



T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ
BAKANLIĞI



**ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI
KLİMATOLOJİ ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ'NÜN
2015 YILINDA DÜZENLENEN
SEMPOZYUMLARDA SUNDUĞU
MAKALELER**

ANKARA, 2015

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOĐI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI
KLİMATOLOĐI ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ'NÜN
2015 YILINDA DÜZENLENEN SEMPOZYUMLARDA
SUNDUĞU MAKALELER

ANKARA, 2015

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 kalıcıdır. İklim verileri ulusal mirasın bir parçasıdır. 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 olacağını 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 (H₂O), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O), ozon (O₃), 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 karbondioksitin atmosferdeki birikimi sanayi öncesi dönemde yaklaşık 280 ppm'den (milyonda bir parçacık) 2015 yılında en son verilere göre 400.83 ppm'e yükselmiştir. Sanayi öncesi dönemde yaklaşık 715 ppb (milyarda bir parçacık) olan metan birikimi, 2005 yılında ise 1774 ppb'e çıkmıştır. Küresel atmosferik diazotmonoksit birikimi %18 oranında artış göstermiş ve sanayi öncesi yaklaşık 270 ppb'den 2005 yılında 319 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.

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?” ’dir. 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 dün, bugün ve yarın konularında, hem Türkiye hem de Doğu Akdeniz İklim Merkezi’nin kapsadığı bölge için iklim hizmetleri sunmaktadır. İklimimizin geçmişi konusunda iklim indisleri eğilim çalışmalarını, bugün 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 2015 yılında;

28-30 Nisan tarihlerinde İstanbul’da düzenlenen “VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu”,

1-3 Eylül 2015 tarihlerinde Cenevre’de düzenlenen “Dünya Meteoroloji Organizasyonu İklim Komisyonu Altyapı Ve Kurumsal Yetenekler Uzman Takımı’nın Toplantısı”,

7-10 Eylül 2015 tarihlerinde Çanakkale’de düzenlenen “11. Tarla Bitkileri Kongresi”,

3-5 Kasım 2015 tarihlerinde Antalya’da düzenlenen “II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu”na katılım 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 trendler ve iklim servisleri konularında yapmış olduğu yeni çalışmaları paylaşmışlardır.

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

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	ii
MPI-ESM-MR Modelinin Rcp4.5 Ve Rcp8.5 Senaryolarına Göre Sıcaklık Ve Yağış Projeksiyonları	1
Ortalama Sıcaklıklardaki Türdeşlik Kırılmalarının İklim Göstergeleriyle ilişkisi	13
Urbanization Effect On Trends Of Extreme Temperature Indices In Ankara	23
Ankara'da Farklı Yöntemlerle Yapılan Ozon Profil Ölçümlerinin Karşılaştırılması	37
İklim Değişikliğinin Haşhaş (Papaver somniferum L.) Üretim Alanlarına Etkisi	49
Türkiye’de 2006 Yılı için CM-SAF SIS ve Yüzey Işınım Verilerinin Karşılaştırması	55
Toms Ve Omı Uydu Türkiye Ozon Verileri (1979-2014) Analizi ve Ankara Brewer Spektrofotometre Ozon Verileri (2007-2014) ile Karşılaştırması	63
Artvin-Hopa Taşkınının Uydu-Radar Verileriyle Analizi Ve Taşkın Hesabı	75
Infrastructural And Institutional Capabilities For Climate Services And Glance At WMO REGION VI	85
Klimatoloji Şube Müdürlüğü’nün çalışmalarına ulaşılacak linkler	107

MPI-ESM-MR MODELİNİN RCP4.5 VE RCP8.5 SENARYOLARINA GÖRE SICAKLIK ve YAĞIŞ PROJEKSİYONLARI

Hüdaverdi GÜRKAN¹, Ömer DEMİR¹, Hakkı ATAY¹, Osman ESKİOĞLU¹, Başak YAZICI¹, Mesut DEMİRCAN¹, Arzu KOCATÜRK¹, Alper AKÇAKAYA¹

hgurkan@mgm.gov.tr¹, omerdemir@mgm.gov.tr¹, hatay@mgm.gov.tr¹, oeskioglu@mgm.gov.tr¹,
byazici@mgm.gov.tr¹, mdemircan@mgm.gov.tr¹, akocaturk@mgm.gov.tr¹, aakcakaya@mgm.gov.tr¹

¹ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara-TÜRKİYE

Özet: 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 atmosferdeki konsantrasyonlarının tahmin edilmesidir (Moss vd., 2010). Senaryo geleceğin tahmini değil, olması muhtemel alternatif durumların tanımlanmasıdır (IPCC, 2000). Bunun yanında, emisyon senaryoları, iklim değişikliği çalışmalarının en önemli bileşenlerinden birini teşkil etmektedir. Bu çalışmada RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için Almanya’da bulunan Max Planck Meteoroloji Enstitüsü tarafından geliştirilmiş MPI-ESM-MR küresel dolaşım modeli çıktıları kullanılmıştır. Bu senaryolar, IPCC 5. Değerlendirme Raporu’nda da en fazla tercih edilen senaryolardır. Düşük çözünürlükte olan küresel model datalarından daha yüksek çözünürlüklü iklimsel parametreler elde etmek amacıyla RegCM4.3.4 Bölgesel İklim Modeli ile 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. 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 havza, bölge ve il düzeyinde sıcaklık ve yağış projeksiyonları geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: IPCC, MPI-ESM-MR, RegCM4.3.4, RCPs, Nesting.

Abstract: Scenario is a story that depicts some events in future (Gregory and Duran, 2001). Emissions scenario is a depiction of potential future unloading into the atmosphere of some matters such as greenhouse gases and aerosols which affects the Earth’s energy budget (Moss et al. 2010). Scenario is not a forecast or a prediction of future, it is description of the possible alternative cases (IPCC, 2000). Additionally, the emission scenario is one of the most important components of climate change studies. In this study, MPI-ESM-MR global circulation model outputs, developed by the Max Planck Institute for Meteorology in Germany, were used for RCP4.5 and RCP8.5. These scenarios were the most preferred scenarios in the IPCC 5th Assessment Report. In order to obtain high-resolution climatic parameters from the low-resolution global model data, nesting method (Nested simulations) were used with Regional Climate Model RegCM4.3.4, then temperature and precipitation projections were produced for 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 periods, relative to the 1971-2000 reference period with 20 km resolution in 130x180 grid matrix. Our country is located in the eastern Mediterranean basin, one of the most vulnerable regions to climate change as stated in the IPCC report. Basin-based, regional-based and provincial-based temperature and precipitation projections were developed for minimizing the negative effects of climate change adaptation and to support activities to combat climate change on a sectoral basis.

Keywords: IPCC, MPI-ESM-MR, RegCM4.3.4, RCPs, Nesting.

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. Sanayi devriminden bu yana yani iklimde büyük değişiklikler görülmeye başlanmıştır. Bunun en önemli etmeni sanayi devrimiyle birlikte yoğun olarak kullanılmaya başlayan fosil yakıtlar, hızlı kentleşme, hızlı nüfus artışıyla birlikte arazi kullanım yapısında gerçekleşen değişiklikler, orman alanlarının yok edilmesi gibi etmenler kabul edilmektedir. Tüm bu olumsuz etmenler atmosferdeki sera gazı oranında hızlı bir artışa ve buna bağlı olarak da küresel olarak ısınmaya yol açmaktadır.

İklimde meydana gelen değişiklikler insanoğlu ve tüm canlıların yaşamını doğrudan etkilemektedir. Sanayi devrimiyle beraber insan faaliyetleri nedeniyle küresel olarak iklimde meydana gelen değişiklikleri önleyebilmek, azaltabilmek ve iklim değişikliği ile küresel manada çalışmaları koordine edilmek adına 1988 yılında Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli(IPCC) kurulmuştur. IPCC günümüzde iklim değişikliği ile ilgili çalışmaları koordine eden en önemli kuruluşlardan biridir. IPCC'nin en önemli çalışma konularından bir tanesi geleceğe yönelik muhtemel alternatif durumların ortaya konması çalışmalarıdır. Yani geleceğe yönelik muhtemel senaryoları oluşturma çalışmalarının yürütülmesini koordine etmektedir. Senaryo, gelecekteki bazı olayları resmeden hikâyelerdir (Gregory ve Duran, 2001). Senaryo geleceğin tahmini değil, olması muhtemel alternatif durumların tanımlanmasıdır (IPCC, 2000).

İklim değişikliği çalışmaları bünyesindeki senaryo geliştirme sürecinde sera gazları konsantrasyonlarının gelecekteki potansiyel miktarlarını ortaya koyabilmek için emisyon senaryoları oluşturulmuştur. Bu bağlamda, emisyon senaryoları, sera gazları ve aerosoller gibi yer yüzünün radyasyon dengesini bozan maddelerin gelecekte atmosferdeki konsantrasyonlarının tahmin edilmesidir (Moss vd., 2010). Bunun yanında, emisyon senaryoları, iklim değişikliği çalışmalarının en önemli bileşenlerinden birini teşkil etmektedir.

IPCC 25. Oturumu'na kadar iklim değişikliği ile ilgili senaryoların oluşturulma işlerini koordine etmekteydi. Fakat 25. Oturumunda (Nisan,2006, Mauritius) IPCC'nin senaryo geliştirme çalışmalarına koordine etmek yerine senaryo geliştirme çalışmalarının

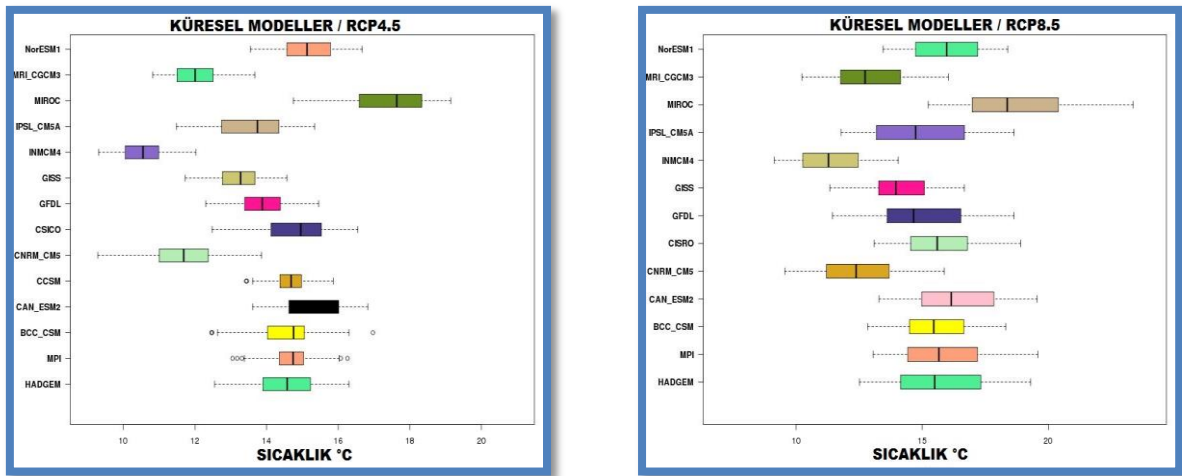
VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

kolaylaştırma misyonunu üstlenmesine ve geliştirilecek yeni emisyon senaryolarının geliştirme işlerini araştırma camiasının yürütmesine karar verilmiştir.

IPCC'nin 25. Oturumu'nda alınan kararlar doğrultusunda, 2007 yılında yapılan IPCC Uzmanlar Toplantısı'nda yeni senaryolar ile ilgili bir dizi kararlar alınmış ve senaryoların ana hatları yeniden belirlenmiştir. Bu yeni yaklaşımla geliştirilen yeni konsantrasyon senaryoları Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways) olarak adlandırılmıştır. Aynı toplantıda belirlenen özellikler bakımından ve ışınımsal zorlama seviyeleri ve rotaları için 4 adet RCP tipi tanımlanmıştır. Bunlar ışınımsal zorlama değerleri en küçükten en büyüğe sırası ile RCP3-PD(RCP2.6), RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5'dir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

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. Küresel ölçekte, gelecekte olması muhtemel senaryolar için anlamlı sonuçlar veren küresel modellemelerin yanı sıra gelecek ile ilgili plan, proje hazırlamada ve karar vericilerin politika belirlemede katkıda bulunabilmesi için havza, ülke ve bölge bazlı daha yüksek çözünürlüklü iklim projeksiyonları oluşturması gerekmektedir. 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(Şekil1)



Şekil 1: Küresel modellerin RCP4.5 senaryosu (sol) ve RCP8.5 senaryosuna (sağ) göre Türkiye için gösterdikleri ortalama sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışmada Almanya'da bulunan Max Plank Meteoroloji Enstitüsü tarafından geliştirilmiş MPI-ESM-MR küresel dolaşım modeli çıktıları kullanılmıştır. Çalışmamızda MPI-ESM'nin

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

orta-karma ölçekli olarak adlandırılan MPI-ESM-MR sürümü tercih edilmiştir. CMIP5’de tercih edilen modellerden biri olan bu sürüm, karada 1,9° (~210 km) çözünürlüğe ve yatayda 63 seviyeden oluşmaktayken; dikeyde ise 95 seviye içermektedir. Ayrıca MPI-ESM-MR’de troposfer ve stratosfer 0,01 hPa’a (~80km’ye) kadar 95 farklı seviyede detaylı olarak analiz edilebilmektedir.

Çalışmamızda 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 ışımsal zorlama ve konsantrasyon rotasıdır. RCP4.5 ise orta bir dengede tutma rotası olup 2100-2150 yılları arasında ışımsal zorlamanın 4.5 w/m²’de sabitleneceğini varsayılmaktadır. 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.

Küresel iklim modellerinin düşük çözünürlüklü verilerinden ülkemizi içine alan bölgeyi kapsayan daha yüksek çözünürlüklü bölgesel iklim projeksiyonları oluşturabilmek için bölgesel iklim modellerinin kullanılması gerekmektedir. 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.

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 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.

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

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Anglia University-İngiltere) ve UDEL'e (University of Delaware-Amerika) ait gözlem verileri ile karşılaştırma yapılarak parametrisasyon yapılmıştır. Bölgesel iklim modeliyle (RCM) referans döneminde CRU ve UDEL verilerine uygun sonuçlar veren projeksiyonlar üretebilmek için sıcaklık ve yağış parametreleri kıyaslanarak yirmiden fazla parametrisasyon işlemi gerçekleştirmiş olup gözlem datalarına yakın çıktılar üretilmeye çalışılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: 1971-2000 referans periyodu mevsimlik ortalama sıcaklıklarının ve günlük yağış verilerinin gözlem verileri ile karşılaştırılması (Türkiye/MPI-ESM-MR / RegCM4.3.4)

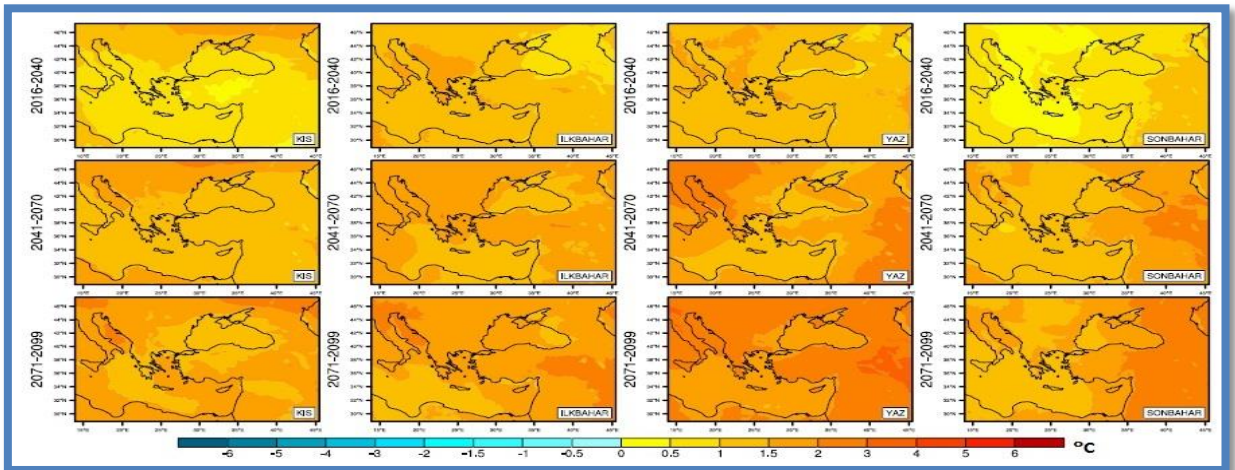
	SICAKLIK(°C)			YAĞIŞ (mm/gün)		
	RCM	CRU	UDEL	RCM	CRU	UDEL
KIŞ	<u>0,525</u>	0,561	-0,076	<u>2,524</u>	2,126	2,353
İLKBAHAR	<u>8,628</u>	9,712	9,309	<u>1,920</u>	1,973	2,098
YAZ	<u>19,603</u>	20,859	20,7	<u>0,417</u>	0,685	0,742
SONBAHAR	<u>11,003</u>	12,48	11,961	<u>1,284</u>	1,332	1,454
ORTALAMA	<u>9,95</u>	10,906	10,474	<u>1,532</u>	1,530	1,664

3. BULGULAR

Ülkemizin de içinde bulunduğu coğrafya için, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna göre, MPI-ESM-MR küresel model verileri RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemiyle 1971-2000 referans periyotlu ve 2016-2099 gelecek dönemi için projeksiyonlar üretilmiştir.

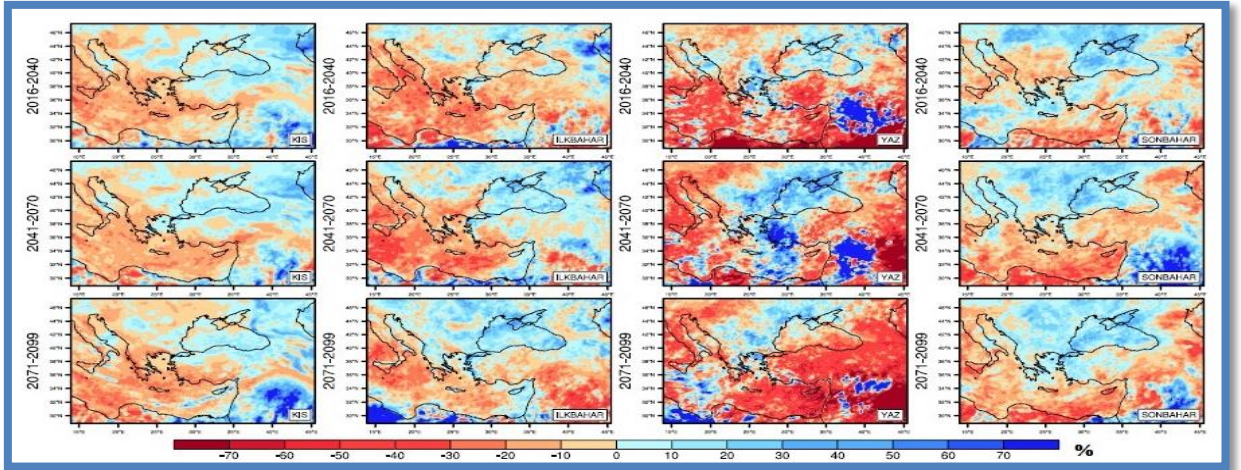
Elde edilen 20 km çözünürlüklü bölgesel iklim modeli datalarından sıcaklık ve yağış parametrelerinin mevsimsel olarak 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 periyotları için projeksiyon çıktılarının görüntülemesi yapılmıştır.

3.1. RCP4.5 SENARYOSUNA GÖRE SICAKLIK VE YAĞIŞ PROJEKSİYONLARI



Şekil 2: RCP4.5'e göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km sıcaklık projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye



Şekil 3: RCP4.5'e göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km yağış projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)

MPI-ESM-MR küresel iklim modeli verilerinden RCP4.5 senaryosuna göre RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli dinamik ölçek küçültme yöntemiyle 20 km çözünürlükte sıcaklık ve yağış projeksiyonlarına göre;

2016-2040 Periyodu

Isınmanın genellikle 0,5°C-1,5°C arasında olacağı, ilkbahar ve yaz aylarında Kıyı Ege'de 1,5°C'nin üzerinde bir ısınmanın olacağı ön görülmektedir.

Yağışlarda kış ve sonbahar aylarında İç Anadolu Bölgesi, Marmara Bölgesi'nin doğusu ve Karadeniz Bölgesi'nde bir artış; ilkbaharda Marmara Bölgesi hariç tüm yurttan %30'a varan bir azalma; yaz mevsiminde Güneydoğu Anadolu, Ege ve Marmara bölgelerinde yer yer artışlar görülürken yurdun büyük bölümünde %50'ye varan oranda azalma ön görülmektedir.

2041-2070 Periyodu

Sıcaklık artışının yurt genelinde kış mevsiminde normallerinin 1°C üzerine diğer mevsimlerde 1,5°C üzerine çıkacağı; hatta yaz ve sonbahar mevsiminde özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde 2°C üzerine çıkacağı dikkat çekmektedir.

Yağışlarda; yaz mevsiminde Ege ve Marmara bölgelerinde artış görülürken iç bölgelerde azalış, sonbaharda hemen hemen tüm yurttan %30'a varan oranda bir azalış öngörülmektedir.

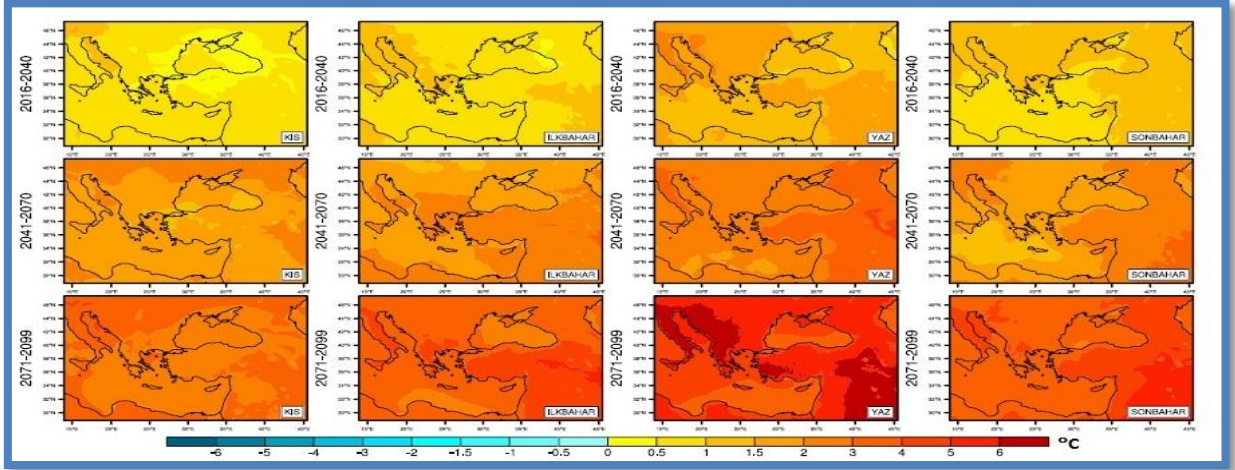
2071-2099 Periyodu

Sıcaklık artışının yaz mevsiminde hemen hemen tüm yurttan normallerin 3°C, Doğu Anadolu'nun doğusunda 4°C üzerinde olacağı beklenmektedir.

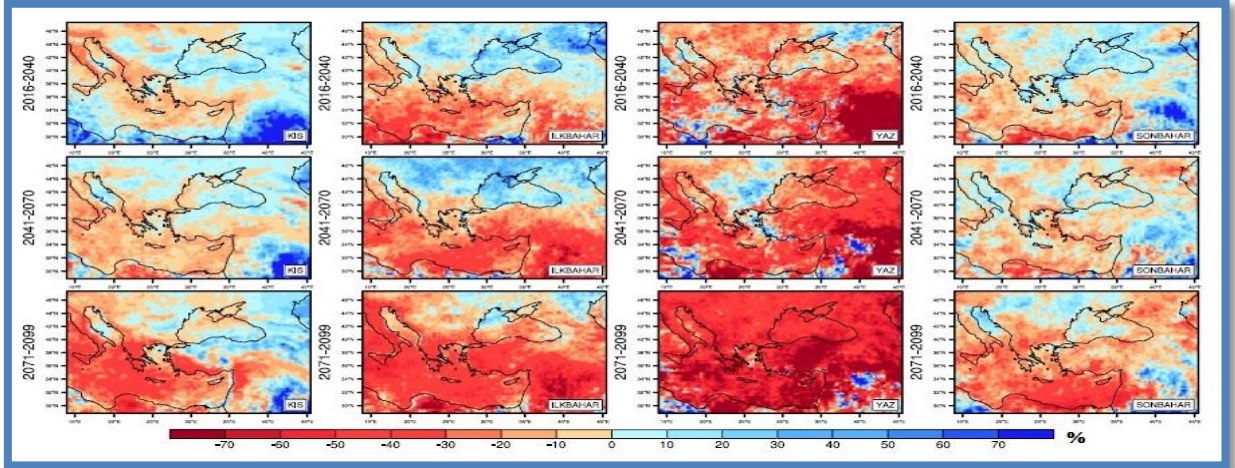
VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Yağışlarda Doğu Anadolu'da kış mevsimi hariç diğer mevsimlerin tamamında bir azalış, yaz mevsiminde tüm yurttan %60-70'lere varan oranda bir azalış, yurdun batısında ilkbahar ve sonbaharda artış öngörülmektedir.

3.2. RCP8.5 SENARYOSUNA GÖRE SICAKLIK VE YAĞIŞ PROJEKSİYONLARI



Şekil 4: RCP8.5'e göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km sıcaklık projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)



Şekil 5: RCP8.5'e göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km yağış projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)

MPI-ESM-MR küresel iklim modeli verilerinden RCP8.5 senaryosuna göre RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli dinamik ölçek küçültme yöntemiyle 20 km çözünürlükte sıcaklık ve yağış projeksiyonlarına göre;

2016-2040 Periyodu

Sıcaklık artışının yurt genelinde 0,5°C-1,5°C arasında olacağı, yaz mevsiminde ise yurdun kuzeyi dışındaki tüm bölgelerde 2°C'ye varan artışlar olacağı öngörülmektedir. Yağışlarda periyot boyunca yurdumuzda genel olarak azalış olacağı dikkat çekmektedir. Bu azalmaların Akdeniz Bölgesi'nde tüm mevsimlerde, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde sonbahar

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

dışında, İç Anadolu Bölgesi'nde ise kış mevsimi dışında kalan diğer mevsimlerde olacağı öngörülmektedir. Yağışlardaki bu azalmaların ilkbahar mevsiminde %30-%40 oranında, yaz mevsiminde ise %50-%70 oranlarına kadar çıkabileceği, yurdun kuzeyinde ise kış mevsiminde yağışlarda artış olacağı ön görülmektedir.

2041-2070 Periyodu

Kış aylarında 1°C-2°C, ilkbahar ve sonbahar aylarında 1,5°C-3°C, yaz aylarında ise 4°C-5°C'yi aşan sıcaklık artışları, kış yağışlarında Marmara Bölgesi'nin doğusu, Batı ve Doğu Karadeniz ile Doğu Anadolu bölgelerinin dışında kalan yerlerde azalışlar beklenmektedir.

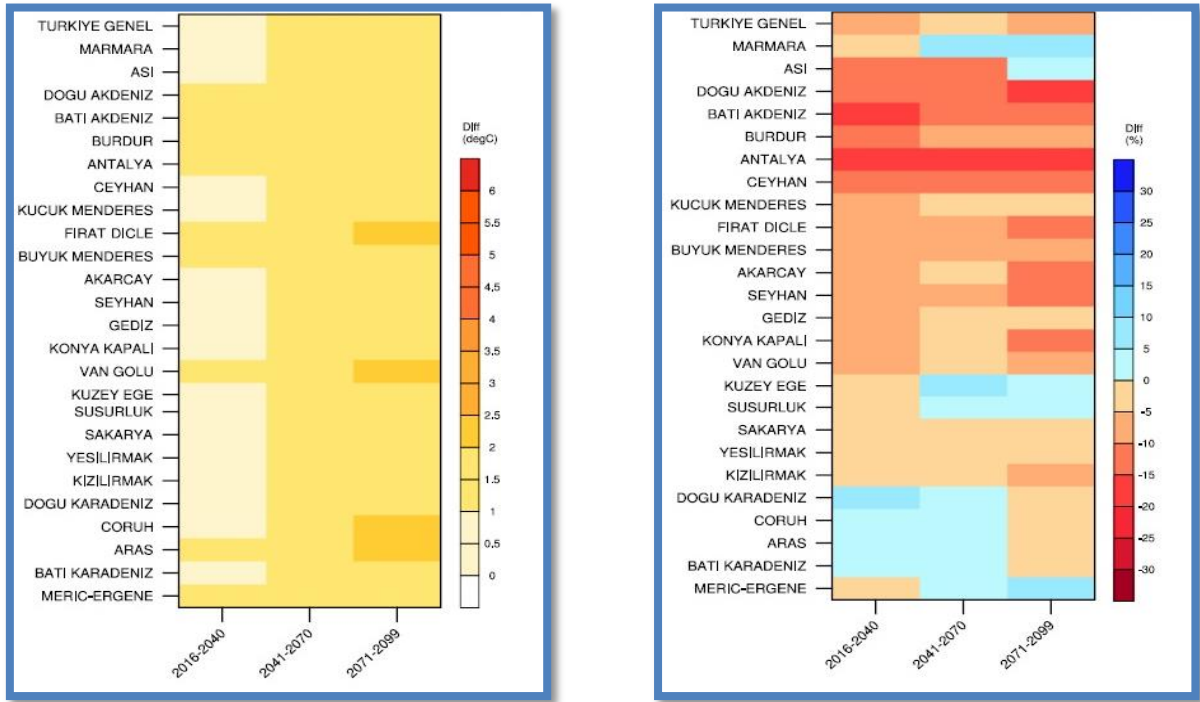
İlkbahar yağışlarında tüm yurttaki yer yer %50'lere varan oranda azalışlar, yaz mevsimindeki yağışlarda ise Kıyı Ege haricinde tüm yurttaki % 60-%70'lere varan oranda azalmalar dikkat çekmektedir. Sonbahar yağışlarında ise Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneyi, Güneydoğu Anadolu, Marmara, Batı ve Orta Karadeniz bölgeleri dışında kalan yerlerde azalmalar olacağı öngörülmektedir.

2071-2099 Periyodu

Sıcaklıklarda tüm yurttaki kış mevsiminde 2°C-4°C arasında artış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise ülke genelinde 5°C'yi, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise 6°C'yi aşan artışları ön görülmektedir.

Yağışlarda ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde tüm yurttaki azalışlar olacağı, bu azalışların ilkbaharda %50'ye varan oranda, yaz mevsiminde özellikle İç Anadolu'da %70'e varan oranda, sonbaharda ise %10-%30 oranlarında gerçekleşeceği beklenmektedir. Kış mevsimi yağışlarında yurdun kuzeyinde %10-%40 oranlarında bir artış öngörülürken, özellikle toplam yağışının büyük kısmını kış mevsiminde alan Ege Bölgesi'nde %30-40'lara varan oranda azalışlar olacağı dikkat çekmektedir.

3.3. RCP4.5 VE RCP8.5 SENARYOLARINA GÖRE HAVZA BAZLI PROJEKSİYONLAR



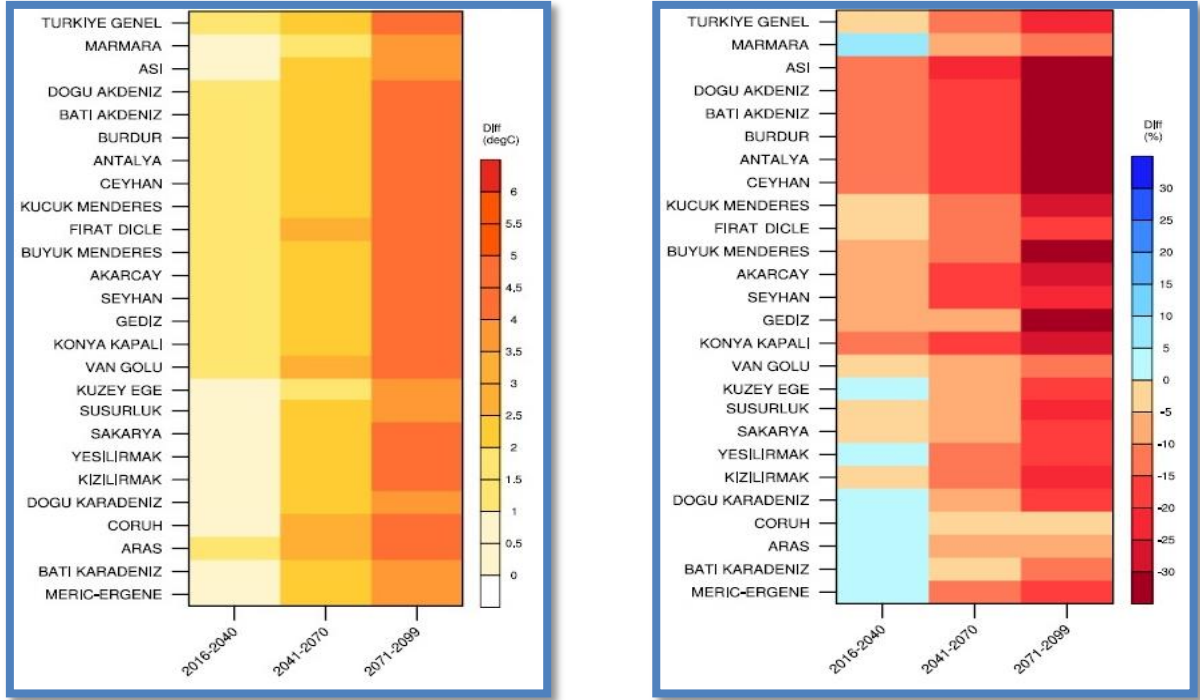
Şekil 6: 2016-2099 havza sıcaklık ve yağışlarının referans periyottan farkları (RCP4.5:MPI-ESM-MR/RegCM4.3.4/RF:1971-2000)

RCP4.5 senaryosuna göre;

Ortalama sıcaklıkların tüm havzalarda artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Artış, ilk periyotta genel olarak 1°C civarındayken; 2041-2070, ve 2071-2099 periyotlarında 2°C'ye çıktığı görülmektedir. En fazla sıcaklık artışı 2071-2099 periyodunda 2,5°C artışla Fırat Dicle, Van Gölü, Çoruh ve Aras havzalarında ön görülmektedir.

Yağış projeksiyonları incelendiğinde, Türkiye genelinde tüm periyotlarda toplam yağışlarda azalma ön görülürken, Doğu Karadeniz, Çoruh, Aras, Batı Karadeniz havzalarında ilk periyotta, Marmara, Kuzey Ege, Susurluk, Meriç-Ergene havzalarında son iki periyotta, Asi havzasında da son periyotta artışlar görülmektedir. En fazla azalış ise genelde Akdeniz Bölgesi havzalarında, özellikle de Antalya havzasında olduğu dikkat çekmektedir.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye



Şekil 7: 2016-2099 havza sıcaklık ve yağışlarının referans periottan farkları (RCP8.5:MPI-ESM-MR/RegCM4.3.4/RF:1971-2000)

RCP8.5 senaryosuna göre;

Ortalama sıcaklıkların tüm havzalarda artış eğiliminde olduğu öngörülmektedir. Artışın, ilk periyotta genel olarak 1,5°C-2°C civarındayken, 2041-2070 periyodunda 2,5°C-3°C'ye, 2071-2099 periyodunda ise 4°C'nin de üzerine çıktığı görülmektedir.

Yağış projeksiyonları incelendiğinde; Türkiye genelinde tüm periyotlarda toplam yağışlarda azalma ön görülmektedir. Sadece Marmara Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi'nde yer alan havzalarda ilk periyotta bir artış görülmektedir. 2041-2070 ve 2071-2099 periyotlarında tüm havzalarda azalma olduğu dikkat çekerken, en fazla azalışın Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi'nde yer alan havzalarda olduğu dikkat çekmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Düşük çözünürlükte olan (~210 km) küresel model (MPI-ESM-MR) 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.

Elde edilen projeksiyon sonuçlarına genel olarak baktığımızda, her iki senaryoya (RCP4.5 ve RCP8.5) göre de tüm periyot (2016-2099) boyunca sıcaklıklarda artışlar beklenmektedir.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

RCP4.5 senaryosuna göre periyot boyunca ortalama olarak 1,5°C artış beklenirken RCP8.5 senaryosuna göre artış miktarının ortalama olarak 2,5°C'ye ulaşması ön görülmektedir.

Yağış parametresi için projeksiyon sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde ise tüm periyot boyunca toplam yağış miktarlarındaki azalma eğilimi ile birlikte yağış miktarlarındaki düzensizlikler de dikkat çekmektedir. RCP4.5 senaryosuna göre periyot boyunca Türkiye genelinde yağışlarda yıllık ortalama olarak 30 mm/yıl civarında bir azalış öngörülmektedir, yağışlardaki düzensizlik nedeniyle zaman zaman değişmekle birlikte yıllık bazda ortalama 140 mm/yıl civarında artışların görülebileceği gibi 210 mm/yıl değerinde azalışlar da dikkat çekmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise periyot boyunca ortalama ~160 mm/yıl civarında bir azalış ön görülmektedir.

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 “Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları” adlı bir proje ile havza, bölge ve il düzeyinde sıcaklık ve yağış projeksiyonları geliştirilmiştir. Proje 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 “Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları” verilerini kullanmaları daha sağlıklı plan ve programlama yapmalarına olanak sağlayacaktır.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

KAYNAKLAR

1. Akçakaya, A., Atay, H., Demir Ö., (2013). İklim Değişikliği Senaryolarında Yeni Dönem: Paralel Yaklaşım ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs). 6th Atmospheric Science Symposium-ATMOS 2013.
2. Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Demircan, M. ve Akçakaya, A., (3-5 Haziran, 2013). RCP4.5 Senaryosuna Göre Türkiye’de Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları. III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi - TİKDEK 2013, Bildiri Kitabı, İstanbul, Türkiye.
3. 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.
4. Demircan M., Demir Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A., ve Akçakaya, A., (23-24 Ekim, 2014). Türkiye’de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları. TÜCAUM - VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara.
5. Gregory, W.L., Duran, A., (2001). Scenarios and Acceptance of Forecasts. Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners, Edited by J. Scott Armstrong. Springer Science-Business Media, inc. New York.
6. M. Meinshausen, S. Smith, K. Riahi, D. van Vuuren et al., (May 2010). Harmonized Emissions Concentration and Radiative Forcing Data RCP Concentration & Data Group [RCP Tiplerine Ait Küresel Toplam Işınımsal (Radyatif) Zorlama]
7. Moss, R.H. vd. (2010). “The Next Generation Of Scenarios For Climate Change Research and Assesment”. Nature,2010:Vol 463j1 1 February 2010doi:10.1038/nature08823.
8. CMIP Coupled Model Intercomparison Project, <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/index.html?submenuheader=0>
9. IPCC, (2000). Special Report on Emissions Scenarios, Cambridge University Press.
10. IPCC, (2001). Climate Change 2001, Synthesis Report.
11. IPCC, (26-28 April, 2006). Report of The 25th Session of the IPCC, Port Louis, Mauritius.
12. IPCC, (2007). Climate Change 2007 - The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC.
13. IPCC, (September, 2007). “Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report”, the Netherlands.
14. 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. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf
15. IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
16. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2013). Yeni Senaryolar İle Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları, TR2013-CC.
17. MPI-ESM, New Earth System Model of Max Planck Institute for Meteorology, <http://www.mpimet.mpg.de/en/science/models/mpi-esm.html>
18. UNFCCC, (1992). İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.

Ortalama Sıcaklıklardaki Türdeşlik Kırılmalarının İklim Göstergeleriyle İlişkisi
*Relationship between homogeneity breaking points in average temperatures and
climate index*

**Mesut DEMİRCAN¹, İhsan ÇİÇEK², Necla TÜRKÖĞLU², Mithat EKİCİ¹, Hüseyin
ARABACI¹**

¹ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara

² A.Ü. DTCF Fakültesi Coğrafya Bölümü, Ankara

Öz: İklim kayıtları, uzun bir dönem boyunca toplanmış meteoroloji verileri üzerine kurulmuştur. İklimin zaman bağımlı davranış izleri olan eğilimini ve değişimini gösteren, iklimsel risk etkileri ve aşırılıkların değerlendirilmesi için verilerdeki süreklilik ve türdeşlik önemlidir. İklim değerlendirmelerini yapabilmek, iklimdeki değişimleri tespit etmek, doğru tahmin ve modelleme yapabilmek için doğru ve tutarlı verilere ihtiyaç vardır. Türdeşliği (homojenliği) sağlamanın en iyi yolu, zor olmakla birlikte, gözlem çevresi ve sistemlerinin uygun yönetimlerle kayıtlarının tutulmasıdır. Veribilgi (metadata), gözlem yöntemlerini de içeren istasyonun tarihi bilgileridir. Önemli ekstrem hava olaylarının kayıtları da tutulmalıdır. Bu bilgiler veri kalitesi, devamlılığı ve türdeşliği çalışmalarında kullanıldığı için önemlidir. İklim değişebilirliği ve değişikliğini belirleme çalışmalarında kaliteli ve devamlılığı olan verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Türkiye üzerinde dağılım gösteren 97 istasyonda yapılan sıcaklık ölçümlerinden, 1961-2010 dönemine için aylık ortalama sıcaklık veri seti hazırlanmıştır. Dünya Meteoroloji Organizasyonu (WMO) İklim Komisyonu'nun (CCI) ve Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) Okyanus-Atmosfer Sisteminin Değişkenlik ve Öngörülebilirliği (CLIVAR) ortak İklim Değişikliği Belirleme ve İndisleri Uzmanlar Grubu tarafından geliştirilen RH-Test yazılımı kullanılarak istasyonların veri setlerinin türdeşliği incelenmiştir. Sonuç olarak, 8 istasyon için değişik tarihlerde sadece bu istasyonda kırılmıştır ve bu kırılma tarihleri yer değişikliği ile ilişkilidir. Birçok istasyonun türdeşlik testinde ortaya çıkan kırılma tarihleri 1997 (48 istasyon), 1993 (37 istasyon), 1976 (24 istasyon) ve 1971 (11 istasyon) olarak görülmektedir. Bu tarihlerin birçok istasyonda görülmesi, iklim kendi doğal kırılmaları olduğunu düşündürmektedir. Bu neden ile elde edilen tarihlerin uzaketkileşim (teleconnection) desenleri ve diğer iklim gösterileri ile ilişkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler — İklim, RH-Test, Türdeşlik, Veribilgi, Kırılma tarihleri.

Abstract: Climate records is based on meteorological data collected over a long period. continuity and homogeneity in the data is important due to showing trends and changes which are traces of time-dependent behavior of the climate and to evaluate the effects of climate risks and excesses. There is need for accurate and consistent data to make climate assessments, to identify changes in the climate, to make accurate predictions and modeling. The best way to provide homogeneity, although it is difficult, is keeping records observation's environment and the system with proper management. Metadata is station's historical information which is including the method of observation. Important extreme weather events should be kept as a record. This information is important due to using in data quality, the continuity and homogeneity studies. In determination studies of climate variability and change, data quality and continuity is needed. Mean monthly temperature data set was prepared from temperature measurement of 97 stations of Turkish State Meteorology Service (TSMS) distributed over Turkey for the period 1961-2010. Homogeneity of the stations of the data sets is examined using RH-test software developed by the joint CCI/CLIVAR/JCOMM Expert Team (ET) on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). As a result, some breaking dates are in and only for eight stations on different dates and these breaking dates is related with relocation of observation site. Breaking dates resulting from homogeneity testing in many stations are 1997 (48 stations), 1993 (37 stations), 1976 (24 stations) and 1971 (11 stations). Deemed common breaking dates in many stations suggest that these are natural fractures of climate. For this reason, relationships between obtained breaking dates and teleconnection patterns and also climate indexes were examined.

Key words — Climate, RH-Test, Homogeneity, Metadata, Breaking point.

1. GİRİŞ

İklim kayıtları, uzun bir dönem boyunca toplanmış meteoroloji verileri üzerine kurulmuştur. İklim bilimcilerin bir kısmı, gözlem verilerindeki sürekliliğin, mutlak doğruluğundan (bu çok önemli değilse) daha önemli olduğu konusunu tartışmaktadırlar. Çünkü iklimin zaman bağımlı davranış izleri olan eğilimini ve değişimini gösteren, iklimsel risk etkileri ve ekstremelerin değerlendirilmesi için verilerdeki süreklilik önemlidir. Her durumda da iklim verisi, meteoroloji ve klimatoloji bilimlerini içeren bütün uygulamaların temel taşıdır (Akçakaya vd., 2013). Uzun dönem iklim gözlem sistemlerinin amacı, sürekli ve güvenilir veri ile bilgi toplamaktır. Veri, iklim servisleri uygulamalarındaki; iklim tanımlama, iklim çeşitliliğini gözleme, iklim değişikliğini belirleme, ulusal

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

ekonomik gelişme, iklim araştırmalarını destekleme, modelleme, tahmin ve etkilerin önlenmesini içeren büyük çeşitliliğe hizmet eder. İklim verileri ulusal meteorolojik miraslardır şöyle ki: Tahmin ve uyarılar kısa raf ömürlü iken iklim verileri yüz yıllar boyu veya daha uzun süre kalıcıdır. İklim verileri ulusal mirasın bir parçasıdır. Veriler, gelişmiş bilgisayarlar ve algoritmalarla, gelecek yıllarda da hassas detayları ile tekrar tekrar dikkatli bir şekilde gözden geçirilmeye devam edecektir.

Eğim analizlerinin ilk basamağı türdeşlik analizleridir. Türdeş olmayan veri setleri istatistik çalışmalarında doğru sonuç vermezler. Türdeşliği bozuk olan veri serilerinde veribilgi (metadata) kullanılarak türdeşliğin sağlanması gereklidir. Veribilgi, veri hakkındaki veridir; yani üretilen veri hakkında gözlem zamanındaki değişimleri, alet veya üretim sistemlerini, algoritmaları, bakımı, değişimi, koordinatlarını ve çevresel koşulları içeren bilgidir. Veribilgi, gözlem yöntemlerini de içeren istasyonun tarihi bilgileridir. Önemli ekstrem hava olaylarının kayıtları da tutulmalıdır. Bu bilgiler veri kalitesi, devamlılığı ve türdeşliği çalışmalarında kullanıldığı için önemlidir. İklim değişebilirliği ve değişikliğini belirleme çalışmalarında kaliteli ve devamlılığı olan verilere ihtiyaç duyulmaktadır (Akçakaya vd., 2013).

Türdeş iklim zaman serileri, değişimlerin iklimdeki değişimler ile ortaya çıktığı seriler olarak tanımlanır (WMO-TD No. 1186). Türdeşliği (homojenliği) sağlamanın en iyi, zor olmakla birlikte, gözlem çevresi ve sistemlerinin uygun yönetimlerle kayıtlarının tutulmasıdır (WCDMP 53; Akçakaya vd., 2013). Bunun yanı sıra, geçmiş verilerin kalitesi hakkında %100 emin olmak neredeyse imkânsız olduğu için, bir türdeşlik değerlendirmesi her zaman tavsiye edilir. Tavsiye edilebilecek tek bir iyi teknik yoktur. Bununla birlikte, şu dört adım sıkça takip edilmektedir: Veribilgi analizi ve kalite kontrolü, referans zaman serilerinin oluşturulması, kırılma noktasının belirlenmesi ve veri setinin uyarlanmasıdır. Farklı yaklaşımlar ile farklı gruplar tarafından geliştirilmiş ve uygulanan türdeşlik sınamaları şunlardır: Kruskal-Wallis Türdeşlik Sınaması, Buishand Sıralama Testi, Caussin-Mestre Tekniği, Craddock Sınaması, Uzman Kararı Yöntemleri, Aletlerin Karşılaştırmaları, Türdeşlik İçin Serilerin Çoklu Analizi (MASH), Çoklu Doğrusal Regresyon, Pettit Test, Potter Yöntemi, Sıra-Düzeni Değişim Noktası Sınaması, Standart Normal Türdeşlik Sınaması, Trend-Durdurma Yöntemi ve benzerleridir.

Veribilgileri bir araya koyup istasyon tarihini oluşturarak, veri setinde ortaya çıkabilecek sorunlar ve ne zaman görülebileceği öngörülebilir. Bazı türdeşlik yaklaşımları sadece veribilgide kayıtlı kırılmaları kabul eder. Eğer ilk gözlemden son gözleme, veribilginin kesinlikle tam olduğuna inanılıyorsa, bu gerçekten iyi bir yaklaşımdır. Verideki türdeş olmayan düzensizlikler tespit edilmeye çalışırken, iklim ve hava dışındaki faktörlerin parmak izleri aranmaktadır. Bunun anlamı, herhangi bir türdeşlik sorunu için her zaman bir neden var demektir. Veribilgi mükemmel olursa, her zaman bu neden tanımlanabilir ve bir zaman serisinde daha fazla kırılma noktası bulmak için herhangi bir istatistiksel yöntem çalışmaya gerek kalmaz (Akçakaya vd., 2013).

İklim uzun bir süre belli bir yerde yaşanan ortalama hava şartlarıdır. Klimatolojik normaller, iklimsel verilerinden hesaplan 30 yıllık birbirini takip eden dönemlerin ortalamalarıdır (Demircan vd. 2013; Demircan vd., 2014). İklim normallerinin kullanımı, küresel değerlendirme ve iklim izleme çalışmalarını hazırlamak için standart bir temel sağlamak için çok önemli bir araçtır. İklim referans dönemleri olan 1961-1990, 1971-2000 ve özellikle günümüzde 1981-2010 iklim normalleri olarak kullanılmaktadır.

2. METODOLOJİ

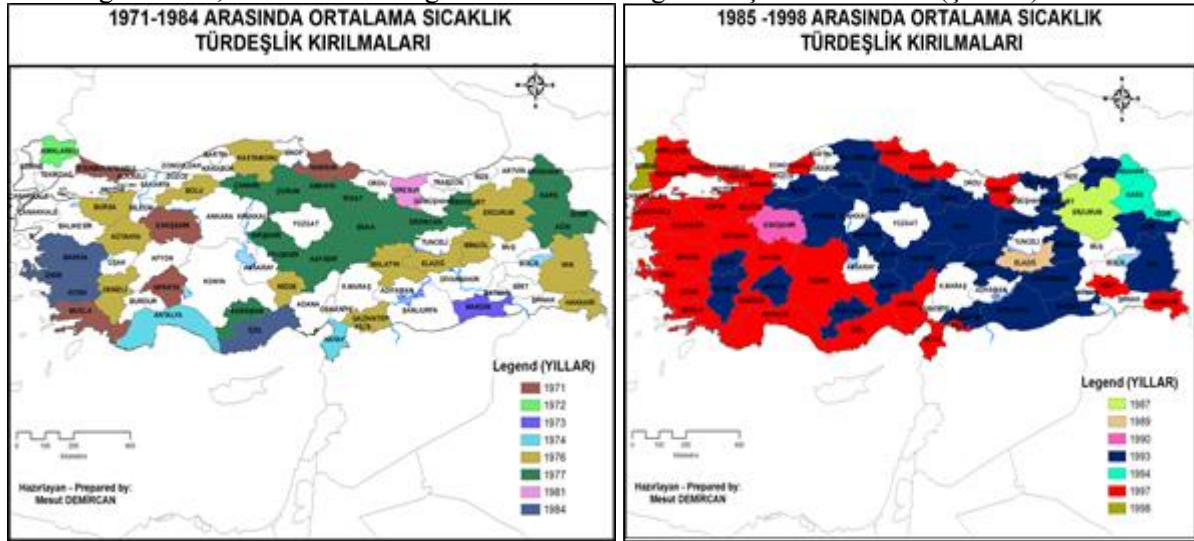
Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Türkiye üzerinde dağılım gösteren 97 istasyonda yapılan sıcaklık ölçümlerinden, 1961-2010 dönemine için aylık ortalama sıcaklık veri seti hazırlanmıştır. Dünya Meteoroloji Organizasyonu (WMO) İklim Komisyonu'nun (CCI) ve Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) Okyanus-Atmosfer Sisteminin Değişkenlik ve Öngörülebilirliği (CLIVAR) ortak İklim Değişikliği Belirleme ve İndisleri Uzmanlar Grubu (ETCCDI) tarafından iklim indislerini belirlemek için R istatistik paketi altında çalışan RClimeDex ve verilerin türdeşliğini (homojenliğini) belirlemek için RH-Test yazılımları geliştirilmiştir (<http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>). Çalışmada ETCCDI tarafından geliştirilen RH-Test yazılımı kullanılarak istasyonların veri setlerinin

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

türdeşliği incelenmiştir. RH-Test yazılımı istasyon bazında, her bir istasyon için tek tek çalışmakta ve sonuçları bir dosya çıktısı olarak vermektedir. RH-Testin üretmiş olduğu dosyalardan elde edilen kırılma tarih verileri koordinatlı istasyon bilgileri olarak MS Office Exel programında sınıflandırılmıştır. Test sonucunda elde edilen tarihler ArcGIS 9.3 kullanılarak haritalanmış aynı zaman da bu tarihlerin iklim göstergeleriyle ilişkisi incelenmiştir. Ayrıca Türkiye ortalama sıcaklığı için Mann-Kendal testi uygulanmıştır.

2. BULGULAR

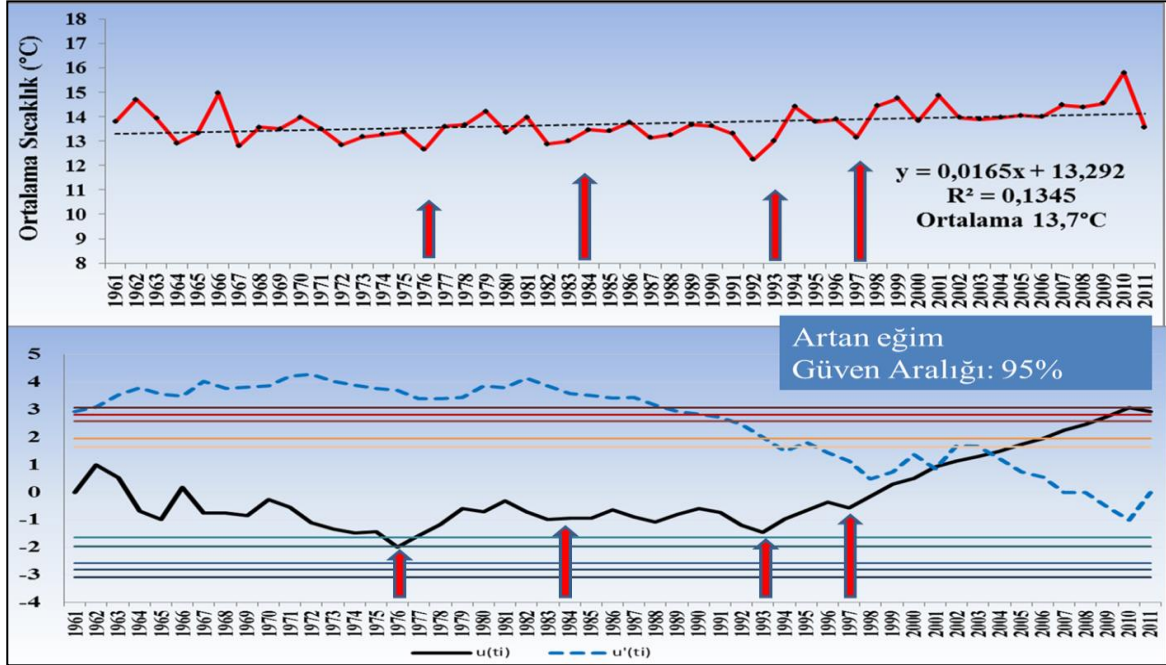
RH-Test yazılımı kullanılarak istasyonların veri setlerinin türdeşliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar istasyonların veribilgileri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda; istasyonların veri setlerindeki türdeşlik kırılma tarihleri (TKT), 9 istasyon için değişik tarihlerde sadece bu istasyonda kırılmış olup bu kırılma yer değişikliği ile ilişkilidir. Birçok istasyonun veri setinde yıllık bazda ortaya çıkan TKT'ler; 1971 (11 istasyon), 1973 (2 istasyon), 1974 (2 istasyon), 1976 (24 istasyon), 1977 (15 istasyon), 1984 (7 istasyon), 1987 (2 istasyon), 1993 (37 istasyon), 1994 (3 istasyon) ve 1997 (48 istasyon) olarak görülmektedir. Veri setlerinde görülen bu kırılma tarihlerinin birçok istasyonda eş zamanlı görülmesi, iklimin kendi doğal kırılmaları olduğunu düşündürmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. İstasyon veri setlerinin türdeşlik kırıklık tarihleri dağılımı.

Veri setinden elde edilen Türkiye ortalama sıcaklığı için Mann-Kendal testi uygulandığında özellikle 1997 yılı ülkemiz için ortalama sıcaklıklardaki artışların başlangıç yılı olması dikkat çekicidir. Ortalama sıcaklık ve Mann-Kendal grafiklerinde test sonucu elde edilen ve bir çok istasyonun birlikte göstermiş olduğu TKT'lerin iz düşümlerini görmek mümkündür (Şekil 2).

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye



Şekil 2. Ortalama sıcaklık ve Mann-Kendal grafikleri (Demircan,M. vd.,2013).

Türkiye Ortalama Sıcaklık (1961- 2011)										
Zaman Serisi	Başlangıç	Bitiş	Mann-Kendall trend			Sen's Eğim Tahmini				
			n	Test Z	Anlamlılık	Q	Q min99	Q max99	Q min95	Q max95
Yıllık	1961	2010	50	3,062	**	0,020	0,004	0,035	0,009	0,031
Kış	1961	2010	50	0,435		0,005	-0,031	0,042	-0,021	0,031
İlkbahar	1961	2010	50	1,857	+	0,016	-0,009	0,041	-0,001	0,034
Yaz	1961	2010	50	4,567	***	0,036	0,020	0,054	0,024	0,049
Sonbahar	1961	2010	50	1,807	+	0,015	-0,006	0,034	-0,001	0,030
Yıllık	1961	1990	30	-0,571		-0,006	-0,039	0,024	-0,033	0,017
Kış	1961	1990	30	-0,500		-0,014	-0,092	0,064	-0,070	0,036
İlkbahar	1961	1990	30	0,000		0,000	-0,053	0,047	-0,039	0,034
Yaz	1961	1990	30	-0,178		-0,001	-0,039	0,032	-0,028	0,024
Sonbahar	1961	1990	30	-1,677	+	-0,016	-0,061	0,016	-0,050	0,003
Yıllık	1971	2000	30	2,070	*	0,024	-0,009	0,053	0,002	0,047
Kış	1971	2000	30	1,178		0,029	-0,048	0,118	-0,022	0,090
İlkbahar	1971	2000	30	0,178		0,002	-0,047	0,049	-0,035	0,036
Yaz	1971	2000	30	3,140	**	0,039	0,011	0,072	0,019	0,060
Sonbahar	1971	2000	30	0,607		0,007	-0,023	0,054	-0,014	0,041
Yıllık	1981	2010	30	4,139	***	0,049	0,023	0,087	0,028	0,074
Kış	1981	2010	30	0,963		0,025	-0,050	0,113	-0,031	0,093
İlkbahar	1981	2010	30	2,676	**	0,049	0,002	0,111	0,015	0,087
Yaz	1981	2010	30	4,781	***	0,080	0,049	0,114	0,059	0,107
Sonbahar	1981	2010	30	2,855	**	0,051	0,006	0,088	0,016	0,076

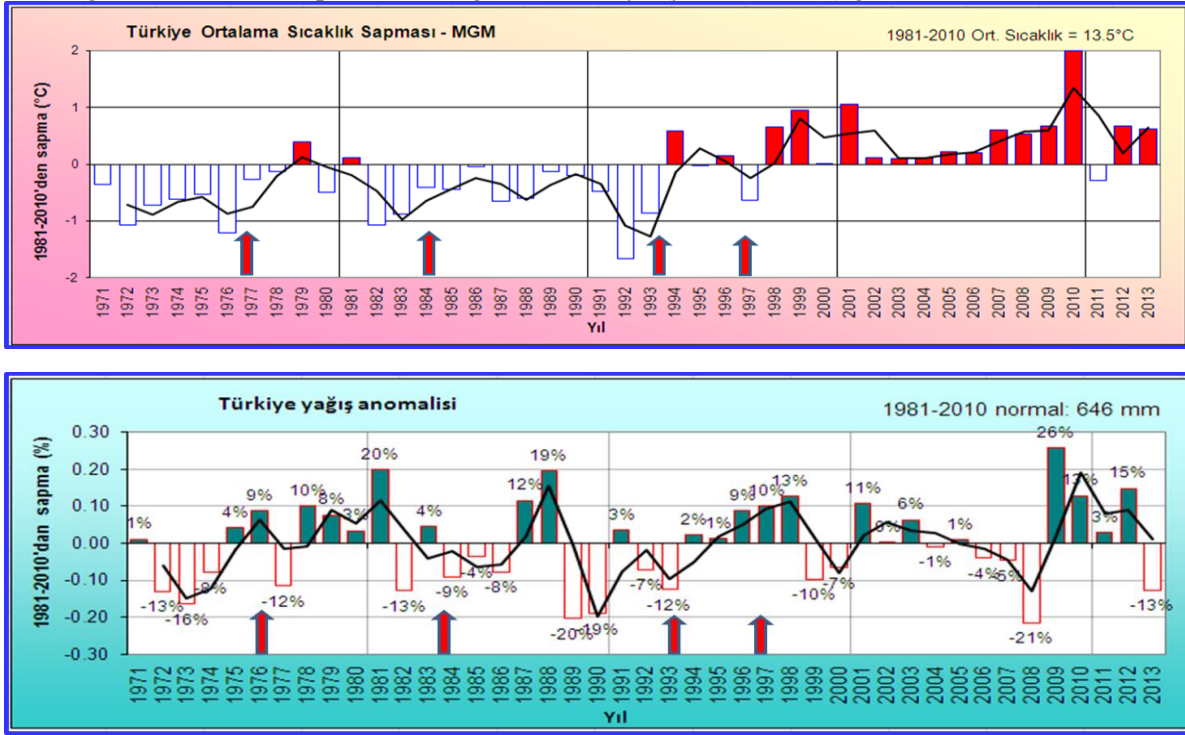
Şekil 3. Ortalama sıcaklık normalleri ve 1961-2010 serisinin Mann-Kendal eğimleri MAKESENS ile yapılan "Mann-Kendall ve Sen's Eğim Tahmini" sonuçları (***= α : 0.001, **= α : 0.01 anlamlılık seviyesinde, *: α : 0.05 ve +: α : 0.1 anlamlılık seviyesini gösterir.) (Demircan,M. vd.,2013).

Demircan vd. 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada 1976 yılına kadar bir soğuma (Şekil 2), 1961-1990 sıcaklık normalinde de anlamlı olmasa da bir azalış eğilimi (Şekil 3) gözlenmektedir. 1961-2010 serisi ve 1981-2010 normalinde kış mevsimi hariç tüm mevsim ile yıllık serilerinde ve 1971-2000 normalinde ise yaz ile yıllık serilerinde anlamlı artış eğilimi gözükmektedir.

Aynı şekilde 1981-2010 normallerine göre hazırlanan uzun yıllar ortalama sıcaklık ve yağış anomali grafiklerinde de TKT'lerin iz düşümleri görülmektedir (Şekil 4). Yukarıda anlatılan ile

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

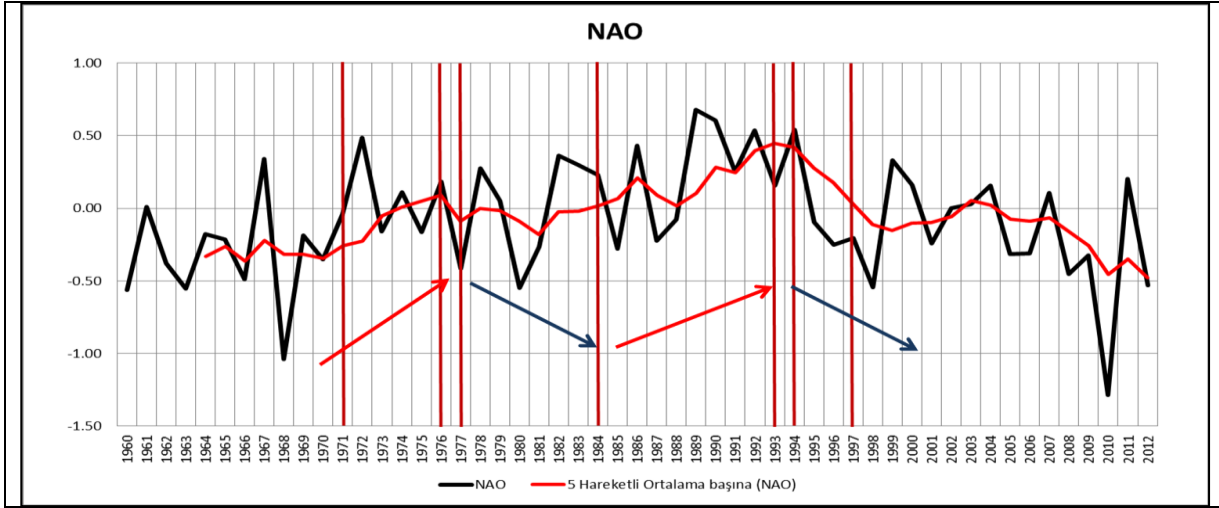
uyumlu olarak, 1981-2010 normaline göre yapılan değerlendirmede de 1971-1978 ve 1982-1993 yılları arasında ve 1997 yılında negatif anomaliler gözlenmektedir. Yağış grafiğinde TKT tarihlerine karşılık gelen anomalilerde pozitiften negatif anomaliye (yada tam tersi) geçişler ise dikkat çekicidir.



Şekil 4. Ortalama sıcaklık ve yağış anomalisi grafikleri (1981-2010 normallerine göre).

Uzak etkileşim (Teleconnection) atmosferik sirkülasyon desenleri için eğilimi ifade eder ve büyük ve uzamsal bitişik olmayan alanlar üzerinde doğrudan veya dolaylı hava koşulları ilişkili değişimlerdir. Uzak etkileşim zamanın uzun dönemleri boyunca devam edebilen iyi tanımlanmış uzamsal desenler ile karakterize edilir. Uzak etkileşimin kalıcı ve yinelenen doğası sebebiyle bazen "düşük frekanslı sirkülasyon değişkenlik modları" denir (Oliver, 2005). Kuzey Atlantik ve Batı Avrupa'da atmosferik dolaşımdaki yıllararası değişkenliğin önemli bir kaynağı, okyanus yüzeyinin batısındaki gücündeki değişiklikler ile bağlantılı olan, Kuzey Atlantik Salınımı (NOA) olarak adlandırılır (Marshall vd., 2001; Oliver, 2005). NOA'nun etkisi, Kuzey Atlantik ve Avrupa'nın içleri boyunca uzanır ve orta troposfer yüksekliği alanlarında görülmesine rağmen genellikle bölgesel deniz seviyesi basınç alanı üzerinden tanımlanır. NOA'nun genlik ve fazları, mevsimler arası ve on yıllararası zaman aralığı ölçeğinde değişim gösterir. NOA, tüm kuzey yarımküre dolaşımı, yani Arktik Salınımının (AO) değişiminin modunun liderliğine derinden bağlıdır. NOA'nun TKT'lerdeki değerleri; 1971 (0,01), 1973 (-0,09), 1974 (0,19), 1976 (0,19), 1977 (-0,34), 1984 (0,25), 1987 (-0,12), 1993 (0,18), 1994 (0,58) ve 1997 (-0,16)'dir (Şekil 5). Genel olarak NOA'nun pozitif – negatif (yada tam tersi) faz geçişlerin TKT ile uyumlu olduğu ve özellikle 1993 (37 istasyon) Anadolu'nun iç kesimlerinde, 1994 (3 istasyon) Kuzeydoğu Anadolu'da ve 1997 (48 istasyon) Anadolu'nun sahil kesimlerinde olduğu görülmektedir. Arktik Salınımında da aynı ilişki bulunmuş ancak NOA ile aynı özelliği göstermesi açısından grafiği konulmamıştır.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye



Şekil 5. Kuzey Atlantik Salınımı (NOA) yıllık değişimi.

Güneyli Salınım ve sıcak El Niño suları, ENSO (El Niño-Güneyli Salınım) olarak nitelendirilen aynı iklim olayının bir parçasıdır. ENSO olayları, normal ya da soğuk (La Niña) koşullarda yüksek basıncın güneydoğu Pasifik üzerinde ve alçak basıncın Endonezya üzerinde yerleşmesi ve El Niño koşullarında Endonezya alçak basıncına bağlı yükselici hareketlerin orta Pasifik'e kayması ile tanınmaktadır. Normal ve El Niño koşullarındaki basınç dağılışı, bölgesel ortalama sıcaklık ve yağış koşullarındaki değişiklikleri yönlendirerek, rüzgar ve okyanus dalgalanmalarının değişimi ile sonuçlanmaktadır. 1982-1983 El Niño olayı, tarihsel kayıtlara göre ekonomik etkisi en büyük olan ENSO olayıdır. 1990'lı yıllarda (1990-1998) oluşan sıcak olayların ve özellikle 1997-1998 şiddetli El Niño'sunun da, en az 1982-1983 olayı kadar can ve mal kayıplarına ve ekolojik yıkımlara neden olduğu öngörülmektedir. Genel olarak ENSO yıllarına bakıldığında El Niño / La Niña faz geçişlerinde TKT ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bahsedilen 1982-1983 olayında TKT'de bir kırılma gözükmezken sonrasında 1984 yılında Türkiye'nin güneybatısında yer alan 7 istasyonda kırılma gözükmektedir. Ayrıca, 1987 (2 istasyon) Konya ve Erzurum'da, 1993 (37 istasyon) Anadolu'nun iç kesimlerinde, 1994 (3 istasyon) Kuzeydoğu Anadolu'da ve 1997 (48 istasyon) Anadolu'nun sahil kesimlerinde olduğu görülmektedir.

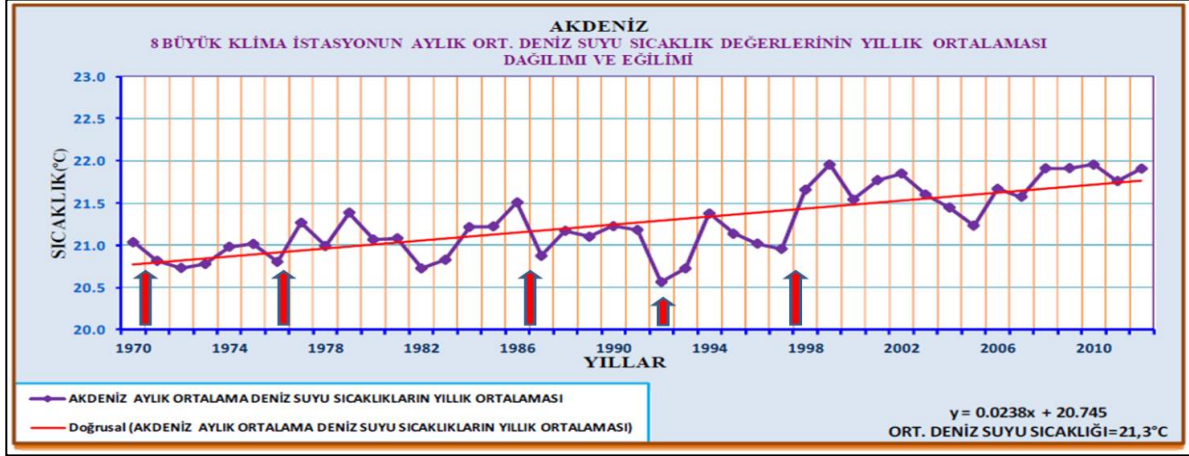
Tablo 1. El Niño ve La Niña yılları ile Türdeşlik Kırılma Tarihleri

Türdeşlik Kırılma Tarihleri	El Niño Yılları	La Niña Yılları
	1969-1970	
1971		1970-1971
		1971-1972
1973	1972-1973	
1974		1973-1974
1976		1975-1976
1977	1976-1977	
	1982-1983	
1984		
1987	1986-1987	
		1988-1989
1993	1991-1992	
1994	1994-1995	
1997		1995-1996
	1997-1998	

Bilindiği gibi iklim etkileyen etmenlerden bir tanesi de deniz suyu sıcaklıklarıdır. Ülkemizin ise üç tarafının denizlerle çevrili olması farklı iklim tiplerinin ortaya çıkmasının bir nedenidir. Bu nedenden dolayı deniz suyu sıcaklıkları ile TKT arasındaki ilişki de incelenmiştir. TKT'ler içindeki

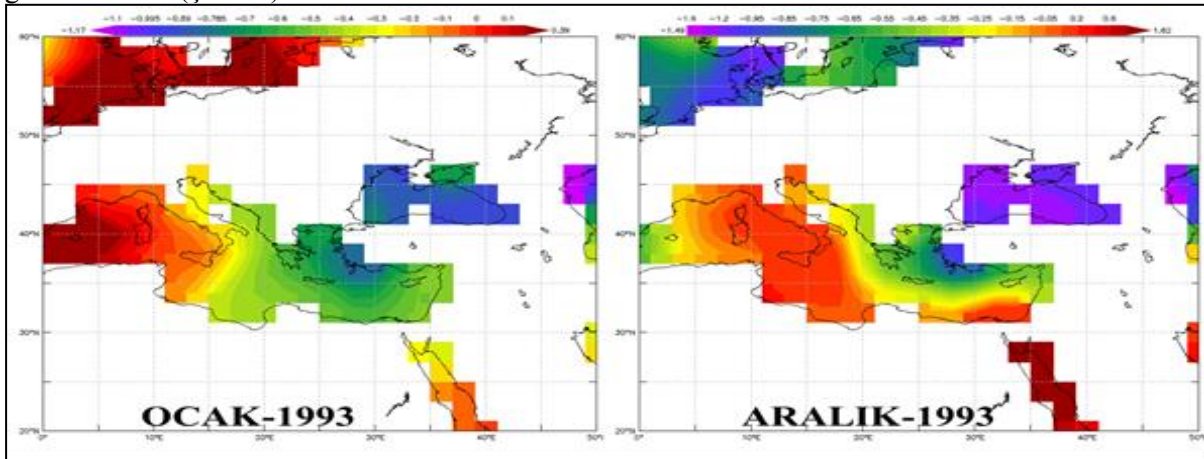
VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

istasyonlardan deniz kenarındakiler; 1971’de 11 istasyondan 6 tanesi (Samsun,Kumköy, Kireçburnu, Şile, Bodrum ve Dalaman), 1973’de 2 istasyon bir tanesi (Finike), 1974’ 2 istasyon (Antalya ve İskenderun), 1976’da 24 istasyondan 2 tanesi (Antakya ve Mersin), 1977’de 15 istasyon tamamı iç kesimde, 1984’te 7 istasyon tamamı sahil kesimi (Aydın, İzmir, Akhisar, Simav, Ödemiş, Alanya ve Anamur), 1987’de 2 istasyonda iç kesimde, 1993’te 37 istasyondan 4 tanesi (Antakya, Mersin, Trabzon ve Finike), 1994’te 3 istasyonun tamamı iç kesim ve 1997’de 48 istasyondan 10 tanesi haricinde kıyı kesimde olduğu görülmektedir. Denizsuyu sıcaklıkları uzun yıllar bölgesel ortalama sıcaklıklar olarak incelendiğinde: Karadeniz’de 1973, 1987 ve 1994; Marmara’da 1973, 1976, 1987 ve 1997; Ege’de 1971, 1974, 1977, 1984, 1993, 1994, 1996 ve 1998; Akdeniz’de 1972, 1976, 1982, 1983, 1987, 1992, 1993 ve 1997 yıllarında dahasığuk oldukları görülmüştür (Şekil 6). TKT’ler ile denizsuyu sıcaklıkları arasında nispeten bir uyum görülmektedir.



Şekil 6. Akdeniz uzun yıllar ortalama denizsuyu sıcaklıkları (Taştan, F., 2013).

TKT’lerin nispeten karasal ve denizel özellik göstermelerinde denizsuyunun yıllık ortalama değerlerinin yukarıda bahsedilen uyumunun ötesinde yıl içerisindeki deseni ve dağılımı önem kazanmaktadır. Bu durum 1993 ve 1997 yıllarında daha net gözükmemektedir. 1993 yılı Ocak ayında Kuzey Denizi, Baltık Denizi ve Batı Akdeniz’de yüksek denizsuyu sıcaklıkları, Türkiye çevresindeki denizlerde ise düşük denizsuyu sıcaklıkları ve Aralık ayında Akdeniz’de özellikle batısında yüksek denizsuyu sıcaklıkları ve Türkiye çevresindeki denizlerde ise düşük denizsuyu sıcaklıkları görülmektedir (Şekil 7).

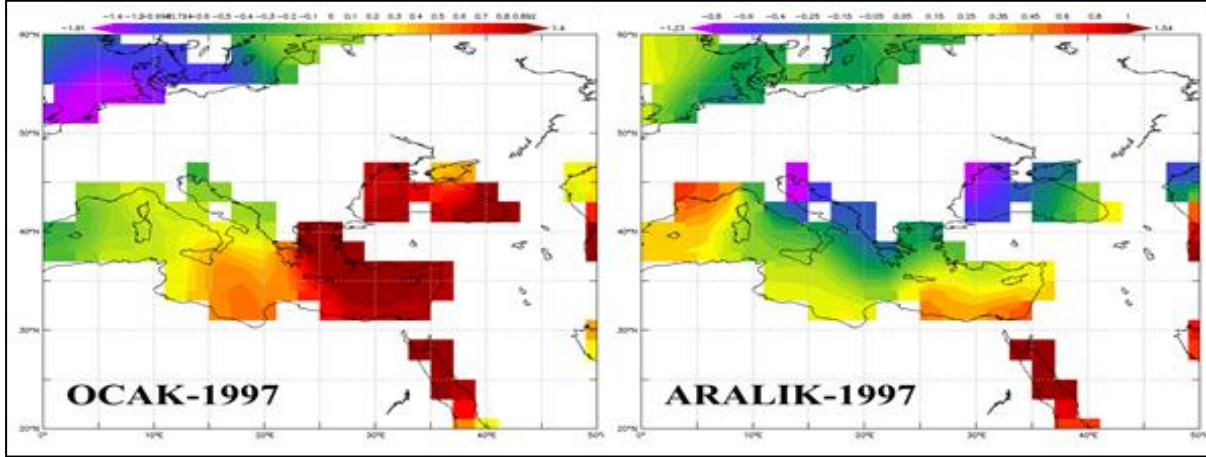


Şekil 7. 1993 yılı denizsuyu sıcaklıkları.

1997 yılı ocak ayında Kuzey Denizi ile Baltık Denizi’nde (çok düşük olmak üzere) ve Batı Akdeniz’de düşük denizsuyu sıcaklıkları, Türkiye çevresindeki denizlerde ise çok yüksek denizsuyu sıcaklıkları ve aralık ayında Akdeniz’de yüksek denizsuyu sıcaklıkları, Adriyatik, Ege Denizi ile Karadeniz’de ise düşük denizsuyu sıcaklıkları görülmektedir (Şekil 8). Denizsuyu sıcaklıklarındaki bu

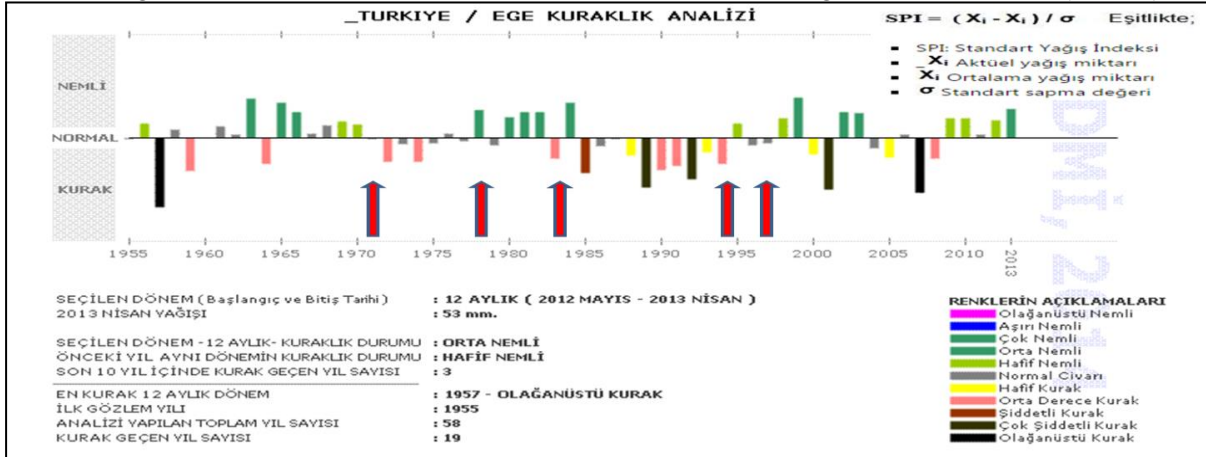
VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

desen farklılıklarının TKT'nin 1993 yılında karasal istasyonlarda, 1997 yılında ise kıyı kesimlerinde ortaya çıkmasının bir nedeni olduğu düşünülmektedir.



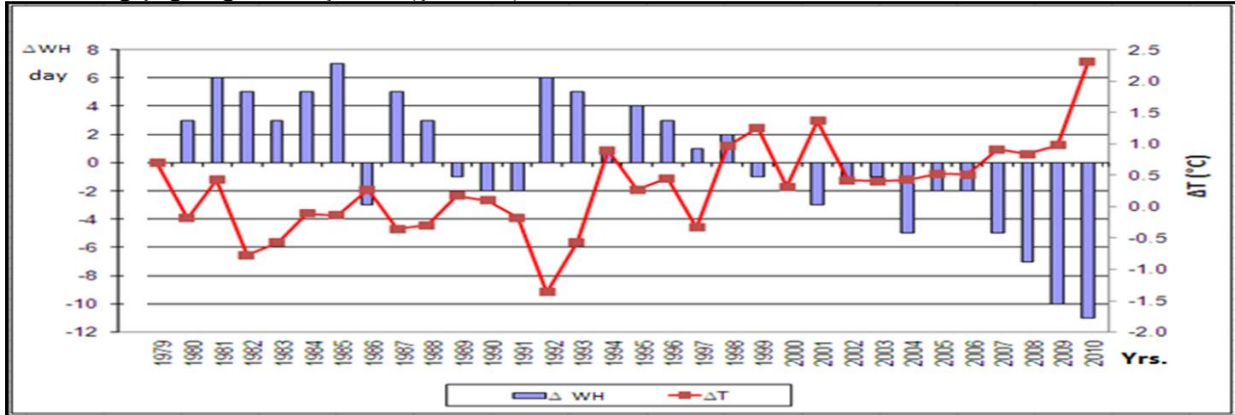
Şekil 8. 1997 yılı deniz suyu sıcaklıkları.

Standart Yağış İndeksi (SPI) ile yapılan kuraklık analizindeki yağışlı dönemlerden yağışsız dönemlere geçiş zamanları ile TKT'lerinin örtüşmesinin anlamlı olduğu düşünülmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Standart Yağış İndeksi (SPI) kuraklık analizi (MGM).

Şensoy vd. 2014'te yapılan çalışmada iklim değişikliğinin bitkilerin fenolojik safhalarına olan etkileri incelenmiştir. Buğday başaklanma tarihleri ve ortalama sıcaklıkların sapması arasında ilişkiyi göstermişler ve buğday başaklanma tarihleri 1994'ten sonra değişen pozitif sıcaklık anomalileri ile aniden değiştiğini göstermişlerdir (Şekil 10).



Şekil 10. Türkiye'de buğday başaklanma tarihleri (BBT) ve ortalama sıcaklıkların sapması

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

3. TARTIŞMA VE SONUÇ:

İklim çalışmalarında iklim verilerinin eğim (trend) analizleri oldukça yer kaplamakta değişik istatistik yöntemler kullanılarak yürütülmektedir. İklimin zaman bağımlı davranış izlerini gösteren bu çalışmalarda türdeşlik ve süreklilik önemlidir. Eğim analizlerinin ilk basamağı türdeşlik analizleridir. Türdeş olmayan veri setleri istatistik çalışmalarda doğru sonuç vermezler. Türdeşliği bozuk olan veri serilerinde veribilgi (metadata) kullanılarak türdeşliğin sağlanması gereklidir.

İklim verileri toplanırken ya da alınırken veribilgi setleriyle birlikte sağlanmalıdır. Böylelikle verideki değişimin iklimden mi yoksa gözlemden mi kaynaklandığı anlaşılabilir. Aksi durumda veri setleri ile yapılan istatistik çalışmalarından yanlış çıkarımlar yapılması olasıdır.

Çalışmada türdeşlik testlerinin sadece veri setlerindeki bozuklukları değil aynı zamanda iklimde meydana gelen değişimleri de gösterebildiği sunulmuştur.

Bu tarihlerin başta ortalama sıcaklık ile yağış normalleri (1981-2010), uzak-etkileşim (teleconnection) salınımları, denizsu sıcaklıkları gibi iklim göstergeleri ve SPS kuraklık indisi, buğday başaklanma tarihleri gibi indisler ile incelenmiş ve uyumluluk gösterdikleri anlaşılmıştır.

Ortalama sıcaklıklarda elde edilen kırılma tarihleri yaklaşık son yarım asırda meydana gelen ve özellikle son yirmi yılda kendini belirgin bir şekilde gösteren sıcaklık artışında değişimin mihenk taşlarıdır.

İklim Değişikliği ile ilişkilendirilen sıcaklık artışlarının diğer iklim göstergeleri ile ilişkilendirilmesi ve bu ilişkilerin sonuçlarının detaylı incelenmesi gelecekte meydana gelebilecek artışların oluşturacağı değişimleri anlamamıza yardımcı olacaktır.

Referanslar

1. Akçakaya, A., Demircan, M., Sümer, M.U. ve Şensoy, S., İklim gözlemlerinin doğruluğu ile devamlılığını etkileyen faktörler ve türdeşlik testleri, 2013, Ankara
2. THE WCDMP "GUIDELINES" SERIES, WCDMP 52, Neil Plummer, (Terry Allsopp, José Antonio Lopez, ve Neil Plummer'ın katkılarıyla; Düzenleyen: Paul Llansó), WMO/TD No. 1185, WMO, 2003
3. THE WCDMP "GUIDELINES" SERIES, WCDMP 53, Enric Aguilar, (Enric Aguilar, Inge Auer, Manola Brunet, Thomas C. Peterson, and Jon Wieringa katkılarıyla; Düzenleyen: Paul Llansó), WMO/TD No. 1186, WMO, 2003
4. Demircan, M., Arabacı, 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, Bildiri Kitabı, İstanbul, Türkiye
5. Oliver J. E., Encyclopedia of World Climatology, 2005, Springer, (e-book) Berlin, syf:707, 132,
6. Eken, M., Ceylan, A., Taştekin, A.T., Şahin, H., ve Şensoy, S., Klimatoloji II, DMİ Yayınları Yayın No: 2008/4, 2008, Ankara, syf: 166-167.
7. Taştan, F., Türkiye Çevresindeki Denizlerin Su Sıcaklıkları Parametresinin İstatistiksel Analizi Raporu (1970-2012), MGM, 2013, Ankara
8. MGM, <http://212.175.180.197/bitkidon/kuraklikizleme.aspx>
9. Şensoy, S., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., Phenological effects of climate change in Turkey, CCCD, 2014, İstanbul

**VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015,
İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye**

URBANIZATION EFFECT ON TRENDS OF EXTREME TEMPERATURE INDICES IN ANKARA

Serhat SENSOY (1), Necla TÜRKÖĞLU (2), İhsan ÇİÇEK (2), Mesut DEMİRCAN (1), Hüseyin ARABACI (1), Erdoğan BÖLÜK (1)

(1) Turkish State Meteorological Service, Ankara, Turkey Email: ssensov@mgm.gov.tr

(2) Ankara University, Faculty of Languages, History and Geography, Ankara, Turkey
Emails: nturkoglu@ankara.edu.tr, ihsan.cicek@ankara.edu.tr, mdemircan@mgm.gov.tr,
harabaci@mgm.gov.tr, eboluk@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 iklim istasyonu ile kırsal özelliklere sahip Esenboğa istasyonu seçilmiştir. Nüfusu 100 binin altında olan yerler kırsal olarak belirlenmiştir. (Kındap vd., 2012; Hua vd., 2007). 1960-2010 periyodunda günlük veriler kullanılarak iklim indislerini hesaplamak için RCLimDex yazılımı kullanılmıştır. Hesaplanan sıcaklıkla ilişkili iklim indislerinin trendlerine bakılarak Ankara kent merkezi için şehirleşme etkisi değerlendirilmiştir. Kentleşme etkisini gösteren en belirleyici indisler minimum sıcaklıklarla ilişkili olan Donlu Günler (FD0), Serin Geceler (TN10p), Sıcak Geceler (TN90p), Soğuk Devre Süresi (CSDI), Tropik Geceler (TR20), Büyüme Sezonu Uzunluğu (GSL) ve Günlük Sıcaklık Aralığı (DTR) indisleridir. Yaz Günü (SU25), Sıcak Günler (TX90p) ve Sıcak Devre Süresi İndisleri (WSDI) ise maksimum sıcaklıkla ilişkili indislerdir ve güneş etkisi nedeniyle şehirleşme etki analizinde belirleyici değildir. Sonuçlar kentleşmenin en belirgin etkisinin minimum sıcaklıklar üzerine olduğunu göstermiştir. Minimum sıcaklıktaki artışlar kent içerisinde Tmax-Tmin olarak hesaplanan DTR'yi azaltmakta iken kırsal alanda ise minimum sıcaklığın gece daha fazla düşmesiyle bu aralık artmaktadır. Trendlerin çoğu %95 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sonuçlar Ankara'da hızlı nüfus artışı, artan trafik, yeşil alanın azalması, sanayileşme, asfalt-beton gibi sıcaklığı emen yüzeyler ve şehrin jeomorfolojisinin de katkısıyla yaşanan sıcaklık terselmeleri şehirleşme etkisinin artmasına sebep olmaktadır (Çiçek, 2004).

Anahtar Kelimeler: Şehirleşme, iklim değişikliği, indisler, eğitim

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 we selected Ankara climate station which has the city characteristics and Esenboğa station which has rural characteristics. If the population less than 100 thousand it's determined as rural area (Kındap et al., 2012; Hua et al, 2007). Daily data has been used and RCLimDex software has been run in order to calculate climate indices for the time periods of 1960-2010. Urbanization effects on trends of extreme temperature indices in Ankara have been evaluated. The most decisive climate indices which show urbanization effects have been found as Frost Day (FD0), Cool Night (TN10p), Cold Spell Duration Index (CSDI). Warm Night (TN90p), Tropical Night (TR20) and Growing Season Lengths (GSL) trends are greater in the city than rural. However, Summer Days (SU25), Warm Days (TX90p) and Warm Spell Duration Indices (WSDI) haven't found as decisive for urbanization effect due to sunrise relation. The results show that the most obvious effect of urbanization on climate is on minimum temperatures. These results show stronger urbanization effect in Ankara due to decreasing green areas, increasing concrete and asphalt surfaces, low albedo values, different latent heat flux and heating from traffic and other energy uses. Its geomorphology and accordingly development of inversion effect have additional contribution to the urbanization in Ankara (Çiçek, 2004).

Keywords: Urbanization, climate change, indices, trend

MATERIALS AND METHODS

In this study, we have run RCLimDex software to calculate temperature related climate indices for rural station Esenboğa (33.00E, 40.07N) and urban station Kalaba, Ankara (32.53E, 39.57N) for the period from 1960 to 2010. We selected the same data period in order to compare station's outputs for the same climatic period. In order to detect urbanization effect, we computed average trends for every index, relative to the period 1971-2000. Before the index calculation, data quality controlled and their homogeneity tested. We run RCLimDex software to calculate indices (Zhang, X., et al., 2005). Software user guide are available from (Url 1). <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>.

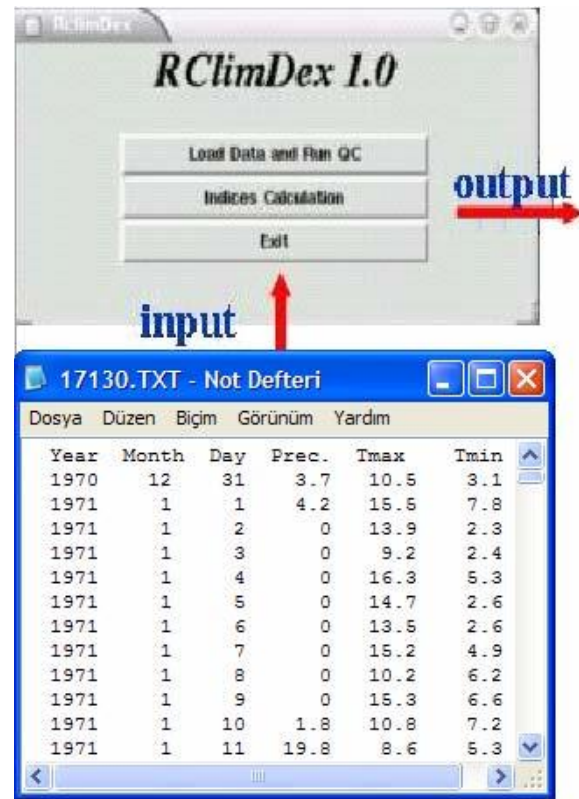


Figure 1. RCLimDex Software and raw data

After the data had been quality controlled and tested for homogeneity, RCLimDex calculates and creates 16 temperature related climate indices (Table 1).

Table 1. List of temperature related climate indices used in the study

ID	Indicator name	Definitions	UNITS
SU25	Summer days	Annual count when TX(daily maximum)>25°C	Days
ID0	Ice days	Annual count when TX(daily maximum)<0°C	Days
TR20	Tropical nights	Annual count when TN(daily minimum)>20°C	Days
FD0	Frost days	Annual count when TN(daily minimum)<0°C	Days
GSL	Growing season Length	Count of day at least 6 days T>5°C	Days
TXx	Max Tmax	Monthly max. value of daily maximum temp	°C
TXn	Min Tmax	Monthly min. value of daily maximum temp	°C
TNx	Max Tmin	Monthly max. value of daily minimum temp	°C
TNn	Min Tmin	Monthly min. value of daily minimum temp	°C
TX10p	Cool days	Percentage of days when TX<10th percentile	Days
TX90p	Warm days	Percentage of days when TX>90th percentile	Days
TN10p	Cool nights	Percentage of days when TN<10th percentile	Days
TN90p	Warm nights	Percentage of days when TN>90th percentile	Days
WSDI	Warm spell duration indicator	Annual count of days with at least 6 consecutive days when TX>90th percentile	Days
CSDI	Cold spell duration indicator	Annual count of days with at least 6 consecutive days when TN<10th percentile	Days
DTR	Diurnal temp. range	Monthly mean difference between TX and TN	°C

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Kendall's tau based slope estimator has been used to compute the trends since this method doesn't assume a distribution for the residuals and is robust to the effect of outliers in the series (Sensoy, S., et al, 2013).

URBANIZATION- CLIMATE RELATIONSHIP

Large concrete buildings and roads due to their thermal capacity store emit greater heat than the lighter surfaces and vegetation. One of the fundamental components that set a city apart from its rural surroundings is the climate that prevails over urban environments. In urban areas, buildings and paved surfaces have gradually replaced preexisting natural landscapes. As a result, solar energy is absorbed into roads and rooftops, causing the surface temperature of urban structures to become 10-21°C higher than the ambient air temperatures (Taha, 1992).

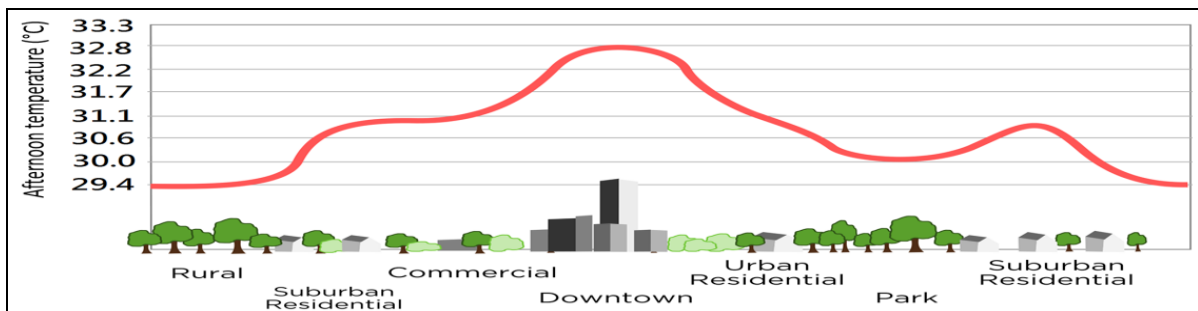


Figure 2. Urban heat island profile (modified from NOAA, 1999) (Url 2,3) (Tanrikulu, 2006)

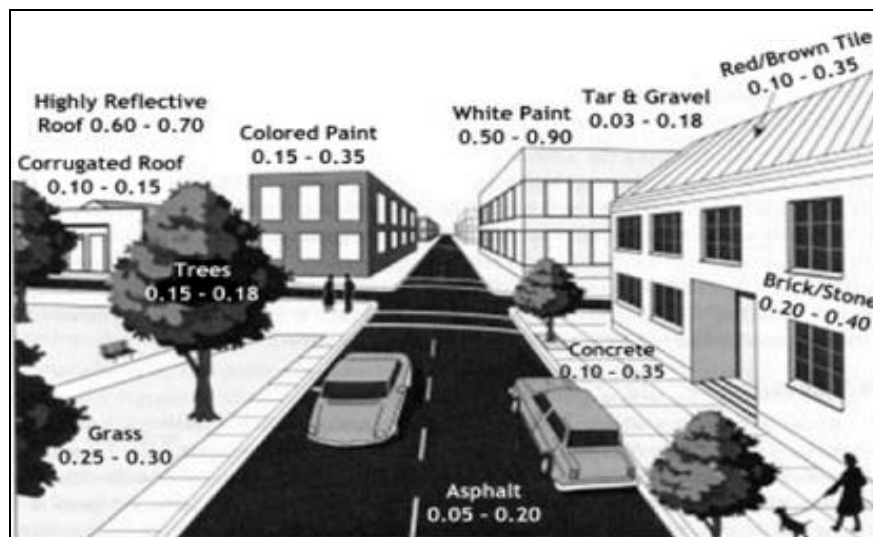


Figure 3. Various urban environment albedos (NOAA, 1999)

Figure 3 shows albedo values for various urban surfaces, the albedo is a measure of the amount of solar energy reflected by the surface. Beside the low albedo, different latent heat flux and heating from traffic and other energy uses can raise air temperature in a city by

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

1 - 3°C. This phenomenon is known as an "urban heat island (Oke, 1982).

GEOGRAPHICAL AND DEMOGRAPHIC INFORMATION OF ANKARA

Study area was selected as rural station Esenboğa (33.00E, 40.07N, elevation 949 m) and urban station Kalaba, Ankara (32.53E, 39.57N, elevation 891 m). Bird's eye view distance between two stations is 23km.



Figure 4. Geographic Location of rural station (Esenboğa) and urban station (Kalaba, Ankara)

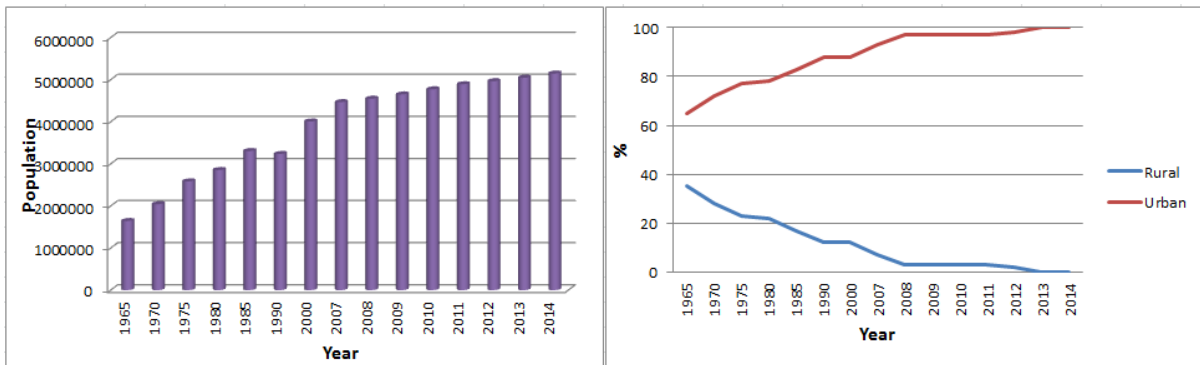


Figure 5. Ankara population (left), Ankara rural and urban population ratio (right) (TÜİK),(Url 5)

Ankara population was 1.644.302 in 1965 but its population increased more than 3 times since 1965 (5.146.307 in 2014). From 1970 to 2007 there are great changes in the population. This shows that beside the normal population growth rate, there are great amount of migrant population to Ankara. As a result Ankara urban environment under the stress of increased and migrant population, enhanced energy consumption of the growing population, increased traffic load and industrial activity, deforestation and release of waste product into the

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

atmosphere and hydrosphere. Ankara rural population ratio has decreased from 35% to 0 while urbanization ratio increased from 65% to 100%.

ANKARA CLIMATIC CONDITIONS

According to Thornthwaite climate classification, Ankara has been found semi dry in southern part, semi dry-less humid in northwestern part and semi humid in northern Nallıhan. Because of the continental climate condition, there are big differences between day and night temperature and winter and summer temperature. According to Trewartha climate classification, universal thermal scale, winter is cold (1.3°C), summer is warm (22°C) (Url 4).

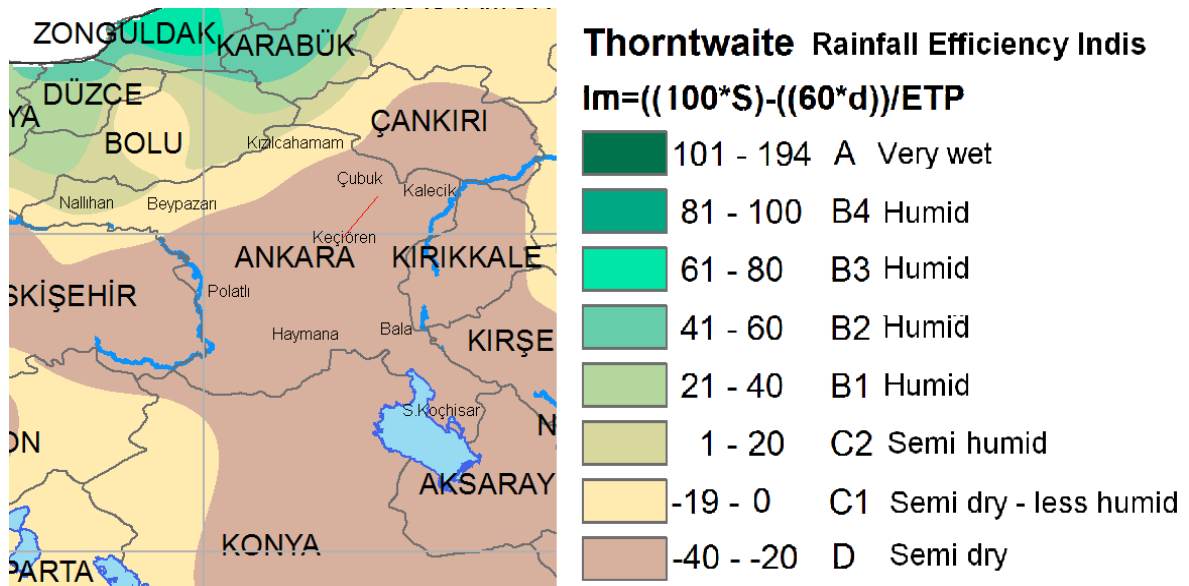


Figure 6. Ankara climate classification via Thornthwaite method (Sensoy, S., 2006)

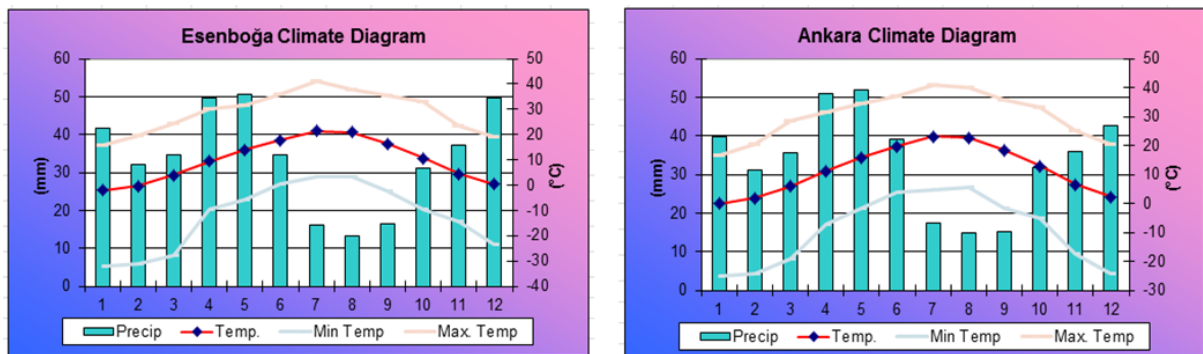


Figure 7. Climate diagram for Esenboğa (left) and Climate diagram for Kalaba, Ankara (right)

Esenboğa and Ankara usually receive rainfall in all months but July, August and September precipitation are less. Mean annual precipitation total is 406 mm in both stations. Minimum

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

temperature are -32.2°C and -24.9°C , maximum temperature are 41.2°C and 41.0°C and mean temperature is 9.7°C and 11.6°C respectively.

RESULTS

Table 2. Trends in temperature related climate indices in Esenboğa and Ankara

Indice	Start Year	End Year	Kendall's tau based slope estimate	
			Esenboğa	Kalaba, Ankara
SU25	1960	2010	0.368 *	0.190
ID0	1960	2010	-0.030	-0.020
TR20	1960	2010	0.028 *	0.206 *
FD0	1960	2010	0.177	-0.120
GSL	1960	2010	0.081	0.334
TXx	1960	2010	0.039 *	0.026
TXn	1960	2010	0.081 *	0.051 *
TNx	1960	2010	0.037 *	0.048 *
TNn	1960	2010	0.105 *	0.088 *
TX10p	1960	2010	-0.015	-0.005
TX90p	1960	2010	0.124 *	0.069
TN10p	1960	2010	-0.025	-0.113 *
TN90p	1960	2010	0.093	0.209 *
WSDI	1960	2010	0.247 *	0.133
CSDI	1960	2010	-0.013	-0.077
DTR	1960	2010	0.009	-0.013 *

(*) Trends are statistically significant at 95% level (p value < 0.05)

Urbanization effects on trends of extreme temperature indices in Ankara have been evaluated. The most decisive climate indices which show urbanization effects have been found as Frost Day (FD0) which has decreasing trend in Ankara as $-0.12\text{days}(10\text{yr})^{-1}$ while increasing in Esenboğa as $0.177\text{days}(10\text{yr})^{-1}$, Cool Night (TN10p) $-0.113\text{days}(10\text{yr})^{-1}$, and $-0.025\text{days}(10\text{yr})^{-1}$, Warm Night (TN90p) $0.209\text{days}(10\text{yr})^{-1}$, $0.093\text{days}(10\text{yr})^{-1}$ Cold Spell Duration Index (CSDI) $-0.077\text{days}(10\text{yr})^{-1}$, $-0.013\text{days}(10\text{yr})^{-1}$, Tropical Night (TR20) $0.206\text{days}(10\text{yr})^{-1}$, $0.028\text{days}(10\text{yr})^{-1}$, Growing Season Lengths (GSL) $0.334\text{days}(10\text{yr})^{-1}$, $0.081\text{days}(10\text{yr})^{-1}$ respectively. However, Summer Days (SU25), Warm Days (TX90p) and Warm Spell Duration Indices (WSDI) are related with maximum temperature and haven't found as decisive for urbanization effect due to sunrise relation.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

The results show that the most obvious effect of urbanization on climate is on minimum temperature. This causes decrease in Diurnal Temperature Range (DTR= $T_{max}-T_{min}$) in Ankara as $-0.013^{\circ}\text{C}(10\text{yr})^{-1}$ while increasing in rural station Esenboğa as $0.009^{\circ}\text{C}(10\text{yr})^{-1}$. Most of these trends found statistically significant at 95% level. These results show stronger urbanization effect in Ankara.

COMPARISON OF TRENDS IN TROPICAL NIGHTS (TR20)

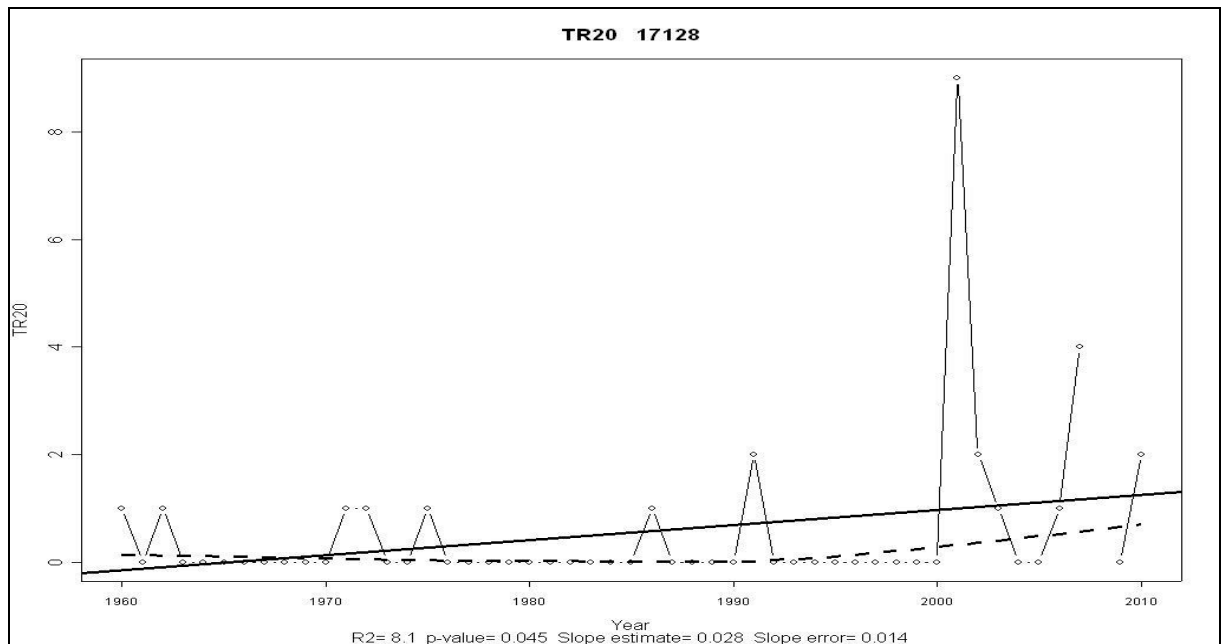
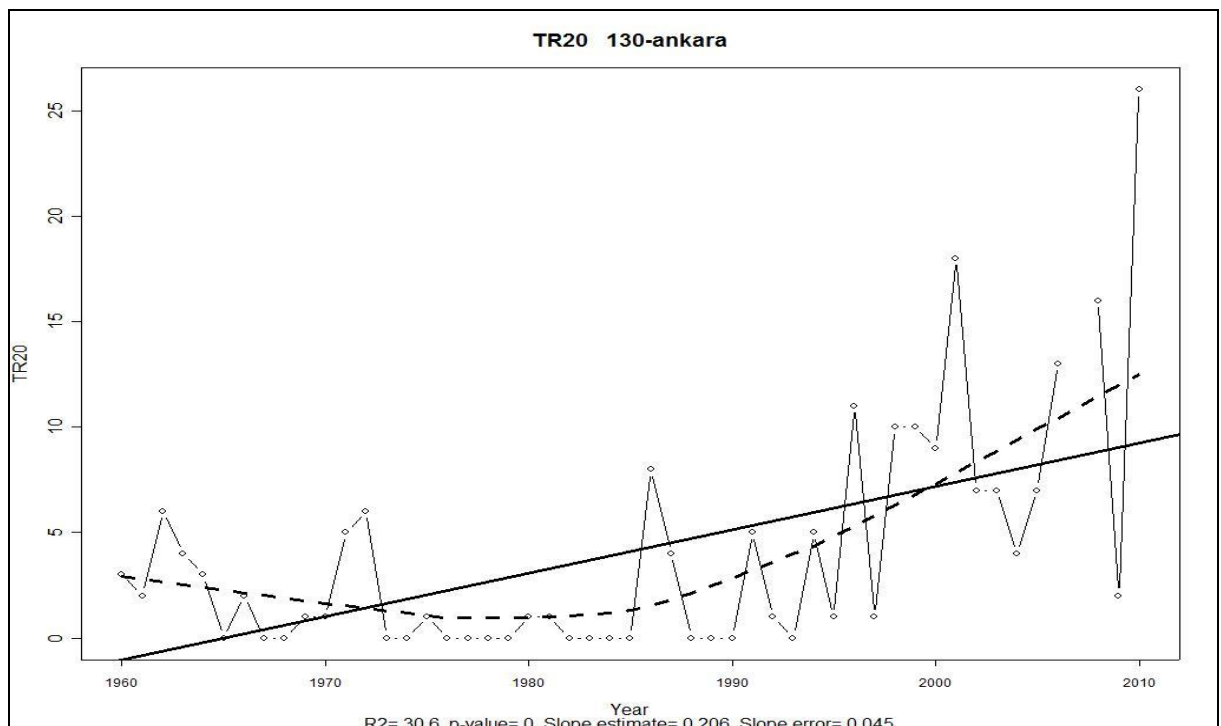


Figure 8. Trend in Tropical night in Esenboğa



VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Figure 9. Trend in Tropical night in Kalaba, Ankara

A tropical night is $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ and have increasing trend in Esenboğa and Ankara as 2.8 and 20.6 days/100 years respectively. But urban trend 7 times stronger than rural. This shows that the urban cause a clear increase over the minimum temperature due to heated surface release temperature more slowly than rural in the night. Both trends are statistically significant at 95% level due to p value is less than 0.05.

COMPARISON OF TRENDS IN FROST DAYS (FD0)

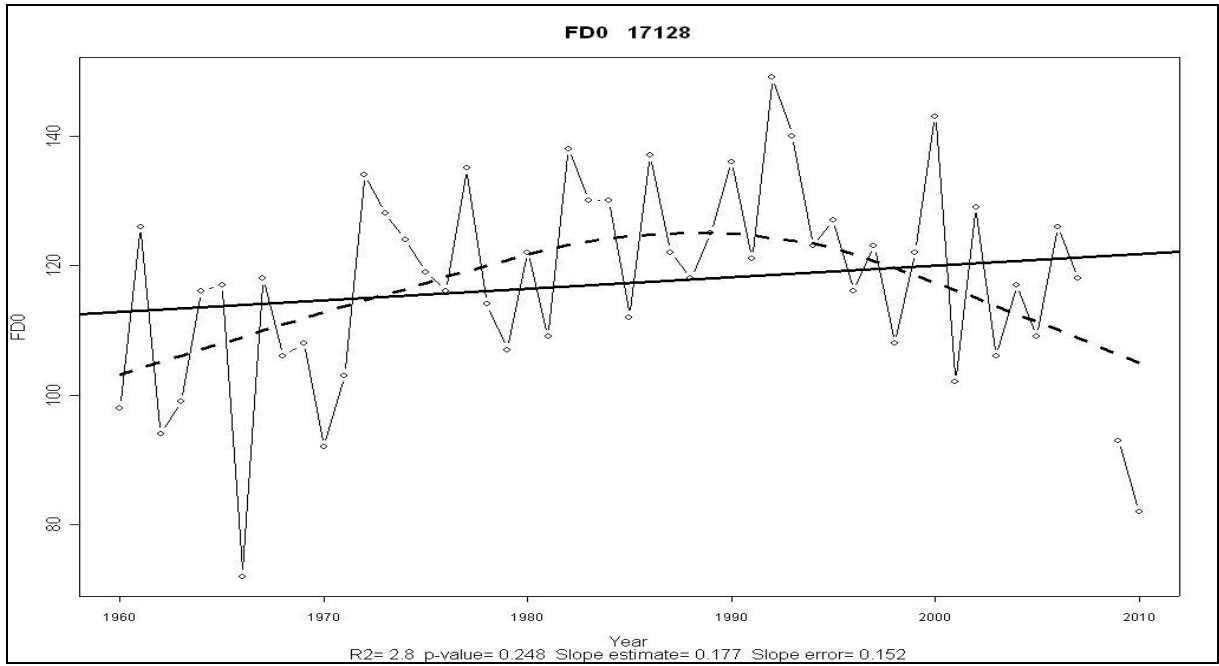


Figure 10. Trend in frost day in Esenboğa

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

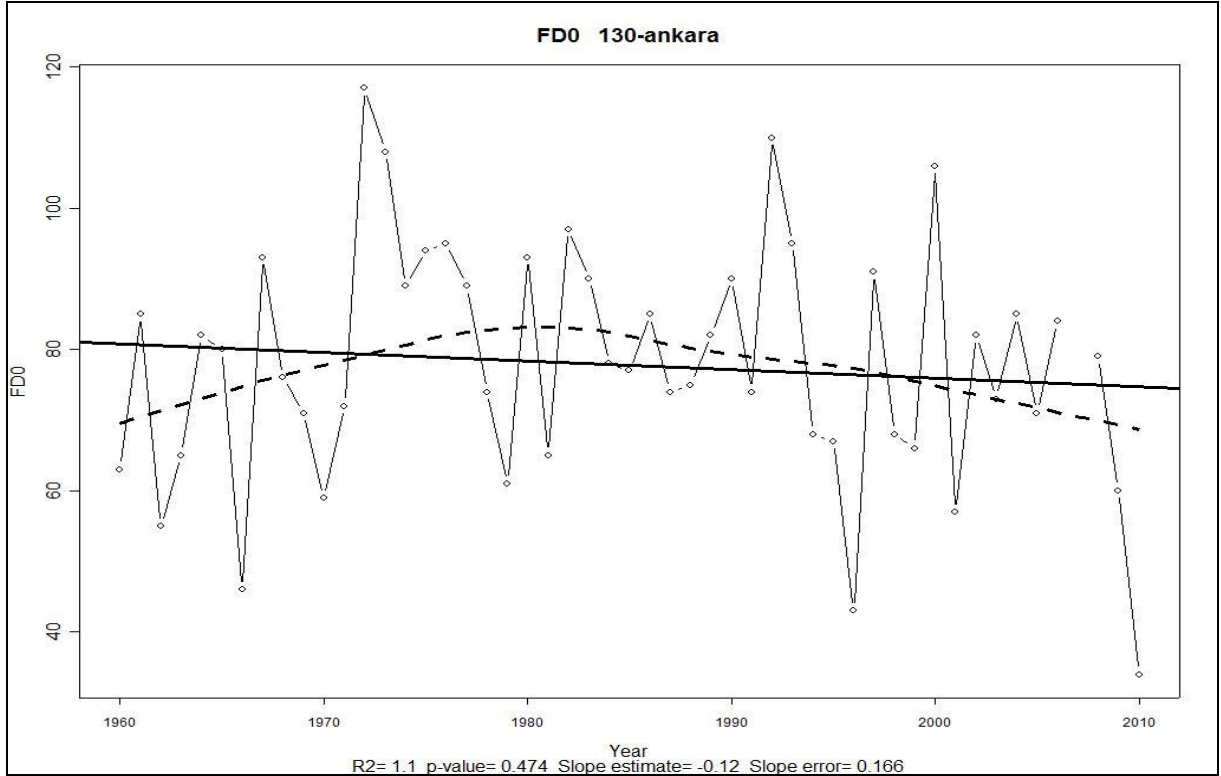


Figure 11. Trend in frost day in Kalaba, Ankara

Frost days is the day which $T_{min} < 0^{\circ}C$ and have increasing trend in Esenboğa as 17.7 days but decreasing trend as 12 days/100 years in Ankara. This shows that the urban cause a clear increase over the minimum temperature and this cause decreasing trend in frost days in the city.

COMPARISON OF TRENDS IN COOL NIGHTS (TN10P)

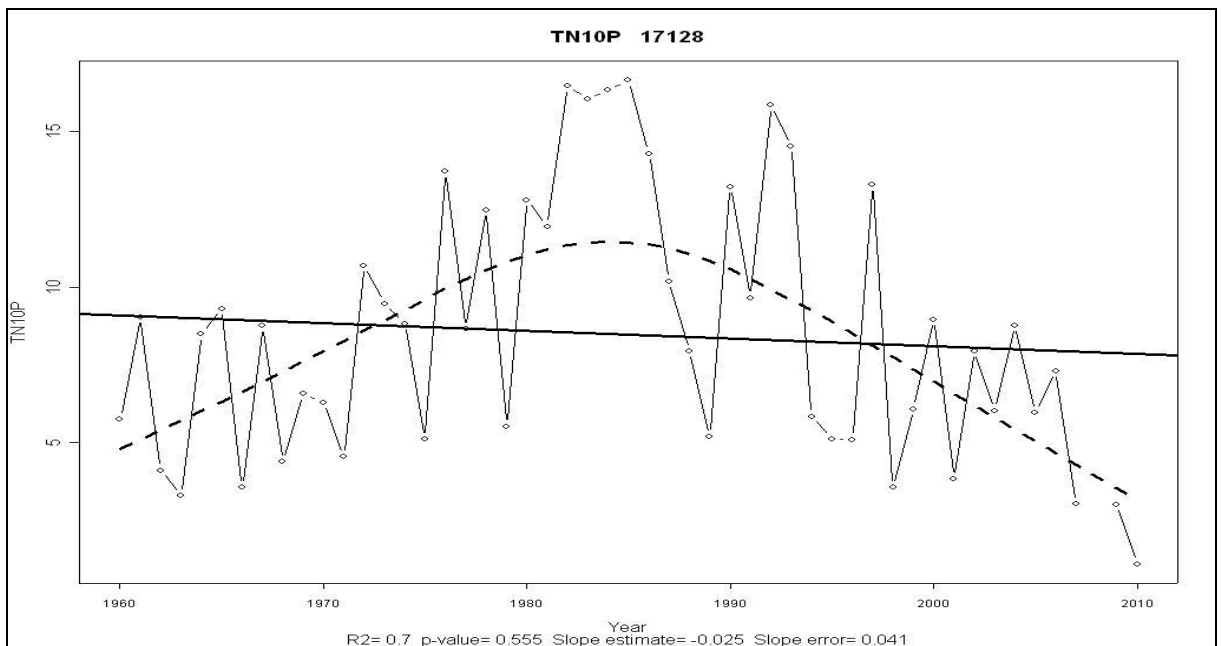


Figure12. Trend in cool nights in Esenboğa

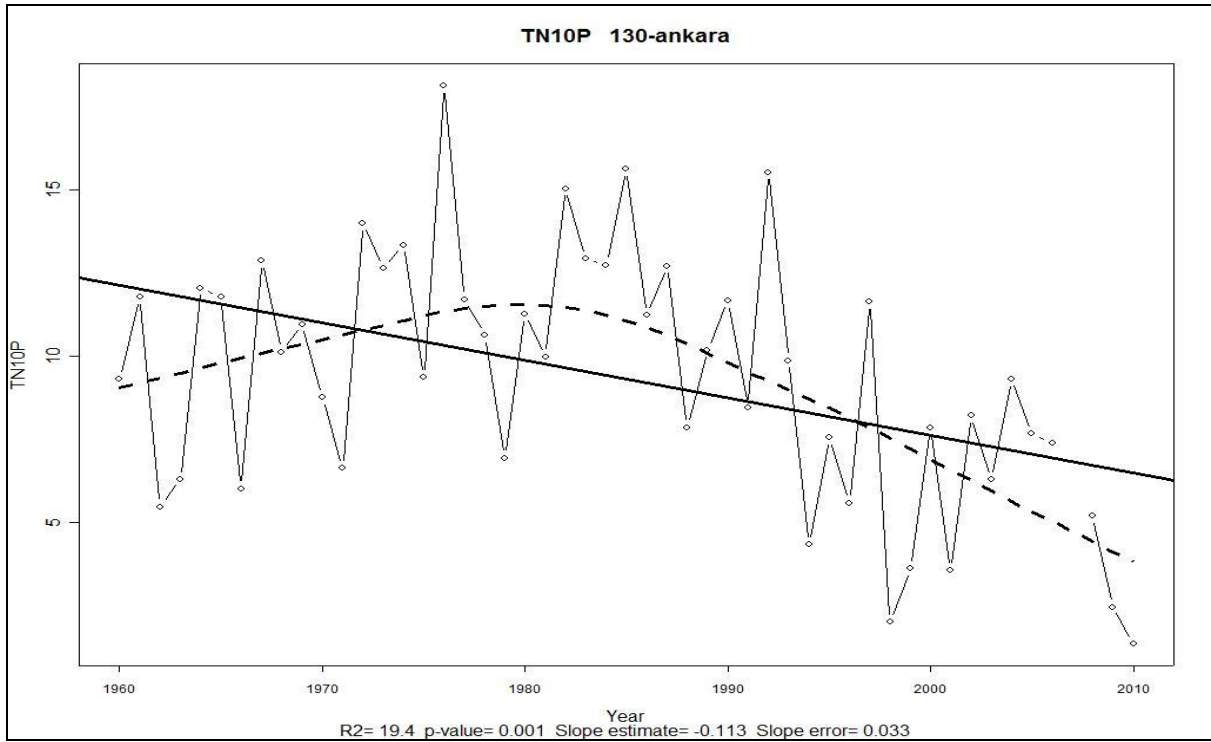


Figure 13. Trend in cool nights in Kalaba, Ankara

Cool nights (TN10p) is $T_{min} < 10$ th percentile and have decreasing trend in Esenboğa and Ankara as 1.7 and 4.8 days/100 years respectively. This shows that the cool night is rapidly decreasing in urban areas than rural due to increased minimum temperature. Ankara trend is 4.5 times stronger and significant at 95% level of confidence.

COMPARISON OF TRENDS IN DIURNAL TEMPERATURE RANGE (DTR)

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

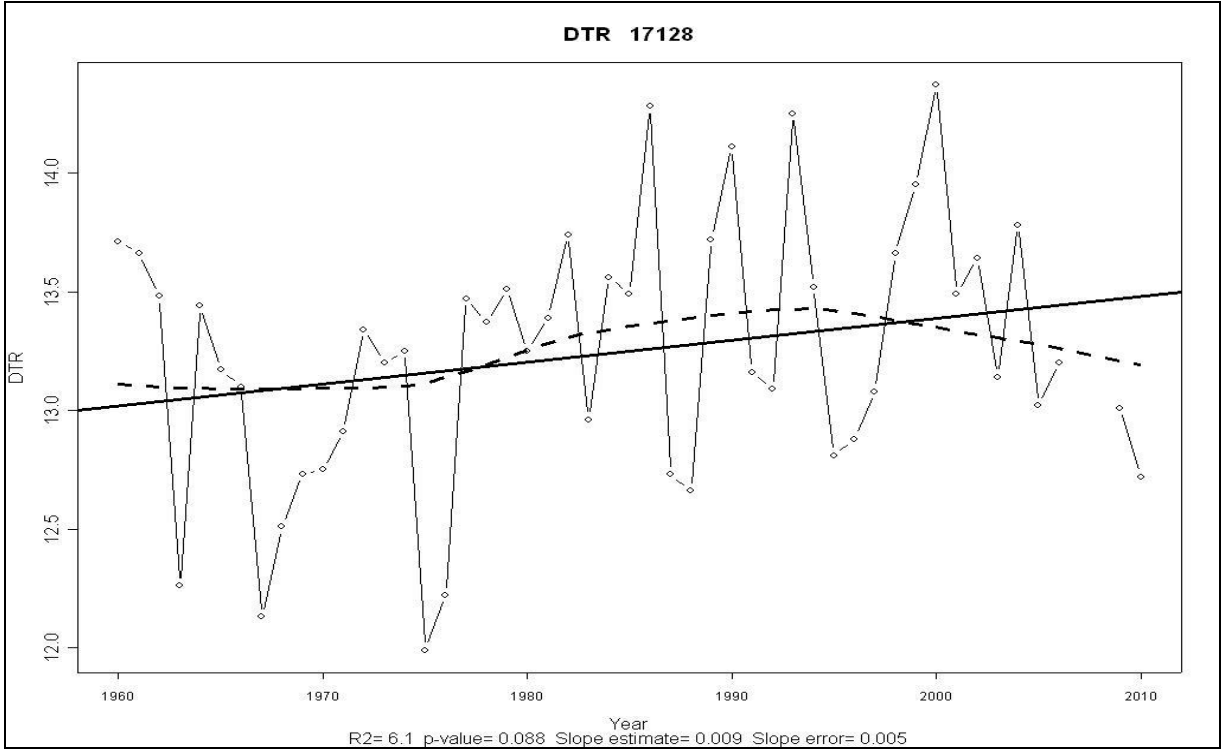


Figure 16. Trend in diurnal temperature range in Esenboğa

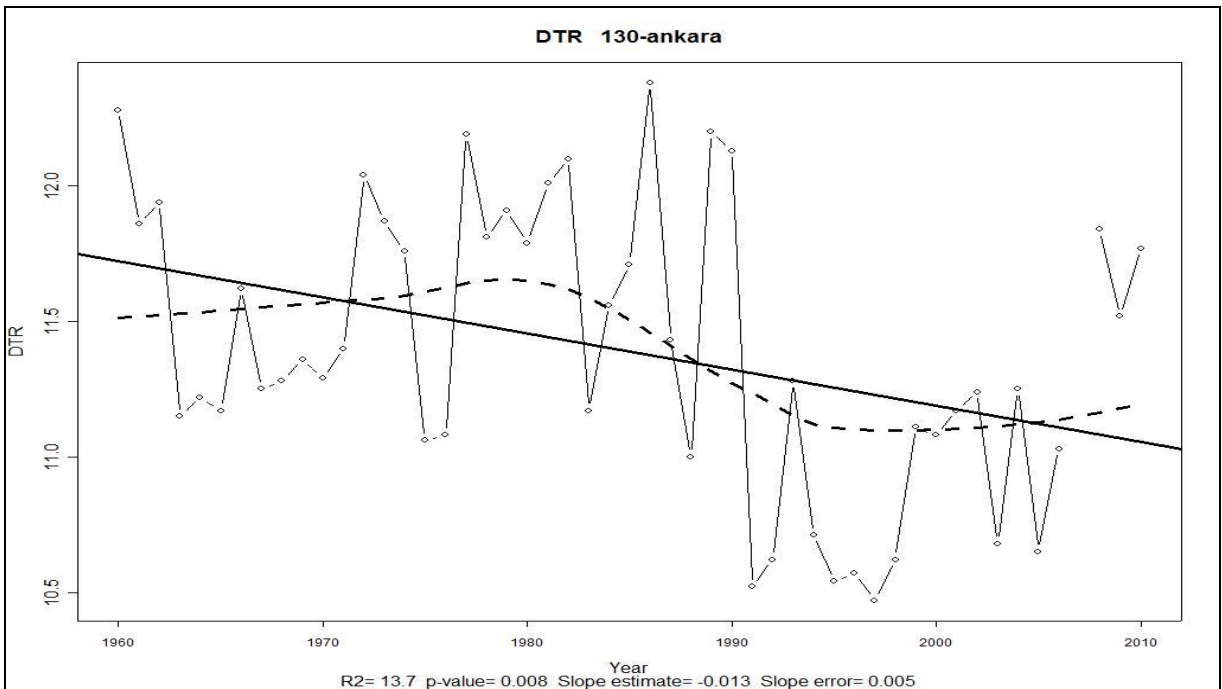


Figure 17. Trend in diurnal temperature range in Kalaba, Ankara

Diurnal temperature ranges is $T_{max} - T_{min}$. and have increasing trend in Esenboğa as 0.9°C but decreased trend as $1.3^{\circ}\text{C}/100$ years in Ankara. This shows that Ankara city center cause a clear increase over the minimum temperature and this cause decreasing trend in DTR. Ankara trend is statistically significant at 95% level of confidence.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

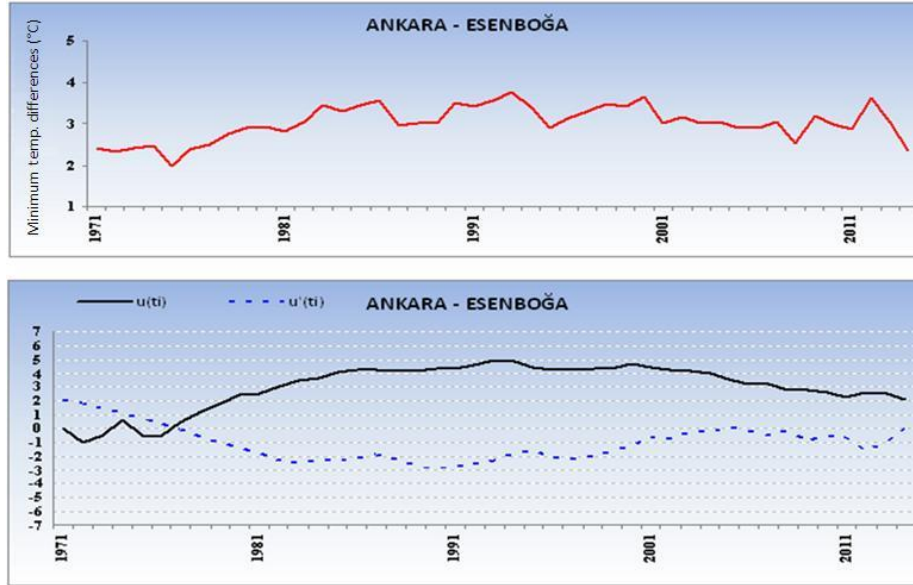


Figure 18. Minimum temperature differences (upper) and its Mann-Kendall Test (lower)

Urban-rural minimum temperature differences are small in the beginning of the period but have been increased since 1980. Mann Kendall trend statistics of the minimum temperature differences series has been found $u(t)=2.08$ and this is significant at 95% level.

CONCLUSION

With more than 5 million populations, Ankara is the rapidly growing city in Turkey and became a 2nd mega city after the Istanbul. In this study, urbanization effects on trends of extreme temperature indices in Ankara have been evaluated. The most decisive climate indices which show urbanization effects are related with minimum temperature. Frost Day (FDO) has decreasing trend in Ankara while increasing in Esenboğa. Cool Night (TN10p) has decreasing trends and it's 4 times stronger in the city than rural. Warm Night has increasing trends and it's two times stronger in the city than rural. Cold Spell Duration Indices (CSDI) has decreasing trends and it's 6 times stronger in the city than rural. Tropical Night (TR20) has increasing trends and it's 7 times stronger in the city than rural. Growing Season Lengths (GSL) has increasing trends and it's 4 times stronger in the city than rural. As seen in the results, there is clear increasing trend in minimum temperature in Ankara. This cause decrease in Diurnal Temperature Range ($DTR=T_{max}-T_{min}$) in Ankara while increasing in rural station Esenboğa. However, Summer Days (SU25), Warm Days (TX90p) and Warm Spell Duration Indices (WSDI) are related with maximum temperature and haven't found as decisive for urbanization effect due to sunrise relation. These results show that there is stronger urbanization effect in Ankara due to increasing population, decreasing green areas, increasing concrete and asphalt surfaces, low

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

albedo values, different latent heat flux and heating from traffic and other energy uses. Its geomorphology and accordingly development of inversion effect have additional contribution to the urbanization in Ankara (Çiçek, 2004). According to results, there is clear urbanization effect on trends of minimum temperature indices in Ankara. Most of these trends found statistically significant at 95% level (Table 2). More stations should be operated in order to detect urbanization effect (Alan et. al., 2011).

REFERENCES

- Alan, İ., Demircan, M., Uçar, A., Köksal, Ş., Yücel, G. ve Darende, V.C., Gözlem Dağılım Standardizasyonu (Teknik Gereklilik ve Çeşitliliği) Komisyon Raporu, Ankara, 2011
- Çiçek, İ., 2004, Ankara’da şehirleşmenin yağış üzerine etkisi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt: 14, Sayı: 1, Sayfa: 1-17, Elazığ
- 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., Turunçoğlu, 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.
- Taha, H., 1992, Urban Climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat, Energy Buildings 25, s:99-103
- Tanrikulu, M. , 2006, İzmir’de şehirleşmenin sıcaklık ve yağış üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fiziki Coğrafya Bölümü.
- Zhang, X., et al., 2005, Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003, J. Geophys. Res., 110, D22104, doi: 10.1029/2005JD006181.
- Url 1, <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml> , 18.03.2015
- Url 2, [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Urban_heat_island_\(Celsius\).png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Urban_heat_island_(Celsius).png) , 18.03.2015
- Url 3, http://www.crh.noaa.gov/images/lx/recent_event/urban.gif , 18.03.2015
- Url 4, http://en.wikipedia.org/wiki/Trewartha_climate_classification , 18.03.2015
- Url 5, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara> 30.03.2015

**VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015,
İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye**

ANKARA'DA FARKLI YÖNTEMLERLE YAPILAN OZON PROFİL ÖLÇÜMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yılmaz Açar¹, Serpil Yağan¹, Mithat Ekici¹, Alper Akçakaya¹
yacar@mgm.gov.tr, syagan@mgm.gov.tr, mekici@mgm.gov.tr, aakcakaya@mgm.gov.tr

¹ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara-Türkiye

ÖZET

Atmosferde ozonun dikey dağılımındaki değişimler, ozon tabakasının kalınlığını etkilemektedir. Ozonun dikey dağılımının belirlenmesinde Ozonsonde, Dobson ve Brewer Spektrofotometreleri gibi yer tabanlı ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğünce Ankara'da, 1994-2013 yılları arasında Ozonsonde Yöntemiyle ve 2007-2014 yılları arasında da Brewer Spektrofotometresiyle (Brewer 188) yapılan ozon profil ölçüm verileri kullanılmıştır. Ankara üzerinde ozonun dikey dağılımında, maksimum ozon yoğunluğu, ozonsonde ölçümlerinde yer seviyesinden itibaren 24. km'de (130.3 nb), Brewer 188 ölçümlerinde ise 22. km'de (194.4 nb) bulunmuştur. Mevsimlik olarak maksimum ozon yoğunluğunun; ozonsonde ölçümlerinde kış (145.0 nb) ve ilkbaharda (139.1 nb) 22. km'de, sonbaharda (125.1 nb) 24. km'de ve yazın (132.1 nb) ise 26. km'de olduğu belirlenmiştir. Brewer 188 ölçümlerinde ise, maksimum ozon yoğunluğunun ilkbahar (223.8 nb), yaz (194.4 nb) ve kışın (192.3 nb) 22. km'de, sonbaharda (170.3 nb) ise 24. km'de olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Ozon Profili, Ozonsonde, Brewer Spektrofotometre.

ABSTRACT

Changes of vertical distribution of ozone in atmosphere affects thickness of ozone layer. Some devices such as Ozonesonde, Dobson and Brewer Spectrophotometer which are based on ground are used on determining of vertical ozone distribution. In this study, ozone profile measurement data are obtained by using Brewer Spectrophotometer between 2007-2014 or Ozonesonde method between 1994-2013 by TSMS in Ankara are used. The maximum ozone density of vertical distribution of ozone over Ankara is found on the 24. km from surface layer by using Ozonesonde method (130.3 nb), while on the 22. km by using Brewer 188 (194.4 nb). It is determined that seasonal maximum ozone density based on method of ozonesonde is 145.0 nb in winter on the 22. Km, 139.1 nb in spring on the 22. km, in autumn 125.1 nb on the 24. km and 132.1 nb in summer on the 26. km. It is determined that seasonal maximum ozone density based on measurement of Brewer 188 is 192.3 nb in winter on the 22. km, 223.8 nb in spring on the 22. km, in autumn 170.3 nb on the 24. km and 194.4 nb in summer on the 22. km.

Keywords: Ozone Profile, Ozonesonde, Brewer Spectrophotometer.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

1. GİRİŞ

Atmosferdeki ozon molekülünün miktarı troposfer ve stratosfer tabakalarında değişkenlik göstermektedir. Bu durum, enlem ve mevsimle de yakından ilişkilidir. Atmosferde ozonun dikey dağılımındaki değişimler, ozon tabakasının kalınlığını etkilemektedir. Ozonun dikey dağılımının belirlenmesinde Ozonsonde, Dobson ve Brewer Spektrofotometreleri gibi yer tabanlı ölçüm cihazlarının yanı sıra uydulara yerleştirilen ölçüm cihazları da (TOMS, OMI gibi) kullanılmaktadır. Aynı zamanda, Ozonun Dikey Dağılımı (Ozon Profili) Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) Küresel Atmosfer Gözlem Programı (GAW) kapsamında ozon tabakasını izleme ağının önemli bir parametresidir.

Troposfer ve stratosferdeki ozon moleküllerinin toplam miktarı toplam ozon kalınlığı olarak ifade edilmekte ve ozon tabakasının kalınlığında belirleyici rol oynamaktadır (Acar vd., 2012). Toplam Ozon, atmosferde yerden itibaren atmosferin üst sınırına kadar dikey olarak dağılmış halde bulunan ozon moleküllerinin toplam miktarıdır. Yukarı atmosferde yapılan araştırmalar, toplam ozon dağılımının hava paternleri ya da bunları etkileyen dinamik sistemlerle değiştiğini göstermektedir (Kahya ve İncecik., 2011).

2. OZONSONDE (ECC)

Ozonsonde, atmosferdeki ozonun dikey dağılımını tespit etmek amacıyla NOAA Laboratuvarları'nda basit şekilde tasarlanmış, Elektrokimyasal Konsantrasyon Hücreli (ECC), hafif ve balonla birlikte kullanılabilen bir cihazdır (Komhyr, 1969). Ozonsonde Yönteminde, içerisine havadan daha hafif hidrojen gazı doldurulan 1200 gr'lık balon ve bu balona ipe bağlanmış ozonsonde ve radiosonde cihazları kullanılmaktadır. Bu cihazlar yardımıyla, yerden itibaren balonun patladığı yaklaşık 35–40 km yüksekliğe kadar olan hava kütlesi içerisindeki ozonun dikey dağılımı bazı meteorolojik parametreler (hava sıcaklığı, basınç ve kutu içi sıcaklığı vb.) kullanılarak hesaplanmaktadır (Acar vd., 2004).

3. BREWER SPEKTROFOTOMETRESİ (BRW 188)

Brewer Spektrofotometresi, Dobson Spektrofotometresinin yerine 1980'lerden beri kullanılmakta ve sürekli olarak geliştirilmektedir. Türkiye için üretilen 188 seri numaralı Brewer Spektrofotometresi, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Ankara'daki merkezine 2006 yılı Kasım ayında kurulmuştur.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Brewer Spektrofotometresinin (188) ilk kalibrasyonu; Uluslararası Ozon Servisi'ne (IOS) 7-12 Ekim 2008 tarihleri arasında, ikinci ve üçüncü kalibrasyonları ise cihazın üretici firması Kipp&Zonen'e 22-29 Eylül 2010 ve 23-27 Eylül 2013 tarihleri arasında Ankara'da yaptırılmıştır.

Brewer (188), toplam ozon ve kükürt dioksiti (SO_2) güneş ışığının seçilen dalga boylarındaki (303.2 (Hg slit), 306.3, 310.1, 313.5, 316.8, 320.1 nm) foton sayılarının ölçümüne dayanarak Dobson Birimi (DU) cinsinden (1 DU = 0.1 atm-cm) ölçmektedir. Ozon yoğunluğunu (ozonun dikey dağılımını) ise mol/cm^3 cinsinden, 2 km aralıkla ve 50 km'ye kadar , 286.5-363.0 nm aralığındaki ultraviyole güneş radyasyonunu da 0.5 nm aralıkla ölçmektedir. (Acar vd., 2010, Kipp&Zonen, 2005).

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

4. VERİ VE METOD

Bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce Ankara'da, 1994-2013 yılları arasında Ozonsonde Yöntemiyle yapılan 398 adet ozonsonde ölçümünden seçilen 383 ozon profil ölçüm verisi ile Brewer Spektrofotometresiyle 2007-2014 yılları arasında yapılan 2465 adet günlük ozon profil ölçüm verileri kullanılmıştır.

Ayrıca, Ozonsonde ve Brewer ozon ölçüm verileri merkezi Kanada'da bulunan Dünya Ozon ve Ultraviyole Radyasyon Veri Merkezi'ne (World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Center- WOUDC) gönderilmekte ve STN 348-Ankara istasyon numarası ile yayınlanmaktadır (woudc.org, 16.03.2015).

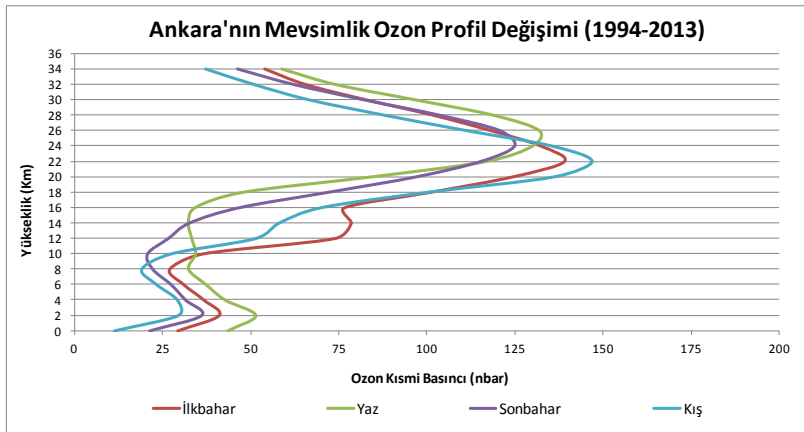
4.1 OZONSONDE PROFİL VERİSİ

Ozonsonde ölçümlerinde, ozonsonde ve radiosonde cihazları birlikte kullanılmaktadır. Ölçüm süresince; basınç, jeopotansiyel yükseklik, sıcaklık, bağıl nem, pompa sıcaklığı, ozon kısmi basıncı, rüzgar yönü ve hızı gibi sondaj bilgileri elde edilmektedir. Ham olarak elde edilen ölçüm bilgileri, yerden 34. km'ye kadar ve ikişer kilometre aralıkla olacak şekilde jeopotansiyel yükseklik, ozon ve sıcaklık verisi şeklinde hazırlanarak profil analizine uygun hale getirilmiş ve grafiklendirilmiştir.

Bu veriler mevsimlik, yıllık ve uzun yıllar olmak üzere ayrı ayrı sınıflandırılarak değerlendirilmiştir.

4.1.1 MEVSİMLİK PROFİL VERİ DEĞERLENDİRMESİ

Ozonsonde profil verisi mevsimlik olarak değerlendirildiğinde; en yüksek değer kış mevsiminde (147.1 nb) 22. km'de, en düşük değerin ise sonbahar mevsiminde (124.9 nb) 24. km'de olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ilkbaharda (139.1 nb) 22. km'de ve yazın ise (132.0 nb) 26. km'de en yüksek ozon değerleri bulunmuştur (Şekil 1).

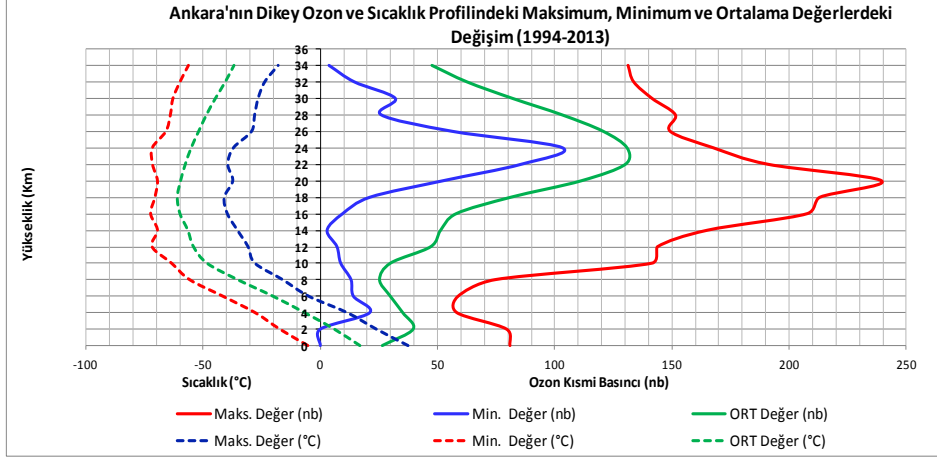


Şekil 1. Ankara'da ozonsonde ölçümlerine göre mevsimlik ozonun dikey dağılımı.

Maksimum ozon değerlerinin mevsimlik dizilişinin kış (147.1 nb), ilkbahar (139.1), yaz (132.0) ve sonbahar (124.9 nb) şeklinde olduğu belirlenmiş, Acar (2013) ve arkadaşları Ankara'nın 2007 yılı Brewer Spektrofotometre profil verileri üzerinde yapmış oldukları çalışmada da benzer sonuçları elde etmişlerdir (Acar vd., 2013).

4.1.2 YILLIK PROFİL VERİ DEĞERLENDİRMESİ

Ozon ve sıcaklık profilini oluşturan seviyeler yıllık olarak sınıflandırılarak maksimum, minimum ve ortalama değerler şeklinde ayrı ayrı incelenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Ozon ve sıcaklık profillerine ait maksimum, minimum ve ortalama değerler.

Profil veri seti içerisinde yer-34.km aralığında, maksimum ozon değerine 239.4 nb ile 20.km'de, minimum ozon değerine yer ve 2. km'de, maksimum sıcaklık değerine 37.2°C ile yer seviyesinde, minimum sıcaklık değerine ise -72.3°C ile 16.km'de rastlanılmıştır (Şekil 2, Tablo1).

Yer seviyesi ve 2.km'de ki maksimum ozon değerlerinin (80 nb civarı), sıcaklığın en yüksek ölçüldüğü yaz aylarında (Temmuz) maksimum seviyeye ulaştığı, minimum ozon değerlerinin (sıfır-0 nb) ise sıcaklığın düşük olduğu kış aylarında daha çok görüldüğü belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 1). Benzer sonuçları Dumanoğlu vd. (2013) ve Çetin vd. (2008), yaptıkları çalışmalarda elde etmişlerdir.

Ozon profil seviyelerinden; 8.km ve 12.km'de maksimum değerlerin 1996 ve 1999 yıllarında, 18-34. km'ler arası maksimum değerlerin 1994-1998 yılları arasında, 0-6.km arası ile 10.km, 14.km ve 16.km'lerdeki maksimum değerlerin ise 2004-2012 yılları arasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).

Ozon profil seviyelerinin minimum değerlerine; 0-14.km'ler arasında (6.km hariç) 1994-1999 yılları arasında, 16-34.km'ler arasında (18, 24 ve 32.km'ler hariç) ise 2001-2009 yılları arasında rastlanılmıştır (Tablo 1).

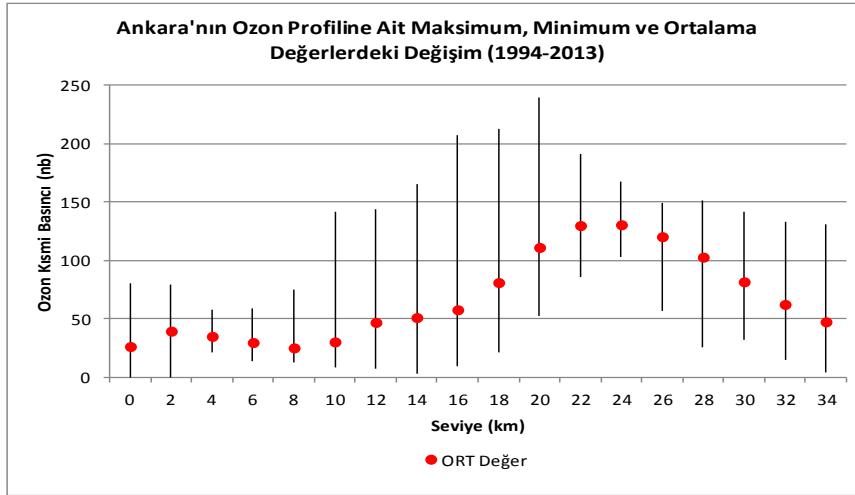
VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Tablo 1. Ozon ve sıcaklık profil seviyelerine ait maksimum, minimum, ortalama değerler ve görülme tarihleri.

Seviye	Maks.	Maks.	Min.	Min.	ORT	Maks.	Maks.	Min.	Min.	ORT
Yükseklik (km)	Değer (nb)	Tarih	Değer (nb)	Tarih	Değer (nb)	Değer (°C)	Tarih	Değer (°C)	Tarih	Değer (°C)
0	80.8	23.07.2008	0.0	11.11.1994	26.3	37.2	23.07.2008	-5.3	18.01.2012	17.0
2	79.3	23.07.2008	0.0	12.12.1997	39.5	23.7	24.07.1998	-17.3	19.01.1995	6.0
4	58.1	23.07.2008	21.1	11.09.1998	35.0	11.3	06.12.2006	-27.8	30.01.2008	-6.7
6	58.7	19.04.2012	14.1	24.03.2010	29.7	-5.1	06.08.2008	-41.6	20.12.2000	-20.2
8	74.5	18.04.1996	13.1	18.10.1996	25.2	-16.1	17.11.1999	-55.7	20.12.2000	-35.2
10	141.4	07.04.2010	8.7	17.11.1999	29.8	-27.9	17.07.2000	-63.4	25.02.2009	-48.3
12	143.8	17.03.1999	7.1	30.10.1998	47.0	-30.8	16.02.2000	-71.7	14.04.1994	-54.1
14	165.1	08.03.2006	2.9	26.06.1997	51.2	-35.3	16.02.2000	-69.4	08.11.2000	-56.5
16	207.6	10.03.2004	9.5	19.10.2005	57.8	-39.6	16.02.2000	-72.3	22.10.2003	-59.9
18	213.1	17.02.1994	21.2	17.07.1998	81.1	-40.9	16.02.2000	-70.5	14.07.1994	-61.0
20	239.4	10.02.1994	52.4	28.01.2004	111.2	-37.3	17.11.1999	-69.4	24.01.2007	-59.6
22	190.9	23.01.1998	85.8	06.07.2005	130.0	-39.4	16.02.2000	-71.5	28.01.2009	-57.6
24	167.6	24.02.1994	103.4	07.03.1996	130.7	-37.0	17.11.1999	-71.6	28.01.2009	-55.1
26	149.2	10.03.1994	56.3	14.01.2009	120.5	-29.3	17.11.1999	-65.8	18.01.1996	-51.9
28	151.4	10.03.1994	26.0	25.02.2004	102.9	-28.0	17.11.1999	-63.9	18.01.1996	-48.6
30	141.4	10.03.1994	32.0	14.05.2008	81.8	-26.5	10.02.1999	-62.8	18.01.1996	-44.7
32	133.6	10.03.1994	14.5	23.01.1998	62.4	-23.7	12.12.1997	-59.8	20.11.2002	-40.5
34	131.2	10.03.1994	3.7	21.11.2001	47.5	-18.0	05.01.1995	-56.2	10.03.1994	-36.8

Sıcaklık profilindeki maksimum değerlere ise yer (0), 4.km ve 6.km'ler hariç diğer tüm seviyelerde 1995-2000 yılları arasında, minimum değerlere ise yer (0), 4, 10, 16, 20, 22, 24 ve 32.km'ler de 2002-2012 yılları arasında, 2, 6, 8, 12, 14, 18, 26, 28, 30 ve 34.km'ler de ise 1994-2000 yılları arasında rastlanmıştır (Tablo 1).

Profil seviyelerine ait maksimum ve minimum ozon değerlerinin görülme aralığına bakıldığında ise; 0 (yer)-8.km'ler arasındaki ozon değerleri 0-80 nb aralığında bir bantta yer almıştır. Fakat, 10-20.km'ler arasındaki değerler 0-250 nb aralığındaki bir bantta, 22-34.km'ler arasındaki değerler de 0-200 nb aralığındaki bir bantta yer almıştır (Şekil 3).



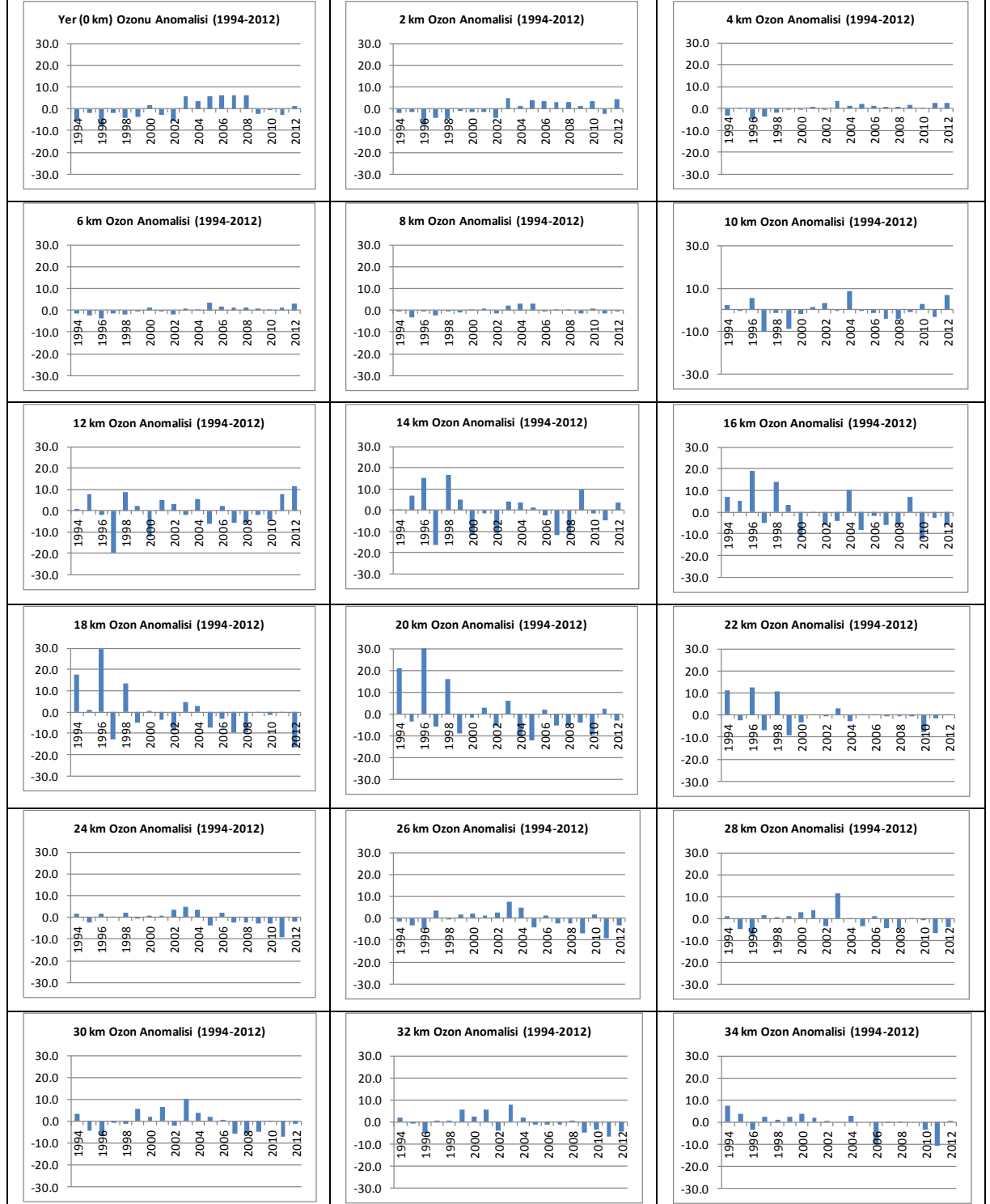
Şekil 3. Ozon profil seviyelerindeki maksimum, minimum ve ortalama değerlerdeki değişim.

10-20.km'ler arasındaki seviyelerin ortalama değerleri, minimum değerlere maksimum değerlerden daha yakın çıkmıştır (Şekil 3). Ozon profil seviyelerinde (yer-4.km arası hariç) görülen maksimum değerler; genel olarak mevsimsel etkinin en fazla görüldüğü kış-ilkbahar döneminde ölçülmüştür (Tablo 1). Kahya ve İncecik (2011), Ankara'nın ozon profillerindeki lamine yapı üzerine yaptıkları çalışmada, lamine yapıya 15-20 km'ler arasında %75 sıklıkla rastlanıldığını ve lamine yapının Ocak-Mayıs arasında güçlü bir mevsimsel farklılığa sahip olduğunu ve ayrıca Şubat-Mart aylarında da en yüksek seviyeye ulaştığını belirlemişlerdir.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

4.1.3 UZUN YILLAR OZONSONDE PROFİL VERİ DEĞERLENDİRMESİ

Ankara'nın ozonsonde ozon profil seviyelerinin 1994-2012 ortalamasına göre anomalileri incelendiğinde; yer seviyesinde 1994-2002 yılları arasında (2000 hariç) negatif anomali değerleri görülürken, 2003-2008 yılları arasında pozitif anomali değerleri görülmüştür. 0-10. Km. arası hemen hemen aynı şekilde negatif anomali göstermiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Ozon profil seviyelerindeki maksimum, minimum ve ortalama değerlerdeki değişim.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

2.km'de ise, 1994-2002 yılları arasında negatif anomali değerleri görülürken, 2003-2012 yılları arasında pozitif anomali değerleri görülmüştür (Şekil 4).

1994-1998 yılları arasında (1997 hariç), 12-22. km'ler arasında pozitif anomali değerlerinde belirgin artışlar görülmektedir. Özellikle 18-22. km'lerde 1994, 1996 ve 1998 yıllarında bu artışlar 10-30 nb'a kadar ulaşmaktadır (Şekil 4).

4.2 BREWER (188) OZON PROFİL VERİSİ

Brewer Spektrofotometresi, gün içerisinde zenith açısının -94 ile -79 ve 73 ile 92 derece aralığında olduğu zamanlarda olmak üzere iki defa Umkehr İnversion Tekniğini kullanılarak ozonun dikey dağılımını (ozon profili) ölçmektedir.

Klasik Umkehr eğrisi, ilk defa 20. yüzyılın başlarında toplam ozondaki mevsim ve enlemsel değişimlere ilişkin yapılan çalışmalarda görülmeye başlanmıştır. Götz, 1931 yılında zenith gökyüzü şartlarında ozon tabakası tarafından güçlü ve zayıf bir şekilde emilen ultraviyole radyasyon içerisindeki iki dalga boyunu keşfetmiştir. Güneşin zenith açısı arttıkça bu artmakta, fakat zenith açısı 90 dereceye yaklaştıkça aniden azalmaktadır. Bu gözlem, umkehr etkisi olarak adlandırılmakta ve stratosferdeki ozonun dikey dağılımı hakkında bilgi vermektedir (sparc-climate.org, 16.03.2015).

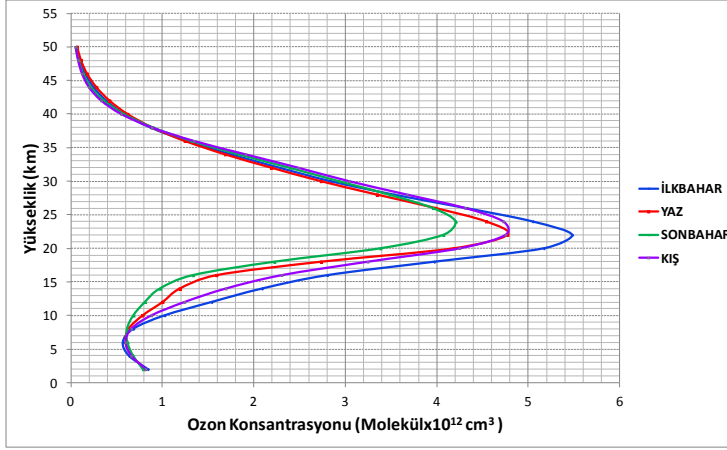
Umkehr Metodu, ozonun dikey dağılımının hesaplanmasında kullanılan bir araçtır. Umkehr ölçümlerinin algoritması, kesin olarak dikey ozon dağılım modeli ve veri analizinden oluşmaktadır. Bu çalışmadaki Umkehr algoritma prosedürü çoğunlukla Mateer ve DeLuisi'nin 1992 yılındaki inversiyon tekniğini kullanmaktadır (sparc-climate.org, 16.03.2015).

Toplam ozon değerinin elde edilemediği veya "Kararlılık Testinin (Stability Kit)" yapıldığı günlerde profil değeri alınmamaktadır. Bunun dışında cihazın azda olsa arızalı olduğu günler de mevcuttur. Bu nedenle aylık veri sayısı sabit değildir. Profil verileri, ikişer kilometre aralıkla olmak üzere yerden 50 km yüksekliğe kadar düzenlenerek veri seti oluşturulmaktadır.

4.2.1 MEVSİMLİK OZON PROFİL VERİ DEĞERLENDİRMESİ

Mevsimlik ozon profil verilerini incelediğimizde en yüksek değerlerin; ilkbaharda 5.5 molekül/cm³ ile 22. km'de, yazın 4.8 molekül/cm³ ile 22. km'de, kışın ise 4.8 molekül/cm³ ile 22. km'de ve sonbaharda 4.2 molekül/cm³ ile 24. km'de olduğu belirlenmiştir.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

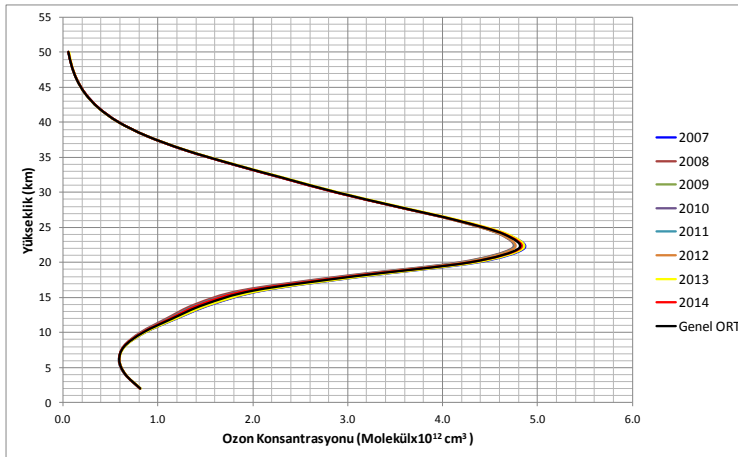


Şekil 5. Ankara'da Brewer ozonunun dikey dağılımındaki mevsimlik değişim (2007-2014)

Ayrıca tüm mevsimlerdeki en düşük değer 0.1 molekül/cm^3 ile 48. ve 50. km'de görülmüştür. Atmosferde en yüksek ozon değerinin görüldüğü seviye kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde 22. km'de iken, sonbahar mevsiminde 24. km'ye yükselmektedir (Şekil 5).

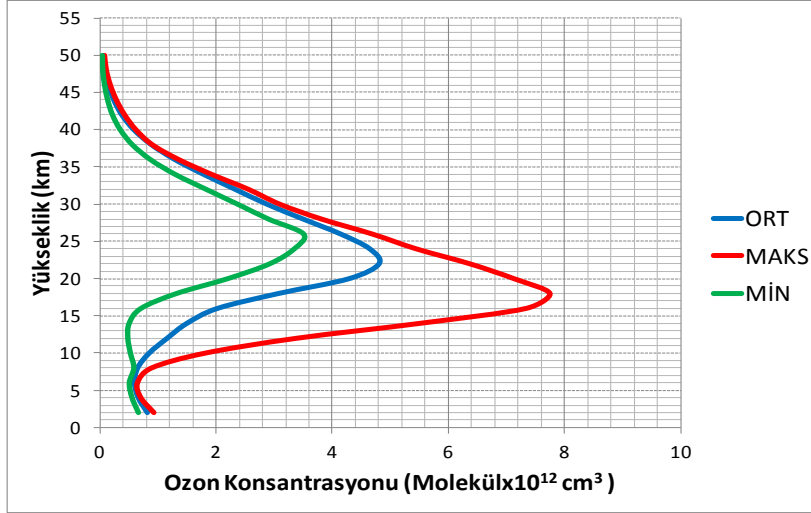
Atmosferdeki ozon molekülleri, yerden itibaren 50 km yüksekliğe kadar farklı yoğunlukta bulunmakta, özellikle 15-25. km'ler arasında ozon kısmi basıncı en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Ozon moleküllerinin en yoğun bulunduğu ve ozon tabakası olarak adlandırılan bu bölgede, ozon profili ve toplam ozon miktarı üzerinde mevsimsel değişimler etkili olmaktadır. Ozonsonde ve Brewer (188) ölçümlerine göre, Ankara üzerindeki toplam ozon kalınlığı sonbahar mevsiminde en düşük seviyeye (284-289 Dobson Birimi) inmekte ve ozon molekül yoğunluğu bu mevsimde azalmaktadır (Şekil 5), (mgm.gov.tr, 16.03.2015).

4.2.2 YILLIK PROFİL VERİ DEĞERLENDİRMESİ



Şekil 6. Brewer (188) ölçümlerine göre Ankara'nın yıllık ozon profil değişimleri.

Brewer (188) yıllık ozon profil değerleri, tüm seviyelerde birbirine oldukça yakın değerler göstermiştir. 2007-2014 aralığındaki yıllık ortalama ozon profillerinde, en yüksek ozon değerleri 22. km'de $4.7-4.9 \text{ molekül/cm}^3$ arasında görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 7. Brewer ozon profiline ait maksimum, minimum ve ortalama değerler.

Brewer ozon profil veri setini oluşturan 2-50 km aralığındaki tüm değerler içerisinde, maksimum ozon değerine 7.8 molekül/cm³ ile 18.km'de, minimum ozon değerine 0.05 molekül/cm³ ile 50. km'de rastlanılmıştır. İlk seviye olan 2. km'deki maksimum, minimum ve ortalama ozon değerlerinin 4, 6 ve 8. km'lerdeki değerlerden daha yüksek veya eşit olduğu görülmüştür (Şekil 7).

Minimum ozon değerleri 2-16. km'ler arasında 0.5-0.7 molekül/cm³ aralığında birbirine oldukça yakın dikey bir dağılım göstermiştir (Şekil 7).

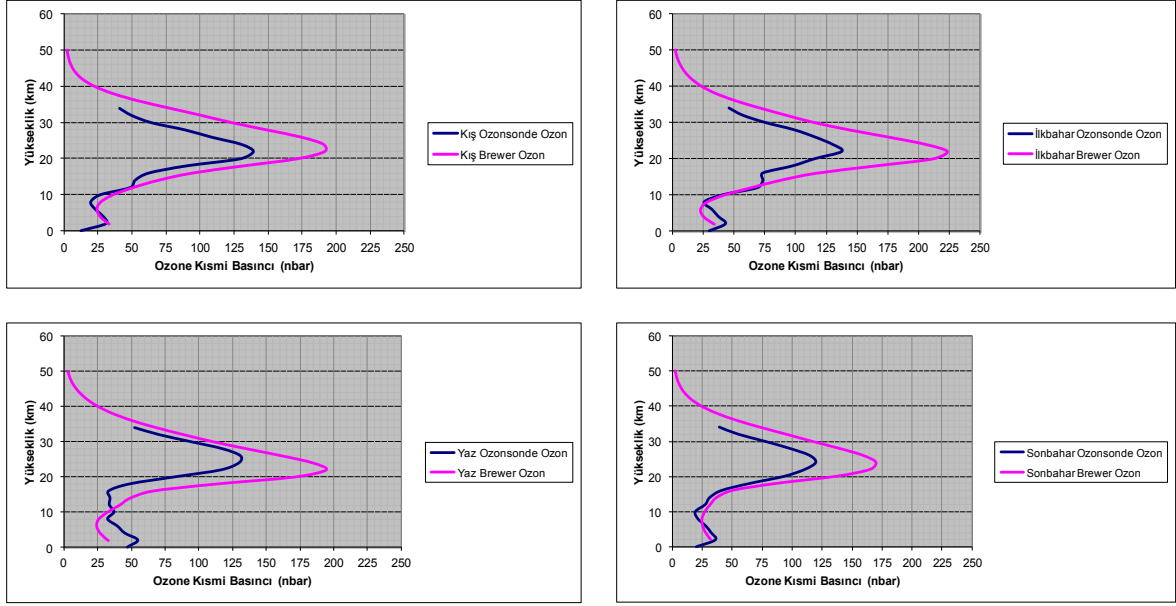
4.3 OZONSONDE VE BREWER PROFİL VERİ KARŞILAŞTIRMASI

4.3.1 2007-2012 YILLAR ARASI MEVSİMLİK PROFİL KARŞILAŞTIRMASI

Ankara'da birbirinden farklı yöntemlerle yapılan ozon ölçümlerinde, ölçüm periyotlarının farklı olması nedeniyle verilerin örtüştüğü 2007-2012 dönemi seçilmiştir. Ayrıca, Ozonsonde ve Brewer (188) ozon profil verilerini, aynı birim cinsinden karşılaştırmak için birim dönüşümü yapılmıştır (105G032, Tübitak Projesi, 2008; cactus2000.de, 16.03.2015). Bu amaçla Brewer (188) verileri molekül/cm³'den nanobar'a (nb) dönüştürülmüştür.

Ozonsonde ve Brewer (188) ozon profil verilerinin mevsimlik değerlendirmesinde; en yüksek değerlerin Ozonsonde de kış (139.5 nb-22. km), ilkbahar (137.5 nb-22.km), yaz (131.0 nb-26. km) ve sonbahar (119.8 nb-24. km) şeklinde, Brewer'de ise ilkbahar (223.2 nb-22. km), yaz (194.4 nb-22. km), kış (192.0 nb-22. km) ve sonbahar (169.8 nb-24. km) şeklinde sıralandığı görülmüştür (Şekil 8).

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

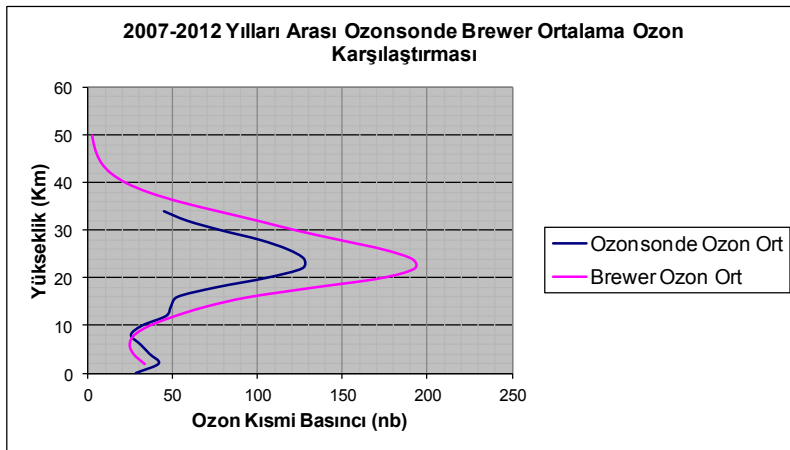


Şekil 8. Ozonsonde ve Brewer (188) profil verilerinin mevsimlik karşılaştırması.

Ozonsonde ve Brewer (188) ölçümlerinde en yüksek değerler arasındaki fark ilkbaharda 85.7 nb, yazın 63.4 nb, kışın 52.5 nb ve sonbahar mevsiminde de 50.0 nb'dır. Fark ilkbaharda artarken yazın azalmaktadır (Şekil 8).

Ozonsonde ölçümlerinde, Ankara'da tropopozun görüldüğü 12 km civarındaki ozon miktarında tüm mevsimlerde düz gidiş ve bir kırılma görülmüştür (Akçakaya ve ark., 2014). Benzer kırılma, ozonsonde maksimum sıcaklık profil eğrisinde de görülmektedir (Şekil 2).

4.3.1 2007-2012 YILLAR ARASI YILLIK PROFİL KARŞILAŞTIRMASI



Şekil 9. Ozonsonde ve Brewer (188) profil verilerinin uzun yıllar karşılaştırması.

Uzun yıllar Ozonsonde ve Brewer (188) profil verilerini birlikte değerlendirdiğimizde; ozonsonde ölçümlerinde yer seviyesi ile 2.km arası kirletici maddelerin (SO₂ gibi) etkisi nedeniyle ozon miktarında artış, 2-8. km'ler arasında ise her iki ölçüm yönteminde de düşüş görülmektedir. 8-12. km'ler arasında ise paralel bir artış söz konusudur. 12-24. km'ler arasında her iki ölçüm sisteminde de ozon miktarında paralel bir artış varken, 24. km'den itibaren azalma görülmüştür.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Her iki ölçümde de artış ve azalışlar birbirine paralel olarak değişmesine rağmen; veriler arasındaki farklar ölçüm tekniklerinin özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

SONUÇLAR

Ozonsonde ozon profili mevsimlik verileri içerisinde en yüksek değerin 147.1 nb ile kış mevsiminde 22. km'de, en düşük değerin ise 124.9 nb ile sonbahar mevsiminde 24. km'de olduğu belirlenmiştir. Bu duruma ülkemizi etkileyen ozonca zengin hava kütlelerinin en fazla kış-ilkbahar döneminde, ozonca fakir hava kütlelerinin de en fazla sonbahar döneminde gelmesinin neden olduğu düşünülmektedir.

Ozonsonde ozon profil seviyelerinden, yer ve 2.km'ye ait ozon değerlerinin, sıcaklığın en yüksek ölçüldüğü yaz aylarında (Temmuz) maksimum seviye ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 1). Bu duruma, güneşlenme ve sıcaklığın en yüksek olduğu yaz aylarında, evsel, endüstriyel ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirleticilerle oluşan fotokimyasal reaksiyonların neden olduğu düşünülmektedir. Buna karşılık, aynı seviyedeki minimum ozon değerlerine ise sıcaklığın düşük olduğu sonbahar ve kış aylarında rastlanılmıştır (Şekil 2, Tablo 1).

Ozonsonde ozon profil seviyelerindeki maksimum değerler, troposfer tabakasında (0-14.km'ler arası, 8. ve 12.km'ler hariç) 2000'li yılların başlarında, stratosfer tabakasında ise 1990'lı yılların sonlarında ölçülmüştür (Tablo 1).

Ozonsonde ölçümlerinde, Ankara'nın ortalama tropopoz yüksekliğinden (~12 km) itibaren, özellikle 12-22. km'ler arasında pozitif ve negatif anomali değerlerinde belirgin değişimler görülmüştür (Şekil 4).

Brewer (188) ölçümlerinde, 2-50 km aralığındaki ozon profil verileri içerisinde en yüksek değere 18. km'de, en düşük değerlere ise 50. km'de rastlanılmıştır.

Brewer (188) mevsimlik ozon profil verilerinin her seviye için yüksekten düşüğe doğru sırasıyla ilkbahar, kış, yaz ve sonbahar şeklinde dizildiği belirlenmiştir (Şekil 5).

Brewer (188) Profil veri setindeki maksimum, ortalama ve minimum değerler içerisindeki en yüksek değer sırasıyla 18, 22 ve 26. km'lerde görülmüştür (Şekil 6).

Brewer ve Ozonsonde profil verilerindeki farklar mevsime göre değişiklik göstermektedir. İlkbahar ve yaz mevsimlerindeki farklar sonbahar ve kış mevsimlerine göre daha fazladır.

Ozonsonde verilerinde değişimler daha keskin bir şekilde görülürken, Brewer (188) verilerinde ise daha düzgün bir değişim göstermektedir. Buna rağmen, genel olarak Ankara'nın düşey ozon profil grafiğinde artış ve azalışlarda benzerlikler görülmektedir.

Ozonsonde yöntemi kimyasal esaslı ve hassasiyeti daha yüksek bir yöntem olması nedeniyle sonuçları daha güvenilirdir. Ölçümlerdeki mevsimsel geçişleri daha net yakalayabilmektedir. Buna karşılık, Brewer Spektrofotometresi optik esaslı bir yöntem olup, ölçümleri üzerinde atmosferdeki kirleticilerin etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle kükürt dioksit gibi kirleticilerin ölçüm üzerindeki etkisi düşülerek (düzeltilerek) sonuçlar elde edilmektedir.

VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

KAYNAKLAR

1. Acar, Y., Özünlü, M. ve Ekici, M. Ozon ve Ozon Tabakasının Önemi, DMİ Yayınları, Ankara, 2004.
2. Acar, Y., Ekici, M., Ankara'nın Brewer Eritemal UV (EUV) Ölçüm Verileri İle Model. Eritemal UV (EUV) Tahmin Verilerinin Karşılaştırması, 1.Meteoroloji Sempozyumu, Ankara, 2010.
3. Acar, Y., Ekici, M., ve Yağan, S., (2012) Ozon ve Ultraviyole Radyasyon Veri Analizi, Teknik Rapor, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2012.
4. Acar, Y., Yağan, S., Ekici, M., Ersoy, S., Akçakaya, A., ve Eskioğlu, O., Türkiye Üzerine Gelen Hava Kütlelerinin Ankara'nın Toplam Ozon Kalınlığı Üzerine Etkisi, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013, İstanbul. (<http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/hava-kutleleri-ozon.pdf>).16.03.2015.
5. Akcakaya, A., Yağan, S., Kocaturk, A., Eskioğlu, O., Türkiye'deki Ravinsonde İstasyonlarında Tropopoz Durumu, Teknik Rapor, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Aralık 2014.
6. Brewer Spektrofotometresi (MKIII) Kullanım Kılavuzu, Kipp&Zonen, 2005.
7. Çetin. Ş., Alyüz B., ve Ayberk S., Troposferik Ozon Oluşumu, Olumsuz Etkileri ve Kocaeli İli'ndeki Mevcut Durum, Çevre Sorunları Sempozyumu Kocaeli-2008. (http://akademikpersonel.kocaeli.edu.tr/senayc/bildiri/senayc20.01.2010_13.44.51bildiri.pdf). 16.03.2015.
8. Dumanoglu Y., Bayram A., İzmir'de Kent Merkezi ve Yakın Çevresinde Ölçülen Ozon ve Azot Dioksit Seviyelerinin Zamansal Değişiminin İncelenmesi, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2 (2013) 65 – 73. (<http://www.hkad.org/makaleler/cilt2/sayi2/hkad-13-008.pdf>). 16.03.2015.
9. <http://www.cactus2000.de/uk/unit/masspol.shtml>. 16.03.2015.
10. <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/ozon-ve-uv.aspx#sfU>. 16.03.2015.
11. http://www.sparc-climate.org/fileadmin/customer/6_Publications/SPARC_reports_PDF/1_Ozone_SPARCreportNo1_May1998_redFile.pdf. 16.03.2015.
12. http://www.woudc.org/data/Metadata/platform_e.html.16.03.2015.
13. Kahya C., İncecik S., Ozon profillerinde lamine yapıyı etkileyen dinamik süreçler: Ankara örneği. (<http://kutuphane.dogus.edu.tr/mvt/details.php?recid=11278&lng=1>).
14. Kahya, C., İncecik, S., Ozon profillerinde lamine yapıyı etkileyen dinamik süreçler: Ankara örneği, itüdergisi/d mühendislik, Cilt: 10, Sayı: 3, 125-136, Haziran 2011.
15. Komhyr, W. D. Electrochemical concentration cells for gas analysis, Annales de Geophysique, 25, 203–210, 1969.
- 16.105G032-"Türkiye Üzerinde Troposferik ve Stratosferik Ozon/UV-B'deki Değişim Gözlenmesi ve Sonuçlarının Analizi" Tübitak Projesi Sonuç Raporu, DMİ, 3 Ocak 2008, Ankara.

İklim Değişikliğinin Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Üretim Alanlarına Etkisi

Mehmet Uğur Yıldırım¹, Mesut Demircan¹, Fethi Ahmet Özdemir², Ercüment Osman Sarıhan³

¹ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Kalaba, Ankara.

² Bartın Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bartın.

³ Uşak Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Uşak, Türkiye.

Özet

İklim, dünyadaki yaşamın sürmesi ve yaşam formlarının yeryüzüne dağılmasında en önemli etmenlerdendir. Bu da yeryüzünde yetişen doğal ve kültür bitkilerinin dağılımını ve kalitesini etkilemektedir. Günümüzde yapılan birçok çalışma iklimde bir değişimin olduğunu göstermektedir. Bu değişim birçok tarımsal üründe olduğu gibi haşhaş üretiminde de hiç şüphesiz etkili olacaktır. Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) insanlık tarihinde en fazla bilinen, tıbbi ve yağ amaçlı kullanılan önemli bir endüstri bitkisidir. Dünya’da, haşhaş üretimi ve afyon alkaloidi ticareti bakımından söz sahibi olan Türkiye’nin haşhaş üretiminin iklim değişikliklerinden gelecekte nasıl etkileceği bu çalışmada tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla; İklim parametrelerinden sıcaklık ve yağış (1961-2013 döneminden derlenen) verileri kullanılmıştır. Haşhaşın; sıcaklık, yağış ve topografyaya bağlı olarak yetişebileceği muhtemel alanlar gösterilmiştir. Sıcaklık ve yağış topografya ile modellenmiş; sıcaklık için 7-16°C aralığındaki ve yağış için 300-1000 mm aralığındaki bölgeler seçilmiştir. Bu iki katmanın kesişim bölgesi, uzun yıllar iklim parametrelerine göre, haşhaşın yaşam bölgesi belirlenmiştir. Gelecekte meydana gelen değişimlerin belirlenebilmesi için iklim değişikliği modellerinden HadGEM-2ES RCP8.5 senaryosu kullanılmıştır. 2015-2040, 2040-2070 ve 2070-2099 dönemleri için sıcaklık ve yağış projeksiyonları kullanılarak, haşhaş ekim alanlarındaki gelecek için muhtemel değişimler gösterilmiştir. Sonuçta; iklim değişikliğinin gelecekte haşhaşın üretim alanlarında azalışlara neden olacağı ve bu çalışmanın ekim alanlarının belirlenmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Haşhaş, İklim Değişikliği, CBS, İklim Modelleri, HadGEM-2ES

Effect of Climate Change on Poppy (*Papaver somniferum* L.) Production Area

Abstract

The climate is one of the most important factors for continuation of the life in the world and in the distribution of life forms on earth. It also affects distribution and quality of natural and cultivated plants that's grown in the earth. Numerous studies carried out today shows that there is climate change. No doubt, this change will be effective in many agricultural products as well as in poppy production. Poppy (*Papaver somniferum* L.), best known in human history, is an important industrial plants used for medicinal and oil. In this study, it is intended to determine effects of climate change in future on Turkey's poppy production that is influential country on poppy production and opium alkaloids trade in the world. To this end, temperature and precipitation data (1961-2013) of climate parameters are used. Possible areas where poppy can be grown are shown depending on temperature, rainfall and topography. Temperature and precipitation are modeled with topography; regions are selected for the temperature in range of 7-16°C and for precipitation in range of 300-1000 mm. Intersections of two layers, according to the long-term climatological parameters are determined as Poppy's life region. One of climate change models; HadGEM-2ES RCP8.5 scenario were used to determine changes that may be occurred in the future. Using temperature and precipitation projections for 2015-2040, 2040-2070 and 2070-2099 periods, possible changes are shown in poppy cultivation areas for the future. As a result; it is contemplated that climate change would lead to a decrease in the production of poppy fields in the future and this work will contribute to the determination of the cultivation areas.

Keywords: Poppy, Climate Change, GIS, Climate Models, HadGEM-2ES

1. GİRİŞ

İklim oldukça geniş bir bölge içinde ve uzun yıllar değişmeyen ortalama hava koşullarıdır (Demircan ve ark., 2013). 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. İnsanlar farkında olsunlar veya olmasınlar, (günlük, aylık veya yıllık olarak) hayatları üzerinde iklimin önemli bir etkisi vardır. Hatta iklimin tüm canlıların hayatlarını etkileyebilecek güce sahip olduğu belirtilebilir; örneğin bazı bitki türlerinin yetiştiği iklim bölgeleri vardır. Belli bir yükseklikten sonra ağaç türleri yetişmez. Her canlı türü, istense dahi her bölgede barınmaz. Bu şekilde yeryüzünde yalnızca belirli bölgelerde doğal olarak yayılış gösteren bu tür bitkilere Endemik bitkiler adı verilmektedir. Yani bu tür bitkiler belli bir bölgeye, ülkeye, bir dağa veya adaya özgü olan bitkilerdir (Yalçın ve ark., 2005).

Haşhaş bitkisinin eski çağlardan beri bilindiği, M.Ö 5000 yıllarında Mezopotamya’da kültür bitkisi olarak kullanıldığı, Avrupa’da M.Ö 4000 yıllarında kültürü yapılmakta olduğu belirtilmektedir (İncekara, 1979). Eski çağlardan beri bilinen haşhaşın günümüzde legal olarak BM Teşkilatı denetiminde izine bağlı olarak kültürü yapılmaktadır. Yasal olarak Türkiye’de şu an sadece 13 ilde Haşhaş üretimi izne bağlı olarak yapılmaktadır (TMO yayınları 2015). Haşhaş stratejik ve ekonomik önemi olan bir bitkidir. İklim değişikliğinin, Türkiye’de Haşhaş ekim alanlarına etkisinin nasıl olacağını belirlenmesi, gerekli tedbirlerin alınmasında ileriye dönük Haşhaş tarım politikasının belirlenmesinde önem arz etmektedir.

Haşhaşın ekim devresinde minimum 7-8°C, olgunlaşma devresinde yine minimum 12-13°C sıcaklıklardan zarar görmediği ve yıllık ortalama yağış miktarının 400-500 mm olmasının haşhaş bitkisi için yeterli olduğu (Doğanay, 1992), bununla birlikte tohumlarının minimum 4°C sıcaklıkta çimlenebildiği belirtilmektedir. (Erdurmuş ve Öneş, 1990).

Kadioğlu (2007)’na göre; Haşhaş yetiştiriciliğinde vejetasyon süresince sıcaklıklar Mart ayından itibaren düzenli bir şekilde artmaktadır. İlkbahar mevsimi bu bitki için büyüme ve gelişme dönemidir. İç kesimlerin sıcaklık ortalaması Ege bölgesinin kıyı kesimine yakın yerlere göre daha düşüktür. İç kesimlerde ve rakımı yüksek olan yerlerde bitkinin gelişimi daha yavaş olmaktadır. Aynı zamanda ortalama sıcaklıkların düşük olduğu iç ve yüksek kesimler hasat döneminin gecikmesine neden olur. Örneğin Uşak iline göre Manisa merkez ilçede Haziran ayındaki ortalama sıcaklıkların yaklaşık 5°C daha fazla olması erken hasat olanağı sağlamaktadır.

Haşhaş için optimum ortalama sıcaklık aralığının üst sınırının 16 ve 20°C arasında olduğu belirtilmekte ve 17.5°C ve üzerinde günlük ortalama sıcaklıkların alkaloid oranlarına ve verime olumsuz etki yaptığı belirtilmektedir (Acock, 1997). Neild (1987) in yaptığı bir başka çalışmada haşhaşın 250-500 mm yağış ve 0-20°C aralığında yetiştirebileceğini belirtmektedir.

Haşhaş kumlu tınlı toprakları tercih etmektedir. Haşhaş orta derecede ağır, alüvyial, taban topraklarda en iyi şekilde yetiştirilebilir. Haşhaş bitkisinin yetiştirme süresinde toplam sıcaklık isteği 2300-2700°C’dir. Haşhaş bitkisinin yıllık yağış ihtiyacı 600-700 mm dir. Bu yağışın 300-400 mm’lik kısmının yetiştirme periyodunda, çiçeklenmeye kadar olması idealdir. Çiçeklenmeden sonra yağın yağmurlar döllenmede aksaklıklara sebep olup, tohum verimini düşürür, diğer taraftan da hastalıkların ve özellikle de mildiyö (*Peronospora arborescens*)’nün yayılmasına neden olur. Vejetasyon süresince havanın kapalı geçmesi ve yüksek rutubetin oluşması da hastalıkların yayılmasına sebep olmaktadır. (Anonim 2015).

Yazlık çeşitlerde çimlenme 2-3°C sıcaklıkta başlar, ama optimumu 7-10°C’dir. Yazlık ekimlerde haşhaş tohumunun 20°C ve üzerinde çok kötü çimlendiği ya da hiç çimlenmediği, fakat kışlık çeşitlerde haşhaşın optimum çimlenme sıcaklığı 15-20°C civarında olduğu belirtilmektedir (Dobos ve Bernáth, 1985).

Haşhaş için uygun bir yer seçimi birçok faktöre bağlıdır. İklim koşulları ve özellikle rakım önem arz etmektedir. Bazı tropikal bölgelerde 1200 m ile sınırlanmaktadır. İkinci kriter yada faktör çok yoğun erozyon alanlarının olmaması ve üçüncü kriter toprağın verimli olmasıdır (Bernáth, 2003).

Avusturalya’da haşhaş üretimi yapılan Tasmania adasında yıllık toplam yağış miktarı 995.7 mm ve yıllık ortalama sıcaklık 3.5-21.2°C arasında değişmektedir (Laughlin ve ark., 2003).

1960-2010 dönemi için Türkiye’de yaz günleri, sıcak günler, sıcak geceler ve tropik geceler sayıları artış trendinde iken; donlu günler, serin günler, serin geceler sayıları indislerinin trendleri ise azalış göstermektedir (Sensoy ve ark., 2013). Bu durum dünyadaki ısınma eğilimine uygun olarak Türkiye’de de sıcaklıkların artmakta olduğunu göstermektedir. Yıllık toplam yağış eğilimlerinde ülkenin kuzeyinde artış, Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Ege Bölgelerinde ise azalış eğilimleri olduğu bulunmuştur. Sıklıkla sellere neden olan şiddetli yağışlı gün sayıları Güneydoğu Anadolu ve Ege Bölgeleri dışında artış eğilimindedir. Bir günlük maksimum yağışların ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi dışında artış trendin de olduğu gözlenmiştir.

Türkiye ve bölgesi için HadGEM2-ES küresel modelinin RCP4.5 (Tablo 1) senaryosundan RegCM ile dinamik ölçek küçültme yöntemiyle 1971-2000 referans periyoduna göre şu sonuçları elde etmişlerdir (Demircan ve ark., 2014a). 2099’a kadar ilk periyotta sıcaklık artışı (1-1.5°C) sınırlıyken özellikle son periyotta (2071-2099) Kıyı Ege ve Güney Doğu Anadolu’da yaz sıcaklıklarında artış (4-5°C) dikkat çekmektedir. Yağışlarda ise, ilk periyotta Marmara, Kıyı Ege ve Batı Akdeniz’de sonbahar ve kış yağışlarında artışlar gözlenirken, özellikle son periyotta Doğu Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu’nun güneyinde kış ve ilkbahar yağışlarında azalmalar gözlenmektedir.

RCP8.5 senaryosu temelindeki HadGEM2-ES kullanılarak üretilen sıcaklık ve yağış projeksiyonlarına göre (Tablo 1): 2013-2040 periyodunda, özellikle ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ısınmanın 3°C civarında olacağı; sonbahar yağışlarında yurt genelinde, ilkbaharda ise Mersin-Ordu hattının batısında azalışlar; yaz yağışlarında ise, Batı Akdeniz hariç tüm kıyı bölgelerimizde %40'lara varan artışlar olacağı, öngörülmektedir. 2041-2070 periyodunda, kış aylarında 2-3°C, sonbahar ve ilkbahar aylarında 3-4°C'yi bulan sıcaklık artışlarının yaz periyodunda 5°C'yi bulacağı; kış yağışlarında, Kıyı Akdeniz, Güney Doğu Anadolu ve Doğu Anadolu'nun güneyi hariç artışlar olacağı; İlkbaharda, Kıyı Ege ve Kuzey-Doğu Anadolu hariç tüm yurttan %20 civarında azalmalar olacağı; yaz yağışlarında Ege, Marmara, Batı ve Doğu Karadeniz hariç, tüm yurttan, özellikle de Doğu Anadolu'da %50 civarında azalmalar olacağı, sonbaharda ise tüm yurttan yağışların azalacağı ön görülmektedir. 2071-2099 periyodunda, özellikle yaz sıcaklıklarında 6°C'yi aşan sıcaklık artışları göze çarpmaktadır. Bununla beraber, ilkbahar ve sonbahar aylarında özellikle Güney Doğu Anadolu'da sıcaklık artışlarının 6°C'yi bulacağı, kış aylarında ise Trabzon-Mersin hattının batısında 3-4°C, bu hattın doğusunda ise 4-5°C artışların olacağı; Kış yağışlarında Orta ve Doğu Akdeniz ile Güney Doğu Anadolu bölgelerinde azalışlar, diğer bölgelerde ise, özellikle Orta ve Doğu Karadeniz kıyılarında, artışlar olacağı; İlkbahar aylarında Kıyı Ege, Orta Karadeniz'in batı kesimi ve Doğu Karadeniz hariç, diğer bölgelerimizde %20'ler civarında azalışlar olacağı; sonbaharda Marmara kıyıları hariç tüm yurttan %40'lara yer yer de %50'lere varan azalışlar olacağı; yaz yağışlarında ise Marmara ve Batı Karadeniz'de artışlar beklenirken, özellikle Akdeniz ve Doğu Anadolu'da yağışların azalacağı ön görülmektedir (Anonim, 2013; Demircan ve ark., 2014a).

Haşhaş stratejik ve ekonomik önemi olan bir bitkidir. İklim değişikliğinin, Türkiye'de Haşhaş ekim alanlarına etkisinin nasıl olacağını belirlemek, gerekli tedbirlerin alınmasında ileriye dönük Haşhaş tarım politikasının belirlenmesinde önem arz etmektedir.

Tablo 1. Türkiye için 2013-2099 dönemi için HadGEM2-ES RCP4.5 ve RCP8.5 projeksiyonlar ile sıcaklık ve yağış öngörülleri

Dönemler	HadGEM2-ES RCP4.5		HadGEM2-ES RCP8.5	
	Sıcaklık (°C)	Yağış (%)	Sıcaklık (°C)	Yağış (%)
2013-2040	(+) 1 – 1,5	(-) 0 – 5	(+) 1,5 – 2	(+) 0 – 5
2041-2070	(+) 2 – 2,5	(-) 5 – 10	(+) 3 – 3,5	(-) 5 – 10
2071-2099	(+) 3 – 3,5	(-) 0 – 5	(+) 5,5 – 6	(-) 5 – 10

Not: 1971-2000 normallerine göre (+) artış (-) azalışı göstermektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) Türkiye'de gözlem yapan 11 adet meteoroloji istasyonundan elde edilen 1961-2013 ortalama sıcaklıkları ve ortalama toplam yağış miktarları kullanılmıştır (Şekil 1-a). Uludağ ve çevresindeki istasyonların değişik zaman aralıklı sıcaklık verilerinin yükseklik ile değişim ilişkisine bakılarak kullanılacak Lapse Rate (LR) oranı tespit edilmiştir (Demircan ve ark., 2011; Demircan ve ark., 2014b). LR, regresyon katsayısı (R2) 0.97 ile ortalama 5°C Km-1 olarak bulunmuştur.

İstasyonların sıcaklık verileri yüksekliklerine bağlı olarak formül (1) aracılığıyla deniz seviyesine indirgenmiştir. İstasyonların yağış verileri yüksekliklerine bağlı olarak Schreiber'e atfedilen (Ardel ve ark., 1969) formül (2) aracılığıyla deniz seviyesine indirgenmiştir.

$$T_{ds} = T_{is} + (h_i * 0.5) \quad (1) \quad \text{ve} \quad T_{dY} = T_i \pm (h_{iY} * 0.54) \quad (2)$$

T_{ds} = Deniz seviyesine indirgenmiş ortalama sıcaklık (°C), T_{is} = İstasyonun ortalama sıcaklığı (°C), h_i = İstasyonun deniz seviyesinden yüksekliği (m) ve T_{dY} = Deniz seviyesine indirgenmiş ortalama toplam yağış (mm), T_{iY} = İstasyonun ortalama toplam yağış (mm), h_i = İstasyonun deniz seviyesinden yüksekliği (m).

Deniz yüzeyine indirgenmiş ortalama sıcaklıklar ve ortalama toplam yağışlar, 1x1Km çözünürlüklü yüksekliği belirli grid noktalarına çekilerek, (1) ve (2) formülünün tersten işletilmesi ile yani " $T_{gs} = T_{ds} - (h_g * 0.5)$ " ve " $T_{gY} = T_{dY} - (h_g * 0.54)$ " şeklinde kullanılarak grid noktalarındaki ortalama sıcaklıklar ve ortalama toplam yağışlar elde edilmiştir.

Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted – IDW): IDW yöntemi düzlemsel enterpolasyon yapmaktadır (Demircan ve ark., 2011; Demircan ve ark., 2014b). Bu

nedenden, seçilen istasyonların yıllık ortalama sıcaklık ve ortalama toplam yağış değerleri, yükseklik farklılıklarını ortadan kaldırmak ve bir düzlem değerleri elde etmek için, önce (1) ve (2) formülü yardımıyla deniz seviyesine indirilmiş ve elde edilen değerler IDW yöntemiyle dağıtılmıştır. Bu değerlerin haritalarının oluşturulması ve enterpolasyon için ArcGIS'in IDW aracı kullanılmıştır. Sonra gridlere taşınan verilerin haritaları oluşturularak modelleme işlemi tamamlanmıştır.

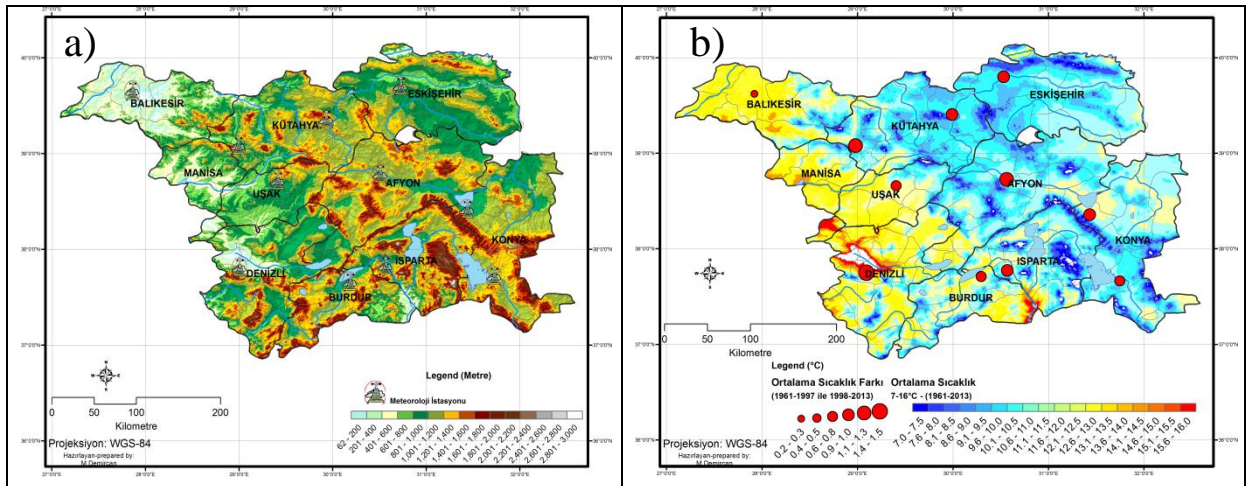
Çalışmada mevcut iklim verileri ve iklim projeksiyonu verileri kullanılmıştır. İlk önce mevcut iklim verileri ile Haşhaşın klimatik yaşam alanı belirlenmiştir. Klimatik yaşam alanı belirlenirken ortalama sıcaklık dağılımının 7-16°C ve toplam yağış dağılımının 300-1000 mm olduğu bölgeler model girdisi olarak kurgulanmıştır. İklim değişikliği projeksiyonları için HadGEM-2ES modelinin en kötü senaryosu olan RCP8.5 senaryosu üç dönem haline; I. Dönem (2015-2040), II. Dönem (2041-2070) ve III. Dönem (2071-2099) olarak kullanılmıştır. İklimdeki değişimlerin Haşhaş yetiştiriciliği yapılan alanlara yansımalarının daha belirgin görülebilmesi açısından HadGEM-2ES RCP8.5 seçilmiştir.

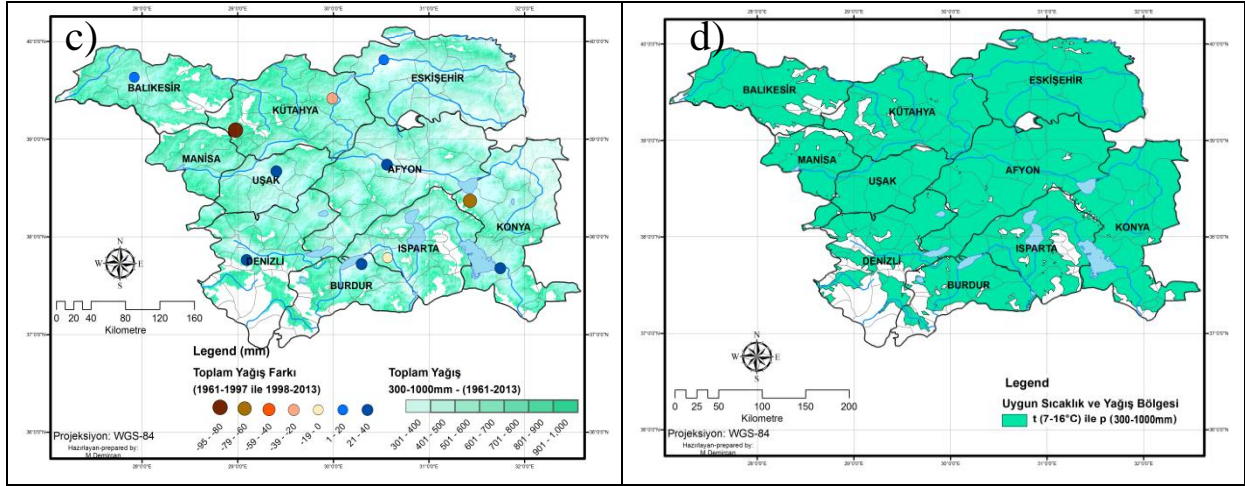
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Demircan ve ark., (2011, 2014b) tarafından yukarıda anlatıldığı şekilde uygulanan, LR-CBS yöntemi kullanılarak 1961-2013 ortalama sıcaklık haritası 1 km. çözünürlükte hazırlanmıştır. Bu haritada ayrıca 1961-1997 ile 1998-2013 yılları ortalama sıcaklıkları arasındaki sıcaklık miktarı farkları da istasyon üzerinde kırmızı noktalar ile gösterilmiştir. Haşhaş için belirlenen yaşam sıcaklık aralığı olarak seçilen 7.0-16.0°C modellenen sıcaklık haritasından seçilmiş ve böylece 16°C'den daha sıcak alçak bölgeler ile 7°C'den daha soğuk olan yüksek bölgeler haritada beyaz olarak gösterilmiştir (Şekil 1-b).

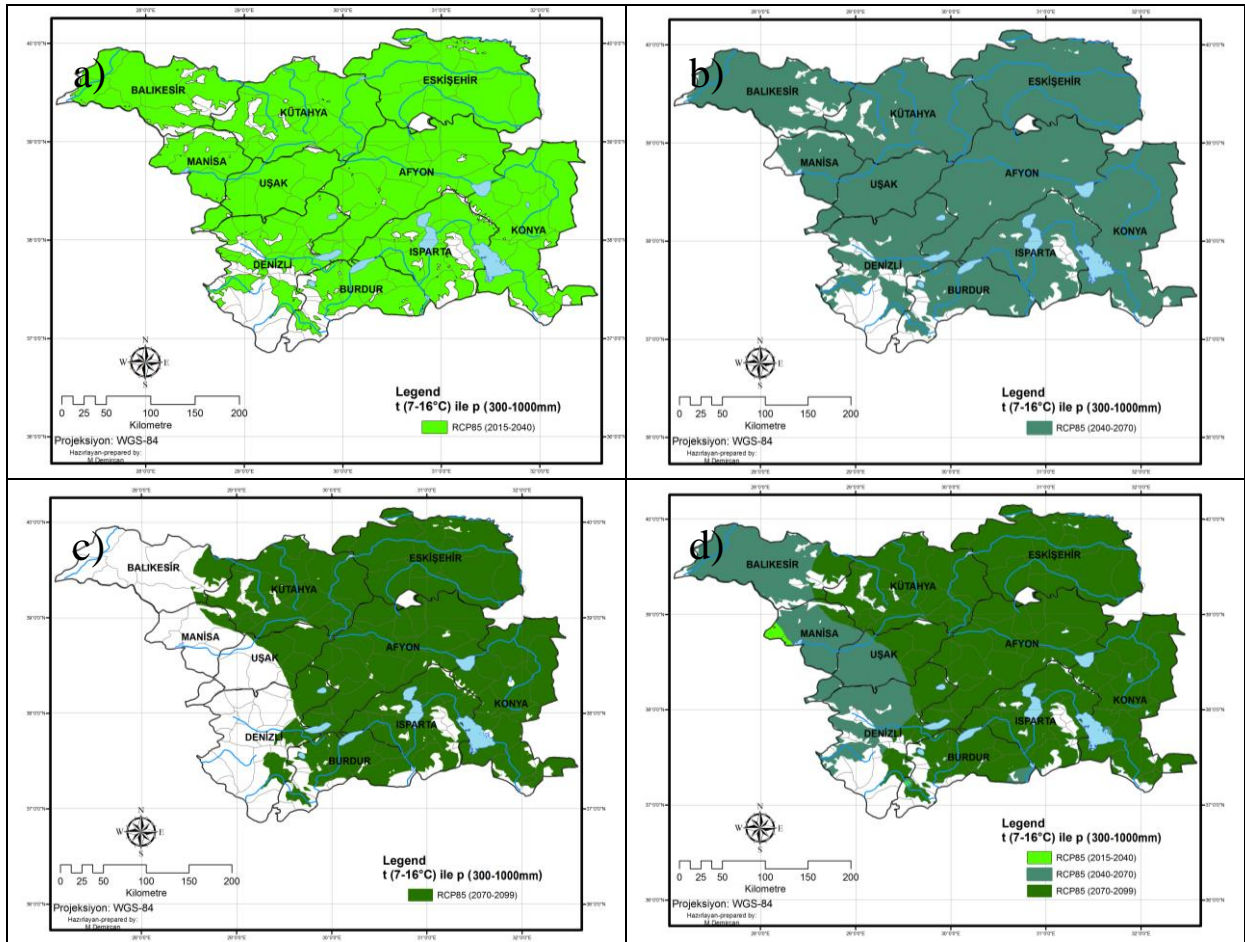
Yağış haritası Schreiber - CBS yöntemi kullanılarak 1961-2013 yıllık toplam dağılım haritası 1 km. çözünürlükte hazırlanmıştır. Bu haritada ayrıca 1961-1997 ile 1998-2013 yılları ortalama toplam yağışları arasındaki yağış miktarı farkları da istasyon üzerinde kahverenginden maviye (azalıştan artışa) noktalar ile gösterilmiştir. Haşhaş için belirlenen yaşam yağış aralığı olarak seçilen 300-1000 mm modellenen yağış haritasından seçilmiş ve böylece 300 mm'den daha az yağış alan bölgeler ile 1000 mm'den daha çok yağış alan bölgeler haritada beyaz olarak gösterilmiştir (Şekil 1-c).

İklim parametrelerinden sıcaklık ve yağış kullanılarak Haşhaşın sıcaklık, yağış ve topografyaya bağlı olarak varlık gösterebileceği muhtemel alanlar gösterilmiştir. Bunun için topografya ile modellenen sıcaklık haritasında 7-16°C aralığındaki bölgeler ve topografya ile modellenen yağış haritasındaki 300-1000 mm aralığındaki bölgeler seçilmiştir. Bu iki katmanın kesişim bölgesi tespit edilerek haritalanmıştır. (Şekil 1-d).





Şekil 1- a Bölge Topografyası ve İstasyon yerleri b) Haşhaş'ın uygun sıcaklık alanlarının dağılımı ve 1961-1997 ile 1997-2013 uzun yılları arasındaki sıcaklık farkları c) Haşhaş'ın uygun yağış alanlarının dağılımı ve 1961-1997 ile 1997-2013 uzun yılları arasındaki yağış farkları d) Haşhaş'ın yaşam alanı için uygun iklim bölgesi



Şekil 2- a) HadGEM-2ES RCP8.5 2015-2040 dönemi b) HadGEM-2ES RCP8.5 2041-2070 dönemi c) HadGEM-2ES RCP8.5 2071-2099 dönemi d) HadGEM-2ES RCP8.5 tüm dönemler

Aynı işlem MGM'nin (Anonim, 2013) sonucunda elde ettiği 2015-2099 dönemi için HadGEM-2ES RCP8.5 model sonucu elde edilen sıcaklık ve yağış verilerine uygulanarak yukarıda bahsedilen yöntem ve ölçütler ile gelecekteki muhtemel Haşhaş yaşam alanları gösterilmiştir: a) HadGEM-2ES RCP8.5 projeksiyonunun 2015-2040 dönemi; b) HadGEM-2ES RCP8.5 projeksiyonunun 2041-2070 dönemi; a) HadGEM-2ES RCP8.5 projeksiyonunun 2071-2099 dönemi; d) HadGEM-2ES RCP8.5 projeksiyonunun tüm dönemleri (Şekil 2 a,b,c,d). Bu üç katman arasındaki farklar iklim

değişikliğine bağlı olarak Haşhaş muhtemel yayılış alanlarında iklime bağlı azalışlar olacağını göstermektedir.

Çalışma sonuçlarına göre I. ve II. Dönemde çok büyük bir değişiklik gözükmezken; III. Dönemde özellikle çalışma bölgesinin batısında Balıkesir, Manisa, Uşak ve Denizli illerinde Haşhaş yaşam alanının iklimik şartlara göre olumsuzlaştığı görülmektedir.

Bununla birlikte iklimdeki değişimler sadece iklimik yaşam alanlarının kısıtlanması ile ilgili değildir. İklim değişikliği ile oluşacak ekstrem hava olayları yani meteorolojik afetlerin (özellikle şiddetli yağışlar, seller, kuraklık, dolu vb.) sayı ve frekansındaki artışlar tarım sektörünü etkileyecektir. Tarım sektörü için başta iklimik yaşam alanları, değişen iklimik yaşam alanlarında gelişebilecek hastalık ve zararlılar, meteorolojik afetler ve etki sahaları olmak üzere iklim değişikliğine uyum, azaltma ve önleme çalışmaları yapılarak gerekli tedbirler geliştirilmelidir.

TEŞEKKÜR

Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğüne, çalışmaya katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

- Acock M.C, Pausch R. C, Acock B, 1997. Growth and Development of Opium Poppy (*Papaver somniferum* L.) as a function of temperature Kyushu University Institutional Repository. Biotronics: Environment Control and Environmental Biology BI071ROAUCS 26, p: 47-57.
- Anonim, 2013. Yeni Senaryolarla Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, TR2013CC,
- Anonim, 2015. TMO yayınları. <http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/hashastarimi.pdf>. (Ulaşım tarihi: 25.06.2015).
- Ardel A, Kurter A, Dönmez Y, 1969. Klimatoloji Tatbikatı, İstanbul Üniversitesi Yayınları No:1123, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Enstitüsü Yayınlarından No:40, Taş Matbaası, İstanbul.
- Bernáth J. 2003. Poppy The Genus *Papaver*, Cultivation Of Poppy Under Tropical Conditions, P: 244-248.
- Demircan M, Alan I, Sensoy S, 2011. 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, <http://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2011/EMS2011-182.pdf>.
- Demircan M, Arabacı H, Bölük E, Akçakaya A, Ekici M, 2013. İklim Normalleri: Üç Sıcaklık Normalinin İlişkileri Ve Uzamsal Dağılımları, III. Türkiye İklim Değişikliği Konferansı - TİKDEK 2013, 3 - 5 Haziran, 2013, İTÜ - Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul – Türkiye. <http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-normalleri.pdf>.
- Demircan M, Demir Ö, Atay H, Eskiöglü O, Tüvan A, Akçakaya A, 2014a. Climate Change Projections For Turkey With New Scenarios, The climate change and climate dynamics conference- 8-10 Ekim 2014, İstanbul, Türkiye.
- Demircan M, Türkoğlu N, Çiçek İ, 2014b. Mevsimlik Sıcaklık Normallerinin (1971-2000) Coğrafi 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, http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/Klimatoloji_Makaleler_2014.pdf.
- Dobos J, Bernáth J, 1985. Eltérő származása és vegetációs ciklusa *Papaver somniferum* fajtak csirázásbiológiai vizsgálat. *Herba Hungarica*, 24(2-3):35-48.
- Doğanay H, 1992. Türkiye Ekonomik Coğrafyası I, Atatürk Üniv. Yay. No:737 Kazım Karabekir Eğt. Fak.Yay. No:26, Erzurum, S.195.
- Erdurmuş A, Öneş Y, 1990. Haşhaş, Toprak Mahsülleri Ofisi Alkasan Yayınları, Ankara, S.20
- İncekara F, 1979. Endüstri Bitkileri ve Islahı - Cilt-2, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:68.
- Kadioğlu Y, 2007. Uşak'ta Haşhaş Tarımının Coğrafi Özellikleri, Doğu Coğrafya Dergisi, Cilt 12, Sayı 18.
- Laughlin J.C, Chung B, Beat Tie B.M, 2003. Poppy The Genus *Papaver*, Poppy Cultivation In Australia, p:255.
- Neild R. E, 1987. Use of Climatic Data to Identify Potential Sites in the United States for Growing *Papaver bracteatum* as a Pharmaceutical Crop. *Journal of Applied Meteorology*, vol. 26, Issue 9, pp.1117-1123.
- Sensoy S, Türkoğlu N, Akçakaya A, Ekici M, Ulupınar Y, Demircan M, Atay H, Tüvan A, Demirbaş H, 2013. 1960 - 2010 Yılları Arası Türkiye İklim İndisi Trendleri, 6. Atmosferik Bilimler Sempozyumu, 24-26 Nisan 2013, İTÜ, İstanbul – Türkiye.
- Yalçın G, Demircan M, Ulupınar Y, Bulut E, 2005. Klimatoloji – I, DMİ Yayınları, Yayın No: 2005/1, Ankara. <http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/klimatoloji1.pdf>.

Türkiye’de 2006 Yılı için CM-SAF SIS ve Yüzey Işınım Verilerinin Karşılaştırması

Serhat Şensoy

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

Ercan Karakoç

Meteoroloji Genel Müdürlüğü
İç Denetim Birimi
Ankara
ekarakoc@mgm.gov.tr

Christine Trager-Chatterjee

DWD, CM-SAF Climate Monitoring
Offenbach
Christine.Traeger-Chatterjee@dwd.de

ÖZET

Yüksek kalitede yüzey radyasyon verisi Dünya radyasyon bütçesinin izlenmesi ve güneş enerjisi uygulamaları için ön koşuldur. Bu çalışmada, 2006 yılı İklim İzlemede Uydu Uygulamaları Fırsatları (CM-SAF) uzaktan algılama SIS (Yüzeye Gelen Güneş Radyasyonu) verileri ile yüzeyde aktinograf ile ölçülen ışınım verileri karşılaştırıldı. 1971 yılından 2000 yılına kadar ölçümü yapılan güneşlenme süresi ve ışınım verilerine göre, Türkiye'nin yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi 2573 saat, günlük ortalama güneşlenme süresi 7 saat ve ortalama toplam ışınım, metre kareye 1474 KWh'tır. Bu değerler Türkiye'nin güneş enerjisi açısından şanslı bir konumda olduğunu göstermektedir. Yerde 161 noktada aktinograf ile yapılan güneş ışınımı gözlem verileri Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi (TUMAS)'tan, bu noktalara karşılık gelen lokasyonlar için CM-SAF SIS verileri ise IDL Sanal Makine yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Her iki platform için elde edilen veriler, Coğrafi Bilgi Sistemi (ArcGIS) altında Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) mekânsal enterpolasyon yöntemi kullanılarak tüm Türkiye için haritalanmıştır. Elde edilen fark haritasından, batıda CM-SAF SIS verilerinin, doğuda ve dağlık alanlarda ise yer gözlem verilerinin daha yüksek ışınım değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Çalışmada bu farklılığın nedenlerine değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Türkiye; CM-SAF; SIS; ışınım; karşılaştırma.

1. GİRİŞ

Dünyaya gelen güneş enerjisinin küçük bir kısmı insan ihtiyaçlarını karşılamak için yeterlidir. Bu nedenle günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı atmosferi korumak için son derece önemlidir. Coğrafi verinin mekânsal dağılımı, bu verilerden elde edilebileceği gibi tahmin haritaları, ölçülen değerlerle mekânsal ilişkisi olan ikincil değişkenler kullanılarak da elde edilebilir [1]. Bu çalışma, 2006 yılı için CM-SAF SIS verisi ile Türkiye yüzey radyasyon verilerinin karşılaştırılmasını içerir.

2. MATERYAL VE METOTLAR

Veriler hakkında açıklayıcı bilgileri edinmek için, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) radyasyon verileri ve CM-SAF SIS verileri Excel'de düzenlenip aynı birime (KWh/m²/yıl) dönüştürülmüştür. İki seri arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemi altında veri serilerine ait enterpolasyon haritaları üretilmiş ve bu iki haritanın farkları kalıntı haritası olarak üretilmiştir.

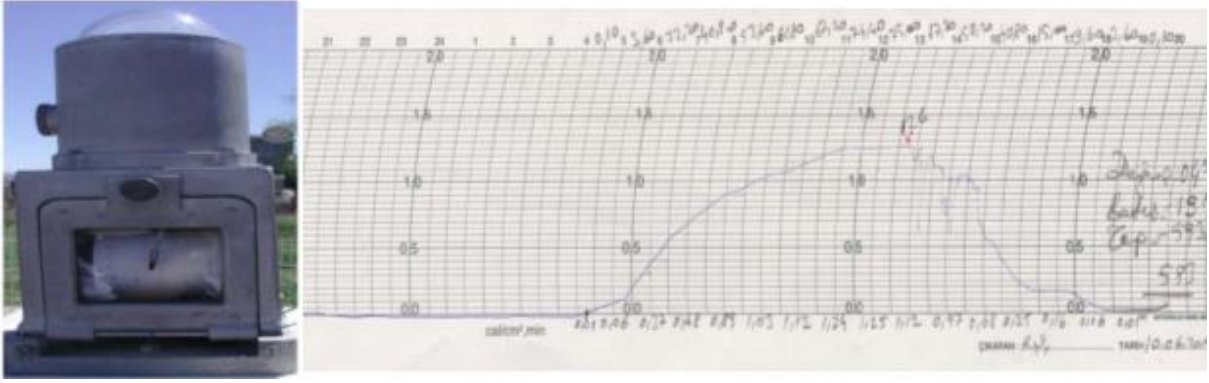
2.1. Kullanılan yazılımlar

2006 yılı CM-SAF SIS verilerini elde etmek için, CM-SAF web sayfasından temin edilen IDL tabanlı CM-SAF GUI yazılımı kullanılmıştır [8]. Veriler Excel kullanarak düzenlenmiş ve hesaplanmıştır. Mekânsal enterpolasyon ve haritalama faaliyetleri için ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılmıştır. ArcGIS 9.3, Mekânsal Analiz, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak 2 adet harita elde edilmiştir. IDW enterpolasyon yöntemi enterpole edilen yüzeyin yakındaki noktadan daha fazla, uzaktaki noktadan ise daha az etkilendiği varsayımına dayanır [6]. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon içerisinde çeşitli seçenekler mümkündür. Mekânsal Analiz içerisindeki Raster hesaplama tekniği kullanılarak kalıntı haritaları üretilmiştir.

2.2. Kullanılan veriler

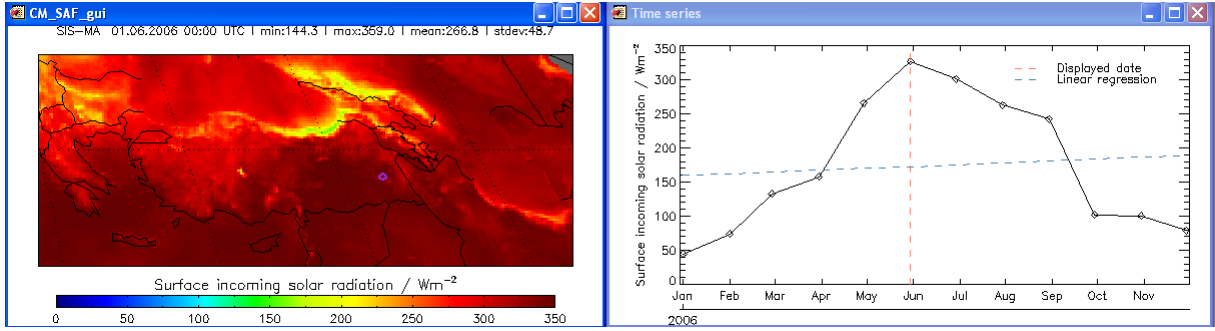
Türkiye yüzey radyasyon verileri 161 istasyonda yerleştirilmiş aktinograf gözlemlerinden elde edilmiştir (Şekil 1) ve birimi cal/cm²/gün'dür.

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 1: Robitzch Aktinograf ve diyagramı. 1 dakikalık radyasyon $2\text{cal}/\text{cm}^2$ den büyük olamaz. Saatlik radyasyon verisi için 2 noktanın ortalaması alınarak 60 ile çarpılır. Eğer çizgi bulutluluk nedeniyle düzgün değilse 5 noktanın ortalaması alınarak 60 ile çarpılır.

CM-SAF'ın yüzeye gelen güneş radyasyonu (SIS) verileri IDL tabanlı CM-SAF GUI yazılımı kullanarak elde edilmiştir ve birimi W/m^2 dir.(Şekil 2).



Şekil 2: CM-SAF yüzeye gelen güneş radyasyon (SIS) verileri. 2006 yılı Haziran ayı SIS verileri haritası (sol); seçilmiş noktaya ait SIS değerlerinin 2006 yılı zaman serisi (sağ).

Söz konusu bu iki birim aşağıdaki formüller kullanarak, $\text{KWh}/\text{m}^2/\text{yıl}$ 'a dönüştürülmüştür:

2.3. Kullanılan Formüller

$$\text{kWh}/\text{m}^2/\text{year} = \left(\sum_{i=1}^{12} \text{Aylıkortalama}[\text{cal}/\text{cm}^2] \right) * 365/1000 * 11.63 \text{ (MGM verisi için)} \quad (1)$$

$$\text{kWh}/\text{m}^2/\text{year} = \left(\sum_{i=1}^{12} \text{Aylıkortalama}[\text{W}/\text{m}^2] \right) * 365 * 24/12000 \text{ (CM-SAF verisi için)} \quad (2)$$

Birim dönüşüm formülleri www.birimcevir.com sitesinden alınmıştır [7].

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

Korelasyon katsayısı aşağıda verilen Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısı formülü ile hesaplanmıştır [9]:

$$\rho_{X,Y} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y} \quad (3)$$

where;

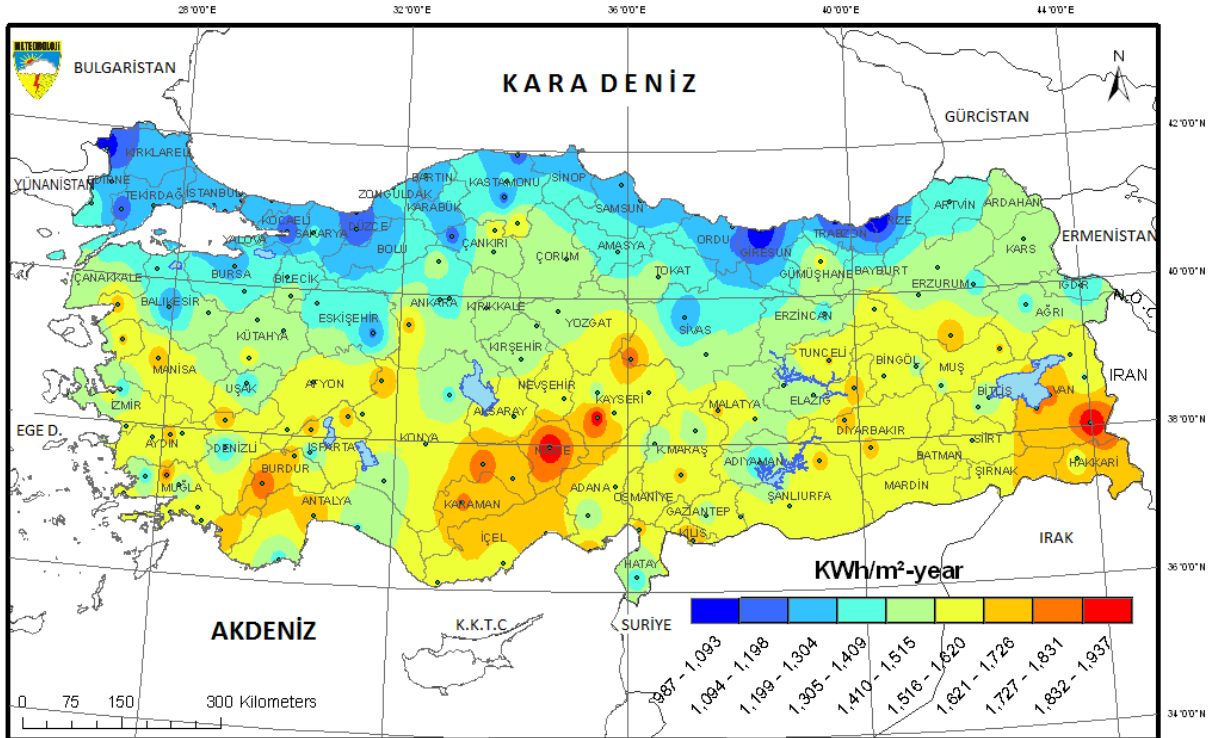
$$-1 \leq \rho_{xy} \leq 1$$

and

$$Cov(X,Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_X)(y_i - \mu_Y)$$

3. ANALİZLER

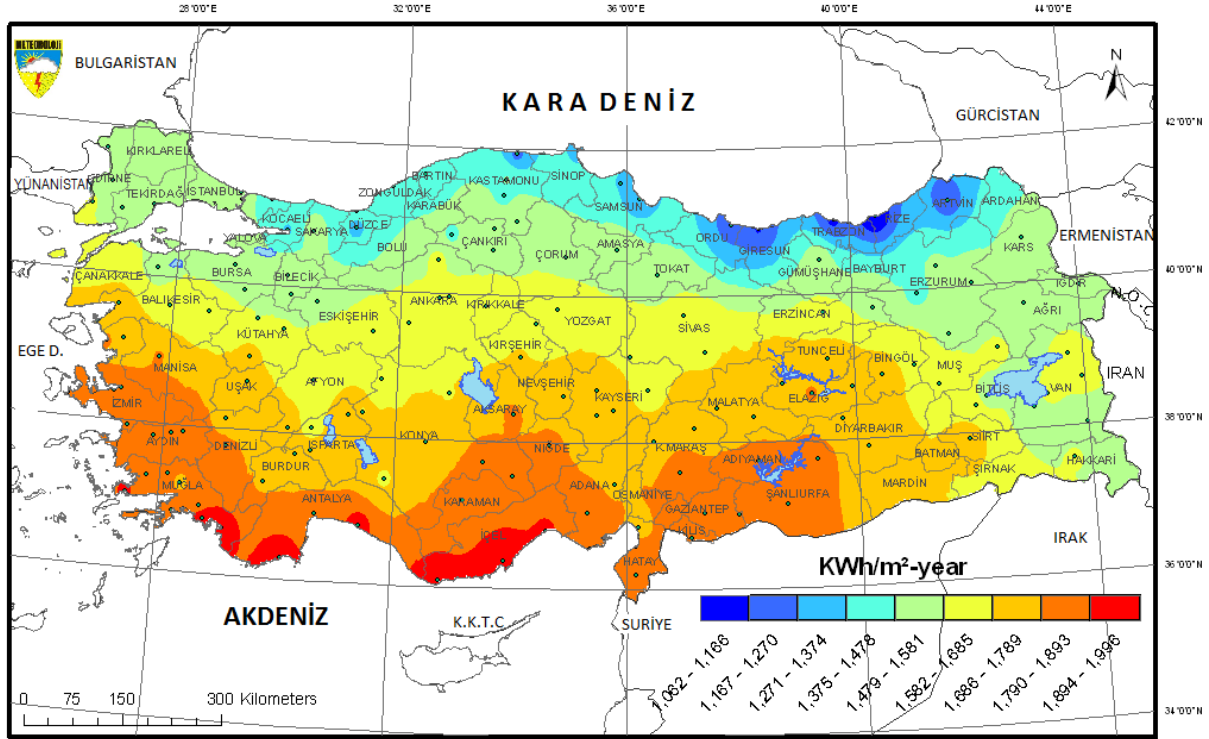
Elde edilen yüzey ışıınım verileri ile, CM-SAF SIS verileri kullanılarak ArcGIS 9.3, Mekânsal Analiz, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak 2 adet harita elde edilmiştir (Şekil 3, Şekil 4).



Şekil 3: Aktinograftan elde edilen 2006 yılı yüzey ışıınım verileri dağılımı

Yüzey radyasyon verisinin enterpolasyonu, ArcGIS 9.3 altında Mekânsal Analiz, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak elde edildi (Şekil 3). IDW enterpolasyon metodu, enterpole edilen yüzeyin yakındaki noktadan daha fazla, uzaktaki noktadan ise daha az etkilendiği varsayımına dayanır [6].

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 4: 2006 Yılı CM-SAF yüzeye gelen güneş radyasyon (SIS) verileri dağılımı

CM-SAF SIS verisinin enterpolasyonu, ArcGIS 9.3 altında Mekânsal Analiz, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak elde edildi (Şekil. 4).

MGM Yüzey radyasyon verisi birimi $\text{cal/cm}^2/\text{gün}$ ve CM-SAF SIS verisi birimi W/m^2 dir. MGM radyasyon verileri ve CM-SAF SIS verileri Excel'de düzenlenip aynı birime ($\text{KWh/m}^2/\text{yıl}$) dönüştürülmüşlerdir (Tablo 1) [7].

Tablo 1'de her iki veri serisine ait değerler, bunların farkları, ve aralarındaki korelasyon katsayısı görülmektedir. Genellikle uydu radyasyon verisinin, yerde yapılan gözlemlerden yüksek olduğu görülmektedir. Sarı renkle gösterilen illerde büyük farklar bulunmuştur. Ayrıca Van, Artvin, Niğde, Hakkâri ve Erzurum'da negatif farklar bulunmuştur. İki veri serisi arasındaki korelasyon katsayısı 0.71 olarak bulunmuştur. Bu da iki veri arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğunu göstermektedir (Tablo 1).

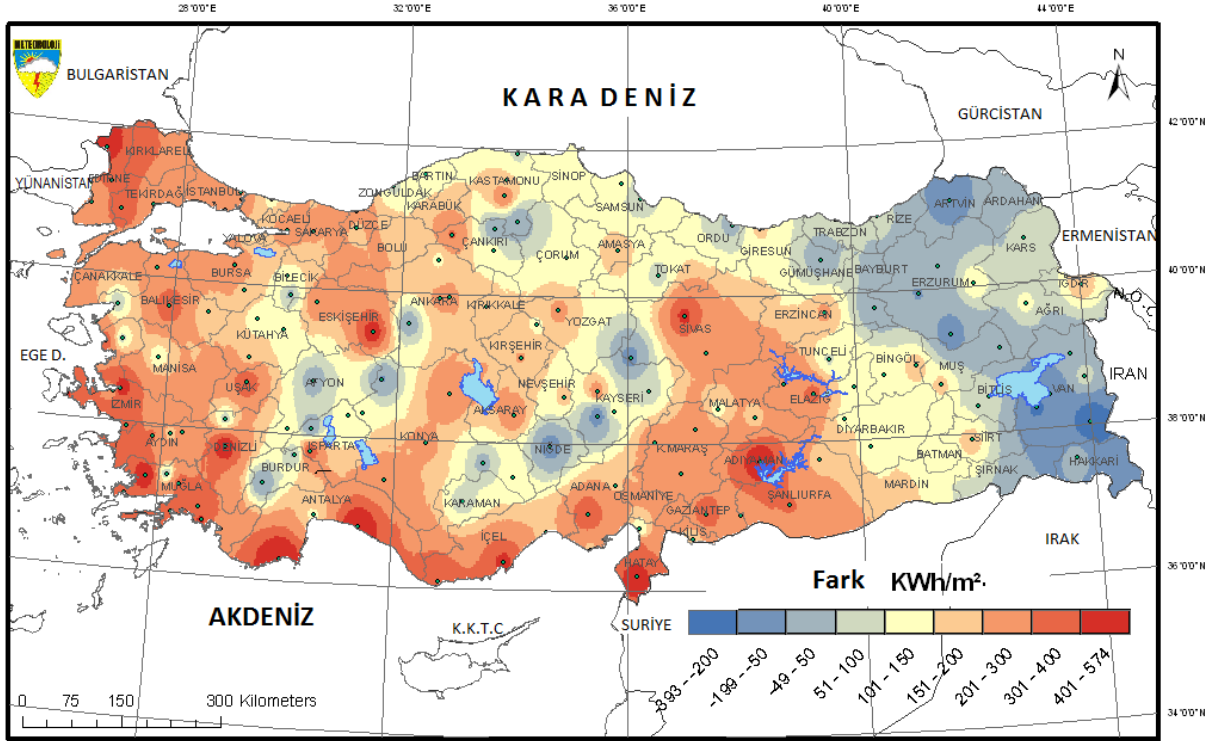
II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

Tablo 1: Yüzey ve uydu radyasyon verilerinin karşılaştırması

Longitude	Latitude	Station	Surface Radiation		CM-SAF SIS	Differences
			2006-Kcal	2006-KWh/m2	2006-KWh/m2	
35.34	37.04	ADANA	122.0	1418.7	1821.4	402.7
38.28	37.74	ADIYAMAN	113.3	1318.1	1850.6	532.5
30.54	38.73	AFYON	136.8	1591.3	1595.1	3.7
43.04	39.71	AGRI	119.5	1390.3	1503.8	113.5
34.04	38.38	AKSARAY	131.7	1531.8	1799.5	267.7
35.84	40.64	AMASYA	119.5	1390.3	1569.5	179.2
32.86	39.96	ANKARA	119.2	1386.3	1602.4	216.1
36.16	36.19	ANTAKYA	117.5	1366.4	1850.6	484.2
30.67	36.91	ANTALYA	147.2	1711.9	1854.2	142.3
41.81	41.18	ARTVIN	116.1	1350.1	1215.5	-134.7
27.83	37.83	AYDIN	134.1	1559.4	1865.2	305.8
27.93	39.61	BALIKESIR	103.1	1199.1	1580.5	381.4
32.34	41.63	BARTIN	109.6	1274.3	1390.7	116.4
29.97	40.14	BILECIK	118.8	1381.7	1522.1	140.4
40.49	38.86	BINGOL	135.1	1571.2	1719.2	148.0
42.09	38.36	BITLIS	129.8	1509.6	1609.7	100.0
30.29	37.71	BURDUR	145.2	1688.7	1730.1	41.4
29.01	40.23	BURSA	105.1	1222.6	1529.4	306.8
26.39	40.13	CANAKKALE	122.5	1424.5	1642.5	218.0
33.61	40.61	CANKIRI	124.0	1442.6	1562.2	119.6
34.92	40.54	CORUM	124.0	1442.1	1551.3	109.2
29.09	37.76	DENIZLI	111.6	1297.9	1792.2	494.3
40.19	37.89	DIYARBAKIR	139.8	1626.0	1752.0	126.0
31.14	40.84	DUZCE	100.3	1166.3	1354.2	187.8
26.54	41.68	EDIRNE	89.0	1034.5	1518.4	483.9
39.24	38.64	ELAZIG	125.9	1463.9	1795.8	331.9
39.49	39.74	ERZINCAN	119.2	1386.9	1602.4	215.5
41.16	39.94	ERZURUM	129.8	1509.4	1452.7	-56.7
30.51	39.81	ESKISEHIR	112.5	1308.7	1576.8	268.1
37.34	37.04	GAZIANTEP	126.8	1474.9	1825.0	350.1
38.38	40.91	GIRESUN	86.1	1001.5	1160.7	159.2
39.46	40.46	GUMUSHANE	132.5	1540.8	1544.0	3.1
43.73	37.56	HAKKARI	137.1	1594.2	1584.1	-10.1
44.04	39.91	IGDIR	113.1	1315.9	1511.1	195.2
30.56	37.78	ISPARTA	114.0	1326.1	1719.2	393.1
29.05	41.14	ISTANBUL	112.1	1303.4	1544.0	240.6
27.08	38.39	IZMIR	136.4	1586.1	1817.7	231.6
36.92	37.59	KAHRAMANMARAS	140.6	1634.9	1846.9	212.0
33.21	37.19	KARAMAN	149.3	1736.8	1806.8	70.0
43.09	40.61	KARS	123.7	1439.1	1496.5	57.4
33.78	41.36	KASTAMONU	99.3	1155.4	1452.7	297.3
35.48	38.71	KAYSERI	124.6	1448.9	1704.6	255.6
37.11	36.69	KILIS	148.6	1728.0	1887.1	159.0
33.51	39.84	KIRIKKALE	125.1	1455.1	1638.9	183.8
34.14	39.16	KIRSEHIR	127.9	1487.8	1690.0	202.2
29.91	40.76	KOCAELI	95.5	1111.2	1361.5	250.3
32.54	37.97	KONYA	130.8	1521.6	1737.4	215.8
29.97	39.41	KUTAHYA	126.5	1471.7	1587.8	116.0
38.21	38.34	MALATYA	130.4	1516.5	1686.3	169.8
34.63	36.79	MERSIN	148.4	1726.5	1909.0	182.5
28.36	37.21	MUGLA	121.8	1416.6	1759.3	342.7
41.48	38.68	MUS	129.7	1508.8	1675.4	166.5
34.68	37.96	NIGDE	166.2	1932.6	1810.4	-122.2
37.89	40.97	ORDU	103.5	1204.2	1233.7	29.5
40.49	41.03	RIZE	84.9	986.9	1062.2	75.3
30.39	40.76	SAKARYA	113.2	1317.0	1522.1	205.1
36.24	41.34	SAMSUN	104.9	1219.6	1295.8	76.1
38.78	37.14	SANLIURFA	130.6	1518.9	1821.4	302.5
41.94	37.91	SIIRT	137.6	1600.1	1781.2	181.1
35.14	42.03	SINOP	104.1	1210.9	1354.2	143.2
37.01	39.74	SIVAS	103.8	1207.2	1631.6	424.3
27.49	40.97	TEKIRDAG	111.2	1293.0	1562.2	269.2
36.56	40.29	TOKAT	123.8	1439.6	1522.1	82.5
39.74	41.00	TRABZON	93.3	1085.3	1146.1	60.8
39.54	39.11	TUNCELI	139.9	1626.6	1719.2	92.6
29.39	38.66	USAK	112.7	1310.9	1719.2	408.2
43.34	38.46	VAN	150.7	1752.9	1606.0	-146.9
29.28	40.66	YALOVA	115.2	1339.8	1481.9	142.1
34.79	39.81	YOZGAT	121.6	1413.9	1635.2	221.3
31.78	41.44	ZONGULDAK	114.0	1325.9	1416.2	90.3

Korelasyon Katsayısı (Yüzey Radyasyonu, CM-SAF SIS) = 0.71

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 5: 2006 yılı CM-SAF SIS ve yüzey radyasyon verisi arasındaki fark (kalıntı haritası)

Kalıntı Haritası Mekânsal Analiz altındaki Raster hesaplama aracı kullanılarak hesaplanmıştır. Haritada pozitif değerler CM SAF verisinin, negatif değerler ise yer gözlemlerinin daha yüksek olduğu alanları göstermektedir. Buna göre ülkemizin batı kesimlerinde CM-SAF SIS verilerinin yer gözlemlerinden yüksek olduğu, fakat Afyon, Burdur, Çankırı, Kayseri, Niğde ve Karaman gibi dağlık alanlar ile ülkemizin doğusunda, yer radyasyon gözlemlerinin daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 5). 2006 yılında yer radyasyonu verileri 987 ile 1937 KWh/m²/yıl arasında iken (Şekil 3), uydu gözlemlerinden elde edilen verilerin 1062 ile 1996 KWh/m²/yıl arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4).

4. SONUÇ

Bu çalışmada, 2006 yılı CM-SAF uzaktan algılama SIS (Yüzeye Gelen Güneş Radyasyonu) verileri ile yüzeyde aktinograf ile ölçülen ışınım verileri karşılaştırıldı. Ülkemizin batı kesimlerinde CM-SAF SIS verilerinin yer gözlemlerinden büyük olduğu görülmüştür. Fakat özellikle dağlık alanlarda ve ülkemizin doğusunda, yerde yapılan radyasyon gözlemlerinin daha büyük verilere sahip olduğu görülmüştür. Muneer (1997), Robitzch aktinograf cihazlarının tüm doğruluk testleri yapılsa bile günlük toplamda %10 hata yaptığını belirtmiştir [3]. Aylık ortalamalardaki en yüksek hatalar Avustralya'da %30 ile Stanhill ve Kalma

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

(1994) tarafından rapor edilmiştir [4]. Aktinograf gözlemlerindeki genel sınırlamalar Maxwell vd. (1999) tarafından Suudi Arabistan'da yapılan radyasyon gözlemleri üzerinde tartışılmış ve değerlendirilmiştir [2]. Stanhill ve Kalma aktinograf gözlemleri ile piranometre gözlemleri arasında özellikle bulutluluk koşullarında büyük farklar olduğunu bulmuşlardır [4]. Sonuç olarak bu yayınlarda aktinograf gözlemlerinde büyük belirsizlikler olduğu rapor edilmiştir. Uydu tabanlı radyasyon ölçümlerinin doğruluğu yer gözlemlerinden elde edilen verilerden önemli derecede yüksek olması beklenir. Bununla birlikte sonuçların yorumlanmasında, karla kaplı dağlık bölgelerde uydu tabanlı ölçümlerde bazı sınırlamaların olduğunun dikkate alınması gerekir [5]. Karla kaplı dağlık bölgelerde uydu tabanlı radyasyon ölçümlerinde aylık ortalamalarda 15 W/m^2 düşüş olabilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Bostan P.A., Akyürek Z.**, 2007, İkincil Veriler Kullanılarak Türkiye Ortalama Yıllık Yağış Değerlerinin Mekânsal Dağılımının Modellenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.
- [2] **Maxwell Eugene L., Stephen M. Wilcox, Chris Cornwall, Bill Marion, Saleh H. Alawaji, Mohammed bin Mahfoodh** (1999): Progress Report for Annex II – Assessment of Solar Radiation Resources In Saudi Arabia 1993 – 1997, NREL/TP-560-25374
- [3] **Muneer, T.** (1997): Solar radiation and daylight models, Elsevier 1997, ISBN 0 7506 5974 2)
- [4] **Stanhill; G. and J.G. Kalma**, 1994, Secular variation of solar irradiance in Aust. Met. Mag., 43, 81-866
- [5] **Tappeiner U., Tappeiner G., Aschenwald J., Tasser E., Ostendorf B.**, 2001, GIS-based modeling of spatial pattern of snow cover duration in an alpine area, Ecological Modeling, volume 138, issue 1-3, p: 265–275.
- [6] <http://www.gammadesign.com/kriging.aspx>, Gamma Design software, Geostatistics for the Environmental Sciences, Co-kriging in GIS, 08 Ekim 2015
- [7] <http://www.birimcevir.com>, Enerji birimleri çevirici, , 08 Ekim 2015
- [8] <http://www.cmsaf.eu>, The Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CM SAF), 08 Ekim 2015
- [9] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Korelasyon>, Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısı, 08 Ekim 2015

TOMS ve OMI UYDU TÜRKİYE OZON VERİLERİ (1979-2014) ANALİZİ ve ANKARA BREWER SPEKTROFOTOMETRE OZON VERİLERİ (2007-2014) ile KARŞILAŞTIRMASI

Mithat EKİCİ¹, Osman ESKİOĞLU¹, Yılmaz ACAR¹

¹Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, 06 120, Kalaba/Ankara, mekici@mgm.gov.tr, oeskioglu@mgm.gov.tr, yacar@mgm.gov.tr,

ÖZET

Ozon, gezegenimizi çevreleyen atmosfer içinde önemli bir iz gaz olarak tanımlanır. Stratosferdeki ozon, güneş ışınlarının zararlı kısmını emme yeteneğine sahiptir.

TOMS (Total Ozone Measurement Spectrophotometer) uydu ozon programı, 24 Ekim 1978 tarihinde Nimbus-7 ile başlamış ve 1993 yılına kadar devam etmiştir. Meteor-3 TOMS, 22 Ağustos 1991 tarihinden itibaren ölçüme başlamış ve faaliyetini 24 Kasım 1994 tarihinde sonlandırmıştır. Uydu ozon verilerinde; Kasım 1994 ile Temmuz 1996 yılları arasında yaklaşık 20 aylık ölçümsüz boş dönem yaşanmıştır. Earth Probe uydusu ise 31 Aralık 2005 tarihine kadar faaliyetine devam ettirilmiştir. Aura uydusu üzerine konulan OMI (Ozone Monitoring Instrument) ozon ölçüm cihazı ile 2004 yılı Temmuz ayında ozon ölçümü başlamış ve halen devam etmektedir.

Bu çalışmada, <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/Aura/data-holdings/OMI> web sitesinde yayınlanan küresel uydu toplam sütun ozon verisi bir kod ile indirilmiştir. Küresel veri seti içerisinde 1979-2014 (36 yıl) periyoduna ait ve 25° - 45° Doğu Boylamı ile 34° - 42° Kuzey Enlemi aralığındaki Türkiye koordinatlarına ait veriler ayrıştırılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bu veriler 1° x 1.25° çözünürlüğünde ve Türkiye'yi kapsayan 82 adet grid'den oluşmaktadır. Bu veriler yardımıyla Türkiye'ye ait aylık, mevsimlik ile yıllık toplam ozon eğilim grafiği çizdirilmiş ve Türkiye ozon tabakası durumu analiz edilmiştir. Ayrıca, Ankara'da kurulmuş olan Brewer Spektrofotometre cihazı verileri (2007-2014) ile karşılaştırma yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelime: Ozon Uydu Verisi, Toplam Ozon, Dobson Birimi, Mevsimsel Ozon, Brewer Spektrofotometre

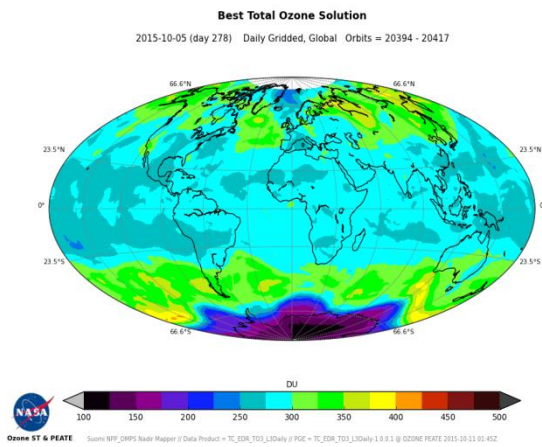
1. GİRİŞ

Ozon, gezegenimizi çevreleyen atmosfer içinde önemli bir iz gaz olarak tanımlanır. Stratosferdeki ozon, güneş ışınlarının zararlı kısmını emme yeteneğine sahiptir. Bu sayede yeryüzündeki canlı hayatını korur. Ancak, stratosferik ozon tabakası, ozon tabakasına zarar veren maddeler ve insan yapısı kimyasallar (CFCs, Br vb.) yüzünden tehlike altındadır (1). Ozon, ekvator kuşağı üzerindeki stratosfer tabakasında bütün bir yıl boyunca üretilmekte ve hava hareketleri ile buradan kutuplara doğru taşınmaktadır. Ozonun en çok bulunduğu stratosfer tabakasının alt kısımları ise tropopoz yüksekliği ile belirlenebilmektedir. Toplam sütun ozonunun dünya ortalaması 300 Dobson birimi (Dobson Unit, DU) civarında olup, coğrafyaya bağlı olarak 230 ile 500 Dobson birimi arasında değişmektedir. Toplam ozon ortalaması, ekvator kuşağı üzerinde 240 DU ile en düşük değere sahipken ekvator dan kutuplara doğru gidildikçe 400 DU'e kadar artış göstermektedir (9). Bir Dobson birimi, ozon hacminin yaklaşık milyarda bir kısmının (1 ppbv), ortalama atmosferik konsantrasyonunu ifade eder. $1 \text{ DU} = 10^{-3} \text{ atm-cm} = 0.01 \text{ mm} = 10^{-5} \text{ m}$ 'dir (11). Stratosferik ozon, orta enlem bölgelerinde son birkaç on yıl için belli oranda düşüş trendine girmiştir (2). 2006-2009 ortalama toplam ozon değerleri; 1964-1980 ortalamalarına göre son on yıldır aynı düzeyde kalırken, $90^{\circ}\text{S} - 90^{\circ}\text{N}$ için yaklaşık %3,5 ve $60^{\circ}\text{S}-60^{\circ}\text{N}$ için %2,5 altında gerçekleşmiştir (6). Kuzey yarımküre orta enlemlerindeki ($35^{\circ}\text{N}-60^{\circ}\text{N}$) 2006-2009 dönemi yıllık toplam sütun ozon miktarı, 1998-2005 döneminde gözlemlenen miktarla aynı kalırken ve 1964-1980 ortalamasına göre yaklaşık % 3,5 azalmıştır. En düşük miktar, 1964-1980 ortalamasına göre, % 5,5 azalma ile 1990'ların ortalarında görülmüştür (6).

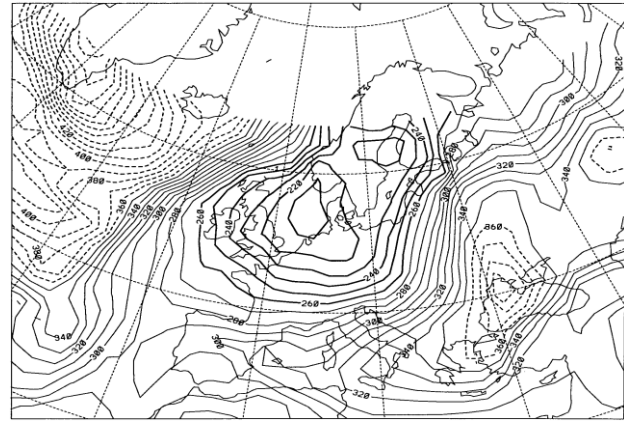
TOMS uydu gözlemleri ile yapılan toplam ozon ölçümlerine dayalı çok sayıda çalışmada, orta enlemlerde yaz mevsimine göre kış ve ilkbahar aylarında, toplam ozon miktarında daha büyük düşüş eğilimleri görülmüştür (3). NASA tarafından 1975 yılında yapılan kongrede; araştırma, teknoloji ve yukarı atmosfer gözlem programının izlenmesi ve geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kongre; dünya yukarı atmosferinin kimyasal ve fiziksel bütünlüğünü korumak için bir anlayış birliği geliştirmiştir (12). Uydu ölçümleri için ilk ozon alıcıları 1960 yılında geliştirilmiştir. Ozon gözlemlerinin en geniş ölçüm seti 1970 ile 1977 arasında Nimbus-4'den elde edilmiştir (4). Nimbus-7 TOMS uydusundan toplam ozonun günlük ölçümleri, sürüm-7 verileri kullanılarak 14 yıl boyunca alınmıştır. Uydu gözlemleri modern çağında yapılan ilk büyük çalışmalarda, Antartika üzerindeki bahar mevsimi ozon deliğinde tespit edilen geçici ozon miktarı düşüşleri araştırılmıştır (5). Aslında ozondaki mini azalmalar her iki yarımküre orta enlemlerde de yaygındır. Bunlar, yatay ve dikey adveksiyon

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

hava hareketinin bir kombinasyonu sonucu, genellikle, ozonun az olduğu zamanlarda meydana gelir ve antisiklonik bir çizgide, nispeten sıcak hava kutba ve doğuya doğru hareket ederken görülür. Ozonca fakir havayla dolu tropopozun yükselmesi, toplam sütun ozon oranının artmasına yardımcı olur (5). Sonuç olarak, toplam sütun ozon miktarı tropopoz yüksekliği ile güçlü bir korelasyon gösterir. Ozon azalma klimatolojisi, Nimbus-7 TOMS'un günlük ozon gözlemlerine dayanır ve sürüm-7 verinin elde edilebildiği en son sürümüdür. Bu sürüm özellikle önceki sürümlere göre, düşük güneş zenit açıları için yeniden elde edilen verilerin kalitesinin artırılmasında ve ham verilerin kalibrasyonunda kullanılmıştır (5).



Şekil 1: OMI Uydu
Küresel Toplam
Ozon Gösterimi
(13)



Şekil 2. Nimbus-7 TOMS cihazı tarafından 5 Şubat 1990'da Avrupa üzerindeki toplam ozon seviyeleri: Kontur aralığı 10 DU, en düşük 260 DU ve en yüksek 360 DU'dur (5).

2.YÖNTEM

TOMS programıyla yapılan geçerli ölçümler, 24 Ekim 1978 tarihinde Nimbus-7 uzay aracı üzerindeki TOMS Uçuş Modülü kullanılarak, 1978 yılı Kasım ayında başlamıştır. TOMS cihazının görevi Mayıs 1993 yılında sona ermiştir. Yerine kullanılan Meteor-3 TOMS ise Ağustos 1991'de veri göndermeye başlamış ve Aralık 1994 yılında faaliyetini durdurmuştur (12). Başlangıçta, Earth Probe (EP) TOMS ile elde edilen veriler, uydunun yüksek yörüngesi ve tam ekvatorial özelliklerinden dolayı ADEOS TOMS'dan elde edilen verilerle tamamlanmış ve EP-TOMS ilk planlanan 950 kilometrelik yörünge yerine 500 kilometrelik yörüngeye oturtulmuştur (13). OMI, NASA'nın Yeryüzü Gözlem Sistemi Aura

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

Uydu güvertesindeki UV/Görünür CCD Spektrometre ile birlikte NADIR görüntüleme sistemidir. Aura, 15 Temmuz 2004 tarihinde uzaya fırlatılmış ve 9 Ağustos 2004 yılından bu yana da veri toplamaktadır (15). Son zamanlarda, TOMS ve OMI verilerindeki görüntüleme koşullarıyla ilgili hataları gidermek amacıyla, NASA'nın Goddard Ozon İşlem Ekibi tarafından geliştirilen Sürüm 8 algoritması ile işlem yapılmaktadır (16;p20).

Bu çalışmada, 1979-2014 (36 yıl) periyodu ve 34°-42° K, 25°- 45°D (82 grid) aralığındaki 36x82=2952 adet uydu ozon verisi kullanılmıştır. Bu veriler 1°x1.25° çözünürlüğünde ve Türkiye sınırlarını kapsayan 82 grid'den oluşmaktadır. Aylık değerlendirmeler için 82x12=984, mevsimlik karşılaştırmalar için de 82x4= 328 adet veri kullanılmıştır.

2.1. Brewer Spektrofotometre Cihazı

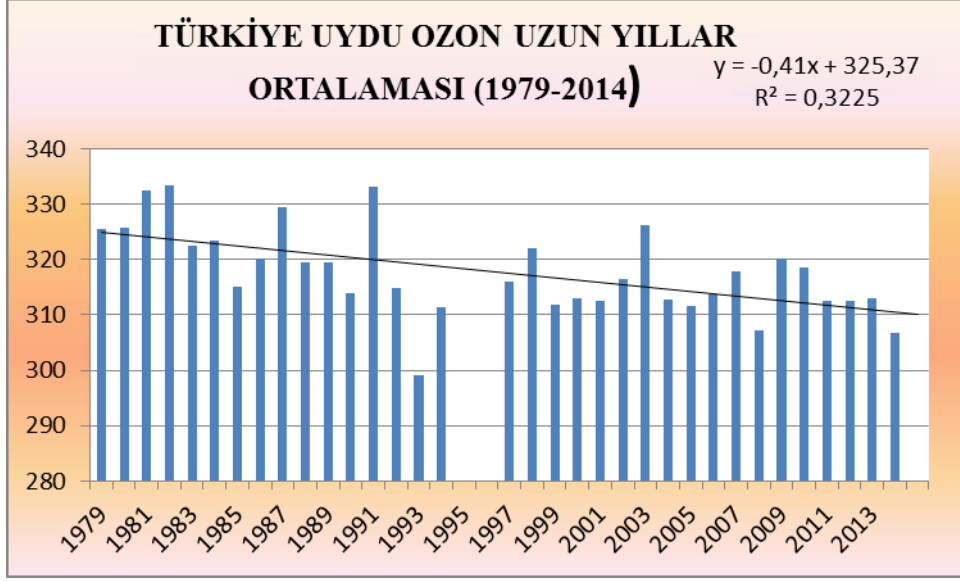
Ankara'da (39° 58' N; 32° 52' E) 2006 yılı Kasım ayından beri Brewer MKIII cihazı ile düzenli olarak ozon ölçümü yapılmaktadır. Brewer #188 MKIII cihazı double monocromator tip bir cihazdır. Cihaz Toplam Ozonu, UV Radyasyonun 306.3, 310.1, 313.5, 316.8 ve 320.1 nm dalga boylarını esas alarak hesap etmektedir. MKIII Brewer Spektrofotometre cihazı UV Radyasyonu 286.5 – 363 nm aralığında ölçmektedir (286.5 – 325 UV-B).

Ankara'da Brewer Spektrofotometre cihazından elde edilen aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama ozon verileri ile aynı periyodu kapsayan Uydu Ozon verilerinin aynı koordinata denk gelen grid değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır. Bu sayede Ankara'ya ait yer temelli ozon ölçüm verisi referans kabul edilerek uydu ozon verisinin doğrulaması yapılmıştır.

3. TÜRKİYE UYDU OZON TABAKASI UZUN YILLAR ANALİZİ (1979-2014)

36 yıllık veri setinde; tüm periyodun ortalama değeri 318 DU'dur. En düşük yıllık ortalama ozon değeri 299 DU ile 1993 yılında (1 aylık veri eksikliği var); en yüksek yıllık ortalama ozon değeri ise 333 DU ile 1982 ve 1991 yıllarında görülmüştür.

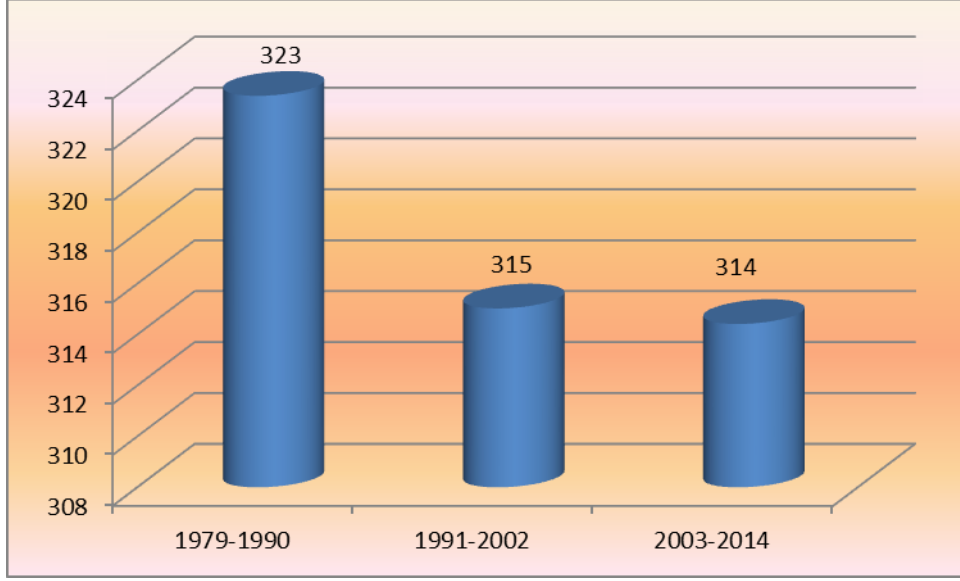
II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 3: Türkiye Uzun Yıllar Ortalama Ozon Grafiği (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2014)

Şekil 3’de 1979-2014 yılları arasında TOMS-OMI uydu verilerine göre, yıllık ortalama zaman serisi bir düşüş eğilimi göstermektedir. Bu düşüş eğiliminin yaklaşık yıllık 0,4 DU olduğu ama Regresyon Katsayısı (R^2) =0,3225 değerine göre istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. 1991 ve 1982 yılları toplam sütun ozonu ortalamasının en yüksek (333 DU) olduğu yıllardır. En düşük ortalama ise 299 DU ile 1993 (1 aylık veri eksiktir) yılında görülmüştür. WMO 2010 yılı ozon değerlendirmesinde; Kuzey yarım küre orta enlemlerde en düşük miktar, 1964-1980 ortalamasına göre, % 5,5 ile 1990’ların ortalarında görülmüştür (6). 1994 (1 aylık veri eksiktir) yılında sonlanan Nimbus-7 uydusu yerine konulan Earth Probe uydusunun kalibrasyon sorunları nedeniyle veri ölçümüne başlamasına kadar 1995 yılı verisi alınamamış ve 1996 yılı da eksik verilerden dolayı değerlendirmeye eklenememiştir. Veri serisinde, özellikle, dikkat çeken bölüm 1991 Pinatubo Yanardağı patlamasını takip eden yıllar olmuştur. Kuzey yarım küre orta enlemlerde 1992–1996 yılları arasında sütun ozonu ve aşağı stratosfer ozonu Pinatubo Yanardağı patlamasından etkilenmiştir (6). Şekil 3’de özellikle en sert düşüşün yaşandığı yıl olarak 1993 yılı görülmektedir. Veri setinde son dört yılın (2011, 2012, 2013 ve 2014) ortalama değerleri oldukça düşük ve 36 yıllık periyot ortalamasının yaklaşık 5 DU altındadır. 2014 yılında gözükken oldukça düşük ortalama, mevsimsel olarak en yüksek aylara ait uydu ozon verisi eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

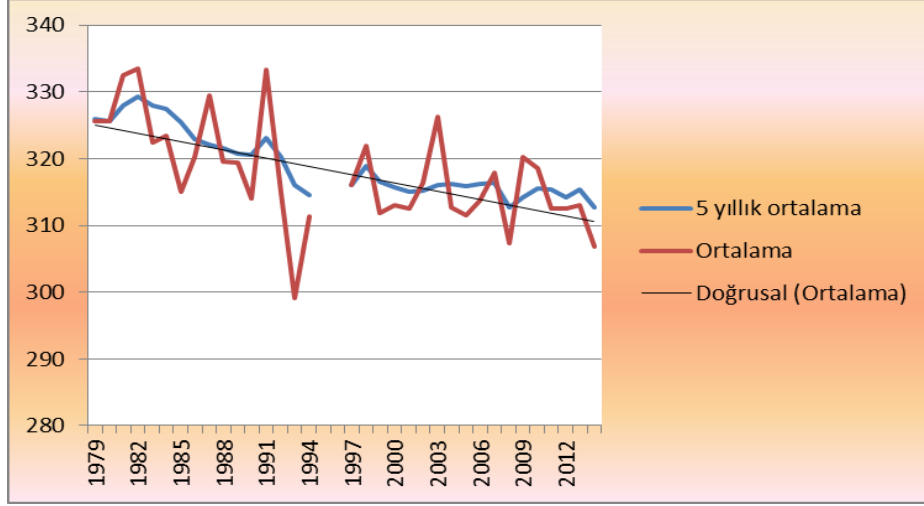


Şekil 4: 12'şer yıllık periyotlar için Türkiye Uzun Yıllar Ortalama Ozon Değerleri Karşılaştırma Grafiği (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2014)

WMO 2010 yılı ozon değerlendirmesinde; Kuzey yarımküre orta enlemlerindeki (35° N-60° N) 2006-2009 dönemi yıllık toplam sütun ozon miktarı, 1998-2005 döneminde gözlemlenen miktarla aynı kalmış ve 1964-1980 ortalamasına göre yaklaşık % 3,5 altındadır (6).

Şekil 4'de otuz altı yıllık periyod üç eşit parçaya bölünerek incelendiğinde; 1979-1990 yıllarını kapsayan ilk 12 yılda ortalama ozon 323 DU iken, son iki 12 yıllık periyotta (1995-1996 yılları eksiktir) ortalama ozon 315 DU ve 314 DU ile birbirine yakın çıkmıştır. WMO 2010 yılı ozon değerlendirmesinde; ozon tabakasının kendisini onarması için gereken tarihi hedef, 1980 yılı değerleri olarak belirlenmiştir (7). Kuzey yarımküre orta enlemlerde yıllık ortalama toplam ozonun, 2015-2030 yılları arasında, 1980 yılı değerlerine döneceği tahmin edilmektedir. Bu durumun güney yarımküre orta enlemlerinde ise 2030-2040 döneminde gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu değerlendirmelerle birlikte yukarıda üç periyoda bölünen grafikte, ozon ortalamasının ilk 12 yıllık periyotta 323 DU'dan 315 DU'ya düştüğü ve üçüncü 12 yıllık periyotta ise kayda değer bir düşüş görülmemiştir. Ozon tabakasındaki incelmelerin Türkiye üzerindeki eğilimi önümüzdeki yıllarda yapılacak gözlem ve analizler ile daha iyi anlaşılacaktır.

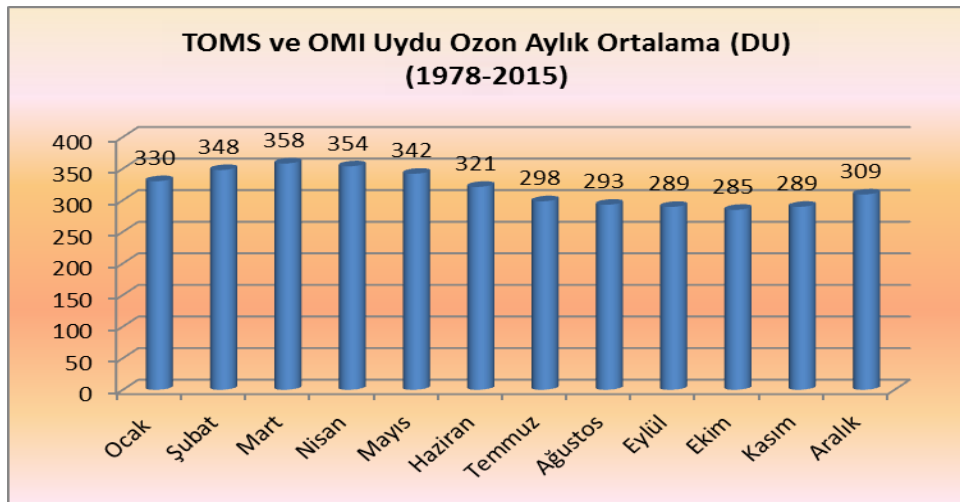
II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 5: Türkiye Uzun Yıllar Yıllık Ortalama Ozon Değerlendirme Grafiği (1979-2014)

Şekil 5’de, tüm periyot için Türkiye üzerindeki toplam ozon yıllık ortalama grafikleri incelendiğinde, 1980 sonrası dönemde Pinotubo Yanardağı patlaması öncesi 1991 (333 DU) yılında pik yapan ozon değeri, patlamanın küresel etkileri sonrası 1993 yılında en düşük ortalama (299 DU) ulaşmıştır. 5 yıllık kayan ortalama da görüldüğü üzere, 2000’li yılların başına kadar belirgin bir düşüş trendi varken, sonraki yıllarda bu düşüş eğilimi zayıflamıştır. Bu zayıflama, Şekil 4’ de ki 12’şer yıllık ardışık üç periyodun karşılaştırması sonucu ortaya çıkan durum ile paralellik göstermektedir.

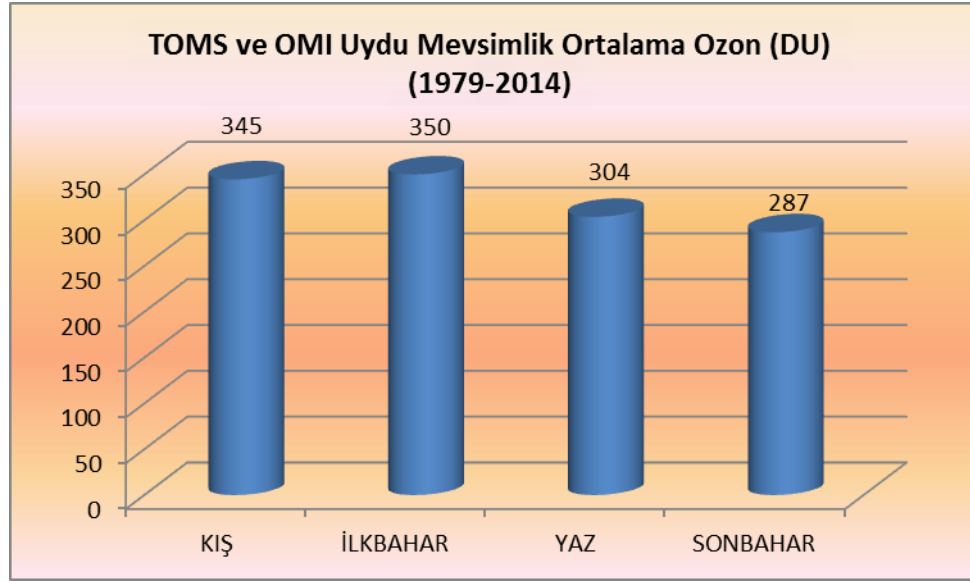
4. TOMS ve OMI UYDU VERİLERİNE GÖRE TÜRKİYE MEVSİMLİK ve AYLIK OZON ANALİZİ (1979-2014)



Şekil 6: Türkiye Uzun Yıllar Aylık Ortalama Ozon Grafiği (1978-2015).

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

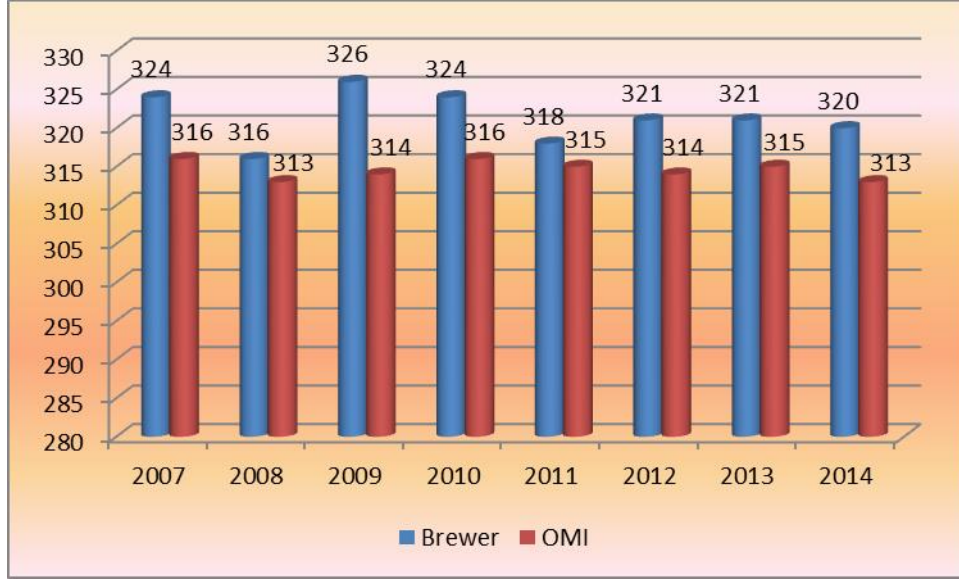
Şekil 6'da aylık ortalama toplam ozon değerleri görülmekte. Bu değerlerin Türkiye'nin bulunduğu kuzey yarımküre orta enlemlerdeki ozon tabakası ortalama değerlerine uyumlu gözükmektedir. En yüksek aylık ortalama toplam ozon değeri 358 DU ile Mart ayında ve en düşük değer ise 285 DU ile Ekim ayında görülmektedir. En düşük ve en yüksek değerler arasındaki fark 73 DU'dur.



Şekil 7: Türkiye Uzun Yıllar Mevsimsel Ortalama Ozon Grafiği (1979-2014)

Toplam ozon değerlerinin kuzey yarımküre orta enlemlerdeki eğilimlerinin, mevsimsel olarak kış sonu ilkbahar başında en yüksek seviyesine ve yaz sonu sonbahar başında ise en düşük seviyesine ulaştığı görülmektedir. Şekil 7'de ki mevsimsel değerler de bu durumla uyumludur. Buna göre; Türkiye için en yüksek mevsimsel ozon değeri 350 DU ortalama ile ilkbahar mevsiminde, en düşük değer ise 287 DU ortalama ile sonbahar mevsiminde görülmektedir. Bu iki mevsim arasındaki fark 63 DU olmuştur.

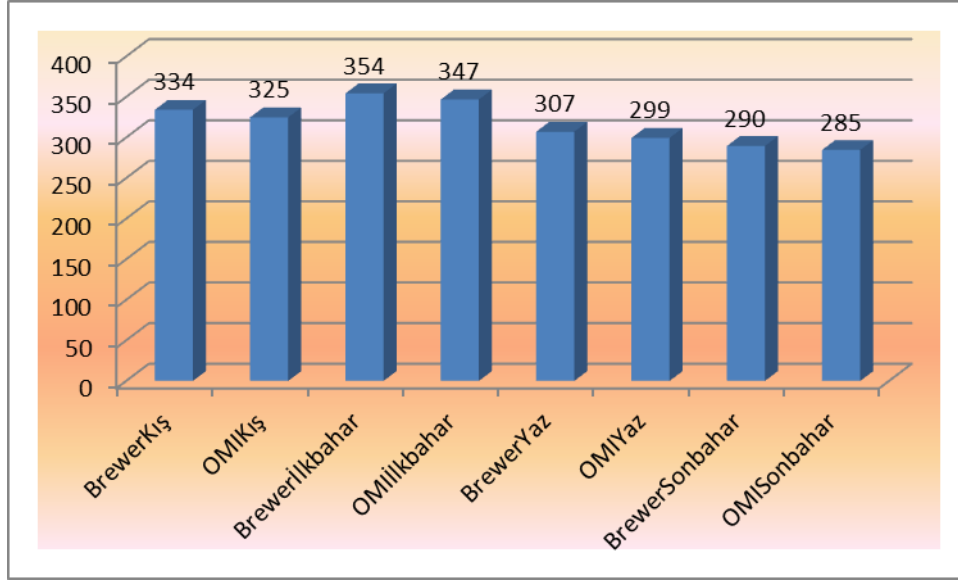
5. BREWER SPEKTROFOTOMETRE TOPLAM OZON VERİLERİNİN
OMI UYDU VERİLERİYLE KARŞILAŞTIRMASI (2007-2014)



Şekil 8: 2007-2014 Yılları arası Brewer Spektrofotometre ve OMI Uydu Verilerinin Karşılaştırması

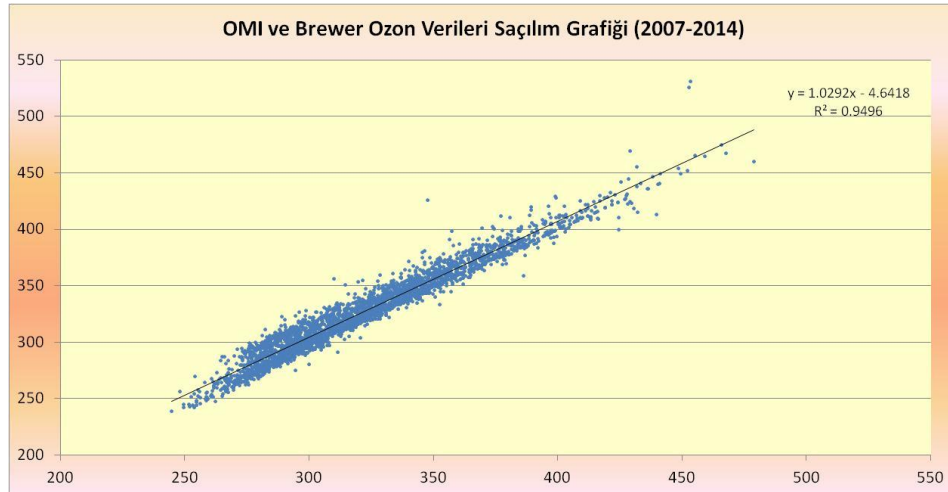
Şekil 8'de, Ankara üzerinde 2007-2014 yılları arası Brewer cihazı ve OMI Uydu yıllık ortalama toplam ozon verilerindeki değişim görülmektedir. Şekilde, periyot süresince Brewer verilerinin OMI uydu verilerinden daha yüksek ortalamaya sahip olduğu görülmektedir. Yıllık ortalama değerler arasındaki farklar ise %1 ile %4 arasında değişmektedir. Yıllık ortalama ozonun, 8 yıllık periyotta (2007-2014), uydu verilerinde 313-316 DU arasında, Brewer verilerinde ise 316-326 DU arasında değiştiği gözlenmiştir. Her iki ölçüm sisteminde de 2008 yılı en düşük ortalamanın görüldüğü yıl olarak öne çıkmıştır.

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 9: OMI Uydu ve Brewer Ozon Verilerinin Mevsimlik Karşılaştırması (2007-2014)

Şekil 9’ da, uydu ve yer temelli ozon verilerini mevsimlik olarak karşılaştırdığımızda dikkati çeken en önemli konu; tüm ozon araştırma ve değerlendirmelerinde görüldüğü gibi, Türkiye’nin bulunduğu kuzey yarımkürede orta enlemlerdeki toplam ozon değerlerinin birbiri ile uyum içerisinde olmasıdır. Buna göre, ozon kış sonu ilkbahar başında en yüksek değerlere ulaşırken, sonbahar aylarında ise en düşük değere düşmektedir.



Şekil 10: Uydu ve Brewer Ozon verileri arasındaki saçılım diagramı.

Uydu ve Brewer ozon verileri arasında %95 oranında bir ilişki olduğu görülmektedir.

6. SONUÇLAR

- 36 yıllık (1979-2014) Türkiye ortalama toplam ozon değeri 318 DU olarak bulunmuştur. En düşük yıllık ortalama ozon değeri 299 DU ile 1993 yılında ölçülmüştür. En yüksek yıllık ortalama ozon değeri ise 333 DU ile 1982 ve 1991 yıllarında tespit edilmiştir.
- 36 yıllık (1979-2014) ve 82 grid noktasının ortalaması bir düşüş eğilimi göstermektedir. Bu eğilim, $y = -0,41x+325,37$ formülü ile gösterilmiştir. Regresyon Katsayısı (R^2) =0,3225 istatistiksel olarak anlamlı değildir.
- Mevsimlik değerlendirmeye göre; Türkiye'nin en yüksek ozon mevsimi olan ilkbahar mevsimi ortalama ozon değeri 350 DU, en düşük ozon mevsimi olan sonbahar için 287 DU, en yüksek ikinci mevsim olan kış değeri 345 DU ve en düşük ikinci mevsim yaz değeri 304 DU olmuştur. En düşük ortalama değere sahip mevsim sonbahar ile en yüksek ortalamaya sahip mevsim ilkbahar arasındaki ortalama ozon farkı 63 DU olmuştur.
- 1979-2014 periyodu için aylık ortalama toplam ozon değerleri, Türkiye'nin de bulunduğu orta enlemlerin ozon değerlerine uygun bir sonuç ortaya koymuştur. Bu sonuca göre; en yüksek ortalama toplam ozon değeri Mart (358 DU) ayında, takiben Nisan (354 DU) ve Şubat (348 DU) aylarında görülmüştür. Ekim (285 DU), Eylül (289 DU) ve Kasım (289 DU) ayları en düşük ozon değerlerine ulaşılan aylar olmuştur. Aralık (309 DU) ayı yeniden yükseliş eğiliminin başladığı ay olarak dikkat çekmektedir. En düşük ve en yüksek değerler arasında 73 DU fark vardır.
- 1979-2014 periyodunu 3 eşit parçaya bölerek yapılan değerlendirmede; ilk 12 yıllık (1979-1990) periyotta 323 DU olan toplam ozon ortalaması, ikinci (1991-2002) periyotta 315 DU ve üçüncü (2003-2014) periyotta ise 314 DU olarak hesaplanmıştır. Bu durum, kuzey yarımküre orta enlemlerde ozon tabakasının kendisini yakın zamanda onarmaya başlayacağı tezinin takip edilmesi açısından önemli bir parametredir.

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

KAYNAKLAR

1. **G.J. Smit, Herman**, Quality Assurance and Quality Control for Ozonesonde Measurements in GAW, the Panel for the Assessment of Standard Operating Procedures for Ozonesondes (ASOPOS), GAW Report No. 201, September 2011.
2. **Kahya, C., Aksoy, B., Demirhan, D., Topcu, S., Incecik, S., Acar, Y., Ekici, M., Ozunlu, M.**, “Ozone variability over Ankara, Turkey” Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 06756, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-06756, 2007.
3. **Chandra ve ark., 1996, Hood ve McCormick, 1997, Chandra S and R.D McPeters,1994**, “The solar cycle variations of ozone in the stratosphere inferred from Nimbus 7 and NOAA 11” Journal Geophysical Research, 20665-20671, 1999.
4. **A. J. Krueger, B. Guenther, A. J. Fleig, D. F. Heath, E. Hilsenrath, R. McPeters and C. Prabhakara**, “Satellite Ozone Measurements” Laboratory for atmospheric sciences, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland 20771 USA 191-204 191p, 1980.
5. **James, P.M.**, “A Climatology Of Ozone Mini-Holes Over The Northern Hemisphere” Meteorologisches Institut der Universitat Munchen, Theresienstr. 37, D-80333 Munchen, Germany, International Journal Of Climatology *Int. J. Climatol.* **18**: 1287–1303, 1998.
6. **A. Douglass, V. Fioletov ve ark.**, World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 52, “*Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010 “Stratospheric Ozone and Surface, Ultraviolet Radiation”* Chapter 2.1 p. ve 2.2 p, 2010.
7. **A. Douglass, V. Fioletov ve ark.**, World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 52, “*Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010 “Stratospheric Ozone and Surface, Ultraviolet Radiation”* Chapter 3.1 p. ve 3.2 p, 2010.
8. **Acar, Y. ve ark.**, “Atmosfer ve Ozon”, *Teknik Rapor*, DMİ Genel Müdürlüğü Yayınları, 2004.
9. http://daac.gsfc.nasa.gov/upperatm/image_index.html
10. <http://science.nasa.gov/missions/toms/>
11. http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/media/images/daily/OMPS-NPP-TC_EDR_TO3_L3Daily_Ozone-v1.0-2015m1005-2015m1010t214609.png
12. <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/acdisc/TOMS>
13. <https://data.nasa.gov/Earth-Science/SAFARI-2000-TOMS-Tropospheric-Ozone-Data-Southern-/y9pa-yf5k/about> http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/qa/faq_omi.md#g_1
14. <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/acdisc/TOMS>
15. <http://aura.gsfc.nasa.gov/about.html>
18. Ozone Monitoring Instrument (OMI) Data User’s Guide, 20 p., 2012.

ARTVİN-HOPA TAŞKINININ UYDU- RADAR VERİLERİYLE ANALİZİ VE TAŞKIN HESABI

Esin OĞUZ, Yusuf ULUPINAR, Alaattin UĞURLU, Başak YAZICI

Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Araştırma Dairesi Başkanlığı
Ankara

esoguz@mgm.gov.tr, yulupinar@mgm.gov.tr, augurlu@mgm.gov.tr, byazici@mgm.gov.tr,

ÖZET

Bu çalışmada, 24 Ağustos 2015 tarihinde Hopa bölgesinde meydana gelen taşkın olayı uydu ve radar verileri kullanılarak incelenmiştir. Taşkın öncesi ve taşkın dönemini kapsayan uydu ve radar görüntüleri kullanılarak taşkın etkilediği alanlar belirlenmiş ve bu görüntüler ile çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır. Sonrasında, Hopa ilçesinde bulunan Yoldere Deresi'nin taşkın debileri Sentetik yöntemler (Mockus ve DSİ Sentetik Yöntemleri) ile hesaplanmış, taşkın yayılım alanları uydu ve radar görüntüleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Havza karakteristikleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Yöntemlerin sonuçları karşılaştırılarak, Mockus Metodu ve SCS yağış-akış modeli ile hesaplanan değerler kabul edilmiştir.

Anahtar Kelimeler; Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemi Sentetik Yöntemler, SCS Yağış-Akış Modeli

1.GİRİŞ

Taşkınlar birçok bölge ve ülkede ekonomik ve sosyal hayatı etkileyen önemli doğal afetlerden biridir (CEOS, 2003). Uzaktan algılama; haritacılık, jeoloji, şehir ve bölge planlama, hidroloji, biyoloji, meteoroloji, tarım, çevre ile ilgili çalışmalar, doğal afetlerin izlenmesi, askeri istihbarat ve buna benzer birçok alanda aktif bir şekilde kullanılmaktadır (Showengerdt 2007). Uzaktan algılama (UA) teknikleri, uzak mesafeden geniş bölgelerin görüntülenmesi, istenilen miktarda verinin depolanması, yüksek hesaplama hızı, sistem çıktılarının çok yönlü bir yapıya sahip olması, klasik yöntemlerle hesaplanması çok zor olan verilerin daha kolay ve kısa sürede elde edilebilmesi gibi olanak ve yetenekler sunmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak uzaktan algılama, taşkın haritalama ve hasar tespit çalışmalarında çok kullanışlı bir kaynak haline gelmiştir (Özdemir 2008). Günümüzde uydu görüntüleri, geniş alanları görüntüleyebilme özelliğiyle doğal afetlere ve taşkınlara karşı önceden bir takım önlemlerin alınması ve risk bölgelerinin tespit edilmesine yönelik önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Batur ve Maktav 2012).

2. ÇALIŞMA ALANI VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Yapılan bu çalışma da, 24 Ağustos 2015 tarihinde Hopa bölgesinde meydana gelen taşkın olayı incelenmiştir. Taşkın yayılım alanlarının belirlenebilmesi için TÜBİTAK RASAT Araştırma Uydusu (RASAT Araştırma Uydusu yüksek çözünürlüklü optik görüntüleme sistemine ve Türk mühendislerce tasarlanıp geliştirilen yeni modüllere sahip olan ve Türkiye’de tasarlanıp üretilen ilk yer gözlem uydusudur) ve Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilmiş radar görüntülerinden yararlanılmıştır.

Hopa ve Hopa ve Yoldere Deresi havza parametrelerinin heabında Coğrafi Bilgi Sisteminden yararlanılmıştır.Yapılan hesaplamaların sonucunda Hopa ve Yoldere Deresi havza parametreleri Tablo 2.1’de, çalışma yeri ise Şekil 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 : Çalışma Alanı Havza Parametreleri

Havza No	Yer Adı	Dere Adı	Koordinat		Kot, m	Yağış Alanı (A), km ²	L, m	L _c , m	h ^{min} =h ₀	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆	h ₇	h ₈	h ₉	h _{max} =h ₁₀	S
			Enlem	Boylam																
1	Hopa Çayı	Hopa Çayı	41°22'	41°25'	2	75,30	10808	5807	2	10	18	23	30	65	92	120	220	321	862	0,0171
2	Yoldere	Yoldere Deresi	41°23'	41°28'	55,4	13,40	5550	3834	55,4	60	80	92	110	140	160	190	250	418	680	0,4180



Şekil 2.1: Çalışma alanı yeri

3. TAŞKIN YAYILIM ALANLARININ TESPİTİ

Uzaktan Algılama uydularının en önemli özelliği yeryüzünde geniş alanları, belli zaman aralıklarıyla sürekli ve çok bantlı tarayarak, sayısal veri kaydetmesidir. Uydu verileri, çok kısa aralıklarla ilgi alanlarının sürekli gözlenebilmesinde, içinde sel baskınları ve taşkınlarında olduğu pek çok doğal afet olaylarının anlaşılabilmesinde çok değerli bilgiler taşır. Bazı taşkın parametrelerini anlamada yeterli bilgiler (yoğun yağmur olaylarının tahmini, kar erimeleri, akış yönü, akış hızı, ilgi alanının arazi kullanımı/arazi örtüsü, toprak tipi, topografik yapısı...) uzay teknolojilerinin yüksek, orta, düşük çeşitli ayırım gücündeki, çeşitli uydu görüntülerinden sağlanabilmektedir. Taşkın alanı çoğu zaman binlerce kilometre karelik alanları kaplamakta ve bu alanların doğru, hızlı tespiti ve değerlendirilmesi, radar veya optik uzaktan algılama uydu verileriyle yapılabilmektedir (Yıldırım 2002).

Yapılan bu çalışmada 24 Ağustos 2015 tarihinde Artvin-Hopa'da meydana gelen taşkın, RASAT Araştırma Uydusu'ndan alınan uydu verileriyle, taşkın yayılım alanlarının tespiti yapılmıştır. Taşkın dönemi öncesi ve taşkın dönemine ait uydu verilerine ulaşılamadığından, taşkın olayı sonra 02 Eylül 2015 tarihinde elde edilen uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. 09

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

Eylül 2015 tarihinde RASAT Araştırma Uydusu'ndan alınan Hopa ilçesi uydu görüntüleri ve CBS ile belirlenmiş taşkın yayılım alanları tespit edilmiş ve Şekil 3.1 'de gösterilmiştir.

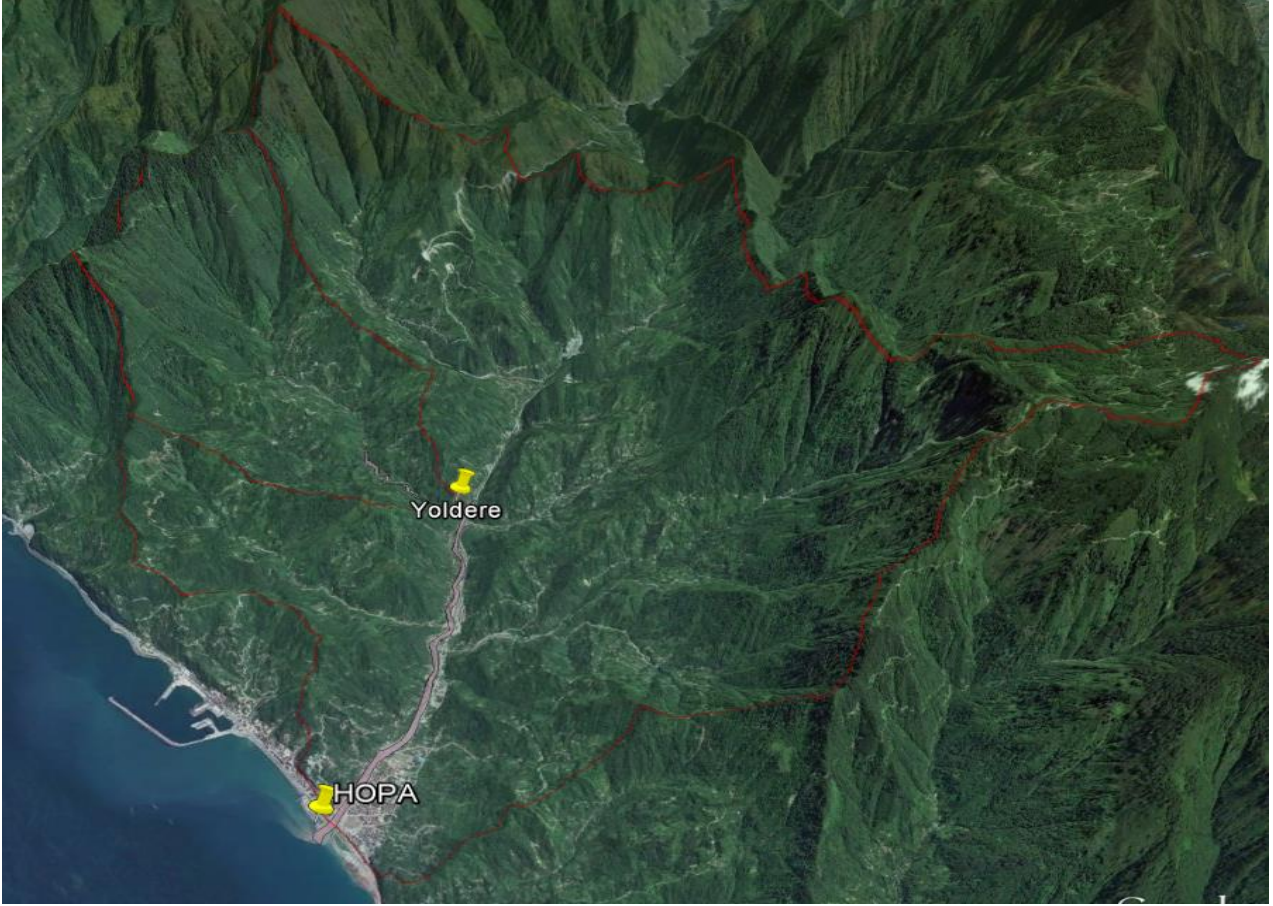


Şekil 3.1: 02 Eylül 2015 Tarihli RASAT Araştırma Uydusu görüntüsü (1) ve Yayılım alanları (2)

Şekil 3.2 'de çalışma alanı yağış alanları, Şekil 3.3'de ise RASAT Araştırma Uydusu görüntülerinin Google Earth programına işlenmesiyle elde edilen yayılım alanları gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Hopa ve Yoldere Deresi yağış alanları



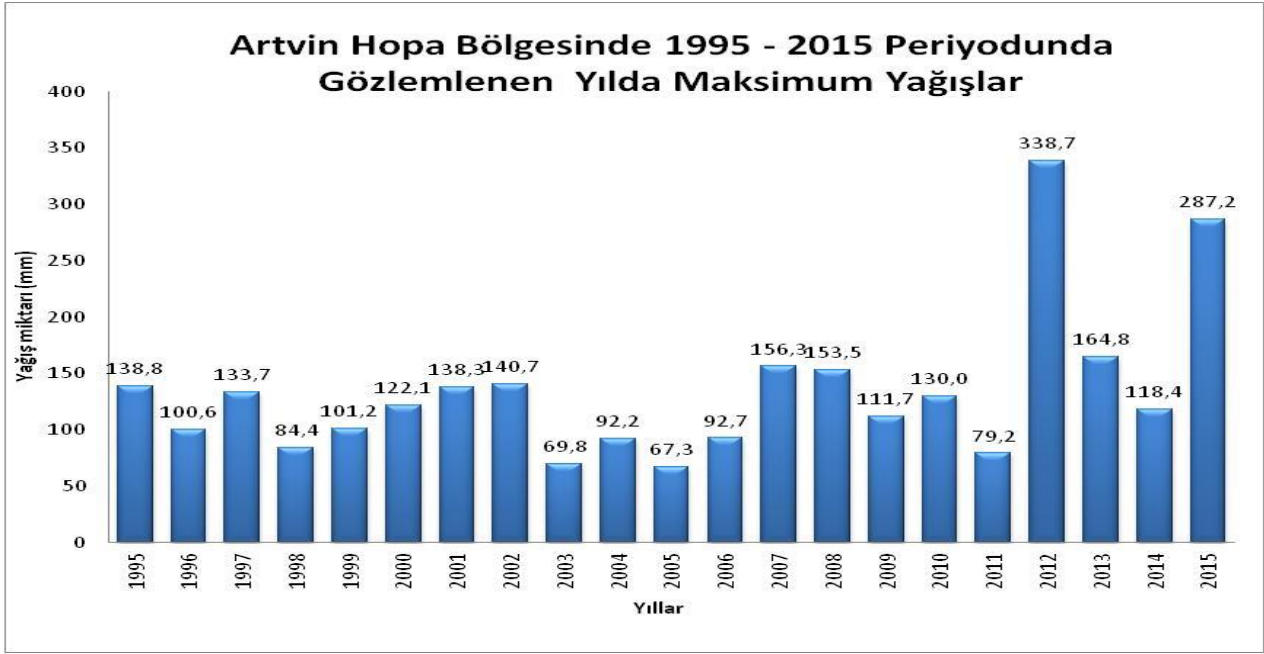
Şekil 3.3: RASAT Araştırma Uydusu görüntülerinin Google Earth programına işlenmesiyle elde edilen yayılım alanları

3. ARTVIN HOPA İKLİM ÖZELLİKLERİ VE YAĞIŞ ANALİZİ

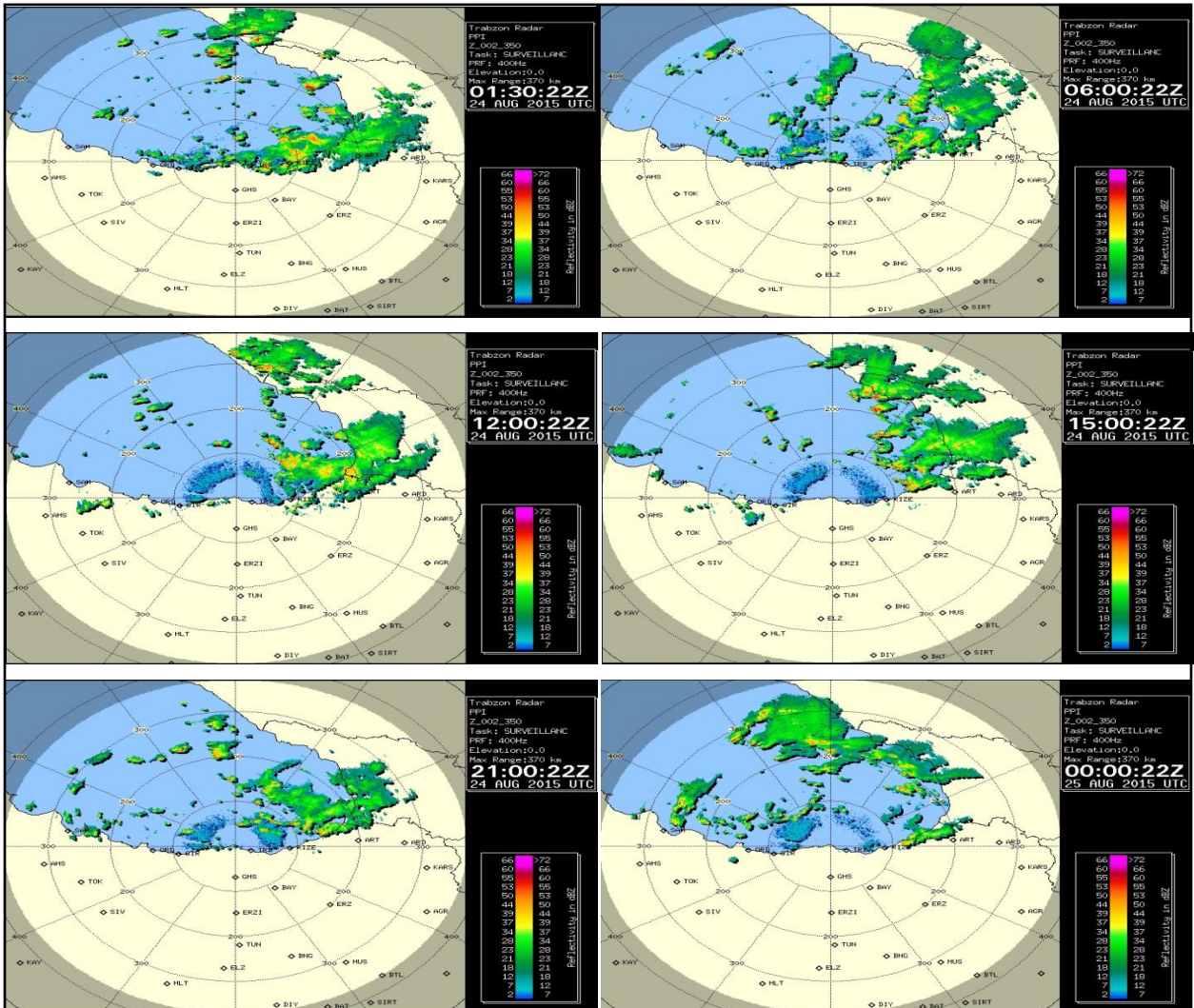
Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer alan Artvin Hopa'da Karadeniz bölgesi iklimi hakimdir. Genelde Karadeniz bölgesi her mevsim yağışlı ve sahil kesimlerindeki yağış coğrafi yapısı sebebiyle 1000 mm'nin üzerindedir. Karadeniz bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıklar 12-16°C civarındadır. Artvin Hopa'da Ağustos ayı, yılın en sıcak ayıdır. En az yağış Nisan ve Mayıs aylarında, en yüksek yağış ise Ekim ayında gözlemlenmektedir.

Bunun yanı sıra, özellikle son yıllarda iklim değişikliğinin etkileri olan mevsimlerdeki kaymalar ve ekstrem olayların sayısı ve şiddetindeki artışlar ülkemizde de bazı ekstrem olayların daha sık ve şiddetli bir biçimde gözlemlenmesine sebep olmuştur. Hopa'da 1995-2014 yılları arasında Ağustos ayında gözlemlenen maksimum yağış miktarı 2001'de gözlemlenen 113.8mm'dir. Şekil 3.1'de Hopa'da 1995-2015 yılları arasında gözlemlenen maksimum yağışların dağılımını göstermektedir. Ağustos 2015'te Hopa'daki taşkına sebep olan yağış miktarı ise 287.2 mm bu yağış geçişi MGM Trabzon radarında gözlemlenmiştir (Şekil 3.2).

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 3.1 Artvin Hopa Bölgesinde 1995-2015 Periyodunda Gözlemlenen Yılda Maksimum Yağış Değerleri



Şekil 3.2 MGM Trabzon Radarı 23-24 Ağustos Gözlemleri

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

24 Ağustos 2015 tarihinde meydana gelen şiddetli yağış sonucunda meydana gelen taşkın hesaplanabilmesi için, sentetik yöntemlerle 2, 4, 6, 12, 18 ve 24 saat süreli ve çeşitli yinelenmeli taşkınlar hesaplanmıştır (Tablo 3.1). Her bir taşkın çalışılan derenin yağış alanı için çeşitli süreli (1-24 saat) yağışlardan gelen taşkın debileri kabul edilmiştir.

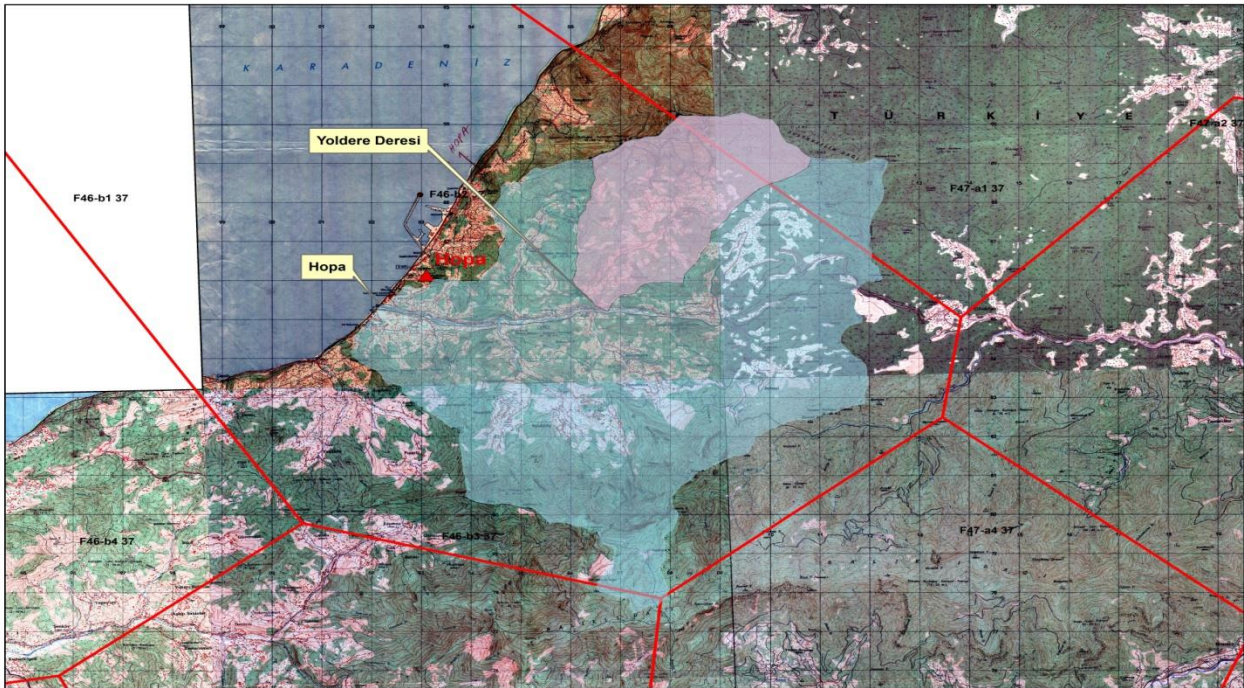
Tablo 3.1 Hopa MGM MGİ Yinelenmeli Yağış Değerleri

İstasyon Adı	Dağılım Tipi	2 Yıl	5 Yıl	10 Yıl	25 Yıl	50 Yıl	100 Yıl	200 Yıl	500 Yıl
Hopa MGM MGİ	Log-Pearson Tip-3	98,13	130,65	158,21	200,64	238,42	282,19	332,89	392,70

4. SENTETİK YÖNTEMLERLE TAŞKIN HESABI

24 Ağustos 2015 tarihinde, Artvin ili Arhavi, Hopa ve Borçka ilçeleri ve köylerinde sağanak yağış nedeniyle su baskını, sel ve heyelan olayları meydana gelmiştir. Yapılan bu çalışmada sel olayının meydana geldiği Hopa ilçesi, Yoldere deresinin taşkın hesabı sentetik yöntemlerden Mockus Yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanı ve çevresinde iklim özelliklerini oluşturan atmosferik bileşenler Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından ölçülmektedir. Meteoroloji gözlem istasyonlu konumu, Pafta 4.1'de, hidroloji çalışmalarında verileri kullanılan Hopa Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Meteoroloji Gözlem İstasyonuna (MGİ) ait fiziksel özellikler Tablo 1.1'de verilmiştir. Çalışma alanı çevresi'nde taşkın çalışılan Yoldere deresinin yağış alanını Hopa MGM MGİ temsil etmektedir. Thiessen Poligonu meteoroloji istasyonları dikkate alınarak çizilmiştir (Pafta 4.1)



Pafta 4.1 Çalışma Alanı Yağış Alanı ve Thiessen Poligonu

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

Sentetik yöntemlerden Mockus Sentetik Yöntemi ile çeşitli yinelenmeli taşkın debileri hesaplanmıştır. Çalışmaların detayları aşağıda açıklanmıştır.

Tablo 4.1 Hopa-Yoldere Deresi İçin Sentetik Yöntemlerle Elde Edilen Çeşitli Yinelenmeli Taşkın Debileri, m^3/s

Havza Adı ve Kullanılan Yöntem	Mockus Sentetik Yöntemi	
	$Q_{\text{yağmur}}$	$Q_{\text{yağmur+Baz}}$
2	23,2	23,2
5	40,1	40,1
10	56,0	56,0
25	82,1	82,1
50	106,5	106,5
100	135,8	135,8
500	191,0	191,0
1000	214,7	214,7

*** Baz akım mertebesi olarak küçük olduğundan "0 (Sıfır)" alınmıştır.

Hopa-Yoldere Deresinde, Mockus Yöntem ile hesaplanan taşkın debileri Tablo 4.1'deki gibidir. Yapılan hesaplamalara göre; Yoldeere Deresi, Mockus Yöntem ile elde edilen 100 yıllık taşkın debisi $Q_{100} = 135,8 m^3/s$ 'dir. 24 Ağustos 2015 günü meydana gelen yağış **287,2 mm**'dir. Bu yağış değeri Hopa MGM MGİ yılda günlük en büyük yağış değerleri frekans analizi sonuçlarına göre 100 yıllık bir yağışa denk gelmektedir (Tablo 3.1).

5. SONUÇLAR

Çalışma alanı noktaların koordinatları, havza karakteristikleri Tablo 2.1'de, hesaplanan debi değerleri ise Tablo 4.1'de verilmiştir. Çalışma alanındaki taşkın yayılım alanlarını taşkın dönemi öncesi, taşkın anı ve taşkın dönemi sonrası olarak gözlemlemek istenilmiştir. Ancak gerekli uydu verileri temin edilemediğinden 02 Ekim 2015 tarihli RASAT Araştırma Uydusu görüntülerinden yararlanılmıştır. Bölgedeki taşkın dönemindeki yağış ise MGM Trabzon radarı görüntülerinden yararlanılarak incelenmiştir. Projede hidrolojik açıdan akım gözlem istasyonlarının kapalı ve

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

gözlemlerin yetersiz olması önemli bir problemdir. Bölgede akım gözlem ağı genişletilmeli, kapalı istasyonlar açılarak açık olan istasyonlarda da değerlendirmelere devam edilmelidir.

Hopa-Yoldere Deresinde meydana gelen taşkın, bölgede meydana gelen taşkın olaylarından en yoğun olarak görüldüğü yerlerden biridir. Hopa-Yoldere Deresinde, Mockus Yöntem ile hesaplanan taşkın debileri Tablo 4.1'deki gibidir. Yapılan hesaplamalara göre; Hopa-Yoldere'de, Mockus Yöntem ile elde edilen 100 yıllık taşkın debisi $Q_{100} = 135,8 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Ayrıca 24 Ağustos 2015 günü meydana gelen yağış $287,2 \text{ mm}$ 'dir. Bu yağış değeri Hopa MGM MGİ yılda günlük en büyük yağış değerleri frekans analizi sonuçlarına göre 100 yıllık bir yağışa denk gelmektedir(Tablo 3.1).

6. KAYNAKLAR

- [1] COMMITTEE ON EARTH OBSERVATION SATELLITES (CEOS). (2003),*“The Use of Earth Observing Satellites for Hazard Support: Assessments and Scenarios. Final Report of the CEOS Disaster Management Support Group (DMSG) ”*
<http://www.ceos.org/pages/DMSG/2001Ceos/Reports/flood.html> (14.04.2008)
- [2] Showengerdt R.A. 2007. *Remote Sensing Models and Methods for Image Processing. Third Edition, Tucson, Arizona, s.2-8.*
- [3] Özdemir, H. 2008. *Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde CBS UZAL ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu. Çevre ve Orman Bakanlığı DSĞ Genel Müd. 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Hazırlık Toplantısı, s.131-142.*
- [4] Batur E., Maktav D., 2012, *Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Meriç Örneği, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Ocak 2012 Cilt 5 Sayı 3(47-54)*
- [5] Yıldırım H., 2012 *Envisat Uydu Verisi Desteği Kazanmış “Türkiye’de Envisat Uydu Verileri İle Taşkınların Takibi” Mam Projesinin Tanıtımı, Uluslar arası Radyo Bilimleri Derneği Ulusal Kongresi*
- [6] *Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Rasat Bilgileri, 2015*
- [7] *Devlet Su İşleri, Rasat Bilgileri, 2010*
- [8] Bayazıt M., *Hidroloji, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1999*

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

INFRASTRUCTURAL AND INSTITUTIONAL CAPABILITIES FOR CLIMATE SERVICES AND GLANCE AT WMO REGION VI

Mesut DEMIRCAN

MSc. in Physical Geography
Geodesy & Photogrammetry Engineer
Turkish State Meteorological Service
Research Department
Climatology Division
e-mail: mdemircan@mgm.gov.tr

A. The Climate for Whose:

Climate products have different meanings for the users from every sector. For this reason, each user community tends to a different product. For example, scientists interest in such climate products which consist of climate variability from past to present, oscillation range and the extreme conditions, comparison of past, present and the future climate conditions. In this context, products; which shows oscillation and changes in climate, comparing with today's climate and long term normal as monthly and annual assessment in local and global scale with the standard time periods and what is the climate and climatic parameters from the beginning of the world, are used in scientific studies.

Public and sectorial user community show more interest in another class of climate products such as seasonal and monthly forecasts and the secondary climate products such as cooling and heating degree days, heat index and drought and so on and they use these products for planning their works. For example, 'What will happen' is very important than 'What happened' for the energy sector to plan future energy use and agricultural sector to plan stages of agricultural production. However, sectors such as insurance especially interest in records of extreme weather events when they occurred. And also long term climate data are demanded by sectorial user while planning and building industrial plants, solar and wind energy farms, dams, airports and so on. This issue can be seen also in recommendations of Fifteenth session of the Commission for Agricultural Meteorology (CAgM) "the Commission recommended the implementation of tools and services aimed at multiple stakeholders and for assisting with risk management. Tools and services should address long-term (strategic), seasonal (tactical) and short-term (operational) forecasting and the distinct differences between these services. Service delivery should assume a basic minimum access to ICT and should build up from the minimum in a progressive manner (paragraph 4.27 WMO-No. 1062)".

Scenarios of global and regional climate models are used mostly by scientists and decision-makers, governments, intergovernmental and international structures for one or more decadal planning (fig. 1).

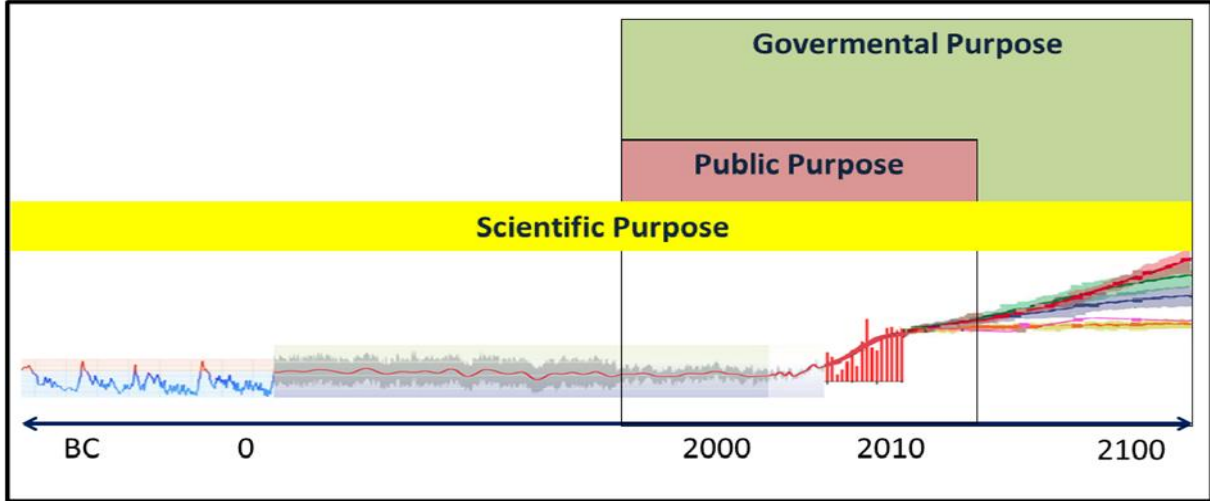


Figure.1 Users for climate monitoring products.

B. The Climate Products Features:

B.1 Standard Period:

In order to speak on climate, first of all, it is required to have observations of climate variables and series of observed climate variables. Reliable data sets are needed to make accurate climate analysis. If we make this analysis on a large scale such as countries, continents and the world, it needs to use the standard periods, and i.e. observations must have a common period.

It is one of challenges in climate analyzes from the early and mid1800's to today which instrumental observations began in, both the lack of global distribution and adequate number of observation stations and continuously changing in measurement systems. There are useful studies to overcome from these difficulties to derive climate data base such as tree rings, isotope techniques etc. which are methods the paleo-climatology, and also data recovery efforts, satellite climatology, re-analysis products of forecasting models.

On the other hand, there are difficulties in using the standard periods due to the climate observations have not begun at same times in every country. Moreover, observation network may not be operated and observations may be interrupted because of the economic challenges, wars, and political turmoil and so on. However, the standard periods of 1961-1990, 1971-2000 or 1981-2010 can be used together with or separately according to most common period inside of countries.

In case of selecting one of these standard periods, it must be drawn attention of National Meteorological Services to the importance of preparing of a homogeneous data sets for selected period. Another tool for normal's data sets of the standard period may be database which derived from re-analyzed data sets or model outputs (fig. 2).

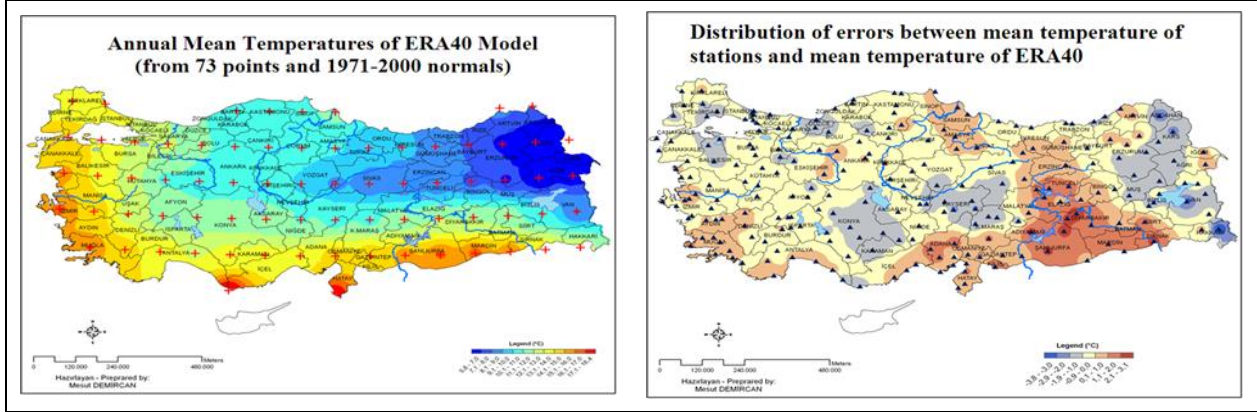


Figure2. 1971-2000 average temperature of ERA40 re-analysis data set of the European Centre for Medium-Term Weather Forecasts (ECMWF) which has created for the Turkey and differences between observations. ERA40 has been produced from different sources of meteorological observations by the ECMWF Integrated Forecast System (IFS) (which have 1,125° (~125km) resolution and topography ranging from 50m to 2500m for Turkey)(Demircan, M. et al., 2011).

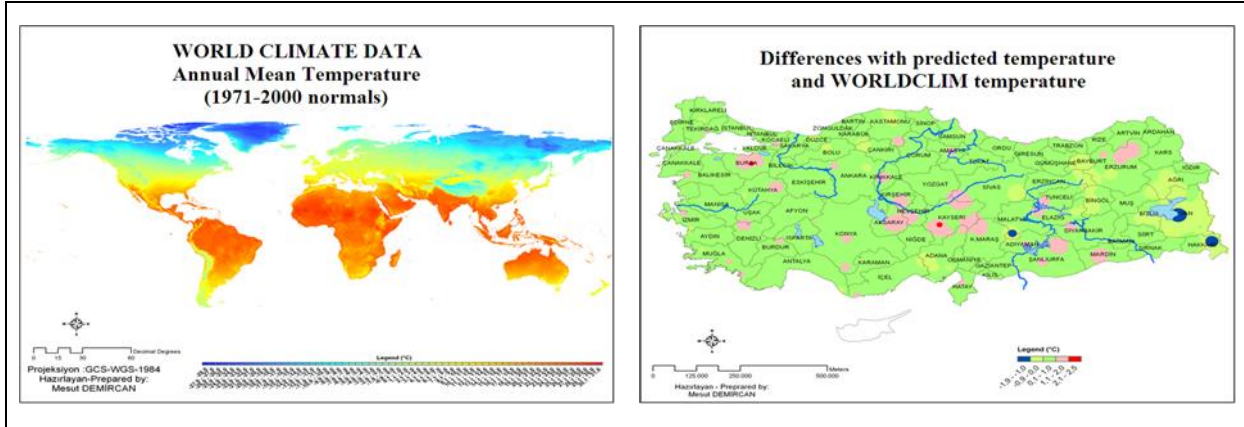


Figure3. 1971-2000 average temperature of Global Climate Data (WorldClim) and differences between predicted temperatures for Turkey(which have 30 arc second (~1km) resolution and topography ranging from 0–3730m for Turkey)(Global Climate Data; <http://www.worldclim.org>) (Demircan, M. et al., 2011).

B.2 Climate Products Features:

Temperature and precipitation are most common climate products prepared by NMHS. NHMS also prepares wind, sunshine duration, radiation, snow and other climate variables products according to demands of stakeholders. Seasonal and monthly forecasts and secondary climate products such as extreme events, cooling and heating degree days, heat index and drought and so on are also prepared according to capacity of NHMS. Table, report, data, graphic, map and bulletin formats are used as climate products formats with one or more and separately or together.

While analyzing of a climate parameter; must be evaluated together with the normal period, the normal value, deviation of the normal value, the lowest and the highest value. For example, while analyzing temperatures of a month or a year, it can be seen normal trend in temperature but also it can consist of extreme cold or heat at same time. If we produce only

temperature normal product we do not make a true assessment for temperature. Nevertheless, that appears in recent years, a month can be seen wet after heavy rains which fall down in one or two days with above normal. In today's general findings, while temperature and precipitation do not show an excessive increase in their normal, they show an increase in their extreme events (fig. 4).

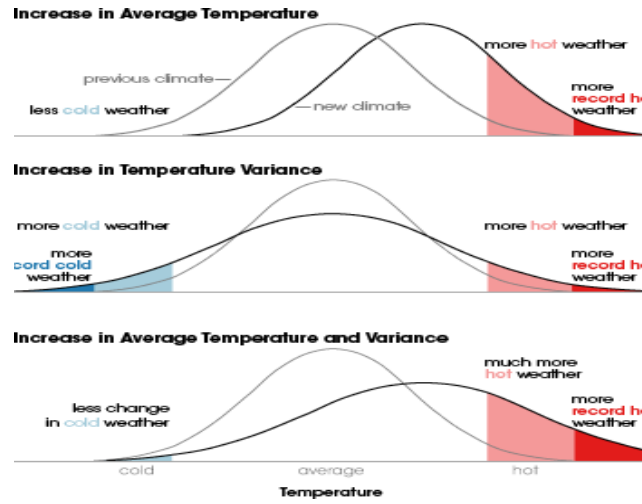


Figure4. Increase in average temperature, temperature variance and together (<http://hot-topic.co.nz/when-the-rain-comes/>)

B3. Sectoral Climate Products:

In generally stakeholders (i.e.; users, governments and climate related all sectors) follow up NHMS's standard climate products and they take into account in their works. Especially they interest in seasonal and monthly forecasts and the secondary climate products or specialized climate products. Unfortunately, they could not use directly in their works in sometimes due to time interval and format of climate products. Stakeholders demand time interval for climate products nearly one or two decade connected with current time i.e. 1990 – 2015 or 1985 – 2014 and this is different from climate products standard normal i.e. last climate normal is 1981 – 2010. Generally observation point's information is not enough for stakeholders and they want to spatial information which is basically produced by interpolation or comprehensively produced by modelling. Stakeholders demand digital format such as shape (one of GIS formats) to insert products directly their works.

Specialized climate products are based on threshold values for climatological parameters. These threshold values related with sectoral use and critic values for their purpose. Thresholds especially are important for future sectoral planning to combat with climate change in adaptation and mitigation plans (fig. 5, 6).

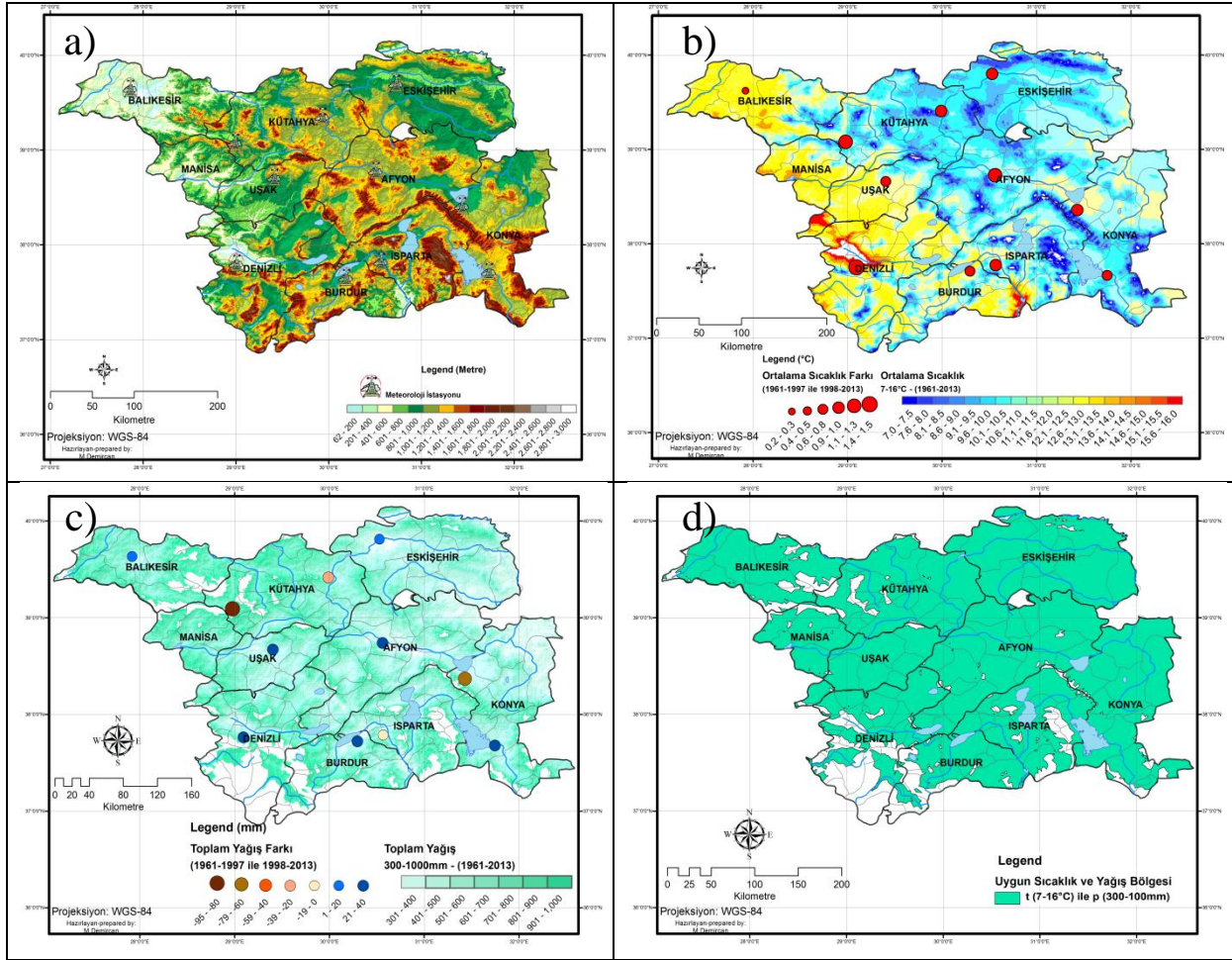
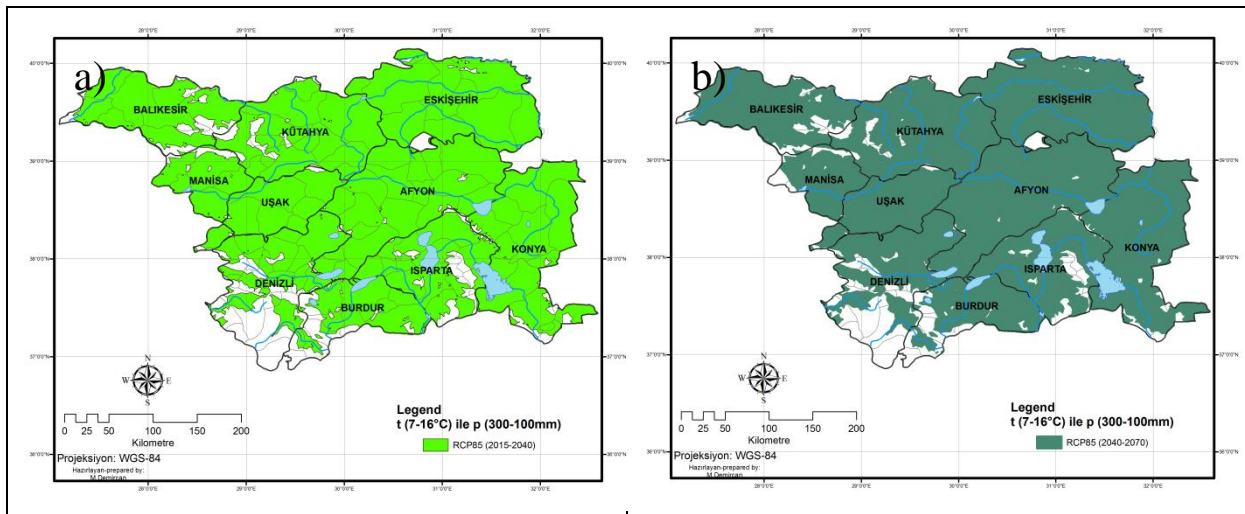


Figure 5. Region topography and station place (a) and Possible areas where poppy can be grown depending on temperature (b, temperature in range of 7-16°C), rainfall (c, precipitation in range of 300-1000 mm) and topography. Intersections of two layers, according to the long-term climatological parameters are determined as Poppy's life region (d). Dots show differences between time series mean 1961 – 1997 and 1997 – 2013 for temperature and precipitation (Yildirim et.al, 2015)



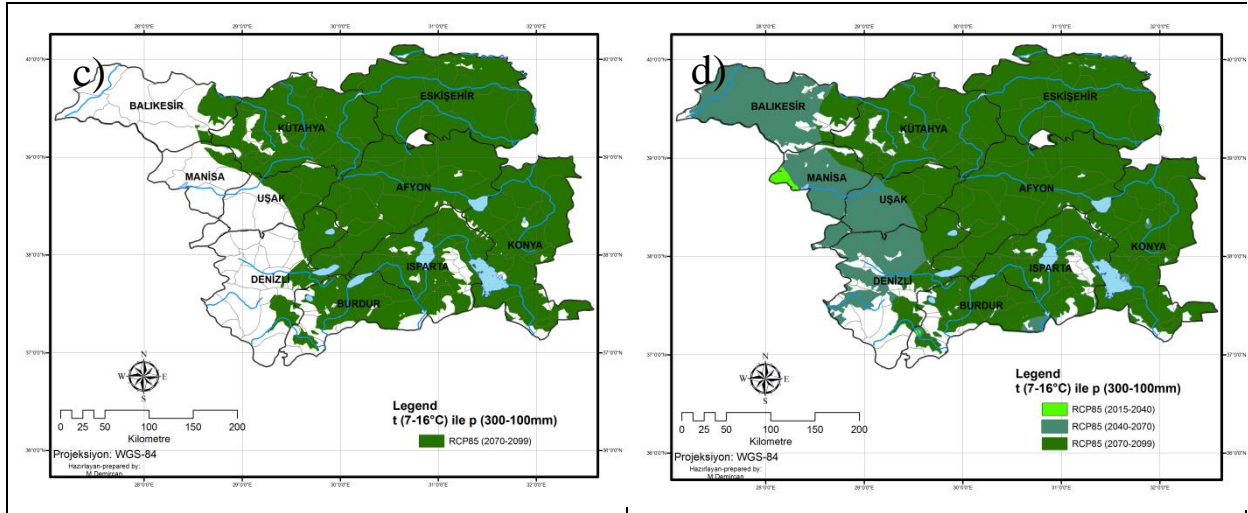


Figure6. Using temperature and precipitation projections for 2015-2040, 2040-2070 and 2070-2099 periods, possible changes are shown in poppy cultivation areas for the future. HadGEM-2ES RCP8.5 period for 2015-2040 (a), period for 2041-2070 (b), period for 2071-2099 (c), intersections of all layers (d) (Yildirim et.al., 2015)

C. The Institutional Location of Climate Services:

Climate services are categorised according to types of climate products. These are basic (Cat 1), essential (Cat 2), full (Cat 3) and advanced (Cat 4) according to (GFCS, 2014). Types of climate products can be seen in (fig.7). Most of national climate service providers are take place in basic to essential category and approximately one third in full to advanced category (fig.8).

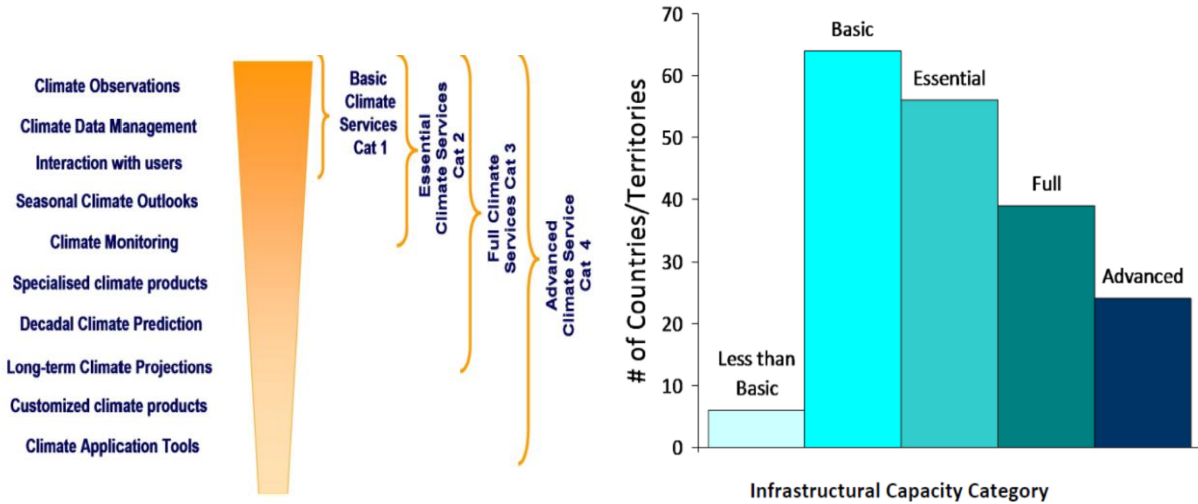


Figure7. Types of climate products and services by category of national climate service provider (GFCS, 2014)

Figure8. Profile of national climate service providers as a function of category, October 2010 (GFCS, 2014)

Climate has a relation and intersection with other branch of science such as meteorology, hydrology and agriculture and so on. Climatology uses meteorological data and

Dünya Meteoroloji Organizasyonu İklim Komisyonu Altyapı Ve Kurumsal Yetenekler Uzman Takımı'nın Toplantısı, 1-3 Eylül 2015, Cenevre/İsviçre

produces climate products such as precipitation, drought, extreme events, heat wave and monthly-seasonal forecast. At same time these products are produced by different services in NHMS. Climate services take place as roof structure such as department in some institutions or as a division under department. For example if the climate service has a department statue other branches such as observation, data management, monitoring and prediction take place as a division even agro-climatology/meteorology or hydro-climatology/meteorology. As a result of this these, all proses from observation to monitoring products and forecast products are prepared by climatological logic. In other circumstance if the climate service is a division in a department with other division hydrometeorology, agro-meteorology and so on, products are distributed to divisions for example precipitation prepared by hydrometeorology and drought monitoring prepared by agro-meteorology. In these case products may not be prepared in climatological logic.

D. Climate Products Training and Tools:

Training of climate services personnel, it has got great importance for national and global climate observations and climate monitoring products. In this regard, WMO Regional Training Centers (WMO RTC) can be used to provide training for climate service of NHMSs. Through this training, climate monitoring products can gain a standard format in all NHMSs. In this process, WMO must take an active role both training of RTC trainer, supplying of training document to RTC and providing financial support to trainees in developing or least developed countries (fig.9).



Training Course on "Climate Applications"
7 June 2010 - 11 June 2010, Alanya

Participants

Country	Name, Surname	Status
Turkey TSMS	Semut SENGOZ	Lecturer
Turkey TSMS	Özden TÜTEN	Lecturer
Turkey TSMS	Mesut DEMİRCAN	Lecturer
Turkey TSMS	Emine Asum BOZDOĞLU BİLGE	Lecturer
Bulgaria	Desislava DEMOVA	Trainee
Croatia	Renata ŠOKOL	Trainee
Hong Kong	Ho Sun CHAN	Trainee
Iran	Sahad Hussein KADHOM	Trainee
Jordan	Firas OMAR AL-HAZALMEH	Trainee
Kazakhstan	Anargul KALELOVA	Trainee
Libya	Sadeq EL AREFI	Trainee
Namibia	Laurinda SEBASTIANO	Trainee
Romania	Monica Silvia MATEI	Trainee
South Africa	Charlotte MBRIDE	Trainee
Thailand	Theerakul PIANANAN	Trainee
Turkey TSMS	Fatih KAYA	Coordinator
Turkey TSMS	Suat KIRAY	Coordinator
Turkey TSMS	Şenol ERBAZ	Coordinator

<http://www.rtc.dmi.gov.tr/courses-details.aspx?k=336>

Course Documents

- 1_WMO CCI Role on Climate Data
- 2_Observation SystemsClimate Services inTSMS
- 3_ClimateAtlasStudies
- 4_Modeling Solar Energy Potential in Turkey-Paper
- 4_Modeling Solar Energy Potential
- 6_Activities_in_the_EMCC
- 7_Climate indices
- AWOQ-Özden
- Climate Data Homogenization Mesut
- Climate definition Mesut
- Climatological Applications
- Climatological applicationsBASIC Mesut
- Climatological applicationsHDDCCD Mesut
- Climatological applicationsModTEMP Mesut
- Concept of remote sensing_Aynur
- EumetCast_CM-SAF_Aynur
- Overview_CM-SAF
- 8_Climate classifications
- 8_MonthlyAnalyses
- 9_Heat Index
- Agenda

Climate Applications
7 June 2010 - 11 June 2010



Figure9. Training course on Climate Applications was held in 7 June 2010 in WMO RTC Alanya Facility, Antalya, Turkey by TSMS.

WMO has prepared some guide and technical documents, these are

1. Guide to Climatological Practices, WMO-No. 100, 2011

(http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/WMO_100_en.pdf)

2. Compendium of Lectures Notes in Climatology for Class III and Class IV Personnel, WMO-No. 726, 1992

(<https://drive.google.com/file/d/0BwdvoC9AeWjURk5MT0dUVDF4eW8/edit>)

3. Introduction to Climate Change: Lecture Notes for Meteorologists, WMO-No. 926, 2002 (<http://www.wmo.int/pages/prog/dra/etp/documents/926E.pdf>)

4. On the Statistical Analysis of Series of Observations, WMO-No. 415, 1990

Documents are old as seen from publications date except Guide to Climatological Practices and they needs to update according to development in science and computer technology.

Today, there are many tools that climate monitoring products can be made with them. Especially, programs that produced under the name of Geographic Information Systems (GIS), are more skilful to make simple climate monitoring products as well as detailed product through modelling. WMO must take an active role supplying of program and it's training and training tools to developing or least developed countries. There is large number of GIS and mapping programs and model that leads to produce maps in many different formats. So it needs identification of the standard format for digital maps (fig.10).

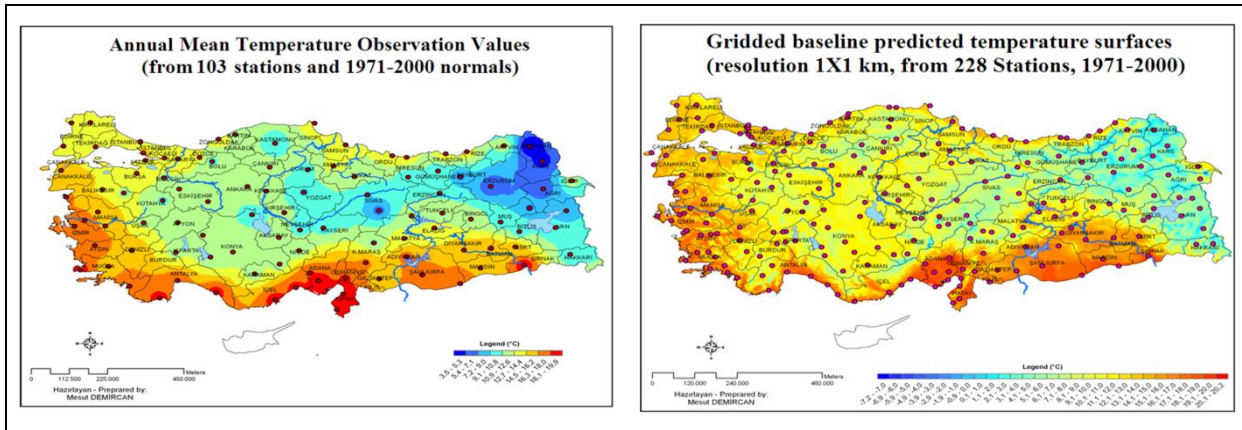


Figure10. Turkey temperature and modelling temperature map is produced by ArcGIS (Demircan, M. et al., 2011).

E. Recommendations for Climate Products:

1. National and global assessments must be done with comparing standard normal, and must be consisted extreme values since the beginning of the observation .
2. To be used products and analysis by national and global users, presentation should be made with at least one UN official language as well as the national language. The second language should be preferably in English.
3. Monthly and yearly analysis should be made containing at least temperature, rainfall and extreme events with extreme values. Essential climate variables which are recommended by WMO may also be useful to the entire analysis. Standard properties of climate products must be prepared by WMO CCI such as determining normal, calculate anomaly method, and area distribution method so on.
4. Climate products must be supported by secondary products such as climatic indices, heating and cooling degree days, heat index and drought monitoring.
5. Monthly and annual climate monitoring products and reports must be shared immediately with the Regional Climate Centers (RCC).

6. Monthly and seasonal climate forecasts should be done by climate service or RCC products can be used directly or with increasing the resolution of products. RCC and international forecast centers must be take active role in their region to support national climate services and to help them to improve national climate forecast products.
7. Regional climate models must be operated to downscale climate change scenarios by RCC leadership for own region and must be shared with the member countries. RCC should assist the member countries efforts to increase the resolution for their own regions.
8. Climate monitoring products must be serviced in digital map formats such as raster, netcdf or shape formats as well as picture format to users. So users can use easily in their own works.
9. It must be developed a common language between among climate services and users for climate monitoring products. CMPs must be promoted according to requirements of users such as mentioned in CAgM's report "As for regional climate change and variability impacts, the Commission acknowledged the need to standardize and adopt climate impact assessments at a regional level in order to identify common issues and find common solutions and comparable results e.g., impact of high temperatures on emergence and growth cereal crops (paragraph 4.74 WMO-No. 1062)".
10. Threshold values of climatological parameters for specialized climate products must be determined with sectoral representative together.

E. Glance at WMO REGION VI:

RA VI RCC-Network was formally designated as a WMO RCC-Network in May 2013.

There are 50 member countries in the WMO VI. Regional Association, which are mostly in Europe. Internet sites of these countries were examined. It cannot be reached website of 3 countries which are Albania, Lebanon and Syria. During the research, Google translator was used if countries have a website with only their own language.

E.1 RCC Implementation in WMO RAVI (Europe):

The RCC implementation in Europe (RA VI) was decided to be in the form of an RCC-Network, comprising of centres which provide regional level services according to their individual strengths, while making use of as many national level data and products as possible. Three RCC-Network Nodes have been established, which conducted their demonstration phase during the period 2009-13:

RCC-Network Node on Data Services (lead: The Netherlands)

RCC-Network Node on Climate Monitoring (lead: Germany)

RCC-Network Node on Long-range Forecasting (lead: Russia and France)

Each of these nodes is supported by a consortium of NMHSs of RA VI Member countries. RA VI RCC-Network is currently being coordinated by Germany. The network

approach has been chosen to ensure incorporation of as much competence and know-how as possible of the 50 RA VI Members (fig. 11, 12).

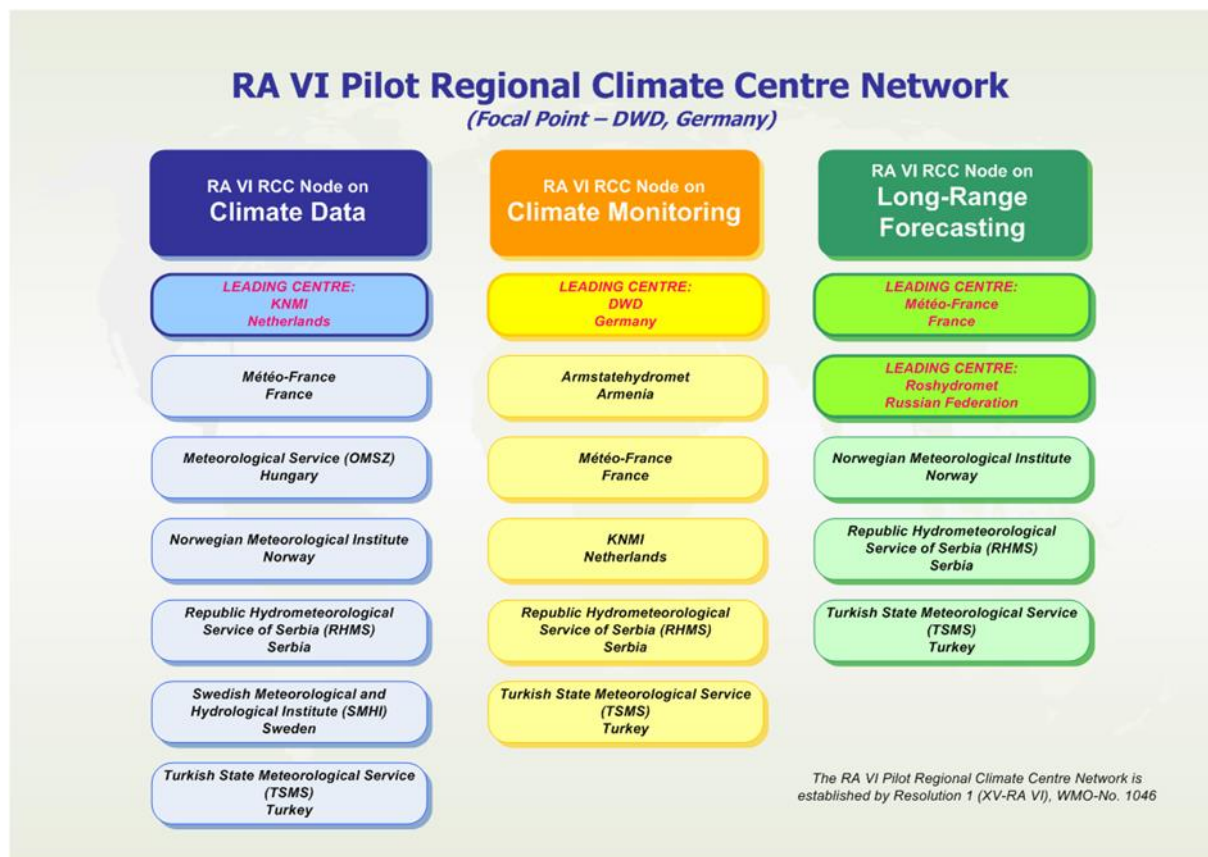


Figure11. WMO RA VI RCC-Network

The RA VI RCC-Network has successfully completed its demonstration phase and has been recommended by WMO Commission for Climatology (CCI) and Commission for Basic Systems (CBS) in September 2012 to be designated as a WMO RCC-Network. The recommendation was accepted by WMO Executive Council in May 2013, and RA VI RCC-Network was formally designated as a WMO RCC-Network.

(http://www.wmo.int/pages/prog/dra/eur/RAVI_RCC_Network.php ; <http://www.rccra6.org/> ; Domain: All countries of RA VI)

The RCC Node on Climate Data provides operational data services to support climate services on long-range forecasting, climate modelling and climate monitoring by developing quality controlled regional data sets and providing database, archiving and data rescue services. The RCC Node on Climate Monitoring provides operational services for monitoring the climate system by i.e. climate diagnostics, historical reference climatologies at regional and sub-regional levels, and implementing a regional climate watch. The RCC Node on Long-range Forecasting provides operational services related to seasonal to inter-annual forecasts by interpretation of products from Global Producing Centres (GPCs), generating relevant regional and sub-regional products, and consensus statements on regional and sub-regional forecasts.

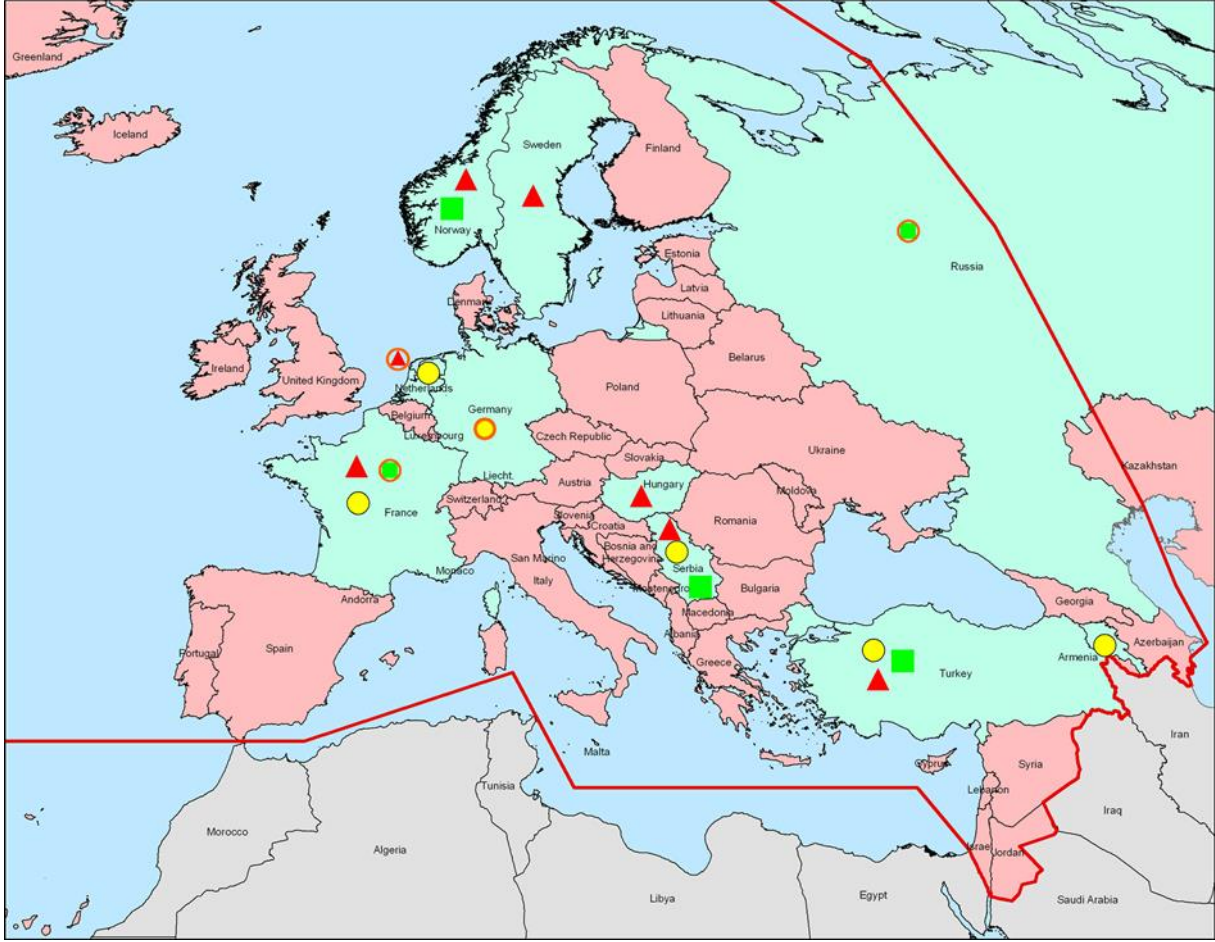


Figure12. The consortia of the 3 Pilot RCCs are in RA VI (RCC-DS – red triangle; RCC-CM – yellow circle; RCC-LRF – green square).

RCC-Network Node on Data Services: The European Climate Assessment & Dataset (ECA&D) forms the backbone of the climate data node in the Regional Climate Centre (RCC) for WMO Region VI (Europe and the Middle East) since 2010. The data and information products contribute to the Global Framework for Climate Services (GFCS). Indices of extremes; for every ECA&D station, a total of 75 indices have been calculated. Indices data are freely available for non-commercial research and education: see our data policy for more details. Each index describes a particular characteristic of climate change (both changes in the mean and the extremes). A core set of 26 indices follows the definitions recommended by the CCI/CLIVAR/JCOMM Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). These indices are calculated in a similar way for other regions of the world. An additional set of 49 indices highlights particular characteristics of climate change in Europe (including snow depth, sunshine duration, etc.).

To learn more about the meaning and the way each index is calculated see the Indices dictionary. Products are time series plots, indices maps, E-OBS Indices maps, trend maps, anomaly maps, climatology maps and download indices data (ASCII)

The Regional Climate Centre Node on Climate Monitoring (RCC-CM): DWD has accepted the lead function of a Regional Climate Centre on Climate Monitoring (RCC-CM) of the World Meteorological Organization (WMO Regional Association VI Europe). It generates and distributes various climate monitoring products for the WMO Region VI which comprises Europe, Greenland, parts of the North Atlantic, the Mediterranean and the Middle East. Here some first products are offered:

- Description of outstanding weather events
- Maps of various climate quantities
- Monthly and annual climate reviews (RA VI Bulletin)

National products for individual countries within the WMO Region VI are provided by the National Meteorological and Hydrological Services of the concerning countries. DWD generates, beside the national products for Germany, also transnational maps and reports for the whole WMO Region VI, based on data and contributions from the countries.

The following national meteorological and hydrological services contribute to the RCC-CM consortium:

- Deutscher Wetterdienst, Germany (DWD, Lead)
- Armstatehydromet, Armenia
- Météo France, France
- Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), Netherlands
- Republic Hydrometeorological Service of Serbia (RHMS), Serbia
- Turkish State Meteorological Service (TSMS), Turkey

The WMO RA VI Regional Climate Centre on Climate Monitoring (RCC-CM) will perform basic functions covering the domain of climate monitoring:

- Annual and monthly climate diagnostic bulletins,
- Monthly monitoring maps: global, RAVI, Eastern Mediterranean, South Caucasus,
- Reference climatologies and trend maps,
- RA VI climate monitoring WebPortal,
- Climate watches,
- Training; Research and Development (R&D).

RCC-CM provides products for the following climate variables which are temperature, precipitation, sunshine duration, drought, surface air pressure, cloud cover, water vapour content (precipitable water), radiation, snow, albedo and soil moisture.

Subregional Climate Centres:

- NEACC (North EurAsia Climate Centre)
- EMCC (Eastern Mediterranean Climate Centre)
- DMCSEE (Drought Management Centre for Southeastern Europe)

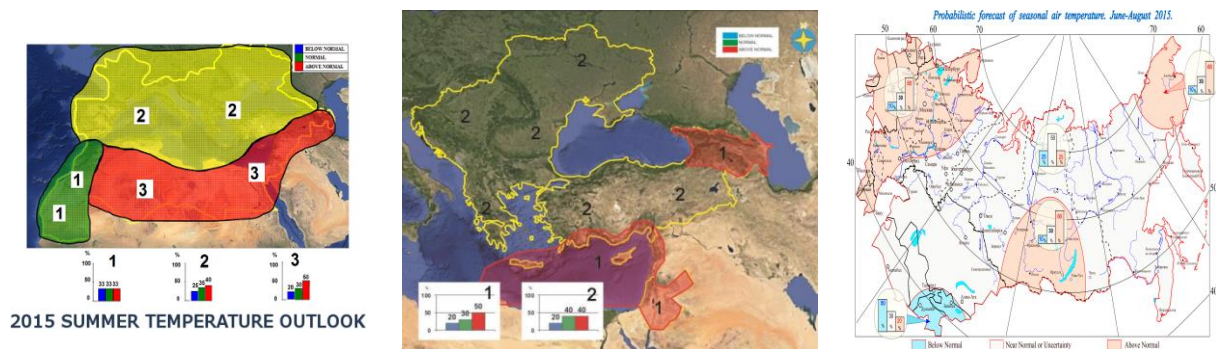
- SEEVCCC (South East European Virtual Climate Change Center)

Other:

- ECA&D (European Climate Assessment & Dataset)
- ECSN (European Climate Support Network)
- ETCCDI/CRD - Software packages for data homogeneization and indices calculation
- Global Climate Monitoring (DWD)
- GPCC (Global Precipitation Climatology Centre)
- EUMETGRID
- EC Joint Research Centre: European Drought Observatory
- Arctic Report Card - Tracking recent environmental changes; Update for 2012
- SPEI Global Drought Monitor - Drought monitoring and analysis based on climatic indices
- GPCC Drought Index Product

E.2 Regional Climate Outlook Forums (RCOFs) in WMO RA VI

RCOFs in WMO RA VI are South-East European Climate Outlook Forum (SEECOF), North Eurasian Climate Outlook Forum (NEACOF) and Mediterranean Climate Outlook Forum (MedCOF). SEECOF was established in 2008 within the Action Plan of the WMO Regional Association VI Strategic Plan (2008-2011). NEACOF was established in March 2011 within the North-Eurasian Climate Centre. MedCOF was established in June 2013 at the MedCOF scoping meeting, hosted by the Spanish Meteorological Agency (fig. 13, 14 and 15).



Dünya Meteoroloji Organizasyonu İklim Komisyonu Altyapı Ve Kurumsal Yetenekler Uzman Takımı'nın Toplantısı, 1-3 Eylül 2015, Cenevre/İsviçre

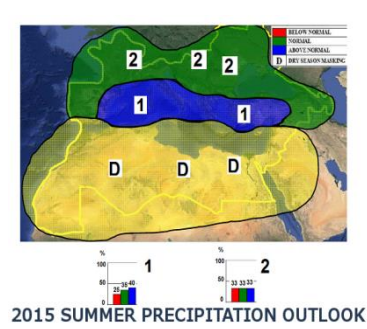


Figure13. MEDCOF 4

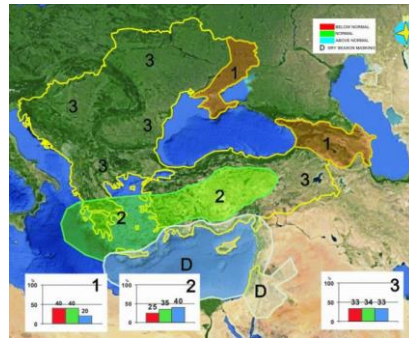


Figure14. SEECOF 13

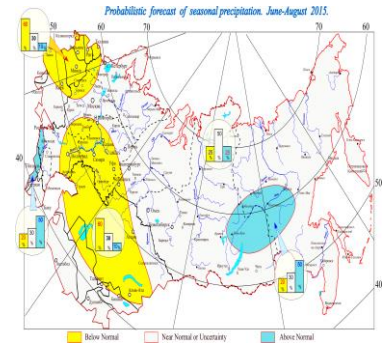


Figure15. NEACOF-8

E.3 NHMS's CMP Language:

Inside of these countries; 15 countries have a website only in their own (official) language, 22 countries have a website in 2 languages, 6 countries have a website in 3 languages and 2 countries have a website in 4 languages (fig.16 and 17).

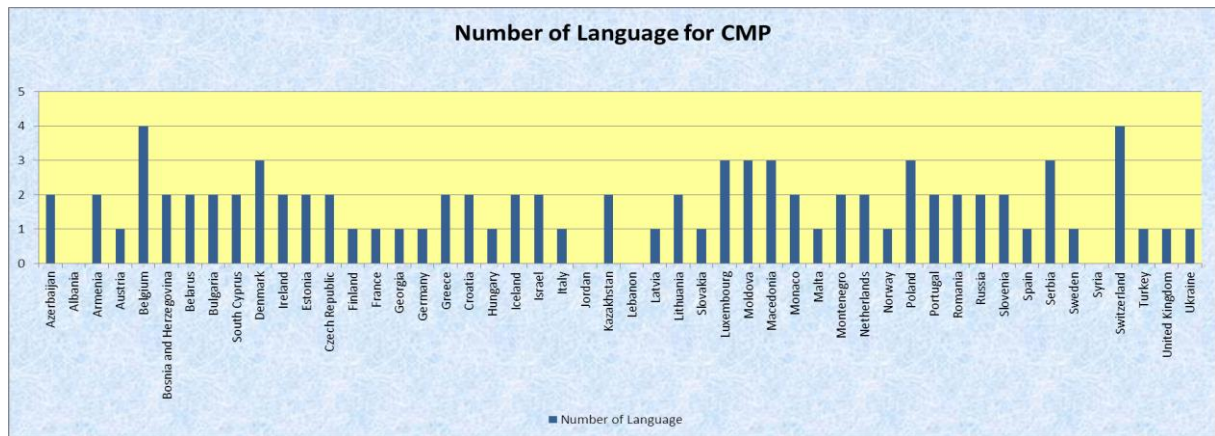


Figure.16 Languages are used in countries website.

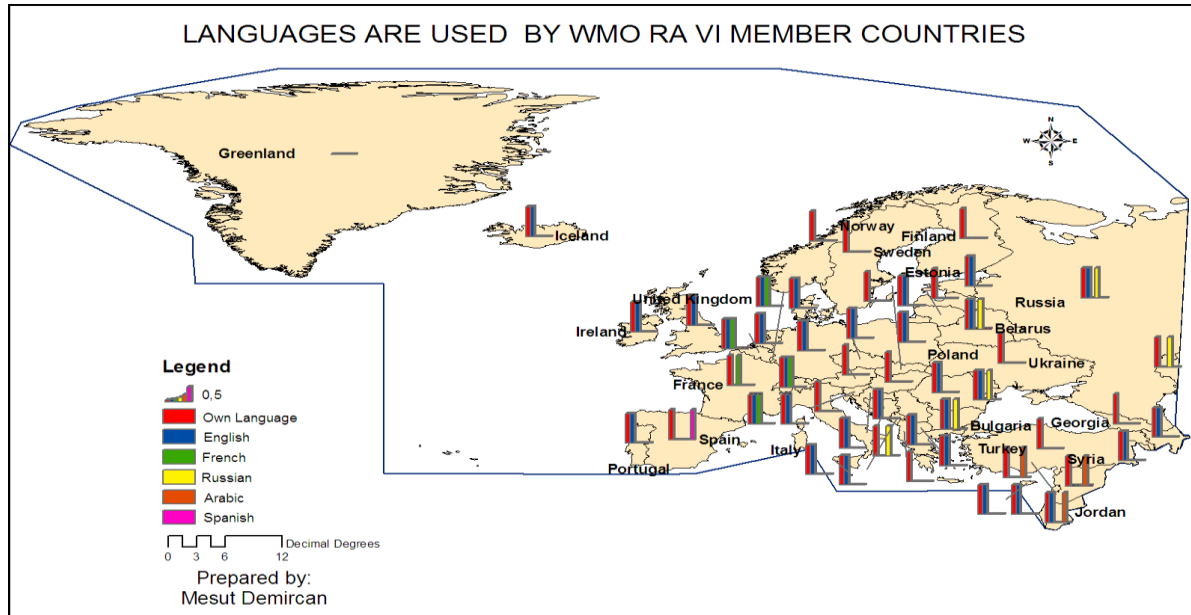


Figure.17 Languages are used in countries website in WMO RA VI.

E.4 NHMS's CMP Long Term Period (Standard Period):

Long term period (Standard Period) for climate monitoring products are used in countries is as follows. 3 countries do not use the standard term. 3 countries use 1961-1990 period for the standard period. 9 countries use 1971-2000 period for the standard period. 3 countries use both as 1961-1990 and 1971-2000 periods for the standard period. The standard period of 22 countries cannot be identified from website (fig.18 and 19).

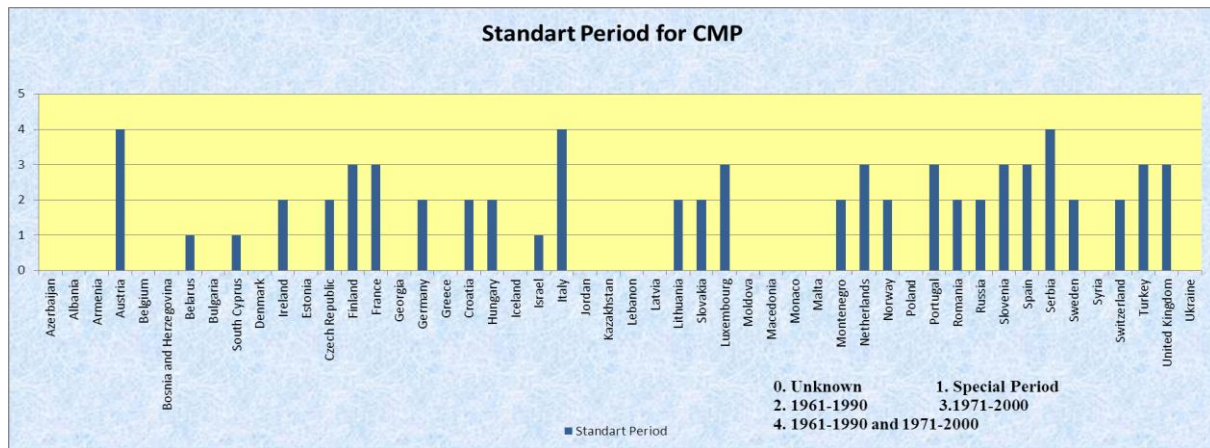


Figure.18 Long term period for CMPs is used in countries.

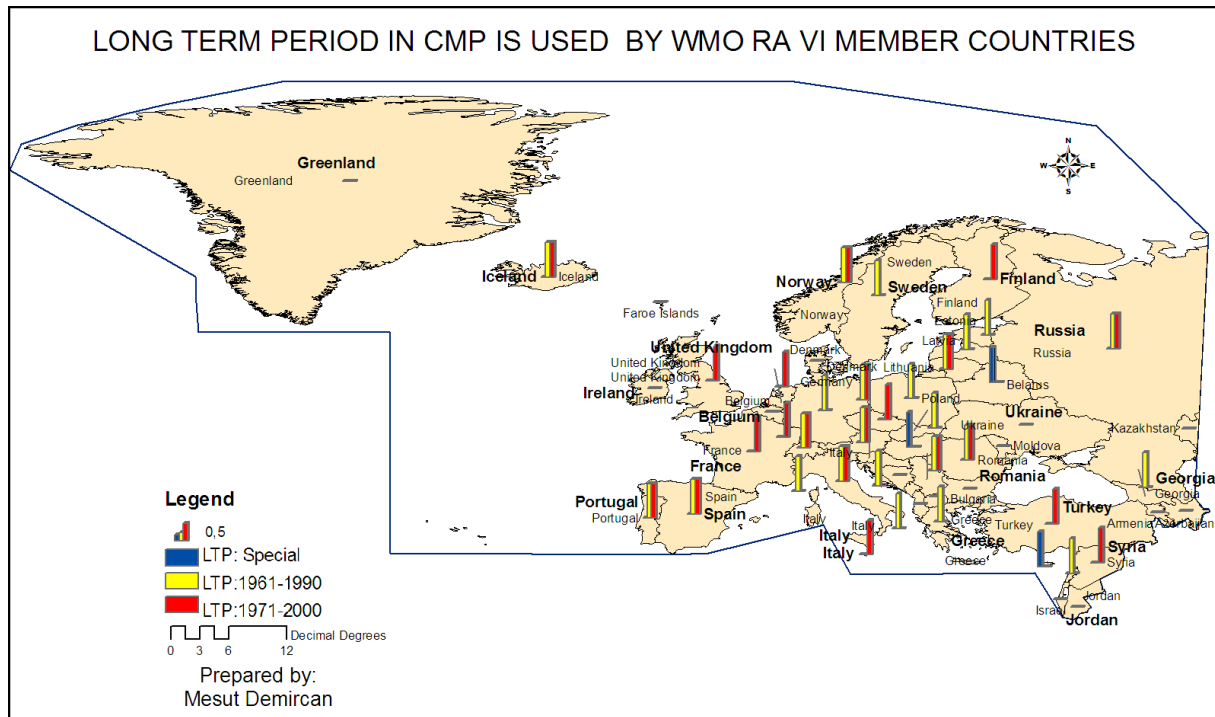


Figure.19 Long term period for CMPs is used in countries website in WMO RA VI.

E.5 NHMS's CMP Products:

Table, report, data, graphic, map and bulletin tools of CMPs are used in countries website in WMO RA VI. Table presentation is used in 2 countries. Report is used in 22 countries. Data presentation is used in 22 countries. Graphic presentation is used in 29 countries. Map presentation is used in 29 countries. Bulletin presentation is used in 4 countries (fig.20 and 21).

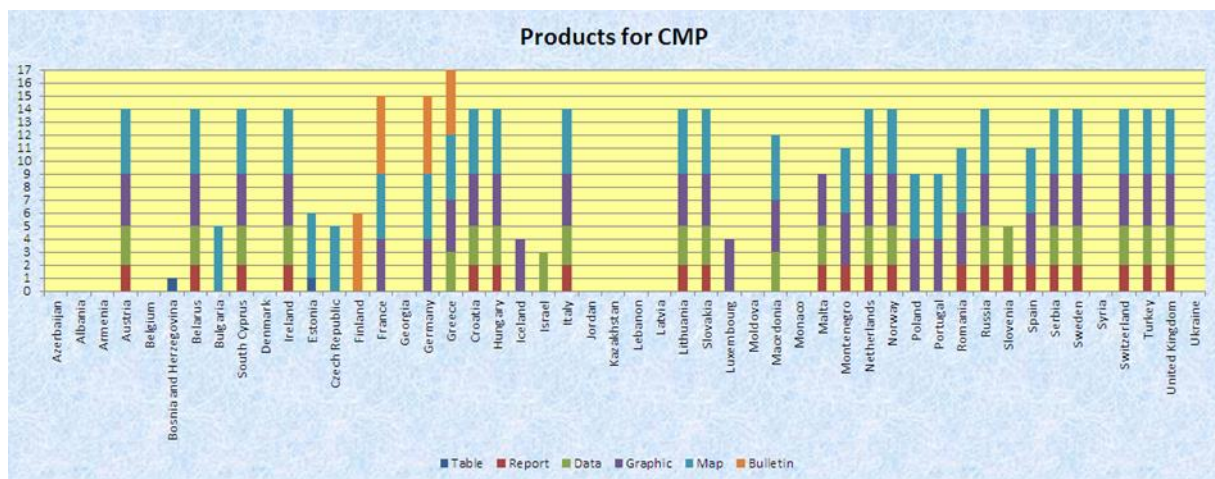


Figure.20 CMPs Products are used in countries.

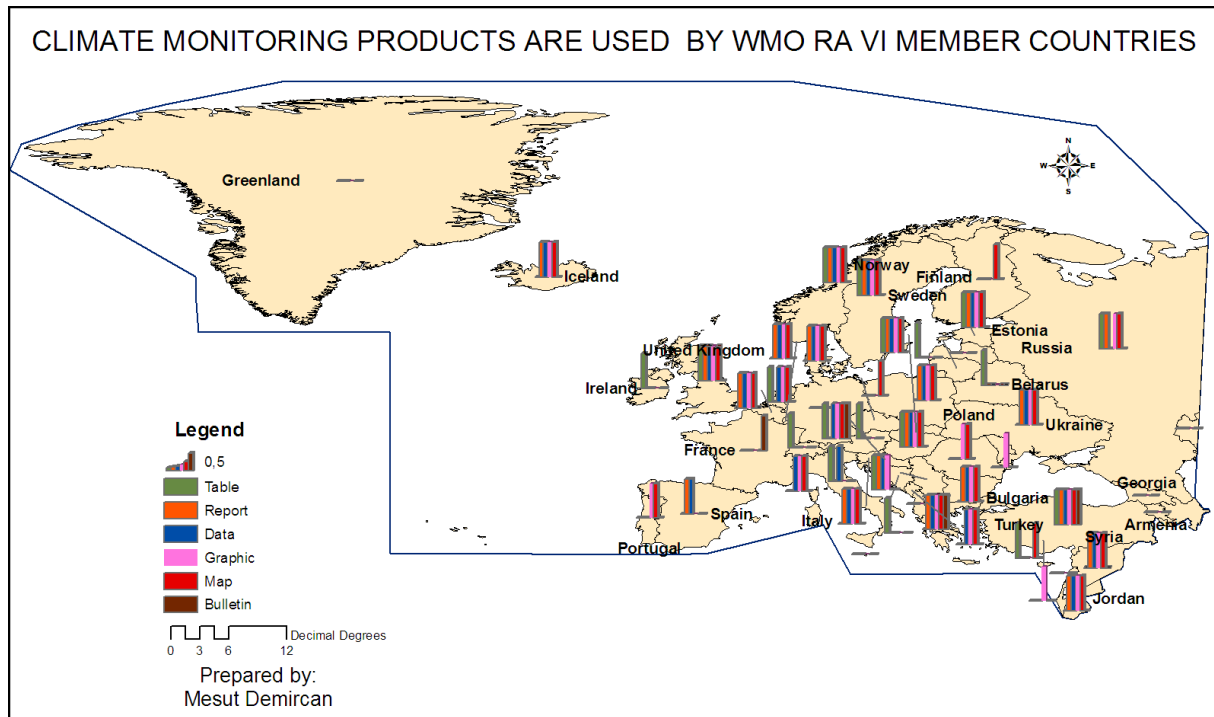


Figure.21 CMPs Products are used in countries website in WMO RA VI.

E.6 NHMS's Climate Variables Presented in CMP:

Temperature, precipitation, wind, sunshine duration, radiation, snow are climate variables and extreme events and seasonal forecast are presented in countries website in WMO RA VI. Temperature is presented in 30 countries. Precipitation is presented in 29 countries. Wind is presented in 10 countries. Sunshine duration and radiation are presented in 4 countries. Snow is presented in 3 countries. Humidity and Extreme events are presented in 5 countries. Seasonal forecast is presented in 1 country (fig.22 and 23).

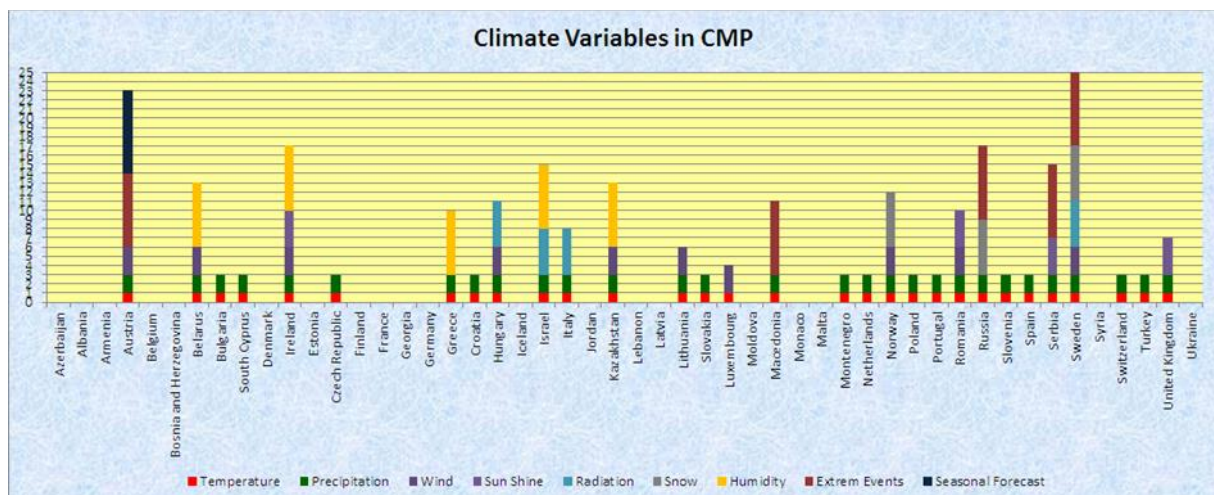


Figure.22 Climate variables are used in CMPs Products in countries.

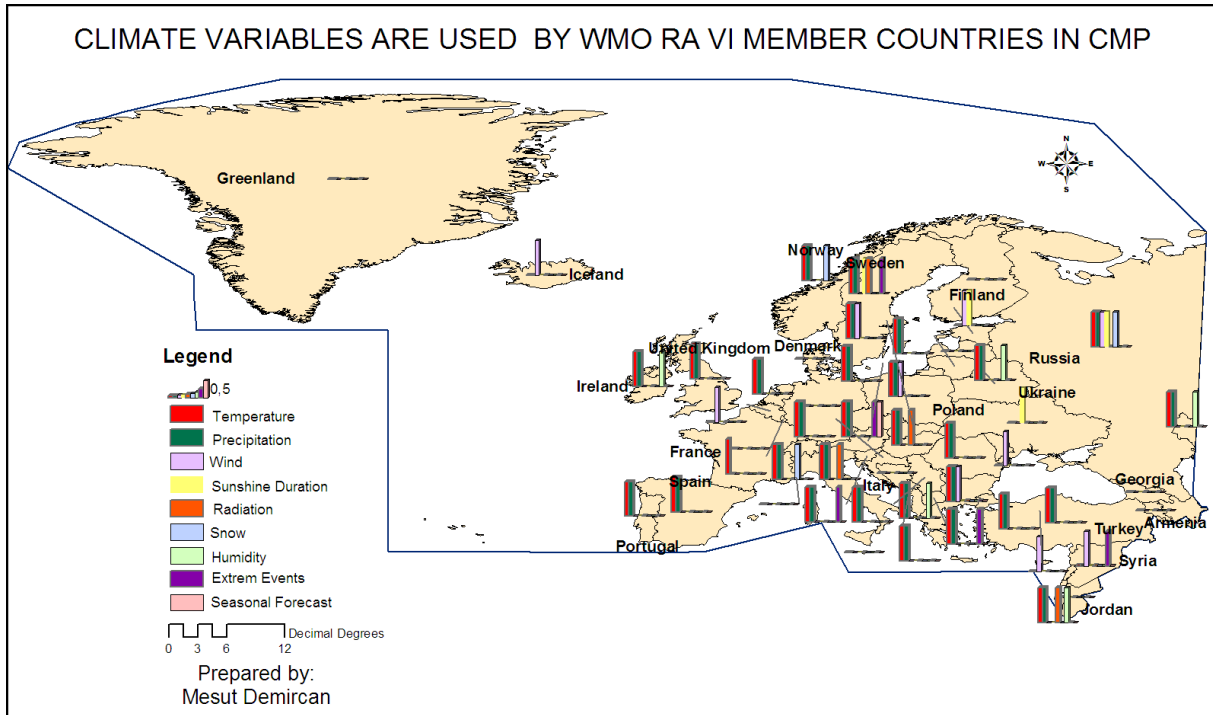


Figure.23 Climate variables are used in CMPs Products in countries website in WMO RA VI.

E.7 NHMS's CMP Samples:

Spanish Meteorological Service (AEMET) (fig.24 and 25)

(http://www.aemet.es/documentos/es/elclima/datos_climat/resumenes_climat/anuales/res_anual_clim_2010.pdf)

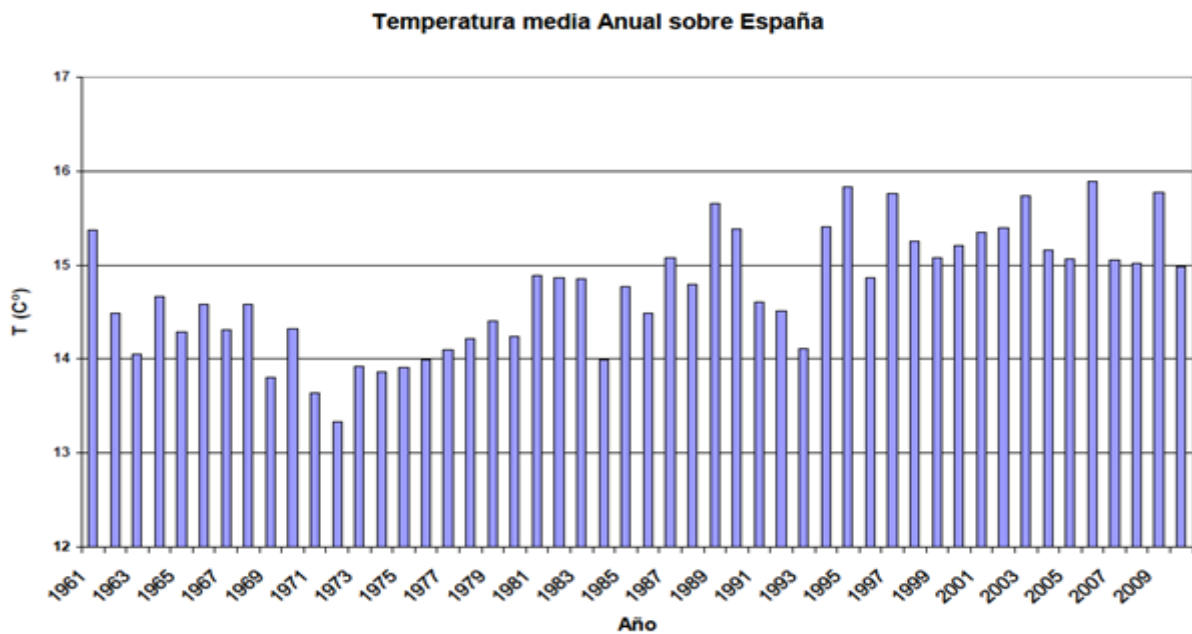


Figure.24 Temperature graphic from AEMET Climate in 2010 Report

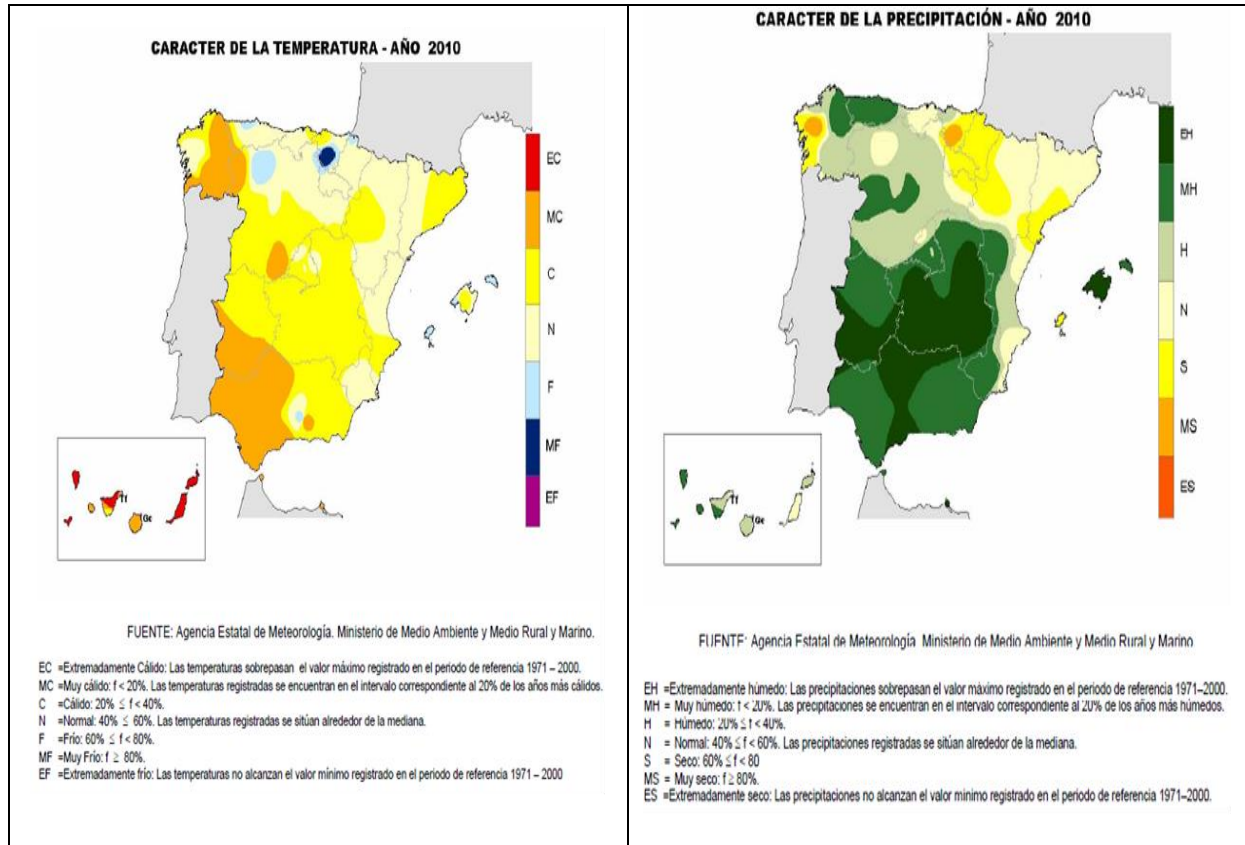


Figure.25 Temperature and Precipitation maps from AEMET Climate in 2010 Report

Norwegian Meteorological Institute (fig.26 and)

<http://met.no/Klima/Klimastatistikk/Klimanormaler/?module=Articles;action=ArticleFolder;publicOpenFolder;ID=390>

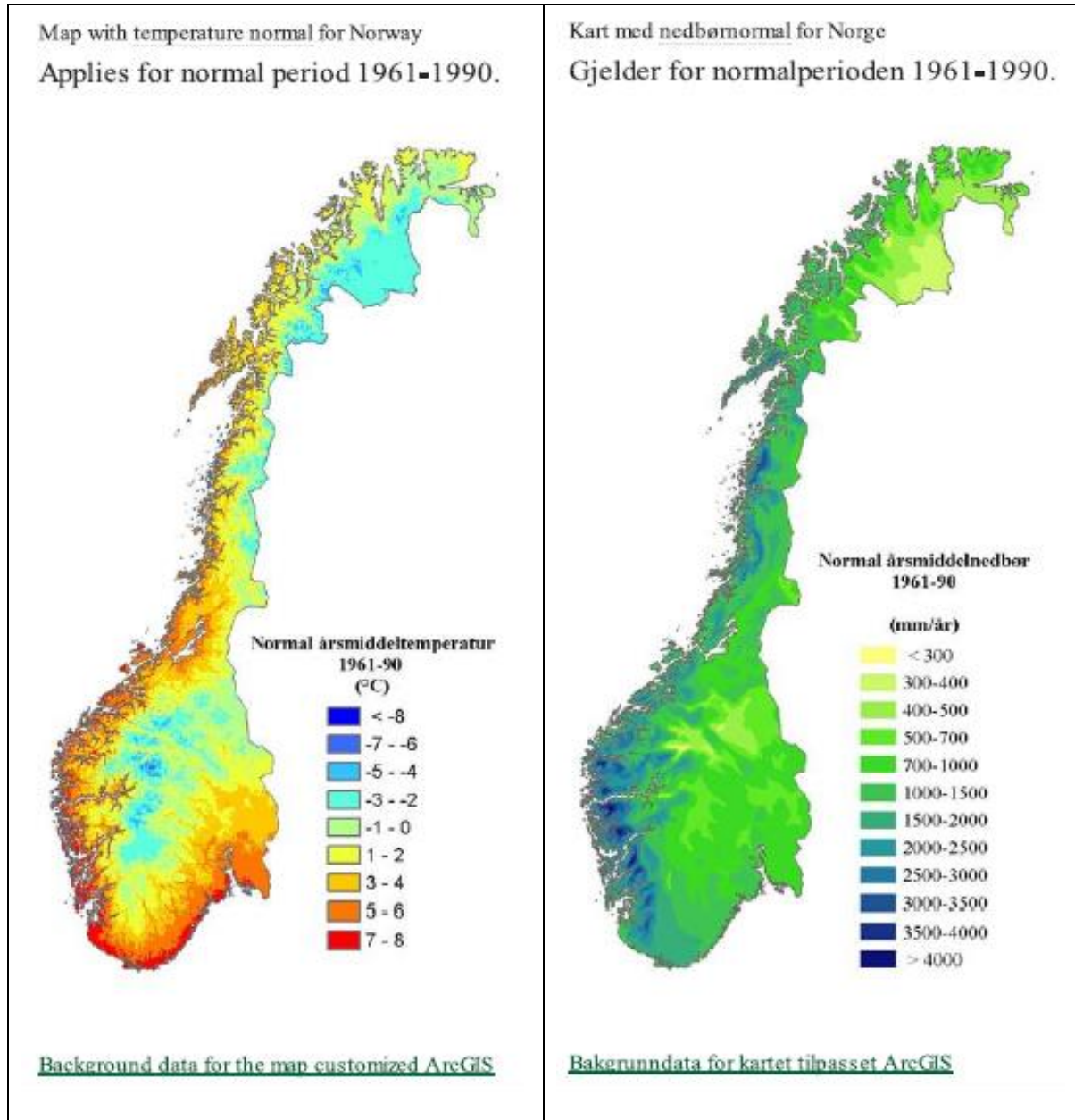


Figure.26 Temperature and Precipitation maps from Norway

Source:

Demircan, M., Alan, I., Sensoy, S., Increasing resolution of temperature maps by using geographic information systems (GIS) and topography information, 5th Atmospheric Science Symposium, 27-29 April 2011, Istanbul Technical University, Istanbul – Turkey

Demircan, M., Basic Approach to Climate Monitoring Products and Climate Monitoring Products in WMO RAVI, Geneva, 2012

http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/opace2_tt_ncmp/Climate_Monitoring_Product_Europe.pdf

Robert J. H., Susan E. C., Juan L. P., Peter G. J. And Andy J., Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces For Global Land Areas, International Journal of Climatology, Int. J. Climatol. 25: 1965–1978 (2005)

Abridged Final Report with resolutions and recommendations (WMO-No. 1062), Fifteenth session of the Commission for Agricultural Meteorology (CAgM), 15 to 21 July 2010, Belo Horizonte, Brazil

Yildirim, M. U., Demircan, M., Özdemir, F. A., Sarihan, E. O., Effect of Climate Change on Poppy (*Papaver somniferum* L.) Production Area, 11. Field Crops Congress, Canakkale, 2015

GFCS, Annex to The Implementation Plan of The Global Framework for Climate Services - Capacity Development, World Meteorological Organization, 2014

Klimatoloji Şube Müdürlüğü'nün

Çalışmalarına ulaşılabilir linkler;

İklim:

<http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim.aspx#sfU>

İklim Sınıflandırması:

<http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx#sfU>

İklim Değişikliği:

<http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?k=E>

Yeni Senaryolarla Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları (Rapor) TR2015-CC:

<http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-degisikligi-projeksiyon2015.pdf>

Eğitim ve Dokümanlar:

<http://www.mgm.gov.tr/iklim/dokuman.aspx#sfU>

Training Course on "Climate Applications" 7 June 2010 - 11 June 2010, Alanya

<http://www.rtc.mgm.gov.tr/courses-details.aspx?k=336>

Training Workshop on "Climate Variability and Predictions for the Mediterranean Basin" 27 July 2010 - 4 August 2010, Alanya

<http://www.rtc.mgm.gov.tr/courses-details.aspx?k=339>

International Training Course on "Climate Analysis and Applications" 10 October 2011 - 19 October 2011, Alanya

<http://www.rtc.mgm.gov.tr/courses-details.aspx?k=344>

İklim ve İklim Değişikliği Eğitimi-Mayıs 2015:

<http://egitim.mgm.gov.tr/ekdn/>

Doğu Akdeniz Bölgesel İklim Merkezi (EMCC):

<http://www.emcc.mgm.gov.tr/>

Aylık Sıcaklık Analizi:

<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx#sfU>

Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri:

<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx#sfU>

