın yıldan yıla değişim oranını hesaplamak için yıllık yağış toplamlarının standart sapması, yıllık ortalama toplam yağışa bölünür. (Türkeş, 2010). Bu yaklaşıma göre hesaplanan yıllar arası değişim oranları Amasya'da %15.5, Çorum'da %15.2, Merzifon'da %16.7, Tokat'ta %13.4, Zile'de %14.4 ve Samsun'da %12.2'dir. Türkiye genelinde yağışın yıllar arası değişim oranı %10 ile %30 arasında ve Türkiye'nin büyük bir bölümünde ise %15-25 arası değişim göstermektedir (Türkeş, 2010). Bu durum göz önüne alındığında Orta Karadeniz'in hemen hemen tümünde, özellikle kıyı kuşağında, yağışın yıllar arası değişim oranı Türkiye genelinden daha düşüktür.



Şekil 1. İstasyonlardaki yağışın mevsimlere dağılışı.

3.2. Genel Kuraklık Özellikleri

Orta Karadeniz'de yağış miktarı ve rejimi bakımından kıyı ile iç kısımlar arasında belirgin olan farklılık, kuraklık karakteristiklerine de yansımıştır. Kuraklık olayları iç kısımlara göre kıyıda daha hafif atlatılmakta, genel olarak daha geç başlamakta ve daha kısa sürmektedir. Kıyı kuşağında, 1975-2008 dönemindeki 34 yılın 21'inde (%61.8) kuraklık yaşanmamıştır. İç kısımlarda ise 34 yılın 14'ünde (%41.2) kuraklık yaşanmamıştır. Hafif, orta, şiddetli ve olağanüstü kuraklık olayları, iç kısımlarda daha fazla yaşanmıştır. İncelemenin kapsadığı zaman diliminde, en az üç ay süren kurak dönemler dikkate alındığında, kurak dönem sayısı kıyı kuşağında daha azdır. Kurak dönemlerin süresi bakımından kıyı ile iç kısımlar arasında anlamlı bir fark saptanamamış olup ortalama 7-9 ay sürdüğü belirlenmiştir. İncelenen zaman diliminin %68'inde hem kıyı kuşağında hem de iç kısımlarda kuraklık eş zamanlı fakat genellikle farklı şiddetlerde seyretmiştir. İncelenen zaman diliminin %32'lik kısmında ise kıyı ile iç kısımlar arasında kuraklık/nemlilik bakımından zıtlık yaşanmıştır. Bu zıtlık genellikle kıyı kuşağının nemli, iç kısımların kurak olması şeklinde gerçekleşmiştir. Kıyı ile iç kısımlar arasında yaşanan bu kontrast genellikle 5, bazen 3 yılda bir tekrar etmiştir. Hem kıyı hem iç kısımlarda 1976-77, 1982-83, 1985-86, 1994, 2001, 2003, 2007 ve 2008 yılları önemli kurak yıllar olarak saptanmıştır. Olağanüstü kurak koşullar kıyıda sadece bir kez, 1981 yılında; iç kısımlarda ise üç kez, 1984, 1994 ve 2001 yıllarında gerçekleşmiştir.

3.2.1. Kuraklık olasılığı ve süresi

Orta Karadeniz'de toplam kuraklık olasılığı ($SY\dot{I} < 0$) ve diğer kuraklık düzeyleri (bkz. Çizelge 1) ile kuraklık süresi yıllık $SY\dot{I}$ (12 aylık $SY\dot{I}$) serilerine göre incelenmiş ve şu sonuçlara ulaşılmıştır: (I) Kıyı kuşağında kuraklık olasılığı iç kısımlara göre daha azdır. Samsun istasyonunda toplam kuraklık olasılığı %29, iç kısımda kalan istasyonlarda ise bu oran %32,5 ile %39,5 arasında değişmektedir (Çizelge 3). Çorum ve Merzifon istasyonlarında kuraklık olasılığı diğer istasyonlardan daha yüksektir. (II) Orta

Karadeniz’de kuraklık olasılığı, Türkiye geneline göre daha düşük olsa da Karadeniz bölgesinin diğer kısımlarına göre daha yüksektir. (III) Orta, şiddetli ve olağanüstü kuraklık

Çizelge 3. Orta Karadeniz’de kuraklık olasılığı.

	Amasya	Çorum	Merzifon	Tokat	Zile	Samsun
Hafif k.	% 21.4	% 28	% 27	% 22.9	% 24.4	% 19.6
Orta k.	% 7.1	% 6.8	% 8.1	% 6.3	% 5.8	% 5.3
Şiddetli k.	% 2.8	% 3.8	% 2.5	% 4.3	% 2.8	% 3.5
O.üstü k.	% 1.3	% 1	% 0.5	% 1.8	% 1.3	% 0.5
Toplam	% 32.5	% 39.5	% 38	% 35.3	% 34.3	% 29

olasılıkları düşük olup bu üç seviyenin toplam olasılığı bölge genelinde %10-12 civarındadır. (IV) Kurak dönem sayısı kıyı kuşağında daha az olmakla birlikte 14-15’tir. Her kurak dönem ortalama 7-9 ay sürmektedir. 10 ay ve daha uzun süren kesintisiz kurak dönemler iç kısımlarda daha sık tekrarlanmıştır.

3.2.2. Kuraklık şiddeti ve genliği

Herhangi bir kuraklık seviyesine göre kuraklık şiddeti, seçilen bir periyottaki kuraklık genliğinin kuraklık süresine bölünmesiyle elde edilir (Sırdaş, 2002). Kuraklık genliği ise her kurak periyottaki eksikliklerin toplamı olarak elde edilir. İncelenen dönemde kuraklık şiddetinin belirlenmesi için 12 aylık SYİ serileri kullanılmıştır. Bu seriler kullanılarak kuraklık genliği ve süresi, dolayısıyla kuraklık şiddeti değerlendirilmiştir. Buna göre; (I) Kuraklık şiddeti, iç kısımlarda Amasya ve Tokat çevresinde bölgenin diğer kısımlarından daha fazladır. Çorum, Merzifon ve Zile çevresinde ise kuraklık şiddeti kıyı kuşağından ve diğer iç kısımlardan daha azdır. Bu durum kurak dönemlerdeki kuraklık genliğinin az, kuraklık süresinin fazla olmasıyla ilgilidir. (II) Her istasyondaki tüm kurak dönemler için hesaplanan kuraklık şiddeti, Merzifon istasyonu dışında, tüm istasyonlarda artma eğilimindedir. Kuraklık şiddeti, iç kısımlarda sıklıkla ortalama değerlerin üzerine çıkmaktadır. Özellikle Amasya, Çorum, Tokat ve Zile’de bu durum daha belirgindir. (III) Kuraklık genliği kıyı kuşağında ve Merzifon çevresi dışında artma eğilimindedir. Kuraklık genliğinin fazla olduğu dönemlerde kuraklık şiddeti artmaktadır.

3.3. KAS’ın Orta Karadeniz’deki Kuraklık Olaylarına Etkisi

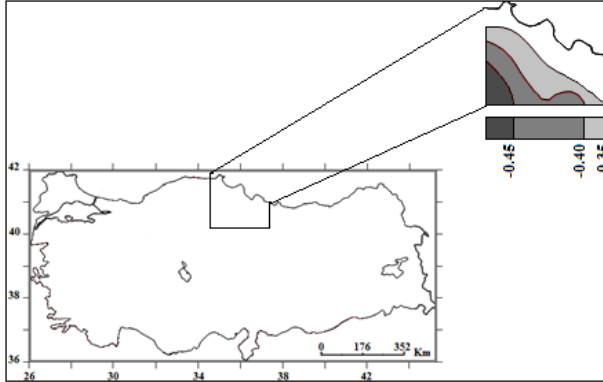
Kış aylarında Kuzey Atlantik’te bulunan dinamik basınç merkezleri arasındaki etkileşime bağlı olarak orta enlem cephesel depresyonlarının oluşması ve doğuya doğru hareketlenmeleri artmaktadır. Bu süreci kontrol eden birçok faktörden biri olan KAS için oluşturulan aylık, mevsimlik ve yıllık indeksler yardımıyla KAS’ın yağış olaylarına etkisi takip edilebilmektedir. KAS indekslerinde güçlü pozitif veya negatif değerlerin görüldüğü kış mevsimlerinde Türkiye’yi doğrudan ilgilendiren yağış paternleri gelişmektedir. Örneğin 1984, 1989, 1990, 1992, 1995 ve 1999 yıllarında kış ve ilkbahar aylarını içeren KAS indeksleri incelendiğinde kuvvetli pozitif değerlerin gerçekleştiği görülmektedir. Sözü edilen yılların kış-ilkbahar SYİ serileri incelendiğinde Türkiye’de yağışların azalmasına bağlı yaygın ve şiddetli kuraklıkların yaşandığı görülmektedir. Bu karşılaştırmadan da anlaşılacağı üzere KAS ile Türkiye’deki yağış ve dolayısıyla kuraklık olayları arasında bir bağlantı olduğu anlaşılmaktadır. Fakat KAS indekslerindeki her değişime Türkiye’de aynı hassasiyetle ve ölçülebilir bir yağış veya

kuraklık tepkisi ortaya çıktığı da söylenemez. Çünkü Türkiye’de yağış olaylarını kontrol eden tek faktör KAS değildir.

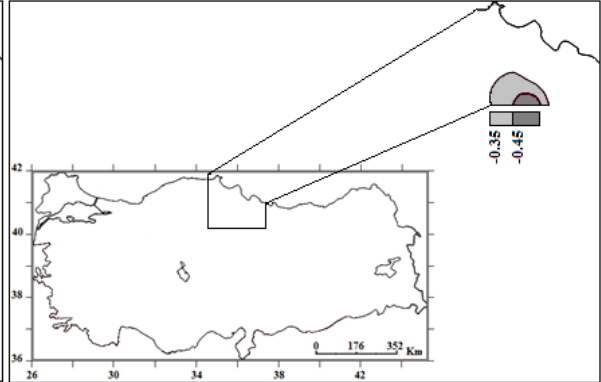
Bu çalışmada KAS indeksleri ile eşzamanlı SYİ serilerinin veri yapısına uygun bir korelasyon yöntemi olan Pearson korelasyon katsayısı aylık, mevsimlik ve yıllık ölçekte hesaplanmıştır. Bu yöntemle özellikle kış ve bahar aylarının hem aylık hem de mevsimlik KAS indeksleri ile bunlarla eşzamanlı SYİ serileri kullanılarak KAS’ın Orta Karadeniz’deki kuraklık olaylarıyla ilişkisi incelenmiştir. Yüksek güvenilirlikteki korelasyon katsayıları kasım, şubat ve mart indekslerinde; ocak-şubat-mart ve şubat-mart-nisan mevsimlik indeksleri ile yıllık indekste saptanmıştır. Korelasyon katsayıları genelde orta düzeyde negatif bir ilişkiye işaret etmektedir.

3.3.1. Aylık KAS indeksleri ile eş zamanlı SYİ serilerinin korelasyonu

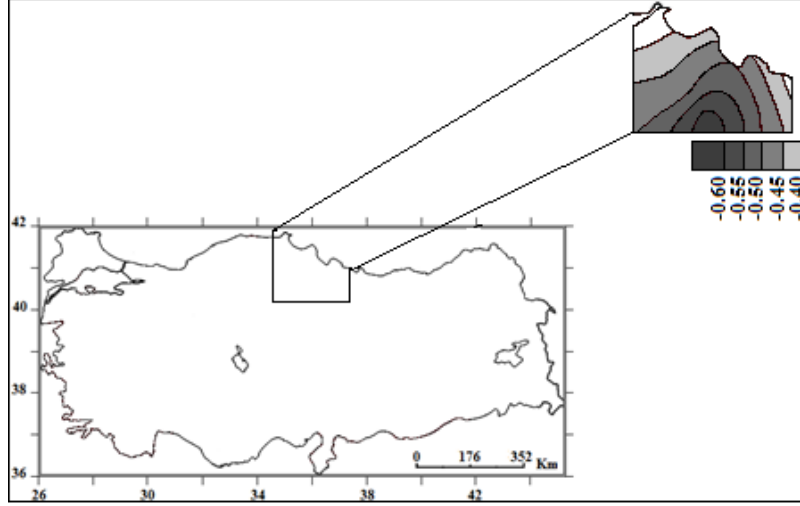
Aylık KAS indeksleri ile eşzamanlı SYİ serileri arasında saptanan anlamlı korelasyon katsayılarının değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir: (I) Kasım ayında korelasyon katsayıları -0.35 ile -0.47 arasında değişmektedir. Bu değerler, değişkenler arasında orta düzeyde negatif bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Kıyıda iç kısımlara doğru kademeli olarak korelasyon güçlenmekte, Çorum (-0.47), Zile (-0.40) ve Tokat (-0.44) çevresinde en yüksek değerlerine ulaşmaktadır (Şekil 2). (II) Şubat ayında korelasyon katsayıları -0.35 ile -0.53 (Zile) arasında değişmektedir. Kasım ayına göre iç kısımlarda daha dar bir alanda korelasyon güçlenmiştir (Şekil 3). (III) Mart ayındaki korelasyon katsayıları diğer tüm aylardan daha yüksek ve anlamlı ilişkinin bulunduğu bölge daha geniştir (Şekil 4). Korelasyon katsayıları -0.40 ile -0.65 arasında değişmektedir. İç kısımlarda korelasyon diğer aylarda olduğu gibi daha güçlüdür.(IV)Aylık KAS ile aylık SYİ arasında negatif korelasyonun belirgin olması, incelemenin yapıldığı 1975-2008 yılları arasındaki dönemde KAS aylık indeksinin genel olarak pozitif olmasına bağlanabilir.



Şekil 2. Kasım ayında KAS indeksi ile SYİ arasındaki korelasyon katsayıları.



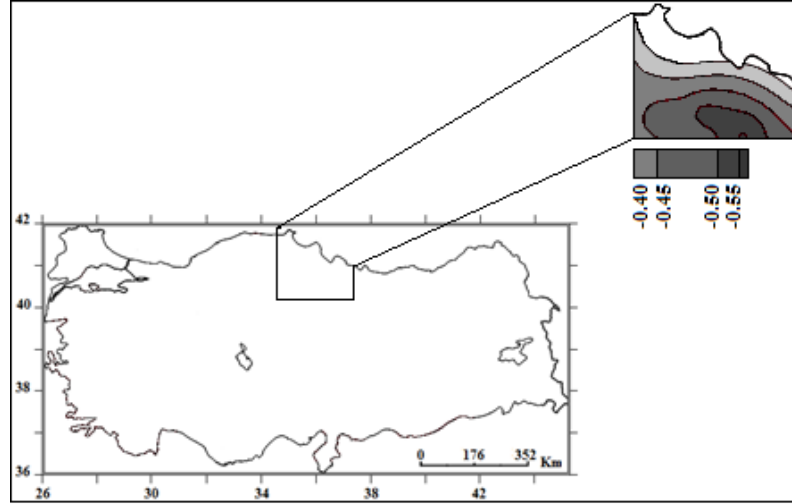
Şekil 3. Şubat ayında KAS indeksi ile SYİ arasındaki korelasyon katsayıları.



Şekil 4. Mart ayında KAS indeksi ile SYİ arasındaki korelasyon katsayıları.

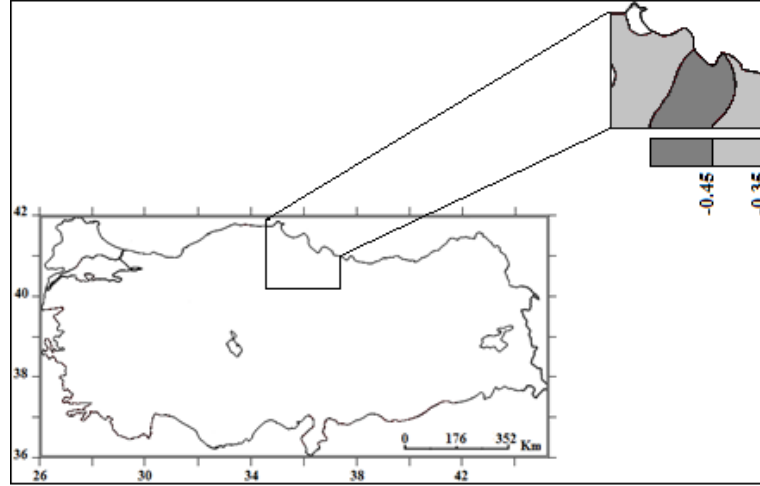
3.3.2. Mevsimlik KAS indeksleri ile eş zamanlı SYİ serilerinin korelasyonu

Kış ve kısmen bahar aylarını kapsayan mevsimlik KAS indeksleri ile eşzamanlı 3 aylık SYİ serileri arasındaki korelasyon katsayılarının değerlendirilebilmesi için istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulunan dönemlerin haritası oluşturulmuştur. Aşağıda bu dönemlerle ilgili değerlendirmeler verilmiştir: (I) KAS'ın ocak-şubat-mart aylarını kapsayan mevsimlik indeksi ile aynı ayları kapsayan 3 aylık SYİ serileri arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Orta Karadeniz'in büyük bir bölümünde orta derecede negatif korelasyon katsayıları elde edilmiş ve bu katsayılar %95 ile %99 güven seviyesinde anlamlı olup -0.35 ile -0.56 arasında değişmektedir. (II)



Şekil 5. KAS'ın mevsimlik (ocak-şubat-mart) indeksi ile 3 aylık SYİ serilerinin korelasyon katsayıları.

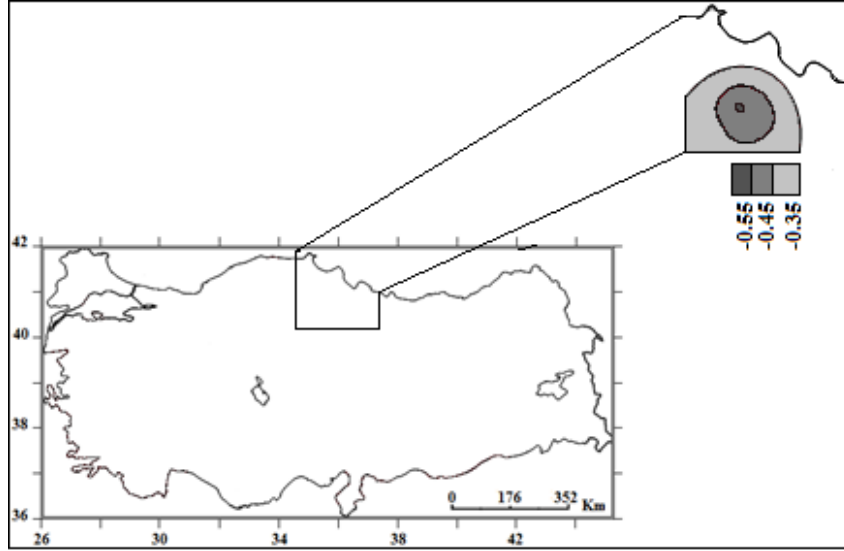
Aylık haritalarda olduğu gibi korelasyon, iç kısımlarda, özellikle Tokat (-0.56) ve Amasya'da (-0.52) daha güçlü ve kıyıya doğru zayıflamaktadır (Şekil 5). (III) KAS'ın şubat-mart-nisan aylarını kapsayan mevsimlik indeksi ile aynı ayları kapsayan 3 aylık SYİ serileri arasındaki korelasyon katsayılarının dağılışı incelendiğinde, en güçlü katsayıların saptandığı bölgenin iç kısımlardan kıyıya doğru bir koridor şeklinde uzandığı görülür (Şekil 6). En güçlü katsayılar Amasya (-0.53) ile Samsun (-0.50) istasyonlarında saptanmıştır.



Şekil 6. KAS'ın mevsimlik (şubat-mart-nisan) indeksi ile 3 aylık SYİ serilerinin korelasyon katsayıları.

3.3.3. Yıllık KAS indeksi ile eş zamanlı SYİ serilerinin korelasyonu

KAS'ın yıllık indeksi ile yıllık SYİ serileri arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü belirlemek amacıyla korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. %95 ile %99 güven seviyesinde anlamlı orta derecede negatif korelasyon katsayıları -0.35 ile -0.56 arasında değişmektedir. İç kısımlarda korelasyon katsayıları kıyı kuşağından daha yüksektir (Şekil 7). Korelasyon katsayılarının en yüksek olduğu



Şekil 7. KAS'ın yıllık indeksi ile yıllık SYİ serilerinin korelasyon katsayıları.

istasyonlar Amasya (-0.50) ve Merzifon (-0.56)'dur.

Yukarıda ulaşılan sonuçlara göre, kış-bahar aylarında KAS aylık ve mevsimlik indekslerinin güçlü pozitif olması, Orta Karadeniz'deki yağış değişkenliğine ve dolayısıyla SYİ serilerine orta düzeyde yansıyan negatif etkilere neden olmaktadır. Başka bir deyişle, KAS indeksleri ile Orta Karadeniz'deki kuraklık olayları orta düzeyde negatif ilişkilidir. Sözü edilen bu ilişki aylık, mevsimlik ve yıllık ölçeklerde genellikle iç kısımlarda daha güçlü ve alansal olarak ısrarlıdır.

4. Sonuç ve öneriler

Orta Karadeniz'deki kuraklık özellikleri ile ilgili yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır: (I) Orta Karadeniz'in iç kısımları ve kıyı kuşağı yağış miktarı bakımından belirgin biçimde farklılık göstermekte, kıyı kuşağı iç kısımlarından daha çok yağış almaktadır. (II) Yağışın mevsimlere

dağılışı kıyı ve iç kısımlarda farklılık gösterir. İç kısımlarda yağış rejimi daha düzensizdir. (III) Yağışın yıllararası değişim oranı Türkiye ortalamasının altında fakat Karadeniz bölgesinin diğer bölümlerinden daha fazladır. (IV) Kuraklık olayları iç kısımlara göre kıyıda daha hafif atlatılmakta, genel olarak daha geç başlamakta ve daha kısa sürmektedir. Kurak dönemlerin süresi bakımından kıyı ile iç kısımlar arasında anlamlı bir fark saptanamamış olup ortalama 7-9 ay sürdüğü belirlenmiştir. (V) Kıyı kuşağında ve iç kısımlardaki kuraklık olaylarının %68'i eş zamanlı fakat genellikle farklı şiddetlerde seyretmiştir. (VI) Kıyı kuşağında kuraklık olasılığı iç kısımlara göre daha azdır. Çorum ve Merzifon istasyonlarında kuraklık olasılığı diğer istasyonlardan daha yüksektir. Orta Karadeniz'de kuraklık olasılığı, Türkiye geneline göre daha düşük olsa da Karadeniz bölgesinin diğer kısımlarına göre daha yüksektir. (VII) Kuraklık şiddeti iç kısımlarda Amasya ve Tokat çevresinde bölgenin diğer kısımlarından daha fazladır. Çorum, Merzifon ve Zile çevresinde ise kuraklık şiddeti kıyı kuşağından ve diğer iç kısımlardan daha azdır. Kuraklık şiddeti, Merzifon istasyonu dışında, tüm istasyonlarda artma eğilimindedir. İç kısımlarda sıklıkla ortalama değerlerin üzerine çıkmakta, özellikle Amasya, Çorum, Tokat ve Zile'de bu durum daha belirgindir. (VIII) KAS ile SYİ serileri arasında %95 ve %99 güven seviyesindeki korelasyon katsayıları kasım, şubat ve mart indekslerinde; ocak-şubat-mart ve şubat-mart-nisan mevsimlik indeksleri ile yıllık indekste saptanmıştır. Korelasyon katsayıları genelde orta düzeyde negatif bir ilişkiye işaret etmektedir. Aylık, mevsimlik ve yıllık indekslere göre hesaplanan korelasyon katsayıları iç kısımlarda belirgin biçimde daha yüksektir. (IX) 20. yüzyılda, KAS indeksinde alışılmışın dışında uzun süreli pozitif anomalilerin kaydedilmesini, aynı dönemde güçlenen antropojenik küresel ısınmaya bağlayan öngörü dikkate alınarak Orta Karadeniz'in özellikle iç kısımlarında su kaynaklarıyla ilişkili ekonomik faaliyetler/yatırımlar ve planlamalar yapılırken KAS indeksleri mutlaka takip edilmelidir. (X) Bu çalışmanın bulguları, istenildiği takdirde Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı'yla paylaşılacaktır.

5. Referanslar

- Gillett, N.P., Graf, H.F., Osborn, T.J. (2003) "Climate Change and the North Atlantic Oscillation", *Geophysical Monograph 134, by the American Geophysical Union* 10.1029/134GM09.
- Hurrell, J.W. (1995a) "Decadal Trends In The North Atlantic Oscillation And Relationships To Regional Temperature And Precipitation" *Science* 269, 676-679.
- Kanber, R., Kapur, B., Ünlü, M., Tekin, S., Koç, L. (2008) "Adana, Türkiye iklim Değişiminin Tarımsal Üretim Sistemleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım" İccap Projesi, TMMOB 2. *Su Politikaları Kongresi*, Ankara.
- Sırdaş, S. (2002) *Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 237s, İstanbul.
- Şen, Ö.L. (2013) "IPCC'nin Son Raporu Işığında Türkiye'de İklim Değişikliği, Olası Etkileri ve Çözüm Önerileri" İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu, *Sabancı Üniversitesi İPM*, İstanbul.
- Şen, Z. (2003) *Su Bilimi ve Yöntemleri*. Su Vakfı Yayınları, 266, İstanbul.
- Thom, H.C.S. (1958) "A Note on the Gamma Distribution" *Monthly Weather Review* 86, 117-122.
- Türkeş, M. (2008) "Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi" (Yayına Hazırlayan, Karakaya, E.), 21-57. *Bağlam Yayınları* No. 308, İstanbul.
- Türkeş, M., Sümer, U.M., Demir, İ. (2002) "Türkiye'nin günlük ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ile sıcaklık genişliğindeki eğilimler ve değişiklikler" *Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı 2002, Bildiriler Kitabı, 89-106. Ege Üniversitesi Coğrafya Bölümü*, 11-13 Nisan 2002, İzmir.
- Türkeş, M., Koç, T., Sarış, F. (2007) "Türkiye'nin Yağış Toplamı ve Yoğunluğu Dizilerindeki Değişikliklerin ve Eğilimlerin Zamansal ve Alansal Çözümlemesi" *A.Ü. TÜCAUM Coğrafi Bilimler Dergisi*, 2007, 5 (1), 57-73, Ankara.
- Türkeş, M., 2010. *Klimatoloji ve Meteoroloji*. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi, İstanbul.