

Türkiye'deki Toprak Neminin NOAH Hidrolojik Yeryüzü Modeli İle İncelenmesi

Burak Bulut¹, M. Tuğrul Yılmaz¹, İbrahim Sönmez², A. Ünal Şorman^{1,3}

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çankaya, Ankara

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Ondokuz Mayıs, Samsun

³Yakın Doğu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Lefkoşa, KKTC
e161510@metu.edu.tr, tuyilmaz@metu.edu.tr, isonmez@omu.edu.tr, sorman@metu.edu.tr

Özet

Ülkemizde ve dünyada sosyoekonomik açıdan büyük maliyetlere sebebiyet veren tarımsal kuraklığın incelenmesi, bu doğal afetin niteliklerinin (şiddet, süre, etki alanı) anlaşılması ve mümkün olan tedbirlerin araştırılması açısından çok kritiktir. Tarımsal kuraklığı gözlemlenmede kullanılan en önemli parametrelerden birisi olan toprak nemi farklı metotlar kullanılarak elde edilebilir. Toprak nemi verilerinin en yaygın, tutarlı ve güvenilir olanlarından birisi ise hidrolojik modellerden elde edilenlerdir. Hidrolojik modeller toprağın değişik katmanlarına ait mekansal ve zamansal olarak sürekli ve istikrarlı veri sağlayabildikleri için tarımsal kuraklığın etki alanı ve tesir süresi gibi konuları temel alan çalışmalarda yaygın olarak kullanılırlar. Bu çalışmada, NOAH hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen toprak nemi değerlerinin 2000 – 2014 yılları arasında ülkemizdeki değişimi ve 2007,2008 yılları, 2013 – 2014 kış mevsiminde ülkemizi etkisi altına alan kurak koşulların etkileri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Toprak Nemi, Kuraklık, Hidrolojik Modeller

Analysis of Soil Moisture in Turkey by NOAH Land Surface Model

Abstract

Analysis of agricultural drought, which causes substantial socioeconomically costs in our country and in the world, is critical in terms of understanding this natural disaster's characteristics (intensity, duration, influence area) and research on possible precautions. Soil moisture is one of the most important parameters which is used to observe agricultural drought, can be obtained using different methods. One of the most common, consistent and reliable soil moisture parameter is obtained from hydrologic models. Hydrologic models can provide spatial and temporal data as continuous and stable for different layers of soil. Thus, hydrologic models are commonly used on studies based on agricultural droughts influence area and duration subjects. In this study, variation of soil moisture data in our country, which is obtained from NOAH land surface model, were analyzed in years between 2000, 2014. Moreover, in this study, droughts affected our country in 2007, 2008 years and 2013 – 2014 winter season were analyzed in details.

Key Words: Turkey, Soil Moisture, Drought, Land Surface Models

1. Giriş

Kuraklık genel olarak, "yeryüzündeki çeşitli sistemlerce kullanılan doğal su varlığının, belirli bir zaman süresince ve bölgesel ölçekte uzun süreli ortalamasının ya da normalin altında gerçekleşmesi sonucunda oluşan su açığı" olarak tanımlanabilir (Türkes, 2013). Kuraklıklar etkiledikleri alanlara verdikleri sosyoekonomik zararlar göz önüne alındığında doğal afet olarak nitelendirilebilirler (Maybank ve ark., 1995). Diğer doğal afetlerin şiddet, süre ve etki alanı hızlı ve kolay bir şekilde tespit edilebilirken, kuraklıkların çok daha zor tespit edilmesi onu diğer doğal afetlerden ayırmakta ve önemini arttırmaktadır. Kuraklıkları diğer doğal afetlerden ayıran bir başka yanı ise yıllar içinde tekrar etkisi altına alacağı alanların genellikle bilinebilmesidir (Maybank ve ark., 1995). Tanım olarak kuraklık incelenen bölgelerin iklim şartlarına göre farklılıklar gösterir. Örneğin, yıl boyu günlük yağış alan bir bölgede iki haftalık yağışsız geçen dönem kuraklık olarak tanımlanırken, öte yandan aşırı kurak olan Kuzey Afrika gibi bölgelerde yağışsız geçen iki veya daha fazla yağış sezonundan sonra kuraklığın farkına varılır (Oladipo ve ark., 1985). Kuraklığın literatürde tanımlanan birçok çeşidi olmasına rağmen dört belirgin kuraklık tipi vardır (Wilhite ve ark., 1985).

Kuraklık tipleri kısaca;

- **Meteorolojik Kuraklık**, yağış miktarının uzun süre boyunca o bölgeye ait ortalama yağış miktarının altında kalması
- **Tarımsal Kuraklık**, bitkinin büyüüp gelişmesi için gerekli olan topraktaki nem değerinin yeterli olan değerden düşük olması
- **Hidrolojik Kuraklık**, uzun süren yağışsız ya da ortalamasının altındaki yağışlı dönemin sonucunda yer üstü ve yeraltı su kaynaklarındaki su miktarının azalması
- **Sosyoekonomik Kuraklık**, kuraklığın canlılara ve tarıma, öte yandan su kaynaklarına ve bundan faydalanan endüstrilere olan etkileri

olarak tanımlanabilir.

Ülkemizde ve dünyada kuraklık inceleme çalışmaları farklı analiz metotları kullanılarak yapılmaktadır. Farklı kuraklık tiplerine göre kuraklıkların incelenmesinde uydu, hidrolojik model ve istasyonlardan elde edilen yağış, sıcaklık ve nem verileri kullanılmaktadır. Bu değerler mekansal ve zamansal karşılaştırmalarda kullanılması amacıyla Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), Normalleştirilmiş Yağış Anomali İndisi (NPAI) ve Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI) gibi indekslerin hesaplanmasında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Toprak nemi incelenen değişkenlerin içinde özellikle tarımsal kuraklığın incelenmesinde sıklıkla kullanılan ve farklı metotlarla elde edilebilen bir parametredir. Toprak neminin büyüme sezonundaki anomalilerinin geniş ölçekli izlenmesi ve analizinin yapılması, tarımsal kuraklığın izlenmesi ve risk analizinin yapılabilmesini sağlamaktadır (Anderson ve ark., 2011). Öte yandan, iklim ve kuraklık açısından çok önemli bir yere sahip olmasına rağmen ülkemizde toprak neminin analizi alanında şuana kadar çok sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır (Şorman ve ark., 2012, Yılmaz ve ark., 2013).

Toprak nemi gözlemleri günümüzde yaygın olarak üç değişik metotla yapılmaktadır. Uydulardan elde edilen gözlemlerin mekansal ve zamansal çözünürlükleri çok sınırlıdır. İstasyonlardan elde edilen gözlemlerin ise zamansal çözünürlükleri çok iyi olmasına karşın noktasal veri sağladığından bu gözlemlerin mekansal çözünürlüğü çok sınırlıdır. Öte yandan hidrolojik model simülasyonları mekansal ve zamansal olarak yüksek çözünürlükte tutarlı ve güvenilir toprak nemi değerleri elde etmek için yaygınlaştırmaktadır. Hidrolojik modellerin toprağın değişik katmanlarına ait mekansal ve zamansal toprak nemi verilerini sürekli ve istikrarlı bir şekilde sağlayabiliyor olması, bu modellerden elde edilen verilerin kuraklığın etki alanı ve tesir süresi gibi konuları temel alan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Hidrolojik modellerin geçmiş atmosferik verilerin kullanılması ile geçmiş zaman dilimlerine ait toprak nemi değerlerini elde edebiliyor olması diğer metotlara göre önemli bir avantajını ortaya koymaktadır.

Ülkemizde kuraklığın sinoptik ve klimatolojik ve atmosferik bağlantıları (Türkeş, 2014) tarafından ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Yapılmış olan araştırmalar ülkemiz üzerinde 2000 yılından sonraki en etkin ve geniş alana yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 yılları ve 2013-2014 kış mevsiminde meydana geldiğini göstermektedir (Türkeş ve ark., 2014). Bu çalışmada, NOAA hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen toprak nemi değerleri kullanılarak 2000 – 2014 yılları arasında ülkemizdeki toprak nemi değişimleri ve ülkemizi etkisi altına alan kurak koşulların etkileri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

2. NOAA Hidrolojik Yeryüzü Modeli

Bu çalışmada NCEP - Oregon State University Dept. of Atmospheric Sciences - Air Force - Hydrologic Research Lab - NWS (NOAH) hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu hidrolojik yeryüzü modeli diğer birçok model gibi atmosferik verileri (hava nem ve sıcaklığı, rüzgar, yağmur ve radyasyon) kullanarak toprakta bulunan su ve enerjinin zamansal değişim tahmini yapmaktadır. NOAA modeli farklı derinliklerde toprak nem ve sıcaklığının elde edilmesinin yanı sıra, yeryüzündeki buharlaşma, debi ve hissedilebilir sıcaklık tahmini de yapabilmektedir. Atmosferik girdiler kadar toprak ve bitkisel parametrelere ait girdiler de bu tahminlerin elde edilmesinde çok önemli rol oynamaktadır. Simülasyonlarda kullanılan parametrelerle ilgili bilgi Tablo 1.'de gösterilmektedir. The Weather Research

and Forecasting (WRF) modelinin yeryüzü akımlarını elde etmek için operasyonel olarak kullandığı ve Global Land Data Assimilation System (GLDAS) simülasyonlarında en yaygınlıkla kullanılan NOAA modeli 4 farklı derinlikteki toprak tabakasında (0-10 cm, 10-40 cm, 0.4-1 m, 1-2 m) su ve enerji döngülerinin hesabını yapmaktadır. Model hakkında daha fazla bilgiye (Ek ve ark., 2003)'nın çalışmasından ulaşılabilir.

Parametreler	Kaynak/Çözünürlük
Kısa Dalga Radyasyon	GDAS (0.47°)
Uzun Dalga Radyasyon	GDAS (0.47°)
Yağış	TRMM 25 km)
Albedo	MODIS (1km)
Arazi Örtüsü Tipi	UMD
Yeşillik	MODIS (1km)
Rüzgar Hızı	GDAS (0.47°)
Buhar ve Yüzey Basıncı	GDAS (0.47°)
Hava Sıcaklığı	GDAS (0.47°)
Toprak Tipi	FAO (1 km)

Tablo 1. NOAA Hidrolojik Yeryüzü Modelinin Kullandığı Parametreler, Kaynakları ve Çözünürlükleri (Yılmaz ve ark., 2014).

Bu çalışmada kullanılan NOAA simülasyonları NASA Earth Sciences Division tarafından gerçekleştirilmiş olup Goddard Earth Sciences (GES) Data and Information Services Center (DISC) tarafından dağıtımı yapılmaktadır. 2000 yılından günümüze kadar olan 0.25° çözünürlükteki 0 – 10cm toprak nemi değerleri üçer saatlik periyodlarla elde edilmiştir.

3. Toprak Neminin Analizi

Toprak neminin analizi yapılması için ilk olarak NOAA hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen verilerden analiz için Türkiye sınırları içinde kalan veriler alınmıştır. Üç saatlik veriler aritmetik ortalama alınarak günlük, aylık ve yıllık zaman serilerine dönüştürülüp analizler oluşturulan bu zaman serileri kullanılarak yapılmıştır. Zaman serilerinin ayrıntılı analizinin yapılabilmesi için mevsimsellik analizi yapılmış ve anomalileri hesaplanmıştır.

3.1. Mevsimsellik Analizi

Mevsimsellik analizi, günlük toprak nemi zaman serilerinin sahip olduğu mevsimsel bileşeni ortaya çıkarmak için kullanılmıştır. Mevsimsel bileşenin ortaya çıkarılması, incelenen günlük zaman serisinde meydana gelen değişimlerin yorumlanmasına daha uygun analizler sağlar. Bu çalışmada mevsimsellik, belirli bir gün için oluşturulan, o günden önceki ve sonraki 14 günü kapsayan ve her yıl için ayrı ayrı oluşturulan 29 günlük alt kümelerin toprak nemi değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^N (TN_{N,t-14} + TN_{N,t-13} + \dots + TN_{N,t} + \dots + TN_{N,t+13} + TN_{N,t+14})}{29 \times N} \quad (1)$$

X_t : t günündeki mevsimsellik değeri

N : Yıl sayısı

$TN_{N,t}$: N yılındaki t gününe ait toprak nemi değeri

Örneğin, 15 Nisan gününün mevsimsel ortalaması 1 Nisan-29 Nisan tarihleri arasında ve 2000-2014 yılları arasında elde edilen $29 \times 15 = 435$ günün toprak nemi değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Benzer bir şekilde 16 Nisan gününün ortalaması için 2-30 Nisan günleri arasındaki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2. Normalleştirilmiş Anomali Analizi

Bu çalışmada normalleştirilmiş anomali toprak nemi değerleri önce mevsimselliğin çıkarılması ile daha sonra ise bu değerlerin normalleştirilmesi ile elde edilmiştir.

Günlük anomali değerleri, modelden elde edilen günlük toprak nemi değerlerinden Formül (1) ile elde edilmiş günlük mevsimsellik değerlerinin çıkarılması ile hesaplanmıştır. Bu değerlerin analizi toprak nemindeki değişimlerin mevsimsellik etkisinden arındırılarak daha iyi yorumlanmasını sağlamaktadır. Toprak nemi değerlerindeki değişimlerden mevsimsel olanların çıkarılması, değişimlerin düzenli olarak tekrarlanmayan kurak veya ıslak dönem etkisiyle meydana geldiğini göstermektedir. Bu analiz sonucunda herhangi bir alan üzerinde elde edilen anomali değerlerinin negatif değerlerde olması o alan üzerinde o dönem aralığında gözlemlenen 15 yıla göreceli olarak kuraklık olduğuna işaret etmektedir.

$$TN_n = \frac{(TN - \mu_{TN})}{\sigma_{TN}} \quad (2)$$

TN_n : Normalleştirilmiş toprak nemi değeri
 TN : Ham toprak nemi değeri
 μ_{TN} : Ortalama toprak nemi
 σ_{TN} : Torprak nemi standart sapması

Normalleştirme işlemleri her bir görüntü ögesi (piksel) için mevsimselliğin çıkarılmasının (anomali hesaplanmasının) ardından ortalama ve standart sapmanın hesaplanması ile Formül (2) kullanılarak hesaplanmıştır. Yıllık olarak yapılan analiz sayesinde her yıla ait olan değişimin detaylı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Yıllık yapılan anomali analizi o yılın diğer yıllara göre ne kadar kurak/ıslak geçtiğini göstermektedir. Ayrıca anomali değerlerindeki negatif sapmanın büyüklüğü yaşanan kuraklığın şiddeti hakkında da bilgi vermektedir. Aylara göre yapılan analiz ise her bir aya ait normalleştirilmiş değerlerin hesaplanması ile diğer yıllardaki aynı aylarla kıyaslanmasını sağlamakta ve anomalilerdeki değişimin izlenmesi ile daha detaylı gözlem sağlanmaktadır.

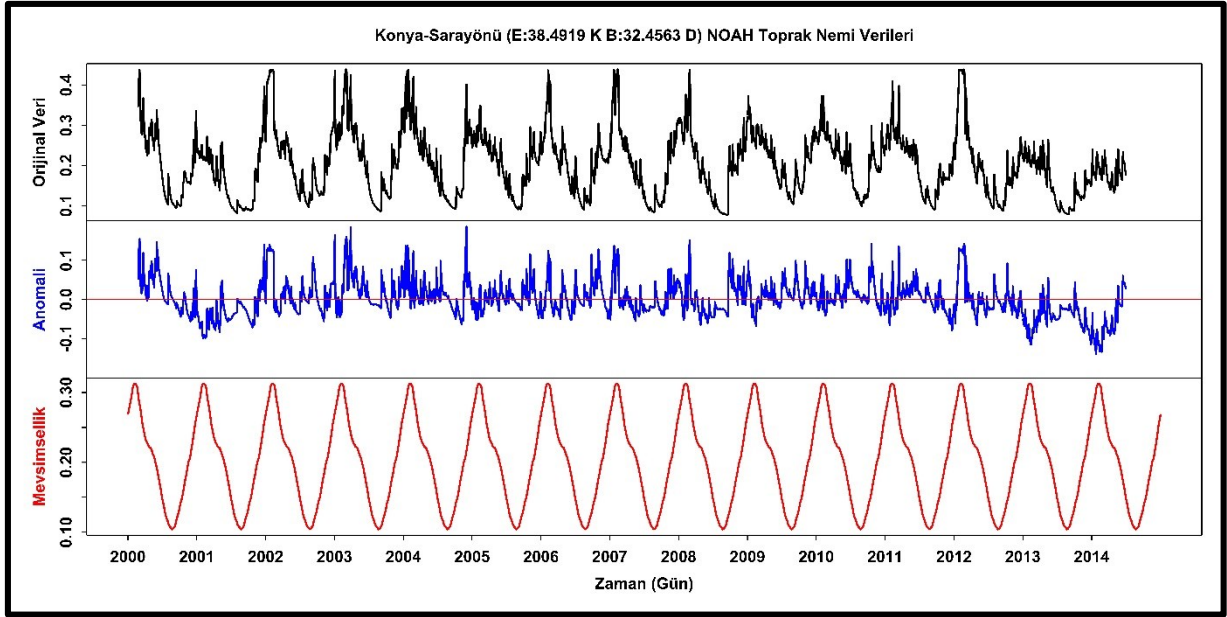
4. Araştırma Bulguları

Mevsimsellik değerlerinin zaman serisinden çıkarılmasıyla elde edilen anomali değeri ile ilgili çalışma Konya iline bağlı şehir merkezinden 52 km uzaklıkta olan (Enlem: 38.4919 K Boylam: 32.4563 D) Sarayönü ilçesi üzerindeki piksel verileri ile örneklendirilmiştir. Noktasal olarak gerçekleştirilen çalışmada o bölgeye ait 25 km çözünürlükteki toprak nemi değerleri incelenmiştir. Değerlerden elde edilen Şekil 1.'de toprak nemi mevsimsellik değerlerinin varyansının anomali varyansından daha yüksek olduğu

gözlemlenmektedir. Bu sebeple mevsimsel faktörler toprak nemi değerlerini mevsim içi değişimlere göre daha çok etkilemektedir. Kuraklığın etkisinin görülmesi için anomali değerlerinin 0 değerinin altında uzun süreler boyunca seyrettiği zaman aralıklarının yoğun olduğu 2007, 2008 ve 2013 yılları Şekil 1.'de görülmektedir. 2013 yılında etkisini gösteren kuraklığın aslında 2012 yılının son aylarında başladığı ve 2013 sonuna kadar normal seviyelere çıkmadığı 2014 yılında da azalma eğilimde devam ettiği görülmektedir.

15 yıllık NOAH hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen verilerin normalleştirilmiş anomalilerinin elde edilmesi ile oluşturulan Şekil 2.'de her yıla ait olan toprak nemi (TN_n) değerlerinin ülkemiz üzerindeki değişimi gösterilmektedir. Bu şekilde yıllık toprak nemi değerlerinin 15 yıllık verilerden elde edilen ortalama değerden kaç standart sapma uzakta olduğunu göstermektedir. Kuraklığın etkili olduğu 2000, 2001, 2007, 2008 ve 2013'ün yanı sıra ıslak geçen yıllar olan 2002, 2009 ve 2012'de yine Şekil 1'den faydalanılarak gözlemlenebilmektedir. 2013 yılındaki kuraklık 2001 yılındaki kuraklığa nazaran etkisinin daha geniş alanlara yayıldığı ve şiddetinin daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 2). 2014 yılındaki toprak nemi değerleri, 2013 yılına göre daha ıslak geçmektedir. Bu ülkemizi etkisi altına alan kurak dönemin etkilerinin atlatılmaya başlandığına dair işarettir. 2014 yılı özellikle Güneydoğu Anadolu için diğer yıllara göre çok daha ıslak geçmektedir. Fakat bu noktada 2014 yılı için sadece Ocak-Haziran aylarının ortalama hesabına katılmış olmasının ve Temmuz-Aralık aylarındaki değerlerin hesaba katılmamasının elde edilen ıslaklık değerlerine etkisinin ne olduğu bilinmemektedir. Öte yandan 2013 yılı kuraklığı şiddetli etkisini Ege ve Güneydoğu Anadolu haricinde ülkemizin büyük bir kesiminde göstermektedir. 2000 yılındaki toprak nemi değerleri ise, o yıl yaşanan kuraklığın şiddetinin ortalama olarak 2013 yılı kuraklığından az olsa da özellikle Ege ve Trakya bölgesinde daha şiddetli geçtiğini göstermektedir. 2007 yılındaki kuraklık ise ülkemizde bilhassa Orta Anadolu bölgesinde daha çok etkili olmuştur.

2013 - 2014 yılları arasında gözlemlenen kuraklığın detaylı incelenmesi amacıyla 2014 Haziran - 2013 Nisan ayları arasındaki toprak nemi anomalilerindeki değişim aylık bazda incelenmiştir. Verilen tarihler arasındaki ayların anomali değerleri sadece diğer yıllardaki aynı aylara ait verilerin kullanılması ile elde edilen ortalama ve standart sapma değerleriyle oluşturulmuş ve Şekil 3.'de gösterilmiştir. Örneğin Mart ayının anomalileri 15 yıldan elde edilmiş Mart ayı değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu şekilde 2014 Nisan ayına kadar aşırı kurak geçen koşulların Mayıs ayında gelen yağışlarla birlikte yerini göreceli olarak ıslak koşullara bıraktığı gözlenmektedir. İncelenen dönem içinde 2014 Nisan ayının 15 yıl ortalamasına göre ülke genelini etkisi altına alan en kurak Nisan ayı olduğu gözlemlenmektedir. Öte yandan özellikle Güneydoğu Anadolu ve sahil kesiminde son 15 yılın en ıslak Haziran aylarından birisinin yaşanması toprak nemi değerlerinin birçok bölgede 15 yıllık ortalamasının üzerine çıkarmıştır.



Şekil 1. Konya–Sarayönü (E: 38.4919 K B: 32.4563 D) NOAH Toprak Nemi Değerlerinin Çeşitli Gösterim Biçimlerine (orijinal, anomali ve mevsimsellik) Göre Zamansal Değişimleri.

5. Sonuç

Bu makalede, verdikleri sosyoekonomik zararlar bakımından doğal afet olarak nitelendirilebilen tarımsal kuraklığın, toprak nemi parametresi ile analizi yapılmıştır. Toprak nemi parametresi tarımsal kuraklığın incelenmesinde yaygın olarak kullanılmakta olduğundan elde edilen sonuçlardaki düşük toprak nemi değerleri gerçekleştiği yer ve zamanda tarımsal kuraklık olduğuna dair bilgi vermektedir. Farklı gözlem metotları ile elde edilebilen toprak nemi verileri bu çalışmada NOAH hidrolojik yeryüzü modeli kullanılarak elde edilmiştir.

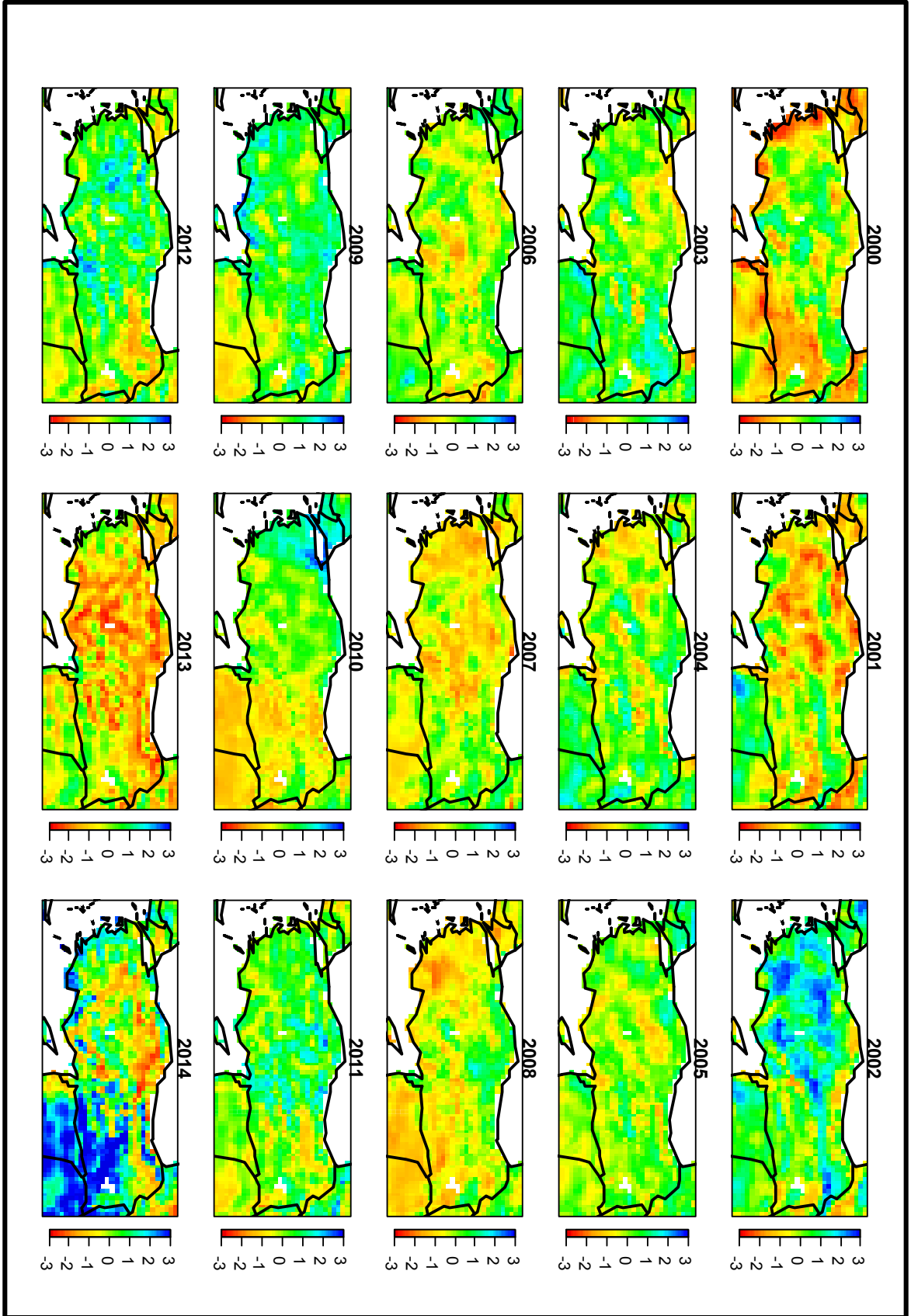
Yapılan analizler sonucu NOAH hidrolojik yeryüzü modeli ile ülkemizdeki toprak nemi değerleri 2000 – 2014 arasında yıllık, 2013 Nisan – 2014 Haziran ise aylık olarak detaylı şekilde incelenmiştir. Ayrıca örnek olarak seçilen Konya'ya bağlı Sarayönü ilçesine ait veriler ile mekânsal olarak incelenmiştir. Modelden elde edilen değerlerin araştırma bulguları bölümde grafiksel olarak gösterimde de görülebileceği gibi daha önceden yapılan çalışmalarda da gözlemlenen kurak dönemler gözlemlenmiştir. Hesaplanan toprak nemi anomali değerleri ile kuraklığın şiddeti ve süresi, Türkiye Haritası üzerindeki gösterimi ile de kuraklığın etki alanları görülmektedir.

Sonuç olarak, NOAH hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen toprak nemi verileri ülkemizde de ulusal ya da bölgesel ölçekli kuraklık analizlerinde kullanılabilirliğini göstermiştir. Kuraklığın geniş alanları etkilemesinden dolayı, 0.25°'lik düşük bir çözünürlükte dahi olsa NOAH modeli kuraklığın incelenmesi için uygun verileri sağlamaktadır. Öte yandan NOAH hidrolojik modeline gerekli girdiler 1km gibi yüksek

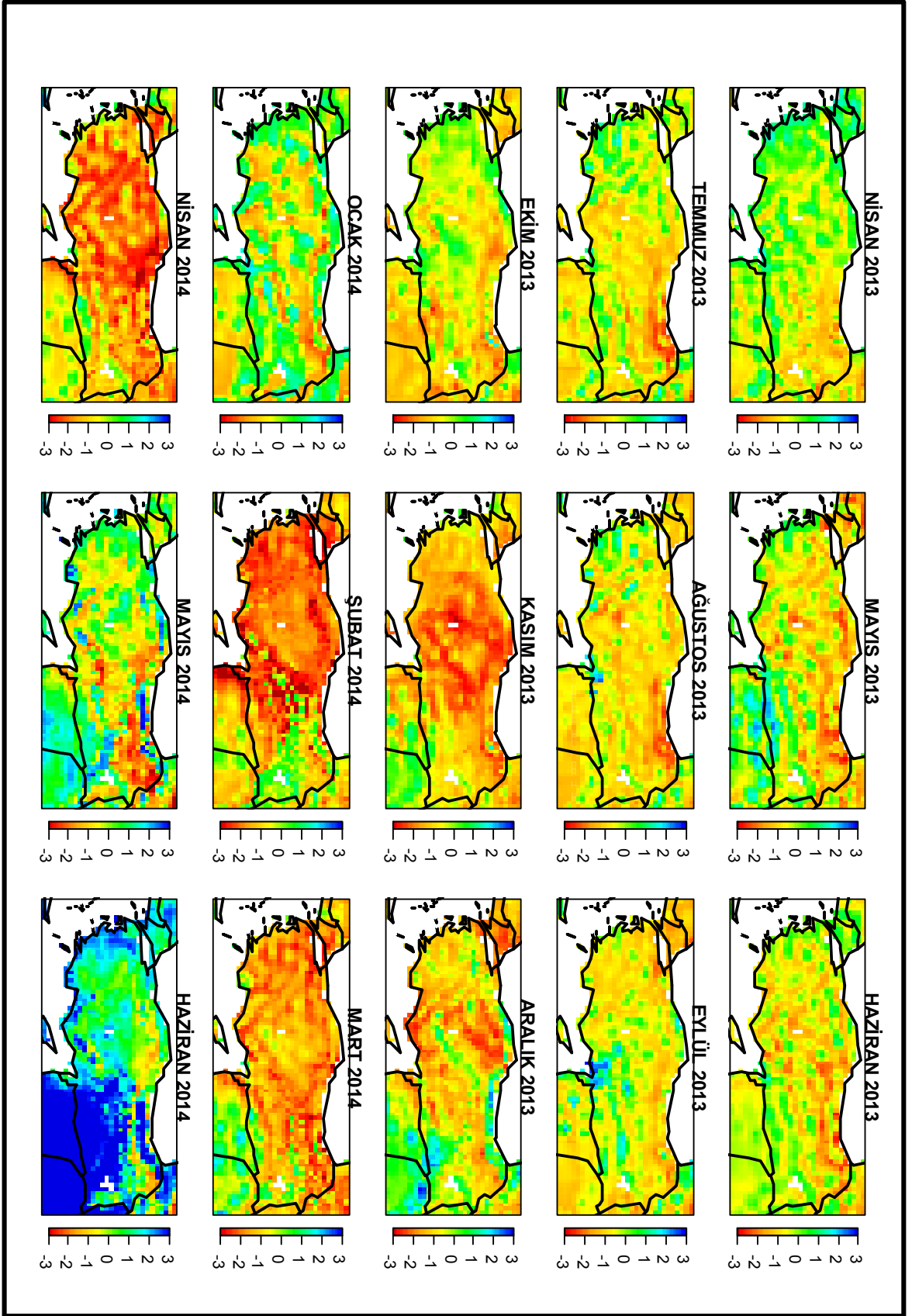
çözünürlükte elde edilebilmektedir. Bu kuraklık çalışmalarının mekansal olarak özellikle tarımsal araziler üzerinde kullanılmak üzere çok daha ayrıntılı izlenebilmesi potansiyelini getirmektedir. Bu kuraklık analizlerin validasyonları bu çalışmada bağımsız bir veri kullanılarak yapılmamıştır, fakat mevcut yer gözlemlerine dayalı toprak nemi değerleri ve/veya bitki fenolojik veriler kullanılarak bu gibi kuraklık validasyon çalışmaları ilerki çalışmalarda yapılabilir. Bu çalışmada yüzeydeki toprak nemi verileri kuraklık analizi için kullanılmış olup, aynı NOAH modelinden elde edilebilen bitki kök bölgesindeki toprak nemi değerleri ile yapılacak özellikle Nisan – Haziran ayları arasındaki inceleme, ürün rekolte tahmini açısından bilgilendirici olabilecektir.

6. Teşekkür

Kuraklık ve ülkemizdeki 2013-2014 kuraklığı ile ilgili bilgilendirmelerinden dolayı Prof. Dr. Murat Türkeş'e teşekkür ederiz.



Şekil 2. NOAH Toprak Nemi Anomalilerinin 2000 – 2014* Yılları Arasındaki Mekansal ve Zamansal Değişimleri.
 (*2014 yılı verileri Ocak – Haziran ayları arasını kapsamaktadır.)



Şekil 3. NOAH Toprak Nemi Anomalilerinin 2013 Nisan – 2014 Haziran Ayları Arasındaki Mekansal ve Zamansal Değişimleri.

Kaynaklar

- Anderson, M.C., Hain, C., Wardlow, B., Pimstein, A., Mecikalski, J.R., Kustas, W.P. 2011. Evaluation of drought indices based on thermal remote sensing of evapotranspiration over the continental United States. *J. Clim.* 24, 2025–2044.
- Ek, M. B., Mitchell, K. E., Lin, Y., Rogers, E., Grummann, P., Koren, V., Gayno, G., and Tarpley, J. D. 2003. Implementation of NOAA land surface model advances in the National Centers for Environmental Prediction operational Mesoscale Eta Model. *J. Geophys. Res.*, 108, 8851.
- Maybank, J., B. Bonsai, K. Jones, R. Lawford, E.G. O'Brien, E.A. Ripley & E. Wheaton. 1995. Drought as a natural disaster, *Atmosphere-Ocean*, 33:2, 195-222.
- Oladipo, E. O. 1985. A comparative performance analysis of three meteorological drought indices. *Int. J. Climat.* 5: 655-664.
- Sorman, A. U., and Yilmaz, M. 2012. Soil Moisture Mapping Using Active Microwave for a Semi-Distributed Hydrologic Model: Case study in Turkey. *International Journal of Civil and Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol:12 No:05*, 15-22.
- Türkeş, M. Yıldız, D. 2014. Gözlenen Bugünkü ve Benzeştirilen Gelecek Yağış Değişimleri ve Kuraklık Olayları Perspektifinde Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Geleceği. Ankara.
- Türkeş, 2013. İklim Verileri Kullanılarak Türkiye’nin Çölleşme Haritası Dokümanı Hazırlanması Raporu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayını, ISBN: 978-6054610-51-8, sayfa:57 Ankara.
- Türkeş, M. 2014. Kuraklık Olaylarının İklim Değişikliği ve Çölleşme Açısından Önemi ve Türkiye’deki 2013-2014(?) Kuraklığının Sinoptik Klimatolojik/Meteorolojik ve Atmosferik Bağlantıları. Hidropolitik Akademi İklim Değişikliği ve Kuraklık Çalışmaları, 3 Mart 2014, Ankara.
- Wilhite, D.A.; and M.H. Glantz. 1985. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International* 10(3):111–120.
- Yilmaz, M. T., Sorman, U. A., Ozturk, I. 2013. Modellenen ve istasyonlarda ölçülen toprak neminin karşılaştırılması. III. TÜRKİYE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KONGRESİ, TİKDEK 3 – 5 Haziran 2013, İstanbul.
- Yilmaz, M. T., M. C. Anderson, B. Zaitchik, C. R. Hain, W. T. Crow, M. Ozdogan, J. A. Chun, and J. Evans 2014. Comparison of prognostic and diagnostic surface flux modeling approaches over the Nile River basin, *Water Resour. Res.*, 50, 386–408, doi:10.1002/2013WR014194.