



Kuzey Atlantik ve Güney Salınımlarının 2007-2008 kuraklığına etkileri

Ezgi GÜZEY DİKER

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul
g.ezgiguzey@gmail.com ORCID: 0000-0002-7890-1760

Işıl YILDIRIM*

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul
isilsuyildirim@gmail.com ORCID: 0000-0002-4064-624X

Bihrat ÖNÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul
onoz@itu.edu.tr ORCID: 0000-0002-4531-2476

Geliş: 17.06.2017, Kabul Tarihi: 17.08.2017

Öz

Atmosferin genel sirkülasyonu, Dünya ikliminin belirleyicilerindendir ve bu sirkülasyonun uzun dönemli varyasyonları, iklimde meydana gelen değişkenlerden sorumludur. 30 ° enleminden 60 ° enlemine kadar olan iklim değişikliklerinin ana belirleyicilerinden biriyse batılı rüzgarlardır. Batılı rüzgarlar, Avrupa'ya nemli hava iletmekle sorumludur ve Kuzey Atlantik Salınımindaki dalgalanmalarla kontrol edilir. Öte yandan, El-Niño-Güney Salınımı (ENSO), tropik doğu Pasifik'teki sıcaklık ve rüzgarların periyodik olarak değişimi olarak tanımlanır ve Avrupa ikliminde ikincil bir etki teşkil eder. Bu makalede, iki salınının ekstrem değerlerinin Türkiye iklimine etkisi, 2007-2008 yıllarında Türkiyedeki kuraklığa karşılık gelen sıcaklık, yağış ve jeopotansiyel yükseklik anomalileri arasındaki ilişki incelenerek tartışılmıştır. 2007-2008 kuraklığında, Türkiye'nin batısında ve Akdeniz'de Kuzey Atlantik Salınıminin Kuzey'e kayması ile batılı rüzgarların Güney Avrupa yerine Kuzey Avrupa'ya yönelmesi nedeniyle ve Türkiye'nin güney doğusunda Güneyli Salınının pozitif döneme geçerek La Nina'yı getirmesi sebebiyle önemli yağış azlıkları yaşanmıştır. Sonuçta, yağışta yaşanan bu azlık, meteorolojik kuraklıklara ve ardından tarımsal ve hidrolojik kuraklıklara neden olmuştur. Jeopotansiyel yükseklik anomalileri haritalarından beklendiği gibi, kuraklık, Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu bölgelerini etkilemiş, Karadeniz ise bu dönemi en az zararlı atlatan bölge olmuştur. Sonuçta, Kuzey Atlantik Salınıminin, Güney Salınına ve o dönemde tetiklenmiş diğer salınlara nazaran 2007-2008 kuraklığında daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Küresel döngünün diğer salınımları aynı dönemde güçlendiği için kuraklığın diğer muhtemel nedenleri daha fazla analiz edilmeli ve tartışılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Atmosferik Sirkülasyon, Güney Salınımı, İklim, Kuraklık, Kuzey Atlantik Salınımı

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI:

Giriş

Atmosferik sirkülasyon dünya ikliminin esas belirleyicilerinden ve atmosferik dolaşımdaki sapmalar iklimsel değişikliklerle kuvvetli bir şekilde ilişkilidir (Nicholls ve Parker, 1996). Atmosferik sirkülasyonun önemli bir parçası olan batılı rüzgarlar, dolaylı Ferrell hücrelerinin oluştuğu 30° ila 60° arasındaki iklimi belirleyen ana etkidir. Bu batılı rüzgarlar, 30° enlemi civarında çöken havanın kutuplara doğru ilerlemeye devam etmesi ve Kuzey yarımkürede onu sağa doğru saptıran Coriolis kuvveti nedeniyle ortaya çıkar (Trenberth, 1987). Batılı rüzgarlar, Avrupa'ya nemli ve ılıman havanın nakledilmesinden sorumludur. Dolayısıyla batılı rüzgarlar zayıf olduğunda özellikle Kuzey Avrupa'da sıcaklıklar aşırıdır, ısı dalgaları, donmalar ve kuraklıklar yaşanır, rüzgarlar güçlü olduğundaysa yazlar ve kışlar daha ılımandır ve yağış miktarlarında artış görülür. Batılı rüzgarların güç ve yönü, Azor Adaları'ndaki yüksek ve İzlanda'daki alçak basınçlı bir sistem ile kontrol edilir (Kurnaz, 2014). Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) indisi, Azor (subtropikal) yükseği ve İzlanda (subpolar) alçağı arasındaki deniz seviyesi basınç farkına dayanmaktadır. Bu iki basınç sisteminin göreceli kuvvetleri değiştiğinde aralarındaki normalize edilmiş fark Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) olarak bilinir.

NAO indisindeki dalgalanmalar, Akdeniz de dahil olmak üzere Avrupa'nın çoğunda iklim değişkenliğinin ana belirleyicisidir. Bununla birlikte, Ortadoğu'nun Muson bölgesine yakın olması nedeniyle, NAO'nun Orta Doğu üzerindeki doğrudan etkisi şimdiye kadar yeterince incelenmemiştir (Kahya, 2011).

NAO indisi pozitif olduğunda, yani Azor yükseği ve İzlanda düşüğü arasında basınç farkı fazlaştığında, batılı rüzgarlar daha güçlüdür ve dolayısıyla Kuzey Avrupa'da serin yazlar ile hafif ve yağışlı kışlar yaşanır. NAO negatif ise, batılı rüzgarların kuvveti bastırılır ve Kuzey Avrupa soğuk ve kuru kışlardan mustarip olur. Bunun yanı sıra fırtınalar güneyden Akdeniz'e uzanarak, Güney Avrupa ve Kuzey Afrika'daki

yağışları arttırır. NAO, kış aylarında iklimdeki değişikliklerde daha çok etkilidir ve Avrupa'daki sıcaklık-yağış değişimlerinin büyük ölçüde belirler (Cook vd., 2016).

Yöntem

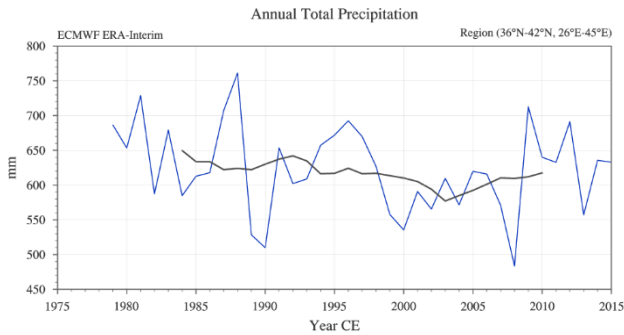
Günümüzde, güçlü Pozitif NAO indislerinin Akdeniz ve Kuzey Afrika'da yağış eksikliklerine neden olacağı kolayca tahmin edilmektedir. Dolayısıyla, Türkiye'nin batı ve güneydoğu bölgelerinde meydana gelen 2007-2008 kuraklığını analiz etmek için, 2007 ve 2008 yıllarına kadar süregelen NAO kış indislerini gözlemlemek önemlidir. Aşağıda, gözlenen basınçlar arasındaki normalize edilmiş fark tablosu verilmiştir.

Tablo 1. 1999-2015 Aylık NAO İndisi Değerleri

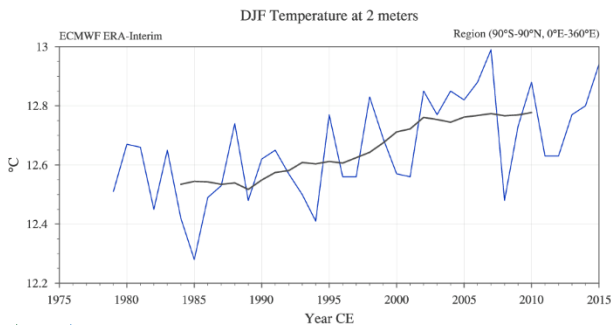
Monthly NAO index												
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1999	+0.90	+1.80	-0.72	+0.43	+1.03	+1.39	-1.85	-3.67	-0.51	-0.69	+0.30	+2.13
2000	+0.35	+4.37	+0.54	-3.34	+0.31	+0.89	-2.99	+0.78	-1.10	+2.26	-0.24	-1.41
2001	+0.02	+0.07	-0.68	+1.24	-0.09	-1.33	-1.12	+1.64	-3.83	+0.88	+0.01	-2.25
2002	+2.31	+3.01	+0.09	+0.91	-0.05	+0.90	-0.71	-0.61	-3.58	-1.50	-0.27	-0.98
2003	+0.15	+1.34	+1.08	-1.74	+1.17	-0.86	+0.09	-0.99	+0.35	-3.68	+0.31	-0.85
2004	+0.20	-1.23	+1.07	+1.08	-0.67	-0.38	-0.30	-0.76	+2.51	-2.18	-0.55	+1.27
2005	+1.82	-2.25	-1.29	+0.71	-0.13	-1.00	-0.08	+0.94	+0.50	-0.45	-1.01	-0.81
2006	-0.10	-1.24	-1.12	+0.57	-0.22	-0.41	+0.83	-2.47	-1.02	-1.97	+1.70	+3.08
2007	+1.77	+0.42	+2.03	-0.10	+0.62	-3.34	-1.05	-3.41	-1.18	-0.02	-1.67	+1.42
2008	+1.87	+1.81	+0.37	-2.02	-3.26	-2.05	-1.38	-0.21	-2.07	+0.01	-1.30	-0.58
2009	+0.61	-1.43	+0.15	+1.74	+1.52	-3.05	-0.92	+1.07	-0.63	-2.00	+1.68	-3.72
2010	-2.38	-3.25	-0.80	-1.03	-1.66	-2.40	+0.06	-2.01	-2.38	-2.41	-3.34	-4.62
2011	-1.38	+2.79	-0.44	+2.39	+1.08	-1.58	-3.39	-0.18	+2.97	+1.45	+0.74	+3.20
2012	+2.05	+1.28	+1.78	-2.36	-0.83	-2.58	-1.31	-0.44	-1.44	-3.21	-1.11	+0.60
2013	+1.08	-0.26	-3.75	+0.03	+1.23	+1.40	+2.52	+2.16	-0.57	-0.36	+0.04	+3.54
2014	+0.71	+2.32	+1.64	+0.84	-0.08	-1.98	+0.91	-1.14	-2.10	+0.31	-2.17	+1.89
2015	+2.81	+1.47	+1.99	+1.03	+2.09	+0.28	-2.16	+1.47	-1.65	-1.13	+3.54	+4.22

Daha önce de tartışıldığı gibi, güçlü pozitif NAO kış indisleri, Akdeniz bölgesi ve çevresindeki yağış eksiklikleri ve kurak mevsimler ile kuvvetli bir şekilde ilişkilidir. Tablo 1'e bakıldığında, Aralık 2006'dan Şubat 2007'ye kadar olan dönem için NAO kış indisleri, +3.08, +1.77 ve +0.42'dir. Aralık 2006'ya ait Kuzey Atlantik Salınım indisi, 1999'dan 2006'ya kadar gözlemlenen diğer herhangi bir pozitif NAO indisinden daha güçlüdür. Aralık 2007'den Şubat 2008'e kadar olan kış indisleri de +1.42, +1.87 ve +1.81 değerlerini almıştır. Sadece bu bilgiye bakarak, bu güçlü pozitif NAO indisinin genel olarak Akdeniz ve Güney Avrupa için daha kurak bir dönem anlamına geleceğini söylemek yanlış

olmaz. Ayrıca aynı şekilde, 2008'den 2009'a ve 2009'dan 2010'a kadar geçen dönemdeki negatif kış indisleri de bu kurak dönemin sona erdiği ve yağışlı dönemin başladığı anlamına gelmektedir. 2007 ve 2008 yıllarında Türkiye'de meydana gelen yağış eksikliklerini gözlemek için "Climate Reanalyzer" sitesi kullanılmıştır. Şekil 1 ve 2'de, ERA-Interim yeniden analiz verisi [1] ile elde edilen Türkiye'nin yıllık yağış değişimi ve kış ayları için sıcaklık dağılımı gösterilmektedir



Şekil 1. 1975-2015 Türkiye Yıllık Toplam Yağış Değerleri

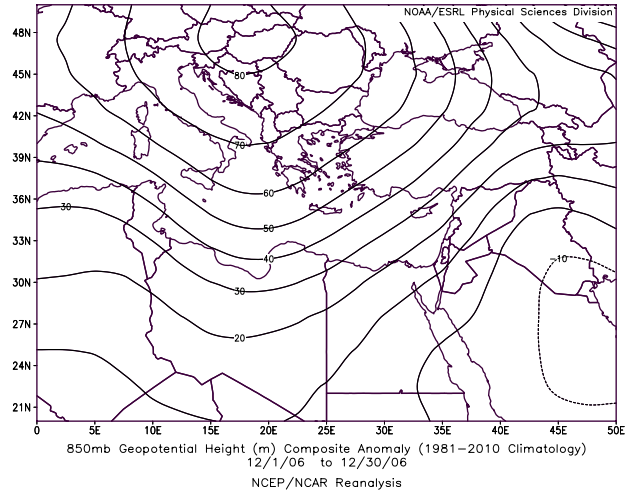


Şekil 2. 1975-2015 Türkiye Aralık-Ocak-Şubat Ortalama Sıcaklıkları

Şekil 1'e bakıldığında, 2006'dan 2008'e kadar geçen süredeki yağış miktarında neredeyse 120 mm'lik bir azalma olduğu gözlemlenmektedir. Bunun yanı sıra NAO indisleri yorumlanırken tahmin edildiği üzere Aralık 2008'den Şubat 2009'a kadarki dönemde de yağış miktarlarında artış gözlemlenmiştir. Şekil 2'de incelenen sıcaklığın daha sabit bir trend göstermesiyse, yağış parametresinin NAO kış indisindeki dalgalanmalarla daha fazla ilişkili olduğunu kanıtlar niteliktedir. Bununla beraber NAO pozitif indislerinin ardından, özellikle kış mevsiminde daha serin sıcaklıkların olmasının

beklenebileceği söylenebilir. Şekil 1'de görüldüğü gibi, 2007'de pozitif bir NAO kış indisinin ardından yaklaşık 0,5 derece bir düşüş gözlemlenmiştir. Ancak sıcaklıktaki değişimler doğrudan NAO indisleriyle bağlantılı olmadığı için bu düşüşün sebep ve tetikleyicileri konusunda kesin bir kaniye varmak doğru değildir.

Şekil 1 ve 2'deki gözlemlenmiş sıcaklık ve yağış verileri, 2007 ve 2008 yılları arasındaki kışlar için NAO indislerinden çıkarılan sonuçlarla paralellik göstermektedir. Kuzey Atlantik Salınımının kuzeye doğru kaymasıyla bu sürecin nasıl oluştuğunu ve Türkiye'nin hangi bölgelerinin etkilendiğini görmek için Aralık 2006'ya, yani NAO indisinin en yüksek pozitive ulaştığı aya ait jeopotansiyel yükseklik haritası aşağıdadır.

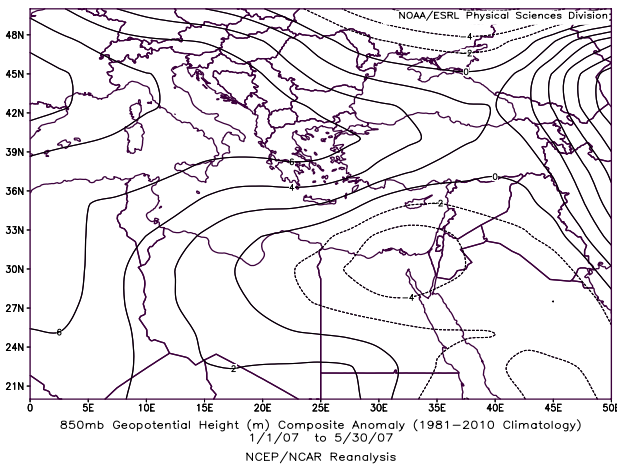


Şekil 3. Alt Troposfer 850 hPa Aralık 2006 Jeopotansiyel Yükseklik Anomalileri (1981-2010 referans dönemi baz alınarak).

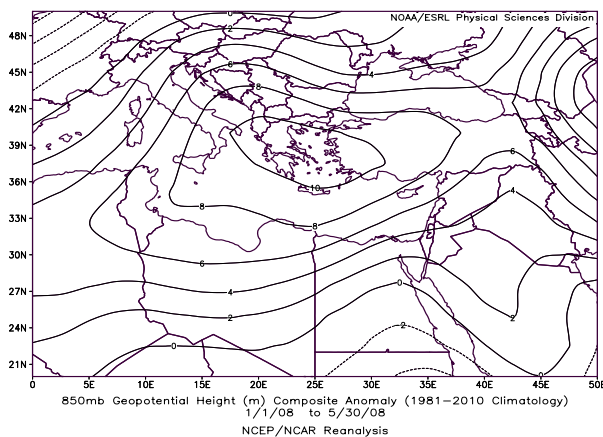
Şekil 3'ten gözlemlendiği üzere, Avrupa üzerinde pozitif basınç anomalisi bulunmaktadır. Pozitif anomali Atlas Okyanusu kaynaklı fırtına sistemlerinin güneyli bir yörünge üzerinde hareket etmelerine izin vermeyerek Akdeniz havzasının kurak kalmasına yol açar. Bu olgunun anlamı kapsamlı bir şekilde düşünülürse, güçlü pozitif NAO indisleri, Azor yüksek basıncının güçlenmesi ve Avrupa üzerine genişlemesiyle oluştuğundan, batılı rüzgarların o dönemde daha da güçleneceği ve kuzeye yöneleceği anlamı çıkarılmaktadır. Sonuçta, bu rüzgarlar Kuzey

Avrupa'da ortalama yağış oranının üstünde yağışlara sebep olmaktadır. Bu nedenle, jeopotansiyel yükseklik haritasındaki gözlemler, aralık ayında gözlemlenen NAO indisinden çıkarılan sonuçlarla paraleldir.

Öte yandan, yine jeopotansiyel yükseklik haritasından çıkarılacağı üzere Türkiye'nin güneydoğu kesiminde oluşan yukarı seviye hava sırtı anomalisi, güneydoğu Türkiye için kuru hava şartları anlamına gelmektedir. NAO indisinin pozitifliğinin genel etkisini görmek için, 2007 ve 2008 yılları için Türkiye'nin kış ve ilkbaharında 850 hPa jeopotansiyel yükseklik haritaları incelenmiştir.

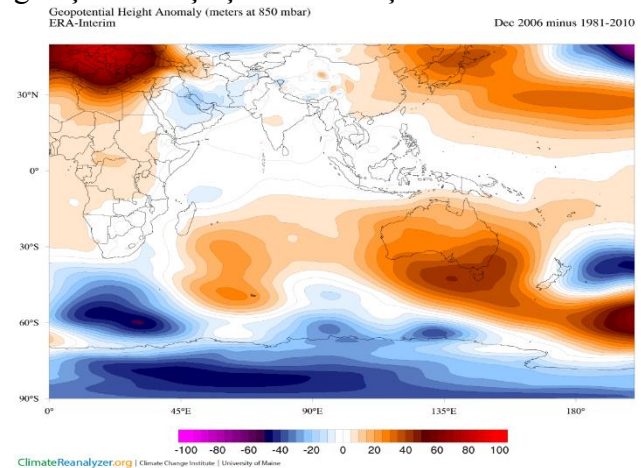


Şekil 4. Alt Troposfer 850 hPa Ocak-Haziran 2007 Jeopotansiyel Yükseklik Anomalileri (1981-2010 referans dönemi baz alınarak).



Şekil 5. Alt Troposfer 850 hPa Ocak-Haziran 2008 Jeopotansiyel Yükseklik Anomalileri (1981-2010 referans dönemi baz alınarak).

Şekil 4 ve 5'te, NAO'daki dalgalanmalar Türkiye'yi doğrudan kışın ve dolaylı olarak ilkbaharda etkilediğinden, kış ve ilkbahar dönemleri analiz edilmiştir. Şekil 4'e bakıldığında, Türkiye'nin batısından Anadolu'ya kadar olan bölgeyi çevreleyen pozitif anomalilerin kuraklığın gelişmesini tetiklediği açıkça görülmektedir. Buna ek olarak, Aralık 2006'da Türkiye'nin güneydoğu kesiminde jeopotansiyel yükseklik haritasında görülen pozitif anormalliğin devam etmekte ve bunun da bu bölgede kuru bir döneme işaret ettiği gözlemlenmektedir. Ancak bu oluşumun sebebinin Kuzey Atlantik Salınımındaki sapmalar olup olmadığı tartışılmalıdır zira bu bölgedeki iklim değişikliklerinin kuzey Atlantik salınımla olan ilişkisinin kuvvetliliği henüz kanıtlanmamıştır. Şekil 6'da Aralık 2006'daki jeopotansiyel yükseklik anomali haritasına daha geniş bir bakış açısı sunulmuştur.



Şekil 6. Genişletilmiş Alt Troposfer 850 hPa Aralık 2006 Jeopotansiyel Yükseklik Anomalileri (1981-2010 referans dönemi baz alınarak).

Jeopotansiyel yükseklik anomali haritasında görüldüğü üzere, Güney Salınım indisinin (SOI) ölçümlendiği Avustralya'yı çevreleyen bölgede (Darwin 12 ° S 130 ° E - Tahiti 17 ° S 149 ° W) anormal bir desen gözlemlenmiştir. Güney Salınım indisinin Türkiye üzerindeki etkisiyle ilgili önceki çalışmalara bakıldığında, Karabörk ve Kahya (2009)'nın, Türkiye'nin güney bölgesinin anormal SOI paternleri ile pozitif korelasyon gösterdiğini öne sürdükleri görülmektedir.

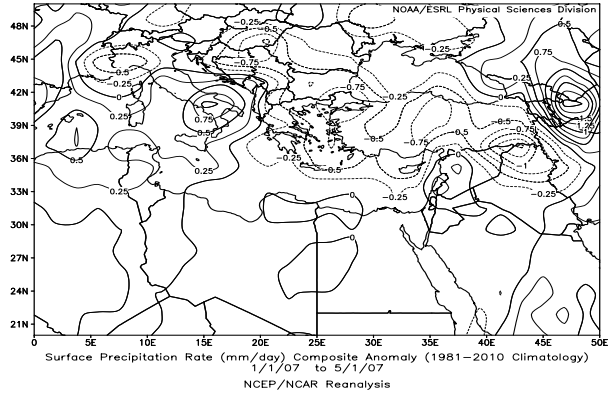
Sonuçlar

Aralık 2006'daki SOI,-3.5 olarak ölçülmüş ve bu negatif değer El Nino'nun gelişimini göstermiştir. İklim Tahminleme Merkezi'nin gözlemlerine göre 2007 yılında SOI'nın negatif anomalisine doğu merkezli ekvatorial rüzgarlarının eşlik ettiği ve bu ikilinin birlikte dünyanın çeşitli bölgelerinde sıcaklık değerlerinde anomalilere sebep olduğu görülmüştür. Ayrıca Kadioğlu ve diğerleri (1999) tarafından 1931-1990 yılları arasında Türkiye'de gözlemlenmiş yağış değerleriyle yapılan bir araştırma sonucu, El Nino olaylarının Türkiye'nin güney bölgesine ait yağışlarda açıkça azalma eğilimlerine neden olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, Batı Anadolu'da pozitif NAO sebebiyle süregelen kuraklığın aksine güneydoğudaki kuraklığı tetikleyen ana sebebin bir El Nino olayına yol açan negatif SOI olduğu sonucuna varılabilir. Buna ek olarak, aynı dönemde Hint Okyanusu bölgesinde de anomaliler görülmüş ancak bugüne kadar Türk iklim dalgalanmaları ile Hint Okyanusu anomalileri arasındaki korelasyon ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmadığından, bu anomalinin 2007-2008 kuraklığı üzerindeki etkisi hakkında herhangi bir yorum yapmanın doğru olmayacağı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, jeopotansiyel haritadan anlaşılacağı gibi, Hint okyanusundaki anomalilerin okyanusun batı ve kuzeyini ısıttığı açıkça gözlemlenmektedir.

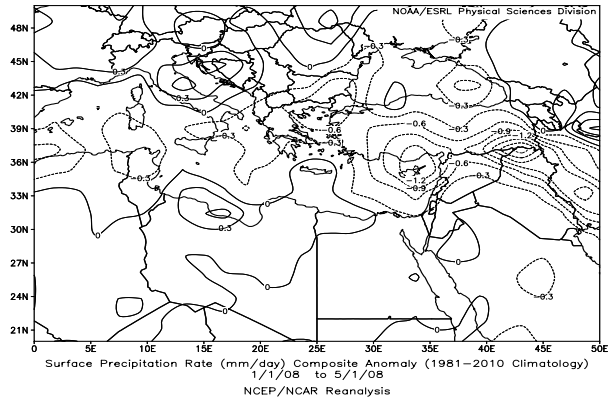
2008'de Şekil 5'de görüldüğü gibi, sadece batıdaki pozitif anomali devam etmekle kalmamış, aynı zamanda güneydoğudaki pozitif anomali, Türkiye'nin nemli havanın içeri girmesini engellemek için kuzey yönünde hareket etmiştir. Şekil 5 ve 6'daki jeopotansiyel yükseklik anomalileri haritalarından, sadece Türkiye'nin kuzeydoğu ve Orta Doğu bölgesinin 2007 ve 2008'deki kuraklığın önüne geçebildiğini söylemek yanlış olmayacaktır.

2007 ve 2008 yılları için yapılan jeopotansiyel yükseklik konfigürasyonları, batı ve güney bölgelerinde Türkiye'ye girmeye çalışan batılı rüzgarların akışını engelleyici bir durumun varlığını göstermektedir. Bu nedenle Kasım ayından Nisan ayına kadar bölgeye sadece birkaç fırtına girebilmiştir. Her iki yıldaki

yağışlara ait anomalileri görmek için Şekil 7 ve 8'de yağış anomalilerinin haritaları "Climate Reanalyzer" sitesinde çıkarılmıştır.



Şekil 7. Ocak-Mayıs 2007 Yağış Anomalileri (1981-2010 referans dönemi baz alınarak).



Şekil 8. Ocak-Mayıs 2008 Yağış Anomalileri (1981-2010 referans dönemi baz alınarak).

Şekil 7 ve 8'den de görüleceği üzere, Türkiye'nin güney ve güneydoğusunda SOI'daki negatif anomaliler sebebiyle yağışların belirgin bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Marmara ve Ege bölgesi de dahil olmak üzere Türkiye'nin batı kesiminin de bu bölgeyi çevreleyen negatif anomaliler sebebiyle yağış oranında bir düşüş yaşadığı görülmüştür. Öte yandan, Türkiye'deki kuraklığın aksine, Kuzeybatı Avrupa'da, pozitif bir NAO sırasında yaşanan batılı rüzgarların kuzeye doğru kaymaları sebebiyle, Kuzey Avrupa'ya nemli hava gelmiş ve bölgedeki yağışlarda bir artış yaşanmıştır.

Bir önceki jeopotansiyel yükseklik haritaları göz önüne alındığında, Türkiye güneydoğu bölümündeki negatif anomali, kuzeydoğuya doğru hareket ederek bu sefer kuzey bölgedeki

yağış miktarını azaltmıştır. Öte yandan, Kuzey Atlantik Salınımdaki anomali yavaş yavaş ortadan kalktığından (pozitif NAO indisi ortadan kalkmıştır), yağış azlığı batı Türkiye için azalmıştır. Genel olarak antisiklonik dolaşım 2007-2008 yılları arasında Türkiye'nin batısından güneydoğu bölgelerine kadar gelen yağışları baskılamış ve dolayısıyla bölgeye kurak bir dönem getirmiştir.

2007-2008 kuraklığında, Türkiye'nin batısında ve Akdeniz'de Kuzey Atlantik Salınıminin Kuzey'e kayması ile batılı rüzgarların Güney Avrupa yerine Kuzey Avrupa'ya yönelmesi nedeniyle ve Türkiye'nin güney doğusunda Güneyli Salınıminin pozitif döneme geçerek La Nina'yı getirmesi sebebiyle önemli yağış azlıkları yaşanmıştır. Sonuçta, yağışta yaşanan bu azlık, meteorolojik kuraklıklara ve ardından tarımsal ve hidrolojik kuraklıklara neden olmuştur. Jeopotansiyel yükseklik anomalileri haritalarından beklendiği gibi, kuraklık, Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu bölgelerini etkilemiş, Karadeniz ise bu dönemi en az zararlı atlatan bölge olmuştur.

Kuzey Atlantik Salınıminin önümüzdeki yıllarda küresel iklim modelleri tarafından daha pozitif bir anomali sergileyeceği öngörülmektedir. Bu nedenle, Türkiye'nin güneyindeki en önemli yağış kaynağı olan Atlas okyanusundan nem getiren rüzgarlar kuzeye doğru yöneltileceğinden Güney Avrupa ve Kuzey Afrika'da uzun kritik kuraklık süreleri beklenmektedir.

Kaynaklar

- Cook, B. I., Anchukaitis, K. J., Touchan, R., Meko, D. M., & Cook, E. R. (2016). Spatiotemporal drought variability in the Mediterranean over the last 900 years. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(5), 2060-2074.
- Climate Change Institute University of Maine. European Reanalysis Interim (ERA-Interim) from Climate Reanalyzer. <http://cci-reanalyzer.org> Erişim Tarihi: Ocak,7, 2017
- Kadioğlu, M., Tulunay, Y., & Borhan, Y. (1999). Variability of Turkish precipitation compared to El Nino events. *Geophysical Research Letters*, 26(11), 1597-1600.
- Kahya, E. (2011). The Impacts of NAO on the Hydrology of the Eastern Mediterranean. In *Hydrological, Socioeconomic and Ecological Impacts of the North Atlantic Oscillation in the Mediterranean Region* (pp. 57-71). Springer Netherlands.
- Karabörk, M. Ç., & Kahya, E. (2009). The links between the categorised Southern Oscillation indicators and climate and hydrologic variables in Turkey. *Hydrological processes*, 23(13), 1927-1936.
- Kurnaz, L. (2014). Drought in Turkey. *İstanbul Policy Center, Sabancı Üniversitesi-İstanbul*.
- Nicholls, N., Gruza, G. V., Jouzel, J., Karl, T. R., Ogallo, L. A., & Parker, D. E. (1996). *Observed climate variability and change*(pp. 133-192). Cambridge University Press.
- Trenberth, K. E. (1987). The role of eddies in maintaining the westerlies in the Southern Hemisphere winter. *Journal of the atmospheric sciences*, 44(11), 1498-1508.

Discussion of North Atlantic and Southern Oscillations' effect on 2007-2008 drought of Turkey

Extended abstract

Atmospheric circulation is the main determinant of Earth's climate and the decadal variations of the circulation is responsible for climatic variability on Earth. In other words, variations in many climatic variables are strongly related through large-scale features of the atmospheric circulation, as well as thorough interactions involving the land and ocean surfaces (Nicholls, 1996). One of the main determinants of the variability of climate from 30° latitude to 60° latitude is the westerly winds that are formed due to the air sinking at 30° latitude that continue to travel north toward poles and the Coriolis force bending it to the right in the Northern hemisphere.

Westerly winds are responsible for transporting and supplying moist air into Europe. Thus, when westerly winds are weak, temperatures are extreme, heat waves, freezes, and droughts are experienced and when westerlies are strong, summers and winters are mild with higher amounts of rainfall. Westerly winds are mainly controlled by the fluctuations in the North Atlantic Oscillation (NAO). NAO index is based on surface sea-level pressure difference between Azores (subtropical) high and Icelandic (subpolar) low. The relative strengths of these two pressure systems vary and the normalized difference between these two pressure systems is known as North Atlantic Oscillation (NAO). When NAO index is positive, westerlies are stronger and thus, cool summers and mild and wet winters are experienced in Northern Europe. Whereas if NAO is negative, the storm tracks are lead towards Southern Europe to Mediterranean Sea, increasing rainfall in Southern Europe and North Africa. Today, it is easily predicted that strong positive NAO indices cause precipitation deficits around the Mediterranean. El Niño–Southern Oscillation (ENSO), on the other hand, is a collateral influence on the climate of Europe, which is a periodical variation of temperatures and winds over tropical eastern Pacific. If looked at previous studies regarding Southern Oscillation Index' effect on Turkey, Çağatay Karabörk and Ercan Kahya (2009) have found that precipitation in southern region of

Turkey is positively correlated with anomalous SOI patterns.

In this article, the combining effect of extreme cases of the two oscillations on the climate of Turkey was discussed by examining the relationship between the temperature, precipitation, and geopotential height anomalies corresponding to the 2007-2008 drought of Turkey. Geopotential height configurations for 2007 and 2008 showed the presence of a blocking feature inhibiting the inflow of westerlies to enter the Western and Southern parts Turkey. Thus, few storms were able to enter the region during the 2007-2008 drought. During this period, western and southeastern parts of Turkey experienced significant precipitation deficits of almost 120 mm from the end of 2006 to 2008 while NAO winter indices leading up to year 2007 and 2008 were found to be significantly positive. Or in other words westerlies were directed towards northern Europe instead of the Mediterranean and Southern Europe. It was also determined that the negativity of SOI during that period was accompanied by weaker than average low level equatorial easterly winds that acted as a catalyzer during the 2007-2008 drought. The Indian Ocean also exhibited anomalous patterns at the end of 2006 which warmed the areas to the west and north of the ocean. However, the correlation between the two events should further be investigated.

In the end, North Atlantic Oscillation extremes were determined to be more effective in leading the drought, especially the precipitation deficit. Other possible causes of the drought should further be analyzed and discussed as many other oscillations of the global cycle were strengthened during the same period.

Keywords: Atmospheric Circulation, Climate, Drought, Southern Oscillation, North Atlantic Oscillation