T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ
BAKANLIĞI

ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI

KLİMATOLOJİ ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ'NÜN

2017 YILINDA DÜZENLENEN SEMPOZYUMLARDA SUNDUĞU MAKALELER

ANKARA, 2018

T.C.

ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI

METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI
KLİMATOLOJİ ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ'NÜN
2017 YILINDA DÜZENLENEN SEMPOZYUMLARDA
SUNDUĞU MAKALELER

ANKARA, 2018

Önsöz

İklim oldukça geniş bir bölge içinde ve uzun yıllar değişmeyen ortalama hava koşullarıdır. Bir yerin iklimi, temel olarak enlemi, deniz seviyesinden olan yüksekliği ve okyanusa olan mesafesi ile belirlenir. İklimin standart ortalama süresi 30 yıl olmakla birlikte diğer süreler amaca bağlı olarak kullanılabilir. İklim; belirli bir zaman aralığında, belirli bir yer için atmosferin kolektif durumu olarak da tanımlanmaktadır. Kolektif durum istatistik kümelerin bir kısmı temelinde sınıflandırılır. En yaygın istatistik ortalamadır. İklim tanımları atmosfer gözlemleri ile yapılır ve sıcaklık, yağış, basınç, rüzgâr vb. meteorolojik parametrelerin ortalamaları ve uç değerleri ile tanımlanır.

İklim tanımları atmosfer gözlemleri ile yapılır ve sıcaklık, yağış, basınç, rüzgâr vb. meteorolojik parametrelerin ortalama ve aşırı değerleri ile tanımlanır. Dünya'nın var olduğu tarihten günümüze kadar ki yaşam süresi incelendiğinde, Dünya ikliminin onlarca, yüzerce ve binlerce yıllık farklı döngülere sahip olduğu görülmektedir. Bu döngüler ise iklimde soğuma ve ısınma dönemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Aletli gözlemler, yani meteorolojik ölçümler 1860'lı yıllardan itibaren yapılmaya başlamıştır. Ölçümlerin olmadığı zaman dilimine karşılık gelen iklim bilgileri ise, tarihsel-iklimbilimciler (paleo-klimatolojistler) tarafından vekil veriler kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Vekil veri buz havuçları, ağaç halkası, lösler, sedimentler vb. doğal tarihsel yeryüzü veri kayıtlarıdır. Vekil verilerin güvenilirliği yaklaşık %60 civarındadır.

İklim verileri ulusal meteorolojik miraslardır, şöyle ki: Tahmin ve uyarılar kısa raf ömürlü iken iklim verileri yüz yıllar boyu veya daha uzun süre kalıcıdırlar. İklim verileri ulusal mirasın bir parçasıdırlar. Veriler, gelişmiş bilgisayarlar ve algoritmalarla, gelecek yıllarda da hassas detayları ile tekrar tekrar dikkatli bir şekilde gözden geçirilmeye devam edecektir. Birçok yönden, ulusal meteoroloji servisleri gelecek kuşaklara bıraktıkları kayıtların kalitesi ile sorgulanacaklardır.

İklim, Dünya'da atmosferin oluşmasından beri, Dünya'nın şekillenmesinde etkili olmuştur. Sadece Dünya'nın fiziki olarak şekillenmesinde değil aynı zamanda Dünya'nın misafiri olan insan, hayvan ile bitki türlerinin yeryüzündeki dağılımı ve çeşitliliğinde de en önemli role sahiptir. Özellikle insanların giyiminden beslenmesine, yerleşimlerinden tarımına, kültürlerinden ekonomisine ve kırsalından şehirlerine kadar insanın olduğu her sektörde bu etkiyi ve bu etkiye karşı insanların geliştirdiği çözümleri görmek mümkündür.

İklim Değişikliğinin konuşulduğu, ulusal ve uluslararası tedbirlerin, uyum ve önleme çalışmalarının tüm paydaşlar ve hükümetler tarafından dikkatlice izlendiği günümüzde, en önemli konu değişikliğin olup olmadığı ile varsa ne kadar olduğunun belirlenmesi ve izlenmesidir. Doğru bir iklim izleme yapılması, gerek gözlemlere dayalı olarak gelecek iklim şartlarının ne olacağının modellenmesinde, gerekse uyum ve önleme çalışmalarının başarıya ulaşmasında olmazsa olmaz ilk şarttır.

İklim değişikliği, "***nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda veya değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler***" biçiminde tanımlanmaktadır. Dünyamızın bugüne kadarki tarihi boyunca, yaklaşık 4,5 milyarlık bir periyotta iklim sisteminde, milyonlarca yıldan yıllık dönemlere kadar tüm zaman ölçeklerinde doğal etmenler ve süreçlerle birçok değişiklik olmuştur. Jeolojik devirlerdeki iklim değişiklikleri, özellikle buzul hareketleri ve deniz seviyesindeki değişimler yoluyla yalnızca dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmamış, ekolojik sistemlerde de kalıcı değişiklikler meydana getirmiştir.

Günümüzde sözü edilen küresel iklim değişikliğine, fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaştırma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleriyle atmosfere salınan sera gazı birikimlerindeki hızlı artışa bağlı olarak doğal sera etkisindeki artışın neden olduğu düşünülmektedir. Yeryüzünden geri yansıyan uzun dalga ışınların bir bölümü, bulutlarca ve atmosferdeki sera gazları tarafından (su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O), ozon (O_3), vb) soğurulur. Sera etkisi dünya ısı dengesi için gerekli doğal bir mekanizmadır. Fakat insan etkileriyle atmosfere salınan ilave gazlar atmosferi beklenenden daha fazla ısıtır. Sera gazı salımlarındaki bu artış, özellikle

1750'li yıllardan itibaren, yani sanayi devriminden bu yana net olarak gözlemlenmektedir. En önemli sera gazı olan CO2'nin atmosferdeki birikimi sanayi öncesi dönemde yaklaşık 280 ppm'den (milyonda bir parçacık) 2018 yılı Şubat ayında ise 407,6 ppm'e yükselmiştir. Sanayi öncesi dönemde yaklaşık 715 ppb olan CH4 birikimi, 2017 yılı sonunda 1859 ppb'e çıkmıştır. Küresel atmosferik N2O birikimi sanayi öncesi dönemde yaklaşık 270 ppb düzeyindeyken 2017 yılında 330 ppb'ye çıkmıştır.

Buna paralel olarak, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDÇS) iklim değişikliği, "***karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik***" biçiminde tanımlanmaktadır.

Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) iklim değerlendirmelerine göre 2017'de küresel ortalama sıcaklık, 1981-2010 ortalamasının (14.3°C) yaklaşık 0.46°C üzerinde gerçekleşerek 1880'den itibaren yapılan ölçümler dikkate alındığında 2016 ve 2015 yıllarından sonra en sıcak üçüncü yıl olmuştur. Ayrıca, WMO 2017 yılını Pasifik Okyanusu'nda El Niño (Büyük Okyanus'ta yüzey sularının ısınması olayı) olmayan en sıcak yıl olarak değerlendirmektedir. 2017'deki küresel ortalama yüzey sıcaklığı endüstri öncesi döneme göre ise yaklaşık 1.1°C'nin üzerinde gerçekleşmiştir.

2017 Yılı Türkiye ortalama sıcaklığı ise 14.2°C ile 1981–2010 ortalaması olan 13.5°C'nin 0.7°C üzerinde gerçekleşmiştir. Bu sonuçla, 1961'den itibaren yapılan ölçümler dikkate alındığında 2017 yılı en sıcak dokuzuncu yıl olmuştur. Son 57 yılın 28'inin ortalama sıcaklıkları 1981-2010 ortalaması olan 13.5°C'nin üzerinde ve bunlardan 18 tanesi 1998 ve sonrasında gerçekleşmiştir

İklim değişikliği yalnızca iklim bilimi ile uğraşanların değil aynı zamanda iklim değişikliğinden etkilenecek insan ve doğa merkezli tüm paydaşların bir sorunu olarak karşımızda durmaktadır. İnsanlığın karşısında iki seçenek bulunmaktadır. Bu seçenekler; iklim değişikliğini önlemek ya da ortaya çıkacak değişikliklere karşı uyum mekanizmaları

geliştirmektir. İklim değişikliği konusunda çözüm için politik ve bilimsel çalışmaların yapıldığı her iki seçenek için de temel soru "Ne kadar?" 'dır. Bu sorunun cevabı ise geliştirilen iklim senaryoları ve sayısal iklim modelleri ile verilebilmektedir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı'nda faaliyet gösteren Klimatoloji Şube Müdürlüğü, çalışma sahası olan iklim bilimi kapsamında, iklimin dünü, bugünü ve yarını konularında, hem Türkiye hem de Doğu Akdeniz İklim Merkezi'nin kapsadığı bölge için iklim hizmetleri sunmaktadır. İklimimizin geçmişi konusunda iklim indisleri eğilim çalışmalarını, bugünü için aylık, mevsimlik ve yıllık izleme çalışmalarını ve gelecek için iklim senaryolarının kullanıldığı bölgesel iklim modelleri ile öngörü çalışmalarını yürütmektedir. Ayrıca iklimimize doğrudan etkisi olan ozon tabakası ve UV Radyasyonu için de ölçme, izleme ve değerlendirme çalışmalarını gerçekleştirmektedir.

Klimatoloji Şube Müdürlüğü 2017 yılında;

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Orman ve İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) düzenlemiş olduğu toplantılara,

Sivil Toplum Kurumlarının iklim değişikliği konusunda ÇŞB ile ortak projelerine, Ayrıca aşağıdaki eğitim, panel ve çalıştaylara;

- İklim İzleme ve Değerlendirme Eğitimi,
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Uygulamaları Eğitimi
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı Denetim Tekniği ve Uygulamaları Eğitimi
- AFAD ve Güneydoğu Avrupa Afete Karşı Hazırlık ve Önleme Girişimi, Teknolojik Afetler Risk Belirleme ve Zarar Azaltma Paneli,
- Yenilebilir Enerji Kaynaklarının Tarımda Kullanımı ile Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi ve İklim Değişikliğinin Tarıma Etkileri" Paneli,
- Ankara Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi "İklim Değişikliği ile Mücadele Bağlamında Türkiye'de Tarım ve Gıda Güvenliği Çalıştayı"
- Birleşmiş Millet İklim Değişikliği Müzakereleri, Bilimsel ve Teknoloji Danışma Organı (SBSTA 46), Kırk Altıncı Oturumu ülke bildirimi

MGM kurum temsilcisi, uzman ve çağrılı konuşmacı olarak katılım sağlayarak iklim ve iklim değişikliği konularında bilgi verilmiştir.

2017 yılında aşağıda ismi sayılan sempozyum, kurultay ve kongrelere;

- TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı,
- Jeomorfoloji Derneği - Fiziki Coğrafya Araştırmaları Lisansüstü Öğrenci Sempozyumu 2017 (FCAR2017),
- Uluslararası Sempozyum İnsanların Doğayla Kenetlenmesi - Kentte ve Doğal Alanda, Kutuplardan Ekvatora,
- IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK'2017,
- AKA İklim Değişikliği, Çevre ve Gıda Güvencesi Sempozyumu,
- 12. Tarla Bitkileri Kongresi,
- III. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu,
- Uluslararası 8th Atmosferik Bilimler Sempozyumu - ATMOS2017,
- Uluslararası Türk Coğrafya Kurumunun 75. Yıl Dönümü Kongresi

Makaleler ile sözlü ve poster sunumlar yapılmış ve ayrıca çağrılı konuşmacı olarak katılım sağlayarak iklim ve iklim değişikliği konularında bilgi verilmiştir.

Kurumumuz, Birleşmiş Millet İklim Değişikliği Müzakereleri, Bilimsel ve Teknolojik Tavsiye İçin Yardımcı Vasıf (SBSTA), Kırk Altıncı Oturumunda ilk kez Türkiye adına araştırma ve sistematik gözlemler konusunda bildirim yapmış ve bu bildirimde yer alan konulardan bir tanesinin SBSTA karar dokümanında yer almasını sağlamıştır.

Adı sayılan çalışmalarda; Türkiye için tarihsel iklim analizleri, iklim çalışmalarında CBS kullanımı, iklim izleme, iklim modelleri ile yeni senaryoların gelecek için analizi ve iklim değişikliği ile şehir iklimindeki eğilimler, yüzey ısı adası-uydu verisi kullanımı, iklim-tarım ilişkisi ve iklim servisleri konularında yapmış olduğu yeni çalışmaları paylaşmışlardır.

Şube müdürlüğümüzde yapılan çalışmalar; "Türkiye Su Bilimleri ve Yönetimi Dergisi", "Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi" ve "Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi" dergilerinde de yayınlanmıştır.

Klimatoloji Şube Müdürlüğü, günümüzde iklimimizin daha iyi anlaşılması için yapmış olduğu çalışmaları bu kitapçıkta toplayarak iklim kullanıcılarının faydasına sunmaktadır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	ii
Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları	1
Coğrafî Bilgi Sistemleri ile Sıcaklık Normallerinin Yüksek Çözünürlüklü Veri Setinin Üretilmesi	**7**
İklim Değişikliği ve Halk Takvimi: Maksimum Sıcaklık Desenleri ve Değişimi	11
İklim ve Şehirleşme: Minimum Sıcaklık Trendleri	19
Don Afetinin İklim Değişikli Projeksiyonlarına Göre İncelenmesi	27
Karaman ve Karapınar'ın İklim Değişikliği Trendleri	37
İklim Değişikliğinin GFDL-ESM2M Modeline Göre Nispi Nem Üzerine Olası Etkisi	47
İklim Modelleri İle Ayçiçeği (Helianthus annuus L.) Verimi Projeksiyonları	55
İklim Değişikliği Nedeniyle Artan Kuraklığın Ayçiçeği ve Pamuk Verimi Üzerine Etkileri	63
Climate Change: Monthly Patterns Of Minimum Temperatures And Their Change	73
A Review of The Turkey February Heat Wave Of 2016	83
Climate Change and Urbanization: Minimum Temperature Trends	93
Impact of Urbanization on Mean Temperature Anomalies and Climate Indices in Turkey	101
Projected Trends in Heat and Cold Waves Under Effect of Climate Change	111
Drought Stress Due to Climate Change and Effects on Plants	123
Activities on Eastern Mediterranean Climate Center (EMCC)	131
Antalya Yüzey Isı Adası Özelliklerinin Uydu Verileri ile Analizi	133
İklim Değişikliği: Modelden Sektörel Uygulamalara	147
SBSTA46 Araştırma ve sistematik gözlem / Araştırma Diyaloğu konusunda Türkiye'nin Bildirimi	163
Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios	165
Doğu Akdeniz havzasında kuraklığın ERA-Interim verileri ile belirlenmesi	187
İklim Değişikliği Nedeniyle Artan Kuraklığın Ayçiçeği ve Pamuk Verimi Üzerine Etkileri	195
Klimatoloji Şube Müdürlüğü'nün çalışmalarına ulaşılabilecek linkler	201

Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları

Mesut DEMİRCAN[1*], Hüdaverdi GÜRKAN[1], Hüseyin ARABACI[1], Mustafa COŞKUN[1]

[1]*Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dai. Bşk.lığı, Klimatoloji Şb. Md.lüğü, Ankara, Türkiye*

Özet:

Senaryo, dünyanın gelecekteki durumunun hayali olarak canlandırılması veya alternatif gelecek durumların tasvir edilmesidir. Temsili Konsantrasyon Yolları (RCPs) adı, esas amaçları Atmosferik Sera Gazları (GHGs) konsantrasyonlarının zaman bağımlı projeksiyonları sağladığını vurgulayan rotalar olmasını temsil etmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'yi içine alan bir bölge için gelecekteki iklim değişikliğinin muhtemel sonuçları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Küresel Dolaşım Modellerinin iyimser ve kötümser senaryolarının sonuçları kullanılmıştır. Bu çıktılardan, Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları; bölgesel iklim modeli ile dinamik ölçek küçültme yöntemi kullanılarak, 20 km çözünürlükte ve 2016-2009 yıllarını kapsayan bir dönem için üretilmiştir. Model sonuçlarına göre Türkiye'nin ortalama sıcaklıklarında 1°C ilâ 6°C arasında bir artış olacaktır. Genel olarak kış mevsimi haricinde yağış miktarlarında azalma görülmektedir. Her ne kadar projeksiyon dönemi boyunca düzgün bir artma ya da azalma eğilimi olmasından çok yağışın düzensizlik rejimi dikkat çekmektedir.

Anahtar sözcükler
RCP, (GHGs), Küresel Dolaşım Modellerinin, Bölgesel İklim Modeli İklim Değişikliği

Abstract:

"A scenario is a coherent, internally consistent and plausible description of a possible future state of the world". The name "representative concentration pathways – RCP's" are referred to as pathways in order to emphasize that their primary purpose is to provide time-dependent projections of atmospheric greenhouse gasses (GHGs) concentrations. In this study, it is intended to reveal the possibilities of future climate change for Turkey and its surrounding region. HadGEM2-ES, Global Circulation Models' scenarios outputs were used in the study. Temperature and precipitation projections were produced from these outputs, based on domain with 20 km resolution, covering period between 2016 and 2099 and using regional climate model and with dynamic downscaling method. According to the models results, it is expected that an increase between 1°C and 6°C in mean temperatures of Turkey. In generally precipitation amount shows a decreasing except winter season. Although there is no regular decreasing or increasing trend throughout projection period, it attracts more attention irregularity of precipitation regime.

Keywords
RCP, GHGs, Global Circulation Models', Regional Climate Model, Climate Change

1. Giriş

İklimin insan hayatındaki önemi, iklimin sosyal ve ekonomik hayatı olumlu ya da olumsuz etkileri ile nasıl etkilediği ile ilgilidir (Demir vd., 2013; Demircan vd., 2014 [a],[b],[c]). İnsanların daha iyi koşullar altında, daha sağlıklı bir şekilde yaşamlarını sürdürebilmeleri için, gerek ulusal gerekse uluslararası birçok kurum ve kuruluş, organizasyon, merkezi ve yerel yönetimler ile sivil toplum örgütleri iklimde meydana gelebilecek değişimler ve bu değişimlerin etkilerinin doğru saptanabilmesi için farklı şekillerde gayret göstermektedirler.

Bu gayretlerden en önemlisi modelleme çalışmalarıdır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte ortam koşullarını ifade eden değişkenler, daha detaylı bir şekilde modellerde yer alabilmektedir. 1970'li yıllardan itibaren bilgisayarların bilimsel amaçlı kullanımlarının yaygınlaşması ile iklim modelleri de kullanılmaya başlamıştır. Çalışılan ilk modellerde sadece atmosfer ve atmosferde gözlenen parametrelere göre çalışmalar yer alırken; gelişmelere paralel olarak kara yüzeyi, okyanuslar, deniz buzları, sülfat, aerosoller, karbon çevrimi, dinamik bitki örtüsü ve atmosferin kimyası gibi etmenler modellere girdi oluşturan parametreler olmuştur.

Hükümetlerarası İklim değişikliği Paneli (IPCC) 1988'de kurulmuştur. Bu kuruluşun yönlendirmeleri ile bilim insanları daha anlamlı bir çaba içine girmiştir. IPCC elde edilen sonuçları belli dönemlerde açıklamıştır. IPCC'de yüzlerce bilim adamının katkıda bulunduğu en son 4. Değerlendirme Raporu'nda, önce 40 farklı senaryo gözden geçirilmiş ve bunların içinden 7 senaryo belirlenmiştir. İklim modelleri ayrıntılı bir şekilde ortam şartlarını, beklenen değişimlere göre yeniden kurgulama imkânı vermektedir. 2007'de yayınlanan IPCC'nin 4. Değerlendirme Raporu'ndan bu tarafa, değişen arazi kullanımı/değişimi, sera gazı emisyonları ve konsantrasyonları, aerosol konsantrasyonu bilgileri ile gelişen teknolojik altyapı ve modelleme teknikleri yeni bir değerlendirme raporu hazırlanması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. IPCC yeni senaryolar ile 5. Değerlendirme Raporunu hazırlamış ve dünya gündemine sunmuştur.

İklim, geniş zaman dilimlerinde ve daha büyük alanlarda tecrübe edilmiş ortalama hava durumudur (Demircan vd. 2013; Demircan vd, 2014 [a],[b],[c],[d]). İklim normalleri iklim verilerinden hesaplanan ardışık otuz yılın ortalamasıdır. İklim normallerini kullanmak küresel değerlendirme ve iklim izleme çalışmalarını hazırlamak için standart temel oluşturan

çok önemli araçlardır. İklim referans dönemleri; 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 iklim normalleri olarak; iklim ve iklim değişikliği çalışmalarında kullanılmaktadır.

2. Metodoloji

IPCC raporlarında da belirtildiği üzere ülkemiz, iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz havzasında yer almaktadır. IPCC'nin kararlaştırdığı yeni nesil senaryolar belirlenmesinden sonra küresel ölçekte, düşük çözünürlüklü iklim modelleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada Birleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi (CMIP5) kapsamında da tercih edilen küresel iklim modellerinin ülkemiz coğrafyası için oluşturduğu ortalama sıcaklık değerleri karşılaştırılmış ve ülkemiz ortalamasına en yakın sonuçlar üreten modeller tercih edilmiştir.

IPCC'nin geliştirdiği yeni nesil senaryo ailesinden küresel ölçekte de en çok tercih edilen senaryolar olan RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları tercih edilmiştir. RCP8.5 muhtemel en yüksek ışınımsal zorlama ve konsantrasyon rotasıdır. RCP8.5 diğer senaryolara göre daha yüksek sera gazı emisyonları ifade etmekte dolayısıyla da RCP'lerin üst sınırını belirtmektedir (Fisher vd., 2007; IPCC, 2008; Riahi vd., 2011). RCP8.5 senaryosuna göre 2100 yılında radyatif zorlamanın 8.5 W/m2'ye, eşdeğer CO2 konsantrasyonlarının ise 1370 ppm dolayına ulaşması varsayılmaktadır. RCP4.5 ise orta bir dengede tutma rotası olup bu senaryoya göre radyatif zorlama değerinin 2100 yılında 4.5 W/m2'ye, eşdeğer CO2 konsantrasyonlarının ise 650 ppm dolayına ulaşması varsayılmaktadır (Thomson vd., 2011). Bu senaryonun diğer senaryolara göre iki avantajı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yüksek rota ile arasındaki farktan dolayı çok iyi sinyal elde edilebilmesi, ikincisi ise literatürde bu rota ile ilgili çok sayıda yayınlanmış çalışmanın bulunmasıdır. IPCC 5. Değerlendirme Raporunda (AR5) yayınlanan küresel iklim projeksiyonlarında RCP2.6 ile 32, RCP4.5 ile 42, RCP6.0 senaryosu ile 25, RCP8.5 senaryosu ile 39 farklı küresel model çalışması yapılmıştır. Küresel ölçekte en fazla tercih edilen senaryolar RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları olmuştur (IPCC, 2013).

Bu çalışmada kullanılan modeller;

a) Birleşik Krallık Meteoroloji Ofisinin Hadley Merkezinin Dünya Sistemi Modeli (ESM) (HadGEM2-ES) modeli,

b) Max Plank Enstitüsünün (MPI-ESM-MR),

c) Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)'ne bağlı Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuarı (GFDL-Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) tarafından geliştirilen GFDL-ESM2M küresel dolaşım modellerdir.

Bu modellere ait RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının elde edilen çıktıları kullanılmıştır.

Çalışmamızda Bölgesel İklim Model Sistemi (Regional Climate Model System - RegCM) olarak tanımlanan, Amerikan Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilmiş bölgesel iklim modeli kullanılmıştır. RegCM, Uluslararası Abdüsselam Teorik Fizik Merkezi'nin (ICTP) Yer Sistem Fiziği Bölümü (ESP) tarafından bölgesel iklim modeli olarak uyarlanmış ve geliştirilmesi halen devam etmektedir (Elguindi vd., 2011).

Geleceğe yönelik en uygun projeksiyonlar elde edebilmek için küresel veri setinden RegCM4.3.4 ile referans dönemi (1971-2000) için üretilen veriler dünyaca kabul görmüş küresel çapta gridlenmiş gözlem verilerine sahip olan CRU (Climate Research Unit/ East Anglia University-İngiltere) ve UDEL'e (University of Delaware-Amerika) ait gözlem verileri ile karşılaştırma yapılarak paremetrizasyon yapılmıştır.

Düşük çözünürlükte olan küresel model verilerinden daha yüksek çözünürlüklü iklimsel parametreler elde etmek amacıyla RegCM4.3.4 Bölgesel İklim Modeli ve Nesting (İç içe simülasyonlar) yöntemiyle dinamik ölçek küçültme yapılarak 130x180 grid matrisinde 20 km çözünürlükte, 1971-2000 referans periyoduna göre 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 yılları için sıcaklık ve yağış projeksiyonları üretilmiştir. Projeksiyonlarda daha sağlıklı sonuç elde edebilmek için ~210 km çözünürlüklü verilerden önce 50 km çözünürlüklü projeksiyon daha sonra da 50 km çözünürlüklü verilerden 20 km çözünürlüklü projeksiyonlar elde edilmiştir.

3. Sonuçlar

"Türkiye için İklim Değişikliği Projeksiyonları" projesi Türkiye'de ilk kez yeni model ve senaryolar ile bir kamu kurumu tarafından kendi kaynakları ve personeli kullanılarak yapılmıştır. Üç farklı Küresel Dolaşım Modelinin (GCMs) iyimser (RCP4.5) ve kötümser (RCP8.5) senaryolarının (2016-2099) ölçek küçültme çalışmaları yapılmıştır. Proje çalışmaları farklı iklim ürünleri çalışmaları ile devam etmektedir.

Üç Küresel Dolaşım Modelinin iki senaryodan (RCP4.5 ve RCP8.5) elde edilen sonuçlara göre Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklık artışının; 2016-2040 dönemi için 1°C - 2°C arasında; 2041–2070 dönemi için 1.5°C - 4°C arasında ve son dönem olan 2071-2099 dönemi 1.5°C - 5°C arasında olması öngörülmektedir. Bazı senaryolarda 21 yy. son otuz yılında (2071–2100) sıcaklık artışının kış mevsiminde 3°C ve yaz mevsiminde 8°C'ye ulaşması da öngörülmektedir.

Yağışlarda; tüm dönemlerde kış mevsimi için ülke genelinde yağış miktarında artışlar, ilkbahar mevsiminde tüm dönemlerde ülkenin sahil ve kuzeydoğu kesimleri haricinde yağış miktarında azalışlar, yaz mevsiminde tüm dönemlerde ülkenin batı sahilleri ve kuzeydoğu bölümleri haricinde yağış miktarında azalışlar ve sonbahar mevsiminde genel olarak yağış miktarında bir azalma öngörülmektedir. Her ne kadar projeksiyon dönemi boyunca (2016-2099) yağış miktarında düzenli bir artış ve azalış eğilimi olmasa da, yağış rejiminin düzensizliği dikkat çekicidir.

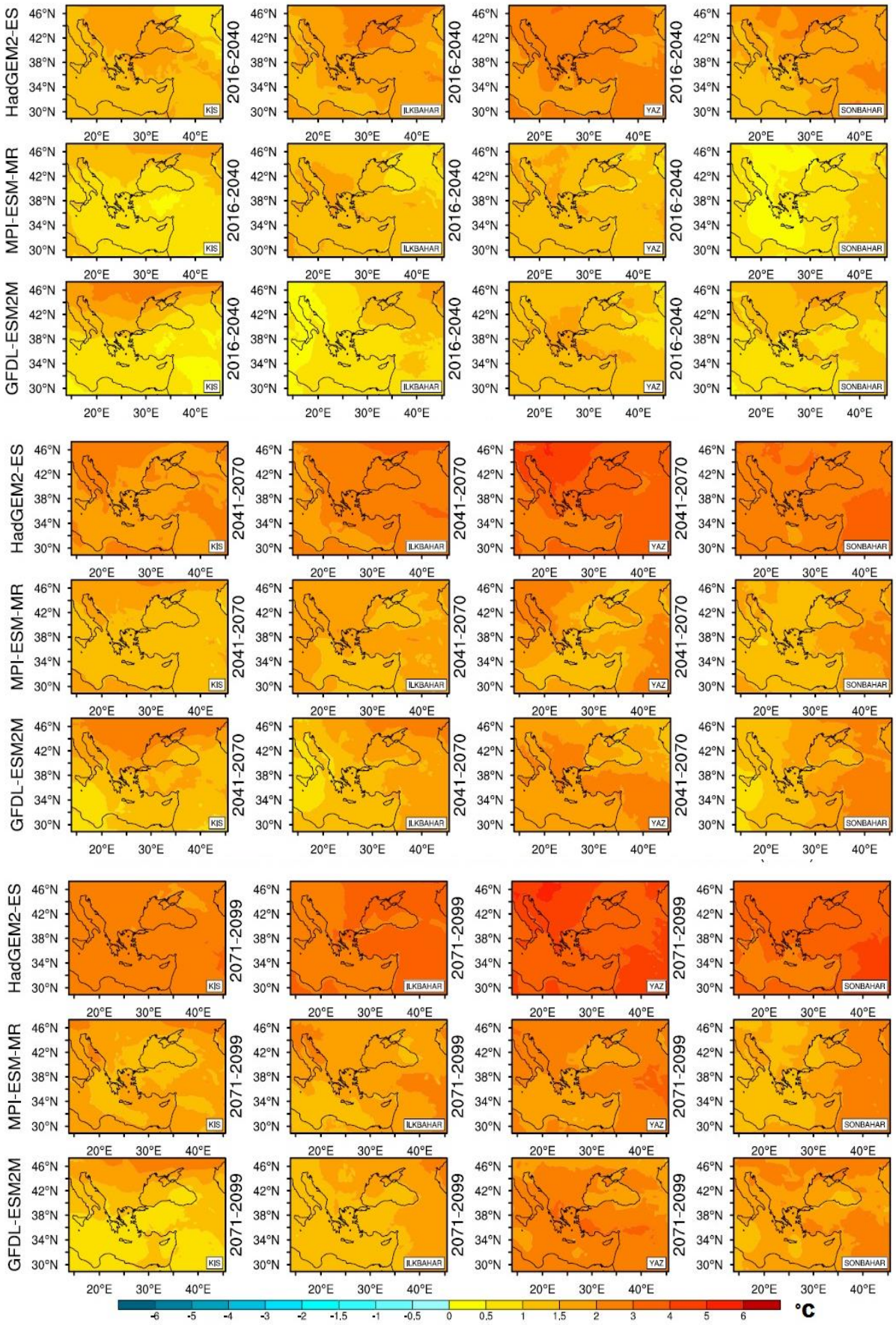
İklim değişikliği bağlamında, yeni iklim şartlarında Türkiye nehir havzalarında ciddi risklerin oluşması öngörülmektedir. Bunlardan bir tanesi, özellikle Fırat-Dicle havzası olmak üzere, Anadolu'nun iç kesimleri ve güneyindeki havzalarda yağış miktarındaki azalıştır. İkincisi ise artan sıcaklıkların yağış cinsi değişikliklerine neden olması ve kış mevsimindeki yağan karın yağmura dönüşmesidir. Kar yıl boyunca su sağlayan önemli bir kaynaktır. Ayrıca artan sıcaklıklar karın baharda erken erimesine neden olacaktır. Üçüncü sorun ise, özellikle yaz mevsiminde ve özellikle Anadolu'nun batı ve kuzey sahil kesimlerinde aşırı yağışların oluşma riskidir. Bu aşırı yağışlar son yıllarda olduğu gibi sellere neden olabileceklerdir. Ayrıca artan sıcaklıklar; fırtına, dolu ve hortum gibi aşırı hava olaylarının sayısında ve şiddetinde artışa yol açabilecektir.

İklim değişikliği öngörü çalışmaları bütün sektörlere uyum, önleme ve azaltma çabalarında yani paydaşların gelecek planlarında -ki bunlar iklim ve iklim model çıktıları temelli yapılmalıdır- esas veri ve temel altlığı sağlamaktadır. İklim değişikliği çalışmaları kapsamında farklı iklim modellerinin senaryoları, Türkiye ve çevresi için ölçek küçültme yöntemi ile üretilmelidir. Böylelikle gelecekte muhtemel olması öngörülen iklim değişikliği olasılıklarını daha detaylı görmek mümkün olacaktır. Yüksek çözünürlüklü iklim model projeksiyonları erişilebilir olduğunda ve sektörler bu verileri uyum, önleme ve azaltma planlarında kullandıklarında, çalışmalarının doğruluğu ve başarısı da artacaktır.

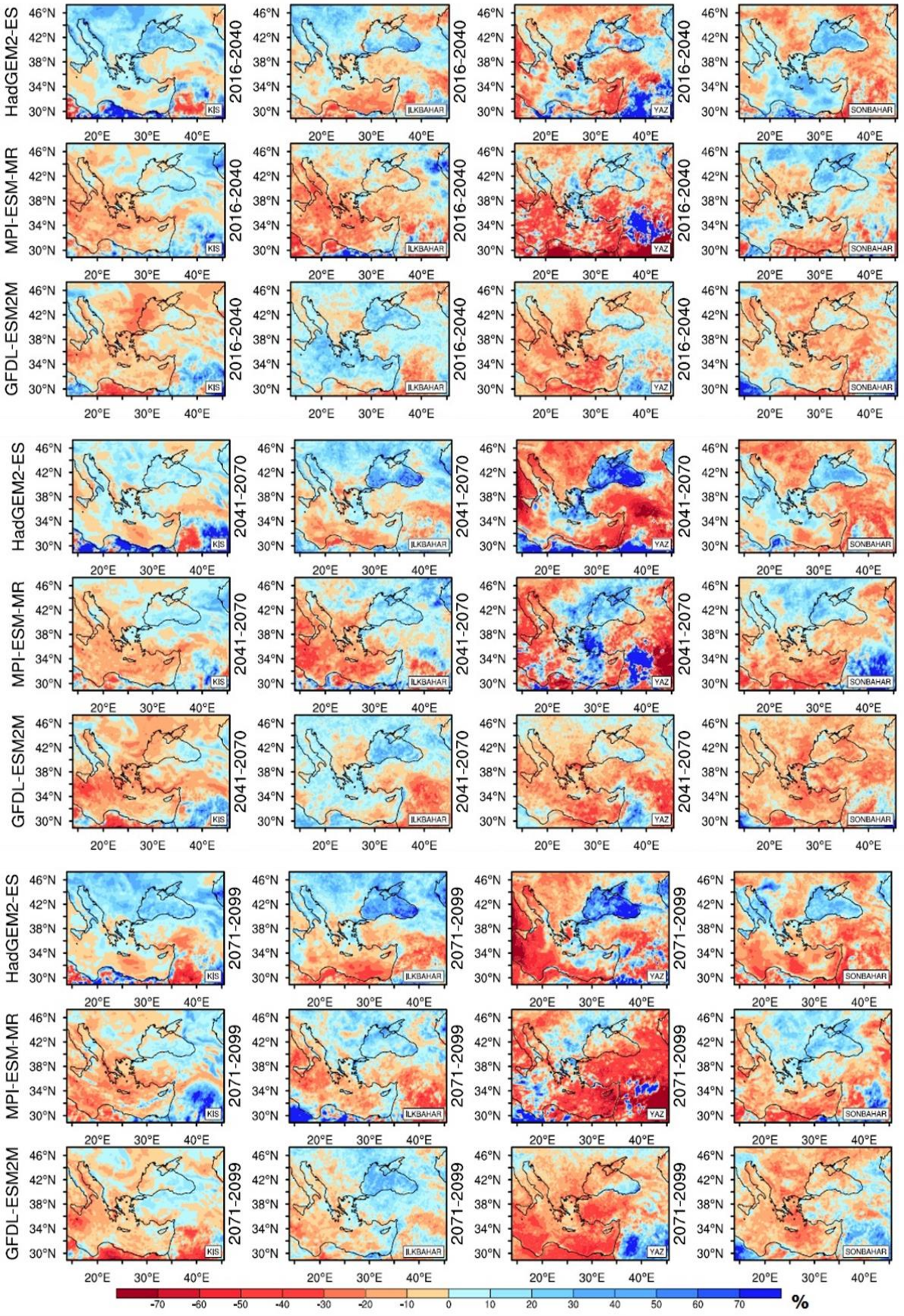
4. Kaynaklar

1. Anthes, R.A., (1977). A cumulus parameterization scheme utilizing a one-dimensional cloud model, Mon. Weather Rev., 117, 1423-1438
2. Bozkurt D. and Sen O.L., (2011). Precipitation in the Anatolian Peninsula: sensitivity to increased SSTs in the surrounding seas. Clim Dyn36 (3–4):711–726
3. Bozkurt D., Turuncoglu U., Sen O.L., Onol B. and Dalfes H.N., (2012). Downscaled simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3global models for the eastern Mediterranean–Black Sea region: evaluation of the reference period. Clim Dyn 39(1–2):207–225
4. Bozkurt D. and Sen O.L., (2013). Climate change impacts in the Euphrates–Tigris Basin based on different model and scenario simulations. J Hydrol 480:149–161
5. Bozkurt D., Sen O.L. and Hagemann, S., (2015). Projected river discharge in the Euphrates−Tigris Basin from a hydrological discharge model forced with RCM and GCM outputs. Clim Res, Vol. 62: 131–147, 2015, doi: 10.3354/cr01268
6. Black E., Brayshaw D. and Rambeau C., (2010) Past, present and future precipitation in the Middle East: insights from models and observations. Philos Trans R Soc A 368:5173–5184
7. Demir, İ. (2011). Bölgesel iklim modeli projeksiyonları, ECHAM5-B1 (Regional Climate Model Projections). In: 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book: ITU, 27-29 April 2011, İstanbul – Turkey.
8. Dickinson, R., Henderson-Sellers, A. and Kennedy, P., (1993). Biosphere-atmosphere transfer scheme (bats) version 1e as coupled to the NCAR community climate model, Technical report, National Center for Atmospheric Research.
9. Emanuel, K.A., and M. Zivkovic-Rothman, (1999). Development and evaluation of a convection scheme for use in climate models, J. Atmos. Sci., 56, 1766-1782.
10. Evans J. P., (2009). 21st century climate change in the Middle East, Clim. Change, 92, 417–432
11. Fujihara Y., K. Tanaka, T. Watanabe, T. Nagano, T. Kojiri, (2008). Assessing the impacts of climate change on the water resources of the Seyhan River Basin in Turkey: Use of dynamically downscaled data for hydrologic simulations, J. of Hydro., 353, 33– 48
12. Gao X., and Giorgi F., (2008). Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. Global Planet. Change, 62, 195–209.
13. Giorgi, F., Marinucci M.R., and Bates G.T., (1993a). Development of a second generation regional climate model (RegCM2), I, Boundary layer and radiative transfer processes, Mon. Wea. Rev., 121, 2794-2813.
14. Giorgi, F., Marinucci M.R., De Canio G., and G.T. Bates, (1993b). Development of a second generation regional climate model (RegCM2), II, Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions, Mon. Weather Rev., 121, 2814- 2832.
15. Grell, G.,(1993). Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations, Mon. Wea. Rev.Grell, G.A., J. Dudhia and D.R. Stauffer (1995). A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5), NCAR/TN-398+STR, pp. 122.
16. Hemming D., Buontempo C., Burke E., Collins M. and Kaye N., (2010). How uncertain are climate model projections of water availability indicators across the Middle East, Phil. Trans. R. S°C. A, 368, 5117-5135.
17. Hsie, E.Y., R.A. Anthes, and D. Keyser, (1984). Numerical simulation of frontogenesis in a moist atmosphere, J. Atmos. Sci., 41, 2581-2594.
18. Holtslag, A., de Bruijn, E., and Pan, H. L., (1990). A high resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting. Mon. Wea. Rev., 118, 1561–1575.
19. Kiehl, J., Hack, J., Bonan, G., Boville, B., Breigleb, B., Williamson, D., and Rasch, P., (1996). Description of the NCAR Community Climate Model (CCM3). NCAR Technical Note, NCAR / TN-420+STR, National Center for Atmospheric Research.
20. Kitoh, A., A. Yatagai, P. Alpert, (2008). First super-high-resolution model projection that the ancient Fertile Crescent will disappear in this century. Hydrol. Res. Lett., 2, 1–4.
21. Lin, S. J., (2004). A vertically Lagrangian finite-volume dynamical core for global models, Monthly Weather Review, 132, 2293-2307.
22. Önol, B. and Semazzi FHM., (2009). Regionalization of climate change simulations over the eastern Mediterranean. J Climate 2009; 22, 1944–61.
23. Önol, B., (2012). Understanding the coastal effects on climate by using high resolution regional climate simulation. Clim Res 52:159–174
24. Önol B and Unal YS., (2012). Assessment of climate change simulations over climate zones of Turkey. Reg Environ Change. doi:10.1007/s10113-012-0335-0
25. Önol B., (2012). Effects of Coastal Topography on Climate: High-Resolution Simulation with a Regional Climate Model, Clim. Research, doi: 10.3354/cr01077.
26. Önol, B., Bozkurt, D., Turuncoglu, U.U., Sen, O.L., and Dalfes H.N., (2013). Evaluation of the twenty-first century RCM simulations driven by multiple GCMs over the Eastern Mediterranean–Black Sea region, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Clim Dyn (2014) 42:1949–1965, DOI 10.1007/s00382-013-1966-7
27. Ozdoğan M., (2011). Climate change impacts on snow water availability in the Euphrates–Tigris basin. Hydrol Earth Syst Sci 15:2789–2803Pal JS,
28. Ozturk, T., Türkeş M. and Kurnaz, M.L., (2014). Analysing Projected Changes in Future Air Temperature and Precipitation Climatology of Turkey by Using RegCM4.3.5 Climate Simulations, Aegean Geographical Journal, 20/1 (2011), 17-27, Izmir—TURKEY
29. Turp, M.T., Ozturk, T., Türkeş M. and Kurnaz, M.L., (2014). Investigation of Projected Changes for Near Future Air Temperature and Precipitation Climatology of Turkey and Surrounding Regions by Using the Regional Climate Model RegCM4.3.5, Aegean Geographical Journal, 23/1 (2014), 1-24, Izmir—TURKEY

30. Ozturk, T., Turp, M.T., Türkeş M., Kurnaz, M.L., (2016). Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5, Atmospheric Research 183 (2017) 296–307
31. Pal, J., Small, E. and Eltahir, E., (2000). Simulation of regional-scale water and energy budgets: Representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM, J Geophys Res-Atmospheres.
32. Pal J.S., Giorgi F., Bi X. et al, (2006). The ICTP RegCM3 and RegCNET: regional climate modeling for the developing World. Bull Am Meteorol Soc.
33. Sen OL, Unal A, Bozkurt D, Kindap T, (2011). Temporal changes in the Euphrates and Tigris discharges and teleconnections. Environ Res Lett 6:024012. doi:10.1088/1748-9326/6/2/024012
34. Zeng, X., Zhao, M. and Dickinson, R. E., (1998). Intercomparison of bulk aerodynamic algoriths for the computation of sea surface fluxes using toga coare and tao data, Journal of Climate
35. IPCC (2007). Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report, September, 2007, Netherlands.
36. IPCC (2013). Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2013, http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf
37. TR2015-CC, Turkey Climate Projections with New Scenario's and Climate Change (TR2015-CC), The Ministry of Forestry and Water Affairs, Turkish State Meteorological Service (TSMS), April 2015, Ankara, Turkey (Turkish).
38. TFNC, Turkey's Fifth National Communication under the UNFCCC (TFNC), The Ministry of Environment and Urbanisation, 2013, Ankara, Turkey
39. SNCT, Sixth National Communication of Turkey under the UNFCCC (SNCT), The Ministry of Environment and Urbanisation, 2016, Ankara, Turkey
40. TECCWRP, The Effect of Climate Change on Water Resources Project Report (TECCWRP), The Ministry of Forestry and Water Affairs, General Directorate of Water Management (GDWM), June 2016, Ankara, Turkey (Turkish).
41. Demiroğlu, O.C., Climate Change Vulnerability Of Ski Tourism In Germany And Turkey, Istanbul Policy Center–Sabancı University–Stiftung Mercator Initiative, April 2016, Istanbul, Turkey
42. SCT-2015, State of the Climate in Turkey in 2015, Turkish State Meteorological Service (TSMS), January 2016, Ankara, Turkey
43. Demir, Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Demircan, M. ve Akçakaya, A., (2013). Temperature And Precipitation Projections According To RCP4.5 Scenario, III. Turkey Climate Change Conference (TİKDEK 2013), 3 - 5 June, 2013 İstanbul, Turkey (Turkish).
44. Demircan,M, Arabaci, H., Bölük, E., Akçakaya, A., And Ekici, M., (2013). Climate Normal's: Relationship and Spatial Distribution of Three Normal's, III. Turkey Climate Change Conference (TİKDEK 2013), 3 - 5 June, 2013 İstanbul, Turkey (Turkish).
45. Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A. ve Akçakaya, A., (2014). Climate Change Projections for Turkey with New Scenarios. The Climate Change and Climate Dynamics Conference-2014 – CCCD2014, October 8-10, Istanbul, Turkey [a].
46. Demircan, M., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. and Akçakaya, A., (2014). Climate Change Projections in Turkey with New Scenarios, TUCAUM VIII. Geography Symposium, Ankara University Turkey Geography Research Center, October 23-24, 2014, Ankara, Turkey (Turkish) [b].
47. Demircan, M., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. and Akçakaya, A., (2014). Climate Change Projections in Turkey's River Basin with New Scenarios, TUCAUM VIII. Geography Symposium, Ankara University Turkey Geography Research Center, October 23-24, 2014, Ankara, Turkey (Turkish) [c].
48. Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu,N., Ekici, M., and Arabacı, H., (2014). Relationship Between Homogeneity Breaking Points in Average Temperatures And Climate Index, TUCAUM VIII. Geography Symposium, Ankara University Turkey Geography Research Center, October 23-24, 2014, Ankara, Turkey (Turkish) [d].
49. Gürkan., H., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Demircan, M., Yazici, B., Kocatürk, A., and Akçakaya, A., (2015). Temperature And Precipitation Projections According to RCP4.5 and RCP8.5 Scenario of MPI-ESM-MR Model, VII. Atmospheric Science Symposium, April 28-30, 2015 İstanbul Technical University, 29 April 2015 İstanbul Aydın University, Istanbul, Turkey (Turkish).
50. Gürkan, H., Bayraktar, N., Bulut, h., Koçak, N., Eskioğlu, O., ve Demircan, M., The Effect Of Climate factors On The Yield Of Sunflower And Sunflower Yield Predictions Based On Climate Change Projections: Example Of Marmara Region, 19thInternational Sunflower Conference, May 29 to June 3, 2016 Edirne, Turkey,
51. Yıldırım, M., U., Demircan, M., Özdemir, F., A. ve Sarıhan, E., O., Effect of Climate Change on Poppy (Papaver somniferum L.) Production Area, 11th Field Crops Congress, 7-10 September 2015 – Troia Culture Center, Çanakkale, Turkey
52. Turunçoğlu, U. U., Önol, B., Bozkurt D., (2007).Regional Climate Change Projections with Dynamic Models, Symposium on Climate Change and Forestry in the Solution of Water Problems, 13-14 December 2007, İstanbul (Turkish).
53. Ünal, Y., Acar, M., Çağlar, F. and Incecik S., Comparing High Resolution Climate Simulations Driven By HadGEM2-ES and MPI-ES-MR Over Turkey For Present And Future, 5th International Conference on Meteorology and Climatology of the Mediterranean, March 2 - 4, 2015,Istanbul, Turkey.
54. CMIP Coupled Model Intercomparison Project, (2013). Retrieved September 12, 2013, http://cmip-pcmdi.llnl.gov/index.html
55. MetOficce, Met Office climate prediction model: HadGEM2 family, Retrieved April 24, 2014, http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadgem2
56. IPCC (2013). Definition of Terms Used within the DDC Pages, Retrieved June 17, 2013, http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/definitions.html
57. Demircan, M., Arabacı, H., Gürkan, H., Eskioğlu, O., Coşkun, M., Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios, Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi (Turkish Journal Of Water Science & Management), ISSN:2536 474X Publication number:6777, Volume: 1 Issue: 1, January 2017, Ankara



Şekil 1. RCP4.5'e göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km sıcaklık projeksiyonları (HadGEM, MPI ve GFDL/RF:1971-2000)



Şekil 2. RCP4.5'e göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km yağış projeksiyonları (HadGEM, MPI ve GFDL/RF:1971-2000)

Coğrafî Bilgi Sistemleri ile Sıcaklık Normallerinin Yüksek Çözünürlüklü Veri Setinin Üretilmesi

Mesut DEMİRCAN[1*1], Hüseyin ARABACI[1], İlker ALAN[1]

[1] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara, mdemircan@mgm.gov.tr

ÖZET:

İklim belirli bir bölge içinde ve uzun yıllar değişmeyen ortalama hava koşullarıdır. Klimatolojik normaller; birbirini takip eden 30 yıllık dönemler için hesaplanan klimatolojik verilerin ortalamalarıdır. İklim normallerinin kullanılması yapılacak küresel değerlendirmeler için standart bir altlık sağlaması ve iklim izleme çalışmaları için çok önemli bir araçtır. Türkiye için 1981-2010 ortalama sıcaklık normallerinin yüksek çözünürlüklü grid veri setini türetmek için CBS tabanlı bir yöntem geliştirilmiştir. Yükseklik ve Lapse Rate (LR) değeri (yükseklik ile sıcaklık değişim oranı), 1km çözünürlükteki grid noktalarının sıcaklık tahmincileri olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, Türkiye genelinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 246 meteoroloji istasyonunda ölçülen yıllık ortalama sıcaklık değerleri, mekânsal dağılım, görselleştirilme ve enterpolasyonda kullanılmıştır. Ortalama sıcaklık normalleri, 1981-2010 uzun dönem sıcaklık veri setinden elde edilmiştir. Yükseklik verileri, CBS ile sayısal yükseklik modelinden (SYM) elde edilmiştir. LR değeri 5°CKM^{-1} (R2=0.97) olarak kullanılmıştır. 246 meteoroloji istasyonundan, 188 istasyonun sıcaklık verileri seçilerek ve çalışma sırasında kullanılmıştır. 58 istasyon doğrulama için ayrılmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık (58 istasyon) gözlemleri ve tahmin edilen sıcaklık değerleri için maksimum minimum ve ortalama hatalar sırasıyla, 1.43, -1.61 ve 0.06°C ve ortalama karekök hatası (RMSE) 0,67 ve regresyon katsayısı (R2) 0.96 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler
Sıcaklık, İklim, Lapse Rate, Yükseklik, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

ABSTRACT:

Climate is the average weather conditions experienced in a particular place over a long period. Climatological normals are averages for consecutive periods of 30 years which are calculated from climatological data. Using climate normals are very important tool to provide a standard base for preparing global assessment and climate monitoring studies. A GIS-based method for deriving high-resolution grid data set of mean temperature (Base Period; 1981-2010) is developed for Turkey. Height and lapse rate value (changing rate of temperature with height) are used as predictors of temperatures on 1km resolution of grid points. In this study, mean annual temperature values measured at 246 meteorological stations of Turkish State Meteorological Service over Turkey are used for visualization and interpolation to reveal spatial distribution of mean annual temperature values. Mean annual temperatures have been obtained from period of 1981-2010 long term temperature data sets. Elevation data have been obtained from digital elevation models (DEM) with the help of GIS. Lapse rate value have been used as 5°CKm^{-1} (R^2=0.97). Temperature data from 188 stations have been selected from 246 meteorological stations and used during the study. 58 stations were retained for validation. For observations and predicted temperature values of yearly mean temperature (58 stations); maximum, minimum and mean errors are respectively, 1.43, -1.61 and 0.06°C and root-mean-square-error (RMSE) is 0,67 and regression coefficient (R^2) is 0.96.

Keywords
Temperature, Climate, Lapse Rate, Height, Geographical Information Systems (GIS)

1. Giriş

İklim oldukça geniş bir bölge içinde ve uzun yıllar değişmeyen ortalama hava koşullarıdır (Yalçın, G., ve ark., 2005 ve Eken, M., ve ark., 2008). Bir yerin iklimi, temel olarak enlemi, deniz seviyesinden olan yüksekliği ve okyanusa olan mesafesi ile belirlenir (Şensoy,S., ve Demircan, M., 2010). İklimin standart ortalama süresi 30 yıl olmakla birlikte diğer süreler amaca bağlı olarak kullanılabilir.

Meteorolojik veriler, gözlem maliyetleri ve topografyadan kaynaklanan sorunlar nedeni ile her yerde ölçülemezler. Bununla birlikte birçok sektör tarafından yapılan çalışma, analiz ve projelerde ise bu verilere ihtiyaç duyulmaktadır (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). Geniş ve dağlık coğrafyası olan ülkelerde, gözlem istasyonları genellikle tüm ülkeyi kapsayamaz (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). Bu nedenle, farklı modeller topografyaya bağlı olarak, sıcaklık değişimlerini belirlemek ve sıcaklık verileri elde etmek için kullanılabilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), özellikle 2000'li yıllardan bu yana, iklim modeli çıktılarının ve meteorolojik ölçümlerin alansal dağılım çözünürlüğünü artırmak için kullanılan bir araç olmuştur. CBS programlarının Jeo-istatistik ve Coğrafi Ağırlıklı Regresyon (GWR) araçları ile yapılan bazı model çalışmaları ile sıcaklık, yükseklik, eğim ve bakı verileri kullanılarak yapılmakta ve haritalar üretilmektedir. Ancak, bu modeller, istatistiksel olarak uygun olmasına rağmen, klimatolojik perspektif açısından topografyaya bağlı olarak sıcaklık dağılımını yansıtmamaktadır.

* İletişim yazarı: Mesut Demircan, e-posta:demircanm@gmail.com

Sıcaklık; enlem, yükseklik, güneşlenme, su kaynaklarına uzaklık, bitki örtüsü, bakı, düşü ve benzeri etmenlere bağlı olarak değişen, bununla birlikte sürekliliği olan bir iklim parametresidir (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). Sıcaklığın değişimi enlem ve coğrafî etmenlere bağlı olarak yavaş değişim gösterir ve ani sıçramalar veya kesilmeler yapmaz. Özellikle ortalama sıcaklıklar, ortaya çıktıkları yerin özelliklerini içlerinde taşırlar. Ortalama sıcaklıkların değişimindeki en önemli etmenin yükseklik ve enlem olarak ortaya çıktığı görülmektedir.

2. Yöntem

Lapse Rate (LR): Sıcaklık verilerinin olmadığı yerlerde, istenilen sıcaklık verisi Lapse Rate değeri kullanılarak yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). LR, atmosferdeki adyabatik ısınma ve soğuma oranları olarak tanımlanır ve sıcaklığın yükseklikle değişmesi olarak açıklanır. Kuru havanın adyabatik LR oranı yaklaşık 100 metrede 1°C'dir. Fakat bununla birlikte genel tanımlayıcı amaçlar için 100 metrede 0.5°C azaldığı da varsayılır (Fairbridge ve Oliver, 2005; Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). Serbest atmosferde dikey lapse rate ortalaması, mevsimlere ve coğrafi durumlara göre değişiklikler olmakla birlikte, 6°CKm-1'dir (Agnew ve Palutikof, 2000; Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011).

İstasyonların sıcaklık verileri yüksekliklerine bağlı olarak aşağıdaki formül aracılığıyla deniz seviyesine indirgenmiştir.

$$T_d = T_i + (h_i * 0.005) \quad (1)$$

T_d = Deniz seviyesine indirgenmiş sıcaklık
T_i = İstasyonun ortalama sıcaklığı
h_i = İstasyonun yüksekliği

Deniz yüzeyine indirgenmiş sıcaklıklar 1x1Km çözünürlüklü yüksekliği belirli grid noktalarına çekilerek, (1) formülün tersten işletilmesi ile yani "$T_g = T_d - (h_g * 0.005)$" şeklinde kullanılarak grid noktalarındaki sıcaklıklar elde edilmiştir.

Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted – IDW): Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (IDW) örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005; Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011).

Ağırlıklı hareketli ortalama enterpolasyon için yaygın kullanılan bir yaklaşımdır. Farklı ağırlıklı fonksiyonların çeşitleri kullanılmış fakat IDW, CBS sistemlerindeki en ortak form olmuştur. IDW tam bir ara değer üreticisidir (enterpolatördür) öyle ki verilerin değerlerini pekiştirir. IDW tahmincisi aşağıdaki gibidir (Lloyd, 2007; Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011);

$$\hat{z}(x_o) = \frac{\sum_{i=1}^{n} z(x_i).d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^{n} d_{i0}^{-r}} \quad (2)$$

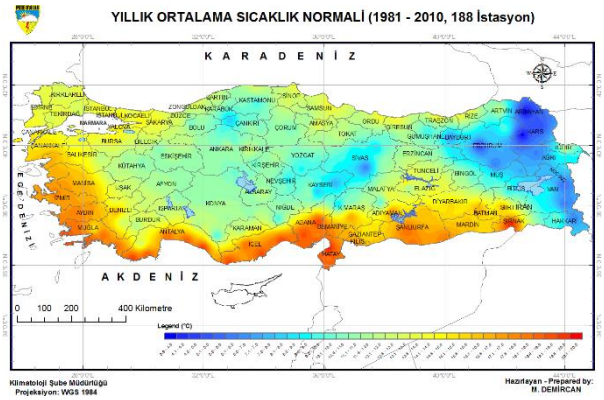
Tahminlerin yapıldığı x_0 lokasyonu, komşu ölçümleri n'nin bir fonksiyonudur ($z(x_i)$ ve i=1,2,…,n,); r gözlemlerin her birinin atanmış ağırlığını belirleyen üstür ve d gözlem lokasyonu x_i ile tahmin lokasyonu x_0'ı ayıran mesafedir. Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür. Üssün artması, tahminlerin en yakındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir.

3. Analizler

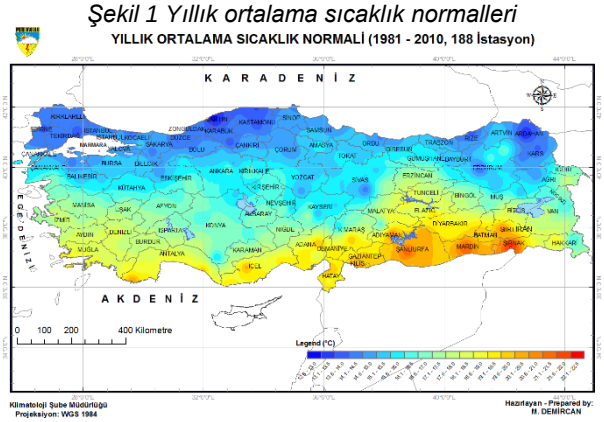
Uludağ ve çevresindeki istasyonların değişik zaman aralıklı sıcaklık verilerinin yükseklik ile değişim ilişkisine bakılarak kullanılacak LR oranı tespit edilmiştir (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). LR, regresyon katsayısı (R^2) 0.97 ile ortalama 5°CKm^{-1} olarak bulunmuştur. Çalışmada LR için bu değer kullanılmıştır.

1981-2010 periyodunda sıcaklık verileri olan 246 meteoroloji istasyonunun uzun yıllar, yıllık ve mevsimlik ortalamaları hesaplanmıştır. 246 meteoroloji istasyonundan 188 istasyon modelleme için kullanılmış, haritalandırılmış (Şekil 1) ve seçilen 58 istasyon doğrulama amaçlı olarak modelleme dışında bırakılmıştır. IDW yöntemi düzlemsel enterpolasyon yapmaktadır. Bu nedenden, seçilen istasyonların yıllık ortalama sıcaklık değerleri, yükseklik farklılıklarını ortadan kaldırmak ve bir düzlem değerleri elde etmek için, önce (1) formülü yardımıyla deniz seviyesine indirilmiş ve elde edilen değerler IDW yöntemiyle dağıtılmıştır (Şekil 2). Bu değerlerin haritalarının oluşturulması ve enterpolasyon için ArcGIS'in IDW aracı kullanılmıştır. Türkiye'yi kaplayan 1x1Km çözünürlükteki grid noktaları, ArcGIS içine ayrıca kurulan HAWHTS aracı yardımıyla oluşturulmuştur. Grid noktalarına (1x1Km çözünürlüklü), oluşturulan deniz seviyesi sıcaklık haritalarından sıcaklık değerleri, "ArcGIS - Spatial Analyst – Extraction aracı" yardımıyla alınarak (1) formülü tersine uygulanmış ve sıcaklıklar bu grid noktalarının yüksekliklerine taşınmış ve elde edilen değerler IDW yöntemiyle

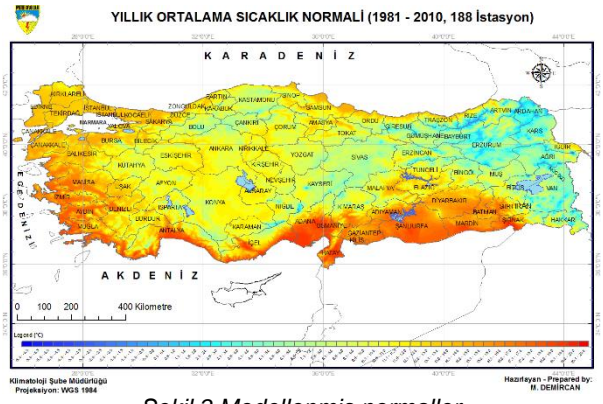
interpole edilmiştir (Şekil 3). Elde edilen bu haritalardan, doğrulama için ayrılmış istasyonlara modellenmiş sıcaklık verileri yukarıda bahsedilen şekilde alınarak, bu istasyonların gözlemlenmiş sıcaklık değerleri ile karşılaştırılmış, farkları bulunmuş (Şekil 4), bu işlem yıllık ve mevsimler için tekrarlanmış sıcaklıklardaki yıllık değişimin görülebilmesi için aynı gösteri kullanılarak haritalanmıştır (Şekil 5). Ortalama Karesel Hataları (RMSE) ve regresyon katsayıları hesaplanmıştır.



Şekil 1 Yıllık ortalama sıcaklık normalleri



Şekil 2 Deniz seviyesine indirgenmiş normaller



Şekil 3 Modellenmiş normaller

Şekil 4 Gözlem ve model sıcaklık verileri arasındaki hataların dağılımı

4. Sonuçlar

Bu çalışmada 246 meteoroloji istasyonunda ölçülen ortalama yıllık sıcaklık değerleri kullanılarak, sıcaklığın mekânsal dağılımı yükseklik verileri ve LR yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır. LR 5°CKm^{-1} olarak kullanılmıştır.

246 meteoroloji istasyonundan 188 istasyon modelleme için kullanılmış ve seçilen 58 istasyon doğrulama amaçlı olarak modelleme dışında bırakılmıştır. Çalışmadaki mekânsal dağıtımlar için Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği kullanılmıştır.

Modelleme sonucunda doğrulama istasyonlarında; sırasıyla ortalama, maksimum ve minimum hatalar yıllık için 0.06, 1.43 ve -1.61°C, ortalama karesel hata (RMSE) 0.67 ve regresyon katsayısı (R^2) ise 0.96'dir.

Bu tür çalışmaların hepsinin başarısı doğru ve sık veriye dayanır (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). Ülkemizin özellikle dağlık kesimlerinde ve büyük nehir vadileri boyunca temel iklim elemanlarının gözlemlenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Bunun üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde; kara – deniz ilişkisinin, dağların denizlerden gelerek iç kesimlere akan hava kütlelerine etkisinin ve mikro-iklim bölgelerinin tespitini kolaylaştıracağı ve doğruluğu artıracağı düşünülmektedir.

Bu tür çalışmalarda kullanılan yükseklik veri setleri çok önemlidir. Yükseklik veri setleri oluşturulurken kullanılan yeniden örnekleme (resampling) teknikleri ile oluşturulan yeni grid hücrelerinde gerçek topografyaya ait yükseklik bilgileri kaybolabilmektedir. Çalışmadaki hata kaynaklarının birisi de meteoroloji istasyonlarının yüksekliği ile SYM'den alınan yükseklik farklarıdır. Çalışmada kullanılan 1km çözünürlüklü grid noktalarının yükseklik değerlerinin daha yüksek çözünürlüklü bir SYM'den alınması durumunda hata miktarlarının minimuma ineceği düşünülmektedir.

Çalışmada görülen diğer bir hata kaynağı ise istasyon koordinatlarının kullanılan Türkiye sınırları altlığının dışına düşüyor olmasıdır. Bu sorun özellikle deniz kıyısında ve Türkiye sınırlarında olan istasyonlarımızda görülmektedir.

Bu tip modelleme çalışmaları için Türkiye'de altlık harita sağlayıcı kurumların bilimsel çalışmalarda kullanılmak üzere yüksek çözünürlüklü altlıkları hazırlayarak kullanıcılara sağlamasının faydalı olacağı düşülmektedir.

İstasyonların mikro-klimatolojik özellik göstermesinin ise diğer bir hata kaynağı olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma iklimin sıcaklık parametresinin CBS yardımıyla istatistikî olarak topografyaya bağlı dağıtımın kolay ve pratik bir yolunu sunmaktadır.

5. Kaynaklar

1. Yalçın, G., Demircan, M., Ulupınar, Y., ve Bulut, E., Klimatoloji – I, DMİ Yayınları, Yayın No : 2005 / 1, 2005, Ankara, Sayfa 4,
2. Eken, M., Ulupınar, Y., Demircan, M., Nadaroğlu, Y., Aydın, B., ve Özhan, Ü., Klimatolojik Rasat El Kitabı, DMİ Yayınları, Yayın No: 2008/3, 2008, Ankara, Sayfa 1,
3. Sensoy, S., ve Demircan, M., Climatological Applications In Turkey, 2010, Ankara, Sayfa 1,
4. Guide to Climatological Practices Third Edition, WMO-No. 100, 2011, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Sayfa 4-16, 17,
5. Technical Regulations Volume I, General Meteorological Standards and Recommended Practices, Basic Documents No. 2, WMO - No. 49, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 1988, Sayfa XI
6. Arguez, A., ve Vose, R., S., The Definition of the Standard WMO Climate Normal The Key to Deriving Alternative Climate Normals, DOI: 10.1175/2010BAMS2955.1, 2011
7. GCOS – 158, Summary Report and Recommendations from the Seventeenth Session of the GCOS/WCRP Atmospheric Observation Panel for Climate (AOPC-XVII), WCRP 10/2012, 2012, Sayfa 5
8. Wright, W., WMO Technical Commission for Climatology, Open Panel of CCl Experts on Climate Data Management (OPACE-I), AOPC-XVII, Geneva 30 April - 3 May 2012,
9. Demircan, M., Basic Approach To Climate Monitoring Products And Climate Monitoring Products In WMO RA VI, Meeting of the Commission for Climatology (CCl) (OPACE 2) Task Team on National Climate Monitoring Products, Geneva, 2011,
10. Demircan, M., Alan, İ., ve Şensoy, S., Coğrafî Bilgi Sistemleri Kullanarak Sıcaklık Haritalarının Çözünürlüğünün Artırılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara,
11. Demircan, M., Alan, I., and Sensoy, S., Increasing Resolution Of Temperature Maps By Using Geographic Information Systems (GIS) And Topography Information, 5th Atmospheric Science Symposium, 27-29 April 2011, İstanbul Technical University, Istanbul – Turkey, Sayfa 423,
12. Demircan, M., Alan, I., and Sensoy, S., Increasing Resolution of Temperature Maps by Using Geographic Information Systems and Topography Information, EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 8, EMS2011-182, 2011, 11th EMS / 10th ECAM,
13. Li, L., ve Heap, A., D., 2008, A Review of Spatial Interpolation Methods
14. for Environmental Scientists, Geoscience Australia Record 2008/23, 2008, Australia, Sayfa 10
15. J.E.Oliver, R.W.Fairbridge at all, Encyclopedia of World Climate, 2005, Sayfa 448
16. M.D.Agnew, J.P.Palutikof, GIS-based construction of baseline climatologies for the Mediterranean using terrain variables, 2000
17. C.D.Loyd, Local Models for Spatial Analysis, 2007, Sayfa 98
18. Demircan, M., Türkoğlu,N., ve Çiçek, İ., Mevsimlik Sıcaklık Normallerinin (1971-2000) Coğrafî Bilgi Sistemleri İle Yüksek Çözünürlüklü Veri Setinin Üretilmesi, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 23-24 Ekim 2014, Ankara, Türkiye

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE HALK TAKVİMİ: MAKSİMUM SICAKLIK DESENLERİ VE DEĞİŞİMİ

Mesut DEMİRCAN[1], Hüseyin ARABACI[1], Mustafa COŞKUN[1], Necla TÜRKOĞLU[2], İhsan ÇİÇEK[2]

[1] **Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara; mdemircan@mgm.gov.tr, harabaci@mgm.gov.tr, mustafacoskun@mgm.gov.tr**
[2] **Ankara Üniversitesi, Dil Tarih ve Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara; nturkoglu@ankara.edu.tr, ihsan.cicek@ankara.edu.tr**

Özet

İklim, belirtilen bir yerde ve uzun bir dönem boyunca tecrübe edilen ortalama hava koşullarıdır. Standart ortalama periyodu 30 yıldır fakat amaca göre diğer periyotlar da kullanılabilir. İklim ortalamanın ötesinde günden güne, aydan aya, yıldan yıla büyüklükleri gibi istatistikleri de içerir. Sıcaklık; klimatolojik ve meteorolojik açıdan, ortalama, maksimum ve minimum değerleri ile analiz edilir. Ayrıca sıcaklık zamana bağlı olarak salınıma sahiptir. Bu çalışmada maksimum sıcaklığın aylık desenlerinin analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Sarıyer, Sinop, Rize, Aydın, Ankara, Kars, Anamur ve Hakkâri istasyonlarının 1971'den 2015 dönemi günlük maksimum değerleri kullanılmıştır. Maksimum sıcaklığın 1971 – 2015 uzun yıllık dönemi, 1971 – 2000 standart dönemi ve 1981-2010 standart dönemi için tespit edilmiştir. Sıcaklığın aylık dağılım desenini tespit etmek için, 1981-2010 dönemi için günlük ekstrem maksimum sıcaklığın ortalaması hesaplanmıştır. Günlük anomaliler bahsedilen ortalamalar ile yukarıda bahsedilen dönemler için seçilen değerler arasında hesaplanmıştır. Sonuç olarak, grafiklerin özetlendiği tabloda salınım olduğu ve ay içinde belirli zaman aralıklarında maksimum sıcaklık dönemlerinin oluştuğu görülmüştür. Bu sonuçlar, maksimum sıcaklıkların oluşma olasılıkları için ay içerisindeki belirli zaman aralıkları, ay içerisindeki deseni göstermektedir. Ayrıca halk takvimi ile uyumluluk gösterdiği ve iklim değişikliğine bağlı artışlara bağlı olarak yeni desen izleri de gözlemlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Sıcaklık, Maksimum, Aylık Desen, İklim Değişikliği, Halk Takvimi.

Abstract

Climate is the average weather conditions experienced in a particular place over a long period. The standard averaging period is 30 years but other periods may be used depending on the purpose. Climate also includes statistics other than the average, such as the magnitudes of day-to-day, month to month or year-to-year variations. Temperature is analysed with its mean maximum and minimum values as climate and meteorological aspects. And also temperature has got an oscillation depending on time scale. In this study, it is intend to analysis monthly distributions pattern of maximum temperatures. For this purpose daily maximum temperature values are used from eight stations data with periods of 1971 to 2015 from Turkish State Meteorological Service which are Sarıyer, Sinop, Rize, Aydın, Ankara, Kars, Anamur and Hakkari. Mean values of maximum temperatures are determined for 1971 to 2015 period, 1971 to 2000 period and 1981 to 2010 period. To determine monthly distribution patterns, it is calculated daily anomalies for each periods according to 1981 and 2010 period. As a result, probability of occurring maximum temperature in certain time interval in a month may show a pattern in month. Moreover, the pattern is compatible with folk calendar and also the pattern is inclined to change with increasing temperature trend due to climate change.
Key words: Temperature, Maximum, Monthly pattern, Climate change, Folk calendar.

1. GİRİŞ

İklim oldukça geniş bir bölge içinde ve uzun yıllar değişmeyen ortalama hava koşullarıdır. Bir yerin iklimi, temel olarak enlemi, deniz seviyesinden olan yüksekliği ve okyanusa olan mesafesi ile belirlenir. İklimin standart ortalama süresi 30 yıl olmakla birlikte diğer süreler amaca bağlı olarak kullanılabilir. İklim uzun bir süre boyunca belirli bir bölgedeki sıcaklık, nem, atmosferik basınç, rüzgâr, yağış, atmosferik parçacık sayımı ve çok sayıda diğer meteorolojik elemanların istatistiklerini kapsar. İklim; belirli bir zaman aralığında, belirli bir yer için atmosferin kolektif durumu olarak da tanımlanmaktadır. Kolektif durum istatistik kümelerin bir kısmı temelinde sınıflandırılır. En yaygın istatistik ortalamadır. İklim tanımları atmosfer gözlemleri ile yapılır ve sıcaklık, yağış, basınç, rüzgâr vb. içeren hava parametrelerinin çeşitlerinin ortalamaları ve ekstremleri ile tanımlanır(1, 2, 3, 11, 12, 13, 16, 17, 19).

İklim normalleri başlıca iki amaç için kullanılır. Normaller; yeni veya mevcut birçok anomali tabanlı iklim veri kümeleri (örneğin, küresel ortalama sıcaklık) için bir temel sağlamayı da içeren karşılaştırabilir gözlemler için bir ölçüt olarak hizmet vermektedir. Normaller ayıca, yaygın olarak belirli bir konumda yaşanabilecek olması muhtemel koşulların bir tahmini olarak, açık veya örtülü olarak kullanılmaktadır. Teknik Düzenlemeler altında, klimatolojik standart normaller; art arda birbirini takip eden 30 yıllık dönemler için hesaplanan klimatolojik verilerin ortalamalarıdır: 01 Ocak 1901'den 31 Aralık 1930'a kadar, 1 Ocak 1931'den 31 Aralık 1960'a kadar, vb. Normallerin beş önemli niteliği vardır; zamansal ortalamalardır, ağırlıksız ortalamalardır, ortalama dönemi otuz ardışık yıldır, geçmiş ve güncel verileri kullanan doğal filtrelerdir, on yılda bir yenilenirler (4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 16, 17, 19).

İklim ortalamanın ötesinde günden güne, aydan aya, yıldan yıla büyüklükleri gibi istatistikleri de içerir. Sıcaklık iklim parametrelerinden bir tanesidir ve kamu ile sektörler tarafından en çok ilgilenilenidir. Sıcaklık, sırayla Dünya yüzeyini ısıtan, Dünya'nın uzaya doğru yaydığı ve Dünya'nın iklim ve havasını belirleyen güneşten gelen enerji ile ilgilidir. Sıcaklık değişimi; Dünya'nın kendi ve Güneş etrafındaki dönüşü, güneşlenme miktarı ve süresi, enlem, rakım, su kaynaklarına uzaklık, bitki örtüsü bakı gibi faktörlere bağlı olarak ortaya çıkar ve bununla birlikte topografya üzerinde sürekli bir iklim parametresidir. Sıcaklığın değişimi enlem ve coğrafî etmenlere bağlı olarak yavaş değişim gösterir ve ani sıçramalar veya kesilmeler yapmaz. Özellikle ortalama sıcaklıklar, ortaya çıktıkları yerin özelliklerini içlerinde taşırlar. Ortalama sıcaklıkların değişimindeki en önemli etmenin yükseklik ve enlem olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Sıcaklık; klimatolojik ve meteorolojik açıdan, ortalama, maksimum ve minimum değerleri ile analiz edilir. Sıcaklık, her gün, her ay ve her yıl için maksimum ve minimum değere sahiptir. Ayrıca sıcaklık zamana bağlı olarak salınıma sahiptir (7,8 9, 10, 11, 12, 19).

Halk takvimi, iklim tiplerine bağlı olarak farklı yöresel adlandırmalar ve hayati faaliyetlerle ifade edilmektedir. Halk takvimi ile sıcaklık verileri karşılaştırıldığında aralarında genelde bir uyum, ayrıntıda farklılıklar vardır. Halk takvimi, halkın çok uzun yıllara dayalı tecrübe ve gözlemlerine göre tarımsal, ekonomik ve kültürel etkinlikleri gerçekleştirdikleri, böylece yöre iklimine uyum sağladıkları bir fenomendir (20).

Meteoroloji servisleri her gün maksimum ve minimum sıcaklık tahminleri yapmaktadır (21). Bu tahminler bir günden on güne kadar uzanmaktadır. Ayrıca uzun zaman süren sıcaklık artışı ya da düşüşü olan ve sıcak - soğuk hava dalgaları olarak bilinen halk sağlığı için tehdit oluşturan aşırı sıcaklık olayları için de tahmin yapmaktadırlar. Bunun dışında meteoroloji ve iklim servisleri tarafından aylık ve mevsimlik tahminleri yapılmaktadır. Bu tahminlerin en önemli parametrelerinden birisi de sıcaklıktır. Bu tahminler için klasik sinoptik yöntemler, istatistik yöntemler ve dinamik modelleme yöntemleri kullanılmaktadır.

2. YÖNTEM

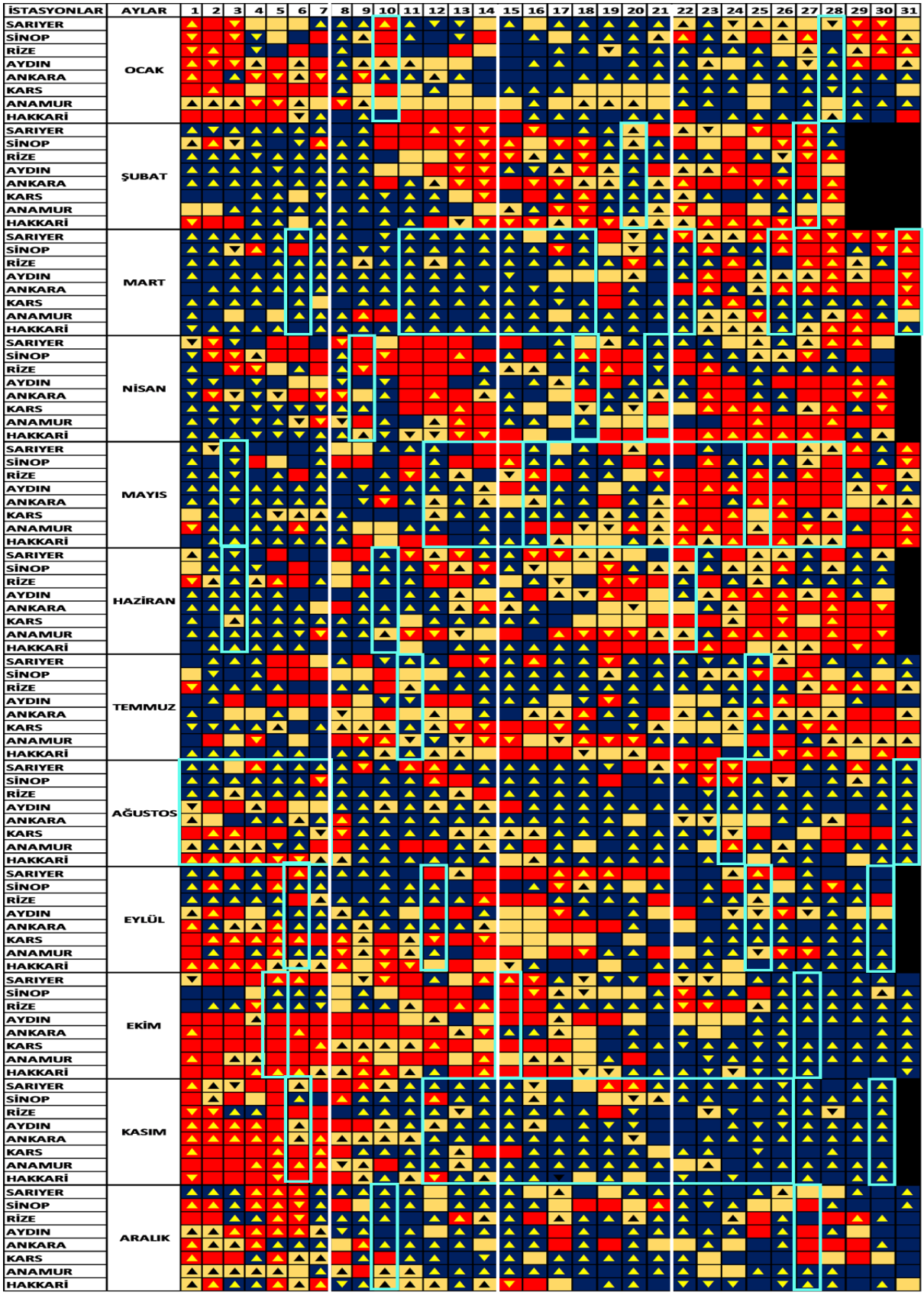
Bu çalışmada sıcaklıkların aylık dağılım desenlerinin analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Türkiye'yi çevreleyecek şekilde sekiz istasyonu ile yapılmıştır. Bu istasyonlar: Sarıyer, Sinop, Rize, Aydın, Ankara, Kars, Anamur ve Hakkâri'dir. Bu istasyonların verilerinden günlük maksimum sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Verilerin zaman aralığı 1971'den 2015 yılına kadardır. Maksimum sıcaklık değerlerinden 1971 – 2015 uzun yıllık dönemi, 1971 – 2000 standart dönemi ve 1981-2010 standart dönemi için ekstrem değerleri tespit edilmiştir.

Sıcaklığın aylık dağılım desenini tespit etmek için, günlük ekstrem maksimum sıcaklığın ortalaması, 1981-2010 dönemi için hesaplanmıştır. Farklar bahsedilen ortalamalar ile yukarıda bahsedilen dönemlerin günlük olarak seçilen maksimum değerleri arasında hesaplanmıştır ve fark grafikleri hazırlanmıştır. Ayrıca bu fark değerlerinden 1971-2000 fark değerleri temel alınarak 1981-2010 ve 1971-2015 dönemlerindeki değişim de incelenmiş olup artış ve azalışlar tespit edilmiştir. Farkların negatif olduğu dönemler soğuk, pozitif olduğu yerler sıcak dönem olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlar şekil ile (Şekil 1) gösterilmiştir.

3. BULGULAR ve ANALİZ

Bu çalışma için Türkiye'yi doğusundan batıya kuzeyinden güneyine temsil edecek sekiz adet istasyon kullanılmıştır. İstasyonlar Türkiye'yi etkileyen hava kütlelerinin geliş istikametindedir. İstasyon grafikleri, maksimum sıcaklıkların günlük dağılımını, sıcak ve soğuk dönemlerini yansıtan bir desen göstermektedirler (Şekil 1). Ayrıca farklı lokasyonlara ait bu istasyonların sıcaklık dağılım desenleri de bir biri içinde genel olarak benzerlik göstermektedir. Aylık sıcaklık dağılım deseni ve istasyonların bu desenleri arasındaki benzerliğin halk takvimi olarak bilinen (halkın geçmiş iklim gözlemlerine dayanan belirli iklim değişimi tarihlerini içeren takvim) değişim günleri ile de genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir. Bu arada görülen küçük farklılıklar ise ölçüm çevresindeki mikro klima alanı özelliği veya hava kütlelerinin gelişindeki 1-2 günlük gecikmeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, grafiklerde iklim değişikliğine bağlı desen bozuklukları görülmüştür. Diğer bir değişle değişen iklim ile birlikte, aylık sıcaklık desenlerinin yeni bir desen oluşturacağının sinyalleri de grafiklerde gözlemlenmiştir. İklim değişikliği ile birlikte oluşacak yeni desen şeklini alıncaya kadar, yani yeni iklim koşulları oluşuncaya kadar, yaşayacağımız yeni ekstrem durumların alıştığımız iklim şartlarına göre ansızın yapacağı aşırı olayların artacağı anlamına geldiği düşünülmektedir. 1981 yılı sonrası oluşan yeni

ekstrem sıcaklıklar ve özellikle 2010 yılı sonrası oluşan yeni ekstrem sıcaklıklar tüm istasyonların bütün ay grafiklerinde mevcuttur.



Şekil 1. İstasyonların günlük ekstrem maksimum sıcaklıklarından hesaplanan aylık ortalamaları (1981-2010 dönemi için) ile 1971-2000 fark değerleri temel alınarak sıcak ve soğuk dönemler belirlenmiş, ayrıca 1981-2010 ve 1971-2015 dönemlerindeki değişim (1971-2000'e göre; Kırmızı=sıcak, Mavi= soğuk, Sarı= normal, artan=▲, azalan=▼, turkuaz dikdörtgenler= halk takvimi tarihleri) incelenmiştir.

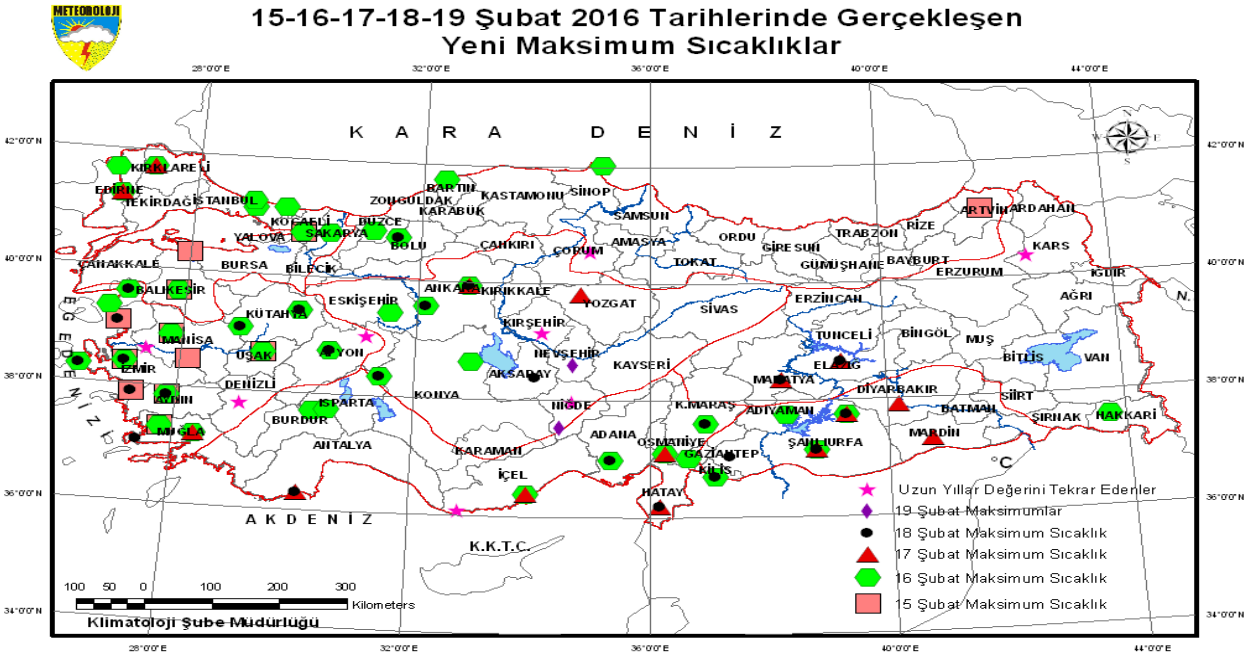
Tüm istasyonların grafikleri incelenerek genel bir sonuç grafiği elde edilmiştir (Çizelge 1). Bu sonuç grafiği aylar dört haftaya ayrılmıştır. Haftalar en yüksek sıcaklıkların görülme ihtimali yüksek olanlar kırmızı, en düşük sıcaklıkların görülme ihtimali yüksek olanlar mavi ve her iki sıcaklığın, yani yüksek ve sıcak değerlerin görülme ihtimali olanlar sarı ile gösterilmiştir. En yüksek ve en düşük sıcaklıkların muhtemel oluşma tarihlerini tahmin etmek için kullanılabilecek olan bu tablo ayrıca test etmek için 2015 yılında gerçekleşen sıcak ve soğuk hava dalgaları ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 1). Türkiye genelindeki değişik istasyonlarda 2015 yılı boyunca 10 adet soğuk hava dalgası, 23 adet sıcak hava dalgası gözlemlenmiştir. Bu soğuk ve sıcak hava dalgasının gözlendiği istasyona bakılmaksızın oluşturulmuş tablo ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu soğuk dalgaların 4 adeti muhtemel düşük sıcaklıkların beklendiği hafta, 3 adeti muhtemel düşük/yüksek sıcaklıkların oluşma haftasında ve 3 adeti de muhtemel yüksek sıcaklıkların beklendiği haftada görülmüştür. Sonuç olarak muhtemel yüksek/düşük sıcaklık tahmin tablosu ile 2015 yılı gerçekleşen soğuk hava dalgalarının gerçekleşme haftaları arasında %70 uyum olduğu görülmüştür. 2015 yılı sıcak dalgaların 9 adeti muhtemel yüksek sıcaklıkların beklendiği hafta, 11 adeti muhtemel düşük/yüksek sıcaklıkların oluşma haftasında ve 3 adeti de muhtemel düşük sıcaklıkların beklendiği haftada görülmüştür. Sonuç olarak muhtemel yüksek/düşük sıcaklık tahmin tablosu ile 2015 yılı gerçekleşen sıcak hava dalgalarının gerçekleşme haftaları arasında %77 uyum olduğu görülmüştür.

Şubat ayı 2016 yılında gerçekleşen sıcak hava dalgaları incelendiğinde; 15-19 Şubat tarihleri arasında gerçekleşen sıcak hava dalgalarının da Şubatın 3. Haftası gerçekleşmesi nedeniyle çizelge 1 ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 2).

Çizelge 1. Muhtemel yüksek/düşük sıcaklık tahmin tablosu ve 2015 yılı sıcak ve soğuk hava dalgaları karşılaştırılması

	1. Hafta	2.Hafta	3.Hafta	4.Hafta	2015	1. Hafta	2.Hafta	3.Hafta	4.Hafta
OCAK					OCAK	6--9		17	19-24
ŞUBAT					ŞUBAT	1:2:7			23-24
MART					MART	6:7	11		25-26
NİSAN					MART	5			
MAYIS					NİSAN	2	8:10		25-26
HAZİRAN					MAYIS		15-19		27
TEMMUZ					HAZİRAN	1		20	23:25
AĞUSTOS					TEMMUZ			15	26-27
EYLÜL					AĞUSTOS	1	9-11		
EKİM					EYLÜL	1-7	8:9		
KASIM					EKİM	1:2			
ARALIK					KASIM	1-4:8		19-21	25

					ARALIK	**7**	**8**	**23**	
					ARALIK	**3:4**	**9:14**	**18:19**	



Şekil 2. 15-19 Şubat 2016 tarihleri arasında gerçekleşen aşırı sıcaklıkların dağılımı (22).

4. SONUÇ

Bu çalışma için Türkiye'yi doğusundan batıya kuzeyinden güneyine temsil edecek sekiz adet istasyon kullanılmıştır. İstasyonlar Türkiye'yi etkileyen hava kütlelerinin geliş istikametindedir. İstasyon grafiklerinde maksimum ve minimum sıcaklıkların günlük dağılımı sıcak ve soğuk dönemleri yansıtan bir desen göstermektedirler. Ayrıca farklı lokasyonlara ait bu istasyonların sıcaklık dağılım desenleri de bir biri içinde genel olarak benzerlik göstermektedir. Aylık sıcaklık dağılım deseni ve istasyonların bu desenleri arasındaki benzerliğin halk takvimi olarak bilinen (halkın geçmiş iklim gözlemlerine dayanan belirli iklim değişimi tarihlerini içeren takvim) değişim günleri ile de genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir.

Görülen küçük farklılıklar ise ölçüm çevresindeki mikro klima alanı özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca, grafiklerde iklim değişikliğine bağlı desen bozuklukları görülmüştür. Diğer bir değişle değişen iklim ile birlikte, aylık sıcaklık desenlerinin yeni bir desen oluşturacağının sinyalleri de grafiklerde gözlemlenmiştir. İklim değişikliği ile birlikte oluşacak yeni desen şeklini alıncaya kadar, yani yeni iklim koşulları oluşuncaya kadar, yaşayacağımız yeni ekstrem durumların alıştığımız iklim şartlarına göre ansızın yapacağı aşırı olayların artacağı anlamına geldiği düşünülmektedir. 1981 yılı sonrası oluşan yeni ekstrem sıcaklıklar ve özellikle 2010 yılı sonrası oluşan yeni ekstrem sıcaklıklar tüm istasyonların bütün ay grafiklerinde mevcuttur.

Bu salınımlarda ay içinde belirli zaman aralıklarında maksimum sıcaklık ve minimum sıcaklık oluştuğu görülmüştür. Şekillerde de görüldüğü üzere sıcaklığın ay içerisinde birkaç günden haftaya ya da on güne varan salınımlar göstermektedir. Bu salınımlara dikkat edilecek olursa, maksimum ve minimum sıcaklıkların oluşma olasılıkları için ay içerisindeki belirli zaman aralıkları ve ay içerisindeki deseni görülebilir.

Türkiye'de 2015 yılında yaşanan sıcak ve soğuk hava dalgalarının oluşuş tarihleri ile muhtemel yüksek/düşük sıcaklık tahmin tablosu karşılaştırıldığında %70 ve üzeri uyum olduğu ve Şubat 2016 ayında gerçekleşen sıcak hava dalgası ile karşılaştırıldığında uyumluluğu görülmektedir. Bu karşılaştırmanın istasyon ve hafta yerine gün bazlı yapıldığında uyumluluğun daha da artacağı görülmüştür.

Ayrıca sıcaklık ile ilgili ve sıcaklığın başka iklim indisleri ile ilgili çalışmalarda günlük veriler ile çalışmanın daha iyi sonuç vereceği düşünülmektedir. Böylelikle ortalama alınarak elde edilen değerlerin gizlemiş olduğu detaylara ulaşılabilecek ve daha doğru sonuçlar çıkarmak mümkün olacaktır.

Bu çalışmanın, hava tahmincileri başta olmak üzere, günlük ve aylık maksimum ve minimum sıcaklık tahminleri yapılırken yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Yalçın, G., Demircan, M., Ulupınar, Y., ve Bulut, E., Klimatoloji – I, DMİ Yayınları, Yayın No:2005 / 1, 2005, Ankara, Sayfa 4,

2. Eken, M., Ulupınar, Y., Demircan, M., Nadaroğlu, Y., Aydın, B., ve Özhan, Ü., Klimatolojik Rasat El Kitabı, DMİ Yayınları, Yayın No: 2008/3, 2008, Ankara, Sayfa 1,

3. Sensoy, S., ve Demircan, M., Climatological Applications In Turkey, 2010, Ankara, Sayfa 1,

4. Guide to Climatological Practices Third Edition, WMO-No. 100, 2011, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Sayfa 4-16, 17,

5. Arguez, A., ve Vose, R., S., The Definition of the Standard WMO Climate Normal The Key to Deriving Alternative Climate Normals, DOI: 10.1175/2010BAMS2955.1, 2011,

6. Wright, W., WMO Technical Commission for Climatology, Open Panel of CCl Experts on Climate Data Management (OPACE-I), AOPC-XVII, Geneva 30 April - 3 May 2012,

7. Demircan, M., Basic Approach To Climate Monitoring Products And Climate Monitoring Products In WMO RA VI, Meeting of the Commission for Climatology (CCl) (OPACE 2) Task Team on National Climate Monitoring Products, Geneva, 2011, (a)

8. Demircan, M., Alan, İ., ve Şensoy, S., "Coğrafî Bilgi Sistemleri kullanarak sıcaklık haritalarının çözünürlüğünün artırılması", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara, (b)

9. Demircan, M., Alan, I., and Sensoy, S., "Increasing resolution of temperature maps by using Geographic Information Systems (GIS) and topography information", 5th Atmospheric Science Symposium, 27-29 April 2011, İstanbul Technical University, Istanbul – Turkey, Sayfa 423, (c)

10. Demircan, M., Alan, I., and Sensoy, S., "Increasing resolution of temperature maps by using Geographic Information Systems (GIS) and topography information", EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 8, EMS2011-182, 2011, 11th EMS/10th ECAM, (d)

11. Demircan,M, Arabaci, H., Bölük, E., Akçakaya, A., Şensoy, S., And Ekici, M., "İklim normalleri ve 1981-2010 sıcaklık normallerinin coğrafî bilgi sistemleri ile topografya

kullanarak yüksek çözünürlüklü grid veri setinin üretilmesi", 6. Atmosferik Bilimler Sempozyumu, 24-26 Nisan 2013, İTÜ, İstanbul – Türkiye. (a)
12. Demircan,M, Arabaci, H., Bölük, E., Akçakaya, A., And Ekici, M., "İklim normalleri: üç sıcaklık normalinin ilişkileri ve uzamsal dağılımları", III. Türkiye İklim Değişikliği Konferansı - TİKDEK 2013, 3 - 5 Haziran, 2013, İTÜ - Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul – Türkiye, (b)
13. Demircan, M., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. ve Akçakaya, A.,Türkiye'de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 23-24 Ekim 2014, Ankara, Türkiye, (a)
14. Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu,N., Ekici, M., ve Arabacı, H., Ortalama Sıcaklıklardaki Türdeşlik Kırılmalarının İklim Göstergeleriyle İlişkisi, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 23-24 Ekim 2014, Ankara, Türkiye, (b)
15. Demircan, M., Türkoğlu,N., ve Çiçek, İ., Mevsimlik Sıcaklık Normallerinin (1971-2000) Coğrafî Bilgi Sistemleri İle Yüksek Çözünürlüklü Veri Setinin Üretilmesi, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 23-24 Ekim 2014, Ankara, Türkiye, (c)
16. Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu,N., Ekici, M., Arabacı, H. ve Akçakaya, A., Ortalama Sıcaklıklardaki Türdeşlik Kırılmalarının İklim Göstergeleriyle İlişkisi, VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
17. Yıldırım, M., U., Demircan, M., Özdemir, F., A. ve Sarıhan, E., O., İklim Değişikliğinin Haşhaş (Papaver somniferum L.) Üretim Alanlarına Etkisi, 11. Tarla Bitkileri Kongresi, 7 - 10 Eylül 2015 – Troia Kültür Merkezi, Çanakkale
18. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 15-19 Şubat 2016 aşırı sıcaklıklar, rapor
19. Demircan, M., Arabacı, H., Coşkun, M., Türkoğlu, N., ve Çiçek, İ., Sıcaklıkların Aylık Dağılım Desenleri, TUCAUM 2016 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, Ankara
20. Özdemir, M., A., Bozyurt, O., Afyonkarahisar Halk Takviminin Sıcaklık Verileri ile Karşılaştırılması, Doğu Coğrafya Dergisi, Cilt 11, Sayı 15, Sayfa 53-82, 2006
21. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, http://www.mgm.gov.tr/tahmin/en-dusuk-ve-yuksek-sicakliklar.aspx
22.Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 15-19 Şubat 2016 aşırı sıcaklıklar, http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/subat-rekor.pdf

İKLİM VE ŞEHİRLEŞME: MİNİMUM SICAKLIK TRENDLERİ

Mesut DEMİRCAN, Hüseyin ARABACI, Alper AKÇAKAYA, Serhat ŞENSOY, Erdoğan BÖLÜK, Mustafa COŞKUN

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara
mdemircan@mgm.gov.tr, harabaci@mgm.gov.tr, aakcakaya@mgm.gov.tr, ssensoy@mgm.gov.tr, eboluk@mgm.gov.tr, mustafacoskun@mgm.gov.tr

Özet
Ekstrem sıcaklık olaylarının uzun süreli değişimlerini anlamak, iklim değişikliğinin tespiti ve özelliklerinin anlaşılması için önemlidir. Bununla birlikte kentleşmeden ne kadar etkinin geldiği açık değildir. Bu çalışmada kent özelliğine sahip Ankara, İstanbul'dan Florya ile Göztepe ve İzmir olmak üzere dört iklim istasyonu ile kırsal özelliklere sahip Beypazarı, Kızılcahamam, Esenboğa Kireçburnu, Kumköy, Şile, Seferihisar ve Çeşme olmak üzere sekiz kırsal istasyon seçilmiştir. Nüfusu 100 binin altında olan yerler kırsal olarak belirlenmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 1971-2014 periyodunda ortalama minimum sıcaklık verileri ve trend analizleri için Mann-Kendall mertebe korelasyon istatistiği kullanılmıştır. Şehir istasyonu olarak seçilen istasyonların tamamında ve kırsal istasyon olarak belirlenen istasyonlarda, Kızılcahamam ve Beypazarı hariç, yıllık minimum sıcaklık ortalamaları trendlerinde önemli artışlar belirlenmiştir. Şehirleşme etkisinin belirlenebilmesi amacıyla, şehir-kırsal istasyon çiftleri oluşturulmuş ve minimum sıcaklık ortalamalarının farkları alınarak elde edilen serilerdeki eğilimler incelenmiştir. Minimum sıcaklık ortalamalarının farkları ile oluşturulan serilerin trendlerinde, İzmir istasyon çiftleri hariç, % 95 ve üzeri güven aralığında bir artış vardır.
Anahtar Kelimeler: Şehirleşme, minimum ortalama sıcaklık, Mann-Kendall, trend

Abstract
Understanding the long-term change of extreme temperature events is important to the detection and attribution of climate change. However, it's unclear how much effect coming from the urbanization. In this study Ankara, Florya and Goztepe from Istanbul and Izmir were selected as a city station which shows the city characteristics and Beypazari, Kizilcahamam, Esenboga Kirecburnu, Kumkoy, Sile, Seferihisar and Cesme station were selected as rural stations which shows has rural characteristics. If the population less than 100 thousand it's determined as rural area. Turkish State Meteorological Service's mean minimum temperature data with the periods 1971-2014 and Mann-Kendall rank correlation statistics for trend analysis were used. All city stations and rural stations except Beypazari and Kizilcahamam have showed increasing trends in their mean minimum temperatures. And also stations couples were created between city and rural stations by taking the differences from their mean minimum temperature. These station couples' data have also showed significant increasing trend with except Izmir's station couples.
Key words: Urbanization, mean minimum temperature, Mann-Kendall, trend

1. GİRİŞ

Kentlerde yaşayan nüfusun hızla artması sonucunda bu alanlardaki arazi örtüsünde belirgin değişiklikler olmaktadır. Kent içindeki ve çevresindeki doğal peyzajlar taş ve beton yüzeylerle yer değiştirmekte, doğal peyzaj elemanları kent merkezinden gittikçe daha uzağa itilmekte, daha fazla endüstriyel, ticari ve ulaşım servisi, büyüyen kente hizmet vermek üzere

geliştirilmektedir. Kentleşme ve sanayileşme, atmosferin sınır tabakasındaki ısı ve su döngüsünü etkilemekte ve kent iklimini kırsal alandan farklılaştırmaktadır (1).

Hem ülkemizde hem dünyada nüfus hızla artmakta ve bu artışa paralel olarak şehirlere doğru hızlı bir göç yaşanmaktadır. Dünya nüfusunun yarısından fazlası (3.5 Milyar) 2010 yılı itibariyle kentsel alanlarda yaşamakta ve 2030 yılına kadar bu sayının 5 Milyar olması beklenmektedir (2).

Büyük Şehir istasyonu, 500.000'in üzerinde nüfusa sahip bölgelerdeki istasyonlar, orta şehir istasyonu 300.000 ile 500.000 arasında nüfusa sahip bölgelerdeki istasyonlar, küçük şehir istasyonu 100.000 ile 300.000 arasında nüfusa sahip bölgelerdeki istasyonlar ve 100.000'in altında nüfusa sahip olan bölgelerdeki istasyonlar ise kırsal istasyon olarak belirtilmiştir (2;3).

Küresel ortalama yüzey sıcaklıkları artmaktadır. Küresel sıcaklık artışı ve şehirlerin büyümesi (asfalt yüzeylerin artması, nüfus artışına bağlı olarak ulaşımda araç kullanımındaki artmalar ve enerji kullanımının artması gibi değişiklikler) yerel iklim koşulları üzerinde etkiye neden olan iki önemli unsur olarak değerlendirilmektedir.

Yılın ilk on bir ayını kapsayan verilere göre 2016 yılı ortalama küresel sıcaklığı, 2015 yılı rekorunu kırarak, en sıcak yıl olma yolunda ilerliyor. Çok güçlü bir El Nino olayı nedeniyle 2016 yılının ilk aylarında sıcaklıklar zirve yaptı ve yılın ikinci yarısında da uzun dönem ortalamaların çok üzerinde kaldı. Yıl içinde sadece bir ay kalmasına rağmen, NOAA'ya göre, 2016 yılının en güncel küresel sıcaklığı (ocak-kasım döneminde), 20. Yüzyılın ortalaması olan 14.0°C'nin 0.94°C üzerinde gerçekleşerek bu dönemde kaydedilen en yüksek sıcaklık oldu (4;7).

Ülkemizde de dünyadakine benzer şekilde yıllık ortalama sıcaklıklarda bir artış söz konusudur. Türkiye 2016 yılı ortalama sıcaklığı 14.5°C ile 1981-2010 normali olan 13.5°C'nin 1.0°C üzerinde gerçekleşmiştir. En sıcak yıl 2.0°C'lik sapma ile 2010 yılıdır. 2016 yılı 1.0°C fark ile en sıcak dördüncü yıl olmuştur. En sıcak yıl sıralamasına bakıldığında ilk beş sırada yer alan yıllardan üç tanesinin 2010 ve sonrası yıllar olduğu görülmektedir. Türkiye ortalama sıcaklıklarında 1994 yılından bu yana (1997 ve 2011 yılları hariç) pozitif sıcaklık anomalileri mevcuttur (4).

Nüfus artışına bağlı olarak şehirlerimizin büyüyeceği ve 2023 yılında Türkiye Nüfusunun 85 milyona yaklaşacağı beklenmektedir. Kentsel büyüme sonucunda, ilave ısı kaynakları, kent yüzeyindeki değişiklikler ve sera gazlarındaki artış gibi nedenler iklim parametreleri üzerinde etkiye neden olmaktadır.

2. YÖNTEM

Çalışmada için 12 meteoroloji istasyonu belirlenmiş ve bu istasyonların 4 tanesi şehir istasyonu 8 tanesi kırsal istasyon olarak değerlendirmeye alınmıştır. İncelemeler yapılırken nüfusu 100000'nin üzerinde olan bölgelerdeki istasyonlar şehir istasyonu, nüfusu 100.000'in altında olan bölgelerdeki istasyonlar kırsal istasyon olarak tanımlanmıştır (6). Çalışmada minimum sıcaklıkların ortalamaları kullanılmıştır. Ayrıca şehir ile kırsal istasyonlar arasında minimum sıcaklık ortalamaları farkları oluşturulmuştur. Meteoroloji istasyonlarındaki minimum sıcaklık ortalamaların ve aralarındaki farkların eğilimleri parametrik olmayan Mann-Kendall Mertebe Korelasyon İstatistiği ile incelenmiştir.

2.1. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon İstatistiği

Bütün korelasyon yöntemlerinde olduğu gibi Mann-Kendall Mertebe Korelasyonu da iki değişken arasındaki ilişkiyi bulmak için yapılan dağılımdan bağımsız bir yöntemdir (5). Test istatistiğinin (u(t)) pozitif değerleri zamanla bir artış eğiliminin olduğunu, negatif değerler (u(t)<0) zamanla bir azalma eğiliminin olduğunu gösterir. u(t) nin anlamlılık seviyesine karşılık gelen kritik değerlere ulaşması trendin güvenilirlik düzeyinin anlamlı olduğunu gösterir. Grafiksel olarak, u(t) ve geriye doğru test istatistiği olarak hesaplanan u′(t), değişimin başladığı yerde birbirine yaklaşır ve sonra birbirlerinden uzaklaşarak trendin başladığı yer ile önemliliklerini gösterirler. Eğer seri içerisinde herhangi bir trend yok ise u(t) ve u′(t) birbirlerine birçok defa yaklaşarak yakın salınım yaparlar. Bu testte veriler baştan sona doğru numaralandırılarak (i) gerçek veri yerine verinin seri içerisindeki mertebesi (m_i) kullanılır. Her bir "mi", önceki mertebelerden küçük olanlar sayılarak "n_i" gibi bir sayı ile tanımlanır. "n_i" lerin toplamları ile test istatistiği olan "t";

$$t = \sum_{i=1}^{n} n_i$$

eşitliği ile bulunur. Bunun ortalaması;

$$E(t_i) = \frac{n(n-1)}{4}$$

varyansı;

$$\mathrm{var}(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72}$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Test istatistiği u(t) ise;

$$u(t) = \frac{t - E(t)}{\sqrt{\mathrm{var}(t)}}$$

olarak bulunur. Geriye doğru Mann-Kendall Test istatistiği u′(t) de benzer şekilde hesaplanır.

Bu kez veriler sondan başa doğru (i′) numaralandırılır. Gerçek veri yerine verinin seri içerisindeki mertebesi olan her bir "m_i" için, sondan başa doğru kendinden önceki (gerçek anlamda kendinden sonraki yıllarda) kendinden küçük mertebe sayısı "n_i′"ler hesaplanır. "n_i′"lerin toplamları ile test istatistiği olan "t′" bulunur. Bu şekilde hesaplanan geriye doğru Mann-Kendall Test istatistiğinde; u′(t) = - u(t)'dir. u(t) nin ± 1.96'nın üzerindeki değerleri %95 güven aralığını belirlemektedir (5).

3. BULGULAR ve ANALİZ

Ankara için, şehirleşme etkisi kapsamında değerlendirmeleri yapılmak üzere 4 meteoroloji istasyonunun (Keçiören olmak üzere 1 şehir ve Beypazarı, Kızılcahamam ve Esenboğa olmak üzere 3 kırsal) verileri incelenmiştir. Ankara meteoroloji istasyonunun minimum sıcaklık ortalamalarının trendin de 1995 yılından itibaren başlayan bir artış görülmektedir. Kırsal istasyon olarak seçilen Beypazarı, Kızılcahamam ve Esenboğa istasyonları için yapılan hesaplamada, Beypazarı ve Kızılcahamam da bir artış veya azalış eğilimi bulunmazken, Esenboğa meteoroloji istasyonunun trendin de 2005 yılından itibaren başlayan bir artış görülmektedir (Tablo 1).

İncelenen periyodun başlangıcındaki şehir-kırsal istasyon minimum sıcaklık ortalamaları farkları daha düşükken, dönem sonunda şehir-kırsal istasyon farkları artış göstermiştir. Ankara Şehir-kırsal istasyon çiftlerinde yüksek Mann-Kendall istatistikleri vardır. Ankara – Kızılcahamam, Ankara – Beypazarı ve Ankara – Esenboğa istasyon çiftleri için minimum sıcaklıkların ortalamalarının farkları alınarak oluşturulan serilerin trendinde % 95 ve üzeri güven aralığında bir artış vardır. Ankara – Kızılcahamam, Ankara – Beypazarı istasyon çiftlerinin fark serilerinin trendindeki artış daha kuvvetlidir (Tablo 2).

Tablo 1.*Yıllık Minimum Sıcaklık Ortalamalarının Mann-Kendall İstatistikleri*

İstasyon adı	**u(t)değeri**
Ankara *	5,34
Kızılcahamam	1,76
Beypazarı	0,34
Esenboğa *	4,03

* İstatistiksel olarak anlamlı artış eğilimi

Tablo 2. *Şehir ve Kırsal İstasyon Çiftlerinin Minimum Sıcaklık Ortalamaları Farkları için Mann-Kendall İstatistikleri*

İstasyon adı	**U(t)değeri**
Ankara - Kızılcahamam *	6,07
Ankara –Beypazarı *	6,17
Ankara -Esenboğa *	2,08

* İstatistiksel olarak anlamlı artış eğilimi

İstanbul için, şehirleşme etkisi kapsamında değerlendirmeleri yapılmak üzere 5 meteoroloji istasyonunun (Göztepe ve Florya olmak üzere 2 şehir ve Kireçburnu, Kumköy, Şile

3 kırsal) verileri incelenmiştir. Meteoroloji istasyonlarının bireysel olarak minimum sıcaklık ortalamalarındaki eğilimleri Mann-Kendall testi ile incelenmiş olup tablo 5'de verilmiştir. Şehir istasyonu olarak seçilen Göztepe ve Florya meteoroloji istasyonlarındaki trendin artışı kırsal istasyonlarına göre daha yüksektir (Tablo 3).

İstanbul Şehir-kırsal istasyon çiftlerinde yüksek Mann-Kendall istatistikleri vardır. Şehir istasyonu olarak seçilen Göztepe ve Florya istasyonlarının minimum sıcaklık ortalamalarının kırsal istasyonlarla farkları alınarak oluşturulan serilerin trendinde % 95 ve üzeri güven aralığında bir artış vardır (Tablo 3).

Tablo 3. *Yıllık Minimum Sıcaklık Ortalamalarının Mann-Kendall İstatistikleri*

İstasyon adı	**u(t)değeri**
Göztepe *	5,91
Florya *	5,62
Kireçburnu *	3,90
Kumköy *	4,29
Şile *	4,23

* İstatistiksel olarak anlamlı artış eğilimi

Tablo 4. *Şehir ve Kırsal İstasyon Çiftlerinin Minimum Sıcaklık Ortalamaları Farkları için Mann-Kendall İstatistikleri*

İstasyon adı	**U(t)değeri**
Göztepe-Kireçburnu	7,06
Göztepe-Kumköy	5,08
Göztepe-Şile	5,64
Florya-Kireçburnu	4,67
Florya-Kumköy	3,66
Florya-Şile	3,01

İzmir için şehirleşme etkisi kapsamında değerlendirmeleri yapılmak üzere 3 meteoroloji istasyonunun (İzmir olmak üzere 1 şehir, Seferihisar ve Çeşme olmak üzere 2 kırsal) verileri incelenmiştir. Meteoroloji istasyonlarının bireysel olarak minimum sıcaklık ortalamalarındaki eğilimleri Mann-Kendall testi ile incelenmiştir. Seferihisar ve Çeşme meteoroloji istasyonlarının minimum sıcaklık ortalamalarındaki trendin artışı, İzmir meteoroloji istasyonundaki trend artışından daha yüksektir (Tablo 5).

Şehirleşme etkisinin belirlenebilmesi amacıyla, Şehir-kırsal istasyon çiftleri oluşturulmuş ve minimum sıcaklık ortalamalarının farkları alınarak, elde edilen serilerdeki eğilimler incelenmiştir. İzmir ile Seferihisar istasyonlarının minimum sıcaklık ortalamaları farkları alınarak oluşturulan serinin trendinde % 95 ve üzeri güven aralığında bir azalış vardır (Tablo 6).

Tablo 5. *Yıllık Minimum Sıcaklık Ortalamalarının Mann-Kendall İstatistikleri*

İstasyon adı	**u(t)değeri**
İzmir*	4,43
Seferihisar*	5,77
Çeşme*	5,16

* İstatistiksel olarak anlamlı artış eğilimi

Tablo 6. *Şehir ve kırsal istasyon çiftlerinin Minimum Sıcaklık Ortalamaları farkları için Mann-Kendall istatistikleri*

İstasyon adı	**U(t)değeri**
İzmir-Seferihisar	-5,22
İzmir-Çeşme	-1,88

*İstatistiksel olarak anlamlı artış-azalış eğilimi

4. SONUÇ

Küresel ortalama yüzey sıcaklıkları artmaktadır. Ülkemizde de dünyadakine benzer bir şekilde yıllık ortalama sıcaklıklarda bir artış söz konusudur. Bununla beraber kentleşme etkisinin de belirginleşmesi yerel iklim koşulları dolayısı ile canlılar üzerindeki etkinin daha da fazla olmasına neden olmaktadır. Hem ülkemizde hem dünyada nüfus hızla artmakta ve bu artışa paralel olarak şehirlere doğru hızlı bir göç yaşanmaktadır. Şehirler, nüfusları artarken, bir taraftan da alansal olarak büyümektedirler.

Kentleşme, asfalt yüzeylerin artması, ilave ısı kaynaklarının oluşması ve araç kullanımının fazlalaşması gibi nedenlerle doğal doku üzerinde değişikliklere neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak da sıcaklık eğilimlerinde değişiklikler görülmektedir. Bu çalışmada, 12 meteoroloji istasyonu belirlenmiş ve bu istasyonların 4 tanesi şehir istasyonu 8 tanesi kırsal istasyon olarak değerlendirmeye alınmıştır. Sıcaklıkların zamanla arttığı görülmüştür.

Meteoroloji istasyonlarının bireysel olarak yıllık minimum sıcaklık ortalamaları trendleri incelenmiş olup; Şehir istasyonu olarak seçilen istasyonların tamamında (Ankara, İstanbul-Florya, İstanbul-Göztepe, İzmir) yıllık minimum sıcaklık ortalamaları trendlerinde önemli artışlar belirlenmiştir. İstasyonların yıllık minimum sıcaklık ortalamaları serilerindeki trendlerde % 95 ve üzeri güven aralığında artışlar vardır.

Kırsal İstasyon olarak belirlenen istasyonların 6 tanesinin (Esenboğa, Kireçburnu, Kumköy, Şile, Seferihisar ve Çeşme) yıllık minimum sıcaklık ortalamaları trendlerinde artış görülürken 2 tanesinde (Kızılcahamam ve Beypazarı) anlamlı bir artış veya azalış trendi tespit edilmemiştir.

Şehirleşme etkisinin belirlenebilmesi amacıyla, şehir-kırsal istasyon çiftleri oluşturulmuş ve minimum sıcaklık ortalamalarının farkları alınarak elde edilen serilerdeki eğilimler incelenmiştir; Şehir istasyonu olarak seçilen istasyonlarının minimum sıcaklık ortalamalarının kırsal istasyonlarla farkları alınarak oluşturulan serilerin trendlerinde % 95 ve üzeri güven aralığında bir artış vardır (İzmir istasyon çiftleri hariç).

İzmir'de İzmir meteoroloji istasyonu ile Seferihisar istasyonunun minimum sıcaklık ortalamaları farkı alınarak oluşturulan serinin trendinde azalış vardır. Bu da Seferihisar'daki şehirleşme etkisinin İzmir'den daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. İzmir-Çeşme istasyon çiftinde anlamlı bir eğilim bulunmamaktadır. İzmir şehir istasyonunun deniz üzerinden

batıdan gelen sistemlere ve rüzgârlara açık körfez içinde oluşu, bunun tersine Çeşme istasyonunun ters körfezde yani batılı rüzgârlara kapalı bir konumda olması, Seferihisar ilçesinin ise kıyıdan uzak oluşunun minimum sıcaklıklarının yüksek olmasını açıkladığı düşülmektedir. Bu da şu anlama gelmektedir; şehir ve kırsal istasyonlar arasındaki ilişki incelenirken sadece nüfus büyüklüğü, sıcaklık farkları gibi istatistiksel yöntemler ile değil aynı zamanda istasyonların coğrafi konum ve koşulları ile birlikte incelenmesi gereklidir.

Ankara için belirlenen şehir-kırsal istasyon çiftlerinde yüksek Mann-Kendall istatistikleri vardır. Ankara – Kızılcahamam, Ankara –Beypazarı ve Ankara -Esenboğa istasyon çiftleri için minimum sıcaklıkların ortalamalarının farkları alınarak oluşturulan serilerin trendinde % 95 ve üzeri güven aralığında bir artış vardır. Ankara – Kızılcahamam, Ankara – Beypazarı istasyon çiftlerinin fark serilerinin trendindeki artış daha kuvvetlidir. Ankara Esenboğa İstasyon çiftinin farkındaki artışın daha az olması Esenboğa istasyonunun da şehirleşme etkisinden Kızılcahamam ve Beypazarı İstasyonlarına göre daha fazla etkilendiği şeklinde değerlendirilebilir. Beypazarı'nın ormanlık alan olan milli parklara ile Sarıyer Barajına ve Kızılcahamam'ın ise ormanlık alan olan milli parklara ile Eğrekaya Barajına yakın olan konumlarının sıcaklık artışının Ankara istasyonuna göre daha az olmasını açıkladığı düşünülmektedir.

İstanbul için Asya ve Avrupa taraflarında olmak üzere iki şehir istasyon (Göztepe ve Florya) belirlenmiştir. İstanbul Şehir-kırsal istasyon çiftlerinde yüksek Mann-Kendall istatistikleri vardır. Şehir istasyonları olarak seçilen Göztepe ve Florya istasyonlarının minimum sıcaklık ortalamalarının kırsal istasyonlarla farkları alınarak oluşturulan serilerin trendinde % 95 ve üzeri güven aralığında bir artış vardır. Ayrıca Göztepe ile kırsal istasyonların minimum sıcaklık ortalamalarındaki farkların trendlerinin, Florya ile kırsal istasyonların minimum sıcaklık ortalamalarındaki farkların trendinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum Göztepe'deki şehirleşme etkisinin daha fazla olduğu yönünde bir yaklaşım vermektedir. Bu durum Göztepe'deki istasyonun yüksek binalar arasında kalmış olması, Florya istasyonunun ise Florya Atatürk Ormanı içerisinde yer almasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Türkiye'deki tüm kırsal ve şehirsel istasyonlar gibi çalışmada incelemesi yapılan istasyonlar da iklim değişikliğinden etkilenmiştir. Bireysel olarak istasyonları incelediğimizde iklim değişikliğine bağlı artışlar net bir şekilde görülmektedir. Şehir istasyonlarında iklim değişikliğine bağlı artışlara, şehirleşme ile gelen artış miktarı da eklendiği için artış miktarı kırsal alanlara göre daha çok olmaktadır. Ayrıca bu tür çalışmalarda doğru bir yorum yapabilmek için, istatistiksel sonuç ve yorumlardan önce istasyonların coğrafi konum ile koşulları ve bu koşulların meteorolojik parametreler ile iklime olan etkileri de dikkatlice incelenmelidir.

5. KAYNAKLAR

1. Yüksel, Ü.D., ve Yılmaz., O., (2008). Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi, http://www.mmfdergi.gazi.edu.tr/article/view/1061000443
2. Kindap T., Unal A., Ozdemir H., Bozkurt D., Turuncoglu U.U., Demir G., Tayanc M., Karaca M., Chhetri N. (Ed.), "Quantification of the Urban Heat Island Under a Changing Climate over Anatolian Peninsula", 11/2012, ISBN: 978-953-51-0847-4, InTech.
3. Hua, L.J.; MA, Z.G. & Guo, W.D. (2007). The impact of urbanization on air temperature across China. Theoretical and Applied Climatology.
4. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2016), 2016 Yılı İklim Değerlendirmesi, 2016, https://www.mgm.gov.tr/files/en-US/State_of_the_Climate_in_Turkey_in_2016.pdf
5. Sneyers, R.: 1990, On the Statistical Analysis of Series of Observations WMO No:415
6. TÜİK (2015). Türkiye İstatistik Kurumu (Genel Nüfus Sayımı Sonuçları, 1927-2000 ve Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2007-2014). http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist, http://tuikapp.tuik.gov.tr/nufusapp/idari.zul.
7. WMO (2015). https://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/documents/1009_Draft_Statement_2014.pdf
8. Sensoy, S., Türkoğlu,N., Çiçek, İ., Demircan, M., Arabacı, H. And Boluk, E., Urbanization Effect on Trends of Extreme Temperature Indices in Ankara, VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

DON AFETİNİN İKLİM DEĞİŞİKLİ PROJEKSİYONLARINA GÖRE İNCELENMESİ

Yeliz GÜSER, Mesut DEMİRCAN, Hüseyin ARABACI, Mustafa COŞKUN

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara
yguser@mgm.gov.tr, mdemircan@mgm.gov.tr, harabaci@mgm.gov.tr, mustafacoskun@mgm.gov.tr

Özet
"Teknik olarak "don'' kelimesi yüzeyler üzerinde ya çiğin donmasıyla veya su buharının faz değiştirmesiyle buz kristallerinin oluşmasını ifade etmek için kullanılmaktadır". Don olayını afete dönüştürmede en etkili faktör, zirai don olarak tanımladığımız olay; çok düşük hava sıcaklıklarının, kritik derecenin altına düştüğünde bitkinin canlılığını yitirmesi ya da hasar görmesi durumudur. Türkiye'de 2015 yılı kayıtlarına göre meteorolojik kaynaklı toplam afet sayısı 731'dir. Don afeti tüm yıl içinde toplam 52 kez görülmüş olup tüm afetlerin % 7'sini oluşturmaktadır. Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün ürettiği HadGEM2-ES modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları ve gözlem verileri kullanılmıştır. Meteorolojik kayıtlara göre don afeti görülen Afyonkarahisar, Denizli, Konya ve Nevşehir illeri incelenmiş olup özellikle 2050 yılından sonra dolu afet sayısında ciddi düşüşlerin olabileceği görülmektedir.
Anahtar Kelimeler: Don, iklim değişikliği, HadGEM2-ES, RCP4.5, RCP8.5

Abstract
"Technically, the word "frost" refers to the formation of ice crystals on surfaces, either by freezing of dew or a phase change from vapour to ice". The most effective factor in transforming frost into a disaster, i.e. the event defined as agricultural frost, is situation that losing or damaging of the plant's viability due to minimum temperature decreases to critic threshold. The total number of meteorological disasters is 731 according to the records of the year 2015 in Turkey. Frost disaster was seen 52 times in all the year and it is about 7% of all meteorological disasters in 2015. In this study, HadGEM2-ES's RCP4.5 and RCP8.5 scenarios produced by Turkish State Meteorological Service (TSMS) and TSMS observation data are used. Afyonkarahisar, Denizli, Konya and Nevşehir cities are examined, which have the most frost disasters according to the meteorological records. It can be seen that there may be serious reductions in the number of frost disasters for these cities especially after 2050.
Key words: Frost, Climate Change, HadGEM2-ES, RCP4.5, RCP8.5

1. GİRİŞ

Teknik olarak "don'' kelimesi yüzeyler üzerinde ya çiğin donmasıyla veya su buharının faz değiştirmesiyle buz kristallerinin oluşmasını ifade etmek için kullanılmaktadır (1). "Don=Frost'' terimi toprak seviyesinin 1.25-2 m üzerinde uygun hava siperi içerisinde ölçülen hava sıcaklığının 0°C veya daha düşük olma durumudur.

Don olayını afete dönüştürmede en etkili faktör olarak bilinen, zirai don olarak tanımladığımız olay; çok düşük hava sıcaklıkları, kritik derecenin altına düştüğünde bitkinin canlılığını yitirmesi ya da hasar görmesi durumudur. Özellikle meyve ve sebze yetiştiriciliğinde

bu hasarla sık sık karşılaşılır. Bitkinin bünyesindeki su donar dolayısıyla süregelen fizyolojik gelişimi yavaşlar veya durabilir. Özellikle tomurcuklanma ve çiçeklenme sürecinde rastlandığında bitkide ve yapraklarda kararma, yanma ve solmalar meydana gelebilir. Bu durumda ürün verimi, rekoltesi ve kalitesi düşebilir. Çiftçiler, üreticiler dolayısıyla ülke ekonomisi zarara uğrar.

2015 yılındaki kayıtlara baktığımızda, Türkiye'de meteorolojik kaynaklı toplam afet sayısı 731'dir. Bu afetlerden don afeti tüm yıl içinde toplam 52 kez görülmüş olup tüm afetlerin % 7'sini oluşturmaktadır. Don afetinin en çok görüldüğü aylar Nisan, Mart ve Ocak aylardır. Nisan ayında don hadisesinin afete dönüşme riski, bitki ve ağaçların çiçeklenme durumundan dolayı en yüksektir.

İlkbahar, bitkilerin tomurcuklanma, çiçeklenme ve meyve verme dönemleridir. Bitkilerin, ağaçların çok hassas oldukları bu dönemde meydana gelen donlar tarımsal yönden büyük kayıplara yol açarlar. Kışın ise don afeti en çok ulaşımda, ekili tarım alanlarında görülür.

Don afeti zararı en çok ekili tarım arazilerine vermektedir. Özellikle yüksek, karasal kesimlerde ekili dikili alanlar ve kıyı bölgelerinde sebze, meyve bahçeleri, seralar, üzüm bağları, narenciye alanları don afetinden daha çok etkilenmişlerdir. İkinci en çok zarar karayolundaki aşırı buzlanma ve dondan dolayı görülen ulaşımdaki sıkıntılardır. Birçok kaza sonucunda, bunların bir kısmı zincirleme kaza olup ölü ve yaralanmalar görülmüştür.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları temelinde bölgemiz için iklim değişikliği modelleri incelenmiş olup en uygun 3 model olan HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M küresel modelleri seçilmiş olup bu modeller ile bölgesel ölçek küçültme çalışması yapmıştır. Bu modellere ait veriler ile RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli kullanarak Türkiye ve çevresi için 20 km çözünürlüklü iklim projeksiyonları veri setini ölçek küçültme yöntemi ile üretmiştir. Veri setinin referans dönemi 1971-2000, başlangıcı 2016 ve bitiş tarihi 2099 yılının 9. ayıdır. HadGEM2-ES modeli RCP4.5 senaryosuna göre yurdumuzun yıllık ortalama sıcaklıklarının 2016-2099 periyodu için sürekli bir artış eğiliminde olacağı öngörülmektedir. Sıcaklık artışının 1,0 - 4,4°C arasında olacağı hesaplanmıştır. RCP8.5 senaryosu da benzer şekilde olup sıcaklık artışının 0,9 - 7,1°C arasında olacağı hesaplanmıştır (2).

Hava sıcaklığının kritik değere doğru ne zaman düşeceğinin önceden tahmini, aktif dondan koruma metotlarının başlatılması özellikle üreticiler için önemlidir. Son yüzyılda meydana gelen iklim değişikliğinden dolayı önümüzdeki yıllar için öngörülen sıcaklık trendinin nasıl olacağının bilinmesi, birçok alanda yol gösterici olacaktır. İklim değişikliği projeksiyonlarının bu anlamda kullanılması önem arz etmektedir.

2. YÖNTEM

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) günlük minimum sıcaklık verileri ile meteorolojik afet don kayıtları ve MGM'nin, HadGEM2-ES modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları ile ürettiği veri setinden istasyonun konumuna en yakın grid noktasının 2016 - 2099 periyodu veri seti kullanılmıştır.

İllerin gelecekteki don afeti sayılarını bulmak için sırasıyla şu işlemler yapılmıştır. İstasyonların kuruluşundan itibaren görülen don afetinin gerçekleştiği günün minimum sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Tüm yıllar için illerde don afetinin görüldüğü aya ait günlük minimum sıcaklık değerlerinin en yüksek değeri alınmıştır. Bu değer, o il ve o ay için don afetinin olabileceği eşik değeri olarak kabul edilmiştir. 1971-2000 yılları arasında günlük sıcaklık model ve gözlem verileri saçılım diyagramlarından elde edilen doğrusal regresyon (R2) değerleri incelenmiştir. Model verileri, elde edilen regresyon formülünden yararlanılarak düzeltilmiş ve düzeltilmiş veri seti elde edilmiştir.1971-2000 yılları için il ve o ay bazında toplam don afeti gün sayıları belirlenmiştir (Tablo1). Aynı şekilde 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 periyodları için eşik değerinin altındaki gün sayıları belirlenmiştir. Bu değerler 1971-2000 dönemindeki aylara ait toplam afet sayısı ve eşik değerin altındaki toplam gün sayısı ile orantılanarak 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 periyodları için afet sayıları hesaplanmıştır. 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 periyodlarındaki afet gün sayıları ile 1971-2000 yılları arasındaki afet gün sayıları oranlanarak her bir periyod için don afeti azalma yüzdeleri elde edilmiştir.

Tablo 1. *Periyodlardaki eşik değerinin altındaki gün sayılarının afet sayısı ile ilişkilendirilerek değişimi*

Periyotlar	Gün Sayısı (≤ Eşik Değeri)	Afet Sayısı	Değişim (%)
1971-2000 Model	303	4	Referans Periyodu
2016-2040 Model	186	2.5	-38
2041-2070 Model	223	2.9	-28
2071-2099 Model	162	2.1	-48

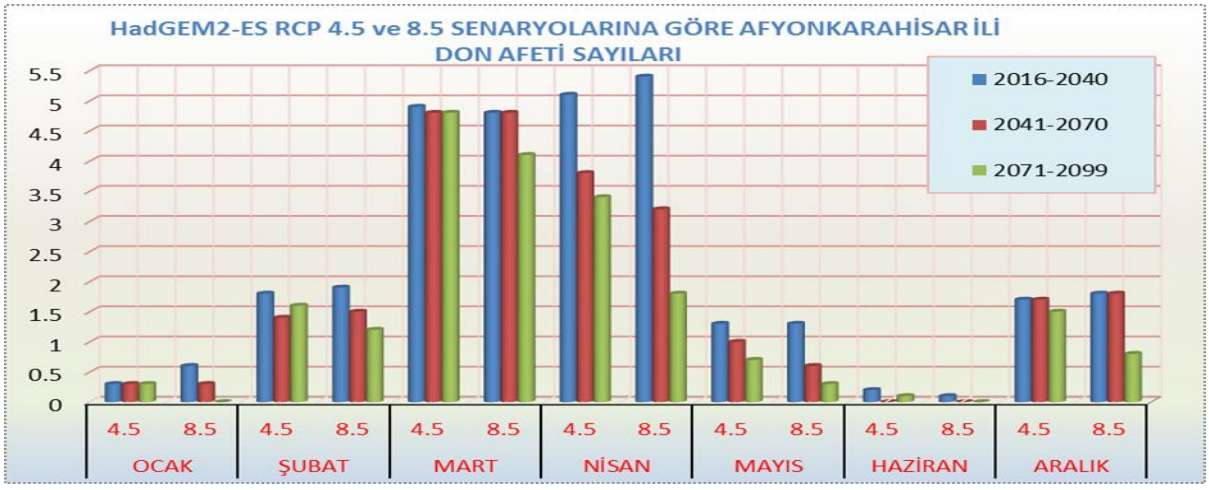
3. BULGULAR ve ANALİZ

Bu çalışmada Afyonkarahisar, Denizli, Konya ve Nevşehir illerindeki don afetinin iklim değişikliği projeksiyonları kapsamındaki değişimi incelenmiştir.

Afyonkarahisar'da gerçekleşen don afetlerinin sayıları (1971-2000); Ocak ayında 1, Şubat ayında 3, Mart ayında 5, Nisan ayında 8, Mayıs ayında 2, Haziran ayında 1 ve Aralık

ayında 2 olarak tespit edilmiştir. İklim değişikliği modeli senaryolarına göre don afetindeki gelecek dönem değişiklikler aşağıdadır:

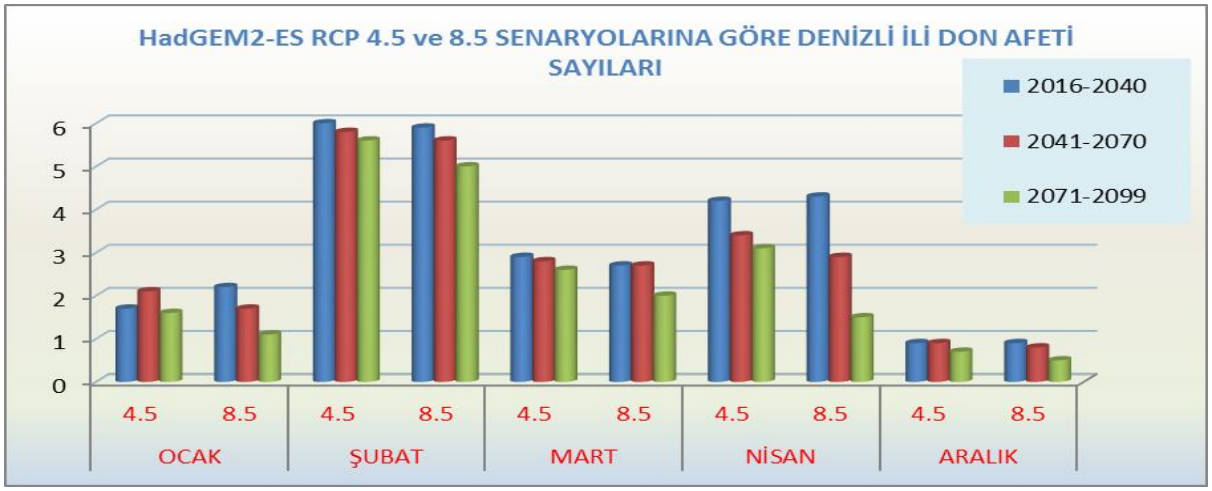
Afyonkarahisar'da Ocak ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 periyodlarında %70'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir (Şekil 1). RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %40, 2041-2070 periyodunda %70 ve 2071-2099 periyodunda %95'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Şubat ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %40, 2041-2070 periyodunda %53 ve 2071-2099 periyodunda %47'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %37, 2041-2070 periyodunda %50 ve 2071-2099 periyodunda %60'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Mart ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %2 ve 2041-2070 ile 2071-2099 periyodlarında %4'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 ile 2041-2070 periyodlarında %4 ve 2071-2099 periyodunda %18'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Nisan ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %36, 2041-2070 periyodunda %53 ve 2071-2099 periyodunda %58'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %33, 2041-2070 periyodunda %60 ve 2071-2099 periyodunda %78'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Mayıs ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %35, 2041-2070 periyodunda %50 ve 2071-2099 periyodunda %65'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %35, 2041-2070 periyodunda %70 ve 2071-2099 periyodunda %85'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Haziran ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %80, 2041-2070 periyodunda %95 ve 2071-2099 periyodunda %90'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %90 ve 2041-2070 ile 2071-2099 periyodlarında %95'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Aralık ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 ile 2041-2070 periyodlarında %15 ve 2071-2099 periyodunda %25'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 ile 2041-2070 periyodlarında %10 ve 2071-2099 periyodunda %60'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir.



Şekil 1. *Afyonkarahisar ilinde don afet sayılarının HadGEM2-ES senaryolarına göre değişimi.*

Denizli'de gerçekleşen don afetlerinin sayıları (1971-2000); Ocak ayında 3, Şubat ayında 6, Mart ayında 3, Nisan ayında 6 ve Aralık ayında 1 olarak tespit edilmiştir. İklim değişikliği modeli senaryolarına göre don afetindeki gelecek dönem değişiklikler aşağıdadır:

Denizli'de Ocak ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %43, 2041-2070 periyodunda %30 ve 2071-2099 periyodunda %47'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir (Şekil 2). RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %27, 2041-2070 periyodunda %43 ve 2071-2099 periyodunda %63'lük bir azalma olacağı öngörülmektedir. Şubat ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda azalış olmayacağı, 2041-2070 periyodunda %3 ve 2071-2099 periyodunda %7'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %2, 2041-2070 periyodunda %7 ve 2071-2099 periyodunda %17'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Mart ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %3, 2041-2070 periyodunda %7 ve 2071-2099 periyodunda %13'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre 2016-2040 ile 2041-2070 periyodlarında %10 ve 2071-2099 periyodunda ise %33'lük bir azalma olacağı öngörülmektedir. Nisan ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %30, 2041-2070 periyodunda %43 ve 2071-2099 periyodunda %48'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %28, 2041-2070 periyodunda %52 ve 2071-2099 periyodunda %75'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Aralık ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 ile 2041-2070 periyodlarında%10 ve 2071-2099 periyodunda %30'luk bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %10, 2041-2070 periyodunda %20 ve 2071-2099 periyodunda %50'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir.

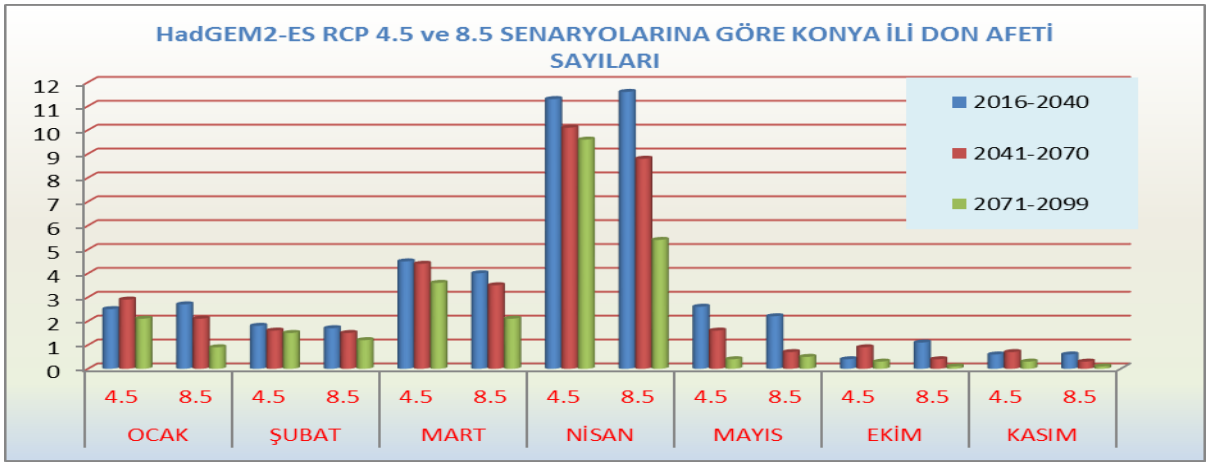


Şekil 2. *Denizli ilinde don afet sayılarının HadGEM2-ES senaryolarına göre değişimi.*

Konya'da gerçekleşen don afetlerinin sayıları (1971-2000); Ocak ayında 4, Şubat ayında 2, Mart ayında 6, Nisan ayında 14, Mayıs ayında 5, Ekim ayında 1 ve Kasım ayında 1

olarak tespit edilmiştir. İklim değişikliği modeli senaryolarına göre don afetindeki gelecek dönem değişiklikler aşağıdadır:

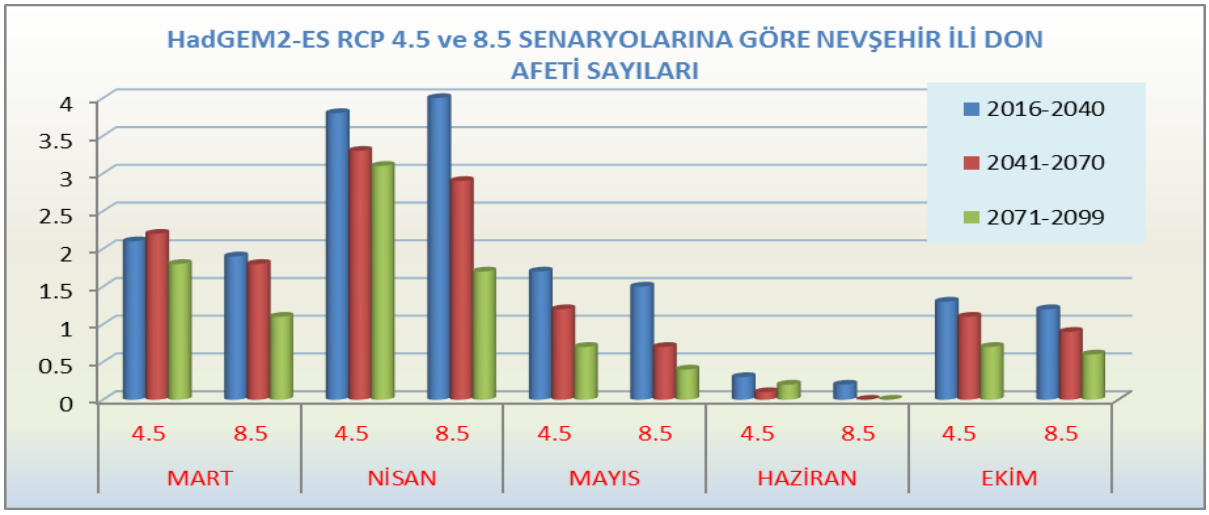
Konya'da Ocak ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %38, 2041-2070 periyodunda %28 ve 2071-2099 periyodunda %48'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %33, 2041-2070 periyodunda %48 ve 2071-2099 periyodunda %78'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir (Şekil 3). Şubat ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %38, 2041-2070 periyodunda %28 ve 2071-2099 periyodunda %48'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %15, 2041-2070 periyodunda %25 ve 2071-2099 periyodunda %40'lık bir azalma olacağı öngörülmektedir. Mart ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %25, 2041-2070 periyodunda %27 ve 2071-2099 periyodunda %40'lık bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %33, 2041-2070 periyodunda %42 ve 2071-2099 periyodunda %65'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Nisan ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %19, 2041-2070 periyodunda %28 ve 2071-2099 periyodunda %31'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %17, 2041-2070 periyodunda %37 ve 2071-2099 periyodunda %61'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Mayıs ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %48, 2041-2070 periyodunda %68 ve 2071-2099 periyodunda %92'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %56, 2041-2070 periyodunda %86 ve 2071-2099 periyodunda %90'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Ekim ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %60, 2041-2070 periyodunda %10 ve 2071-2099 periyodunda %70'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %10, 2041-2070 periyodunda %60 ve 2071-2099 periyodunda %90'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Kasım ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %40, 2041-2070 periyodunda %30 ve 2071-2099 periyodunda %70'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %40, 2041-2070 periyodunda %70 ve 2071-2099 periyodunda %90'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir.



Şekil 3. *Konya ilinde don afet sayılarının HadGEM2-ES senaryolarına göre değişimi.*

Nevşehir'de gerçekleşen don afetlerinin sayıları (1971-2000); Mart ayında 3, Nisan ayında 5, Mayıs ayında 3, Haziran 1 ve Ekim ayında 2 olarak tespit edilmiştir. İklim değişikliği modeli senaryolarına göre don afetindeki gelecek dönem değişiklikler aşağıdadır:

Nevşehir'de Mart ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %30, 2041-2070 periyodunda %27 ve 2071-2099 periyodunda %40'lık bir azalma olacağı öngörülmektedir (Şekil 4). RCP8.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %37, 2041-2070 periyodunda %40 ve 2071-2099 periyodunda %63'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Nisan ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %24, 2041-2070 periyodunda %34 ve 2071-2099 periyodunda %38'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %20, 2041-2070 periyodunda %42 ve 2071-2099 periyodunda %66'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Mayıs ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %43, 2041-2070 periyodunda %60 ve 2071-2099 periyodunda %77'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %50, 2041-2070 periyodunda %77 ve 2071-2099 periyodunda %87'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Haziran ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %70, 2041-2070 periyodunda %90 ve 2071-2099 periyodunda %80'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %80 ve 2041-2070 ile 2071-2099 periyodlarında %95'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. Ekim ayında RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2040 periyodunda %35, 2041-2070 periyodunda %45 ve 2071-2099 periyodunda %65'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2040 periyodunda %40, 2041-2070 periyodunda %56 ve 2071-2099 periyodunda %70'lik bir azalma olacağı öngörülmektedir.



Şekil 4. *Nevşehir ilinde don afet sayılarının HadGEM2-ES senaryolarına göre değişimi.*

4. SONUÇ

Bu çalışmada, meteorolojik kayıtlara göre don afeti görülen Afyonkarahisar, Denizli, Konya ve Nevşehir illeri için afetin gelecekteki durumu ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışmada, günlük minimum sıcaklıklar, meteorolojik afet (fevk) kayıtları ve iklim değişikliği projeksiyonlarından HadGEM2-ES modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kullanılmıştır. Öncelikle don afetinin görüldüğü tarihler ile günlük minimum sıcaklıklar kullanılarak, her il ve ay için don afetinin görülme ihtimali olan eşik değer tespit edilmiştir. Eşik değerler ve modelin minimum sıcaklık parametresi kullanılarak, modelin referans periyodu (1971-2000) boyunca eşik değere eşit veya altındaki gün sayısı tespit edilmiştir. Aynı tespit modelin her iki senaryosu için 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 periyodları boyunca da yapılmıştır. Elde edilen gün sayıları 1971-2000 döneminde görülen don afeti sayıları ile orantılanarak gelecekteki durumu yüzdelik olarak hesaplanmıştır. Öngörülen don afeti değişimleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Özellikle 2071-2099 minimum sıcaklık değerlerindeki bu yükselme çok dikkat çekicidir. Tüm periyodlarda öngörülen sıcaklık artışının tersine donlu gün sayılarındaki azalış göze çarpmaktadır. Tüm illerde her iki senaryoda da tüm periyodlarda, referans periyoda (1971-2000) göre donlu gün ve don afeti sayılarında azalış beklenmektedir.

Çalışma sırasındaki zorluklar, meteorolojik afet kayıtlarının istasyon merkezleri tarafından yapılması ve il/ilçe alanlarının büyüklüğü nedeniyle köylerde ya da kırsal kesimlerde meydana gelen meteorolojik afetlerin gözden kaçırılmasıdır. Diğer bir konuda meteorolojik aşırı koşulların afet sayılabilmesi için çevreye ve canlılara bir etkisinin olmasıdır. Aynı şartlardaki iki meteoroloji olayın; bir tanesi alınan önlemler sonucu afet olmazken, diğeri önlem olmadığı için ya da önlemlere rağmen afet olabilmektedir. Bu durum meteorolojik afetler için eşik değeri belirleme ve meteorolojik afetler için risk-etki alanı çalışmalarını da olumsuz şekilde etkilemektedir. Meteorolojik afetlere karşı sigorta sistemi geliştirilmesi, mevcut

sigortaların (tarım, trafik vb.) geliştirilmesi ve zorunlu hale getirilmesinin; hem afetlere karşı maruziyetleri azaltması hem de afet sayı ve alanlarının doğru belirlenmesi konusunda faydalı olacağı düşünülmektedir.

İklim değişimi ile oluşacak yeni iklim şartları ve oluşacak meteorolojik afetler konusunda en riskli bitki türleri ülkemizdeki endemik bitkilerdir. Bilindiği gibi endemik bitkilerin ortaya çıkmasında en önemli etken iklimdir. Afyonkarahisar sınırlarında doğal olarak yayılış gösteren yaklaşık 300 endemik tür olduğu tespit edildi. Konya'da endemik tür sayısı 590 olup bunun 118'i lokal endemiktir. Denizli içerdiği 22,500 endemik bitki türü ile Honaz Dağını sınırları içine alır. Nevşehir'de118 endemik tür, Göreme Tepeleri'nde ise 23 nadir bitki bulunur. Yeni iklim şartlarına uyum sağlayamadıkları ve meteorolojik afetlere maruz kaldıkları durumda yok olma riskleri mevcuttur. İklim değişimine karşı uyum geliştirebilen bitkiler için ise oluşacak yeni iklim şartlarında meteorolojik afet eşik değerlerinin değişmesi söz konusu olacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. http://www.fao.org/docrep/008/y7223e/y7223e07.htm
2. Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği, 2015, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara.
3. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2016), 2016 Yılı İklim Değerlendirmesi, 2016, https://www.mgm.gov.tr/files/en-US/State_of_the_Climate_in_Turkey_in_2016.pdf
4. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri İl Çevre Durum Raporları; Afyonkarahisar (2015); Konya(2015; Denizli (2015); Nevşehir (2015).

KARAMAN ve KARAPINAR'IN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ TRENDLERİ

Serhat Sensoy[1], Mustafa Coşkun[1], Utku M. Sumer[1], Mesut Demircan[1], Hüdaverdi Gürkan[1], Osman Eskioğlu[1], Başak Yazıcı[1], Necla Türkoğlu[2], İhsan Çiçek[2]

[1] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Başkanlığı, Ankara
[2] Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Ankara

ssensoy@mgm.gov.tr ; mustafacoskun@mgm.gov.tr ; umsumer@mgm.gov.tr ; mdemircan@mgm.gov.tr ; hgurkan@mgm.gov.tr ; oeskioglu@mgm.gov.tr ; byazici@mgm.gov.tr ; nturkoglu@ankara.edu.tr ; ihsan.cicek@ankara.edu.tr

Özet

Kurak ve yarı kurak alanlarda bulunan havzalar, iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek havzalardır. Bu çalışmada 1960-2010 yıllarına ait iklim verileri kullanılarak Karaman ve Karapınar'ın iklim indisleri üretilmiş ve indislerdeki trendler incelenmiştir. Sıcaklık ve yağış verilerinin Mann-Kendall Testi ve Sen eğim tahminleri hesaplanmıştır. Ayrıca Konya Kapalı Havzası için RegCM4 bölgesel iklim modeli ile üretilen sıcaklık ve yağış projeksiyonları incelenmiştir. Mann-Kendall Testi ve Sen eğim tahminleri sonuçlarına göre, yıllık ortalama sıcaklık trendlerinde Karaman, Karapınar ve Ereğli'de sırasıyla 2.5, 2.1 ve 4.5°C/100 yıl şeklinde önemli artışlar; yağışlarda ise Karaman'da %90 önemlilikte 135 mm/100 yıl, Karapınar ve Ereğli'de ise sırasıyla 26 ve 52 mm/100 yıl olmak üzere, azalış eğilimleri söz konusudur. İklim indisleri trendlerinde ise Karapınar ve Karaman'ın yağışlarında 25 ve 83 mm/100 yıl şeklinde azalış, ardışık kurak günler sayısında 21 ve 15 gün/100 yıl şeklinde artış; yaz günleri sayısında 32 ve 33 gün /100 yıl şeklinde artış; tropik geceler sayısında ise sırasıyla 1.2 ve 7 gün /100 yıl şeklinde artış eğilimleri bulunmuştur. Konya Kapalı Havzasında, mevsimlere ve dönemlere göre değişmek üzere, 2099'a kadar HadGEM RCP4.5 sıcaklık projeksiyonları 1.5 - 4.0°C artış öngörürken, MPI RCP4.5 yağış projeksiyonları, %10 - 50'ye varan oranlarda azalmaya işaret etmektedir.

Anahtar sözcükler: *Karaman, Karapınar, iklim değişikliği, indisler, projeksiyonlar*

Abstract

The water basins in arid and semi-arid areas will be more affected by climate change. In this study, climate indices of Karaman and Karapınar were produced using climate data for 1960-2010 and the trends in indices were calculated. The Mann-Kendall Test and Sen's slope estimates of temperature and precipitation data were calculated. RegCM4 temperature and precipitation projections have been taken into consideration. According to Mann-Kendall Test and Sen's slope estimate; significant increases in temperature trends were calculated for Karaman, Karapınar and Ereğli as 2.5, 2.1 and 4.5°C/100 years, respectively. In the case of rainfall, the decreasing tendency found about 135, 26 and 52 mm/100 years in Karaman Karapınar and Ereğli respectively. In the trends of climate indices, in Karapınar and Karaman decrease in annual precipitation by 25 and 83 mm/100 years, increase in the number of consecutive dry days by 21 and 15 days/100 years, increase in number of summer days by 32

and 33 days/100 years, increase in number of tropical nights by 1.2 and 7 days/100 years, have been found respectively. In Konya Closed Basin, temperature projections show an increase by 1.5-4.0°C and precipitation projections show a decrease by 10-50% changing by seasons and periods up to 2099.

Key words: *Karaman, Karapınar, climate change, indices, projections*

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler, Türkiye'yi çölleşme konusunda 'hassas' ülkelerden biri olarak değerlendirmektedir. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele (ÇEM) Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK-BİLGEM tarafından hazırlanan Projede üretilen Türkiye Çölleşme Risk Haritasına göre; ülkemizin yaklaşık yüzde 47'si orta ve çok yüksek risk grubunda yer almaktadır. Karaman ve Karapınar da bunlardan biridir [5], [6]. İklim değişikliği havzada azalan su miktarları, artan sıcaklıklar ve artan buharlaşma miktarları ile çölleşme riskini daha da artıracaktır.

2. VERİ VE METOT

Mann-Kendall trend hesaplarında 1965-2015 iklim verileri, indis hesaplarında 1960-2010 yılı iklim verileri, iklim modelinde ise 1971-2000 baz periyodu kullanılmıştır.

Alansal yağış Coğrafi Bilgi Sistemi altında Kriging metodu kullanılarak hesaplanmıştır.

Mann-Kendall Test ve Sen eğim tahminleri sıcaklık ve yağış parametrelerinin eğim ve istatistiksel anlamlılık düzeylerini belirlemek için kullanılmıştır [3].

RClimDex yazılımı iklim indislerini hesaplamak için kullanılmıştır. Üretilen indisler maksimum sıcaklığın >25°C olduğu Yaz Günleri Sayısı (SU25), minimum sıcaklığın >20°C olduğu Tropik Geceler Sayısı (TR20), Toplam Yağış (PRCPTOT) ve Ardışık Kurak Günler sayısı (CDD) indisleridir [4].

2099 yılına kadar sıcaklık ve yağış projeksiyonları RegCM4 bölgesel iklim modeli altında HadGEM, ve MPI küresel veri setleri kullanılarak ve RCP4.5 senaryosu ile 20 x 20 km çözünürlüklü olarak üretilmiştir [1].

3. BULGULAR

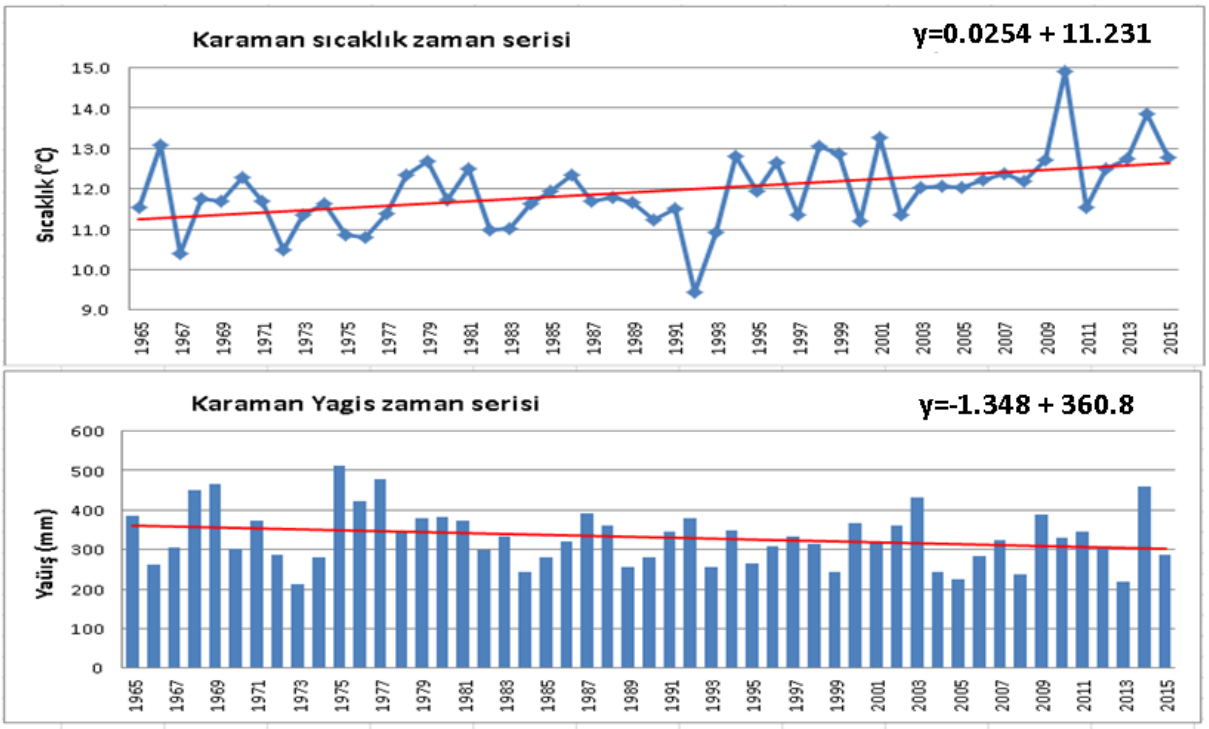
Tablo 1. *Karaman, Karapınar ve Ereğli'nin Mann-Kendall Trend istatistikleri*

				Mann-Kendall trend			Sen's slope estimate				
Time series	First year	Last Year	n	Ort.	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95
Karaman Sıcaklık	1965	2015	51	11.9	3.30	***	0.025	0.007	0.047	0.012	0.043
Karapınar Sıcaklık	1965	2015	51	11.2	2.39	*	0.021	-0.002	0.040	0.004	0.035
Eregli Sıcaklık	1965	2015	51	11.6	4.30	***	0.045	0.019	0.068	0.025	0.062
Karaman Yagis	1965	2013	49	331.1	-1.79	+	-1.348	-3.297	0.622	-2.712	0.124
Karapınar Yagis	1965	2009	45	285.5	-0.30		-0.256	-2.313	1.471	-1.653	1.026
Eregli Yagis	1965	2010	46	307.6	-0.84		-0.524	-2.663	1.248	-2.048	0.756

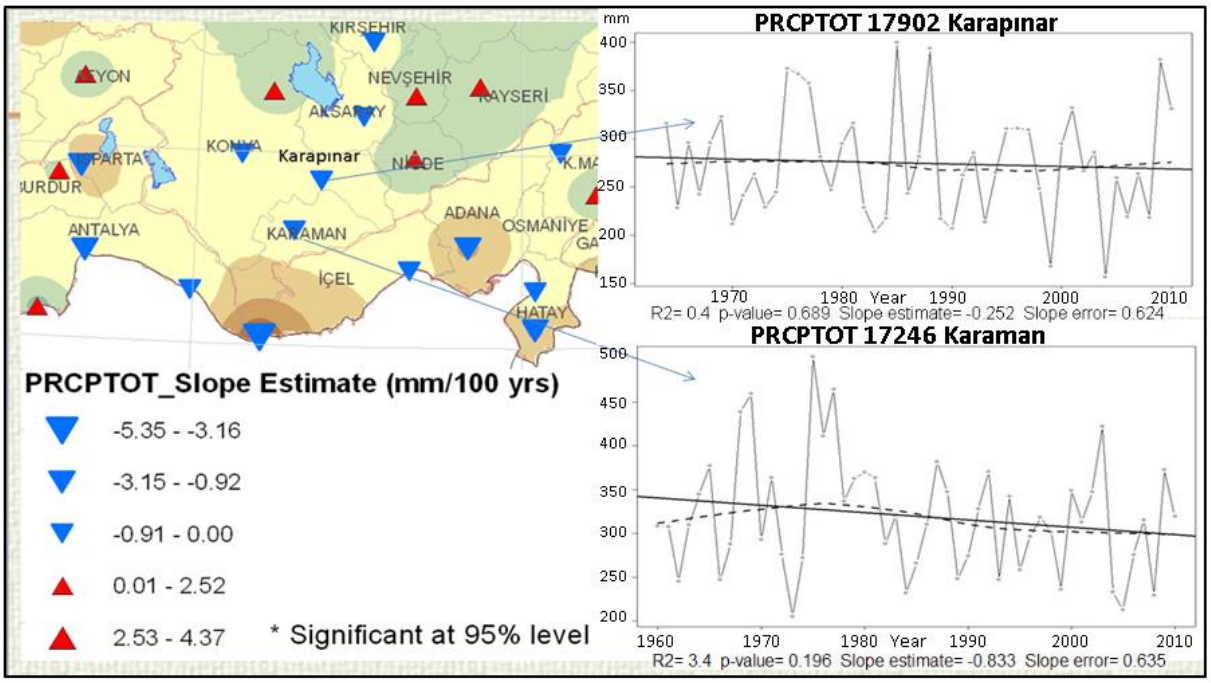
Trend önemlilik seviyeleri: ***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05, +p<0.1 [3].

- Ortalama sıcaklık trendlerinde Karaman, Karapınar ve Ereğli'de sırasıyla 2.5, 2.1 ve 4.5°C/100 yıl şeklinde istatistiksel olarak önemli artış eğilimleri bulunmuştur.

- Yağışlarda ise Karaman'da %90 önemlilikte 135 mm/100 yıl, Karapınar ve Ereğli'de ise sırasıyla 26 ve 52 mm/100 yıl olmak üzere, istatistiksel olarak önemli olmayan azalma eğilimleri söz konusudur.

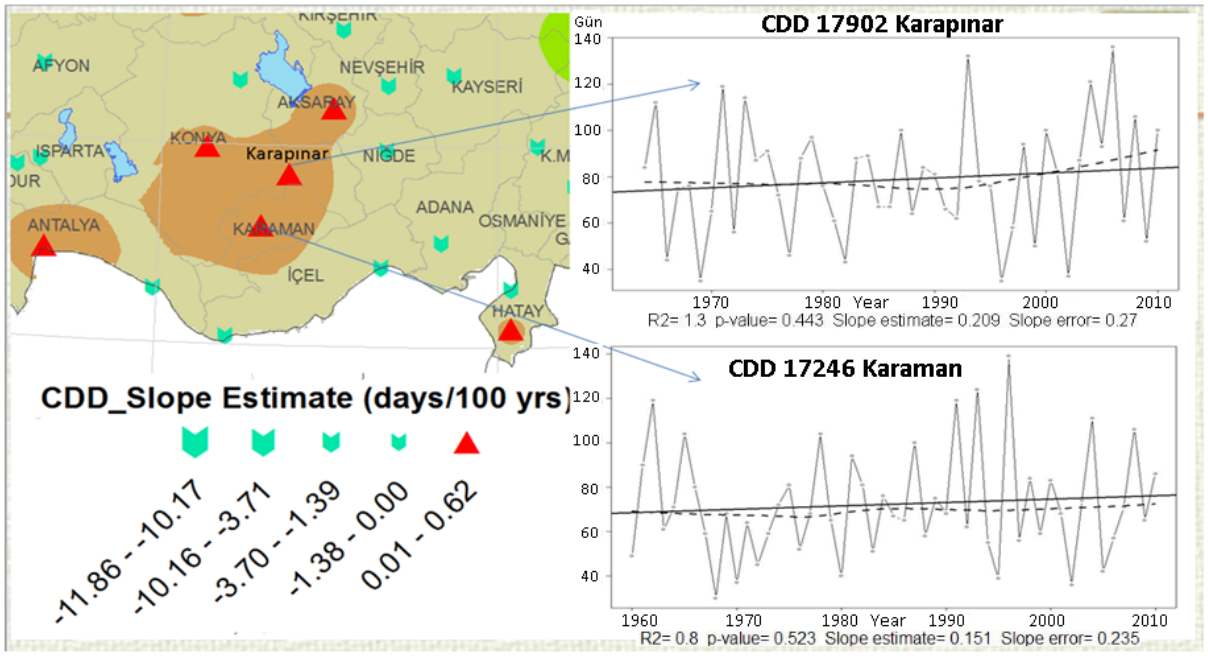


Şekil 1*. Karaman yıllık ortalama sıcaklık ve toplam yağış zaman serileri ile bunların trendleri*



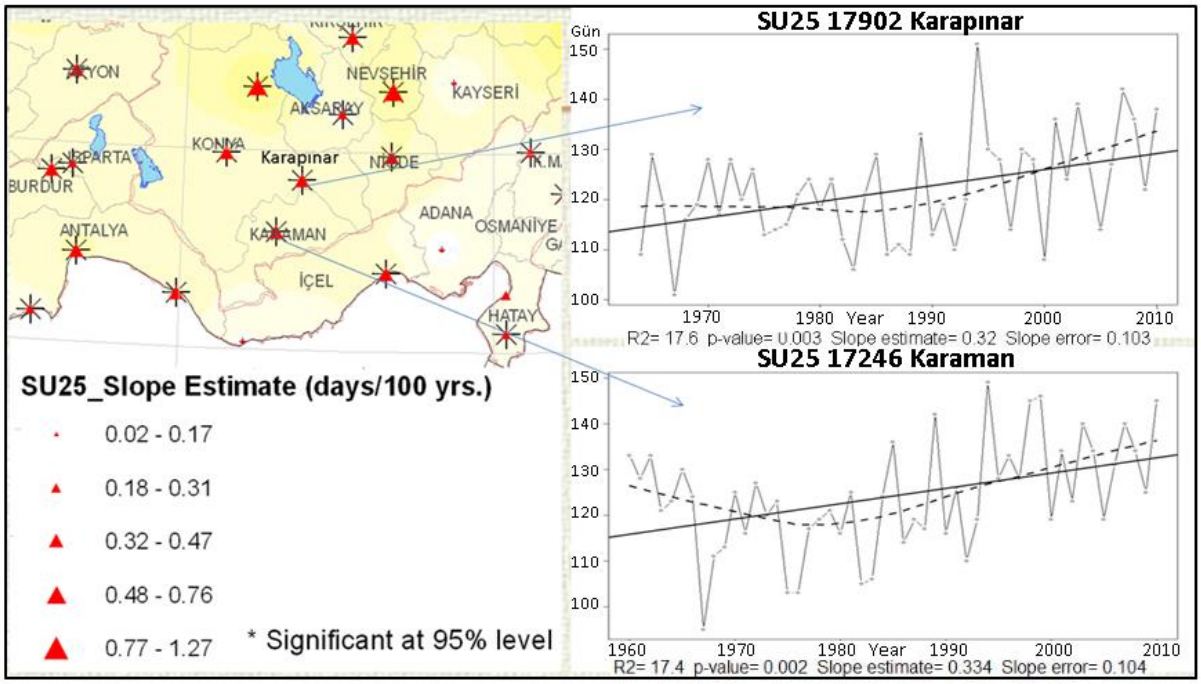
***Şekil 2**. Karapınar ve Karaman Toplam Yağış (PRCPTOT) indisi trendleri* [4].

Karapınar'da toplam yağış 25 mm/100 yıl, Karaman'da ise 83 mm/100 yıl şeklinde azalış eğiliminde, her iki trend istatistiksel olarak önemsizdir.



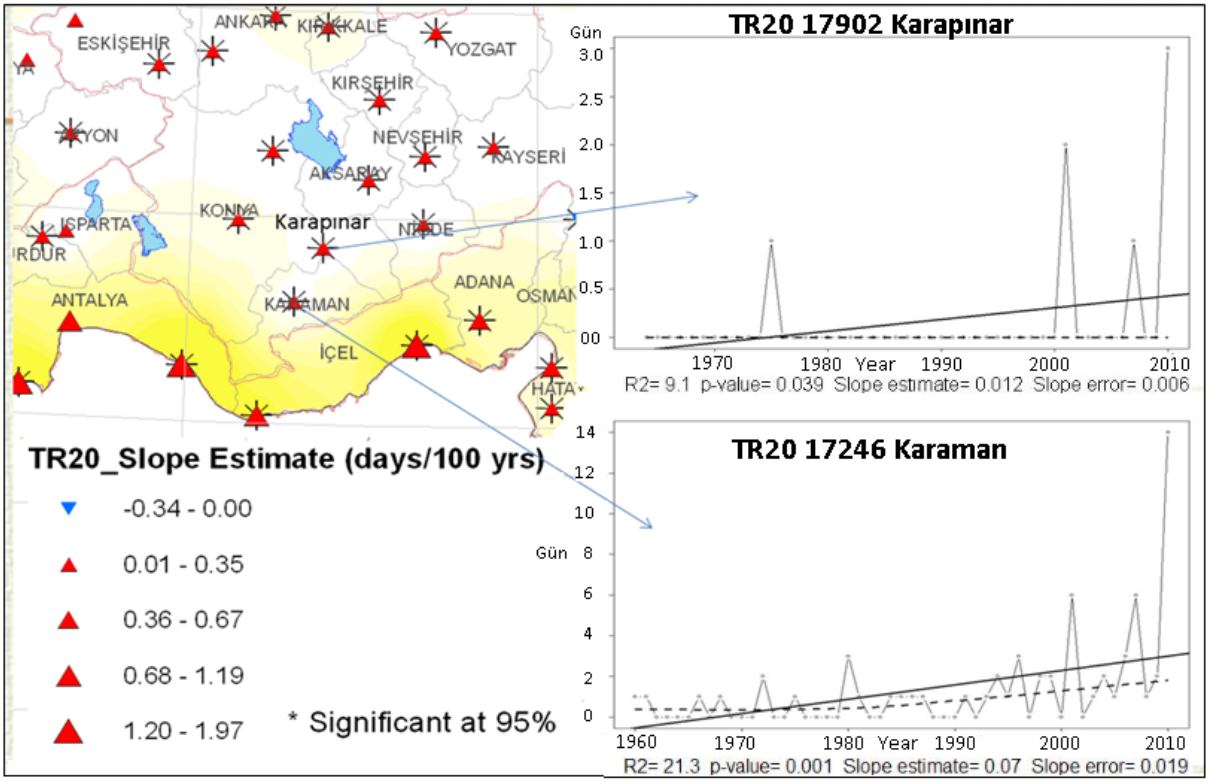
***Şekil 3**. Karapınar ve Karaman Ardışık Kurak Günler (CDD) sayısı trendleri* [4].

Karapınar'da ardışık kurak günler sayısı 21 gün/100 yıl, Karaman'da ise 15 gün/100 yıl şeklinde artış eğiliminde, her iki trend istatistiksel olarak önemsizdir. Bu trendler küresel projeksiyonlarla da uyumludur.



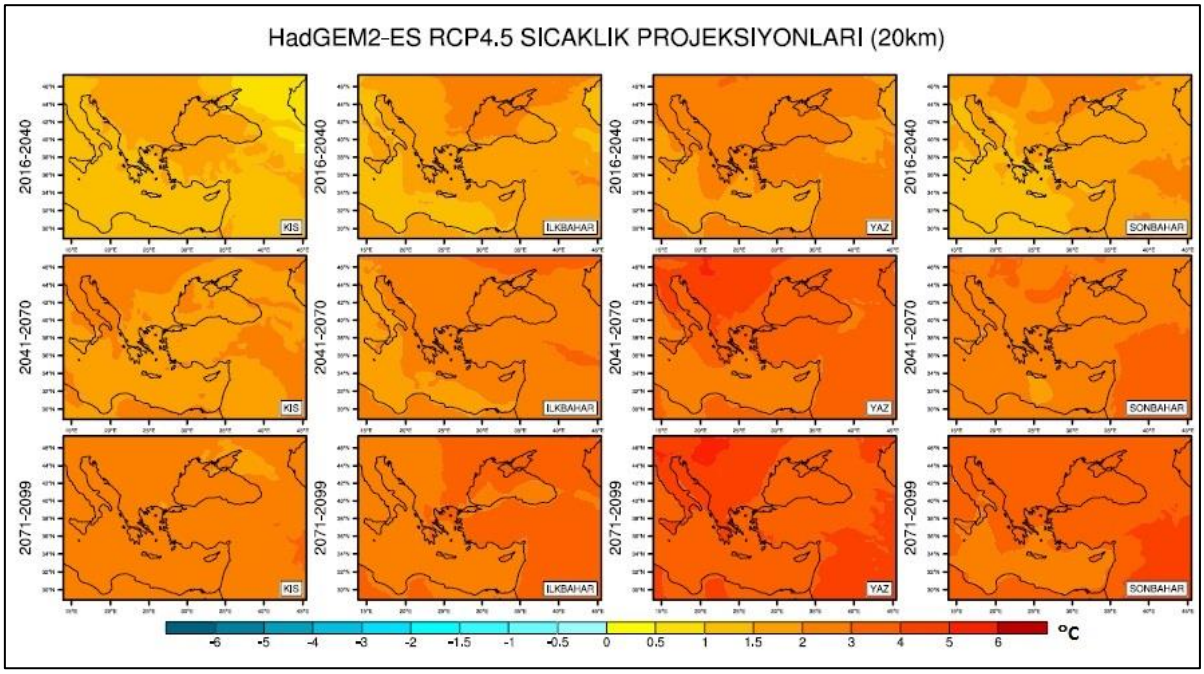
***Şekil 4**. Karapınar ve Karaman Yaz Günleri (SU25) sayısı trendleri* [4].

Karapınar'da yaz günleri sayısı 32 gün/100 yıl, Karaman'da ise 33 gün/100 yıl şeklinde artış eğiliminde, her iki trend istatistiksel olarak önemlidir (Şekil 4).



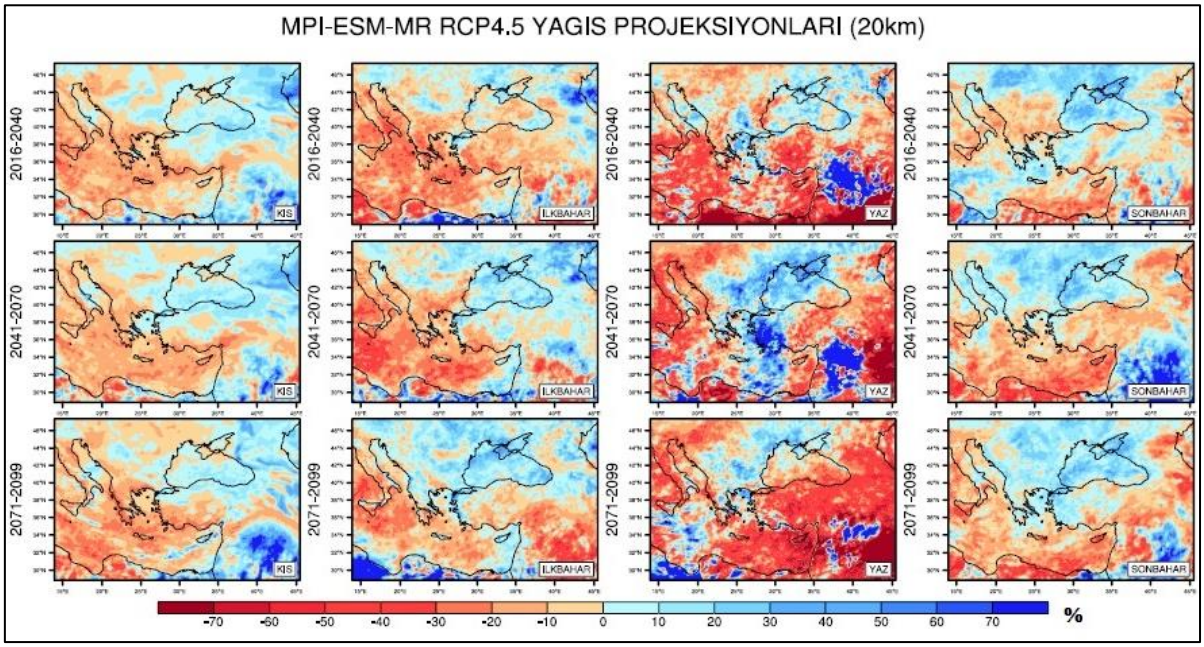
***Şekil 5**. Karapınar ve Karaman Tropik Geceler (TR20) sayısı trendleri* [4].

Karapınar'da tropik geceler sayısı 1.2 gün/100 yıl, Karaman'da ise 7 gün/100 yıl şeklinde artış eğiliminde, her iki trend istatistiksel olarak önemlidir (Şekil 5).



***Şekil 6**. RCP4.5 senaryosu ile HadGEM sıcaklık projeksiyonları* [1].

HadGEM verisi kullanılarak RCP4.5 senaryosu ile hazırlanan projeksiyonlarında Konya Kapalı Havzasında mevsimlere ve dönemlere göre değişmek üzere yüzyılın sonuna doğru 1.5-4.0°C arasında sıcaklık artışları olması beklenmektedir (Şekil 6).



***Şekil 7**. RCP4.5 senaryosu ile MPI yağış projeksiyonları* [1].

MPI verisi kullanılarak RCP4.5 senaryosu ile hazırlanan projeksiyonlarında; Konya Kapalı Havzasında yağışların mevsimlere ve dönemlere göre değişmek üzere %10-50 azalacağı öngörülmektedir. Özellikle 2071-2099 döneminde tüm mevsimlerde ciddi yağış azalmaları öngörülmektedir.

4. SONUÇLAR

Mann-Kendall Testi ve Sen eğim tahmini sonuçları

Ortalama sıcaklık trendlerinde Karaman, Karapınar ve Ereğli'de sırasıyla 2.5, 2.1 ve 4.5°C/100 yıl şeklinde istatistiksel olarak önemli artışlar; yağışlarda ise Karaman'da %90 önemlilikte 135 mm/100 yıl, Karapınar ve Ereğli'de ise sırasıyla 26 ve 52 mm/100 yıl olmak üzere azalma eğilimleri bulunmuştur.

İklim indisleri sonuçları

Karapınar'da toplam yağış 25mm/100 yıl, Karaman'da ise 83mm/100 yıl şeklinde azalış eğiliminde, her iki trend istatistiksel olarak önemsizdir. Karapınar'da ardışık kurak günler sayısı 21 gün/100 yıl, Karaman'da ise 15 gün/100 yıl şeklinde artış eğiliminde, her iki trend

istatistiksel olarak önemsizdir. Karapınar'da yaz günleri sayısı 32 gün/100 yıl, Karaman'da ise 33 gün/100 yıl şeklinde artış eğiliminde, her iki trend istatistiksel olarak önemlidir. Karapınar'da tropik geceler sayısı 1.2 gün/100 yıl, Karaman'da ise 7 gün/100 yıl şeklinde artış eğiliminde, her iki trend istatistiksel olarak önemlidir.

RegCM4 bölgesel iklim modeli projeksiyon sonuçları

HadGEM verisi kullanılarak RCP4.5 senaryosu ile hazırlanan projeksiyonlarında Konya Kapalı Havzasında mevsimlere ve dönemlere göre değişmek üzere yüzyılın sonuna doğru 1.5 - 4.0°C arasında sıcaklık artışları olması beklenmektedir (Şekil 6). MPI verisi kullanılarak RCP4.5 senaryosu ile hazırlanan projeksiyonlarında; Konya Kapalı Havzasında yağışların mevsimlere ve dönemlere göre değişmekle birlikte %10 - 50 azalacağı öngörülmektedir. Özellikle 2071-2099 döneminde tüm mevsimlerde ciddi yağış azalmaları öngörülmektedir.

Çölleşme ve Erozyonla Mücadele (ÇEM) Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK-BİLGEM tarafından hazırlanan Projeye göre ülkemizin yaklaşık yüzde 47'si orta ve çok yüksek düzeyde çölleşme risk grubunda yer almaktadır. Karaman ve Karapınar da bunlardan biridir [5], [6]. İklim değişikliği havzada azalan su miktarları, artan sıcaklıklar ve artan buharlaşma miktarları ile çölleşme riskini daha da artıracaktır. Bu nedenle havzada çölleşmeye engel olacak az su tüketen bitki türleri kullanılmalıdır. Ayrıca gittikçe azalan su kaynaklarını takviye edici yöntemlerle birlikte su israfının önüne geçecek yağmurlama ve damla sulama tekniklerine geçilmeli, havzada su çok dikkatli bir şekilde yönetilmelidir.

KAYNAKLAR

[1] Akçakaya, A., Sümer, U., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy, S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S., Çukurçayır, F., 2015, 2015, Yeni senaryolar ile Türkiye iklim projeksiyonları ve iklim değişikliği, TR2015-CC, MGM Yayınları url: http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-degisikligi-projeksiyon2015.pdf

[2] IPCC 2014, Climate Change 2014, Synthesis Report, Summary for Policymakers www.ipcc.ch

[3] Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T., 2002, Detectıng Trends Of Annual Values Of Atmospherıc Pollutants By The Mann-Kendall Test And Sen's Slope Estımates - The Excel Template Applıcatıon Makesens, Finnish Meteorological Institute

[4] Şensoy S., Türkoğlu N., Akçakaya A., Ulupınar Y., Ekici M., Demircan M., Atay H., Tüvan A., Demirbaş H., 2013: *Trends in Turkey Climate Indices From 1960 to 2010*, 6th Atmospheric Science Symposium, 24-26 April 2013, ITU, Istanbul, Turkey

[5] Url 1: www.milliyet.com.tr/turkiye-nin-collesme-risk-haritasi-gundem-2156602/ , 28.04.2017

[6] Url 2: http://www.cem.gov.tr/erozyon/anasayfa/resimlihaber/15-12-01/Türkiye'nin_Çölleşme_Risk_Haritası_Oluşturuldu….aspx?sflang=tr , 28.04.2017

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN GFDL-ESM2M MODELİNE GÖRE NİSPİ NEM ÜZERİNE OLASI ETKİSİ

Osman ESKİOĞLU[1], Hüdaverdi GÜRKAN[1], Hüseyin ARABACI[1], Mesut DEMİRCAN[2], Serhat ŞENSOY[2], Başak YAZICI[2], Arzu KOCATÜRK[2], Utku M. SÜMER[2], Mustafa COŞKUN[2]

[1,2] Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü
06120 ANKARA

oeskioglu@mgm.gov.tr[1]; hgurkan@mgm.gov.tr[1] ; harabaci@mgm.gov.tr[1] ; mdemircan@mgm.gov.tr [2]; ssensoy@mgm.gov.tr[2]; byazici@mgm.gov.tr[2]; akocaturk@mgm.gov.tr[2]; umsumer@mgm.gov.tr[2]; mustafacoskun@mgm.gov.tr[2]

Özet

Türkiye'de iklim değişikliğinin etkileri 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren daha fazla hissedilmeye başlanmıştır. IPCC raporlarında da belirtildiği üzere Türkiye, iklim değişikliği açısından en hassas bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz havzasında yer almaktadır. Bu nedenle Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından iklim değişikliğinin olası etkilerini ortaya koymak, sektörel temelde iklim değişikliğine uyum ve mücadele faaliyetlerini desteklemek amacıyla iklim projeksiyonları geliştirilmiştir. Hem insan sağlığı ve yaşam kalitesi hem de toprak nemliliği, bitki büyümesi ve gelişmesi üzerinde önemli etkileri olan iklim parametrelerin biri de nispi nemdir. Nispi nem, havada bulunan su buharına ait kısmi basıncın, aynı sıcaklıktaki suyun denge buhar basıncına oranıdır. Nispi nem oranını en fazla etkileyen parametre ortalama sıcaklıktır. Sıcaklıklardaki artış aynı zamanda su buharı basıncına etki etmekte bu durum da nispi nem üzerinde değişikliğe sebep olmaktadır. Bu çalışmada, GFDL-ESM2M küresel dolaşım modelinin çıktıları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Türkiye genelinde nispi nem ortalamalarında azalış öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Nispi nem, iklim değişikliği, iklim projeksiyonu*

Abstract

Climate change impacts began to be felt especially in the last quarter of the 20th century in Turkey. Turkey is located in the eastern Mediterranean basin, one of the most vulnerable regions to climate change as stated in the IPCC reports. For this reason, climate projections were developed for determine the possible effects of climate change, adaptation and to support activities to combat climate change on a sectoral basis by Turkish State Meteorological Service (TSMS). One of the climate parameters, which have significant effects on human health and quality of life as well as soil moisture, plant growth and development, is relative humidity. Relative humidity is the ratio of the partial pressure of water vapor in the air to the equilibrium vapor pressure of water at the same temperature. The parameter that affects the relative humidity is the average temperature. The increase in temperature also affects the water vapor pressure and in this case it causes a change in the relative humidity. In this study, GFDL-ESM2M global circulation model outputs were used. According to the obtained results, it is predicted that to decrease in average relative humidity in overall of Turkey.

Key Words: *Relative humidity, climate change, climate projection*

1. GİRİŞ

İklim geniş bölgelerde çok uzun zaman içinde gerçekleşen ortalama hava koşullarıdır. İklim aynı zamanda ekstrem hava olaylarını da içerirken; bir bölgenin hava olayları bakımından karakterini ve bitki örtüsünü de tayin eder. İklim değişikliği ise "nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda veya değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler" biçiminde tanımlanmaktadır [1;2].

İklim değişikliğinin etkileri 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren daha çok hissedilmeye başlanmıştır. Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) raporlarına göre 2016 yılı, 1961-1990 dönemi sıcaklık ortalamasına göre 0,83°C endüstri dönemi öncesi döneme (1850-1899) göre 1,1°C daha yüksek ortalama ile en sıcak yıl olarak kayıtlara geçmiştir [3].

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 2016 Yılı İklim Değerlendirmesi Raporu'na göre Türkiye 2016 yılı ortalama sıcaklığı 14,5°C ile 1981-2010 normali olan 13,5°C'nin 1,0°C üzerinde gerçekleşmiştir. Türkiye'de 2016 yılı 1971'den bu yana gerçekleşen dördüncü sıcak yıl olmuştur. 1971-2016 dönemi yıllık ortalama sıcaklık değerlerine göre sıralamadaki en sıcak 5 yılın üç tanesi (2010, 2014, 2016) 2010 ve sonrasındaki yıllardan oluşmaktadır[4].

İklimin temel elemanları sıcaklık, yağış, nispi nem, güneşlenme süresi ve şiddeti, basınç, rüzgâr hızı ve yönü, buharlaşma gibi parametrelerdir. İklimde meydana gelen değişiklikler insanoğlu ve tüm canlıların yaşamını doğrudan etkilemektedir [5]. Hem insan sağlığı ve yaşam kalitesi hem de toprağın nemliliği, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi üzerinde önemli etkileri olan iklim parametrelerin biri de nispi nemdir. Nispi nem mevcut basınç ve sıcaklıkta, havadaki su buharı miktarının, aynı basınç ve sıcaklıktaki havanın alabileceği maksimum su buharı miktarına oranına denir ve % olarak ifade edilir. Diğer bir deyişle nispi nem havanın doyma açığını gösterir. Türkiye'de en yüksek nispi nem değerlerine Marmara Bölgesi'nde rastlanırken en düşük değerlere Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde rastlanır [6].

İklim değişikliği ile birlikte iklimin elemanları olan sıcaklık, yağış, güneşlenme şiddeti gibi parametrelerde meydana gelen değişikliklerin yanında nispi nem oranlarında da değişikliklerin olması kaçınılmazdır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 5. Değerlendirme Raporu'na (AR5) göre ortalama sıcaklıklardaki artış ve enerji dağılımındaki düzensizliğin artmasına bağlı olarak ekstrem hava olaylarının şiddetinde ve frekansında, sıcak ve soğuk hava dalgalarının sayılarında ve şiddetinde, nemli ve kurak periyotlar ile nemli ve kurak alanlar arasındaki farklarda artışlar yaşandığı bildirilmiştir [7;8].

Bu çalışmada, nispi nemin iklim projeksiyonlarına göre gelecek dönemlerdeki olası değişimleri ortaya konmuştur. Bu amaçla, Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)'ne bağlı Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı (GFDL-Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) tarafından geliştirilen GFDL-ESM2M küresel dolaşım modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları temelinde elde edilen çıktıları kullanılmıştır.

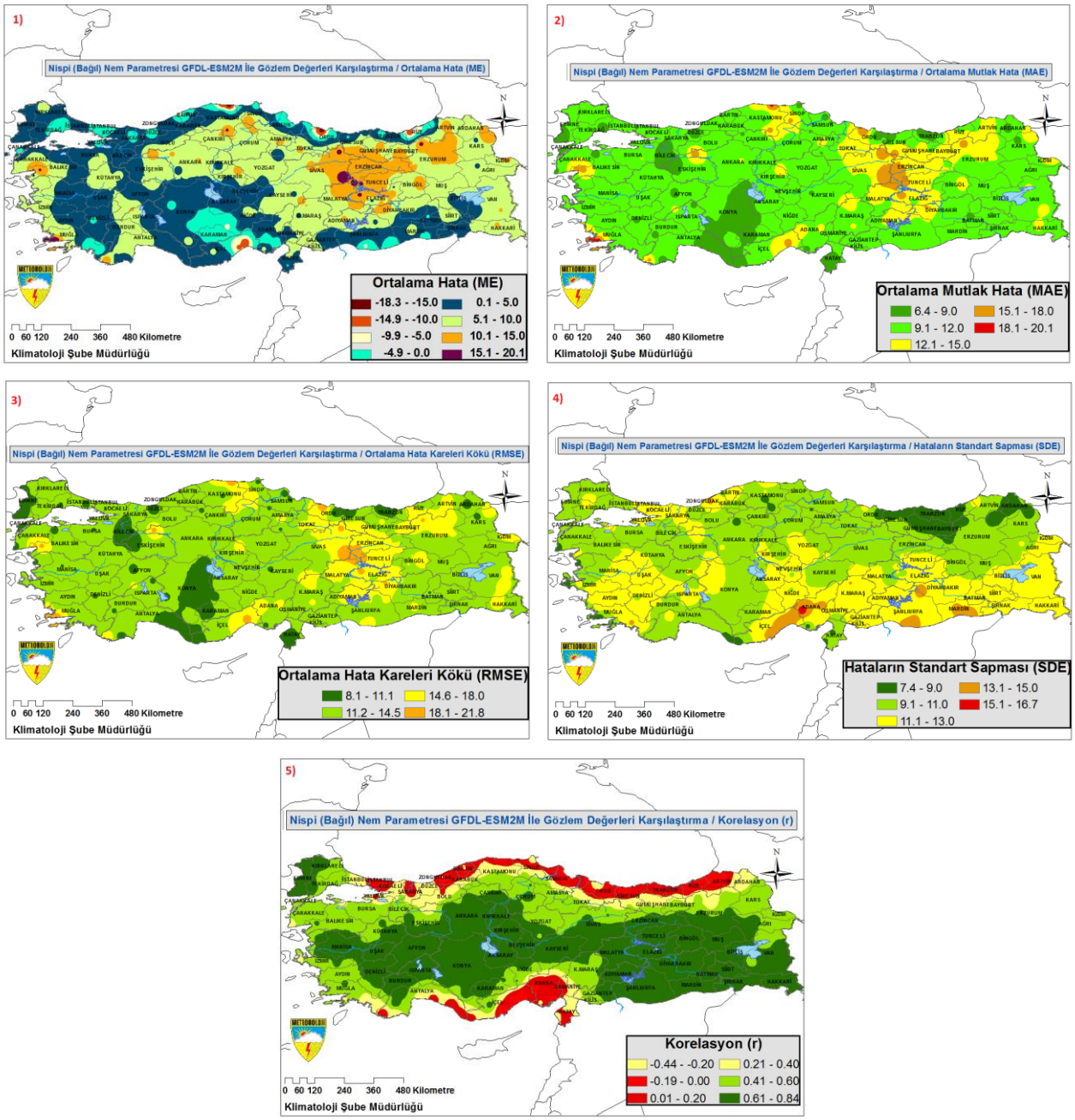
Düşük çözünürlükte olan küresel model datalarından daha yüksek çözünürlüklü iklimsel parametreler elde etmek amacıyla RegCM4.3.4 Bölgesel İklim Modeli ve Nesting (İç içe simülasyonlar) yöntemiyle dinamik ölçek küçültme yapılarak 130x180 grid matrisinde ve 20 km çözünürlükte, 1971-2000 referans periyoduna göre 2016-2040, 2041-2070, 2071-2098 yılları için sıcaklık ve yağış projeksiyonları üretilmiştir. Projeksiyonlarda daha sağlıklı sonuç elde edebilmek için ~220 km çözünürlüklü verilerden önce 50 km çözünürlüklü daha sonra da 50 km çözünürlüklü verilerden 20 km çözünürlüklü projeksiyonlar elde edilmiştir.

Ayrıca model referans dönemi (1971-2000) verileri MGM gözlem verileri ile karşılaştırılmıştır. İstatistiki karşılaştırma için Ortalama Hata (ME), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Hata Kareleri Kökü (RMSE), Hataların Standart Sapması (SDE) ve Korelasyon (r) analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar haritalandırılmıştır.

3. BULGULAR

Nispi nem parametresi özelinde GFDL-ESM2M küresel iklim modelleri referans dönem (1971-2000) verileri ile aynı döneme ait gözlem değerleri kıyaslanmıştır.

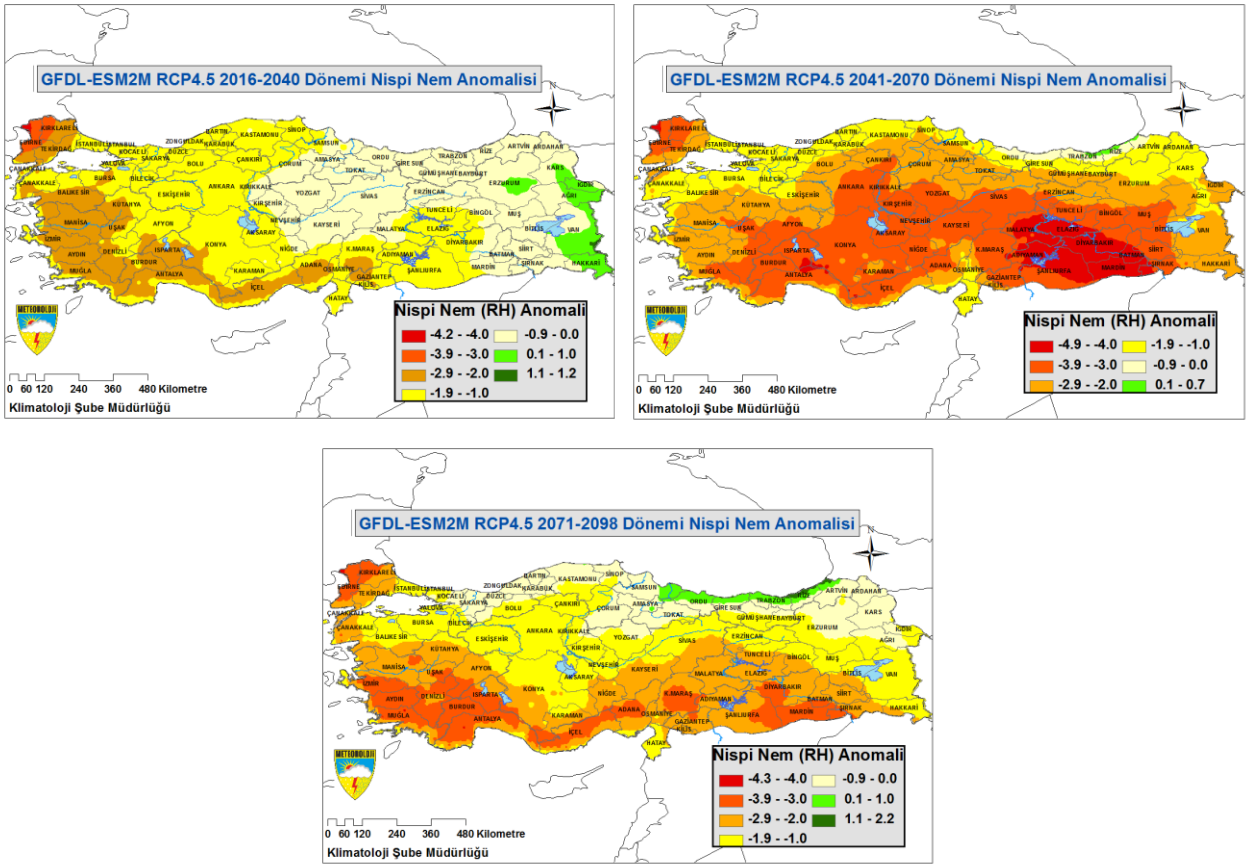
Model verileri ve gözlem değerleri arasında Ortalama Hata (ME), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Hata kareleri Kökü (RMSE), Hataların Standart Sapması (SDE), Korelasyon (r) istatistiki kıyaslamalar yapılmıştır. Oluşturulan istatistiki analiz haritaları aşağıda yer almaktadır.



Şekil 1. Nispi parametresi GFDL-ESM2M ile gözlem değerleri karşılaştırma: 1:Ortalama Hata (ME); 2:Ortalama Mutlak Hata(MAE); 3: Ortalama Hata Kareleri Kökü (RMSE); 4: Hataların Standart Sapması (SDE); 5: Korelasyon (r)

Ortalama Hata istatistiki değerlendirmesi sonucunda GFDL-ESM2M model ortalama nispi nem verilerinin genel olarak gözlem değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra model-gözlem verileri arasındaki ilişkinin Karadeniz kıyı şeridi ve Akdeniz Bölgesi doğu kesimlerinde oldukça düşük düzeyde, Türkiye genelinin büyük bir bölümünde ise korelasyonun (r) 0,61 – 0,84 aralığında olduğu belirlenmiştir.

3.1. GFDL-ESM2M MODELİ RCP4.5 SENARYOSU NİSPİ NEM PROJEKSİYONLARI



Şekil 2. GFDL-ESM2M modeli RCP4.5 nispi nem projeksiyonları

GFDL-ESM2M modeli RCP4.5 senaryosu temelinde 2016-2040, 2041-2070, 2071-2098 dönemleri için ortalama nispi nem değişimlerinin projeksiyonları oluşturulmuştur.

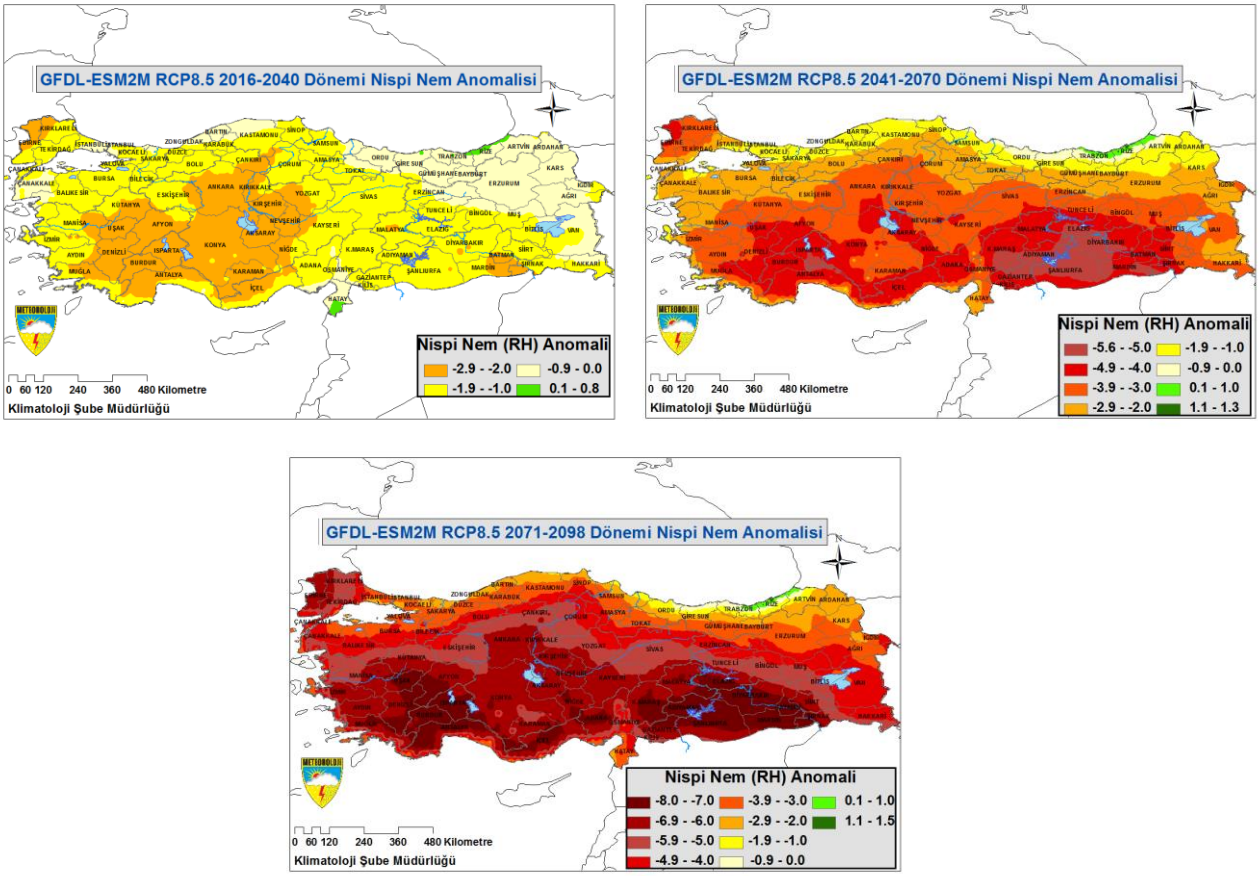
2016-2040 Periyodu: Türkiye'nin büyük bir bölümünde nispi nem ortalamalarında düşüş, ülkenin Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin sınır kesimlerinde hafif artış eğiliminin olması öngörülmektedir. Nispi nem ortalamalarında en fazla düşüş Trakya'da beklenirken Ege ve Akdeniz bölgeleri de diğer hassas bölgelerdir. 2016-2040 dönemi ortalama nispi nem değişiminin -4,2 - +1,2 aralığında olması öngörülmektedir.

2041-2070 Periyodu: Doğu Karedeniz kıyıları dışında kalan tüm yurtta nispi nem ortalamalarında düşüş öngörülmektedir. Ortalama nispi nem değişiminin -4,9 ile +0,7

aralığında olması beklenmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi nispi nem değişiminde en hassas bölge olarak dikkat çekmektedir.

2071-2098 Periyodu: Karadeniz Bölgesi'nin doğu kesimlerinde 0,1 ile 2,2 aralığında artışlar öngörülmektedir. Türkiye'nin diğer bölgelerinde ise azalışlar beklenmektedir. Azalış miktarının kuzeyden güneye arttığı dikkat çekmektedir. 2071-2098 periyodunda ortalama nispi nem değişiminin -4,3 ile +2,2 aralığında olması öngörülmektedir.

3.2. GFDL-ESM2M MODELİ RCP8.5 SENARYOSU NİSPİ NEM PROJEKSİYONLARI



Şekil 3. GFDL-ESM2M modeli RCP8.5 nispi nem projeksiyonları

GFDL-ESM2M küresel iklim modeli verilerinden RCP8.5 senaryosuna göre RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli dinamik ölçek küçültme yöntemiyle 20 km çözünürlükte nispi nem projeksiyonlarına göre;

2016-2040 Periyodu: Karadeniz Bölgesi'nin doğu kesimlerinde ve Hatay çevrelerinde 0,1 ile 0,8 aralığında artış beklenirken, Türkiye'nin diğer kesimlerinde azalışlar öngörülmektedir.

Azalışların İç Ege ve İç Anadolu Bölgesi'nin batı kesimlerinde daha fazla olması beklenmektedir.

2041-2070 Periyodu: Doğu Karadeniz kıyıları dışında kalan tüm yurtta azalış eğilimi dikkat çekmektedir. Ortalama nispi nem değişimi bakımından en hassas bölge olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde -5,0 ile -5,6 aralığında azalış öngörülmektedir.

2071-2098 Periyodu: Yüzyılın son çeyreğinde tüm yurt genelinde diğer dönemlere göre daha fazla azalış öngörüsü dikkat çekmektedir. GFDL-ESM2M modeli RCP8.5 senaryosu 2071-2098 dönemi nispi nem projeksiyonlarına göre azalış miktarının -7,0 ile -8,0 aralığına ulaşması öngörülmektedir.

4. SONUÇLAR

Düşük çözünürlükte olan (~220 km) küresel model (GFDL-ESM2M) verilerinden daha yüksek çözünürlüklü iklimsel parametreler elde etmek amacıyla RegCM4.3.4 Bölgesel İklim Modeli ve Nesting (İç içe simülasyonlar) yöntemiyle dinamik ölçek küçültme yapılarak 130x180 grid matrisinde 20 km çözünürlükte, 1971-2000 referans dönemine göre 2016-2040, 2041-2070, 2071-2098 yılları için nispi nem projeksiyonları üretilmiştir.

Elde edilen projeksiyon sonuçlarına genel olarak baktığımızda, her iki senaryoya (RCP4.5 ve RCP8.5) göre tüm dönem (2016-2098) boyunca ortalama nispi nemde azalış beklenmektedir. 2016-2098 dönemi tamamında Türkiye genelinde, 2016-2098 döneminin tamamında ortalama nispi nemdeki azalışların RCP4.5 senaryosuna göre -1,7, RCP8.5 senaryosuna göre ise -2,8 olması öngörülmektedir.

Nispi nemi en fazla etkileyen parametre ortalama sıcaklıktır. Sıcaklıklardaki artış aynı zamanda su buharı basıncına etki etmekte, bu durum da nispi nem üzerinde değişikliğe sebep olmaktadır. GFDL-ESM2M iklim modeli sıcaklık projeksiyonlarına göre Türkiye genelinde 2016-2098 döneminde RCP4.5 senaryosuna göre ortalama olarak 1,5°C artış beklenirken RCP8.5 senaryosuna göre artış miktarının ortalama olarak 2,5°C'ye ulaşması ön görülmektedir [9]. Ortalama sıcaklıklardaki artışlar ile nispi nemdeki azalışlar birbirini destekler niteliktedir.

Nispi nemin azalması yağış üzerinde negatif etki oluşturmakta ve yağışların azalmasına neden olmaktadır. Nispi nem-yağış ilişkisi de sıcaklık-nem ilişkisinde olduğu gibi yağış projeksiyonları ile örtüşmektedir. GFDL-ESM2M yağış projeksiyonlarına göre RCP4.5

senaryosuna göre periyot boyunca Türkiye genelinde yağışlarda yıllık ortalama olarak 10-15 mm/yıl civarında bir azalış öngörülürken, RCP8.5 senaryosuna göre ise periyot boyunca ortalama 105-110 mm/yıl civarında bir azalış ön görülmektedir [8].

IPCC raporlarında da belirtildiği üzere ülkemiz, iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz havzasında yer almaktadır. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek, sektörel bazda iklim değişikliğine uyum ve mücadele faaliyetlerini desteklemek amacıyla "Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği" adlı rapor 2015 yılında yayınlanmıştır. Çalışma kapsamında üretilen projeksiyon verileri iklim değişikliği ile ilgili uyum, önleme ve mücadele konusunda planlama yapan tüm kurum ve kuruluşlar için kaynak sağlamaktadır. Kurum ve kuruluşların geleceğe yönelik çalışmalarında iklim değişikliği projeksiyonları verilerini kullanmaları daha sağlıklı plan ve programlama yapmalarına olanak sağlayacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf
2. Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S., Çukurçayır, F. (2015). "Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC" Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, 149 s., Ankara. url: http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-degisikligi-projeksiyon2015.pdf
3. https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-confirms-2016-hottest-year-record-about-11%C2%B0c-above-pre-industrial-era
4. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2016-iklim-raporu.pdf
5. Gürkan., H., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Demircan, M.,Yazici, B., Kocatürk, A., Akçakaya, A.(2015). MPI-ESM-MR Modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları, VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul.
6. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/turkiye_iklimi.pdf
7. IPCC (2013) Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, England. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf
8. Akçakaya, A., Eskioğlu, O., Atay, H., Demir, Ö. (2013). Yeni Senaryolar İle Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları-TR2013-CC. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayını, 67s., Ankara.
9. Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., Yazıcı, B. "GFDL-ESM2M Modeli Temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Türkiye İçin Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları", Coğrafi Bilimler Dergisi, 14(2): 77-88. DOI:10.1501/Cogbil_0000000174 http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/33/2149/22251.pdf

İKLİM MODELLERİ İLE AYÇİÇEĞİ (*Helianthus annuus* L.) VERİMİ PROJEKSİYONLARI

Hüdaverdi GÜRKAN[1], Hüseyin BULUT[1], Osman ESKİOĞLU[1], Yusuf ÇALIK[1]

Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 06120 ANKARA

hgurkan@mgm.gov.tr ; hbulut@mgm.gov.tr ; oeskioglu@mgm.gov.tr; ycalik@mgm.gov.tr

Özet

İklim, canlıların yaşamını etkileyen ve yaşam formlarının yeryüzüne dağılımı üzerine etki eden önemli faktörlerin başında gelmektedir. Dünya Meteoroloji Teşkilatı'nın yaptığı gözlemler ve yapılan birçok çalışma, küresel bir iklim değişimi olduğunu göstermektedir. Bu değişimin etkileri hiç şüphesiz ülkemizde de görülmektedir. Birçok tarımsal üründe olduğu gibi ayçiçeği üretiminde de iklim faktörlerinin etkisi göz ardı edilemez. Ayçiçeği, Türkiye'de bitkisel yağ sektörünün en önemli ham maddesi konumundadır. Bu nedenle ülkemizde hem üretim alanlarının hem de verimin artırılması için çalışmalar yapılması gerekmektedir. Çalışmada, ayçiçeği üretimi en fazla olan 5 ile ait seçilen meteorolojik parametreler, iklim projeksiyonu verileri ile ayçiçeği verim değerleri SPSS programı üzerinde sinir ağları modeli kullanılarak önümüzdeki yüzyıl içerisinde verim değerlerindeki değişim üzerine çıkarım yapılması hedeflenmiştir. Materyal olarak; 1987-2016 yıllarına ait ayçiçeği (yağlık) üretim verileri, meteorolojik gözlem değerleri ve 2016-2099 arası dönemi kapsayan HadGEM2-ES küresel iklim modelinin RCP4.5 senaryosu temelinde oluşturulan 20 km. çözünürlüklü iklim projeksiyonları verileri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre iklim faktörlerinin verim üzerinde önemli bir belirleyici etmen olduğu belirlenmiş ve iklim değişikliğinin yağlık ayçiçeği verimi üzerine olası etkileri ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *İklim Değişikliği, İklim Faktörleri, Ayçiçeği, Verim.*

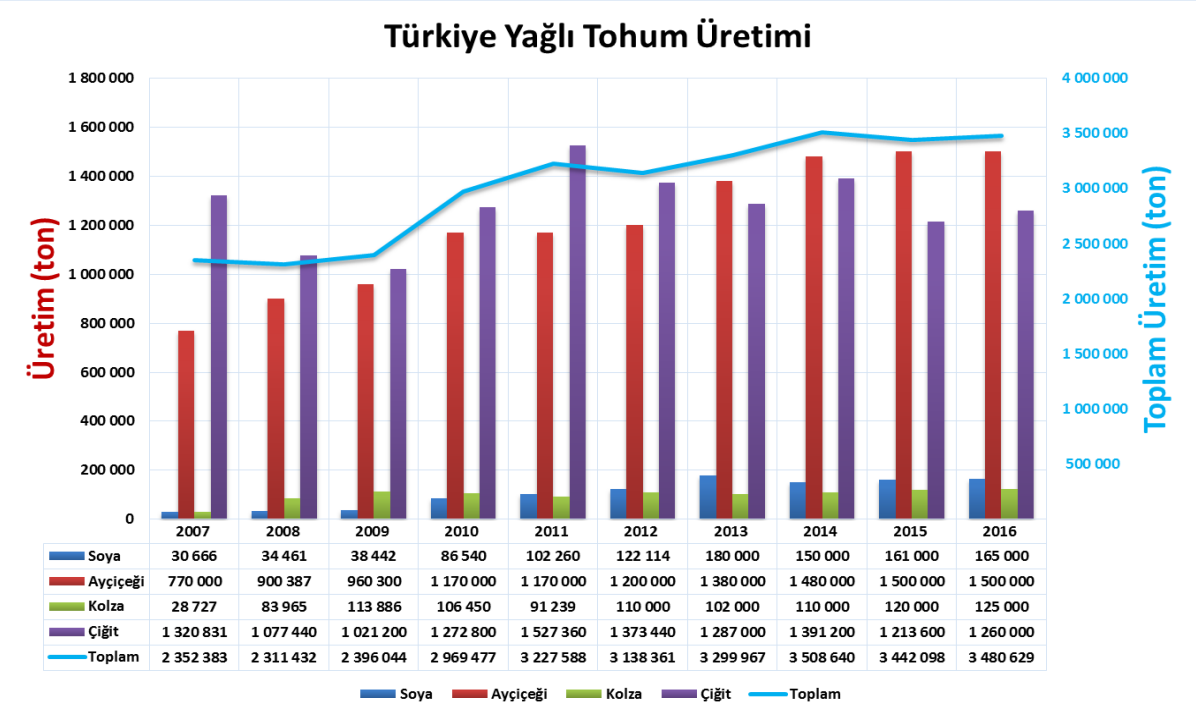
Abstract

The Climate comes first in the most important factors which effect of the life and the distribution of life forms on earth. The observations of the World Meteorological Organization and lots of works show a global climate change. No doubt, the effects of this change is seen in Turkey. The effect of climatic factors is not ignored in many agricultural products as well as in sunflower production. Sunflower, is the most important raw material of vegetable oils sector in Turkey. Therefore, it is necessary to carry out the projects to increase the yield and production. In this study, it was aimed to make a conclusion on the change of yield values over the next century by using neural network model on SPSS program, yield values of the 5 provinces with the highest sunflower production, selected meteorological parameters and climate projection data. Sunflower production values and meteorological data, which belong to years of 1987-2016, climate projections, with 20 km resolution, based on HadGEM2-ES GCM and RCP4.5 scenario that cover period of 2016-2099 were used as material. According to the results, it was determined that an important characteristic factor of climate factors on productivity and the possible effects of climate change on oil-sunflower yield have been revealed.

Keywords: *Climate Change, Climate Factors, Sunflower, Yield.*

1. GİRİŞ

Bitkisel yağ sektörünün ham maddesi olan yağlı tohumlar aynı zamanda birçok farklı sektörün de hammaddesi konumundadır. Bitkisel yağlar, gıda, enerji ve kimyasal sektörde yoğun olarak kullanılan stratejik ürünlerdir [1]. Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği raporlarına göre 2016 yılında dünya yağlı tohum üretiminde soya, kanola ve çiğitten sonra dördüncü sırada yer alan ayçiçeği ülkemizde ise ilk sırada yer almaktadır [2].



	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Soya	30 666	34 461	38 442	86 540	102 260	122 114	180 000	150 000	161 000	165 000
Ayçiçeği	770 000	900 387	960 300	1 170 000	1 170 000	1 200 000	1 380 000	1 480 000	1 500 000	1 500 000
Kolza	28 727	83 965	113 886	106 450	91 239	110 000	102 000	110 000	120 000	125 000
Çiğit	1 320 831	1 077 440	1 021 200	1 272 800	1 527 360	1 373 440	1 287 000	1 391 200	1 213 600	1 260 000
Toplam	2 352 383	2 311 432	2 396 044	2 969 477	3 227 588	3 138 361	3 299 967	3 508 640	3 442 098	3 480 629

Şekil 1.Türkiye yağlı tohum üretim miktarları [3]

Yağlık ayçiçeği tarımı ülkemizde yoğun olarak Trakya bölgesinde yapılmaktadır. Ayrıca Orta Karadeniz, Kıyı Ege, Çukurova ve son yıllarda İç Anadolu Bölgesi'ndeki ekim alanlarında ciddi bir artış söz konusudur.

Tablo 1. Ayçiçeği (yağlık) üretimi en fazla olan 5 ilin üretim verileri (ton) [3]

Yıllar/İller	Konya	Edirne	Tekirdağ	Kırklareli	Adana
2007	36.615	168.031	161.023	118.465	64.535
2008	25.080	181.149	249.919	116.610	65.292
2009	40.207	198.437	236.079	121.017	89.937
2010	46.764	332.894	259.562	139.407	78.739
2011	98.938	240.417	253.471	130.889	103.860
2012	210.792	176.862	177.837	103.314	108.220
2013	262.930	175.857	211.671	146.682	100.677
2014	263.581	258.568	260.753	165.206	89.565
2015	210.307	226.573	267.012	188.998	134.361
2016	205.274	222.064	283.838	170.278	166.524

TÜİK kaynaklarına göre son 10 yıl içerisinde yağlık ayçiçeği ekilen alanlarda yaklaşık % 12,7 üretim miktarında % 71,1 ve veriminde ise yaklaşık % 52 artış sağlanmıştır. Türkiye'de bitkisel ham yağ üretimi artan tüketimi dengeleyebilmek için sürekli bir artış eğiliminde olmasına rağmen henüz iç talebi karşılayabilecek düzeyde bile değildir.

Tablo 2. 2015/2016 sezonu ham ayçiçeği yağı arz-talep dengesi [4]

Türkiye yerli ürün hasadından elde edilen Ayçiçeği Yağı Üretimi	430 bin ton
Türkiye Ayçiçeği Yağı Tüketimi	900 bin ton
Türkiye Ayçiçeği Yağı İhracatı	500 bin ton
Toplam Ayçiçeği Yağı İhtiyacı	1,400 bin ton
Ayçiçeği Yağı Bazında Açık	970 bin ton

Trakya Birlik kaynaklarına göre ayçiçeği yağı bazında yıllık yaklaşık 970 bin ton açığımız mevcuttur [4]. Bu açık her yıl ithalat yapılarak karşılanmaya çalışılmaktadır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün "Yeni Senaryolar İle Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları" projesinde tercih edilen HadGEM2-ES küresel iklim modeli ile RCP4.5 senaryosuna göre üretilen 20 km çözünürlüklü iklim projeksiyonları sonuçlarına göre; Türkiye geneli ortalama sıcaklıkların 2016-2099 periyodunda 1,0 ila 4,4°C ve ortalama olarak da 2,5°C artması öngörülmektedir. Yağış miktarlarında RCP4.5 senaryosuna göre 2035 yılına kadar pozitif anomaliler beklenirken daha sonraki dönemlerde ortalama yağış miktarlarında azalışlar öngörülmektedir [5].

Bu çalışma ayçiçeği verimi ile iklim faktörleri arasındaki ilişkiyi belirlemek ve iklim değişikliklerinin gelecek dönemlerde ayçiçeği verimi üzerindeki olası etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla yapılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışmada ayçiçeği (yağlık) üretiminin en fazla yapıldığı 5 ile ait Türkiye İstatistik Kurumu'na ait istatistik verileri [3] ele alınmıştır. Ele alınan 5 il: Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Konya ve Adana'dır.

Çalışmada ayçiçeği iklim istekleri dikkate alınarak verim üzerinde etkisi olduğu düşünülen Meteorolojik parametrelere ait veriler [6] kullanılmıştır. Verim-İklim faktörleri arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek amacıyla bitki vejetasyon süresi içerisindeki;

- Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)
- Günlük Maksimum Sıcaklık > 35°C olan gün sayısı
- Aylık Ortalama Nisbi Nem (%)
- Günlük Ortalama Nisbi Nem (%) > 70 olan gün sayısı
- Aylık Toplam Güneşlenme Süresi (saat)
- Aylık Toplam Yağış (mm) parametreleri kullanılmıştır.

Ayrıca çalışmada, MGM tarafından yapılan "Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği TR2015-CC" [1] adlı raporda kullanılan HadGEM2-ES küresel modeli verileri ve RCP4.5 senaryosu temelinde Türkiye ve bölgesi için oluşturulan 20 km. çözünürlüklü iklim projeksiyonları sonuçlarına ait seçilmiş olan meteorolojik parametrelerin verileri [5] kullanılmıştır.

Yöntem

Veri madenciliğinin ortaya çıkışı veri yığınlarının geniş yer kaplamasına ve büyük miktardaki verilerin yararlı bilgilere dönüştürülmesi ihtiyacına dayanmaktadır [7]. Veri madenciliği, karar destek, pazar stratejisi, finansal tahminler gibi birçok alanda uygulanabilir olması nedeniyle, son zamanlarda, veri tabanı kullanıcıları ve araştırmacıların önemli ölçüde dikkatini çekmektedir. Veri madenciliği, makine öğrenme, istatistik ve veri tabanları alanlarındaki teknikleri birleştirerek büyük veri tabanlarından faydalı ve değerli bilgiyi çıkarmamıza imkân tanımaktadır [8]. Veri madenciliği, istatistik, sinir ağları, karar ağaçları, genetik algoritma ve görsel teknikler gibi yıllardır geliştirilen çeşitli teknikleri içermektedir. Veri madenciliği, pazarlama, finans, bankacılık, üretim, sağlık, müşteri ilişkileri yönetimi ve organizasyon öğrenme gibi çoğu alanda uygulanmaktadır [9]. Veri madenciliği için yapılan farklı tanımlardan bazıları şu şekildedir: Veri madenciliği, istatistiksel ve matematiksel teknikler ile örüntü tanıma teknolojilerinin kullanılarak, depolama ortamlarında sıkışmış bulunan büyük miktardaki verinin elenmesi ile anlamlı yeni korelasyon, örüntü ve eğilimlerin keşfedilmesi sürecidir [10]. Veri madenciliği, büyük miktardaki veriden, anlamlı örüntüler ve kurallar keşfetme sürecidir [11]. En basit tanımıyla veri madenciliği, veri içerisindeki yeni, gizli kalmış veya beklenmeyen örüntüleri bulmak için kullanılan faaliyetler bütünüdür [12].

Sinir ağları modeli, sınıflandırma ve tahmin için sıkça kullanılan veri madenciliği yaklaşımlarından biridir. Sinir ağları modeli, insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. Sinir ağları modeli, başka bir deyişle, biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır [13].

Bu çalışmada, ayçiçeği üretimi en fazla olan 5 ile ait seçilen Meteorolojik parametreler, iklim projeksiyonu verileri ve ayçiçeği verim değerleri SPSS programı üzerinde sinir ağları modeli kullanılarak önümüzdeki yüzyıl içerisinde verim değerlerindeki değişim üzerine çıkarım yapılması hedeflenmiştir.

3. BULGULAR

Araştırmada ilk olarak, ayçiçeği üretimi en fazla olan 5 ilin üretim değerleri ile o yıllara ait Meteorolojik gözlem parametreleri arasındaki ilişki düzeyi SPSS programı üzerinde sinir ağları modeli kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonuçlarına göre ele alınan beş ilin tamamında korelasyon değerleri çok yüksek olarak belirlenmiştir. Konya ili için oluşturulan model, istatistiki analiz sonuçlarına göre tüm incelemelerde en iyi sonuçları elde etmesiyle dikkat çekmektedir (Çizelge 3).

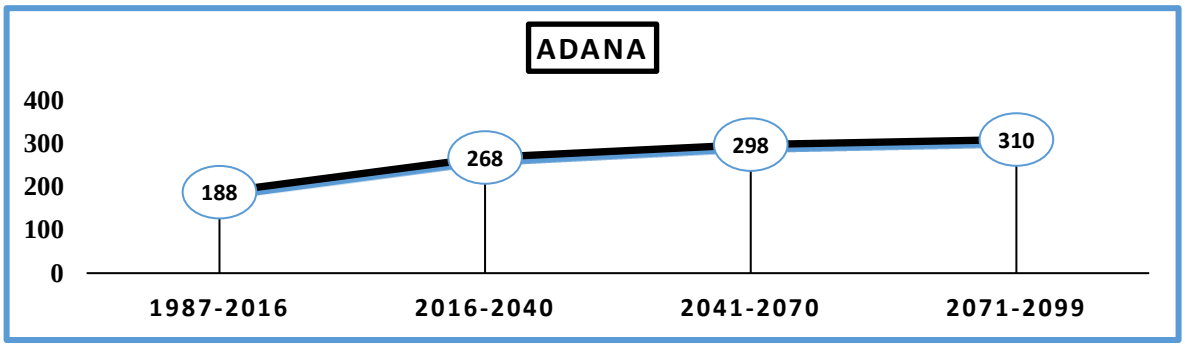
Tablo 3. İl bazlı model – gözlem değerleri istatistiki analizler

İstatistiksel Analizler / İller	Ortalama Hata (ME)	Ortalama Mutlak Hata (MAE)	Hataların Standart Sapması (SDE)	Korelasyon (r)
Adana	1,93	12,03	21,44	0,95
Edirne	-1,17	9,00	15,90	0,94
Kırklareli	-2,16	7,93	11,98	0,97
Konya	0,16	3,04	4,17	0,99
Tekirdağ	-0,25	4,46	6,16	0,97

İklim faktörleri – verim arasında oldukça yüksek düzeyde ilişki olduğu tespit edildikten sonra, SPSS programı üzerinde oluşturulan sinir ağları modeli ve HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP4.5 senaryosu verileri kullanılarak geleceğe yönelik ayçiçeği (yağlık) verim öngörüleri hesaplanmıştır.

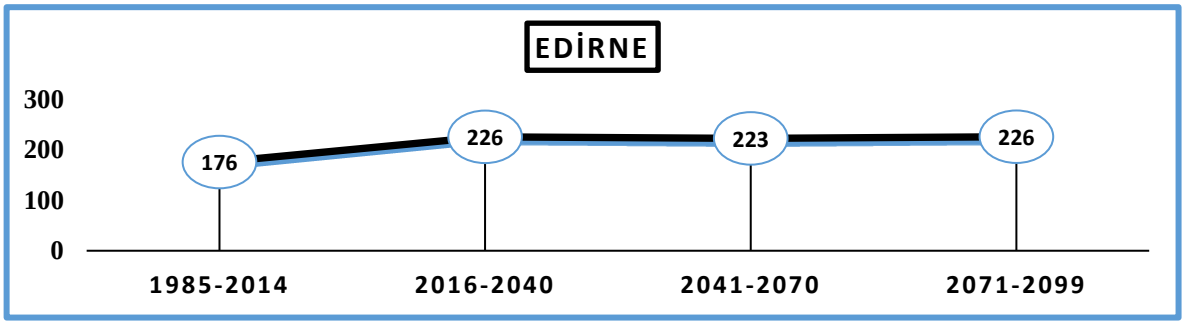
HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP4.5 senaryosu temelinde 20 km çözünürlüklü olarak elde edilen verilerden belirlenmiş olan 6 meteorolojik parametreye ait projeksiyon verileri gelecek dönemler için SPSS modeline girdi olarak kullanılmıştır.

Ele alınan referans dönem (1987-2016) ile kıyaslama yapabilmek için gelecek dönem üç ayrı dönem (2016-2040, 2041-2070, 2071-2099) halinde incelenmiştir.

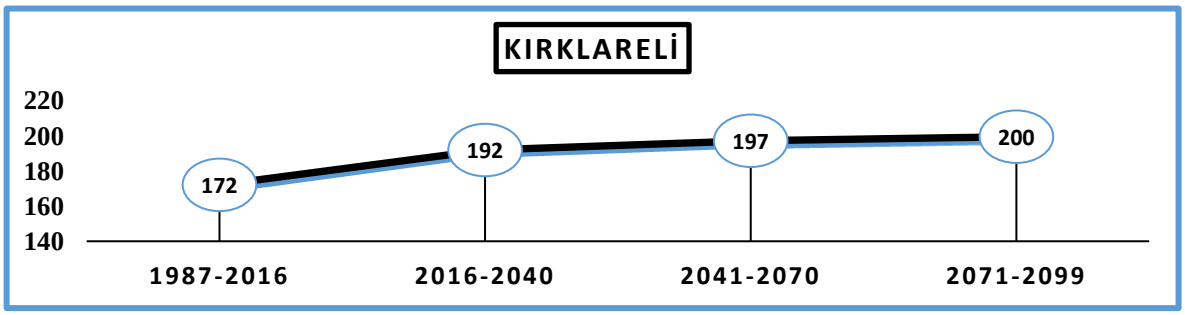


Şekil 2. Adana ili ayçiçeği verim tahmini (kg/da)

Adana ili için yapay sinir ağı kullanılarak oluşturulan modele göre gelecek dönemlerde ildeki verimlilikte artış öngörülmektedir. İldeki verimliliğin gelecek 3 dönemde de kademeli olarak artması beklenmektedir (Şekil 2).

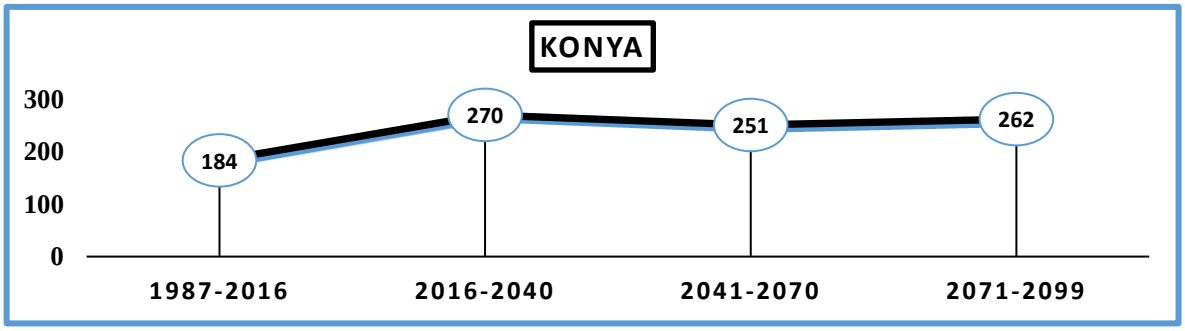


Şekil 3. Edirne ili ayçiçeği verim tahmini (kg/da)



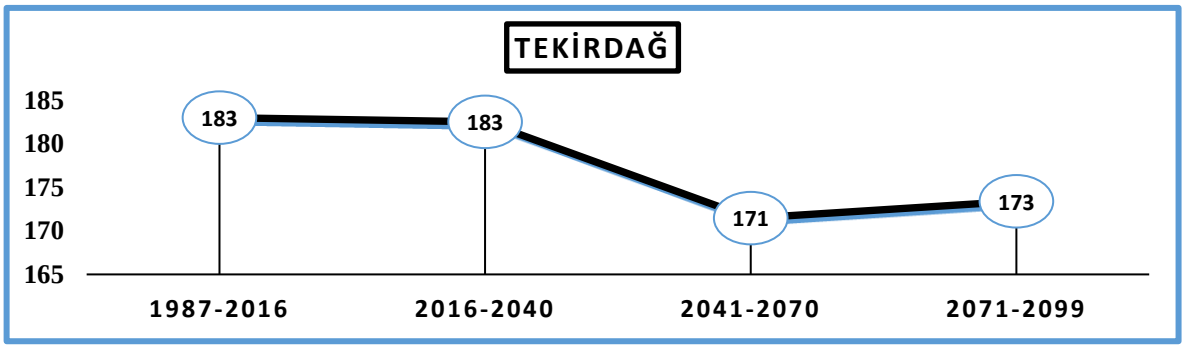
Şekil 4. Kırklareli ili ayçiçeği verim tahmini (kg/da)

Edirne ve Kırklareli illeri için yapılan modelleme sonuçlarına göre gelecek dönemlerde ayçiçeği (yağlık) verimlerinde artışlar beklenmektedir. Ancak her iki ilde de 2041 ve sonrası dönemlerde belirgin bir artış öngörüsü bulunmamaktadır (Şekil 3, Şekil 4).



Şekil 5. Konya ili ayçiçeği verim tahmini (kg/da)

Konya ili için oluşturulan yapay sinir ağı modeli verim değişim öngörülerine göre 2016-2040 dönemde verimlikte artış beklenirken 2041-2070 döneminde azalış ve son dönemde tekrar artış olması şeklinde bir öngörü oluşturulmuştur (Şekil 5).



Şekil 6. Tekirdağ ili ayçiçeği verim tahmini (kg/da)

Diğer dört ilden farklı olarak Tekirdağ ili ayçiçeği verimliliğinin iklim değişikliklerinden olumsuz etkilenmesi öngörülmektedir. İldeki ayçiçeği (yağlık) 2041-2070 ve 2071-2099 dönemleri veriminin referans döneme göre azalması beklenmektedir (Şekil 6).

4. SONUÇ

Bu çalışmada, ayçiçeği üretimi en fazla olan 5 ile ait seçilen Meteorolojik parametreler, iklim projeksiyonu verileri ile ayçiçeği (yağlık) verim değerleri SPSS programı üzerinde sinir ağları modeli kullanılarak önümüzdeki yüzyıl içerisinde verim değerlerindeki değişim üzerine çıkarımlarda bulunulmuştur. Çalışmanın ilk aşamasında, SPSS programı üzerinde oluşturulan sinir ağları modeli kullanılarak iklim faktörleri - verim arasında oldukça yüksek düzeyde ilişki olduğu ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda çalışmanın ikinci aşamasında, oluşturulan sinir ağları modeli ve HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP4.5 senaryosu verileri kullanılarak geleceğe yönelik (2016-2040, 2041-2070, 2071-2099) ayçiçeği (yağlık)

verim öngörüleri hesaplanmıştır. Seçilen beş ilin dördünde (Adana, Edirne, Kırklareli ve Konya) geleceğe yönelik olarak hesaplanan verim öngörüleri son otuz yılın verim ortalamasına göre yüksek çıkarken, bir ildeki (Tekirdağ) verim öngörüsü mevcut verim ortalamasından düşük çıkmıştır. Bu çalışmanın, il veya bölgesel bazlı, gelecek dönemlerdeki ürün planlamalarında, teşvik edilecek bölgelerin belirlenmesinde yararlı olabileceği düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Taşkaya Top, B., Uçum, İ., (2012). Türkiye'de Bitkisel Yağ Açığı. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. TEPGE Yayınları.
2. http://www.bysd.org.tr
3. https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul
4. Çalen, H., (2016). Türkiye'de Yağlık Ayçiçeği Tohumu ve Ayçiçeği Yağı Üretimi, Arz Talep Dengesi. Trakya Birlik, Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Bitkisel Yağlar Konferansı, İstanbul.
5. Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S. ve Çukurçayır, F., (2015). Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, 149 s., Ankara.
6. http://tumas.mgm.gov.tr/wps/portal/
7. Han, J., Kamber, M., (2006). Data Mining: Conceptsand Techniques, M. Kaufmann, USA.
8. Ching, W. K., Michael, K. P., (2002). Advances in Data Mining and Modeling, Hong Kong.
9. Chien, C. F., Chen, L. F., (2008). "Data Mining to Improve Personnel Selection and Enhance Human Capital: A Case Study in High-Technology Industry," Expert Systems with Applications, vol. 34, p. 280-290.
10. Larose, D. T., (2005). Discovering Knowledge in Data: Introduction in Data Mining, USA.
11. Linoff, G. S.. Berry, M. J. A., (2011). Data Mining Techniques for Marketing, Canada.
12. Marakas, G. M., (2003). Decision Support Systems in The 21st Century, P. Hall, USA.
13. Elmas, Ç., (2010). Yapay Zeka Uygulamaları, Ankara: Seçkin Yayıncılık.

İklim Değişikliği Nedeniyle Artan Kuraklığın Ayçiçeği ve Pamuk Verimi Üzerine Etkileri

Hüdaverdi GÜRKAN[1] Nilgün BAYRAKTAR[2] Hüseyin BULUT[1]

hgurkan@mgm.gov.tr nbayrak@agri.ankara.edu.tr hbulut@mgm.gov.tr

[1]Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü
[2]Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
✉: hgurkan@mgm.gov.tr

Özet: Bitkisel verimliliği etkileyen birçok faktör vardır. Tohum genetik yapısı, toprak yapısı, uygulanan tarım metotlarının yanında verimi etkileyen en önemli faktörlerden biri iklim parametreleridir. Günümüzde etkisi giderek daha fazla hissedilmeye başlanan iklim değişikliği sonucu artan sıcaklıklar, yağış rejimindeki değişiklikler ve her geçen yıl artış gösteren meteorolojik afetler insanoğlunun tüm hayati faaliyetlerini etkilemektedir. Tarım sektörü iklim değişikliğinden en fazla etkilenen sektörlerin başında gelmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'de tarımsal üretimde önemli payı olan ayçiçeği ve pamuk verimi üzerine iklim değişikliğinin etkileri ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Çalışma 2006 – 2016 yılları arası dönemi kapsamaktadır. Materyal olarak, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen Kuraklık İzleme Sistemi (KİS) il-bitki vejetasyon dönemi bazlı 9 aylık kuraklık analizleri, aylık maksimum sıcaklık ve aylık maksimum yağış meteorolojik parametreleri ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre değişen iklim koşullarının, Türkiye genelinde ayçiçeği (yağlık) veriminde % 20, pamuk (kütlü) veriminde ise % 14'e varan oranlardaki azalışlarda etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, meteorolojik afetler, ayçiçeği, pamuk, bitkisel verimlilik

Effects of Increasing Drought on Sunflower and Cotton Yield Due to Climate Change

Abstract: There are many factors that affect crop productivity. In addition to genetic structure of seed, soil structure and applied agricultural methods climate parameters are one of the most important factors affecting the crop productivity. Due to climate change; increasing temperatures, changes in the precipitation regime and meteorological disasters caused by meteorological factors negatively affect crop productivity. The agriculture sector is one of the sectors most affected by climate change. In this study, the effects of climate changes were tried to determine on sunflower and cotton production which have an important role in agricultural production in Turkey. The study covers the period between 2006 and 2016. The drought analysis of 9-months based on city - crop vegetation period by using Drought Monitoring System (DMS) developed by TSMS, monthly maximum temperature and monthly maximum rainfall meteorological parameters were used as material. According to the obtained results, it has been determined that the changing climate conditions cause decrease in the sunflower (for oil) yield up to 20% and in the cotton (seed cotton) yield up to 14% in Turkey.

Keywords: Climate change, Meteorological disasters, Sunflower, Cotton, Crop productivity

1. Giriş

Günümüzde etkisi giderek daha fazla hissedilmeye başlanan iklim değişikliği sonucu artan sıcaklıklar, yağış rejimindeki değişiklikler ve her geçen yıl artış gösteren meteorolojik afetler insanoğlunun tüm hayati faaliyetlerini etkilemektedir. İklim değişikliğinin sektörel temelde sağlık, ulaşım, ticaret, vb. sektörlere etkilerinin yanı sıra en ciddi etkilerinin görüldüğü sektörlerin başında tarım sektörü gelmektedir.

İklim değişikliği sonucu ortaya çıkan sıcaklık artışları ve artan CO_2 yoğunluğu bazı bölgelerde tarım ürünlerinin miktarına kısa vadede pozitif bir etki yapıyor gibi görülse de uzun vadede bu bileşenler, ürün kalitesinde ve üretim miktarında azalmalara sebep olabilmektedir (Akalın, 2014).

İklim değişikliği nedeniyle azalan üretim miktarları ekonomik kayıpları da beraberinde getirmektedir. Dellal (2012)'e göre 2050 yılında iklim değişikliği sonucu verimdeki azalmalar nedeniyle üretim miktarının buğdayda % 8.18, arpada % 2.24, mısırda % 9.11, pamukta % 4.53 ve ayçiçeğinde % 12.89 oranında azalacağı tahmin edilmektedir.

Demir (2013)'e göre gelecek 30 yılda beklenen sıcaklık artışı özellikle yaz aylarında (0.6-0.8°C) yağlı tohum bitkileri yetiştiriciliğinde önemli problemleri beraberinde getirebilecektir.

Bu çalışmada, ayçiçeği ve pamukta, kuraklık başta olmak üzere çeşitli meteorolojik afetler nedeniyle meydana gelen verim değişimleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırmada incelenen bitkiler

Araştırma için ülkemiz ekonomisinde de önemli yer teşkil eden bitkilerden ayçiçeği (yağlık), ve pamuk (kütlü) ele alınmıştır. Seçilen iki bitki için Türkiye'de yetiştiriciliğinin yaygın olduğu iller değerlendirilmiştir. Ayçiçeği (yağlık) için Tekirdağ ve Adana illeri, pamuk (kütlü) için ise Şanlıurfa ve Aydın illeri değerlendirilmiştir.

2.2. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kuraklık İzleme Sistemi (KİS)

Tarımsal kuraklık toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda suyun bulunmaması olarak tarif edilebilir (Kadıoğlu, 2008). Kuraklık literatürde geliştirilmiş farklı indekslerle belirlenebilmekte ve takip edilebilmektedir. Belli başlı kuraklık indeksleri; Standart Yağış İndeksi (Standardized Precipitation Index - SPI), Normalin Yüzdesi İndeksi (Percent of Normal Index - PNI), Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PALMER Drought Severity Index - PDSI), Aydeniz Metodu şeklinde sıralanabilir.

Bu yöntemler arasında hesaplama kolaylığı olması ve yorumlanması açısından yansız sonuç vermesinden dolayı McKee ve ark., (1993) tarafından önerilen Standart Yağış İndeksi (SPI) özel bir ilgi toplamaktadır. SPI indeksi esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee ve ark., 1993). SPI hem kısa dönem hem uzun dönem tarımsal ve meteorolojik kuraklık analizlerinde ve uzun dönem hidrolojik kuraklık analizlerinde kullanılabilmektedir (Hınıs, 2008). SPI aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir.

$$SPI = (Xi - X) \sigma^{-1}$$

Bu eşitlikte; SPI, Standart Yağış İndeksi; Xi, Aktüel yağış miktarı; X, Ortalama yağış miktarı; σ, Standart sapma değeridir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından kuraklığın uzun dönemli izlenebilmesi için SPI indeksi ile Kuraklık İzleme Sistemi (KİS) oluşturulmuştur. Bu sistemde il ve bazı

ilçeler bazında 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlar için kuraklık analizleri yapılabilmektedir. Birbirinden kesin sınırlarla ayırmak mümkün olmamakla birlikte, 1, 3 ve 6 aylık analiz meteorolojik kuraklığı, 9 ve 12 aylık analizler tarımsal kuraklığı, 12 ve 24 aylık analizler ise hidrolojik kuraklığı görmek için kullanılmaktadır. Program tarafından üretilen grafiğin yatay ekseninin (sıfır) altındaki çubuklar kurak dönemleri, üstündekiler ise nemli dönemleri ifade etmektedir. Sınıflandırmada kullanılan renklendirmeler yardımıyla kuraklığın ya da nemliliğin derecesi hakkında bilgi sahibi olunabilir (Anonim, 2017a).

Araştırmada ele alınan ayçiçeği (yağlık) ve pamuk (kütlü) ile illerdeki bitki vejetasyon dönemleri dikkate alınarak 9 aylık dönemler için kuraklık analizleri hazırlanmıştır. Ayrıca aylık maksimum sıcaklık ve aylık maksimum yağış parametrelerine ait veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (Anonim, 2017b).

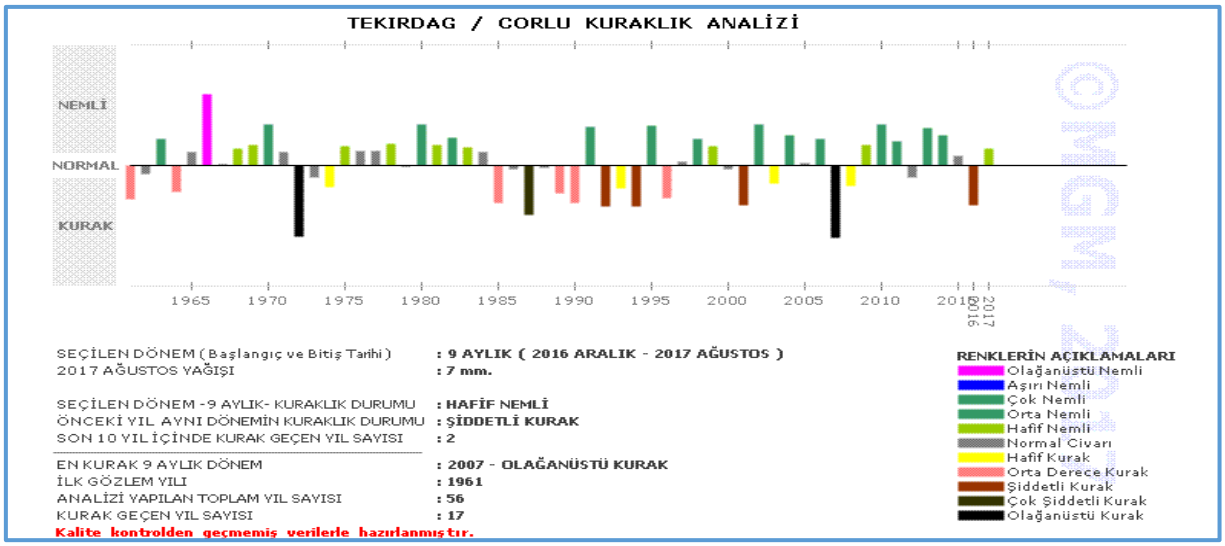
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ayçiçeği (yağlık)

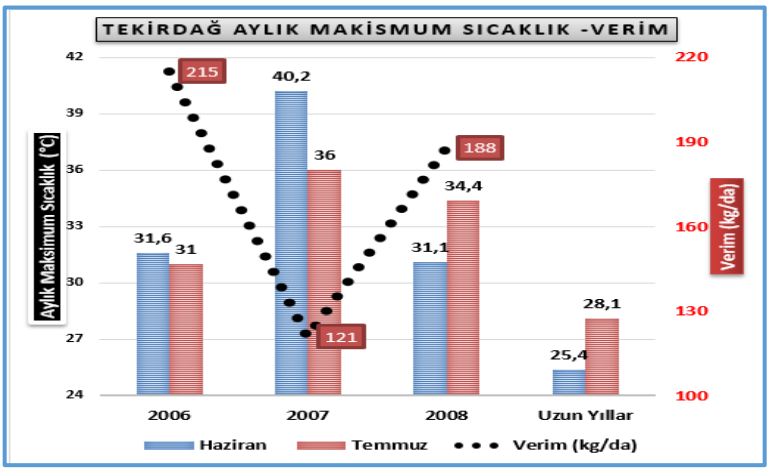
Ayçiçeği önemli bir yağ bitkisi olup, bitkisel yağ üretiminde ülkemizde ilk sırada yer almaktadır. Geniş coğrafyalarda yetiştirilme olanaklarına sahip ve değişik iklim koşullarına uyum sağlayabilen ayçiçeği de tüm bitkilerde olduğu gibi değişen iklim şartlarından etkilenir (Gürkan ve ark., 2016). Şekil 1'de görüldüğü üzere Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) kaynaklarına göre 2006-2016 yılları arası dönem incelendiğinde 2007 yılında yağlık ayçiçeği verimi 2006 yılına göre ülke genelinde % 19.7 oranında azalmıştır (Anonim, 2017c).

Şekil 1. Türkiye ayçiçeği(yağlık) verimi değişimi (kg/da)

Tekirdağ ili için ildeki ayçiçeği vejetasyon dönemi dikkate alınarak yapılan 9 aylık kuraklık izleme sistemi (KİS) analizinde Aralık-Ağustos dönemi ele alınmıştır. KİS sonuçlarına göre 2007 yılında ilde olağanüstü kuraklık yaşanmıştır (Şekil 2). 2007 yılı Haziran ve Temmuz aylarında aylık maksimum sıcaklık rekorları kırılmıştır. Bu yıl özellikle bitkinin döllenme ve çiçeklenme döneminde yaşanan olağanüstü kuraklık ve aşırı sıcaklıklar yağlık ayçiçeği veriminin ilde bir önceki yıla göre % 43.7 azalmasında önemli bir sebep olmuştur (Şekil 3).

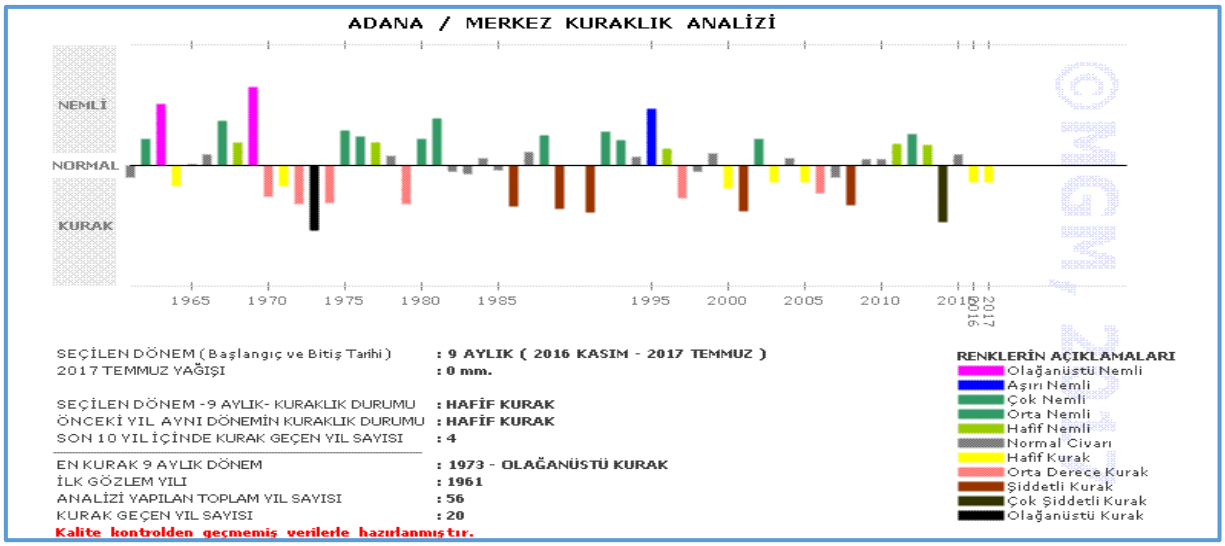


Şekil 2. Tekirdağ 9 aylık (Aralık-Ağustos) kuraklık analizi

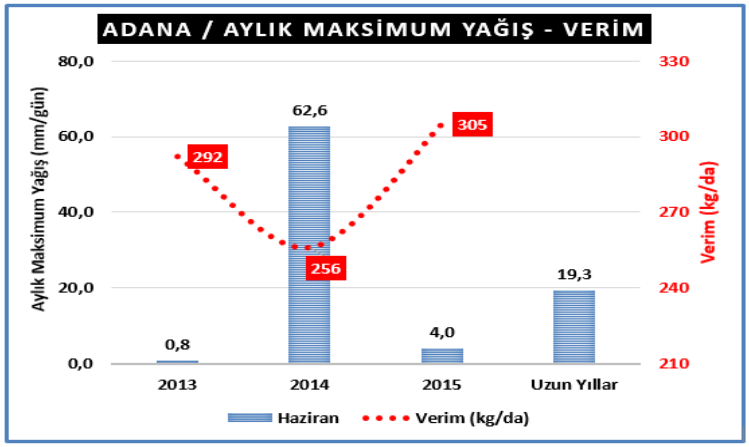


Şekil 3. Tekirdağ ayçiçeği (yağlık) verim-aylık maksimum sıcaklık ilişkisi

Adana ili için ildeki ayçiçeği vejetasyon dönemi dikkate alınarak 9 aylık kuraklık analizinde Kasım-Temmuz dönemi ele alınmıştır. KİS analizi sonuçlarına göre 2014 yılında olağanüstü kuraklık yaşanmıştır (Şekil 4). İlde 9 aylık dönemde olağanüstü kuraklık yaşanmış olmasının yanında 2014 yılı haziran ayında gerçekleşen şiddetli yağış da verimliliği olumsuz etkilemiştir (Şekil 5). İklim değişikliği sonucunda aynı dönem içerisinde gerçekleşen hem olağanüstü kuraklık hem de şiddetli yağışın da etkisiyle 2014 yılı verimi 2013 yılına göre %12.3 oranında azalmıştır (Anonim, 2017c).



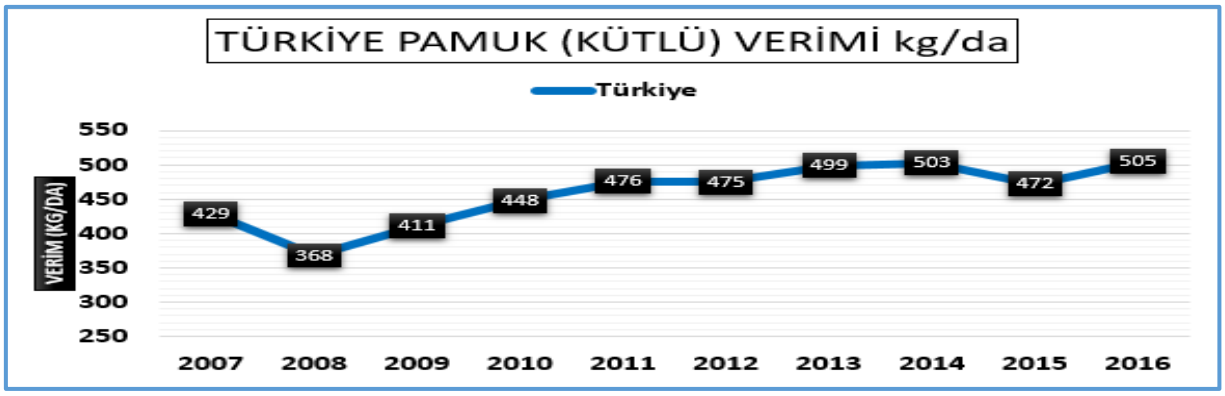
Şekil 4. Adana 9 aylık (Kasım-Temmuz) kuraklık analizi



Şekil 5. Adana ayçiçeği (yağlık) verim-aylık maksimum yağış ilişkisi

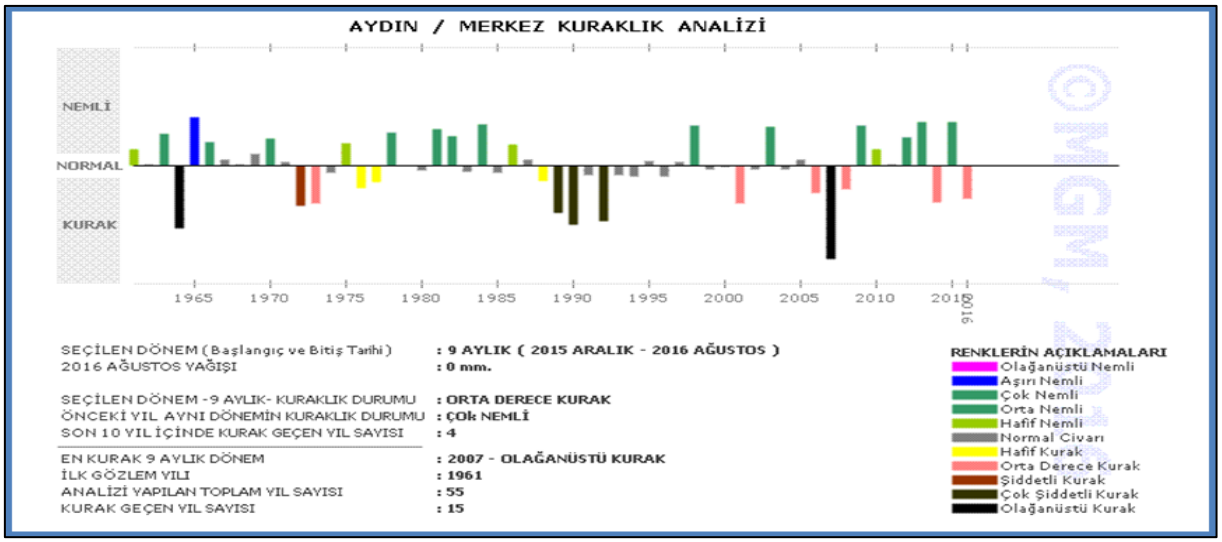
3.2. Pamuk (kütlü)

Türkiye'de pamuk yetiştiriciliği daha çok Güneydoğu Anadolu Bölgesi olmak üzere Ege ve Akdeniz bölgelerinde de yaygın olarak yapılmaktadır. Türkiye dünya genelinde pamuk ekim alanları sıralamasında 9'ncu, üretim miktarı sıralamasında 7'nci, lif verimi sıralamasında ise 2'nci sırada yer almaktadır (Anonim, 2016). Sıralamadan da anlaşılacağı üzere Türkiye pamuk tarımı için oldukça elverişli konumdadır. Ancak pamuk tarımında olmazsa olmaz unsur sulamadır. Su kıtlığı ve kuraklık verim üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. İklim değişiklikleri nedeniyle daha sık görülmeye başlanan kuraklık pamuk tarımı üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. Şekil 6'da görüldüğü üzere 2007-2016 dönemi pamuk (kütlü) verim değerleri incelendiğinde 2008 yılında ülke geneli pamuk (kütlü) verimi bir önceki yıla göre %14.2 oranında azalış göstermiştir (Anonim, 2017c).

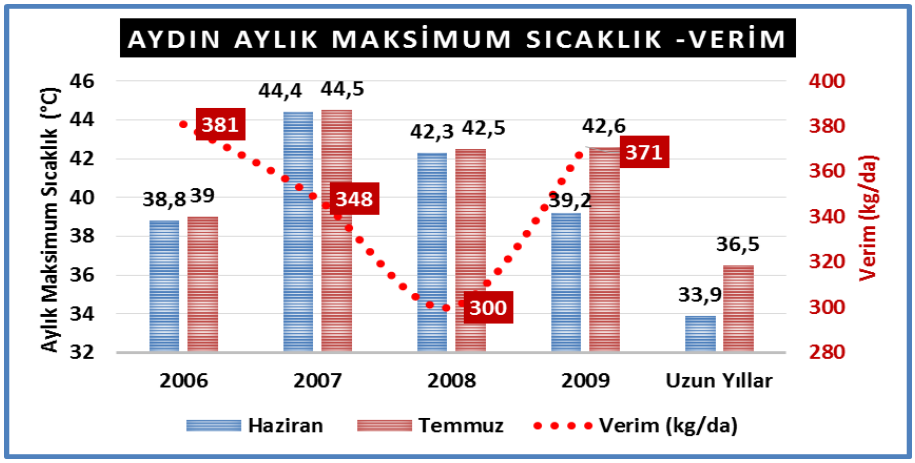


Şekil 6. Türkiye pamuk(kütlü) verimi değişimi (kg/da)

Aydın ili için ildeki pamuk (kütlü) vejetasyon dönemi dikkate alınarak 9 aylık kuraklık analizinde aralık-ağustos dönemi ele alınmıştır. Ele alınan döneme göre 1961'den günümüze 2007 yılı en kurak yıl olarak kayıtlara geçmiştir. 2007 yılında ilde olağanüstü kuraklık yaşanmıştır (Şekil 7). Aynı yıl Haziran ve Temmuz aylarında aylık maksimum sıcaklık değerleri uzun yıllar ortalamalarından 9-10 °C daha yüksek olarak kaydedilmiştir. Haziran ayı günlük maksimum sıcaklık rekoru 24.06.2007'de 44.0°C ve 27.06.2007'de 44.4°C olarak ölçülerek ay içinde iki kez rekor kırmıştır. Kuraklık ve yüksek sıcaklıkların etkisi 2008 yılında da devam etmiştir. 2006 yılı ile kıyaslandığında pamuk (kütlü) verimi 2007 yılında % 8.7, 2008 yılında ise % 21.3 oranında azalmıştır (Şekil 8).

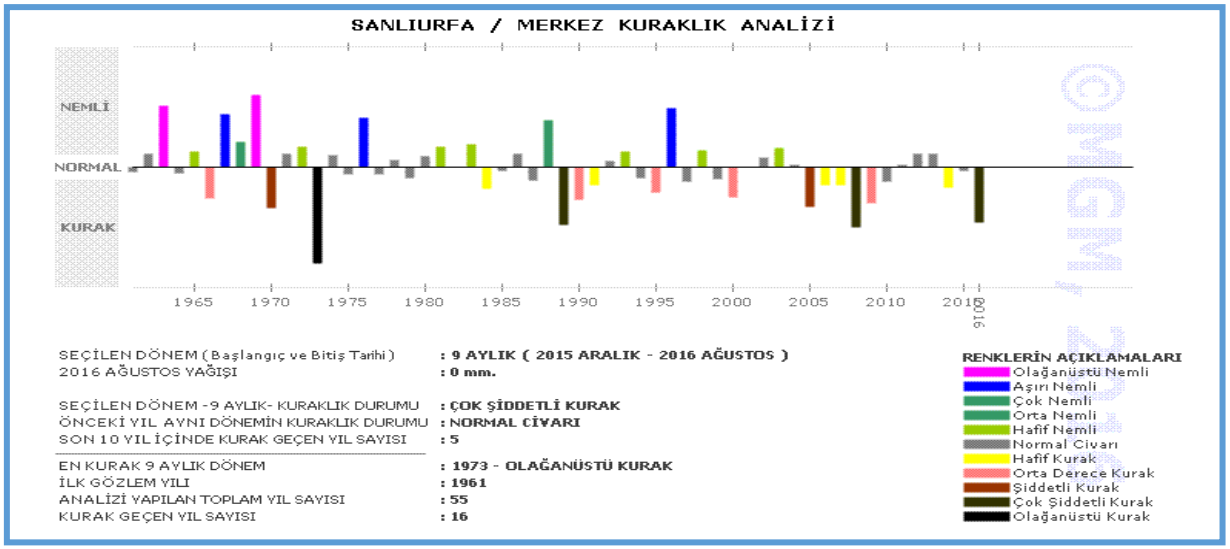


Şekil 7. Aydın 9 aylık (Aralık-Ağustos) kuraklık analizi

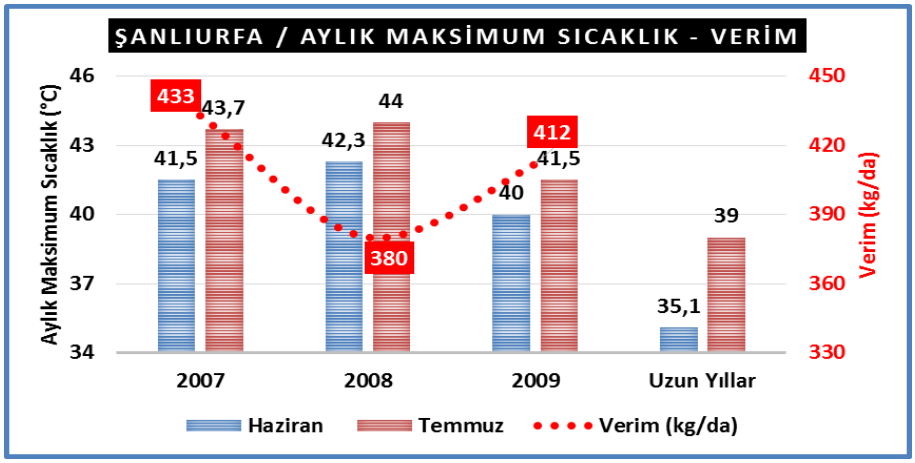


Şekil 8. Aydın pamuk (kütlü) verim-aylık maksimum sıcaklık ilişkisi

Şanlıurfa ili için ildeki pamuk (kütlü) vejetasyon dönemi dikkate alınarak 9 aylık kuraklık analizinde aralık-ağustos dönemi ele alınmıştır. Şanlıurfa ilinde Aralık-Ağustos dönemi kuraklık analizlerine göre 2008 yılı çok şiddetli kuraklığın yaşandığı yıllardan biri olarak belirlenmiştir (Şekil 9). Aynı yıl Haziran ve Temmuz ayları maksimum sıcaklık değerleri uzun yıllar ortalamalarından 5-7 °C daha yüksek değerlerde ölçülmüştür. 2008 yılı pamuk (kütlü) verimi 2007 yılına göre % 12.2 oranında azalmıştır (Şekil 10).



Şekil 9. Şanlıurfa 9 aylık (Aralık-Ağustos) kuraklık analizi



Şekil 10. Şanlıurfa pamuk (kütlü) verim-aylık maksimum sıcaklık ilişkisi

4. Sonuçlar

Türkiye'de iklim değişikliklerinin etkisi ile görülme sıklığı ve şiddeti her geçen yıl artan meteorolojik kaynaklı doğal afetler nedeniyle bitkisel üretimde ciddi verim kayıpları yaşanmaktadır. Türkiye'de şiddetli kuraklığın ve ekstrem sıcaklıkların gözlemlendiği 2007, 2008 yıllarında ve ayrıca 2014 yılında seçilen endüstri bitkilerinde ülke genelinde %19.7'ye varan oranlarda verim kayıpları olmuştur.

MGM tarafından geliştirilen KİS kuraklık analizi bunun yanı sıra ele alınan aylık maksimum sıcaklık ve aylık maksimum yağış parametreleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda iklim değişikliği ve buna bağlı olarak şiddeti ve sıklığı her geçen yıl artan meteorolojik afetlerin bitkisel verimlilikte oluşan kayıpların önemli sebeplerinden biri olduğu söylenebilir.

İklim değişikliği ve buna bağlı olarak artan meteorolojik afetler özellikle tarımsal üretim üzerinde çok ciddi olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Yapılan gelecek dönem iklim projeksiyonlarına göre yaşadığımız yüzyılda iklim değişikleri ve buna bağlı olarak olumsuz etkilerinin sıklığı ve şiddetinde ciddi artışların olabileceği öngörülmektedir. İklim değişikliği gıda güvenliğini etkileyecek ve insanları yaşadıkları yerlerden edecektir (Anonymous, 2013).

İklim değişiklikleri nedeniyle meteorolojik kaynaklı doğal afetler bitkisel verimliliği azaltarak ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Yaşanan kayıplar hem çiftçilikle geçimini sağlayan aileleri hem de ülke ekonomisini etkilemektedir.

İklim değişiklikleri kısa vadede geri döndürülemeyeceği için yapılması gereken en önemli tedbir iklim değişikliklerine uyum sağlamak olacaktır. Bu nedenle iklim değişikliklerine karşı tarım sektöründe yapılması gereken uyum faaliyetleri, iklim değişikliğinin gelecek dönemlerdeki verimliliğe olası etki çalışmaları, değişen iklim koşullarına göre dayanıklı çeşit ıslahı çalışmaları vb. çalışmalar gelecek dönemlerdeki kayıpların önüne geçmek için yapılabilecek önemli çalışmalar olarak ön plana çıkmaktadır.

Kaynaklar

Akalın M 2014. İklim Değişikliğinin Tarım Üzerindeki Etkileri: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum Ve Azaltım Stratejileri. Hitit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 7(2): 351-377.

Anonim 2016. 2015 Yılı Pamuk Raporu. Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, http://koop.gtb.gov.tr/data/56e95b3a1a79f5b210d9176f/2015%20Pamuk%20Raporu.pdf (Erişim tarihi: 02.02.2017)

Anonim 2017a. Kuraklık İzleme Sistemi. http://212.175.180.197/bitkidon/kuraklikizleme.aspx (Erişim tarihi: 01.02.2017)

Anonim 2017b. Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi (TÜMAS). http://tumas.mgm.gov.tr/wps/portal/ (Erişim tarihi: 05.02.2017)

Anonim 2017c. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul (Erişim tarihi:02.02.2017)

Anonymous 2013. IPCC Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution To IPCC AR5, 203p., Geneva.

Demir İ 2013. TR71 Bölgesi Yağlı Tohumlu Bitki Yetiştiriciliği ve İklim Değişikliğinin Etkileri. Türk Tarım-Gıda Bilim Dergisi 1(2): 73-78.

Dellal İ (2012). Türkiye'de İklim Değişikliğinin Tarım ve Gıda Güvencesine Etkileri, Türkiye'nin II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1-32.

Gürkan H, Bayraktar N, Bulut H, Koçak N, Eskioğlu O, Demircan M 2016. İklim Değişikliğinin Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Verimine Olası Etkilerinin İncelenmesi: Marmara Bölgesi Örneği. 12. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi. Bildiriler Kitabı (I): 25-27 Mayıs, Isparta, 59-68.

Hınıs M A 2008. Standart Yağış İndeksi ile Konya'nın geçmişten Günümüze Kuraklık Değerlendirilmesi. Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı. Bildiriler Kitabı: 11-12 Eylül, Konya, 238-245.

McKee T B, Doesken N J, Kliest J 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. In: Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA. 179-184.

Kadıoğlu M 2008. Kuraklık Risk Yönetimi. Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı. Bildiriler Kitabı: 11-12 Eylül, Konya, 1-16.

CLIMATE CHANGE: MONTHLY PATTERNS OF MINIMUM TEMPERATURES AND THEIR CHANGE

Mesut DEMİRCAN[1], Hüseyin ARABACI[1], Mustafa COŞKUN[1], Necla TÜRKOĞLU[2], İhsan ÇİÇEK[2]

[1]Turkish State Meteorological Service, Ankara, Turkey
E-mails: mdemircan@mgm.gov.tr, harabaci@mgm.gov.tr, mustafacoskun@mgm.gov.tr,
[2]Ankara University, Faculty of Languages, History and Geography, Ankara, Turkey
E-mails: Necla.Turkoglu@ankara.edu.tr, ihsan.cicek@ankara.edu.tr

Abstract:
Climate change, in other word global warming, is one of the most serious environmental, economic, and social threats that this world faces. A change in the Earth's surface temperature also leads to increase in extreme events as well as extreme temperatures. Climate is the average weather conditions experienced in a particular place over a long period. The standard averaging period is 30 years but other periods may be used depending on the purpose. Climate also includes statistics other than the average, such as the magnitudes of day-to-day, month to month or year-to-year variations. Temperature is analysed with its mean, maximum and minimum values as climate and meteorological aspects. And also temperature has got an oscillation depending on time scale. In this study, it is intend to analysis monthly distributions pattern of minimum temperatures. For this purpose daily minimum temperature values are used from eight stations data with periods of 1971 to 2015 from Turkish State Meteorological Service which are Sarıyer, Sinop, Rize, Aydın, Ankara, Kars, Anamur and Hakkari. Extreme values of minimum temperatures are determined for 1971 to 2015 period, 1971 to 2000 period and 1981 to 2010 period. To determine monthly distribution patterns, it is calculated daily anomalies for each periods according to monthly mean values of extreme minimum temperatures of 1981 and 2010 period. As a result, probability of occurring minimum temperature or maximum temperature in certain time interval in a month may show a pattern in month. Moreover, the pattern is compatible with folk calendar and also the pattern is inclined to change with increasing temperature trend due to climate change. The minimum temperatures have increased with a different number of days according to different months after 1981. These figures changes from 1 day in March to 25 days in August.

***Keywords*:** Temperature, Maximum, Monthly pattern, Climate change, Folk calendar.

INTRODUCTION

Climate change, in other word global warming, is one of the most serious environmental, economic, and social threats that this world faces. There are many assessments to monitor climate and to estimate climate variability over many regions and also globally by national and international institutions. A change in the Earth's surface temperature also leads to increase in extreme events as well as extreme temperatures.

Climate is the average weather conditions experienced in a particular place over a long period. Climatological normals are averages for consecutive periods of 30 years which are calculated from climatological data (Demircan et al. 2013; Demircan et al., 2014 [a],[b],[c],[d], Demircan et al., 2017 [a], [b]). Using climate normals are very important tool to provide a standard base for preparing global assessment and climate monitoring studies. The reference period of Climate; 1961-1990, 1971-2000 and 1981-2010 as climate normals are used by scientists, national climate services and international institutions and organizations in international, national and regional-based climate monitoring, climate trends, climate change and climate modelling studies.

Climate also includes statistics other than the average, such as the magnitudes of day-to-day, month to month or year-to-year variations. Temperature is one of the climate parameters and is most interested by the public and the sectors. The temperature is related to the solar energy which, in turn, is absorbed by the Earth's surface and heats the Earth's surface and then the Earth emits it as long wave radiation through the atmosphere into space and determines the climate and weather of the Earth. Greenhouse gases absorbs long wave radiation, thereby trapping and holding heat in the atmosphere. As a result of this, global temperature increases while amount of greenhouse gases increase. Temperature change occurs depending on the factors such as The Earth's rotation around its own axis and Sun, sun radiation and duration, latitude, altitude, distance to water sources, vegetation cover. At the same

time it is a continuous climate parameter on the topography. Temperature is analysed with its mean, maximum and minimum values as climate and meteorological aspects. And also temperature has got an oscillation depending on time scale.

DATA AND METHODS

Daily minimum temperature values are used from eight stations data with periods of 1971 to 2015 from Turkish State Meteorological Service which are Sarıyer, Sinop, Rize, Aydın, Ankara, Kars, Anamur and Hakkari. Stations are selected as surrounding the Turkey and also according to direction of air masses which are entering to the Turkey. Extreme values of minimum temperatures are determined for 1971 to 2015 period, 1971 to 2000 period and 1981 to 2010 period from station's daily minimum temperatures data. Monthly mean minimum temperatures are calculated from extreme minimum temperatures of 1981-2010 period. Differences are calculated between daily extreme minimum temperatures of 1971-2000, 1981-2010 and 1971-2015 periods and monthly mean minimum temperatures of 1981-2010 period. Difference graphics are prepared per every months and every stations (Fig.1). Monthly distribution patterns are determined from difference values of 1971-2000 period. Changing in minimum temperatures are determined by comparing of difference values of 1971-2000 period and difference values of other two periods.

APPLICATION AND RESULTS

If the difference values are negative it is accepted as cold and if they are positive accepted as warm. Difference graphics show a pattern that some weeks are cold and some weeks are warm for the 1971-2000, 1981-2000 and 1971-2015 periods as summary (Fig.1). In generally difference values are equal for all periods. For this reason we can expect to occur a heatwave or cold wave according to warm or cold periods of the month as a probabilistic method. By the way, in some days values of 1981-2010 and 1971-2015 periods are bigger or smaller than 1971-2000 period's values which shows changing in climate.

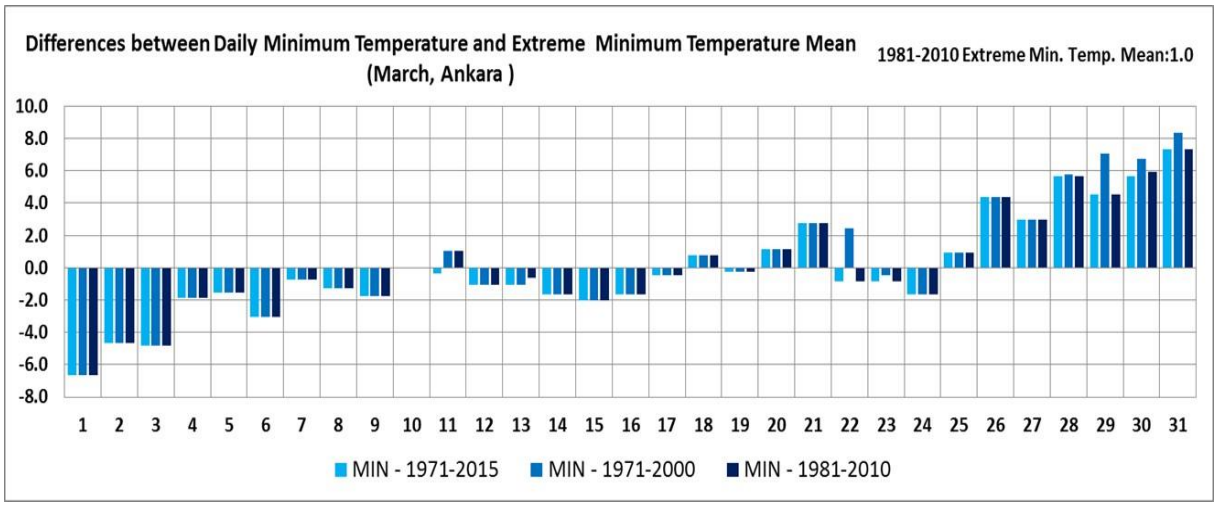


Figure 1. Differences between daily minimum temperature and extreme minimum temperature mean

We are using data sets and graphics and preparing a summary figure (Fig.3) to show monthly pattern and its change in all stations and months together. In this manner, regional and temporal compatibility could easily be seen. In the figure, daily minimum temperatures pattern according to 1971-2000 period are shown as red for warm differences and blue for cold differences. Change in pattern according to 1981-2010 and 1971-2015 periods are shown with figures (△) for increase and (▽) for decrease. In here increasing's meaning is daily extreme minimum temperature is higher than 1971-2000 period's value, in other term is warmer than 1971-2000 period's value and decreasing's meaning is vice versa. The number of increasing, decreasing and no changing days are showed in tables 1 to 12 for each month. The maximum, mean and minimum differences values from mean of 1981-2010 daily extreme minimum temperature are also showed for three periods. Minimum difference value is indicated bottom point of pattern and maximum difference value is indicated top point of pattern. Mean difference value is indicate mean of daily difference values of month.

Daily extreme minimum temperatures were increased 9 to 16 days and decreased 1 to 11 days in January according to stations (Table 1; Fig. 2). The most increase is seen in two stations which are Ankara and Kars. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -7.8°C in 1971-2000 period, it was

increased to -5.5°C in 1981-2010 period in Ankara. In generally it is about 0.5 to 2°C increase in all stations in January is assumed one of the colder months.

Table 1. Daily extra minimum temperatures changes in January.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	January	10	11	10	1.7	-6.9	-1.0	2.3	-6.9	-0.4	3.1	-3.9	-2.9
SİNOP		11	8	12	2.1	-3.2	-0.8	2.1	-3.2	-0.5	2.1	-3.2	-1.3
RİZE		11	9	11	1.2	-3.6	-0.8	1.8	-3.6	-0.4	1.6	-2.8	-1.8
AYDIN		9	11	11	1.2	-3.4	-0.9	1.6	-3.4	-0.5	2.0	-2.2	-2.6
ANKARA		16	5	10	2.4	-7.8	-2.0	2.4	-7.8	-1.6	3.4	-5.5	-13.4
KARS		16	5	10	1.9	-8.4	-1.8	2.2	-8.4	-1.5	4.0	-3.6	-28.2
ANAMUR		11	1	19	1.0	-2.0	-0.3	2.0	-2.0	-0.3	1.6	-2.0	2.9
HAKKARİ		12	8	11	2.4	-5.5	-0.6	2.8	-3.5	-0.2	2.8	-5.5	-17.9

Daily extreme minimum temperatures were increased 3 to 19 days and decreased 4 to 7 days in February according to stations (Table 2; Fig. 2). The most increase is seen in Kars. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -5.8°C in 1971-2000 period, it was increased to -4.9°C in 1981-2010 period in Kars. Minimum difference values are equal for 1971-2000 and 1981-2010 periods due to cold wave occurred in 1985 between 19 to 23 February in Sarıyer, Sinop, Aydın, Ankara, Anamur and in 1984 between 17 to 28 February in Rize and in 1997 between 6 to 11 February in Hakkari.

Table 2. Daily extra minimum temperatures changes in February.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	February	6	5	20	1.7	-4.1	-0.4	2.4	-4.1	0.0	3.0	-4.1	-4.3
SİNOP		6	4	21	2.0	-4.6	-0.5	2.0	-4.6	-0.3	2.7	-4.6	-2.9
RİZE		3	4	24	2.6	-3.6	-0.3	3.2	-3.6	0.0	2.6	-3.6	-2.8
AYDIN		4	4	23	1.8	-1.8	-0.3	1.9	-1.8	0.0	1.8	-1.8	-3.4
ANKARA		12	5	14	4.6	-7.6	-1.3	5.9	-7.6	-0.9	4.6	-7.6	-13.9
KARS		19	0	12	2.1	-5.8	-2.5	2.1	-5.8	-2.5	3.3	-4.9	-27.3
ANAMUR		3	7	21	1.8	-2.6	-0.2	2.6	-2.6	0.0	2.0	-2.6	1.8
HAKKARİ		6	4	21	3.5	-4.8	-0.4	5.3	-4.8	-0.2	4.8	-4.8	-17.9

Daily extreme minimum temperatures were increased 1 to 6 days and decreased 4 to 13 days in March according to stations (Table 3; Fig. 2). The most increase is seen in Kars. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -7.4°C in 1971-2000 period, it was increased to -6.4°C in 1981-2010 period in Kars. Minimum difference values are equal for 1971-2000 and 1981-2010 periods due to cold wave occurred in 1985 between 1 and 13 March in generally.

Table 3. Daily extra minimum temperatures changes in March.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	March	3	10	18	3.0	-4.0	-0.1	5.0	-4.0	0.3	3.0	-4.0	-1.8
SİNOP		2	7	22	3.1	-4.4	-0.1	4.0	-4.4	0.2	4.2	-4.4	-0.4
RİZE		0	13	18	2.2	-4.3	-0.1	4.0	-4.3	0.4	2.5	-4.3	-1.8
AYDIN		6	6	19	3.7	-4.4	-0.3	4.8	-4.4	-0.1	4.4	-4.4	-0.6
ANKARA		1	7	23	7.4	-6.6	-0.1	8.4	-6.6	0.2	7.4	-6.6	1.0
KARS		5	4	22	7.3	-7.4	-0.5	13.6	-7.4	0.5	8.8	-6.4	-22.8
ANAMUR		3	4	24	3.4	-2.5	-0.1	3.4	-2.5	0.0	3.4	-2.5	4.5
HAKKARİ		1	5	25	5.2	-7.0	0.0	6.0	-7.0	0.3	5.2	-7.0	-12.0

Daily extreme minimum temperatures were increased 2 to 10 days and decreased 4 to 12 days in April according to stations (Table 4; Fig. 2). The most increase is seen in Anamur. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -1.7, -2.4, -5.7, -5.1 and -3.9°C in 1971-2000 period, it was decreased to -2.3, -5.4, -6.8, -10.3 and -5.7°C in 1981-2010 period in Sarıyer, Rize Ankara, Kars and Hakkari, respectively. Minimum difference values decrease in these stations due to cold wave in first week of April in 2003. The results suggest that there could be a cooling trend for April.

Table 4. Daily extra minimum temperatures changes in April.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	April	3	6	22	2.4	-2.3	-0.2	2.4	-1.7	0.1	2.6	-2.3	2.4
SİNOP		2	7	22	2.5	-3.0	-0.2	2.5	-3.0	0.2	2.5	-3.0	3.5
RİZE		7	9	15	2.2	-5.4	-0.4	3.2	-2.4	0.0	2.2	-5.4	2.6
AYDIN		8	4	19	2.6	-4.4	-0.4	2.6	-4.4	-0.2	3.4	-4.4	3.6
ANKARA		8	5	18	4.9	-6.8	-0.5	4.9	-5.7	-0.2	4.9	-6.8	8.4
KARS		6	12	13	3.8	-10.3	-0.9	4.1	-5.1	0.0	5.0	-10.3	-8.1
ANAMUR		10	0	21	2.3	-4.3	-0.4	2.3	-4.3	-0.4	2.7	-4.3	7.9
HAKKARİ		7	8	16	3.8	-5.7	-0.4	4.4	-3.9	0.0	5.2	-5.7	-2.4

Daily extreme minimum temperatures were increased 1 to 8 days and decreased 4 to 9 days in May according to stations (Table 5; Fig. 2). The most increase is seen in Hakkari. The results suggest that there could be a cooling trend for May.

Table 5. Daily extra minimum temperatures changes in May.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	May	7	5	19	3.0	-4.6	-0.3	3.0	-4.6	-0.2	3.0	-4.6	7.6
SİNOP		2	4	25	3.2	-9.3	-0.6	3.2	-3.8	-0.2	3.2	-3.8	8.6
RİZE		5	5	21	3.5	-8.8	-0.6	3.5	-3.9	-0.1	3.7	-3.9	8.1
AYDIN		1	4	26	2.0	-4.0	-0.2	2.6	-4.0	-0.1	2.0	-4.0	8.6
ANKARA		3	4	24	4.7	-7.4	-0.1	4.7	-7.4	0.0	4.7	-7.4	12.6
KARS		5	9	17	2.8	-3.7	-0.4	5.3	-3.7	0.3	3.5	-3.7	-2.3
ANAMUR		7	4	20	3.0	-3.2	-0.4	3.0	-3.2	-0.3	3.0	-3.2	11.8
HAKKARİ		8	7	16	4.3	-4.1	-0.4	4.3	-4.1	-0.1	5.3	-4.1	3.7

Daily extreme minimum temperatures were increased 5 to 19 days and decreased 1 to 7 days in June according to stations (Table 6; Fig. 2). The most increase is seen in Anamur. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -4.4, -2.8, -4.5 and -3.7°C in 1971-2000 period, it was increased to -2.6, -2.5, -3.0 and -2.8°C in 1981-2010 period in Sinop, Rize, Anamur and Hakkari, respectively.

Table 6. Daily extra minimum temperatures changes in June.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	June	11	5	15	2.5	-4.0	-0.5	2.9	-4.0	-0.4	2.5	-4.0	12.5
SİNOP		11	1	19	1.6	-4.4	-0.5	1.6	-4.4	-0.5	3.2	-2.6	13.2
RİZE		9	6	16	2.1	-2.8	-0.4	2.5	-2.8	-0.2	2.3	-2.5	12.5
AYDIN		5	2	24	2.1	-5.3	-0.3	2.2	-5.3	-0.3	2.2	-5.3	13.7
ANKARA		6	4	21	3.2	-4.4	-0.1	3.8	-4.4	0.1	5.5	-4.4	8.4
KARS		12	7	12	2.8	-4.2	-0.5	2.8	-4.2	-0.2	2.8	-4.2	1.4
ANAMUR		19	0	12	2.0	-4.5	-1.1	2.0	-4.5	-1.1	2.5	-3.0	16.7
HAKKARİ		12	3	16	3.3	-3.7	-0.6	3.3	-3.7	-0.5	3.3	-2.8	9.1

Daily extreme minimum temperatures were increased 6 to 21 days and decreased 1 to 9 days in July according to stations (Table 7; Fig. 2). The most increase is seen in Anamur. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -2.3, -2.8, and -3.2°C in 1971-2000 period, it was increased to -2.2, -2.6, and -2.5°C in 1981-2010 period in Sinop, Aydın and Anamur, respectively. It was decreased -2.8 and -2.0°C to -3.4 and -3.6°C in Kars and Hakkari, respectively.

Table 7. Daily extra minimum temperatures changes in July.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	July	13	3	15	1.4	-3.2	-0.5	1.4	-3.2	-0.5	2.8	-3.2	15.2
SİNOP		8	1	22	1.7	-2.3	-0.3	1.7	-2.3	-0.3	2.1	-2.2	15.9
RİZE		11	1	19	1.3	-3.7	-0.6	1.3	-3.7	-0.6	2.9	-3.7	15.7
AYDIN		11	3	17	1.8	-2.8	-0.7	2.0	-2.8	-0.5	2.6	-2.6	16.2
ANKARA		6	4	21	2.7	-4.0	-0.3	2.8	-4.0	0.0	3.4	-4.0	22.2
KARS		14	9	8	3.4	-3.4	-0.6	3.6	-2.8	-0.3	3.5	-3.4	4.6
ANAMUR		21	0	10	0.8	-3.2	-0.9	0.8	-3.2	-0.9	1.6	-2.5	19.4
HAKKARİ		8	7	16	1.9	-3.6	-0.3	2.2	-2.0	-0.2	2.4	-3.6	13.6

Daily extreme minimum temperatures were increased 3 to 25 days and decreased 1 to 8 days in August according to stations (Table 8; Fig. 2). The most increase is seen in Anamur. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -2.0, -2.7, and -3.7°C in 1971-2000 period, it was increased to -1.7, -2.1, and -2.0°C in 1981-2010 period in Sinop, Aydın and Anamur, respectively.

Table 8. Daily extra minimum temperatures changes in August.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	August	13	1	17	1.2	-3.0	-0.7	1.2	-3.0	-0.6	2.8	-3.0	15.8
SİNOP		10	4	17	1.3	-2.3	-0.3	1.5	-2.0	-0.2	1.3	-1.7	16.5
RİZE		8	3	20	1.0	-2.0	-0.2	1.6	-2.0	-0.2	1.9	-2.0	15.8
AYDIN		15	2	14	1.2	-2.7	-0.7	1.2	-2.7	-0.6	2.1	-2.1	16.4
ANKARA		10	0	21	3.1	-3.9	-0.4	3.1	-3.9	-0.4	3.1	-3.9	22.9
KARS		9	8	14	1.8	-2.7	-0.4	2.7	-2.7	0.0	3.7	-2.7	4.3
ANAMUR		25	1	5	0.9	-3.7	-1.6	0.9	-3.7	-1.6	2.0	-2.0	19.5
HAKKARİ		3	4	24	2.9	-3.4	-0.2	2.9	-3.4	0.0	2.9	-3.4	13.1

Daily extreme minimum temperatures were increased 3 to 19 days and decreased 2 to 11 days in September according to stations (Table 9; Fig. 2). The most increase is seen in Anamur. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -2.8, -6.3 and -4.3°C in 1971-2000 period, it was increased to

-2.2, -3.5, and -2.3°C in 1981-2010 period in Aydın, Ankara and Anamur, respectively. It was decreased -3.5°C to -3.9°C in Kars.

Table 9. Daily extra minimum temperatures changes in September.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	September	9	7	15	2.5	-4.8	-0.5	2.8	-2.4	-0.2	2.5	-2.4	11.9
SİNOP		7	8	16	2.9	-5.0	-0.4	3.5	-5.0	-0.1	3.1	-5.0	12.7
RİZE		7	2	22	3.9	-3.2	-0.1	3.9	-3.2	-0.1	3.9	-3.2	12.4
AYDIN		14	4	13	2.5	-4.2	-0.8	2.5	-2.8	-0.6	2.8	-2.2	11.8
ANKARA		5	11	15	3.7	-6.7	-0.4	4.7	-6.3	0.1	3.7	-3.5	8.4
KARS		3	10	18	5.4	-3.9	-0.4	5.4	-3.5	0.0	5.4	-3.9	-0.3
ANAMUR		19	4	8	1.6	-4.3	-1.1	1.6	-4.3	-1.0	2.3	-2.3	16.9
HAKKARİ		8	3	20	4.8	-4.5	-0.4	4.8	-4.5	-0.3	5.0	-4.5	8.8

Daily extreme minimum temperatures were increased 1 to 15 days and decreased 2 to 11 days in October according to stations (Table 10; Fig. 2). The most increase is seen in Sinop. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -4.4, -9.5 and -4.9°C in 1971-2000 period, it was increased to -4.0, -3.7, and -4.7°C in 1981-2010 period in Sarıyer, Kars and Anamur, respectively. It was decreased -3.8°C to -4.0 °C in Sinop.

Table 10. Daily extra minimum temperatures changes in October.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	October	8	17	6	2.2	-4.4	-1.5	2.3	-4.4	-0.7	3.2	-4.0	7.8
SİNOP		15	8	8	2.0	-4.4	-1.2	2.2	-3.8	-0.8	2.0	-4.4	8.6
RİZE		12	8	11	1.8	-4.7	-1.0	2.5	-4.7	-0.8	2.9	-4.7	7.9
AYDIN		8	8	15	2.3	-4.7	-1.1	3.1	-4.7	-0.7	4.4	-4.7	6.7
ANKARA		7	9	15	3.9	-5.6	-0.9	5.4	-5.6	-0.1	5.4	-5.6	10.8
KARS		14	3	14	3.3	-9.5	-1.5	3.3	-9.5	-1.5	3.7	-3.7	-6.3
ANAMUR		15	10	6	1.4	-4.9	-1.4	1.6	-4.9	-1.0	1.7	-4.7	13.1
HAKKARİ		1	6	24	3.6	-4.9	-0.1	4.6	-4.9	0.1	4.6	-4.9	1.8

Daily extreme minimum temperatures were increased 3 to 9 days and decreased 4 to 7 days in November according to stations (Table 11; Fig. 2). The most increase is seen in Hakkari. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -5.4°C in 1971-2000 period, it was increased to -5.2°C in 1981-2010 period in Ankara. It was decreased -1.8°C to -2.0 °C in Rize.

Table 11. Daily extra minimum temperatures changes in November.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	November	6	6	19	2.2	-2.8	-0.4	3.3	-2.8	0.0	4.4	-2.8	1.4
SİNOP		4	7	20	2.2	-3.1	-0.3	2.3	-3.1	-0.2	4.7	-3.1	2.7
RİZE		7	6	18	2.3	-2.0	-0.2	2.3	-1.8	0.0	3.4	-2.0	2.4
AYDIN		5	5	21	4.4	-2.4	-0.3	4.6	-2.4	0.0	4.4	-2.4	0.4
ANKARA		3	6	22	3.3	-5.4	-0.4	4.0	-5.4	-0.2	4.4	-5.2	2.2
KARS		8	6	17	5.9	-13.1	-2.2	7.1	-13.1	-1.5	9.1	-13.1	-16.3
ANAMUR		7	4	20	2.7	-5.0	-0.4	3.7	-5.0	-0.2	3.3	-5.0	7.3
HAKKARİ		9	5	17	6.6	-7.4	-0.4	6.6	-7.4	-0.1	6.6	-7.4	-7.6

Daily extreme minimum temperatures were increased 1 to 9 days and decreased 5 to 17 days in December according to stations (Table 12; Fig. 2). The most increase is seen in Ankara. While minimum difference between monthly mean and daily minimum temperature was -1.8°C in 1971-2000 period, it was increased to -1.9°C in 1981-2010 period in Aydın. It was decreased -2.6 and -4.5°C to -3.4 and -5.1°C in Rize and Kars, respectively. The results suggest that there could be a cooling trend for December.

Table 12. Daily extra minimum temperatures changes in December.

Stations	Months	Increasing	Decreasing	No changing	1971-2015			1971-2000			1981-2010		
					Diferences from Mean of 1981-2010 Daily Extreme Temperatures (MDET)								
					Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	Mean	Maks.	Min.	MDET
SARIYER	December	7	9	15	1.7	-2.8	-0.4	1.7	-2.8	-0.1	2.4	-2.8	-1.0
SİNOP		3	17	11	1.3	-2.5	-0.2	2.7	-2.5	0.6	2.3	-2.5	0.3
RİZE		1	12	18	2.2	-3.4	-0.2	2.6	-2.6	0.1	2.6	-3.4	-0.6
AYDIN		4	6	21	1.7	-1.9	-0.2	1.7	-1.8	0.0	1.9	-1.9	-1.9
ANKARA		9	11	11	2.1	-5.5	-0.9	2.1	-3.6	-0.5	5.1	-3.6	-1.5
KARS		4	12	15	6.9	-5.1	-0.3	6.9	-4.5	0.5	6.9	-5.1	-25.3
ANAMUR		6	5	20	2.2	-3.3	-0.5	2.2	-3.3	-0.3	2.2	-3.3	4.5
HAKKARİ		5	9	17	5.5	-5.3	-0.5	5.5	-5.3	-0.1	5.5	-5.3	-16.0

Extreme minimum temperatures were increased 9 to 16 days in January, 3-19 days in February, 1 to 6 days in March, 2 to 10 days in April, 1 to 8 days in May, 5 to 19 days in June, 8 to 21 in July, 3 to 25 days in August, in 3 to 19 days in September, 1 to 15 days in October, 3 to 9 days in November and 1 to 9 days in December since the year 1981. Extreme minimum temperatures were decreased 1 to 11 days in January, 0-7 days in February, 4 to 13

days in March, 0 to 12 days in April, 4 to 9 days in May, 0 to 7 days in June, 0 to 9 in July, 0 to 8 days in August, in 2 to 11 days in September, 3 to 17 days in October, 4 to 7 days in November and 5 to 17 days in December since the year 1981.

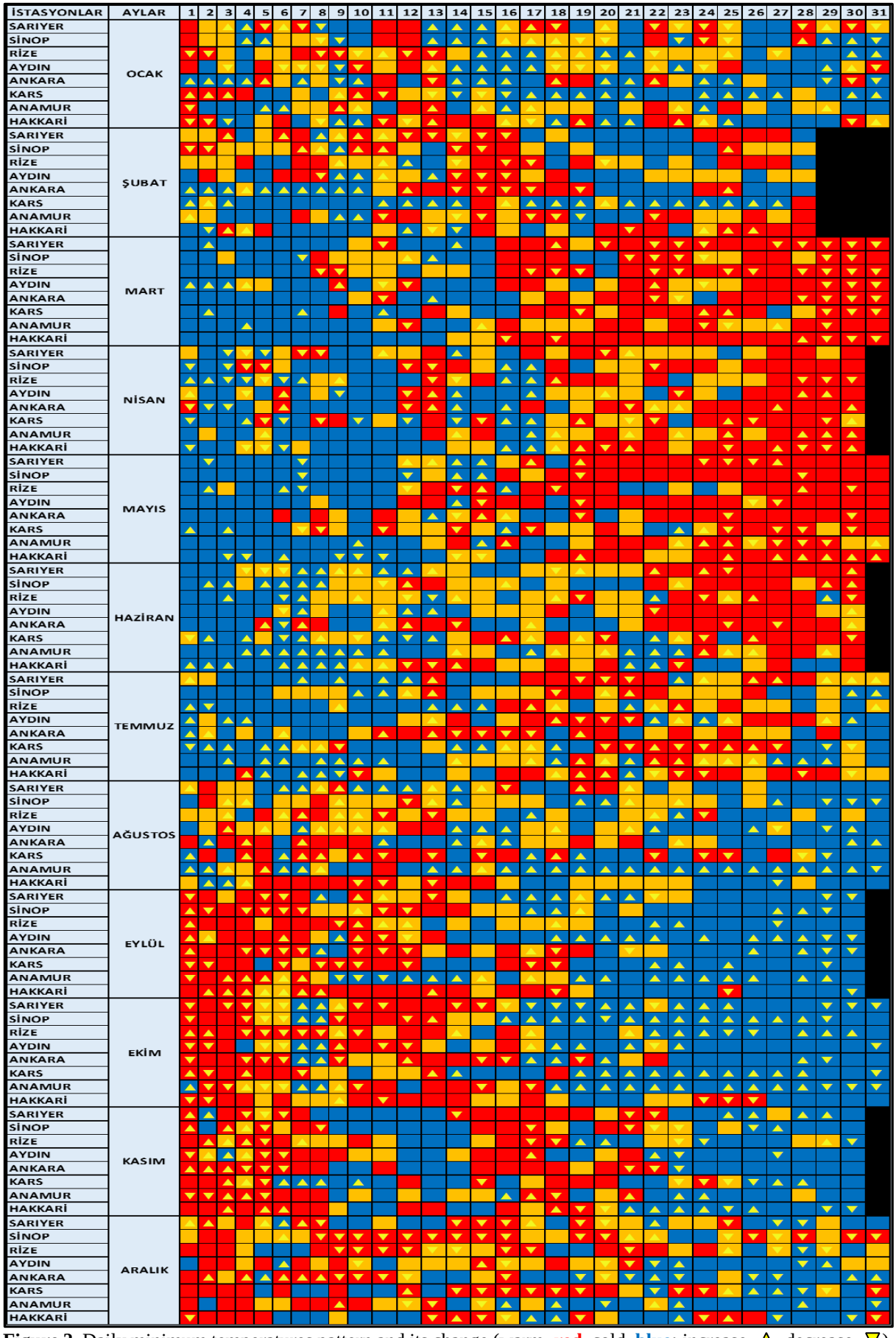


Figure 2. Daily minimum temperatures pattern and its change (warm–**red**, cold–**blue**; increase–△, decrease–▽).

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

We've investigate daily extreme minimum temperature for its pattern and change with 8 stations which are located east to west and south to north in Turkey. Daily distribution of daily extreme minimum temperatures in a month shows a pattern which reflects warm and cold periods. Moreover, in generally stations monthly patterns are very similarly even though they are located in different geography. Additionally, this monthly pattern, warm and cold days, are generally compatible with public calendar which is familiar for Turkish people and based on long time public experience and knowledge on climate.

Demircan et al. (2017) concluded that extreme maximum temperatures shows a pattern in month and also this pattern shows probability of occurring maximum temperature in certain time interval in a month. Moreover, the pattern is compatible with folk calendar and also the pattern is inclined to change with increasing temperature trend due to climate change. They found an increase in daily extreme temperature about 12-23 days and a decrease about 1-6 days in all months. Furthermore monthly patterns are compatible with occurring heatwaves in 2015 and February 2016.

Extreme minimum temperatures are increased about 1 to 25 days and decreasing 1 to 17 days in months. Number of increasing days are more than decreasing days. Respectively, station's mean increasing and decreasing days are 12 and 7 in January, 7 and 4 days in February, 3 and 7 in March, 6 and 6 in April, 4 and 5 in May, 10 and 3 in June, 11 and 3 in July, 11 and 3 in August, 9 to 6 in September, 10 and 8 in October, 6 and 6 in November and 4 to 10 in December. The results suggest that there is a changing temperature pattern of months. While January, February, July, August, September and October are warming, March, April, May, June and December are cooling. This suggests needs to deeply researches on changing trends of these months separately. On the other hand these changing are signals of the new pattern. It is assumed that until new patterns are occurred by climate change, numbers and severity of extreme events are also increased rather than our familiar climate conditions.

REFERENCES

Demircan,M, Arabaci, H., Bölük, E., Akçakaya, A., And Ekici, M., Climate Normal's: Relationship and Spatial Distribution of Three Normal's, III. Turkey Climate Change Conference (TİKDEK 2013), 3 - 5 June, 2013, İstanbul, Turkey (Turkish).

Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A. ve Akçakaya, A., (8-10 Ekim 2014). Climate Change Projections for Turkey with New Scenarios. The Climate Change and Climate Dynamics Conference-2014 – CCCD2014, İstanbul, Türkiye [a].

Demircan, M., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. and Akçakaya, A., Climate Change Projections in Turkey with New Scenarios,TUCAUM VIII. Geography Symposium, Ankara University Turkey Geography Research Center, October 23 to 24 in 2014, Ankara, Turkey (Turkish) [b].

Demircan, M., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. and Akçakaya, A., Climate Change Projections in Turkey's River Basin with New Scenarios, TUCAUM VIII. Geography Symposium, Ankara University Turkey Geography Research Center, October 23 to 24 in 2014, Ankara, Turkey (Turkish) [c].

Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu,N., Ekici, M., and Arabacı, H., Relationship Between Homogeneity Breaking Points in Average Temperatures And Climate Index, TUCAUM VIII. Geography Symposium, Ankara University Turkey Geography Research Center, October 23 to 24 in 2014, Ankara, Turkey (Turkish) [d].

Demircan, M., Arabacı, H., Gürkan, H., Eskioğlu, O., Coşkun, M., Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios, Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi (Turkish Journal Of Water Science & Management), ISSN: 2536 474X Publication number:6777, Volume: 1 Issue: 1, January 2017, Ankara [a].

Demircan, M., Arabaci, H., Coskun, M., Turkoglu, N., Cicek, I., Climate Change and Public Calendar: Maximum Temperature Patterns and It's Change, Turkey Climate Change Congress - TCLCC'2017 5-7 July 2017, Istanbul, Turkey [b]

Demircan, M., Arabacı, H., Coşkun, M., Türkoğlu, N., ve Çiçek, İ., Sıcaklıkların Aylık Dağılım Desenleri, TUCAUM 2016 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, Ankara

Özdemir, M., A., Bozyurt, O., Afyonkarahisar Halk Takviminin Sıcaklık Verileri ile Karşılaştırılması, Doğu Coğrafya Dergisi, Cilt 11, Sayı 15, Sayfa 53-82, 2006

A REVIEW OF THE TURKEY FEBRUARY HEAT WAVE OF 2016

Mesut DEMİRCAN, Hüseyin ARABACI, Alper AKÇAKAYA, Serhat SENSOY, Erdoğan BÖLÜK, Ali Ümran KÖMÜŞCÜ, Mustafa COŞKUN

[1]Turkish State Meteorological Service, Ankara, Turkey

E-mails: mdemircan@mgm.gov.tr, harabaci@mgm.gov.tr, aakcakaya@mgm.gov.tr, ssensoy@mgm.gov.tr, , aukomuscu@mgm.gov.tr, eboluk@mgm.gov.tr, mustafacoskun@mgm.gov.tr

Abstract:

Climate change, in other word global warming, is one of the most serious environmental, economic, and social threats that this world faces. A change in the Earth's surface temperature also leads to increase in extreme events as well as extreme temperatures. Increasing in magnitude, severity and duration of extreme temperature events are harmful to both as the ecosystem and on human health. Human influence has also led to significant regional temperature increases at the continental and subcontinental levels. Humans cannot realise heatwaves impact which occurs in spring and autumn as much as ecosystems and habitats. Warming continued in 2016, setting a new temperature record of approximately 1.1 °C above the pre-industrial period. Heat wave is a period of abnormally hot weather. Heat wave is daily maximum temperature on more than five consecutive days exceeding the average maximum temperature by 5°C. Heat waves effected most of the Turkey in February 2016 and they were very intense between 15 and 19 February in 2016. In this study we investigate these extreme events and used mean maximum, maximum and mean temperature values of Turkish State Meteorological Service's 130 stations. During the period, extreme maximum temperatures were exceed their long term February's extreme maximum temperature records in 65 stations. Heat waves were seen in 123 stations and repeated in 36 of these stations again and continued until mid of March in some stations.

Keywords: E*xtreme events, heat wave, climate change, climate impact*

INTRODUCTION

Climate change, in other word global warming, is one of the most serious environmental, economic, and social threats that this world faces. There are many assessments to monitor climate and to estimate climate variability over many regions and also globally by national and international institutions. A change in the Earth's surface temperature also leads to increase in extreme events as well as extreme temperatures. Increasing in magnitude, severity and duration of extreme temperature events are harmful to both as the ecosystem and on human health.

Human influence has also led to significant regional temperature increases at the continental and subcontinental levels. Warming continued in 2016, setting a new temperature record of approximately 1.1 °C above the pre-industrial period (WMO, 2016)

According to WMO's Meteoterm vocabulary, a heat wave is an extreme weather event with marked warming of the air, or the invasion of very warm air, over a large area; it usually lasts from a few days to a few weeks (TT-DEWCE, 2015). Heat wave (also referred to as extreme heat event) is a period of abnormally hot weather. Heat waves and warm spells have various and in some cases overlapping definitions (IPCC, 2012). Changes in many extreme weather and climate events have been observed since about 1950. It is very likely that the number of cold days and nights has decreased and the number of warm days and nights has increased on the global scale. It is likely that the frequency of heat waves has increased in large parts of Europe, Asia and Australia (IPCC, 2013).

Heat or hot weather that lasts for several days, often referred to as a "heatwave", is a pervasive natural hazard that can exact a heavy toll on human systems, affecting health, livelihoods and infrastructure. Natural systems can also be severely affected by the impacts sustained beyond the duration of a heatwave. Although there is no universally acceptable definition of heatwaves (Perkins and Alexander, 2013; Robinson, 2001), they are understood to be periods of unusually hot and dry or hot and humid weather that have a subtle onset and cessation, a duration of at least two to three days and a discernible impact on human activities (WMO-No:1142, 2015).

TT-DEWCE recommended 4 metrics for standard characterization of a heat wave to quantitatively reflect a heat wave event. The definition of heat wave should be complemented by characterization with magnitude, duration, severity and extend (TT-DEWCE, 2015). Magnitude should be computed based on an index or a set of indices of thermal condition(s) exceeding certain threshold(s). Duration will lead to the computation of the persistence of a heat wave and should be based on recording the starting time and the ending time of the event. Severity is a measure which integrates two aspects of the event, its magnitude, and its persistence. Extent is computed to inform on the geographical area affected and the widespread aspect of the heat wave.

Heat wave is daily maximum temperature on more than five consecutive days exceeding the average maximum temperature by 5°C. Cold wave is daily minimum temperature on more than five consecutive days below the average minimum temperature by 5°C (Frich et al., 2002; Coskun et al., 2017).

200 stations had heat waves in 2016. Total number of heat wave is 561 (some of the stations had more than once) (based on 1971-2000 normals). There was no cold wave in 2016. Highest number of heat wave occurred in 2010 which was the warmest year in Turkey. Highest number of cold wave occurred in 1992 which was the coldest year in Turkey after Pinatubo Volcano eruption (Coskun et al., 2017) (Fig. 1).

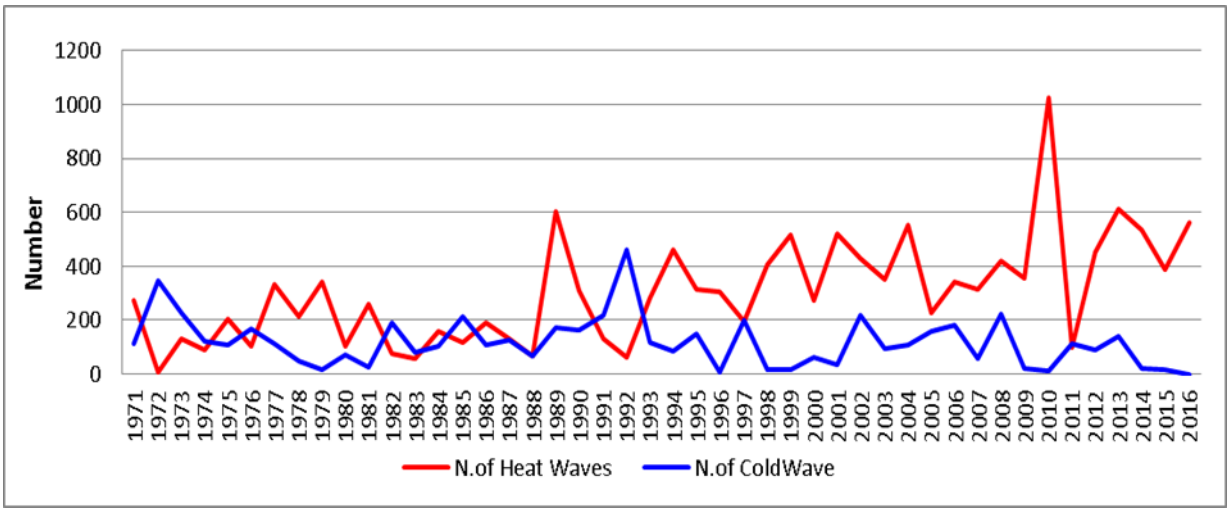


Figure 1. Annual Number of Heat & Cold Waves in Turkey (Coskun et al., 2017).

Unal et al. (2013) had a results confirm that the number of excessive hot days, heat waves, and their durations have increased through the 2000s, especially on the southern part of the western Turkey.

DATA AND METHODS

Heat waves effected most of the Turkey in February 2016 and they were very intense between 15 and 19 February in 2016. In this study we investigate these extreme events and use mean maximum, maximum and mean temperature values of Turkish State Meteorological Service's 130 stations.

In line with the definition of Frich et al., (2002); we used daily maximum temperature which were exceeding their average maximum temperature by 5°C and continue at least 5 days to calculate heat wave events for every stations.

Mean temperatures were higher than normal (1981-2010) between the January and the May in 2016. The average temperature of Turkey in February 2016 was 8.2 ° C and it was 4.7°C above 1981-2010 normal (3.5° C). With this figure, it was the hottest February since 1971 (Figure 1). In February 2016, extreme maximum temperatures were exceed their long term February's extreme maximum temperature records in 65 stations (Figure 2). Heat waves were seen in 123 stations and repeated in 36 of these stations again and continued until mid of March in some stations.

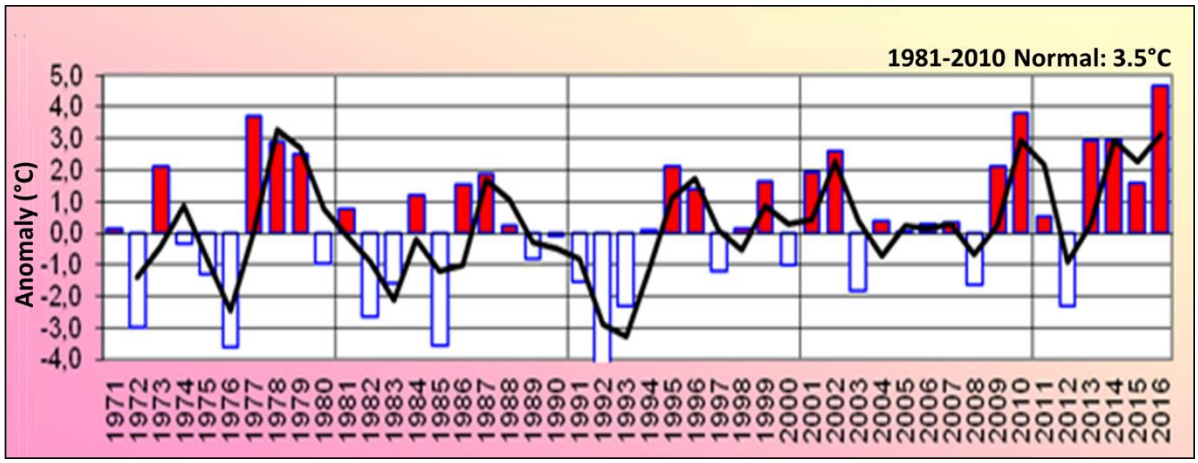


Figure 1. February mean temperature anomalies (TSMS, 2016-a)

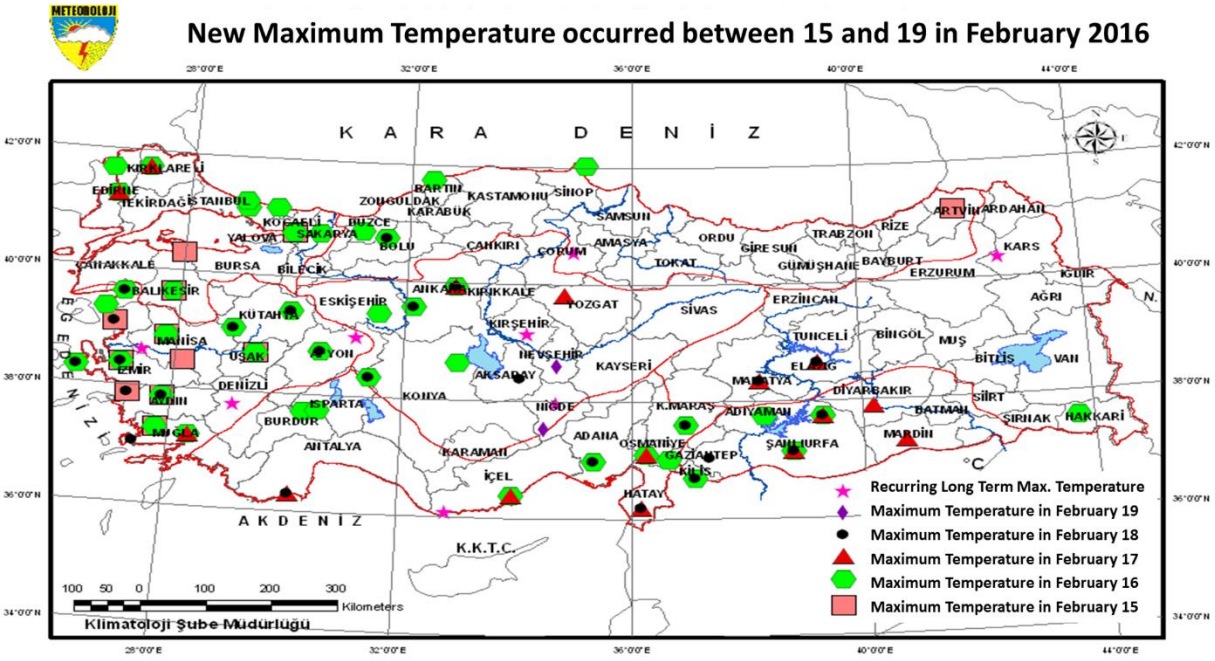


Figure 2. New maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 (TSMS, 2016-b)

In the Marmara Region: Maximum temperatures set a new record at 10 meteorological stations, including Balikesir, Bandırma, Edirne, Sarıyer, Kırklareli, Kocaeli, Kumköy, Sakarya, Şile and Uzunköprü in February (Fig. 3; 4).

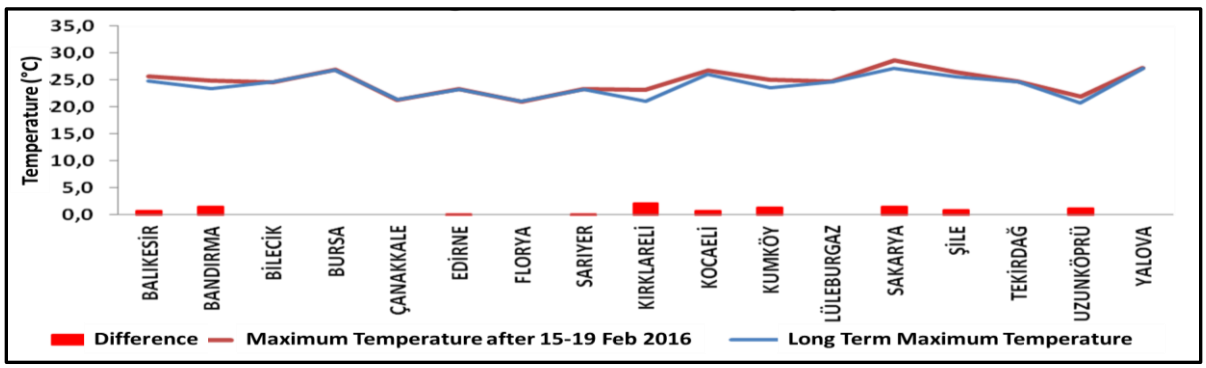


Figure 3. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their differences in the Marmara Region (TSMS, 2016-b).

		February Long Term Maximum Temperature	15 Feb. 2016 Maximum Temperature	16 Feb 2016 Maximum Temperature	17 Feb 2016 Maximum Temperature	18 Feb 2016 Maximum Temperature	19 Feb 2016 Maximum Temperature	February Maximum Temperature after 15-19 Feb 2016
MARMARA REGION	BALIKESİR	24,8	25,0	25,6				25,6
	BANDIRMA	23,4	24,9					24,9
	BİLECİK	24,6						24,6
	BURSA	26,9						26,9
	ÇANAKKALE	21,3						21,3
	EDİRNE	23,2		23,3				23,3
	FLORYA	21,0						21,0
	SARIYER	23,2		23,3				23,3
	KIRKLARELİ	21,0		22,0	23,1			23,1
	KOCAELİ	26,0	26,1	26,7				26,7
	KUMKÖY	23,6	23,6	25,0				25,0
	LÜLEBURGAZ	24,7						24,7
	SAKARYA	27,1		28,7				28,7
	ŞİLE	25,6		26,5				26,5
	TEKİRDAĞ	24,7						24,7
	UZUNKÖPRÜ	20,8		21,5	22,0			22,0
	YALOVA	27,2						27,2

Figure 4. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their values by stations in the Marmara Region (TSMS, 2016-b).

In the Aegean Region: Maximum temperatures set a new record at 16 meteorological stations, including Afyonkarahisar, Akhisar, Aydın, Ayvalık, Bodrum, Çeşme, Dikili, Edremit, Izmir, Kuşadası, Kütahya, Milas, Muğla, Salihli, Simav and Uşak in February. Denizli, Emirdag and Manisa stations repeated their long term values. (Fig. 5; 6).

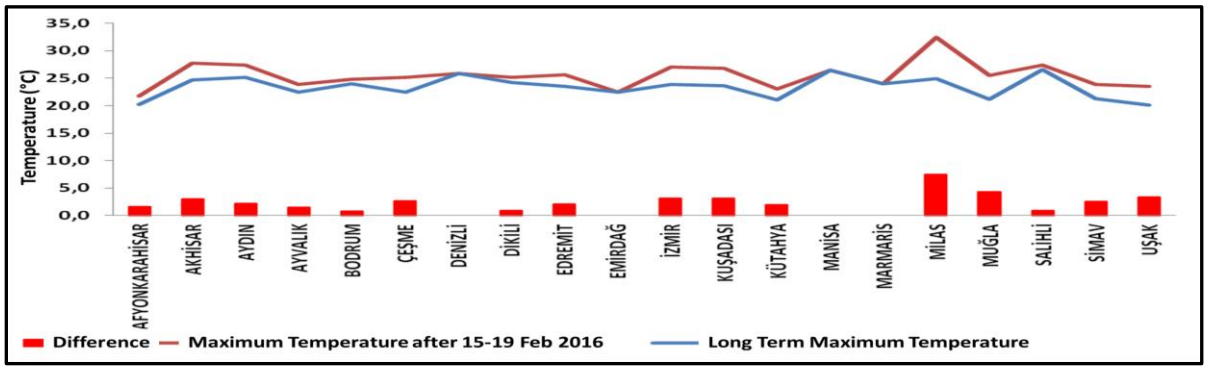


Figure 5. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their differences in the Aegean Region (TSMS, 2016-b).

		February Long Term Maximum Temperature	15 Feb. 2016 Maximum Temperature	16 Feb 2016 Maximum Temperature	17 Feb 2016 Maximum Temperature	18 Feb 2016 Maximum Temperature	19 Feb 2016 Maximum Temperature	February Maximum Temperature after 15-19 Feb 2016
AEGEAN REGION	AFYONKARAHİSAR	20,2		21,6		21,8		21,8
	AKHİSAR	24,7	26,6	27,7				27,7
	AYDIN	25,2	25,9	26,9		27,4		27,4
	AYVALIK	22,4		23,9				23,9
	BODRUM	24,0				24,8		24,8
	ÇEŞME	22,4		24,9		25,1		25,1
	DENİZLİ	25,9				25,9		25,9
	DİKİLİ	24,2	24,6			25,1		25,1
	EDREMİT	23,5		25,2		25,6		25,6
	EMİRDAĞ	22,5		22,5				22,5
	İZMİR	23,9	24,7	26,9		27,0		27,0
	KUŞADASI	23,6	25,9	25,9		26,8		26,8
	KÜTAHYA	21,0		22,0		23,0		23,0
	MANİSA	26,4	26,4					26,4
	MARMARİS	24,0						24,0
	MİLAS	24,9	26,0	32,4				32,4
	MUĞLA	21,2		25,0	25,5			25,5
	SALİHLİ	26,5	27,4					27,4
	SİMAV	21,3		22,8		23,9		23,9
	UŞAK	20,1	20,4	23,5				23,5

Figure 6. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their values by stations in the Aegean Region (TSMS, 2016-b).

In the Mediterranean Region: Maximum temperatures set a new record at 9 meteorological stations, including Adana, Antakya, Burdur, Finike, Isparta, Islahiye, Kahramanmaraş, Osmaniye and Silifke in February. Anamur station repeated their long term value (Fig. 7; 8).

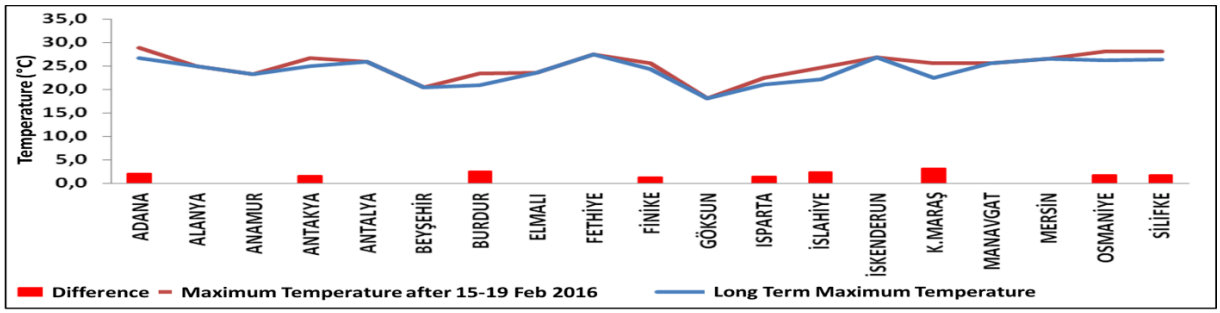


Figure 7. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their differences in the Mediterranean Region (TSMS, 2016-b).

		February Long Term Maximum Temperature	15 Feb. 2016 Maximum Temperature	16 Feb 2016 Maximum Temperature	17 Feb 2016 Maximum Temperature	18 Feb 2016 Maximum Temperature	19 Feb 2016 Maximum Temperature	February Maximum Temperature after 15-19 Feb 2016
MEDITERRANEAN REGION	ADANA	26,7		28,2		28,8		28,8
	ALANYA	25,0						25,0
	ANAMUR	23,2			23,2			23,2
	ANTAKYA	25,0			25,9	26,6		26,6
	ANTALYA	25,9						25,9
	BEYŞEHİR	20,4						20,4
	BURDUR	20,9		23,4				23,4
	ELMALI	23,5						23,5
	FETHİYE	27,4						27,4
	FİNİKE	24,3			24,9	25,5		25,5
	GÖKSUN	18,1						18,1
	ISPARTA	21,0		22,5				22,5
	İSLAHİYE	22,2		24,6		24,6		24,6
	İSKENDERUN	26,8						26,8
	K.MARAŞ	22,4		24,6		25,5		25,5
	MANAVGAT	25,6						25,6
	MERSİN	26,5						26,5
	OSMANİYE	26,2		26,5	28,0			28,0
	SİLİFKE	26,3		27,8	28,1			28,1

Figure 8. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their values by stations in the Mediterranean Region (TSMS, 2016-b).

In the Central Anatolian Region: Maximum temperatures set a new record at 9 meteorological stations, including Aksaray, Aksehir, Ankara, Cihanbeyli Nevsehir, Polatlı, Sivrihisar, Ulukısla and Yozgat in February. Kırsehir and Nigde stations repeated their long term values. (Fig. 9; 10).

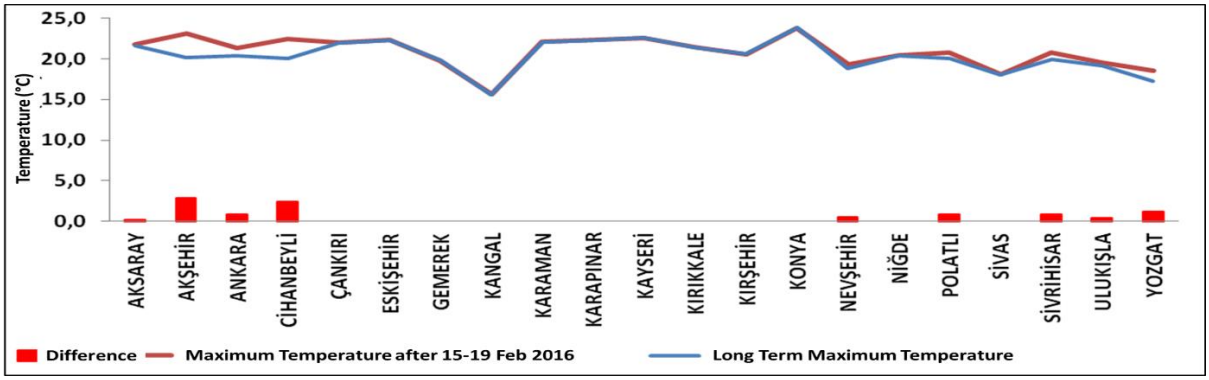


Figure 9. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their differences in the Central Anatolian Region (TSMS, 2016-b).

		February Long Term Maximum Temperature	15 Feb. 2016 Maximum Temperature	16 Feb 2016 Maximum Temperature	17 Feb 2016 Maximum Temperature	18 Feb 2016 Maximum Temperature	19 Feb 2016 Maximum Temperature	February Maximum Temperature after 15-19 Feb 2016
CENTRAL ANATOLIAN REGION	AKSARAY	21,6				21,8		21,8
	AKŞEHİR	20,2		22,3		23,1		23,1
	ANKARA	20,4		20,5	20,6	21,3		21,3
	CİHANBEYLİ	20,0	20,0	22,4				22,4
	ÇANKIRI	22,0						22,0
	ESKİŞEHİR	22,3						22,3
	GEMEREK	19,8						19,8
	KANGAL	15,6						15,6
	KARAMAN	22,1						22,1
	KARAPINAR	22,3						22,3
	KAYSERİ	22,6						22,6
	KIRIKKALE	21,4						21,4
	KIRŞEHİR	20,6			20,6			20,6
	KONYA	23,8						23,8
	NEVŞEHİR	18,8					19,3	19,3
	NİĞDE	20,4		20,4				20,4
	POLATLI	20,0		20,2		20,8		20,8
	SİVAS	18,1						18,1
	SİVRİHİSAR	19,9		20,8				20,8
	ULUKIŞLA	19,2					19,6	19,6
	YOZGAT	17,3		17,3	18,5			18,5

Figure 10. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their values by stations in the Central Anatolian Region (TSMS, 2016-b).

In the Blacksea Region: Maximum temperatures set a new record at 5 meteorological stations, including Amasra, Artvin, Bolu, Duzce and Sinop in February. Corum station repeated their long term value. (Fig. 11; 12).

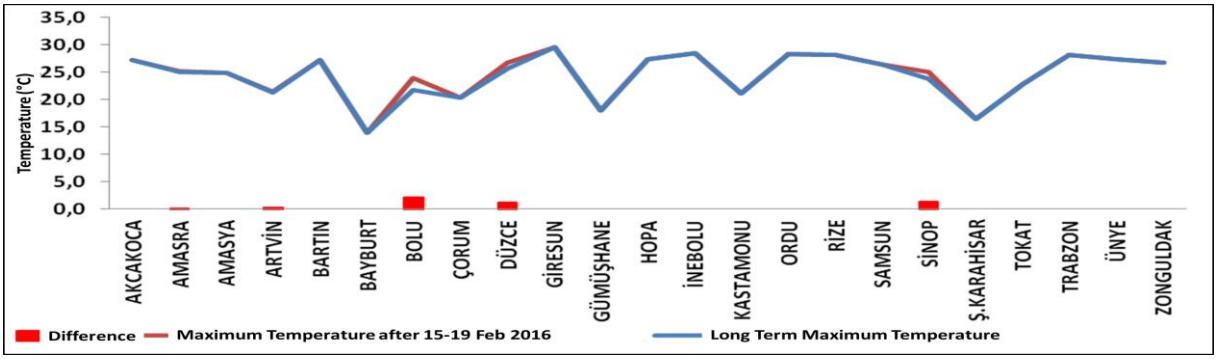


Figure 11. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their differences in the Blacksea Region (TSMS, 2016-b).

		February Long Term Maximum Temperature	15 Feb. 2016 Maximum Temperature	16 Feb 2016 Maximum Temperature	17 Feb 2016 Maximum Temperature	18 Feb 2016 Maximum Temperature	19 Feb 2016 Maximum Temperature	February Maximum Temperature after 15-19 Feb 2016
BLACKSEA REGION	AKCAKOCA	27,2						27,2
	AMASRA	25,0		25,1				25,1
	AMASYA	24,8						24,8
	ARTVİN	21,2	21,5					21,5
	BARTIN	27,2						27,2
	BAYBURT	13,9						13,9
	BOLU	21,8		23,9		24,0		24,0
	ÇORUM	20,4				20,4		20,4
	DÜZCE	25,6		26,8				26,8
	GİRESUN	29,5						29,5
	GÜMÜŞHANE	18,0						18,0
	HOPA	27,3						27,3
	İNEBOLU	28,4						28,4
	KASTAMONU	21,1						21,1
	ORDU	28,3						28,3
	RİZE	28,1						28,1
	SAMSUN	26,5						26,5
	SİNOP	23,7		25,0				25,0
	Ş.KARAHİSAR	16,4						16,4
	TOKAT	22,8						22,8
	TRABZON	28,2						28,2
	ÜNYE	27,3						27,3
	ZONGULDAK	26,7						26,7

Figure 12. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their values by stations in the Blacksea Region (TSMS, 2016-b).

In the Eastern Anatolia Region: Maximum temperatures set a new record at 3 meteorological stations, including Elazıg, Hakkari and Malatya in February. Sarıkamıs station repeated their long term value (Fig. 13; 14).

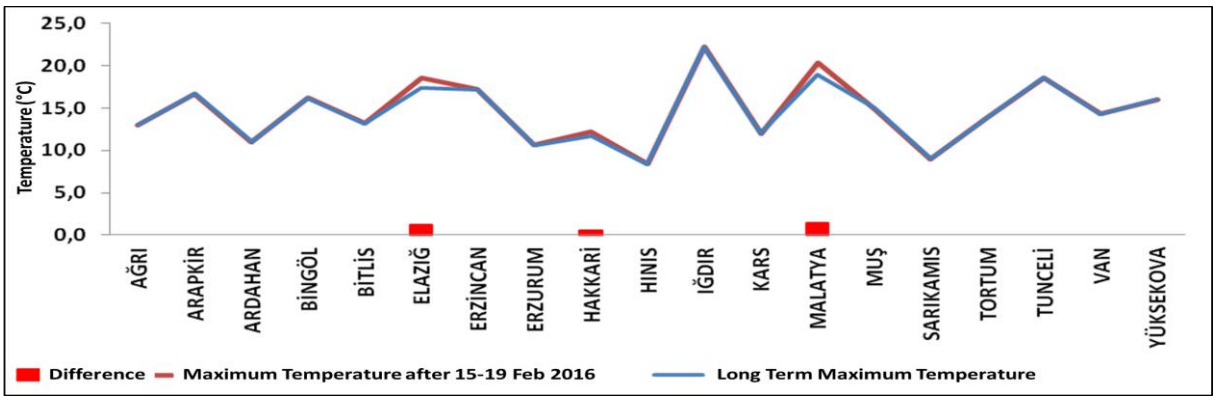


Figure 13. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their differences in the Eastern Anatolia Region (TSMS, 2016-b).

		February Long Term Maximum Temperature	15 Feb. 2016 Maximum Temperature	16 Feb 2016 Maximum Temperature	17 Feb 2016 Maximum Temperature	18 Feb 2016 Maximum Temperature	19 Feb 2016 Maximum Temperature	February Maximum Temperature after 15-19 Feb 2016
EASTERN ANATOLIAN REGION	AĞRI	13,0						13,0
	ARAPKİR	16,7						16,7
	ARDAHAN	11,0						11,0
	BİNGÖL	16,2						16,2
	BİTLİS	13,2						13,2
	ELAZIĞ	17,4			18,2	18,6		18,6
	ERZİNCAN	17,2						17,2
	ERZURUM	10,6						10,6
	HAKKARİ	11,7		12,2				12,2
	HINIS	8,4						8,4
	IĞDIR	22,2						22,2
	KARS	12,0						12,0
	MALATYA	18,9			19,0	20,3		20,3
	MUŞ	15,0						15,0
	SARIKAMIS	9,0			9,0			9,0
	TORTUM	13,9						13,9
	TUNCELİ	18,6						18,6
	VAN	14,3						14,3
	YÜKSEKOVA	16,0						16,0

Figure 14. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their values by stations in the Eastern Anatolia Region (TSMS, 2016-b).

In the Southeast Anatolia Region: Maximum temperatures set a new record at 7 meteorological stations, including Adiyaman, Diyarbakir, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siverek and Sanlıurfa in February (Fig. 15; 16).

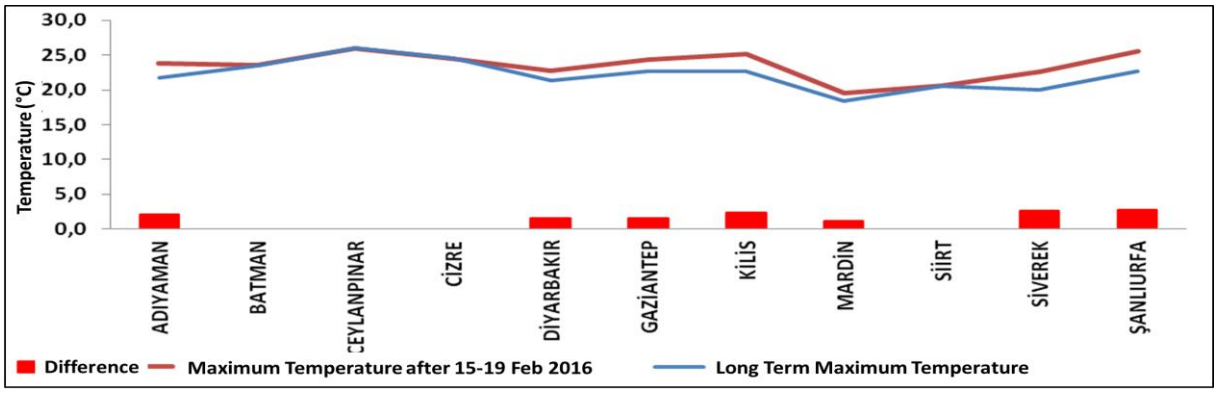


Figure 15. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their differences in the Southeast Anatolia Region (TSMS, 2016-b).

		February Long Term Maximum Temperature	15 Feb. 2016 Maximum Temperature	16 Feb 2016 Maximum Temperature	17 Feb 2016 Maximum Temperature	18 Feb 2016 Maximum Temperature	19 Feb 2016 Maximum Temperature	February Maximum Temperature after 15-19 Feb 2016
SOUTHEAST ANATOLIAN REGION	ADIYAMAN	21,7		23,8		23,8		23,8
	BATMAN	23,5						23,5
	CEYLANPINAR	26,0						26,0
	CİZRE	24,5						24,5
	DİYARBAKIR	21,3			22,8			22,8
	GAZİANTEP	22,7				24,3		24,3
	KİLİS	22,7		25,0		25,1		25,1
	MARDİN	18,4			19,5			19,5
	SİİRT	20,6						20,6
	SİVEREK	20,0		20,2	21,2	22,6		22,6
	ŞANLIURFA	22,7		23,3	24	25,5		25,5

Figure 16. Long term maximum temperature, new maximum temperature occurred between 15 and 19 February in 2016 and their values by stations in the Southeast Anatolia Region (TSMS, 2016-b).

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

In a line with climate change, global mean temperature continue to rise. Almost every year and every month has signed a new record especially for two decades. A change in the Earth's surface temperature also leads to increase in extreme events as well as extreme temperatures. Increasing in magnitude, severity and duration of extreme temperature events are harmful to both as the ecosystem and on human health. Human influence has also led to significant regional temperature increases at the continental and subcontinental levels. Humans cannot realise heatwaves impact which occurs in winter, spring and autumn as much as ecosystems and habitats. Due to heatwaves are occurred and continued end of winter or early spring; the nature waking up earlier, trees are blooming earlier then their blooming time and so on. Then short term cold weather or winter are appearing and harmful to trees. Other issue is snow layers on mountain are starting to melt earlier with heatwaves.

Turkoglu et al. (2016) conclude that in Turkey, positive temperature anomalies have been observed since 1994 until present days. Negative relationships were found between phenological periods of apple, cherry and wheat and the average temperatures of February-May period when the plants grow faster. This situation shows that the plants shift their phenological periods to the earlier times in response to the increasing temperatures.

Demircan et al. (2017) concluded that probability of occurring maximum temperature in certain time interval in a month may show a pattern in month and also the pattern is inclined to change with increasing temperature trend due to climate change. Daily maximum temperatures were increasing about 12 to 17 days in February since 1981. They offered third week of February is possible heatwave occurring time according to the long terms patterns and heatwave occurred in February 2016 was appropriated with this pattern.

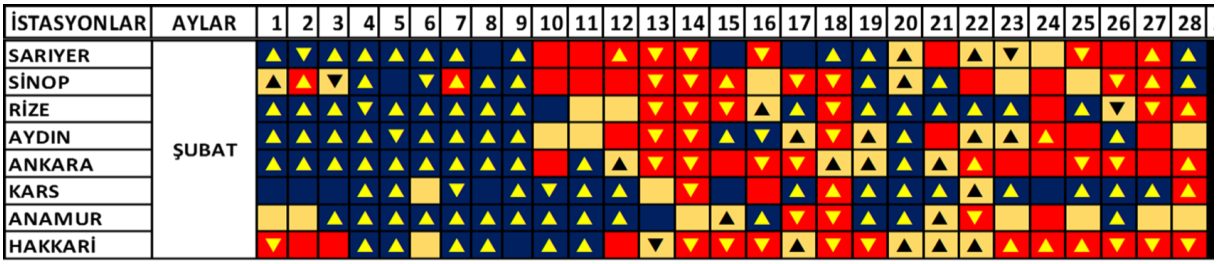


Figure 3. Monthly pattern of daily extreme maximum temperatures. (According to 1971-2000 term; Red= Warm, Blue= Cold, Yellow= normal; according to 1981-2015 term; increasing=▲, decreasing=▼) (Demircan et al., 2017)

REFERENCES

WMO-No. 1189, WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016, World Meteorological Organization, 2017

TT-DEWCE WMO, Guidelines on the Definition and Monitoring of Extreme Weather and Climate Events, draft version – first review by TT-DEWCE, December 2015

IPCC, Glossary of terms. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 555-564, 2012.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Summary for policymakers. In: Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2013.

Perkins, S.E., L.V. Alexander and J.R. Nairn, Increasing frequency, intensity and duration of observed heatwaves and warm spells. Geophys. Res. Lett., 39, L20714. doi: 10.1029/2012GL053361, 2012.

WMO-No. 1142, Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development, World Meteorological Organization and World Health Organization, 2015

Frich, A.; L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M.G. Klein Tank, and T. Peterson (January 2002). "Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century" (PDF). Climate Research 19: 193–212. doi:10.3354/cr019193

Coşkun, M., Sümer, U.M., Ulupınar, Y., Şensoy, S., Demircan, M., Bölük, E., Arabacı, H., Eskioğlu, O., Kervankıran, S., State of the Climate in Turkey in 2016, Turkish State Meteorological Service, 2017

Unal, Y.S., E. Tan, and S.S. Mentes, Summer heat waves over western Turkey between 1965 and 2006, Theor. Appl. Climatol. 112, 1-2, 339-350, DOI: 10.1007/s00704-012-0704-0, 2013.

Turkish State Meteorological Service, Temperature Analysis of February 2016, https://www.mgm.gov.tr/FILES/Haberler/2016/subat2016.pdf, 2016 (a)

Turkish State Meteorological Service, Extreme Temperature between 15 and 19 February in 2016, https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/subat-rekor.pdf, 2016 (b)

Türkoğlu, N., Şensoy, S. and Aydın, O.; Effects of climate changes on phenological periods of apple, cherry and wheat in Turkey, Journal of Human Sciences, Vol 13, No 1, DOI: https://doi.org/10.14687/ijhs.v13i1.3464, 2016

Demircan, M., Arabaci, H., Coskun, M., Turkoglu, N., Cicek, I., Climate Change and Public Calendar: Maximum Temperature Patterns and It's Change, Turkey Climate Change Congress - TCLCC'2017 5-7 July 2017, Istanbul, Turkey

CLIMATE CHANGE AND URBANIZATION: MINIMUM TEMPERATURE TRENDS

Mesut DEMİRCAN, Hüseyin ARABACI, Alper AKÇAKAYA, Serhat SENSOY, Erdoğan BÖLÜK, Ali Ümran KÖMÜŞCÜ, Mustafa COŞKUN

[1]Turkish State Meteorological Service, Ankara, Turkey
E-mails: mdemircan@mgm.gov.tr, harabaci@mgm.gov.tr, aakcakaya@mgm.gov.tr, ssensoy@mgm.gov.tr, , aukomuscu@mgm.gov.tr, eboluk@mgm.gov.tr, mustafacoskun@mgm.gov.tr

Abstract:
Human influence has also led to significant regional temperature increases at the continental and subcontinental levels. Warming continued in 2016, setting a new temperature record of approximately 1.1 °C above the pre-industrial period (WMO, 2016). Understanding the long-term change of temperature events is important to the detection and attribution of climate change. However, it's unclear how much effect coming from the urbanization. In this study Adana, Kayseri, Rize, Şanlıurfa and Van have been selected as a urban station which shows the city characteristics and Akçakale, Gevaş, Karaisalı,Pazar, Pınarbaşı and Tomarza stations have been selected as rural station which shows has rural characteristics. If the population less than 100 thousand it's determined as rural area. Turkish State Meteorological Service's mean minimum temperature data with the periods 1971-2014 and Mann-Kendall rank correlation statistics for trend analysis were used. All city stations and Pazar from rural stations have showed significant increasing trends in their mean minimum temperatures. Other rural stations haven't showed increasing or decreasing trends. And also stations couples have been created between urban and rural stations by taking the differences from their mean minimum temperature. These station couples' data have also showed significant increasing trends.
Keywords: *Urbanization, mean minimum temperature, Mann-Kendall, trend*

INTRODUCTION

One of the main problems of urban residents is "urban heat island" which occurs depending on the horizontal and vertical development of cities. Formed by structuring and the increasing of impermeable surfaces, urban heat island causes cities to be hotter than the rural areas around the city (Bilgili and Sahin, 2013). "Urban heat island" was firstly defined by Luke Howard in 1820 for London, and it has been researched for several different cities in the world. Urban heat island is one of most significant climate indications of modern day civilization (Duman Yüksel and Yılmaz 2008; Bilgili and Sahin, 2013).

WMO (1983) defines urban climate as local climate that is modified by interactions between the builtup area including waste heat and the emission of air pollutants) and regional climate. The climate of a city is a local mesoclimate (spatial extension about 250 km).The city affects both physical and chemical processes in the atmospheric boundary layer (the lowest 1000 m of the atmosphere) (Mayer,1992;Fezer, 1995; WHO, 2004; Duman Yüksel and Yılmaz 2008).

Temperatures are generally higher in urban areas, exposure to heat may be greater in large cities due to the UHI effect, which may amplify the regional heat load during heatwave events. Urban heat island (UHI) is caused by many factors, including less radiant heat loss in the urban canopy layer, changes in the energy and water balances and lower wind velocities compared to rural environs (Arnfield, 2003; WMO-NO.1142). Accordingly, local and regional climates can be modified significantly by urbanization and other land-use changes.

According to population; urban stations are defined in regions having population over 500,000, and rural stations with population of less than 100,000 (Hua et al., 2007; Kındap et al., 2012)

There were many studies on effect of urbanization on climate (Çiçek, 2004, Kindap et al. 2012, Taha, 1992, Tanrıkulu, 2006, Sensoy, 2015, and Demircan 2017) in Turkey. They all investigated differences in climate between urban and rural cities with different climatological parameters such as temperature, precipitation, albedo, evapotranspiration etc. In generally they found an urbanisation effect on climate.

Urban–nonurban differences in minimum temperature serve as the primary indicator of the magnitude of the heat island effect because urban–nonurban temperature differences are normally most pronounced at night (Rosenzweig et al., 2005).

In 2016, the mean global temperature 0.94°C above the 20th century average of 14.0°C and became the warmest year since observation stated in the world. Turkey annual mean temperature in 2016 was 14.5°C. This value is 1.0°C above from 1981-2010 normal (13.5°C). 2016 was the fourth warmest year since 1971 and still 2010 is warmest year with 2.0°C above from normal.

DATA AND METHODS

We have used criteria of Hua et al., 2007 and Kındap et al., 2012 to select urban and rural stations. Urban stations have been selected in cities having population over 500,000, and rural stations with population of less than 100,000. Adana, Kayseri, Rize, Şanlıurfa and Van have been selected as a urban station which shows the urban characteristics and Akçakale, Gevaş, Karaisalı, Pazar, Pınarbaşı and Tomarza stations have been selected as rural station which shows has rural characteristics. Minimum temperature is the primary indicator of UHI (Rosenzweig et al., 2005). We have, therefore, used mean minimum temperatures of stations mentioned in above. Turkish State Meteorological Service's mean minimum temperature data with the periods 1971-2014 have used in study.
The UHI effect refers to an increase in urban air temperatures as compared to surrounding suburban and rural temperatures (Oke, 1982; Quattrochi et al., 2000). UHI effect is defined as:

$$\Delta T_{u-r} = T_u - T_r \quad (1)$$

Where; T_u is the urban station temperature, T_r is the rural station temperature, ΔT_{u-r} is the effect of UHI.

We have prepared mean minimum time series for all stations and also time series of mean minimum temperatures differences for city-rural pairs for UHI effect. City-rural pairs are Adana-Karaisalı, Kayseri-Pınarbaşı, Kayseri-Tomarza, Rize-Pazar, Şanlıurfa- Akçakale and Van-Gevaş. Mann-Kendall rank correlation statistics for trend analysis have been used for stations time series trends analysis and also time series of mean minimum temperatures differences for city-rural pairs.

APPLICATION AND RESULTS

Adana has been selected as urban station and Karaisalı has been selected as rural station for station's pair Adana-Karaisalı. The population is 2.165.595 in Adana with 7.9% increasing rate and 21.682 in Karaisalı with -24.6 decreasing rate since 2007 (URL 1). The yearly mean temperature is increasing in both station according to 1971 and there is a difference between stations' temperature (Fig. 1). While there is a significant increasing trend in mean minimum temperatures of Adana, there is not increasing or decreasing trend in Karaisalı's mean minimum temperatures (Figure 2; Table 1; Table 1). Mean minimum temperatures difference of Adana-Karaisalı pair is showed an increasing trend with 95% of statistically significant level (Table 1; Table 2).

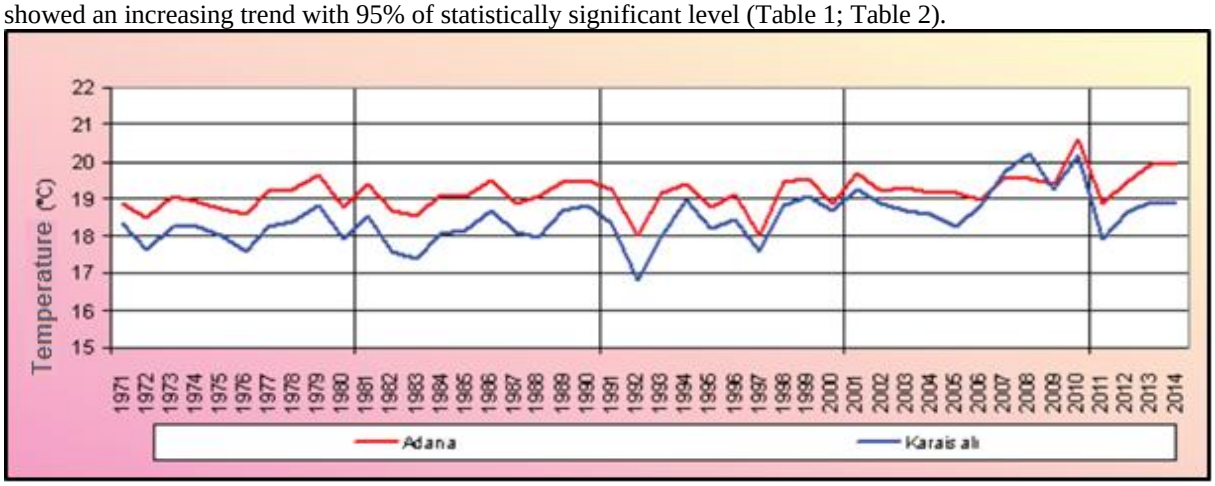


Figure 1. Time series of mean temperatures of Adana and Karaisali.

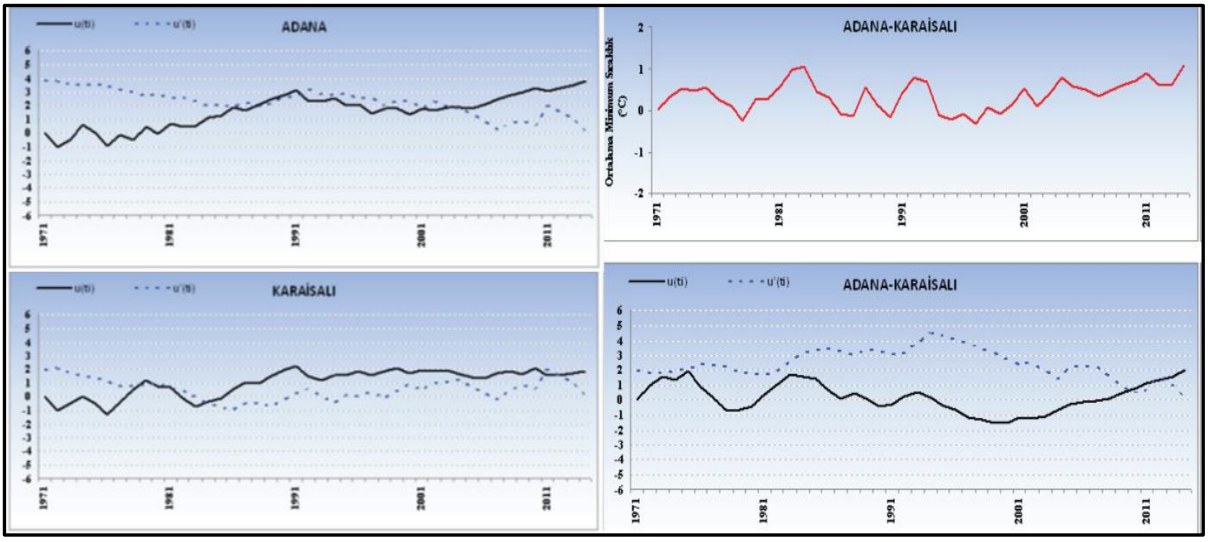


Figure 2. Mann-Kendal graphics for mean minimum temperatures of Adana and Karaisalı (on the left), mean minimum temperatures difference of Adana-Karaisalı pair (on right upper) and Mann-Kendal graphic for mean minimum temperatures difference of Adana-Karaisalı pair (on right bottom)

Table 1. Mann-Kendal result for mean minimum temperatures of Adana and Karaisalı. (*statistically significant)

Station Name	Mann-Kendall Test
Adana	3,80*
Karaisalı	1,88

Table 2. Mann-Kendal result for mean minimum temperatures difference of Adana-Karaisalı pair

Station's Pair	Mann-Kendall Test
Adana–Karaisalı	2,00*

Kayseri has been selected as urban station. Pınarbaşı and Tomarza have been selected as rural station for station's pairs Kayseri-Pınarbaşı and Kayseri-Tomarza. The population is 1.322.376 in Kayseri with 13.5% increasing rate and 25.293 in Pınarbaşı with -15.9 decreasing rate and 24.131 in Tomarza with -11.9 decreasing rate since 2007 (URL 1). The yearly mean temperature is increasing in all station according to 1971 and there is a difference between urban and rural stations' temperature while two rural stations' temperatures are too close (Fig. 3). While there is a significant increasing trend in mean minimum temperatures of Kayseri, there are not increasing or decreasing trend in mean minimum temperatures of Pınarbaşı and Tomarza (Fig. 4; Table 3). Mean minimum temperatures difference of Kayseri-Pınarbaşı and Kayseri-Tomarza pairs are showed an increasing trend with 95% of significant level (Fig. 4; Table 4).

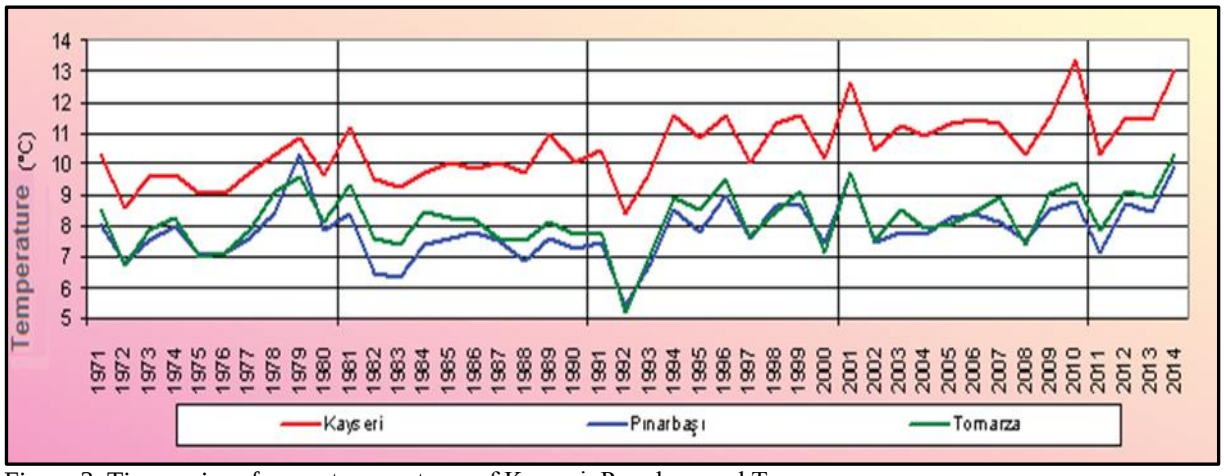


Figure 3. Time series of mean temperatures of Kayseri, Pınarbaşı and Tomarza

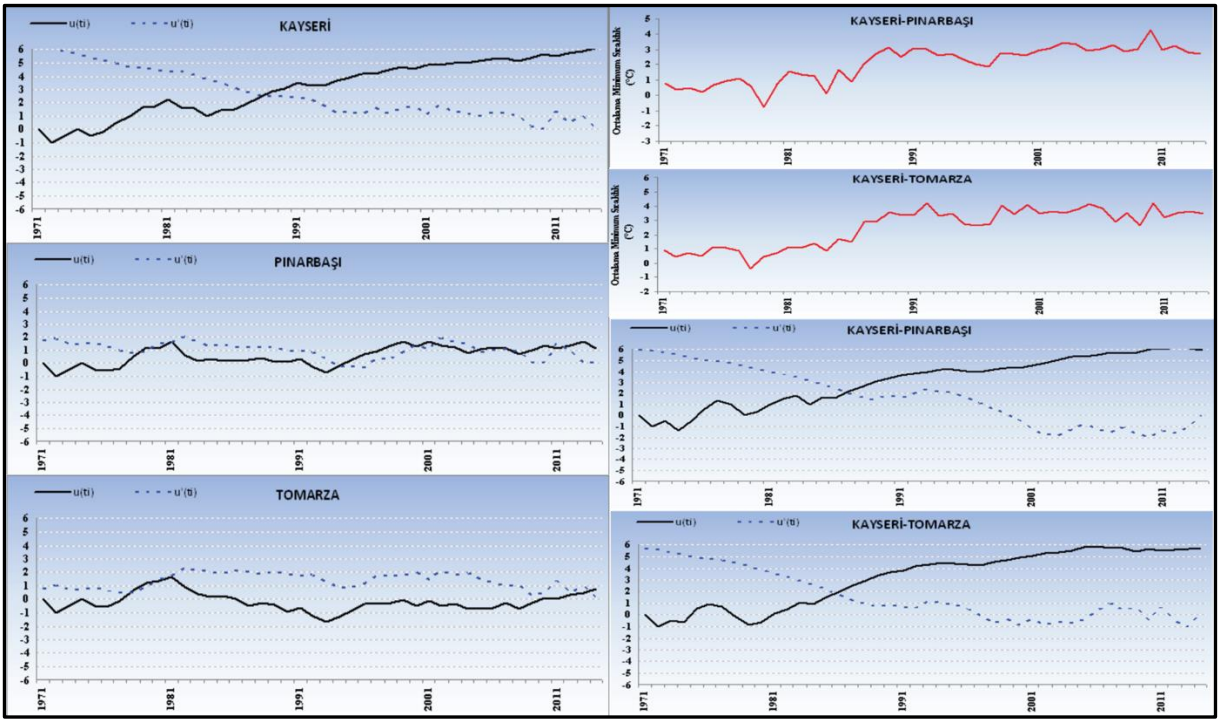


Figure 4. Mann-Kendal graphics for mean minimum temperatures of Kayseri, Pınarbaşı and Tomarza (on the left), mean minimum temperatures difference of Kayseri-Pınarbaşı and Kayseri- Tomarza pair (on right upper) and Mann-Kendal graphic for mean minimum temperatures difference of Kayseri and Pınarbaşı pair and Mann-Kendal graphic for mean minimum temperatures difference of Kayseri and Tomarza pair (on right bottom)

Table 3. Mann-Kendal result for mean minimum temperatures of Kayseri, Pınarbaşı and Tomarza. (*statistically significant)

Station Name	Mann-Kendall Test
Kayseri	6,05*
Pınarbaşı	1,66
Tomarza	0,77

Table 4. Mann-Kendal result for mean minimum temperatures difference of Kayseri-Pınarbaşı and Kayseri-Tomarza pairs

Station's Pairs	Mann-Kendall Test
Kayseri–Pınarbaşı	5,91*
Kayseri–Tomarza	5,62*

Rize has been selected as urban station and Pazar has been selected as rural station for station's pair Rize-Pazar. The population is 329.779 in Rize with 4.3% increasing rate and 30.824 in Pazar with a slightly decreasing rate since 2007 (URL 1). The yearly mean temperature is increasing in both station according to 1971 and there is a difference between stations' temperature (Fig. 5).There are significant increasing trend in both of mean minimum temperatures of Rize and Pazar. However Rize's trend is higher than Pazar's trend (Fig. 6;Table 5). Mean minimum temperatures difference of Rize-Pazar pair is showed a significant increasing trend with 95% of significant level (Fig. 6; Table 6).

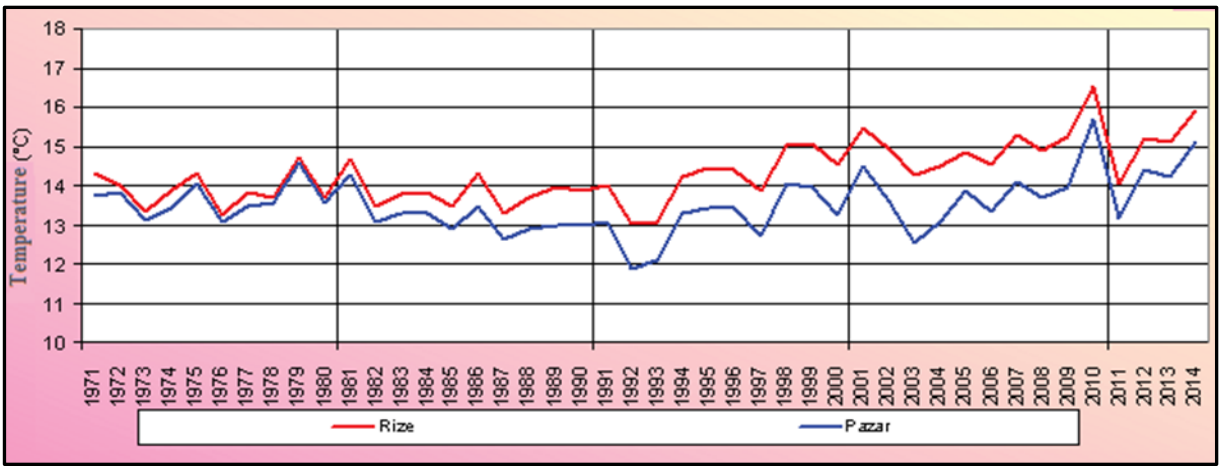


Figure 5. Time series of mean temperatures of Rize and Pazar.

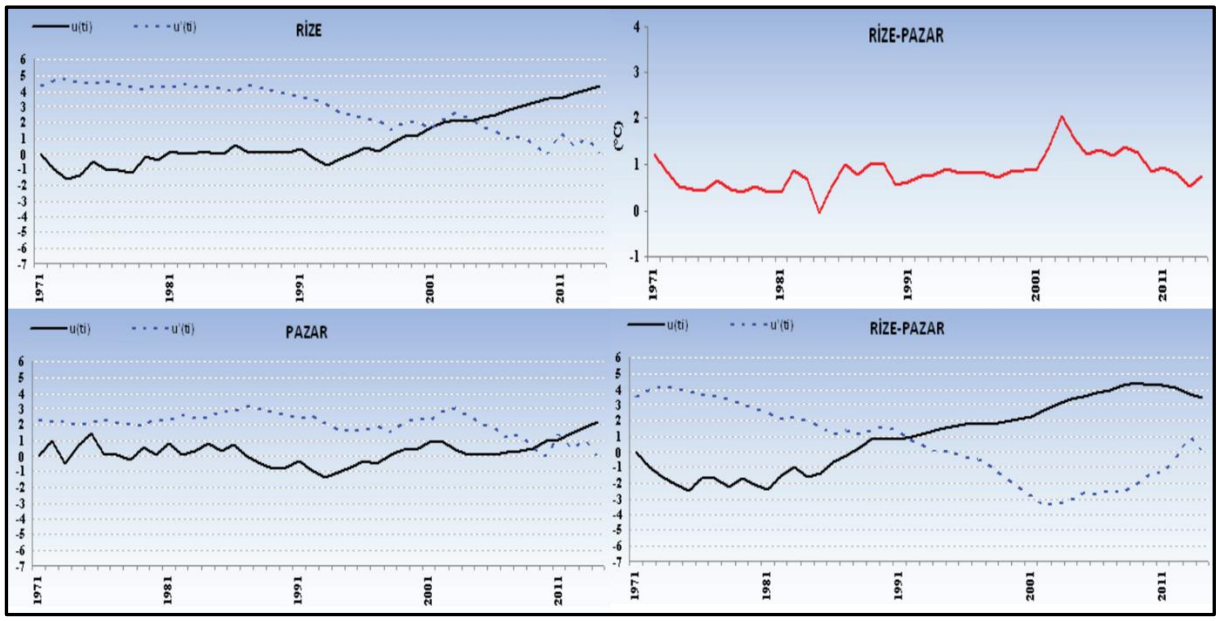


Figure 6. Mann-Kendal graphics for mean minimum temperatures of Rize and Pazar (on the left), mean minimum temperatures difference of Rize and Pazar pair (on right upper) and Mann-Kendal graphic for mean minimum temperatures difference of Rize and Pazar pair (on right bottom)

Table 5. Mann-Kendal result for mean minimum temperatures of Rize and Pazar. (*statistically significant)

Station Name	Mann-Kendall Test
Rize	4,37*
Pazar	2,18*

Table 6. Mann-Kendal result for mean minimum temperatures difference of station's Rize-Pazar pair.

Station's Pair	Mann-Kendall Test
Rize–Pazar	3,48*

Şanlıurfa has selected as urban station and Akçakale has selected as rural station for station's pair Şanlıurfa-Akçakale. The population is 1.845.667 in Şanlıurfa with 21.2% increasing rate and 98.897 in Akçakale with 28.8 increasing rate since 2007 (URL 1). The yearly mean temperature is increasing in both station according to 1971 and there is a difference between stations' temperature (Fig. 7). While there is a significant increasing trend in mean minimum temperatures of Şanlıurfa, there is not increasing or decreasing trend in Akçakale's mean minimum temperatures (Fig. 8; Table 7). Mean minimum temperatures difference of Şanlıurfa-Akçakale pair is showed a significant increasing trend with 95% of significant level (Fig. 8; Table 8).

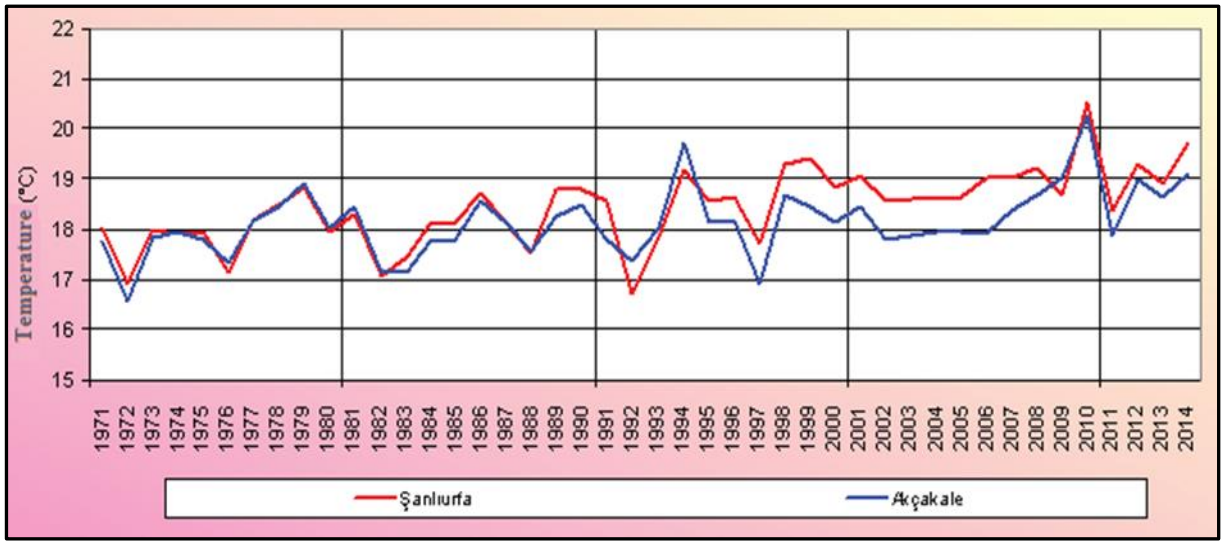


Figure 7. Time series of mean temperatures of Şanlıurfa and Akçakale

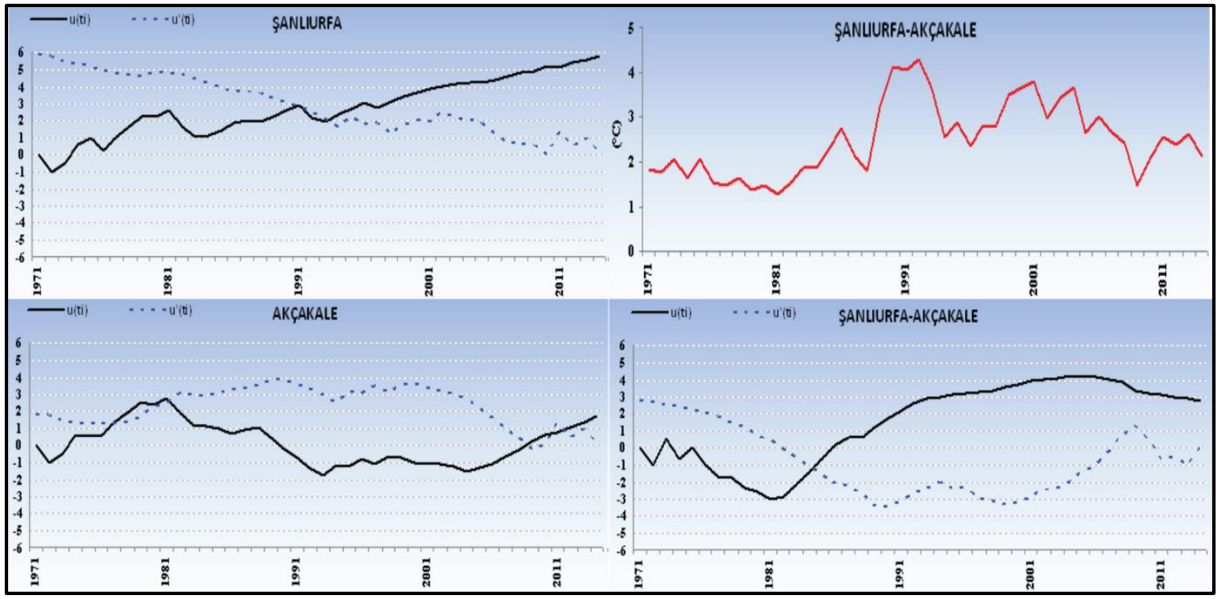


Figure 8. Mann-Kendal graphics for mean minimum temperatures of Şanlıurfa and Akçakale (on the left), mean minimum temperatures difference of Şanlıurfa and Akçakale pair (on right upper) and Mann-Kendal graphic for mean minimum temperatures difference of Şanlıurfa and Akçakale pair (on right bottom)

Table 7. Mann-Kendal result for mean minimum temperatures of Şanlıurfa and Akçakale. (*statistically significant)

Station Name	Mann-Kendall Test
Şanlıurfa	5,79*
Akçakale	1,76

Table 8. Mann-Kendal result for mean minimum temperatures difference of Şanlıurfa-Akçakale pair

Station's Pair	Mann-Kendall Test
Şanlıurfa–Akçakale	2,75*

Van has selected as urban station and Gevaş has selected as rural station for station's pair Van-Gevaş. The population is 1.085.542 in Van with 10.8% increasing rate and 28.982 in Gevaş with -2.7 decreasing rate since 2007 (URL 1). The yearly mean temperature is increasing in both station according to 1971 and there is a difference between stations' temperature (Fig. 9). While there is a significant increasing trend in mean minimum temperatures of Van, there is not increasing or decreasing trend in Gevaş's mean minimum temperatures (Fig. 10; Table 9). Mean minimum temperatures difference of Van-Gevaş pair is showed a significant increasing trend with 95% of significant level (Fig. 10; Table 10).

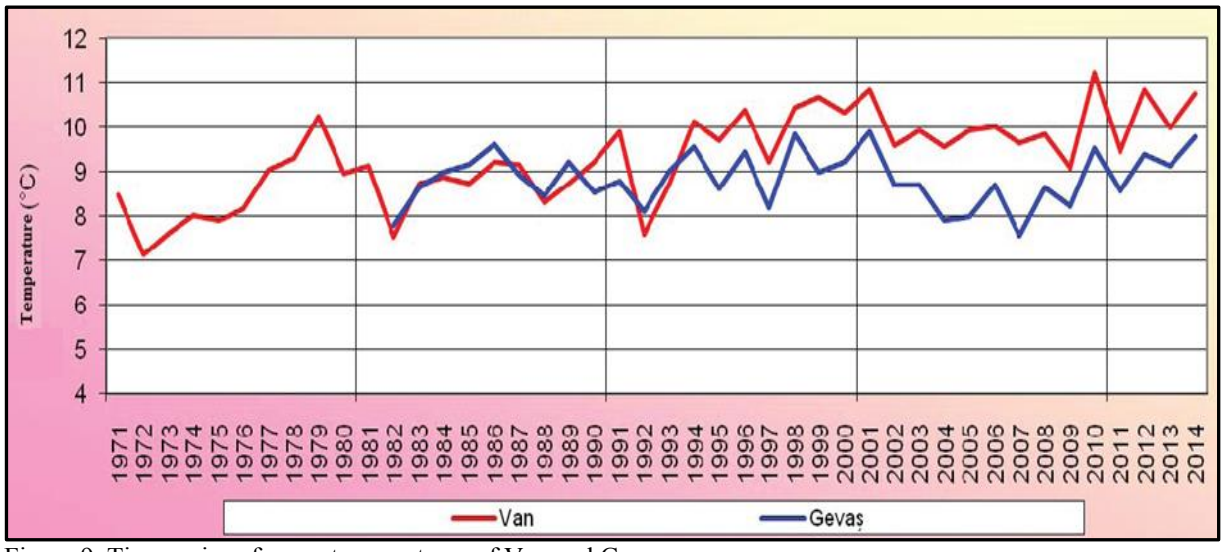


Figure 9. Time series of mean temperatures of Van and Gevaş.

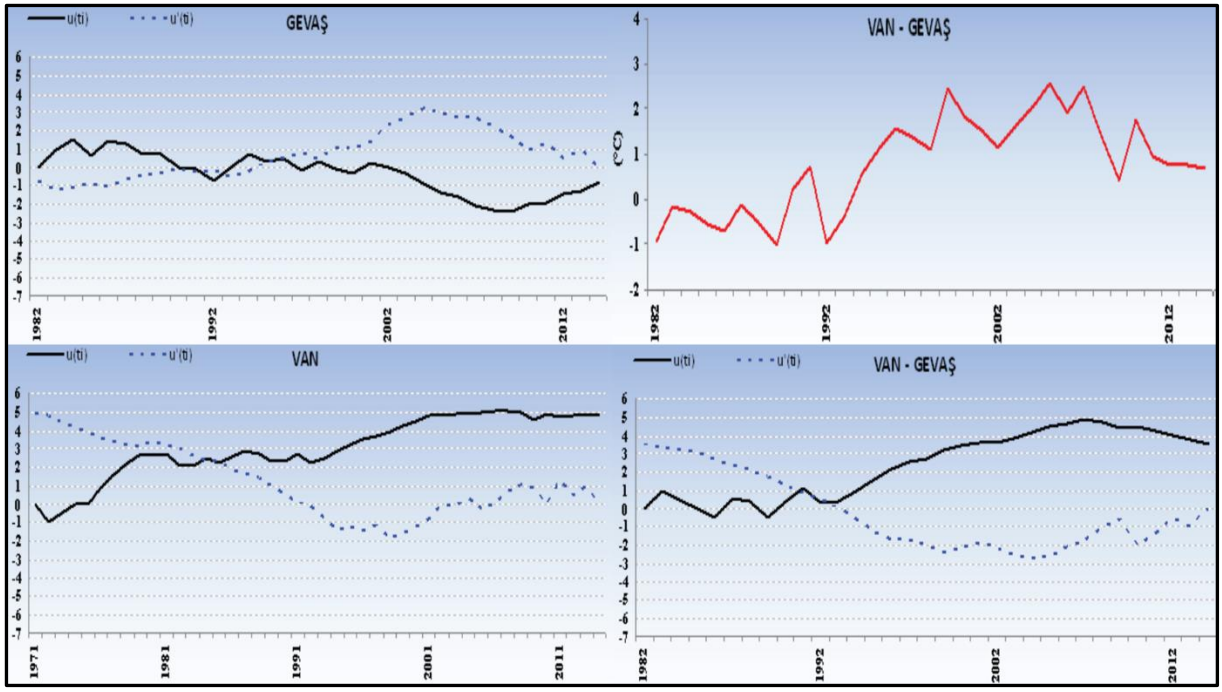


Figure 10. Mann-Kendal grafics for mean minimum temperatures of Van and Gevaş (on the left), mean minimum temperatures difference of Van and Gevaş pair (on right upper) and Mann-Kendal graphic for mean minimum temperatures difference of Van and Gevaş pair (on right bottom)

Table 9. Mann-Kendal result for mean minimum temperatures of Van and Gevaş. (*statistically significant)

Station Name	Mann-Kendall Test
Van	4,90*
Gevaş	-0,81

Table 10. Mann-Kendal result for mean minimum temperatures difference of Van-Gevaş pair

Station's Pair	Mann-Kendall Test
Van–Gevaş	3,56*

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Global temperature has risen caused by climate change due to greenhouse gases produced by human activities in last century on Earth. In a similar manner, temperature has also risen in Turkey. However, increase in temperature is not same in everywhere as well as between cities and rural. Human activities is one of the important force to change land use and land cover in Earth to be categorized in either urbanization or cultivation. Urbans are the best sample to these due to vegetation-cover are replaced with highly impervious reconstruction in cities such as asphalts, concrete, and building. Furthermore, urban facilities are absorbing solar energy during the day and emitting during the night and thus preventing cooling in the cities surface and atmosphere.

Urban–nonurban differences in minimum temperature serve as the primary indicator of the magnitude of the heat island effect because urban–nonurban temperature differences are normally most pronounced at night (Rosenzweig et al., 2005).

In this study, urbanization effects on the mean minimum temperature trends are investigated at the selected stations which are Adana, Kayseri, Rize, Şanlıurfa and Van as urban stations and Akçakale, Gevaş, Karaisalı, Pazar, Pınarbaşı and Tomarza as rural stations for the period between. Urban stations have been selected in cities having population over 500,000, and rural stations with population of less than 100,000. While selected urbans' populations are increasing rural settlements' populations are decreasing except Akçakale. We aim to quantify the UHI effect by contrasting the temperatures between urban–rural areas and to this end we study on mean minimum time series for all stations and also time series of mean minimum temperatures differences for urban-rural pairs for UHI effect.

Due to climate change and rising temperature in the Earth, in parallel with this, mean temperatures of selected stations are increasing with difference between urban and rural stations. It is assumed that these differences caused by urbanization. This study's findings suggest that there is no statistically significant increase in rural mean

minimum temperatures trends except Pazar for the period between 1971 and 2014. However, all the urban sites show statistically significant increase in mean minimum temperatures trends. Furthermore, urban-rural pairs show statistically significant increase in mean minimum temperatures trends. We assumed that this is a strong indication for the existence of UHI effect over these cities.

REFERENCES

WMO-No. 1189, WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016, World Meteorological Organization, 2017

WMO-NO.1142, "Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development", World Meteorological Organization and World Health Organization, 2015

World Health Organization (WHO), "Urban Bioclimatoloy", Heat-Waves: Risks and Responses, Health and Global Environmental Change Series, No. 2, WHO Regional Office for Europe, Denmark, 2004.

Bayram Cemil Bilgili and Şükran Şahin, Evaluation of Urban Green Areas on "The City Climate; Case Study of Ataturk Forest Farm, International Caucasian Forestry Symposium, October 24 – 26, 2013, Artvin

Ü. Duman Yüksel., O. Yılmaz. 2008. A study on determining and evaluating summertime urban heat islands in ankara at regional and local scale utilizing Remote sensing and meteorological data. Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi Universty 23 (4), 937-952

Hua, L.J.; MA, Z.G. & Guo, W.D. (2007). The impact of urbanization on air temperature across China. Theoretical and Applied Climatology. Doi:10.1007/s00704-007-0339-8

Tayfun Kindap, Alper Unal, Huseyin Ozdemir, Deniz Bozkurt, Ufuk Utku Turuncoglu, Goksel Demir, Mete Tayanc and Mehmet Karaca, Quantification of the Urban Heat Island Under a Changing Climate over Anatolian Peninsula, Theor Appl Climatol (2012) 108:31–38, DOI 10.1007/s00704-011-0515-8

Çiçek, İ., 2004, Ankara'da şehirleşmenin yağış üzerine etkisi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt: 14, Sayı: 1, Sayfa: 1-17, Elazığ

Rosenzweig, C. Solecki, W.D.; Parshall, L.; Chopping, M.; Pope, G. & Goldberg, R. (2005). Characterizing the urban heat island in current and future climates in New Jersey. Environmental Hazards, 6: 51-62

Coşkun, M., Sümer, U.M., Ulupınar, Y., Şensoy, S., Demircan, M., Bölük, E., Arabacı, H., Eskioğlu, O., Kervankıran, S., 2017, State of the Climate in Turkey in 2016.

Demircan, M., Arabacı, H., Akçakaya, A., Şensoy, S., Bölük, E., Coşkun , M., 2017, İklim ve Şehirleşme: Minimum Sıcaklık Trendleri, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2017 3 – 5 Haziran 2017, İstanbul

Oke, T. R. (1982): "The Energetic Basis of the Urban Heat Island." Q. Jl. R. Met. Soc., 108, s:1-22.

Sensoy, S., Turkoglu, N., Cicek I., Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., 2014, Urbanization Effect on Trends of Extreme Temperature Indices in Ankara, 7th Atmospheric Science Symposium, 28-30 April 2015, İstanbul

Taha, H., 1992, Urban Climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat, Energy Buildings 25, s: 99-103

Tanrıkulu, M. , 2006, İzmir'de şehirleşmenin sicaklik ve yağiş üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fiziki Coğrafya Bölümü.

URL1: http://www.nufusu.com erişim tarihi : 28.09.2017

IMPACT OF URBANIZATION ON MEAN TEMPERATURE ANOMALIES AND CLIMATE INDICES IN TURKEY

Serhat SENSOY[1], Mustafa COŞKUN[1], Ali Ümran KÖMÜŞCÜ[1], Mesut DEMİRCAN[1], Erdoğan BÖLÜK[1] Necla TÜRKOĞLU[2], İhsan ÇİÇEK[2]

[1]Turkish State Meteorological Service, Ankara, Turkey
E-mails: ssensoy@mgm.gov.tr, mustafacoskun@mgm.gov.tr, aukomuscu@mgm.gov.tr, mdemircan@mgm.gov.tr, eboluk@mgm.gov.tr
[2]Ankara University, Faculty of Languages, History and Geography, Ankara, Turkey
E-mails: nturkoglu@ankara.edu.tr, ihsan.cicek@ankara.edu.tr

Abstract:
Understanding the long-term change of temperature events is important to the detection and attribution of climate change. However, it's unclear how much effect coming from the urbanization. According to the law issued in 2012, the city with population 750,000 and more was called as metropolis. If the population is less than 100 thousand it's determined as rural area. In this study we tried to eliminate urbanization effects on temperature anomalies by removing 30 metropolitan cities from the anomaly assessment. Also we have been calculated temperature indices for Ankara and Istanbul city centers and their rural areas in order to determine their trend differences. 1971-2016 annual temperature data of the 99 rural stations were used for temperature anomaly analysis. Extraction of metropolises from analysis caused to reduce the long term mean temperature from 13.5 to 13.1°C based on 1981-2010 but did not cause any change in positive temperature trend. Still positive temperature anomalies have been found since 1998. Frost Days (FD0), Cool Nights (TN10p), Cold Spell Duration Index (CSDI). Warm Nights (TN90p), Tropical Nights (TR20) and Growing Season Lengths (GSL) trends are greater in the Ankara and Istanbul city than their rural. We have clearly noticed that the minimum temperatures have great increasing trends in the city centers. But in both analyzes, it was observed that the positive temperature trends in Turkey were affected by global climate drivers, rather than the urbanizations.

***Keywords*:** Urbanization, temperature anomaly, impact, indices

INTRODUCTION

There were many studies on effect of urbanization on climate (Çiçek, 2004, Hua et al., 2007, Kindap et al., 2012, Oke, 1982), Taha., 1992, Tanrıkulu., 2006, Sensoy et al., 2015, Demircan et al., 2017 and Georgescu et al., 2012). But this is new study on impact of urbanization on mean temperature anomalies. In Turkey we have been used 130 stations data to detect mean temperature anomaly including metropolitan. We wanted to eliminate impact of urbanization on this analysis. We extracted 30 metropolitan data in mean temperature analysis and we do same analysis with 99 rural station data. Also we have been calculated temperature indices for Ankara and Istanbul city centres and their rural areas (Table 1). Extraction of metropolises from analysis decreased the long term mean temperature from 13.5 to 13.1°C but did not cause any change in increasing trend (Fig 1). FD0 and TN10p have more declining trends in the Ankara and Istanbul city centre than their rural while TN90p and TR20 have increasing it. As the rural population declines, the urban population is increasing rapidly (Fig. 1).

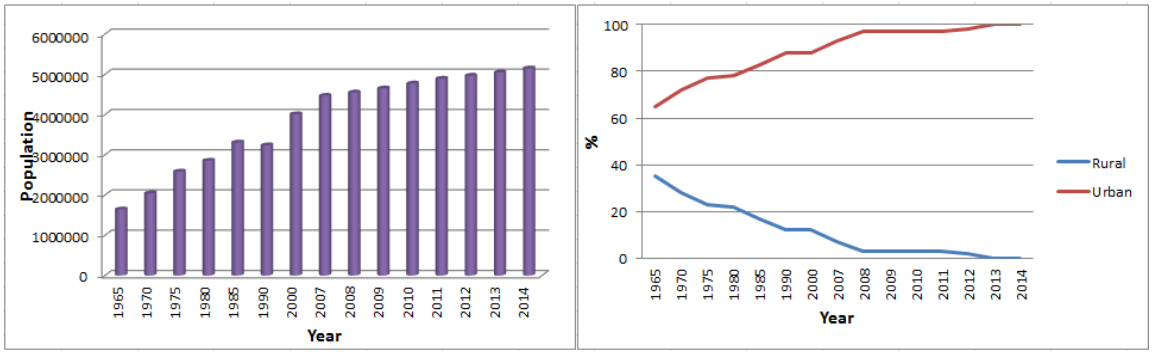


Figure 1. *Ankara population (left), Ankara rural and urban population ratio (right) (TUİK)*

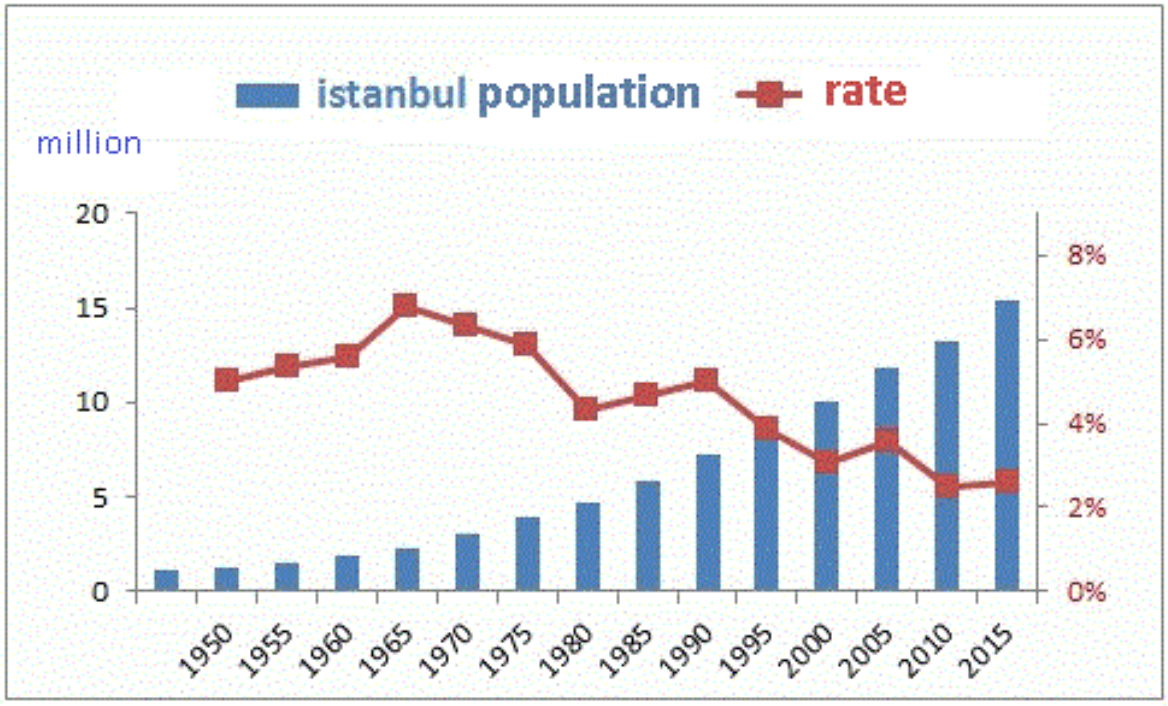


Figure 2. *Istanbul population and rate of increase (TUİK)*

Although population increase rate has been decreased, Istanbul population reached 14,804,116 by 2016 census. 18,55% of Turkey population live in Istanbul.

DATA AND METHODS

Annual mean temperature belong to 130 stations from 1971 to 2016 has been used for anomaly detection. Climatic normal has been calculated from 1981-2010 base periods. After this analysis 30 metropolitan cities (population greater than 750,000) and Afyonkarahisar (714,523) have been extracted from the database. Mean temperature and anomalies have been recalculated again (Table 2.).

RClimdex software has been used to produce climate indices. Ankara and Göztepe stations have been selected to represent urban areas and Esenboğa and Şile have been selected to represent rural. 1961-2010 daily maximum and minimum temperature and precipitation data of these four stations have been used in order to calculate climate related temperature indices. All the indices were calculated *(Table 1)*, but only four of them (FD0, TN10p, TN90p and TR20) were shown due to limited places. Software user guide are available at: http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml.

APPLICATION AND RESULTS

Annual mean temperature anomalies have been calculated including major cities (130 stations, Fig. 1a) and without major cities (99 stations, Fig. 1b) based on 1981 to 2010 period.

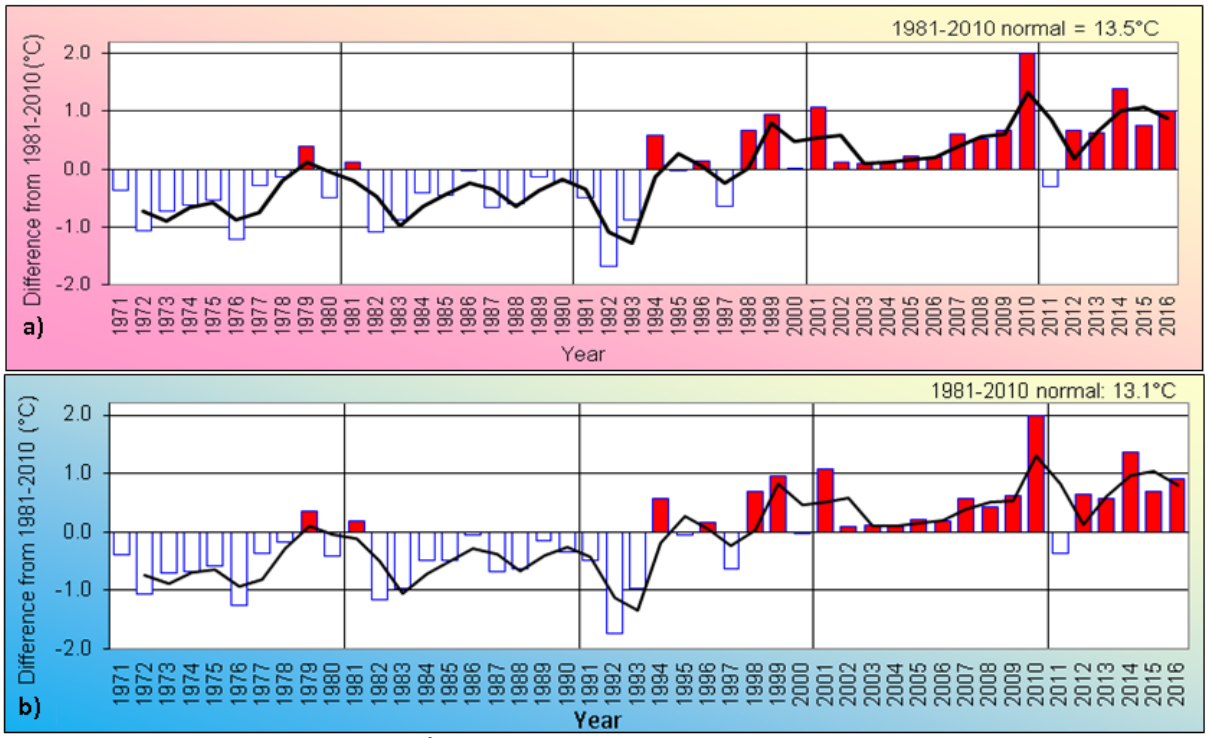


Figure 3. *Mean Temperature anomalies of Turkey with (a) and without major cities (b) (Coşkun et al, 2017)*

Extraction of metropolises from anomaly detection decreased the long term mean temperature from 13.5 to 13.1°C based on 1981-2010 normal, but did not cause any change in increasing trend. There are increasing trends in Turkey temperature since 1988 except 2011. It is observed that the positive temperature anomalies in Turkey are not only the effects of urbanization but also the effects of global climate drivers.

Table 1 *Kendall's tau based slope estimate in temperature related climate indices in Ankara and İstanbul*

Indice	Esenboğa, Ankara	Kalaba, Ankara	Şile, İstanbul	Göztepe, İstanbul
CSDI	-0.013	-0.077	0.011	-0.045
FD0	0.177	-0.120	0.204 *	-0.086
GSL	0.081	0.334	-0.134	0.028
ID0	-0.030	-0.020	-0.004	-0.009
TR20	0.028 *	0.206 *	0.114	0.462 *
TN10p	-0.025	-0.113 *	0.075	-0.102 *
TN90p	0.093	0.209 *	-0.057	0.129 *
TNx	0.037 *	0.048 *	0.035 *	0.037 *
TNn	0.105 *	0.088 *	0.043	0.071 *
SU25	0.368 *	0.190	0.692 *	0.837 *
TX10p	-0.015	-0.005	-0.011	-0.036
TX90p	0.124 *	0.069	0.115 *	0.124 *
TXx	0.039 *	0.026	0.069 *	0.018
TXn	0.081 *	0.051 *	0.027	0.021

WSDI	0.247 *	0.133	0.019	0.108
DTR	0.009	-0.013 *	0.019 *	0.003

(*) Trends are statistically significant at 95% level (p value < 0.0.5)

Table 2. *Populations of Metropolises greater than 750.000 (TUIK,2016)*

Metropolis	Total Population	Male population	Female Population	Population%
İstanbul	14,804,116	7,424,390	7,379,726	% 18,55
Ankara	5,346,518	2,653,431	2,693,087	% 6,70
İzmir	4,223,545	2,104,632	2,118,913	% 5,29
Bursa	2,901,396	1,454,059	1,447,337	% 3,64
Antalya	2,328,555	1,174,936	1,153,619	% 2,92
Adana	2,201,670	1,101,340	1,100,330	% 2,76
Konya	2,161,303	1,073,631	1,087,672	% 2,71
Gaziantep	1,974,244	998,926	975,318	% 2,47
Şanlıurfa	1,940,627	976,938	963,689	% 2,43
Kocaeli	1,830,772	927,157	903,615	% 2,29
Mersin	1,773,852	885,583	888,269	% 2,22
Diyarbakır	1,673,119	844,011	829,108	% 2,10
Hatay	1,555,165	780,854	774,311	% 1,95
Manisa	1,396,945	701,094	695,851	% 1,75
Kayseri	1,358,980	681,269	677,711	% 1,70
Samsun	1,295,927	640,699	655,228	% 1,62
Balıkesir	1,196,176	596,896	599,280	% 1,50
Kahramanmaraş	1,112,634	565,816	546,818	% 1,39
Van	1,100,190	561,592	538,598	% 1,38
Aydın	1,068,260	533,004	535,256	% 1,34
Denizli	1,005,687	500,398	505,289	% 1,26
Sakarya	976,948	490,935	486,013	% 1,22
Tekirdağ	972,875	499,819	473,056	% 1,22
Muğla	923,773	470,404	453,369	% 1,16
Eskişehir	844,842	421,580	423,262	% 1,06
Mardin	796,237	400,475	395,762	% 1,00
Malatya	781,305	389,572	391,733	% 0,98
Trabzon	779,379	385,009	394,370	% 0,98
Erzurum	762,021	381,138	380,883	% 0,95
Ordu	750,588	376,243	374,345	% 0,94
Afyonkarahisar *	**714,523**	354,458	360,065	% 0,90

* Afyonkarahisar is not a metropolis but it's candidate to become

Comparison of temperature related climate indices in the city and rural conditions

The most decisive climate indices which show urbanization effects are related with minimum temperature which are CSDI, FD0, GSL, ID0, TR20, TN10p, TN90p,TNx, TNn. However, SU25, TX10p, TX90p, TXx, TXn, WSDI are related with maximum temperature and haven't found decisive for urbanization effect due to include sun radiation in daytime. DTR is decreasing in the city centers due to increasing minimum temperature.

Comparison of Cold Spell Duration Indices (CSDI) Trends

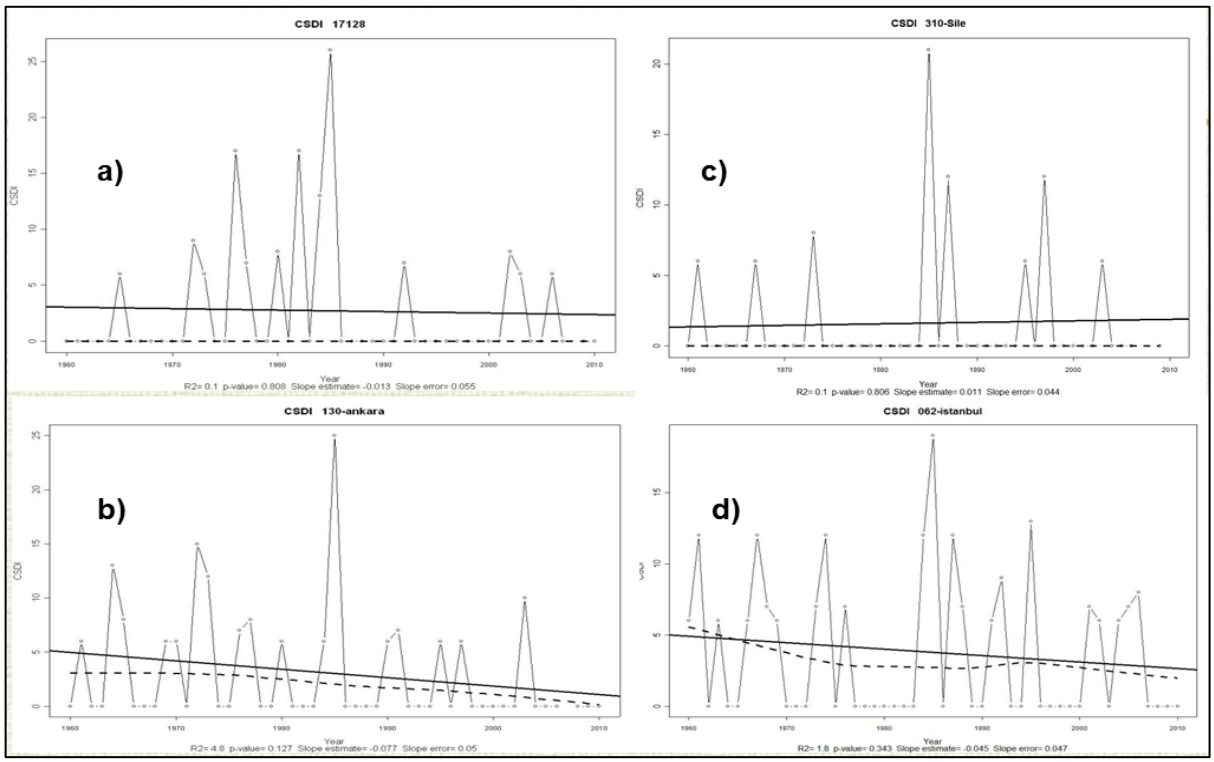


Figure4*. Cold Spell Duration indices of Esenboğa (a), Ankara (b), Şile(c), Istanbul (d) (Sensoy et al, 2013)*

Cold Spell Duration Indices has more decreasing trends in the city centers (Figure 4).

Comparison of Frost Day (FD0) Trends

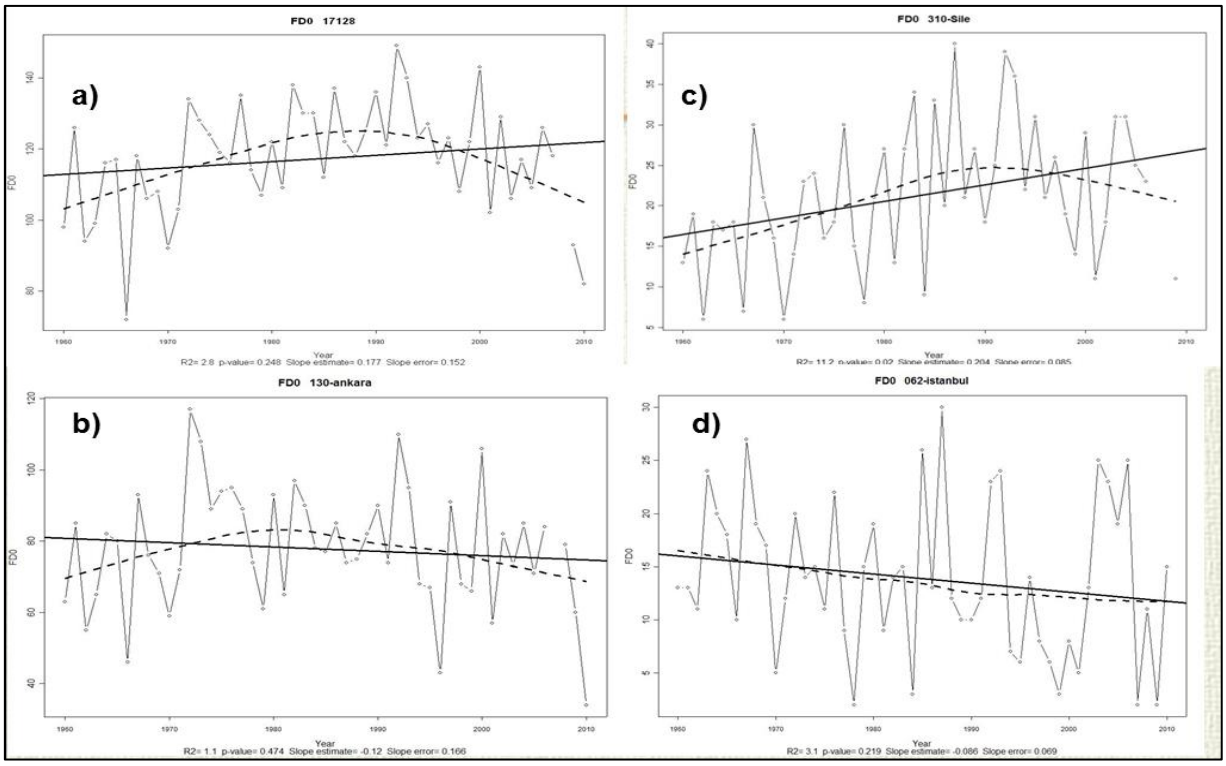


Figure5. *Frost Day Indices of Esenboğa (a), Ankara (b), Şile(c), Istanbul (d) (Sensoy et al, 2013)*

Frost Days has more decreasing trends in the city centers.

Comparison of Tropical Nights (TR20) Trends

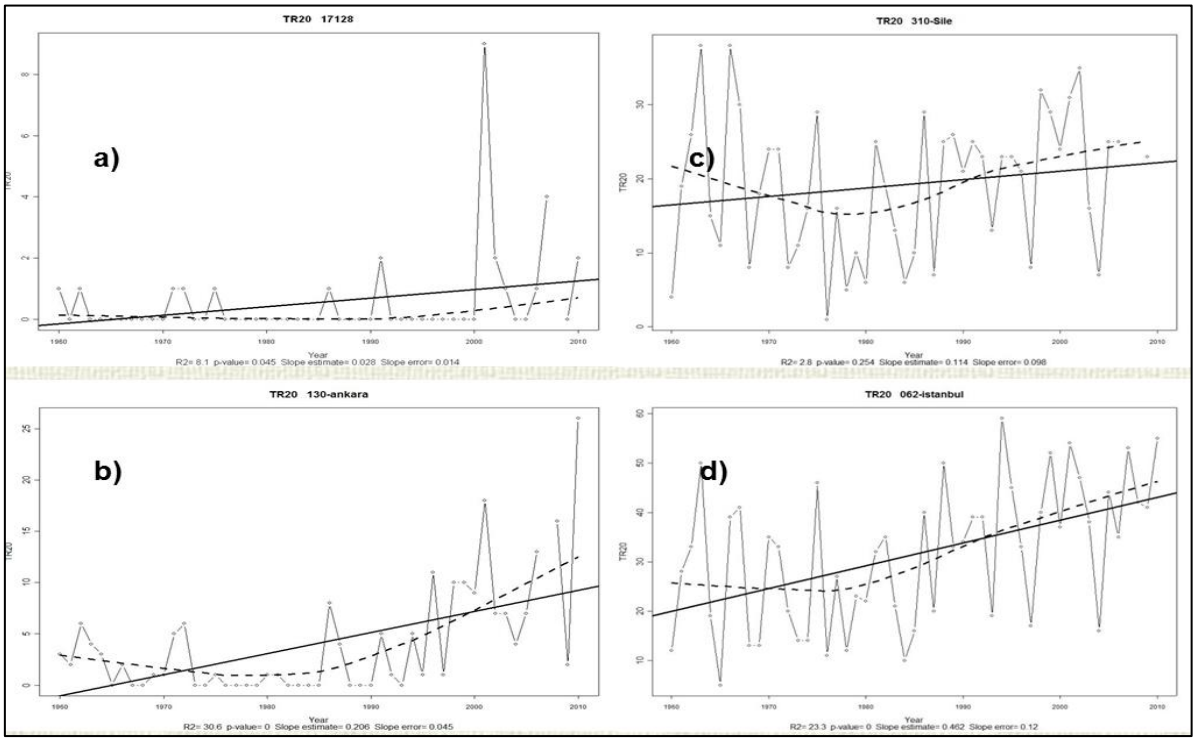


Figure6. *Tropical Nights indices of Esenboğa (a), Ankara (b), Şile(c), Istanbul (d) (Sensoy et al, 2013)*

Tropical Nights has more increasing trends in the city centers

Comparison of Cool Nights (TN10p) Trends

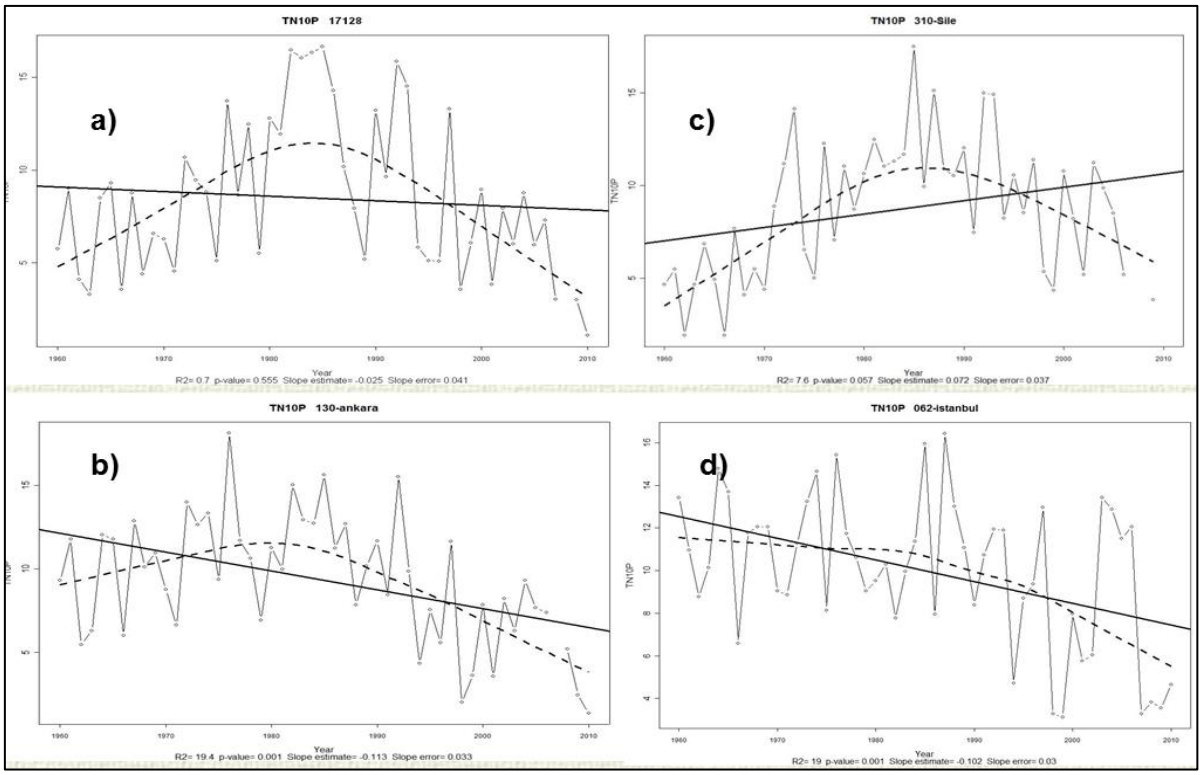


Figure7. *Cool Nights indices of Esenboğa (a), Ankara (b), Şile(c), Istanbul (d) (Sensoy et al, 2013)*

Cool Nights has more decreasing trends in the city centers.

Comparison of Warm Nights (TN90p) Trends

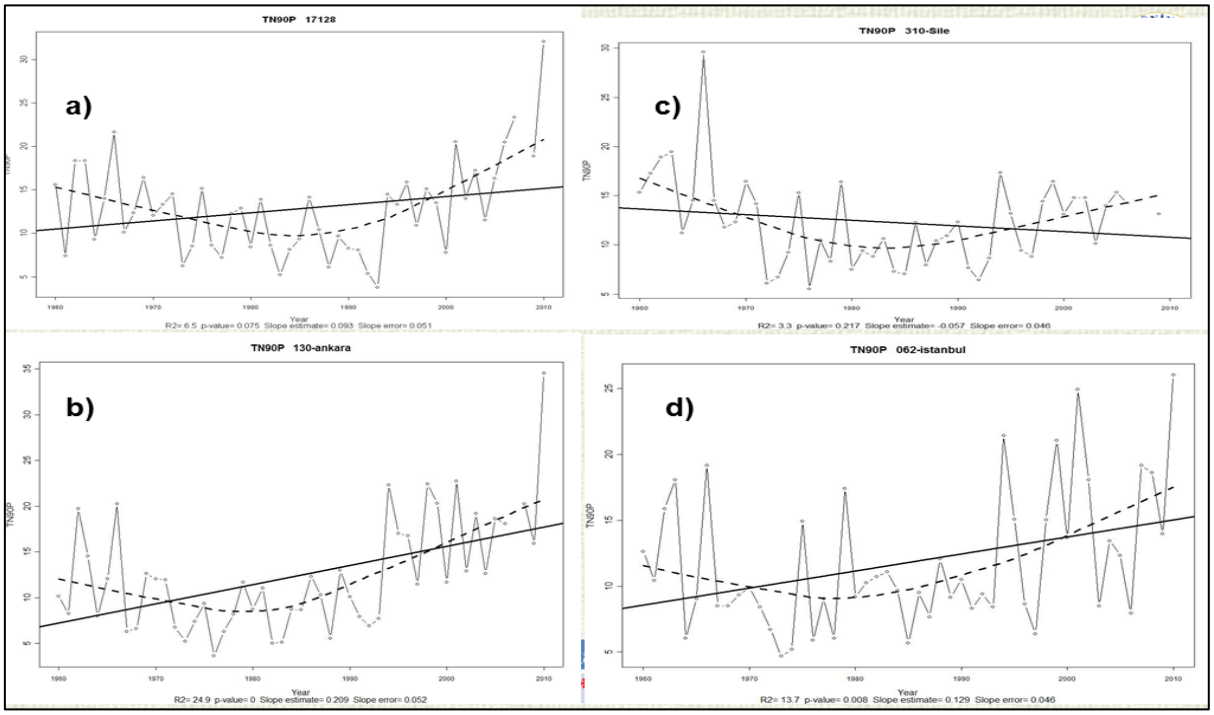


Figure8. *Warm Night Indices of Esenboğa (a), Ankara (b), Şile(c), Istanbul (d) (Sensoy et al, 2013)*

Warm Nights has more increasing trends in the city centers.

Comparison of Summer Days (SU25) Trends

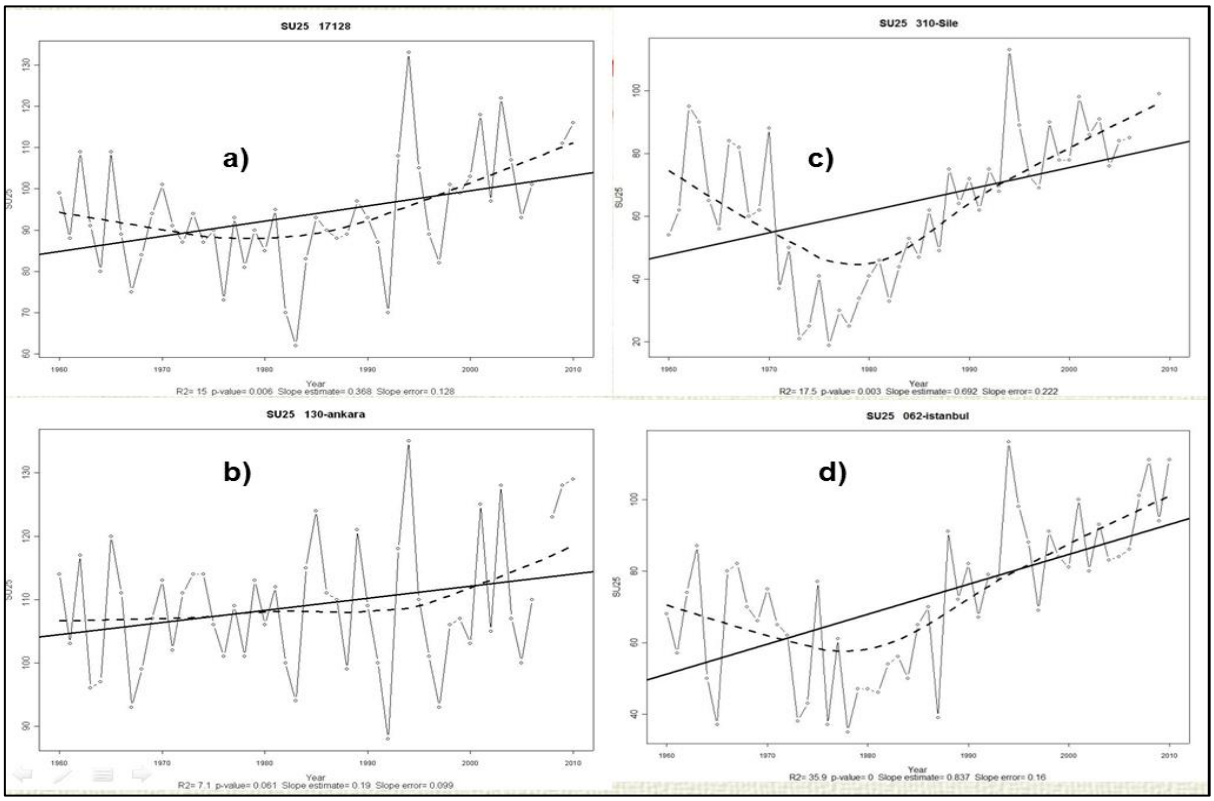


Figure9. *Summer Days Indices of Esenboğa (a), Ankara (b), Şile(c), Istanbul (d) (Sensoy et al, 2013)*

Summer Days has increasing trends both in the city centers and rural areas.

Comparison of Warm Spell Duration Indices (WSDI) Trends

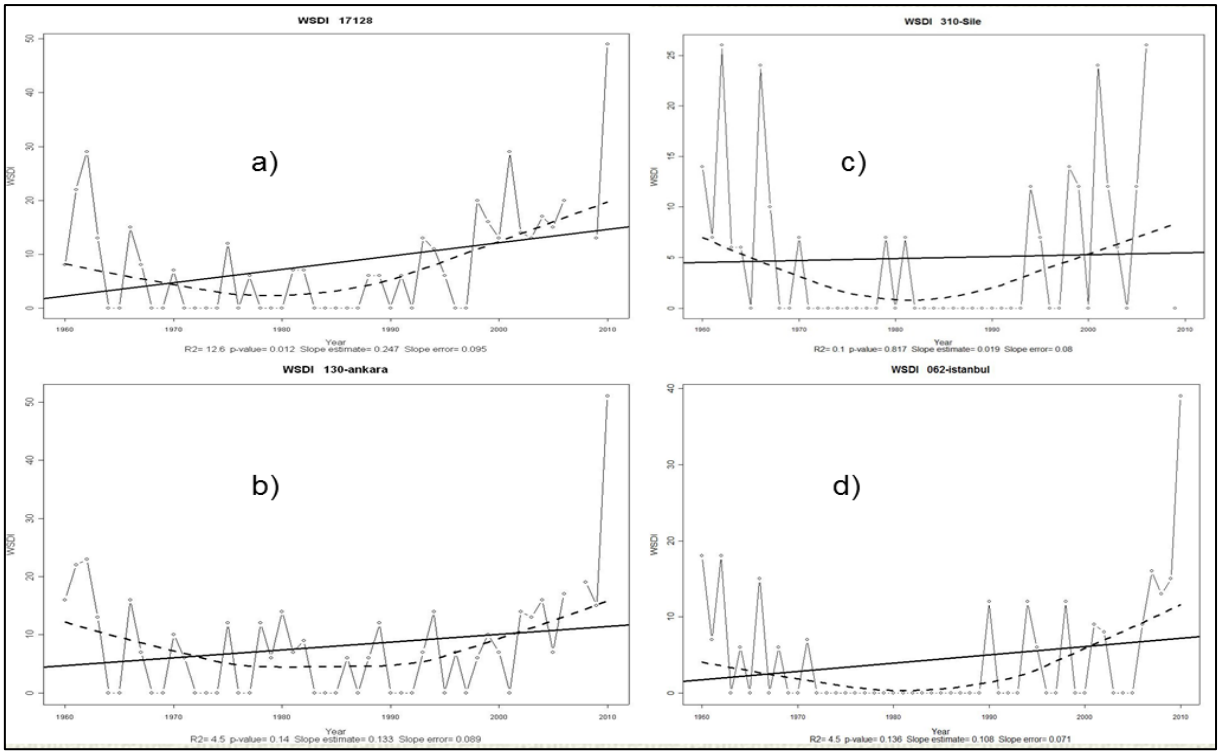


Figure10. *Warm Spell Duration Indices of Esenboğa (a), Ankara (b), Şile(c), Istanbul (d) (Sensoy et al, 2013)*

Warm Spell has increasing trends both in the city centers and rural areas.

Comparison of Day Temperature Range (DTR) Trends

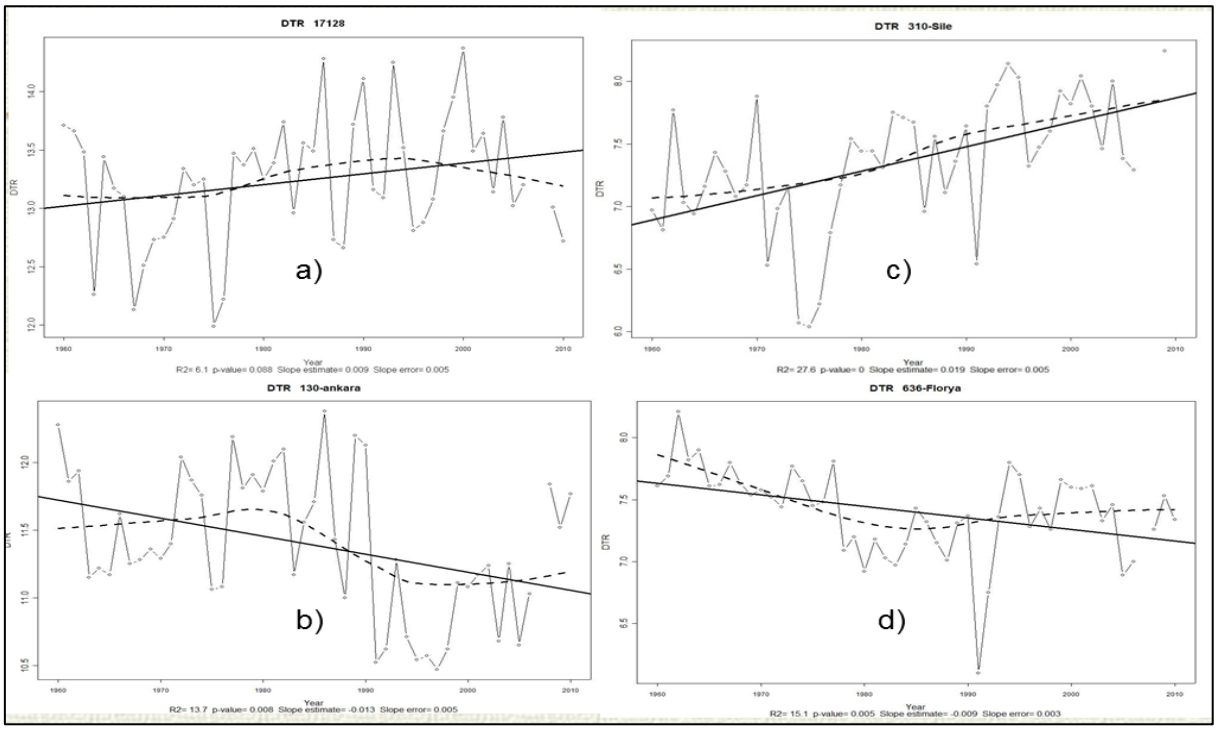


Figure11 *Day temperature range Indices of Esenboğa (a), Ankara (b), Şile(c), Istanbul (d) (Sensoy et al, 2013)*

DTR has increasing trend in the rural area while decreasing in the city centers.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

In this study we tried to investigate urbanization effects on temperature anomaly and trends of extreme temperature indices in Ankara and İstanbul.

Extraction of major cities from anomaly detection caused a decrease in long term mean temperature from 13.5 to 13.1°C. But again there are still increasing trends in Turkey temperature since 1988 except 2011. It is observed that the positive temperature anomalies in Turkey are not only the effects of urbanization but also the effects of global climatic drivers. Urbanization alone could increase local temperatures (Georgescu et al, 2012).

The most decisive climate indices which show urbanization effects are related with minimum temperature. FD0 and TN10p have more declining trends in the Ankara and Istanbul city center than their rural while TN90p and TR20 have increasing it. However, Summer Days (SU25), Warm Days (TX90p) and Warm Spell Duration Indices (WSDI) are related with maximum temperature and haven't found decisive for urbanization effect due to include sun radiation in daytime.

The results show that the most obvious effect of urbanization on climate is on minimum temperature. This causes decrease in Diurnal Temperature Range (DTR=Tmax-Tmin) especially in continental station like Ankara. Most of these trends found statistically significant at 95% level. These results show stronger urbanization effect in Ankara and İstanbul city center. Due to the increasing greenhouse gases, temperatures in Turkey are increasing in line with the world.

REFERENCES

Çiçek, İ., 2004, Ankara'da şehirleşmenin yağış üzerine etkisi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt: 14, Sayı: 1, Sayfa: 1-17, Elazığ

Coşkun, M., Sümer, U.M., Ulupınar, Y., Şensoy, S., Demircan, M., Bölük, E., Arabacı, H., Eskioğlu, O., Kervankıran, S., 2017, State of the Climate in Turkey in 2016.

Demircan, M., Arabacı, H., Akçakaya, A., Şensoy, S., Bölük, E., Coşkun , M., 2017, İklim Ve Şehirleşme: Minimum Sıcaklık Trendleri, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013 3 – 5 Haziran 2013, İstanbul

Georgescu, M., M. Moustaoui, M., A. Mahalov, A., Dudhia , J., 2012, Summer-time climate impacts of projected megapolitan expansion in Arizona, Nature Climate Change 3,37–41(2013), doi:10.1038/nclimate1656

Hua, L.J.; MA, Z.G. & Guo, W.D.,2007, The impact of urbanization on air temperature across China. Theoretical and Applied Climatology

Kındap, T., Unal, A.,Ozdemir, H., Bozkurt D., Turuncoğlu, U.U., Demir, G., Tayanç, M., Karaca, M., 2012, Quantification of the Urban Heat Island Under a Changing Climate over Anatolian Peninsula.

Oke, T. R. (1982): "The Energetic Basis of the Urban Heat Island." Q. Jl. R. Met. Soc., 108, s:1-22.

Sensoy, S., 2006, Türkiye iklim sınıflandırması, www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf

Sensoy S., Türkoğlu N., Akçakaya A., Ulupınar Y., Ekici M., Demircan M., Atay H., Tüvan A., Demirbaş, H., 2013: Trends in Turkey Climate Indices From 1960 to 2010, 6th Atmospheric Science Symposium, 24 - 26 April 2013, ITU, Istanbul, Turkey.

Sensoy, S., Turkoglu, N., Cicek I., Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., 2014, Urbanization Effect on Trends of Extreme Temperature Indices in Ankara, 7th Atmospheric Science Symposium, 28-30 April 2015, İstanbul

Taha, H., 1992, Urban Climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat, Energy Buildings 25, s:99-103

Tanrıkulu, M., 2006, İzmir'de şehirleşmenin sıcaklık ve yağış üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fiziki Coğrafya Bölümü.

Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., et al, 2005, Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003, J. Geophys. Res., 110, D22104, doi:10.1029/2005JD006181.

PROJECTED TRENDS IN HEAT AND COLD WAVES UNDER EFFECT OF CLIMATE CHANGE

Hüdaverdi GÜRKAN[1], Osman ESKİOĞLU[1], Başak YAZICI[1], Serhat ŞENSOY[1], Ali Ümran KÖMÜŞÇÜ[1], Yusuf ÇALIK[2]

[1]Turkish State Meteorological Service, Research Department, Climatology Division, ANKARA
hgurkan@mgm.gov.tr[1], oeskioglu@mgm.gov.tr[1], byazici@mgm.gov.tr[1], ssensoy@mgm.gov.tr[1], aukomuscu@mgm.gov.tr[1]
[2]Turkish State Meteorological Service, Electronic and Information Processing Department, ANKARA
ycalik@mgm.gov.tr[2]

Abstract: *Global average temperatures increased by 0.8°C in 2016 as compared to the period of 1961-1990 and 1.1°C from the pre-industrial period (1850-1899).They hit records for three consecutive years in 2014, 2015 and 2016, and the year 2016 ranks as the warmest on record. Climate models expect a temperature increase between 1.5°C-2.5°C and between 2.5°C-3.6°C based on RCP4.5 and RCP8.5 scenarios respectively by end of the century. It is projected that the increased temperatures may cause increases in the frequency and severity of some meteorological extreme events. Heat waves accounted for 43% of meteorological disasters in 2016 in Turkey. In this study, future trends of periods of heat and cold waves are studied with respect to RCP4.5 and RCP8.5 scenarios of HadGEM2-ES Global Climate Model. The results showed while number of heat waves are expected to increase, a decreasing trend of cold waves will dominate in future periods in Turkey.*

Keywords: *Heat wave, cold wave, climate change*

INTRODUCTION

The global average surface temperature has risen about 1.1 °C since the late 19th century, a change driven largely by anthropogenic emissions into the atmosphere. Most of the warming occurred during the last three decades, with 16 of the 17 warmest years on record occurring since 2001. Scientists agree that global temperatures will continue to rise for decades to come, largely due to greenhouse gases produced by human activities. The IPCC predicts that increases in global mean temperature of less than 1 to 3 °C above 1990 levels will produce beneficial impacts in some regions and harmful ones in others (IPCC, 2013). Global warming is expected to bring more frequent and severe heat waves, which could impact vulnerable populations. Last quarter of the 20th century already witnessed negative effects of climate change probably more than any other period during the same century. Global warming has serious negative effects on all human activities such as health, agriculture, urbanization and tourism. WMO reported 2014, 2015 and 2016 as the warmest years since instrumental measurement of temperatures began (WMO, 2017). With the increasing global surface temperatures, the possibility of more droughts and increased intensity of storms will likely occur. If global climate change causes the global average temperature to rise as projected by climate models, there will be fewer cases of cold wave and a greater probability of more intense and frequent heat waves.

Heat waves are among the most dangerous of natural hazards, but rarely receive adequate attention (WMO, 2015b). Heat-cold waves cause serious health problems and lead to deaths. In the last 10 - 15 years, many severe heat waves have occurred in the world. One of the most severe was the European heat wave of July and August 2003, which occurred during an unusually dry summer (Black et al., 2004). Due to heat wave incidents in Europe, 14,800 people lost their lives in Germany, Spain, France and England in July and August 2003 (Bölük et al., 2013). The 2003 European heat wave was followed in 2010 by an even more intense and widespread heatwave, which scorched enormous areas across Eastern Europe (Barriopedro et al., 2011). A number of major heat wave events have occurred over the past decade, some of which have had devastating effects, such as that of Europe in 2003 and that of the Russian Federation in 2010 (WMO, 2015a; Robine et al., 2008; Osborn, 2010).

A heat wave has various definitions, depending on regional climate, among other factors. WMO defines a heat wave as five or more consecutive days in which the average daily maximum temperature is exceeded by at least 5 °C from normal (Alexander et al 2006; WMO, 2015b).

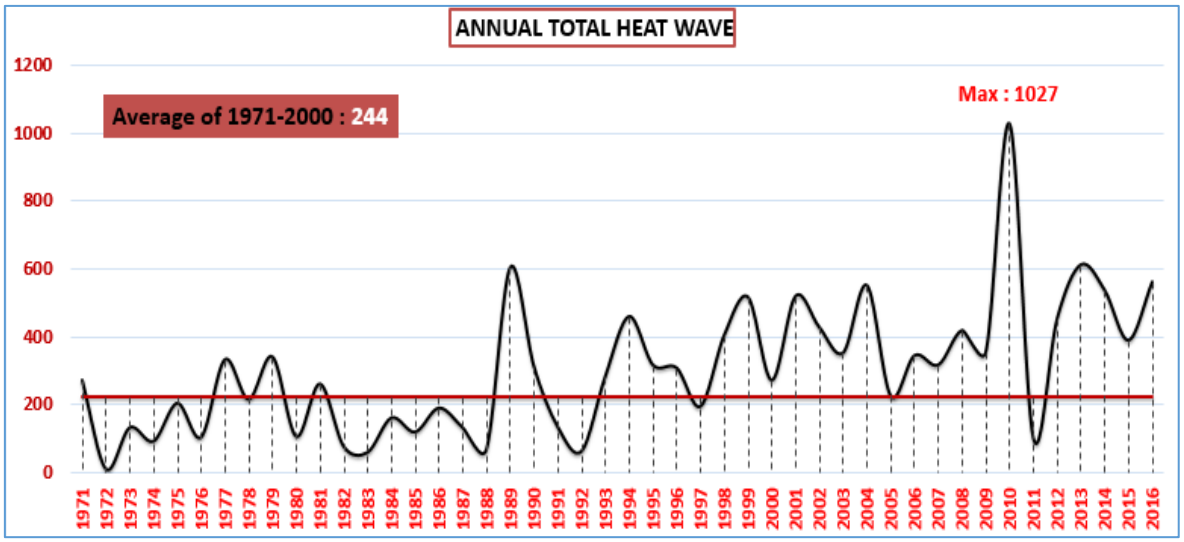


Figure 1 The number of annual total heat wave

The frequency of heat waves are increasing by year by year in Turkey. According to the data from 224 meteorological stations, the annual average number of heat waves is 224 in the period 1971-2000, and there have been just 2 years of heat wave below normal since 1993 (Figure 1).

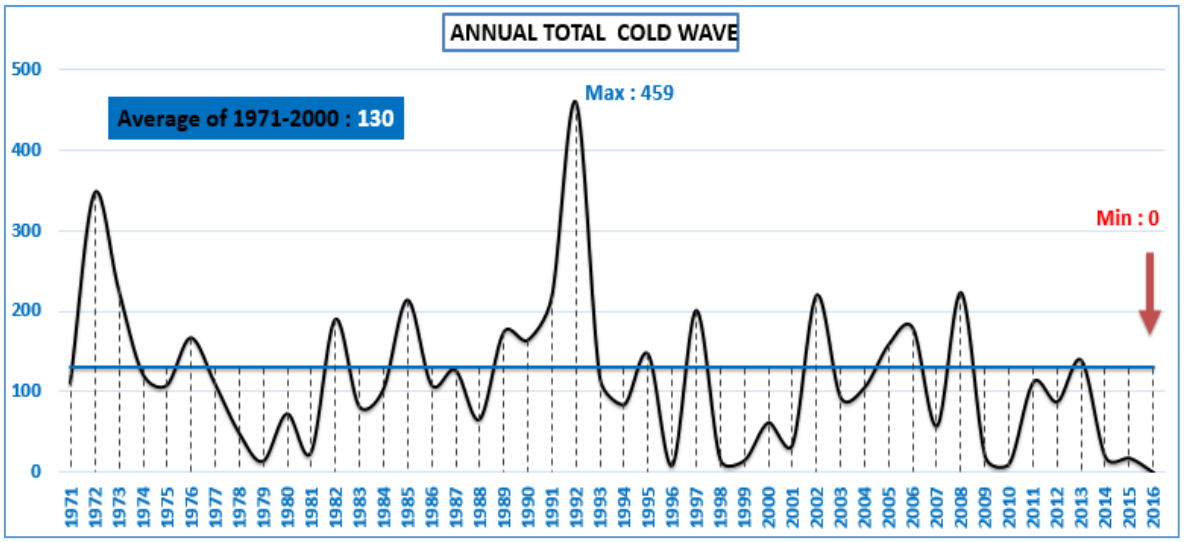


Figure 2 The number of annual total cold wave

There has been a decrease trend in the number of cold waves compared to the average of 1971-2000 period in recent years. 2016 was recorded as first year with no cold wave in the period of 1971-2016. In the period of 46 years (1971-2016), a cold wave was observed above the average in 16 years and below the average in 30 years (Figure 2).

In this study, the trends of heat-cold wave occurrences were studied based on climate model projections for Turkey.

DATA AND METHODS

Initially three GCM models were considered for the study, and then after performing verification on temperature parameter, HadGEM2-ES Global Climate Model has been chosen along with RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. HadGEM2 stands for the Hadley Centre Global Environment Model version 2. Members of the HadGEM2 family were used in the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The standard atmospheric component has 38 levels, with a horizontal resolution of 1.25 degrees of latitude by 1.875 degrees of longitude. This is equivalent to a surface resolution of about 208 km x 139 km at the Equator, reducing to 120 km x 139 km at 55 degrees of latitude. (MetOffice, 2014; Demircan et al., 2014)

In order to obtain high-resolution climatic parameters from the low-resolution global model data, nesting method (Nested simulations) was employed with Regional Climate Model (RegCM4). In next step, temperature projections were produced for 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 periods, relative to the 1971-2000 reference period at 20 km resolution. The results were mapped separately for the each period.

APPLICATION AND RESULTS

The HadGEM2-ES global climate model data were used in the study for the future projections of the heat-cold waves. The results are mapped on the basis of scenario and period selected. The results show that an increase of heat wave occurrences in Turkey in all the future periods (2013-2040, 2041-2070, 2071-2098). During the period of 2013-2098 based on RCP 4.5 scenario; the number of days with heat wave per year is expected to increase between 20-110 days with an average of 42 days.

Results of change of the heat waves days based on RCP4.5;

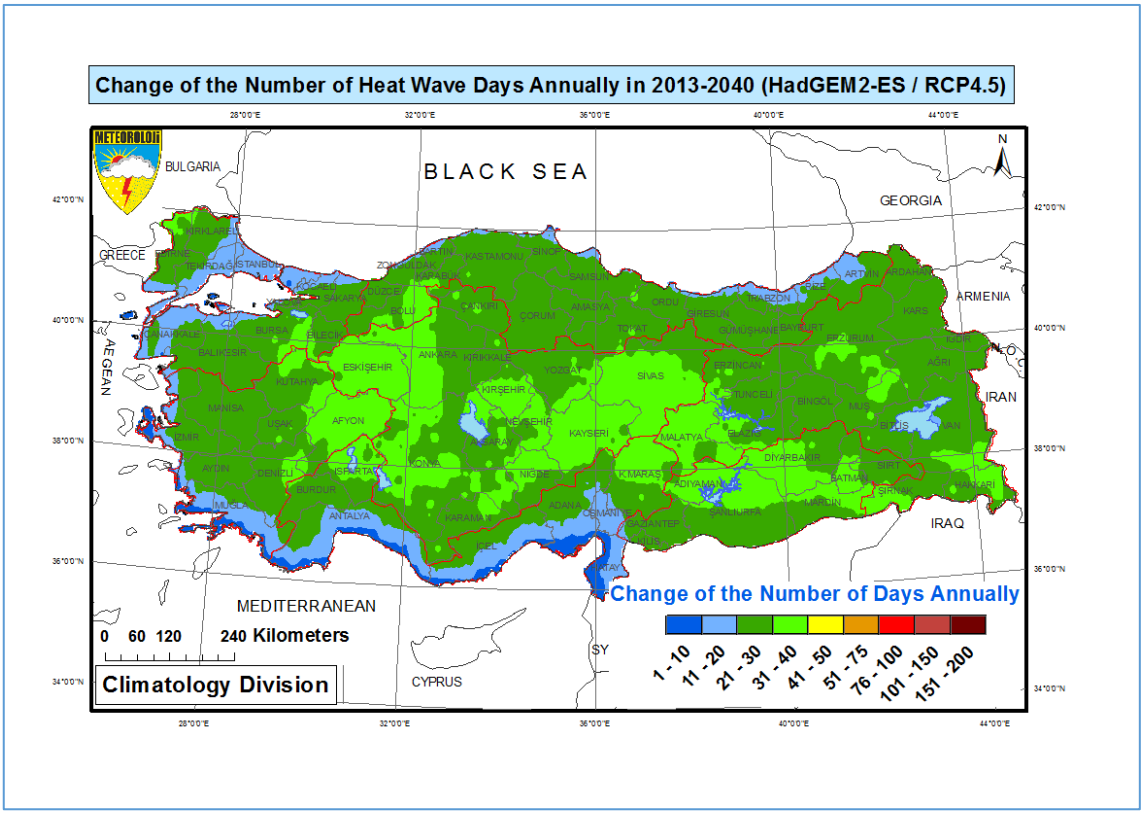


Figure 3 Change of the number of heat wave days annually in 2013-2040 (HadGEM2-ES / RCP4.5)

In the period of 2013-2040, increases in the number of heat waves are expected to attain nearly 40 days. Especially, in inland regions expected increases are significant (Figure 3).

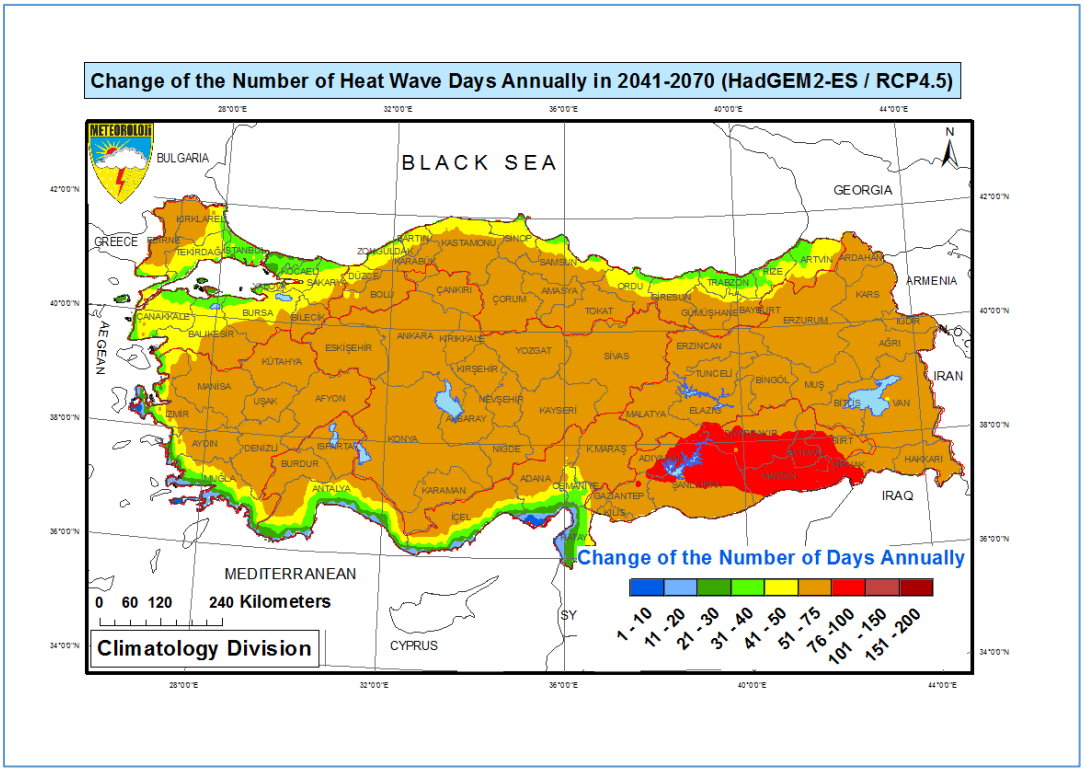


Figure 4 Change of the number of heat wave days annually in 2041-2070 (HadGEM2-ES / RCP4.5)

In the period of 2041-2070, increases in the number of heat waves are expected to reach nearly to 100 days. In the large part of the country, the increase is expected to take place around 51-75 days and in the southeast region 75 - 100 days (Figure 4).

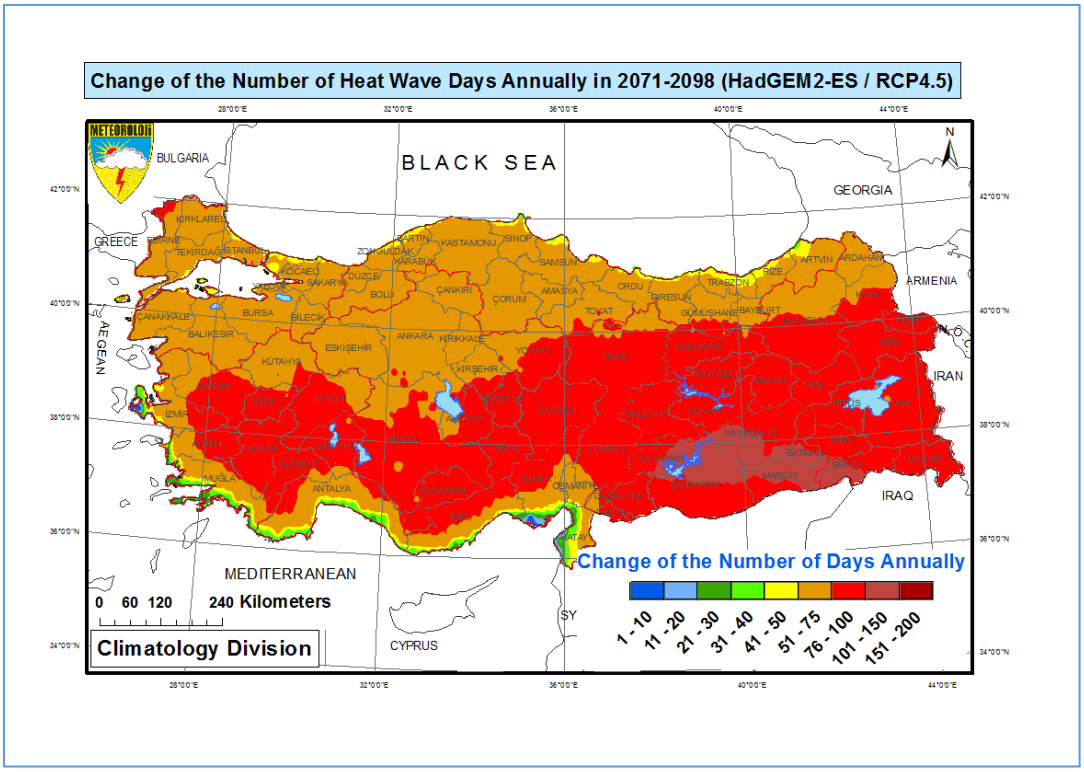


Figure 5 Change of the number of heat wave days annually in 2071-2098 (HadGEM2-ES / RCP4.5)

In the last period, southern regions are expected to be most vulnerable parts of Turkey. Especially in part of south eastern region, number of heat waves days are expected to change 101-150 days (Figure 5).

Results of change of the heat waves days based on RCP8.5;

According to RCP 8.5 scenario; the number of days of heat wave per year is expected to increase between 27-204 days with an average of 78 days during the period of 2013-2098.

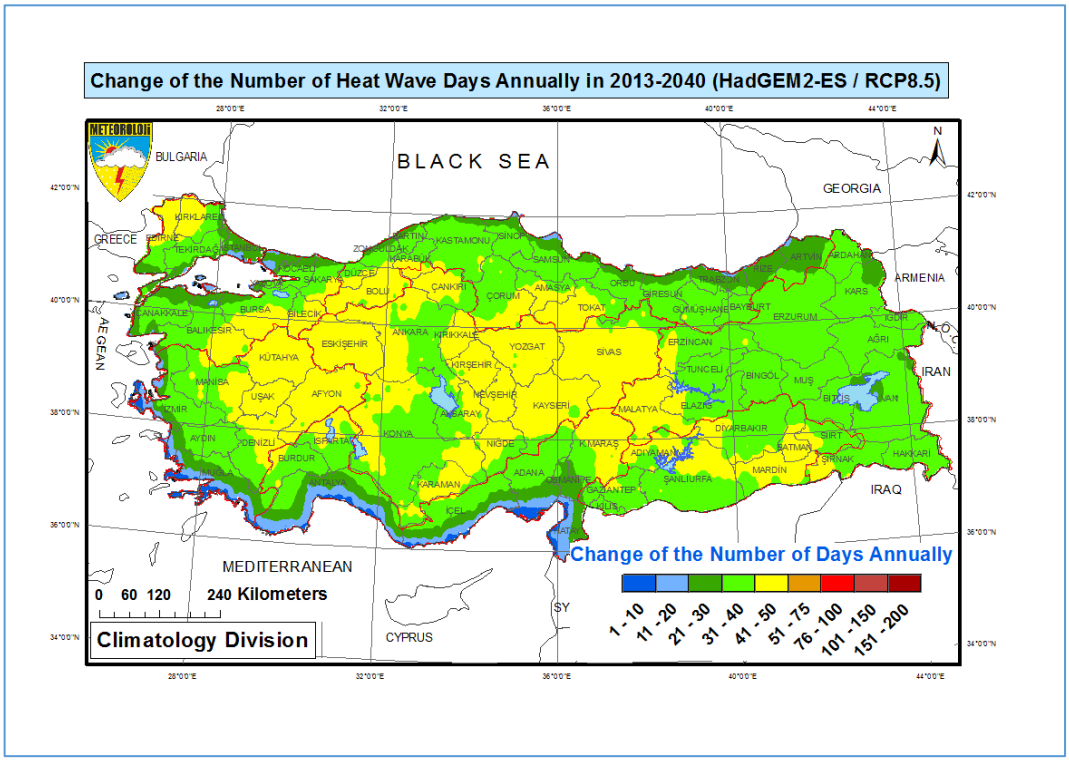


Figure 6 Change of the number of heat wave days annually in 2013-2040 (HadGEM2-ES / RCP8.5)

Sensitive regions during the period 2013-2040 are similar to RCP4.5 in the same period. Increasing trend in the number of heat waves days are expected to reach up to 50 days (Figure 6).

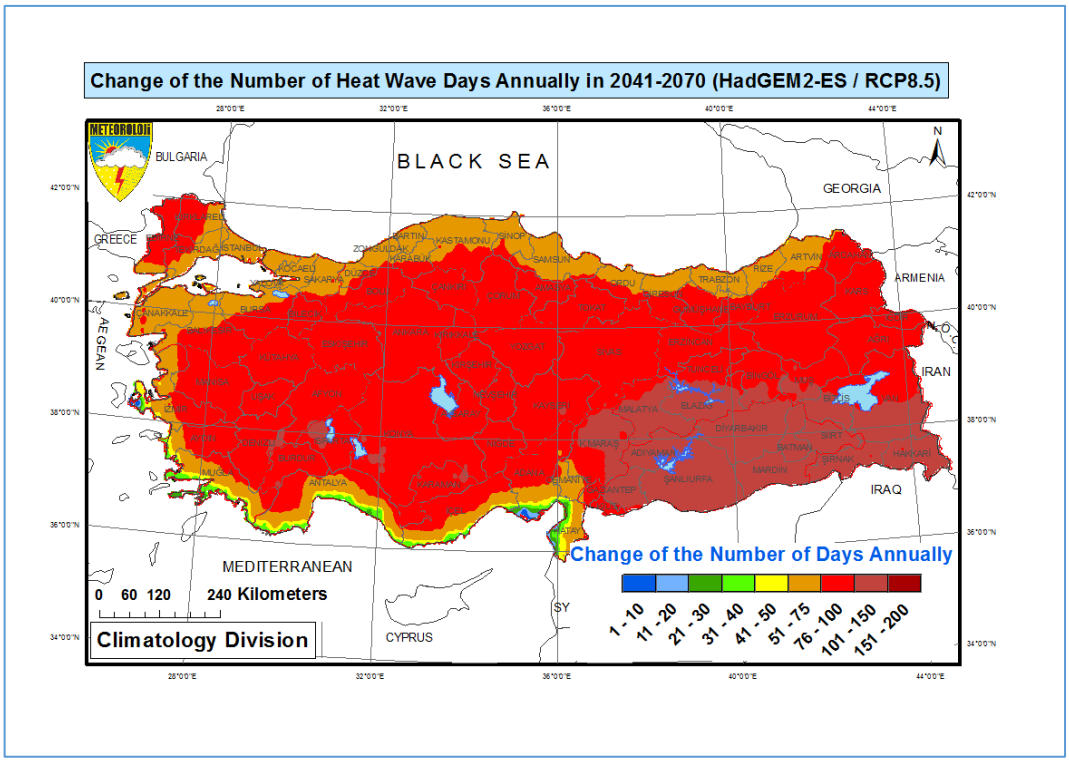


Figure 7 Change of the number of heat wave days annually in 2041-2070 (HadGEM2-ES / RCP8.5)

According to the projections of the period of 2041-2070, change of the number of days are expected to vary between 76-100 days. In addition, more than 100 days (101-150) of increasing trend is expected in the Southern East Anatolia region (Figure 7).

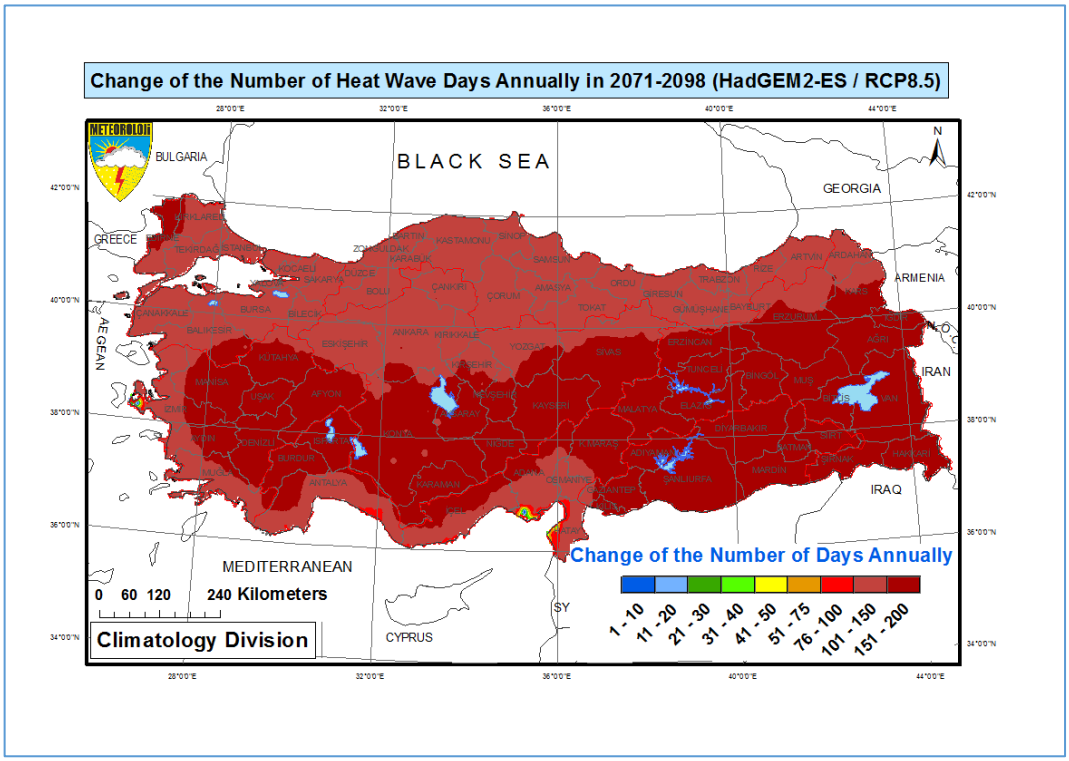


Figure 8 Change of the number of heat wave days annually in 2071-2098 (HadGEM2-ES / RCP8.5)

Projections of the last quarter of the century, shows that the change in the number of heat wave days exceed 100 days in the entire country. East Anatolia, South Eastern Anatolia, inland part of the Aegean region and southern part of Central Anatolia are expected to be affected seriously. In these regions, change in the number of heat wave days are expected to be between 151 and 200 days (Figure 8).

Results of change of the cold waves days based on RCP4.5;

Due to climate change and global warming, it is expected that the frequency of cold waves will decrease in future periods. Obtain results from the both scenarios (RCP4.5 and RCP8.5) indicate that no increase in the number of cold waves are expected throughout the country. RCP4.5 shows a decrease between 3-10 days per year for the entire period is projected. According to RCP8.5 scenario the number of days of cold wave per year is expected to decrease between 2 - 14 days. These results can have a positive impact on various sectors, especially human health and agriculture.

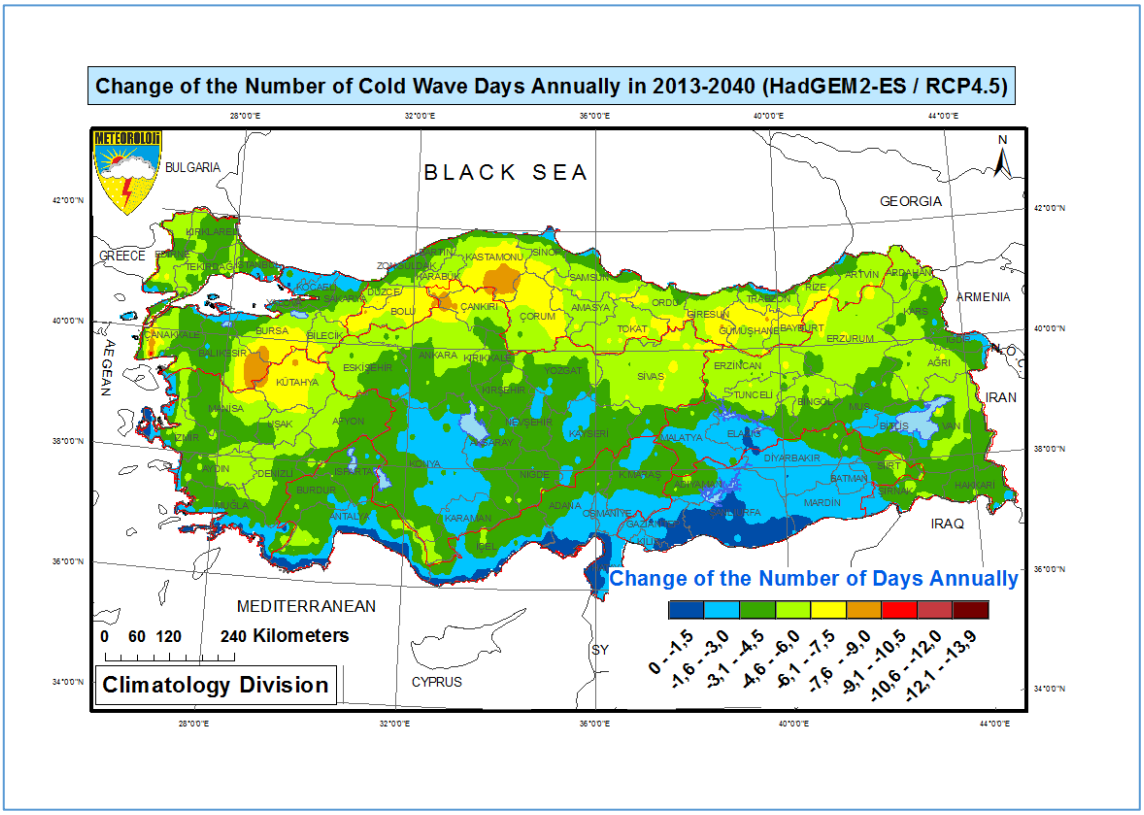


Figure 9 Change of the number of cold wave days annually in 2013-2040 (HadGEM2-ES / RCP4.5)

In the first future period, there is no significant change throughout the coastal parts of Mediterranean region and some southern border of country. The regions where maximum declines are expected in inner parts of the Black Sea Region and the southern parts of Marmara region (Figure 9).

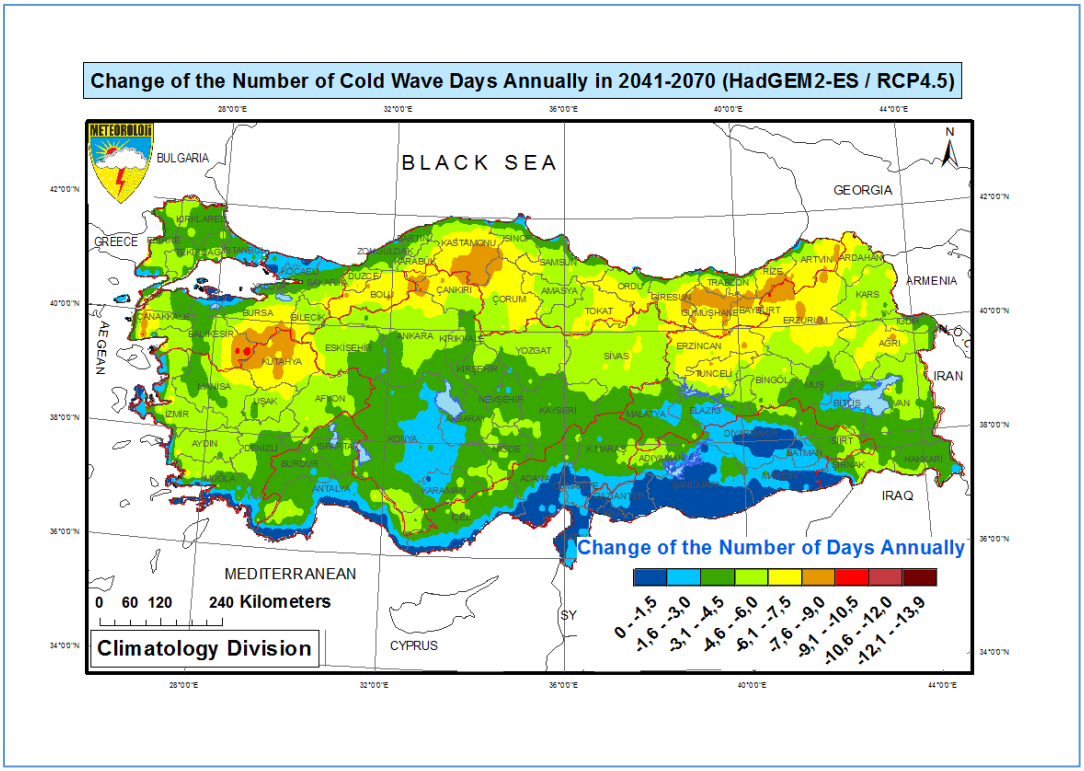


Figure 10 Change of the number of cold wave days annually in 2041-2070 (HadGEM2-ES / RCP4.5)

In the period of 2041-2070, the decrease in the northern regions of the country is expected to be more. As well as a decline up to 10 days is expected in the south of Marmara region (Figure 10).

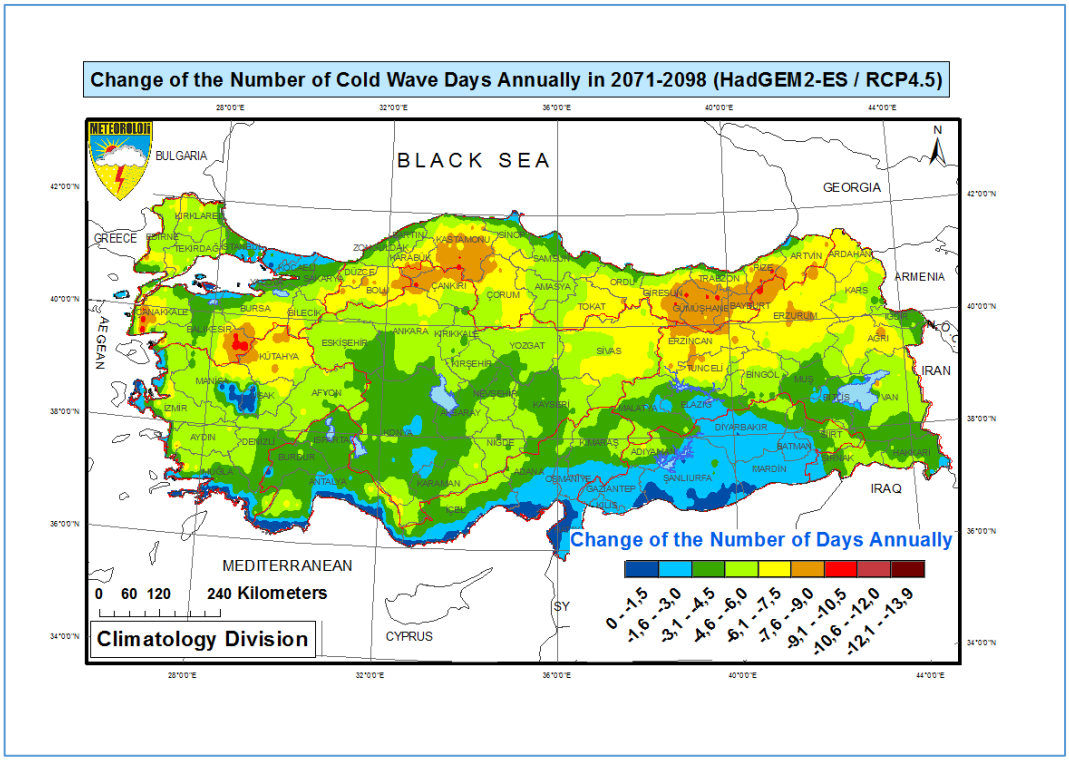


Figure 11 Change of the number of cold wave days annually in 2071-2098 (HadGEM2-ES / RCP4.5)

According to projections of last period (2071-2098), the regions to be affected positively due to decrease in the number of cold wave days are mostly the inner parts of the Black Sea Region and the southern parts of the Marmara Region (Figure 11).

Results of change of the cold waves days based on RCP8.5;

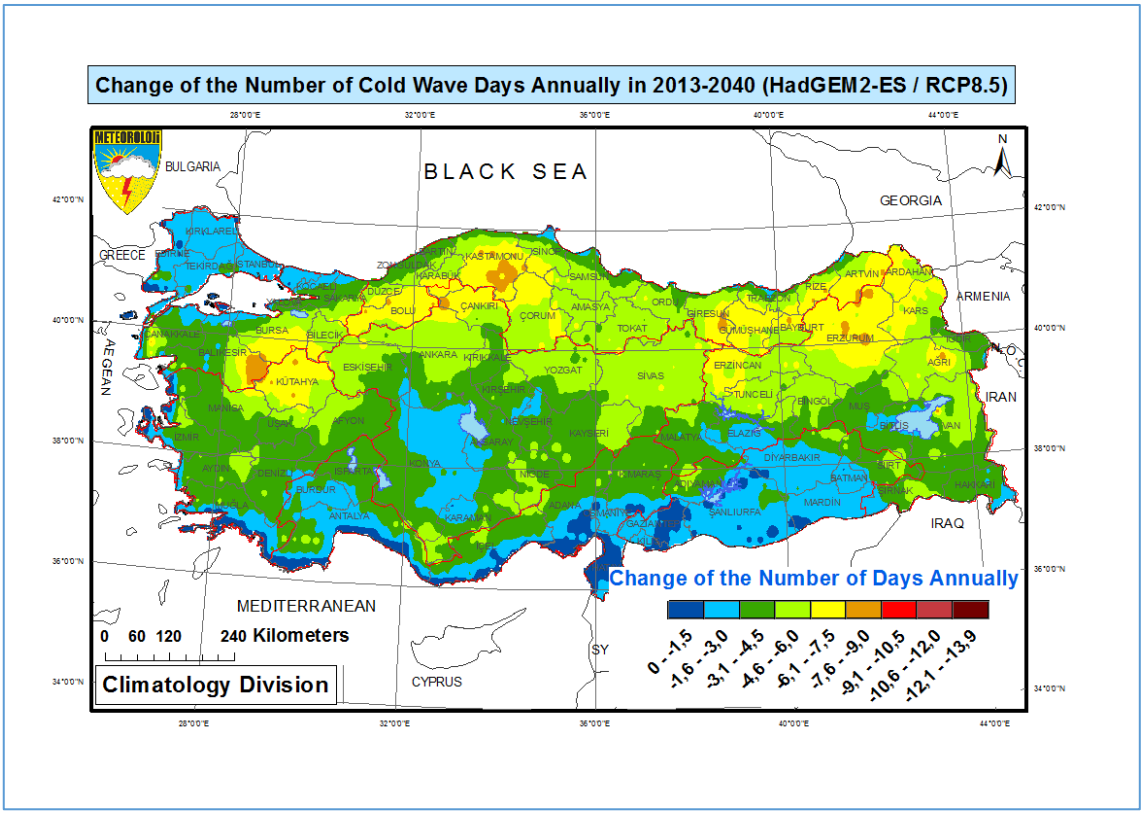


Figure 12 Change of the number of cold wave days annually in 2013-2040 (HadGEM2-ES / RCP8.5)

In the period of 2013-2040, it is noteworthy that the number of declines in the northern regions will be higher (Figure 12).

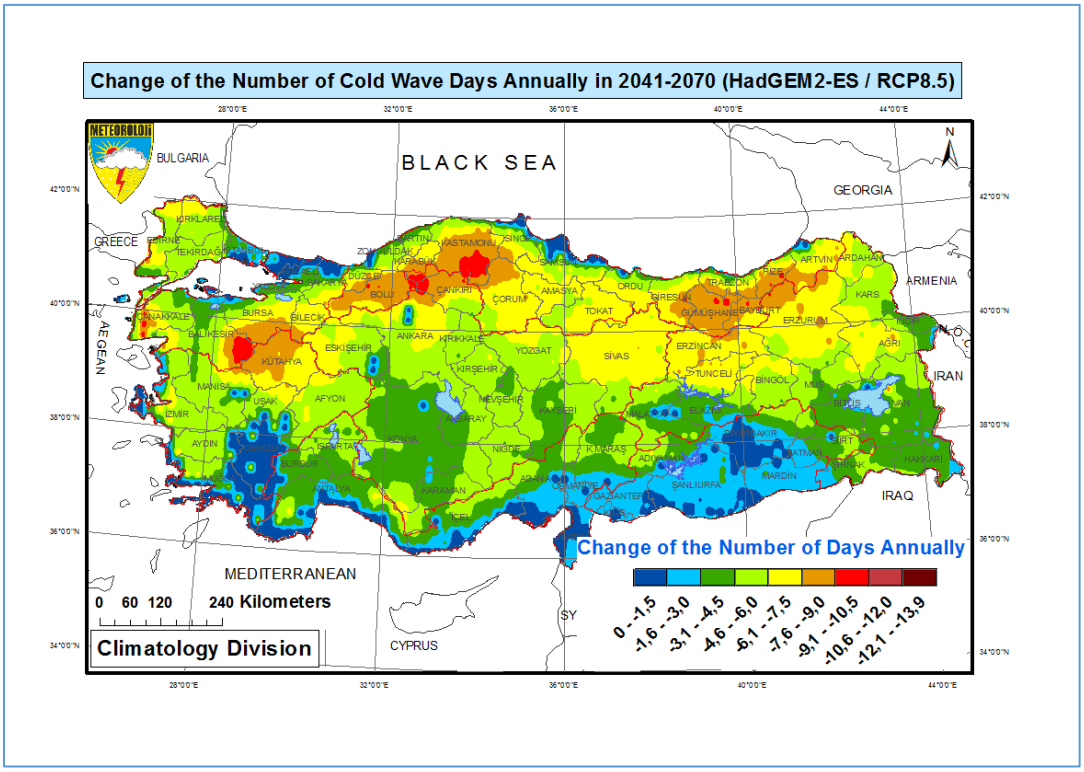


Figure 13 Change of the number of cold wave days annually in 2041-2070 (HadGEM2-ES / RCP8.5)

According to projections of 2041-2070 period, it is expected that the decrease in cold wave days will be over 10 days in the inner parts of the Black Sea Region and south of the Marmara Region. The change is very few in the southern regions (Figure 13).

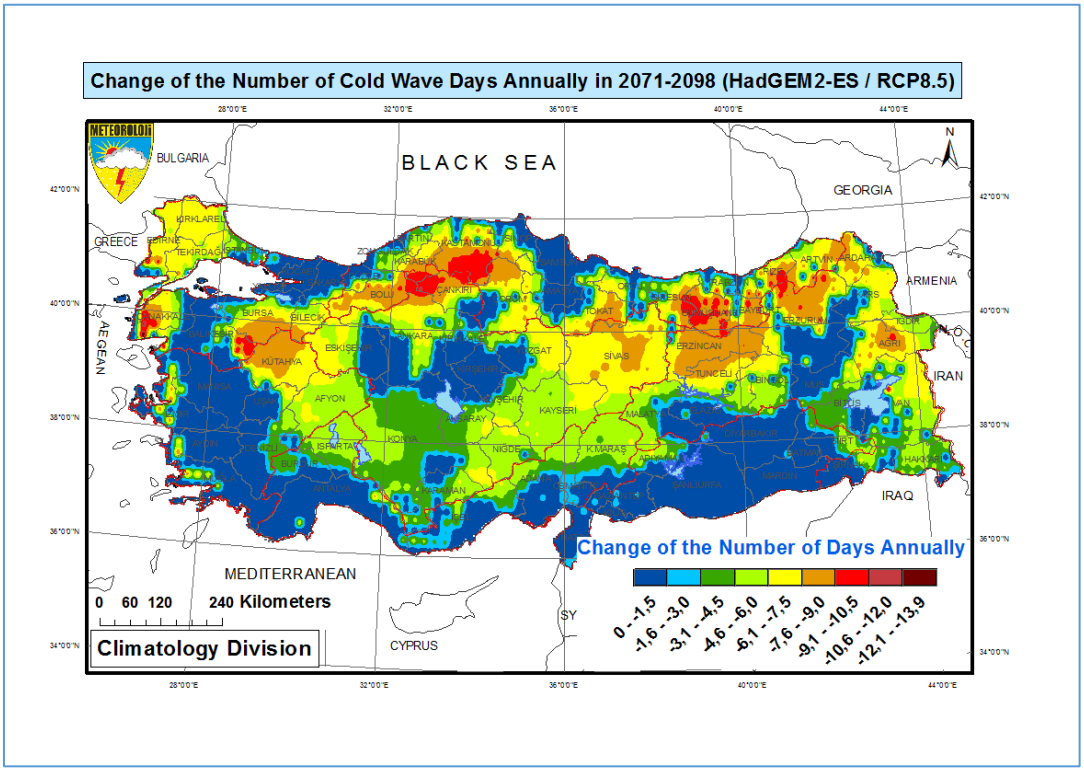


Figure 14 Change of the number of cold wave days annually in 2071-2098 (HadGEM2-ES / RCP8.5)

In the last period of the century (2071-2098), it is expected that the decreases will reach up to 14 days in northern regions. At the same time, it is also noteworthy that regions of no significant change in the number of days of cold wave days cover wider region (Figure 14).

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Climate change causes adverse impacts on human activities in many parts of the world. Temperature increases associated with global warming are among the main causes for the increase in frequency of meteorological disasters, and the most frequent increase in meteorological disasters in recent years is the heat wave.

It is expected that climate change will make heat waves worse in terms of their impacts on people, property, communities and the environment. Heatwaves have widespread impacts, ranging from direct impacts on our health to damage to ecosystems, agriculture and infrastructure (Anonymous, 2014).

In this study, projections were generated for the possible future trends of heat-cold waves. According to the results of the projections, the number of days of heat wave is expected to increase significantly. It is envisaged that the increase will be both for RCP4.5 and RCP8.5 scenarios especially after 2040s. Our study concludes that Central Anatolia, Eastern Anatolia and Southeastern Anatolia regions will be more sensitive in terms of increases in the heat waves. In the case of cold wave days, similar changes are expected in the both scenarios. The results indicate that the number of days of cold waves will decrease. The projection results reveal an optimistic situation in terms of cold waves throughout Turkey.

It is expected that the change in cold waves is expected to be less than the change in heat waves. According to RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios, the change in heat waves is between 0 - 110 days and 0 - 200 days respectively; the change in the cold wave remains at 0 - (-11) days and 0 - (-14) days. The increase in the number of days of heat wave is in a level that can cause serious problems throughout the country. According to the average of the reference period (1971-2000), increases of up to 200 days may cause adverse effects on human life throughout the year. Heat wave is projected to become more frequent throughout the century. It is inevitable that that will cause negative effects on many sectors such as agriculture, energy and urbanization.

According to the projection results, the number of cold wave days is expected to decrease. Declines are expected to occur mostly in the northern part of the country, on the contrary no significant change is expected in the southern parts of country. Because in the current climate conditions, the frequency of cold waves in southern regions is very low. Decreasing the number of cold wave days can be considered as one of the rare positive effects of climate change.

Heat & cold waves also cause record temperatures. Mega-heatwaves' such as the 2003 and 2010 events likely broke the 500-year-long seasonal temperature records over approximately 50% of Europe (Barriopedro et al., 2011).

The projections of change in the number of heat wave days reveal that Turkey is located in one of the most vulnerable geographical regions in terms of climate change and associated increases of temperatures. It is inevitable that the resulting figures would lead to negative effects on human activities if they occur as projected.

The projection results show that Turkey will encounter hotter, more frequent and more severe heatwaves in the future. For this reason, necessary precautions must be taken to adapt to heat waves. Mitigation, early warning and public awareness of all meteorological disasters are important for adaptation to climate change. Heat waves can cause serious problems especially in elderly and children. In many countries early warning systems

for heat-cold waves are being developed and trainings are held on what people should do in case of an emergency. It is important to plan to mitigate adverse impacts of heat waves that we are exposed to more and more every year.

REFERENCES

Anonymous. 2014. Heatwaves: Hotter, Longer, More Often. Climate Council of Australian. 70p.

Alexander, L.V., X. Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A.M.G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. 1382 Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, K. Rupa Kumar, J. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D.B. Stephenson, J. 1383 Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rusticucci and J.L. Vazquez-Aguirre. 2006. Global 1384 Observed Changes In Daily Climate Extremes Of Temperature And Precipitation, J. Geophys. Res. 111, DO5109 doi: 1385 10.1029/2005JD00690.

Barriopedro D., Fischer EM., Luterbacher J., Trigo RM. and García-Herrera R. 2011. The Hot Summer of 2010: Redrawing the Temperature Record Map of Europe. Science 332:220-224.

Black E., Blackburn M., Harrison G, Hoskins B and Methven J. 2004. Factors Contributing to the Summer 2003 European Heatwave. Weather 59:217-223.

Bölük, E., Akçakaya, A., Arabacı, H. 2013. 2012 Temmuz Ayında Yaşanan Sıcak Hava Dalgası. 6th Atmospheric Science Symposium-ATMOS 2013, İstanbul, Turkey.

Demircan M., Demir Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Yazıcı, B., Tuvan, A., ve Akçakaya, A. 2014. Climate Change Projections for Turkey with New Scenarios, The Climate Change and Climate Dynamics Conference, CCCD, Istanbul, 8–10 September 2014.

IPCC. 2013. Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, England. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf

MetOficce 2014. MetOffice Climate Prediction Model: HadGEM2 family, http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadgem2 [Date of access: 25.07.2017].

Osborn, A. 2010. Moscow Smog and Nationwide Heat Wave Claim Thousands of Lives. Brit. Med. J., 10, 341,c4360.

Robine, J.M., S.L.K. Cheung, S. Le Roy, H. Van Oyen, C. Griffiths, J.P. Michel and F.R. Herrmann. 2008. Death toll exceeded 70,000 in Europe During the Summer of 2003. Comptes Rendus Biologies, 331(2):171–178.

WMO. 2015a. Guidelines on the Definition and Monitoring of Extreme Weather and Climate Events, Draft Version – First Review By Tt-Dewce December 2015, Geneva.

WMO. 2015b. Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development, WMO-No: 1142, Geneva.

WMO. 2017. Climate Breaks Multiple Records in 2016, With Global Impacts, https://public.wmo.int/en/media/press-release/climate-breaks-multiple-records-2016-global-impacts [Date of access: 25.07.2017].

DROUGHT STRESS DUE TO CLIMATE CHANGE AND EFFECTS ON PLANTS

Hüseyin Bulut[1], Hüdaverdi Gürkan[2]

[1]Turkish State Meteorological Service, Information Technologies Department

hbulut@mgm.gov.tr

[2]Turkish State Meteorological Service, Research Department

hgurkan@mgm.gov.tr

Abstract: The Climate comes first in the most important factors which effect of the life and the distribution of life forms on earth. For this reason, life plains of natural and cultural plants is formed by the effect of climatic factors. The observations of the World Meteorological Organization and lots of works show a global climate change. No doubt, the effects of this change is seen in Turkey. The effect of climate factors on agricultural production cannot be ignored. Plants encounter many stress factors which affect their growth and development throughout their lifecycles because of their nature. These stress conditions which can be originated by biotic and abiotic factors can adversely affect the quantity and quality of the product with leading to physiological and biochemical damage to crops. Drought stress, one of the most common environmental limitations affecting growth and productivity of plants, causes many mechanical, metabolic and photosynthetic changes in plants. This situation makes cultivation of plants tolerant to high stress more crucial. Therefore, current studies are mostly focused on the explaining the tolerance mechanisms of highly drought resistant plants and protecting and transforming of the plant genetic sources. In this paper, drought effects on the plants are explained by referring important researches done in the recent years.

***Keywords*:** Climate change, drought stress, mechanical, metabolic and photosynthetic changes.

INTRODUCTION

Increasing temperatures due to climate change, changes in precipitation regime and record-increasing natural disasters due to meteorological changes every year, which we are beginning to feel more nowadays, negatively affect the vital activities of human beings. It is inevitable that crop production is also affected by climate changes. Climate change and associated meteorological disasters cause serious crop losses in crop production. Atmospheric evaporation losses are expected to increase as a result of drought events that are expected to increase due to climate change (Teuling, 2013). Increased temperatures due to climate change and irregularities in the precipitation regime cause drought to occur more and more every year.

In addition, drought stress has become increasingly important in plant breeding every day due to the declining nature and quantity of water resources around the world, leading to changes in the normal physiological functions of plants with economical preserve. This is especially important in the cultivation of crop plants, which require large amounts of water for their development and often cause water loss to yield deficiencies. Drought, which causes very serious decreases in crop production, causes serious economic losses all over the world Therefore, WMO provides guidance and scientific information to strengthen national services responsible for addressing drought risks to agriculture.

Plants encounter many stress factors during their lives. According to Levitt, stress factors are divided into biotic and abiotic (Levitt, 1980). Biotic factors; Infection of microorganisms (fungi, bacteria and viruses), and attack factors of harmful animals (Figure 1).

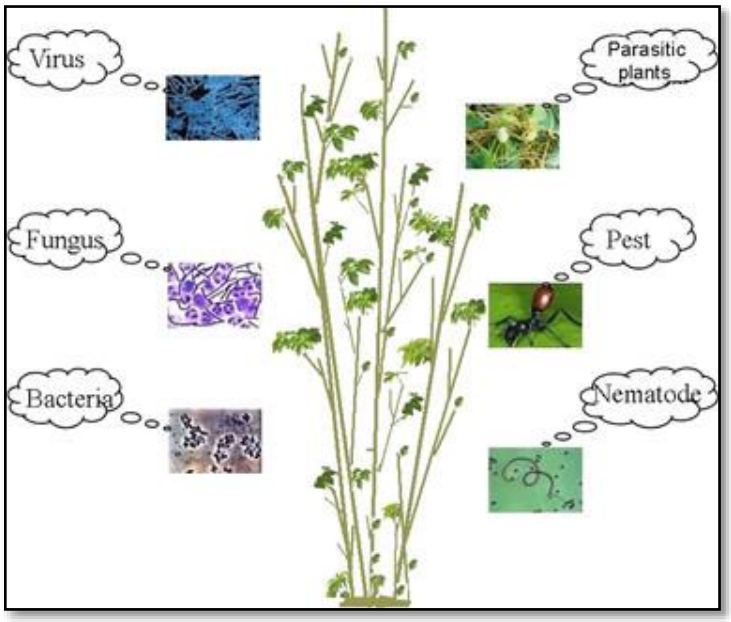


Figure 1: Biotic stress factors

Abiotic factors are environmental factors such as drought, water, radiation, chemicals, magnetic and electrical fields (Lichtenhaler, 1996). Climate and soil factors are at the top of the abiotic factors that plants have to cope with (Figure 2). Each of these factors affects the distribution of plant species and the genetic makeup of the population in different ways. Their effects are not independent of each other and they have a common effect on the plant. For example, it is possible to balance the resistance of the plant against high temperature stress, in part with the amount of available water in the soil (Burke, 1990). Climate factors include unpredictable properties such as the amount of precipitation or the number of days below zero, as well as predictable properties such as photoperiod. Soil properties vary very slowly over time according to climate characteristics.

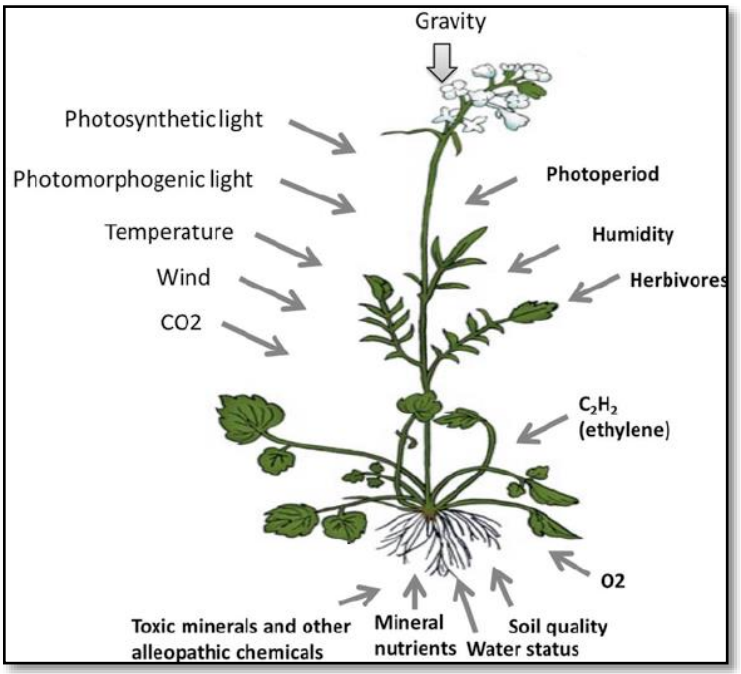


Figure 2: Abiotic stress factors

Drought stress, which is a natural stress factor, has the highest percentage with 26% part when the usable areas on the earth are classified in view of stress factors. It is followed by mineral stress with 20% part, cold and freezing stress with 15% part. The other stress get 29% part whereas only 10% area is not exposed any stress factors (Blum, 1986) (Figure 3). Therefore drought stress is one of the most widespread environmental stresses, which affects growing and productivity; it causes mechanical, metabolic and photosynthetic changes on plants.

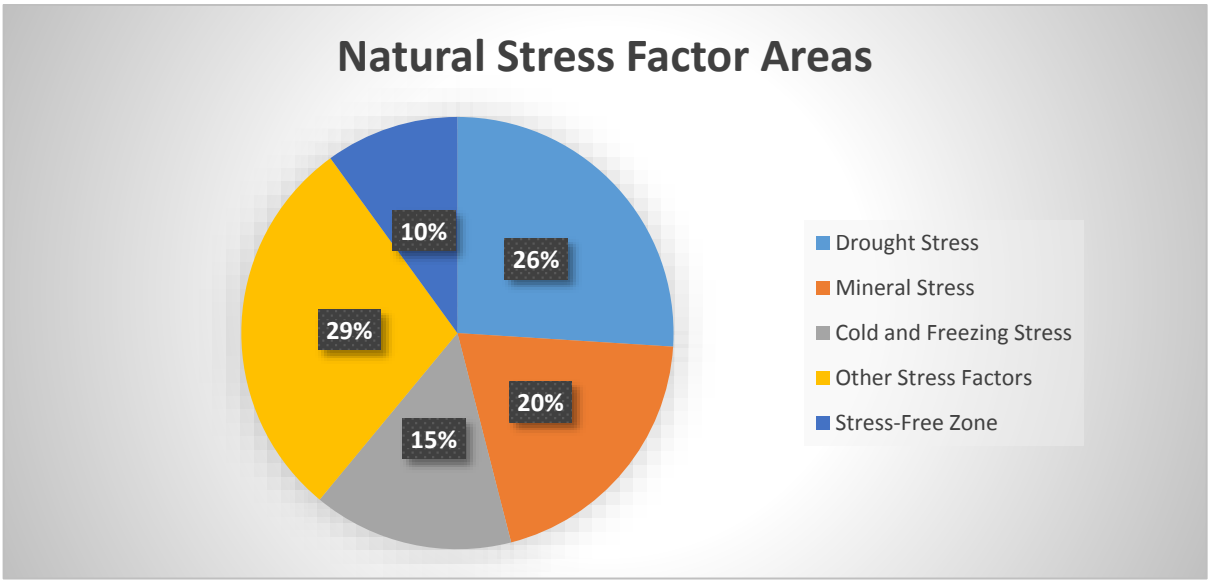


Figure 3: Natural stress factor areas.

DROUGHT STRESS

In the most general sense, drought can be defined as a meteorological phenomenon: a period without rain long enough to cause significant reduction in soil moisture content and plant growth. The period of time without rainfall actually needed to produce a drought depends mainly on the water holding capacity of the soil and rate of evapotranspiration by plants (Jones, 1992). There are significant differences in terms of physiological and metabolic changes between plant species and varieties, even their organs, in terms of their effect on drought stress (Belkhodja, 1994) (Figure 4). The degree of drought induced by different genotypes depends on the metabolic changes that the genotype develops under stress, that is, the physiological and biochemical reactions (Kayabaşı, 2011).

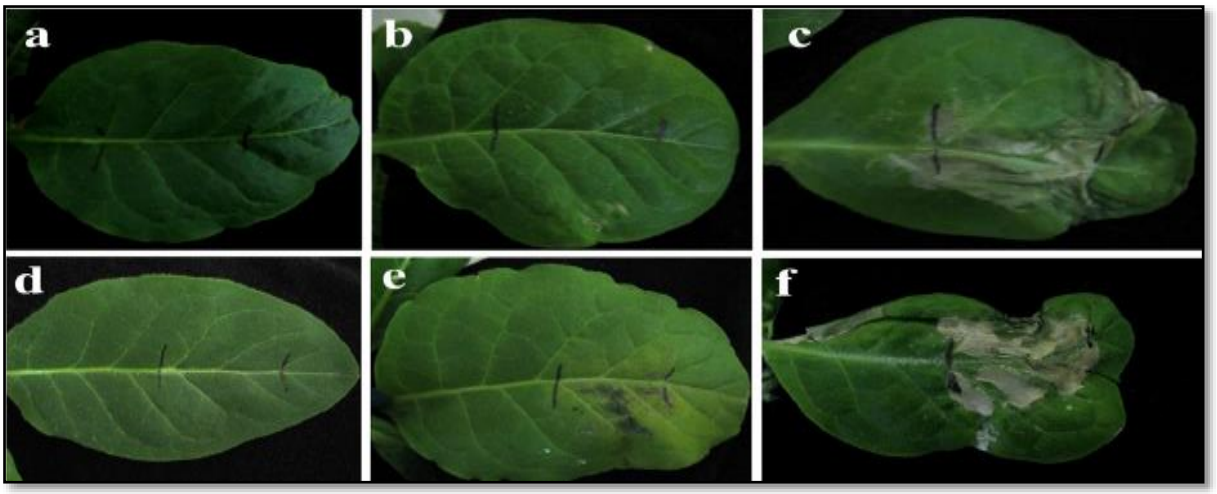


Figure 4: Grades affected by drought in different plants

Drought, which is the stress factor with the greatest effect on plant yield and quality, has recently caused yield losses in different plants and parts of Turkey. Loss of up to 30% in agricultural production has been determined that in regions with drought in 2007, 2008, 2012 and 2014. When the yield values of wheat, barley and oat were examined in the last 10 years period, there was a yield loss of 15% in wheat, 22% in barley and 12% in oat in 2014 (TUIK, 2017) (Figure 5).

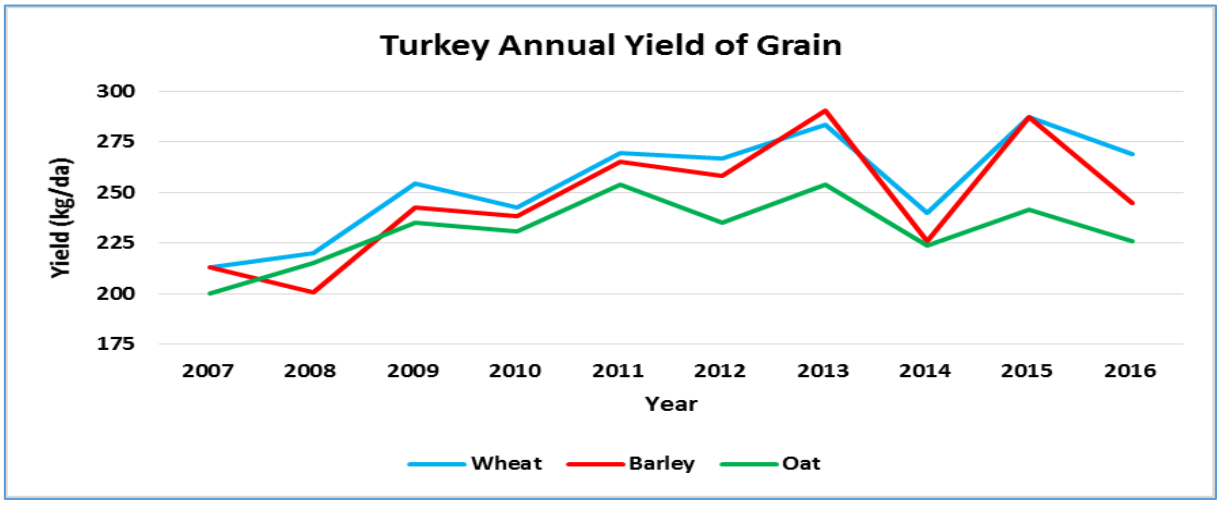


Figure 5: Turkey annual yield of grain.

Drought could be considered as water deficit and desiccation separately. Water deficit can be defined to be a moderate loss of water which leads to stomatal closure and limitation of gas exchange. In plants which are exposed to mild water deficits that relative water content (RWC) remains approximately 70%, carbon dioxide uptake is limited because of stomatal closure. Desiccation can be defined to be as an excessive loss of water which can potentially lead to entirely disruption of metabolism and cell structure and eventually to the cessation of enzyme-catalyzed reactions. As a general rule, most vegetative tissues of desiccation-sensitive vascular plants, cannot recover if dried to a RWC below 30% (Smirnoff, 1993).

THE EFFECTS OF DROUGHT STRESS ON PLANTS

MECHANICAL EFFECT

When water is lost in significant quantities from plant cells, the immediate stress experienced as turgor is lost by the plant, is mechanical (Levitt, 1980). The structure of the plasma membrane, Liquid-crystalline phase is consequence of the aqueous environment of the cell (Figure 6). As water leaves the cell, the structure of the membrane alters. Membranes pass into the Gel phase, which is a compact appearance. In this new construction, there is less mobility in the membrane than in the Liquid-crystalline phase. Due to water loss, the volume in the cell also decreases. Plasma membrane under tension may rupture (McKersie, 1994). This may result in the release of the hydrolytic enzymes located on the membranes and thus the autolysis of the cytoplasm (Salisbury, 1992). This harm usually permanently disrupts normal cellular metabolism.

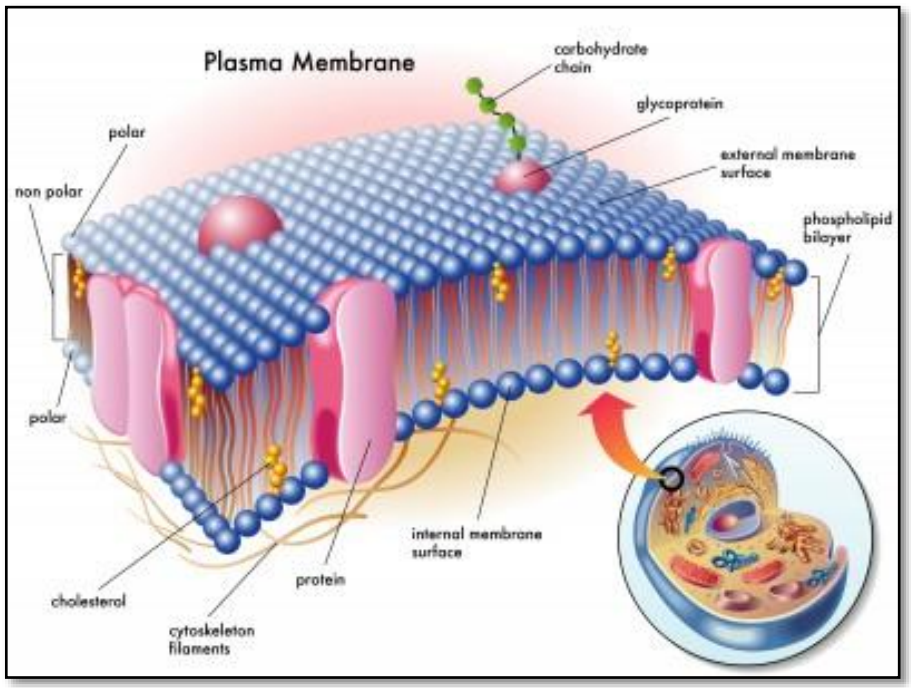


Figure 6: Structure of plasma membrane

METABOLIC EFFECT

When water is lost from cells, because of its functional characteristics of filling the most part of the cell volume, being a transport medium, playing the role as a solvent for the cellular reactions and processes, regulation in the cell and metabolism disrupts. Ion accumulation which is originating from the water loss of the cell, can damage the cell, disrupt membranes and cause protein denaturation. As a result of water loss; the interactions of amino acids in the structure of proteins with water disrupt (Campbell, 1991). Another damage to plant cells during drought stress is the degradation of nucleic acids such as DNA and RNA (Figure 7). According to Kessler, in foliage exposed to drought stress, enzymes shift from bound-state to free-state and cause destruction of nucleic acids (Kessler, 1961).

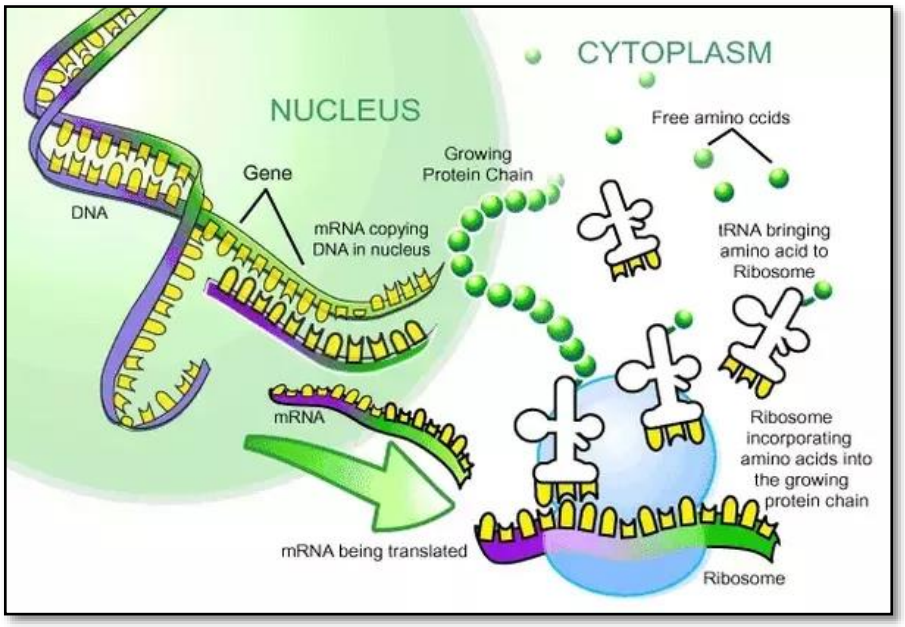


Figure 7: Structure of amino acids degraded by water loss

PHOTOSYNTHETIC EFFECT

During drought, photosynthesis decreases due mainly to two reasons; stomatal limitations that occur due to stomatal closure upon moderate water deficit conditions and other limitations that generally occurs upon longer and more severe water stresses (Figure 8). One of the earliest responses against drought is stomatal closure that limits CO2 diffusion towards chloroplasts (Lima, 2002). During drought two main reasons to cause plants to close their stomata are hydrolic signals (leaf water potential, cell turgor) and chemical signals (Abscisic acid; ABA). Abscisic acid (ABA), synthesized in the roots can also be transport via transpiration stream, induces stomatal closure under drought stress conditions (Teiz, 1998).

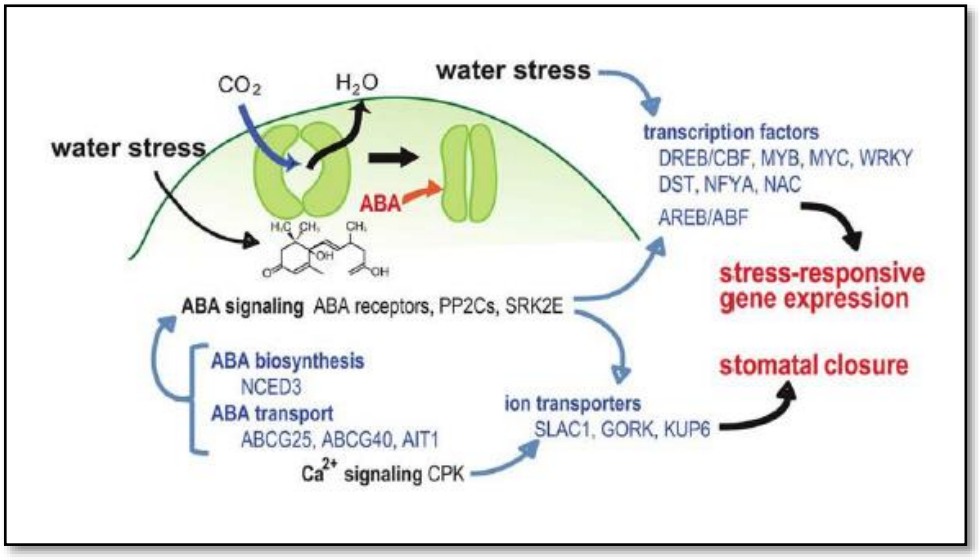


Figure 8: Closure of stomata by the effect of abscisic acid (ABA) in the plant exposed to the stress

It has been found that photosynthetic electron transport and photophosphorylation capacities decrease in chloroplasts of plants which are exposed to severe water deficit reduce (Smirnoff, 1993). Photosystems in chloroplasts, particularly PSII, are affected by drought stress (He, 1995). Other limitation of photosynthesis may

be related to the oxidative damage to chloroplast lipids, pigments or proteins (Tambussi, 2000). Photosynthetic capacity in plants varies depending on the content of water within the cell.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Drought, which is generally defined as the rainfall values below the average of underground and surface water values, is in the first place of the natural disasters in the world. Human activities like burning of fossil fuel, destroying forests, industrial activities cause increase of the "greenhouse gases" such as carbon dioxide, methane, ozone. As a result of the greenhouse effect created by these gases, there is also an increase in temperature on the surface of the earth. This phenomenon is called global warming resulted in changes in the climate and according to the research results in South Europe including Turkey will be under the influence of dry and hot climate in the middle of this century. Drought stress, which is mostly an oxidative damage at cellular level, mechanically, metabolically and photosensitically affects the plant and reduces yield and quality in arid and semi-arid regions.

Drought, which may cause reduction in feeding capacity of the natural resources and as a result of that millions of people may die due to starvation, is the major threat for all biologic life. For this reason, research works on determination the plant species tolerant to drought, determining the tolerance mechanisms, conservation and transformation of the gene resources of the plants resistant to drought will play an important role in preventing the drought particularly caused by global warming, to become a major problem for all organisms in the future.

The mechanisms of plants that can survive in restricted water conditions and which show relatively low decreases in yields have become a field of interest. By examining these mechanisms, stress resistant genotypes have begun to be determined. It is important to change the production and irrigation methods depending on the physiological water requirements of the drought and the plants. The development of new varieties using biotechnological methods and drought tolerance and high water use efficiency characteristics can also provide important contributions to the provision of food for future years.

REFERENCES

Belkhodja, R. Morales, F., Abadia, A., & Gomez-Aparisi, J. 1994. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (Hordeum vulgare L.). Plant Physiology, 104: 667- 673.

Blum, A. 1986. Breeding Crop Varieties for Stress Environments. Critical Reviews in Plant Sciences, 199-237.

Burke, J. J. 1990. High temparature stress and adaptation in crops. In: R.G. ALSCHER and J. R. Cummings (Eds). Stress responses in plants: Adaptation and acclimation mechanisms, 295-309 s.

Campbell, M.K. 1991. Biochemistry, Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, Fort Worth, USA.

He, J.X., Wang, J. and Liang H.G. 1995. Effects of water stress on photochemical function and protein metabolism of photosystem II in wheat leaves, Physiol. Plant., 93: 771-777.

Jones, H.G. 1992. Plants and Microclimate, Cambridge University Press, Cambridge.

Kayabaşı, S. 2011. Kuraklık stresinde yetiştirilen soyada (Glycine max L.) bazı fizyolojik parametreler ile prolin birikiminin araştırılması. Master Thesis, Harran University, Şanlıurfa.

Kessler, B. 1961. Nucleic acids as factors in drought resistance of higher plants. Recent Adv. Bot. 1153-1159.

Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses, Vol 1, Academic Press, New York.

Lichtenhaler, H.K. 1996. Vegetation stress: An introduction to the stress concept in plants. J Plant Physiol, 148: 4-14.

Lima, A.L.S., DaMatta, F.M., Pinheiro, H.A., Totola, M.R. and Loureiro, M.E. 2002. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of Coffea canephora under water deficit conditions. Environ. Exp. Bot., 47: 239-247

McKersie, B.D. and Leshem, Y. 1994. Stress and Stress Coping in Cultivated Plants, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1992. Plant Physiology, Wadsworth Publishing Co., California.

Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. New Phytol, 125: 27-58.

Tambussi, E.A., Bartoli, C.G, Beltrano, J., Guiamet, J.J. and Araus, J.L. 2000. Oxidative damage to thylakoid proteins in water-stressed leaves of wheat (Triticum aestivum). Physiol. Plant., 108: 398-404.

Teiz, L. and Zeiger, S.C.E. 1998. Plant Physiology, University of California, Los Angeles Sinauer Associates, Inc., Publisher, 726-735.

Teuling, A.J., van Loon, A., Seneviratne, S.I., Lehner, I., Aubinet, M., Heinesch, B., Bernhofer, C., Grünwald, T., Prasse, H., & Spank, U. 2013. Evapotranspiration amplifies European summer drought. Geophysical Research Letters, 40 (10): 2071-2075.

TUIK. 2017. Statistics of Turkey annual yield of grain. Retrieved from www.tuik.gov.tr. Date: 15.07.2017.

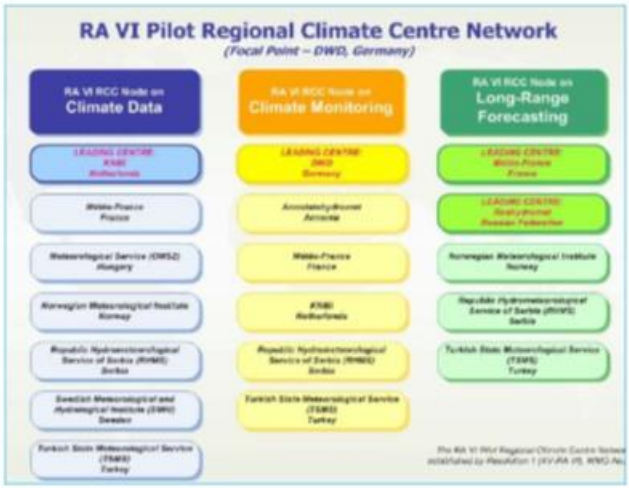
8th Atmospheric Sciences Symposium – ATMOS 2017
01 – 04 November 2017 Istanbul – TURKEY

Activities on Eastern Mediterranean Climate Center (EMCC)

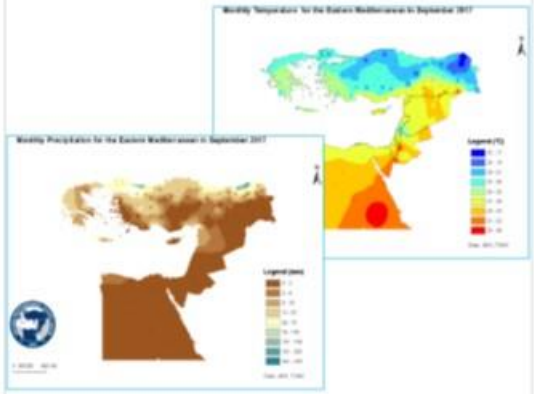
Basak Yazıcı[1] , Serhat Sensoy[1], Mesut Demircan [1]
1 Turkish State Meteorological Service (TSMS), Ankara, Turkey, Email: byazici@mgm.gov.tr

Initiative

TSMS has taken initiative in order to carry out the following responsibilities in three nodes of WMO RA VI RCC Network.



Climate Monitoring



Monitoring data have been reprocessed, spatially enhanced and mapped by using ArcGIS Spatial Analyze Tool and Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation technique. (cell size:3x3km)

The EMCC started to service in June, 2009 in an English website at: http://www.emcc.mgm.gov.tr . Targeted countries determined in coordination with WMO as Greece, Turkey, Cyprus, Syria, Israel, Palestine, Lebanon, Jordan and Egypt

The products delivered on the website

- ✓ Climate monitoring for 2m temperatures and precipitation
- ✓ Monthly, seasonal temperature and precipitation forecast
- ✓ The Eastern Mediterranean Climate Dataset
- ✓ Climate Watch Advisories
- ✓ User Interface Portal (UIP) has been created

Future works

- ➢ To verify seasonal prediction products
- ➢ To determine focal point from target countries
- ➢ To organize training activities on the use of products
- ➢ To downscale GCM projection for the region

Climate Prediction

Prediction data have been downloading from ECMWF and interpolating again by selecting from ArcGIS, ArcToolbox, Multidimensional Tools, Make NetCDF Raster Layer. (cell size: 11x14 km)

Antalya Yüzey Isı Adası Özelliklerinin Uydu Verileri ile Analizi

(Analyzing of Antalya Surface Heat Island by using Satellite Data)

Serhat Şensoy
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara
ssensoy@mgm.gov.tr

Laila Shahin
Jordan Meteorological Department
Amman, Ürdün
laila_n_shahin@yahoo.com

Yrd. Doç. Dr. Erkan Yılmaz
Coğrafya Bölümü
Ankara Üniversitesi, DTCF, Ankara
eryilmaz@ankara.edu.tr

Necla Türkoğlu
Coğrafya Bölümü
Ankara Üniversitesi, DTCF, Ankara
nturkoglu@ankara.edu.tr

İhsan Çiçek
Coğrafya Bölümü
Ankara Üniversitesi, DTCF, Ankara
ihsan.cicek@ankara.edu.tr

Volkan Darende
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Yazılım ve Donanim Şb.Müdürlüğü, Ankara
vdarende@mgm.gov.tr

Başak Yazıcı
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara
byazici@mgm.gov.tr

ÖZET

Sanayi, ticaret, ulaşım, turizm, eğitim ve kültürel faaliyetlerin gelişmiş olması şehirleşmede etkili olan faktörlerdir. Günümüzde şehirler hem yatay hem de dikey yönde gelişmektedirler. Değişen arazi örtüsü ve yapılaşma nedeniyle şehirler çevrelerine göre farklı sıcaklık özellikleri gösterirler. Bu farklı sıcaklık koşulları 2m. hava sıcaklığı ile ölçüldüğünde "şehir ısı adası (ŞIA)", yüzey sıcaklığı ile belirtildiğinde ise "yüzey ısı adası (YIA)" adını alır. Antalya şehri hem deniz kenarında bulunması hem de içerdiği çok sayıda sera nedeniyle diğer şehirlerden farklı bir arazi örtüsüne

sahiptir. Bu çalışmada Antalya ve yakın çevresinde YIA'nın yıl içindeki değişimi araştırılmıştır. Çalışmada, Landsat uydu görüntüleri, meteorolojik veriler ve tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin termal bantlarından yüzey sıcaklık modelleri üretilmiş ve yıl içinde gösterdiği farklılıklar analiz edilmiştir. Kontrollü sınıflandırma yöntemiyle oluşturulan arazi örtüsüne göre yüzey sıcaklıklarındaki farklılıklar belirlenmiştir. Kışın Antalya şehri, yüzey sıcaklığı açısından çevresindeki alanlardan daha düşük YIA; buna karşılık hava sıcaklığı açısından deniz etkisindeki kıyı istasyonu pozitif ŞIA özellikleri göstermektedir. Kışın deniz yüzey sıcaklığı diğer tüm alan yüzeylerinden sıcaktır. Kışın şehrin doğusundaki sera alanları etrafına göre sıcak görülmektedir. Bu da ısıtıldıklarının göstergesidir. İlkbaharda yoğun şehir alanlarında ve havaalanında pozitif YIA belirgindir. Kara yüzeyleri deniz yüzeylerinden sıcaktır. Yaz aylarında Antalya yoğun şehir alanlarında pozitif YIA ve ŞIA değerleri mevcuttur. Deniz yüzeyleri kara yüzeylerinden soğuk olduğundan kıyı kesimlerinde daha düşük YIA değerleri vardır. Sonbaharda şehirde eylülde de devam eden pozitif YIA değerleri ekim ve kasım aylarında zayıflamaktadır. Kasım ayında kara ve deniz yüzeyleri yaklaşık YIA değerlerine sahiptir. Denizin etkisiyle Antalya kıyılarında daha ılıman iklim özellikleri görülürken, yoğun şehir alanlarında ise kışın negatif yazın pozitif YIA özellikleri görülür. Yıl içindeki normalize edilmiş vejetasyon indeksi (NDVI) değerleri analiz edilmiş; buna göre en yüksek NDVI değerlerine nisan ayında rastlanmıştır. Çalışmada yüzey sıcaklıkları ile NDVI değerleri arasındaki ilişkiler de incelenmiş; iki parametre arasında kış aylarında negatif, yaz aylarında ise pozitif korelasyonlar bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Antalya, yüzey sıcaklığı, şehir ısı adası, YIA, ŞİA, NDVI*

Abstract: Industry, commerce, transportation, tourism, education, and cultural activities affect urbanization. Today, cities are developing horizontally and vertically. Due to changing land cover and settlement, cities show different temperature characteristics according to their surroundings. These different temperature conditions are referred to "surface urban heat island (SUHI)" when indicated by surface temperature and "urban heat island (UHI)" when measured by 2m temperature. Antalya city has different land cover than other cities since existed greenhouses and being located seaside. In this study, change of SUHI in Antalya and its surroundings was investigated. Landsat satellite images, station data and descriptive statistics were used. Surface temperature models were produced from the thermal bands of satellite images and differences during the year were analyzed. Differences in surface temperatures were determined according to the land cover created by controlled classification. In winter, Antalya has lower SUHI values than surrounding whereas coastal stations show positive UHI characteristics. In winter, sea surface temperature is warmer than all other surfaces. In winter, the greenhouses located eastern part, are seen warm due to heating. In spring, dense urban areas and airport have positive SUHI. Land surfaces are hotter than sea surfaces. In summer, there are positive SUHI and UHI values in dense urban areas. Since sea surfaces are colder than land's, there are lower SUHI values in coastal areas. In autumn, positive SUHI values continuing in September are weak in October and November. In November, land and sea surfaces have about SUHI values. Temperate climatic characteristics can be seen on the Antalya coast while dense urban areas show, negative SUHI for winter, positive SUHI for summer. Normalized difference vegetation index (NDVI) values were analyzed accordingly; highest NDVI indices were seen in April. According to relationships between surface temperatures and NDVI, negative correlations in winter and positive in summer have been found.

Keywords: *Antalya, land surface temperature, urban heat island, UHI, SUHI, NDVI*

1. GİRİŞ

Şehir ısı adası (ŞIA), suni bir yapı olan şehirlerin çevrelerindeki yarı doğal-doğal kırsal alanlara göre daha sıcak olma durumu olarak tanımlanmaktadır. Şehirler, değişen yapı malzemesi ve şehir morfolojisine bağlı olarak, güneşten gelen radyasyonu daha fazla tutmakta ve radyasyonu geri

yansıtmada da geciktirici rol oynamaktadır. Bu durum şehirde farklı enerji bilançosu oluşmasına, değişen arazi örtüsüne göre ısı ve enerji kapanı meydana gelmesine neden olmaktadır. Şehrin dikey gelişimi, gelen radyasyonun emilme sayısını artırarak şehir kanyonlarını üretmekte ve şehir ısı adası etkisi büyümektedir. Özellikle şehir kanyonları bu etkileri artırmakta ve şehirleri, çevrelerine göre farklı iklim özellikleri gösteren "mikro ve mezo klima" alanları yapmaktadır.

Çevrelerine göre daha sıcak ve soğuk olabilen şehirler, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarında farklılıklar yaratmakta, sıcaklık streslerine neden olmaktadır [1]. Şehirlerde yaşayan yoğun nüfus ve endüstri faaliyetine bağlı olarak kirlilik artmaktadır. Şehirler çevrelerine göre hem dikey hem de yatay görüş oranının azaldığı bölgeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Şehirlerde hidrolojik döngü kesintiye uğramaktadır. Bunlara bağlı olarak şehirler, insan sağlığını ve yaşam kalitesini etkileyen hava olaylarının görüldüğü yerlerin başında gelmektedir.

ŞIA, sadece sıcaklık açısından farklılıklar yaratmamakta, şehirdeki rüzgar paternini değiştirmekte, yağış şeklinde ve tipinde değişikliklere neden olmakta, gizli ısıyı ortadan kaldırarak su buharı ve nem dağılışında değişiklikler yaratmakta nihayetinde de termal konfor değişiklikleri oluşturmaktadır [2-4]. Şehrin büyümesi bu farklılıkları daha da artırmaktadır.

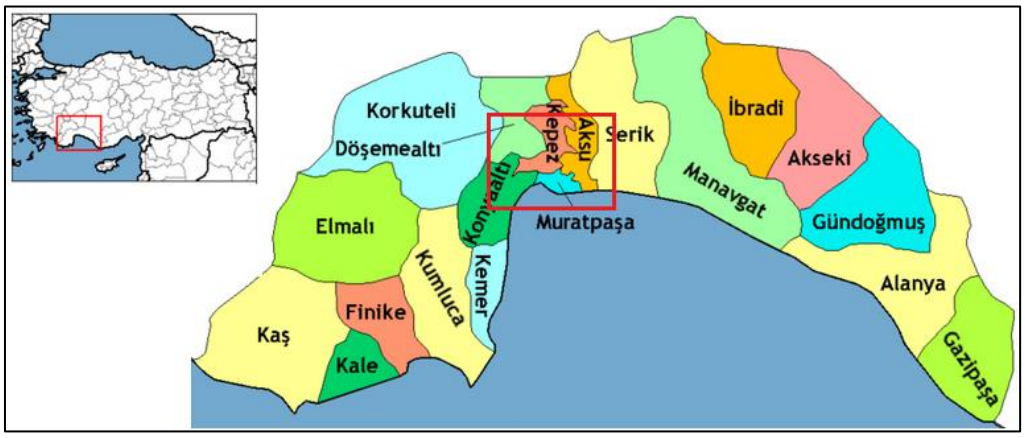
Şehrin çevresi ile olan meteorolojik farkları birçok yöntemle çalışılabilmekte, her yöntem farklı yönlerini göstermektedir. Yersel istasyonlara bağlı çalışıldığında, şehir ve kırsal alan arasındaki meteorolojik değişkenler arasındaki farklar, bu farkların azaldığı ve arttığı dönemleri ortaya çıkarılabilmektedir. Bunun yanında termal kameralar, termal uydu görüntüleri ve kızılötesi hava fotoğrafları ile de şehir sıcaklıkları çalışılabilmektedir. Bu durumda ise hava sıcaklığı değil, şehirden yayılan enerji ölçülmekte yani yüzey sıcaklıkları araştırılmaktadır. Hava sıcaklığının kırsal alanlara göre yüksek olma durumu "şehir ısı adası (ŞIA)" (urban heat island) olarak tanımlanırken, şehrin yüzey sıcaklığı açısından kırsal alanlara göre sıcak olma durumu "yüzey ısı adası (YIA)" (surface urban heat island-SUHI) olarak ifade edilmektedir [5]. Şehirsel alanın dikey yöndeki atmosfer şartları ravinsonde ile yapılan ölçümlerle araştırılabilmekte, bu sayede "şehir domu" incelenebilmektedir. Mobil ölçümlerle de şehir iklimi çalışmaları yapılabilmekte ve şehrin bir hattındaki değişkenler incelenebilmektedir.

Türkiye'de şehir ısı adası çalışması birkaç şehirde yapılmış, yüzey ısı adası ile ilgili çalışmalar ise daha sınırlı kalmıştır. Her şehrin birbirinden farklı arazi kullanımları söz konusudur. Antalya şehri, seraları, tarihi yapıları, denizi, otelleri ve hızlı yapılaşması ile farklı arazi yüzeylerine sahiptir ve bu nedenlerle YIA ve ŞIA açısından incelenmeye değer. Bu çalışmada, Antalya'nın 1970'lerden günümüze gösterdiği değişim incelenmiş, özellikle son döneminde YIA'nın yıl içinde nasıl bir karakterde olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır. Şehir ve çevresinde, uydu görüntüsünün alındığı dönemde hangi arazi örtüsündeki YIA şiddetinin fazla olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI ÖZELLİKLERİ

Antalya, Akdeniz Bölgesinin batısında yer alır (Şekil 1) ve 2015 yılı nüfusu 2.288.456 ile Türkiye'nin beşinci büyük, 20,909 km^2'lik yüzölçümü ile de altıncı büyük şehirdir. Öte yandan tarihi yapıları, sahillerinin güzelliği ve bölgedeki çok sayıda 5 yıldızlı otelleri ile Türkiye turizminin başkenti sayılabilir. Aynı zamanda sera tarımı ile de önemli bir tarımsal potansiyele sahiptir. Torosların ve denizin sınırlandırıcı etkisi nedeniyle şehir doğu-kuzey yönüne doğru gelişmiştir. Şehir nüfusu 1965-1970 yılları arası %19, 1970-1075 yılları arası %16 artmıştır. Bu hızlı büyüme yavaşlamış olarak (%3) bugün halen devam etmektedir. Antalya'da ekonomik hayat büyük oranda ticaret, tarım ve turizme dayalıdır. Antalya Türkiye'de en çok antik kent bulunan ildir. Sırasıyla Likyalılar, Lidyalılar, Pamfilyalılar, Bergamalılar, Romalılar, Bizanslılar, Selçuklular, Osmanlılar ve son olarak da Türkiye Cumhuriyeti hakimiyetinde bulunmuş fakat bu medeniyetlerin hiçbirine başkent olmamıştır. Yükseltisi 0-300m arasında değişen Antalya şehri, tamamı Akdeniz Bölgesi'nin batısında yer alır ve

Antalya Körfezi'yle Batı Torosların arasında kurulmuştur. Şehir son dönemlerde kuzeye ve doğuya doğru genişlemiştir.



Şekil 1. Antalya şehri lokasyon haritası.

Antalya, Akdeniz ikliminin tipik olarak görüldüğü bir alandır. Antalya meteoroloji istasyonu verilerine göre (1970-2015) şehir ve çevresi en fazla yağışı kış aylarında almakta, yaz yağışlarının çok az olduğu bu alanda yıllık ortalama toplam yağış 1074 mm'nin üzerine çıkmaktadır. En soğuk ay olan ocak ayı sıcaklık ortalaması 10°C'a yaklaşan Antalya'da yaz aylarındaki sıcaklık ortalaması 25°C'yi geçmekte, şehirde 6 ay yaz günü (Tmax>25°C) yaşanmaktadır [6]. Şehirde maksimum sıcaklıklar ise 45°C'ye kadar çıkabilmektedir. (Tablo1). Mayıs-eylül arası 10 saati geçen güneşlenme süresi aralık ve ocak aylarında 5 saate kadar düşmektedir.

Antalya, Köppen iklim sınıflanmasına göre (*Csa*) kışı ılık, yazı sıcak ve kurak *Akdeniz iklimine*, Aydeniz ve De Martonne iklim sınıflandırmalarına göre *yarı nemli*, Erinç iklim sınıflandırmalarına göre *nemli*, Thornthwaite sınıflandırmasına göre (*B1,B'3,s2,b'3*) nemli, mezotermal, su noksanı yaz mevsiminde, yaz buharlaşma oranı %53, deniz tesirinde bir iklime sahiptir [7].

Tablo 1. Antalya iklim verileri

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıl
Maks. Sıcaklık °C	23,9	25,9	28,8	36,4	38,0	44,8	45,0	44,6	42,1	37,7	33,0	25,4	45,0
Ort. Maks. sıcaklık, °C	14,9	15,5	18,0	21,3	25,6	30,9	34,2	34,2	31,2	26,6	21,1	16,6	24,1
Ort. sıcaklık, °C	9,9	10,4	12,7	16,2	20,5	25,3	28,4	28,2	24,8	20,0	14,9	11,4	18,5
Ortalama min. sıcaklık, °C	6,0	6,3	8,0	11,2	15,0	19,6	22,7	22,7	19,4	15,2	10,6	7,5	13,6
Min. sıcaklık °C	−3,4	−4,6	−1,6	1,4	6,7	11,1	14,8	15,3	10,6	4,9	0,8	−1,9	−4,6
Ortalama yağış, mm	231,9	150,2	103,2	55,5	31,4	7,7	2,8	3,1	15,8	80,1	135,0	257,9	1.074,6

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

3. VERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, her aya ait 1 Landsat uydu görüntüsü kullanılmış, bu görüntülerin tek bir yıla ait olması istenmişse de bulutluluk nedeni ile bu gerçekleşmemiş, görüntüler bir önceki yıllara başvurularak tamamlanmıştır. Elde edilen görüntülerden yüzey sıcaklıkları üretilmiş ve arazi örtüsü oluşturulmuştur. Görüntülerin alındığı günlerde, yersel istasyonlardaki hava sıcaklıkları da değerlendirmiş, yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

3.1. Uydu Görüntüleri ve Kullanılan Algoritmalar

Çalışmada Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) uydu görüntülülerinin termal bantları kullanılarak yüzey sıcaklık modelleri üretilmiştir (Tablo). Sıcaklık modeli üretimi Landsat 8 görüntülerinin 10. bandı (TIRS sensörü) ile yapılmış, daha sonra her uydu görüntüsüne ait bantların kendi içinde aritmetik ortalamaları alınarak her aya ait tek bir sıcaklık modeli oluşturulmuştur.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin tarihleri, görüntüyü alan uydu ile şehir ve çevresindeki maksimum, minimum ve ortalama yüzey sıcaklıkları.

Görüntü Tarihi	Uydu ve sensor	Y_{max}	Y_{min}	Y_{ort}	Y_{std}
2015-Ocak-11	Landsat 8 OLI	14,6	-0,6	8,8	2,0
2015-Şubat-12	Landsat 8 OLI	13,8	0,5	8,9	1,7
2014-Mart-13	Landsat 8 OLI	20,7	-8,9	12,6	1,9
2015-Nisan-17	Landsat 8 OLI	36,4	15,6	22,5	3,1
2015-Mayıs-19	Landsat 8 OLI	48,2	21,8	33,8	5,1
2014-Haziran-17	Landsat 8 OLI	44,9	22,2	33,6	5,1
2015-Temmuz-22	Landsat 8 OLI	52,5	27,2	40,5	5,8
2015-Ağustos-07	Landsat 8 OLI	43,5	26,0	33,9	3,7
2015-Eylül-08	Landsat 8 OLI	39,8	24,7	32,0	3,3
2015-Ekim-10	Landsat 8 OLI	34,2	19,3	25,8	2,1
2013-Kasım-21	Landsat 8 OLI	22,1	9,6	16,5	1,1
2015-Aralık-13	Landsat 8 OLI	16,6	5,0	12,7	1,4

Açıklama: Y_{max}-Maksimum yüzey sıcaklığı, Y_{min}-Minimum yüzey sıcaklığı, Y_{ort}-Ortama yüzey sıcaklığı, Y_{std}-Yüzey sıcaklık standart sapmasını ifade etmektedir.

Landsat 8 görüntüleri toplam 12 banttan oluşmaktadır. Bu bantların çeşitli kombinasyonlarına algoritmalar uygulanarak çeşitli indisler üretilmektedir [8]. Landsat 8 uydusunun 10. (10,30-11,30 µ) ve 11. (11,50-12,50 µ) bantları termal bantlar olarak tanımlanmaktadır [9]. Fakat 11. Bantta arıza olduğu bildirildiğinden sıcaklıklar 10. banttan elde edilmiştir. 100 metrelik mekansal çözünürlüğü olan bantlardan yüzey sıcaklık modeli oluşturulması, birkaç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak bantlardaki yansıma değerleri (0-255) spektral radyans (SR) değerine çevrilir (Eşitlik 1). İkinci işlem yansıma değerlerinin yayılan enerjiye çevrimidir (Eşitlik 2). En sonunda ise elde edilen Kelvin enerji yayılma değerleri selsiyus ölçeğine çevrilir (Eşitlik 3) ve bunların aritmetik ortalaması alınarak yüzey sıcaklık modeli oluşturulur.

$$SR_{L8} = M_L * YD + A_L \quad [1]$$

$$T_K = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{SR} + 1)} \quad [2]$$

$$T_C = T_K - 273{,}15 \quad [3]$$

Eşitliklerde SR-spektral radyans değerini; ML-katsayıyı, AL katsayıyı, YD-yansıma değerini (0-255), K1 katsayıyı, K2-katsayıyı, T_K-Kelvin değerini, T_C-selsiyus sıcaklık değerini ifade etmektedir. Katsayılar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: TIRS Thermal Band Kalibrasyon Katsayıları [9]

Uydu ve Bant	K1 Katsayısı	K2 Katsayısı	A_L Katsayısı	M_L Katsayısı
Landsat 8-10	774.89	1321.08	0,1	0,0003342

3.2. Arazi Örtüsü Verileri

Antalya şehri ve yakın çevresine ait 2000 ve 2012 yılı Corine arazi kullanım bilgileri bulunmaktadır. Ayrıca Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nce hazırlanmış, 1980 yıllarına ait arazi kullanım sınıflarına ait haritalar da bulunmaktadır. Sözü edilen arazi kullanım haritaları YIA ve ŞİA açısından

yeteri kadar ayrıntı içermeyen arazi kullanım bilgilerini sunmaktadır. Yüzey ısı adası ise arazi kullanım türünden çok, arazi örtüsüne göre şekillenen ve daha ayrıntılı tanımlamalara göre karakter kazanan bir olgudur. Çalışmada bu gerekliliklerin sağlanması amaçlanmış, 2015 yılı Temmuz ayına ait Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmış ve elde edilen arazi örtüsüne göre sıcaklık değerleri incelenmiştir. Yapılan kontrollü sınıflandırma, rastgele alınan 200 nokta ile doğruluk değerlendirmesine tabi tutulmuş ve Genel Klasman Doğruluğu (Overall Classification Accuracy) %70.00, Genel Kappa İstatistikleri (Overall Kappa Statistics) 0.6703 olarak bulunmuştur.

Kontrollü sınıflandırmada Landsat 8 görüntüsünün 12 bandı da kullanılmış, maksimum olabilirlik (maximum likelihood) tahmin edicisi ile örneklere bağlı öngörüler yapılmıştır. Bu şekilde çalışma alanına ait su yüzeyi, sanayi, şehir içi yeşil alan, orman alanı, yoğun şehir alanı, az yoğun şehir alanı, sera alanı ve boş alanlar bilgilerini içeren arazi örtüsü haritası oluşturulmuştur.

3.3. Yersel İstasyon Verileri ve Karşılaştırılması

Çalışmada, yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişkiler incelenmiş ve kırsal alan ile şehirsel alandaki istasyonlardaki hava sıcaklıklarının yüzey sıcaklıkları ile ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Antalya, Aksu ve Havaalanı istasyonları kullanılmış, bu istasyonların, uydu görüntülerinin tarihlerine göre saatlik hava ve yüzey sıcaklıkları incelenmiştir. Yersel istasyonlara ait ölçüm bilgileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiş, konumlarına göre istasyon özellikleri belirlenmiştir (Tablo).

Tablo4: Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve özellikleri

İstasyon	İstasyon Özelliği	Koordinat	Yükseklik (m)
Antalya	Kıyı istasyonu (deniz etkisinde)	36°53'06.22"K 30°40'58.38"D	42
Aksu	Yarı Şehirsel	36°56'54.93"K 30°50'50.20"D	18
Havaalanı	Havaalanı (Yarı Şehirsel)	36°54'09.37"K 30°48'03.55"D	52

4. BULGULAR

4.1. Antalya YIA'nın Zamansal Gelişimi

Antalya, sürekli genişleyen ve nüfusu artan bir şehirdir. Bu genişleme ve kalabalıklaşma durumu, YIA'nın da genişlemesine neden olmaktadır. 1975'lerde sadece Muratpaşa ve Konyaaltı ilçeleri ile sınırlı olan Antalya şehri, şu an içerisine Aksu, Kepez, Döşemealtı, Side, Manavgat ilçelerini de almıştır. Batıda Torosların sınırlandırması nedeniyle şehir ilk kurulduğu yerden genel olarak doğuya ve kuzeye doğru gelişmiştir.

4.2. Antalya YIA'nın Mevsimsel Gelişimi

Sıcaklık modellerinden, meteoroloji istasyonları, yakın çevresindeki (250m) yüzey sıcaklıkları elde edilmiş, buna göre; Antalya istasyonunda Aksu ve Havaalanına göre aralık-şubat aylarında yüksek, mart-kasım aylarında ise düşük yüzey sıcaklıkları elde edilmiştir (Tablo 5).

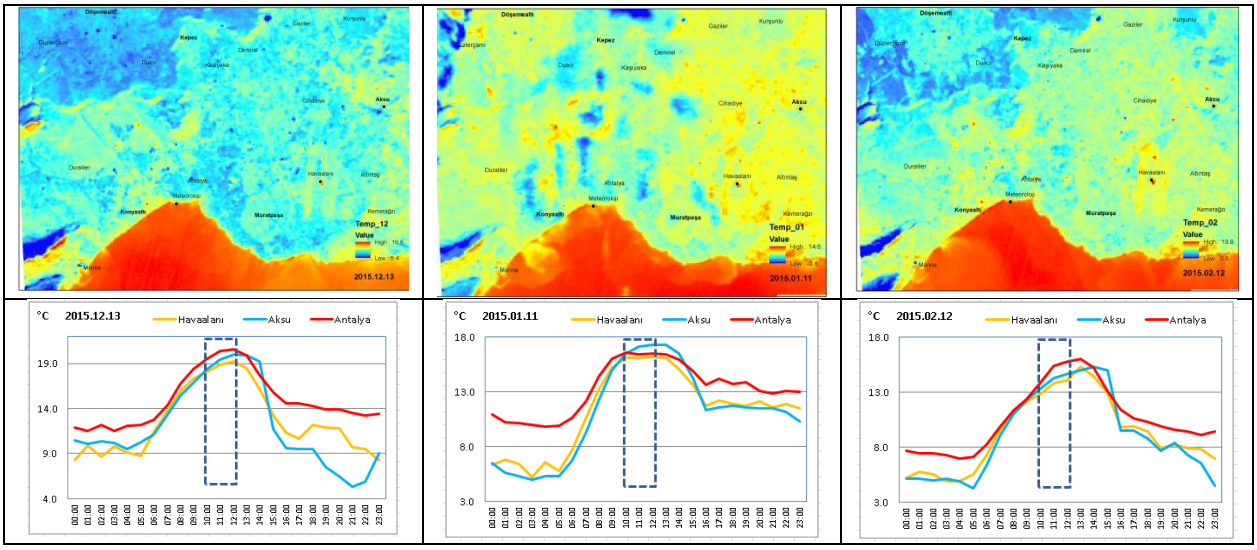
Tablo 5:Meteoroloji istasyonları için uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklıkları (İstasyon noktalarına 250 m tamponlar oluşturularak elde edilen alan için hesaplanmıştır).

İstasyon	Oc.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ara.
Antalya Bölge Md.	10,9	11,1	13,6	20,5	26,5	26,6	32,4	28,5	27,3	24,0	16,1	14,9
Aksu	8,5	8,9	9,8	24,3	35,5	35,8	41,5	34,8	32,3	26,3	16,2	12,4
Havaalanı	9,7	10,4	15,9	28,9	41,7	39,8	46,6	386	36,3	29,5	18,7	13,3

İstasyonun bulunduğu Antalya kıyı alanı, yarı şehirsel havaalanı ve Aksu mevkilerine göre kış aylarında pozitif, yaz aylarda ise negatif yüzey ısı adası, özelliği göstermektedir. Bunda denizin büyük etkisi vardır. Fakat yoğun şehir alanındaki veriler bunun tersidir. Aşağıda mevsimlere göre Antalya YIA'nın özellikleri ve meteoroloji istasyonlarının hava sıcaklıkları ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkiler verilmiştir.

4.2.1. Kış Mevsimi

Aralık, ocak ve şubat aylarında Antalya şehri, yüzey sıcaklığı açısından çevresindeki alanlardan daha düşük yüzey ısı adası (YIA); buna karşılık hava sıcaklığı açısından pozitif şehir ısı adası (ŞIA) özellikleri göstermektedir (Şekil 2). Her 3 ayda da deniz yüzey sıcaklığı diğer tüm alan yüzeylerinden sıcaktır. Denizin kenarındaki Antalya meteoroloji istasyonu ise yarı şehirsel Aksu ilçesi ile sera alanları ve havaalanına göre yüksek yüzey sıcaklıkları göstermektedir. Bunda kış aylarında karalardan sıcak olan deniz sıcaklığının büyük etkisi vardır. Şehrin doğusundaki sera alanlarının etrafına göre sıcak görünmesi ısıtıldıklarının göstergesidir. (Şekil 2).

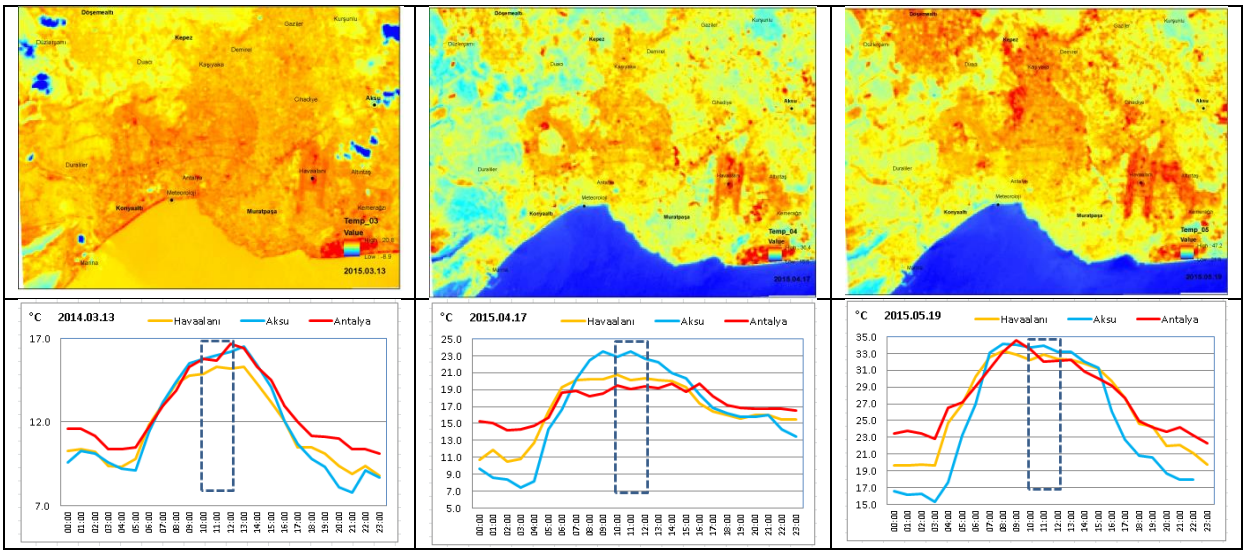


Şekil 2. Aralık (solda), Ocak (ortada) ve Şubat (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir

Kış aylarında yüzey ısı adası ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişkiler incelendiğinde görüntünün alındığı saatte (UTC 8:35, Yerel 10:35) aralık, ocak ve şubat aylarında en yüksek yüzey sıcaklığı Antalya istasyonunda, hava sıcaklığı açısından ise ocak ayında Aksu diğer aylarda yine Antalya istasyonunda en yüksek sıcaklıklar görülmüştür (Şekil 3, Tablo 5). Bunda meteoroloji istasyonunun deniz kenarında bulunmasının ve kışın deniz etkisiyle ısınmasının etkileri vardır. İç kesimlerdeki yoğun şehir alanlarında ise kış aylarında negatif YIA söz konusudur.

4.2.2. İlkbahar Mevsimi

Mart, nisan ve mayıs aylarında Antalya yoğun şehir alanlarında ve havaalanında pozitif yüzey ısı adası belirgindir. Mart ayında deniz ve kara yüzey sıcaklıkları yer değiştirmekte ve kara yüzeyleri daha sıcak hale gelmektedir. Nisan-ekim arası ise kara yüzeyi deniz yüzeyinden hep sıcaktır. (Şekil 3, 4, 5). Nisan ayında Şehrin kuzeybatısında yer alan dağlık bölümlerin şehirden oldukça düşük yüzey sıcaklıklarına sahip oldukları izlenmektedir.

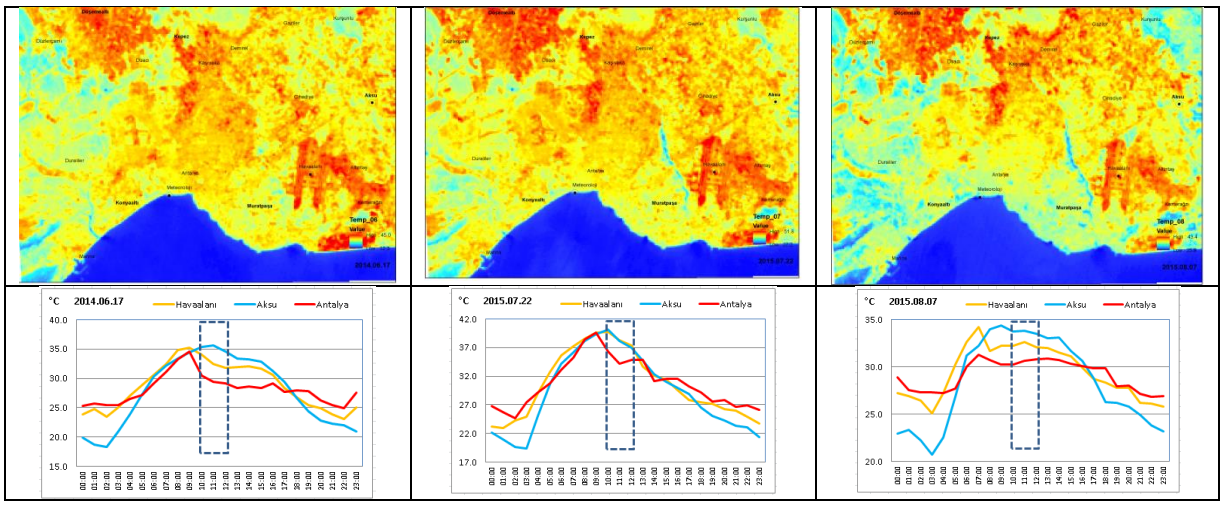


Şekil 3: Mart (solda), nisan (ortada) ve mayıs (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir

Bahar aylarında uydu görüntülerinin alındığı günlerde, meteoroloji istasyonlarındaki hava sıcaklıkları ile uydu görüntülerinden bu istasyon noktaları için elde edilen yüzey sıcaklıkları arasında paralellik vardır. Buna göre Antalya istasyonu sıcaklıkları mart ayında Aksu'dan sıcak fakat Havaalanından düşüktür. Nisan ve mayıs aylarında denizin kenarında olmasından ve meltemlerden dolayı diğer istasyonlardan düşük değerler gösterir (Şekil 3, Tablo 5). Gece sıcaklıkları ise diğer iki istasyondan yüksektir. Bu da şehir ısı adasının (ŞIA) belirgin özelliğidir.

4.2.3. Yaz Mevsimi

Haziran, temmuz ve ağustos aylarında Antalya şehri çevresine göre yüksek yüzey sıcaklıklarına (YIA) sahiptir. Şehrin kuzeybatısında yer alan ve yarı şehirsel sayılabilecek Döşemealtı ilçesi ile doğuda yer alan havaalanı, yaz aylarında en yüksek yüzey sıcaklıklarına sahiptir. Bu dönemde iç kesimler deniz etkisindeki kıyı alanlardan daha sıcak sıcaklıklara sahiptir (Şekil 4).



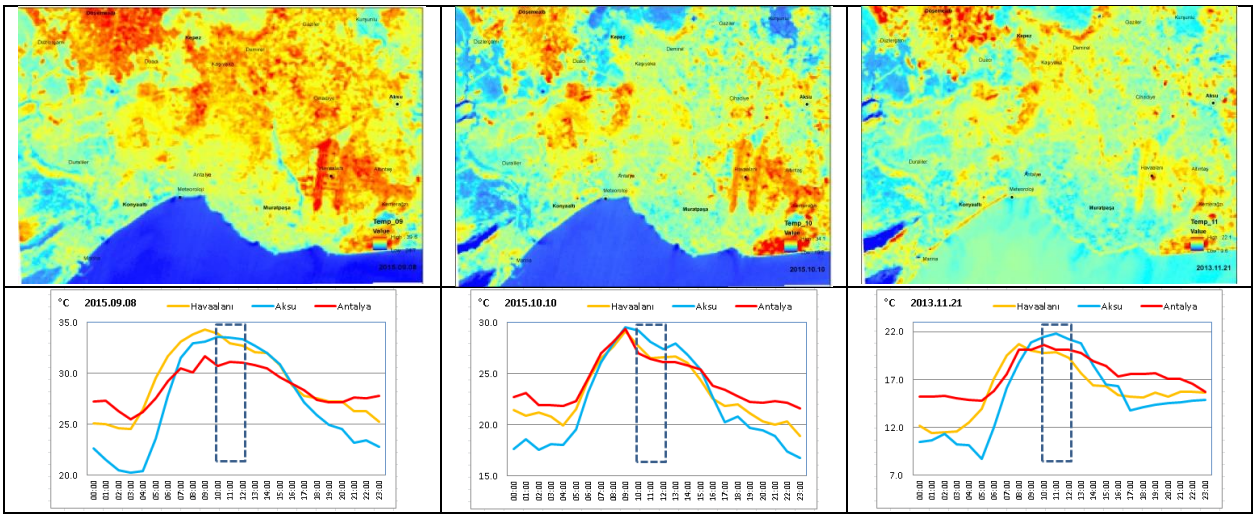
Şekil 4. Haziran (solda), temmuz (ortada) ve ağustos (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir

Haziran, temmuz ve ağustos aylarında Antalya istasyonunun çevresine göre düşük sıcaklıklar gösterme durumu, hava sıcaklıklarında ve görüntülerden elde edilen istasyon yüzey sıcaklıklarında tam olarak görülmektedir. Bunun nedeni şehir içerisindeki meteoroloji istasyonunun deniz kenarında olması ve tüm kıyı alanlarda olduğu gibi denizin soğutucu etkisinden faydalanmasındandır. Bu

mevsimde hava sıcaklıkları ile yüzey sıcaklıkları arasında bir uyum görülmekte ve yarı şehir alanları, görüntü zamanında (11:35) Antalya istasyonuna göre daha sıcak yüzey ve hava sıcaklıklarına sahiptir. Fakat iç kesimlerdeki YIA yüksektir. Gece sıcaklıkları ise Antalya'da diğer iki istasyondan yüksektir. Bu da şehir ısı adasının (ŞIA) belirgin özelliğidir.

4.2.4. Sonbahar Mevsimi

Yaz aylarındaki yüzey ısı adası durumu eylül ayında da devam etmekte fakat ekim ve kasım aylarında zayıflamaktadır. Kuzeybatıdaki Döşemealtı ilçesi bu mevsimde de yüksek yüzey ısı adasına sahiptir. Deniz yüzeyinin karaya göre soğuk olma durumu kasım ayında değişmekte, kıyı alanları ile deniz yüzey sıcaklığı 16°C'ler civarında bulunmaktadır. Bundan sonraki kış mevsiminde ise deniz yüzeyi karalardan daha sıcak olacaktır. Kasım ayında Aksu, Cihadiye ve Kemerağzı bölgelerinde seraların yüzey ısılarının yükselmesi, ısıtılmaya başladıklarının göstergesidir (Şekil 5).



***Şekil** 5: Eylül (solda), ekim (ortada) ve kasım (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir*

Sonbahar aylarında görüntülerin alındığı zamanlardaki hava ve yüzey sıcaklıkları incelendiğinde; Antalya Meteoroloji Bölge istasyonunu verilerinin her iki istasyondan düşük olduğu görülmektedir. Gece sıcaklıkları ise diğer iki istasyondan yüksektir. Bu da şehir ısı adasının (ŞIA) belirgin özelliğidir (Şekil 5).

4.3. Antalya YIA'nın Arazi Örtülerine Göre Özellikleri

Antalya çevresinin 2015 yılı temmuz ayında alınan uydu görüntüsünden kontrollü sınıflandırma yöntemiyle oluşturulan arazi örtüsüne göre, çalışma alanının büyük kısmı şehir alanı ile kaplıdır. Yoğun ve az yoğun olarak ayrılan bu şehirsel alanlar içerisinde yeşil alanlar ve sanayi alanları bulunmaktadır. Şehrin doğusunda genel olarak sera tarım alanları ile havaalanı bulunmaktadır. Şehrin kuzeybatısında ise Toros sıradağları bulunmaktadır.

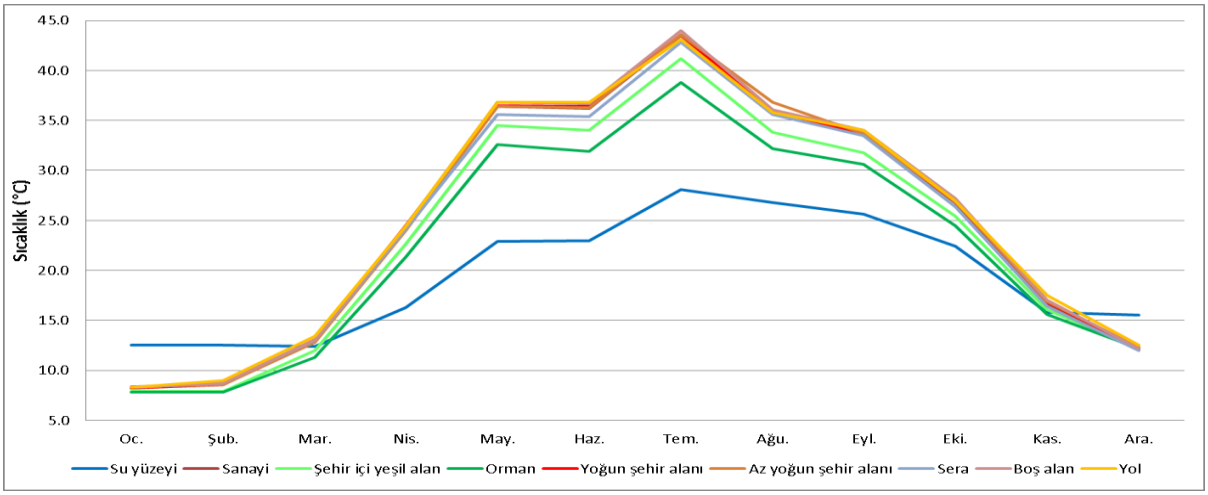
Yüzey sıcaklığı, arazi örtüsüne göre değişir. Antalya çevresindeki arazi örtülerindeki yüzey sıcaklıkları analiz edilmiş ve en düşük sıcaklıkların nisan-ekim arasında su yüzeylerinde olduğu, buna karşın aralık, ocak, şubat aylarında ise su yüzeyi sıcaklıklarının daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Su yüzeylerini orman alanları, şehir içi yeşil alanlar, sera, az yoğun şehir alanı, yoğun şehir alanı, sanayi ve boş alanlar takip etmektedir (Şekil 6).

Yukarıda sayılan yıllık ortalama sıcaklık gidişi, nisan ayında değişmekte ve bu değişim kasım ayına kadar devam etmektedir. Nisan-kasım döneminde en düşük sıcaklıklar su yüzeyinde bulunmaktadır. Kış mevsiminde ise en yüksek sıcaklıklar su yüzeyindedir. Bu durum şehir içerisinde fakat deniz kenarında olan Antalya istasyonunu da çok etkilemekte kış aylarında şehirde negatif YIA varken Antalya istasyonunda pozitif YIA ve ŞİA, nisan-kasım aylarında ise tam tersi şehir içerisinde pozitif YIA varken Antalya istasyonunda negatif YIA fakat gece pozitif ŞİA görülmektedir.

Nisan-kasım arası en düşük sıcaklıklar sırasıyla, su yüzeyi, orman alanları, şehir içi yeşil alan ve diğerleri şeklinde devam etmektedir. Bu da yaz aylarında bu arazi yüzeylerinin diğerlerine göre sıcaklığı daha fazla

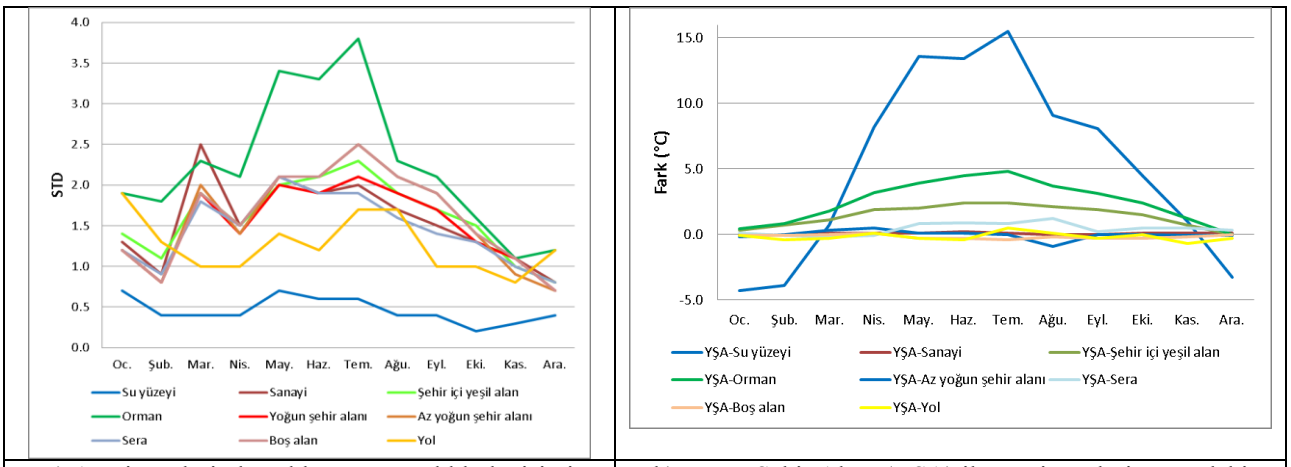
düşürdüğünü göstermektedir. Yaz aylarında en yüksek yüzey sıcaklıkları sırasıyla az yoğun şehir alanı, yoğun şehir alanı, sanayi ve boş alanlarda görülmüştür. Fakat değerler birbirine çok yakındır. Orman alanları, yaz ayları haricinde en soğuk yüzeyler olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 6).

Arazi örtülerindeki yüzey sıcaklık değişkenliği, arazi örtülerindeki yüzey sıcaklığı homojenliğini vermekte ve bu çalışmada standart sapma değerleriyle açıklanmaktadır. Buna göre, en değişken standart sapma orman alanlarında görülmekte ve bu değişim yaz aylarında artmakta; bunu boş alanlar, şehir içi yeşil alanlar, yoğun şehir alanı, sanayi, sera, az yoğun şehir alanı, yol ve su yüzeylerinin izlediğini görmekteyiz.



Şekil 6: Arazi örtülerinin aylara göre ortalama yüzey sıcaklıkları

Su yüzeyleri tüm aylarda en homojen yüzey sıcaklıklarını vermektedir. En yüksek sıcaklık değişimi ise orman alanlarında karşımıza çıkmaktadır (Şekil 7a).



a) Arazi örtülerinde aylık yüzey sıcaklık değişimi (Standart sapma değeri).

b)Yoğun Şehir Alanı (YŞA) ile arazi örtüleri arasındaki sıcaklık farklarının aylık değişimi.

Şekil 7: Arazi örtülerine göre çeşitli özelliklerin yıl içindeki gidişi

Yoğun şehir alanı (YŞA) ile diğer arazi örtüleri arasındaki yüzey sıcaklık farkları yıl içinde hem nicelik hem de nitelik yönünden değişmektedir. YŞA ile diğer arazi örtüleri arasındaki en yüksek sıcaklık farkları su yüzeyleri ve orman alanlarında hesaplanmış, bunu şehir içi yeşil alan izlemiştir. Diğer alanlar yoğun şehir alanına çok yakın değerler göstermiştir (Şekil 7b).

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Antalya şehri ve yakın çevresindeki şehirsel gelişim ve buna bağlı YIA gelişimi ortaya konulmuştur. Ayrıca şehir ve çevresindeki yüzey sıcaklıklarının aylara göre değişimi incelenmiştir. Normal olarak YIA'lar, şehrin gelişimine bağlı olarak genişlemekte, planlanan alanların kaplama ve yapı malzemesine göre karakter kazanmaktadır. Yüzey sıcaklıkları ile belirlenen YIA'lar soğuk dönemden ziyade sıcak dönemde şiddetini artırmakta ve ana karakteri ortaya çıkmaktadır [10]. Antalya'da da normal YIA olarak tanımlanan pozitif YIA yaz aylarında, kurak dönemde belirlenmiştir.

Arazi örtüsü değişimine bağlı olarak yüzey sıcaklıkları ve hava sıcaklıkları, dolayısıyla da ortam koşulları değişmektedir. Genel olarak arazi örtülerindeki sıcaklık şartları; özgül ısı, ısı kapasitesi, termal iletkenlik ve albedoya bağlı olarak değişmekte bu değerlerin bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Şehirler özgül ısı değeri yüksek yapı malzemeleri ile kaplı olduklarından iklime göre değişiklik gösterse de geç ısınan ve geç soğuyan bir karakterdedir. Bu karakter, şehir ve çevresindeki yüzey sıcaklıklarında da gözlenebilmektedir. Antalya'da sabah saatlerinde negatif YIA oluşması, güneşlenme süresinin kısalığı ve özgül ısı ile ilişkilidir. Bunun benzeri Ankara'da belirlenmiştir [11]. Güneş doğuşuna bağlı olarak özgül ısısı düşük ve gök görüş oranı yüksek olan kırsal alanlar şehirsel alana göre daha fazla ısınmakta ve negatif YIA oluşmaktadır.

Genel olarak yüzey sıcaklığı mevsime göre değişmekle birlikte su yüzeylerinde yazın düşük kışın ise yüksek değerler göstermektedir. Sera alanları ısıtmadan dolayı kış aylarında yüksek YIA değerleri göstermektedir.

Arazi örtüsüne göre yüzey sıcaklık değerleri arazi çeşitliliğine göre değişmektedir. Hem kırsal hem de şehirsel alanın birlikte araştırıldığı çalışmalarda en yüksek sıcaklıklar açık alan ve sanayi ve az yoğun şehir alanları gibi gök görüş oranı yüksek sahalarda belirlenmiştir. Antalya'da yaz aylarında en sıcak yüzeyler şehir yoğun alanlar olurken kış aylarında su yüzeyleri ve seralar en yüksek sıcaklıkların görüldüğü alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Uydu görüntüleri ile analiz edilen yüzey ısı adalarında genel olarak görüntünün alındığı saatteki meteorolojik ve yüzeysel yansıma özellikleri etkili olmaktadır. Şehirsel alanların yarı kurak-kurak iklim bölgelerinde çevrelerine göre nispi sıcaklık durumu mevsimsel ve gün içerisindeki ısınma-soğuma özelliklerine göre farklılaşmaktadır. Bu nedenle çevresine göre sıcak karakterli olarak görmemiz gereken şehir alanları bu özelliğini ancak ısınmanın maksimum olduğu dönemden sonra devam ettirebilmekte, soğuma döneminde ve soğuma döneminin maksimum olduğu evreyi geçtiğinde çevresine göre soğuk bir karakter kazanmakta dolayısıyla geç ısınmaktadır. Bu durum, Landsat uydu görüntüleri kullanılarak yapılan yüzey sıcaklığı çalışmalarında (özellikle yarı kurak-kurak alanlarda) görülmektedir. Antalya çevresinde su yüzeylerinde hem ilişki yönü hem de anlamlılık değeri değişmektedir (kışın pozitif, yazın negatif YIA). Diğer arazi örtülerinde (YŞA, AYŞA) ise ilişki bunun tam tersi (kışın negatif, yazın pozitif YIA) şeklinde kalmaktadır.

6. SONUÇ

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Antalya'da yüzey ısı adası hızlı bir şekilde genişleyerek yaklaşık 949 km^2'ye ulaşmıştır.

- Antalya şehrinde yüzey ısı adası açısından 3 farklı durum söz konusudur. Bunlardan ilki, şehrin soğuk, çevredeki alanların sıcak olduğu kış dönemidir (negatif YIA). Yalnız bu dönemde Antalya istasyon verileri denizin etkisiyle çevresine göre daha sıcaktır. Yaz döneminde görülen ve ikinci durum olarak tanımladığımız durum, şehrin, batısındaki ve kuzeyindeki alanlara göre sıcak, doğusundaki alanlara göre benzer özellikler gösterdiği normal yüzey ısı adası durumudur. Bu dönemde Antalya istasyonu verileri denizin etkisiyle çevresinden daha soğuktur. Üçüncü durum ise, şehrin pozitif YIA olduğu, fakat bu karakterin çok belirgin olmadığı geçiş aylarıdır. Mart ve kasım aylarında deniz ve kara yüzey sıcaklıklarının sıcak olma durumu yer değiştirir. Bu durumlar,

görüntülerin alınma saatleri, ısınma süresi ve arazi örtüsü ile ilişkilidir. Uydu görüntüleri sabah 08:35Z, Türkiye saati ile 10:35 (kış) ve 11:35 (yaz) civarında alınmaktadır. Kış döneminde güneş geç doğmakta, dolayısıyla görüntü alınana dek geçen süre kısalmaktadır. Kırsal alanlardaki gök görüş oranı fazla olduğundan hızlı bir ısınma meydana gelmekte ve şehirden daha sıcak görünmektedir. Yaz döneminde, güneşin erken doğuşuna bağlı ısınma süresi uzamakta, şehrin ısınması önceki günden kalan enerji birikimiyle daha da artmakta dolayısıyla kırsal alanlara göre daha sıcak özellikler göstermektedir.

- Kışın şehir alanı yüzey ısı adalarının negatif, sahil kesimlerinin ise pozitif olma durumu, denizin etkisiyle gerçekleşmektedir. Şehir çevresindeki alanların özgül ısıları şehirsel alana göre düşük ise ısınma döneminde şehir negatif YIA özelliğinde olmaktadır. Buna karşın, çevresindeki alanların özgül ısıları şehre göre yüksekse, tam tersi bir durum oluşmaktadır.

- Antalya şehri çevresinde yaz aylarında en yüksek yüzey sıcaklıklarının iç kesimlerde yoğun şehir alanlarında en düşük yüzey sıcaklıklarının su yüzeylerinde ve orman alanlarında olduğu görülmüştür. Kış mevsiminde ise en yüksek yüzey sıcaklıklarının su yüzeylerinde, sahil kesiminde ve sera tarımı alanlarında, en düşük sıcaklıkların ise şehrin kuzeybatısında Düzlerçamı ve Döşemealtı'da olduğu belirlenmiştir.

- Antalya çevresinde yüzey sıcaklık değişimi denizin geç ısınıp geç soğuması nedeniyle su yüzeylerinde düşük, orman alanlarında ise en yüksek olarak belirlenmiştir.

- Arazi örtüleri ve şehrin sıcaklık durumu yıl içerisinde değişmektedir. Su yüzeyleri, yazın şehirden soğukken, kışın şehirden sıcaktır. Bu durum sahil alanlarının yoğun şehir alanından farklılık göstermesine neden olmaktadır. Seraları ve şehir içi yeşil alanlar yazın şehirden soğuk diğer aylarda şehirden sıcaktır.

- Antalya ve çevresinde su yüzeyi sıcaklıkları açısından mart ve kasım aylarında geçiş dönemi vardır.

- Bu çalışmada şehrin alansal gelişimine bağlı olarak büyüyen YIA ortaya konulmuştur. Bu çalışmalar Şehir Isı Adasındaki (ŞIA) değişimleri inceleyen çalışmalarla desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

[1] Zhang, X., Zhong, T., Wang, K., & Cheng, Z. (2009). "Scaling of impervious surface area and vegetation as indicators to urban land surface temperature using satellite data." *International Journal of Remote Sensing, DOI:* 10.1080/01431160802395219

[2] Çalışkan, O., Çiçek, İ., & Matzarakis, A. (2012). "The climate and bioclimate of Bursa (Turkey) from the perspective of tourism." *Theoretical and Applied Climatology, 107*(3), 417-425.

[3] Çalışkan, O., & Türkoğlu, N. (2011). "Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi." Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, 8(2), 978-1001

[4] Türkoğlu, N., & Çalışkan, O. (2011). "Nevşehir ve Ürgüp'te Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi." Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 51(1), 45-63.

[5] Yılmaz, E. (2013). Ankara Şehrinde Isı Adası Oluşumu. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara

[6] Sensoy S., Türkoğlu N., Akçakaya A.,Ulupınar Y., Ekici M., Demircan M., Atay H., Tüvan A., Demirbaş, H., 2013: Trends in Turkey Climate Indices From 1960 to 2010, 6th Atmospheric Science Symposium, 24- 26 April 2013, ITU, Istanbul, Turkey

[7] Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, Y., Balta, İ., 2011, İklim sınıflandırmaları, MGM Url:https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf

[8] Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). "Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery." International Journal of Remote Sensing, 24(3), 583-594.

[9] NASA. (2015). Landsat 8 (L8) Data Users Handbook.

[10] Cui, Y. Y., & de Foy, B. (2012). "Seasonal Variations of the Urban Heat Island at the Surface and the Near-Surface and Reductions due to Urban Vegetation in Mexico City." Journal of Applied Meteorology and Climatology, 51(5), 855-868.

[11] Çiçek, İ., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., & Çalışkan, O. (2013). "Seasonal variation of surface temperature based on land cover in Ankara. Ankara şehrinde yüzey sıcaklıklarının arazi örtüsüne göre mevsimsel değişimi." 2013, 10(1), 20.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ: MODELDEN SEKTÖREL UYGULAMALARA

CLIMATE CHANGE: FROM MODEL TO SECTOIRAL APPLICATIONS

Mesut DEMİRCAN[1], Necla TÜRKOĞLU[2], İhsan ÇİÇEK[3]

[1] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı,

[2] Doç. Dr., Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih, Coğrafya Fakültesi, 06100, Sıhhiye, Ankara

[3] Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih, Coğrafya Fakültesi, 06100, Sıhhiye, Ankara

Özet:

İklim Değişikliğinin konuşulduğu, ulusal ve uluslararası tedbirlerin, uyum ve önleme çalışmalarının tüm paydaşlar ve hükümetler tarafından dikkatlice izlendiği günümüzde, en önemli konu değişikliğin olup olmadığı ile varsa ne kadar olduğunun belirlenmesi ve izlenmesidir. Doğru bir iklim izleme yapılması, gerek gözlemlere dayalı olarak gelecek iklim şartlarının ne olacağının modellenmesinde, gerekse uyum ve önleme çalışmalarının başarıya ulaşmasında olmazsa olmaz ilk şarttır. Senaryo, gelecekteki bazı olayları resmeden hikâyelerdir (Gregory ve Duran, 2001). Bu bağlamda, emisyon senaryoları, sera gazları ve aerosoller gibi yer yüzünün radyasyon dengesini bozan maddelerin gelecekte atmosfere boşalma potansiyellerinin tasvir edilmesidir (Moss vd., 2010). Bu tanımlamalar ışığında emisyon senaryosunun gelecek için bir tahmin olmadığı söylenebilir. Fakat, iklim değişikliği çalışmaları için emisyon senaryosu, entegre değerlendirme modellerinde gösterilen sosyo-ekonomik, çevresel ve teknolojik eğilimler üzerinde yapılan bilimsel çalışmalara dayandırılan gelecekteki emisyonlara ilişkin uzman görüş ve değerlendirmelerini de yansıtır. Bunun yanında, emisyon senaryoları, iklim değişikliği çalışmalarının en önemli bileşenlerinden birini teşkil etmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, yeni iklim değişikliği senaryoları (RCP4.5 ve 8.5) ile Türkiye için sonuçlar üretmiştir. Ayrıca Bakanlıklar ve bağlı kuruluşlar iklim değişikliğine uyum çalışmalarını yürütmektedir. Bu çalışmada, iklim değişikliği model sonuçlarını değerlendirirken dikkat edilmesi gereken konular, hata kaynakları incelenmiştir. İklim verileri ile iklim değişikliği model verilerine ulaşılabilecek kaynaklar ile coğrafyacıların bu verileri kullanma yöntemleri anlatılmıştır. Bu çalışmada ayrıca, yeni iklim değişikliği model ürünlerinin sektörel olarak, uyum (adaptasyon) amaçlı çalışmalarında kullanımı incelenmiştir. İklim Servisleri için Küresel Çerçeve'nin (GFCS) seçtiği öncelikli alanlar olan "Tarım ve Besin Güvenliği, Su, Sağlık, Enerji, Afet Risk Azaltımı" konuları üzerinden örnekler sunulmuştur. Bu örnekler üzerinden yapılan iklim değişikliği uyum çalışmalarında doğru ve yanlış yaklaşımlar incelenmiştir. Dahası coğrafyacıların iklim değişikliği uyum çalışmaları kapsamında yapabilecekleri katkılar araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Model, Senaryo, RCP'ler, Uyum

Abstract:

Climate Change is spoken in nowadays in accordance with national and international measures and adaptation and mitigation studies are carefully monitored by all stakeholders and government. The most important issue is identification and monitoring as to whether the climate change or not and If there is climate change to determine how much it's magnitude. Scenario is a story that depicts some future event (Gregory and Duran, 2001). Emissions scenario is depiction of potential future unloading into the atmosphere of some matters such as greenhouse gases and aerosols which influence the Earth's energy budget (Moss et all, 2010). According to these explanations, it can be said that a scenario is not a forecast or a prediction of future. However, emission scenario

for climate change research reflects expert evaluations and opinions respecting conceivable future emissions based on researches into socioeconomic, environmental, and technological tendencies pointed out in integrated assessment models. Additionally, the emission scenario is one of the most important components of climate change studies. The Turkish State Meteorological Service and General Directorate of Water Management produced results for Turkey with the new climate change scenarios (RCP 4.5 and 8.5). In addition, ministries and subsidiaries are engaged in climate change adaptation studies. In this study, the problems and sources of error that have to be considered in evaluating the climate change model results are examined. The sources of climate and climate change model data and the methods of using these data by geographers are explained. This study also examined the use of new climate change model products in sectoral adaptation studies. Examples selected from Agriculture and Food Security, Water, Health, Energy and Disaster Risk Reduction sectors, which are the priority areas by the Global Framework for Climate Services (GFCS), are presented. Through these examples, correct and erroneous approaches to the adaptation studies, have been examined. Moreover, the contributions of geographers to climate change adaptation studies have been researched.

Key Words: Climate Change, Model, Scenarios, RCP's, Adaptation

1. GİRİŞ

İklim, Dünya üzerinde canlıların yaşayabilmeleri için gerekli olan uygun ortamların bileşenlerinden bir tanesidir. İklim, Dünya üzerindeki yaşam için öyle önemli bir bileşendir ki, canlı türlerinin yeryüzündeki dağılımı ve türler arasındaki farklılar doğrudan iklim kuşakları ile ilgilidir. Yeryüzündeki her bir canlı türü için iklimsel (klimatik) yaşam alanları tanımlanabilir. Ayrıca bunun ötesinde insan eylemleri sonucu ortaya çıkan her bir sektör için de iklimsel eşik değerleri belirlenebilir. İklimin insan hayatındaki önemi ise, sosyal ve ekonomik koşulları; dolaylı ya da doğrudan, olumlu ya da olumsuz etkiler ile şekillendirmesidir.

İklim değişikliğinin Dünya genelinde yarattığı problemlere ek olarak, içinde yaşadığımız Akdeniz Havzası, Dünya'da bu değişikliklerden en fazla etkilenecek bölgelerin başında gelmektedir.

Hükümetlerarası İklim değişikliği Paneli (IPCC)'nin dördüncü değerlendirme raporunda (IPCC 2007) değişik senaryolar ile elde ettiği sonuçlara göre Akdeniz Havzası'nda yüzyılın sonlarına doğru sıcaklıkların artışıyla beraber yağışlarda önemli azalmaların meydana geleceği ve dolayısıyla bu bölgenin küresel iklim değişikliğine karşı en kırılgan bölgelerden biri olacağı belirtilmiştir.

IPCC (2013) son raporunda, Akdeniz'i, küresel ısınmanın etkileri için dünyadaki en savunmasız bölgelerden biri olarak vurgulanmaktadır. IPCC tarafından bölge için yayınlanan modeller farklı senaryolar göstermekle birlikte hepsi bazı iklim parametrelerinin desenlerindeki eğilim üzerinde net bir şekilde hemfikirdir. Senaryolarda sıcaklıktaki değişimin, 1980-2000 dönemi ortalamasına göre, 2080-2100 dönemi için 2.2 – 5.1°C aralığında ortalama yüzey sıcaklığında bir artış olabileceği ön görülmektedir. Aynı dönemlerde, modeller Akdeniz'de belirgin yağış rejimi değişikliklerini göstermektedir. Bölgedeki yağış miktarında azalma yönünde bir değişimin olabileceği ve bu değişimin ise %4 ile %27 oranı arasında olabileceğini öngörmektedir.

İklim değişikliği, çözümü zor olan ve gerekli önlemler alındığında da etkisi on yıllar boyunca sürebilecek, günümüzün en önemli çevre sorunlarından bir tanesidir. Bu nedenle, iklim değişikliği çalışmaları genel olarak üç başlık altında yürütülmektedir. Bunlar, iklim değişikliğinin

belirlenmesi ve anlaşılması için yapılan bilimsel çalışmalar, iklim değişikliğini azaltmak ya da durdurmak için yapılan önleme ve azaltma çalışmaları ile ortaya çıkacak yeni iklim koşullarına uyum çalışmalarıdır.

İklim konusunda yapılan bilimsel çalışmalardan bir tanesini, iklimin gelecekteki koşullarının ne olabileceğinin ön görülmesidir. İklim fiziksel olarak karmaşık bir sisteme, yani kaotik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, iklimdeki değişikliklerin tahmin edilebilmesi çok zordur. İklimin geleceğe yönelik çalışmalarında senaryo kavramı kullanılmaktadır ve senaryo bir tahmin değildir. Senaryo, farklı koşullarda gelecekte olabilecek olayların ortaya konması, olasılıklarının betimlenmesidir. Bunu sağlayabilmek için kurgulanan farklı senaryoların modellenmesi sonucunda iklim model ve projeksiyon çalışmaları ortaya çıkmıştır. Projeksiyon çalışmalarının sonuçlarını kullanırken, hava tahmininde olduğu gibi, verilen bir tarihte iklim koşulları şu şekilde olacak demek yerine; verilen bir zaman aralığında, iklim parametrelerinin değer aralığını veya eğilimlerini kullanmak daha doğru olacaktır. Bu zaman aralığı genellikle iklim normalleridir.

İklim, geniş zaman dilimlerinde ve daha büyük alanlarda tecrübe edilmiş ortalama hava durumudur. İklim normalleri iklim verilerinden hesaplanan ardışık otuz yılın ortalamasıdır. İklim normallerini kullanmak küresel değerlendirme ve iklim izleme çalışmalarını hazırlamak için standart temel oluşturan çok önemli araçlardır. İklim referans dönemleri; 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 iklim normalleri olarak; uluslararası, ulusal ve bölgesel temelli iklim izleme, iklim trendi, iklim değişikliği ve iklim modeli çalışmalarında; bilim adamları, ulusal iklim servisleri, uluslararası enstitüler ve organizasyonlar tarafından kullanılmaktadır (Demircan vd., 2013 [a], [b]).

İklim modelleme çalışmaları, bilim ve teknolojideki gelişmeler ile doğru orantılı olarak, iklimi etkileyen koşulları tanımlayan değişkenlerin daha detaylı bir şekilde modellerde yer alabilmesi ve bu karmaşık model yapıları ile modele girdi olan büyük verilerin bilgisayar ortamında hesaplanabilmesinden oluşmaktadır. 1970'li yıllardan itibaren bilgisayarların bilimsel amaçlı kullanımlarının yaygınlaşması sonucunda, bilgisayarlar iklim modelleri için de kullanılmaya başlamıştır. Çalışılan ilk modellerde sadece atmosfer ve atmosferde gözlenen parametrelere göre çalışmalar yapılmıştır. Bilgisayarların hesaplama güçlerine, sürelerine ve model çıktılarından elde edilen verilerin depolanma alanlarındaki gelişmelere paralel olarak; kara yüzeyi, okyanuslar, deniz buzları, sülfat, aerosoller, karbon çevrimi, dinamik bitki örtüsü ve atmosferin kimyası gibi etmenler ile modellere veri girdisi oluşturan diğer parametreler kullanılarak modellerin doğruluğu ve çözünürlüğü geliştirilmektedir.

Teknolojinin gelişimi ile daha da küçülen Dünyamızda iklim değişikliği hakkında yapılan çalışmalar, 1990'lı yılardan sonra IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) adı altında oluşturulan birliktelik ve oluşumun yönlendirmeleri ile daha anlamlı bir çaba içine girmiştir. Oluşan bu birlikteliğin çalışma sonuçları belli dönemlerle gerçekleştirilmiştir. IPCC'de yüzlerce bilim adamının katkıda bulunduğu en son 4. Değerlendirme Raporu'nda, önce 40 farklı senaryo gözden geçirilmiş ve bunların içinden 7 senaryo belirlenmiştir. İklim modelleri ayrıntılı bir şekilde ortam şartlarını, beklenen değişimlere göre yeniden kurgulama imkânı vermektedir. Bu bağlamda, 2007'de yayınlanan IPCC'nin 4. Değerlendirme Raporu'ndan bu tarafa, değişen arazi kullanımı/değişimi, sera gazı emisyonları ve konsantrasyonları, aerosol konsantrasyonu bilgileri ile gelişen teknolojik altyapı ve modelleme teknikleri yeni bir değerlendirme raporu hazırlanması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda IPCC yeni senaryolar ile 5. Değerlendirme Raporunu hazırlamış ve dünya gündemine sunmuştur.

2006 yılında, sadece bir SRES senaryosunun ele alındığı ve bölgesel iklim modeli RegCM3 ile 21. yüzyılın son 30 yılı için elde edilen birkaç sonuç mevcuttur. 2006 yılından beri önemli ilerlemeler kaydedilmiş olup Türkiye ve çevresine odaklanan iklim simülasyonu çalışmaları geliştirilmiştir. Önol ve Semazzi (2009) tarafından 21. yüzyılın son 30 yılında Doğu Akdeniz bölgesi için, IPCC A2 senaryosuna dayalı bölgesel iklim değişikliği simülasyonu geliştirilmiştir. İTÜ'teki Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü iklim araştırması grubu, üç farklı GCM'nin emisyon senaryosu simülasyonlarının çıktılarını kullanarak Türkiye için bir ölçek azaltma deneyi gerçekleştirmiştir (TİDBB, 2013).

2006 yılından bu yana, Türkiye (alt bölgeleri veya çevresi) üzerinde çeşitli bölgesel iklim simülasyon çalışmaları yürütülmektedir. SRES senaryolarına dayalı bölgesel iklim değişikliği simülasyonları; Krichak vd. (2007), Gao ve Giorgi (2008), Turunçoğlu vd. (2007), Önol ve Semazzi (2009), Zanis vd. (2009), Black vd. (2010), Sen vd. (2011), Demir (2011), Özdoğan (2011), Bozkurt ve Sen (2011), Önol (2012), Bozkurt vd. (2012), Önol ve Ünal (2012), Bozkurt ve Sen (2013), Önol vd. (2013) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda, genel olarak çalışma bölgesinde sıcaklık artışı ve yıllık yağış oranında bir düşüş bulmuşlardır (TİDAUB, 2016).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Birleşik Model Karşılaştırma Projesi Aşaması 5 (CMIP5) kapsamındaki küresel modelleri kullanarak ölçek azaltma yöntemi ile iklim projeksiyonları üretmiştir (Akçakaya, vd., TR2015-CC, 2015). İklim projeksiyonları için, IPCC AR5'in (Temsili Konsantrasyon Yolları, RCP) yeni nesil konsantrasyon senaryoları kullanılmıştır. Diğer bir çalışma da, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri Projesi" başlıklı bir proje yapılmıştır (İDSKEP, 2016).

2010 yılından bu yana, Türkiye (alt bölgeleri veya çevresi) için yeni senaryolarla bir dizi bölgesel iklim simülasyonu çalışması yapılmıştır. RCP senaryolarına dayalı bölgesel iklim değişikliği simülasyonları; Demir vd. (2013), Demircan vd. (2014 [a], [b], [c]), Öztürk vd. (2014), Turp vd. (2014), Ünal vd. (2015), Gürkan vd. (2015), Yıldırım vd. (2015, 2016), Öztürk vd. (2016), Gürkan vd. (2016 [a][b]), Demiroğlu (2016), Coşkun vd. (2016), Öztürk vd. (2017), Demircan vd. (2017), Güser vd. (2017) ve Eskioğlu (2017) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, bölge genelinde bir sıcaklık artışı ve genel olarak yıllık yağış miktarında azalma tespit etmişlerdir.

2. METODOLOJİ

Bu çalışmada Türkiye'de yapılan bölgesel iklim modelleri çalışmaları; iklim değişikliği projeksiyonları ile veri setlerine erişim, projeksiyonlarındaki olası hata kaynakları, projeksiyonları kullanımı ile sonuçlarının yorumlanırken dikkat edilmesi gereken konular ve sektörel kullanımı ele alınmaya çalışılacaktır. Çalışmada, HadGEM2 modelinin RCP4.5 ve RCP 8.5 senaryoları üzerinden değerlendirmeler yapılacaktır.

MGM (TR2015-CC, 2015), Türkiye'yi içine alan bir bölge için gelecekteki iklim değişikliğinin muhtemel sonuçları ortaya konmaya çalışılmıştır. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M Küresel Dolaşım Modellerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının sonuçları kullanılmıştır. Bu çıktılardan, Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları; RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli ile dinamik ölçek küçültme yöntemi kullanılarak, 20 km çözünürlükte ve 2016-2099 yıllarını kapsayan bir dönem için üretilmiştir. Çalışma sonuçları rapor ve makaleler ile kamuoyu ile paylaşılmış olup ayrıca Türkiye İklim Değişikliği 6. Ulusal Bildiriminde de yer almıştır. Ayrıca çalışma sonucunda elde edilen veriler ilgili kamu kuruluşu ile üniversiteler ve özel sektörle de düzenlenmiş bir yönetmelik kapsamında paylaşılmaktadır.

SYGM (İDSKEP, 2016), yapmış oldukları "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi" ile CMIP5 veri tabanından seçilen HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-5.1 küresel iklim modellerinin RCP4.5 ve RCP8.5 temsili konsantrasyon rotalarına dayanan simülasyonlar ile RegCM4.3 bölgesel iklim modeli ile 2015-2100 yılları arasında 10x10km çözünürlükteki iklim simülasyonlarını elde edilmişlerdir.

Hadley Merkezi Küresel Çevre Modeli 2 (HadGEM2) ailesi ortak bir fiziksel çerçeve ile farklı karmaşıklık seviyeleri içeren özel model yapılandırmalarının bir dizisini içermektedir (Demircan vd., 2014). HadGEM2 ailesi, birleştiğinde atmosfer-okyanus yapılandırmasını ve/veya dinamik bitki örtüsü, okyanus biyoloji ve atmosferik kimyasıyla Dünya-Sistem yapılandırması ve iyi bir çözümle stratosferin dâhil olduğu atmosferdeki bir dikey uzantısını içerir. Standart atmosferik bileşeni, 1.875° boylam ve 1.25° enlem aralığı ile yatay çözünürlüğünden meydana gelen 192 x 145 grid hücresinden oluşan küresel bir grid (karelaj) yapısı ve yaklaşık 40km yüksekliğe uzanan 38 seviyeye sahiptir.

IPCC tarafından IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda kullanılacak iklim değişikliği senaryolarında yeni bir yaklaşım için geniş katılımlı "Uzmanlar Toplantısı" Eylül 2007'de organize edildi ve bu bağlamda; yeni emisyon/konsantrasyon senaryolarının bir setinin oluşturulmasına karar verilmiştir (Demir vd., 2013; Demircan vd., 2014). Bu karar uyarınca Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs: Representative Concentration Pathways) olarak, RCP3-PD, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 olmak üzere 4 adet senaryo belirlenmiştir. RCP4.5; Hedefi geçmeden 2100 öncesi sabitlik ile yüzyılın ortalarından itibaren düşüş sonucunda 2100'de CO^2'nun yaklaşık 650ppm ve ışınım zorlamasının yaklaşık 4.5 W/m2 olacağını öngörmektedir. RCP8.5 ise; 2100'e kadar artışın devam etmesini, 2100'de CO^2'nun 1370ppm ve ışınım zorlamasının 8.5 W/m2 olacağını öngörmektedir.

Bölgesel iklim modellerinin yanlılık testlerinde ise küresel gözlem veri setleri ile (İklim Araştırma Birimi'nin - CRU, Delaware Üniversitesi'nin – UDEL, ve Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF)'nin ERA-40 reanaliz verileri, vb.) karşılaştırılması yapılmaktadır.

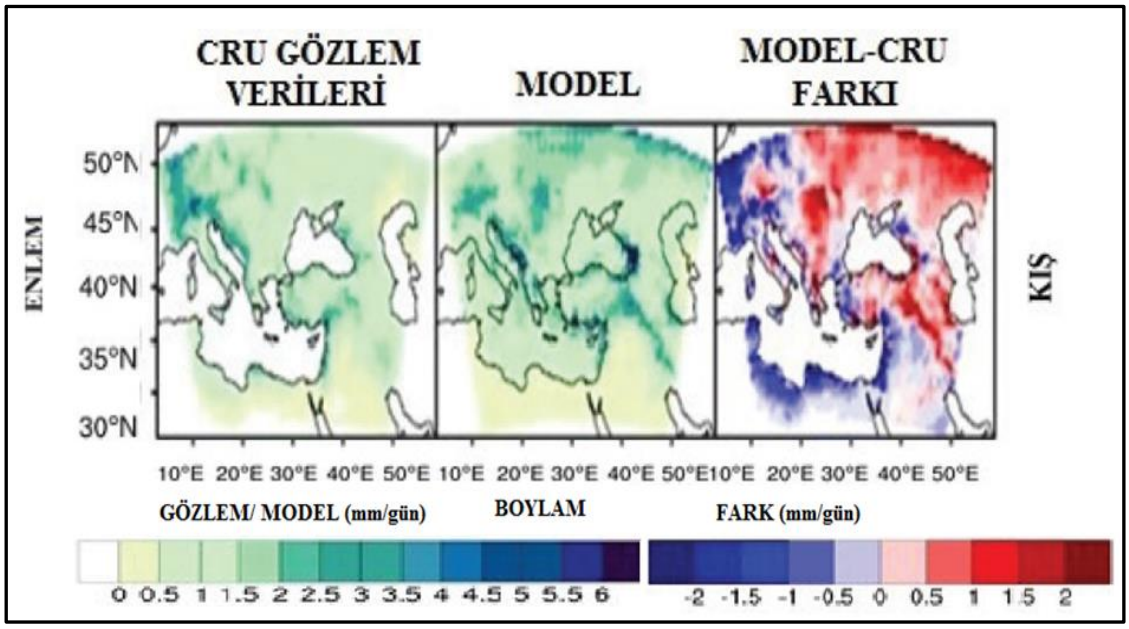
2.1. İklim Model Verilerine Erişim

İklim model verilerine, internet siteleri üzerinden erişmek de mümkündür. Bu sitelerden bazıları; Asya-Pasific Veri Araştırma Merkezinin (Asia-Pacific Data Research Center) "http://apdrc.soest.hawaii.edu/data/data.php", Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) "http://www.ipcc-data.org/sim/gcm_monthly/AR5/WG1-Archive.html", Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) Eşgüdümlü Bölgesel Ölçekküçültme Deneyi (CORDEX) "http://www.cordex.org/" ve Akdeniz bölgesi için "https://www.medcordex.eu/", Çevresel veri Analizi Merkezi (CEDA) "http://data.ceda.ac.uk/badc/", Küresel İklim Verileri (WorldClim) "http://www.worldclim.org/" ve Hollanda Meteoroloji Servsinin (KNMI) İklim Araştırması, Avrupa İklim Değerlendirmesi ve Verileri "https://climexp.knmi.nl/" internet siteleri sayılabilir. Bu sitelerden iklim modellerine erişim sağlanabilmekle birlikte, bu verilerin gerek veri setlerinin çözünürlüğü ve çözünürlüklerinden kaynaklanan sorunlar ile ve gerekse yanlılık testlerinden kaynaklanan hataları barındıracağı akılda tutulmalıdır.

2.2. Model Verilerindeki Sistematik Hata kaynakları

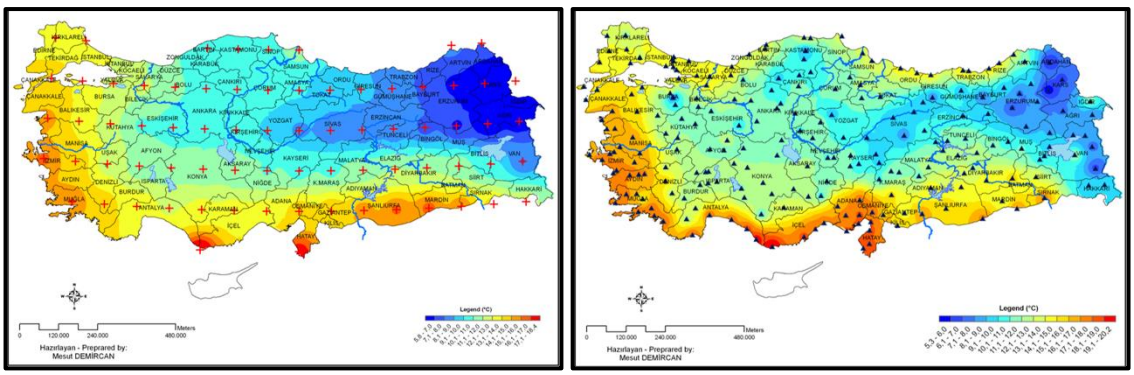
Küresel iklim değişikliği (Küresel Sirkülasyon Modeli) veri setleri, günümüzde teknik kapasiteden dolayı yaklaşık 100-200km ölçeğinde üretilmektedir. Bu veri setlerinden daha yüksek çözünürlükte veri setleri oluşturmak için bölgesel iklim değişikliği modelleme çalışmaları

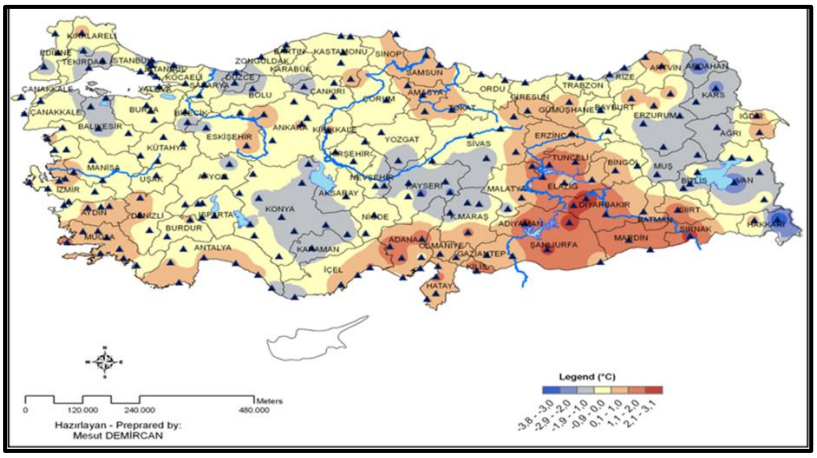
yürütülmektedir. Parametrizasyon için bulutlar (cumulus convection), sınır tabaka (turbulans, PBL), dağlar (mountain drag), radyasyon ve yüzey-atmosfer etkileşimi (Land-surface parameterization) parametreleri seçilmektedir. Bölgesel iklim modelleme çalışmalarında, yanlılık düzeltmeleri yapmak için model geriye doğru 30 yıl koşturulmakta ve küresel gridli iklim veri setleri ile karşılaştırılmaktadır. En uygun parametrizasyon ayarlarına ulaşıldığında, yani gözlem veri setleri ile modelin uyuştuğu ayarlar ile model geleceğe doğru koşturulmaktadır (Şekil 1). Buradaki sakınca ise parametrizasyon ayarlarının bölgesel olarak yapılamaması, tüm çalışma alanına uygulanmasıdır. Bu ise bazı bölgelerde daha doğru sonuçlar elde edilirken diğer bölgelerde ise hata oranının artmasına neden olmaktadır.



Şekil 1. Model yanlılık (parametrizasyon) testi (MGM,2015)

Diğer bir sorun ise kullanılan küresel veri setlerinin çözünürlüğü nedeniyle bünyesinde taşımış oldukları hatalardır. Demircan vd. (2011), yaptıkları çalışmada Türkiye için ECMWF'nin ERA40 tekrar-analiz veri setinden 1971-2000 uzun yıllar ortalama sıcaklık veri seti ile istatistiksel modelleme yapmışlardır. Bu çalışmada veri setinin sıcaklık aralığı 5-18.5°C iken modelleme sonrasında 13-20.5°C aralığı ile aynı dönem için Türkiye gözlem değerlerine ulaşmışlardır. Aradaki fakın ise ERA40 gridlerinin yükseklik ve topografya farklılıklarından kaynaklandığını belirtmişlerdir (Şekil 2).

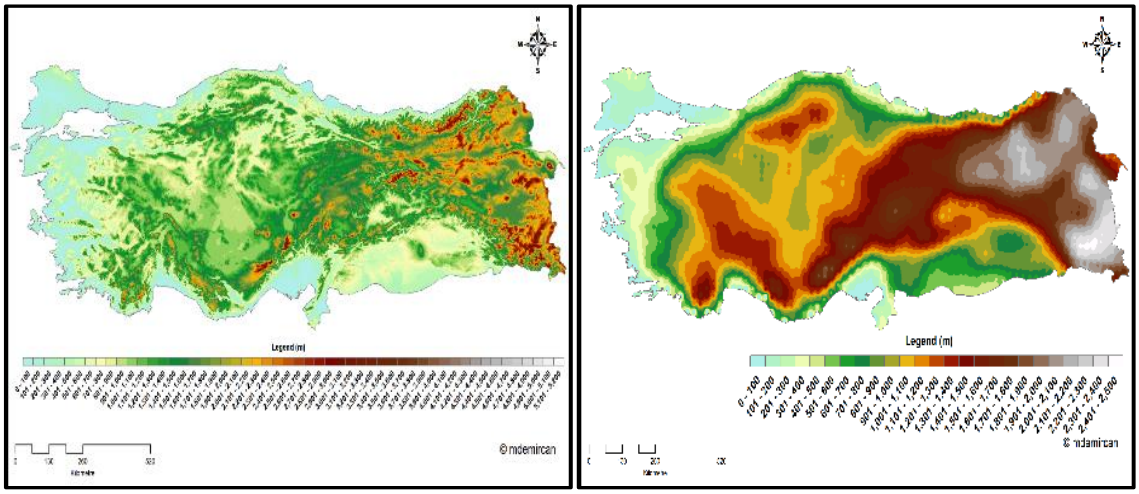


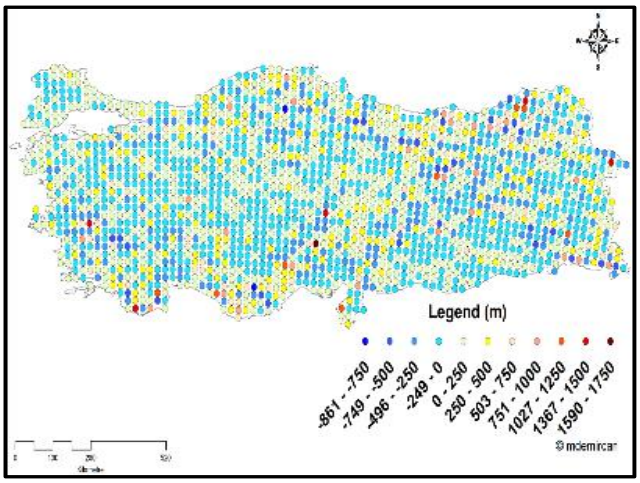


Şekil 2. Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF)'nin ERA40 yeniden analiz veri seti 1.125 ° (~ 125km) çözünürlük ve yaklaşık 50m ila 2500m arasındaki yüksekliğe sahiptir (Türkiye, 1971-2000 dönemi için) (Demircan vd. 2011)

Benzer şekilde iklim modelleri de koşturulurken, topografya verisi için kaynak olarak gösterilen topografya verilerinden grid noktaları için ortalama yükseklik verileri hesaplamaktadır. Yine grid noktaları toprak kullanımı, bitki örtüsü ve su kaynakları gibi bilgileri de ilgili veri katmanlarından almaktadır. Hesaplanan yükseklik ve diğer bilgilerin gerçek değerlerinden uzaklaşması da diğer bir hata kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca RegCM4'dün kullanmış olduğu Lambert projeksiyon sistemi de Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde yer alan programlardaki projeksiyon sistemi ile uyuşmamakta ve alansal olarak kayma ve dönüklüğe neden olmaktadır.

MGM'nin 20km çözünürlükle oluşturduğu model çalışmasında model gridlerinin oluşturulan yüksekliği 0–2458m arasında değişmektedir (Şekil 3). USGS SRTM 90m verisinden elde edilen yükseklik haritasında ise 0–5200m arasında değişmektedir. İklim değişikliği projeksiyonları RegCM iklim modeli içerisindeki formüller ile grid verisinin yüksekliği ve coğrafi özelliklerine göre hesaplanmaktadır. İklim parametrelerinin değerlerindeki değişimi etkileyen en önemli coğrafik özelliklerden bir tanesi ise yüksekliktir. Projeksiyon gridlerinin yüksekliği ile USGS SRTM 90m yükseklik veri seti arasındaki farklar ise -861 ile 1750m arasında değişmektedir. Bu yükseklik farkı ise sistematik hatalara yol açmaktadır.





Şekil 3. Model grid yükseklikleri̇nin gerçek yükseklik değerlerinden farkları

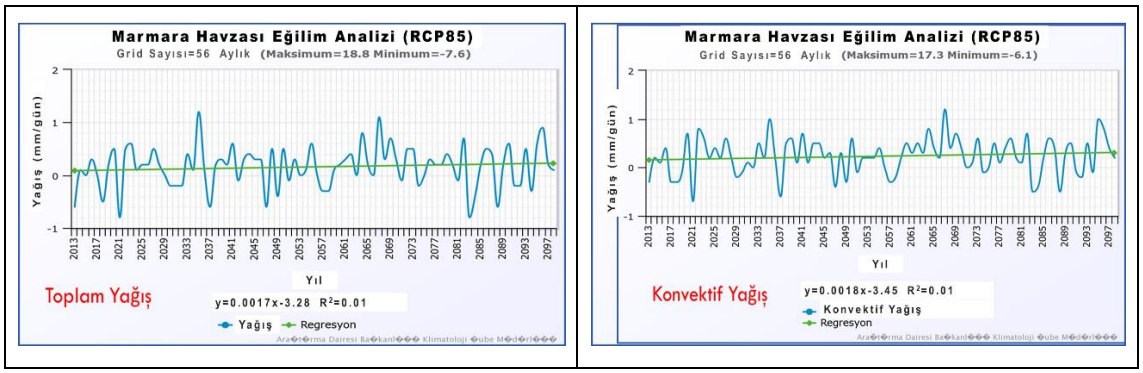
2.3. Model Sonuçlarının Eksik – Hatalı yorumlanması

İklim değişikliği projeksiyonlarının sunumlarında iki parametre öne çıkmış bulunmaktadır, bunlar sıcaklık ve toplam yağış analizleridir. Kamu kurum ve kuruluşları ile sivil toplum örgütlerinin yapmış olduğu uyum ve önleme çalışmalarında, bilgilendirme çalışmalarında sektörel olarak doğrudan bu iki parametre kullanılmaktadır. İklim değişikliği modelleri yüzey ve atmosferik katmanlarda veriler üretmektedir. İklim modelleri yüzey için 28 farklı parametre üretmektedir (Şekil 4). İklim modellerinin üretmiş olduğu toplam yağış parametresi analizlerini referans göstererek, yağış fazlalığının olduğu yerlerde, diğer veriler incelenerek su sıkıntısı olmayacağı yorumlanabilmektedir. Ancak modelin ürettiği bir diğer parametre olan konvektif yağış verisinin de incelenmesi gerekmektedir (Şekil 5). Konvektif yağış parametresinin toplam yağış miktarı içerisindeki payı bize oluşabilecek yağışların fiziksel şekli ve faydası konusunda bilgi verecektir. Sağanak şeklinde yağan aşırı yağışlar, özellikle son zamanlarda görüldüğü gibi, sel-taşkın gibi afetlere neden olmakta, ayrıca yüzey akışı ile birlikte akıp gitmektedir. Bu nedenle insan ve canlıların hayatını devam ettirmesi için gerekli olan su bütçesine bir fayda sağlamamaktadır.

	Değişkenler	Tanım
1	u10m	Anemometre doğu yönlü Rüzgar (ms^{-2})
2	v10m	Anemometre kuzey yönlü Rüzgar (ms^{-2})
3	uvdrag	Yüzey Sürükleme Stresi
4	tgb	Yer Sıcaklığı (K)
5	tlef	Çimen Sıcaklığı (K)
6	t2m	2m Sıcaklığı (K)
7	q2m	2m Özgül Nem $kgkg^{-1}$
8	ssw	Üst tabaka toprak nemi (mm)
9	rsw	Kök tabaka toprak nemi (mm)
10	tpr	Toplam Yağış ($mmday^{-1}$)
11	evp	Evapotranspirasyon ($mmday^{-1}$)
12	runoff	Yüzey Akışı ($mmday^{-1}$)
13	scv	Kar-su eşdeğeri (mm)

	Değişkenler	Tanım
14	sena	Hissedilebilir Isı (Wm^{-2})
16	flw	Net Uzun dalga (Wm^{-2})
17	fsw	Net emilen güneş (Wm^{-2})
18	flwd	Aşağı yönü Uzun dalga (Wm^{-2})
19	sina	Güneş yükü (Wm^{-2})
20	prvc	Konvektif yağış ($mmday^{-1}$)
21	psb	Yüzey Basıncı (hPA)
22	zpbl	PBL yüksekliği (m)
23	tgmax	Maksimum yer sıcaklığı (K)
24	tgmin	Minimum yer sıcaklığı (K)
25	t2max	Maksimum 2m sıcaklığı (K)
26	t2min	Minimum 2m sıcaklığı (K)
27	w10max	Maksimum 10m rüzgar hızı (ms^{-2})
28	psmin	Minimum yüzey basıncı (hPa)

Şekil 4. İklim modellerinin yüzey için ürettiği parametreler.



Şekil 5. İklim modeli toplam yağış ve konvektif yağış parametresi.

2.4. İklim Değişikliği Model Sonuçlarının Sektörel Olarak kullanılması:

Sektörel iklim ürünleri diğer bir ismiyle özel iklim ürünleri, iklim parametreleri için eşik değerlere (bitki ve hayvanların iklimsel yaşam alanı, hastalığa neden olan zararlılar için uygun iklim ortamı, aşırı olaylar vb.) dayanır. Bu eşik değerleri, sektörel kullanım ile ilişkilidir ve sektörel amaç için kritik değerlerdir. Eşik değerleri, uyum planlarında iklim değişikliği ile mücadele etmek için yapılacak sektörel planlama için özellikle önemlidir. İklim değişikliği uyum planlarının sadece iklim değişikliği projeksiyonlarının genel sonuçları (sıcaklık ve yağış değişimi vb.) üzerinden hazırlanması uyum planlarının başarı, verim ve etkinliğini azaltırken maliyetlerini artırabilecektir. Bu neden ile eşik değerlerin kullanılması uyum planlarının öznelleşmesine, sektör ve bölge bazında ayrı ayrı, daha doğru ve daha az maliyetli önlemler alınmasına yardımcı olacaktır.

Sektörel iklim değişikliği uyum çalışmaları yapılırken şu adımlar izlenmelidir;

1. Model parametrelerinden ilgili tüm parametrelerin analiz edilmesi
2. Model parametrelerinde topografik düzeltmelerin yapılması
3. İklimsel (klimatik) eşik değerlerinin tanımlanması
4. Diğer eşik değerlerinin tanımlanması (topografik, sosyolojik, altyapı vb.)
5. CBS'de eşik değerlerine ilişkin katmanların hazırlanması
6. Katmanlar arasındaki ilişkinin kurgulanması
7. Sonuç çıktının elde edilmesi
8. Sonuçların ilgili tüm uzmanlar tarafından yorumlanması
9. Sektörel uyum çalışmalarının planlanması.

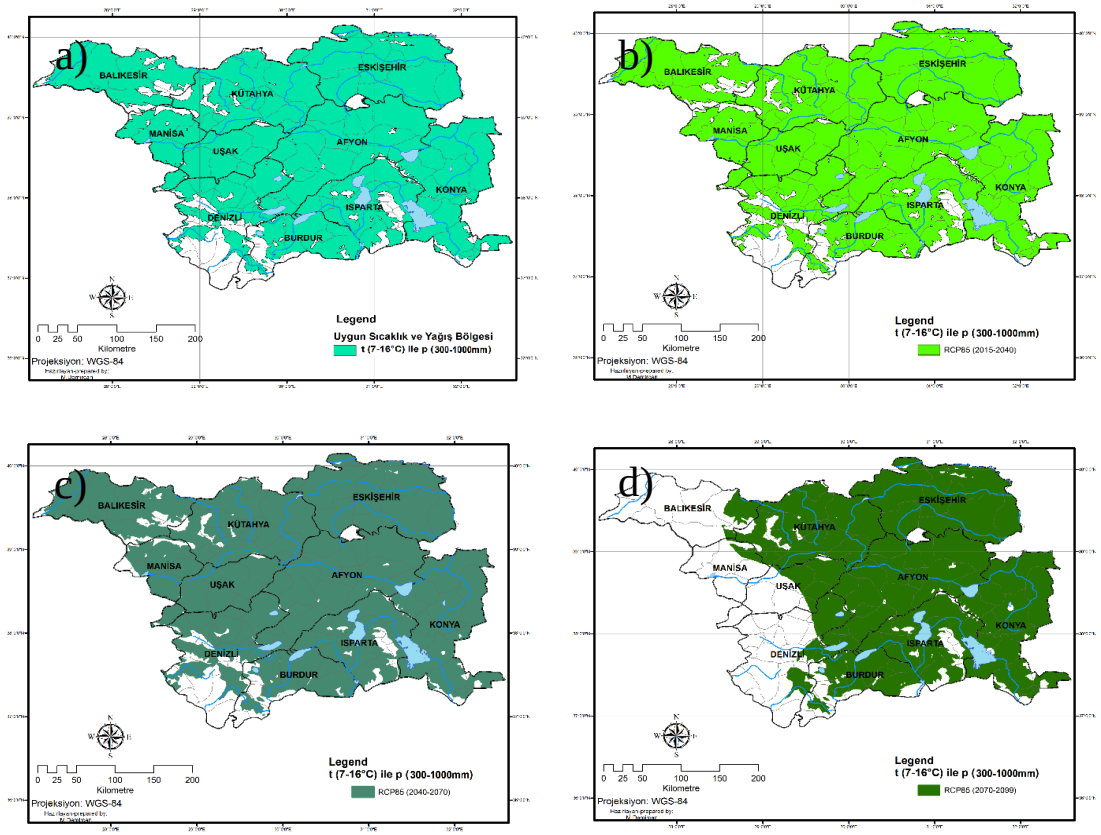
Su ile ilgili yapılan çalışmalarda, iklim projeksiyonlarının toplam yağış parametresi kullanılmaktadır. Toplam yağış parametresi; sosyal su ihtiyacından sanayi su ihtiyacına, hidrolojik su kaynaklarından tarımsal kullanıma kadar; suyun kullanıldığı her alandaki su kullanım ihtiyacını, bunun için gerekli su bütçesini hesaplamak için kullanılan temel parametrelerden bir tanesidir. Toplam yağış parametresi, yağışın temel girdi olarak kullanıldığı kuraklık indisleri, iklim sınıflandırmaları ve benzeri stokastik formüllerde basit şekilde kullanıldığı gibi; havza tabanlı çalışmalarda, hidrolojik modellerde de girdi verisi olarak karmaşık model hesaplarında da kullanılır.

Toplam yağış parametresi cephesel-sistem (stratiform) yağışlar ile konvektif yağışların bir toplamıdır. Stratiform yağışlar uzun süreli ve şiddetli olmaması ile toprağa yavaş yavaş sızarak

su bütçesine katkıda bulunurlar. Konvektif yağışlar ise kısa süreli ve şiddetli olması, hemen akışa geçmesinden ötürü su bütçesine katkısı az olduğu gibi, çoğu zaman sel oluşturması sebebiyle doğasal afete dönüşerek su kaynaklarını bozarak ya da kirleterek zarar da verirler. Bu nedenle su ile ilgili olarak yapılacak çalışmalarda bu iki parametredeki değişimler dikkatlice analiz edilmeli ve uyum çalışmaları bu analizlere temel alınarak yapılmalıdır.

MGM'nin (TR2015-CC, 2015) ve SYGM (İDSKEP, 2016) raporlarında Marmara havzası için HadGEM2-ES modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre yağışlarda artış olacağı vurgulanmıştır. Raporlardaki analiz ise toplam yağış parametresi üzerinden yapılmıştır. İklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışları deniz suyu sıcaklıklarını da artıracak, bu ise deniz kenarındaki yağışların konvektif karaktere bürünmesine neden olacaktır. Dolayısıyla yağış miktarlarında meydana gelmesi beklenilen bu artışların, son zamanlarda Ege ve Marmara denizleri kıyılarında görüldüğü gibi, şiddetli yağış ve sellerin artışına neden olması olasıdır. Şekil 4'te de Marmara havzası için verilmiş olan toplam yağış ve konvektif yağış grafiklerinin uyumlu görülmesi de bu yargıyı doğrulamaktadır.

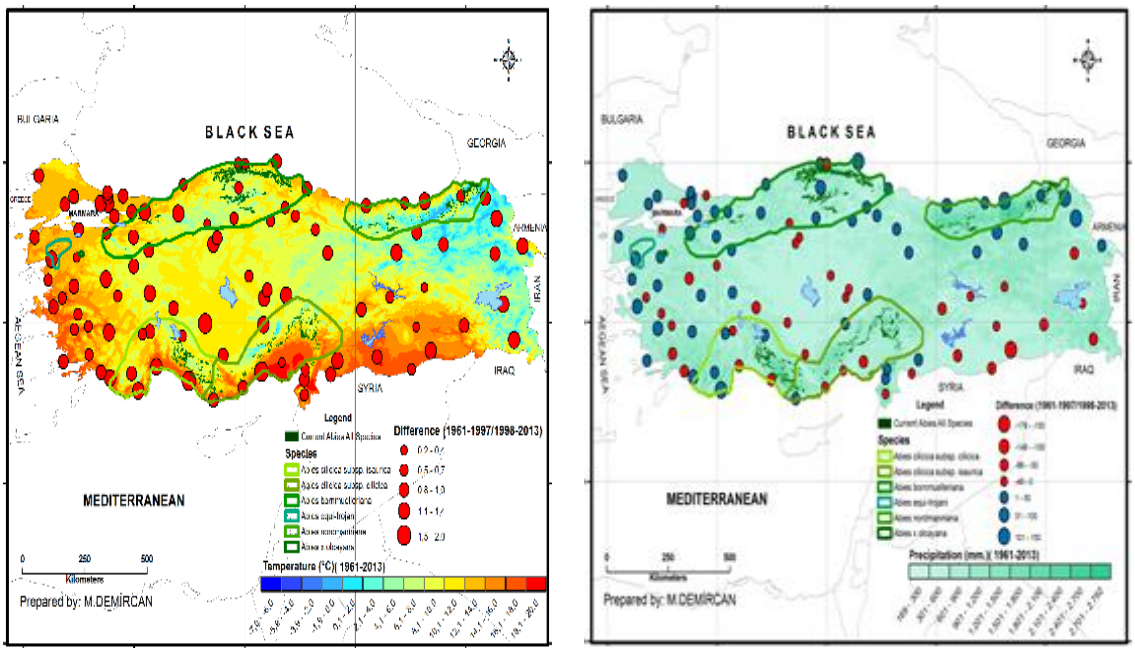
Yıldırım vd. (2016, 2017), çalışmalarında mevcut iklim verileri ve iklim projeksiyonu verileri ile Haşhaşın klimatik yaşam alanı belirlemiştir. Haşhaş için yıllık ortalama sıcaklık için 7-16°C ve yıllık toplam yağış için 300-1000 mm. aralığını eşik değer olarak belirlemişlerdir. Demircan vd. (2011) yöntemiyle sıcaklık verilerini ve Schreiber'e atfedilen (Ardel vd., 1969) yöntemle yağış verilerini kullanarak yükseklikle modellemişlerdir. Haşhaş bitkisinin günümüz ve gelecekteki (HadGEM-2ES RCP8.5 senaryosuna göre) klimatik yaşam alanı ve değişimini ortaya koymuşlardır (Şekil 6).

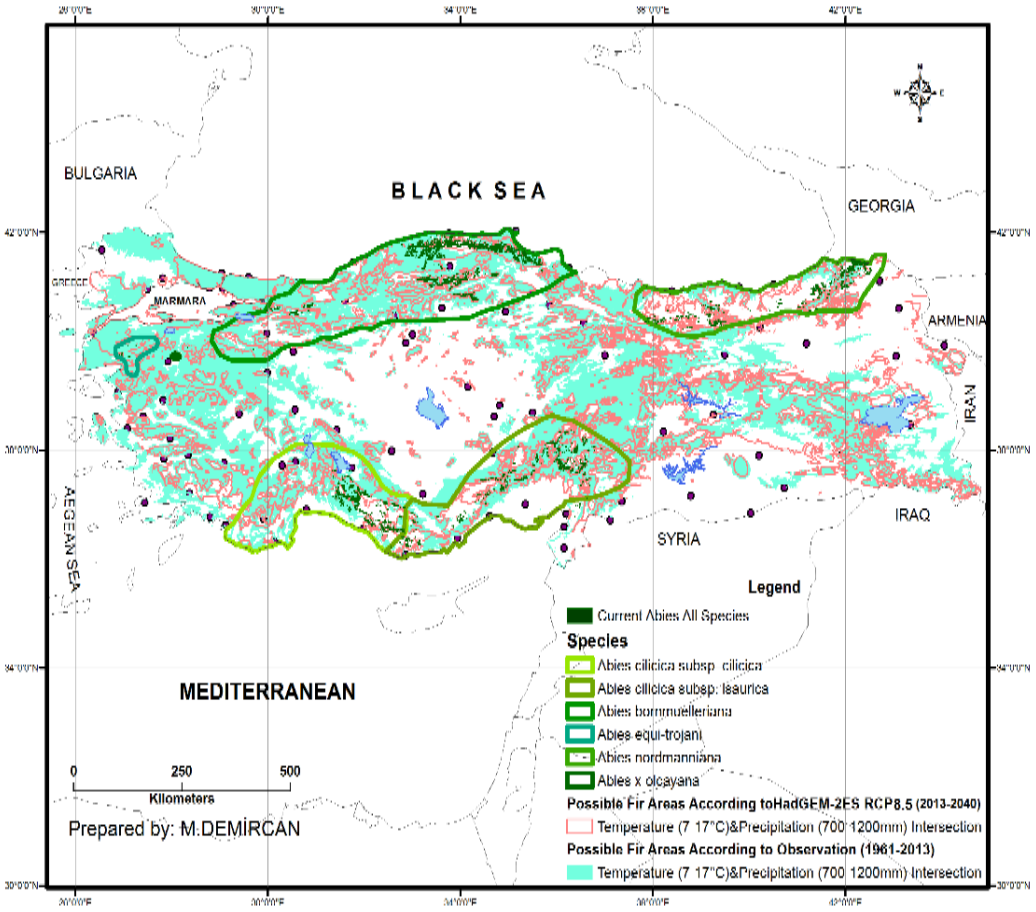


Şekil 6. a) Haşhaş'ın yaşam alanı için uygun iklim bölgesi b) HadGEM-2ES RCP8.5 2015-2040 dönemi c) HadGEM-2ES RCP8.5 2041-2070 dönemi d) HadGEM-2ES RCP8.5 2071-2099 dönemi (Yıldırım vd.; 2016, 2017).

Tarım sektörü için yapılacak uyum çalışmaları; tarım havzalarındaki her bitki türü ve her tarım zararlısı için klimatik yaşam eşik değerleri ayrı ayrı ele alınarak yapılmalıdır. Yeni iklim şartlarına uyum sağlaması zor olan bir ürünü o bölgede yaşatmak zor ve maliyetli olacaktır. Bitkilerin yaşam alanlarındaki değişim ve coğrafik kaymalar belirlenmeli, tarım havzalarında oluşacak yeni iklim şartlarına uygun ürünler belirlenmelidir. Böylelikle uyum maliyetleri de azalacaktır. Ayrıca tarım zararlılarının olası klimatik yaşam alanlarının belirlenmesi, daha ortaya çıkmadan bu bölgelerin takibi ve önleme çalışmaları için bir altlık hazırlayacaktır.

Ormancılık sektörü için yapılacak iklim uyum çalışmalarında da ağaç türü bazında klimatik yaşam alanları ve orman zararlılarının olası klimatik yaşam alanları belirlenmelidir. Örneğin, köknar türlerinin olası dağılım alanları için klimatik eşik değerleri olarak; sıcaklık için 7-17°C ve yağış için 700-1200 mm değer aralığı kullanılabilmektedir. Gözlem verileri (1961-2013 dönemli 96 istasyon ile) ile yükseklik verisi ve Demircan vd. (2011) ile Schreiber'e yöntemleri kullanılarak elde edilen kesişim katmanı köknarın Türkiye üzerindeki dağılımını gösterebilmektedir. Bu eşik değerlerinin HadGEM-2ES RCP8.5 (2013-2040 dönemi) kullanılarak da gelecekteki değişimi gösterilmiştir (Şekil 7).





Şekil 7. Köknarın Türkiye üzerindeki dağılımını, olası yaşam alanları ve gelecekteki olası değişimi.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye için yapılan iklim değişikliği projeksiyon çalışmaları sonuçlarında, Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklık artışının; 2016-2040 dönemi için 1.0 °C - 2.0 °C arasında; 2041–2070 dönemi için 1.5 °C - 4.0 °C arasında ve son dönem olan 2071-2099 dönemi 1.5 °C - 5 °C arasında olması öngörülmektedir. Bazı senaryolarda 21 yy. son otuz yılında (2071–2100) sıcaklık artışının kış mevsiminde 3.0 °C ve yaz mevsiminde 8.0 °C'ye ulaşması da öngörülmektedir. Yağışlarda; tüm dönemlerde kış mevsimi için ülke genelinde yağış miktarında artışlar, ilkbahar mevsiminde tüm dönemlerde ülkenin sahil ve kuzeydoğu kesimleri haricinde yağış miktarında azalışlar, yaz mevsiminde tüm dönemlerde ülkenin batı sahilleri ve kuzeydoğu bölümleri haricinde yağış miktarında azalışlar ve sonbahar mevsiminde genel olarak yağış miktarında bir azalma öngörülmektedir. Her ne kadar projeksiyon dönemi boyunca (2016-2099) yağış miktarında düzenli bir artış ve azalış eğilimi olmasa da, yağış rejiminin düzensizliği dikkat çekicidir.

İklim değişikliği bağlamında, yeni iklim şartlarında Türkiye nehir havzalarında ciddi risklerin oluşması öngörülmektedir. Bunlardan bir tanesi, özellikle Fırat-Dicle havzası olmak üzere, Anadolu'nun iç kesimleri ve güneyindeki havzalarda yağış miktarındaki azalıştır. İkincisi ise

artan sıcaklıkların yağış cinsi değişikliklerine neden olması ve kış mevsimindeki yağan karın yağmura dönüşmesidir. Kar, yıl boyunca su tedarik eden önemli su kaynağıdır. Ve ayrıca sıcaklık artışı ilkbaharda erken kar erimesine neden olabilir. Bozkurt vd. (2013) ve Bozkurt vd. (2015), Erken Erime ve Fırtına-Dicle Havzasındaki kar erimesi akışındaki zamansal değişmeler sonucuna varmıştır. Üçüncü sorun ise, özellikle yaz mevsiminde ve özellikle Anadolu'nun batı ve kuzey sahil kesimlerinde aşırı yağışların oluşma riskidir. Bu aşırı yağışlar son yıllarda olduğu gibi sellere neden olabileceklerdir. Ayrıca artan sıcaklıklar; fırtına, dolu ve hortum gibi aşırı hava olaylarının sayısında ve şiddetinde artışa yol açabilecektir. SYGM'nin (2016) projesinde de 2015-2100 döneminde Marmara ve Karadeniz bölgelerinde aşırı yağış ve sel baskını olasılıklarının artabileceği sonucuna varılmıştır.

İklim değişikliği öngörü çalışmaları bütün sektörlere uyum planı çalışmalarında, yani paydaşların gelecek planlarında -ki bunlar iklim ve iklim model çıktıları temelli yapılmalıdır- esas veri ve temel altlığı sağlamaktadır. İklim değişikliği çalışmaları kapsamında farklı iklim modellerinin senaryoları, Türkiye ve çevresi için ölçek küçültme yöntemi ile üretilmelidir. Böylelikle gelecekte muhtemel olması öngörülen iklim değişikliği ihtimallerini daha detaylı görmek mümkün olacaktır. İklim değişikliği uyum çalışmalarının ikinci adımı ise sektörlere özel iklim ürünlerinin hazırlanmasıdır. Bu ürünler hazırlanırken modelleme çalışmasından kaynaklanabilecek hatalar göz önünde bulundurulmalıdır.

Sektörel iklim ürünleri diğer bir ismiyle özel iklim ürünleri, iklim parametreleri için eşik değerlere (bitki ve hayvanların iklimsel yaşam alanı, hastalık için iklim eşiği, aşırı olaylar vb.) dayanır. Bu eşik değerleri, sektörel kullanım ile ilişkilidir ve sektörel amaç için kritik değerlerdir. Eşik değerler, uyum planlarında iklim değişikliği ile mücadele etmek için ileride yapılacak sektörel planlama için özellikle önemlidir. İklim değişikliği uyum planlarının sadece iklim değişikliği projeksiyonlarının genel sonuçları (sıcaklık ve yağış değişimi vb.) üzerinden hazırlanması uyum planlarının başarı, verim ve etkinliğini azaltırken maliyetlerini artırabilecektir. Bu neden ile eşik değerlerin kullanılması uyum planlarının öznelleşmesine, sektör ve bölge bazında ayrı ayrı, daha doğru ve daha az maliyetli önlemler alınmasına yardımcı olacaktır.

Sektörel iklim ürünleri, sadece sektörün kendi başına hazırlayabileceği bir ürün değildir. Bu ürünler bir ekip işi olmalıdır. Ekip ise sektör uzmanı, iklim uzmanı, iklim model uzmanı, meteoroloji uzmanı, Coğrafi Bilgi Sistemleri uzmanı, coğrafyacı ve ilişkisinin olduğu diğer dalların uzmanlarından oluşmalıdır.

4. KAYNAKÇA

1. IPCC (2007). Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report, September, 2007, Netherlands.
2. IPCC (2013). Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2013, http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf
3. Demircan,M, Arabaci, H., Bölük, E., Akçakaya, A., Şensoy, S., And Ekici, M., "İklim normalleri ve 1981-2010 sıcaklık normallerinin coğrafî bilgi sistemleri ile topografya kullanarak yüksek çözünürlüklü grid veri setinin üretilmesi", 6. Atmosferik Bilimler Sempozyumu, 24-26 Nisan 2013, İTÜ, İstanbul – Türkiye. (a)
4. Demircan,M, Arabaci, H., Bölük, E., Akçakaya, A., And Ekici, M., "İklim normalleri: üç sıcaklık normalinin ilişkileri ve uzamsal dağılımları", III. Türkiye İklim Değişikliği Konferansı - TİKDEK 2013, 3 - 5 Haziran, 2013, İTÜ - Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul – Türkiye, (b)
5. Türkiye İklim Değişikliği 5. Bildirimi (TİDBB), T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013, Ankara, Türkiye

6. Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S, Çukurçayır, F. (2015) Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği (TR2015-CC). Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, Ankara.
7. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (İDSKEP), Haziran 2016, Ankara
8. Türkiye İklim Değişikliği 6. Ulusal Bildirimi (TİDAUB), T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016, Ankara, Türkiye
9. Önol, B. and Semazzi FHM., Regionalization of climate change simulations over the eastern Mediterranean. J Climate 2009; 22, 1944–61, 2009.
10. Demir, İ.. Bölgesel iklim modeli projeksiyonları, ECHAM5-B1 (Regional Climate Model Projections). In: 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book: ITU, 27-29 April 2011, İstanbul – Turkey, 2011.
11. Ozdoğan M., Climate change impacts on snow water availability in the Euphrates–Tigris basin. Hydrol Earth Syst Sci 15:2789–2803Pal JS, 2011.
12. Bozkurt D. and Sen O.L., Precipitation in the Anatolian Peninsula: sensitivity to increased SSTs in the surrounding seas. Clim Dyn36 (3–4):711–726, 2011.
13. Bozkurt D., Turuncoglu U., Sen O.L., Onol B. and Dalfes H.N., Downscaled simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3global models for the eastern Mediterranean–Black Sea region: evaluation of the reference period. Clim Dyn 39(1–2):207–225, 2012.
14. Önol, B., Understanding the coastal effects on climate by using high resolution regional climate simulation. Clim Res 52:159–174, 2012.
15. Önol B and Unal YS., Assessment of climate change simulations over climate zones of Turkey. Reg Environ Change. doi:10.1007/s10113-012-0335-0, 2012.
16. Önol B., (2012). Effects of Coastal Topography on Climate: High-Resolution Simulation with a Regional Climate Model, Clim. Research, doi: 10.3354/cr01077, 2012.
17. Önol, B., Bozkurt, D., Turuncoglu, U.U., Sen, O.L., and Dalfes H.N., Evaluation of the twenty-first century RCM simulations driven by multiple GCMs over the Eastern Mediterranean–Black Sea region, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Clim Dyn (2014) 42:1949–1965, DOI 10.1007/s00382-013-1966-7, 2013.
18. Bozkurt D. and Sen O.L., Climate change impacts in the Euphrates–Tigris Basin based on different model and scenario simulations. J Hydrol 480:149–161, 2013.
19. Turp, M.T., Ozturk, T., Türkeş M. and Kurnaz, M.L., Investigation of Projected Changes for Near Future Air Temperature and Precipitation Climatology of Turkey and Surrounding Regions by Using the Regional Climate Model RegCM4.3.5, Aegean Geographical Journal, 23/1 (2014), 1-24, 2014, Izmir, Turkey
20. Ozturk, T., Türkeş M. and Kurnaz, M.L., Analysing Projected Changes in Future Air Temperature and Precipitation Climatology of Turkey by Using RegCM4.3.5 Climate Simulations, Aegean Geographical Journal, 20/1, 2014, Izmir, Turkey
21. Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A,. Demircan, M. ve Akçakaya, A., RCP4.5 Senaryosuna Göre Türkiye'de Sıcaklık Ve Yağış Projeksiyonları, III. Türkiye İklim Değişikliği Konferansı - TİKDEK 2013, 3 - 5 Haziran, 2013, İTÜ - Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul – Türkiye.
22. Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A. Ve Akçakaya, A., Climate Change Projections For Turkey With New Scenarios, The Climate Change And Climate Dynamics Conference-2014 – CCCD2014, 8-10 October 2014, Istanbul, Turkey (a).
23. Demircan, M., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. ve Akçakaya, A.,Türkiye'de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 23-24 Ekim 2014, Ankara, Türkiye (b).
24. Demircan, M., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. ve Akçakaya, A., Yeni Senaryolara Göre Türkiye Akarsu Havzalarında İklim Değişikliği Projeksiyonları, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 23-24 Ekim 2014, Ankara, Türkiye (c).
25. Yıldırım, M., U., Demircan, M., Özdemir, F., A. ve Sarıhan, E., O., İklim Değişikliğinin Haşhaş (Papaver somniferum L.) Üretim Alanlarına Etkisi, 11. Tarla Bitkileri Kongresi, 7 - 10 Eylül 2015 – Troia Kültür Merkezi, Çanakkale
26. Bozkurt D., Sen O.L. and Hagemann, S., Projected river discharge in the Euphrates−Tigris Basin from a hydrological discharge model forced with RCM and GCM outputs. Clim Res, Vol. 62: 131–147, 2015, doi: 10.3354/cr01268, 2015.
27. Ünal, Y., Acar, M., Çağlar, F. and Incecik S., Comparing High Resolution Climate Simulations Driven By HadGEM2-ES and MPI-ES-MR Over Turkey For Present And Future, 5th International Conference on Meteorology and Climatology of the Mediterranean, March 2 - 4, 2015,Istanbul, Turkey.

28. Gürkan, H., Bayraktar, N., Bulut, h., Koçak, N., Eskioğlu, O., ve Demircan, M., Marmara Bölgesi'nde İklim Faktörlerinin ve İklim Değişikliğinin Ayçiçeği (Helianthus annuus L.) Bitkisinin Verimi Üzerine Etkisi, 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi, Volume: 13, 12-15 Nisan 2016, Antalya, Türkiye (a).
29. Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., ve Yazıcı, B., GFDL-ESM2M Modeli Temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Türkiye için Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları, TUCAUM 2016 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, Ankara (b).
30. Coşkun, M., Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., ve Yazıcı, B., İklim Değişikliğinin Enerji Tüketimine Etkisi, 10. Uluslararası Temiz Enerji Sempozyumu (UTES), 24-26 Ekim 2016, İstanbul
31. Yıldırım, M., U., Demircan, M., Özdemir, F., A. ve Sarıhan, E., O., İklim Değişikliğinin Haşhaş (Papaver somniferum L.) Üretim Alanlarına Etkisi, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, Cilt 25, SAYI: ÖZEL SAYI-2, ISSN: 1302-4310, E-ISSN: 2146-8176, DOI: 10.21566/tarbitderg.282851, sayfa:289-295, 2016, Ankara.
32. Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., ve Yazıcı, B., GFDL-ESM2M Modeli Temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Türkiye için Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları, Coğrafi Bilimler Dergisi (Turkish Journal of Geographical Sciences), Basılı ISSN: 1303-5851, e-ISSN: 1308-9765, DOI: 10.1501/Cogbil_0000000174, 14(2): 077-088, 2016, Ankara (c).
33. Demircan, M., Arabacı, H., Gürkan, H., Eskioğlu, O., Coşkun, M., Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios, Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi (Turkish Journal Of Water Science & Management), ISSN:2536 474X Publication number:6777, Volume: 1 Issue: 1, January 2017, Ankara
34. Ozturk, T., Turp, M.T., Türkeş M., Kurnaz, M.L., Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5, Atmospheric Research 183 (2017) 296–307, 2017.
35. Güser, Y., Demircan, M., Arabacı, H., Coşkun, M., Don Afetinin İklim Değişikli Projeksiyonlarına Göre İncelenmesi, IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK'2017 5-7 Temmuz 2017, İstanbul
36. Eskioğlu, O., Gürkan H., Arabacı, H., Demircan, M., Şensoy, S., Yazıcı, Y., Kocatürk, A., Sümer, U.M., Coşkun, M., İklim Değişikliğinin GFDL-ESM2M Modeline Göre Nispi Nem Üzerine Olası Etkisi, IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK'2017 5-7 Temmuz 2017, İstanbul
37. Demircan, M., Alan, I., and Sensoy, S., "Increasing resolution of temperature maps by using Geographic Information Systems (GIS) and topography information", EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 8, EMS2011-182, 2011, 11th EMS/10th ECAM,

Birleşmiş Millet İklim Değişikliği Müzakereleri, Bilimsel ve Teknoloji Danışma Organı (SBSTA 46), Kırk Altıncı Oturumu ülke bildirimi

TÜRKİYE'NİN BİLDİRİMİ

Konu: Araştırma ve sistematik gözlem / Araştırma Diyaloğu: SBSTA 46 ve sonrasında yapılacak araştırma diyaloğunda dikkate alınması gereken olası konular hakkındaki Taraflardan görüş (FCCC / SBSTA / 2016/2, paragraf 35)

I. Giriş ve Genel Yorumlar

1. Türkiye, SBSTA'nın kırk dördüncü oturumunun (FCCC/SBSTA/ 2016/2) sonuçlarını ve SBSTA 46 ve sonrasında yapılacak Araştırma Diyalogunda tartışılması gereken konularda görüş bildirme davetini memnuniyetle karşılamaktadır.

2. Araştırma Diyaloğu, kapasite oluşturma konusunda bilimsel bulgular ve onların iletişimi üzerinde bir alışveriş ve tartışmaya izin veren önemli bir araçtır. Ayrıca, Taraflar ve iklim değişikliği araştırma programları ve bölgesel ve uluslararası temellendirilmiş örgütler arasındaki diyalog kolaylaştırmaktadır.

3. Paris Anlaşması, iklim hizmetlerini bildiren ve karar vermeyi destekleyecek şekilde araştırma, iklim sisteminin sistematik gözlemi ve erken uyarı sistemleri dahil olmak üzere iklim hakkındaki bilimsel bilgiyi güçlendirmeyi vurgulamaktadır.

4. WMO, WMO Kapasite Geliştirme Stratejisi ve Uygulama Planında (WMO-No: 1133, 2015) temel, esas, tam ve gelişmiş iklim servislerinin (İS) kategorilerini sunmuştur. Bu kategorilere dayanarak, İS'lerin üçte biri basit ve basit kategorinin altında, İS'lerin üçte biri temel kategoridedir. İS'lerin üçte biri ise, Küresel İklim Hizmetleri Çerçevesi - Kapasite Geliştirme (WMO, 2014) Uygulama Düzeyinin Ekine göre dünyada tam ve gelişmiş kategoridedir. Dünyadaki İS'lerin üçte ikisi; temel, basit ve basit seviyenin altında olan iklim servisleri; Gelişmekte olan ülkeler, En Az Gelişmiş Ülkelerden (LDCs) ve Küçük Ada Devletlerinde (SIDSs) yer almaktadır. Tam ile gelişmiş kategoriler ve diğer kategoriler arasındaki farklar; uzmanlaşmış iklim ürünleri, on yıllık iklim tahmini, uzun vadeli iklim projeksiyonları, özelleştirilmiş iklim ürünleri ve iklim uygulama araçları gibi bazı ürünlerdir. Bu ürünlerden bazıları erken uyarı sisteminin araçlarıdır ve meteorolojik felaketlerle mücadelede hayati öneme sahiptir. Ayrıca, bu ürünlerden bazıları sektörler ve ülkeler için uyum planları hazırlamak için gereklidir.

II. SBSTA 46 ve sonrasında Araştırma Diyaloğu için muhtemel konular

1. Türkiye, Marakeş'de düzenlenen COP 22 "Dünya Bilgi Günü" nü memnuniyet ile karşıladı. Dünya Bilgi Günü, Dünya gözlemi ile iklim değişikliğine küresel cevabı ilişkilendirmiştir. Küresel iklim gözlem sisteminin uygulama gereksinimlerinde, iklimin mevcut durumu ve en etkili iklim hareketini gerçekleştirmek için gelişmeler ve fırsatlar hakkında güncel bir resim sunmuştur. İklim araştırmalarının ilk adımı sistematik gözlem, ikinci adım ise gözlemlerden

gelen izleme ve planlama için iklim ürünleridir. Bu bağlamda Türkiye, SBSTA 46 ve sonrasındaki Araştırma Diyaloğu için "Dünya Eğitim Günü" başlığını önermektedir.

2. Türkiye, SBSTA'nın temel, basit ve basit kategorinin altındaki iklim servisleri için uluslararası kuruluşları iklim ürünleri, özel ve sektörel iklim ürünleri ile ilgili eğitim kursları düzenlemesine, metodoloji, araç ve rehber geliştirmeye teşvik etmesi gerektiğini düşünmektedir.

3. İklim değişikliğine uyum (İDU) ve Afet Risk Azaltma (ARA) çalışmaları, geçmiş, bugün ve gelecek için iklim ve sektörel verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Planlar ve stratejiler gibi İDU ve ARA faaliyetleri, bu analizlere dayanarak etkili bir şekilde hazırlanabilir. Gözlem boşlukları nedeniyle zamansal ve uzamsal olarak, özellikle gelişmekte olan ülkeler, LDC'ler ve SIDS'lerde İDU ve ARA hazırlamak büyük bir sorundur. Türkiye, küresel iklim reanaliz verilerinin veri boşluklarında kullanılabileceğini düşünmektedir. Türkiye, SBSTA'nın uluslararası kuruluşları küresel iklim reanaliz veri setlerini ve Küresel İklim Modelleri çıktıları için ölçek küçültme tekniklerini kullanma konusunda metodoloji, araçlar ile kılavuz geliştirmeye ve eğitim kursları düzenlemesini teşvik etmesini önermektedir.

4. Özel iklim ürünleri, iklim parametreleri için eşik değerlere (bitki ve hayvanların iklim habitatı, hastalık için iklim eşiği, aşırı olaylar vb.) dayanır. Bu eşik değerleri, sektörel kullanım ile ilgilidir ve sektörel amaç için kritik değerlerdir. Eşik değerler, uyum planlarında iklim değişikliği ile mücadele etmek için ileride yapılacak sektörel planlamada özellikle önemlidir. Türkiye, SBSTA'nın uluslararası kuruluşları sektörel iklimsel eşik değerleri konusunda bir kılavuz hazırlamaya teşvik etmesi gerektiğini önermektedir.

5. Bu kılavuzlar, yöntemler ve araçlar, yalnızca LDCs, SIDSs ve gelişmekte olan ülkelerin değil, aynı zamanda gelişmiş ülkelerin de karşılıklı yararına öğrenme ve kapasite gelişimini sağlayabilir.

6. Türkiye, SBSTA 46 ve sonrasında aktif Araştırma Diyaloglarını sabırsızlıkla beklemektedir. Türkiye, araştırma programları, ulusal, bölgesel ve küresel iklim araştırmaları, bilimsel ihtiyaçlar ve son bilimsel bulgular üzerine ulusal ve uluslararası kuruluşlardan gelen sunumların, iklim değişikliği ile mücadele için yararlı araçlar olduğunu düşünmektedir. Ayrıca, Araştırma Diyaloğu, bölgesel ve uluslararası kuruluşlar, bilim uzmanları ve diğer Taraflarla etkileşim kurmak, tecrübelerinden yararlanmak ve bilgi alışverişi yapmak için iyi bir fırsattır.

Türkiye ulusal bildiriminden ilgili maddeler müzakereler sonucunda Araştırma ve sistematik gözlemler başlıklı dokümanın 6. maddesinin (b) ve (e) maddeleri olarak uluslararası uzlaşma ile karar dokümanına girmiştir.

(FCCC/SBSTA/2017/L.3 Bilimsel ve Teknolojik Danışma Yardımcı Organı Kırk altıncı Oturum Bonn, 08-18 Mayıs 2017, Gündem maddesi 6 (a), Bilim ve gözden geçirme ile ilgili hususlar)

http://www4.unfccc.int/sites/SubmissionPortal/Documents/562_263_131362997057051272-Research%20and%20systematic%20observation.pdf

https://unfccc.int/resource/docs/2017/sbsta/eng/l03.pdf

Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios

Mesut DEMİRCAN[1], Hüdaverdi GÜRKAN[1], Osman ESKİOĞLU[1], Hüseyin ARABACI[1], Mustafa COŞKUN[1]

Abstract

"A scenario is a coherent, internally consistent and plausible description of a possible future state of the world". The name "representative concentration pathways – RCP's" are referred to as pathways in order to emphasize that their primary purpose is to provide time-dependent projections of atmospheric greenhouse gasses (GHGs) concentrations. In this study, it is intended to reveal the possibilities of future climate change for Turkey and its surrounding region. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M Global Circulation Models' RCP4.5 and RCP8.5 scenarios outputs were used in the study. Temperature and precipitation projections were produced from these outputs, based on domain with 20 km resolution, covering period between 2016 and 2099 and using regional climate model RegCM4.3.4 and with dynamic downscaling method. According to the models results, it is expected that an increase between 1°C and 6°C in mean temperatures of Turkey. In generally precipitation amount shows a decreasing except winter season. Although there is no regular decreasing or increasing trend throughout projection period, it attracts more attention irregularity of precipitation regime.

Key words: *RCP, HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M, RegCM.*

1. Introduction

The importance of climate in human life is associated with positive or negative effects of the climate in social and economic life and how it affects (Demir et al., 2013; Demircan et al., 2014 [a],[b],[c]). Many institutions and organizations, both national and international, governmental and non-governmental, have made efforts to determine the possible changes in climate and the impacts of these changes correctly, in order to provide a sustainable life to people.

The most important of these efforts are climate modelling studies. Variables representing environmental conditions may include in the model in more detail in conjunction with the development of technology. From the 1970s climate models began to be used with the proliferation of the use of computers for scientific purposes. In the first climate model studies, climate was modelled according to only the atmosphere and observed parameters in the atmosphere. By the developments in science and technology, land surface, oceans, sea ice, sulphate aerosols,

[1]*Turkey State Meteorological Service, Research Department, Climatological Service, Ankara, Turkey*
mdemircan@mgm.gov.tr, hgurkan@mgm.gov.tr, oeskioglu@mgm.gov.tr, harabaci@mgm.gov.tr, mustafacoskun@mgm.gov.tr

carbon cycle, atmospheric chemistry and dynamics of vegetation and other factors have been new parameters that are important inputs to climate models. Both with the development of science and technology and with the guidance of IPCC, climate change studies started to produce more accurate outcomes.

In 2006, a few results from the regional climate model RegCM3 were available for the last 30 years of the 21st century, and this was only under one SRES scenario. Substantial progress has been made since 2006. In recent years, substantial climate simulation studies focusing on Turkey and its surrounding region have been developed. Regional climate change simulation based on the IPCC A2 scenario over the Eastern Mediterranean for the last 30 year of the 21st century were developed by Önol and Semazzi (2009). The climate research group of the Eurasia Institute of Earth Sciences at ITU has carried out a downscaling experiment for Turkey using the outputs of the emission scenario simulations of three different GCMs (TFNC, 2013).

Since 2006, a number of regional climate simulation studies have been carried out on Turkey (its sub regions or with its surrounding region). Regional climate change simulations based on the SRES scenarios have been performed by Krichak et al. (2007), Gao and Giorgi (2008), Turuncoglu et al. (2007), Önol and Semazzi (2009), Zanis et al. (2009), Black et al. (2010), Sen et al. (2011), Demir (2011), Ozdogan (2011), Bozkurt and Sen (2011), Önol (2012), Bozkurt et al. (2012), Önol and Unal (2012), Bozkurt and Sen (2013), Önol et al. (2013). In these studies, they found a temperature increase for the entire region and a decrease in annual precipitation in generally.

State Meteorological Service (SMS) has produced climate projections by downscaling method using global models within the scope of Coupled Model Inter-comparison Project Phase 5 (CMIP5). For the climate projections, new generation concentration scenarios of IPCC AR5 (Representative Concentration Pathways, RCP) were used. As well as, a project titled "The Effect of Climate Change on Water Resources Project - TECCWRP" was started in 2013 by the Ministry of Forestry and Water Affairs, General Directorate of Water Management (GDWM) (SNCT, 2016).

Since 2010, a number of regional climate simulation studies have been carried out for Turkey (its sub regions or with its surrounding region) with new scenarios. Regional climate change simulations based on the RCP scenarios have been performed by Demir et al. (2013), Demircan et al. (2014 [a],[b],[d]), Ozturk et al. (2014), Turp et al. (2014), Unal et al. (2015), Gurkan et al. (2015), Yıldırım et al. (2015), Ozturk et al. (2016), Gurkan et al. (2016), Demiroglu (2016). In these studies, they found a temperature increase for the entire region and decrease of annual precipitation in general.

Climate is the average weather conditions experienced in a particular place over a long period. Climatological normals are averages for consecutive periods of 30 years which are calculated from climatological data (Demircan et al., 2013; Demircan et al., 2014 [a],[b],[c],[d]). Using climate normals are very important tool to provide a standard base for preparing global assessment and climate monitoring studies. The reference period of climate; 1961-1990, 1971-2000 and 1981-2010 as climate normals are used by scientists, national climate services and international institutions in climate monitoring, climate trends, climate change and modelling studies.

2. Method

The study involves projection of climate parameters that are produced by using regional climate model (RegCM4.3.4) with dynamic downscaling method based on RCP4.5 and RCP8.5 scenarios from outputs of 3 Global Circulation Models (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M).

HadGEM2 is a comprehensive Earth-System Model developed by Hadley Centre of UK Met Office. The standard atmospheric component has 38 levels extending to ~40km height. Horizontal resolution is 1.25° latitude and 1.875° longitude (~112.5 km) (MetOffice, URL). MPI-ESM-MR is a comprehensive Earth-System Model developed by Max Plank Institute (MPI) for Meteorology (MR mixed resolution). It is one of the preferred model in CMIP5 studies. This version resolution is 63 level in horizontal (approximately 1.9° (~210 km) on a Gaussian grid) and 95 level in vertical. GFDL-ESM2M is a comprehensive Earth-System Model developed by National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL). It is one of the preferred model in CMIP5 studies. This version resolution is 2.5° longitude, 2° latitude (~220 km) in horizontal and 24 level in vertical.

Climate models are the primary tools available for investigating the response of the climate system to various forcings, for making climate predictions on seasonal to decadal time scales and for making projections of future climate over the coming century and beyond (IPCC, 2013). Regional Climate Models (RCMs) are limited-area models with representations of climate processes comparable to those in the atmospheric and land surface components of Atmosphere-Ocean General Circulation Models (AOGCMs), though typically run without interactive ocean and sea ice. RCMs are applied over a limited-area domain with boundary conditions either from global reanalyses or global circulation model output. RCMs are often used to dynamically 'downscale' global model simulations for some particular geographical region to provide more detailed information (Laprise, 2008; Rummukainen, 2010; IPCC, 2013). By contrast, empirical and statistical downscaling methods constitute a range of techniques to provide similar regional or local detail. Parameterizations are included in all model components to represent processes that cannot be explicitly resolved; they are evaluated both in isolation and in the context of the full model. Atmospheric models must parameterize a wide range of processes, including those associated with atmospheric convection and clouds, cloud-microphysical and aerosol processes and their interaction, boundary layer processes, as well as radiation and the treatment of unresolved gravity waves.

Representative Concentration Pathways – RCP's

"Experts Meeting" with broad participation was organized by the IPCC in September 2007 for a new approach for climate change scenarios to be used in the IPCC 5th Assessment Report. In this context; a new set of new emission/concentration scenarios were produced. These new emission/concentration scenarios, named Representative Concentration Pathways (RCPs), have specified characteristics. (Table 2.1) (TSMS, 2015).

Table 2.1.
Types of Representative Concentration Pathways (RCP's) (Based on IPCC, 2007)

Name of RCP's	Radiative Forcing	Time	Pathway shape	Concentration (ppm)	Emissions (Kyoto Protocol's greenhouse gases)
RCP 8.5	> 8.5 W/m²	in 2100	Rising	> ~1370 CO2-eq in 2100	Rising continues until 2100.
RCP 6.0	~6.0 W/m²	at stabilization after 2100	Stabilization without overshoot	~850 CO2-eq (at stabilization after 2100)	Decline in the last quarter of century
RCP 4.5	~4.5 W/m²	at stabilization after 2100	Stabilization without overshoot	~650 CO2-eq (at stabilization after 2100)	Decline from the mid-century
RCP3-PD*	~3.0 W/m²	peak at before 2100 and then decline	Peak and decline	peak at ~490 CO2-eq before 2100 and then decline	Decline in the first quarter of century

Global Models and Data Sets

This study contains the results of the project named "Climate Projections with New Scenarios for Turkey". In this context, three (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M) Global Circulation Models' data were used based on RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. The period 1971-2000 was defined as the reference period and the period 2016-2099 was defined as the future period.

Table 2.2.
Data sets and periods

GCMs Data Set	Reference Observation Data Sets (RODSs)	Reference Period	Projection Period
HadGEM2-ES MPI-ESM-MR GFDL-ESM2M	Climate Research Unit (CRU) University of Delaware (UDEL)	1971-2000	2016-2099

Dynamic Downscaling: RegCM4

RegCM4 which is developed by International Centre for Theoretical Physics in Italy (ICTP) was used in the study (Giorgi et al., 1993 [a],[b]). This model is a limited area atmospheric models that is consisting of the basic equation, hydrostatic, compressible and sigma pressure levels. RegCM4's model physic uses BATS ground surface model (Dickinson et al., 1993), non-local boun-

dary layer diagram (Holtslag et al., 1990), the radiation scheme of the NCAR CCM3 (Kiehl et al., 1996), parameterizations for ocean surface fluxes (Zeng et al., 1998), the explicit moisture scheme of (Hsie et al., 1984), a large-scale cloud and precipitation scheme which accounts for the subgrid-scale variability of clouds (Pal et al., 2000) and various options for cumulus convection (Anthes, 1977; Grell, 1993; Emanuel and Zivkovic-Rothman, 1999).

One-way nesting method was used to downscale from Global Circulation Models to study domain. Resolution of HadGEM2-ES is allowing a direct downscaling to 20 km. On the other hand, resolution of MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M is not allow directly downscaling. Firstly, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M was downscaled to 50km than they were downscaled to 20 km from 50 km outputs. A domain with 20 km horizontal resolution which has 130x180 grid-scale and 18 pcs sigma level was used for this study. Cumulus convection parameterization of Emanuel on the land and Grell on the sea was used as convective precipitation scheme for projection study.

The Sensitivity and Control Tests

For control tests of GCMs, regional model was run for the period of 1971-2000 and results were compared with RODSs (Table 2.2). Averages of temperature and daily total precipitation that based on seasonal and annual scale were compared with RODs. Results shown in Table 2.3.

Table 2.3.

Seasonal and annual averages of temperature and precipitation within the reference period of 1971-2000 for regional climate model simulation and grided observations

SEASONS	Temperature (°C)					Precipitation (mm/day)				
RCM/ODS	HadGEM	MPI	GFDL	CRU	UDEL	HadGEM	MPI	GFDL	CRU	UDEL
WINTER	0.436	0.525	-0.949	0.561	-0.076	2.159	2.524	1.728	2.126	2.353
SPRING	8.294	8.628	6.996	9.712	9.309	2.622	1.92	2.24	1.973	2.098
SUMMER	20.792	19.603	17.343	20.859	20.7	0.947	0.417	1.769	0.685	0.742
AUTUMN	10.412	11.003	8.404	12.48	11.961	1.83	1.284	1.206	1.332	1.454
AVERAGE	9.987	9.95	7.956	10.906	10.474	1.886	1.532	1.736	1.530	1.664

As seen in Table 2.3, the average temperature results which were obtained with using downscaling from the reference period (1971 to 2000) data of three global models (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M) were compared with RODSs. HadGEM2-ES's data are seen an overlap with observation data in winter and summer and lower about 1.5°C in spring and autumn from RODSs. MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M's data are seen lower between 1-4°C from RODSs in all season except winter. In winter, MPI-ESM-MR value is overlap with RODSs. According to annual average temperature comparison of Turkey, HadGEM2-ES and MPI-ESM-MR's results are lower about 1°C than CRU and UDEL's observation data sets. There is a difference about 3°C between GFDL-ESM2M's results and RODs (CRU and UDEL).

Daily precipitation results which were obtained with downscaling from the reference period (1971 to 2000) data of three GCMs (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M) were compared with RODSs. In particularly, downscaled data of HadGEM2-ES in winter and MPI-ESM-MR in autumn are seen overlap with RODs. The results data of MPI-ESM-MR in winter season, HadGEM2-ES in autumn, GFDL-ESM2M and HadGEM2-ES in spring are higher than RODSs. The results data of MPI-ESM-MR in spring and summer and GFDL-ESM2M in winter and autumn are lower than RODs. Considering the overall average, HadGEM2-ES and GFDL-ESM2M'results are higher between 0.2-0.4 mm than RODSs and MPI-ESM-MR's results are overlap with RODSs.

3. Results

In this study, we tried to put forth the possibilities of future climate change for Turkey and its surroundings with the regional climate model RegCM4. RCP4.5 and RCP8.5 scenarios outputs of HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M Global Circulation Models have been used in the study. Projection's domain includes Turkey and its surrounding region with 20 km grid resolution. Using these outputs, temperature and precipitation projections that covering the period 2016-2099 have been produced for Turkey. Future projection period (2016-2099) is divided into three groups 2016-2040, 2041-2070 and 2071-2099 respectively. Seasonal mean values were obtained for these three periods. Differences between reference period (1971-2000) and future periods were calculated for the parameters of temperature and precipitation.

Temperature and Precipitation Projections According to RCP4.5 Scenario

Temperature and precipitation values were obtained from RCP4.5 scenario of HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M Global Circulation Models with using dynamic downscaling method. Then differences of temperature and precipitation were calculated between reference period (1971-2000) and future periods. Anomalies of temperature and precipitation are visualized as seasonally for all periods. In generally all of models show an increasing in temperature and a decrease in precipitation with different anomaly values and spatial patterns from now to until end of the century. (Figure 3.1 and 3.2).

In the first period (2016-2040), temperature anomalies are predicted to increase about 0.5-1.5oC for MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M, and about 1.5-3oC for HadGEM2-ES. HadGEM2-ES's anomaly values are higher than other two models. It would be an increase about 2-3oC in summer temperature, except northeast of Eastern Anatolia Region and east of Black Sea Region (Figure 3.1).

In the second period (2041-2070), according to temperature outputs of HadGEM2-ES it might be an increase about 2-3°C in spring and autumn temperatures and an increase up to 4°C in summer temperature. Generally, in MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M, anomalies are between 1-2°C throughout the country and over the seasons (Figure 3.1).

In the last period (2071-2099), it would be an increase about 2°C in winter temperature and 3°C in spring and autumn temperatures. It would be an increase up to 4°C in summer temperature in the Southeast Anatolia Region and coastal part of the Aegean Region. In MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M, anomalies are between 1-2°C throughout the country and over the seasons in generally and increasing up to 3°C in south and southwest part of Anatolia in summer season (Figure 3.1).

When looking at precipitation projections, according to HadGEM2-ES in the first period (2016-2040), it would be an increase about 10% - 40% in precipitation during the winter months in the coast part of the Aegean, Central Black Sea and East Anatolia Regions. Conversely, other two models show an increase up to 20% in precipitation in interior and north part of country and a decrease in the coast part of the Aegean. Unfortunately it is expected to decrease about 20% in the precipitation in the spring in a large part of the country. HadGEM2-ES and MPI-ESM-MR show similar pattern in spring and summer precipitation. GFDL-ESM2M shows generally an increase in most of the country in spring. In autumn, all models show different precipitation pattern (Figure 3.2).

In the second period (2041-2070), according to HadGEM2-ES and MPI-ESM-MR in generally, it would be a decrease about 20% in winter precipitation in East Anatolia, Southeast Anatolia and central and eastern parts of Mediterranean Region. It would be a decrease about 30% in precipitation except Eastern Black Sea coast according to GFDL-ESM2M in generally. In spring, it would be a decrease in interior part of Anatolia according to all models. According to all models it is expected that would be a decrease around 30% in precipitation in summer season in Eastern Anatolia where summer rainfall is important. It is expected to an increase up to 50% in Marmara Region according to both HadGEM2-ES and MPI-ESM-MR. In autumn, models show a decrease in generally throughout Turkey except coastal part of the Aegean Region (Figure 3.2).

In the last period (2071-2099), it would be an increase about 10% in precipitation especially along coastal line except south part of the Anatolia in winter. It would be a decrease about 20% in spring precipitation except coastal part of the Anatolia according to HadGEM2-ES and MPI-ESM-MR. It would be an increase about up to 40% along to country except south part of the Anatolia according to GFDL-ESM2M. In summer season precipitation it would be a decrease up to 60% except coastal part of the Aegean, Marmara and Black Sea Regions in all models. It would be a decrease in autumn precipitation throughout the country except west part and some small part of interior of country in MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M in generally (Figure 3.2).

Temperature and Precipitation Projections According to RCP8.5 Scenario

Temperature and precipitation values were obtained from RCP8.5 scenario of HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M global circulation model with dynamic downscaling method for project domain. Then differences between reference period (1971-2000) and these periods were calculated for temperature and precipitation. Anomalies of temperature and precipitation are visualized as seasonally for all periods. In generally all of models show

an increasing in temperature and a decrease in precipitation with different anomaly values and spatial patterns from now to until the end of the century. (Figure 3.3 and 3.4).

In the first period (2016-2040), it would be an increase about 3°C especially in spring and summer temperatures in HadGEM2-ES and about 0.5-2°C in MPI-ESM-MR and GFDL-ES-M2M (Figure 3.3).

In the second period (2041-2070), it would be an increase about 2-3°C in the winter temperature, about 3-4°C in autumn and spring temperatures and about 5°C in summer temperature in HadGEM2-ES. It would be an increase about 1-2°C in the winter temperature, about 1.5-3°C in autumn and spring temperatures and about 5°C in summer temperature in MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M in generally. (Figure 3.3).

According to HadGEM2-ES in the last period (2071-2099), it would be an increase about 3-4°C in west of Trabzon and Mersin line, about 4-5°C in east of Trabzon and Mersin line in winter temperature. With similar pattern in MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M it is expected to an increase about 2-4°C in the winter, 2-5°C in spring temperature. It would be an increase about 6°C in spring and autumn temperatures especially in South East Anatolia Region in HadGEM2-ES. It would be an increase exceeding 6°C throughout the country in HadGEM2-ES and up to 6°C partly in MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M (Figure 3.3).

In the first period (2016-2040), it would be an increase in precipitation during the winter months except west part of the Marmara, east part of the Mediterranean, southeast part of the Central Anatolia and west part of the Southeast Anatolia Regions in HadGEM2-ES. It would be an increase in precipitation in winter in north part of Anatolia in MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M. It would be a decrease in spring precipitation in west of Mersin-Ordu line in HadGEM2-ES and GFDL-ESM2M and in northeast part and Marmara Region in MPI-ESM-MR. It would be an increase about 40% in summer precipitation except west part of the Mediterranean Region in HadGEM2-ES. It would be a decrease in summer precipitation throughout the country in MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M except some local part. It would be a decrease in autumn precipitation throughout the country in HadGEM2-ES and GFDL-ESM2M. (Figure 3.4).

In the second period (2041-2070), it would be an increase in precipitation during the winter months except south part of Anatolia in HadGEM2-ES. It would be an increase in precipitation in winter in north part of Anatolia in MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M. It would be a decrease in spring season except west part of the Aegean, west and east part of the Black Sea and northern part of East Anatolian Regions in HadGEM2-ES and GFDL-ESM2M. It would be a decrease in spring precipitation throughout country in MPI-ESM-MR. It would be a decrease about 50% in summer precipitation throughout the country except west and east part of the Black Sea, coastal part of the Aegean and the Marmara Regions in HadGEM2-ES. It would be a decrease in summer precipitation throughout the country in MPI-ESM-MR and GFDL-ES-M2M except some local part. In the autumn precipitation, it would be a decrease throughout the country in generally in HadGEM2-ES and GFDL-ESM2M and except northwest costal and southeast part of Anatolia in MPI-ESM-MR (Figure 3.4).

In the last period (2071-2099), it would be an increase in precipitation during the winter months except south part of Anatolia in HadGEM2-ES and MPI-ESM-MR and eastern part of Black Sea Region in GFDL-ESM2M. It would be a decrease about 20% in spring precipitation except coastal part of the Aegean Region, west and east part of Black Sea Region and northern part of East Anatolia Region in HadGEM2-ES and GFDL-ESM2M and a decrease in throughout the country in MPI-ESM-MR. It would be a decrease in summer precipitation except coastal part of the Aegean, Marmara and Black Sea Regions in HadGEM2-ES. It would be a decrease in summer precipitation throughout the country in MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M in generally. Generally in autumn it would be generally a decrease up to 50% throughout the country in all models (Figure 3.4).

Considering to increasing in temperature and precipitation together in both RCP scenarios: The increase in temperature may cause turn the precipitation type from snow to rain during the winter. Furthermore, it could be caused to early snow melting in spring. The reason of increased precipitation amount would be much more evaporation than normal which caused by increasing temperature in spring and summer season in coastal area. When it is considered with convective characteristic of spring and summer precipitation, it could be caused extreme precipitation events in mentioned regions. And also increasing in temperature could be caused to extreme weather events such as storm, hail and waterspout.

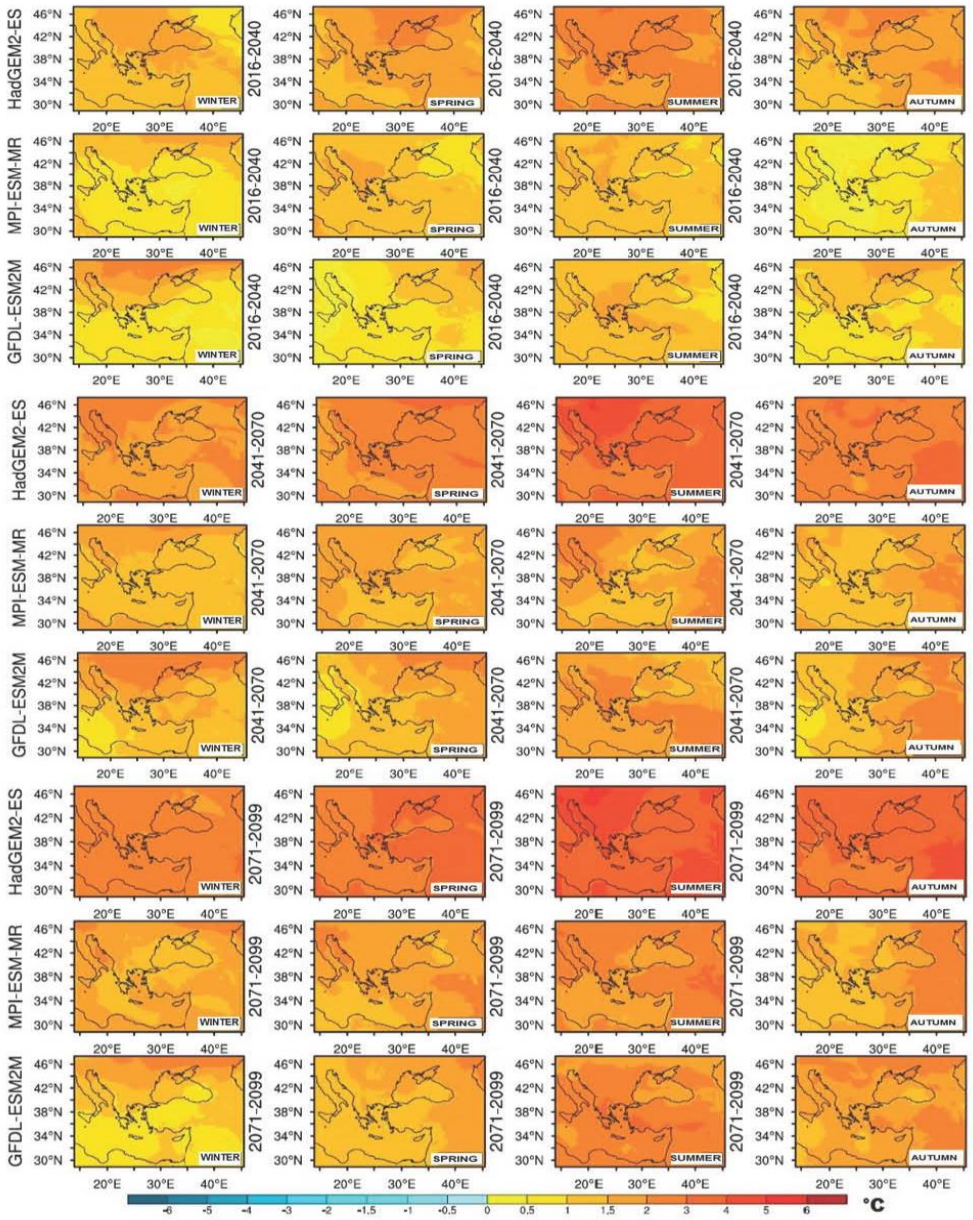


Figure 3.1. Temperature projections according to RCP4.5

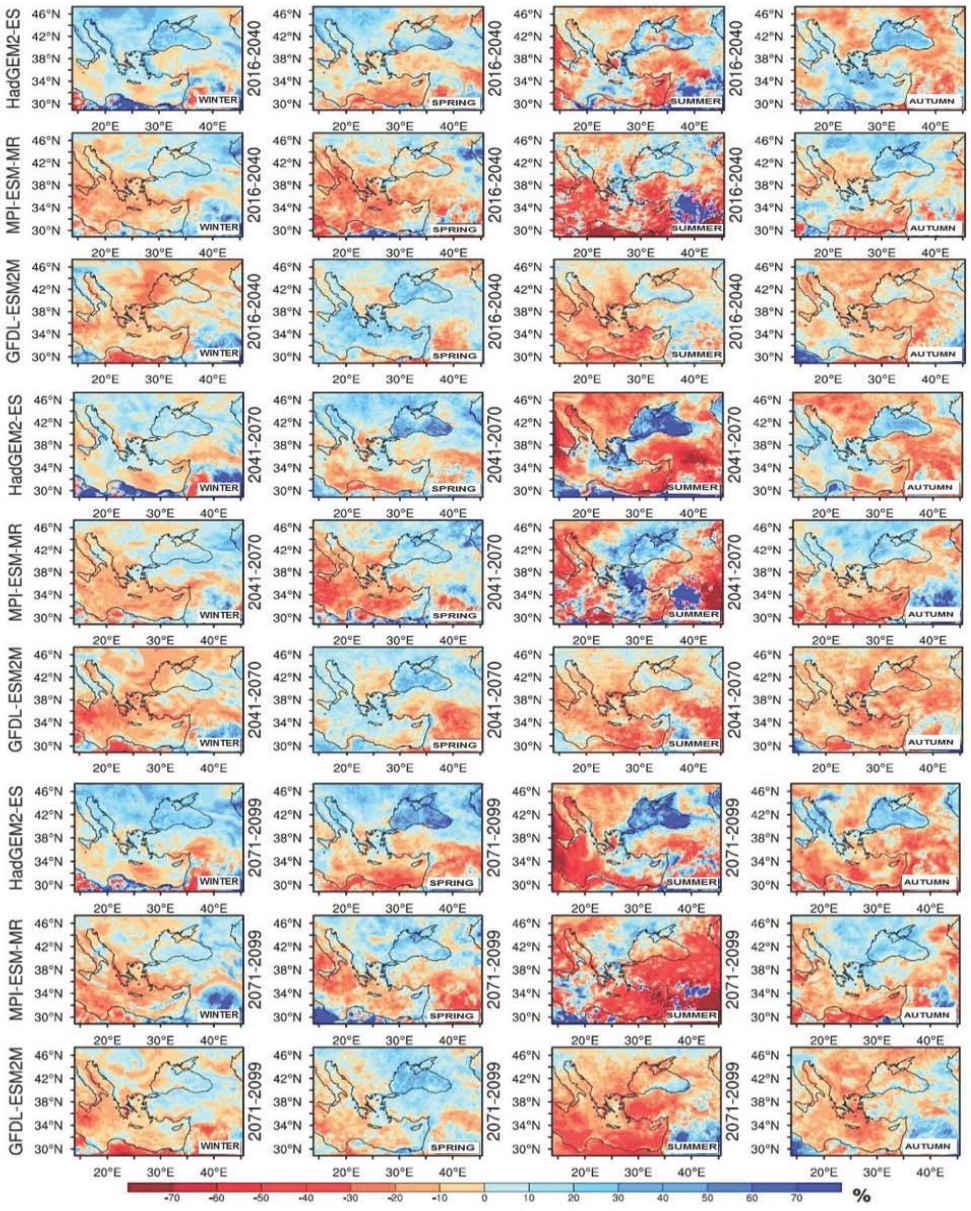


Figure 3.2. Precipitation projections according to RCP4.5

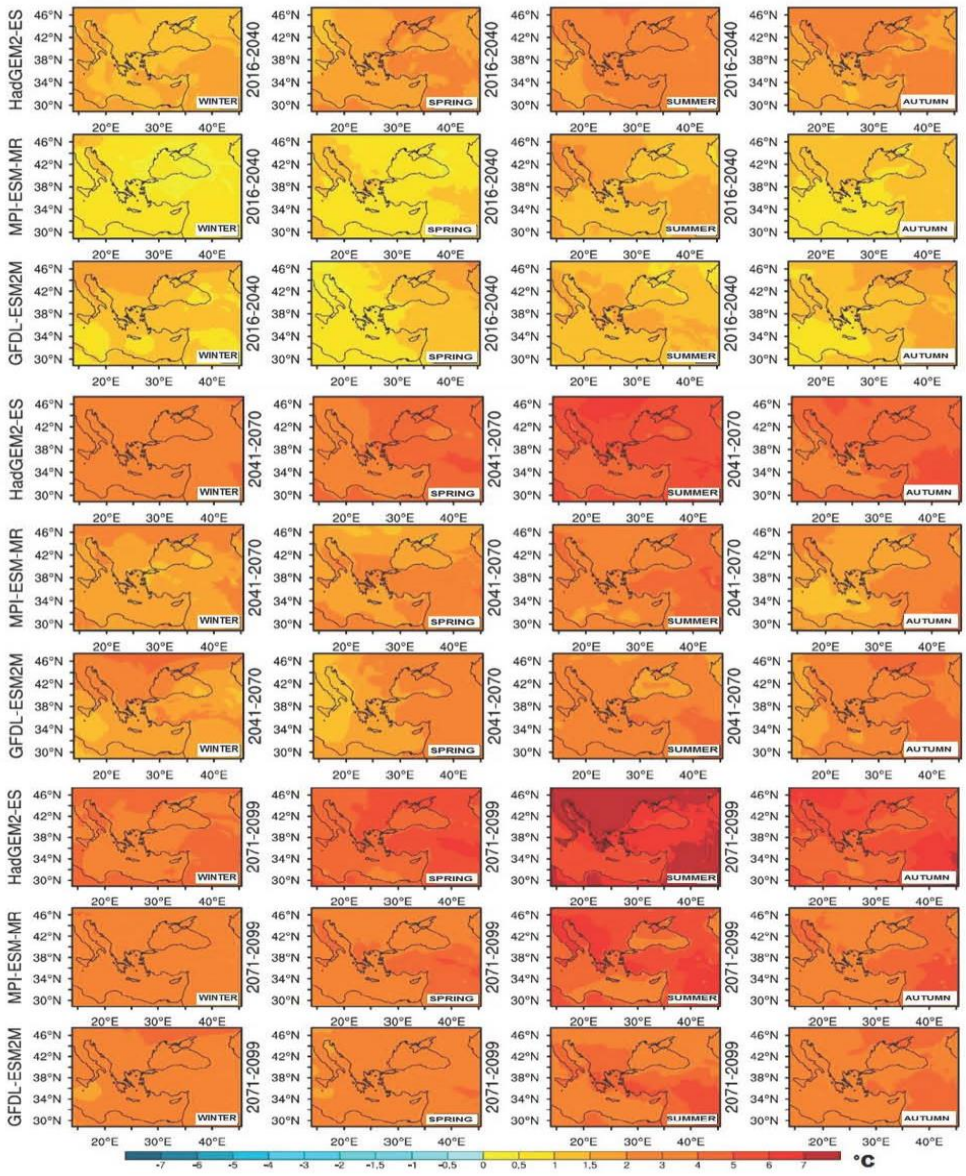


Figure 3.3. Temperature projections according to RCP8.5

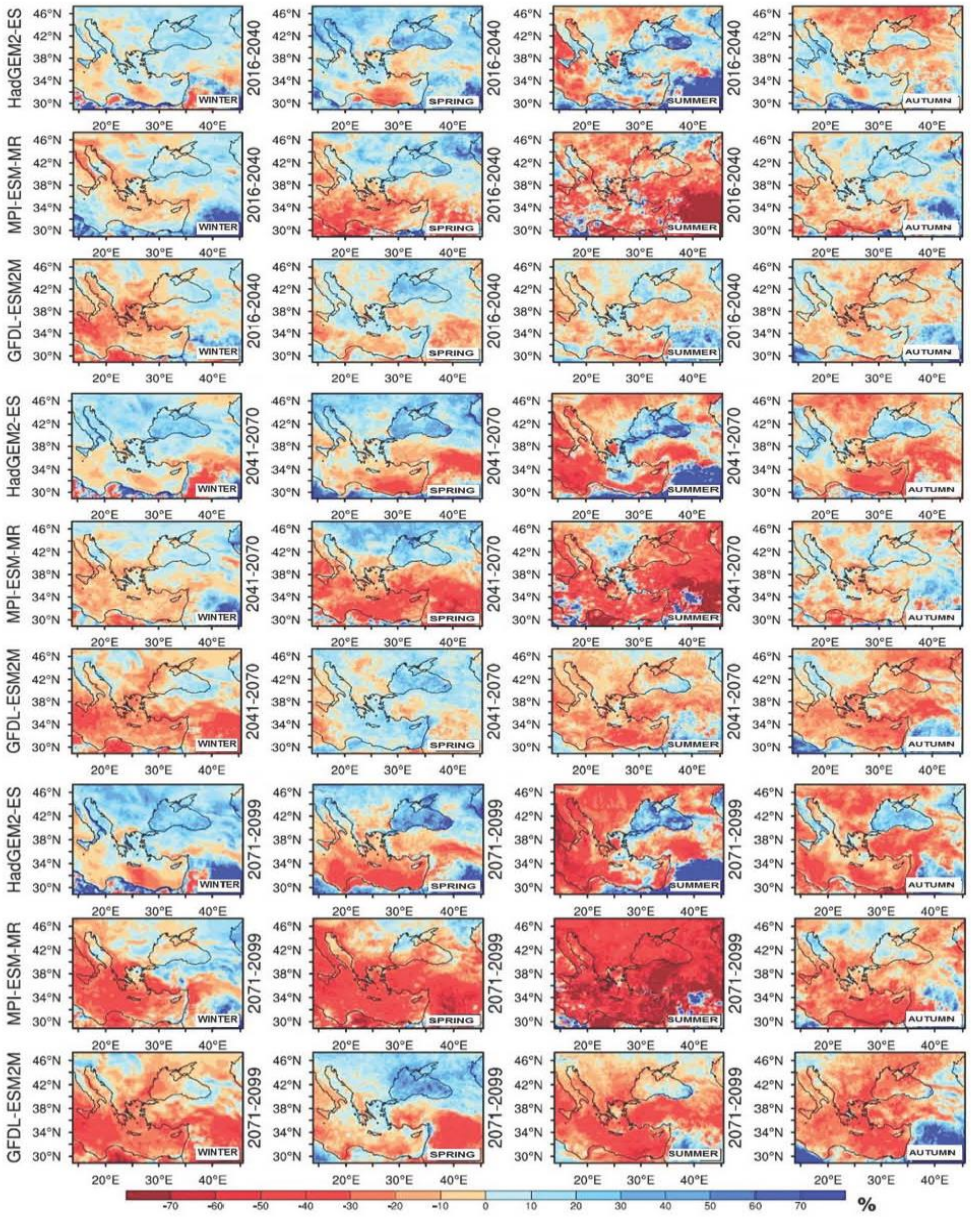


Figure 3.4. Precipitation projections according to RCP8.5

4. Discussion and Conclusion

"Climate Projections with New Scenarios for Turkey" is a project which is made by an official institution with its own resources, personnel, new models and scenarios for the first time in Turkey. In this context, RCP4.5 and RCP8.5 scenarios (2016-2099) of three different models data were downscaled in this project. Project studies are going on with different type climate products. According to obtained results based on through three GCMs (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M) and two scenarios (RCP4.5 and RCP8.5), the average annual temperature rising for 2016-2040 in Turkey is expected to vary between 1°C - 2°C. In the period 2041–2070, the increase in the surface temperature is expected to vary between 1.5°C - 4°C. At the last period (2071-2099) the average annual temperature rising is expected to vary between 1.5°C - 5°C. In some scenarios, it is projected that the temperature increase would be reached to 3°C in winter and up to 6°C in summer in the last 30 years of the 21st century (2071–2099). The increase would be higher in winter for the eastern and inner parts of Turkey, while it would be higher in summer for south-eastern Turkey and the coastal regions except Black Sea Region.

Table 4.1.

Summarise table of temperature projections (Temperature anomaly (°C) ranges)

Models	Periods	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
		Winter		Spring		Summer		Autumn	
HadGEM2-ES	2016-2040	1,5 - 2	0 - 1	2 - 3	1 - 2	2 - 3	1,5 - 2	2 - 3	1 - 2
	2041-2070	1,5 - 2	1,5 - 2	2 - 3	2 - 3	2 - 3	3 - 4	2 - 3	2 - 3
	2071-2099	2 - 3	2 - 3	2 - 3	3 - 5	3 - 4	5 - 7	3 - 4	4 - 6
MPI-ESM-MR	2016-2040	0 - 1	0 - 1	0 - 1,5	1 - 1,5	1 - 2	1,5 - 2	0 - 1,5	1 - 1,5
	2041-2070	1,5 - 2	1 - 2	1 - 2	2 - 3	1 - 2	2 - 4	1 - 2	1,5 - 2
	2071-2099	1 - 1,5	2 - 3	1,5 - 2	3 - 5	1,5 - 3	4 - 6	1 - 2	3 - 5
GFDL-ESM2M	2016-2040	0,5 - 1	0,5 - 1	0,5 - 1	0,5 - 1	0,5 - 1,5	1 - 2	0,5 - 1	1 - 1,5
	2041-2070	1 - 1,5	1,5 - 2	1 - 1,5	1,5 - 2	1,5 - 2	2 - 3	1 - 2	2 - 3
	2071-2099	0,5 - 1	1,5 - 2	1 - 1,5	2 - 4	1,5 - 3	3 - 5	1 - 2	3 - 4

Table 4.2.

Summarise table of precipitation projections (Rainfall change (%) ranges)

Models	Periods	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
		Winter		Spring		Summer		Autumn	
HadGEM2-ES	2016-2040	-30, +40	-20, +30	-20, +40	-30, +30	-40, +40	-40, +50	-30, +30	-40, +40
	2041-2070	-20, +30	-30, +30	-30, +30	-40, +40	-60,+60	-60, +60	-40, +40	-40,+40
	2071-2099	-40, +40	-30, +40	-40, +40	-40, +40	-50, +50	-60, +60	-50, +40	-50, +40
MPI-ESM-MR	2016-2040	-30, +30	-30, +30	-40, +30	-40, +40	-50, +50	-60, +50	-40, +30	-40, +40
	2041-2070	-30, +30	-30, +30	-40, +40	-40, +30	-50, +50	-60, +50	-40, +30	-40, +40
	2071-2099	-30, +30	-40, +50	-40, +50	-50, +30	-70, +40	-60, +30	-40, +40	-40, +40
GFDL-ESM2M	2016-2040	-30, +20	-40, +40	-30, +30	-30, +20	-40, +30	-30, +40	-40, +20	-40, +30
	2041-2070	-40, +30	-40, +30	-40, +30	-30, +40	-40, +50	-40, +30	-40, +20	-40, +20
	2071-2099	-30, +30	-40, +40	-30, +30	-40, +40	-40, +40	-50, +30	-40, +30	-40, +40

In context of climate change, serious risks in river basins of Turkey is foreseen to occur due to possible new climate conditions in the future. One of these issues is the trend of decreasing in the amount of rainfall throughout Turkey particularly in the southern and inner parts of Anatolia and especially in Tigris–Euphrates Basin. The second issue is increasing in temperature especially in winter season. The increase in temperature may cause to turn the precipitation type from snow to rain during the winter. Snow is important water source which is supplying water along to year. And also temperature increases could be cause early snow melting in spring. Bozkurt et. al. (2013) and Bozkurt et. al. (2015) also concluded early melting of snow and the temporal shifts in snowmelt runoff in the Euphrates-Tigris Basin. The third issue is increasing in amount of precipitation in west and north coastal part of Anatolia in summer season. This increase could be caused extreme precipitation events in mentioned regions. It is also concluded that in TECCWRP (2016) possibilities of occurring extreme precipitation and floods could be increased in Marmara and Black Sea regions in period of 2015-2100. This extreme precipitation could be cause to flood as seen as in recent years. And also increasing in temperature could be cause to increase the number and severity of extreme weather events such as storm, hail and waterspout. There have been an increasing trend in Turkey's observed temperature and similarly in extreme weather events number since 1997. SCT2015 reported that heavy rain/floods (26%), wind storm (25%), hail (12%), heat wave (11%), and lightning (4%) were recorded as the most observed disaster respectively in 2015. Although rare, 2 dust storm and 4 tornados also occurred in 2015.

Climate change prediction studies provides the main data input to sectors to make plans for adaptation, mitigation and prevention efforts against climate change issue. Under climate change context, high resolution data sets of GCM's is important to prepare a realistic adaptation plan in sectors. Using of these data will contribute to improve the accuracy and success of sectoral planning in adaptation, mitigation and prevention activities.

5. References

Anthes, R.A., (1977). Acumulus parameterization scheme utilizing a one-dimensional cloud model, Mon. *Weather Rev*., 117, 1423-1438.

Bozkurt D. and Sen O.L., (2011). Precipitation in the Anatolian Peninsula: sensitivity to increased SSTs in the surrounding seas. *Clim Dyn* 36 (3–4):711–726.

Bozkurt D., Turuncoglu U., Sen O.L., Onol B. and Dalfes H.N., (2012). Downscaled simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3global models for the eastern Mediterranean–Black Sea region: evaluation of the reference period. *Clim Dyn* 39(1–2):207–225.

Bozkurt D. and Sen O.L., (2013). Climate change impacts in the Euphrates–Tigris Basin based on different model and scenario simulations. *J Hydrol* 480:149–161.

Bozkurt D., Sen O.L. and Hagemann, S., (2015). Projected river discharge in the Euphrates. Tigris Basin from a hydrological discharge model forced with RCM and GCM outputs. *Clim Res*, Vol. 62: 131–147, 2015, doi: 10.3354/cr01268.

Black E., Brayshaw D. and Rambeau C., (2010) Past, present and future precipitation in the Middle East: insights from models and observations. *Philos Trans R Soc* A 368:5173–5184.

CMIP *Coupled Model Intercomparison Project*, (2013). Retrieved September 12, 2013, from http://cmip-pcmdi.llnl.gov/index.html

Demir, İ. (2011). *Bölgesel iklim modeli projeksiyonları, ECHAM5-B1 (Regional Climate Model Projections)*. In: 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book: ITU, 27- 29 April 2011, İstanbul – Turkey.

Demir, Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Demircan, M. ve Akçakaya, A., (2013). *Temperature And Precipitation Projections According To RCP4.5 Scenario,* III. Turkey Climate Change Conference (TİKDEK 2013), 3 - 5 June, 2013 İstanbul, Turkey (Turkish).

Demircan,M, Arabaci, H., Bölük, E., Akçakaya, A., And Ekici, M., (2013). *Climate Normal's: Relationship and Spatial Distribution of Three Normal's*, III. Turkey Climate Change Conference (TİKDEK 2013), 3 - 5 June, 2013 İstanbul, Turkey (Turkish).

Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A. ve Akçakaya, A., (2014). *Climate Change Projections for Turkey with New Scenarios. The Climate Change and Climate Dynamics Conference-2014* – CCCD2014, October 8-10, Istanbul, Turkey [a].

Demircan, M., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. and Akçakaya, A., (2014). Climate Change Projections in Turkey with New Scenarios, TUCAUM VIII. Geography Symposium, Ankara University Turkey Geography Research Center, October 23-24, 2014, Ankara, Turkey (Turkish) [b].

Demircan, M., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. and Akçakaya, A., (2014). *Climate Change Projections in Turkey's River Basin with New Scenarios*, TUCAUM VIII. Geography Symposium, Ankara University Turkey Geography Research Center, October 23-24, 2014, Ankara, Turkey (Turkish) [c].

Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu,N., Ekici, M., and Arabacı, H., (2014). *Relationship Between Homogeneity Breaking Points in Average Temperatures And Climate Index*, TUCAUM VIII. Geography Symposium, Ankara University Turkey Geography Research Center, October 23-24, 2014, Ankara, Turkey (Turkish) [d].

Demiroğlu, O.C 2016., Climate Change Vulnerability Of Ski Tourism In Germany And Turkey, Istanbul Policy Center–Sabancı University–Stiftung Mercator Initiative, Istanbul, Turkey.

Dickinson, R., Henderson-Sellers, A. and Kennedy, P., (1993). *Biosphere-atmosphere transfer scheme (bats) version 1e as coupled to the NCAR community climate model*, Technical report, National Center for Atmospheric Research.

Emanuel, K.A., and M. Zivkovic-Rothman, (1999). Development and evaluation of a convection scheme for use in climate models, *J. Atmos. Sci*., 56, 1766-1782.

Evans J. P., (2009). 21st century climate change in the Middle East, Clim. Change, 92, 417–432.

Fujihara Y., K. Tanaka, T. Watanabe, T. Nagano, T. Kojiri, (2008). Assessing the impacts of climate change on the water resources of the Seyhan River Basin in Turkey: Use of dynamically downscaled data for hydrologic simulations, *J. of Hydro.*, 353, 33– 48.

Gao X., and Giorgi F., (2008). Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. *Global Planet. Change*, 62, 195–209.

Giorgi, F., Marinucci M.R., and Bates G.T., (1993a). Development of a second generation regional climate model (RegCM2), I, Boundary layer and radiative transfer processes, *Mon. Wea. Rev*., 121, 2794-2813.

Giorgi, F., Marinucci M.R., De Canio G., and G.T. Bates, (1993b). Development of a second generation regional climate model (RegCM2), II, Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions, *Mon. Weather Rev*., 121, 2814- 2832.

Grell, G.,(1993). *Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations, Mon*. Wea. Rev.Grell, G.A., J. Dudhia and D.R. Stauffer (1995). A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5), NCAR/TN-398+STR, pp. 122.

Gürkan., H., Demir,Ö., Atay,H., Eskioğlu, O., Demircan, M., Yazici, B., Kocatürk, A., and Akçakaya, A., (2015). *Temperature and Precipitation Projections According to RCP4.5 and RCP8.5 Scenario of MPI-ESM-MR Model*, VII. Atmospheric Science Symposium, April 28-30, 2015 İstanbul Technical University, 29 April 2015 İstanbul Aydın University, Istanbul, Turkey (Turkish).

Gürkan, H., Bayraktar, N., Bulut, h., Koçak, N., Eskioğlu, O., ve Demircan, M 2016., The Effect Of *Climate factors On The Yield Of Sunflower And Sunflower Yield Predictions Based On Climate Change Projections: Example Of Marmara Region*, 19thInternational Sunflower Conference, May 29 to June 3, Edirne, Turkey.

Hemming D., Buontempo C., Burke E., Collins M. and Kaye N., (2010). *How uncertain are climate model projections of water availability indicators across the Middle East*, Phil. Trans. R. S°C. A, 368, 5117-5135.

Hsie, E.Y., R.A. Anthes, and D. Keyser, (1984). Numerical simulation of frontogenesis in a moist atmosphere, *J. Atmos. Sci*., 41, 2581-2594.

Holtslag, A., de Bruijn, E., and Pan, H. L., (1990). A high resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting. *Mon. Wea. Rev.*, 118, 1561–1575.

IPCC (2007). *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report,* September, 2007, Netherlands.

IPCC (2013). Climate Change 2013, *The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cam bridge University Press, 2013, http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf

IPCC (2013). *Definition of Terms Used within the DDC Pages*, Retrieved June 17, 2013, from http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/definitions.html

Kiehl, J., Hack, J., Bonan, G., Boville, B., Breigleb, B., Williamson, D., and Rasch, P. (1996). *Description of the NCAR Community Climate Model* (CCM3). NCAR Technical Note, NCAR / TN-420+STR, National Center for Atmospheric Research.

Kitoh, A., A. Yatagai, P. Alpert, (2008). First super-high-resolution model projection that the ancient Fertile Crescent will disappear in this century. *Hydrol. Res*. Lett., 2, 1–4.

Lin, S. J., (2004). A vertically Lagrangian finite-volume dynamical core for global models, *Monthly Weather Review*, 132, 2293-2307. MetOficce, Met Office climate prediction model: HadGEM2 family, Retrieved April 24, 2014, from http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadgem2

Önol, B. and Semazzi FHM, (2009). Regionalization of climate change simulations over the eastern Mediterranean. *J Climate* 2009; 22, 1944–61.

Önol, B., (2012). Understanding the coastal effects on climate by using high resolution regional climate simulation. *Clim Res* 52:159–174.

Önol B and Unal YS., (2012). *Assessment of climate change simulations over climate zones of Turkey. Reg Environ Change*. doi:10.1007/s10113-012-0335-0.

Önol B., (2012). Effects of Coastal Topography on Climate: High-Resolution Simulation with a Regional Climate Model, *Clim. Research,* doi: 10.3354/cr01077.

Önol, B., Bozkurt, D., Turuncoglu, U.U., Sen, O.L., and Dalfes H.N., (2013). Evaluation of the twenty-first century RCM simulations driven by multiple GCMs over the Eastern Mediterranean–Black Sea region, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, *Clim Dyn* (2014) 42:1949–1965, DOI 10.1007/s00382-013-1966-7.

Ozdoğan M., (2011). Climate change impacts on snow water availability in the Euphrates–Tigris basin. *Hydrol Earth Syst Sci* 15:2789–2803Pal JS.

Ozturk, T., Türkeş M. and Kurnaz, M.L., (2014). Analysing Projected Changes in Future Air Temperature and Precipitation Climatology of Turkey by Using RegCM4.3.5 Climate Simulations, *Aegean Geographical Journal*, 20/1 (2011), 17-27, Izmir—TURKEY.

Ozturk, T., Turp, M.T., Türkeş M., Kurnaz, M.L., (2016). Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5, *Atmospheric Research* 183 (2017) 296–307.

Pal, J., Small, E. and Eltahir, E., (2000). Simulation of regional-scale water and energy budgets: Representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM, J *Geophys Res-Atmospheres.*

Pal J.S., Giorgi F., Bi X. et al, (2006). The ICTP RegCM3 and RegCNET: regional climate modeling for the developing *World. Bull Am Meteorol Soc.*

SCT-2015, *State of the Climate in Turkey in 2015*, Turkish State Meteorological Service (TSMS), January 2016, Ankara, Turkey.

Sen OL, Unal A, Bozkurt D, Kindap T, (2011). Temporal changes in the Euphrates and Tigris discharges and teleconnections. *Environ Res Lett* 6:024012 doi:10.1088/1748-9326/6/2/024012.

SNCT, *Sixth National Communication of Turkey under the UNFCCC (SNCT), The Ministry of Environment and Urbanisation*, 2016, Ankara, Turkey.

TECCWRP, *The Effect of Climate Change on Water Resources Project Report* (TECCWRP), The Ministry of Forestry and Water Affairs, General Directorate of Water Management (GDWM), June 2016, Ankara, Turkey (Turkish).

TFNC, *Turkey's Fifth National Communication under the UNFCCC (TFNC)*, The Ministry of Environment and Urbanisation, 2013, Ankara, Turkey.

TR2015-CC, *Turkey Climate Projections with New Scenario's and Climate Change (TR2015-CC),* The Ministry of Forestry and Water Affairs, Turkish State Meteorological Service (TSMS), April 2015, Ankara, Turkey (Turkish).

Turunçoğlu, U. U., Önol, B., Bozkurt D., (2007).*Regional Climate Change Projections with Dynamic Models*, Symposium on Climate Change and Forestry in the Solution of Water Problems, 13-14 December 2007, İstanbul (Turkish).

Turp, M.T., Ozturk, T., Türkeş M. and Kurnaz, M.L., (2014). Investigation of Projected Changes for Near Future Air Temperature and Precipitation Climatology of Turkey and Surrounding Regions by Using the Regional Climate Model RegCM4.3.5, *Aegean Geographical Journal,* 23/1 (2014), 1-24, Izmir—TURKEY.

Ünal, Y., Acar, M., Çağlar, F. and Incecik S 2016., *Comparing High Resolution Climate Simulations Driven By HadGEM2-ES and MPI-ES-MR Over Turkey For Present And Future*, 5th International Conference on Meteorology and Climatology of the Mediterranean, March 2 - 4, 2015, Istanbul, Turkey.

Yıldırım, M., U., Demircan, M., Özdemir, F., A. ve Sarıhan, E., O 2016., Effect of Climate Change on Poppy (Papaver somniferum L.) Production Area, 11th Field Crops Congress, 7-10 September – Troia Culture Center, Çanakkale, Turkey.

Zeng, X., Zhao, M. and Dickinson, R. E., (1998). Intercomparison of bulk aerodynamic algoriths for the computation of sea surface fluxes using toga coare and tao data, *Journal of Climate*.

Extended Turkish Abstract (Genişletilmiş Türkçe Özet)

Türkiye için İklim Değişikliği Projeksiyonları: Üç Model ve İki Senaryo

Senaryo, geleceğin hayali olarak canlandırılması veya alternatif gelecek durumların tasvir edilmesidir. Buna rağmen senaryo, tahmin ile karıştırılmaktadır. Senaryo geleceğin tahmini değil, olması muhtemel alternatif durumların ortaya konmasıdır. Senaryolar, iklim gibi yüksek belirsizliğe sahip karmaşık sistemlerin gelecekteki muhtemel gelişiminin anlaşılması ve değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bunu bize sağlayan ise model çalışmaları ve bu çalışmalar sonucunda elde edilen iklim projeksiyonlarıdır. Bu çalışmada, ülkemizi de içine alan bölgede, bölgesel iklim modeli çalışması ile geleceğe ait iklim değişikliği olasılıkları ortaya konmaya çalışılmıştır. Temsili Konsantrasyon Yolları (RCPs) adı, esas amaçları atmosferik Sera Gazları (GHG) konsantrasyonlarının zaman bağımlı projeksiyonları sağladığını vurgulayan rotalar olmasını temsil etmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'yi içine alan bir bölge için gelecekteki iklim değişikliğinin muhtemel sonuçları ortaya konmaya çalışılmıştır. HadGEM2-ES,

MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M Küresel Dolaşım Modellerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının sonuçları kullanılmıştır. Bu çıktılardan, Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları; RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli ile dinamik ölçek küçültme yöntemi kullanılarak, 20 km çözünürlükte ve 2016-2099 yıllarını kapsayan bir dönem için üretilmiştir.

İklimin insan hayatındaki önemi, iklimin sosyal ve ekonomik hayatı olumlu ya da olumsuz etkileri ile nasıl etkilediği ile ilgilidir. İnsanların daha iyi koşullar altında, daha sağlıklı bir şekilde yaşamlarını sürdürebilmeleri için, gerek ulusal gerekse uluslararası birçok kurum ve kuruluş, organizasyon, merkezi ve yerel yönetimler ile sivil toplum örgütleri iklimde meydana gelebilecek değişimler ve bu değişimlerin etkilerinin doğru saptanabilmesi için farklı şekillerde çaba sarf etmektedirler.

Bu çabalardan en önemlisi modelleme çalışmalarıdır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte ortam koşullarını ifade eden değişkenler, daha detaylı bir şekilde modellerde yer alabilmektedir. 1970'li yıllardan itibaren bilgisayarların bilimsel amaçlı kullanımlarının yaygınlaşması ile iklim modelleri de kullanılmaya başlamıştır. Çalışılan ilk modellerde sadece atmosfer ve atmosferde gözlenen parametrelere göre çalışmalar yapılmış olup gelişmelere paralel olarak kara yüzeyi, okyanuslar, deniz buzları, sülfat, aerosoller, karbon çevrimi, dinamik bitki örtüsü ve atmosferin kimyası gibi etmenler modellere girdi teşkil eden parametreler olmuştur.

Teknolojinin gelişimi ile daha da küçülen Dünyamızda iklim değişikliği hakkında yapılan çalışmalar, 1990'lı yılardan sonra IPCC (Uluslararası İklim değişikliği Paneli) adı altında oluşturulan birliktelik ve oluşumun yönlendirmeleri ile daha anlamlı bir çaba içine girmiştir. Oluşan bu birlikteliğin çalışma sonuçları belli dönemlerle gerçekleştirilmiştir. IPCC'de yüzlerce bilim adamının katkıda bulunduğu en son 4. Değerlendirme Raporu'nda, önce 40 farklı senaryo gözden geçirilmiş ve bunların içinden 7 senaryo belirlenmiştir. İklim modelleri ayrıntılı bir şekilde ortam şartlarını, beklenen değişimlere göre yeniden kurgulama imkânı vermektedir. Bu bağlamda, 2007'de yayınlanan IPCC'nin 4. Değerlendirme Raporu'ndan bu tarafa, değişen arazi kullanımı/değişimi, sera gazı emisyonları ve konsantrasyonları, aerosol konsantrasyonu bilgileri ile gelişen teknolojik altyapı ve modelleme teknikleri yeni bir değerlendirme raporu hazırlanması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda IPCC yeni senaryolar ile 5. Değerlendirme Raporunu hazırlamış ve dünya gündemine sunmuştur.

İklim, geniş zaman dilimlerinde ve daha büyük alanlarda tecrübe edilmiş ortalama hava durumudur. İklim normalleri iklim verilerinden hesaplanan ardışık otuz yılın ortalamasıdır. İklim normallerini kullanmak küresel değerlendirme ve iklim izleme çalışmalarını hazırlamak için standart temel oluşturan çok önemli araçlardır. İklim referans dönemleri; 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 iklim normalleri olarak; uluslararası, ulusal ve bölgesel temelli iklim izleme, iklim trendi iklim değişikliği ve iklim modeli çalışmalarında; bilim adamları, ulusal iklim servisleri, uluslararası enstitüler ve organizasyonlar tarafından kullanılmaktadır.

"Türkiye için İklim Değişikliği Projeksiyonları" projesi Türkiye'de ilk kez yeni model ve senaryolar ile bir kamu kurumu tarafından kendi kaynakları ve personeli kullanılarak yapılmıştır. Bu bağlamda, üç farklı küresel modelin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının (2016-2099)

ölçek küçültme çalışmaları yapılmıştır. Proje çalışmaları farklı iklim ürünleri çalışmaları ile devam etmektedir. Üç Küresel Dolaşım Modeli (GCMs; HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M) ve iki senaryodan (RCP4.5 ve RCP8.5) elde edilen sonuçlara göre Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklık artışının; 2016-2040 dönemi için 1°C - 2°C arasında; 2041–2070 dönemi için 1.5°C - 4°C arasında ve son dönem olan 2071-2099 dönemi 1.5°C - 5°C arasında olması öngörülmektedir. Bazı senaryolarda 21 yy. son otuz yılında (2071–2100) sıcaklık artışının kış mevsiminde 3°C ve yaz mevsiminde 8°C'ye ulaşması da öngörülmektedir. Yağışlarda; tüm dönemlerde kış mevsimi için ülke genelinde yağış miktarında artışlar, ilkbahar mevsiminde tüm dönemlerde ülkenin sahil ve kuzeydoğu kesimleri haricinde yağış miktarında azalışlar, yaz mevsiminde tüm dönemlerde ülkenin batı sahilleri ve kuzeydoğu bölümleri haricinde yağış miktarında azalışlar ve sonbahar mevsiminde genel olarak yağış miktarında bir azalma öngörülmektedir. Her ne kadar projeksiyon dönemi boyunca (2016-2099) yağış miktarında düzenli bir artış ve azalış eğilimi olmasa da, yağış rejiminin düzensizliği dikkat çekicidir.

İklim değişikliği bağlamında, yeni iklim şartlarında Türkiye nehir havzalarında ciddi risklerin oluşması öngörülmektedir. Bunlardan bir tanesi, özellikle Fırat-Dicle havzası olmak üzere, Anadolu'nun iç kesimleri ve güneyindeki havzalarda yağış miktarındaki azalıştır. İkincisi ise artan sıcaklıkların yağış cinsi değişikliklerine neden olması ve kış mevsimindeki yağan karın yağmura dönüşmesidir. Kar yıl boyunca su sağlayan önemli bir kaynaktır. Ayrıca artan sıcaklıklar karın baharda erken erimesine neden olacaktır. Üçüncü sorun ise, özellikle yaz mevsiminde ve özellikle Anadolu'nun batı ve kuzey sahil kesimlerinde aşırı yağışların oluşma riskidir. Bu aşırı yağışlar son yıllarda olduğu gibi sellere neden olabileceklerdir. Ayrıca artan sıcaklıklar; fırtına, dolu ve hortum gibi aşırı hava olaylarının sayısında ve şiddetinde artışa yol açabilecektir.

İklim değişikliği öngörü çalışmaları bütün sektörlere uyum, önleme ve azaltma çabalarında yani paydaşların gelecek planlarında -ki bunlar iklim ve iklim model çıktıları temelli yapılmalıdır- esas veri ve temel altlığı sağlamaktadır. İklim değişikliği çalışmaları kapsamında farklı iklim modellerinin senaryoları, Türkiye ve çevresi için ölçek küçültme yöntemi ile üretilmelidir. Böylelikle gelecekte muhtemel olması öngörülen iklim değişikliği ihtimallerini daha detaylı görmek mümkün olacaktır. Yüksek çözünürlüklü iklim model projeksiyonları erişilebilir olduğunda ve sektörler bu verileri uyum, önleme ve azaltma planlarında kullandıklarında, çalışmalarının doğruluğu ve başarısı da artacaktır.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.321080

Doğu Akdeniz havzasında kuraklığın era-ınterim verileri ile belirlenmesi

Kahraman Oğuz*, Muhammet Ali Pekin, Hüdaverdi Gürkan, Esin Oğuz, Mustafa Coşkun

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye
*Sorumlu yazar/corresponding author: koguz@mgm.gov.tr

Geliş/Received 07/04/2016 Kabul/Accepted 18/05/2017

ÖZET

Meteorolojik kuraklık, küresel bir doğal afet olarak bilinmekle birlikte, ekonomik ve çevresel olarak önemli etkileri bulunmaktadır. Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu Doğu Akdeniz Havzası, yağış azlığının beraberinde getirdiği kuraklık olayları ile baş başa kalmakta ve çeşitli problemler yaşamaktadır. Tüm bu problemler yağış ölçümünün olmadığı alanlarda daha sıkıntılı hale gelmektedir. Bu nedenle, kuraklık şiddetinin eksiksiz takibi ve gözlemi özellikle insan sağlığının korunması ve ekonomik kayıpların önlenmesi açısından çok önemlidir.

Kuraklığa yönelik en etkili analiz yöntemlerinden birisi olan Standart Yağış Indeksi (SPI) yöntemi yağış ölçüm verilerini gerektirmektedir. Bu ise yağış veri setinin olmadığı alanlarda yöntemi sıkıntılı hale getirmekte ve gridli verilerin önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, Doğu Akdeniz Havzası'nda (20°N – 45°N, 10°E – 60°E) 2015 yılı için SPI yöntemi kullanılarak tüm alanda kuraklık analizi yapılmıştır. ERA-Interim verileri ile 2000-2015 peryoduna ait yıllık (12 aylık) SPI haritaları alansal olarak hazırlanmış ve değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlarda, 2000 yılında Balkan ülkeleri, Türkmenistan ve Türkiye'nin batı bölgelerinde; 2008 yılında Türkiye, İran ve Türkmenistan bölgesinde ve 2010 yılında ise İran ve Arabistan yarımadası üzerinde negatif SPI değerleri (kurak) hesaplanmıştır. 2009, 2010 ve 2014 yıllarında ise Türkiye ve Balkan ülkelerinde pozitif SPI değerleri (nemli) hesaplanmıştır. Sonuçlar bölgede kuraklığın yıldan yıla değiştiğini ve yağış rejimindeki değişgenliği net bir şekilde göstermektedir. Bunun yanında, kuraklık iklim değişikliğinin bitkisel üretim üzerindeki en önemli olumsuz etkisi olarak ön plana çıkmaktadır. Türkiye'de kuraklığın yaşandığı 2004, 2007, 2008 ve 2013 yıllarında bitkisel verimlilikler incelenmiştir. Ele alınan yıllar ve bitkiler bazında yapılan kuraklık-verim değerlendirmelerinde kuraklık yaşanan dönemlerde bitkisel verimlilikte % 30'lara varan oranlarda azalışlar tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Doğu Akdeniz Havzası
ERA-Interim Model verisi
Kuraklık
Standart Yağış Indeksi

Analyses of drought in Eastern Mediterranean basin with era-interim data

ABSTRACT

Meteorological drought is known as a global natural disasters and it has important impacts on economy and environment. The Eastern Mediterranean Basin, Turkey is located in, faces with drought events due to lack of rainfall and it faces with several problems. All these problems are more important at the regions where no rainfall observations. For this reason, it is important to consider drought severity for saving human lives and prevention of economic losses.

Standardised Precipitation Index, is one of the most effective methods for drought analyses, requires rainfall dataset. This makes the method problematic in areas where there is no precipitation dataset and demonstrates the importance of gridded data. In this study, drought analyses were made at the Eastern Mediterranean Basin (20°N – 45°N, 10°E – 60°E) with SPI methodology. Yearly spatial distribution SPI maps (12 months) were prepared and analysed for the period of 2000-2015 with ERA-Interim data.

As a result, negative SPI (drought) have been calculated in Balkan countries, Turkmenistan and Turkey's western regions for 2000 year; in Turkey, Iran and Turkmenistan for 2008 year and Iran and Arabian Peninsula for 2010 year. Positive SPI (wet) values have been calculated on Turkey and Balkan countries for the years of 2009, 2010 and 2014. The results clearly show rupid changes of drought conditions from year to year and irregularity in rainfall regime. Besides, drought is the most important negative impact of climate change on crop production. Plant productivity has been examined in 2004, 2007, 2008 and 2013 when drought is experienced in Turkey. Drought-yield evaluations based on the years and crops that have been applied show that plant productivity decreases by up to 30 % during drought periods.

Keywords:
Eastern Mediterranean Basin
ERA-Interim Model data
Drought
Standardised precipitation index

© OMU ANAJAS 2017

1. Giriş

Hemen hemen bütün iklim rejimlerinde görülen kuraklık, iklimin olağan ve tekrarlayan bir olayıdır. Az yağış alan bölgelerle sınırlı ve iklimin sürekli bir durumu olan çoraklığın aksine kuraklık, geçici ve olağan dışılıktır. Meteorolojik kuraklık, uzun bir zaman içinde (meteorolojik kuraklık için 1-3 ay, tarımsal kuraklık için 6-9 ay ve hidrolojik kuraklık için ise 12-24 ay) yağışın belirgin şekilde normal değerlerin altına düşmesi olarak tanımlanır. Nem azlığının derecesi ve uzunluğu, meteorolojik kuraklığı belirler ve bölgeden bölgeye gelişiminde farklılıklar gözlenir. Örneğin yağışın ve yağışlı gün sayısının belirli bir değerden az olması temeline dayanarak kurak periyotlar teşhis edilir. Bu hesap şekli nemli subtropikal iklimler gibi yıl boyunca yağış alan yerler için uygundur. Diğer iklim bölgeleri mevsimsel yağış paternleri ile karekterize edilir. Diğer bir tanım şekli yağışın aylık, mevsimlik veya yıllık toplamlarının ortalamasından olan farkları ile ilişkilidir (Kapluhan, 2013).

Tarım sektörü, çevre ve toplum içinde kuraklığın etkilerinin azaltılmasını destekleyen kararlar, erken uyarı ve kuraklığın gözetlenmesi sistemlerinin gelişmesinden en büyük yararı sağlayacak kesimdir. Yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgârlar ve düşük nispi nem gibi diğer iklim faktörleri dünyanın çoğu yerinde sıklıkla kuraklıkla birlikte görülüp, olayın şiddetini arttırmasına rağmen, kuraklık, belirli bir süre aşımında alınan yağış miktarındaki doğal bir azalmanın sonucudur (Topal, 2000; Merkoci ve ark., 2013). Bir bölgede nem miktarındaki geçici dengesizliğin o bölgedeki su kıtlığı ile ilişkisi olarak kabaca tanımladığımız kuraklık doğal bir iklim olayıdır ve herhangi bir zamanda herhangi bir yerde meydana gelebilir. Kuraklık sayılan otuz bir kadar doğal afet içerisinde pek çok araştırmacıya göre en önemli doğal afettir (Kadıoğlu, 2001) Kuraktan nemli iklim tiplerine kadar her yerde görülebilir. Bununla beraber kurak iklimler nem eksikliğinden ve yüksek değişkenlikteki yağıştan dolayı kuraklığa karşı daha hassas konumdadırlar. Ekstrem olaylar içinde kuraklık genellikle yavaş gelişir, sıklıkla uzun bir süreklilik gösterir ve atmosferik tehlikeler içinde tahmini en az olanı olması ile birlikte etkileri çok geniştir (Kapluhan, 2013). Kuraklığın yavaş ve sinsi gelişmesi sebebiyle de önemle izlenmesi gerekmektedir.

Dünya çapında kuraklık şiddetinin tespitine yönelik olarak çeşitli indeksler uygulanmaktadır. Bunların başlıcaları Standart Yağış Indeksi (SPI; McKee ve ark., 1993) ve Palmer Kuraklık Indeksi (PDSI; Palmer, 1965) yöntemidir. Bunlarda SPI yöntemi yalnızca yağış verilerini içermekle birlikte, olasılık hesabının yapılmasına da imkan sağlamaktadır. PDSI yöntemi ise, yağış ve sıcaklığın toprak nemi üzerindeki etkilerini amprik olarak hesaplama imkanı sağlamaktadır. Her iki yöntem de pek çok çalışmalarda kullanılmıştır. Guttman (1998) tarafından yapılan çalışmada, SPI ve PDSI yöntemlerinin uygulanabilirliği karşılaştırılmıştır. Sonuçta, SPI yönteminin hem zamana hem de mekana bağlı olarak istatiski olarak avantajlı olduğu bulunmuştur. Diğer taraftan, Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından kuraklık gözlemi için ana bildirici olarak SPI yöntemi tanımlanmakta (WMO, 2006) ve birçok çalışmada yaygın olarak uygulanmaktadır (Singleton, 2012).

Dünya çapında kuraklık durumunun tespitine yönelik çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Pamuk ve ark. (2004), çalışmalarında Meteoroloji Genel Müdürlüğünün ölçüm verileri ile SPI hesabı yapmışlar ve Ege bölgesinde kuraklık durumunu analiz etmişlerdir. Ilgar (2010), Çanakkale'de kuraklık durumunu SPI metodu ile 12 aylık ve 3 aylık analizler yaparak incelemiştir. Palchaudhuri ve Biswas (2013), Puruliya İlçesi için yine SPI yöntemi ile kuraklık analizi yapmış ve şiddeti hakkında değerlendirmeler yapmıştır. Şimşek ve ark. (2012) Türkiye'de kuraklık durumunun analizi için SPI, Normalin Yüzdesi İndeksi (PNI) ve Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PDSI) ile meteoroloji istasyon ölçüm verileri ile değerlendirmeler yapmıştır. Merkoci ve ark. (2013) yine istasyon yağış ölçüm verilerine SPI yöntemini Arnavut bölgesi için uygulamışlar ve 1, 3 ve 6 aylık değerleri analiz etmişlerdir. Bu çalışmaların yanında, yine kuraklığın belirlenmesi ve trendine yönelik olarak Almedeij (2014) tarafından Kuveyt bölgesi için, Komuscu (1999) tarafından Türkiye'nin çeşitli illeri için SPI metodu ile çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan tüm bu çalışmaların çoğunluğu, istasyon ölçüm verilerine dayanmaktadır. Bu durum ise ölçümün yapılmadığı, ya da eksik olduğu yerlerde bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple, analizlerin noktasal bazda kalmamış olması veya heterojen dağılmış istasyon verileri yerine homojen veri setleri ile analiz edilmesi önem taşımaktadır.

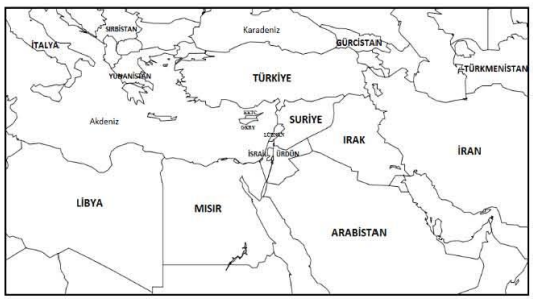
Bu çalışmada, belirlenen bir çalışma alanında kurak ve nemli bölgelerin tespiti için gridli ERA-Interim verilerine SPI yöntemi uygulanmış ve 2000-2015 yılları periyodu için yıllık SPI değerleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışma, yağış ölçümünün ve veri setinin bulunmadığı alanlarda kuraklığın belirlenmesinin mümkün olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, Doğu Akdeniz Havzasında kuraklığın alansal dağılımını ve trendini yıl yıl göstermekle birlikte, kuraklıkla mücadele açısından önem taşımaktadır.

Özellikle 20. Yüzyılın son çeyreğinden itibaren etkisini daha fazla hissetmeye başladığımız iklim değişikliği tarımsal üretim üzerinde pek çok olumsuz etkiye sebep olmaktadır. İklim değişimi nedeniyle sıklığı artan kuraklık özellikle bitkisel verimliliğin düşmesine neden olmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı ve İklimsel Koşullar

Çalışma alanı olarak Doğu Akdeniz havzası seçilmiştir. Doğu Akdeniz havzası (20°N – 45°N, 10°E – 60°E), Akdeniz havzasının bir alt havzası olmakla birlikte, Kuzey Afrika'nın kuzey kesimi, Güneydoğu Avrupa ve Batı Asya'nın bir kısmını içermektedir. Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışma Alanı (Domain)

İklim değişikliğinin etkilediği bölgelerin başında gelen Doğu Akdeniz havzası, kuraklık çalışmaları açısından oldukça karmaşık bir bölgedir. Havza içerisinde sıcaklık ve yağış trendinin önemli derecede farklılık göstermesi bundaki en önemli etkendir. Doğu Akdeniz havzası kuzey bölgelerinin iklimi çoğunlukla ılıktan sıcağa doğru olmakla birlikte, ılıman ve nemli kışlar hakimdir (Bolle, 2003). Güney bölgelerinde ise kurak ve sıcak çöl iklimi hakimdir. Bölgede yağışlar düşük olmakla birlikte bitki örtüsü de kısıtlıdır (Issar ve Zohar, 2007; Lelieveld ve ark., 2012).

2.2. ERA-Interim Veri Seti

Çalışmada kullandığımız ERA-Interim (ERAI) veri seti, Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF) tarafından üretilen en güncel küresel atmosferik veri seti olup pek çok parametreyi içermektedir. ERAI, 1 Ocak 1979 tarihinden günümüze kadar olan veri setini içermekte ve sürekli güncellenmektedir. Bu veri setleri içerisinde sıcaklık, yağış, rüzgâr, buharlaşma, toprak sıcaklığı ve nemi gibi pek çok parametre bulunmaktadır. Yatay çözünürlüğü yaklaşık olarak 80 km olmakla birlikte, düşeyde yüzeyden 0.1 hPa seviyesine kadar 60 seviyede veri bulunmaktadır (Dee ve ark., 2011).

ERAI atmosferik veri seti, küresel gözlem verilerinin (uydu, yer istasyonu, radiosonde vb.) asimilasyonu ile oluşturulmaktadır. Tüm bu gözlem verileri, küresel atmosferik model ile üretilen ürünler ile istatistiki açıdan en uygun yöntemle birleştirilmektedir. Günde iki sefer 00:00 ve 12:00 UTC başlangıç zaman adımlarında ürün üretilmektedir. Gerçekleştirilen asimilasyon sonucunda ise, atmosferin kaotik davranışına çok daha yakın ve tutarlı ürünler elde edilmektedir. Ürün zaman adımlarının sık aralıklarla (3 saatlik) olması, ürünü avantajlı hale getirmektedir (Balsamo ve ark., 2015; Dee ve ark., 2011).

2.3. Standart Yağış Indeksi (SPI) Metodu

Standart Yağış Indeksi (SPI), farklı zamanlardaki kuraklık şartlarını gözlemleyerek meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik uygulamalarda kuraklık şartlarını belirlemek için kullanılabilir. Geçici değişebilirlik, kuraklık başlangıcı, süresi ve sonlanması gibi kuraklık dinamiklerini belirlemeyi mümkün kılar. Bir diğer avantajı, bir bölgede ve belirli bir zaman skalasında aşırı kuraklık olayının sıklığının uyumlu olmasını garanti eden standardizasyonudur (Merkoci ve ark., 2013). SPI, yalnızca yağış değerlerine bağlı olarak hesaplanan bir değişken olduğu için meteorolojik kuraklığı ifade etmektedir. SPI değeri, belirli bir zamandaki yağışın ortalamadan çıkartılıp standart sapmaya bölünmesi ile bulunur. SPI hesabına ilişkin formül, Eşitlik 1'de verilmiştir:

$$SPI = \frac{X_i - \overline{X_i}}{\sigma} \quad (1)$$

Kavramsal olarak SPI, Z-skor veya standart sapması ortalamanın altında ve üstünde salınma durumunu ifade eder. Bulunan değerlerden ortalamanın altında yani negatif olanlar kurak dönemlere karşılık gelirken, ortalamanın üstünde yani pozitif SPI değerleri ise nemli dönemleri göstermektedir (Ilgar, 2010). Tablo 1, SPI değerlerinin sınıflandırmasını göstermektedir.

Çizelge 1. Standartlaştırılmış Yağış İndisi değer aralıkları ve sınıflandırılması (Türkeş ve Tatlı, 2008)

SPI değerleri	Sınıflandırma
2.00 ve üzeri	Aşırı nemli (extremely wet)
1.50 — 1.99	Çok nemli (very wet)
1.00 — 1.49	Orta düzeyde nemli (moderately wet)
-0.99 — 0.99	Normal (normal)
-1.00 — -1.49	Orta düzeyde kurak (moderately dry)
-1.50 — -1.99	Şiddetli kurak (severely dry)
-2.00 ve altı	Aşırı kurak (extremely dry)

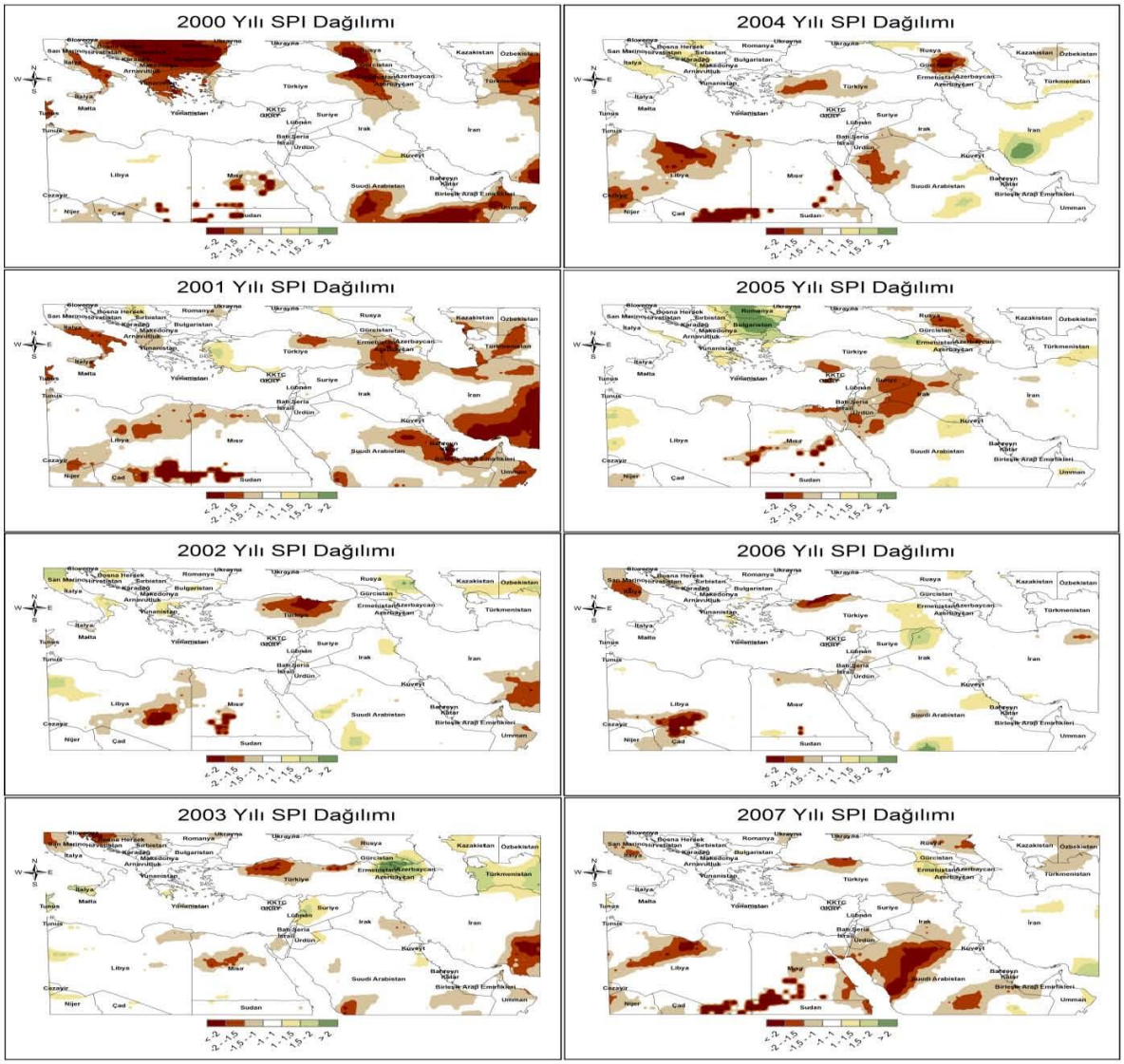
Çalışmada, 2000-2015 yıllarına ait yağış verisetine SPI yöntemi uygulanmıştır. Uzun yıllar ortalama ve standart sapma olarak ise 1984 yılından hesaplama yapılan yılın bir önceki senesine kadarki olan periyot baz alınmıştır.

SPI indeksi tarımsal kuraklığın belirlenmesinde sıkça tercih edilen yöntemlerden birisi olarak ön plana çıkmaktadır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kuraklığın Alansal Dağılımı

Hesaplanan SPI değerlerinin alansal dağılım haritaları Şekil 2 ve 3'de gösterilmektedir.



Şekil 2. 2000-2007 Yılları SPI Dağılım Haritaları

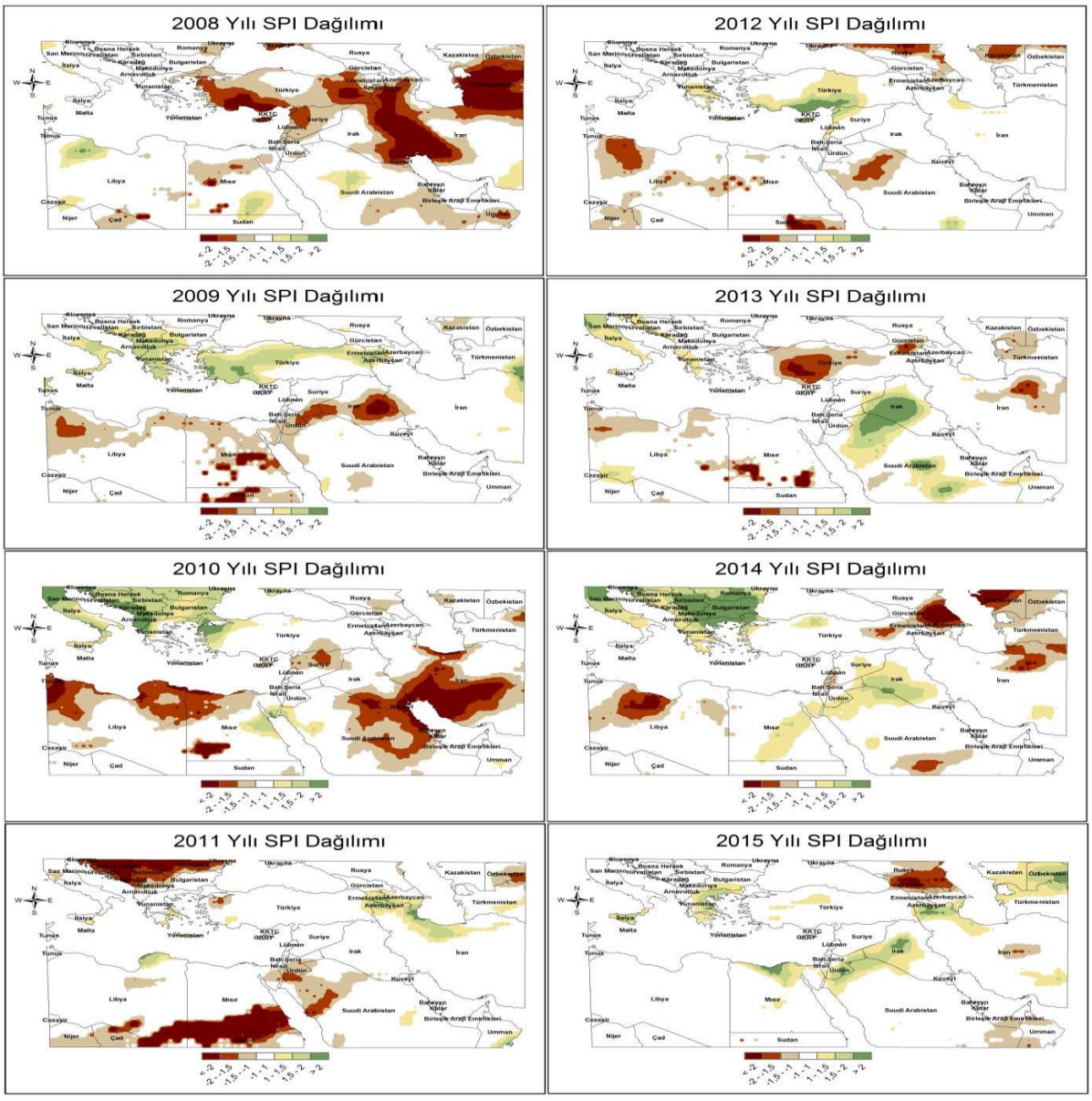
Yapılan hesaplamalar hangi yılda hangi bölgelerin kuraklıktan hangi derecede etkilendiğini belirtmektedir. SPI'da her bir bölge kendi özgü iklim karakterine göre hesaplanmaktadır. Örneğin çöl bölgelerine senede bir veya iki kez çok düşük miktarda yağış düşmektedir. Yağış miktarı ve frekansının diğer yağışlı bölgelere nazaran önemsenemeyecek oranda artması, o çölün pozitif değerlere (nemlilik) doğru kaymasına, tam tersi durumda ise negatif değerlere (kuraklık) doğru kaymasına neden olacaktır. Bu yüzden her bölge kendi içerisinde değerlendirilmelidir. SPI'da 0'a yakın değerler o bölgenin klimatolojisine uygun bir yıl geçirdiği anlamına gelmektedir. Pozitif alanlar ortalamasından fazla yağışın görüldüğü, negatif alanlar ise ortalamasından az yağışın görüldüğü bölgelerdir.

Haritalarda sınıflandırmalar koyu kahverengiden koyu yeşile doğru değişmektedir. Burada koyu kahverengi aşırı kuraklığı temsil ederken, koyu yeşil ise aşırı nemli alanları temsil etmektedir.

2000-2007 yılları SPI dağılım haritaları (Şekil 2) incelendiğinde; kurak ve nemli koşulların özellikle Balkan bölgesi için yıldan yıla ani değiştiği görülmektedir. 2000 yılında şiddetli kuraklığın hakim olduğu Balkan ülkelerinde, kuraklık indeksinin 2005 yılına kadar normal civarlarında seyrettiği görülmektedir. 2005 yılında ise bölgede nemli ve normale yakın koşullar hakim olmuştur. 2001 yılında İran'ın çoğunluğu ve Arabistan yarımadasının doğu kesimleri, 2007 yılında ise yine Arabistan yarımadasının doğu kesimleri kurak bir profil çizmektedir. 2004 yılında Türkiye, Libya ve Arabistan yarımadasının

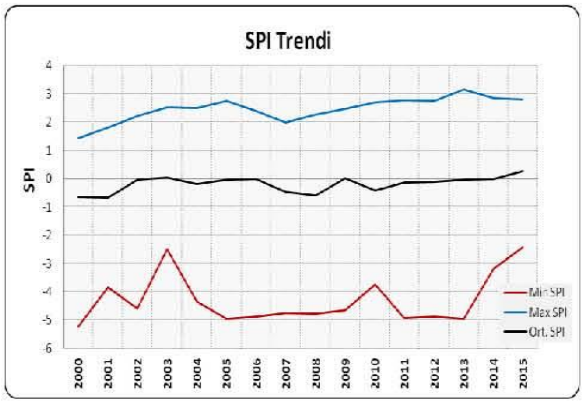
belirli kesimlerinde, 2005 yılında ise Suriye, Irak, Ürdün civarlarında kuraklık gözlemlenmektedir.

2008-2015 yılları SPI haritaları (Şekil 2-devamı) incelendiğinde ise, havza açısından en şiddetli kuraklığın 2008 yılında yaşandığı görülmektedir. Şimşek ve Çakmak (2010) tarafından meteoroloji ölçüm istasyon verileri ile yapılan çalışmada da, 2008 yılının Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesinin güney bölgelerinin kurak geçtiği sonucuna ulaşılmıştır. Bizim çalışma alanımıza göre ise, bu kuraklık olayından en çok İran, Türkiye ve Türkmenistan etkilenmiştir. 2009 ve 2010 yılları Balkan ülkeleri, İtalya ve Türkiye'nin belirli bir kesimi için nemli geçmiş iken, Kuzey Afrika ve Orta Doğu ülkelerinin birçoğu için normale yakın veya kurak geçmiştir. 2012 yılını özellikle güney bölgeleri için nemli geçiren Türkiye'nin, 2013 yılını ise iç bölgelerinde kurak geçirdiği görülmektedir. 2013, 2014 ve 2015 yıllarını ise özellikle Balkanlar, Irak ve Suudi Arabistan'ın belirli kesimleri nemli, Gürcistan ve civarı bölgeler ise kurak geçirmiştir.



Şekil 2-devamı. 2008-2015 Yılları SPI Dağılım Haritaları

Diğer taraftan, çalışma alanına ait minimum, maksimum ve ortalama SPI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 3'de verilmektedir. Elde edilen değerlere göre, 2000, 2001 yılları ve 2006'dan 2011'e kadarki olan periyodun ortalama SPI değerlerinin 0'ın altında olduğu görülmektedir. Diğer yılların SPI değerlerinin ise 0 civarlarında olduğu görülmektedir. Havzadaki minimum SPI değerinin ise 2003, 2014 ve 2015 yıllarında 0'a yaklaştığı, yani havza genelinde yaşanan kuraklık şiddetinin bu yıllarda diğer yıllara oranla daha az olduğu görülmektedir. 2013 yılında ise havzanın çeşitli bölgelerinde çok nemli alanların görülmesine karşın, yine kurak alanların da varlığı sebebiyle ortalama SPI değeri 0'a yakın görülmektedir.



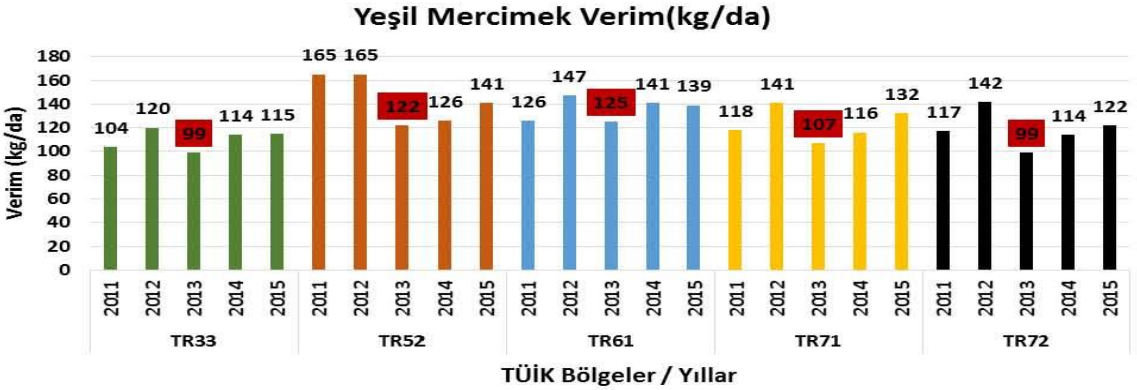
Şekil 3. Çalışma Alanı SPI Trendi

3.2. Kuraklığın Bitkisel Üretim Üzerindeki Etkileri

Kuraklığın insan yaşamındaki en önemli etkilerinden biri de bitkisel üretimde ciddi kayıplar şeklinde kendini göstermektedir. Türkiye'de kuru tarım sisteminin yaygınlığı, bitkisel verimliliği iklim değişikliğinin etkileri bakımından oldukça hassas hale getirmektedir. Bu bölümde SPI indisi analizleri sonucu Türkiye'de farklı bölgelerde kuraklığın yaşandığı 2004, 2007, 2008 ve 2013 yıllarında bitkisel üretim verim değerleri incelenerek kuraklık-verim arasındaki ilişki analiz edilmiştir.

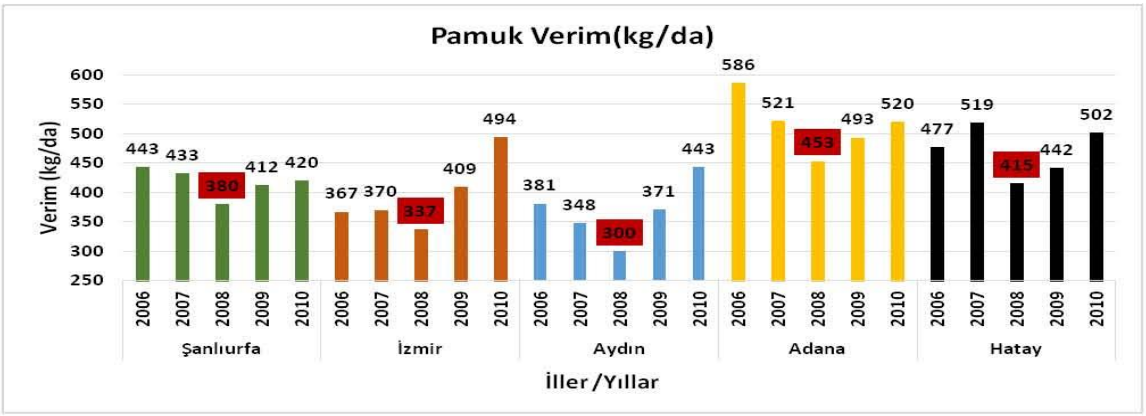
SPI kuraklık analizleri sonuçlarına göre Şekil 2'de 2013 yılında İç Anadolu'da kuraklık yaşandığı ortaya konulmuştur.

İç Anadolu Bölgesi yeşil mercimek üretiminde ön plana çıkan bir bölgedir. Bölgede yer alan TÜİK sınıflandırmasına göre TR33 (Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak), TR52 (Konya, Karaman), TR61 (Antalya, Isparta, Burdur), TR71 (Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir), TR72 (Kayseri, Sivas, Yozgat) alt bölgeleri için 2011-2015 dönemi mercimek verim değişimleri incelenmiştir. Ele alınan 5 alt bölgede 2013 yılı yeşil mercimek verimi 2012 yılı verimlerine kıyasla sıra ile TR33'de % 17.5, TR52'de 26.1, TR61'de % 15.0, TR 71'de % 24.1, TR 72'de % 30.3 oranında düşüş göstermiştir (Şekil 4).



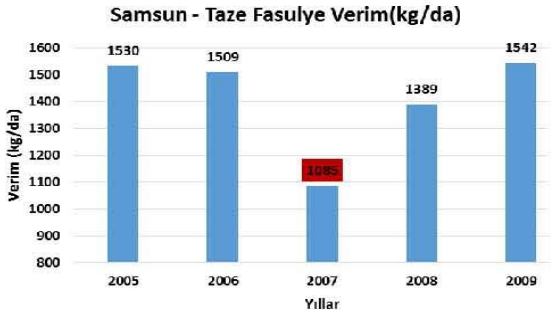
Şekil 4. Bölge ve yıl bazlı yeşil mercimek verim değişimi (TR33: Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak - TR52: Konya, Karaman - TR61: Antalya, Isparta, Burdur - TR71: Kırıkkale,Aksaray,Niğde,Nevşehir,Kırşehir - TR72: Kayseri,Sivas,Yozgat)

2008 yılında Ege ve Akdeniz bölgeleri genelinde yaşanan kuraklık pamuk verimliliğinde önemli kayıplara neden olmuştur. Aydın, İzmir, Adana, Hatay ve Şanlıurfa illeri pamuk verimliliği 2006-2010 dönem arası incelendiğinde 2008 yılında yaşanan kuraklık ile birlikte ele alınan tüm illerde verim kayıplarının yaşandığı belirlenmiştir. 2008 yılı kütlü pamuk veriminde 2007 yılına kıyasla; Aydın'da % 13.8, İzmir'de % 8.9, Adana'da % 13.1, Hatay'da % 20.0 ve Şanlıurfa'da % 12.2 oranında düşüş yaşanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. İllere göre yıl bazlı pamuk verim değişimi

2007 yılında ise Samsun ve civarında kuraklık yaşanmıştır. Samsun 2016 yılı üretim verilerine göre taze fasulye üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Samsun ili 2005-2009 yılları arası taze fasulye üretim değerleri incelendiğinde 2007 yılı veriminin 2006 yılına kıyasla %28.1 oranında azaldığı belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Samsun ili taze fasulye verim değişimi

Şekil 7. İl ve yıl bazlı patates verim değişimi

2004 yılında Eskişehir, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak bölgesinde kuraklık yaşanmıştır. Bölgede özellikle Afyonkarahisar ve Eskişehir'de patates yetiştiriciliği yaygındır. 2003-2006 dönemi patates üretim değerleri incelendiğinde 2004 yılında yaşanan kuraklığın da etkisiyle Afyonkarahisar ve Eskişehir illerinde verim azalmıştır. 2004 yılı patates verimi 2003 yılına kıyasla Afyonkarahisar ilinde % 10.4 ve Eskişehir ilinde ise %3.6 oranında azalmıştır (Şekil 7).

4. Sonuç

Elde edilen 2000-2015 yılları SPI haritalarına göre bütün bir havza içinde nemlilik ve kuraklığın sürekli olarak yıl yıl değiştiği gözlemlenmektedir. Sonuçlar, bu havzada yağış rejimindeki değişkenliğin en güzel işaretidir. 2000-2015 dönemi için kendi yağış rejimine en istikrarsız bölgeler Kafkasya, Balkanlar ve Ortadoğu'dur. Ancak buna karşın, bölgede kuraklığın trendine yönelik net bir bulguya ulaşılamamıştır. Son yıllarda ise havzada bazı kurak bölgelerin varlığına karşın, kuraklık durumunun normal civarında olduğu görülmüştür. Balkanlar ve Kafkasya'da ise nemlilik ve kuralık arasındaki geçiş miktarı sıktır. Hazar gölünün doğu bölgeleri ve Kuzey Afrika kendi iklimlerine nispeten daha uygun davranış izlemişlerdir. Küresel iklim değişikliği ve olası etkilerini yakın gelecekte en büyük sorunlardan biri olarak görünmektedir. Bu etkiler Ortadoğu, Kafkasya ve Balkanlar'da kuraklık durumunun yıldan yıla ani değişimi sebebiyle bariz bir biçimde görülmektedir. Yağış rejimindeki düzensizlikler ve dolayısıyla kuraklığın ani değişiklik göstermesi, havzadaki ülkeler açısından su kaynaklarının etkilenmesine ve tarımsal üretimin düşmesine sebep olabilir. Bu nedenle bölgede olası yaşanabilecek kuraklık bölge ülkeleri için büyük tehdittir.

Kuraklık yaşanan dönemlerde en fazla etkilenen sektörlerin başında tarım gelmektedir. Bitkisel üretimde su en önemli girdidir. Su kıtlığı ve kuraklık özellikle kuru tarım sisteminin yaygın olduğu Türkiye'de tarımsal üretimde büyük risk oluşturmaktadır. SPI ile kuraklık belirleme analizleri sonucunda kuraklık yaşanan yıllar ve bölgelerde bitkisel verimlilikler incelenmiştir. 2004, 2007, 2008 ve 2013 yıllarında

Türkiye'de kuraklık yaşanan bölgelerde tarımsal üretimde % 30'lara varan oranlarda kayıpların olduğu tespit edilmiştir.

Kuraklığa yönelik araştırmalar tüm dünyada yürütülmektedir. Bu çalışmaların artırılarak sıkı takibi gerekmektedir. Düzenli ve kalite kontrolden geçmiş veri setleri bu tarz çalışmaların temelini oluşturması sebebiyle önemlidir. Diğer taraftan, veri setlerinin olmadığı ya da düzensiz olduğu bölgelerde ise modelleme çalışmaları ile yüksek kalitede veriler üretilmesi ve kuraklık analizlerinin yapılması önem arz etmektedir. Bu çalışma aynı zamanda modelleme çalışmaları ile kuraklık tahminine yönelik çalışmaların da temelini oluşturmaktadır.

Kaynaklar

Almedeij, J., 2014. Drought analysis for Kuwait using standardized precipitation index. The Scientific World Journal, Volume 2014, Article ID 451841

Anonim, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu Verileri. https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul, erişim tarihi: 05.05.2017

Balsamo, G., Albergel, C., Beljaars, A., Boussetta, S., Brun, E., Cloke, E., Dee, D., Dutra, E., Sabater, J. M., Pappenberger, F., Rosnay, P., Stockdale, T., Vitart, F., 2015. ERA-Interim/Land: a global land surface reanalysis data set, Hydrology and Earth System Sciences, 19: 389–407.

Bolle, H. J., 2003. Climate, climate variability, and impacts in the Mediterranean area: an overview. In: Bolle H-J (ed) Mediterranean climate—variability and trends. Springer, 5–86.

Dee, D.P., Uppala, S. M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Holm, E.V., Isaksen, L., Kallberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B. M., Morcrette, J.J., Park, B. K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thepaut, J. N., Vitart, F., 2011. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 137 (656): 553–597.

Guttman, N., 1998. Comparing the palmer drought index and the standardized precipitation index. Journal of the American Water Resources Association, 34: 113-121

Ilgar, R., 2010. Çanakkale'de kuraklık durumu ve eğilimlerinin standartlaştırılmış yağış indisi ile belirlenmesi. Marmara Coğrafya Dergisi, 22: 183 – 204.

Issar, A.S., Zohar, M., 2007. Climate change, environment and civilization in the Middle East. Springer, 20(1), Berlin.

Kadıoğlu, M., 2001. Kuraklık Kırarı. Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi, s.17-24, İstanbul.

Kapluhan, E., 2013. Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. Marmara Coğrafya Dergisi, 27: 487-510.

Komuscu, A. U., 1999. Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey. Drought Network News (1994-2001), 49: 7-13.

Leileveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., Hannides, C., Lange, M. A., Tanarhte, M., Trylis, E., Xoplaki, E., 2012. Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. Climatic Change, 114: 667–687.

McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proc. Eighth Conf. on Applied Climatology. Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc, 179-184.

McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1993. Drought monitoring with multiple time scales. In Proceedings of the 9th Conference on Applied Climatology (pp. 233-236). Dallas, Boston.

Merkoci, A. L., Mustaqi, V., Mucaj, L., Dvorani, M., 2013. Arnavutluk bölgesinde kuraklık ve standart yağış indeksinin (spı) kullanımı, Gazi Üniv. Mühündeslik – Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(1): 161-166.

Palchaudhuri, M., Biswas, S., 2013. Analysis of meteorological drought using standardized precipitation ındex – a case study of puruliya district, West Bengal, India, International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering, 7(3): 6-13.

Palmer, W.C., 1965. Meteorological drought. Research Paper *45*, U.S. Weather Bureau, Washington, DC, 58pp

Pamuk, G., Özgürel, M., Topçuoğlu, K., 2004. Standart yağış indisi (spı) ile ege bölgesinde kuraklık analizi, *Ege* Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41 (1): 99-106.

Simsek, O., Cakmak, B., 2010. Drought Analysis for 2007-2008 Agricultural Year of Turkey, Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 7(3):99-109.

Singleton, A., 2012. Forecasting Drought in Europe with the Standardized Precipitation Index, European Commission Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, 65p.

Şimşek, O., Yıldırım, M., Gördebil, N., 2012. Türkiye'nin 2011–2012 tarım yılı kuraklık analizi, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Topal, H., 2000. Lime/Lime - sugar waste pulp mixture usage for reduction of SO2 emissions caused by domestic heating Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University. 15(1): 15-29

Türkeş, M., Tatlı, H., 2008. Aşırı kurak ve nemli koşulların belirlenmesi için yeni bir Standartlaştırılmış Yağış İndisi (yeni-SPI): Türkiye'ye uygulanması, IV. Uluslararası Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 25-28 Mart, İstanbul

World Meteorological Organization – WMO, 2006. Drought monitoring and early warning: Concepts, progress and future challenges, WMO No. 1006.

KSÜ Doğa Bil. Derg., 20 (Özel Sayı), 216-221, 2017 *Araştırma Makalesi/Research Article*
KSU J. Nat. Sci., 20 (Özel Sayı), 216-221, 2017 *DOI : 10.18016/ksudobil.349207*

İklim Değişikliği Nedeniyle Artan Kuraklığın Ayçiçeği ve Pamuk Verimi Üzerine Etkileri

Hüdaverdi GÜRKAN[1] ✉ Nilgün BAYRAKTAR[2] Hüseyin BULUT[1]

hgurkan@mgm.gov.tr nbayrak@agri.ankara.edu.tr hbulut@mgm.gov.tr
[1]Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü
[2]Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
✉: hgurkan@mgm.gov.tr

Geliş (Received): **03.11.2017** Kabul (Accepted): **15.12.2017**

ÖZET: Bitkisel verimliliği etkileyen birçok faktör vardır. Tohum genetik yapısı, toprak yapısı, uygulanan tarım metotlarının yanında verimi etkileyen en önemli faktörlerden biri iklim parametreleridir. Günümüzde etkisi giderek daha fazla hissedilmeye başlanan iklim değişikliği sonucu artan sıcaklıklar, yağış rejimindeki değişiklikler ve her geçen yıl artış gösteren meteorolojik afetler insanoğlunun tüm hayati faaliyetlerini etkilemektedir. Tarım sektörü iklim değişikliğinden en fazla etkilenen sektörlerin başında gelmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'de tarımsal üretimde önemli payı olan ayçiçeği ve pamuk verimi üzerine iklim değişikliğinin etkileri ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Çalışma 2006 – 2016 yılları arası dönemi kapsamaktadır. Materyal olarak, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen Kuraklık İzleme Sistemi (KİS) il-bitki vejetasyon dönemi bazlı 9 aylık kuraklık analizleri, aylık maksimum sıcaklık ve aylık maksimum yağış meteorolojik parametreleri ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre değişen iklim koşullarının, Türkiye genelinde ayçiçeği (yağlık) veriminde % 20, pamuk (kütlü) veriminde ise % 14'e varan oranlardaki azalışlarda etkili olduğu belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, meteorolojik afetler, ayçiçeği, pamuk, bitkisel verimlilik

Effects of Increasing Drought on Sunflower and Cotton Yield Due to Climate Change

ABSTRACT: There are many factors that affect crop productivity. In addition to genetic structure of seed, soil structure and applied agricultural methods climate parameters are one of the most important factors affecting the crop productivity. Due to climate change; increasing temperatures, changes in the precipitation regime and meteorological disasters caused by meteorological factors negatively affect crop productivity. The agriculture sector is one of the sectors most affected by climate change. In this study, the effects of climate changes were tried to determine on sunflower and cotton production which have an important role in agricultural production in Turkey. The study covers the period between 2006 and 2016. The drought analysis of 9-months based on city - crop vegetation period by using Drought Monitoring System (DMS) developed by TSMS, monthly maximum temperature and monthly maximum rainfall meteorological parameters were used as material. According to the obtained results, it has been determined that the changing climate conditions cause decrease in the sunflower (for oil) yield up to 20% and in the cotton (seed cotton) yield up to 14% in Turkey.
Keywords: Climate change, Meteorological disasters, Sunflower, Cotton, Crop productivity

GİRİŞ

Günümüzde etkisi giderek daha fazla hissedilmeye başlanan iklim değişikliği sonucu artan sıcaklıklar, yağış rejimindeki değişiklikler ve her geçen yıl artış gösteren meteorolojik afetler insanoğlunun tüm hayati faaliyetlerini etkilemektedir. İklim değişikliğinin sektörel temelde sağlık, ulaşım, ticaret, vb. sektörlere etkilerinin yanı sıra en ciddi etkilerinin görüldüğü sektörlerin başında tarım sektörü gelmektedir.

İklim değişikliği sonucu ortaya çıkan sıcaklık artışları ve artan CO_2 yoğunluğu bazı bölgelerde tarım ürünlerinin miktarına kısa vadede pozitif bir etki yapıyor gibi görülse de uzun vadede bu bileşenler, ürün kalitesinde ve üretim miktarında azalmalara sebep olabilmektedir (Akalın, 2014).

İklim değişikliği nedeniyle azalan üretim miktarları ekonomik kayıpları da beraberinde getirmektedir. Dellal (2012)'e göre 2050 yılında iklim değişikliği sonucu verimdeki azalmalar nedeniyle üretim miktarının buğdayda % 8.18, arpada % 2.24, mısırda % 9.11, pamukta % 4.53 ve ayçiçeğinde % 12.89 oranında azalacağı tahmin edilmektedir.

Demir (2013)'e göre gelecek 30 yılda beklenen sıcaklık artışı özellikle yaz aylarında (0.6-0.8°C) yağlı tohum bitkileri yetiştiriciliğinde önemli problemleri beraberinde getirebilecektir.

Bu çalışmada, ayçiçeği ve pamukta, kuraklık başta olmak üzere çeşitli meteorolojik afetler nedeniyle meydana gelen verim değişimleri incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada incelenen bitkiler

Araştırma için ülkemiz ekonomisinde de önemli yer teşkil eden bitkilerden ayçiçeği (yağlık), ve pamuk (kütlü) ele alınmıştır. Seçilen iki bitki için Türkiye'de yetiştiriciliğinin yaygın olduğu iller değerlendirilmiştir. Ayçiçeği (yağlık) için Tekirdağ ve Adana illeri, pamuk (kütlü) için ise Şanlıurfa ve Aydın illeri değerlendirilmiştir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kuraklık İzleme Sistemi (KİS)

Tarımsal kuraklık toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda suyun bulunmaması olarak tarif edilebilir (Kadıoğlu, 2008). Kuraklık literatürde geliştirilmiş farklı indekslerle belirlenebilmekte ve takip edilebilmektedir. Belli başlı kuraklık indeksleri; Standart Yağış İndeksi (Standardized Precipitation Index - SPI), Normalin Yüzdesi İndeksi (Percent of Normal Index - PNI), Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PALMER Drought Severity Index - PDSI), Aydeniz Metodu şeklinde sıralanabilir.

Bu yöntemler arasında hesaplama kolaylığı olması ve yorumlanması açısından yansız sonuç vermesinden dolayı McKee ve ark., (1993) tarafından önerilen Standart Yağış İndeksi (SPI) özel bir ilgi toplamaktadır. SPI indeksi esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee ve ark., 1993). SPI hem kısa dönem hem uzun dönem tarımsal ve meteorolojik kuraklık analizlerinde ve uzun dönem hidrolojik kuraklık analizlerinde kullanılabilmektedir (Hınıs, 2008). SPI aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir.

$SPI = (Xi - X) \sigma^{-1}$

Bu eşitlikte; SPI, Standart Yağış İndeksi; Xi, Aktüel yağış miktarı; X, Ortalama yağış miktarı; σ, Standart sapma değeridir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından kuraklığın uzun dönemli izlenebilmesi için SPI indeksi ile Kuraklık İzleme Sistemi (KİS) oluşturulmuştur. Bu sistemde il ve bazı ilçeler bazında 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlar için kuraklık analizleri yapılabilmektedir. Birbirinden kesin sınırlarla ayırmak mümkün olmamakla birlikte, 1, 3 ve 6 aylık analiz meteorolojik kuraklığı, 9 ve 12 aylık analizler tarımsal kuraklığı, 12 ve 24 aylık analizler ise hidrolojik kuraklığı görmek için kullanılmaktadır. Program tarafından üretilen grafiğin yatay ekseninin (sıfır) altındaki çubuklar kurak dönemleri, üstündekiler ise nemli dönemleri ifade etmektedir. Sınıflandırmada kullanılan renklendirmeler yardımıyla kuraklığın ya da nemliliğin derecesi hakkında bilgi sahibi olunabilir (Anonim, 2017a).

Araştırmada ele alınan ayçiçeği (yağlık) ve pamuk (kütlü) ile illerdeki bitki vejetasyon dönemleri dikkate alınarak 9 aylık dönemler için kuraklık analizleri hazırlanmıştır. Ayrıca aylık maksimum sıcaklık ve aylık maksimum yağış parametrelerine ait veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (Anonim, 2017b).

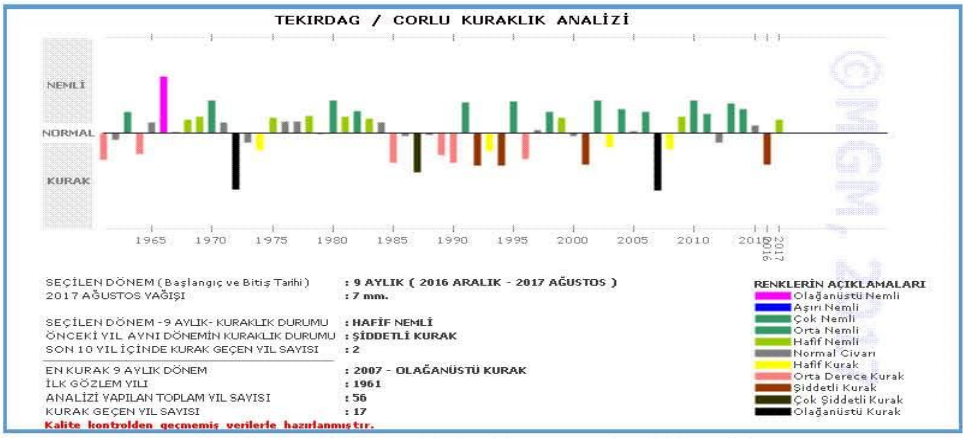
BULGULAR ve TARTIŞMA

Ayçiçeği (yağlık)

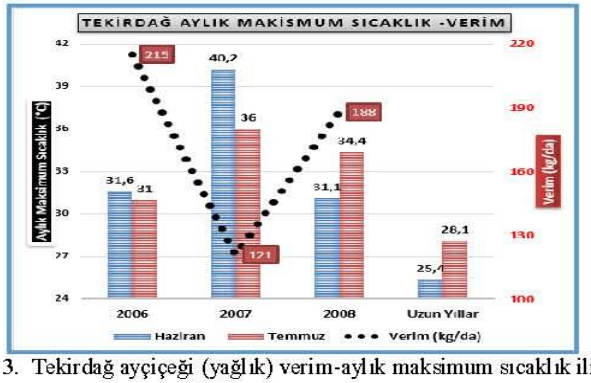
Ayçiçeği önemli bir yağ bitkisi olup, bitkisel yağ üretiminde ülkemizde ilk sırada yer almaktadır. Geniş coğrafyalarda yetiştirilme olanaklarına sahip ve değişik iklim koşullarına uyum sağlayabilen ayçiçeği de tüm bitkilerde olduğu gibi değişen iklim şartlarından etkilenir (Gürkan ve ark., 2016). Şekil 1'de görüldüğü üzere Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) kaynaklarına göre 2006-2016 yılları arası dönem incelendiğinde 2007 yılında yağlık ayçiçeği verimi 2006 yılına göre ülke genelinde % 19.7 oranında azalmıştır (Anonim, 2017c).

Şekil 1. Türkiye ayçiçeği(yağlık) verimi değişimi (kg/da)

Tekirdağ ili için ildeki ayçiçeği vejetasyon dönemi dikkate alınarak yapılan 9 aylık kuraklık izleme sistemi (KİS) analizinde Aralık-Ağustos dönemi ele alınmıştır. KİS sonuçlarına göre 2007 yılında ilde olağanüstü kuraklık yaşanmıştır (Şekil 2). 2007 yılı Haziran ve Temmuz aylarında aylık maksimum sıcaklık rekorları kırılmıştır. Bu yıl özellikle bitkinin döllenme ve çiçeklenme döneminde yaşanan olağanüstü kuraklık ve aşırı sıcaklıklar yağlık ayçiçeği veriminin ilde bir önceki yıla göre % 43.7 azalmasında önemli bir sebep olmuştur (Şekil 3).



Şekil 2. Tekirdağ 9 aylık (Aralık-Ağustos) kuraklık analizi

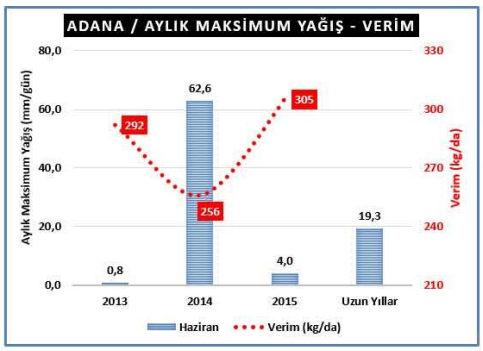


Şekil 3. Tekirdağ ayçiçeği (yağlık) verim-aylık maksimum sıcaklık ilişkisi

Adana ili için ildeki ayçiçeği vejetasyon dönemi dikkate alınarak 9 aylık kuraklık analizinde Kasım-Temmuz dönemi ele alınmıştır. KİS analizi sonuçlarına göre 2014 yılında olağanüstü kuraklık yaşanmıştır (Şekil 4). İlde 9 aylık dönemde olağanüstü kuraklık yaşanmış olmasının yanında 2014 yılı haziran ayında gerçekleşen şiddetli yağış da verimliliği olumsuz etkilemiştir (Şekil 5). İklim değişikliği sonucunda aynı dönem içerisinde gerçekleşen hem olağanüstü kuraklık hem de şiddetli yağışın da etkisiyle 2014 yılı verimi 2013 yılına göre %12.3 oranında azalmıştır (Anonim, 2017c).

Şekil 4. Adana 9 aylık (Kasım-Temmuz) kuraklık analizi

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI : 10.18016/ksudobil.349207



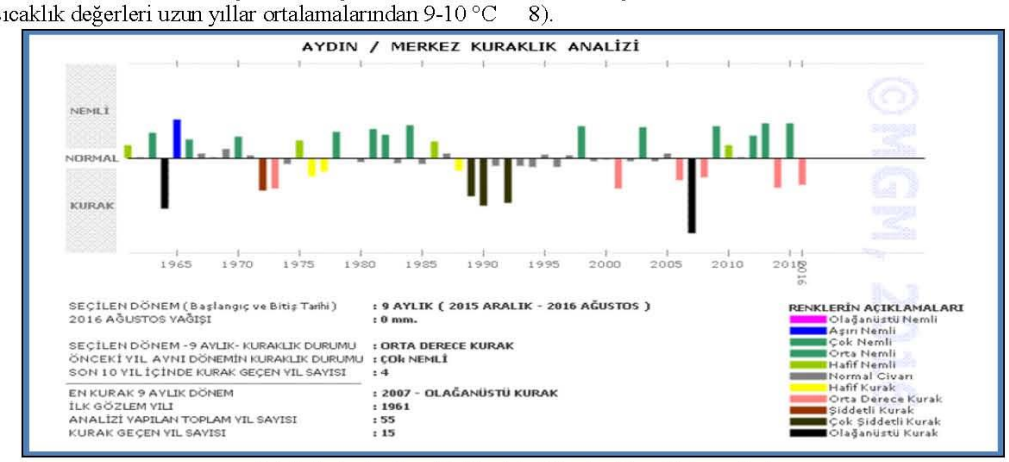
Şekil 5. Adana ayçiçeği (yağlık) verim-aylık maksimum yağış ilişkisi

Pamuk (kütlü)

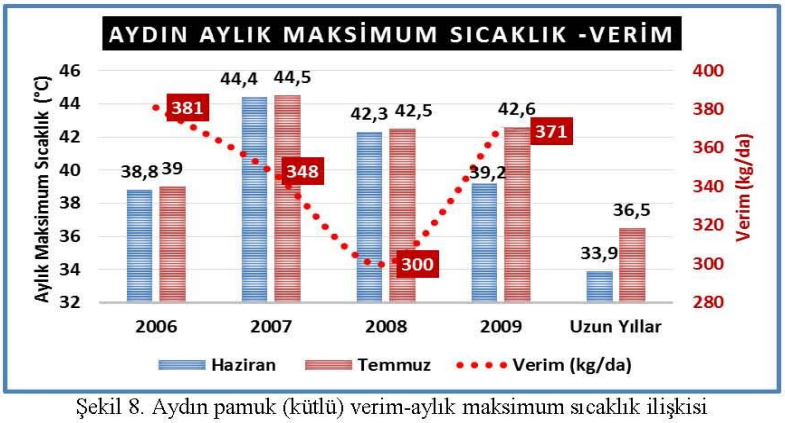
Türkiye'de pamuk yetiştiriciliği daha çok Güneydoğu Anadolu Bölgesi olmak üzere Ege ve Akdeniz bölgelerinde de yaygın olarak yapılmaktadır. Türkiye dünya genelinde pamuk ekim alanları sıralamasında 9'ncu, üretim miktarı sıralamasında 7'nci, lif verimi sıralamasında ise 2'nci sırada yer almaktadır (Anonim, 2016). Sıralamadan da anlaşılacağı üzere Türkiye pamuk tarımı için oldukça elverişli konumdadır. Ancak pamuk tarımında olmazsa olmaz unsur sulamadır. Su kıtlığı ve kuraklık verim üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. İklim değişiklikleri nedeniyle daha sık görülmeye başlanan kuraklık pamuk tarımı üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. Şekil 6'da görüldüğü üzere 2007-2016 dönemi pamuk (kütlü) verim değerleri incelendiğinde 2008 yılında ülke geneli pamuk (kütlü) verimi bir önceki yıla göre %14.2 oranında azalış göstermiştir (Anonim, 2017c).

Şekil 6. Türkiye pamuk(kütlü) verimi değişimi (kg/da)

Aydın ili için ildeki pamuk (kütlü) vejetasyon dönemi dikkate alınarak 9 aylık kuraklık analizinde aralık-ağustos dönemi ele alınmıştır. Ele alınan döneme göre 1961'den günümüze 2007 yılı en kurak yıl olarak kayıtlara geçmiştir. 2007 yılında ilde olağanüstü kuraklık yaşanmıştır (Şekil 7). Aynı yıl Haziran ve Temmuz aylarında aylık maksimum sıcaklık değerleri uzun yıllar ortalamalarından 9-10 °C daha yüksek olarak kaydedilmiştir. Haziran ayı günlük maksimum sıcaklık rekoru 24.06.2007'de 44.0°C ve 27.06.2007'de 44.4°C olarak ölçülerek ay içinde iki kez rekor kırmıştır. Kuraklık ve yüksek sıcaklıkların etkisi 2008 yılında da devam etmiştir. 2006 yılı ile kıyaslandığında pamuk (kütlü) verimi 2007 yılında % 8.7, 2008 yılında ise % 21.3 oranında azalmıştır (Şekil 8).

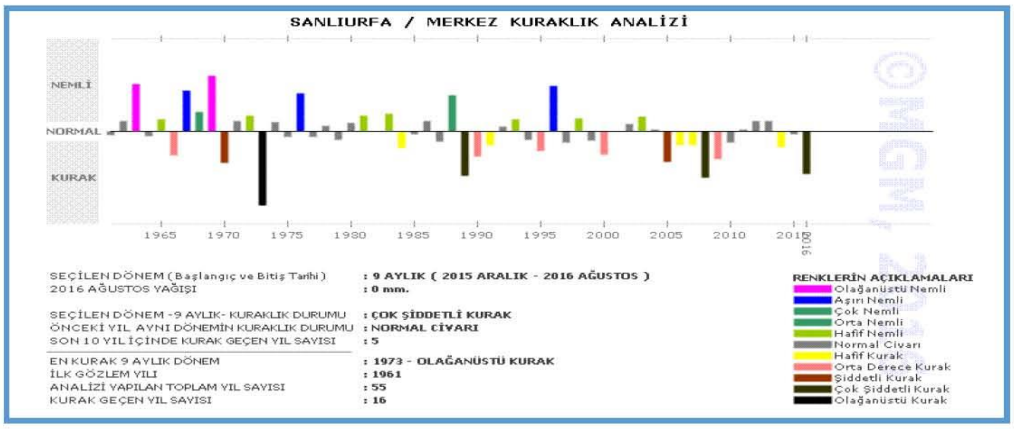


Şekil 7. Aydın 9 aylık (Aralık-Ağustos) kuraklık analizi

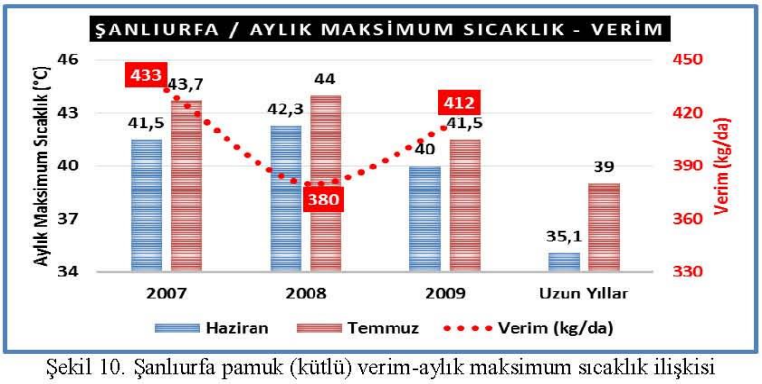


Şekil 8. Aydın pamuk (kütlü) verim-aylık maksimum sıcaklık ilişkisi

Şanlıurfa ili için ildeki pamuk (kütlü) vejetasyon dönemi dikkate alınarak 9 aylık kuraklık analizinde aralık-ağustos dönemi ele alınmıştır. Şanlıurfa ilinde Aralık-Ağustos dönemi kuraklık analizlerine göre 2008 yılı çok şiddetli kuraklığın yaşandığı yıllardan biri olarak belirlenmiştir (Şekil 9). Aynı yıl Haziran ve Temmuz ayları maksimum sıcaklık değerleri uzun yıllar ortalamalarından 5-7 °C daha yüksek değerlerde ölçülmüştür. 2008 yılı pamuk (kütlü) verimi 2007 yılına göre % 12.2 oranında azalmıştır (Şekil 10).



Şekil 9. Şanlıurfa 9 aylık (Aralık-Ağustos) kuraklık analizi



Şekil 10. Şanlıurfa pamuk (kütlü) verim-aylık maksimum sıcaklık ilişkisi

SONUÇLAR

Türkiye'de iklim değişikliklerinin etkisi ile görülme sıklığı ve şiddeti her geçen yıl artan meteorolojik kaynaklı doğal afetler nedeniyle bitkisel üretimde ciddi verim kayıpları yaşanmaktadır. Türkiye'de şiddetli kuraklığın ve ekstrem sıcaklıkların gözlemlendiği 2007, 2008 yıllarında ve ayrıca 2014 yılında seçilen endüstri bitkilerinde ülke genelinde %19.7'ye varan oranlarda verim kayıpları olmuştur. MGM tarafından geliştirilen KİS kuraklık analizi bunun yanı sıra ele alınan aylık maksimum sıcaklık ve aylık maksimum yağış parametreleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda iklim değişikliği ve buna bağlı olarak şiddeti ve sıklığı her geçen yıl artan meteorolojik afetlerin bitkisel verimlilikte oluşan kayıpların önemli sebeplerinden biri olduğu söylenebilir.

İklim değişikliği ve buna bağlı olarak artan meteorolojik afetler özellikle tarımsal üretim üzerinde çok ciddi olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Yapılan gelecek dönem iklim projeksiyonlarına göre yaşadığımız yüzyılda iklim değişikleri ve buna bağlı olarak olumsuz etkilerinin sıklığı ve şiddetinde ciddi artışların olabileceği öngörülmektedir. İklim değişikliği gıda güvenliğini etkileyecek ve insanları yaşadıkları yerlerden edecektir (Anonymous, 2013). İklim değişiklikleri nedeniyle meteorolojik kaynaklı doğal afetler bitkisel verimliliği azaltarak ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Yaşanan kayıplar hem çiftçilikle geçimini sağlayan aileleri hem de ülke ekonomisini etkilemektedir.

İklim değişiklikleri kısa vadede geri döndürülemeyeceği için yapılması gereken en önemli tedbir iklim değişikliklerine uyum sağlamak olacaktır. Bu nedenle iklim değişikliklerine karşı tarım sektöründe yapılması gereken uyum faaliyetleri, iklim değişikliğinin gelecek dönemlerdeki verimliliğe olası etki çalışmaları, değişen iklim koşullarına göre dayanıklı çeşit ıslahı çalışmaları vb. çalışmalar gelecek dönemlerdeki kayıpların önüne geçmek için yapılabilecek önemli çalışmalar olarak ön plana çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

Akalın M 2014. İklim Değişikliğinin Tarım Üzerindeki Etkileri: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum Ve Azaltım Stratejileri. Hitit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 7(2): 351-377.

Anonim 2016. 2015 Yılı Pamuk Raporu. Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, http://koop.gtb.gov.tr/data/56e95b3a1a79f5b210d9176f/2015%20Pamuk%20Raporu.pdf (Erişim tarihi: 02.02.2017)

Anonim 2017a. Kuraklık İzleme Sistemi. http://212.175.180.197/bitkidon/kuraklikizleme.aspx (Erişim tarihi: 01.02.2017)

Anonim 2017b. Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi (TÜMAS). http://tumas.mgm.gov.tr/wps/portal/ (Erişim tarihi: 05.02.2017)

Anonim 2017c. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul (Erişim tarihi:02.02.2017)

Anonymous 2013. IPCC Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution To IPCC AR5, 203p., Geneva.

Demir İ 2013. TR71 Bölgesi Yağlı Tohumlu Bitki Yetiştiriciliği ve İklim Değişikliğinin Etkileri. Türk Tarım-Gıda Bilim Dergisi 1(2): 73-78.

Dellal İ (2012). Türkiye'de İklim Değişikliğinin Tarım ve Gıda Güvencesine Etkileri, Türkiye'nin II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1-32.

Gürkan H, Bayraktar N, Bulut H, Koçak N, Eskioğlu O, Demircan M 2016. İklim Değişikliğinin Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Verimine Olası Etkilerinin İncelenmesi: Marmara Bölgesi Örneği. 12. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi. Bildiriler Kitabı (I): 25-27 Mayıs, Isparta, 59-68.

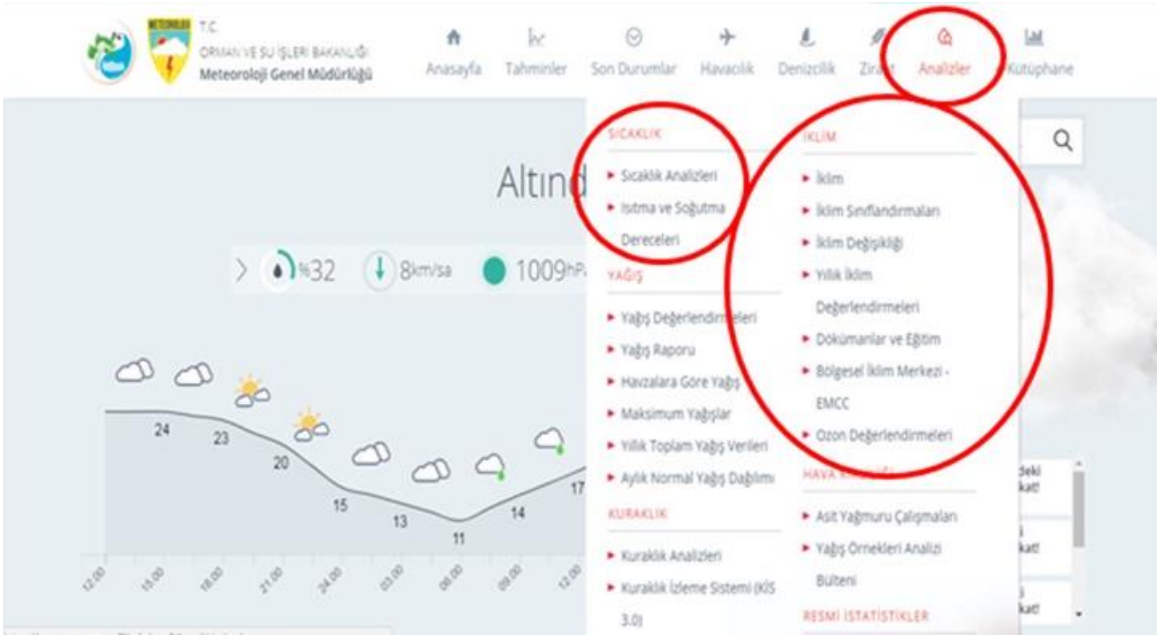
Hınıs M A 2008. Standart Yağış İndeksi ile Konya'nın geçmişten Günümüze Kuraklık Değerlendirilmesi. Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı. Bildiriler Kitabı: 11-12 Eylül, Konya, 238-245.

McKee T B, Doesken N J, Kliest J 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. In: Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA. 179-184.

Kadıoğlu M 2008. Kuraklık Risk Yönetimi. Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı. Bildiriler Kitabı: 11-12 Eylül, Konya, 1-16.

Klimatoloji Şube Müdürlüğü'nün çalışmalarına ulaşılabilecek linkler;

İklim: https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim.aspx

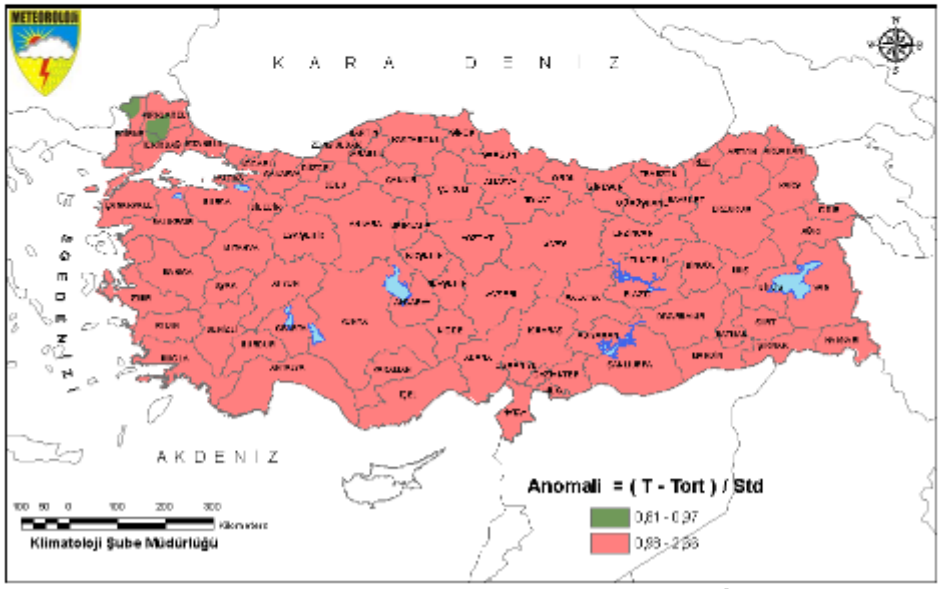


2018 Yılı MART Ayı Ekstrem Sıcaklık Değerlendirmesi

Mart 2018'de beş merkezde yeni ekstrem sıcaklık gerçekleşmiştir.

Merkez	Uzun Yıllar MART Maksimum (°C)	MART 2018 Maksimum(°C)	FARK (°C)
KARATAŞ	28.4	28.9	0.5
SAMANDAĞ	30.7	32.0	1.3
KARS	18.8	19.1	0.3
IĞDIR	27.0	29.5	2.5
YÜKSEKOVA	17.6	18.4	0.8

2018 MART AYI ORTALAMA SICAKLIK ANOMALİLERİ HARİTASI



2018 MART AYI ORTALAMA SICAKLIK FARK HARİTASI

İklim Sınıflandırması: https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx

Ana Sayfa › Araştırma › İklim Sınıflandırmaları

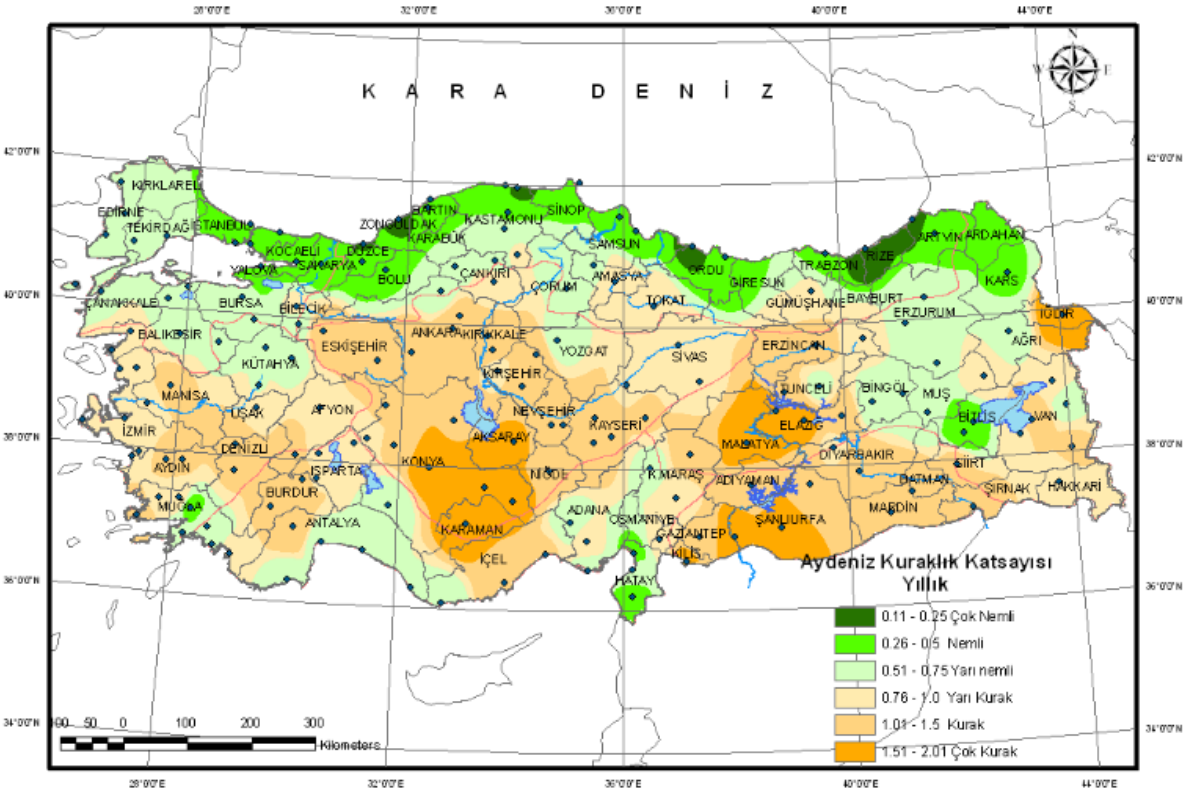
İklim SınıflandırmasıAnkara

Adana Adıyaman Afyonkarahisar Ağrı Aksaray Amasya Ankara Antalya Ardahan Artvin Aydın Balıkesir Bartın Batman Bayburt Bilecik Bingöl Bitlis Bolu Burdur Bursa Çanakkale Çankırı Çorum Denizli Diyarbakır Düzce Edirne Elazığ Erzincan Erzurum Eskişehir Gaziantep Giresun Gümüşhane Hakkari Hatay Iğdır Isparta İstanbul İzmir Kahramanmaraş Karabük Karaman Kars Kastamonu Kayseri Kırıkkale Kırklareli Kırşehir Kilis Kocaeli Konya Kütahya Malatya Manisa Mardin Mersin Muğla Muş Nevşehir Niğde Ordu Osmaniye Rize Sakarya Samsun Siirt Sinop Sivas Şanlıurfa Şırnak Tekirdağ Tokat Trabzon Tunceli Uşak Van Yalova Yozgat Zonguldak

Esenboğa Kızılcahamam Nallıhan Polatlı Ankara Beypazarı

Aydeniz İklim Sınıflandırması					
Kuraklık Katsayısı	1,18	İklim Tipi	Kurak		
Erinç İklim Sınıflandırması					
Yağış Etkinlik İndisi	22,54	İklim Tipi	Yarı kurak		
DeMartonne İklim Sınıflandırması					
Kuraklık İndisi	11,31	İklim Tipi	Yarı Kurak - Nemli Arası		
Trewartha İklim Sınıflandırması *(evrensel sıcaklık ölçeğine göre)*					
Kış mevsimi iklim tipi	Kışları serin, (1,75)	Yaz mevsimi iklim tipi	Yazları ılık (22,58)		
Thornthwaite İklim Sınıflandırması					
İklim Sınıfı	C1,B'2,s,b'3	**C1**: Yarı Kurak-Az Nemli	**B'2**: 2. Derece Mezotermal	**s**: Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan	**b'3**: Yaz Buharlaşma Oranı: % 55,6

İklim Sınıflandırmaları Hakkında Açıklama: Aydeniz | De Martonne | Erinç | Thornthwaite

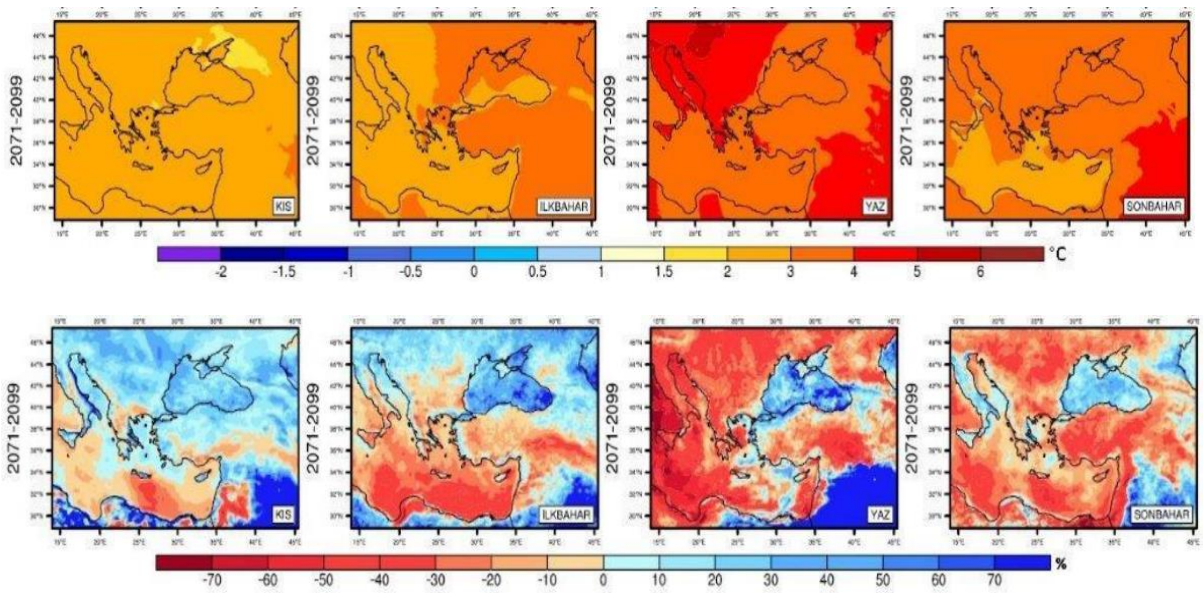


Aydeniz'e göre Türkiye İklimi

İklim Değişikliği: https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx

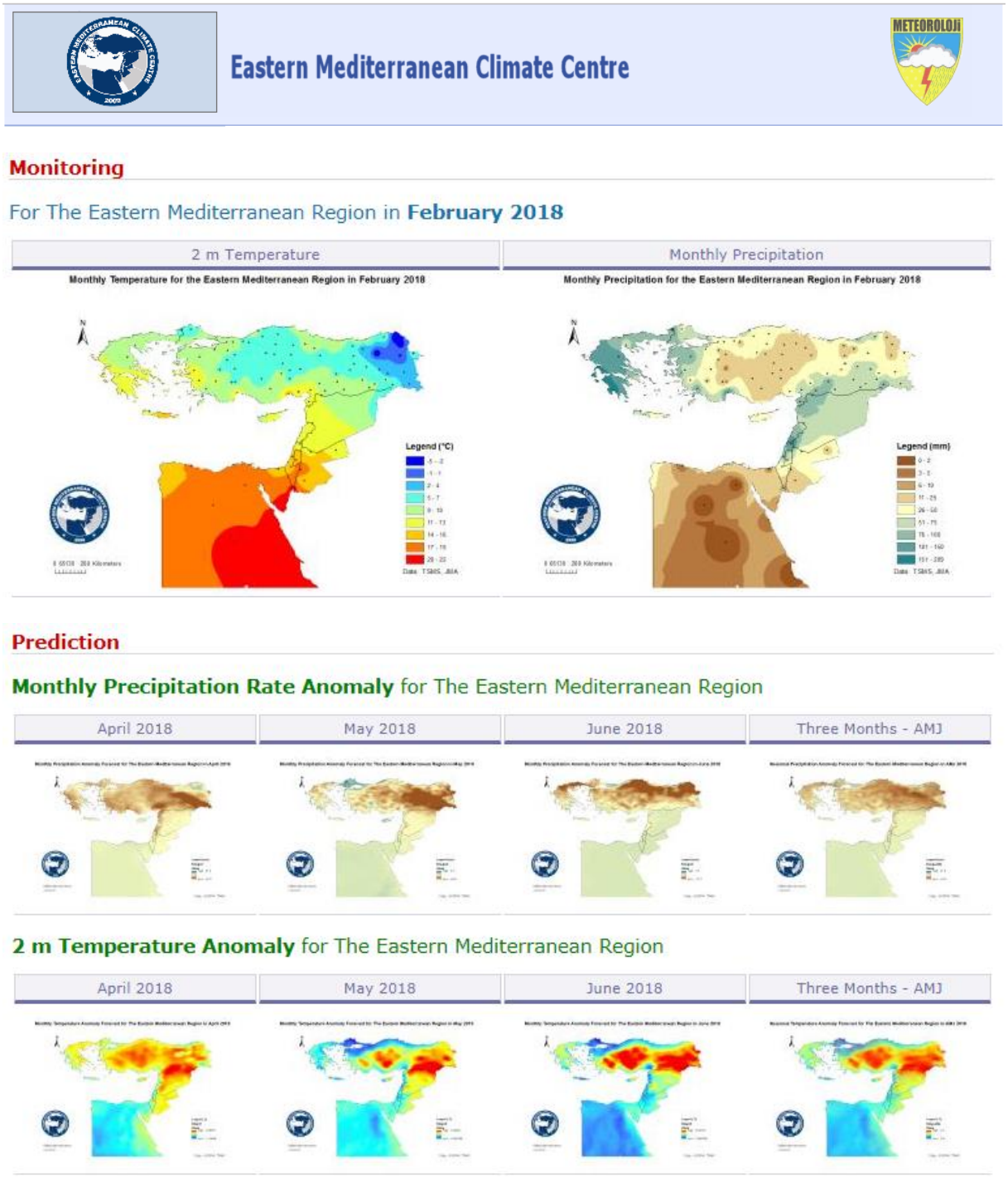
Yeni Senaryolarla Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları (Rapor) TR2015-CC:

https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-degisikligi-projeksiyon2015.pdf



Doğu Akdeniz Bölgesel İklim Merkezi (EMCC):

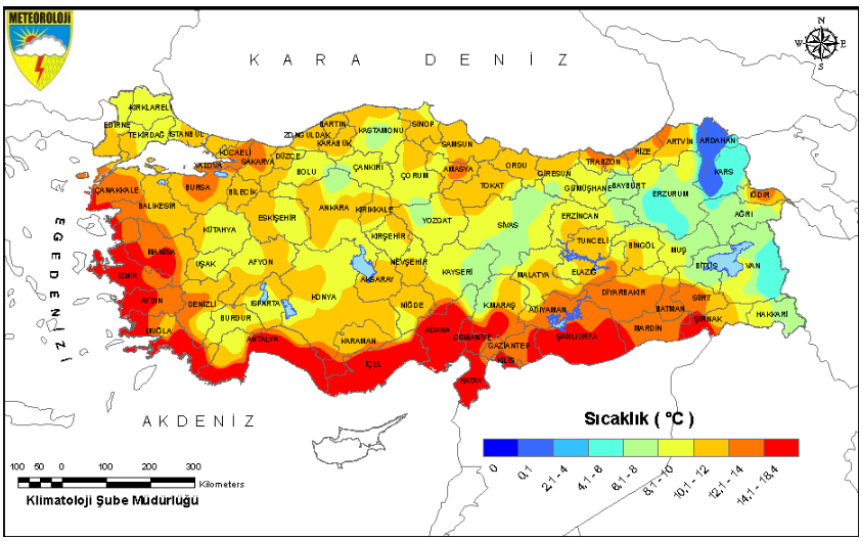
http://www.emcc.mgm.gov.tr/

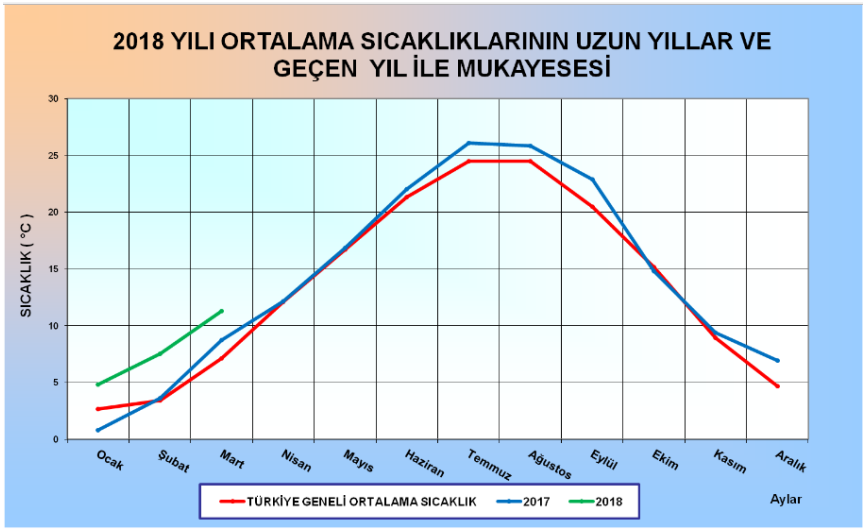


Aylık Sıcaklık Analizi: https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx

2018 MART AYI ORTALAMA SICAKLIK ANOMALİLERİ HARİTASI

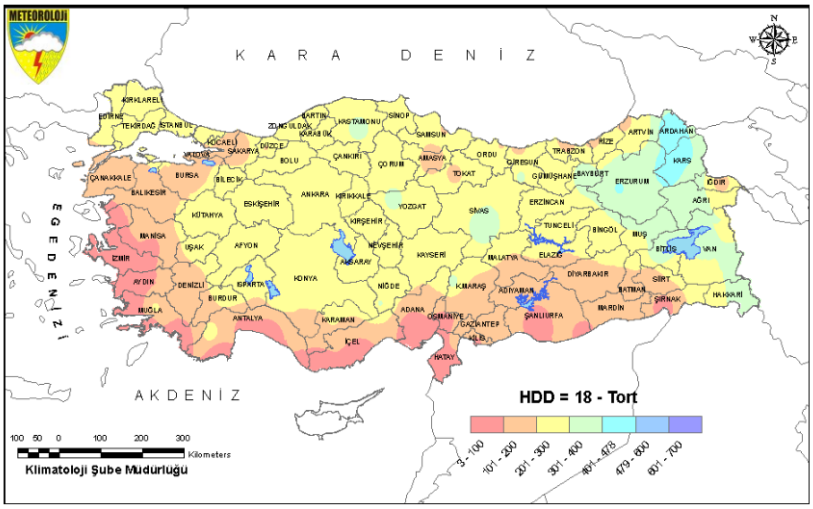
2018 MART AYI ORTALAMA SICAKLIK HARİTASI





Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri: https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx

2018 MART AYI ISITMA GÜN-DERECELERİ HARİTASI



2018 MART AYI ISITMA GÜN-DERECELERİ FARK HARİTASI

Eğitim ve Dokümanlar: https://www.mgm.gov.tr/iklim/dokuman.aspx