

Artan Deniz Suyu Sıcaklıkları
Yağmur ve Rüzgârı Hırçınlaştırırken...
Aşırı Yağışlar, Seller, Fırtınalar...



Suyumuz Isınıyor Mu?

Çok değil bundan iki yıl önce İstanbul'daki barajların doluluk oranı %15'lere kadar düşmüştü. Kuruyan baraj göllerinin fotoğrafları ve yaşanan kuraklığın sıkıntısı o dönemde kamuoyunu uzunca bir süre meşgul etmişti. Eylül 2009'a gelindiğinde ise İstanbul ve çevresi bambaşka bir manzara ile karşı karşıya kaldı: sık görülme de son derece olağan olan, ancak çoğu insanımızın kaderci yaklaşımı ve yönetim birimlerinin sorumsuzluğu ile afete dönüşen aşırı yağışlar, 30'un üzerinde can kaybı, yüz milyonlarca liralık maddi hasar...

Bu tip aşırı meteorolojik olayların iklim değişimiyle bağlantısı muhtemel olsa da, uzman yorumu alınmaksızın, şuursuzca "küresel ısınma"yla ilişkilendirilmeleri oldukça talihsiz bir durum. İklim değişimi kavramını sorgulamak, doğru anlamak ve buna göre adım atmak varken, maalesef hâlâ yerimizde sayıyoruz. Ortaya çıkan bilgi karmaşası da cabası.

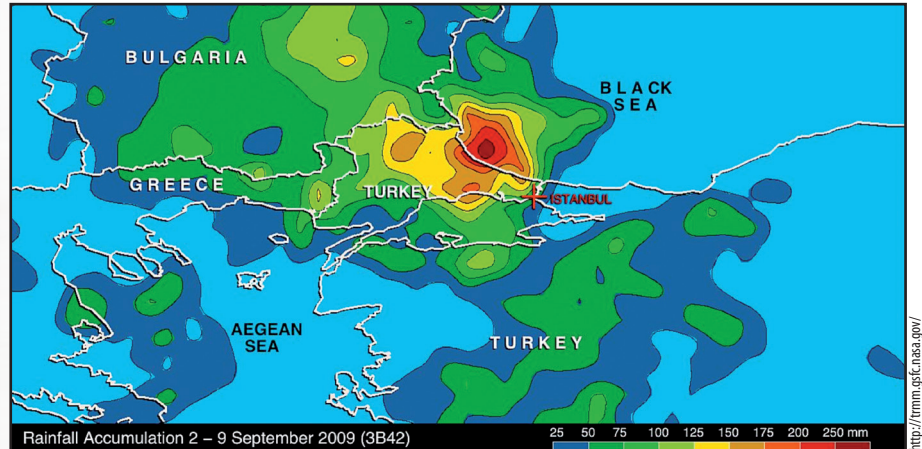
Yapılan ölçümler, 1906-2005 yılları arasında kapsayan yüz yılda dünyanın ortalama yüzey sıcaklığının yaklaşık 0,76 °C arttığını gösteriyor. İklim araştırmacıları camiasındaki genel kanı bu artışın büyük oranda insan kaynaklı sera gazı salımı nedeniyle meydana geldiği yönünde. Hiç kuşku yok ki sözü edilen ısınma, deniz seviyelerinin yükselmesi, kutuplardaki ve dağlardaki buzul hacminin azalması, yağış rejimlerinin değişmesi gibi birçok çevresel değişime de yol açıyor. Değişim sürecinde üzerinde durulması gereken en önemli noktalardan biri de okyanus ve denizlerin bu ısınmaya vereceği tepki ve bunun sonucunda ortaya çıkacaklar. Dünyamızın % 71'inin sularla kaplı olması, okyanusların atmosferle sürekli etkileşim halinde olması, suyun ısı sıgısının yüksek olması ve suların barındırdıkları ekosistemlerin besin ve enerji zincirlerini etkilemesi gibi nedenler, ortaya çıkacak bu değişimleri daha da önemli kılıyor. Bu bağlamda, Türkiye'nin üç tarafının farklı özellikteki denizlerle çevrili olduğu gerçeği, üzerinde

düşünülmesi gereken bazı soruları da beraberinde getiriyor: Deniz yüzey sıcaklıklarındaki değişim Türkiye iklimini nasıl etkiliyor? Aşırı hava olaylarıyla (şiddetli yağış, sel, fırtına vb.) deniz yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişki nedir? Yazımızda, bu sorulardan yola çıkarak ve yaşanan son sel olayını da irdeleyerek aşırı olaylar ile deniz yüzey sıcaklıklarının değişimi arasındaki ilişkiye dikkat çekmeye çalışacağız.

8-9 Eylül 2009: Karadeniz'in Karaya Çıktığı İki Gün

İstanbul için eylül nispeten kuru geçen bir ay ve bu aydaki ortalama yağış miktarı yaklaşık 50 mm. Ancak 7 Eylül 2009 Pazartesi geç saatlerde başlayan ve 8 Eylül Salı gecesi ile 9 Eylül Çarşamba sabahı en yoğun halini alan yağmur, İstanbul'da son 80 yılın en şiddetli yağışı olarak kaydedildi ve ani sel baskınları meydana getirdi. NASA tarafından, tropik ve alt-tropiklerdeki yağışları ölçmek için geliştirilen gerçek zamanlı Tropik Yağmur Ölçüm Misyonu (The Tropical

İstanbul ve çevresine 2-9 Eylül 2009 tarihleri arasında düşen toplam yağış miktarları (NASA-TRMM uydusundan elde edilmiştir).

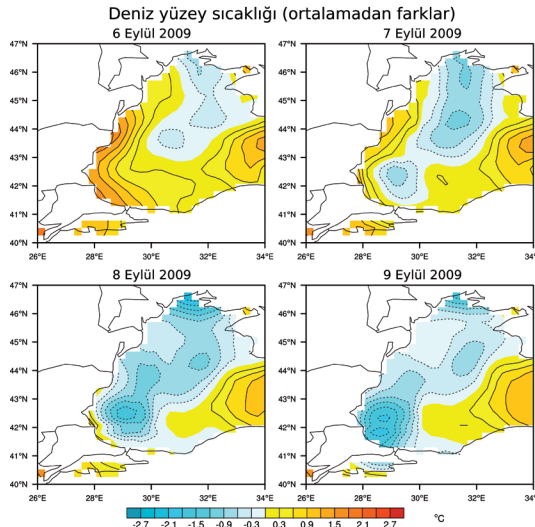




1980'de doğan Deniz Bozkurt, ODTÜ Çevre Mühendisliği bölümünden 2004 yılında mezun oldu. Yüksek lisans derecesini iklim ve deniz bilimleri dalında 2007 yılında İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nden aldı. Halen, aynı bölümde araştırma görevlisi olarak doktora eğitimini sürdürmektedir. Bölgesel iklim modellemesi, gelecek iklim değişimi projeksiyonları ve Türkiye üzerindeki hidrometeorolojik etkileri başlıca çalışma ve araştırma konularıdır.



Ozan Mert Göktürk 1979'da doğdu. 2003'te ODTÜ Makine Mühendisliğini bitirdi. Yüksek lisans derecesini iklim ve deniz bilimleri dalında 2005 yılında İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nden aldı. Halen İsviçre'de Bern Üniversitesi Oesger İklim Değişimi Araştırmaları Merkezi'nde araştırma görevlisi olarak doktora eğitimini sürdürmektedir. Anadolu'nun özellikle son 10 bin yıldaki iklim tarihi ve günümüz Türkiye'sinin iklim değişkenliği başlıca akademik ilgi alanlarıdır.



6-9 Eylül 2009 tarihleri arasında Karadeniz'deki deniz yüzey sıcaklık anomalilerinin değişimi (°C). Yağışa yol açan buharlaşmanın yarattığı şiddetli ısı kaybından ötürü deniz yüzey sıcaklığı günden güne azalıyor.

Rainfall Measurement Mission - TRMM) uydu verisine ait bilgilerde, İstanbul'un kuzeybatı kesimlerine 2-9 Eylül tarihleri arasında düşen toplam yağış miktarının Karadeniz kıyılarında 200 mm, diğer yerlerde ise 125 mm civarında olduğu görülüyor.

Peki eylül ayındaki ortalama yağış miktarını böylesine kısa bir zaman aralığında neredeyse dörde katlayan bu olayın mekanizması nasıldı? Eylül, hem ülkemiz çevresindeki denizlerin yüzey sıcaklıklarının en yüksek değerlere ulaştığı, hem de yağış getiren geniş ölçekli atmosferik olayların (siklon ve cephe sistemleri) Türkiye'yi etkilemeye başladığı ay. Bu etkinlikle birlikte atmosferin üst kısımlarında soğumalar da meydana geliyor. Soğuk hava akımları, üzerinden geçtiği nispeten sıcak deniz yüzeyleri ile atmosfer arasında yüksek sıcaklık farklarının oluşmasına yol açıyor. Bu nedenle atmosfer dikey doğrultuda çok kararsız bir hale geliyor ve sıcak denizden çok kolay buharlaşan su hemen üst seviyelere tırmanarak "konvektif" diye tabir ettiğimiz dikey doğrultuda gelişen bulutlar meydana getirebiliyor. Bu bulutların en önemlisi özelliği ise kısa zamanda çok fazla miktarda yağış bırakabilmeleri ve iç bölgelerde oluşan konvektif bulutların aksine denizden sürekli nemle beslenmeleri. Yani, yağışın oluşumuna yol açan geniş ölçekli atmosferik durum bozulmadığı ve soğuk hava akımlarının deniz üzerinden geçerken aldığı mesafe yeterli olduğu sürece, konvektif bulutlar suyu denizden çekip karaya ve yine denize boşaltan dev bir makineye dönüşüyor.

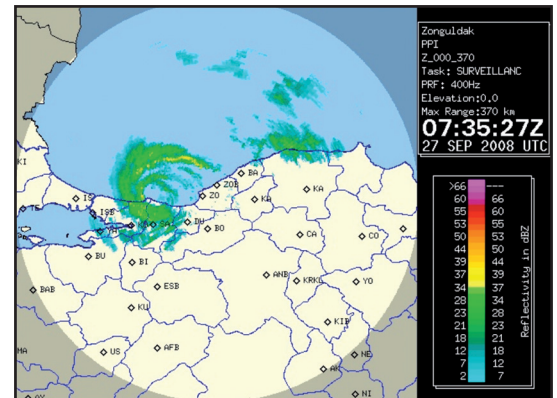
Yaşanan son olayda, 6 Eylül günü yağışlar şiddetlenmeden önce, Karadeniz'in batı ucundaki deniz yüzey sıcaklığı, uzun yıllar ortalamasından yaklaşık 1,5 °C yüksekti. Bu tarihten başlayarak, Türkiye'nin güneybatı kesimleri ve Ege Denizi civarına yerleşen al-

çak basınç merkezi ile Orta Avrupa üzerinde bulunan yüksek basınç merkezi arasında kalan Karadeniz'in batı bölümü üzerinde güçlü kuzeyli rüzgârlar meydana geldi. Kuzeyli rüzgârlar ile yukarı enlemlerden taşınan soğuk hava, Batı Karadeniz'in normalin de üzerinde sıcak olan suları üzerinde hareket ettikçe yoğun bir buharlaşma ve çok güçlü konvektif bulutlar oluştu. Aşırı yağış olayının başlamasıyla birlikte aynı bölgedeki deniz yüzey sıcaklıklarında görülen ani düşüş de bu bakımdan anlamlı, çünkü kuvvetli ve hızlı buharlaşmanın olduğu yerlerde deniz yüzeyi şiddetli ısı kaybına uğrar. Karadeniz üzerinde yeterli hareket mesafesi bulan güçlü hava akımı, özellikle 8-9 Eylül tarihlerinde Marmara Bölgesi'nin kuzeybatı sahillerinde etkisini arttırdı ve ani sel baskınlarına sebep olan aşırı yağışlar da bu günlerde düştü.

26-27 Eylül 2008: Tropik Fırtınanın Türkiye Seferi

Son yıllarda Karadeniz'de Eylül ayında meydana gelen şiddetli hava olayları bu yılki selle de sınırlı değil. 27 Eylül 2008 tarihinde Devlet Meteoroloji İşleri'ne ait Zonguldak radarı, yine Karadeniz'in batısı üzerinde son derece ilginç bir görüntü tespit etti: Tropik bölgelerde görmeye alışık olduğumuz, bariz bir göze ve spiral bulut yapısına sahip bir fırtına (siklon), Sakarya'nın sahil kesiminden karaya çıkıyordu!

Bu olay aslında Eylül 2009'daki sele yol açan mekanizmanın başka bir tezahürüydü: Yüksek deniz suyu sıcaklıklarının kuzeyden taşınan soğuk hava ile etkileşimi sonucu, 25-27 Eylül 2008 tarihleri arasında özellikle İstanbul'un batısında kalan Karadeniz sahiline aşırı miktarda yağmur yağmıştı. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Afet Koordinasyon Merkezi'ne (AKOM) göre, Kıyıköy yakınındaki Çilingöz koyunda bulunan istasyon 48 saatte tam 480 mm yağış kaydetmiş, neyse ki konvektif bulutların en şiddetlileri İstanbul'a



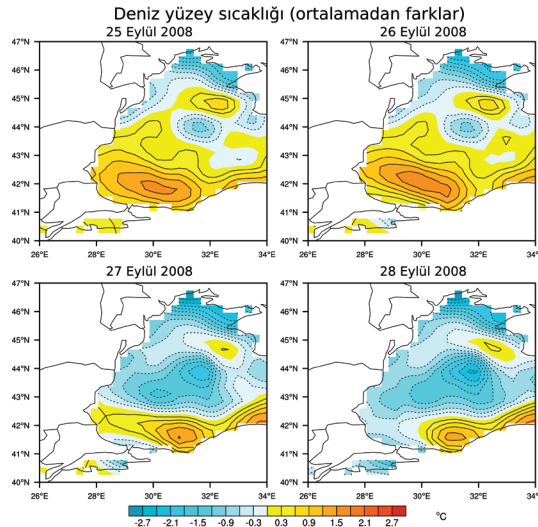
27 Eylül 2008 günü 10.35'te Devlet Meteoroloji İşleri'ne ait Zonguldak radarının kaydettiği görüntü. Yoğun yağış bölgeleri yeşil ve sarı renklerle gösteriliyor. Fırtınanın gözü, Karadeniz kıyısında Sakarya-Kocaeli il sınırının tam üzerinde.

çok fazla yaklaşmamıştı. Buna rağmen Çatalca'da 217 mm, İstinye'de 80 mm yağış kaydedilmişti. Aynı mekanizma 26 Eylül 2008'de Karadeniz üzerinde bulunan konvektif aktiviteyi tek bir alçak basınç alanının (siklon) etrafına toplamaya başladı. Su buharı, sıcak denizden kolayca üst seviyelere çıkıyor, burada sıvı ve katı hale yani bulutlara dönüşerek siklonun güçlenmesi için gerekli enerjiyi sağlıyordu. Bu şekilde beslenip kuvvetlenen siklon, etrafına güçlü rüzgârlarını da katarak güney-güneydoğu yönünde harekete geçti. 26 Eylül günü AKOM, İstanbul il genelinde 185 çatı uçması, 105 ağaç devrilmesi olayına müdahale etti. Ertesi gün Kandilli Rasathanesi'nden gelen rapor çarpıcıydı: 26 Eylül 2008 saat 14.17'de hızı saatte 140 km olarak ölçülen karayel, ölçümlerin başladığı 1934 yılından bu yana İstanbul'da kaydedilen en yüksek değeri. Bu rüzgâr hızının Saffir-Simpson ölçeğine göre 1. kategori bir kasırgaya karşılık geldiğini, saatte 153 km'de ise 2. kategorinin başladığını hatırlatalım. Benzer şekilde 2005 yılının Eylül ayında Karadeniz üzerinde görülen bir siklon da Rus bilim adamları tarafından ayrıntılı olarak incelenmişti.

Sonuç: Hava-Deniz Etkileşimi, Yağış Değişkenliği ve Küresel Isınma

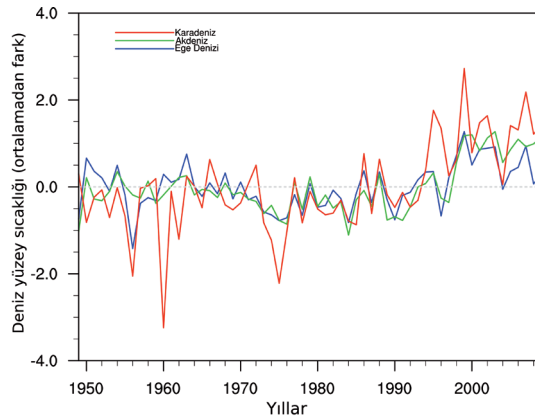
Son iki yılda meydana gelen iki aşırı hava olayının da gösterdiği üzere, deniz yüzey sıcaklıkları yağış miktarını ve rüzgâr hızını belirlemede önemli bir etken. Suyun havaya göre geç soğuması, yaz mevsimi deniz yüzey sıcaklıklarının sonbahar mevsimindeki meteorolojik olayları doğrudan etkilemesine ve bu etkilerin aşırı hava olayları şeklinde ortaya çıkmasına sebep olabiliyor. Yaz mevsimi için, Türkiye etrafındaki denizlerin yüzey sıcaklıkları 1990'lardan itibaren artma eğilimi gösteriyor. Özellikle Karadeniz'de 1990'lardan sonra 2 °C'ye varan artışların olduğu görülüyor. Türkiye etrafındaki denizlerin yüzey sıcaklıkları ile Anadolu'daki yağış miktarı arasındaki ilişki bir model çalışmasıyla da ortaya kondu. Bir bölgesel iklim modeli kullanılarak deniz yüzey sıcaklıkları 2 °C arttırıldığında, özellikle sonbaharda Karadeniz'in de etkisiyle İstanbul ve çevresinde yağış artışları görüldü. Ayrıca Karadeniz kıyısındaki sonbahar ve kış yağışlarının, Türkiye'nin öteki bölgelerinin tersine, ortalamaya göre soğuk olan sonbahar ve kışlarda deniz yüzey sıcaklıkları fazlayken en fazla artışı gösterdiği ve bunun büyük oranda Karadeniz üzerindeki hava-deniz etkileşiminden kaynaklandığı belirlendi.

Görünen o ki artan yaz sıcaklıkları ile birlikte Karadeniz'in yüzey sıcaklığının normalden fazla olması, takip eden sonbahar mevsimindeki meteoro-



25-28 Eylül 2008 tarihleri arasında Karadeniz'deki deniz yüzey sıcaklık anomalilerinin değişimi (°C)

lojik olayların şiddetini artırıyor. Bu durum ağırlıklıla küresel ısınmanın neden olduğu bir süreç olarak göze çarpıyor. Ancak her aşırı meteorolojik olayı peşinen küresel ısınmaya bağlamak da bilgi karmaşası yaratmaktan başka bir işe yaramıyor. Örneğin bundan iki yıl önce İstanbul'daki barajların doluluk oranı %15'lere kadar düştüğünde, kuraklık hemen küresel ısınmanın sonucu sayılmıştı. Şu anda ise henüz kış mevsimi bile başlamamışken İstanbul barajlarındaki doluluk oranı % 80'lerde, Türkiye'nin diğer bölgelerinde de durum gayet iyi. Bu nedenle küresel ısınma ve iklim değişimi kavramlarını birbirine karıştırmamamız, meydana gelen olayları sebep sonuç ilişkilerini iyi anlayarak gerçekçi biçimde ortaya koymamız gerekiyor. Oluşan bilgi karmaşasının önüne geçmemiz ve iklimle ilgili sorunlara daha akılcı yaklaşmamız ancak böyle mümkün olabilecek.



Şekil 5 Akdeniz, Ege Denizi ve Karadeniz yaz mevsimi deniz yüzey sıcaklık anomalilerinin son 60 yıldaki değişimi (°C)

Kaynaklar

Bozkurt, D. ve Şen, O. L., "Precipitation in the Anatolian Peninsula: sensitivity to increased SSTs in the surrounding seas", *Climate Dynamics*, Ağustos 2009.
Efimov, V. V., Stanichnyi, S. V., Shokurov, M. V., Yarovaia, D. A., "Observations of a quasi-tropical cyclone over the Black Sea", *Russian Meteorology and Hydrology*, Nisan 2008.
Göktürk, O. M. ve Akçar, N., "The role of air-sea interaction in the precipitation variability of the

Southern Black Sea coast", 2. *Uluslararası Karadeniz Bölgesi Jeoloji Sempozyumu*, 5-9 Ekim 2009, MTA, Ankara.
IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change fourth assessment report on scientific aspects of climate change for researchers, students, and policymakers, 2007. (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Dördüncü Değerlendirme Raporu) http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm#1