YENİ SENARYOLAR İLE TÜRKİYE İKLİM PROJEKSİYONLARI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI
KLİMATOLOJİ ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ

TR2015-CC

mgm.gov.tr ormansu.gov.tr

Orman, Su Varsa Hayat Var.

YENİ SENARYOLAR İLE TÜRKİYE İKLİM PROJEKSİYONLARI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

TR2015-CC

Hazırlayanlar

Alper AKÇAKAYA
Utku M. SÜMER
Mesut DEMİRCAN
Ömer DEMİR
Hakkı ATAY
Osman ESKİOĞLU
Hüdaverdi GÜRKAN
Başak YAZICI
Arzu KOCATÜRK
Serhat ŞENSOY
Erdoğan BÖLÜK
Hüseyin ARABACI
Yılmaz AÇAR
Mithat EKİCİ
Serpil YAĞAN
Fırat ÇUKURÇAYIR

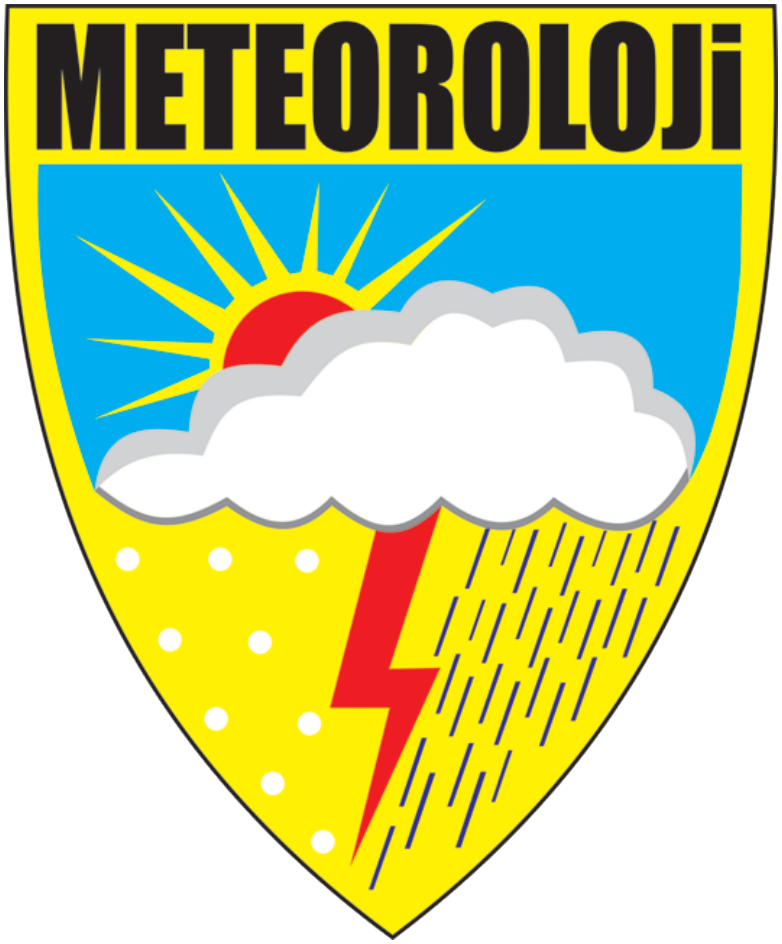
ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI
KLİMATOLOJİ ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ

Tasarım ve Baskı

M.Şevket GÜNEŞ
Meteoroloji Genel Müdürlüğü Matbaası

ANKARA - NİSAN 2015

T.C.
Orman ve Su İşleri
Bakanlığı


METEOROLOJi

Çağımızın en önemli problemleri arasında yer alan KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ, bulunduğumuz coğrafyayı da içerisine alan, yaşamın her alanında olumsuz etkilere sahip karmaşık bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Bilim adamları, olayları sebep-sonuç ilişkisi içerisinde değerlendirmişler ve bunun neticesinde ülkeler, insan faaliyetlerinden kaynaklanan tahribatın en aza düşürülmesi için azami gayret gösterilmesi konusunda fikir birliği sağlamışlardır.

İklim değişikliğinin doğrudan ve dolaylı etkilerine maruz kalacak ülkelerin, ciddi çalışmalar yapmalarını zorunlu hale getiren tespitler, daha sorumlu hareket etmeyi ve bazı tedbirlerin alınmasını gerekli kılmaktadır. 2009 yılında Kyoto Protokolü'ne taraf olmamızla birlikte, ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi uyarınca stratejiler geliştirme ve bunları uygulama ihtiyacı diğer ülkeler gibi ülkemizde de zaruri hale gelmiştir. Bu zaruriyet içerisinde kurumlar kendilerine düşen görevleri yapmaya çalışmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü de bu kapsamda, 2015 yılı itibariyle, 1080 adet OMGİ, 67 havaalanı OMGİ, 75 adet deniz OMGİ, 14 adet Radar, 9 adet Yüksek Atmosfer Gözlem İstasyonu, 35 yıldırım tespit sistemi, olmak üzere toplam 1280 OMGİ ile yaygın bir gözlem ağı kurmuştur. Bunun yanında Ozon ve UV ölçümleri için 1 adet Brewer Spektrofotometresi ve uydu yer alıcı sistemleri gibi sistemler de gözlem ağında hizmet vermektedir. 2019 yılına kadar, toplam otomatik gözlem sistemlerimizin sayısını 2107'ye çıkarmayı planlamaktayız.

Kurumumuz Uzaktan Algılama, Sayısal Hava Tahmin Modeli uygulamaları, Eğitim ve Kalibrasyon merkezinin faaliyetleri ile bölgemizde lider konuma gelmiştir. Tüm bu çalışmalarda maksat daha sağlıklı ve daha doğru netice elde ederek kullanıcıların hizmetine sunmaktır. Bu çalışmalarla daha hızlı, daha güvenilir ürün ve hizmet üretilerek kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır.

2011 yılında Meteoroloji Genel Müdürlüğü, dünyadaki gelişmelere paralel olarak, ülkemizin iklim değişikliğinin olası olumsuz etkilerine karşı daha donanımlı ve hazırlıklı olması gayesi ile Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) 5. Değerlendirme Raporu (AR5) kapsamında geliştirilen yeni nesil konsantrasyon senaryolarından RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları ve yine aynı raporda kullanılan küresel iklim modellerinden HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M küresel modelleri tercih edilerek ülkemiz ve çevresi için 20 km

çözünürlüklü bölgesel iklim projeksiyonları üretme çalışmalarına başlamıştır. Model çalışmaları için gerekli olan bilişim ve personel alt yapısı oluşturulmuştur. Sayın Bakanımızın her platformda dile getirdiği Kamu-Üniversite işbirliğinin en iyi örneklerinden birine imza atılarak, İTÜ öğretim üyeleri ile işbirliği içersinde, 2013 yılı ortasından itibaren çalışmaların ilk çıktıları olan HadGEM2-ES küresel model sonuçları kamuoyu ile paylaşılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmı olan MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M küresel modelleri ile de 20 km çözünürlüklü bölgesel iklim projeksiyonları üretilmiştir.

Çalışmada, toplamda üç küresel model ve iki senaryo kullanılarak Türkiye ve çevresi için 6 adet bölgesel iklim projeksiyonu elde edilmiştir. İklim değişikliğinden etkilenecek sektörler başta olmak üzere, araştırmacılar, diğer kamu kurumları ve tüm ilgililerin ileriye yönelik planlamalarına ve çalışmalarına bu rapor kapsamında elde edilen sonuçların çok önemli katkılar sağlayacağını ümit etmekteyim. İklim değişikliğinin ülkemize muhtemel olumsuz etkilerinin azaltılmasında, ülkemiz kaynaklarının daha etkin ve verimli kullanılmasında, iklim değişikliği ile ilgili uluslararası müzakerelerde faydalı olacağını düşündüğüm bu çalışmanın ülkemize hayırlı olmasını diliyorum.

Raporun her aşamasında emeği geçen herkesi kutlar, yeni çalışmalar için örnek olmasını dilerim.

İsmail GÜNEŞ
Genel Müdür

İÇİNDEKİLER

	GİRİŞ	1
1.	İKLİM ve İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	4
1.1.	İklim ve İklim Değişikliği Kavramları	4
1.2.	Küresel İklim İzleme Çalışmaları	6
1.3.	Türkiye'de İklim İzleme Çalışmaları	10
1.3.1.	Türkiye Uzun Yıllar Yıllık Sıcaklık Dağılışı	11
1.3.2.	Türkiye Uzun Yıllar Yıllık Yağış Dağılışı	14
1.3.3.	Güncel İklim İzleme, Aylık, Mevsimlik, Yıllık Analizler	15
1.3.4.	Tarihsel İklim İzleme (Veri Setleri, Eğilim (Trend) Analizleri)	
2.	İKLİM MODELİ KAVRAMI	18
2.1.	Küresel İklim (Genel Sirkülasyon) Modellerinin Tarihsel Gelişimi	34
2.1.1.	Birleştirilmiş Model Projesi Faz: 5 (CMIP5)	34
2.2.	İklim Modeli Çalışmalarında Kullanılan Senaryoların Tarihi	37
2.2.1.	Yeni Nesil Konsantrasyon Senaryoları	38
2.3.	Proje Kapsamında Seçilen Küresel Modeller	38
2.3.1.	Hadley Küresel Çevre Modeli (HadGEM2-ES)	42
2.3.2.	Max Plank Meteoroloji Enstitüsü Küresel Modeli (MPI-ESM-MR)	42
2.3.3.	Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuarı Küresel Modeli (GFDL-ESM2M)	43
2.4.	Bölgesel İklim Modelleri ve Ölçek Küçültme	44
2.4.1.	Dinamik Ölçek Küçültme	47
2.4.2.	RegCM-4.3.4	47
2.4.3.	Koordineli Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları (CORDEX)	48
2.5.	Referans Periyot ve Bölge Seçimi	50
2.6.	Modelin Parametrizasyonu (Kalibrasyonu)	50
2.7.	İklim Ekstremleri (Uç Değerler)	53
2.8.	Küresel İklim Projeksiyonları	55
2.8.1.	Sıcaklık Projeksiyonları	55
2.8.2.	Yağış Projeksiyonları	57
2.8.3.	Deniz Seviyesi Değişimleri	59
2.8.4.	Ekstremler	60
2.9.	Türkiye İçin Bölgesel İklim Projeksiyonları	61
2.9.1.	Küresel Model Seçimi	61
2.9.2.	HadGEM2-ES Küresel Modeli Verileri İle Üretilen Bölgesel İklim Projeksiyonları	64
2.9.3.	MPI-ESM-MR Küresel Modeli Verileri İle Üretilen Bölgesel İklim Projeksiyonları	76
2.9.4.	GFDL-ESM2M Küresel Modeli Verileri İle Üretilen Bölgesel İklim Projeksiyonları	89
2.10.	Projeksiyon Sonuçlarının Karşılaştırılması İle Oluşturulan Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapma Aralığı Grafikleri	102

2.10.1. RCP4.5 Senaryosu İçin Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapma Aralığı 103

2.10.2. RCP8.5 Senaryosu İçin Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapma Aralığı 104
2.10.3. RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryoları İçin Birleştirilmiş Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapma Aralığı 105
2.11. Projeksiyonların Klimatolojisi Ve Ekstremler 106
2.11.1. Türkiye Geneli Ortalama Yaz Sıcaklıkları Olasılık Dağılım Fonksiyonu Yüzdesi Grafiği 106
2.11.2. İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Sıcaklık ve Yağış Parametreleri İle Model Sonuçlarının Sıcaklık ve Yağış Parametrelerinin Eşik Değerlerin Kıyaslanması 110

118
3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ÇALIŞMALARI 118
3.1. Uluslararası İklim Değişikliği Çalışmaları 118
3.1.1. Sözleşme 120
3.1.2. Kyoto Protokolü 120
3.1.3. Uzun Dönem Müzakereler (2005-2009 Arası) 120
3.1.4. Kopenhag, 15. Taraflar Konferansı (2009) 120
3.1.5. Cancun, 16. Taraflar Konferansı (2010) 121
3.1.6. Durban, 17. Taraflar Konferansı (2011) 122
3.1.7. Doha, 18. Taraflar Konferansı (2012) 122
3.1.8. Varşova, 19. Taraflar Konferansı (2013) 123
3.1.9. Lima, 20. Taraflar Konferansı (2014) 123
3.2. Ulusal İklim Değişikliği Çalışmaları 123
3.2.1. Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları 124
3.2.2. İklim Değişikliği Konusundaki Mevcut Belgeler
3.2.2.1. Küresel Isınmanın Etkileri ve Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetimi Konusunda Kurulan (10/1, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17) Esas Numaralı Meclis Araştırması Komisyonu Raporu 125
3.2.2.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kapsamında Türkiye'nin Durumunu Değerlendirmeye Yönelik Rapor (2009) 125
125
3.2.2.3. Onuncu Kalkınma Planı 126
3.2.2.4. Ulusal Bildirimler 127
3.2.2.5. İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (İDEP) 128
3.2.2.6. Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı

130
4. SONUÇ ve ÖNERİLER

134
5. KISALTMALAR ve BAZI TANIMLAMALAR

135
6. KAYNAKLAR

138
7. SÖZLÜK

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: 2013 yılı 1961-1990 Normallerine Göre Küresel Kara ve Deniz Yüzeyi Sıcaklıkları Anomalileri. 8
Şekil 2: Küresel Yıllık Ortalama Sıcaklık Anomalileri 8
Şekil 3: Yıllık Küresel Sıcaklık Sapmaları (1880-2014 Ortalamalarına Göre). 9
Şekil 4: 2014 Yılı Sıcaklık Anomali Küresel Dağılışları (1981-2010 Normaline Göre). 10
Şekil 5: Türkiye'nin 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 Yılları Arası Yağış ve Ortalama Sıcaklık Normallerinin Aylık Dağılımı (97 istasyon). 11
Şekil 6: Türkiye Ortalama Sıcaklık Dağılışı (1981-2010 Normalleri) 12
Şekil 7: Türkiye Yıllık Ortalama Sıcaklık Anomalisi (130 İstasyona Göre; MGM, 2014). 12
Şekil 8: Mevsimlik ve Yıllık Olarak En Sıcak On Yıl. 13
Şekil 9: Türkiye Yıllık Toplam Alansal Yağış Normalleri (1981-2010). 14
Şekil 10: Türkiye Geneli Yıllık Alansal Yağışları (1981-2014) 14
Şekil 11: Aylık ortalama 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 Sıcaklık Normalleri Değerleri. 15
Şekil 12: Yıllık ve Mevsimlik Ortalama Sıcaklık Normalleri Değerleri. 16
Şekil 13: Sıcaklık Normalleri fark dağılımı. 17
Şekil 14: Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 97 istasyon ile yıllık ortalama sıcaklıklarına göre RH Test ile yapılan türdeşlik sonuçları. 18
Şekil 15: İstasyon Veri Setlerinin Türdeşlik Kırıklık Tarihleri Dağılımı 19
Şekil 16: Ortalama sıcaklık ve Mann-Kendal grafikleri (Demircan,M. vd.,2013 ve 2014). 20
Şekil 17: Ortalama Sıcaklık Normalleri Ve 1961-2010 Serisinin Mann-Kendal Eğimleri Makesens İle Yapılan "Mann-Kendall Ve Sens's Eğim Tahmini" Sonuçları. 21
Şekil 18: Ortalama sıcaklık ve yağış anomali grafikleri (1981-2010 normallerine göre) 22
Şekil 19: Kuzey Atlantik Salınımı (NOA) yıllık değişimi 24
Şekil 20: Akdeniz uzun yıllar ortalama denizsuyu sıcaklıkları. 26
Şekil 21: 1993 yılı deniz suyu sıcaklıkları 28
Şekil 22: 1997 yılı denizsuyu sıcaklıkları. 29
Şekil 23: 1960-2010 Yılları Arası Yaz Günleri (a), Tropik Geceler (b), Sıcak Günler (c) ve Sıcak Geceler (d) Eğilimleri. 30
Şekil 24: 1960-2010 Yılları Arası Toplam Yağış (a), Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı (b) Islak Günler (c) Bir Günlük Maksimum Yağış (d) Eğilimleri. 31
Şekil 25: ENIAC (Elektronik Sayısal Birleştirici ve Bilgisayar - Electronic Numerical Integrator and Computer) 36
Şekil 26: Küresel İklim Modellerinin (GCMs) Gelişimi (IPCC, 2001). 37
Şekil 27: SRES ve RCP senaryoları için 2100 Yılında Yaklaşık Eşdeğer CO_2 Konsantrasyonları (ppm). 39
Şekil 28: SRES ve RCP'lerin Gelecek Dönem İçin Ortaya Koyduğu Eşlenik CO_2 (ppm) Konstrasyonları 39
Şekil 29: SRES ve RCP'lerin Gelecek Dönem İçin Ortaya Koyduğu Küresel Yıllık CO_2 (GtC / Yıl) Konsantrasyonları 40
Şekil 30: Küresel Toplam Işınımsal Zorlama 41
Şekil 31: Düşük Çözünürlük (a) ve Yüksek Çözünürlük (b) Arasındaki Fark. 45
Şekil 32: Bölgesel İklim Modelinde Özel Bir Alanın Tanımlanması. 47
Şekil 33: CORDEX - Avrupa Bölgesi 49
Şekil 34: CORDEX - Akdeniz Bölgesi 49

Şekil 35: CORDEX - MENA Bölgesi 49
Şekil 36: CORDEX - Afrika Bölgesi 49
Şekil 37: CORDEX - Orta Asya Bölgesi 49
Şekil 38: CORDEX - Güney Asya Bölgesi 49
Şekil 39: RegCM4.3.4'den Alınan Çalışma Alanı Ve Topografyası. 50
Şekil 40: Model Grid Yapısı 50
Şekil 41: Model Sonucu Örneği (Eşik değirlerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan elde edilmiş model sonucu) 51
Şekil 42:Model Sonucu Örneği (Parametrizayon sonucu elde edilen ve gözlem verilerine daha yakın değerlere sahip model sonucu) 52
Şekil 43: Ekstrem Hava Olaylarının İklim Değişikliği Tarafından Tetiklenmesi (IPCC,2013). 54
Şekil 44: Ekstrem Hava Olayları (MGM, 2014) 55
Şekil 45: Küresel Ortalama Yıllık Yüzey Hava Sıcaklığı Projeksiyonu 56
Şekil 46: CMIP5 Sıcaklık ve Deniz Seviyesi Değişimleri. (IPCC,2013) 57
Şekil 47: RCP3-PD(RCP2.6), RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre 2081-2100 Periyodu Çoklu Modellerinin Yağış Değişim Sonuçları (RF:1986-2005) (IPCC,2013) 58
Şekil 48: RCP Senaryolarına Göre Beklenen Ortalama Deniz Seviyesi Yükselişi. (IPCC,2013) 59
Şekil 49: IPCC-AR5 Küresel Ekstrem Olaylar Projeksiyonları (IPCC,2013) 60
Şekil 50: Küresel modellerin RCP4.5 senaryosu (sol) ve RCP8.5 senaryosuna (sağ) göre Türkiye için gösterdikleri ortalama sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması 61
Şekil 51: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 Km Sıcaklık Projeksiyonları (HadGEM2-ES/RF:1971-2000) 65
Şekil 52: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Yağış Projeksiyonları (HadGEM2-ES/RF:1971-2000) 66
Şekil 53: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (HadGEM2-ES/RF:1971-2000) 68
Şekil 54: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Yağış Projeksiyonları HadGEM2-ES/RF:1971-2000) 69
Şekil 55: 2016-2099 Yıllık Ortalama Sıcaklıklarının Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:HadGEM2-ES/RF:1971-2000) 71
Şekil 56: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:HadGEM2-ES/RF:1971-2000) 71
Şekil 57: 2016-2099 Yıllık Ortalama Sıcaklıklarının Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:HadGEM2-ES/RF:1971-2000) 72
Şekil 58: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:HadGEM2-ES/RF:1971-2000) 72
Şekil 59: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:HadGEM2-ES/RegCM4.3.4/RF:1971-2000) 73
Şekil 60: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:HadGEM2-ES/RegCM4.3.4/RF:1971-2000) 74
Şekil 61: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000) 77
Şekil 62: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Yağış Projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000) 78
Şekil 63: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000) 80

Şekil 64: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Yağış Projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000) 81
Şekil 65: 2016-2099 Ortalama Günlük Sıcaklıkların Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:MPI-ESM-MR/RF:1971-2000) 83
Şekil 66: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:MPI-ESM-MR/RF:1971-2000) 84
Şekil 67: 2016-2099 Ortalama Günlük Sıcaklıkların Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:MPI-ESM-MR/RF:1971-2000) 84
Şekil 68: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:MPI-ESM-MR/RF:1971-2000) 85
Şekil 69: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:MPI-ESM-MR/RegCM4.3.4/RF:1971-2000) 86
Şekil 70: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:MPI-ESM-MR/RegCM4.3.4/RF:1971-2000) 87
Şekil 71: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (GFDL-ESM2M/RF:1971-2000) 90
Şekil 72: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Yağış Projeksiyonları (GFDL-ESM2M/RF:1971-2000) 91
Şekil 73: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (GFDL-ESM2M/RF:1971-2000) 93
Şekil 74: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Yağış Projeksiyonları (GFDL-ESM2M/RF:1971-2000) 94
Şekil 75: 2016-2099 Ortalama Günlük Sıcaklıkların Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:GFDL-ESM2M/RF:1971-2000) 96
Şekil 76: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:GFDL-ESM2M/RF:1971-2000) 97
Şekil 77: 2016-2099 Ortalama Günlük Sıcaklıkların Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:GFDL-ESM2M/RF:1971-2000) 97
Şekil 78: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:GFDL-ESM2M/RF:1971-2000) 98
Şekil 79: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:GFDL-ESM2M/RegCM4.3.4/RF:1971-2000) 99
Şekil 80: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:GFDL-ESM2M/RegCM4.3.4/RF:1971-2000) 100
Şekil 81: RCP4.5 / HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M Modelleri Projeksiyon Sonuçları İle Oluşturulan Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapması Aralığı 103
Şekil 82: RCP8.5 / HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M Modelleri Projeksiyon Sonuçları İle Oluşturulan Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapması Aralığı 104
Şekil 83: RCP4.5 ve RCP8.5 / HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M Modelleri Projeksiyon Sonuçları İle Oluşturulan Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapması Aralığı 105
Şekil 84: HadGEM2-ES/RCP4.5-RCP8.5 Türkiye Geneli Ortalama Yaz Sıcaklıkları Yüzdesi (Tüm Periyotlar) 107
Şekil 85: MPI-ESM-MR/RCP4.5-RCP8.5 Türkiye Geneli Ortalama Yaz Sıcaklıkları Yüzdesi (Tüm Periyotlar) 108
Şekil 86: GFDL-ESM2M/RCP4.5-RCP8.5 Türkiye Geneli Ortalama Yaz Sıcaklıkları Yüzdesi (Tüm Periyotlar) 109

Şekil 87: 1971-2000 Periyodu İçin HadGEM2-ES Modeli Ortalama Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 110
Şekil 88: 1971-2000 Periyodu İçin HadGEM2-ES Modeli Minimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 110
Şekil 89: 1971-2000 Periyodu İçin HadGEM2-ES Modeli Maksimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 111
Şekil 90: 1971-2000 Periyodu İçin HadGEM2-ES Modeli Yağış Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 111
Şekil 91: 1971-2000 Periyodu İçin MPI-ESM-MR Modeli Ortalama Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 112
Şekil 92: 1971-2000 Periyodu İçin MPI-ESM-MR Modeli Minimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 112
Şekil 93: 1971-2000 Periyodu İçin MPI-ESM-MR Modeli Maksimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 113
Şekil 94: 1971-2000 Periyodu İçin MPI-ESM-MR Modeli Yağış Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 113
Şekil 95: 1971-2000 Periyodu İçin GFDL-ESM2M Modeli Ortalama Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 114
Şekil 96: 1971-2000 Periyodu İçin GFDL-ESM2M Modeli Minimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 114
Şekil 97: 1971-2000 Periyodu İçin GFDL-ESM2M Modeli Maksimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 115
Şekil 98: 1971-2000 Periyodu İçin GFDL-ESM2M Modeli Yağış Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması 115

GİRİŞ

"İklim Değişikliği" 20. yüzyılın, özellikle son çeyreğinde olmak üzere, en çok konuşulan ve tartışılan çevreyle ilgili konularından bir tanesi olmuştur. Öncelikle bilim dünyasında başlayan bu tartışmalar, iklim değişikliğinin önlenebilmesi, dünyamızda yol açacağı etkiler ve bu etkilere karşı alınabilecek tedbirlerin politik ve siyasi yönleri olması sebebiyle Birleşmiş Milletlerin (BM) öncülüğünde Dünya ülkelerinin gündemine taşınmıştır. Bu amaçla Birleşmiş Milletlerin iki örgütü olan Dünya Meteoroloji Organizasyonu (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) aracılığıyla, insan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişikliğinin risklerini değerlendirmek üzere 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. IPCC yapmış olduğu çalışmaları 1990, 1995, 2001, 2007 ve 2013 yıllarında raporlar ile dünyaya duyurmuştur. Bu çalışmalar üç temelde ele alınmaktadır: Bilimsel temel, uyum ve önleme çalışmaları. Bilimsel temel, Dünya ikliminin geçmişteki, günümüzdeki ve yarınımızdaki durumunu inceleyen çalışmalara dayanmaktadır. İklim değişikliğinin gelecekteki durumu alınacak tedbirler, uyum ve önleme çalışmaları için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle gelecekteki iklimin durumunu anlamak için iklim modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Küresel olarak yapılan iklim modelleme çalışmalarının çözünürlük ya da ayrıntı olarak yeterli olmaması nedeniyle bölgeler veya ülkeler temelli ölçek küçültme çalışmaları yapılarak daha yüksek çözünürlüklü daha detaylı bilgiler elde edilmektedir.

Ülkemizde dinamik ve istatistiksel ölçek küçültme çalışmaları, İTÜ'de gerçekleştirilmektedir. Bölgesel iklim modelleri olarak, Önol (2004), Tatlı (2004) ve Tatlı ve meslektaşları (2004a ve 2004a) tarafından RegCM3 ve MM5 modelleri kullanılmıştır. Türkiye'deki bölgeler için iklim senaryolarının yansımaları, Ünal ve Önol (2004) ve Ünal ve Tan (2004) tarafından çalışılmıştır. GAP bölgesindeki yüzey alanında meydana gelen değişikliklere yönelik bölgesel iklim modelleme ön çalışmaları Ünal ve meslektaşları (2001) tarafından yapılmış olup, uzun süreli etki çalışmaları devam etmektedir. Her iki model de, DSİ tarafından desteklenen, DEU SUMER tarafından yürütülen ve Kavas M.L. ve Ortakları, (ABD) tarafından yapılan, "Fırat ve Dicle Havzalarında Su Envanter Çalışmalarının Geliştirilmesi" başlıklı Araştırma ve Uygulama Projesinde (2002-2005) kullanılmıştır. İTÜ'nün yanı sıra, DMİ Genel Müdürlüğü de RegCM3 ve PRECIS bölgesel iklim modellerini kullanarak iklim tahmin çalışmaları yürütmektedir. (Ulusal Bildirim 1, 2007).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2006-2008 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri ve Bilişim Enstitüleri ile ortaklaşa 105G015 nolu "Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları" başlıklı TÜBİTAK Kamu ARGE projesi gerçekleştirmiştir. Proje kapsamında MGM İtalya'daki Uluslararası Teorik Fizik Merkezi'nce (ICTP) geliştirilmiş RegCM3 modeli kullanılarak iki farklı sera gazı emisyon senaryosu (A2 ve B1) ile çıktılar elde etmiş ve sıcaklık, yağış, buharlaşma, yüzey akışı parametrelerinin analizlerini tamamlanmıştır. Bir bölümü Türkiye'nin İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildiriminde de yer alan sonuçlar, "http://gaia.itu.edu.tr" ve ilgili bilgiler "http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx" web adreslerinde, karar vericiler ile iklim değişikliği araştırmacılarının yararına sunulmuştur.

MGM'de ayrıca İngiltere Meteoroloji Ofisi Hadley İklim Araştırma ve Tahmin Merkezi'nce geliştirilmiş PRECIS modeli ile, HadAMP3 küresel iklim modelinin A2 sera gazı emisyon senaryosu için çıktılar elde edilmiş ve sıcaklık, yağış, buharlaşma ve kar kalınlığı parametrelerine ilişkin analizleri tamamlanmıştır (Demir, vd., 2008).

İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsündeki (İTÜ AYBE) iklim araştırma grubu tarafından, aynı üniversitenin Bilişim Enstitüsü ve Meteoroloji Bölümünden araştırmacıların da katılımıyla, üç farklı GCM'nin, farklı emisyon senaryoları için simülasyonlarının çıktılarını kullanarak Türkiye için bir ölçek küçültme çalışması yürütülmüştür. Ölçek küçültme için ICTP'nin (International Centre of Theoretical Physics – Uluslararası Teorik Fizik Merkezi) bölgesel iklim modeli (RegCM3) kullanılmıştır (Ulusal Rapor 5, 2013).

IPCC tarafından Eylül 2007'de organize edilen "Uzmanlar Toplantısı" sonrasında yeni emisyon/konsantrasyon senaryolarının bir setinin oluşturulması ve kullanılmasına karar verilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, yeni senaryolar ile üretilen küresel veri setlerinin ülkemiz için daha yüksek

hassasiyetle üretilmesi için bölgesel iklim modelleme çalışması yapmaya karar vermiştir. Bölgesel iklim projeksiyonları üretme çalışmaları için bir dizi hazırlık çalışmaları yürütülmüştür. Bu kapsamda, 2011 yılında yüksek kapasiteli bilgisayar alımı yapılmış, çalışmaları yürütecek personelin kapasite geliştirme eğitimleri ve çalışmalarda danışmanlık hizmetleri için İTÜ Meteoroloji Mühendisliği öğretim üyelerinden Doç. Dr. Barış ÖNOL ve Yrd. Doç. Dr. Ufuk Utku Turunçoğlu ile işbirliği gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın başlangıcından bu raporun hazırlanılmasına kadar ki süreç içerisinde hocalarımızın değerli destek, tavsiye ve önerileri devam etmiştir.

Alınan eğitimlerin sonucunda, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları temelinde CMIP5 projesi kapsamındaki küresel modellerden 3 tanesine (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M) ait veriler ile RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli kullanarak Türkiye ve çevresi için 20 km çözünürlüklü iklim projeksiyonları üretme çalışmalarına başlamıştır. Çalışmada, referans dönem 1971-2000 olarak seçilmiş ve 2100 yılına kadarki gelecek dönem için iklim projeksiyonları üretilmesi kararlaştırılmıştır.

Çalışmanın ilk sonuçları Şubat 2013 yılında elde edilmiştir. Elde edilen ilk sonuçlar VI. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu ve akademisyenlerin olduğu bir toplantıda paylaşıldıktan sonra Aralık 2013'te raporlaştırılmıştır. "Yeni Senaryolarla Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları" ismi ile sunulan ilk rapor sadece RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre HadGEM2-ES küresel veri seti ailesine ait olan veriler ile RegCM4.3.4. bölgesel iklim modeli kullanılarak 20 km çözünürlüklü elde edilen projeksiyon sonuçlarını içermektedir. Çalışma sonuçları 2014 yılında "The Climate Change And Climate Dynamics Conference", "TÜCAUM - VIII. Coğrafya Sempozyumu" ve 2015 yılında ise "VII. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu" isimli sempozyumlarda sunulmuşlardır. Toplantı ve sempozyumlardan elde edilen görüş, öneri ve tavsiyeler bu raporun hazırlanmasında ve elde edilen sonuçlardan türetilecek yeni çalışmalarda rehber olacaktır. Sonuçlarının internet sayfası ile paylaşımı için web sayfası hazırlama süreci ise halen devam etmektedir.

1. İKLİM VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

1.1. İklim ve İklim Değişikliği Kavramları

Hava durumu, iklim,iklim değişikliği ve küresel ısınma günümüzde çok sık karşımıza çıkan kavramlar olmasına karşın birbirine çok karıştırılan kavramlardır (Yalçın, G. vd.,2005; Eken, M., vd., 2008; Şensoy, S. ve Demircan, M., 2010; Akçakaya, A., vd., 2013).

Hava durumu herhangi bir yer ve zamanda mevsimden-mevsime, günden-güne, saatten-saate değişip kısa sürede çeşitli görünüşler alabilmektedir. Rüzgâr, nem, yağış, sıcaklık, basınç ve bulutluluk hava olaylarını meydana getiren değişkenlerdir.

İklim ise 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 sistemi, atmosfer, kara yüzeyleri, kar ve buz, okyanuslar ve diğer su kütleleri ile canlıları kapsayan karmaşık ve etkileşimli bir sistemdir. Bu sistem, zaman içinde, kendi iç dinamiklerinin etkisi altında ve dış etmenlerdeki (zorlamalar olarak adlandırılmaktadır) değişikliklere bağlı olarak yavaş yavaş değişim gösterir. Dış zorlamalar, volkanik patlamalar ve güneşle ilgili değişkenlikler gibi doğal olaylar ile atmosferin bileşimindeki insan kaynaklı değişiklikleri içerir. Güneş radyasyonu, iklim sisteminin güç kaynağıdır. Yerkürenin radyasyon dengesini etkileyen, dolayısıyla iklimi değiştiren üç temel etken bulunmaktadır:

- Gelen güneş radyasyonundaki değişiklikler (Güneşin kendisindeki ya da yerkürenin yörüngesindeki değişikliklere bağlı olarak);
- Güneş radyasyonunun yansıtılan kısmındaki değişiklikler (bu kısım albedo olarak adlandırılmaktadır ve bulut örtüsü, aerosoller denilen küçük parçacıklar ya da arazi örtüsündeki değişikliklere bağlı olarak değişebilmektedir);
- Yerküreden uzaya geri gönderilen uzun dalga radyasyondaki değişiklikler.

Bunların yanı sıra, rüzgârlar ve okyanus akıntılarının, yerküre üzerindeki ısı dağılımında oynadıkları rol nedeniyle, iklim üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.

İklim, atmosferde gözlemleri yapılan; sıcaklık, yağış, basınç, rüzgâr vb. meteorolojik parametrelerin ortalamaları ve ekstremleri 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-iklimciler (paleo-klimatolojistler) tarafından vekil veriler kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Vekil veri buz havuçları, ağaç halkası, lösler, sedimentler vb. doğal tarihsel yeryüzü veri kayıtlarıdır. Vekil verilerin güvenilirliği yaklaşık %60 civarındadır.

İklim verileri ulusal meteorolojik miraslardır; şöyle ki,tahmin ve uyarılar kısa raf ömürlü iken iklim verileri yüz yıllar boyu veya daha uzun süre kalıcıdırlar. İklim verileri ulusal mirasın bir parçasıdırlar. Veriler, gelişmiş bilgisayarlar ve algoritmalarla, gelecek yıllarda da hassas detayları ile tekrar tekrar dikkatli bir şekilde gözden geçirilmeye devam edecektir. Gözlem noktasındaki atmosferin gerçek durumunu temsil eden bu verileri yeterli doğrulukta kayıt etme ve arşivleme için özen ve sebat gösterilerek çalışmalar yapılmalıdır. Birçok yönden, ulusal meteoroloji servisleri gelecek kuşaklara bıraktıkları kayıtların kalitesi ile sorgulanacaklardır.

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

İklim değişikliği "nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda veya değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler" biçiminde tanımlanmaktadır. Dünyamızın bugüne kadarki tarihi boyunca, yaklaşık 4,5 milyarlık bir dönemde iklim sisteminde, milyonlarca yıldan on yıllara 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 fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaştırma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleriyle atmosfere salınan sera gazı birikimlerindeki hızlı artışın doğal sera etkisini artırdığı düşünülmektedir. Yeryüzünden geri yansıyan uzun dalga boylu ışınların bir bölümü, bulutlarca ve atmosferdeki sera etkisini düzenleyen sera gazlarınca (su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O), ozon (O_3), vb.) soğurulur. Sera etkisi dünya ısı dengesi için gerekli bir mekanizmadır. Fakat insan etkileriyle atmosfere salınan ilave gazlar yerküreyi beklenenden daha fazla ısıtır. Sera gazı emisyonlarındaki bu artış, özellikle 1750'li yıllardan itibaren, yani sanayi devriminden bu yana net olarak gözlemlenmektedir. En önemli sera gazı olan CO_2'nin atmosferdeki birikimi sanayi öncesi dönemde yaklaşık 280 ppm'den (milyonda bir parçacık) 2014 yılında 398ppm'e yükselmiştir. Sanayi öncesi dönemde yaklaşık 715 ppb(milyarda bir parçacık) olan CH_4 birikimi, 2005 yılında 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.

Fosil ve biokütle yakıtların yakılması, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağıdır. Çimento üretimi karbondioksit, tarım ve katı atık düzenli depolama sahaları metan gazı salmaktadır. Gübre kullanımı ile naylon üretimi diazotmonoksiti, buzdolabı ile klimalar ise kloroflorokarbon (CFC) emisyonlarını artırmaktadır. Arazi kullanımı değişiklikleri de iklim sistemini önemli ölçüde etkilemektedir. Tarım amaçlı kullanım için arazi açılması, koyu renkli yüzeyin miktarını artırmakta ve sonuç olarak gelen güneş radyasyonu yansımaktan çok emilmektedir. Arazi açılması ayrıca, ormanların tahrip edilmesi nedeniyle, karbondioksiti tutan ve depolayan ağaç ve bitkilerin azalması anlamına gelmektedir. Çölleşme, atmosfere geçen toz miktarında artışa neden olarak güneşten yeryüzüne gelen enerjiyi azaltarak küresel ısınmayı yavaşlatan bir etkiye sahip olabilmektedir. Şehirleşme, şehir ısı adalarının yani şehirlerde çevrelerine göre daha sıcak alanların oluşmasına yol açmaktadır.

1.2. Küresel İklim İzleme Çalışmaları

Dünyamızın 4,5 milyar yıllık varoluş periyodunda iklim sisteminde, milyonlarca yıldan on yıllara 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.

IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli), iklim değişikliğiyle ilgili en güncel bilimsel, teknik ve sosyoekonomik bilgileri, çok sayıda bilim insanının katılımıyla, düzenli aralıklarla değerlendirerek raporlar halinde yayımlamaktadır. IPCC 2007 yılında Dördüncü Değerlendirme Raporu'nu açıklamıştır. Bu raporun Çalışma Grubu Bölümünde: İklim sisteminin şüphe götürmeyecek şekilde ısındığı, yirminci yüzyılın ortalarından bu yana ortalama yüzey sıcaklıklarında gözlenen artışın büyük bölümünün kuvvetli olasılıkla (%90) insan kaynaklı sera gazı salımlarındaki artıştan kaynaklandığından bahsedilmektedir. Bu bulgunun, bir önceki IPCC Değerlendirme Raporuna göre daha güçlü ve somut kanıtlara dayandığı belirtilmektedir (IPCC,2007).

Küresel değerlendirmelere baktığımızda son 100 yıl (1906-2005) boyunca sıcaklık artışının doğrusal olduğu tahminiyle küresel yüzey sıcaklıklarında ortalama 0,74°C ± 0.18°C artış olmuştur. Son 50 yılda sıcaklık artışının hızı neredeyse son 100 yılda olan artışın iki katıdır (her on yılda 0.13°C ± 0.03°C / 0.07 °C ± 0.02°C).

Kasım 2014 tarihinde açıklanan IPCC 5. Değerlendirme Raporu (AR5) Sentez Raporundan elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir:

1. İklim sistemindeki ısınma açıktır ve 1950'den bu yana gözlenen değişiklikler önceki on yıllar ve bin yılda görülmemiştir. 1880'den bu tarafa atmosfer ve okyanuslar birlikte 0.85°C ısınmış, kar ve buz miktarları azalmış, deniz seviyesi yükselmiş sera gazlarının konsantrasyonu artmıştır.

2. Ardışık son 3 on yıl, 1850'den beri yaşanan en sıcak on yıllar olmuştur. Kuzey Yarıkürede 1983-2012 arası son 1400 yılın en sıcak 30 yılı olmuştur. Okyanusların ısınması iklim sisteminde saklanan enerjiyi artırmaktadır, hesaplanan enerjinin %90'ı 1971-2010 arası birikmiştir.

3. Son 20 yılda Grönland ve Arktik buz kütleleri hacim kaybetmeye devam etmiş, Kuzey Yarıkürede ilkbahar kar örtüsü azalmıştır.

4. 19. Yüzyıldan bu yana gerçekleşen deniz seviyesi yükselme oranı son 2000 yıldan fazladır. 1901-2010 arası küresel deniz seviyesi 19cm artmıştır.

5. Karbondioksit (CO_2) endüstri öncesi döneme göre %40 artmıştır. Okyanuslar insan kaynaklı salınan CO_2'nin %30'unu absorbe eder bu da denizlerin asitleşmesine neden olmaktadır.

6. 2007'de yayınlanan 4. Değerlendirmeden bu yana iklim modelleri gelişmiştir. Modeller 21. Yüzyılın sonlarına doğru RCP2.6 hariç tüm senaryolarda 1,5°C'nin üzerinde artışlar beklemektedir. RCP6.0 ve RCP8.5'a göre ise ısınmanın her yerde aynı olmamakla birlikte 2,0°C'yi aşması kaçınılmazdır.

7. Sıcak hava dalgaları, sel ve kuraklıklar, ekstrem deniz seviyeleri, tropikal ve ekstra tropikal siklonlar gibi ekstrem olaylarının şiddet ve frekansları 20. Yüzyılın ikinci yarısından beri artmıştır ve gelecekte de artmaya devam edecektir.

8. Yıkıcı sonuçları durdurmak için hızlı hareket etmek gerekmektedir.

9. İklim değişikliğine karşı önlem alınmaması durumunda doğacak sonuçlar, alınacak önlemlerin maliyetinden çok daha büyük olacaktır.

10. İklim değişikliği gıda güvenliğini etkileyecek ve insanları yaşadıkları yerlerden edecektir.

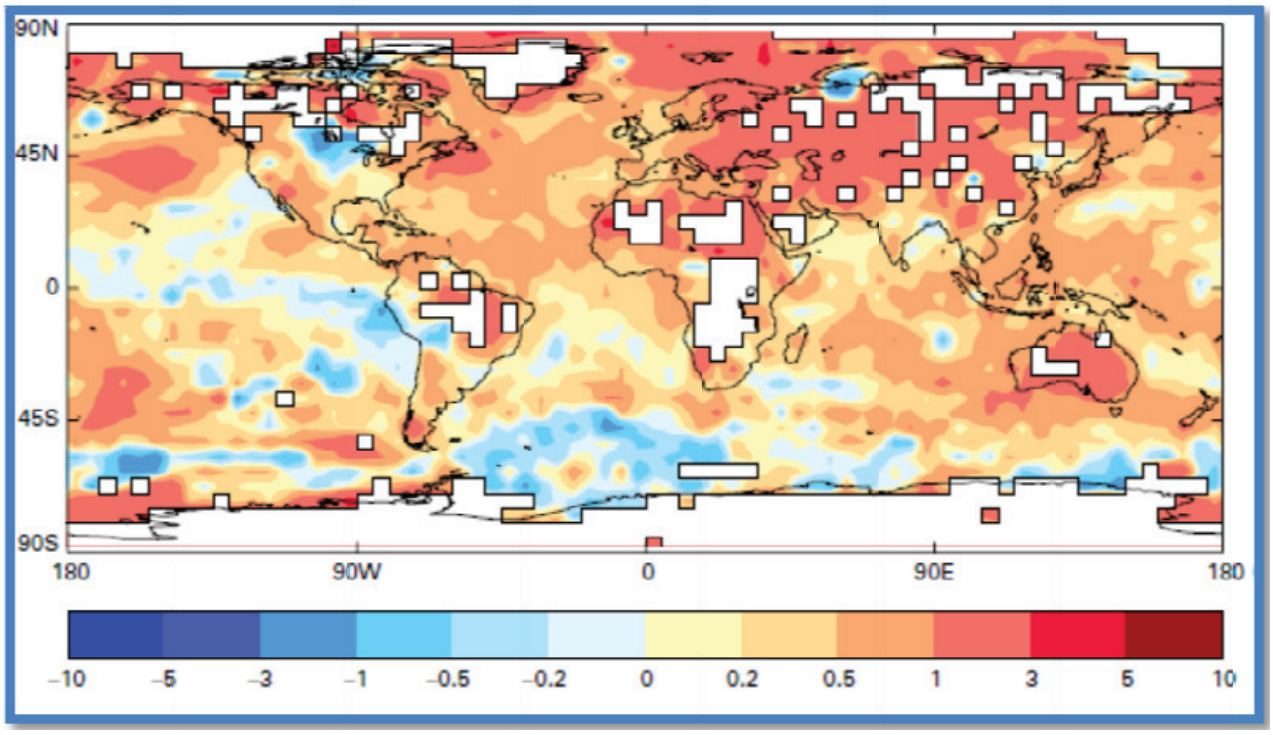
11. Daha iyi bir gelecek için refah seviyesi ve sürdürülebilir kalkınma korunarak iklim değişikliğini sınırlandıracak araç ve seçenekler (yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, ormansızlaşmanın durdurulması, karbon yakalama vb.) mevcuttur. (URL 5)

Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) üye ülkeler ile işbirliği içinde 1993 yılından buyana "Küresel İklimin Durumuna ilişkin WMO Açıklamaları" isimli iklim yıllıklarını yayımlamaktadır (WMO, 2014, 2015). Bu yayın için üye ülke, kurum, kuruluş ve üniversiteler destek olmaktadır:

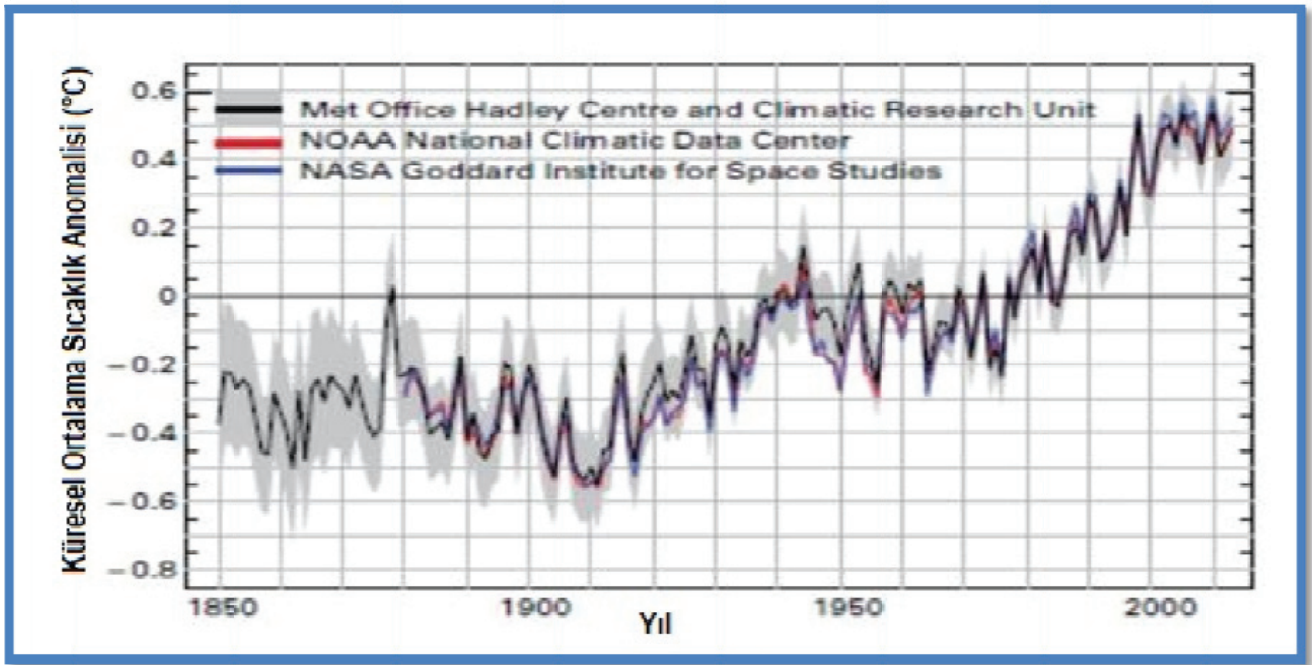
Bunlar; İngiltere Meteoroloji Ofisi Hadley Merkezi,İklim Araştırma Birimi (CRU), East AngliaÜniversitesi, İklim Tahmin Merkezi (CPC), Amerika Birleşik Devletleri'nden Ulusal İklim Verileri Merkezi (NCDC), Ulusal Çevresel Uydu ve Bilgi Servisi (NESDIS), Ulusal Kasırga Merkezi (NHC), Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'nin (NOAA) Ulusal Hava Servisi (NWS), Ulusal Havacılık ve Uzay dairesi (NASA) tarafından işletilen Goddard Uzay Çalışmaları Enstitüsü (GISS), Ulusal Kar ve Buz Veri Merkezi (NSIDC), Avrupa Merkezi Orta Vadeli Hava Tahminleri (ECMWF), Küresel Yağış Klimatoloji Merkezi (GPCC), Küresel Kar Laboratuvar, Rutgers Üniversitesi'dir.

Sürece Dünya Meteoroloji Teşkilatı'na üye olan Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Servisleri ve eşdeğer iklim kurumları da katkı sağlamaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü de Türkiye adına bu katkılarına devam etmektedir.

WMO 2013 yılı raporuna göre; 2013 yılı, 2007 yılı ile birlikte küresel kayıtların başladığı 1850 yılından bu yana altıncı en sıcak yıl olmuştur. 2013 yılı, 1961-1990 küresel kara ve okyanus yüzey ortalama sıcaklığı olan 14.0°C'nin 0.50°C ± 0.10°C üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, 1961-1990 küresel kara ve okyanus yüzey ortalama sıcaklıklarının üzerindeki yirmisekizinci ardışık yıl olmuştur. 2001-2013 yılları kayıtların en sıcak yılları arasında yer alan 14 sıcak yıl olmuştur (Şekil 1, 2).



Şekil 1: 2013 yılı İçin 1961-1990 Normallerine Göre Küresel Kara ve Deniz Yüzeyi Sıcaklıkları Anomalileri (°C)(WMO, 2014).

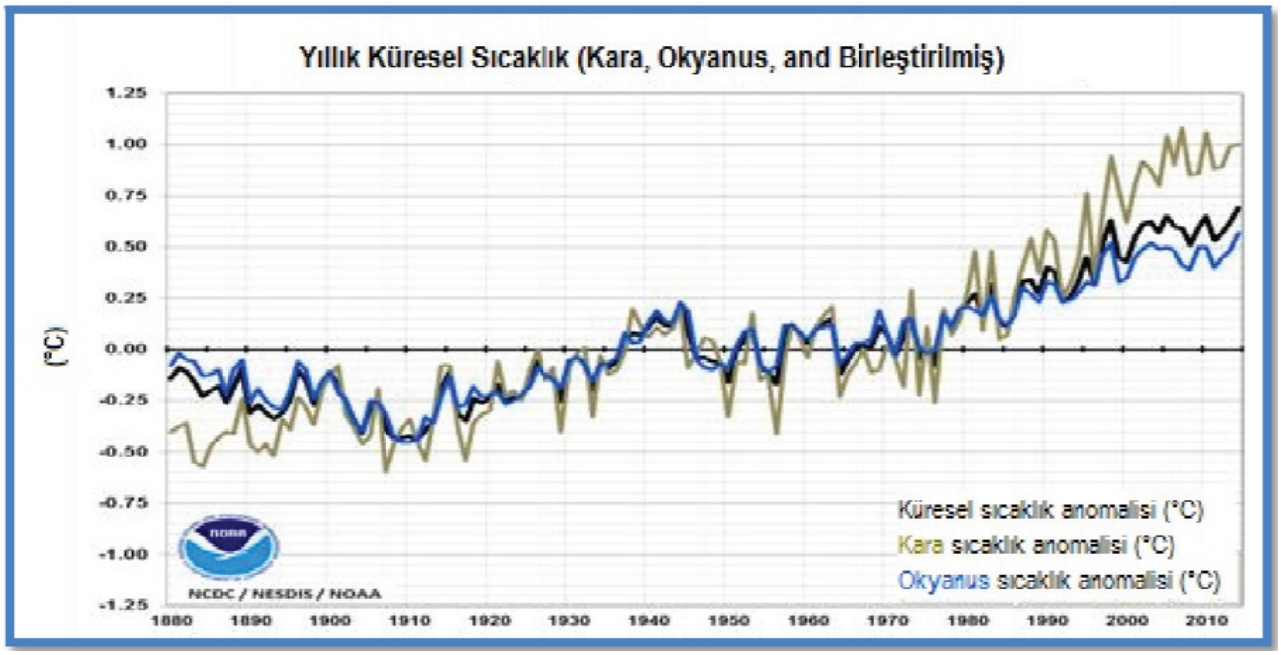


Şekil 2: Küresel Yıllık Ortalama Sıcaklık Anomalileri (1961-1990 normallerine göre) 1850'den 2013 Hadley Merkezi / CRU (HadCRUT4) (siyah çizgi ve gri alan, ortalama ve 95 yüzde belirsizlik aralığını temsil eder), NOAA Ulusal İklimsel Veri Merkezi (kırmızı) ve NASA Goddard Enstitüsü Uzay Çalışmaları (mavi) (WMO, 2014).

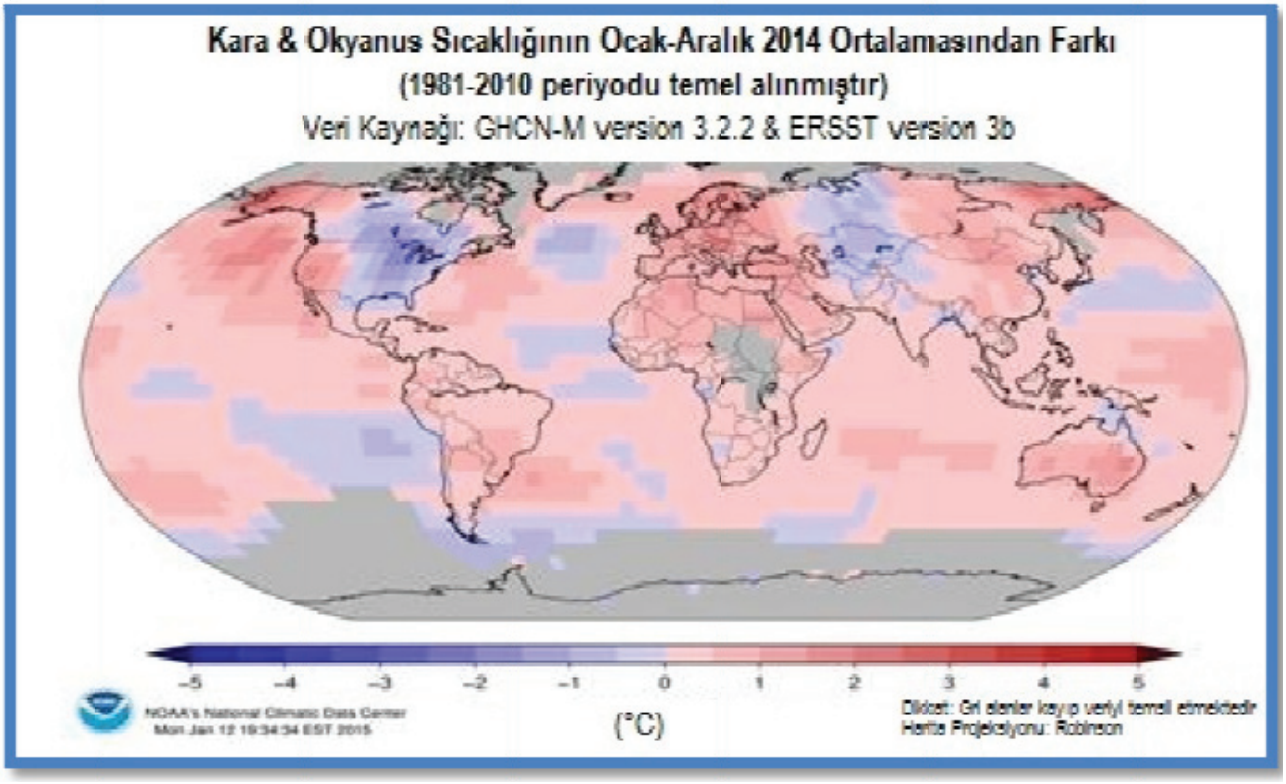
2014 yılı, kayıtların başladığı 1880 yılından beri küresel kara ve okyanus yüzeyleri boyunca en sıcak yıl oldu (http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/summary-info/global/2014/12). Yıllık ortalama sıcaklık, 20. yüzyıl ortalaması olan 13.9°C'nin 0,69°C üzerinde ve daha önce en sıcak yıllar birinciliğini paylaşan 2005 ile 2010 yıllarının da 0.04°C üzerinde gerçekleşerek rekor kırdı (Şekil 3, 4). Bu da 2014 yılını, yıllık küresel sıcaklıkların ortalamanın üzerinde olduğu 1977'den beri arka arkaya 38. yıl yaptı. 2014 yılını da içeren, 135 yıllık kayıt döneminde 10 sıcak yılın 9'u 21. yüzyılda meydana gelmiştir. Şu anda 1998 yılı kayıtta dördüncü en sıcak yıl olarak yer almaktadır.

Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) yayınladığı basın bildirisine göre 2014 yılı, 1961–1990 ortalamasının (14.0°C) 0.57°C üzerinde gerçekleşerek en sıcak yıl (URL 2), Amerikan Ulusal Oşinografi ve Atmosfer İdaresi'nin (NOAA) yaptığı değerlendirmeye göre 2014 yılı küresel yer yüzeyi ve okyanuslar açısından 0.69°C anomali ile 1880 yılından bu yana son 135 yılın en sıcak yılı (URL 3), Japon Meteoroloji Ajansı (JMA)'ya göre de 2014 yılı 20. Yüzyıl ortalamasının 0.63°C, 1981–2010 ortalamasının da 0.27°C üzerinde gerçekleşerek en sıcak yıl (URL 4) olmuştur. Bu sonuçla 2014 yılı daha önceki en sıcak yıl olan 2010 yılını da 2. sıraya indirmiş ve 2014 yılında okyanuslar daha önce görülmediği şekilde ısınmıştır.

2014 yılı, yağışlar açısından, normalleri civarında gerçekleşen 3. yıl olmuştur. Fakat yağışın doğası gereği bölgesel değişiklikler fazladır (URL 3).



Şekil 3: Yıllık Küresel Sıcaklık Sapmaları (1880-2014 Ortalamalarına Göre).



Şekil 4: 2014 Yılı Sıcaklık Anomali Küresel Dağılışları (1981-2010 Normaline Göre).

Ayrıca WMO'nun sanal bölgesel iklim merkezleri de bölgelerinde yaptıkları aylık ve yıllık iklim izleme raporlarıyla hem bölgelerine hem de WMO yıllık iklim izleme raporuna katkı sağlamaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü de WMO VI. Bölge Sanal İklim Merkezi (http://www.dwd.de/rcc-cm) içerisinde görev almaktadır ve buna ek olarak Doğu Akdeniz Sanal İklim Merkezinde (http://www.emcc.mgm.gov.tr/) iklim izleme ve mevsimlik tahminlerini sürdürmektedir (MGM, 2014).

Amerika Meteoroloji Topluluğu, özel ek bültenlerle yıllık küresel iklim değerlendirmeleri yapmaktadır.

1.3. Türkiye'de İklim İzleme Çalışmaları

Türkiye'de iklim izleme çalışmaları Osmanlı İmparatorluğu döneminde 1866-1894 yılları arasında faaliyet gösteren İmparatorluk Gözlemevi ile başlamış, ayrıca 1866-1886 yılları arasında Üsküdar İngiliz mezarlığında yapılan bazı ölçümler bulunmaktadır. 1896-1914 yıllarında ise Halkalı Ziraat Mektebi'nde bazı ölçümler yapılmış ve bu kayıtlar Meteoroloji Müzesinde sergilenmektedir. I. Dünya Savaşı sırasında 1914-1918 yılları arasında Almanların yaptığı bazı rasat kayıtları ve analizler "DieTemperaturverhaltnisse der Turkei" isimli kitapta toplanmıştır.

Cumhuriyet döneminde 1937 yılına kadar gözlemlerden sorumlu kuruluş Kandilli Rasathanesi iken 1937 yılında Atatürk'ün onayı ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü kurulmuş ve o tarihten bugüne kadar iklim izleme çalışmaları yapan tek yetkili kuruluş olmuştur.

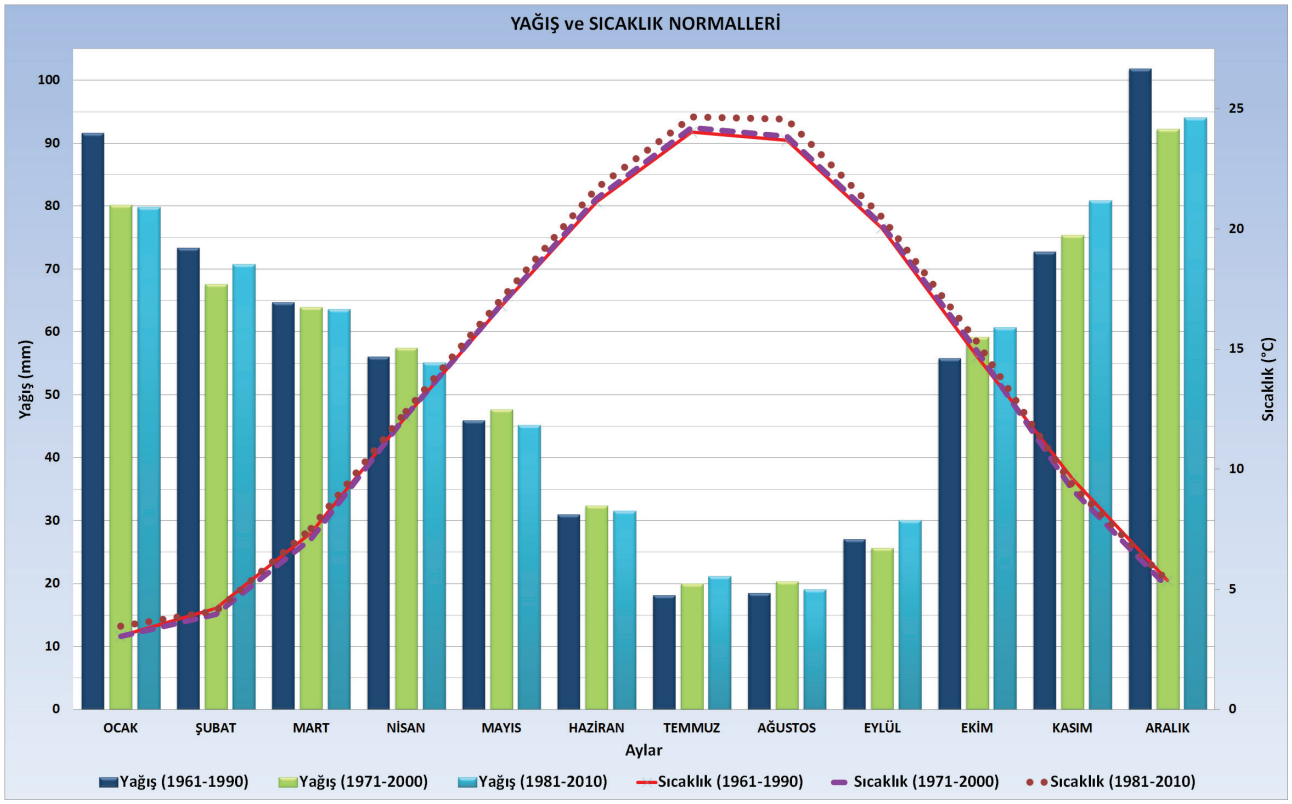
Cumhuriyet Döneminde Macar Meteorolog Antal Rethly (1879-1975) Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluş yıllarında Türk Hükümeti tarafından ülkede meteoroloji ağının düzenlenmesi için 1925-1927 yılları arasını kapsayan bir sözleşme ile Türkiye'ye davet edilmiştir. Antal Rethly, Ankara'da Meteoroloji Enstitüsünü kurmuştur. Gözlem istasyonları oluşturmak için Anadolu gezisine çıkmış, hemen hemen bütün Anadolu'yu dolaşmıştır. Bu yolculukları

sırasında gözlem istasyonlarının yanı sıra, gittiği yerlerin bitki örtüsü, toprak yapısı ve su kaynaklarını da yakından incelemiş, Anadolu'nun zengin kültürünü yakından tanımıştır. Bu çalışmalarının yanı sıra meteorolojiye ait gözlem sonuçlarını yayımlamıştır. Atatürk'ün isteği üzerine 1927 yılında Ankara'nın havası hakkında bir rapor hazırlamıştır. Ülkesinde ve dünya çapında tanınmış bir bilim adamı olan Antal Rethly, iki yıllık Türkiye ikametgâhı sırasında Türk meteorolojisine çok önemli hizmetler yaparak Türk meteorolojisinin gelişmesine katkıda bulunmuştur (Çolak, 2009, URL 6).

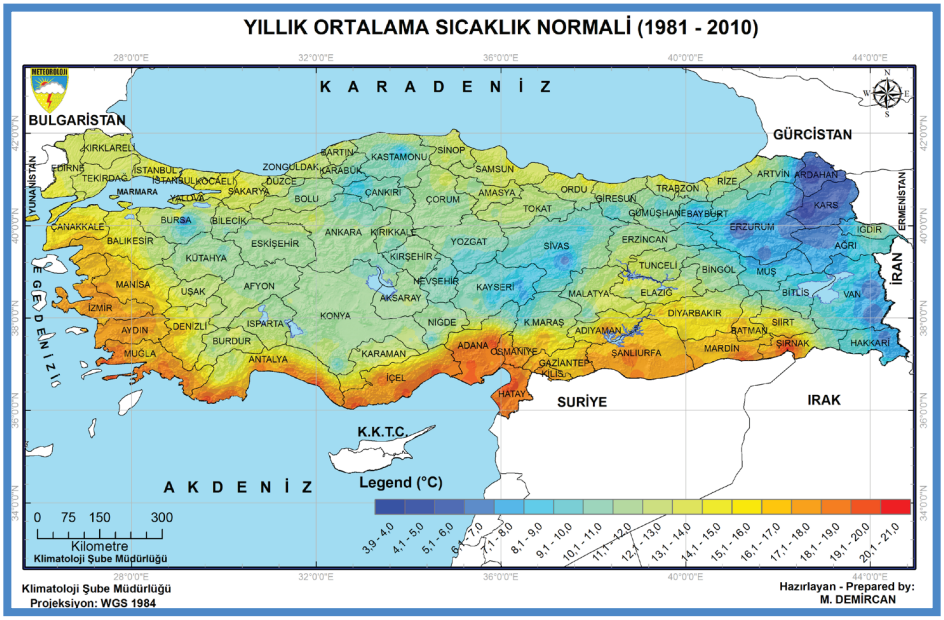
Meteorolojik Veri Tabanı'nda 1926 yılından bu yana çeşitli istasyonların verileri bulunmakta ve bu veriler iklim izleme amacı ile kullanılmaktadır. Buna göre Türkiye'nin kalite kontrolünden geçmiş verileri ile üretilen sıcaklık ve yağış verilerinden aşağıdaki zaman serileri üretilmiştir.

1.3.1. Türkiye Uzun Yıllar Yıllık Sıcaklık Dağılışı

Türkiye'nin aylık sıcaklık ve yağış dağılışında yaz aylarında sıcaklıklar artarken, yağışlar azalmaktadır (Şekil 5). Türkiye aylık ortalama sıcaklık ve yağış normalleri sıra ile 1961-1990 dönemi için 13.5°C ile 657 mm, 1971-2000 dönemi için 13.5°C ile 642 mm ve 1981 ile 2010 dönemi için 13.8°C ile 652 mm'dir (97 istasyona göre).

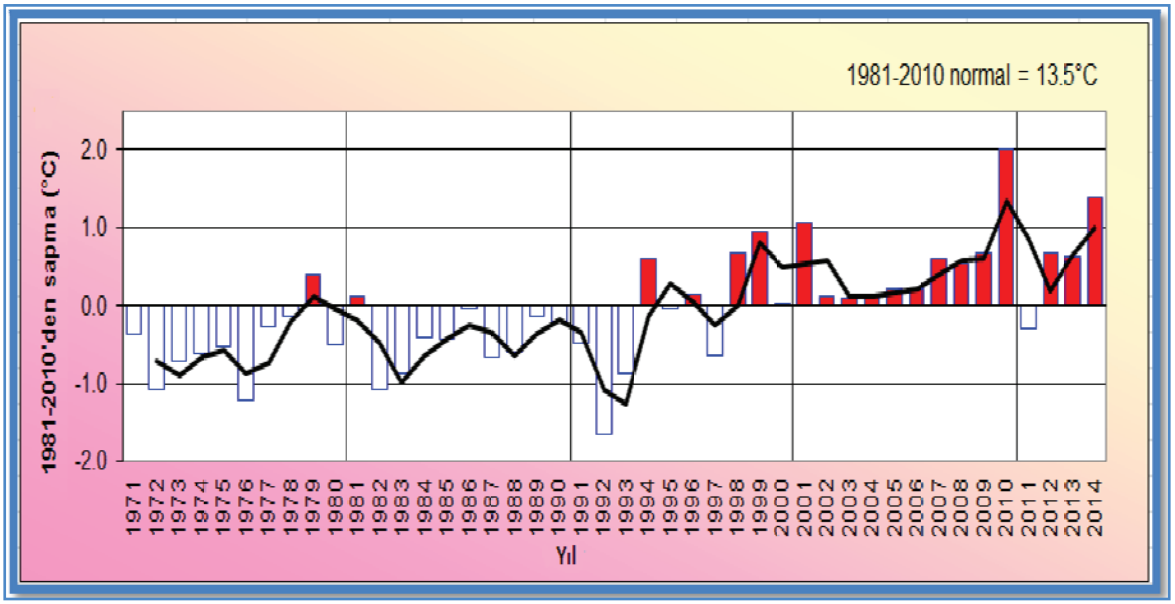


Şekil 5: Türkiye'nin 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 Yılları Arası Yağış Ve Ortalama Sıcaklık Normallerinin Aylık Dağılımı (97 istasyon).



Şekil 6: Türkiye Ortalama Sıcaklık Dağılışı (1981-2010 Normalleri)

Türkiye ortalama sıcaklıklarında 1994 yılından bu yana (1997 yılı hariç) pozitif sıcaklık anomalileri mevcuttur. En sıcak yıl ise 2,0°C anomali ile 2010 yılı olmuştur 2014 yılı ise en sıcak ikinci yıl olmuştur (130 istasyona göre; Şekil 7; Tablo 1; MGM, 2014).

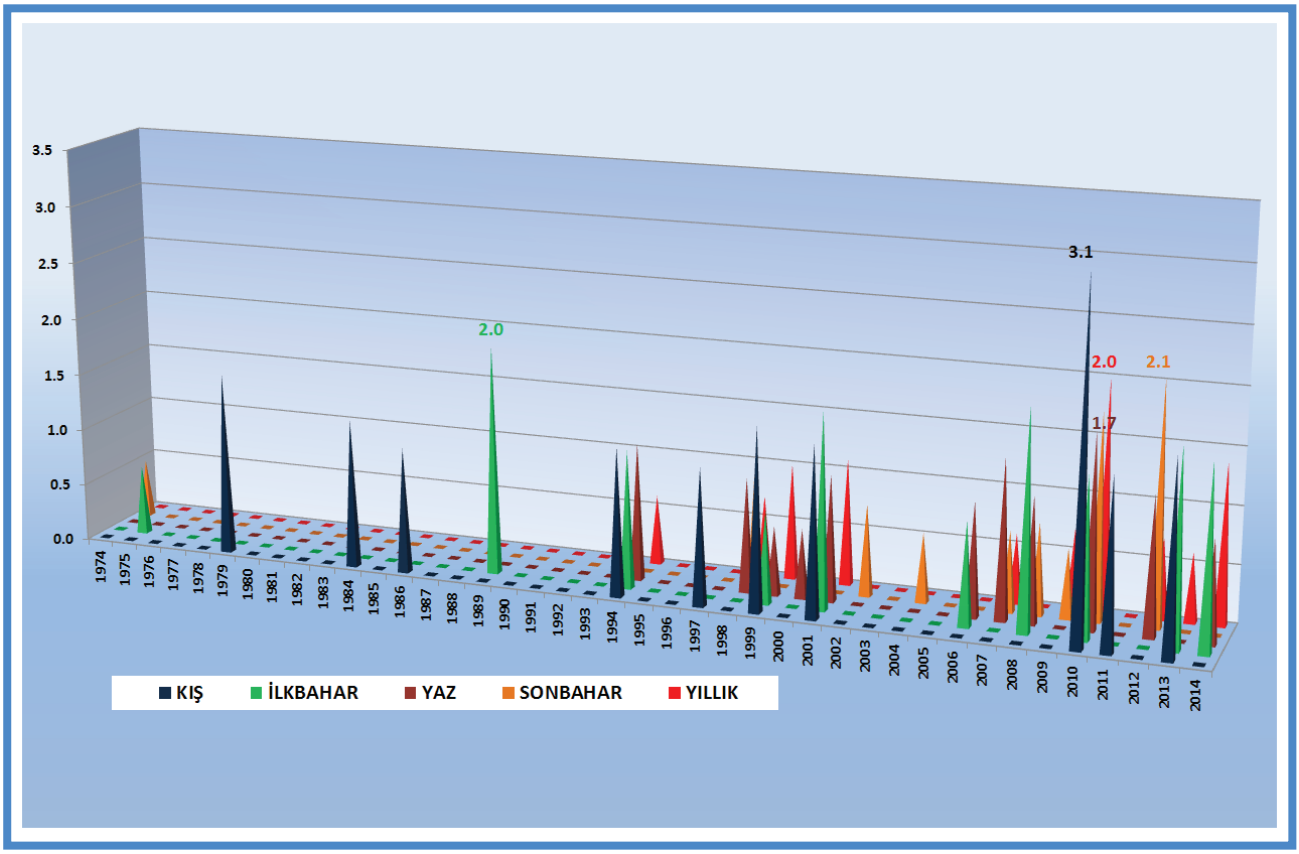


Şekil 7: Türkiye Yıllık Ortalama Sıcaklık Anomalisi (130 İstasyona Göre; MGM, 2014).

Yıllık ve mevsimlik olarak en sıcak on yıl sıralaması: En sıcak yıl 2010 yılı, en sıcak kış 2010 yılı kış mevsimi, en sıcak ilkbahar 1989 yılı ilkbahar mevsimi, en sıcak yaz mevsimi 2010 yılı yaz mevsimi ve en sıcak sonbahar 2012 yılı sonbahar mevsimi olmuştur (Tablo 1, Şekil 8). 2014 yılı yıllık olarak ikinci sıcak yıl ve ilkbahar ile yaz mevsimleri de sıcak mevsimlerden olmuştur. 2013 yılı yıllık olarak ve kış ile ilkbahar mevsimleri de sıcak mevsimlerden olmuştur. 1998 ve 2007 yılları yıllık olarak ve yaz ile sonbahar mevsimleri de sıcak mevsimlerden olmuştur. 1994, 1999 ve 2001 yılları yıllık olarak ve sonbahar hariç tüm mevsimlerde mevsimlik olarak sıcak yıllar olmuştur. 2008 yılı ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri sıcak mevsimlerden olmuştur.

Tablo 1. Mevsimlik ve Yıllık Olarak En Sıcak On Yıl Sıralaması.

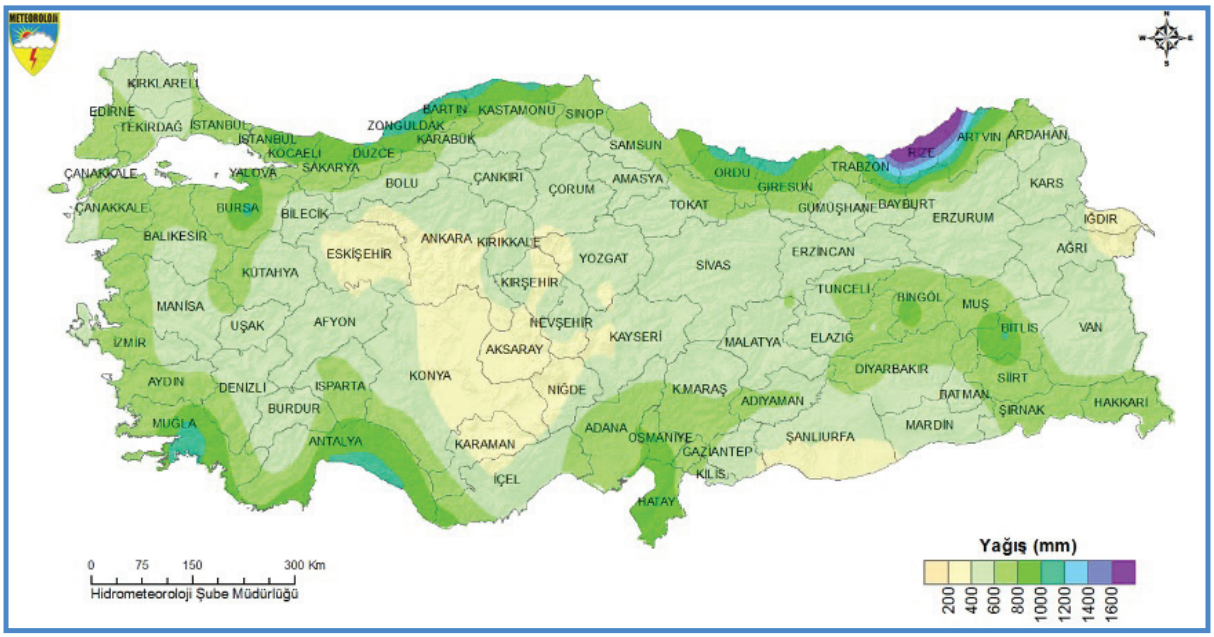
KIŞ			İLKBAHAR			YAZ			SONBAHAR			YILLIK		
Yıl	Sıcaklık	Anomali	Yıl	Sıcaklık	Anomali	Yıl	Sıcaklık	Anomali	Yıl	Sıcaklık	Anomali	Yıl	Sıcaklık	Anomali
2010	6,8	3,1	1989	14,0	2,0	2010	25,2	1,7	2012	16,9	2,1	2010	15,5	2,0
2013	5,4	1,7	2008	13,9	1,9	2007	25,0	1,4	2010	16,5	1,8	2014	14,9	1,4
1979	5,3	1,6	2013	13,7	1,7	2012	24,7	1,2	1994	16,0	1,2	2001	14,6	1,1
1999	5,3	1,6	2001	13,7	1,7	2008	24,7	1,1	1998	16,0	1,2	1999	14,5	1,0
2001	5,2	1,5	2014	13,6	1,6	2001	24,7	1,1	2008	15,5	0,8	2009	14,2	0,7
2011	5,2	1,5	2010	13,4	1,4	2006	24,6	1,0	2002	15,5	0,8	2012	14,2	0,7
1994	5,0	1,3	1994	13,2	1,2	1998	24,5	1,0	2007	15,4	0,7	1998	14,2	0,7
1984	5,0	1,3	2006	12,9	0,9	2014	24,4	0,9	2009	15,4	0,6	2013	14,1	0,6
1997	4,9	1,2	1999	12,8	0,8	2000	24,2	0,6	2004	15,4	0,6	2007	14,1	0,6
1986	4,8	1,1	1975	12,6	0,6	1999	24,1	0,6	1974	15,2	0,5	1994	14,1	0,6



Şekil 8: Mevsimlik ve Yıllık Olarak En Sıcak On Yıl.

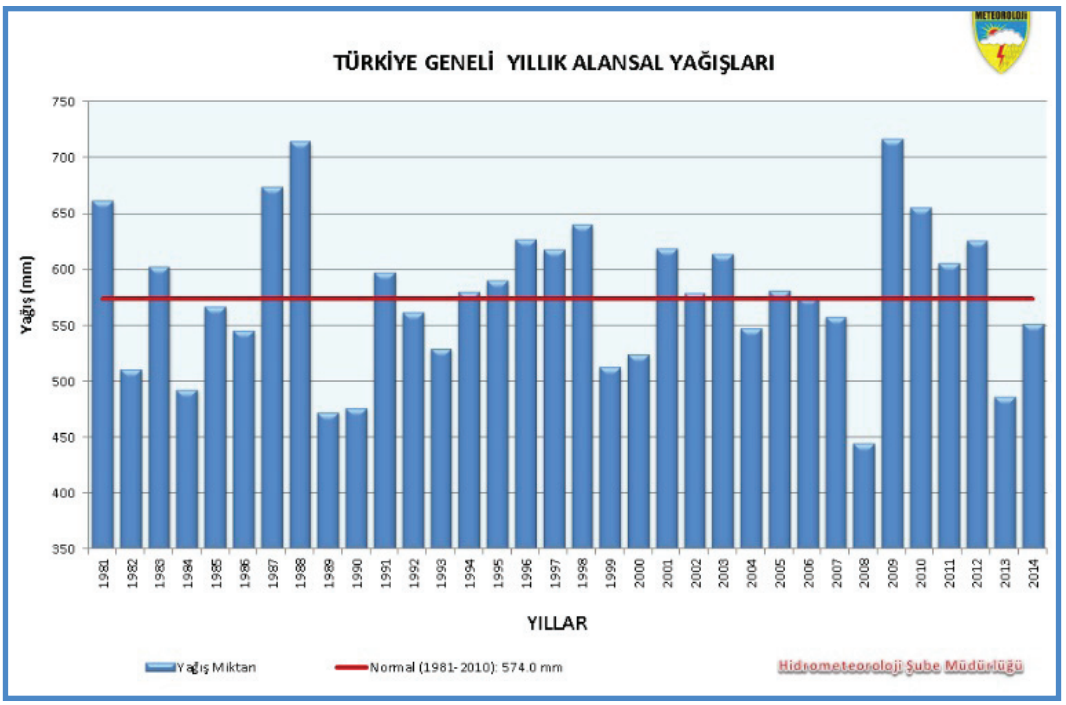
1.3.2. Türkiye Uzun Yıllar Yıllık Yağış Dağılışı

Türkiye'de dağların uzanışı yağış açısından oldukça çeşitliliğe sebep olmaktadır. Genelde sahil kesimlerimiz 1000mm'nin üzerinde yağış alırken Rize 2300 mm; Orta Anadolu ise 300mm civarında yağış almaktadır. Akdeniz Bölgesi yağışlarının çoğunu kış aylarında alırken, dağların etkisiyle iç bölgelere daha az yağış düşmektedir. Karadeniz Bölgesi ise her mevsim yağışlıdır. Kuzeyli ve güneyli akımlarda iç bölgeler az yağış alır. İç bölgeler ancak batılı akımlarda yağış almaktadır (Şekil 9).



Şekil 9: Türkiye Yıllık Toplam Alansal Yağış Normalleri (1981-2010 Normalleri).

Türkiye uzun yıllık yağışlarına bakıldığında kurak ve nemli dönemlerin birbirini takip ettiği izlenmektedir (Şekil 10). 2014 yılı kurak yıllardan bir tanesi olmuştur. En nemli dönemler 2009 ve 1988 yılları olmuştur.



Şekil 10: Türkiye Geneli Yıllık Alansal Yağışları (1981-2014).

1.3.3. Güncel İklim İzleme, Aylık, Mevsimlik, Yıllık Analizler

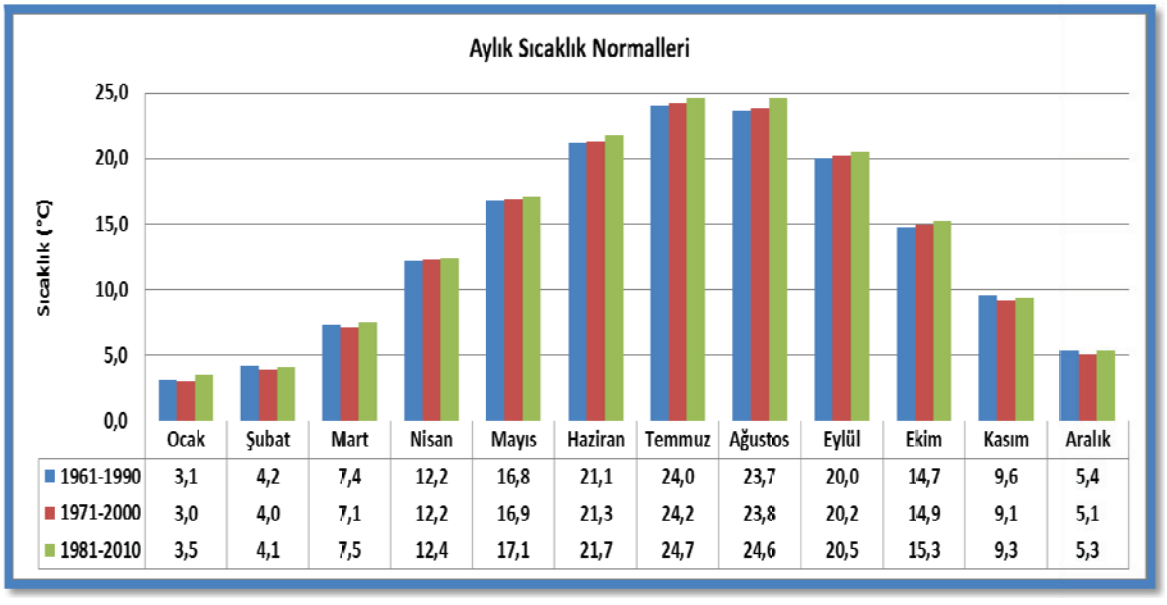
Türkiye'de aylık, mevsimlik ve yıllık iklim izleme çalışmaları yapılmaktadır (MGM, 2014). Bu çalışmalarda her ay, mevsim ve yıl tamamlandıktan sonra sıcaklık ve yağış parametreleri uzun yıllık veriler ile karşılaştırılarak ortalamadan sapmaları hesaplanmakta, harita, grafik ve raporları hazırlanarak kamuoyunun bilgilendirilmesi sağlanmaktadır. Anomaliler istatistiksel yöntemlerle hesaplanmakta ve haritalanmaktadır.

Türkiye geneli ve bölgeler için yapılan aylık ve mevsimlik analizler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün www.mgm.gov.tr adresli internet sayfasında "Analizler" başlığı altında "Aylık Sıcaklık Analizi", "Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri", Aylık Yağış Raporu", "Mevsimlik Yağış Raporu", "Kuraklık Analizi", başlıkları halinde her ay ve mevsim bitiminde sunulmaktadır. Yıllık değerlendirmeler ise yine aynı sitede indirilebilir kitapçık formatında her yıl bitiminde kullanıcılara sunulmaktadır.

İklim izleme ve iklim değişikliği çalışmalarında referans dönemler, yani iklim normallerini kullanmak küresel, ülkesel ile bölgesel değerlendirmeler yapmayı ve ayrıca geçmiş ve gelecek çalışmaları bütünleştirmeyi de kolaylaştırır (Demircan, M., vd., 2013). İklim normalleri başlıca iki amaç için kullanılır. Normaller, yeni veya mevcut birçok anomali tabanlı iklim veri kümeleri (örneğin, küresel ortalama sıcaklık) için bir temel sağlamayı da içeren karşılaştırabilir gözlemler için bir ölçüt olarak hizmet vermektedir. Normaller ayıca, yaygın olarak belirli bir konumda yaşanabilecek olması muhtemel koşulların bir tahmini olarak, açık veya örtülü olarak kullanılmaktadır.

Günümüzde WMO'ya üye ülke iklim servislerinde ve iklim değişikliği çalışmalarında 1961-1990, iklim izlemelerinde ise 1971-2000 ve 1981-2010 olmak üzere üç sıcaklık normali kullanılmaktadır. MGM de bu üç normali kullanmış ve bütün ülkeler gibi güncel iklim izleme çalışmalarında 1981-2010 normallerine geçmiştir. Bununla birlikte 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 olmak üzere üç sıcaklık normali arasındaki ilişkinin kurulabilmesi için bir çalışma yaparak internet sayfasında yayımlamaktadır.

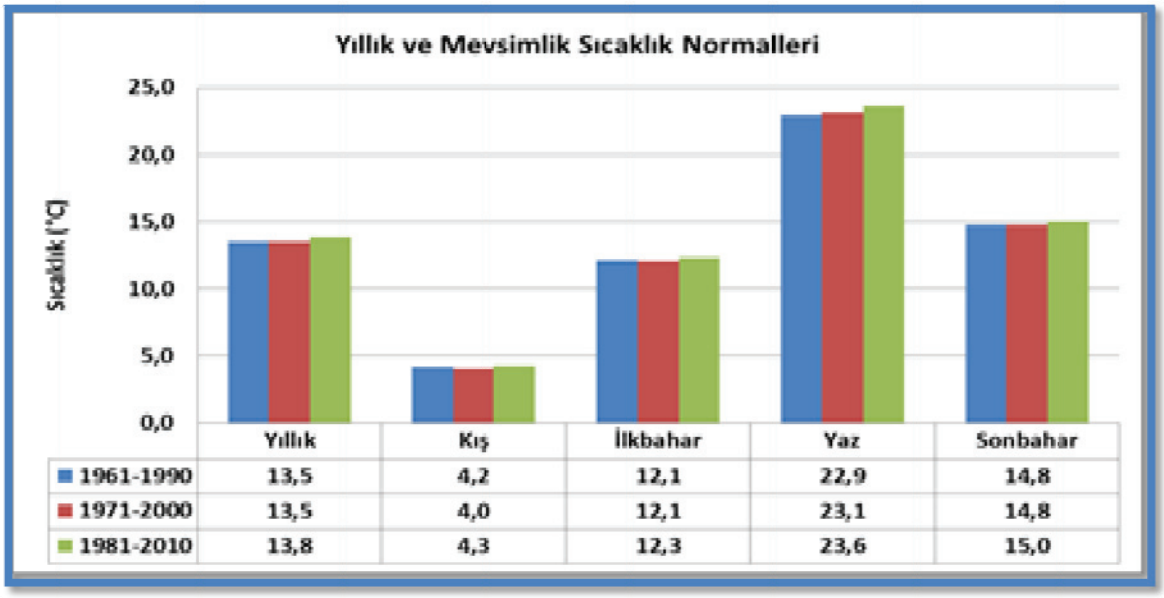
1961-1990 sıcaklık normalleri, 1971-2000 ve 1981-2010 sıcaklık normalleri ile karşılaştırıldığında, 1971-2000 sıcaklık normaline göre nisan ayı ortalamaları aynı; ocak, şubat, mart, kasım ile aralık ayında yüksek ve diğer aylarda düşüktür (Demircan, M. vd., 2013). 1981-2010 sıcaklık normaline göre ise şubat, kasım ve aralık aylarında yüksek ve diğer aylarda düşük olduğu görülmektedir. 1971-2000 sıcaklık normali, 1981-2010 sıcaklık normaline göre daha düşük değerlere sahiptir (Şekil 11).



	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1961-1990	3,1	4,2	7,4	12,2	16,8	21,1	24,0	23,7	20,0	14,7	9,6	5,4
1971-2000	3,0	4,0	7,1	12,2	16,9	21,3	24,2	23,8	20,2	14,9	9,1	5,1
1981-2010	3,5	4,1	7,5	12,4	17,1	21,7	24,7	24,6	20,5	15,3	9,3	5,3

Şekil 11: Aylık ortalama 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 Sıcaklık Normalleri Değerleri.

1961-1990 sıcaklık normalleri, 1971-2000 ve 1981-2010 sıcaklık normalleri ile karşılaştırıldığında, 1971-2000 sıcaklık normaline göre yıllık, ilkbahar ve sonbahar ortalamaları aynı, kışın yüksek ve yazın düşüktür (Demircan, M. vd., 2013). 1981-2010 sıcaklık normaline göre ise yıllık ve mevsimlik olarak daha düşük değerlere sahiptir. 1971-2000 sıcaklık normali, 1981-2010 sıcaklık normaline göre daha düşük değerlere sahiptir (Şekil 12).

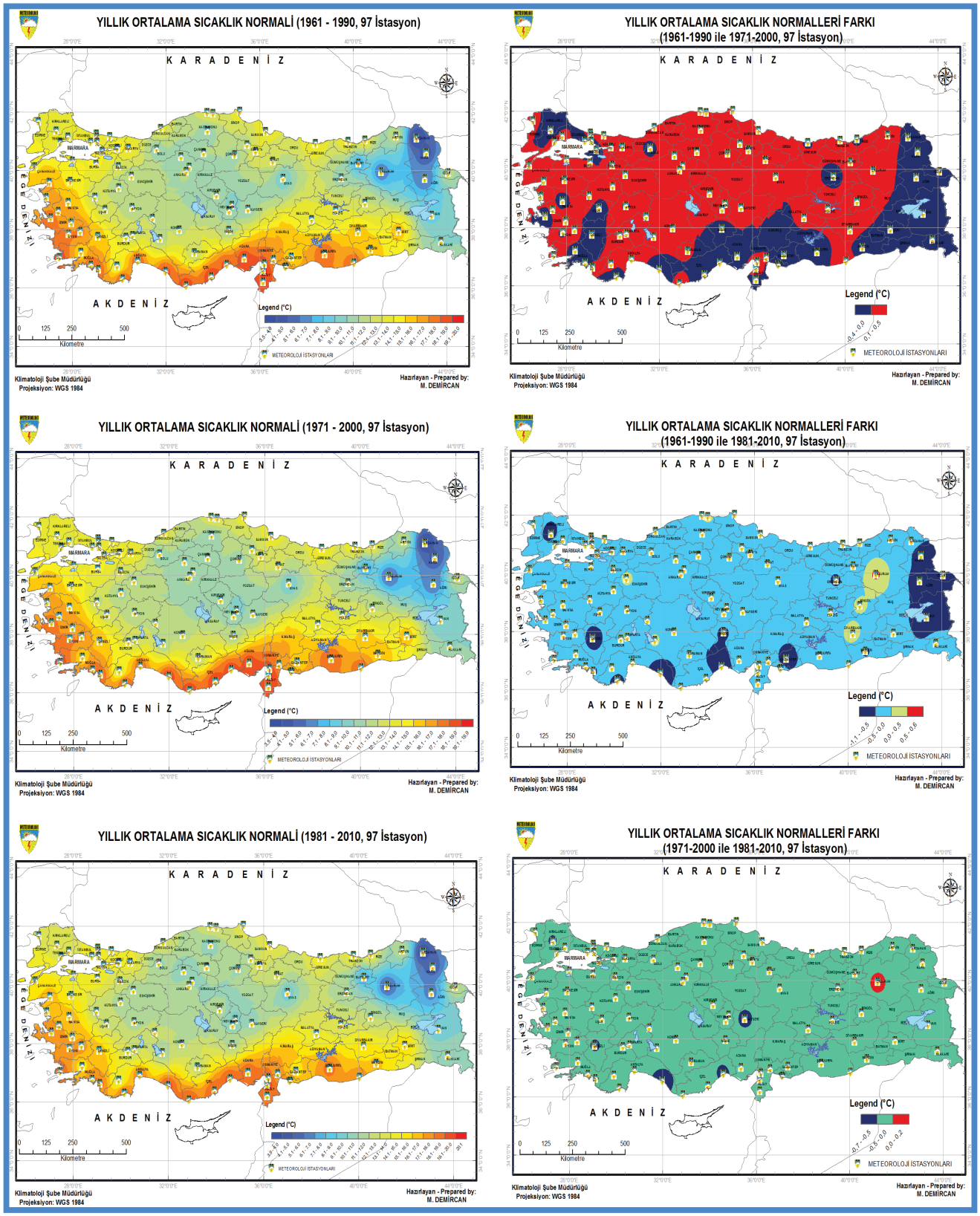


	Yıllık	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
1961-1990	13,5	4,2	12,1	22,9	14,8
1971-2000	13,5	4,0	12,1	23,1	14,8
1981-2010	13,8	4,3	12,3	23,6	15,0

Şekil 12: Yıllık Ve Mevsimlik Ortalama 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 Sıcaklık Normalleri Değerleri.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Türkiye üzerinde dağılım gösteren 97 istasyonda yapılan sıcaklık ölçümlerinden elde edilen ve 1961-2010 dönemine ait uzun yıllar sıcaklık veri seti hazırlanmıştır. Bu veri setinden elde edilen 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 sıcaklık normalleri Türkiye dağılımları ve normaller arasındaki farkların haritaları normaller arasındaki karşılaştırmalar için üretilmiştir (Şekil 13 a,b,c,d,e,f).

1961-1990 sıcaklık normalleri, 1971-2000 ve 1981-2010 sıcaklık normalleri ile karşılaştırıldığında, 1971-2000 sıcaklık normaline göre farklar -0.4 - 0.5°C ve 1981-2010 sıcaklık normaline göre ise farklar -1.1 - 0.6°C aralığında değişmektedir (Demircan., M. vd., 2013). 1981-2010 sıcaklık normaline göre genel olarak Türkiye'nin büyük bölümünde negatif farklar gözükmektedir (Şekil 13 d,e). 1971-2000 sıcaklık normalinin, 1981-2010 sıcaklık normaline göre farkları yıllık ortalamalar için -0.7 - 0.2°C, kış için -0.8 - 0.5°C, ilkbahar için -0.7 - 0.1°C arasında, yaz için -1.0 - 0.0°C ve sonbahar içinse -0.8 - 0.2°C arasında dağılmakta ve genel olarak Türkiye'nin büyük bölümünde negatif farklar gözükmektedir (Şekil 13e).



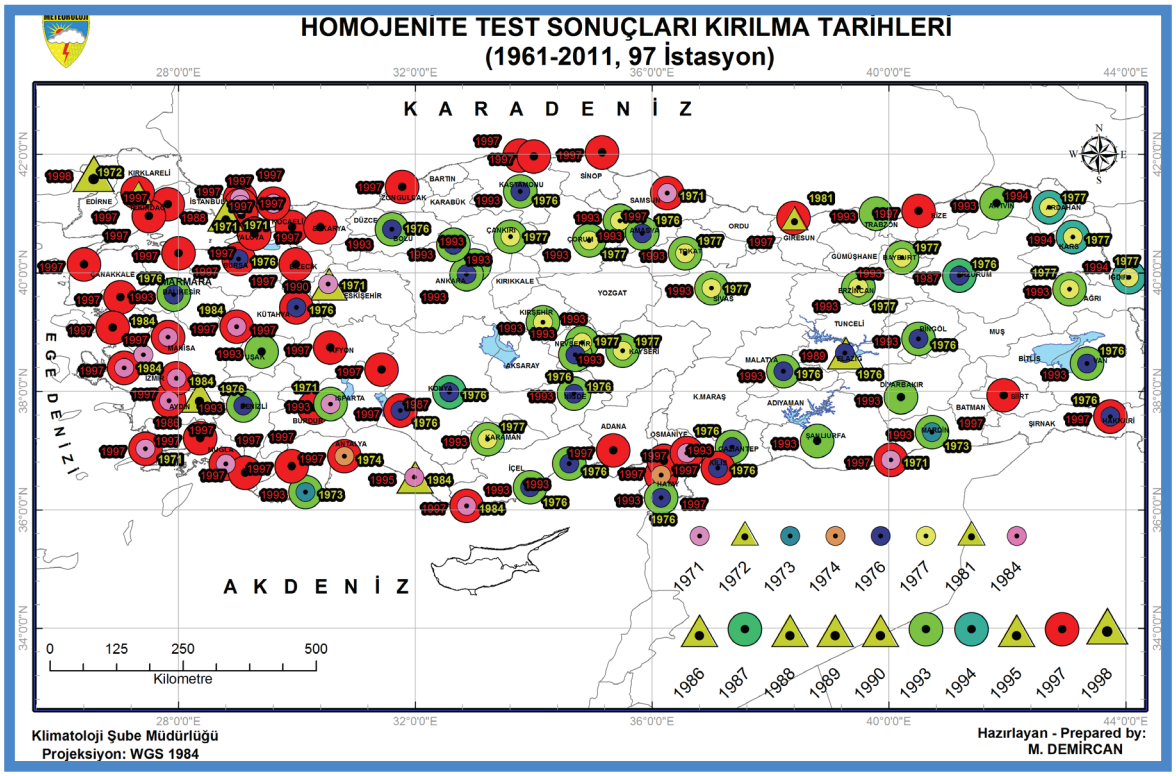
Şekil 13: a)1961-1990 Sıcaklık Normalleri (Sol üst köşe), b) 1971-2000 sıcaklık normalleri (Sol orta), c) 1981-2010 sıcaklık normalleri (Sol alt köşe), d) 1961-1990 ile 1971-2000 normalleri fark dağılımı (Sağ üst köşe), e) 1961-1990 ile 1981-2010 normalleri fark dağılımı (Sağ orta), f) 1971-2000 ile 1981-2010 normalleri fark dağılımı (Sağ üst köşe).

1.3.4. Tarihsel İklim İzleme (Veri Setleri, Eğilim (Trend) Analizleri)

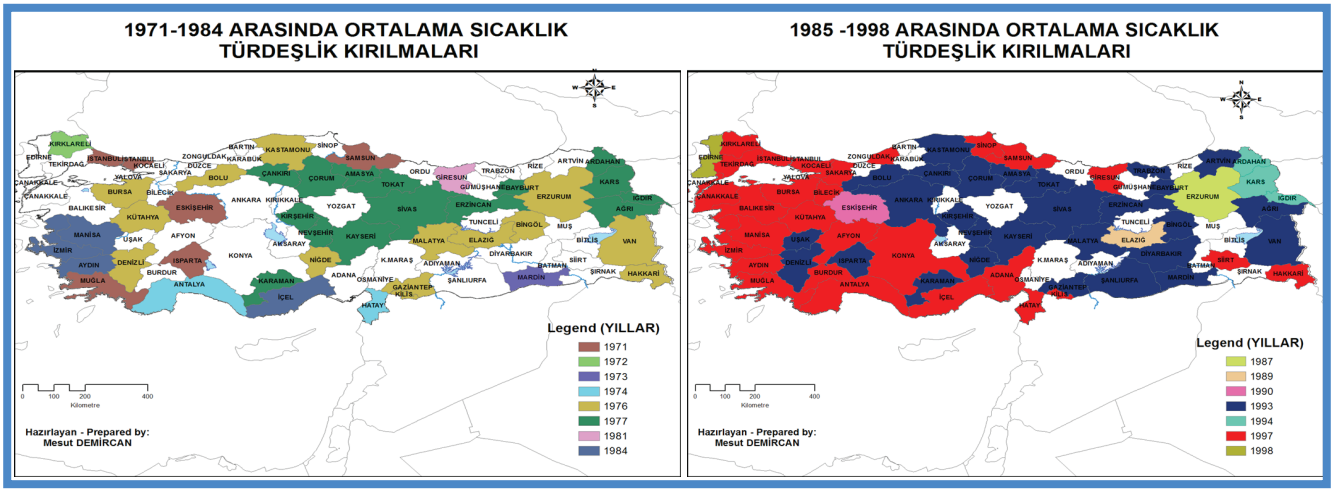
İklim elemanları, özellikle temel iklim elemanları olarak isimlendirilen hava sıcaklığı, rüzgâr yönü ve hızı, su buharı, basınç, yağış ve yüzey radyasyonu bütçesi, 19. yüzyıldan bu yana ölçülmekte ve ölçülen bu veriler arşivlenmektedir (Akçakaya, A.,vd, 2013; Demircan, M., vd., 2014). 20. yüzyılın ikinci yarısında ülkelerin iklim servisleri gelişerek gözlem ağlarını genişletmiş ve gelişen yeni teknolojik ölçüm sistemleri ile otomatik gözlem sistemleri kullanmaya başlamışlardır. Gözlem sistemlerinde ve gözlem yerlerinde meydana gelen değişimler ya kaçınılmazdır ya da kaçınılması çok zordur. Gözlem ağlarından elde edilen veriler arşivlenerek gözlem noktalarına ait veri setleri oluşturulur. Bu veri setleri bir takım istatistiksel yöntemler kullanılarak incelenir ve geçmişten günümüze iklimde meydana gelen değişimler ile bu değişimlerin değişim yönü ve büyüklüğü ortaya konabilir. Bu çalışmalar tarihsel iklim izleme veya eğilim analizleri başlıkları altında yapılmaktadır. Bu çalışmalarda dikkat edilecek önemli bir nokta veri setlerinin türdeş olmasıdır. Türdeş olmayan veri setlerindeki türdeşlik sorunları, eğilim analizlerinde yanlış sinyallere yol açan parazitler olarak tanımlayabiliriz. İstatistiksel eğilim analizi çalışmalarından önce gözlemlerin veribilgisi (metadatası) ve bazı yöntemler kullanılarak bu türdeşlik sorunlarının giderilmesi gerekir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Türkiye üzerinde dağılım gösteren 97 istasyonda yapılan sıcaklık ölçümlerinden elde edilen ve 1961-2010 dönemine ait uzun yıllar sıcaklık veri setinden her istasyon için, 1961 yılı ocak ayından başlayıp 2010 yılı aralık ayında sonlanmak üzere, aylık ortalama sıcaklık veri seti hazırlanmıştır (Demircan, M., vd., 2013; Demircan, M., vd., 2014). Dünya Meteoroloji Organizasyonu (WMO) İklim Komisyonu'nun (CCl) 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.

Elde edilen sonuçlar istasyonların veri bilgileri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda istasyonların veri setlerindeki türdeşlik kırılma tarihleri (TKT), 9 istasyon için değişik tarihlerde sadece bu istasyonlarda kırılmıştır. Bu kırılma yer değişikliği ile ilişkilidir. Birçok istasyonun veri setinde yıllık temelde 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 14, 15) (Demircan, M. vd., 2014).

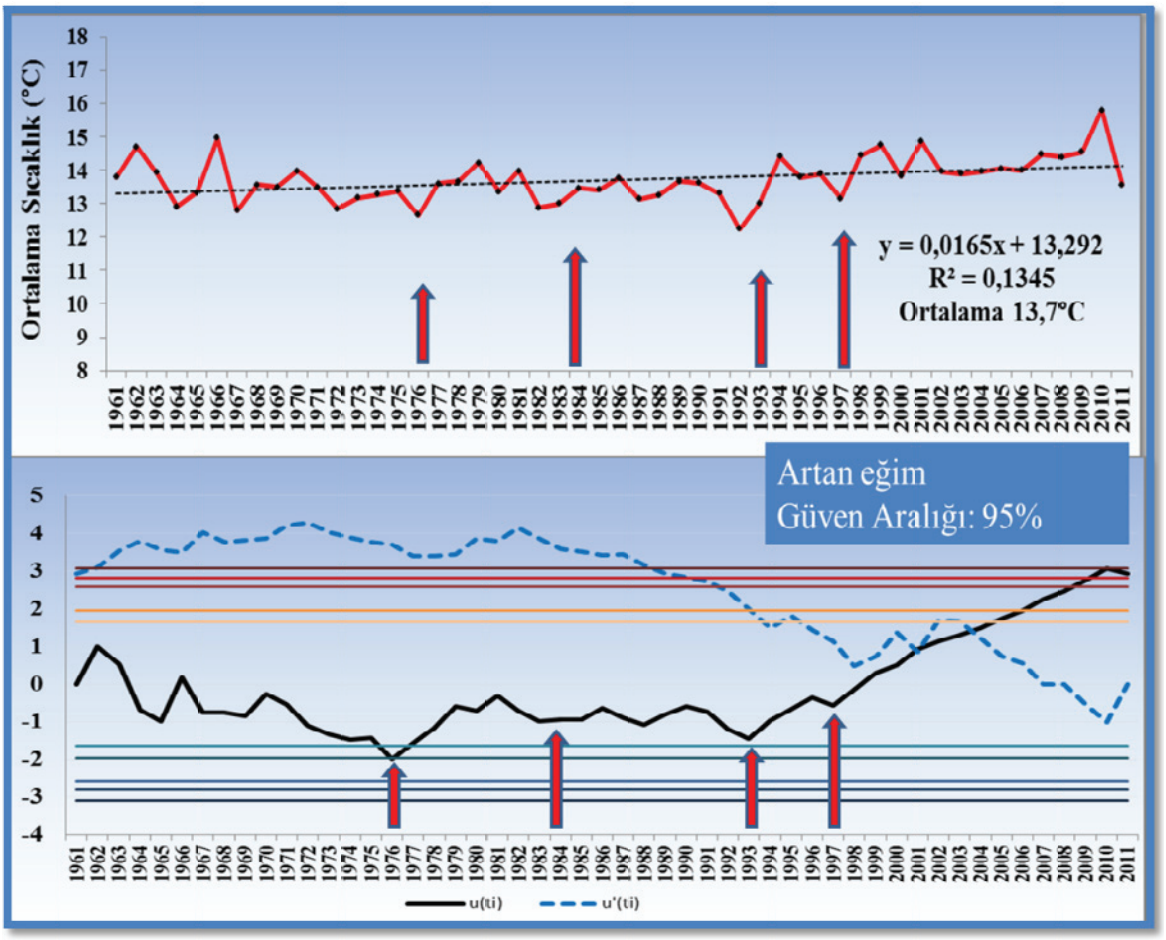


Şekil 14: Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 97 istasyon ile yıllık ortalama sıcaklıklarına (1961-2011 dönemi için) göre RH Test ile yapılan türdeşlik sonuçları. Üçgen simgeleri sadece bir istasyonda görülen kırılma tarihlerini, yuvarlak simgeler birden fazla istasyonda aynı tarihli kırılmaları göstermektedir (Akçakaya, A.,vd, 2013; Demircan, M., vd., 2014).



Şekil 15: İstasyon Veri Setlerinin Türdeşlik Kırıklık Tarihleri Dağılımı (Demircan, M., vd., 2014).

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 birçok istasyonun birlikte göstermiş olduğu TKT'lerin iz düşümlerini görmek mümkündür (Şekil 16).



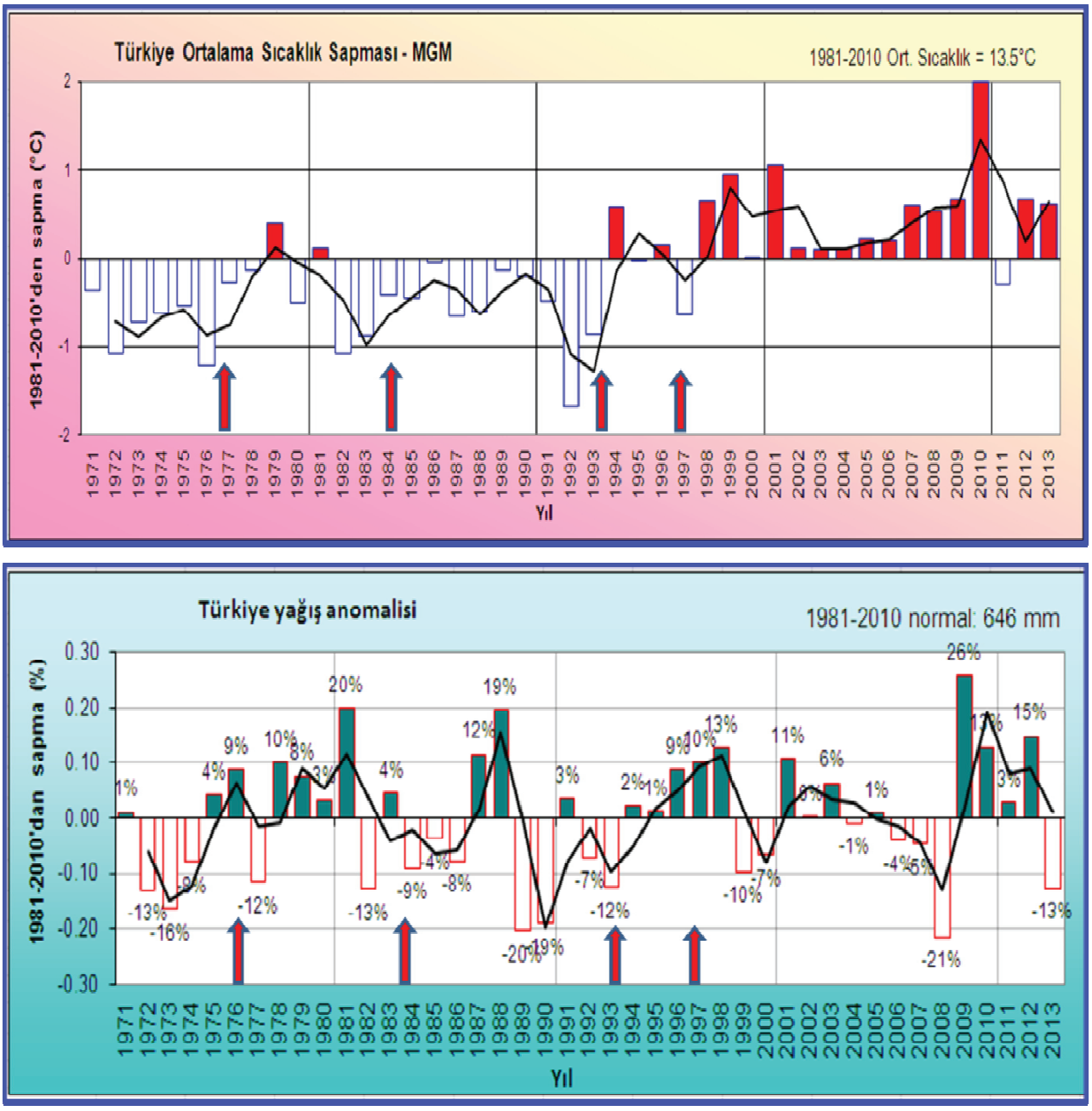
Şekil 16: Ortalama sıcaklık ve Mann-Kendal grafikleri (Demircan,M. vd.,2013 ve 2014).

Türkiye Ortalama Sıcaklık (1961- 2011)										
	Mann-Kendall trend					Sen's Eğim Tahmini				
Zaman Serisi	Başlangıç	Bitiş	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 17: Ortalama Sıcaklık Normalleri Ve 1961-2010 Serisinin Mann-Kendal Eğimleri Makesens İle Yapılan "Mann-Kendall Ve Sens'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 ve 2014).

Demircan vd. 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada 1976 yılına kadar bir soğuma (Şekil 16), 1961-1990 sıcaklık normalinde de anlamlı olmasa da bir azalış eğilimi (Şekil 17) gözlenmektedir. 1961-2010 uzun yıllar 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 18). Yukarıda anlatılan ile 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 18: Ortalama sıcaklık ve yağış anomali grafikleri (1981-2010 normallerine göre) (Demircan, M., vd., 2014).

Uzaketkileşim (Teleconnection) atmosferik dolaşım (sirkülasyon) desenleri için eğilimi ifade eder ve uzaketkileşimin hava koşulları ile ilişkisi büyük ve uzamsal bitişik olmayan alanlar üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak değişir. Uzaketkileşim zamanın uzun dönemleri boyunca devam edebilen iyi tanımlanmış uzamsal desenler ile karakterize edilir. Uzaketkileşimin kalıcı ve yinelenen doğası sebebiyle bazen "düşük frekanslı dolaşım değişkenlik modları" olarak adlandırılır (Oliver, 2005; Demircan, M., vd., 2014). Kuzey Atlantik ve Batı Avrupa'daki atmosferik dolaşımın yıllar arası değişkenliğinin önemli bir kaynağı, okyanus yüzeyinin batısında meydana gelen değişimler ile bağlantılı olan Kuzey Atlantik Salınımı (NOA) 'dır (Marshall vd., 2001; Oliver, 2005;Demircan, M., vd., 2014). NAO'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. NAO'nun genlik ve fazları, mevsimler arası ve on yıllararası zaman aralığı ölçeğinde değişim gösterir. NAO, tüm kuzey yarımküre dolaşımı, yani Arktik Salınımın (AO) değişim modunun liderliğine derinden bağlıdır.

Türkiye'nin sıcaklık ve yağış parametreleri ile Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Bu ilişki kışın (-0.49), sonbaharda (-0.30) ve yıllık bazda (-0.48) şeklinde orta derecede iken; ilkbaharda (-0.25) yazın ise (-0.12) şeklinde zayıf bir ilişki olarak bulunmuştur (Türkeş vd., 2003, Sensoy vd., 2011)

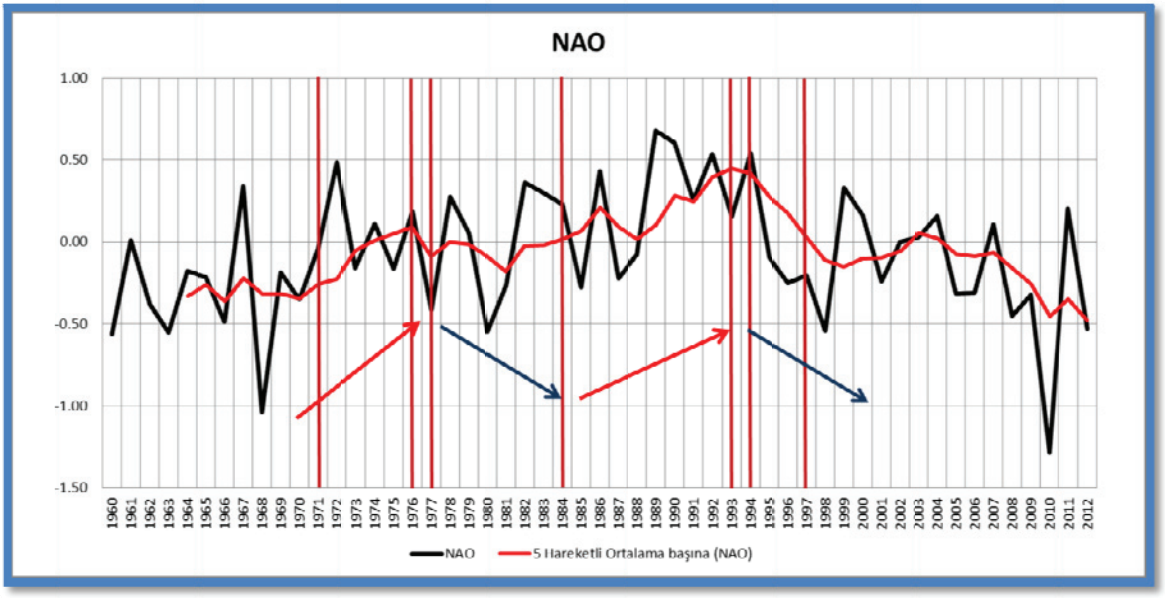
Türkiye'de 78 istasyonun normalleştirilmiş yağış dizileri incelendiğinde, yıllık ve (yaz dışında) mevsimlik yağış dizilerinin çoğu ile NAO indisleri arasında negatif bir ilişki bulunduğu ve yağışları yıl içinde NAO'ya verdiği tepkinin mevsimlik olarak önemli ölçüde değiştiği görülmektedir. Özellikle kış ve sonbahar aylarında NAO indisinin kuvvetli negatif evresinde Türkiye'de yağışlar uzun süreli ortalamaya göre artarak daha nemli koşulların ortaya çıkmasında, NAO indisinin kuvvetli pozitif evresinde ise uzun süreli ortalamaya göre azalarak daha kurak koşulların ortaya çıkmasında etkili olmaktadır. Negatif ilişkiler Türkiye'nin iç bölümlerinde ve batısında kuvvetlenmekte, buradan Akdeniz ve Karadeniz kıyı kuşağına yaklaştıkça ve doğuda Van Gölü çevresinde zayıflamaktadır (Erlat, E., 2009).

1960-2000 dönemindeki ekstrem NAOİ yılları dikkate alındığında, Türkiye'de 1973, 1974, 1983,1984 ve 1990 kışlarındaki geniş alanlı şiddetli kuraklıkların, NAO indisindeki 1973 (+2.4), 1974 (+1.9), 1983 (+1.9),1984 (+3,4) ve 1990'daki (+1.9) kuvvetli pozitif değerlerle yakından bağlantılı olduğu görülür. Öte yandan, Türkiye'deki istasyonların uzun süreli ortalamaya göre çok daha fazla yağış aldığı ve nemli koşulların yaşandığı 1963 (-4.0), 1968 (-1.1), 1969 (-4.3) ve 1978 yıllarında (-1.6) NAO indisinin kış aylarında kuvvetli negatif değerler gösterdiği belirlenmiştir (Türkeş ve Erlat, 2005; Erlat, E., 2009). Buna karşın Türkiye'nin sıcaklık ve yağış parametreleri ile El Nino Güneyli Salınımı (ENSO) arasındaki ilişkiler zayıf bulunmuştur. İlkbahar sıcaklığı ile (-0.27), yaz yağışı ile (0.21) düzeyinde bir ilişki bulunmuştur. Diğer mevsimlerdeki ilişkiler ise oldukça düşük (0.10'dan az) bulunmuştur. Sonuçlar NAO'nın Türkiye iklimini ENSO'dan daha fazla etkilediğini göstermektedir (Sensoy vd., 2011).

1982-1983 El Nino olayı, tarihsel kayırlara göre ekonomik etkisi en büyük olan ENSO olayıdır. Ayrıca bu dönemde oluşan doğal afetler ve onlara bağlı hastalıklar ve salgınlar sonucunda, yaklaşık 2000 insan hayatını kaybetmiştir. 1997-1998 şiddetli El Nino olayında, en az 1982-1983 olayı kadar can ve mal kayıplarına ve ekolojik yıkımlara neden olduğu tahmin edilmektedir (Erlat, E., 2009).

Bazı araştırmalar, El Nino - Güneyli Salınımın, güney yarım kürenin tropikal iklim kuşağındaki kadar etkili ve belirgin olmamakla birlikte Avrupa ve Doğu Akdeniz'de yağış gibi iklim elemanlarının değişkenliği üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Avrupa ve Akdeniz Havzası'nda yağış miktarı ve dağılışını belirleyen orta enlem depresyonlarının sayısı ve izledikleri yolların El Nino - La Nina yıllarında değiştiği bulunmuştur. Buna göre, La Nina yılları Avrupa'nın batısından Karadeniz'e uzanan alanda daha kurak koşullara buna karşılık El Nino yılları ise İskandinavya ve Doğu Akdeniz'de daha kurak koşullara karşılık gelmektedir (Fraedrich ve Müller, 1992; Erlat, E., 2009).

NAO'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 19). Genel olarak NAO'nun pozitif – negatif (ya da tamtersi) faz geçişlerin TKT ile uyumlu olduğu ve özellikle 1993 (37 istasyon) Anadolu'nun iç kesimlerinde, 1994 (3 istasyon) Kuzeydoğu Anadoluda ve 1997 (48 istasyon) Anadolu'nun sahil kesimlerinde olduğu görülmektedir. Arktik Salınımda da aynı ilişki bulunmuş ancak NAO ile aynı özelliği göstermesi açısından grafiği konulmamıştır.



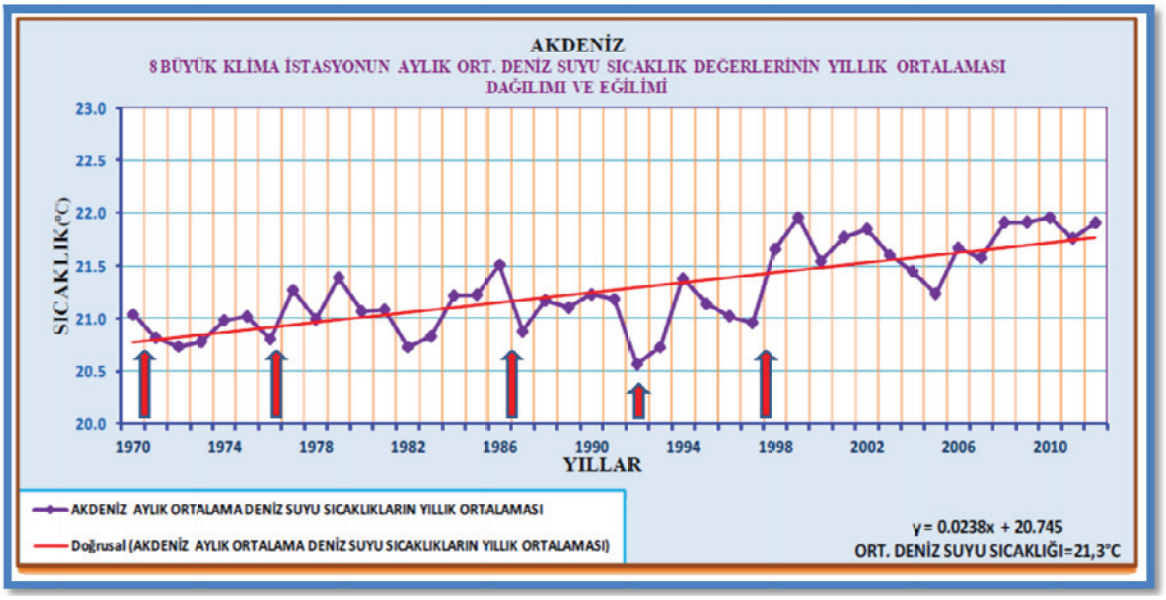
Şekil 19: Kuzey Atlantik Salınımı (NOA) yıllık değişimi (Demircan, M., vd., 2014).

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, rüzgâr 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 çevresel (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 2.).

Tablo 2. El Nino ve La Nina yılları ile Türdeşlik Kırılma Tarihleri (Demircan, M., vd., 2014).

Türdeşlik Kırılma Tarihleri	El Nino Yılları	La Nina 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	

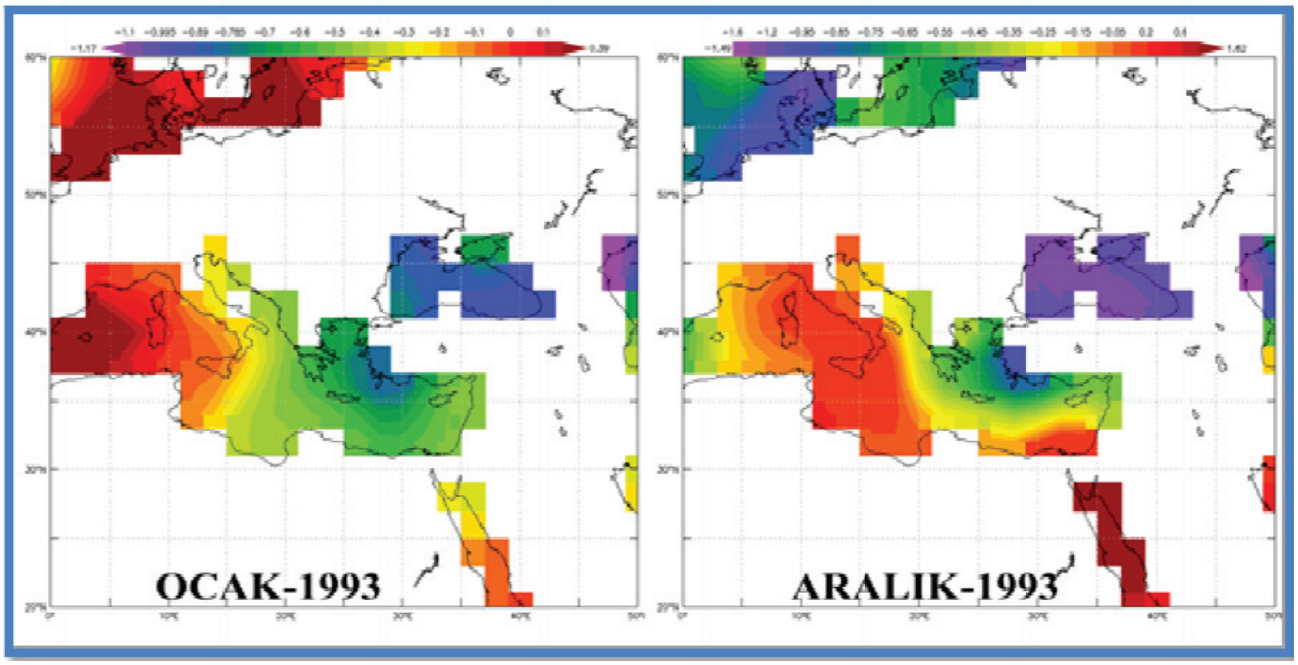
Bilindiği gibi iklimi etkileyen etmenlerden bir tanesi de deniz suyu sıcaklıklarıdır. Ülkemizin ise üç tarafının denizler ile çevrili olması farklı iklim tiplerinin ortaya çıkmasının bir nedenidir. Bu nedenden dolayı denizsuyu sıcaklıkları ile TKT arasındaki ilişki de incelenmiştir. TKT'ne bakıldığında, 1971'de 11 istasyondan 6 tanesinin (Samsun, Kumköy, Kireçburnu, Şile, Bodrum ve Dalaman), 1973'de 2 istasyondan bir tanesinin (Finike), 1974'de 2 istasyonun (Antalya ve İskenderun), 1976'da 24 istasyondan 2 tanesinin (Antakya ve Mersin), 1984'te 7 istasyonun tamamının (Aydın, İzmir, Akhisar, Simav, Ödemiş, Alanya ve Anamur), 1993'te 37 istasyondan 4 tanesinin (Antakya, Mersin, Trabzon ve Finike) ve 1997'de 48 istasyondan 38 tanesinin sahil kesiminde olduğu görülmektedir.Denizsuyu sıcaklıkları uzun yıllar bölgesel ortalama sıcaklıklar ile karşılaştırıldığında, 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 daha soğuk oldukları görülmüştür (Şekil 20). TKT ile denizsuyu sıcaklıkları arasında nispeten bir uyum görülmektedir (Demircan, M., vd., 2014).



Şekil 20: Akdeniz uzun yıllar ortalama denizsuyu sıcaklıkları (Taştan, F., 2013; Demircan, M., vd., 2014).

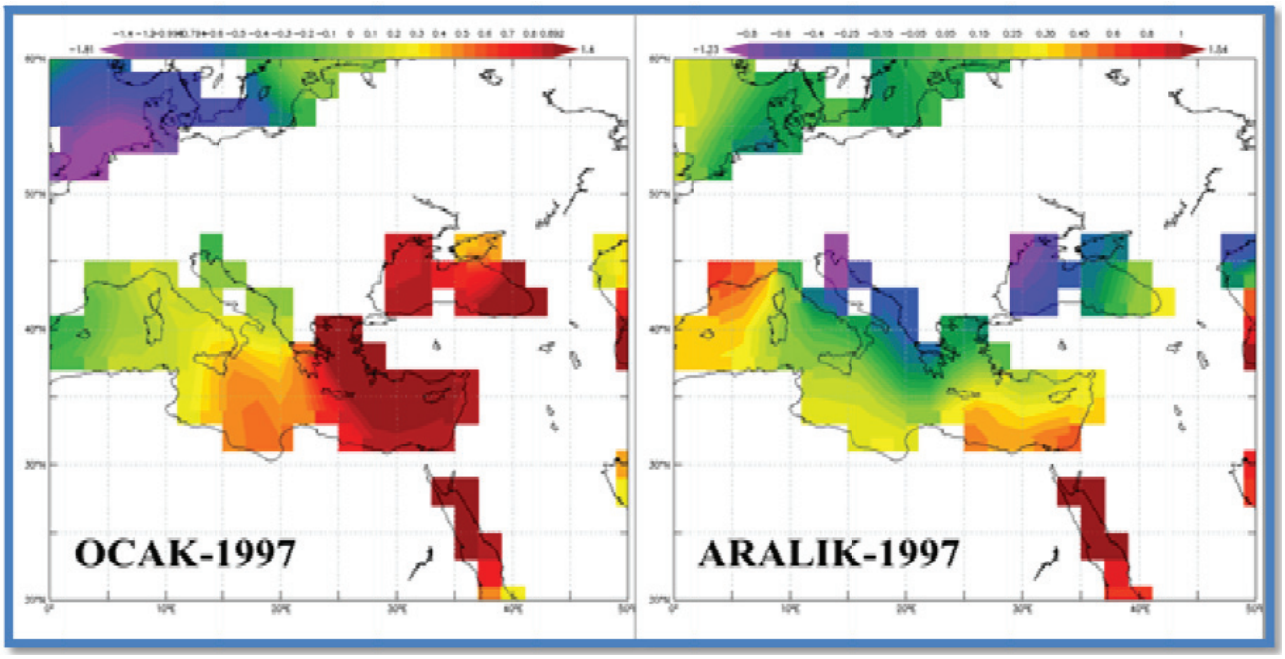
Hüseyin KIRATLI, 09.11.2014 ANKARA

TKT'lerin nispeten karasal ve denizel özellik göstermelerinde denizsuyunun yıllık ortalama değerlerinin, yukarıda bahsedilen uyumunun ötesinde, yıl içerisindeki desen ve dağılımı önem kazanmaktadır. Bu durum 1993 ve 1997 yıllarında daha net gözükmektedir. 1993 yılı Ocak ayında Kuzey Denizi, Baltık Denizi ve Batı Akdeniz'de yüksek denizsuyu sıcaklıklar ile Türkiye çevresindeki denizlerde ise düşük denizsuyu sıcaklıkları ve aralık ayında Akdeniz'de özellikle batısında yüksek denizsuyu sıcaklıkları ile Türkiye çevresindeki denizlerde ise düşük denizsuyu sıcaklıkları görülmektedir (Şekil 21).



Şekil 21: 1993 yılı deniz suyu sıcaklıkları (Demircan, M., vd., 2014).

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

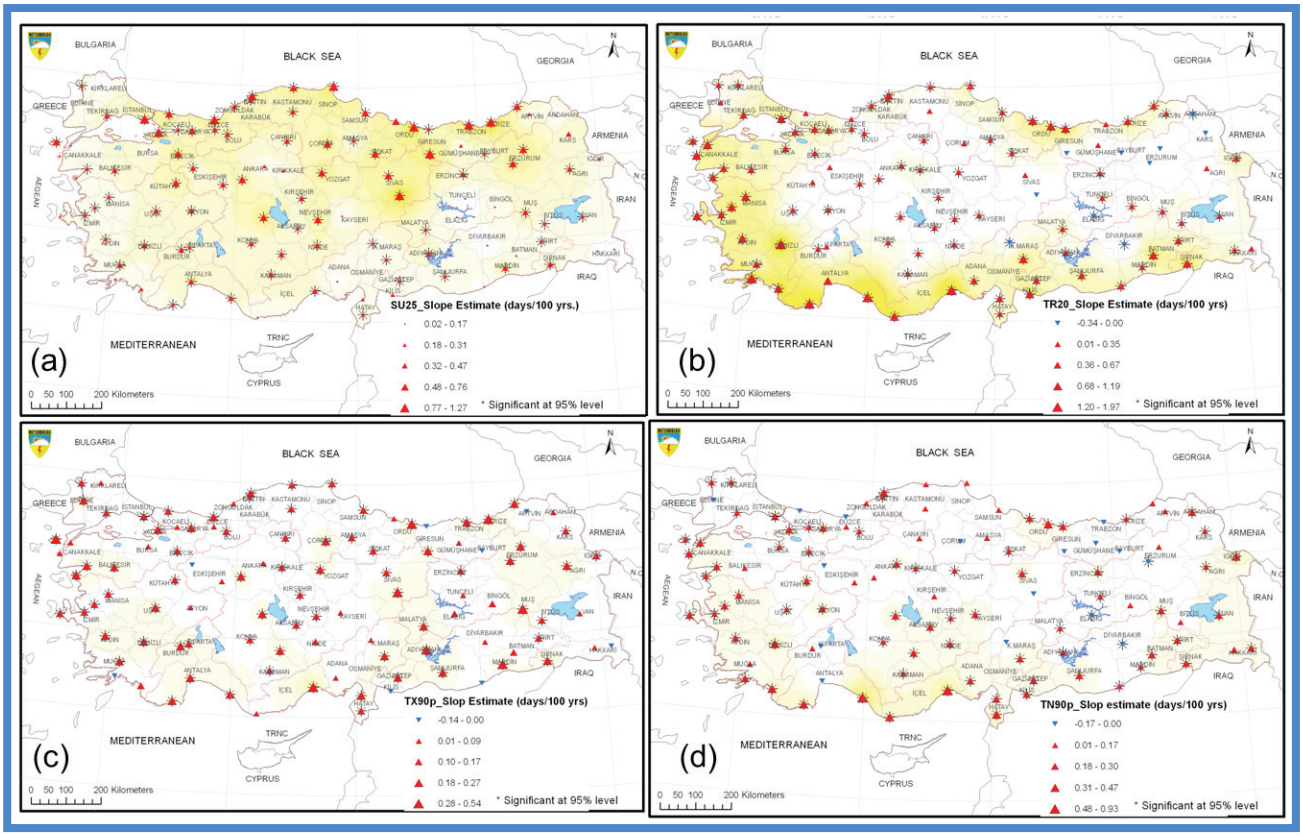


Şekil 22: 1997 Yılı DenizSuyu Sıcaklıkları (Demircan, M., vd., 2014).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) iklim indisi çalışmalarında Dünya Meteoroloji Teşkilatı'nın (WMO) önerdiği RClimDex yazılımını kullanmaktadır (Wang, X., vd.,2004; Şensoy, S., vd., 2004; Şensoy, S., vd., 2010). Bu yazılım günlük yağış, maksimum ve minimum sıcaklık verilerini kullanarak 27 adet iklim indisi üretmektedir. Yazılım bünyesinde kalite kontrolü ve Kendall'stau tabanlı eğilim hesaplamaları yapılmaktadır. Yazılım ve kullanım kılavuzuna http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI bağlantısından ulaşılabilmektedir.

MGM'nin 109 istasyonun 1960-2010 yıllarına ait verilerini kullanarak ürettiği yeni iklim indisi çalışması sonuçlarına göre:

Yurdumuzun tamamında yaz günleri, sıcak günler, sıcak geceler ve tropik geceler sayıları artarken, donlu günler, serin günler ve serin geceler sayılarında azalışlar izlenmiştir. Büyüme sezonu uzunluğu ise zaten yüksek olan sahil bölgeleri dışında artış göstermiştir. Bu sonuç Türkiye sıcaklıklarında bariz bir ısınmayı işaret etmektedir. Sıcaklık indisleri eğilimlerinin çoğu %95 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil 23).



Şekil 23: 1960-2010 Yılları Arası Yaz Günleri (a), Tropik Geceler (b), Sıcak Günler (c) ve Sıcak Geceler (d) Eğilimleri (Şensoy, S., vd., 2010).

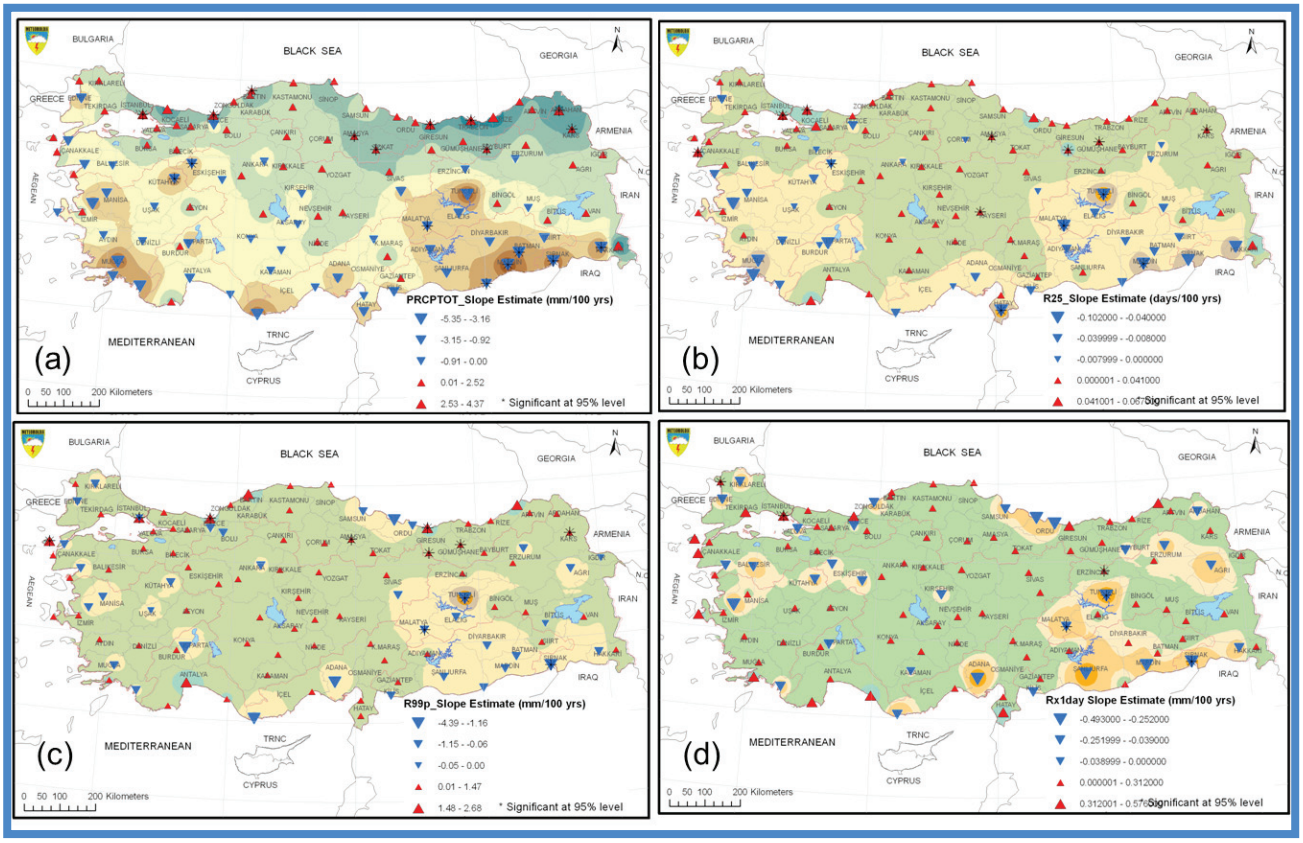
(a) Yaz günleri (Tx>25°C) sayısı tüm Türkiye'de artmaktadır. Özellikle kuzeydeki istasyonların trendleri fazladır. Kendall'stau tabanlı eğilim ortalama artış eğiliminin 39 gün/100 yıl şeklinde olduğunu ve eğilimlerin çoğunun %95 seviyesinde önemli olduğunu belirtmektedir.

(b) Tropik geceler (Tn>20) sayısı Fırat Havzası dışında artmaktadır. Elazığ Keban barajının yapımından sonra önemli derecede azalan bir eğilime sahiptir. Özellikle sahil istasyonları büyük eğilime sahiptir. Hesaplanan ortalama artış eğilimi 37 gün/100 yıl'dır ve çoğu %95 seviyesinde önemlidir.

(c) Sıcak günler tüm Türkiye'de artmaktadır. Hesaplanan ortalama artış eğilimi 14 gün/100 yıl'dır. Eğilimlerin çoğu %95 seviyesinde önemlidir.

(d) Sıcak geceler sayısı Fırat havzası dışında artmaktadır. En büyük artışlar Akdeniz kıyılarındadır. Hesaplanan ortalama artış eğilimi 15 gün/100 yıldır. Eğilimlerin çoğu %95 seviyesinde önemlidir.

Yıllık toplam yağış ülkemizin kuzeyinde artarken; Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde azalış eğiliminde olduğu; maksimum yağışlı gün sayısı, ıslak günler sayısı ve bir günlük maksimum yağışların Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri dışındaki birçok istasyonda artış eğiliminde olduğu gözlenmiştir (Şekil 24).



Şekil 24: 1960-2010 Yılları Arası Toplam Yağış (a), Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı (b) Islak Günler (c) Bir Günlük Maksimum Yağış (d) Eğilimleri (Şensoy, S., vd., 2010).

(a) Yıllık toplam yağış eğilimlerinin ülkenin kuzeyinde artış, Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Ege Bölgelerinde ise azalış eğiliminde olduğu bulunmuştur.

(b) Şiddetli yağışlı gün sayıları Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri hariç istasyonların çoğunda artış eğilimindedir. Hesaplanan ortalama artış eğilimi 17 gün/100 yıl'dır. Doğu Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri karşıt fakat güçlü eğilimler göstermektedir.

(c) Aşırı ıslak günler Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri hariç istasyonların çoğunda artış eğilimindedir. Hesaplanan ortalama artış eğilimi 119 mm/100 yıl'dır.

(d) Bir günlük maksimum yağışlar Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri hariç istasyonların çoğunda artış eğilimindedir. Hesaplanan ortalama artış eğilimi 17 mm/100 yıl'dır. Akdeniz Bölgesi büyük eğilimlere sahiptir.

Ahmet Zeki OKUR, 01.01.2009, Gölcük Milli Parkı - BOLU

2. İKLİM MODELİ KAVRAMI

Gelecekte görülmesi muhtemel iklimin tahmin edilmesinde en önemli çalışma iklimin modellenmesidir (Akçakaya, A., vd., 2013 ; Demir, Ö., vd., 2013 ; Demircan, M., vd., 2014; Demircan, M., vd., 2014). Bu sayede hali hazırdaki şartlar dikkate alınarak, belli fiziksel denklemler ile bu şartların değişimi hesaplanmaya ve belli bir süre sonraki hava ya da iklim şartlarının genel çerçevesi çizilmeye çalışılır. İklimin modellenmesindeki en büyük zorluk, iklim şartlarındaki değişimlerin gerçek zamansal sürecinden çok daha hızlı bir şekilde simülasyonlarının yapılması gereğidir. Bu durum modellemede birçok basitleştirilmiş varsayımın kullanılmasını ve yüksek bir hesaplama kapasitesi ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Dolayısı ile iklim modelinin kurgusu bir, iki yâda üç boyutlu, iklim sisteminin bileşenlerinin basit fiziksel özelliklerinin ya da tüm etkileşimlerinin gösterildiği karmaşık bir yapıda olabilir.

2.1. Küresel İklim (Genel Sirkülasyon) Modellerinin Tarihsel Gelişimi

İklim, kendini oluşturan ve birbiri ile ilişkili çok sayıda bileşenin olması ve geniş alansal ve zamansal fizik süreçleri nedeni ile simülasyon yapılması en zor jeofiziksel sistemlerden biridir. İklim atmosfer (bulutlar, aerosoller, atmosferik gazlar vb.), hidrosfer (okyanuslar, göller ve sulak alanlar), litosfer (toprak nemi ve farklı fazları) ve biyosfer (vejetasyon, karbon döngüsü vb.) gibi sistemlerle doğrudan etkileşim içerisindedir. Bu büyük etkileşim ve mikro düzeyde yağmur damlası oluşumundan makro düzeyde okyanus akıntılarına kadar içerdiği farklı boyutlardaki fiziksel süreçleri içermektedir. Bu durum iklimin doğrusal olmayan (non-linear) çok karmaşık bir özelliğe sahip olmasına neden olmaktadır.

Küresel iklim modelleri (GCMs, Genel Dolaşım Modelleri olarak da bilinir), küresel ortalama yüzey sıcaklığı gibi küresel iklim istatistiklerinin tanımlanmasında çok önemli bir işlevi yerine getirmektedirler. GCMs, atmosferdeki, okyanuslardaki, kriyosferdeki ve arazi yüzeyindeki fiziksel süreçleri temsil etmektedirler. Bu modeller, yükselen sera gazları emisyonlarına iklim sisteminin tepkisini göstermede en gelişmiş araçlardır. Karbondioksit konsantrasyonundaki artışlar (ya da karbon eşdeğerine sahip diğer sera gazlarının konsantrasyon artışları) belli kriterler çerçevesinde GCM içerisinde yer almaktadır.

GCM'ler, iklimi, atmosferde 10 ila 80 seviye kadar (okyanuslarda bazen 30 seviye) ve yatayda 200 ila 600 km çözünürlükteki 3 boyutlu (3D) kutucuklar (grid) yardımı ile tanımlarlar. Bu temsil yeteneği, küresel resmi görmemize yardımcı olurken etki analizleri için oldukça yetersiz kalmaktadır. Özellikle bulut oluşumu gibi mikro düzeydeki birçok fiziksel süreç bu modellerde uygun şekilde modellenememektedir. Bu eksiklik, geniş alanlarda, modelin sınanması (parametrizasyon) olarak adlandırılan modelin bilinen özelliklerinin ortalamalarının alınması tekniği ile giderilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntem model bulguları ile ilgili belirsizliklerin temel kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Diğer belirsizlikler ise, su buharı, ısınma, bulut ve radyasyon, okyanus döngüsü, buz ve kar albedosu gibi model içindeki geri bildirim mekanizmalarının simülasyonu ile ilgilidir. Dolayısı ile parametrizasyon farklılıkları ve farklı geri besleme modellemeleri nedeni ile GCM'ler aynı zorlama etmenlerine oldukça farklı şekilde tepki verebilmekte ve bulgular farklı olabilmektedir. Yani aynı zaman aralığı için, aynı başlangıç koşullarında, aynı emisyon senaryosu ile çalıştırılan iki farklı küresel model, parametrizasyon farklılıkları gibi nedenlerden dolayı farklı sonuçlar ortaya koyabilmektedirler (IPCC, 2012).

Bütün karmaşıklığına ve uygulamalardaki zorluklarına rağmen gelecek iklimin tahmin edilmesinde en önemli araç iklimin modellenmesidir. Bu sayede hali hazırdaki şartlar dikkate alınarak, belli fiziksel denklemler ile bu şartların değişimi hesaplanmaya ve belli bir süre sonraki hava ya da iklim şartlarının genel çerçevesi çizilmeye çalışılmaktadır. Bu konudaki ilk çalışmalar 19. yy'da başlamasına rağmen, o zamanki bilim adamlarının çabaları, fizik kuralları ile atmosferdeki gazların gezegen etrafında nasıl hareket ettiklerini açıklamaya yetmemiş, gerçek

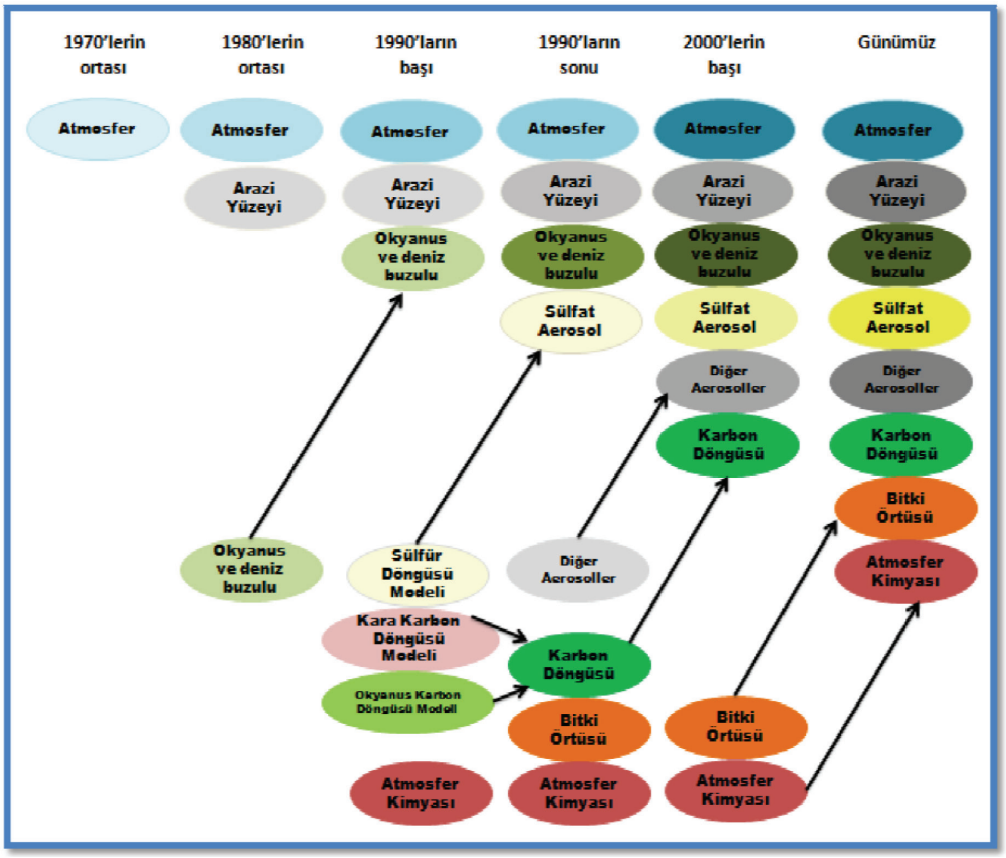
bir matematiksel çözüm ortaya koyamamıştır. 20. yy başlarında Norveçli bilim adamı Vilhelm Bjerknes ısı, hava kütlesi ve nemin davranışlarını açıklamak için 7 temel eşitlik tanımlamış ve büyük alanlar için hava tahmini yapmak amacı ile kullanılmıştır. Bjerknes'in metodu "grafiksel hesaplamayı" hedefliyordu ve hava haritalarına dayanıyordu. Bu metot 1950'lere kadar geliştirildi. Fakat yöntemi doğrulamak için yeterli gözlem olmaması gelişimini sınırlandırdı. Bundan sonra en ciddi çalışma Lewis Fry Richardson'un çalışmalarıdır. Richardson tahmin yapacağı alanı kutucuklara bölmüş ve Bjerknes'in denklemlerini bu kutucuklar içinde çözmüş, rüzgâr hızını ve yönünü basınç farkından yararlanarak hesaplayabilmiştir. Fakat küçük bir alan için bile çok karmaşık hesaplamalar ve bunların yapılması çok uzun süreler aldığından çalışmaları belli bir sınırın ötesine gidememiştir. Buna rağmen bu yöntem bu günkü bilgisayar temelli modellemelerin temelini oluşturmaktadır.

II. Dünya Savaşı sonuna kadar matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle devam eden modelleme çalışmaları, bu tarihten sonra bilgisayarların kullanılmaya başlaması ile yeni bir boyut kazanmıştır. 1950 yılında, Elektronik Sayısal Birleştirici ve Bilgisayar (Electronic Numerical Integratorand Computer -ENIAC) (Şekil 25) olarak adlandırılan ilk büyük dijital bilgisayar gerçek zamanlı hava tahmini yapmıştır. Bilgisayar kapasitelerinin artması ile birlikte iklim modelleri de gelişmiş ve daha karmaşık bir hale gelmiştir. 1970'lerin başında okyanus ve atmosfer süreçlerini birleştiren ilk matematiksel model geliştirilmiştir. 1975'te ise zamanının en yüksek kapasiteli bilgisayarı ile 500km çözünürlüklü, 3 dikey seviyeli ve 10 dakika zaman adımına sahip 300 yıllık tahmin üreten yeni nesil modeller geliştirilmiştir.

Şekil 25: ENIAC (Elektronik Sayısal Birleştirici ve Bilgisayar - Electronic Numerical Integrator and Computer)

Modeller geliştikçe, kutucuk boyutları küçüldü, zaman adımları kısaldı, yatayda ve dikeyde kutucuk sayısı, model bileşenlerinin sayısı arttı. Kısacası iklim ya da hava tahmin modellerinin gelişimi doğrudan bilgisayar kapasitelerinin gelişimi ile gerçekleşmiştir (Şekil 26).

Kısa tarihçeden de anlaşılacağı gibi, iklimin modellenmesindeki en büyük zorluk, iklim şartlarındaki değişimlerin gerçek zamansal sürecinden çok daha hızlı bir şekilde simülasyonlarının yapılması gereğidir. Bu durum modellemede birçok basitleştirilmiş varsayımın kullanılmasını ve yüksek bir hesaplama kapasitesi ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Dolayısı ile model kurgusu bir, iki ya da üç boyutlu, iklim sisteminin bazı bileşenlerinin ya da hepsinin, basit fiziksel özelliklerin (örneğin korunum kanunları) ya da tüm etkileşimlerin gösterildiği basitten karmaşığa doğru değişen bir yapıda olabilmektedir.



Şekil 26: Küresel İklim Modellerinin (GCMs) Gelişimi (IPCC, 2001).

2.1.1. Birleştirilmiş Model Projesi Faz:5 (CMIP5)

Eylül 2008'de, Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) üyesi 20 iklim modelleme grubu, uyumlaştırılmış yeni iklim model çalışmaları setini oluşturmak amacı ile bir araya gelmiştir. Bu çalışmaların bir arada olduğu çok modelli bir kaynak oluşturması amaçlanmıştır. Çalışmalar kapsamında aşağıdaki kazanımlara ulaşılmak istenmiştir:

1. Farklı modellerin çıktılarının farklı olmasına neden olan, çok iyi anlaşılmayan karbon döngüsü ve bulutlarla ilgili geri bildirimlerin değerlendirilmesi,
2. On yıllık ya da daha uzun zaman periyotları için modellerin iklim tahmini kapasitelerinin araştırılması ve iklimin tahmin edilebilirliğinin sorgulanması,
3. Benzer şekilde kurgulanan modellerin farklı sonuçlar verme nedenlerinin belirlenmesi.

"Birleştirilmiş Model Projesi Faz: 5" (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 - CMIP5) projesi kapsamında yapılan model çalışmalarının sonuçları IPCC WG1 tarafından düzenlenerek 2013 Eylül ayında yayınlanmıştır.

CMIP5, aşağıda belirtilen ürünleri elde etmek için standart bir model simülasyon setinin oluşturulmasını benimsemektedir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Modellerin yakın geçmiş iklimini nasıl görüntülediklerinin değerlendirilmesi (kontrol denemeleri)
2. Kısa dönem (2035) ve uzun dönem (2100 ve sonrası) için iklim projeksiyonlarının üretilmesi
3. Model projeksiyonları arasındaki farklara neden olan, karbon döngüsü ve bulutlanma gibi temel geri bildirimlerin aralarında bulunduğu faktörlerin sayısal değerlerinin belirlenmesi.

2.2. İklim Modeli Çalışmalarında Kullanılan Senaryoların Tarihi

Işınımsal (Radyatif) zorlama ve bu zorlamalara iklim sisteminin tepkisi ile ilgili seçeneklerin temel olarak yer aldığı insan kaynaklı (antropojenik) iklim değişikliği senaryoları, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) çalışmalarının en önemli bileşenlerinden birisidir. IPCC, 25. genel oturumuna kadar senaryo geliştirme süreçlerini koordine etmiştir. Fakat 25. oturumunda (26-28 Nisan 2006), IPCC'nin senaryo geliştirme çalışmalarını koordine etme yerine kolaylaştırma misyonunu üstlenmesine karar verilmiş ve IPCC 5. Değerlendirme Raporu için yeni emisyon senaryolarını geliştirme işlevini araştırma camiasının yürütmesi kararlaştırılmıştır.

İklim modelleme çalışmalarında geçmişte sıralı yaklaşım adı verilen iklim değişikliği değerlendirme süreci kullanılmıştır. Bu süreç birbirini takip eden fazlar şeklindedir. Bu yaklaşımda öncelikle sosyo-ekonomik senaryolar oluşturulmakta, sonrasında sosyo-ekonomik gelişmelerin neden olacağı emisyon salımlarına göre senaryolar oluşturulmaktadır. Ardından da emisyon seviyelerine göre, emisyonların neden olacağı ışınımsal zorlamalar hesaplanmakta ve girdi olarak iklim modellerinde kullanılmaktadır.

Bu yolla iklim parametrelerinde meydana gelmesi muhtemel değişimler saptanmaya çalışılmaktadır. Son olarak atmosferde meydana gelmesi tahmin edilen bu değişimler, uyum ve etki çalışmalarına girdi teşkil etmekte ve bunlara bağlı olarak politika üretilmesi ile karar verme süreçleri tamamlanmaktadır. Bu yaklaşım, sıralı fazlardan oluştuğundan emisyon senaryolarının oluşturulması ile etki değerlendirme modelleri sonuçlarının elde edilmesi arasında geçen süre çok uzun olmaktadır. Bu yaklaşım IPCC 3. ve 4. Değerlendirme Raporlarında Emisyon Raporları Özel Raporu (SRES) senaryoları ile iklim değişikliği senaryoları oluşturulurken kullanılmıştır. SRES senaryoları dört ana senaryo ailesi (A1, A2, B1 ve B2) ve bunların da kendi içlerinde farklı senaryolara ayrıştırılması ile üretilmiştir.

Bu senaryolar 1997'de oluşturulmaya başlandı ve tamamlanması yaklaşık 3 yıl sürdü. İlk model sonuçları, 2001'de IPCC 3. Değerlendirme Raporu'nda kullanılmasına rağmen, ayrıntılı değerlendirmeler 2007'deki IPCC 4. Değerlendirme Raporu'nda görülebilmiştir.

2.2.1. Yeni Nesil Konsantrasyon Senaryoları

IPCC 4. Değerlendirme Raporu'nun yayınlanmasının ardından, 2007 yılında Hollanda'da gerçekleştirilen ve daha sonra IPCC Uzmanlar Toplantısı'nda IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda yer alan senaryolar ile ilgili bir dizi kararlar alınmış ve senaryoların ana hatları yeniden belirlenmiştir.

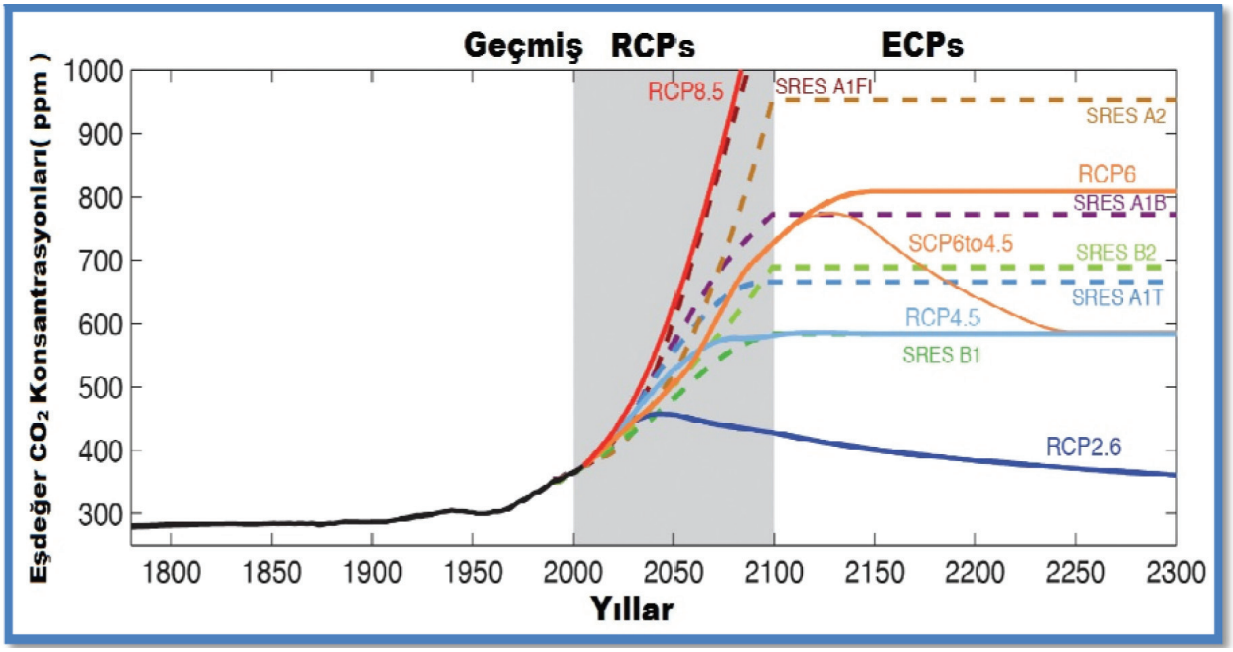
Yeni iklim değişikliği senaryolarının oluşturulmasında, SRES senaryolarındaki sıralı değerlendirme metodu yerine paralel değerlendirme metodu kullanılması benimsenmiştir. Geçmişte sıralı yaklaşım yolu ile oluşturulan SRES senaryoları çalışmanın uzun sürmesi nedeniyle emisyon senaryolarının geliştirilmesi ve iklim model sonuçlarının etki değerlendirme araştırmalarında kullanımı arasındaki zamanı kısaltmak için yeni bir değerlendirme yaklaşımı oluşturulması düşünülmüştür. Bu amaç ile etki araştırma çevreleri ile entegre model ve iklim araştırma çevreleri iş birliği yapmışlardır. Bu yeni yaklaşımın paralel fazında iklim modelleri, sosyo-ekonomik ve emisyon modelleri sıralı olarak değil, eş zamanlı çalışmakta ve böylece sıralı yaklaşımdan farklı olarak zaman açısından ciddi bir kazanım sağlanmaktadır.

Bu yeni yaklaşımla geliştirilen yeni konsantrasyon senaryoları Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways) olarak adlandırılmıştır. Aynı toplantıda belirlenen özellikler bakımından literatür taranmış 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.

SRES senaryoları ile RCP'ler konsantrasyon değerleri açısından karşılaştırıldığında (Şekil 27): RCP8.5 senaryosunun A1F1 ve A2 ile, RCP6.0 senaryosunun A1B ile yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. B2 ve A1T senaryolarının RCP4.5 ve RCP6.0 arasında yer almaktadır. RCP4.5 ise B1 senaryosu ile paralellik göstermektedir. RCP3-PD(RCP2.6)ise, SRES senaryolarının hiç biri ile uyumluluk göstermemektedir.

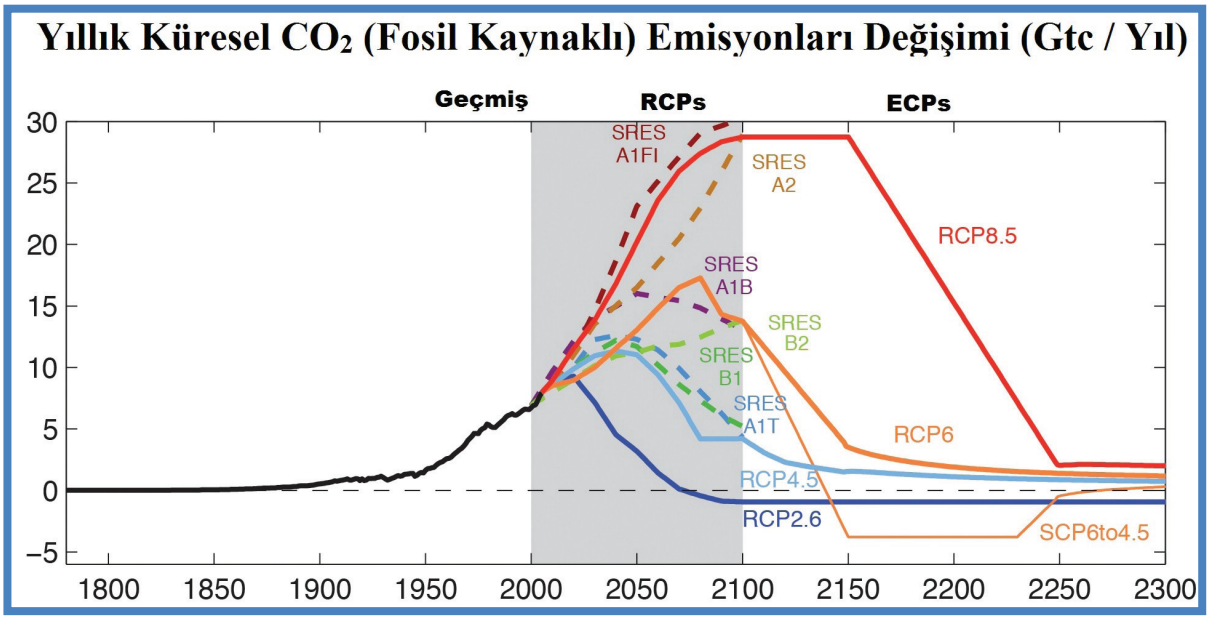
SRES	RCP	2100 yılında yaklaşık eşdeğer CO_2 konsantrasyonları (ppm)
A1FI		1550
	8.5	>1370
A1B		850
	6	850
B2		800
	4.5	650
B1		600
	2.6	490

Şekil 27: SRES ve RCP senaryoları için 2100 Yılında Yaklaşık Eşdeğer CO_2Konsantrasyonları (ppm). Eşdeğer Karbondioksit Konsantrasyonları Diğer Sera Gazları Ve Aeresolleri İçermektedir (Meinshausen et al, Moss et al, IPCC, 2007).



Şekil 28: SRES ve RCP'lerinGelecek Dönem İçin Ortaya Koyduğu Eşlenik CO2 (ppm) Konstrasyonları

Daha uzun periyotta iklim değişikliğinin anlaşılması amacıyla, RCP senaryoları 2300 sonuna kadar, emisyon ve konsantrasyon seviyeleri bağlamında basit şekilde ve çok da zorunlu kıstaslara bağlı kalmadan uzatılmıştır (Meinshausen et al., 2011). Bu kapsamda, RCP 2.6 ve RCP8.5 için 2100 sonrasında sabit CO_2emisyon ve konsantrasyon seviyeleri öngörürken, RCP4.5 ve RCP6.0; 2150'ye kadar kademeli şekilde CO_2 emisyon ve konsantrasyonların sabitleneceğini öngörmektedir. RCP8.5 CO_2 konsantrasyonunun 2000 ppm civarında 2250 de ancak sabitleneceğini öngörmektedir ve bu seviye endüstri öncesi seviyenin neredeyse 7 katı kadardır. RCP3-PD(RCP2.6)ise, 2070'ten sonra emisyonların azalmaya başlayacağını, buna bağlı olarak konsantrasyonlarında 2300'e kadar zaman içerisinde azalarak 360 ppm seviyesini yakalayacağını öngörmektedir.



Şekil 29: SRES ve RCP'lerin Gelecek Dönem İçin Ortaya Koyduğu Yıllık Küresel CO2 (Fosil Kaynaklı) Emisyonları Değişimi (GtC / Yıl)

RCP senaryoları ile SRES senaryoları, CO_2 konsantrasyonları bağlamında karşılaştırıldığında, RCP4.5'in SRES B1 senaryosuna yakın olduğu, RCP6'nın SRES A1B'ye özellikle 2100'den sonra yakınlaştığı ve RCP8.5'in ise 2100'de A2'den biraz daha yüksek değerlere sahip olduğu SRES A1F1'e yakın olduğu görülmektedir. RCP3-PD (RCP2.6)'nın ise bütün SRES senaryolarından daha düşük değerler ihtiva ettiği görülmektedir.

RCP8.5 yüksek ışınımsal zorlama ve konsantrasyon rotasıdır (Tablo 3, Şekil28,29,30). SRES senaryoları içerisinde A2 ve A1F1 senaryoları ile benzerlik göstermektedir. Düşük rota (RCP3-PD/RCP2.6) ile arasındaki fark, iklimin bu senaryoya karşı Atmosfer-Okyanus Küresel Sirkülasyon Modelleri (AOGCM) yardımı ile görüntülenen tepkisinin değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

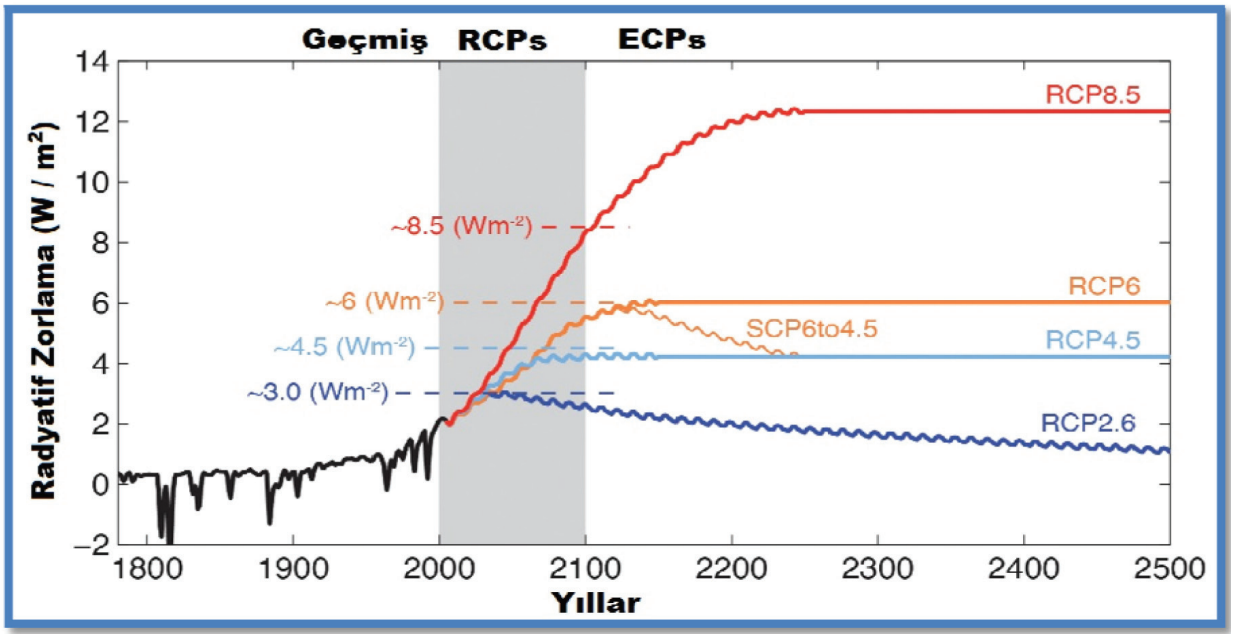
RCP3-PD/RCP2.6 ise düşük ışınımsal zorlama ve konsantrasyon rotasıdır. Senaryonun temelini yüzyıl sonlanmadan emisyonların ya da ışınımsal zorlamanın zirve yaparak düşüşe geçeği varsayımı oluşturmaktadır. Önce zirveye ulaşma ve sonra düşme varsayımı, iklim camiası için yeni bir yaklaşımdır. Bundan dolayı, senaryonun iklim değişikliğinin ve onun etkilerinin "geri çevrilebilirliği" konusunda yeni bilimsel bulgular üretmesi beklenmektedir.

RCP4.5 ise orta bir dengede tutma rotası olup 2100-2150 yılları arasında ışınımsal zorlamanın 4.5W/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.

RCP6 ikinci orta rotadır ve 2100'den sonra yaklaşık 6W/m² civarında ışınımsal zorlamanın sabitleneceği varsayılmaktadır. İklim model grupları açısından, iki farklı orta konsantrasyon rotasının olması bütün RCP'lerin çalıştırılabilmesi açısından oldukça büyük kolaylık sağlayabilecektir.

Tablo 3. RCP Tipleri ve özellikleri (Moss vd., 2008).

RCPs	Işınımsal Zorlama	Zaman	Işınımsal Zorlama Değişimi	Toplam Konsantrasyon (CO_2 eşdeğer)	Emisyonlar (KYOTO protokolü sera gazları)
RCP 8.5	>8.5 W/m²	2100'de	Yükselme	~1370 ppm (2100'de)	2100'e kadar artış devam ediyor
RCP 6.0	~6.0 W/m²	2100 sonrası	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~ 850 ppm (2100'de)	Yüzyılın son çeyreğinde düşüş
RCP 4.5	~4.5 W/m²	2100 öncesi	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~ 650 ppm (2100'de)	Yüzyılın ortalarından itibaren düşüş
RCP3-PD / RCP2.6	~3.0 W/m²	2100 öncesi	3.0 W/m²'e ulaşmadan zirve ve düşüş	Zirve ~ 490 ppm ve düşüş (2100'de)	Yüzyılın ilk çeyreğinde düşüş



Şekil 30: Küresel Toplam Işınımsal Zorlama (RCP Concentration& Data Group, M. Meinshausen, S. Smith, K. Riahi, D. vanVuuren et al., May 2010).

2.3. Proje Kapsamında Seçilen Küresel Modeller

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) başlattığı Türkiye için ölçek küçültme yöntemi ile üretilen bölgesel iklim projeksiyonları, CMIP5 projesi kapsamındaki küresel modellere ve IPCC tarafından oluşturulan RCP senaryolarına dayanmaktadır. Senaryolardan mutedil olarak nitelendirebileceğimiz RCP4.5 ve kötümser olarak nitelendirebileceğimiz RCP8.5 seçilmiştir.

Bölgesel iklim projeksiyonları üretme çalışmalarına başlamadan önce bir dizi hazırlık çalışmaları yürütülmüştür. Bunların arasında 2011 yılında gerçekleştirilen yüksek kapasiteli bilgisayar alımı yapılmış, çalışmaları yürütecek personelin kapasite geliştirme eğitimleri ve çalışmalarda danışmanlık hizmetleri için İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Meteoroloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ile işbirliği gerçekleştirilmiştir.

Bölgesel iklim projeksiyonları çalışmaları için, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği öğretim üyeleri ile yapılan mülakatlar sonucu, CMIP5 kapsamında üretilen küresel model veri setlerinden yaygın olarak kullanılan ve bölgemiz için uygun 3 tanesinin (HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M, MPI-ESM-MR) verilerinin kullanılması kararlaştırmıştır.

Bu kapsamda gerek bölgesel modelin ve küresel modellerin seçimi gerekse çalışma (domain) alanı seçimi konularda eksiklikler giderilmiştir. Bölgesel iklim modeline girdi oluşturan Küresel İklim Modeli projeksiyon çıktılarından üç adet küresel model veri seti (3 adet küresel model ve bunların 6 adet RCP senaryoları) merkezi İtalya'da bulunan Uluslararası Teorik Fizik Merkezi'nden (ICTP) kurum bilgisayarlarına indirilmiştir. Bu veri setlerinin yüksek boyutlarda (24 TB) olmasından dolayı, indirme işlemi yaklaşık 3 ay sürmüştür. İndirilen verilerin bölgesel model ile çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiştir. Bu işlemlerle birlikte çalışma için dönem aralıklarının, referans döneminin ve çalışma alanının belirlenmesi de yapılmıştır. Bu işlemlerden sonra bölgesel iklim modeli gelecek için koşturulmadan önce en iyi model yapılandırmasını bulmak için modelin sınanması (parametrizasyon) çalışmaları yapılmıştır.

2.3.1. Hadley Küresel Çevre Modeli (HadGEM2-ES)

HadGEM2-ES, İngiltere Meteoroloji Servisi'ne (Met Office) bağlı bir araştırma kuruluşu olan Hadley Merkezi tarafından geliştirilen 2. nesil küresel bir modeldir. Bu modelin benzer fiziksel özelliklere sahip fakat farklı yapılarda birçok sürümü bulunmaktadır. HadGEM2 serisi birleştirilmiş atmosfer-okyanus yapılandırması ile içerisinde dinamik vejetasyon, okyanus biyolojisi, atmosfer kimyasının bulunduğu bir kara-sistem yapılandırması da içermektedir. HadGEM2 serisi IPCC 5. Raporu hazırlıklarında kullanılan modellerden bir tanesidir. Standart atmosfer birleşimi, 40 km'ye kadar yükselen 38 seviyeden oluşmaktadır. Modelin yatay çözünürlüğü, enlemi 1,25 derece ve boylamı 1,875 derece olan, 192x145 adet grid hücresi ile küre temsil edilmektedir. Bu çözünürlük değerleri yaklaşık olarak Ekvator'da 208x139 km, 55. enlemlerde 120x139 km'dir. Genişletilmiş dikey yükseklik, stratosferin özelliklerini ve küresel iklime etkisinin incelenmesi amacı ile 60 seviye ile dikeyde 85. km'ye kadar çıkabilmektedir. Okyanus bileşeni ise, kutuplar ile 30 enlemler arasında, boylam çözünürlüğü 1 derece ve enlem çözünürlüğü 1 derece olan, toplamda 360x216 adet grid hücresinden oluşmaktadır. Dikeyde ise eşit olmayan 40 seviyeden (yüzeyde çözünürlüğü 10 m'ye kadar ulaşabilmektedir) oluşmaktadır. HadGEM2 serisinde HadGEM2-A, HadGEM2-O, HadGEM2-AO, HadGEM2-CC, HadGEM2-CCS, HadGEM2-ES sürümleri bulunmaktadır. Çalışmada HadGEM2 serisinin en kapsamlı sürümü olan HadGEM2-ES'in ürünleri kullanılmaktadır.

Tablo 4. Güncel HadGEM2 sürümleri (The HadGEM2 Development Team, 2011).

HadGEM2-A	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji ve Aerosoller
HadGEM2-O	Okyanus ve Deniz Buzu
HadGEM2-AO	Okyanus ve Deniz Buzu, Troposfer, Arazi yüzeyi, Hidroloji ve Aerosoller
HadGEM2-CC	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası
HadGEM2-CCS	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası, Stratosfer
HadGEM2-ES	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası, Kimya

2.3.2. MaxPlank Meteoroloji Enstitüsü Küresel Modeli (MPI-ESM-MR)

MPI-ESM-MR, Merkezi Almanya Hamburg'da bulunan Enstitü tarafından sürdürülen beş yıllık çalışmaların sonucunda, Avrupa Merkezi Hamburg Modeli (ECHAM5) atmosfer modeli ile MPIOM okyanus genel sirkülasyon modelleri kullanılarak geliştirilmiş yeni nesil Yer Sistemi Modelidir (ESM-Earth System Model). MPI-ESM'nin ECHAM5 ve MaxPlank Meteoroloji Enstitüsü Okyanus Modeline (MPIOM) göre en büyük farklılıkları atmosferdeki yeni ışınımsal transfer şeması, yeni bir aerosol klimatolojisinin kullanımı, karbon döngüsünün (okyanus biyojeokimyası dahil) ve yüzeyde interaktif ile dinamik vejetasyon şemasının dahil edilmesidir. MPI-ESM enerji, momentum, su ve karbondioksit gibi önemli iz gazlar arasındaki alışverişi değerlendirerek; atmosfer, okyanus ve kara yüzeyini model içerisinde kullanmaktadır. Bu model, CMIP5 bünyesindeki küresel bazlı karşılaştırmalı model hesaplamalarında tercih edilen Genel Sirkülayon Modellerinden bir tanesidir. OASIS3 birleştirme programı sayesinde atmosfer ve kara ayrı, okyanus ve biyojeokimya ayrı bir şekilde birleştirilmiştir. Model içerisinde enerji, momentum, su ve CO_2 alışverişi bu birleştirme ile sağlanmıştır.

MPI-ESM hem kara modelini hem de okyanus modelinin aynı anda çalıştırıldığı bütünleşmiş bir küresel iklim modelidir. MPI-ESM'de standart atmosfer bileşeni 192x96 grid hücresi ile temsil edilirken, dikeyde atmosferin kaç farklı seviyede araştırıldığı modelin sürümlerine göre değişiklik göstermektedir. Modelin 3 farklı sürümü geliştirilmiştir.

•**MPI-ESM-LR:** MPI-ESM'nin düşük çözünürlükteki sürümüdür. Bu sürümde karada yaklaşık olarak 1,9° (~210 km) çözünürlükte, yatayda 63 seviye dikeyde ise 47 seviye bulunmaktadır. Okyanus modeli ise başlangıç koşulları için daha detaylı bilgi oluşturabilmek için yatayda 1,5° çözünürlükte ve 40 seviyeden oluşmaktadır.

•**MPI-ESM-MR:** Orta-karma ölçekli olarak adlandırılan bu sürüm düşük çözünürlüğe göre daha yüksek çözünürlüğe sahiptir. Bu sürüm de MPI-ESM-LR'de olduğu gibi karada 1,9° (~210 km) çözünürlüğe ve yatayda 63 seviyeden oluşmaktayken dikeyde ise 95 seviye içermektedir.

MPI-ESM-LR ile MPI-ESM-MR sürümleri arasındaki fark, her iki sürüm de troposfer ve stratosferi 0,01 hPa'a (~80 km'ye) kadar analiz edebilmekteyken düşük çözünürlüklü sürümde bu analiz 47 seviye, daha yüksek çözünürlüklü sürüm olan MPI-ESM-MR'de ise bu analiz 95 farklı seviye içermektedir. Bu sayede atmosfer daha detaylı bir şekilde analiz edilebilmekte ve atmosferin farklı seviyelerinde gerçekleşen değişimler daha ayrıntılı bir şekilde ortaya konulabilmektedir.

•**MPI-ESM-P as LR:** Bu sürüm düşük çözünürlükteki sürümün tarihsel (paleo) seçimi olan, yani tarihsel verileri dikkate alarak projeksiyonların ortaya koyulması şeklinde hazırlanan versiyondur. Tarihsel veriler aletsel olarak meteorolojik ölçümlerin yapılmadığı devirlere ait bilgilerin çeşitli yollarla (ağaç halkaları, buzul kütleleri, mağara çökelleri vb.) elde edilmesi ile oluşur.

CMIP5 çalışmaları kapsamında MPI-ESM'ler içerisinden MPI-ESM-LR ve MPI-ESM-MR sürümleri diğer sürüme göre daha çok tercih edilmiştir. Çalışmamızda atmosferin katmanlarını daha detaylı bir şekilde ele alan MPI-ESM-MR sürümü tercih edilmiştir.

2.3.3. Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuarı Küresel Modeli (GFDL-ESM2M)

GFDL-ESM2M, Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)'ne bağlı Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuarı (GFDL-Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) tarafından geliştirilen küresel bir Yeryüzü Sistem Modeli'dir. GFDL dünyadaki madde döngüleri (karbon, su vb.) ile insan aktivitelerinin iklim sistemleri üzerine etkileşimini bir arada inceleyen birleştirilmiş bir küresel iklim modelidir. Modelin geliştirilmesi aşamasında iklimin ve ekosistemin birbirleri arasındaki etkileşimleri ve bunlarda hem doğal hem de insan kaynaklı nedenlerle oluşabilecek olan değişimlerin en uygun bir şekilde ortaya konulabilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Model birleştirilmiş atmosfer ve okyanus sirkülasyonunun yanı sıra atmosfer kimyasını da (CO_2, NOx, SO_4, aerosol vb.) içermektedir. Ayrıca model bitki biyolojisi ve bitki yüzey kullanımı, yüzey fiziği ve hidrolojisi, okyanus ekolojisi ve biyojeokimyası, okyanus sirkülasyonu ve deniz buzulları bileşenleri konfigürasyonları ile geliştirilmiştir.

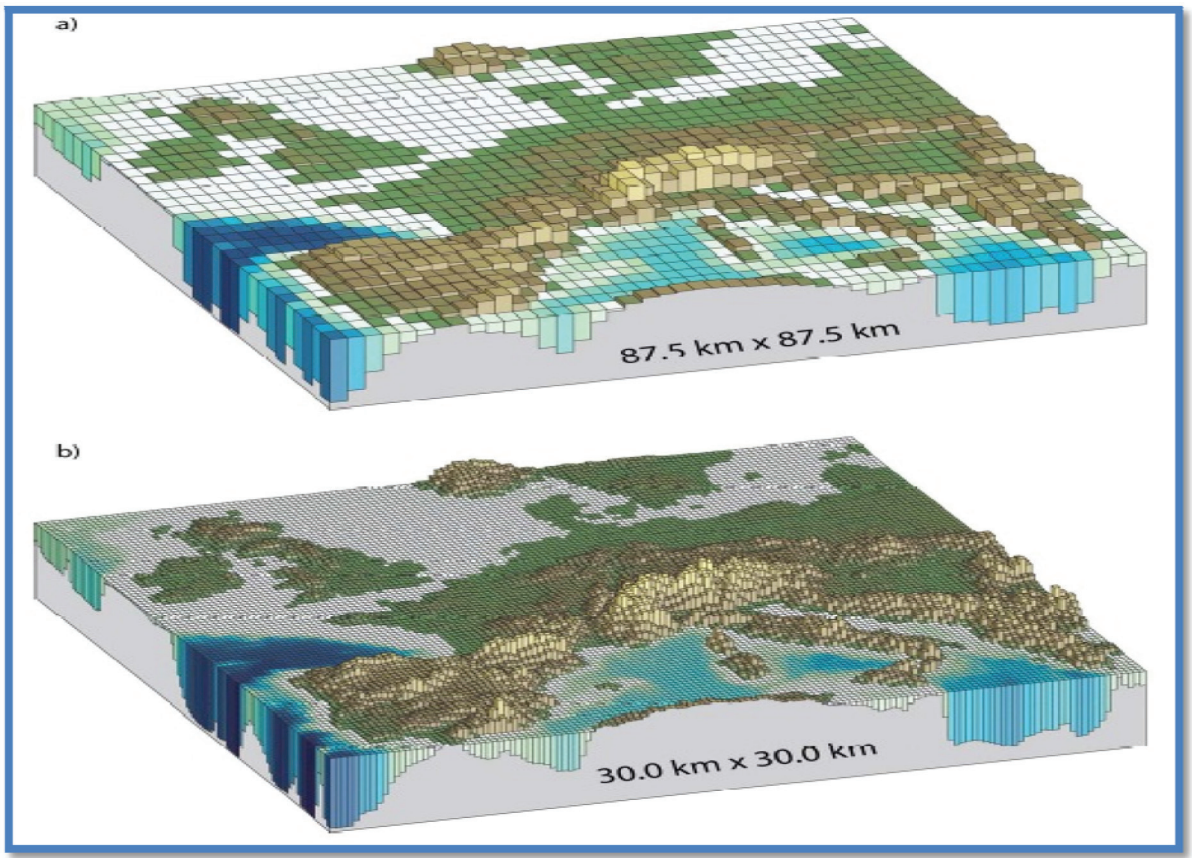
Modelin arazi bileşeni yağış ve buharlaşma, akarsu, göl, ırmak, ve yüzeysel akışının yanı sıra dinamik karbon ve diğer elementlerin birikimlerinin simülasyonunu oluşturabilmek için karasal ekoloji bileşenini de içermektedir.

GFDL modelinin standart atmosfer bileşeni 2° Enlem ve 2,5° Derece boylam çözünürlüğündeki 144x90 grid hücresi tarafından temsil edilmekte ve dikeyde 40 farklı seviye içermektedir. GFDL-ESM2M ve GFDL-ESM2G olmak üzere iki sürümü bulunmaktadır. Bu iki sürümün ortak tarafı ikisinin de CM2.1 isimli iklim modelinin geliştirilmesi, LM3 adı verilen yeni kara modeli, SIS adı verilen deniz buzulları modeli kullanılarak okyanus fiziği ve alternatif sayısal çerçeveler ilave edilerek üretilmiş olmasıdır.

Bu iki model yalnızca fiziksel okyanus bileşeni yönünden birbirinden ayrılır. ESM2M'de dikey basınç tabakaları olan Modüler Okyanus Model (MOM) sürüm 4.1'i kullanırken; ESM2G, bağımsız olarak geliştirilen Genelleştirilmiş Okyanus Tabakası Dinamikleri (GOLD) kod temelini kullanan izopiknik bir modeldir. Karada iki ESM birden, vejetasyon, toprak ve atmosfer arasındaki karbon döngüsünü de kapsayan karmaşık vejetasyon dağılımının ve fonksiyonlarının simülasyonu için değiştirilmiş bir kara modelini içermektedir. Okyanusta, her iki model de 1° çözünürlüktedir ve esnek bir stokiyometri ile fitoplankton fonksiyon grup dinamiklerini de içeren yeni biyojeokimyasal algoritmalara sahiptir. Projeksiyon çalışmamızda GFDL-ESM2M modeli tercih edilmiştir.

2.4. Bölgesel İklim Modelleri ve Ölçek Küçültme

Küresel iklim modellerinden elde edilen veriler çok büyük alanları temsil ettiğinden ayrıntılı değildir ve bölgesel analizlere imkân tanımamaktadır. Çok düşük çözünürlükteki gridlenmiş bu bilgileri, tekrar girdi olarak kullanarak daha küçük alanlar için daha ayrıntılı ve yüksek çözünürlüklü bilgiler üretilmesini sağlayan modeller bölgesel iklim modelleri (RCMs) olarak nitelendirilmektedir (Şekil 33).



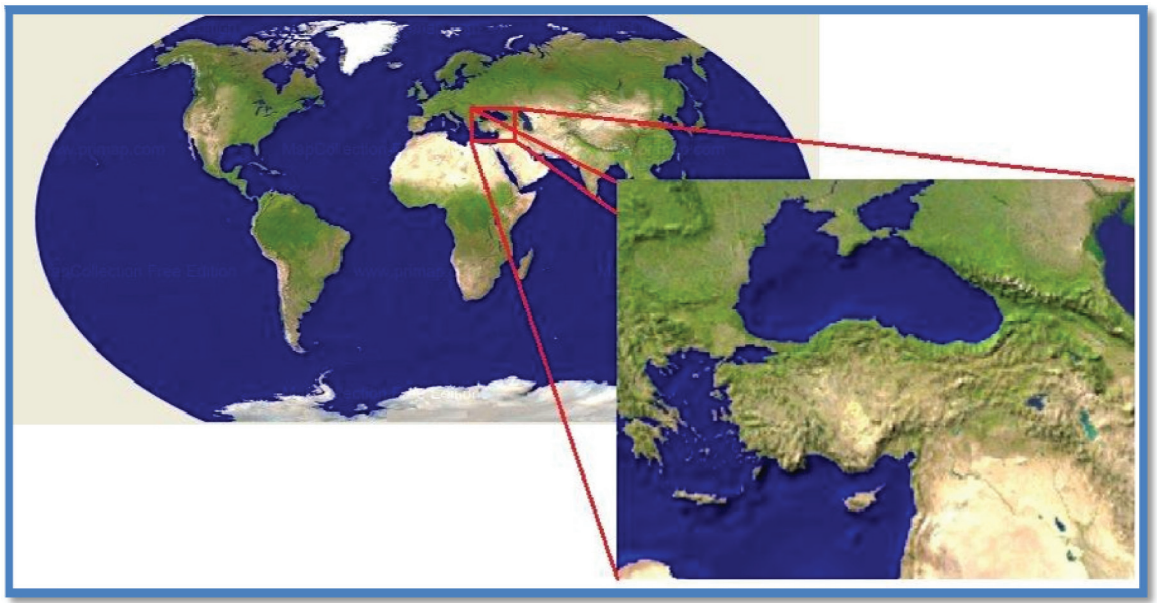
Şekil 31: Düşük Çözünürlük (a) ve Yüksek Çözünürlük (b) Arasındaki Fark.

Hesaplama zorluklarından dolayı Küresel İklim Modelleri (GCMs) genellikle 100-300 km yatay çözünürlüğe sahiptirler. Bu çözünürlükle bölgesel iklimsel değişimler, topografyanın, kıyı alanlarının ve arazi yüzeyinin ayrıntıları uygun şekilde yansıtılamamaktadır. Dolayısı ile, cephe sistemleri ya da yağış sistemleri gibi küçük ölçekli hava olayları ve atmosfer süreçleri ya GCM'lerde gösterilememekte ya da çok basit şekilde yer almaktadır. Sınırlı alanlarda sahip olunan hesaplama kapasitesini en uygun şekilde kullanmak ve yukarıda bahsedilen eksiklikleri gidermek amacıyla bölgesel iklim modellerinden (RCMs) yararlanılmaktadır.

Mustafa Cüneyd ADIYAMAN, 30.05.2014, Bahçelievler - İSTANBUL

2.4.1. Dinamik Ölçek Küçültme

Atmosferik dinamik ölçek küçültme teknikleri, düşük çözünürlüklü küresel modellerde iyi yansıtılamayan bölgesel şartları elde etmek için kullanılan yaygın bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım birkaç metotla uygulanabilmektedir. Bu yöntemde, RCM'de belirli bir alan tanımlanır ve GCM'den elde edilen belli dinamik iklim faktörleri belirlenen alana uygulanmaktadır (Şekil 34).



Şekil 32: Bölgesel İklim Modelinde Özel Bir Alanın Tanımlanması.

Temel olarak RCM de GCM gibi dinamik bir yapı sergiler, fakat 3 ana süreçten oluşur. Bunlar:

- GCM'den sınır değerlerinin alınması,
- Tanımlanan alan için kendi yerel verilerinin elde edilmesi,
- RCM'nin kendi dinamik denklemlerinin bu iki veri yardımı ile çözülerek yeniden tanımlanan alan için değerlerin üretilmesidir.

Sonuçlar bir anlamda GCM ve yerel özelliklerin birlikte belirlediği yerel tahminler olarak nitelendirilebilir. Buradaki en büyük zorluk ise, alan küçülmesine rağmen çözünürlüğün artması ve yerel şartların hesaplamalara dâhil olması nedeniyle önemli bir bilgisayar kapasitesine ihtiyaç duyulmasıdır.

2.4.2. RegCM-4.3.4

Bölgesel İklim Model Sistemi (Regional Climate Model System -RegCM) olarak tanımlanan aslında Amerikan Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilmiş bir modele dayanmaktadır. Uluslararası Abdüsselam Teorik Fizik Merkezi'nin (ICTP) Yer Sistem Fiziği Bölümü (ESP) tarafından bölgesel iklim modeli olarak uyarlanmış ve geliştirilmesi halen devam etmektedir. İlk sürümü olan RegCM1, 1989 yılında bilim camiasına sunulmuş ve daha sonra üst sürümleri geliştirilmiştir (RegCM2-1993, RegCM2.5-1999, RegCM3-2006, RegCM4 2010). Günümüzde en güncel sürümü olan RegCM4 modeli kullanılmakta ve tamamen ESP tarafından desteklenmektedir. Bu sürüm dünyanın istenilen herhangi bir bölgesi için gerek gelecek iklim simülasyonları gerekse tarihsel (paleo) klimatolojik çalışmalar için kullanılabilmektedir. RegCM4 modeli ile hidrostatik limit olan 10 km'ye kadar çözünürlükte çıktılar üretilebilmektedir. (http://www.ictp.it/, 2012)

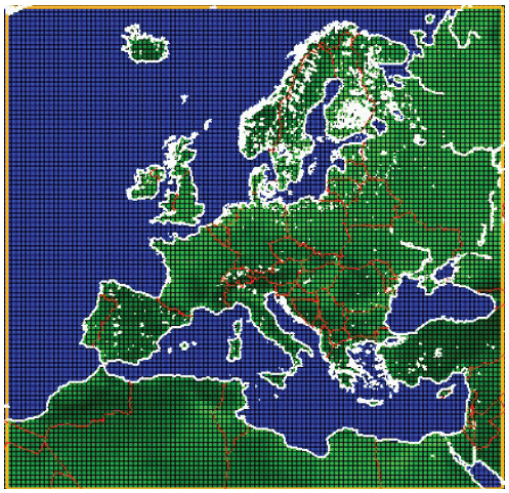
2.4.3. Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Küçültme Deneyi (CORDEX)

Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Küçültme Deneyi (Coordinate Regional Climate Downscaling Experiment – CORDEX), bölgesel iklim değişikliği adaptasyon ve etki değerlendirme çalışmalarında kullanılacak yüksek çözünürlüklü iklim projeksiyonları üretmek amacı ile oluşturulmuş bir yapıdır. CORDEX Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) tarafından desteklenmektedir. CORDEX kapsamında dünya 13 farklı bölgeden oluşan çalışma alanına (domain) ayrılmıştır (Tablo 5). Her bir bölge için, daha önce çalıştırılan küresel modellerin çıktıları bölgesel iklim modelleri ile ölçek küçültmeye tabi tutularak yüksek çözünürlükteki yeni projeksiyonlar üretilmektedir. Bu proje kapsamında farklı araştırma grupları ve enstitüler bulunmaktadır. Çalışmalarımızda kullandığımız RegCM bölgesel modelinin geliştiricisi olan ICTP, CORDEX'e üye enstitülerden biridir.

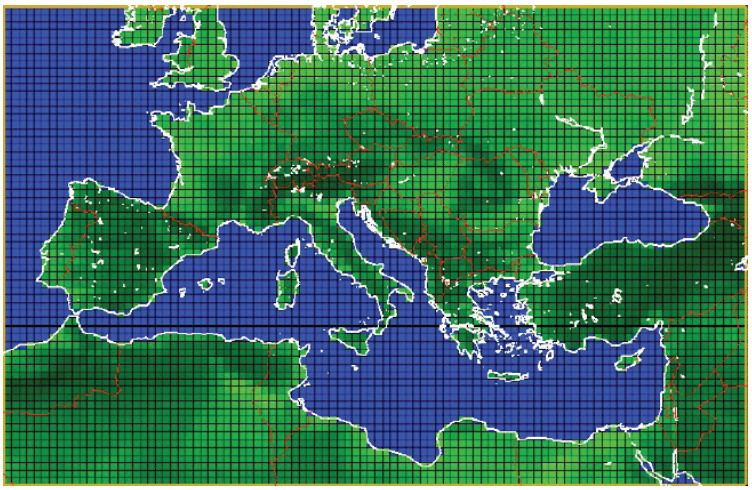
Tablo 5. CORDEX bölgeleri (2013 yılındaki son düzenlemeye göre-http://wcrp-cordex.ipsl.jussieu.fr/)

CORDEX Bölgeleri	Ülkemizi Kısmen ya da Tamamen İçerip İçermediği
Avrupa Bölgesi	✓
Akdeniz Bölgesi	✓
Afrika Bölgesi	✓
Güney Asya Bölgesi	✓
Orta Asya Bölgesi	✓
MENA (Orta Doğu-Kuzey Afrika) Bölgesi	✓
Kuzey Amerika Bölgesi	X
Orta Amerika Bölgesi	X
Avustralya Bölgesi	X
Arktik Bölgesi	X
Güney Amerika Bölgesi	X
Antarktika Bölgesi	X
Doğu Asya Bölgesi	X

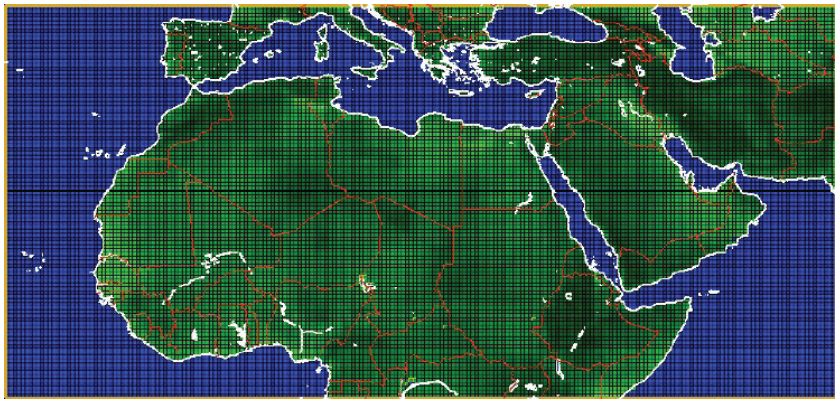
✓ = Ülkemizi Kısmen ya da tamamen içermektedir. X = Ülkemiz bölge sınırları içerisinde yer almamaktadır.



Şekil 33: CORDEX - Avrupa Bölgesi

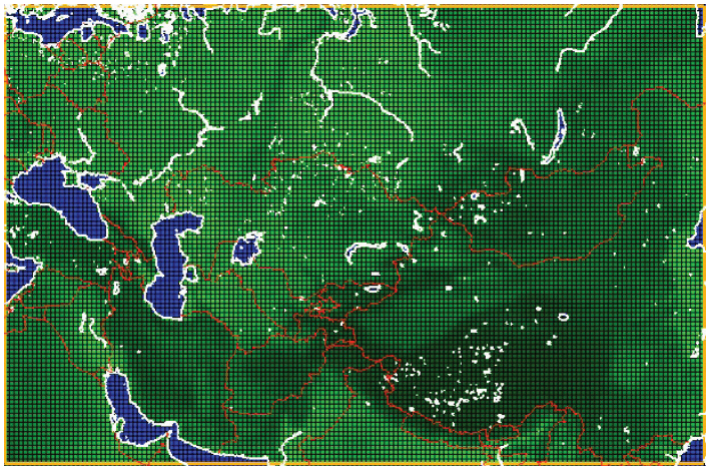


Şekil 34: CORDEX - Akdeniz Bölgesi

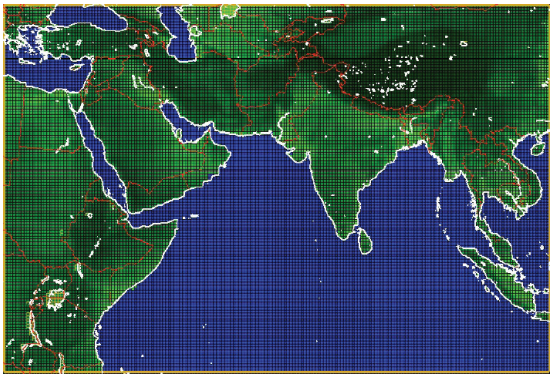


Şekil 35: CORDEX - MENA Bölgesi

Şekil 36: CORDEX - Afrika Bölgesi



Şekil 37: CORDEX - Orta Asya Bölgesi

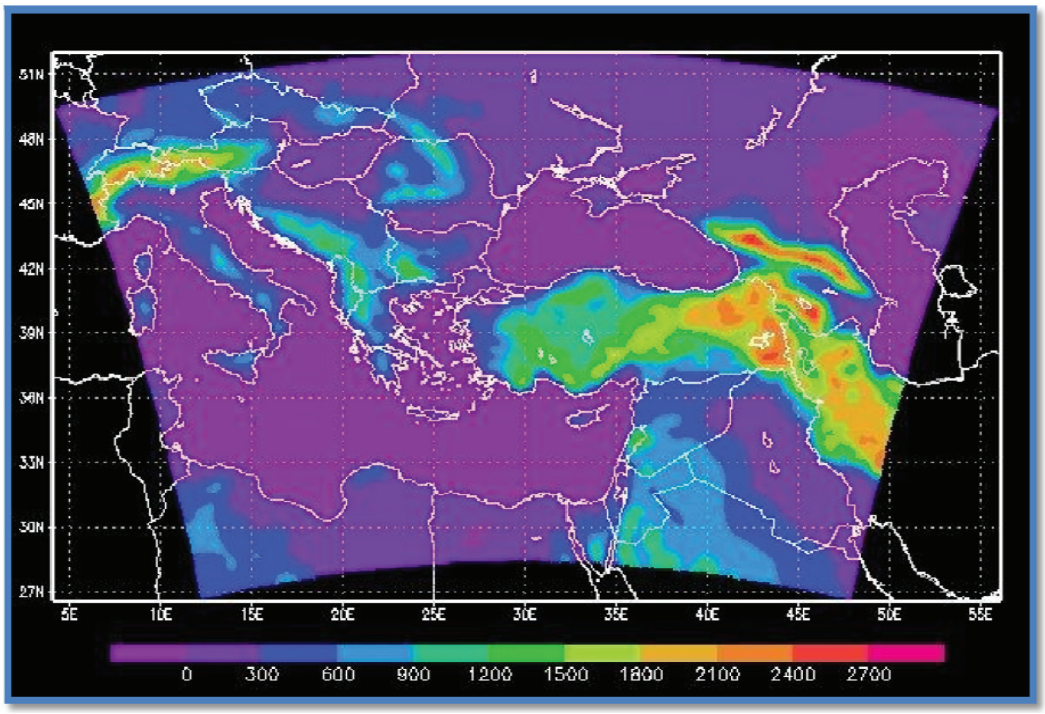


Şekil 38: CORDEX - Güney Asya Bölgesi

Ülkemiz Avrupa, Afrika, Güney Asya, Orta Asya, Akdeniz ve MENA bölgelerinin sınırları içerisinde kısmen yer almaktadır. Ancak hiçbir bölge bizim çalışma alanımızı tam olarak içermemektedir. Bu altı bölge ya ülkemizin bir kısmını içermemekte ya da ülkemiz bölgenin sınır noktalarında yer almaktadır.

2.5. Referans Periyot ve Bölge Seçimi

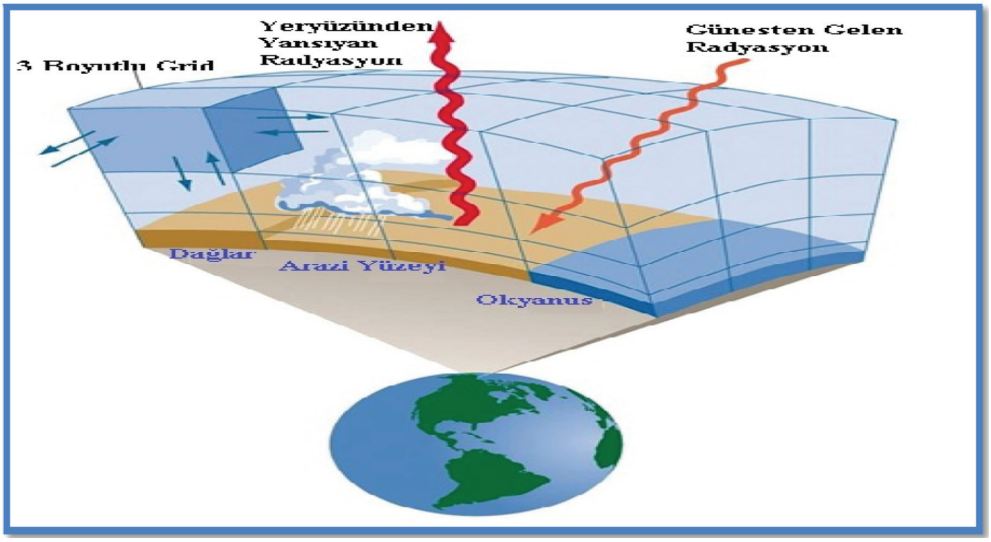
Çalışma alanı seçiminde bir yandan bilgisayar kapasitesi ve iş süresi göz önüne alınmış; diğer yandan bölgemizi etkileyen denizsellik ve hava sistemlerinin etkilerini yansıtacak şekilde en uygunbölge seçilmeye gayret edilmiştir. Seçilen çalışma alanı 27.00°-51.00° kuzey enlemleri ve 5.00°-55.00° doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 41).



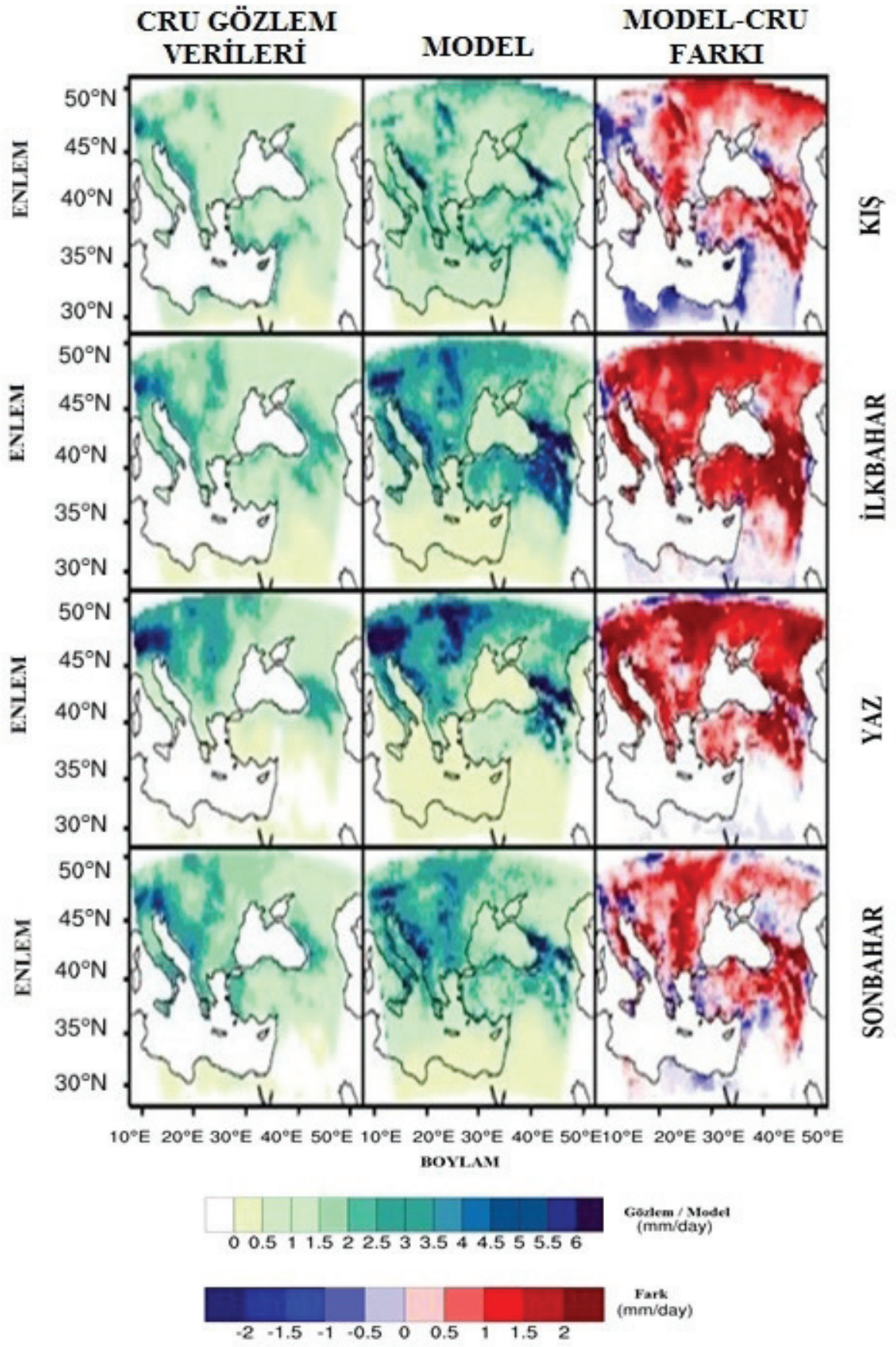
Şekil 39: RegCM4.3.4'denAlınan Çalışma Alanı Ve Topografyası.

2.6. Modelin Sınanması (Parametrizasyonu)

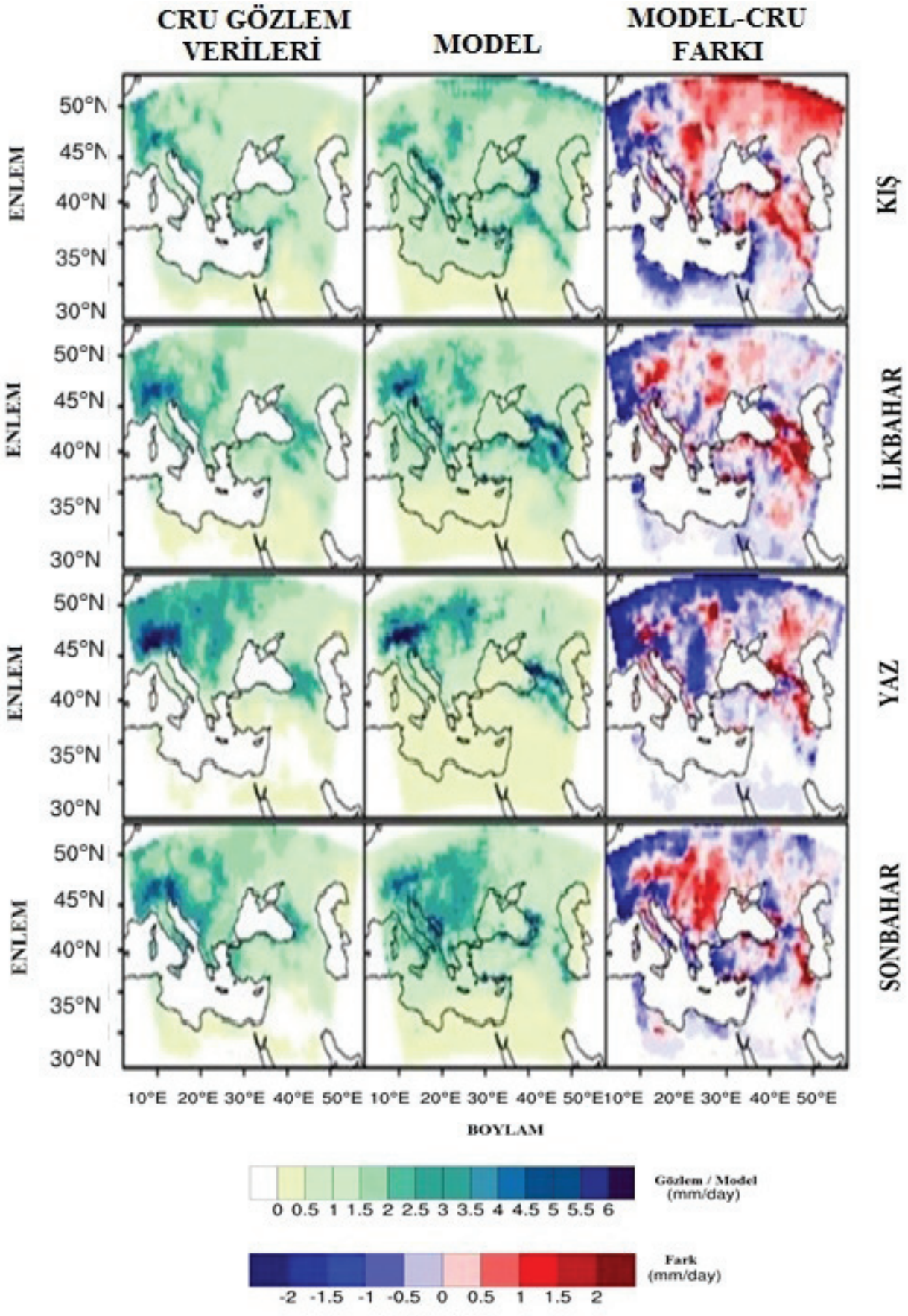
Modelin sınanması (parametrizasyonu) iklimsel değerlerin her bir grid içerisinde gerçeğe en yakın şekilde yansıtılması açısından çok büyük önem arz etmektedir (Şekil 40). Örnek olarak; her grid içerisindeki nem ve sıcaklık değerleri bulut oluşumunu, aeresol miktarları da yağış miktarını etkilemektedir (Şekil 41). İyi parametrelendirilmiş bir model sonucu, karar vericilerin iklim değişikliğine uyum faaliyetleri konusunda karar almalarında yardımcı olacaktır (Şekil 42).



Şekil 40: Model Grid Yapısı



Şekil 41: Model Sonucu Örneği. (Eşik değerlerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan elde edilmiş model sonucu)

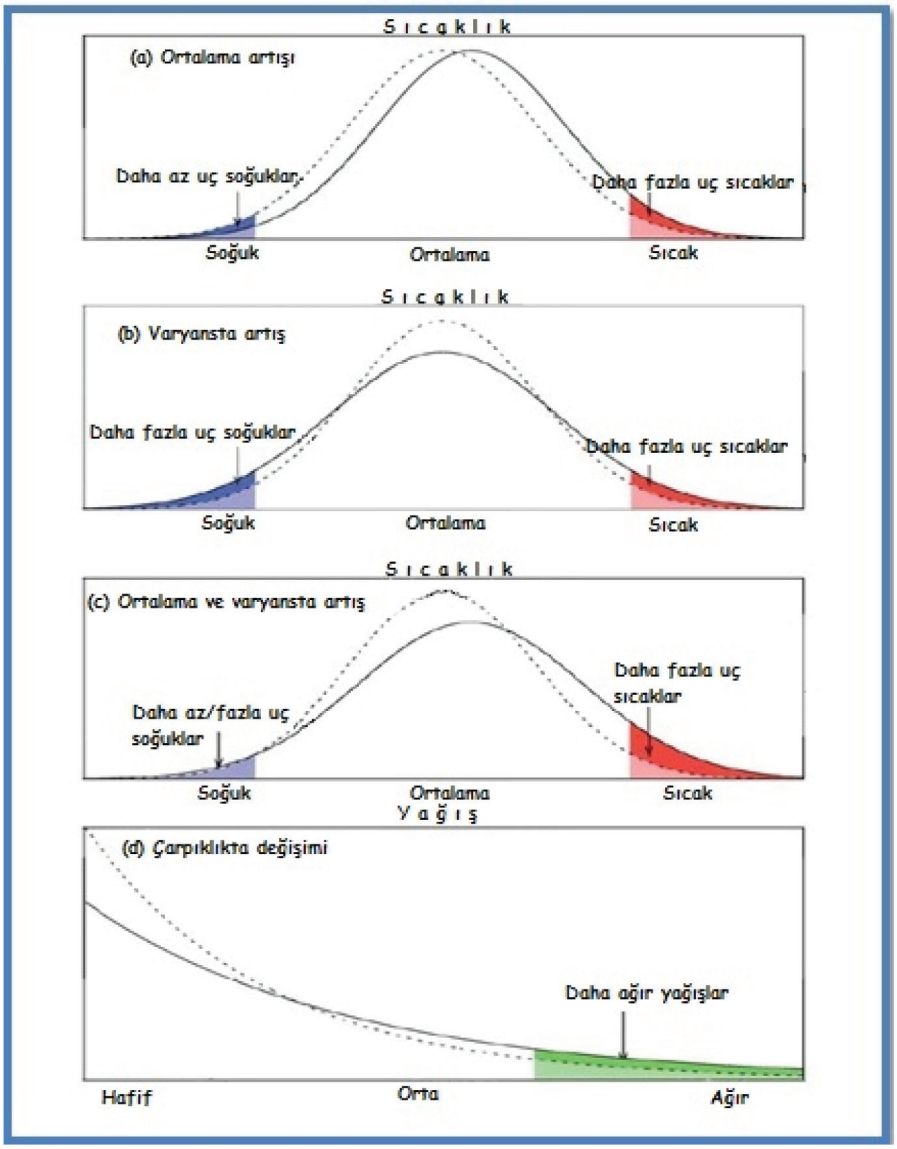


Şekil 42: Model Sonucu Örneği (Parametrizasyon sonucu elde edilen ve gözlem verilerine daha yakın değerlere sahip model sonucu)

Parametrelendirmede bazı zorluklar bulunmaktadır. Modelin sınanması grid bazlı yapılamadığından kötü sonuç aldığımız bir bölgedeki değerleri düzeltmek için parametrelendirme yaptığımızda, iyi sonuç aldığımız diğer bölgeleri de etkilemektedir. Bu nedenle yüzde yüz doğrulukta bir parametrizasyon günümüz imkânlarında mümkün görünmemektedir. Modelin sınanması çalışmalarımızda CRU (Climate Research Unit) ve UDEL'e (University of Delaware) ait gridlenmiş iklim verileri model sonuçları ile kıyaslanmış, gridlere ait eşik değerleri yeniden belirlenerek iyi sonuç aldığımız modelin sınanması şemasında model çalıştırılmıştır.

2.7. İklim Ekstremleri (Uç Değerler)

İklim belirli bir alanda ve belirli bir zaman aralığında, o alanda gözlemlenen uzun dönem iklim parametrelerinin ortalamalarıdır. Bununla birlikte iklimin genliğini gösteren uç değerler (ekstremler) de iklim sistemini tanımlamada önemli bir yere sahiptir. İklim sistemi içerisinde nadir gözlemlenen olaylar ya da uç değerler iklim ekstremleri olarak tanımlanmaktadır. İklim sisteminin doğal sürecinde iklim değişkenlik göstermekte ve bu olaylar her zaman yaşanmaktadır. Fakat iklim değişikliği potansiyel olarak bu süreci etkilemekte, ekstrem olayların şiddet ve frekanslarını değiştireceği düşünülmektedir (Şekil 43).

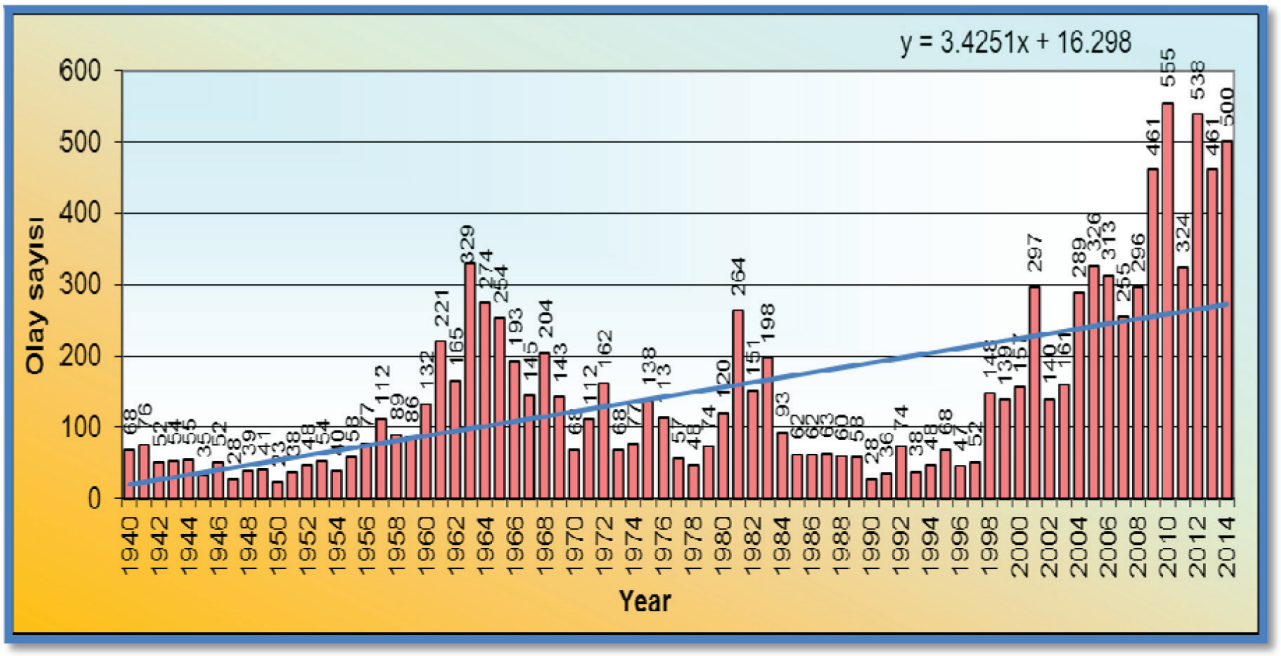


Şekil 43: Ekstrem Hava Olaylarının İklim Değişikliği Tarafından Tetiklenmesi (IPCC,2013).

Kesikli çizgiler önceki durumu, düz çizgiler değişimden sonraki durumu ifade etmektedir. Renkli alanlar ise ekstrem olayların meydana gelme ihtimalinin yüksek olduğu alanı ifade etmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi, olasılığın yüksek olduğu alan değişimden sonra daha da artmıştır. Bu da sıcaklıklardaki artış ya da azalmaların veya yağış rejimindeki değişimlerin ekstrem olayları nasıl etkilediğini izah etmektedir.

IPCC-AR5'te, ortalama sıcaklıklardaki artış ve enerjinin dağılımındaki düzensizliğin artmasına bağlı olarak ekstrem hava olaylarının şiddetinde ve frekanslarında, sıcak ve soğuk hava dalgalarının sayılarında ve şiddetinde, nemli ve kuru periyotlar ile nemli ve kuru alanlar arasındaki farklarda artışlar yaşandığı bildirilmiştir (IPCC, 2013).

Türkiye'deki ekstrem olaylar incelendiğinde 1990'dan itibaren ekstrem olay sayılarında bir artış meydana geldiği görülmektedir. En yüksek ekstrem olay sayısı 2010 yılında 555 ekstrem olay ile gözlemlenmiştir. 2014 yılı ekstrem olay sayısı ise 500'e ulaşmıştır (MGM, 2014). 1940-2012 periyodunda yıllık ortalama ekstrem olay sayısı 219'dur. Türkiye'de 1994 yılından itibaren gözlenen artış trendinin (Şekil 46) benzer şekilde ekstrem olay grafiğinde de görülmesi iklim değişikliği ile ekstrem olaylar arasındaki ilişkiyi açıkça ortaya koymaktadır.



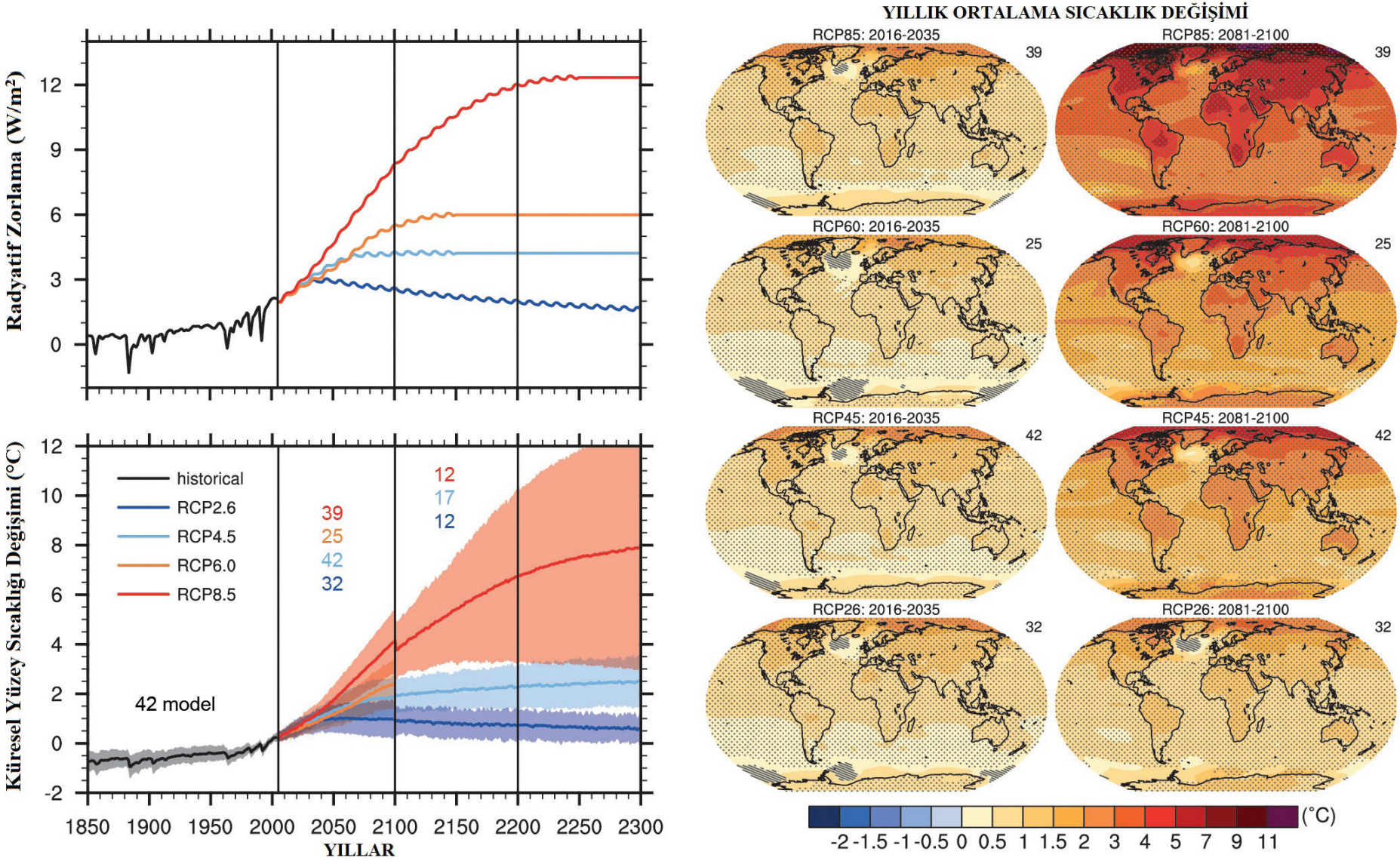
Şekil 44: Ekstrem Hava Olayları (MGM, 2014)

2.8. Küresel İklim Projeksiyonları

Bu bölümde küresel iklim projeksiyonları değerlendirilecektir. Küresel ölçekte IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda yer alan ürünler iklim projeksiyonları değerlendirilmiştir.

2.8.1. Sıcaklık Projeksiyonları

IPCC'nin yaptığı değerlendirmelere göre, herhangi bir volkanik patlama olmadığı ve güneşten gelen enerjide uzun vadeli önemli değişiklikler olmadığı ön kabulü ile, 2016-2035 periyodunda, referans olarak alınan 1986-2005 dönemine göre, küresel ortalama yüzey sıcaklık (GMST) anomalisi, muhtemelen 0,3°C-0,7°C arasında olacaktır (orta güvenirlikte). Bu bulgu gözlemsel projeksiyon değerlendirmelerine dayanmaktadır ve CMIP5 model projeksiyonları ile tutarlılık göstermektedir. Tüm RCP senaryoları için, CMIP5 modellerinin %5-95'i 2006-2012 referans periyoduna göre 0,36°C-0,79°C arasında sıcaklık artış projeksiyonu sunmaktadır. Projeksiyon eğilimlerinden ilk %5 ve son %5'lik kısım bazı modellerin antropojenik zorlamaya aşırı hassas olabileceği ihtimaline karşı hesaba katılmamıştır.



Şekil 45: Küresel Ortalama Yıllık Yüzey Hava Sıcaklığı Projeksiyonu (sol alt, RF:1986-2005), RCP Senaryolarına Göre Toplam Küresel Radyatif Zorlama (sol üst), 2016-2035 ve 2081- 2100 Çok Modelli Küresel Ortalama Yüzey Sıcaklığı (sağ, RF:1986-2005). (IPCC,2013)

Harita ve grafiklerden, yakın gelecekte muhtemelen karaların okyanuslardan daha hızlı sıcaklık artışına sahip olacağı görülmektedir. Bunun yanında, Arktik alanların sıcaklık artış anomalisinin, büyük ihtimalle ortalamadan yüksek olacağı gözükmektedir ve bu beklenti IPCC 5. Değerlendirme Raporu (AR5) ile tutarlılık göstermektedir.

RCP senaryolarına dayanan uzun vadeli projeksiyonlar incelendiğinde, 21. yy boyunca sıcaklıklar artmaya devam etmektedir. 2081-2100 periyodunda, 1986-2005 referans periyoduna göre, muhtemelen, %5-%95 CMIP5 modellerine göre GMST değişimi 0,3°C-1,7°C (RCP3-PD/RCP2.6), 1,1°C-2,6°C (RCP4.5), 1,4°C-3,1°C (RCP6.0) ve 2,6°C-4,8°C (RCP8.5) olacaktır.

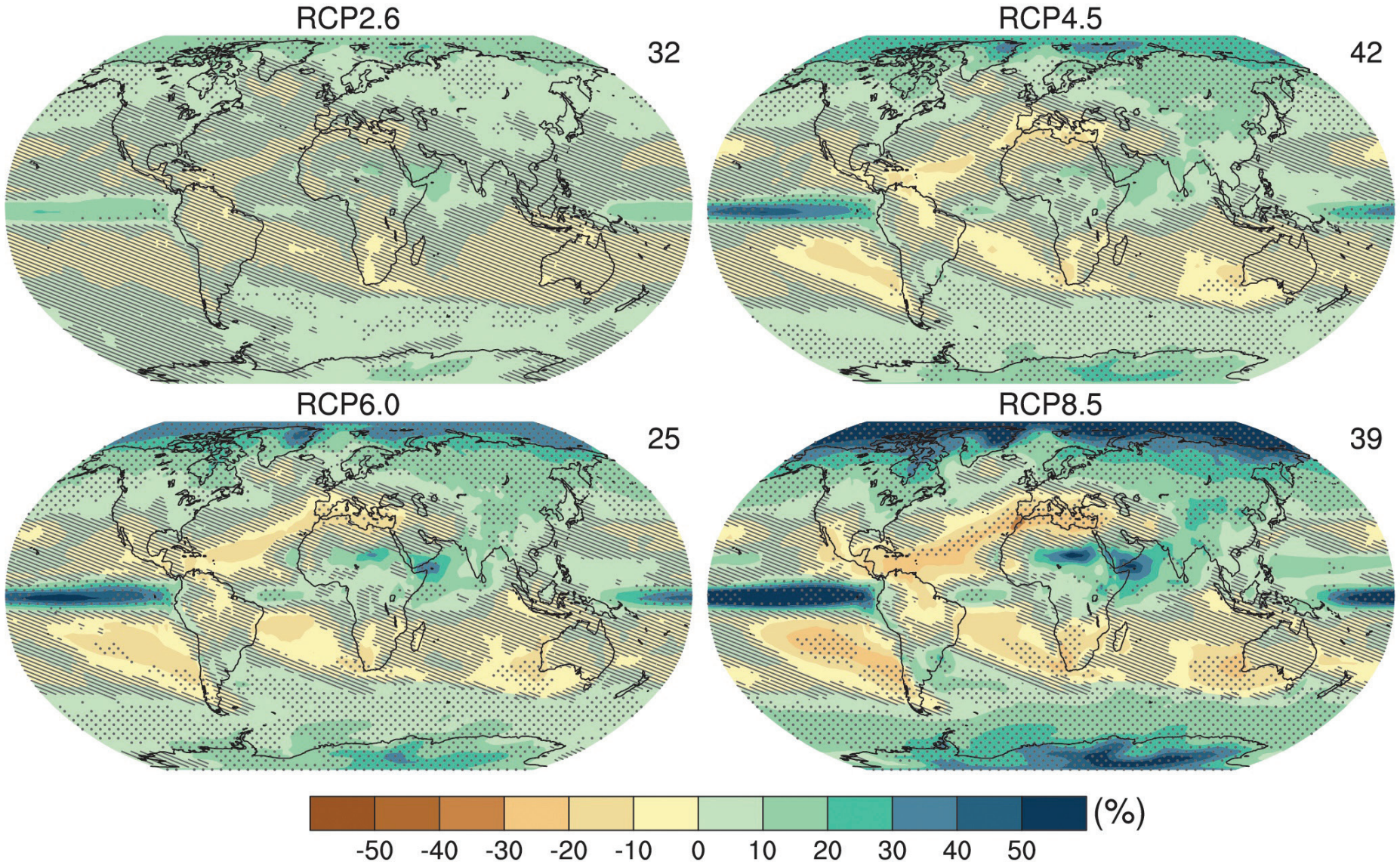
		2046–2065		2081–2100	
Değişken	Senaryo	Ortalama	Olası değer aralığı[c]	Ortalama	Olası değer aralığı[c]
Küresel Ortalama Yüzey Sıcaklığındaki Değişim(°C) [a]	RCP2.6	1.0	0.4 to 1.6	1.0	0.3 to 1.7
	RCP4.5	1.4	0.9 to 2.0	1.8	1.1 to 2.6
	RCP6.0	1.3	0.8 to 1.8	2.2	1.4 to 3.1
	RCP8.5	2.0	1.4 to 2.6	3.7	2.6 to 4.8
	Senaryo	Ortalama	Olası değer aralığı[d]	Ortalama	Olası değer aralığı[d]
Küresel Ortalama Deniz Seviyesindeki Yükseliş(m) [b]	RCP2.6	0.24	0.17 to 0.32	0.40	0.26 to 0.55
	RCP4.5	0.26	0.19 to 0.33	0.47	0.32 to 0.63
	RCP6.0	0.25	0.18 to 0.32	0.48	0.33 to 0.63
	RCP8.5	0.30	0.22 to 0.38	0.63	0.45 to 0.82

Şekil 46: CMIP5 Sıcaklık ve Deniz Seviyesi Değişimleri. (IPCC,2013)

Yapılan değerlendirmelere göre, 2081-2100 periyodunda Küresel ortalama sıcaklık, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryolarına göre endüstri öncesi değerini muhtemelen 1,5°C (yüksek güvenirlikte) ve RCP6.0 ve RCP8.5 senaryolarına göre ise muhtemelen 2°C geçecektir (yüksek güvenirlikte). Bunun yanında RCP3-PD (RCP2.6) senaryosuna göre ise sıcaklık artışı 2°C'yi (orta güvenirlikte) RCP8.5 hariç diğer senaryolara göre ise 4°C'yi geçmeyecektir (orta güvenirlikte).

2.8.2. Yağış Projeksiyonları

IPCC bulgularına göre, 21 yy boyunca yağış rejiminin ısınmaya tepkisinin düzenli olmadığı görülmektedir. Bazı istisnalar olmakla beraber nemli alanlar ile kurak alanlar ve nemli mevsimler ile kurak mevsimler arasındaki farkların artması beklenmektedir. Önümüzdeki dönemde su döngüsü, yüzyılın sonlarına doğru gösterdiği şablona benzer, fakat daha küçük değerler göstermektedir. Yakın gelecekteki değişiklikler büyük oranda iklim sisteminin kendi iç değişkenliğinden etkilenmesi beklenmektedir. Bunun yanında az da olsa antropojenik aerosol emisyonlarından etkilenebileceği vurgulanmaktadır. RCP8.5 senaryosuna göre yüksek enlemler ve ekvatoral pasifik okyanus muhtemelen yıllık yağışlarda bu yüzyıl sonuna kadar bir artışa sahip olacaklardır. Birçok orta enlemdeki alanlarda ve yarı tropikal kurak alanlarda yıllık ortalama yağışlar muhtemelen azalırken, yine birçok orta enlemdeki yağışlı alanlarda yıllık ortalama yağış muhtemelen artacaktır.

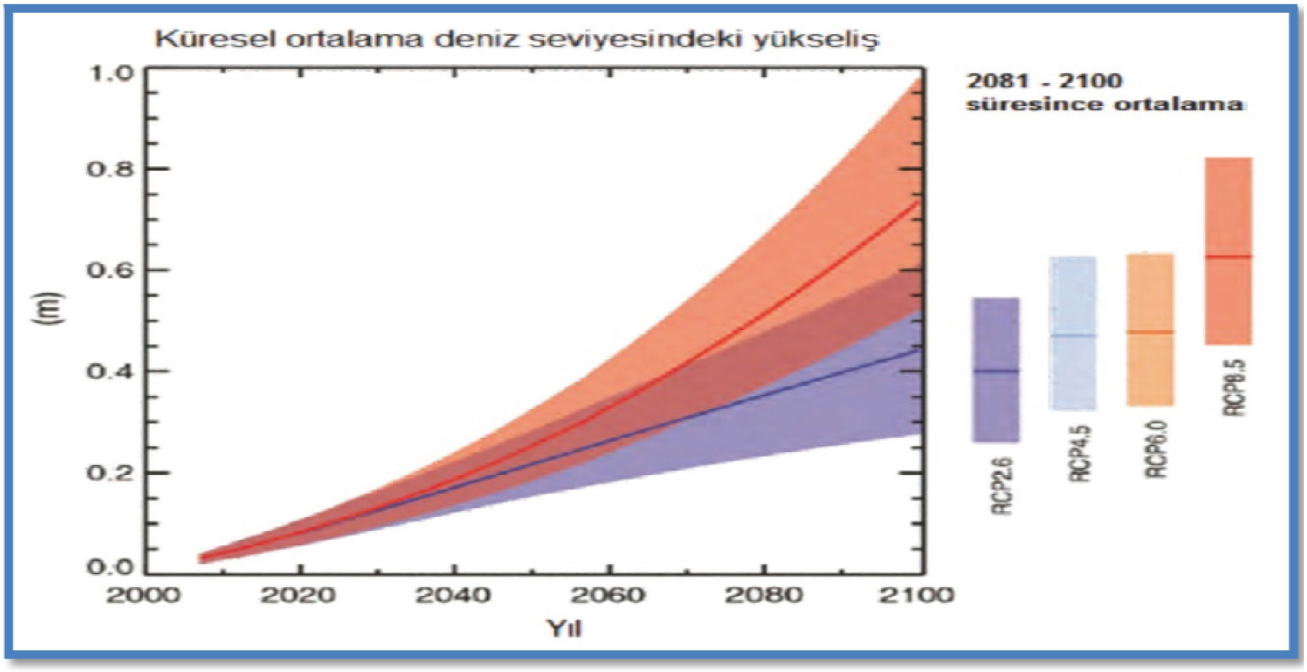


Şekil 47: RCP3-PD(RCP2.6), RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre 2081-2100 Periyodu Çoklu Modellerinin Yağış Değişim Sonuçları (RF:1986-2005) (IPCC,2013)

Yağış projeksiyonları incelendiğinde, özellikle modellerin birbirleri ile uyuşmadığı alanlarda, yağış anomalilerinin ve kontrastın azaldığı görülmektedir. Bu durumda, çok modelli (multi-model) sonuçların ortalamasının özellikle ayrı ayrı modellerden hesaplanan medyan değerini azalttığını söyleyebiliriz. Bu nedenle, CMIP3/5 çok modelli yağış projeksiyonları belirsizlik bağlamında değerlendirilmelidir. Çoklu model projeksiyonları değişimlerin olasılığı ile ilgili olasılıklı hesaplamalar değildirler. Bu nedenle haritalarda değişimler daha yumuşak geçişlerle gösterilmesine karşın, gözlemlenen ve gözlemlenecek değişimler daha sert karakterler göstermektedir.

2.8.3. Deniz Seviyesi Değişimleri

Küresel ortalama deniz seviyesi yükselmeleri incelendiğinde, 21. yy boyunca deniz seviyeleri yükselmeye devam edecek. Bütün RCP senaryoları, bu yükselişin çok büyük olasılıkla okyanuslardaki ısınma ve buzullardaki erime nedeni ile geçeceği bildirilmektedir. AR4'ten bu yana deniz seviyesi değişimlerine ait projeksiyonların güvenirliliği, deniz seviyesi yükselişinin fiziksel ve dinamik özelliklerinin daha iyi anlaşılması, modellerde gözlemlerin ve buzulların dinamik değişimlerinin yer alması sayesinde yükselmiştir.

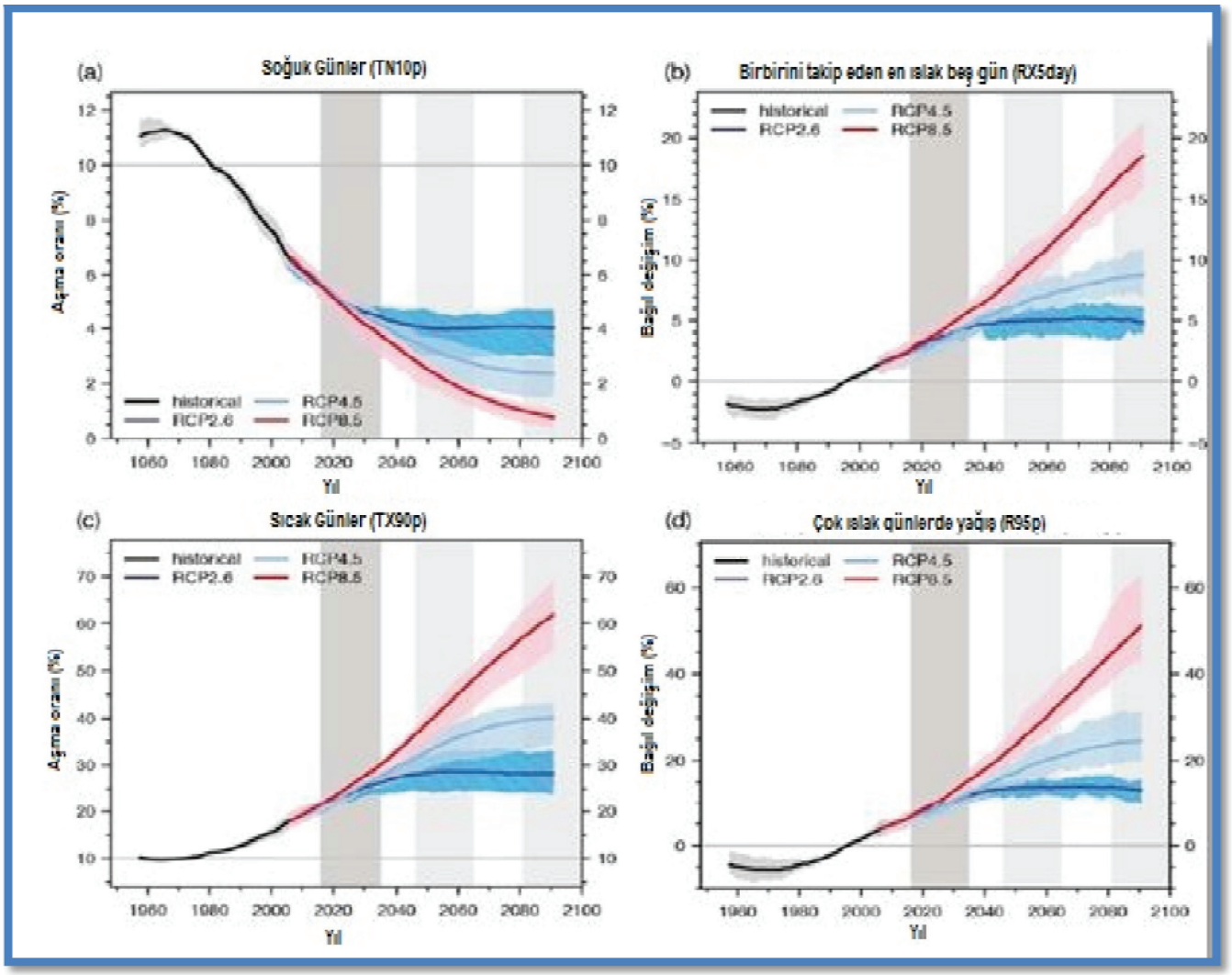


Şekil 48: RCP Senaryolarına Göre Beklenen Ortalama Deniz Seviyesi Yükselişi. (IPCC,2013)

Yapılan değerlendirmelerde 2081-2100 periyodunda, 1986-2005 referans periyoduna göre senaryolar için yükseliş aralıkları şu şekildedir: RCP3-PD(RCP2.6) için 0,26-0,55 m, RCP4.5 için 0,32-0,63 m, RCP6.0 için 0,33-0,63 m ve RCP8.5 için 0,45-0,82 m (orta güvenirlikte). Bu aralıklar CMIP5 model sonuçları ile buzullar ve buz kütleleri ile ilgili yapılan çalışma sonuçlarının birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Yükselmenin %30-55 arasında denizlerdeki ısınma nedeni ile oluşacak genleşmeden, %15-35 ise buzulların erimesinden kaynaklanacağı vurgulanmaktadır. Bunun yanında deniz seviyesi yükselmesi düzenli bir dağılım göstermemektedir. 21. yy sonuna kadar, yükselmenin %95'den fazlasının okyanus alanlarında gerçekleşeceği belirtilmektedir.

2.8.4. Ekstremler

Küresel ortalama sıcaklıklar yükseldiğinden, birçok alanda daha yüksek maksimum sıcaklıklar ve daha düşük minimum sıcaklıklar yaşanacağının neredeyse kesin olduğu bilinmektedir. Bunun yanında, günlük ve mevsimlik ekstremler olarak nitelendirilen olayların günlük ve mevsimlik ölçekte değişimlerini de beraberinde getirmektedir. Sıcaklık stresi ile birlikte sıcak ekstremlerin frekansı, süresi ve şiddetinde artışlar beklenmektedir. Fakat nadiren görülen kış ekstremleri seyrine devam edeceği beklenmektedir.



Şekil 49: IPCC-AR5 Küresel Ekstrem Olaylar Projeksiyonları (IPCC,2013)

2.9. Türkiye İçin Bölgesel İklim Projeksiyonları

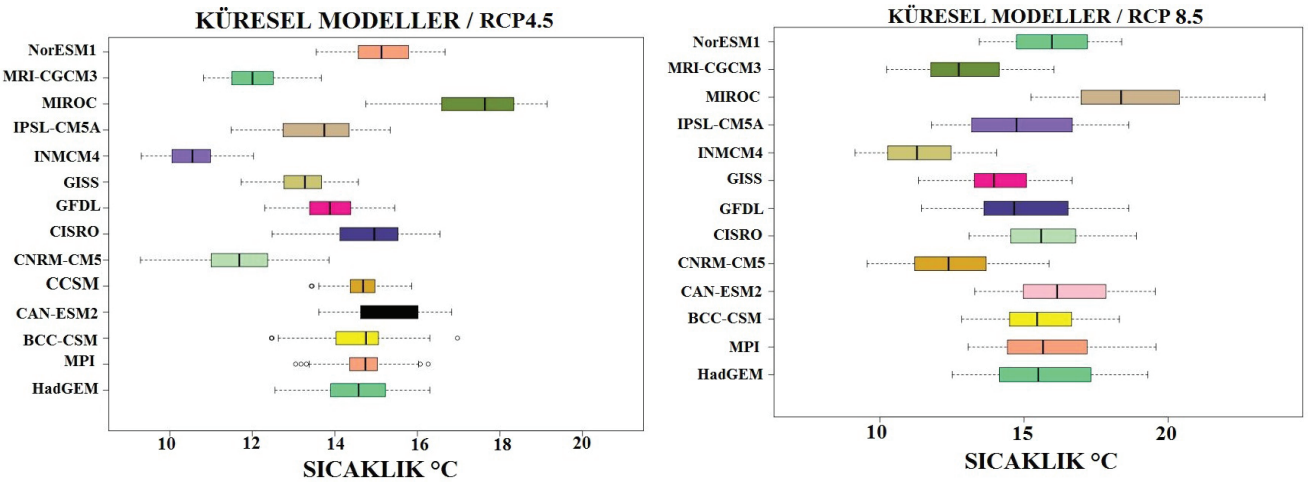
Bu kısımda MGM'nin Türkiye ve bölgesi için ürettiği iklim projeksiyonları paylaşılacaktır. Projeksiyonlar RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre üretilmiştir. Senaryo, gelecekteki bazı olayları resmeden hikayelerdir (Gregory ve Duran, 2001). Kullandığımız senaryolar, IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda da en fazla tercih edilen senaryolardır. 20 km çözünürlükte üretilen projeksiyonlar için 1971-2000 dönemi referans periyodu olarak ve projeksiyonlar için 2016-2099 yılları seçilmiştir. 2016-2099 projeksiyon aralığı dönemler halinde; 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 olacak şekilde çalışılmıştır.

2.9.1. Küresel Model Seçimi

Ülkemiz ve bölgesi için yüksek çözünürlüklü bölgesel projeksiyonlar üretebilmek ve modellerin iklim değişikliği projeksiyonlarının genel karakterlerinin görülmesi amacıyla CMIP5 projesi kapsamında kullanılan küresel modellerin Türkiye üzerinde gösterdiği sıcaklık ortalamaları karşılaştırılmıştır.

Küresel iklim modellerinin Türkiye bölgesi için ortalama sıcaklık karşılaştırma sonuçlarına göre HadGEM, GFDL ve MPI küresel modellerinin ülkemiz ortalama sıcaklık değerini iyi temsil eden modeller arasında oldukları görülmektedir (Şekil 50). Bu sebeple MGM'nin bölgesel iklim projeksiyonları üretme çalışmalarında HadGEM, GFDL ve MPI küresel modelleri tercih edilmiştir. Değerlendirmede RCP4.5 ve RCP8.5 için en soğuk modelin INMCM4, için en sıcak modelin ise MIROC olduğu görülmektedir.

Yapılan karşılaştırmalar ve araştırmalar sonucunda hem ülkemiz ve bölgesine uygun sonuçlar üreten hem de CMIP5 kapsamında fazla tercih edilen küresel modellerden 3 tanesinin (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M) çıktıları tercih edilmiştir. Bu 3 model RegCM4 bölgesel iklim modeli vasıtası ile ölçek küçültme yöntemi kullanılarak bölgesel iklim projeksiyonları elde edilmiştir.



Şekil 50: Küresel modellerin RCP4.5 senaryosu (sol) ve RCP8.5 senaryosuna (sağ) göre Türkiye için gösterdikleri ortalama sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması

Tablo 6: Çalışmada Kullanılan GCM Ve RCM Genel Özellikleri

Seçilen Küresel İklim Modeli	**HadGEM2-ES**	**MPI-ESM-MR**	**GFDL-ESM2M**
Küresel Model Çözünürlüğü (km)	112,5	210	220
Kaynak Enstitü	Hadley Center / İngiltere	Max Planck / Almanya	Noaa-GFD Labaratuarı / Amerika
Seçilen Senaryolar	RCP4.5-RCP8.5	RCP4.5-RCP8.5	RCP4.5-RCP8.5
Referans Periyodu	1971-2000	1971-2000	1971-2000
Projeksiyon Periyodu	2016-2099	2016-2099	2016-2099
Kullanılan Bölgesel İklim Modeli	RegCM4.3.4.	RegCM4.3.4.	RegCM4.3.4.
Üretilen Projeksiyonların Çözünürlüğü (km)	20	20	20
Çalışmanın Son Durumu	Tamamlandı	Tamamlandı	Tamamlandı

Bilindiği gibi iklim modeli ve iklim projeksiyonu üretme çalışmaları dünyada uzay çalışmalarından sonra en fazla hesaplama kabiliyetine ihtiyaç duyan çalışmalardır. Bu özelliği iklim modeli çalışmalarında çok ciddi çalışma zamanı ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Çalışılan verilerin büyüklüğü ve karmaşıklığı çalışmaların tamamlanma sürelerini oldukça uzatmaktadır.

2.9.2. HadGEM2-ES Küresel Modeli Verileri İle Üretilen Bölgesel İklim Projeksiyonları

2.9.2.1. Modelin Sınanması

Bölgesel iklim projeksiyonu çalışmalarında önemli bir aşama, referans periyodu model çıktılarının hem küresel modelin ham verileri hem de küresel gözlem verilerinin karşılaştırılmasıdır. Bu analiz bizlere bölgesel iklim modeli (RCM) ile gözlem verileri arasındaki hata paylarını göstermektedir. Bu bağlamda, Türkiye için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M küresel modelinin verileri ile üretilen, 1971-2000 bölgesel iklim projeksiyonu sonuçları dünyaca kabul gören bazı küresel gözlem veri setleri (CRU ve UDEL) ile sınanmıştır.

HadGEM2-ES küresel model verilerinin RegCM4 bölgesel iklim modeli kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemiyle elde edilen 1971-2000 referans periyoduna ait projeksiyon sonuçları, 1971-2000 dönemi CRU ve UDEL'e ait gözlem verileriyle yapılan kıyaslama sonuçlarına göre;

- Sıcaklıklarda özellikle yaz ve kış sıcaklıklarında ciddi bir uygunluk göze çarpmaktadır. Bunun yanında ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde model sonuçlarının gözlem verilerinden 1,5°C ila 2°C arasında düşük olduğu görülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklıklarda ise model sonuçlarının CRU ve UDEL verilerine göre 0,5°C-1,0°C aralığında daha düşük değerler ürettiği gözlenmiştir.

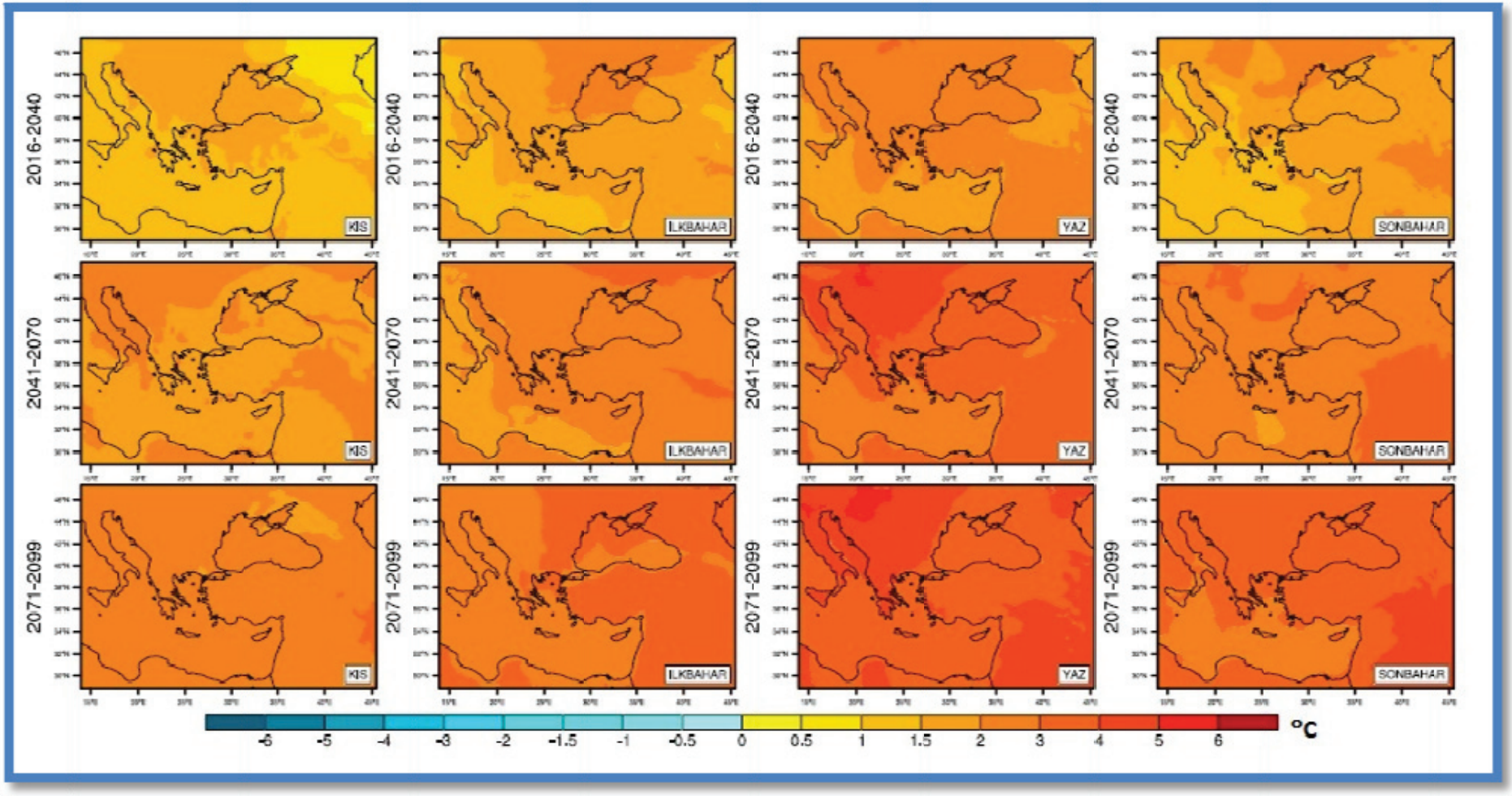
- Yağış değerleri incelendiğinde, özellikle kış mevsiminde model sonuçlarının diğer gözlem verileriyle örtüştüğü görülmektedir. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ise modelin yağış değerleri gözlem verilerine göre daha fazladır. Genel olarak Türkiye ortalamasına baktığımızda model sonuçları diğer gözlem veri setlerine göre yaklaşık %12-%19 daha fazla yağış vermektedir.

Tablo 7: 1971-2000 Referans periyodu mevsimlik ortalama sıcaklıklarının ve günlük yağış verilerinin gözlem verileri ile karşılaştırılması (Türkiye/HadGEM2-ES/RegCM4.3.4)

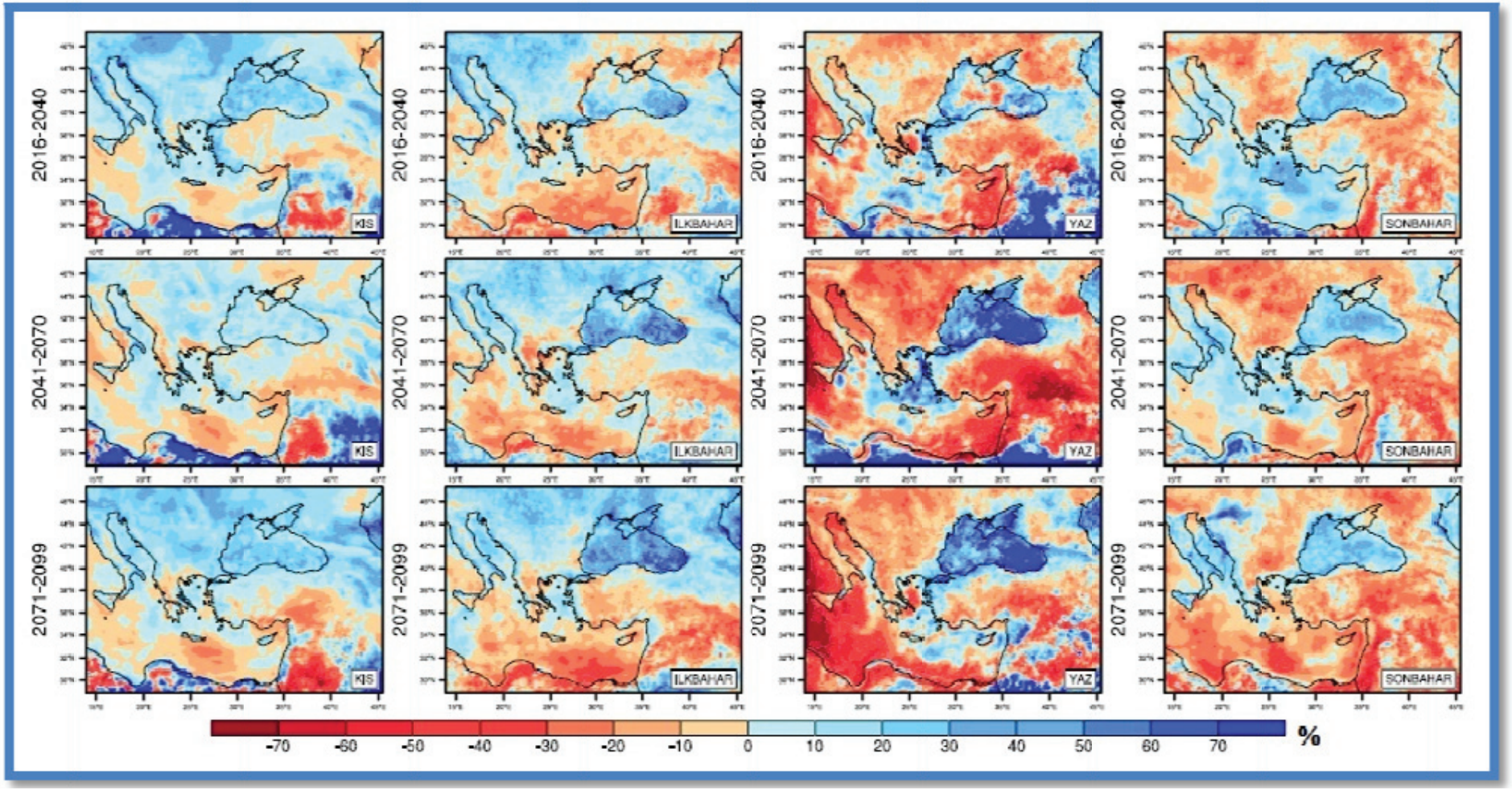
	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm/gün)		
	RCM	CRU	UDEL	RCM	CRU	UDEL
KIŞ	0,436	0,561	-0,076	2,159	2,126	2,35
İLKBAHAR	8,294	9,712	9,309	2,622	1,974	2,098
YAZ	20,792	20,859	20,7	0,947	0,686	0,742
SONBAHAR	10,412	12,480	11,961	1,830	1,333	1,454
ORTALAMA	9,987	10,906	10,474	1,886	1,531	1,664

2.9.2.2. RCP4.5 Senaryosuna Göre Sıcaklık Ve Yağış Projeksiyonları

Modelin sınanması testlerinin ardından, toplam 4 periyot için (1971-2000, 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099) model çalışmaları yapılmıştır. Seçilen alan, 20x20 km çözünürlüğünde 23400 (180x130) gridden oluşmaktadır. RCM, başlangıç ve sınır şartlarını GCM'den aldığı ve GCM'in düşük çözünürlüklü topografyasından RCM'in daha ayrıntılı topografyasına geçiş sağlandığı için her yönden ilk 12 grid dikkate alınmamıştır. Ayrıca modelin kararlı hale gelmesi için RCM odaklandığımız periyottan 1 yıl önce çalıştırılmış ve bu süre değerlendirmelerde dikkate alınmamıştır.



Şekil 51: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (HadGEM2-ES/RF:1971-2000)



Şekil 52: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Yağış Projeksiyonları (HadGEM2-ES/RF:1971-2000)

RCP4.5 senaryosu temelindeki HadGEM2-ES kullanılarak üretilen sıcaklık ve yağış projeksiyonlarına göre;

2016-2040 periyodu

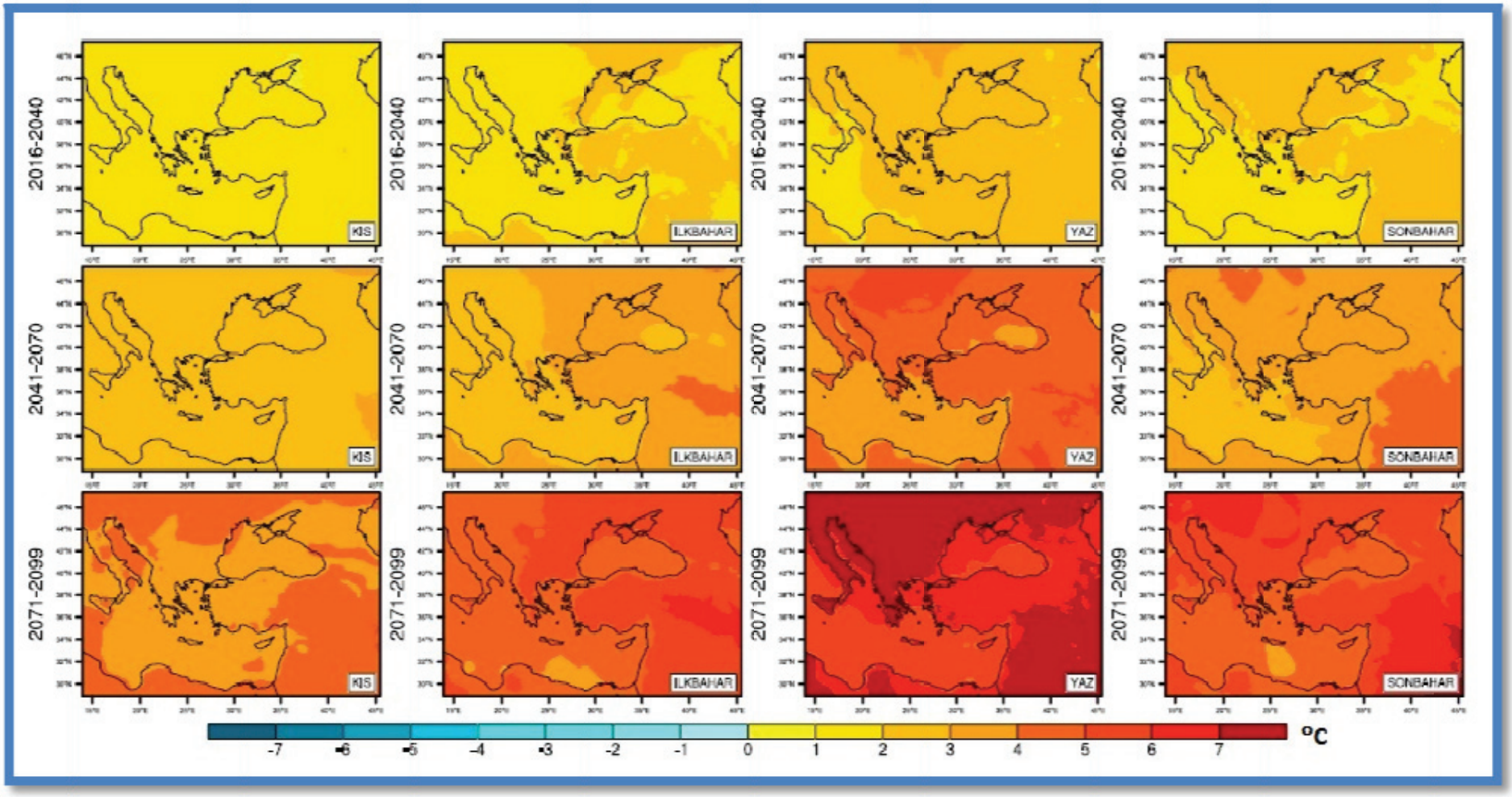
- Isınmanın genel olarak 2°C ile sınırlı olduğu, yaz mevsiminde Marmara ve Batı Karadeniz bölgelerinde bu ısınmanın 2-3°C olacağı,
- Yağışlarda ise, kış aylarında Kıyı Ege, Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu'da bir artış gözlenirken, ilkbahar yağışlarında Kıyı Ege ve Doğu Anadolu'nun doğusu hariç yurdun önemli bir kısmında yağışların %20'ler civarında azalacağı öngörülmektedir.

2041-2070 periyodu

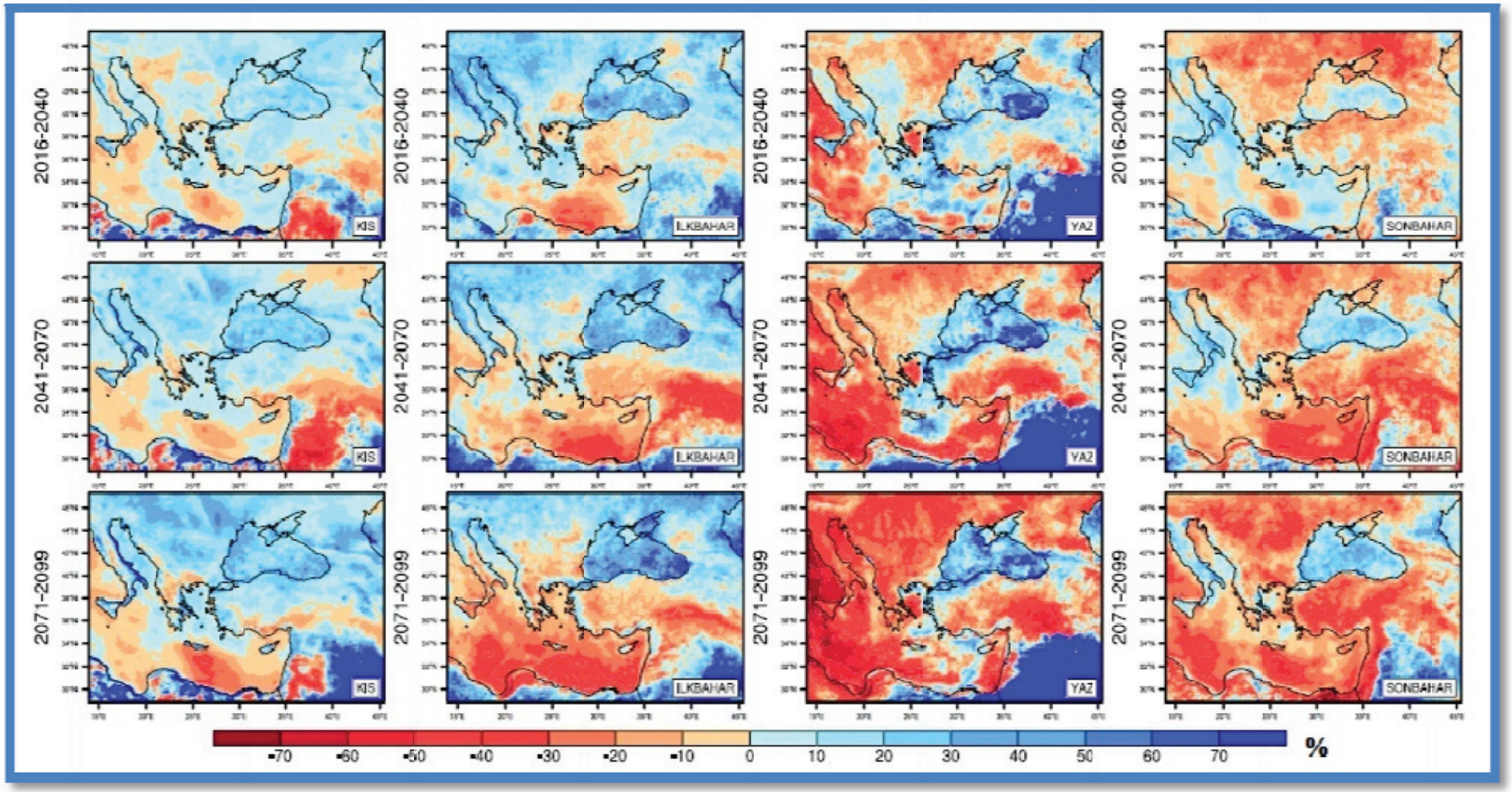
- İlkbahar ve sonbaharda ısınma 2°C-3°C civarında iken, yaz aylarında 4°C kadar artacağı öngörülmektedir.
- Doğu ve Güney Doğu Anadolu ile Orta ve Doğu Akdeniz bölgelerinde kış yağışlarında %20'ler civarında azalmaların olacağı,
- Yaz yağışlarının önemli olduğu Doğu Anadolu'da %30 civarında azalma olacağı,
- Sonbahar yağışlarında Kıyı Ege ve İç Anadolu'nun küçük bir bölümü hariç tüm yurtta azalmaların olacağı öngörülmektedir.

2071-2099 periyodu

- Kış sıcaklıkları 2°C'lik, ilkbahar ve sonbahar sıcaklıklarında 3°C'lik artışlar gözlenirken, yaz sıcaklıklarında Kıyı Ege ve Güney Doğu Anadolu'da 4°C'yi aşan sıcaklık artışların olacağı göze çarpmaktadır.
- İlkbahar yağışlarında Kıyı Ege, Orta Karadeniz ve Kuzeydoğu Anadolu bölgeleri hariç yağışlarda %20 civarında azalmalar olacağı,
- Kış yağışlarında özellikle kıyı şeridinde %10 civarında artışlar olacağı,
- Ege, Marmara ve Karadeniz kıyıları hariç yaz yağışlarında %40'lara varan azalmalar olacağı,
- Sonbahar yağışlarında ise hemen hemen bütün yurtta azalmalar olacağı göze çarpmaktadır.



Şekil 53: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (HadGEM2-ES/RF:1971-2000)



Şekil 54: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Yağış Projeksiyonları (HadGEM2-ES/RF:1971-20004

RCP8.5 senaryosu temelindeki HadGEM2-ES kullanılarak üretilen sıcaklık ve yağış projeksiyonlarına göre;

2016-2040 periyodu

- Özellikle ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ısınmanın 3°C civarında olacağı öngörülmektedir.
- Sonbahar yağışlarında yurt genelinde azalmalar, ilkbaharda ise Mersin-Ordu hattının batısında azalmalar,
- Yaz yağışlarında ise, Batı Akdeniz hariç tüm kıyı bölgelerimizde %40'lara varan artışların olacağı göze çarpmaktadır.

2041-2070 periyodu

- Kış aylarında 2°C-3°C, sonbahar ve ilkbahar aylarında 3°C-4°C'yi bulan sıcaklık artışlarının yaz periyodunda 5°C'yi bulacağı ön görülmektedir.
- Kış yağışlarında, Kıyı Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu'nun güneyi hariç artışlar olacağı,
- İlkbaharda, Kıyı Ege ve Kuzey-Doğu Anadolu hariç tüm yurtta %20 civarında azalmalar olacağı,
- Ege, Marmara, Batı ve Doğu Karadeniz hariç tüm yurtta özellikle de Doğu Anadolu'da yaz yağışlarında %50 civarında azalmalar olacağı,
- Sonbaharda ise tüm yurtta yağışların azalacağı ön görülmektedir.

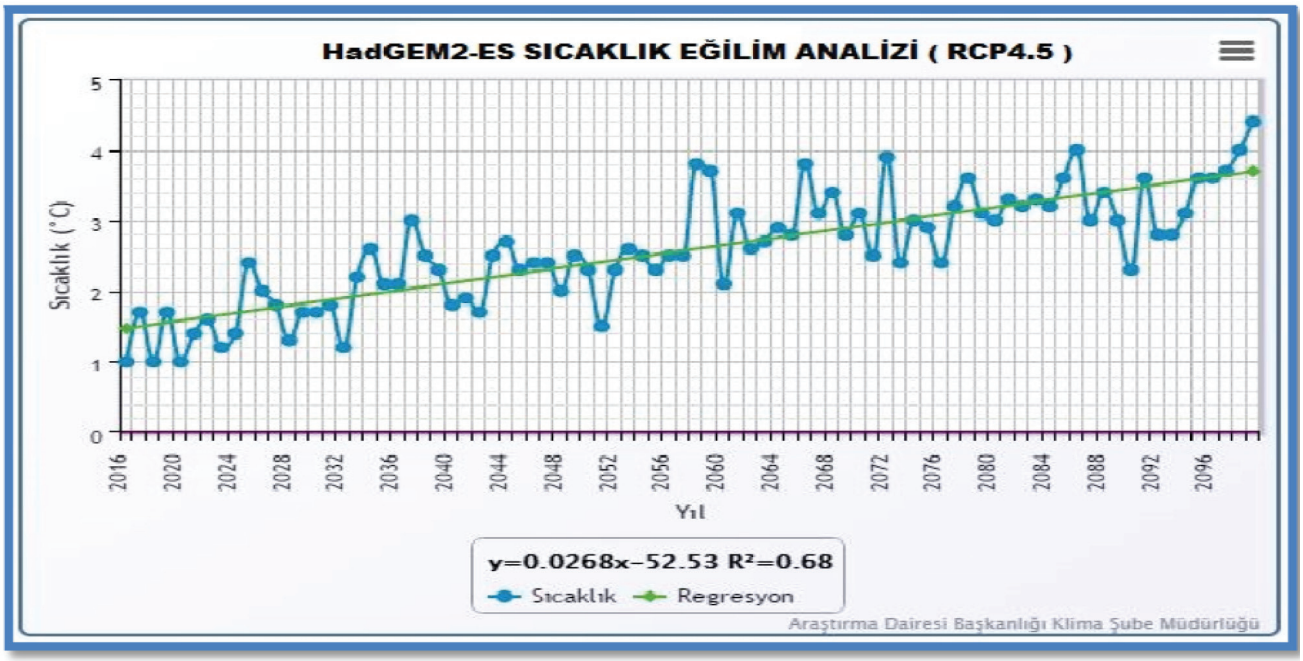
2071-2099 periyodu

- 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 bulduğu, kış aylarında ise Trabzon-Mersin hattının batısında 3-4°C, bu hattın doğusunda ise 4°C-5°C artışların olacağı öngörülmektedir.
- Kış yağışlarında Orta ve Doğu Akdeniz Bölgesi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 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, sonbaharda Marmara kıyıları hariç tüm yurtta %40'lara yer yer de %50'lere varan azalmalar olacağı dikkat çekmektedir.
- Yaz yağışlarında ise Marmara ve Batı Karadeniz'de artışlar beklenirken, özellikle Akdeniz ve Doğu Anadolu'da yağışlarda azalışların olacağı dikkat çekmektedir.

2.9.2.4. HadGEM2-ES Projeksiyonlarına Göre Eğilim Analizleri (RF1971-2000)

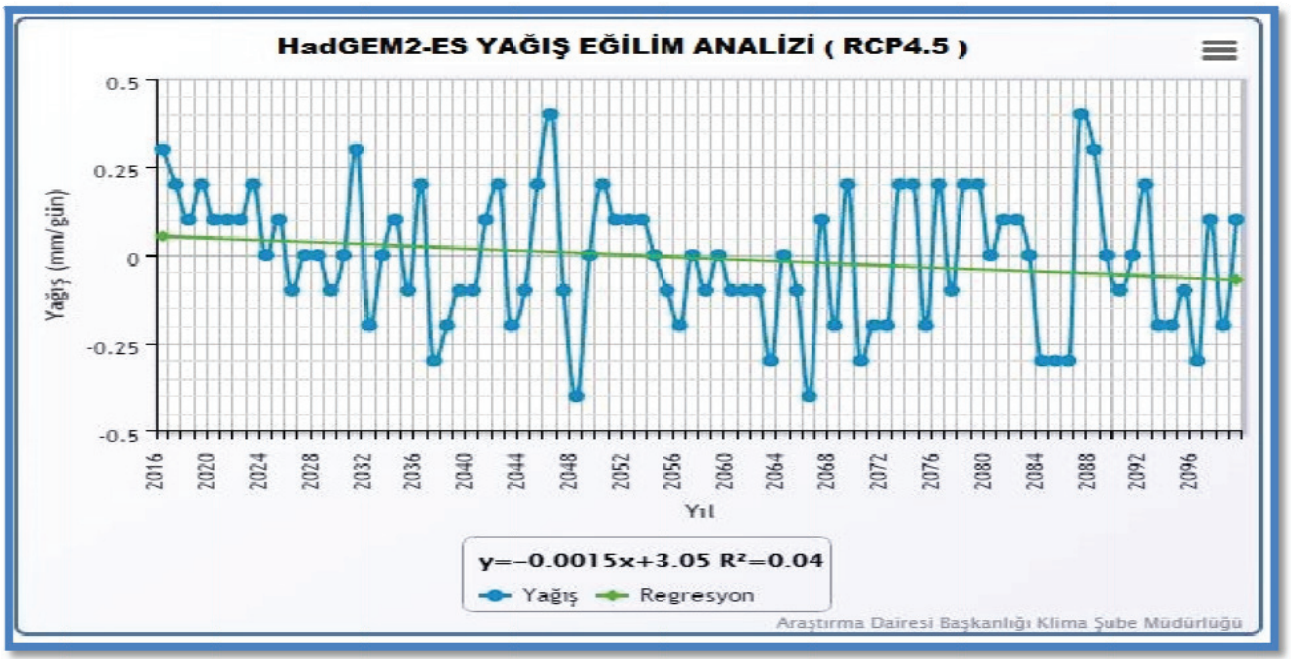
RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosu için 20 km çözünürlüklü olarak elde edilen projeksiyonlara ait günlük sıcaklık ve yağış parametrelerinin referans dönemi verilerinden farklarının alınması ile elde edilen eğilim analizleri, sıcaklık ve yağış parametrelerinin periyod boyunca ön görülen değişimlerini ortaya koymaktadır.

RCP4.5 senaryosuna göre yurdumuzun yıllık ortalama sıcaklıklarının 2016-20199 periyodu için sürekli bir artış eğiliminde olacağı görülmektedir. Periyot sonunda ortalama artış 2,5°C olarak hesaplanmıştır. Isınma trendi yüzyılın ortalarına kadar sınırlı iken, özellikle yüzyılın ortalarından itibaren bu trendin yükseldiği görülmektedir. Grafikte en düşük artış miktarı 1°C, en yüksek artış miktarı ise 4,4°C olarak hesaplanmıştır.



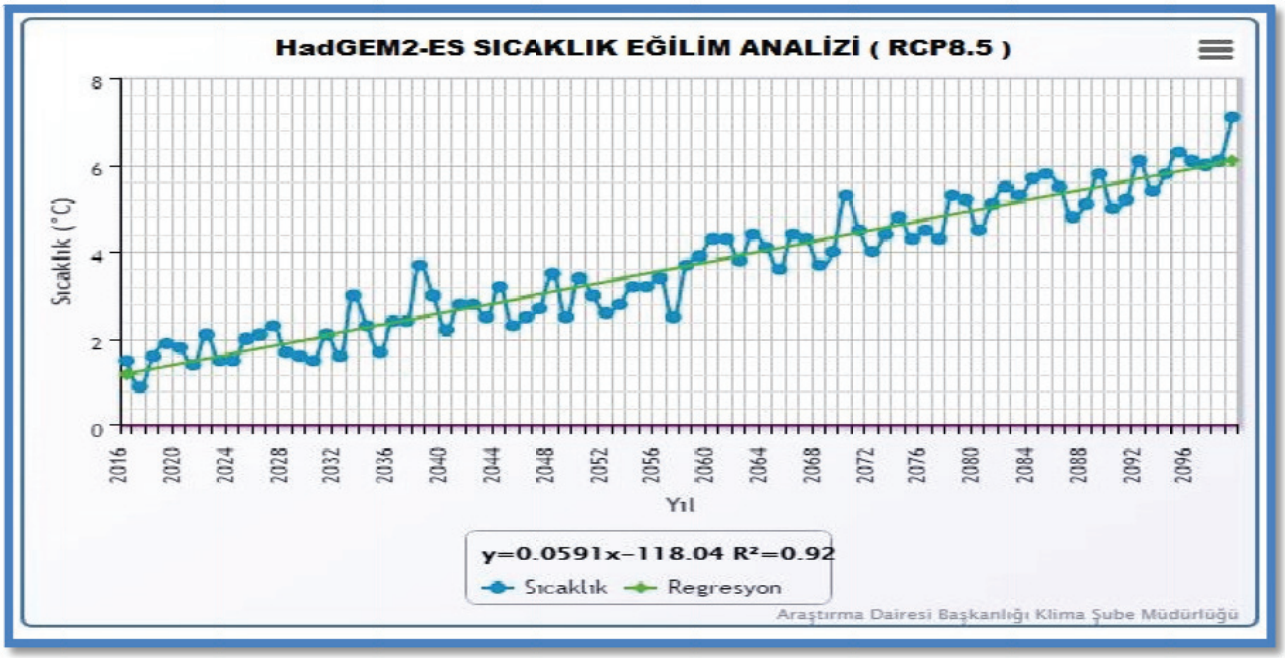
Şekil 55: 2016-2099 Yıllık Ortalama Sıcaklıklarının Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:HadGEM2-ES/RF:1971-2000)

Ortalama günlük yağışların referans periyodu ortalama günlük yağışlarından çıkarılması ile elde edilen grafikte ise, 2016-2099 periyodu için yağışların yaklaşık olarak 0,15 mm/gün, diğer bir deyişle yaklaşık 50 mm/yıl azalacağı öngörülmektedir. Bu genel azalma trendine rağmen, yağışlardaki değişimin düzenli bir rejim izlemediği göze çarpmaktadır. Bazı dönemlerde 0,4 mm/gün (yıllık 145-150 mm) artacağı, bazı dönemlerde ise yine aynı değerde azalacağı göze çarpmaktadır. Yurdumuzun yıllık ortalama yağışının 642 mm olduğunu düşünürsek küçük gibi görünen değişimin aslında ciddi bir miktarı temsil ettiği anlaşılmaktadır.



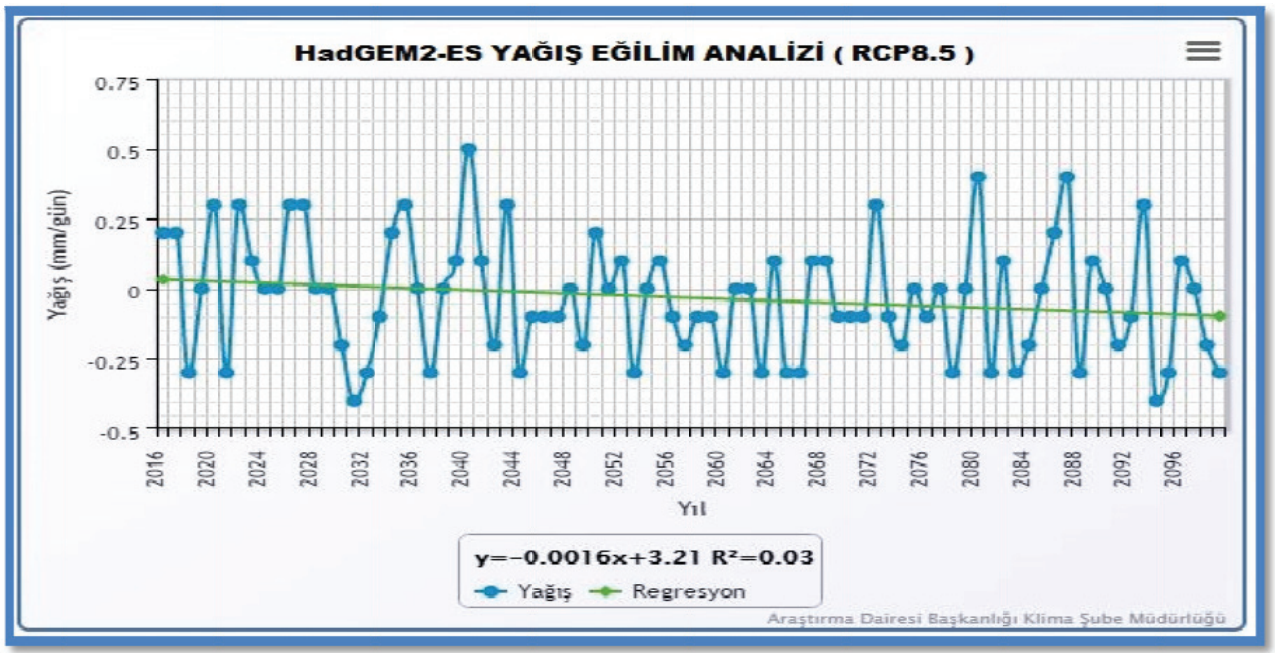
Şekil 56: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:HadGEM2-ES/RF:1971-2000)

RCP8.5 senaryosuna göre elde edilen grafikler incelendiğinde ise yurudumuzun yıllık ortalama sıcaklıklarının 2016-20199 periyodu için sürekli bir artış eğiliminde olacağı görülmektedir. Periyot sonunda ortalama artış 3,6°C olarak hesaplanmıştır. Isınma eğiliminin özellikle 2060'lardan itibaren yükseldiği görülmektedir. Grafikte en düşük artış miktarı 0,9°C, en yüksek artış miktarı ise 7,1°C olarak hesaplanmıştır.



Şekil 57: 2016-2099 Yıllık Ortalama Sıcaklıklarının Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:HadGEM2-ES/RF:1971-2000)

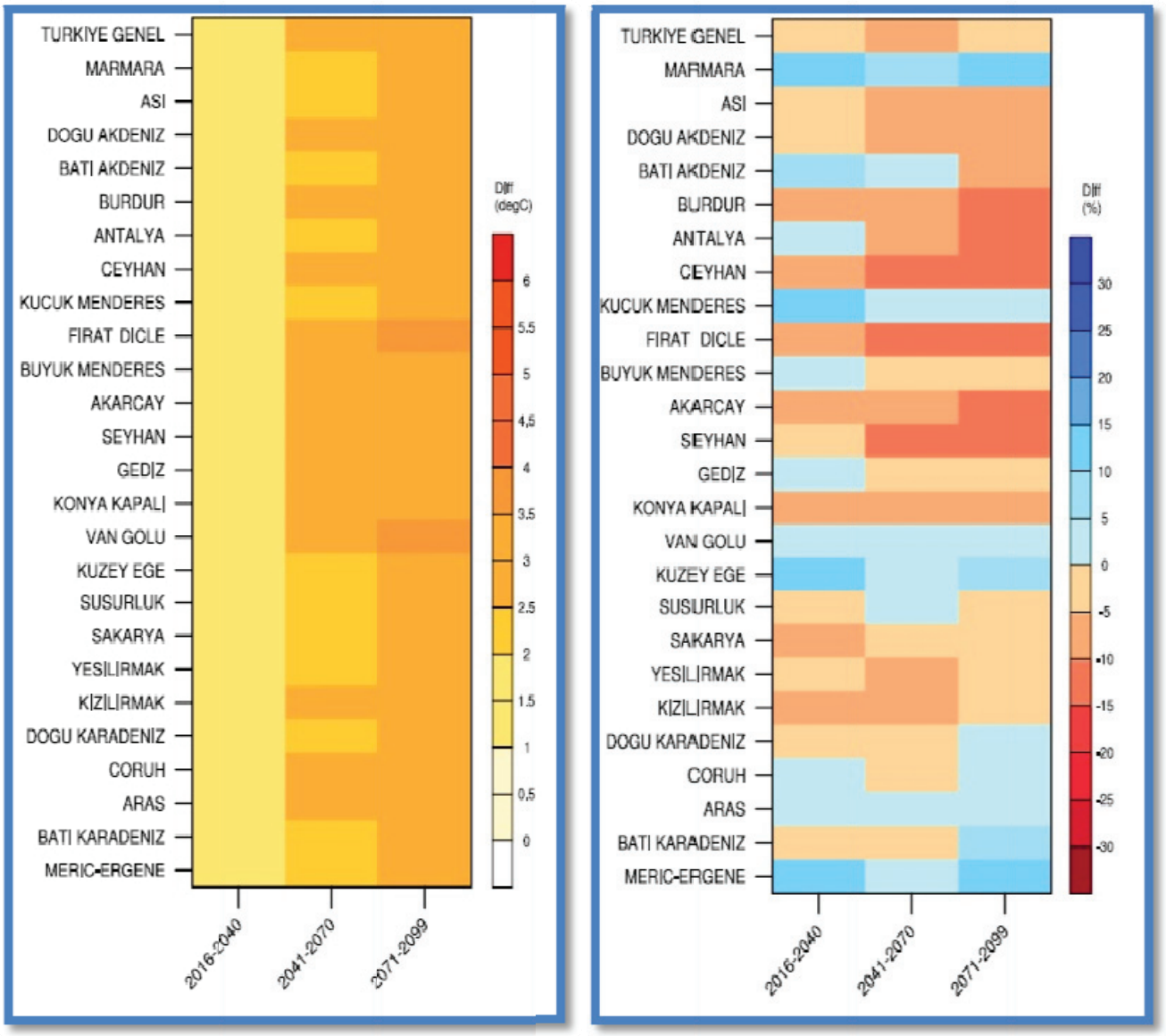
Ortalama günlük yağışların referans periyodu ortalama günlük yağışlarından çıkarılması ile elde edilen grafikte ise, 2016-2099 periyodu için yağışların yaklaşık olarak 0,16 mm/gün, diğer bir deyişle yaklaşık 60 mm/yıl azalacağı görülmektedir. Bu genel azalma trendine rağmen, yağışlardaki değişimin düzenli bir rejim izlemediği göze çarpmaktadır. En yüksek artış 0,5 mm/gün (yıllık yaklaşık 180 mm), en fazla düşüş 0,4 mm/gün (yıllık yaklaşık 145 mm) civarında olacağı göze çarpmaktadır.



Şekil 58: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:HadGEM2-ES/RF:1971-2000)

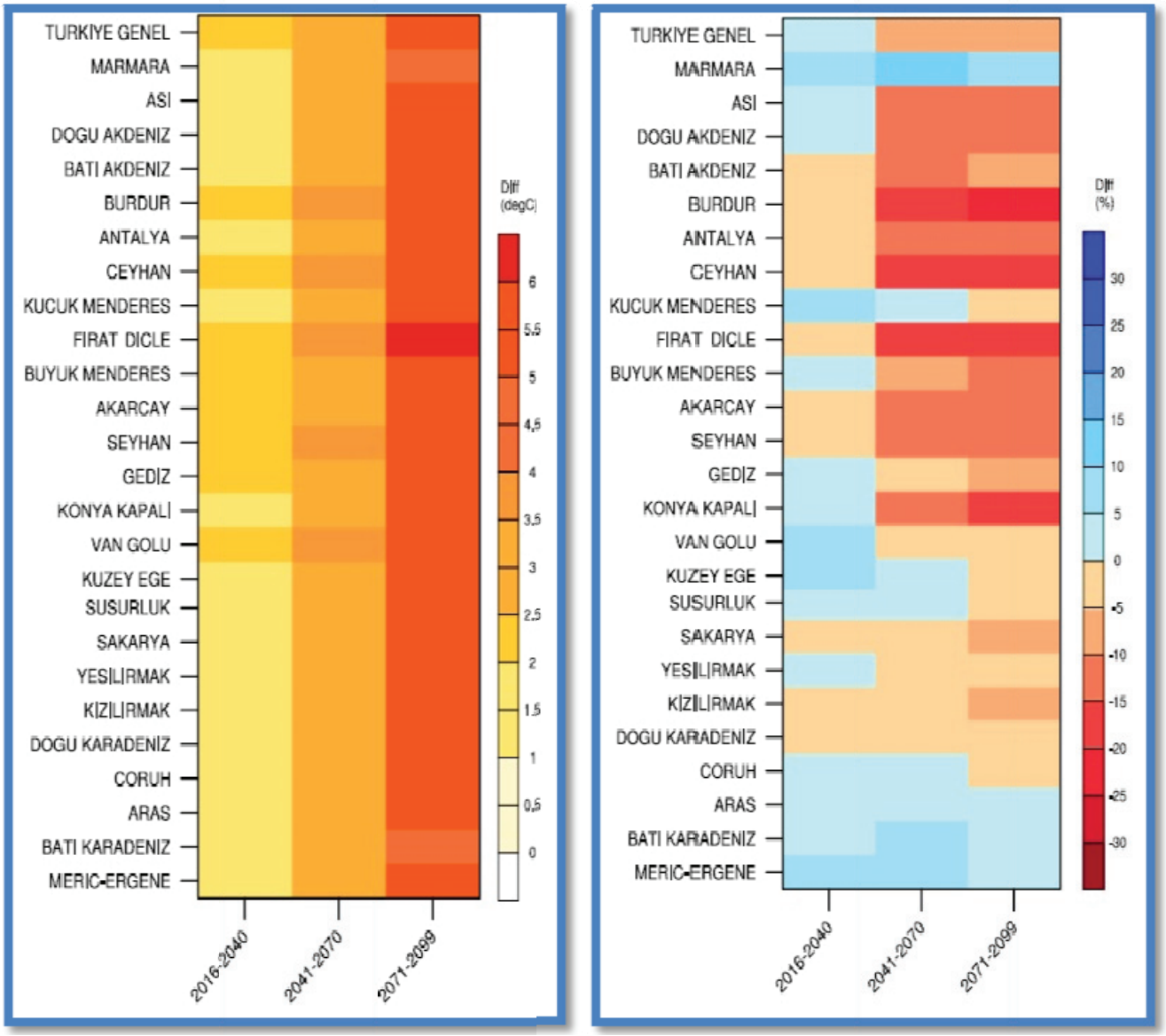
2.9.2.5. HadGEM2-ES Projeksiyonlarına Göre Havzalar İçin Projeksiyonlar

Türkiye'yi de içine alan ana domain alanımız ile ilgili temel haritalarımız yukarıda paylaşılmıştır. Bu ürünlerin yanında, sadece ülkemizin bulunduğu domain alanı üzerinde de bazı analizler yapılmış ve ürünler üretilmiştir. Bunlardan biri de ülkemizdeki havzalar ile ilgili temel sıcaklık ve yağış analizleridir. Sol tarafta bulunan şekil havza bazlı sıcaklık projeksiyonlarının, sağ tarafta bulunan şekil ise havza bazlı yağış projeksiyonlarını ifade etmektedir.



Şekil 59: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:HadGEM2-ES/RegCM4.3.4/RF:1971-2000)

RCP4.5 senaryosuna göre sıcaklıklar incelendiğinde bütün havzalarımızda ortalama sıcaklıkların, bütün periyotlarda artış eğiliminde olacağı öngörülmektedir. En fazla artış ise 3,5°C-4,0°C artışla, 2071-2099 periyodunda Fırat-Dicle ve Van Gölü havzalarında göze çarpmaktadır. Yağışlar incelendiğinde, Türkiye geneli yağış ortalamasında tüm 2016-2099 periyodunda azalmalar görülürken, Marmara, Küçük Menderes, Van Gölü, Kuzey Ege, Aras ve Meriç-Ergene havzalarında tüm periyotlarda artışlar öngörülmektedir. Bazı havzalarda ise ilk periyotta artış diğer periyotlarda azalmaların olacağı dikkat çekmektedir.



Şekil 60: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:HadGEM2-ES/ RegCM4.3.4/RF:1971-2000)

RCP8.5 senaryosuna göre sıcaklıklar incelendiğinde bütün havzalarımızda ortalama sıcaklıkların, bütün periyotlarda artış eğiliminde olacağı görülmektedir. En fazla artış ise 6,0°C'yi aşan değerle, 2071-2099 periyodunda Dicle Havzasında olacağı göze çarpmaktadır. Yağışlar incelendiğinde, Türkiye geneli yağış ortalamasında ilk periyotta artış, 2. ve 3. periyotlarda azalmalar öngörülürken, Marmara, Aras ve Meriç-Ergene Havzalarında tüm periyotlarda artışlar öngörülmektedir. Burdur, Ceyhan ve Dicle Havzalarında ise tüm periyotlar boyunca azalmaların olacağı dikkat çekmektedir.

Halil ÖZTÜRK, 06.06.2014, Akıncı Göleti, Gündoğmuş - ANTALYA

2.9.3. MPI-ESM-MR Küresel Modeli Verileri İle Üretilen Bölgesel İklim Projeksiyonları

2.9.3.1. Modelin Sınanması

MPI-ESM-MR küresel model verilerinin RegCM4 bölgesel iklim modeli kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemiyle elde 1971-2000 referans periyoduna ait projeksiyon sonuçları, 1971-2000 dönemi gözlem verileriyle yapılan kıyaslamalarda CRU ve UDEL gözlem verileriyle en uygun verilere elde edebilmek için yirmiden fazla deneme çalışması sonucunda ve CRU ve UDEL verileriyle uyumlu olabilecek sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonuçlarına göre;

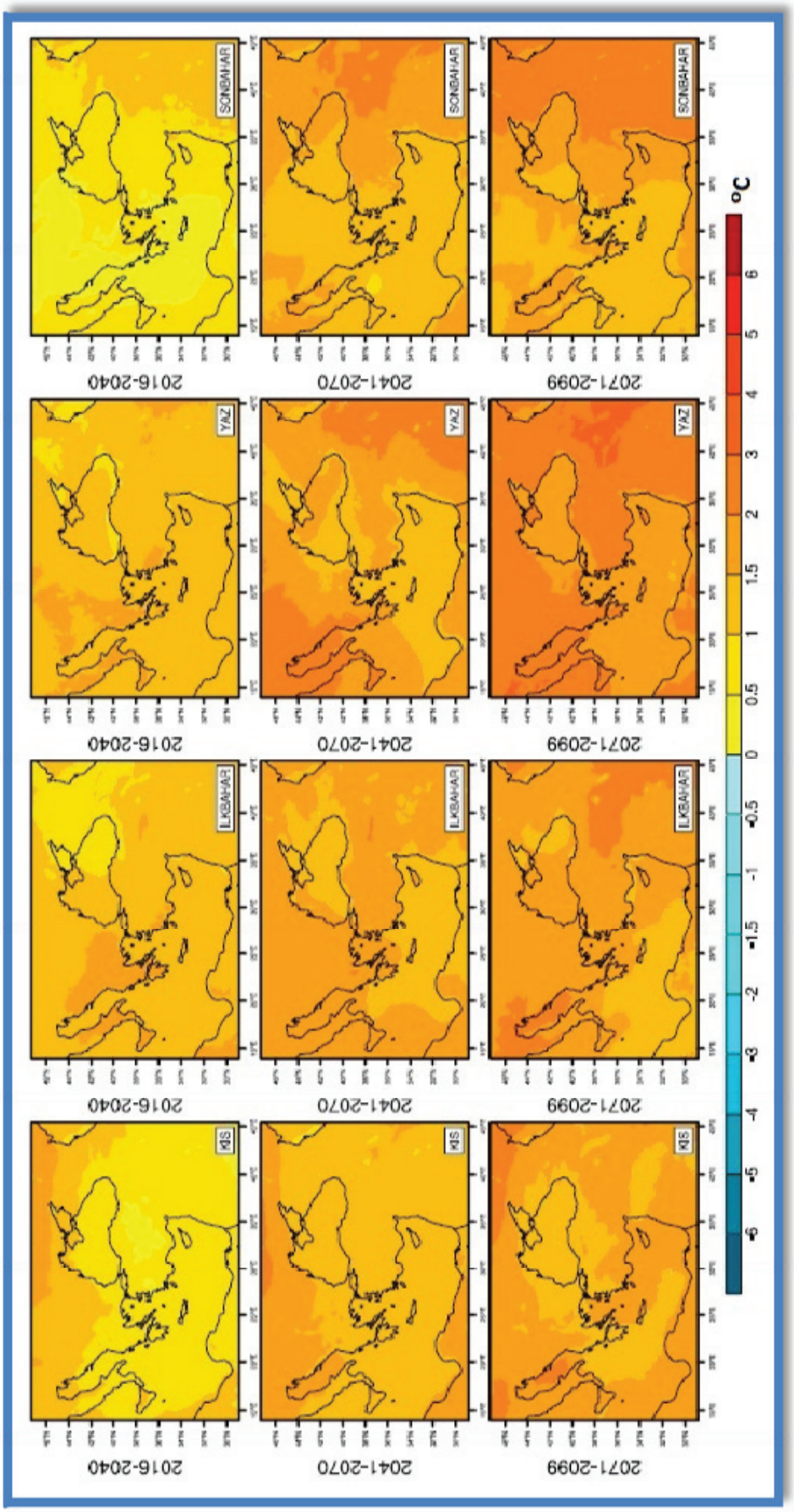
- Sıcaklıklarda, model sonuçları ile UDEL ve CRU'a ait gözlem verileri arasındaki yıllık ortalama fark Türkiye geneli için mevsimsel olarak farklılık göstermekle birlikte 0,5°C-1,0°C aralığında değişmektedir. Havza bazlı yapılan incelemelerde ise model verileri ile CRU ve UDEL'e ait gözlem verilerinin Doğu Karadeniz havzasında nerdeyse tamamen uyuştuğu (fark= 0,02°C-0,03°C) görülürken, Seyhan havasının 1,3°C-2,3°C'lik fark ile gözlem verileriyle daha az uyumlu havza olduğu belirlenmiştir.

- Yağış değerleri incelendiğinde, model sonuçları tüm mevsimlerde gözlem değerlerine yakın sonuçlar göstermektedir. Yıllık ortalama değerlerin, CRU gözlem verileri ile bire bir yakın örtüştüğü, UDEL gözlem verilerine göre ise yaklaşık %8 daha düşük olduğu görülmektedir.

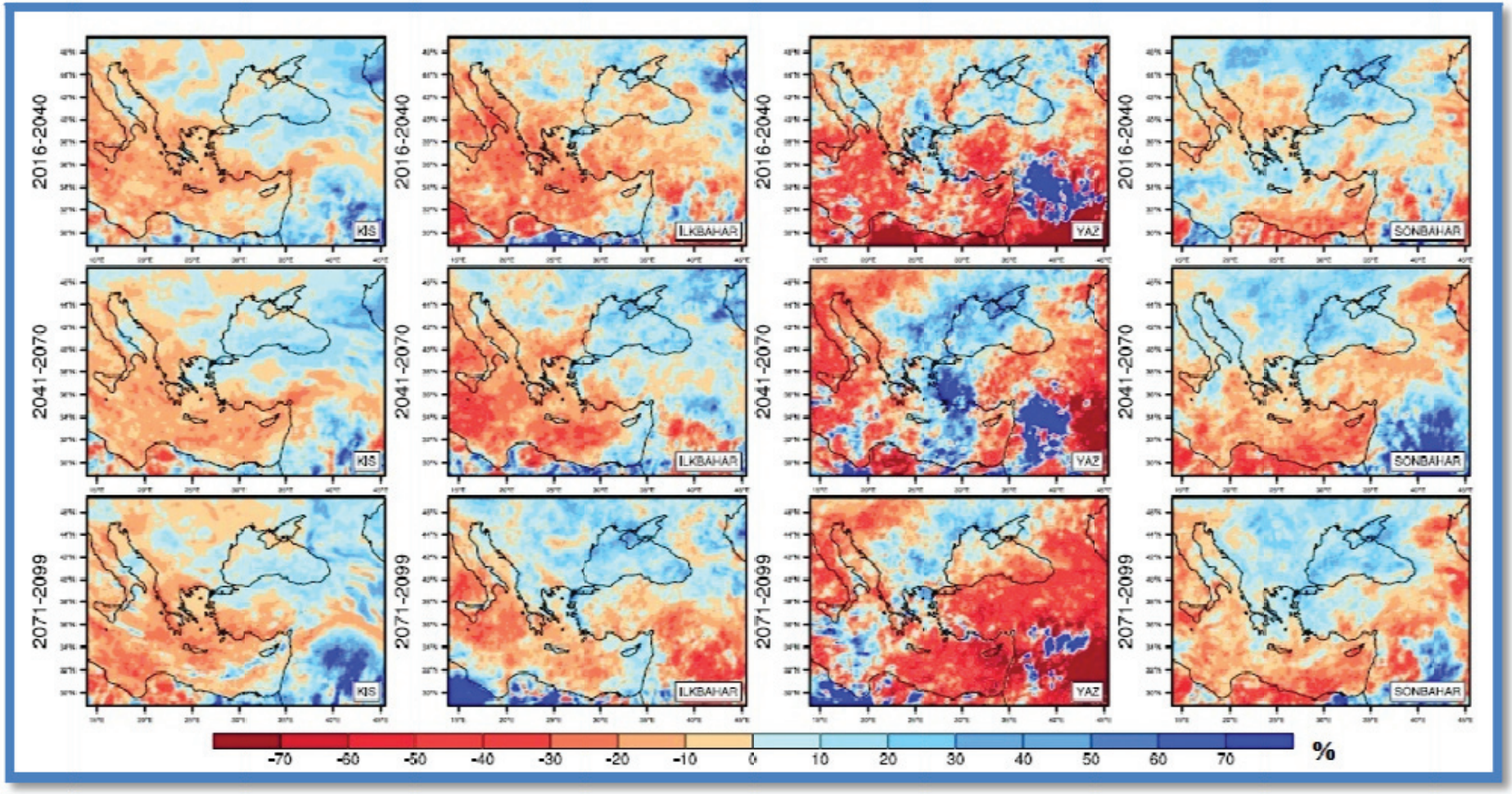
Tablo 8: 1971-2000 Referans periyodu mevsimlik ortalama sıcaklıklarının ve günlük yağış verilerinin gözlem verileri ile karşılaştırılması (Türkiye/MPI-ESM-MR / RegCM4.3.4)

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

2.9.3.2. RCP4.5 Senaryosuna Göre Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları



Şekil 61: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)



Şekil 62: 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,
- Yağışlarda; kış ve sonbahar aylarında İç Anadolu, Marmara'nın Doğusu ve Karadeniz bölgelerinde bir artış, ilkbaharda Marmara Bölgesi hariç tüm yurtta %30'a varan bir azalma, yaz mevsiminde Güneydoğu Anadolu, Ege ve Marmara bölgelerinde yer yer artışlar görülürken yurdun büyük bölümünde %50'ye varan oranda azalacağı ön görülmektedir.

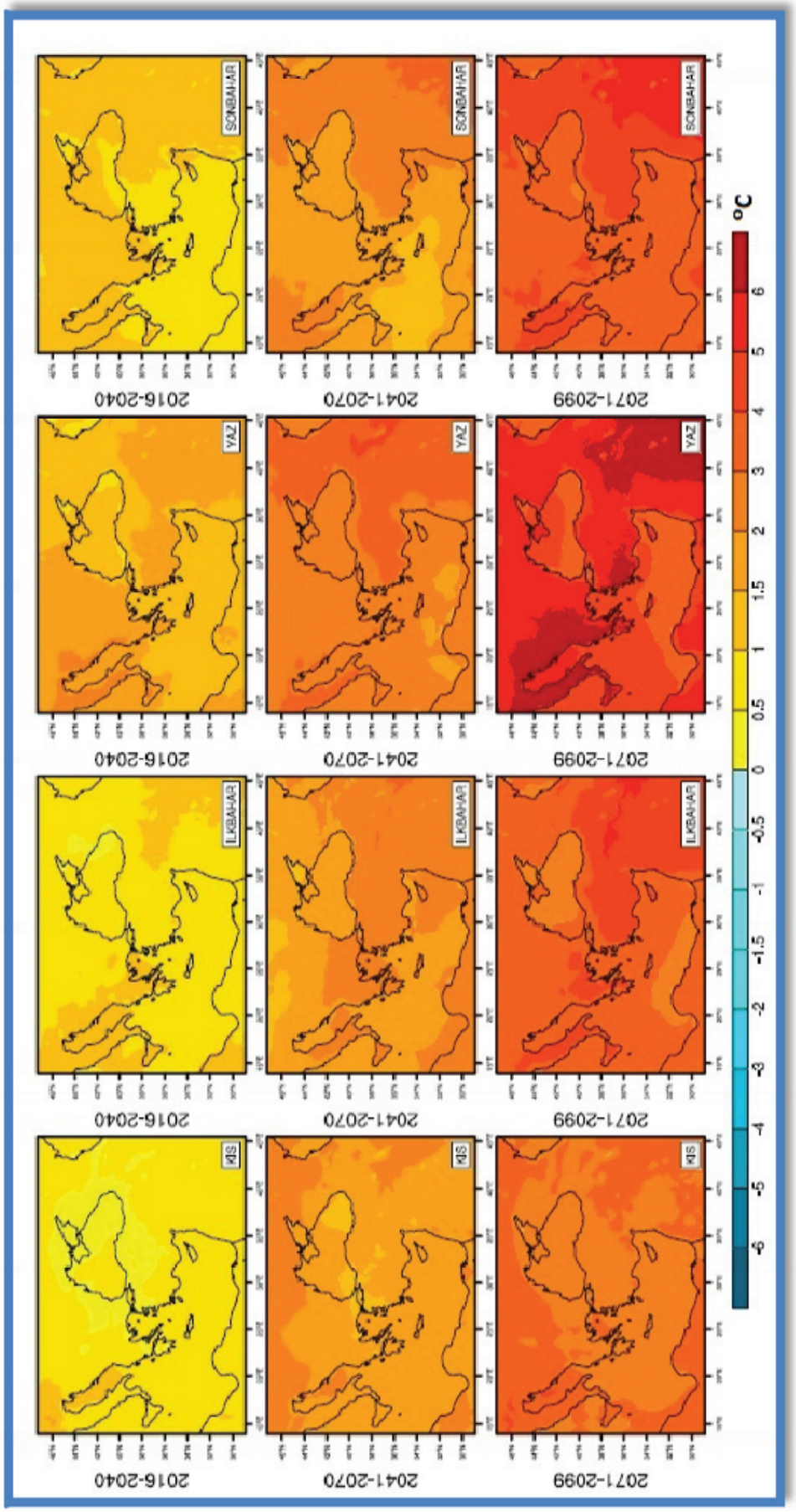
2041-2070 Periyodu

- Isınmanın yurt genelinde kış mevsiminde 1°C'nin üzerine diğer mevsimlerde 1,5°C'nin üzerine çıkacağı hatta yaz ve sonbahar mevsiminde özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 2°C'nin üzerine çıkacağı,
- Yağışlarda; yaz mevsiminde Ege ve Marmara bölgelerinde artış görülürken iç bölgelerde azalış, sonbaharda hemen hemen tüm yurtta %30'a varan oranda bir azalış ön görülmektedir.

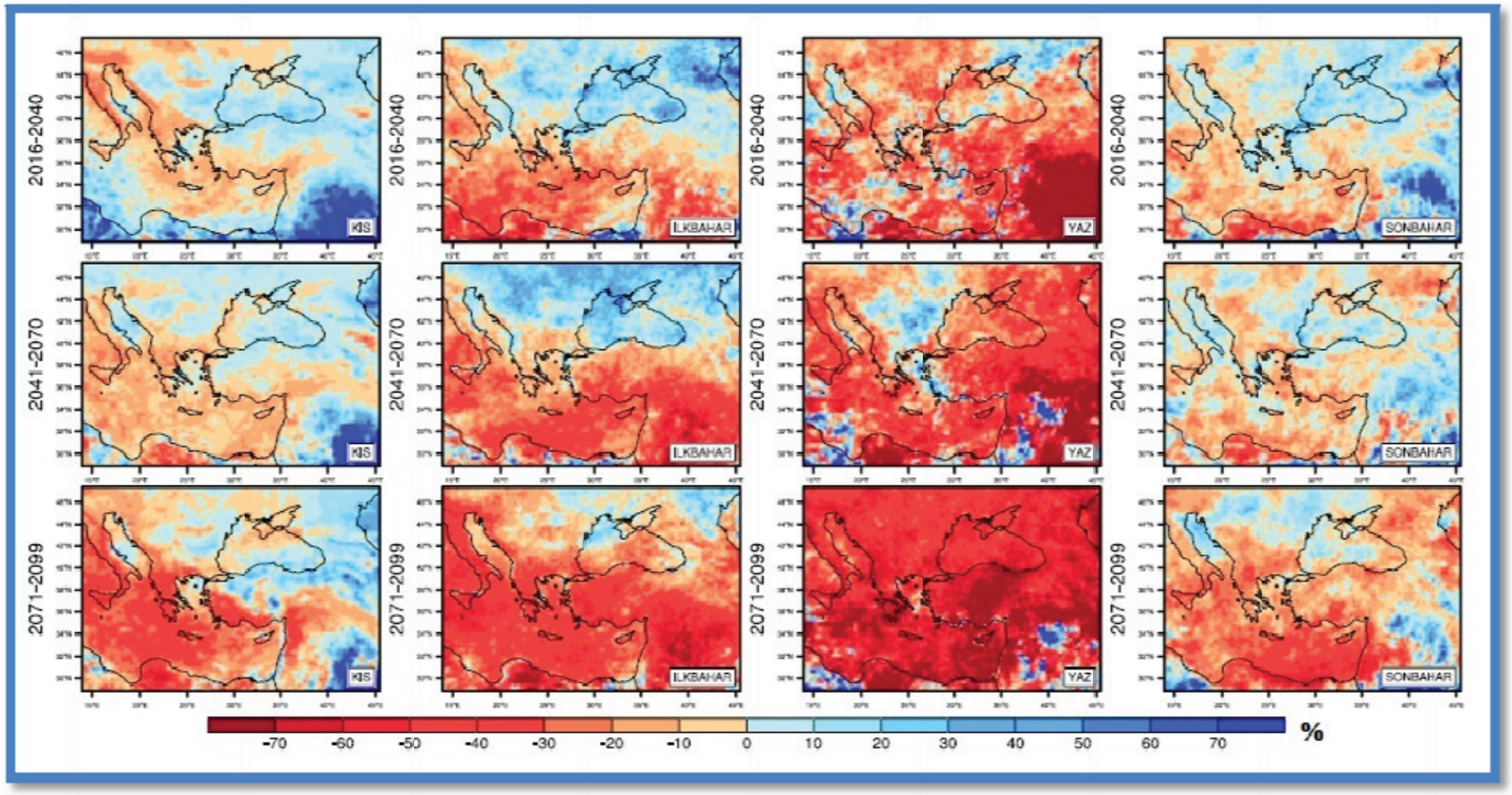
2071-2099 Periyodu

- Isınmanın yaz mevsiminde hemen hemen tüm yurtta 3°C'nin Doğu Anadolu'nun Doğusunda 4°C'nin de üzerinde olacağı
- Yağışlarda Doğu Anadolu'da kış mevsimi hariç diğer mevsimlerin tamamında bir azalma, yaz mevsiminde tüm yurtta %60-70'lere varan oranda bir azalış görülürken, yurdun batısında ilkbahar ve sonbaharda artış ön görülmektedir.

2.9.3.3. RCP8.5 Senaryosuna Göre Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları



Şekil 63: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)



Şekil 64: 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

- Isınmanın genel olarak 0,5°C-1,5°C arasında olacağı yaz mevsiminde ise yurdun kuzeyi dışındaki tüm bölgelerde 2°C'ye varan artışlar olacağı,
- Yağışlarda; periyot boyunca ülkemizde genel olarak azalış olacağı bu azalmaların Akdeniz Bölgesinde tüm mevsimlerde, Ege ve Güneydoğu Anadolu'da sonbahar haricinde, İç Anadolu'da da kış mevsimi dışında kalan tüm mevsimlerde olacağı ön görülmektedir. Yağışlardaki bu azalmalar ilkbahar mevsiminde %30-%40'lara yaz mevsiminde ise %50-%70 oranlarına kadar çıkabileceği,
- Yurdun kuzeyinde ise kış mevsiminde yağışlarda bir artış olacağı ön görülmektedir.

2041-2070 Periyodu

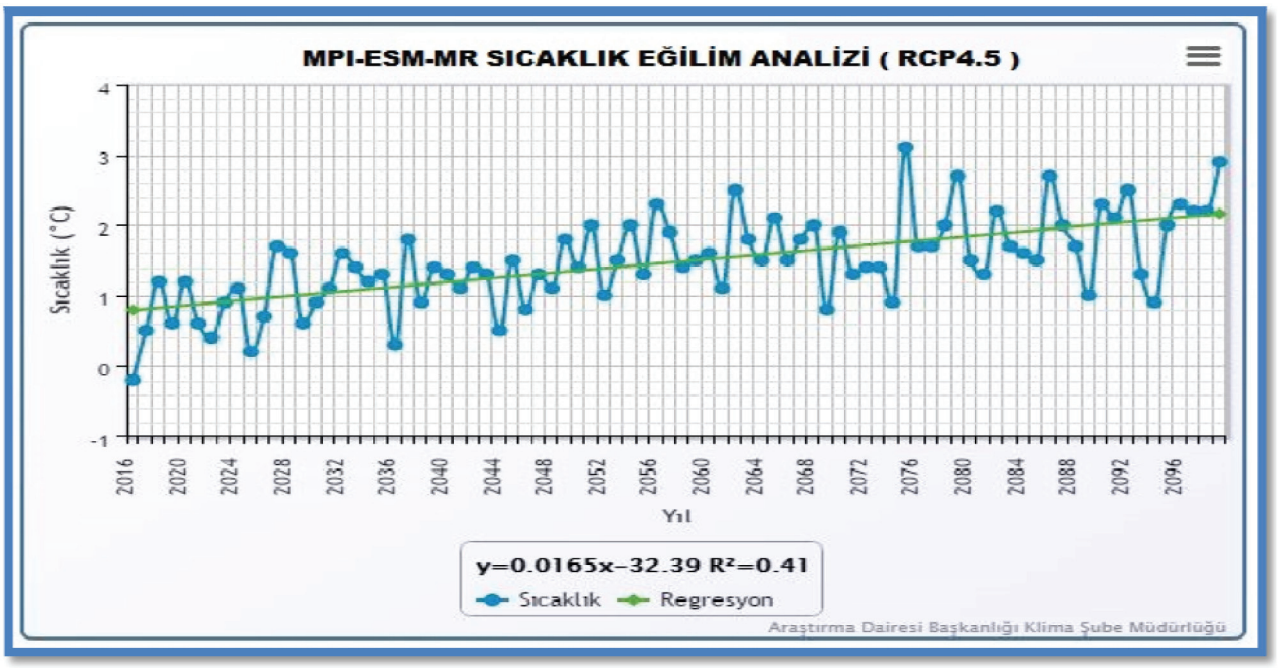
- Kış aylarında 1°C-2°C, ilkbahar ve sonbahar aylarında 1,5°C-3°C, yaz aylarında ise 4°C-5°C'yi aşan sıcaklık artışları ön görülmektedir.
- Kış yağışlarında Marmara'nın Doğusu, Batı ve Doğu Karadeniz ile Doğu Anadolu'nun dışında kalan yerlerde bir azalış,
- İlkbahar yağışlarının çok önemli olduğu yurdumuzda tüm yurtta yer yer %50'lere varan oranda azalışlar,
- Yaz mevsiminki yağışlarda Kıyı Ege haricinde tüm yurtta % 60-%70'lere varan oranda azalma,
- Sonbahar yağışlarında ise Doğu Anadolu'nun güneyi, Güneydoğu Anadolu, Marmara, Batı ve Orta Karadeniz dışında kalan yerlerde azalma olacağı ön görülmektedir.

2071-2099 Periyodu

- Sıcaklıklarda kış mevsiminde 2°C-4°C arasında, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde 5°C'yi Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise 6°C'yi aşan artışları ön görülmektedir.
- Yağışlarda ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde tüm yurtta azalışlar olacağı bu azalışların ilkbaharda %50'lere, yaz mevsiminde özellikle İç Anadolu'da %70'lere, sonbaharda ise %10-%30 aralığında olacağı,
- Kış mevsimi yağışlarında ülkenin kuzeyinde %10-%40 aralığında bir artış görülürken diğer bölgelerde azalma özellikle toplam yağışının büyük kısmını kış mevsiminde alan Ege Bölgesinde %30-40'lara varan oranda azalışlar olacağı ön görülmektedir.

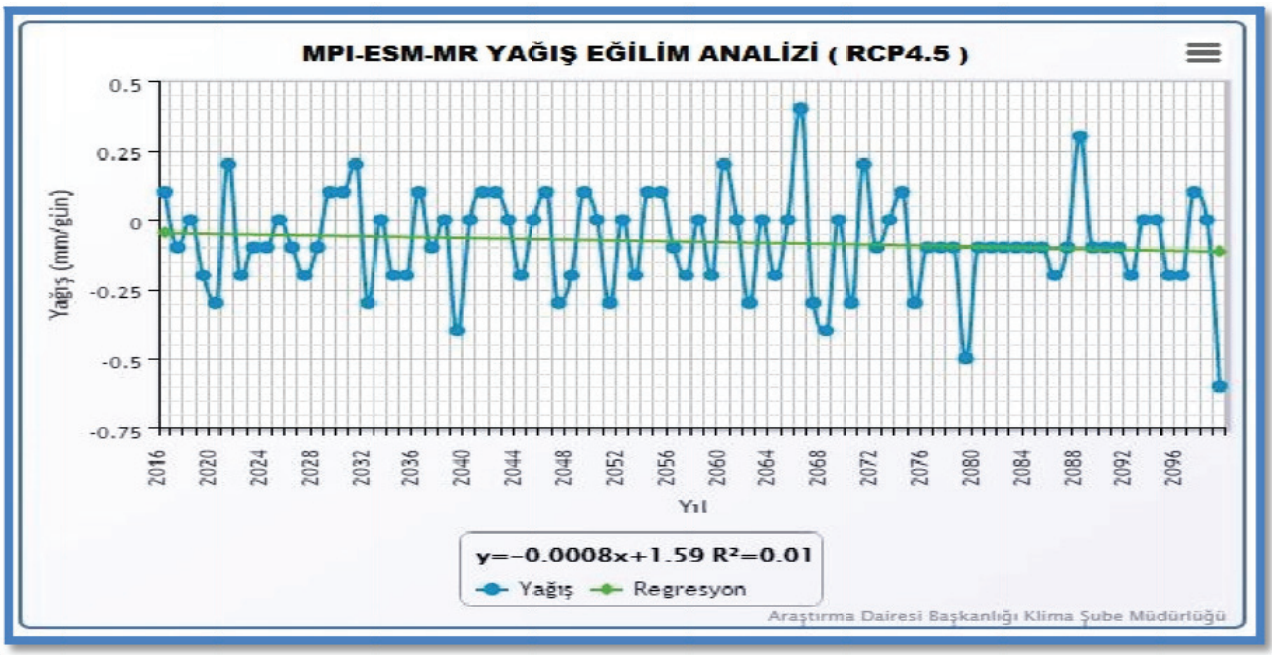
2.9.3.4. MPI-ESM-MR Projeksiyonlarına Göre Eğilim Analizleri (RF1971-2000)

RCP4.5 senaryosuna göre MPI-ESM-MR küresel modeli projeksyion sonuçları verilerinden yurdumuzun yıllık ortalama sıcaklıklarına baktığımızda 2016-2099 periyodu boyunca 2016 yılı haricinde (2016 yılı -0,2°C azalma beklenmekte) periyod boyunca sürekli olarak bir artış eğilimi olacağı öngörülmektedir. Isınmanın yüzyılın son çeyreğinde daha düzensiz bir yapıda olacağı göze çarpmaktadır. MPI-ESM-MR küresel modeli 20 km çözünürlüklü projeksiyonları verilerinden elde ettiğimiz sonuçlara göre yüzyılımız içerisinde ilk yıl -0,2°C'lik bir azalma, periyod boyunca en fazla artış ise 3,1°C olarak göze çarpmaktadır. 2016-2099 periyodu boyunca ortalama sıcaklık artışı ise yaklaşık 1,5°C olacağı hesaplanmıştır.



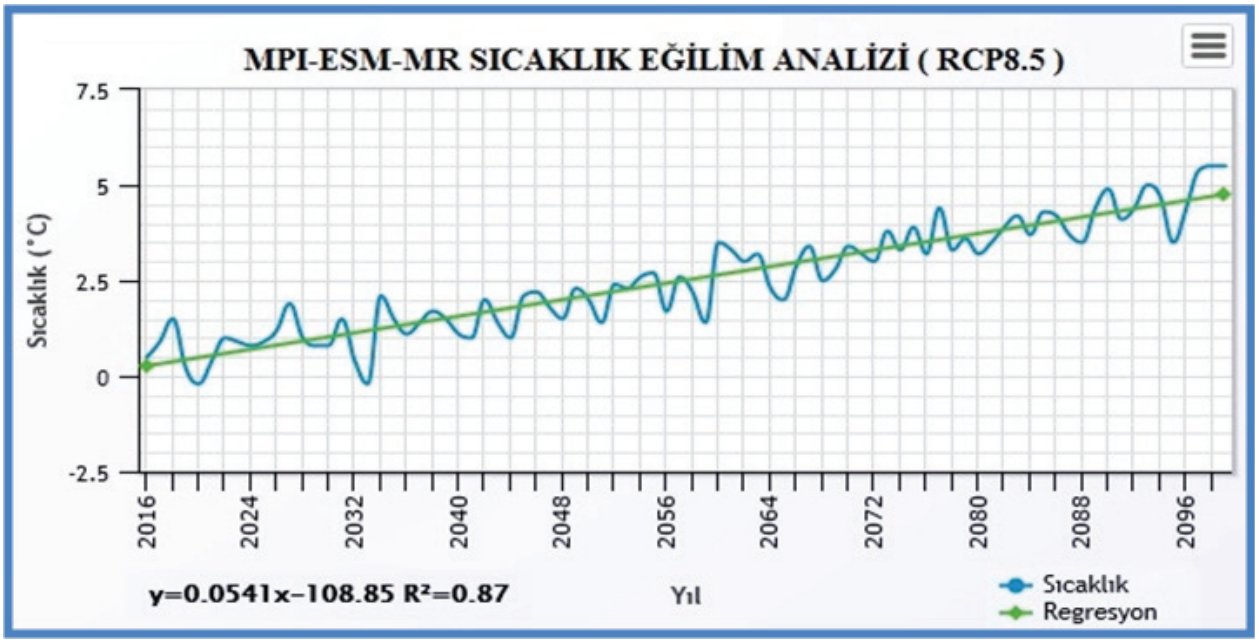
Şekil 65: 2016-2099 Ortalama Günlük Sıcaklıkların Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)

Ortalama günlük yağışların referans periyodu ortalama günlük yağışlarından çıkarılması ile elde edilen grafikte ise 2016-2099 periyodu için yağışların yaklaşık olarak 0,08 mm/gün, yani yıllık olarak yaklaşık 30 mm/yıl azalması öngörülmektedir. Günlük yağış verilerinden elde edilen grafiğe baktığımızda 2016-2099 periyodu boyunca yağış rejiminin düzensizlikler göze çarpmaktadır. Yağış miktarlarındaki azalış ve artışlardaki uç değerler yüzyılın ikinci yarısından sonra görülmektedir. Periyod içerisinde en fazla artış 0,4 mm/gün (yıllık 145-150 mm), en fazla azalış ise 0,6 mm/gün (yıllık 210 mm) olacağı hesaplanmıştır.

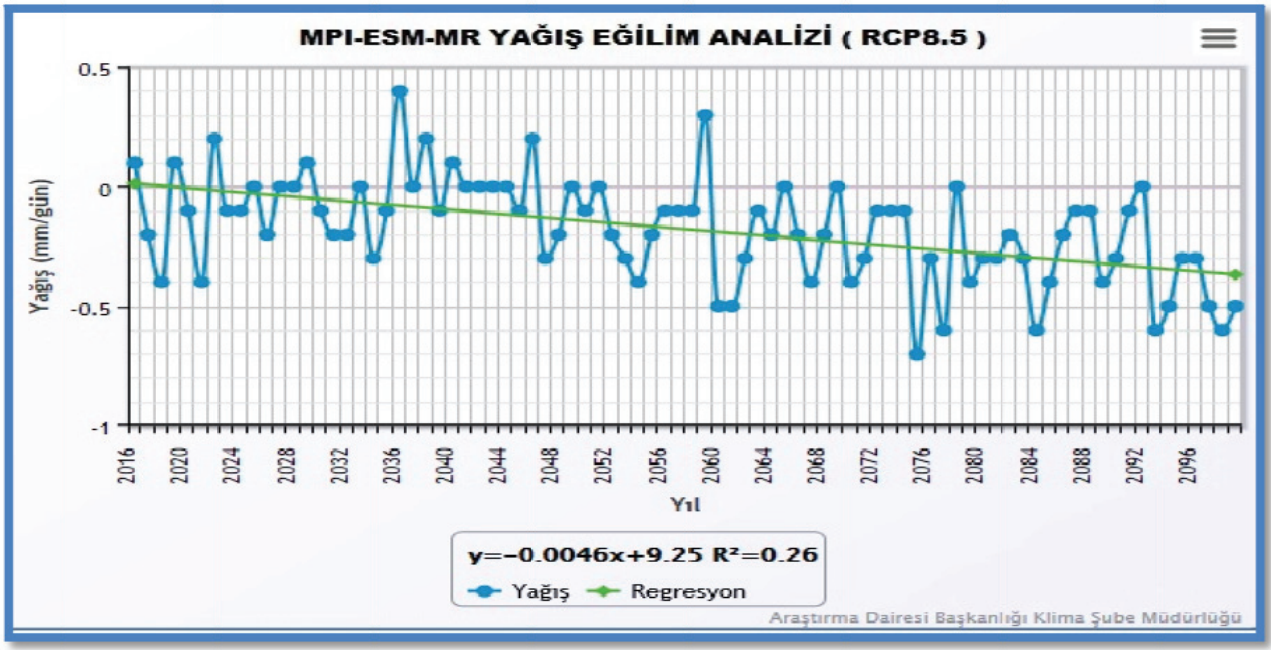


Şekil 66: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)

RCP8.5 senaryosuna göre 2016-2099 periyodu boyunca genel olarak bir artış eğilimi olması öngörülmektedir. MPI-ESM-MR küresel modeli 20 km çözünürlüklü projeksiyonları verilerinden elde ettiğimiz sonuçlara göre yüzyılımız içerisinde sıcaklıklardaki eğilimin {(-0,2°C)-(5,5°C)} arasında olduğu belirlenmiştir. 2016-2099 periyodu boyunca ortalama sıcaklık artışının ise yaklaşık 2,5°C olacağı hesaplanmıştır.



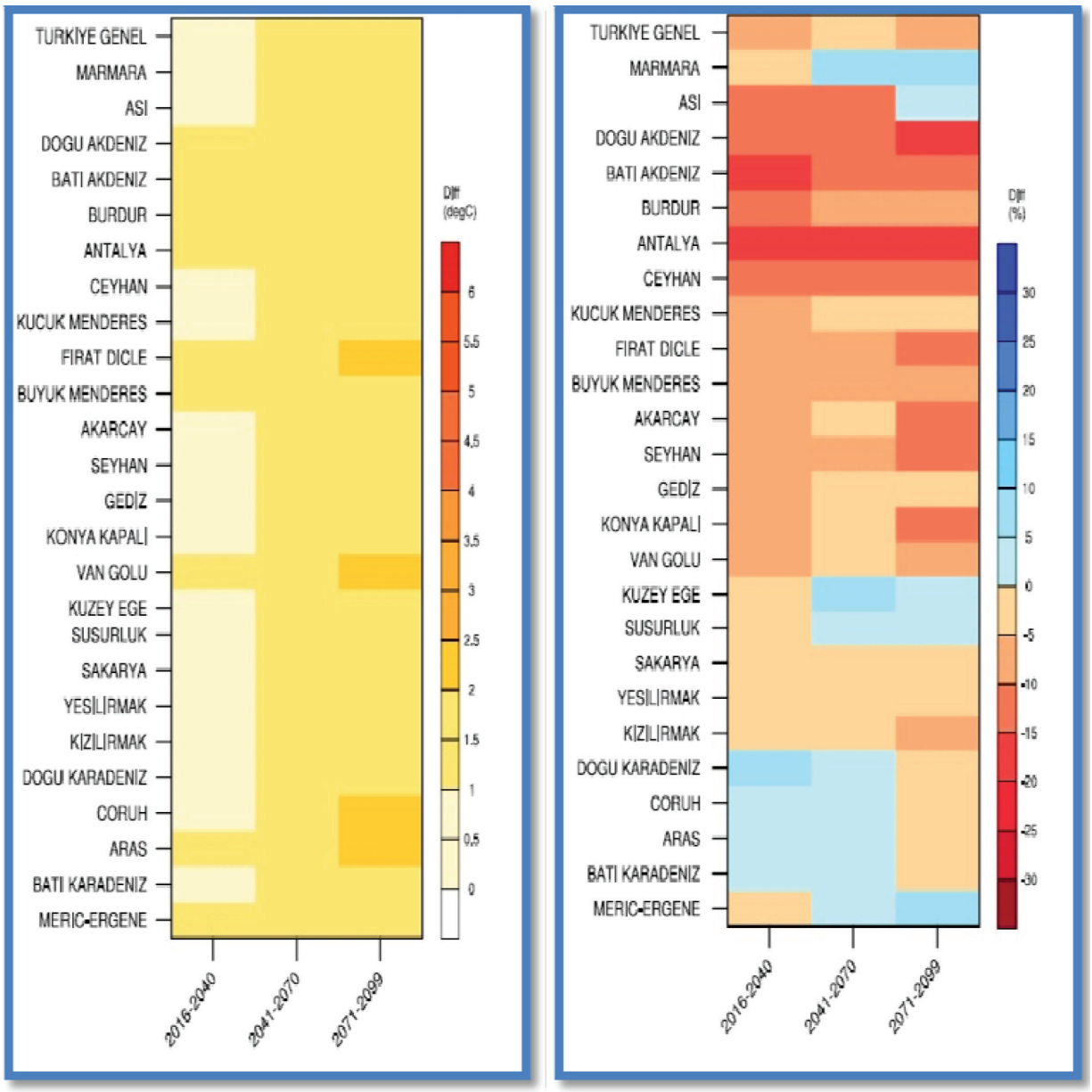
Şekil 67: 2016-2099 Ortalama Günlük Sıcaklıkların Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)



Şekil 68: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)

2016-2099 periyodu için yağışların yaklaşık olarak 0,46 mm/gün, yani yıllık olarak yaklaşık 165 mm/yıl azalacağı beklenmektedir. Günlük yağış verilerinden elde edilen grafiğe baktığımızda 2016-2099 periyodu boyunca yağış rejiminin düzensiz olacağı özellikle yüzyılın ikinci yarısından sonra yağışlarda genel olarak sürekli bir azalış olacağı göze çarpmaktadır. Periyod içerisinde en fazla artış 0,4 mm/gün (yıllık 145-150 mm), en fazla azalış ise 0,7 mm/gün (yıllık 250 mm) olarak hesaplanmıştır.

2.9.3.5. MPI-ESM-MR Projeksiyonlarına Göre Havzalar İçin Projeksiyonlar

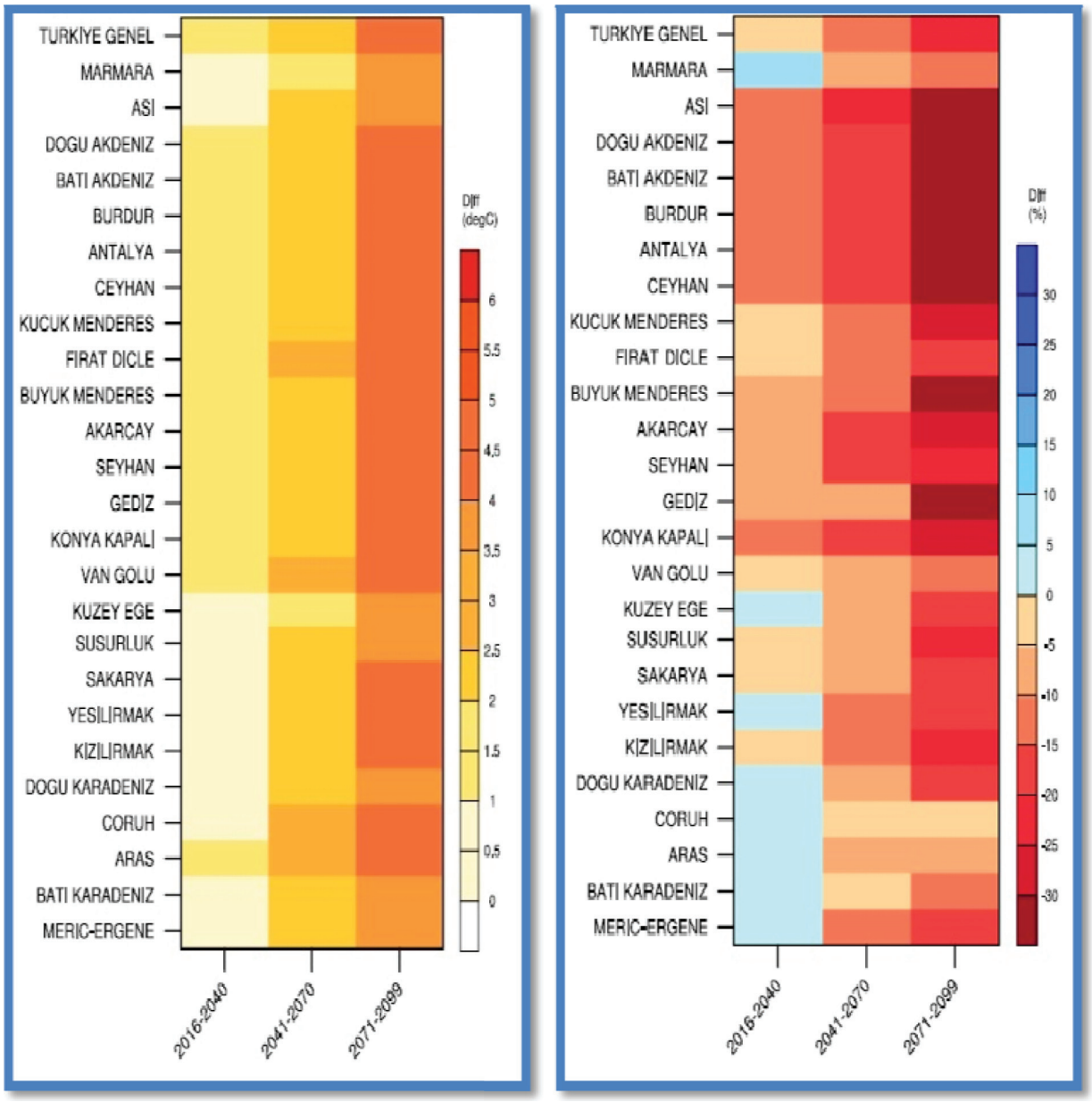


Şekil 69: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:MPI-ESM-MR/RegCM4.3.4/RF:1971-2000)

Sol tarafta bulunan şekil havza bazlı sıcaklık projeksiyonlarını, sağ tarafta bulunan şekli ise havza bazlı yağış projeksiyonlarını ifade etmektedir.

RCP4.5 senaryosuna göre;

- Ortalama sıcaklıkların tüm havzalarda artış eğiliminde olacağı görülmektedir. Artışın ilk periyotta genel olarak 1°C civarında 2041-2070, ve 2071-2099 periyotlarında ise 2°C'ye çıkacağı 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 artış görülmektedir. En fazla azalış ise genelde Akdeniz Bölgesi havzalarında özellikle de Antalya Havzasında olacağı dikkat çekmektedir.



Şekil 70: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:MPI-ESM-MR/RegCM4.3.4/RF:1971-2000)

RCP8.5 senaryosuna göre;

- Ortalama sıcaklıkların tüm havzalarda artış eğiliminde olacağı görülmektedir. Artış ilk periyotta genel olarak 1,5°C-2°C civarında olması beklenirken, 2041-2070 periyodunda 2,5°C-3°C'ye, 2071-2099 periyodunda ise 4°C'nin de üzerine çıkması öngörülmektedir.
- 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 olacağı öngörülmektedir. 2041-2070 ve 2071-2099 periyotlarında tüm havzalarda azalma olacağı dikkat çekerken en fazla azalışın Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi'nde yer alan havzalarda olacağı görülmektedir.

Mustafa EREN, 01.01.2012, Işıklı Gölü, Çivril - DENİZLİ

2.9.4. GFDL-ESM2M Küresel Modeli Verileri İle Üretilen Bölgesel İklim Projeksiyonları

2.9.4.1. Modelin Sınanması

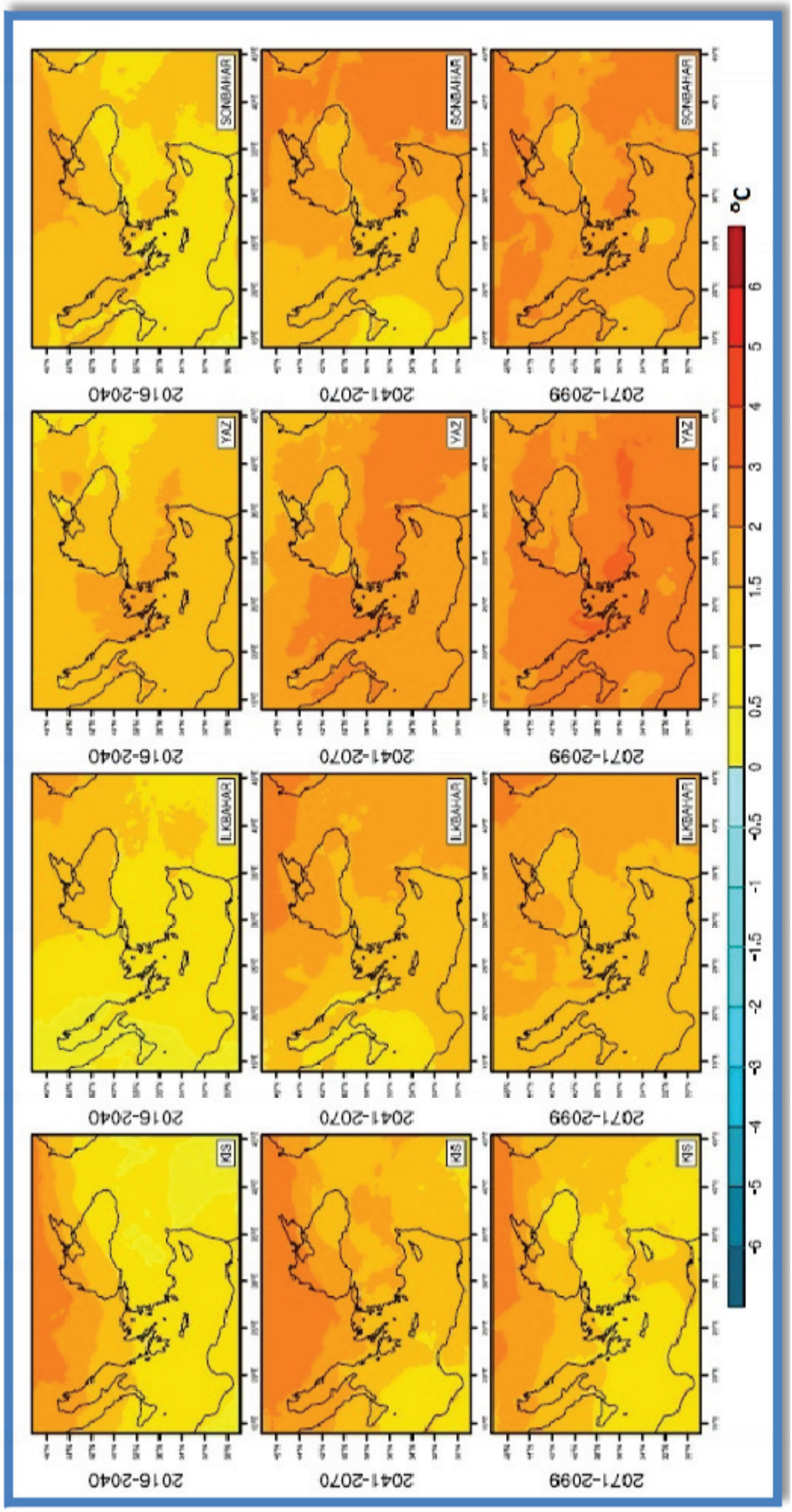
GFDL-ESM2M küresel model verilerinin RegCM4 bölgesel iklim modeli kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemiyle elde 1971-2000 referans periyoduna ait projeksiyon sonuçları, 1971-2000 dönemi gözlem verileriyle yapılan kıyaslama sonuçlarına göre;

- Sıcaklıklarda model sonuçları tüm mevsimlerde gözlem verilerine göre daha düşük ortalamalar göstermektedir. Türkiye geneli yıllık ortalama fark yaklaşık 2,5°C-3°C aralığında görülmektedir. Havza bazlı yıllık ortalama sıcaklık verilerine baktığımızda ise Batı Karadeniz Havzası verileri 0,3°C-0,9°C aralığı ile UDEL ve CRU verileri ile oldukça uyuşmakta iken Burdur Havzası sıcaklık verileri 4,0°C-4,5°C'lik fark ile CRU ve UDEL'e ait verilerle en az uyumlu olan havza olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca CRU ve UDEL'e ait gözlem verileri arasında da farklılıklar olması nedeniyle model verileriyle paremetrizasyon işlemini zorlaştırmaktadır. Örneğin Seyhan havzası için model verileri ile CRU verileri arasındaki fark 3,4°C iken UDEL verileri arasındaki fark 1,1°C olmuştur. Yani model verileri UDEL verileri ile oldukça uyumlu iken CRU verileri ile arasındaki fark daha fazla olarak ortaya çıkmıştır. Tersi bir şekilde Çoruh Havzasında sıcaklık farkı CRU'a göre 2,4°C iken UDEL'e göre 4,1°C olmuştur. Yani bazı havzalara ait veriler UDEL ile uyumlu iken bazı havzaların verilerinin CRU vereleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Tüm bu farklılıklar nedeniyle paremetrizasyon işlemi oldukça güçleşmektedir. Yapılan çok sayıda paremetrizasyon denemeleri sonucu en uygun sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır.
- • Aynı güçlüklerle yağış parametreleri için yapılan model sınanmasında da karşılaşılmıştır. Yağış değerleri incelendiğinde, model sonuçları kış ve sonbahar mevsimlerinde gözlem değerlerinden daha düşük sonuç gösterirken, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde gözlem değerlerinden daha yüksek sonuçlar göstermektedir.

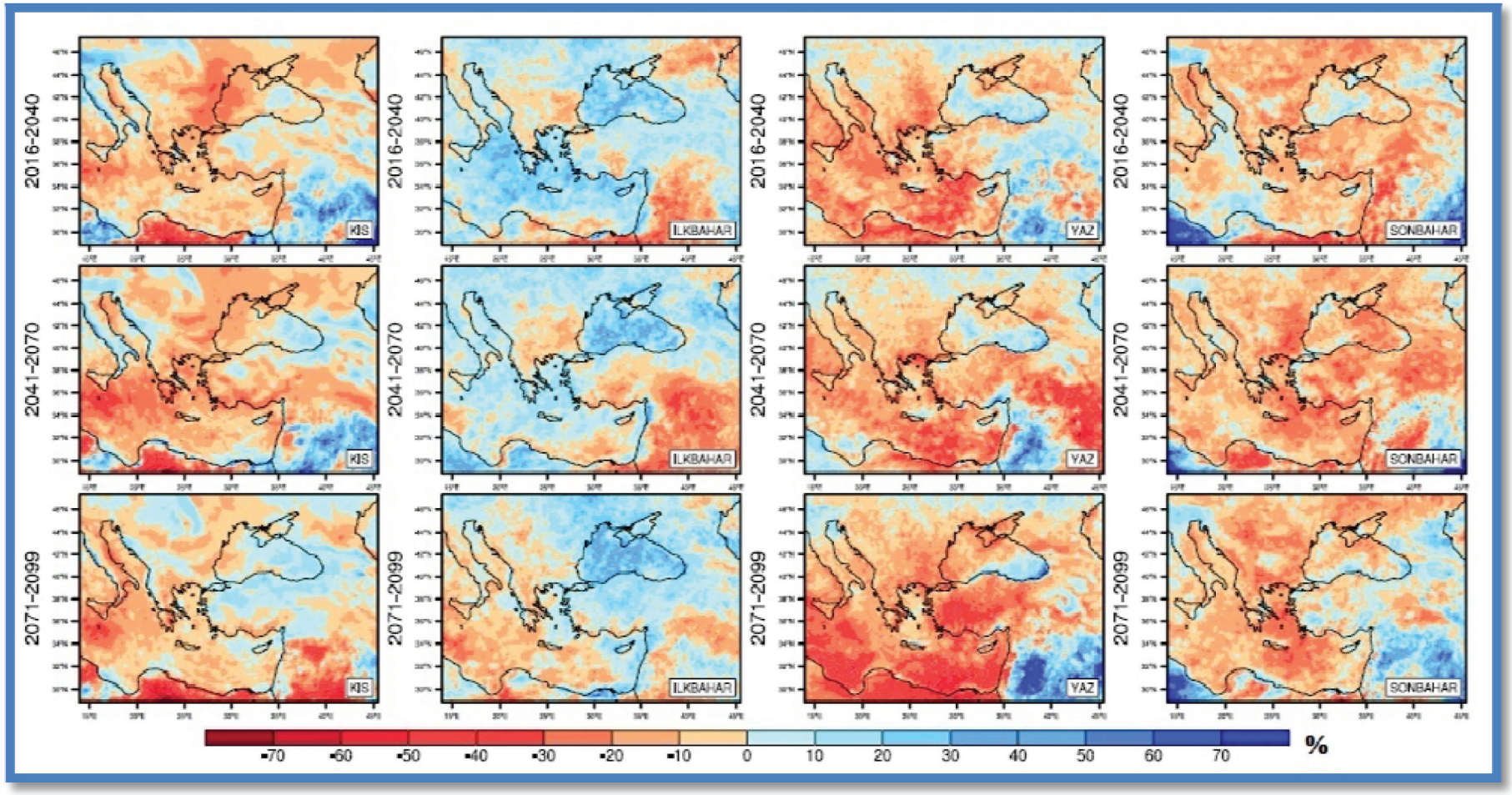
Tablo 9: 1971-2000 Referans periyodu mevsimlik ortalama sıcaklıklarının ve günlük yağış verilerinin gözlem verileri ile karşılaştırılması (Türkiye/GFDL-ESM2M / RegCM4.3.4)

	SICAKLIK(°C)			YAĞIŞ (mm/gün)		
	RCM	CRU	UDEL	RCM	CRU	UDEL
KIŞ	-0,949	0,561	-0,076	1,728	2,126	2,353
İLKBAHAR	6,996	9,712	9,309	2,240	1,973	2,098
YAZ	17,343	20,859	20,7	1,769	0,685	0,742
SONBAHAR	8,404	12,48	11,961	1,206	1,332	1,454
ORTALAMA	7,956	10,906	10,474	1,736	1,530	1,664

2.9.4.2. RCP4.5 Senaryosuna Göre Sıcaklık Ve Yağış Projeksiyonları



Şekil 71: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (GFDL-ESM2M/RF:1971-2000)



Şekil 72: RCP4.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Yağış Projeksiyonları (GFDL-ESM2M/RF:1971-2000)

GFDL-ESM2M 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, yaz mevsiminde Ege ve Akdeniz bölgelerinde 1,5°C'nin üzerinde bir artışın olacağı,
- Yağışlarda ise ilkbaharda Güneydoğu Anadolu, Göller Yöresi ve Marmara Bölgesi dışında kalan tüm yurtta artış, sonbaharda hemen hemen tüm yurtta azalış ön görülmektedir.
- Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaz mevsimi yağışlarında artış ön görülürken, yurdumuz için oldukça önemli olan kış mevsiminde yurdun büyük bir kısmında yağışlarda azalış ön görülmektedir.

2041-2070 Periyodu

- Isınmanın genellikle 1,5°C-2,5°C arasında olacağı, sonbahar mevsiminde Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 2,5°C'nin üzerinde bir artışın olacağı,

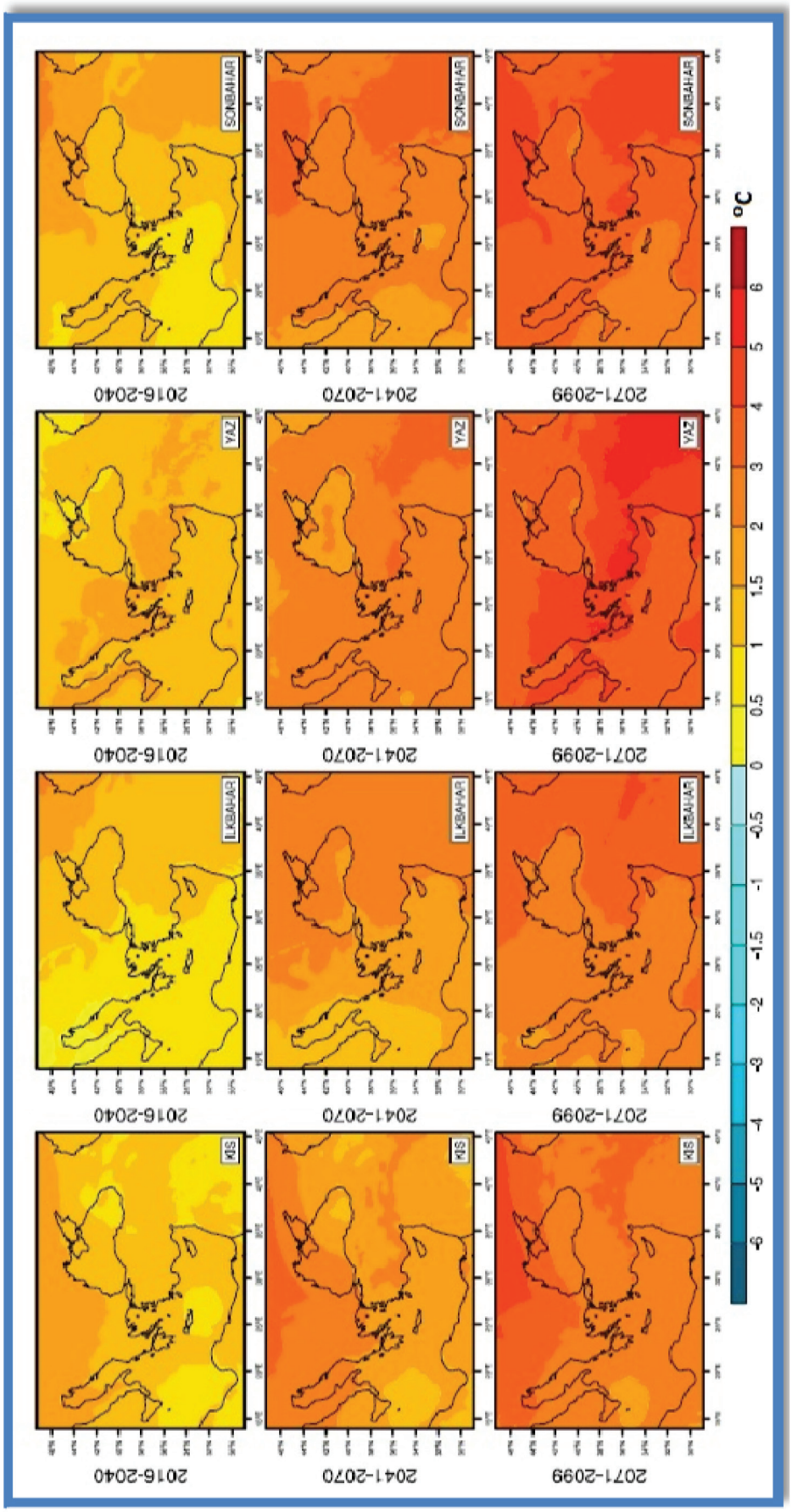
Yağış projeksiyonlarına göre;

- Yaz ve sonbahar mevsiminde hemen hemen tüm yurdun oldukça kurak bir dönem geçireceği,
- Kış mevsiminde yurdun kuzey bölgelerinde yer yer artış görülürken yurdumuzun büyük kısmında özellikle Akdeniz bölgesinde %30'lara varan oranda azalış,
- İlkbahar mevsiminde ise iç bölgelerde özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki azalışların olacağı dikkat çekmektedir.

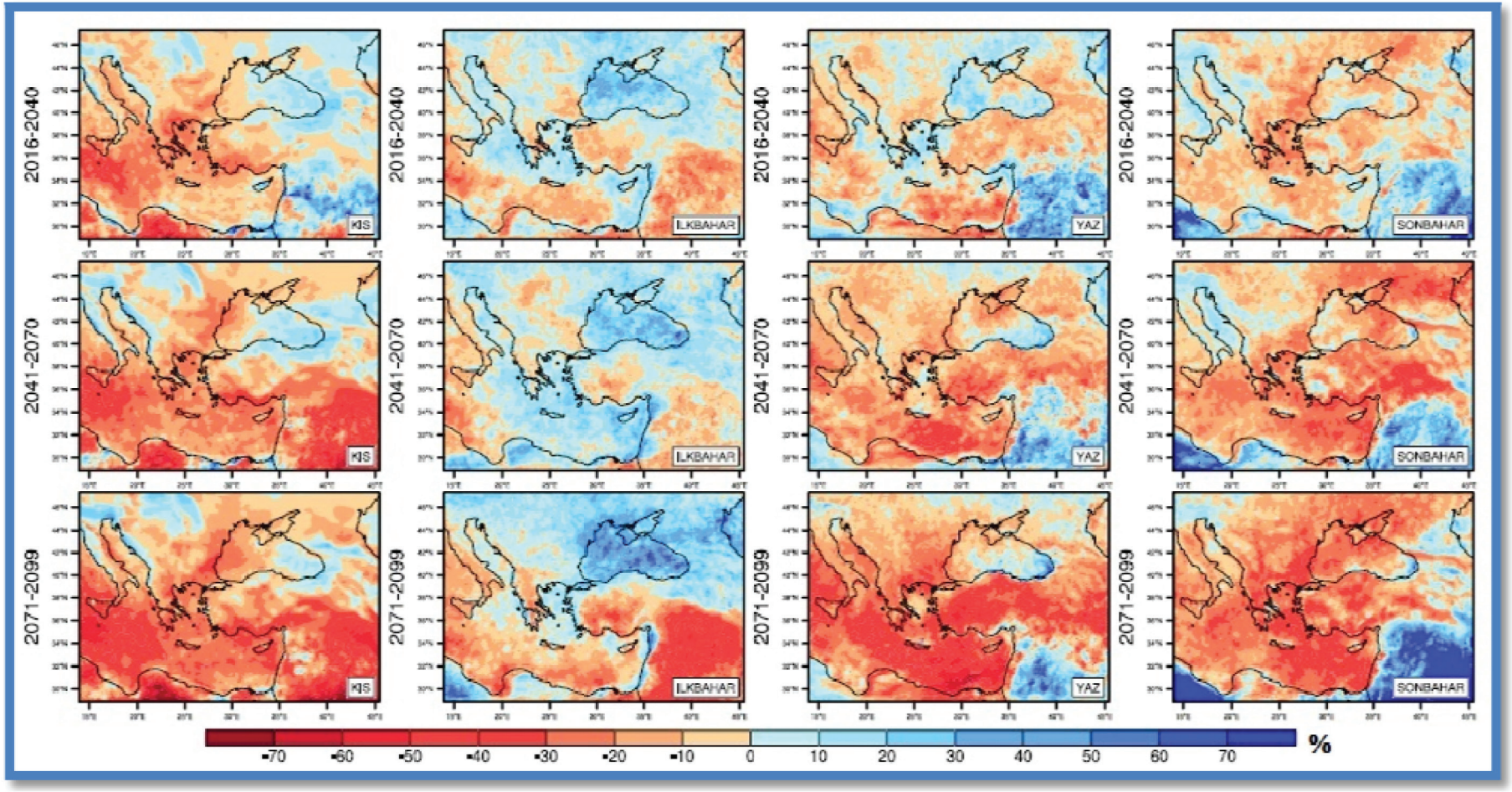
2071-2099 Periyodu

- Isınmanın yaz mevsiminde yurdumuzun büyük bölümünde 3°C'nin üzerinde olacağı;
- Yağışlarda ilkbahar mevsiminde yurdun büyük kısmında artış ön görülürken, özellikle Akdeniz Bölgesinde tüm mevsimlerde azalış eğiliminin olacağı dikkat çekmektedir.

2.9.4.3. RCP8.5 Senaryosuna Göre Sıcaklık Ve Yağış Projeksiyonları



Şekil 73: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Sıcaklık Projeksiyonları (GFDL-ESM2M/RF:1971-2000)



Şekil 74: RCP8.5'e Göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km Yağış Projeksiyonları (GFDL-ESM2M/RF:1971-2000)

GFDL-ESM2M 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

- Isınmanın genellikle 1°C-1,5°C arasında olacağı, yaz mevsiminde yurdun batısında sonbaharda ise yurdun doğusunda 1,5°C'nin üzerinde bir artışın olacağı,

Yağış projeksiyonlarına göre;

- Genel olarak Karadeniz Bölgesi'nde kış ve ilkbahar mevsiminde, Kuzey Ege'de de yaz yağışlarında bir artış öngörülürken yurdun geri kalanında azalışlar, özellikle de Akdeniz Bölgesi'nde kış mevsiminde %30'ların üzerinde bir azalışların olacağı öngörülmektedir.

2041-2070 Periyodu

- Isınmanın genel olarak 2°C'nin üzerine çıkacağı, yaz mevsiminde Güney Ege, Batı Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde, sonbahar mevsiminde de yurdun doğu kesimlerinde 3°C'nin üzerine çıkacağı,

Yağış projeksiyon sonuçlarına göre

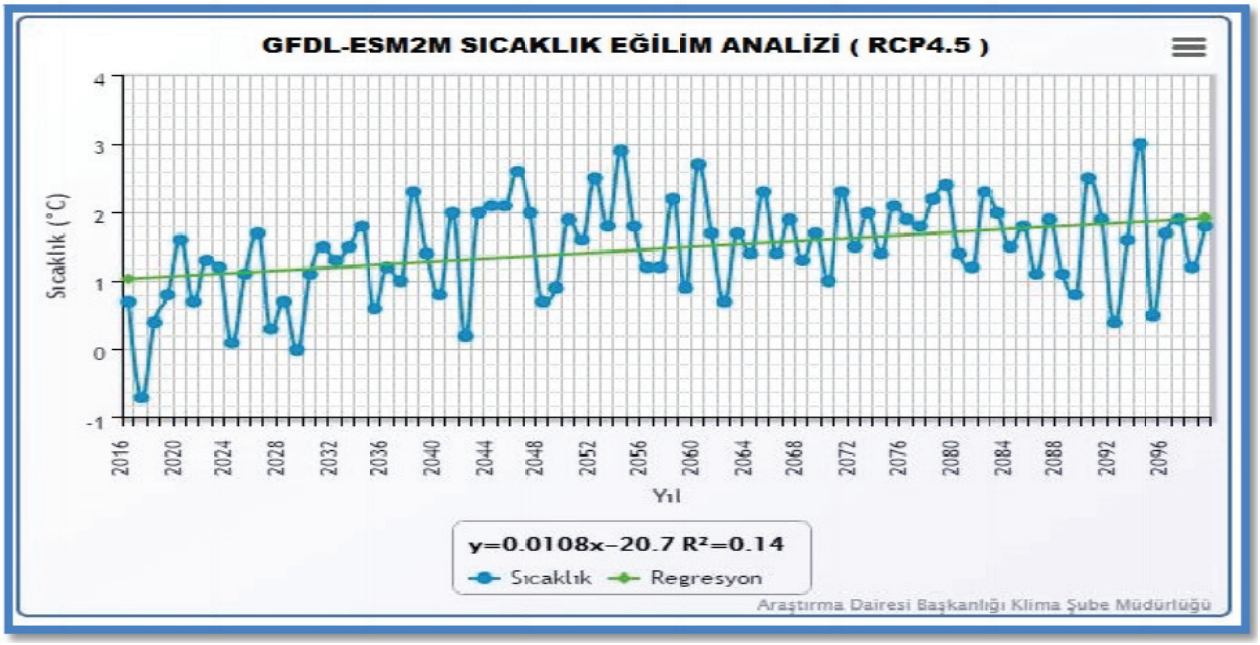
- Kış mevsiminde sadece Karadeniz Bölgesi'nde bir artış görülürken yurdun geri kalanında özellikle de Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde %50'lere varan oranlarda azalışların olacağı öngörülmektedir.
- İlkbaharda Kıyı Ege, Marmara, Karadeniz, Doğu Anadolu'nun kuzeyi ile Akdeniz Bölgesi'nin doğusunda artışların olacağı göze çarpmaktadır.
- Yaz mevsiminde Çukurova yöresi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin bir kısmı hariç tüm yurtta azalış, sonbaharda mevsiminde de hemen hemen tüm yurtta azalış görülürken bu azalışın özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde %50'nin üzerinde olacağı öngörülmektedir.

2071-2099 Periyodu

- Yüzyılın son çeyreğinde ısınmanın özellikle yaz mevsiminde Ege Bölgesi, Akdeniz Kıyıları ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 5°C'nin de üzerine çıkacağı ön görülmektedir.
- Yağış projeksiyonlarına göre; periyot boyunca tüm yurtta ciddi azalışlar ön görülmektedir. Özellikle yurdun güney bölgelerinde kış ve ilkbahar aylarında %50-%60'lara varan oranlarda, yaz mevsiminde ise hemen hemen tüm yurtta %50'lere varan oranlarda azalışlar olacağı ön görülmektedir.

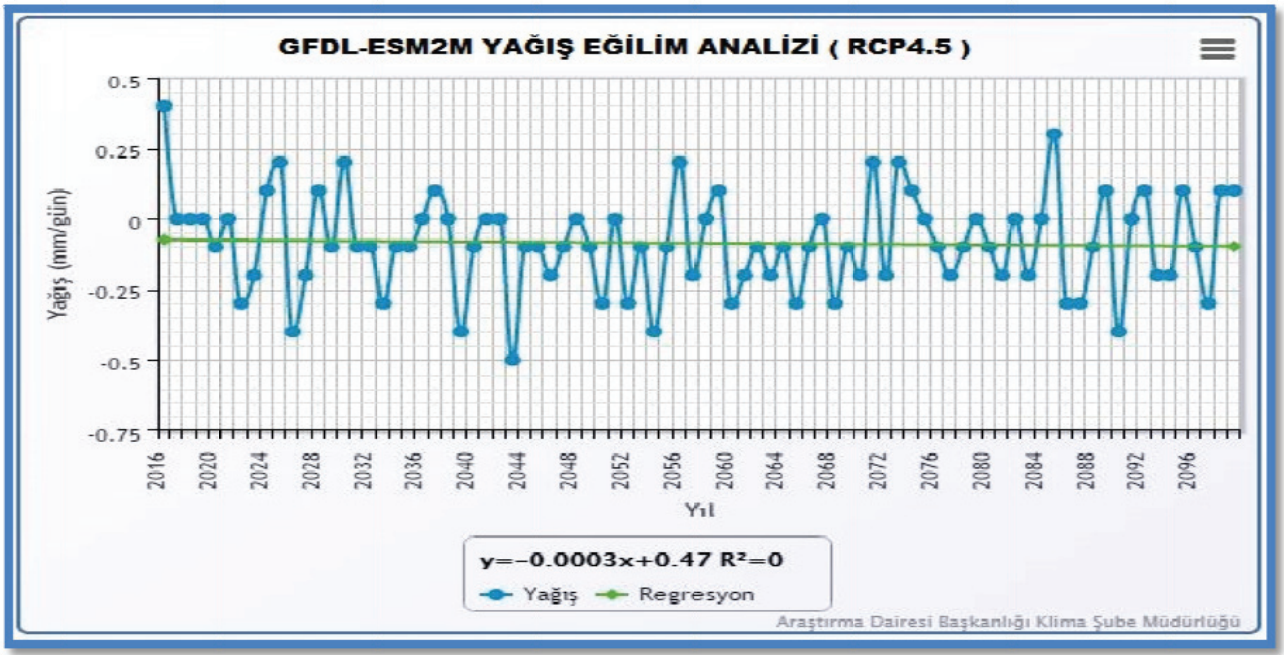
2.9.4.4. GFDL-ESM2M Projeksiyonlarına Göre Eğilim Analizleri (RF1971-2000)

RCP4.5 senaryosuna göre, sıcaklıklarda 2016-2099 periyodu boyunca 2017 yılı haricinde (2017 yılı -0,7°C azalma beklenmekte) periyod boyunca sürekli olarak bir artış eğilimi olacağı öngörülmektedir. GFDL-ESM2M küresel modeli 20 km çözünürlüklü projeksiyonları verilerinden elde ettiğimiz sonuçlara göre 2016-2099 periyodu içerisinde sıcaklıklardaki eğilimin {(-0,7°C)-(3°C)} arasında olacağı belirlenmiştir. 2016-2099 periyodu boyunca ortalama sıcaklık artışı ise yaklaşık 1,5°C olacağı hesaplanmıştır.



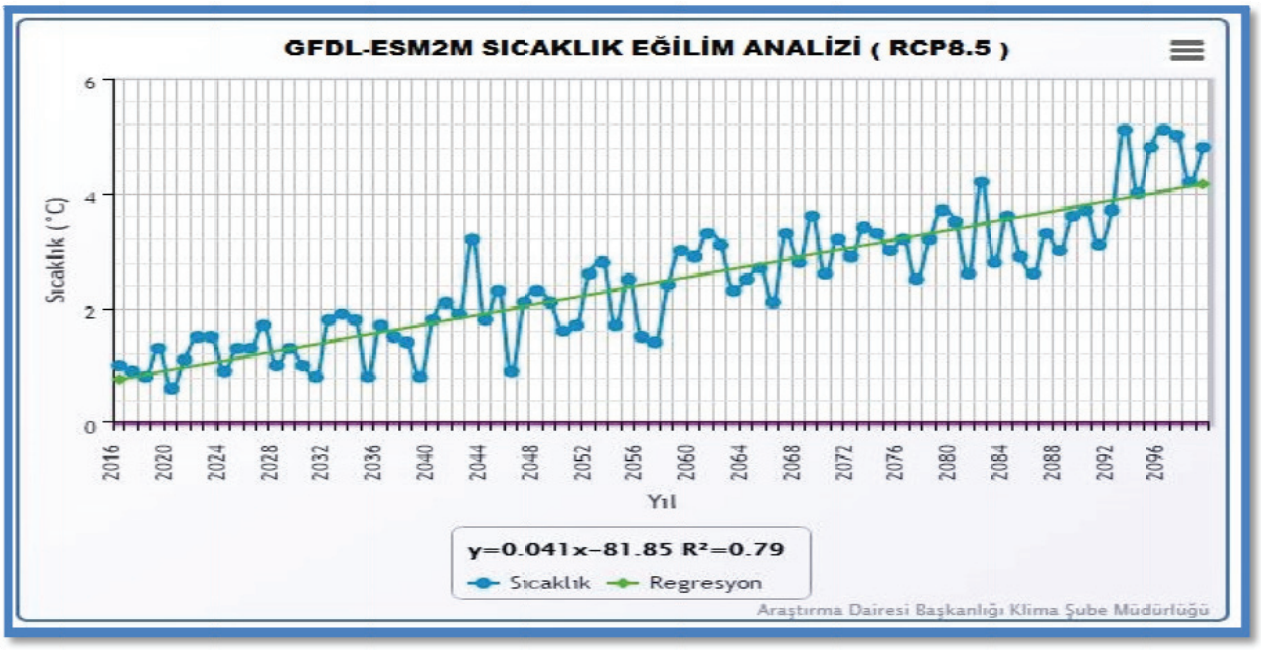
Şekil 75: 2016-2099 Ortalama Günlük Sıcaklıkların Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:GFDL-ESM2M/RF:1971-2000)

2016-2099 periyodu için yağışların yaklaşık olarak 0,03 mm/gün, yani yıllık olarak yaklaşık 10-15 mm/yıl azalacağı öngörülmektedir. Günlük yağış verilerinden elde edilen grafiğe baktığımızda 2016-2099 periyodu boyunca yağış rejiminin düzensiz olduğu dikkat çekmektedir. Periyod içerisinde en fazla artış 0,4 mm/gün (yıllık 145-150 mm), en fazla azalış ise 0,5 mm/gün (yıllık yaklaşık 180 mm) olacağı hesaplanmıştır.



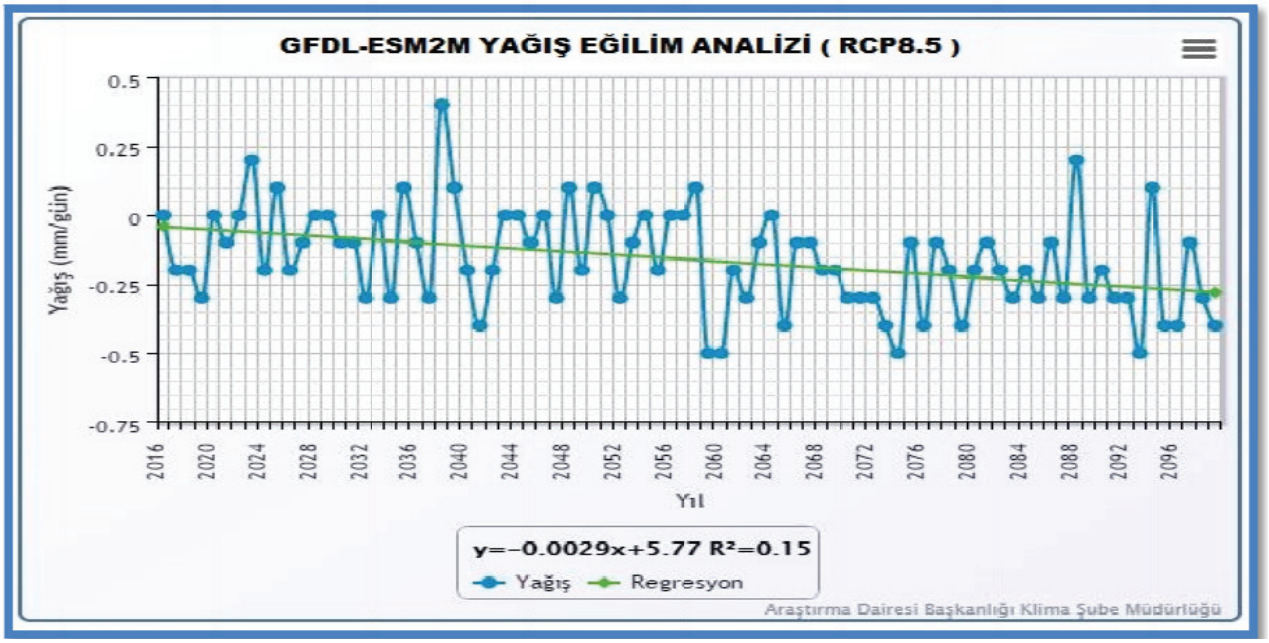
Şekil 76: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:GFDL-ESM2M/RF:1971-2000)

RCP8.5 senaryosuna göre, sıcaklıklarda 2016-2099 periyodu boyunca sürekli olarak bir artış eğilimi olacağı öngörülmektedir. Periyodu içerisindesıcaklıklardaki eğilimin {(0,6°C)-(5,1°C)} arasında olacağı belirlenmiştir. 2016-2099 periyodu boyunca ortalama sıcaklık artışı ise yaklaşık 2,5°C olarak hesaplanmıştır.



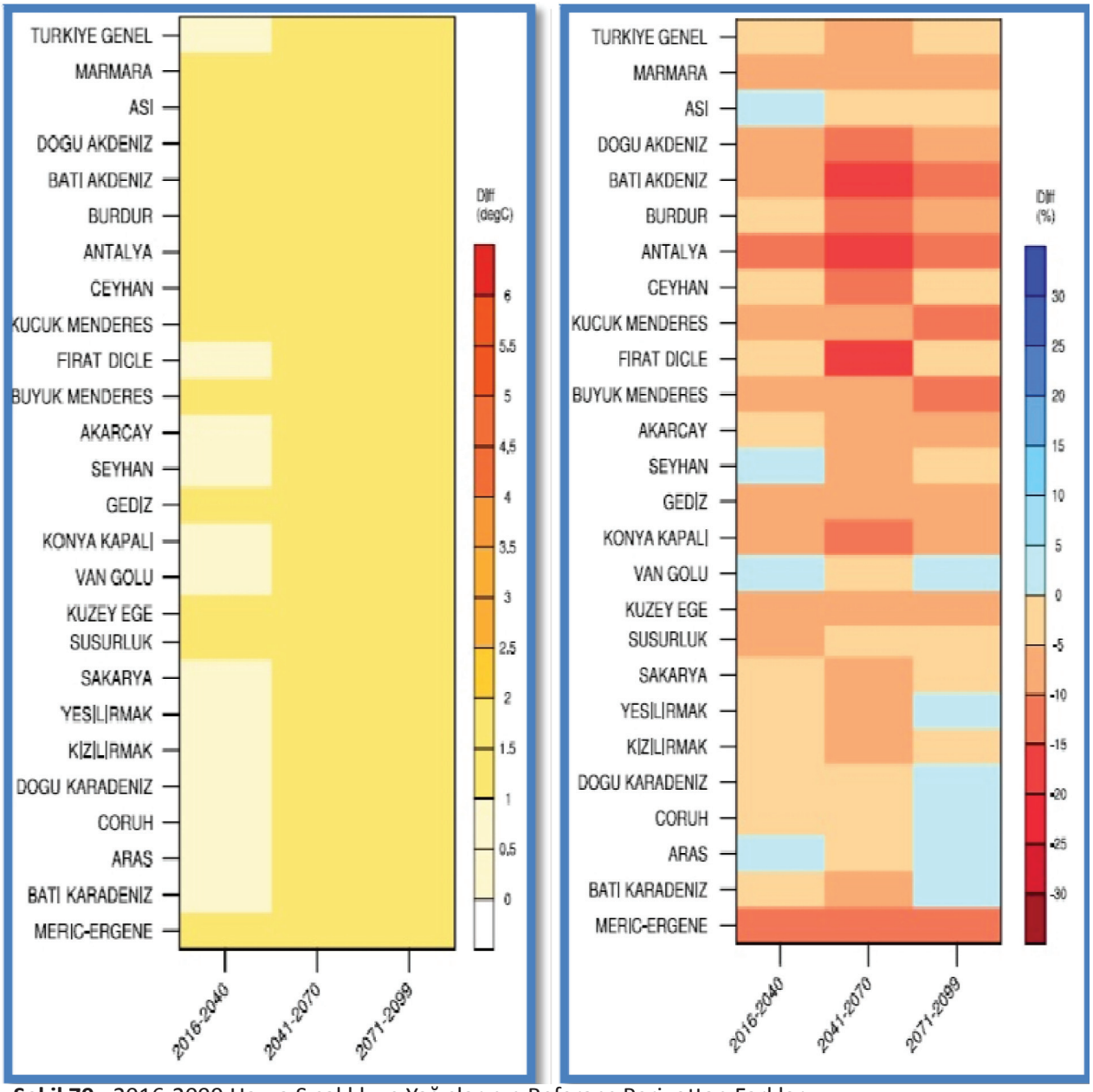
Şekil 77: 2016-2099 Ortalama Günlük Sıcaklıkların Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:GFDL-ESM2M/RF:1971-2000)

RCP8.5 senaryosuna göre 2016-2099 periyodu için yağışların yaklaşık olarak 0,29 mm/gün, yani yıllık olarak yaklaşık 105-110 mm/yıl azalacağı öngörülmektedir. Periyod içerisinde en fazla artış 0,4 mm/gün (yıllık 145-150 mm), en fazla azalış ise 0,5 mm/gün (yıllık yaklaşık 180 mm) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 78: 2016-2099 Ortalama Günlük Yağışların Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:GFDL-ESM2M/RF:1971-2000)

2.9.4.5. GFDL-ESM2M Projeksiyonlarına Göre Havzalar İçin Projeksiyonlar

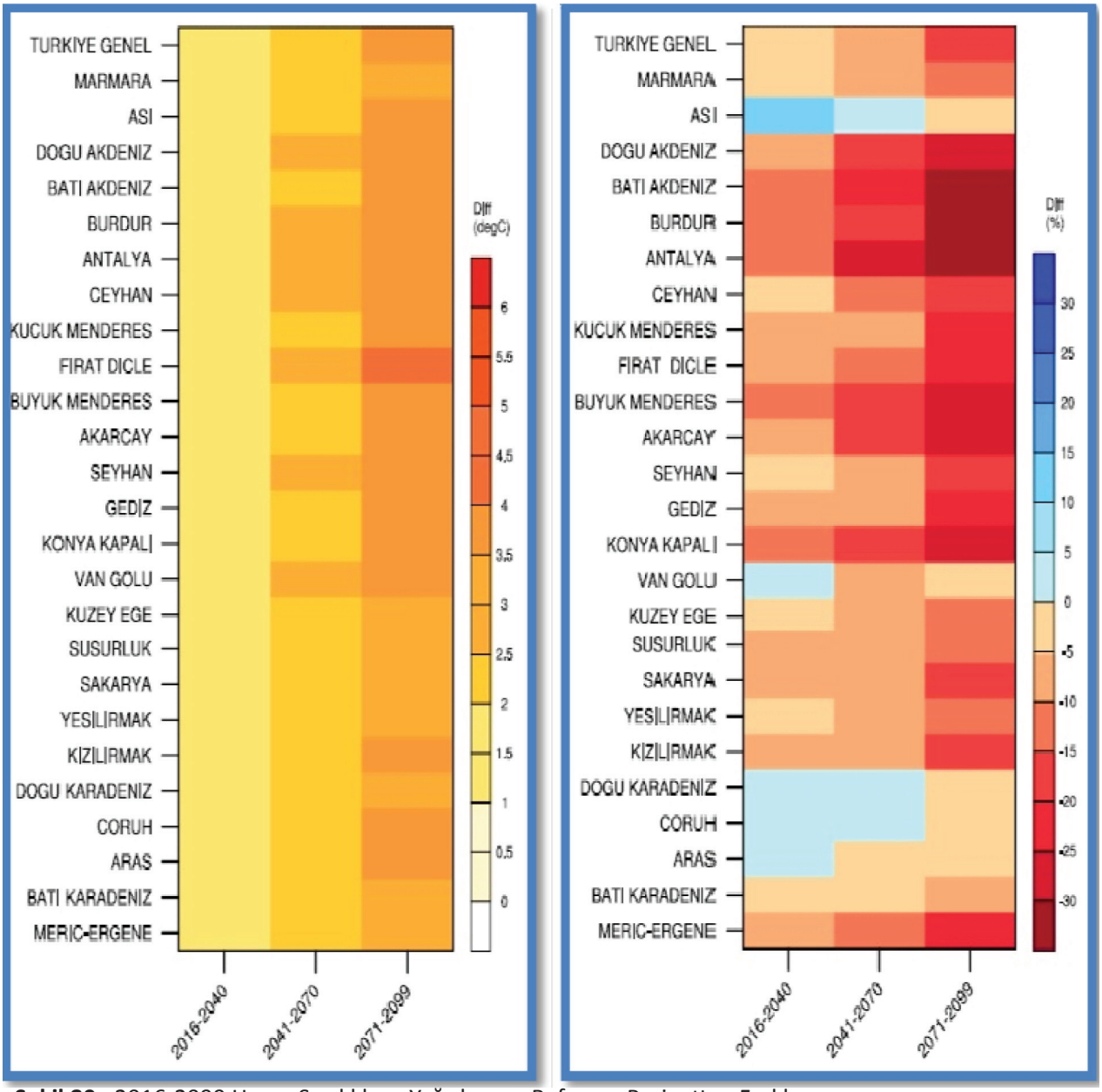


Şekil 79: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP4.5:GFDL-ESM2M/RegCM4.3.4/RF:1971-2000)

Sol tarafta bulunan şekil havza bazlı sıcaklık projeksiyonlarını, sağ tarafta bulunan şekli ise havza bazlı yağış projeksiyonlarını ifade etmektedir.

RCP4.5 senaryosuna göre;

- Ortalama sıcaklıkların tüm havzalarda artış eğiliminde olacağı öngörülmektedir. Artış ilk periyotta genel olarak 0,5°C-1°C civarında olacağı 2041-2070 ve 2071-2099 periyotlarında ise 1,5°C-2°C'ye çıkacağı öngörülmektedir.
- Yağış projeksiyonları incelendiğinde Türkiye genelinde tüm periyotlarda toplam yağışlarda azalma ön görülürken, ilk periyotta 4 (Asi, Seyhan, Van Gölü, Aras) son periyotta da 6 havzada (Van Gölü, Yeşilırmak, Doğu Karadeniz, Çoruh, Aras, Batı Karadeniz) %5-%10 arasında artış öngörülmektedir. İkinci periyotta tüm havzalarda azalış öngörülmektedir. En fazla azalışın ise ikinci periyotta Batı Akdeniz, Antalya ve Fırat-Dicle havzalarında olacağı dikkat çekmektedir.



Şekil 80: 2016-2099 Havza Sıcaklık ve Yağışlarının Referans Periyottan Farkları (RCP8.5:GFDL-ESM2M/RegCM4.3.4/RF:1971-2000)

RCP8.5 senaryosuna göre;

- Ortalama sıcaklıkların tüm havzalarda artış eğiliminde olacağı öngörülmektedir. Artış ilk periyotta genel olarak 1°C-1,5°C civarındayken, 2041-2070 periyodunda 2°C-2,5°C'ye, 2071-2099 periyodunda ise 3,5°C'nin de üzerine çıkacağı öngörülmektedir. En fazla artış 2071-2099 periyodunda 4°C-4,5°C ile Fırat-Dicle Havzasındadır.
- Yağış projeksiyonları incelendiğinde Türkiye genelinde tüm periyotlarda toplam yağışlarda azalma ön görülmektedir. Asi, Doğu Karadeniz ve Çoruh havzalarında ilk iki periyotta, Van gölü ve Aras havzalarında da sadece ilk periyotta artış öngörülmektedir. En fazla azalışın Batı Akdeniz, Burdur ve Antalya havzalarında ve % 30'ların üzerinde bir oranda olması öngörülmektedir.

Adnan ORUÇ, 31.10.2009, Maltepe - İSTANBUL

2.10. Projeksiyon Sonuçlarının Karşılaştırılması İle Oluşturulan Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapması Aralığı Grafikleri

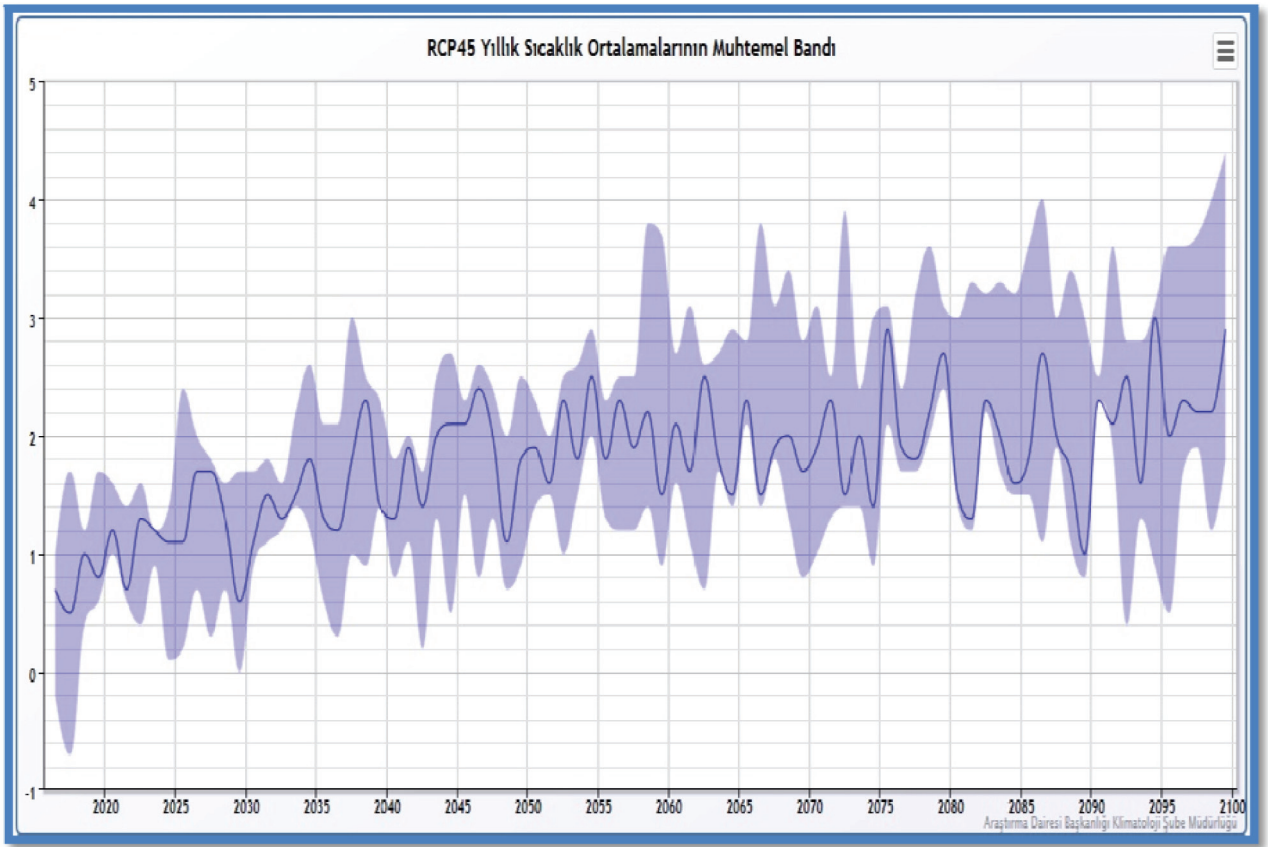
Bu bölümde, üç küresel iklim modeline ait düşük çözünürlüklü verilerin RegCM4.3.4. bölgesel iklim modeli ile dinamik ölçek küçültme yöntemi kullanarak elde edilen 20 km çözünürlüklü verilerinden, 2016-2099 periyodunu içeren yıllık ortalama sıcaklık parametresi verileri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma ile 3 model verilerini içeren, RCP4.5, RCP8.5 senaryoları için ayrı ayrı ve ayrıca RCP4.5-RCP8.5 senaryolarının bir araya getirilmesiyle elde edilen yıllık muhtemel ortalama sıcaklık sapması aralığı grafikleri oluşturulmuştur.

Yıllık ortalama sıcaklıkların muhtemel bandı oluşturulurken, her modelin Türkiye geneli için yıllık tabanda ürettiği ortalama sıcaklık değerleri sıralanarak o yıl için gerçekleşmesi muhtemel ortalama sıcaklık aralığı belirlenmiştir. Ortalama sıcaklık bandı, çalışmalarımız sonucu elde ettiğimiz üç küresel model verilerinin birlikte kullanılabilmesi sayesinde gelecek dönem için yıllık tabanda gerçekleşmesi muhtemel ortalama sıcaklıklar için daha sağlıklı değerlendirme yapabilmemizi sağlamaktadır. Ayrıca karar vericilerin, çeşitli kurum ve kuruluşların, gelecek döneme ait projelerinde, tek bir değer yerine belirlenmiş bir aralıkta gerçekleşmesi muhtemel ortalama sıcaklık değerlerine göre hareket etmeleri daha sağlıklı planlama yapabilmelerine olanak sağlayacaktır.

2.10.1. RCP4.5 Senaryosu İçin Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapması Aralığı

Bu grafikte RCP4.5 senaryosu için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M model projeksiyon verileri ile oluşturulan muhtemel ortalama sıcaklık bandı yer almaktadır.

RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2099 periyodu için hazırlanan muhtemel ortalama sıcaklık bandı grafiğine bakıldığında yüzyılımızın ilk yarısında bant genişliğinin dar olduğu yüzyılın ortalarından itibaren ise bant genişliğinin giderek arttığı görülmektedir. Yani yüzyılın ortalarına kadar yıllık tabanda değişmekle birlikte genel olarak üç modelin de oluşturduğu yıllık ortalama sıcaklık değerleri birbirine yakın değerlerde iken, yüzyılın ortalarından itibaren üç modelin yıllık tabanda oluşturduğu ortalama sıcaklıklarda bir farklılaşma olduğu dikkat çekmektedir. Tüm dönem içerisinde bant genişliği {(0,2°C)-(3,1°C)} arasında değişmektedir. Yani üç modelin de 0,2°C yakınlıkta tahmin ettiği muhtemel ortalama sıcaklık beklentisi olan yıl olduğu gibi, modellerin birbirinden oldukça farklı, 3,1°C'ye varan farkın olduğu muhtemel ortalama sıcaklık beklentisi olan yıl da bulunmaktadır.

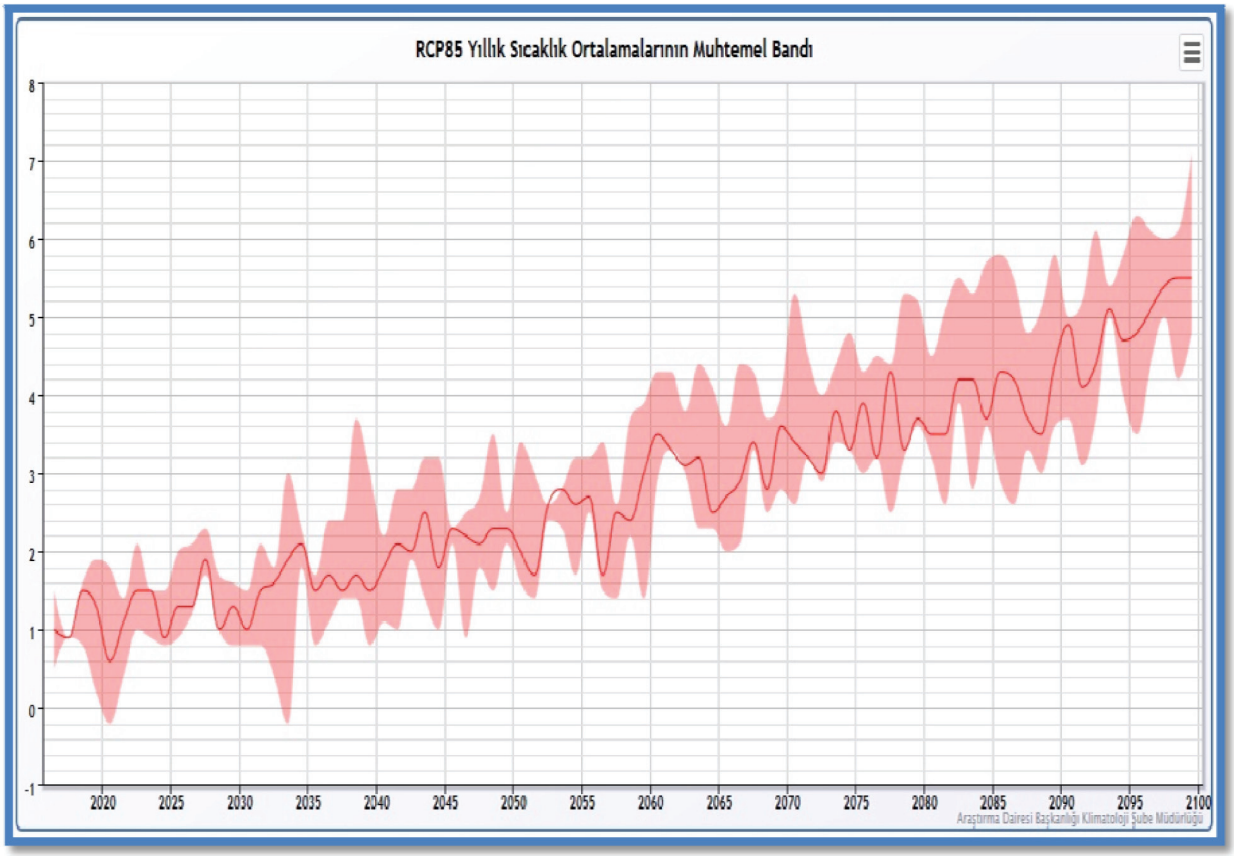


Şekil 81: RCP4.5 / HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M Modelleri Projeksiyon Sonuçları İle Oluşturulan Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapması Aralığı

2.10.2. RCP8.5 Senaryosu İçin Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapması Aralığı

RCP8.5 senaryosuna göre, 2016-2099 periyodu için hazırlanan muhtemel ortalama sıcaklık bandı grafiğine bakıldığında yine RCP4.5 senaryosundaki gibi yüzyılımızın ilk yarısında bant genişliğinin oldukça dar olduğu görülmektedir. Bu durum üç modelin de yüzyılın ortalarına kadar birbirlerine oldukça yakın ortalama sıcaklık beklentileri olduğunu ortaya koymaktadır. Yüzyılın ortalarından itibaren ise üç modelin yıllık tabanda oluşturduğu ortalama sıcaklıklarda bir farklılaşma olduğu dikkat çekmektedir.

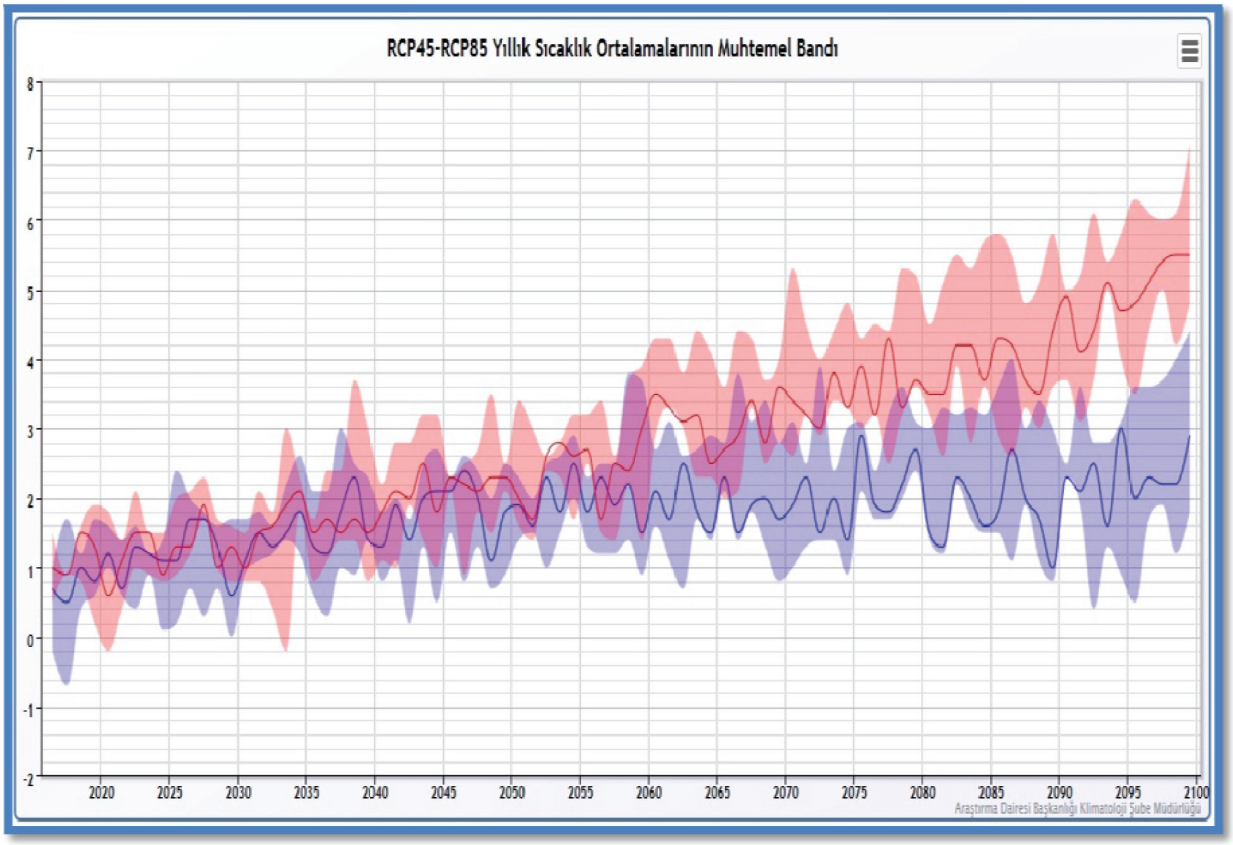
Tüm dönem içerisinde bant genişliği {(0,0°C)-(3,2°C)} arasında değişmektedir. Yani periyot içerisinde üç modelin de aynı ortalama sıcaklık değeri beklentisi olan yıl olduğu gibi birbirlerinden oldukça farklı, 3,2°C'ye varan değerde ortalama sıcaklık beklentileri olan yıl da bulunmaktadır.



Şekil 82: RCP8.5 / HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M Modelleri Projeksiyon Sonuçları İle Oluşturulan Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapması Aralığı

2.10.3. RCP4.5 Ve RCP8.5 Senaryoları İçin Birleştirilmiş Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapması Aralığı

Her iki senaryoya ait ortalama sıcaklıkların muhtemel aralığı grafiklerinin bir araya getirildiği grafikte, kırmızı renkteki alan RCP4.5 senaryosunun muhtemel ortalama sıcaklık aralığını ifade ederken, mavi renkteki alan RCP8.5 senaryosuna göre oluşturulan muhtemel ortalama sıcaklık aralığını göstermektedir. Grafikte yer alan mor renkli alan ise RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının aynı aralıkta beklentisi olduğu dönemleri belirtmektedir. Bu grafiğe göre senaryoların birbirine yakın muhtemel sıcaklık beklentisinin olduğu dönemlerin yüzyılımızın ikinci yarısından itibaren giderek azaldığı görülmektedir. Yüzyılın sonuna doğru ise gerçekleşmesi muhtemel ortalama sıcaklık değerlerinin senaryoların da ortaya koyduğu beklentiler ile paralel olarak birbirinden iyice ayrıştığı dikkat çekmektedir.



Şekil 83: RCP4.5 ve RCP8.5 / HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M Modelleri Projeksiyon Sonuçları İle Oluşturulan Muhtemel Ortalama Sıcaklık Sapması Aralığı

2.11. Projeksiyonların Klimatolojisi ve Ekstremler

Bu bölümde, üretilen projeksiyonlardan, örnek teşkil etmesi açısından bazı indisler hesaplanmıştır.

2.11.1. Türkiye Geneli Ortalama Yaz Sıcaklıkları Olasılık Dağılım Fonksiyonu Yüzdesi Grafiği

Bu grafik, ortalama yaz sıcaklıklarının Türkiye genelinde yüzde olarak dağılımından oluşturulan eğrilerde, periyotlar arasında oluşan farkı ortaya koymaktadır. Aynı zamanda eğride periyot içinde oluşan ortalama sıcaklıkların yüzde olarak frekans dağılımı da yer almaktadır. Oluşturulan bu grafiklerde, her iki senaryoya ve tüm küresel modellere göre tüm periyotlarda ortalama sıcaklıkların artış eğiliminde olacağı göze çarpmaktadır.

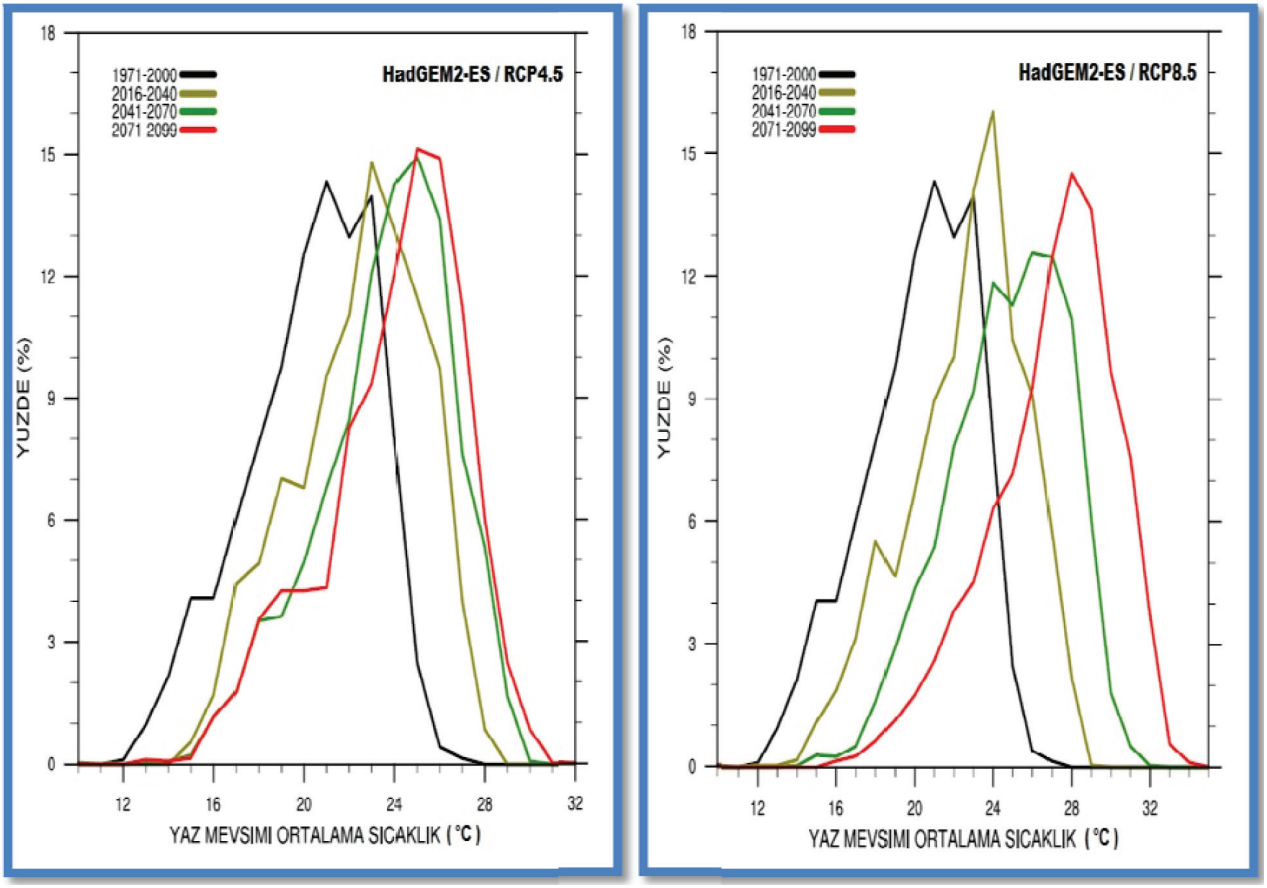
Ortalama sıcaklıklardaki bu değişim, tropik günlerde ülke genelinde daha fazla merkezde ve daha fazla sayıda gerçekleşeceğini, uç sıcaklıkların görülme ihtimalinin yükseldiğini, daha şiddetli ve daha uzun süreli sıcak hava dalgaları ile daha sık karşı karşıya kalabileceğimizi göstermektedir.

Aynı zamanda sıcaklıklardaki bu değişim tarımsal ürün deseni üzerinde de ciddi değişikliklere neden olacağı düşünülebilir.

2.11.1.1. HadGEM2-ES

HadGEM2-ES model sonuçlarına göre Türkiye geneli için ortalama yaz sıcaklıkları incelendiğinde gerek RCP4.5 gerekse RCP8.5 senaryolarına göre referans periyodundan son periyoda kadar aşamalı olarak ortalama sıcaklıklarda artış dikkat çekmektedir. Örneğin 1971-2000 periyodunda, ortalama sıcaklıkların 12°C-28°C arasında olduğu ve Türkiye genelinde frekansı en yüksek olan ortalama sıcaklığın 21°C olduğu görülmektedir. 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 dönemi için oluşturulan eğrilere bakıldığında ise ortalama yaz sıcaklıkları eğrisinin giderek sağa kayacağı, yani ortalama yaz sıcaklıklarında sürekli olarak bir artış eğilimi olacağı göze çarpmaktadır. 1971-2000 döneminde ortalama sıcaklıkların üst sınırı 28°C iken bu sınırın sırasıyla 2016-2040'da 29°C'ye, 2041-2070'de 30°C'ye, 2071-2099'da ise 31°C'ye yükseleceği öngörülmektedir. Yine aynı grafikte frekans dağılımları incelendiğinde, 1971-2000 periyodunda 21°C frekansı en yüksek ortalama sıcaklık olurken 2016-2040 periyodunda 23°C, 2041-2070 periyodunda 25°C, 2071-2099 periyodunda ise en yüksek frekansa sahip ortalama sıcaklığın 26°C'ye ulaşacağı tespit edilmiştir.

Bu değişim RCP8.5 senaryosunda daha belirgin şekildedir. Bu senaryoya göre ortalama sıcaklıkların üst sınırı 28°C'den 34°C'ye, frekansı en yüksek olan ortalama sıcaklığın ise 21°C'den 28°C'ye yükseleceği göze çarpmaktadır.



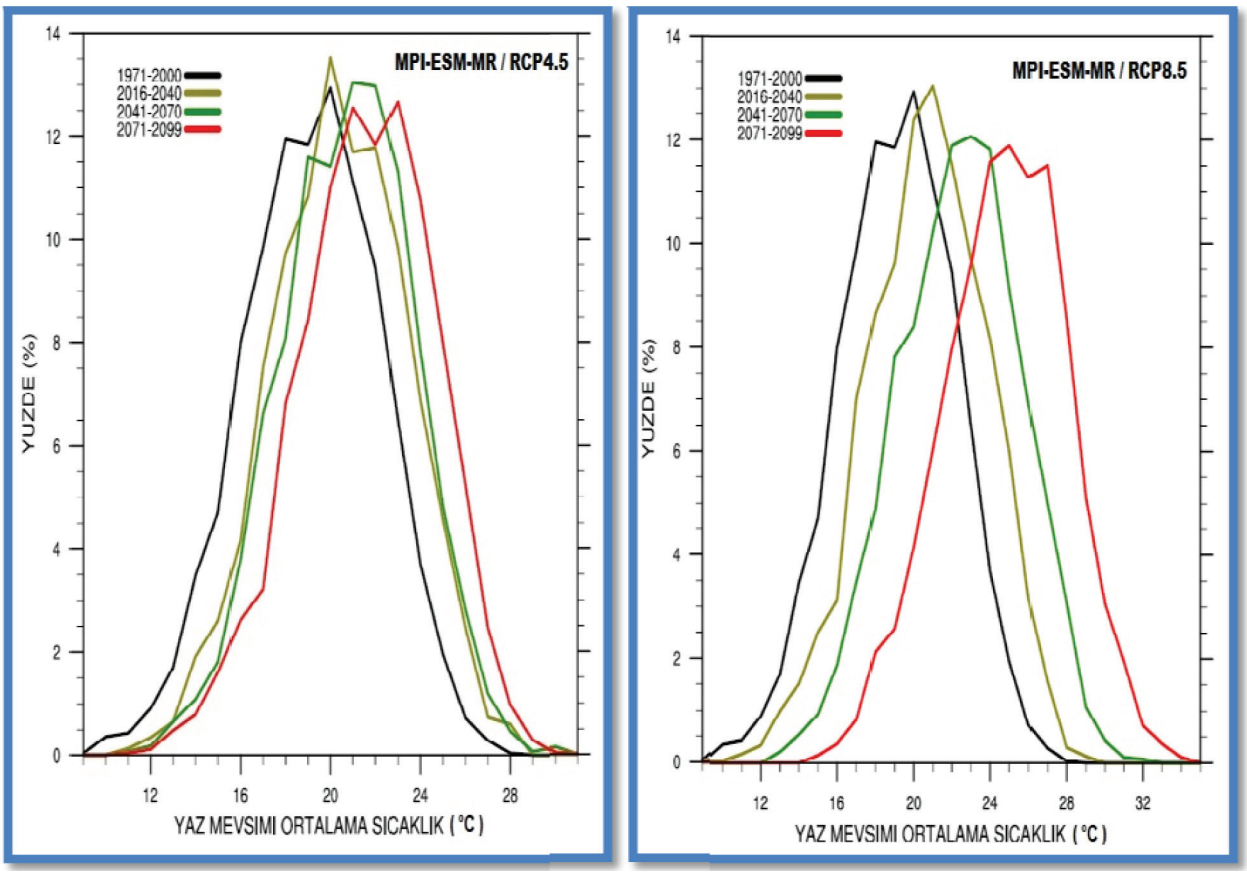
Şekil 84: HadGEM2-ES/RCP4.5-RCP8.5 Türkiye Geneli Ortalama Yaz Sıcaklıkları Olasılık Dağılım Fonksiyonu Yüzdesi Grafiği (Tüm Periyotlar)

2.11.1.2. MPI-ESM-MR

MPI-ESM-MR küresel model sonuçlarından elde edilen verilere göre oluşturulan grafiklere baktığımızda RCP4.5 senaryosuna göre periyotlar arasında küçük artışlar görülürken, RCP8.5 senaryosunda değişim çok daha belirgin şekildedir.

RCP4.5 senaryosuna göre Türkiye geneli yaz mevsimi ortalama sıcaklıkları, referans peryodunda 9°C-28°C arasında ve en yüksek frekansa sahip ortalama sıcaklık 20°C olurken yüzyılın son çeyreğinde, ortalama sıcaklıkların 10°C-30°C aralığına kaydığı görülmektedir. Yine aynı periyotta frekansı en yüksek sıcaklığın 23°C'ye yükseldiği göze çarpmaktadır.

RCP8.5 senaryosuna göre ise ortalama sıcaklıkların 9°C-28°C aralığından 2071-2099 periyodunda oldukça yüksek bir artışla birlikte 14°C-35°C aralığına kaydığı ve en yüksek frekansa ait ortalama sıcaklığın da 20°C'den 25°C'ye çıktığı görülmektedir.



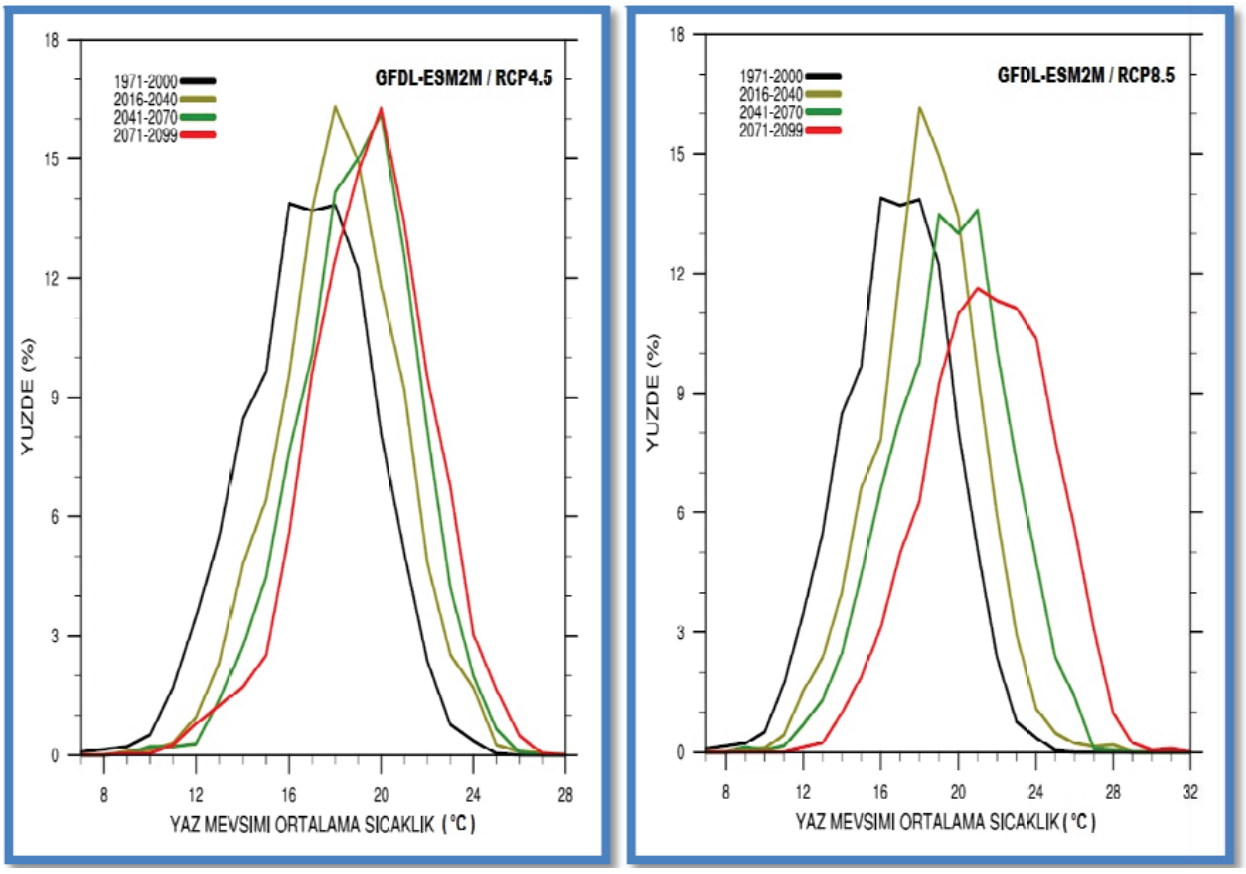
Şekil 85: MPI-ESM-MR/RCP4.5-RCP8.5 ürkiye Geneli Ortalama Yaz Sıcaklıkları Olasılık Dağılım Fonksiyonu Yüzdesi Grafiği (Tüm Periyotlar)

2.11.1.3. GFDL-ESM2M

GFDL-ESM2M küresel model projeksiyon sonuçları verilerinden elde edilen ortalama yaz sıcaklıkları grafiklerine bakıldığında da HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR'de olduğu gibi ortalama sıcaklıklar eğrisinin grafiğin sağına doğru kaydığı yani artış eğiliminin olduğu görülmektedir.

RCP4.5 senaryosuna bakıldığında Türkiye geneli yaz mevsimi ortalama sıcaklıkları eğrisi referans periyodunda (1971-2000) 7°C-25°C aralığında iken, 2071-2099 periyodunda 10°C-28°C aralığına kaydığı göze çarpmaktadır. Ayrıca periyotlar içerisinde frekansı en yüksek olan ortalama sıcaklık referans döneminde 16°C iken, bu değerin 2071-2099 periyodunda 20°C'ye yükseldiği dikkat çekmektedir.

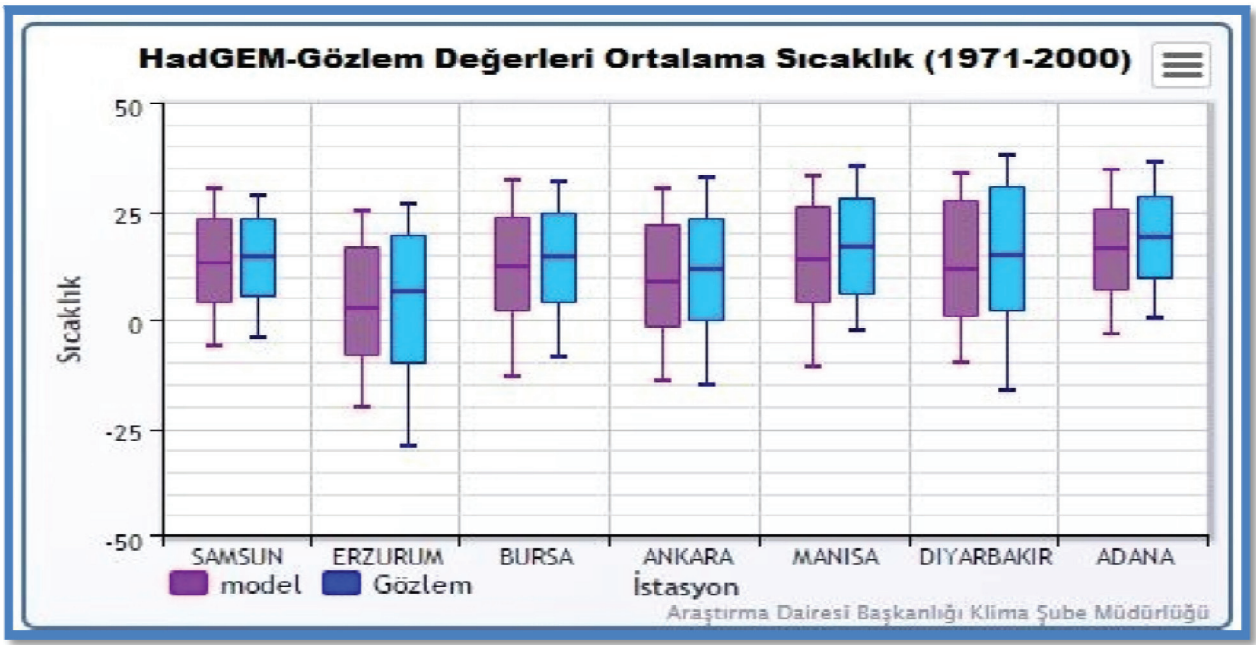
RCP8.5 senaryosuna ait grafiğe göre ise ortalama sıcaklık aralığının referans dönemine göre çok büyük değişiklik gösterdiği belirgin şekilde görülmektedir. Referans dönemi ortalama sıcaklık eğrisi 7°C-25°C aralığında iken, bu eğri 2071-2099 periyodunda 11°C-31°C aralığına kaymıştır. Yani yaz dönemi ortalama sıcaklıklarında ciddi bir artış görülmektedir. Yine aynı eğrideki frekansı en yüksek olan ortalama sıcaklıklara baktığımızda ise referans döneminde 16°C en yüksek frekansa sahip ortalama sıcaklık iken, 2071-2099 dönemi eğrisinde en yüksek frekansa sahip ortalama sıcaklığın 21°C ye yükseldiği görülmektedir.



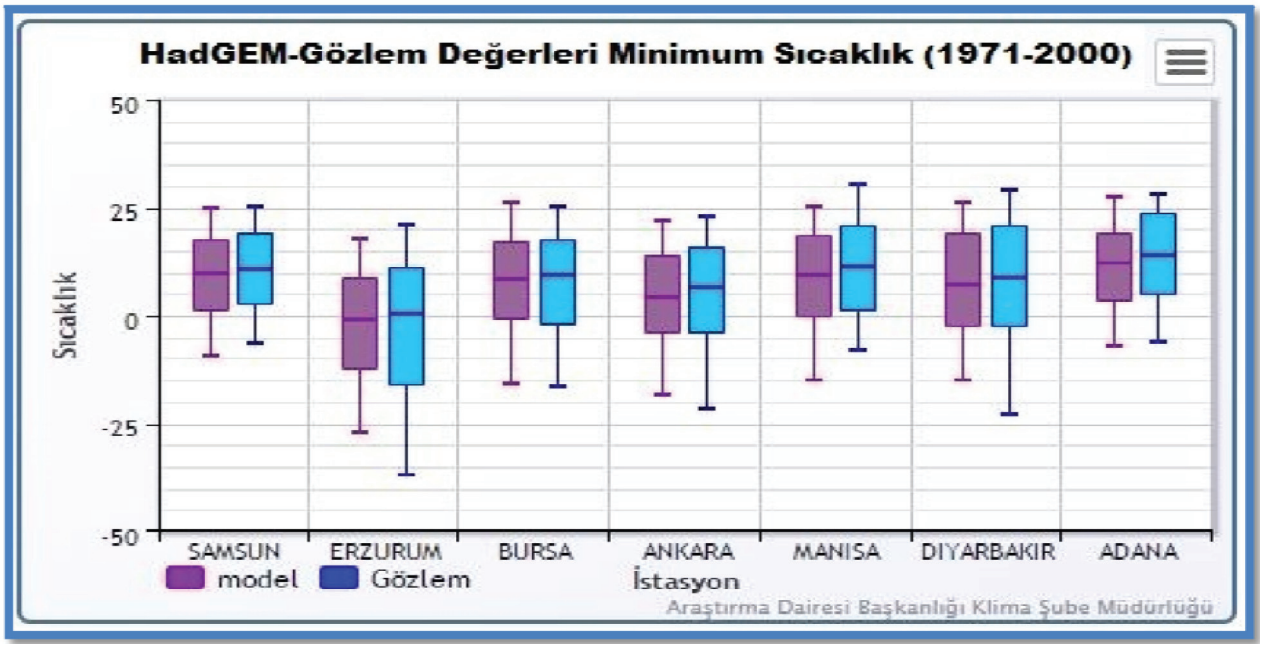
Şekil 86: GFDL-ESM2M/RCP4.5-RCP8.5 ürkiye Geneli Ortalama Yaz Sıcaklıkları Olasılık Dağılım Fonksiyonu Yüzdesi Grafiği (Tüm Periyotlar)

2.11.2. İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Sıcaklık ve Yağış Parametreleri İle Model Sonuçlarının Sıcaklık ve Yağış Parametrelerinin Eşik Değerlerin Kıyaslanması

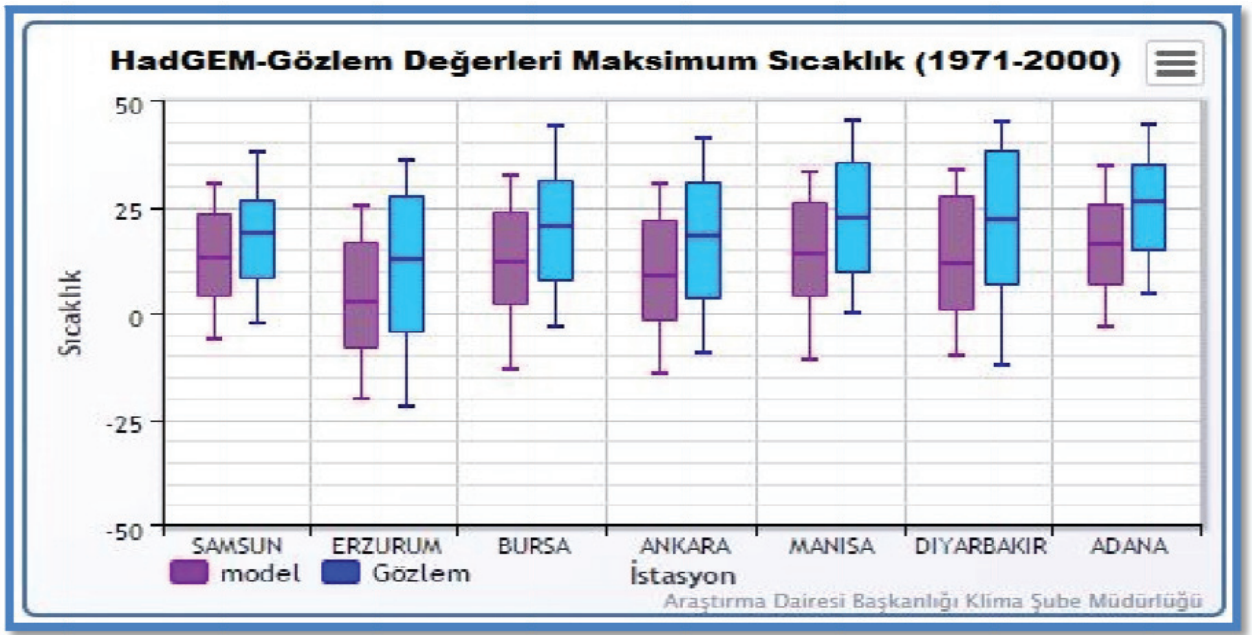
2.11.2.1. HadGEM2-ES



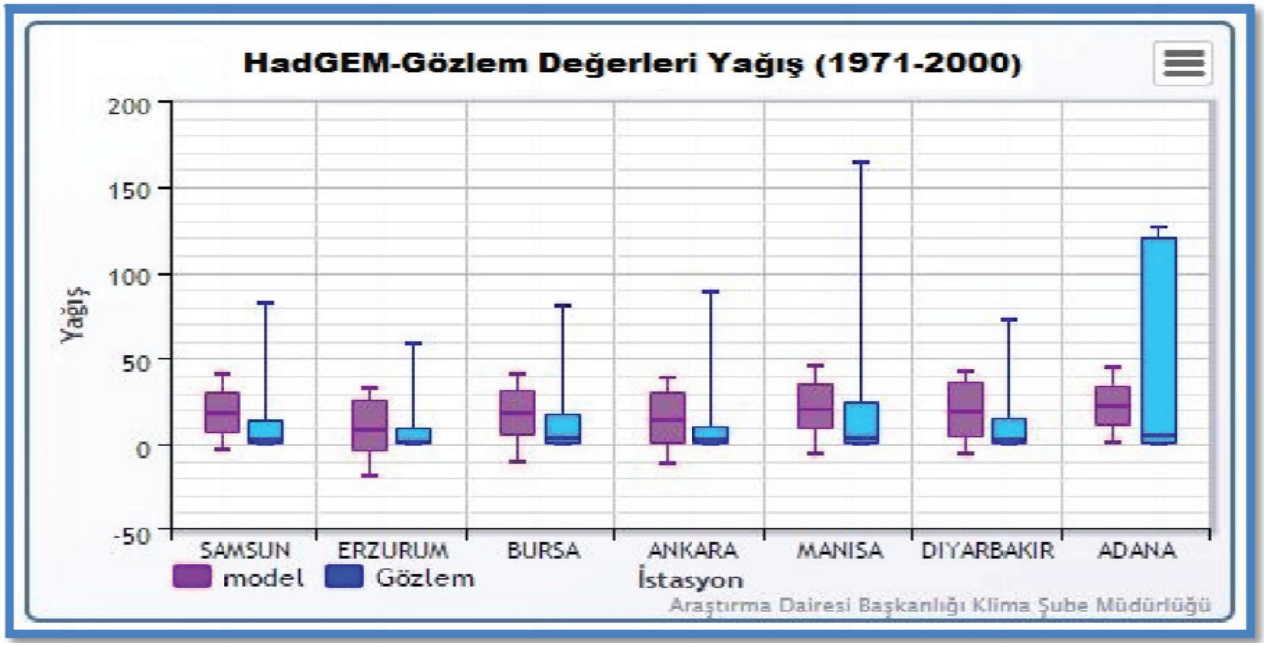
Şekil 87: 1971-2000 Periyodu İçin HadGEM2-ES Modeli Ortalama Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması



Şekil 88: 1971-2000 Periyodu İçin HadGEM2-ES Modeli Minimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması

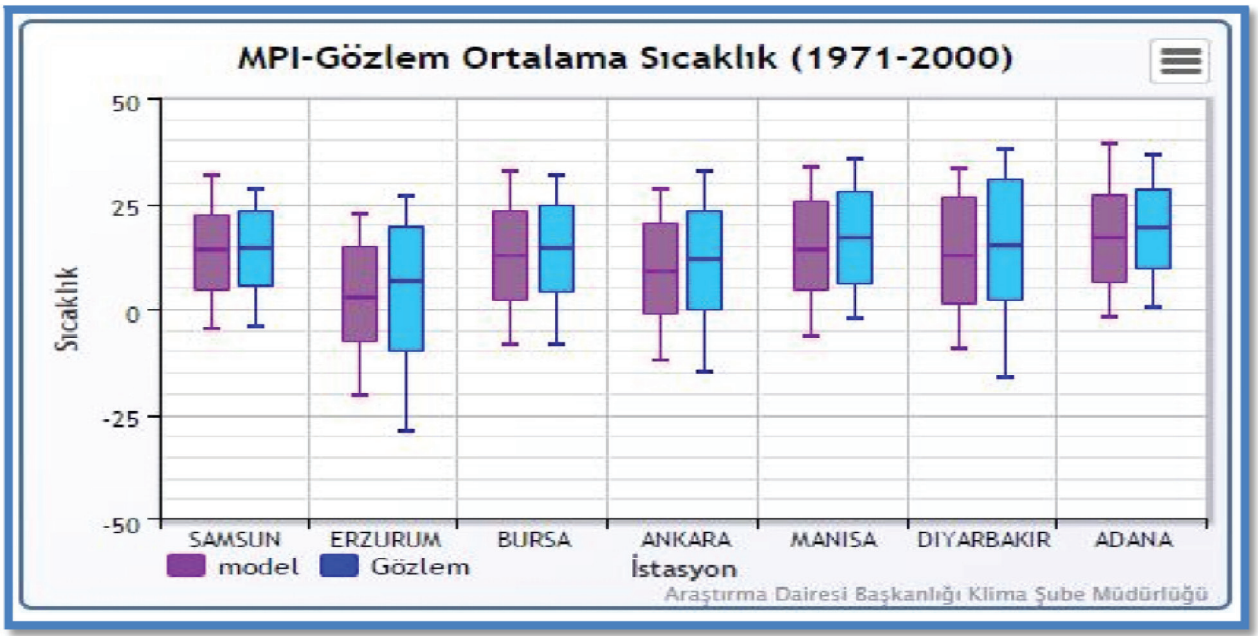


Şekil 89: 1971-2000 Periyodu İçin HadGEM2-ES Modeli Maksimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması

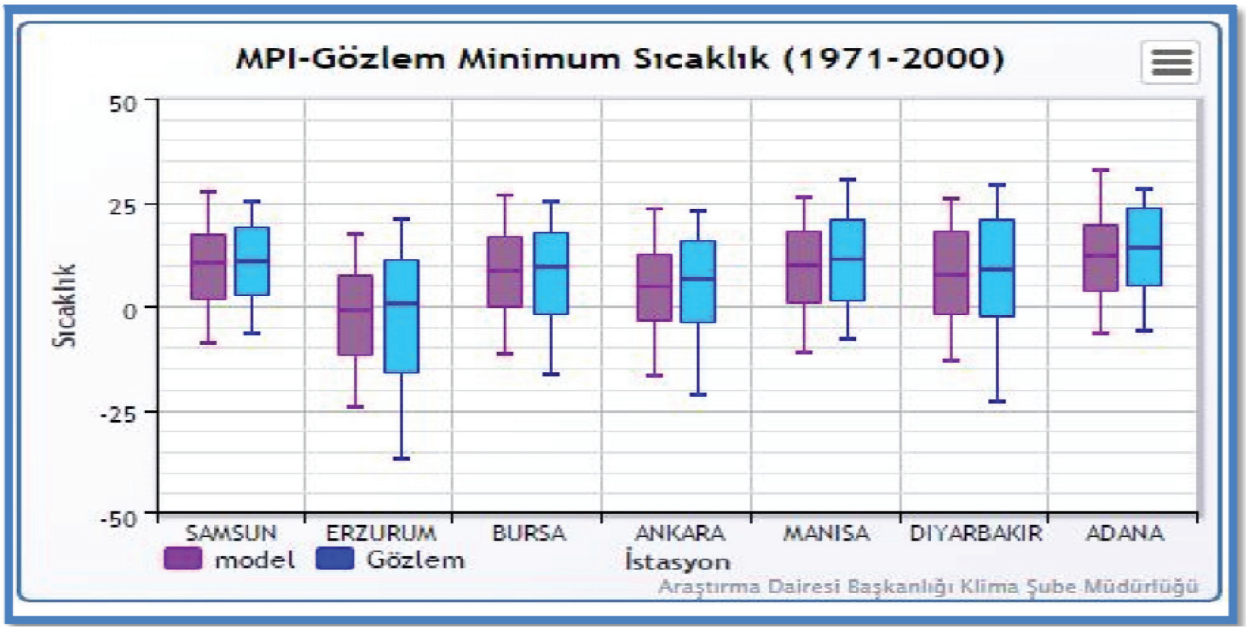


Şekil 90: 1971-2000 Periyodu İçin HadGEM2-ES Modeli Yağış Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması

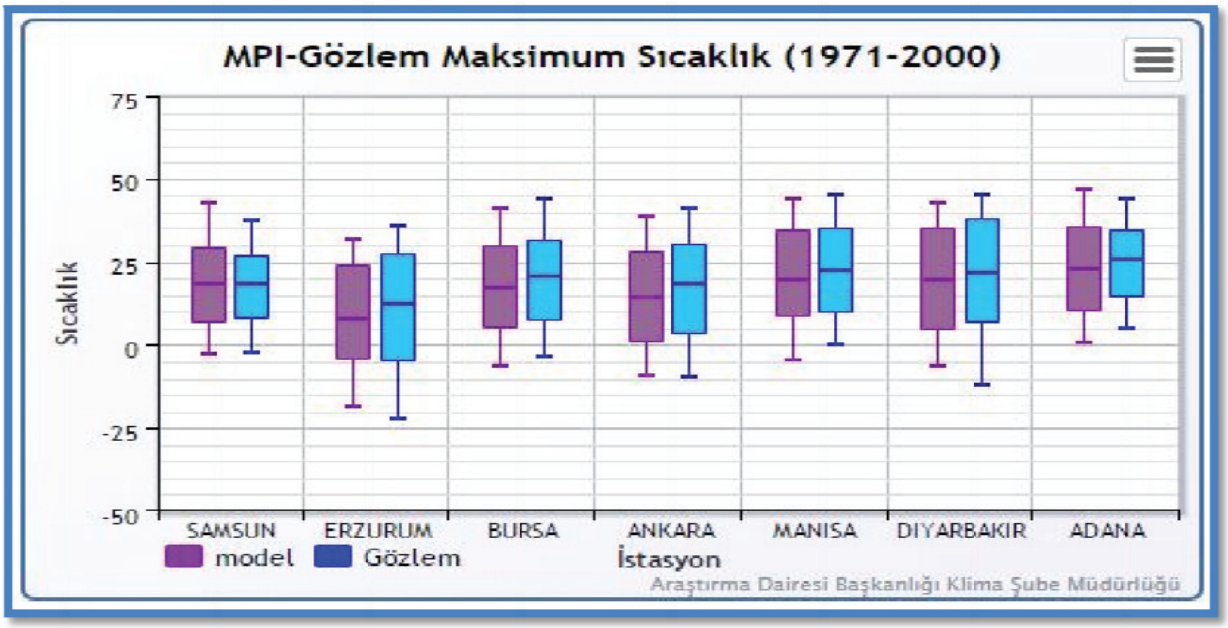
2.11.2.2. MPI-ESM-MR



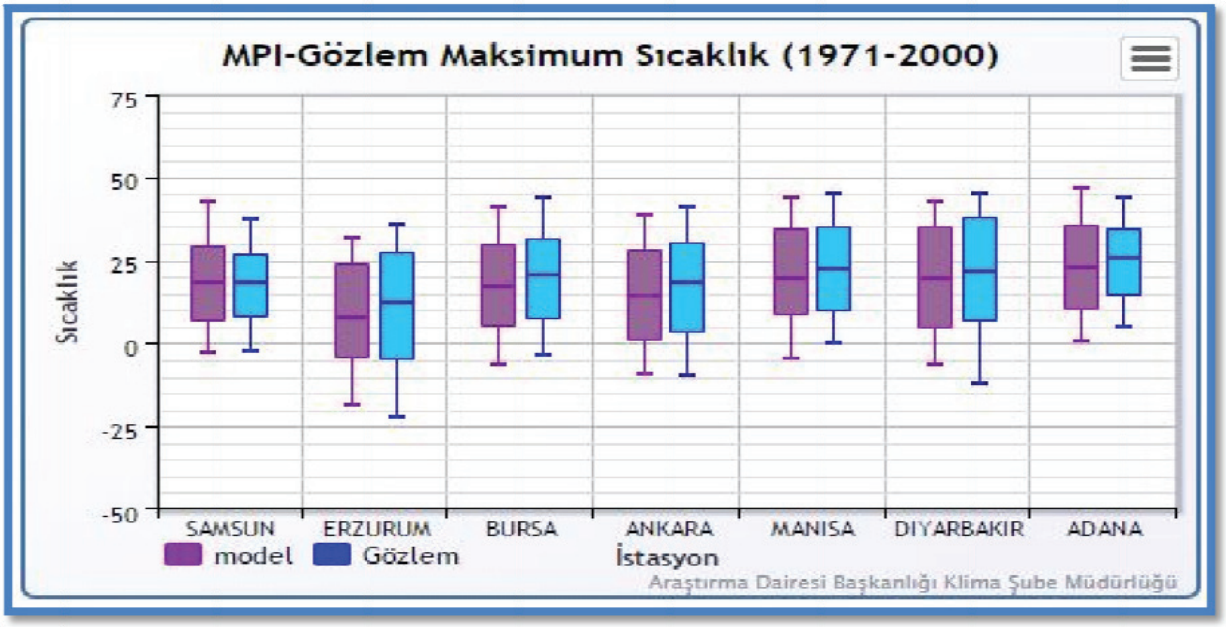
Şekil 91: 1971-2000 Periyodu İçin MPI-ESM-MR Modeli Ortalama Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması



Şekil 92: 1971-2000 Periyodu İçin MPI-ESM-MR Modeli Minimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması

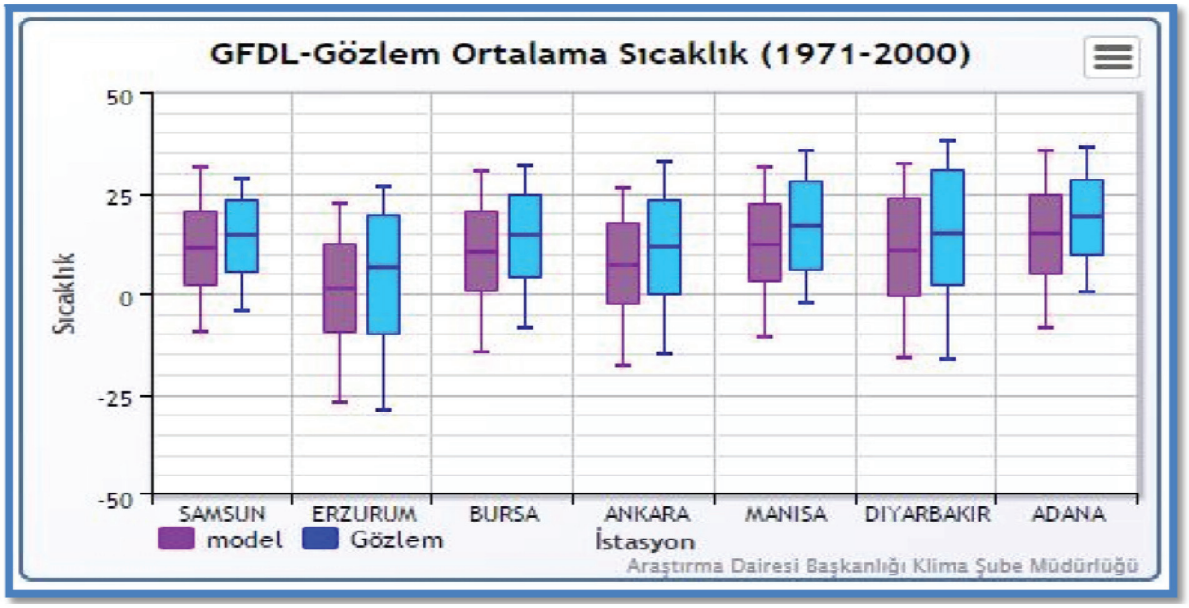


Şekil 93: 1971-2000 Periyodu İçin MPI-ESM-MR Modeli Maksimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması

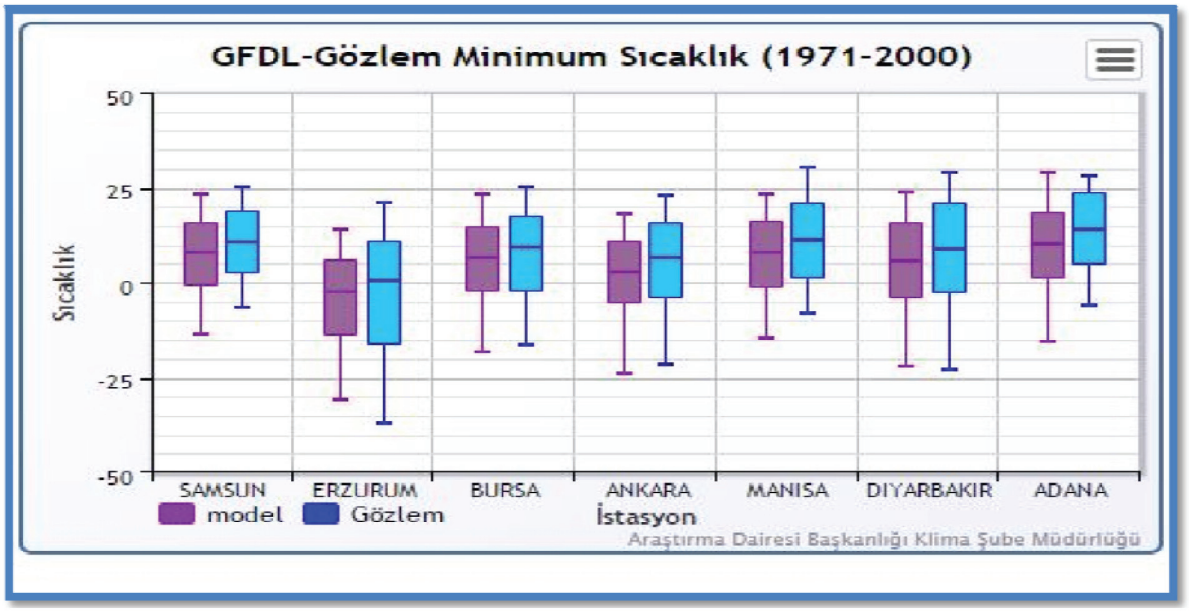


Şekil 94: 1971-2000 Periyodu İçin MPI-ESM-MR Modeli Yağış Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması

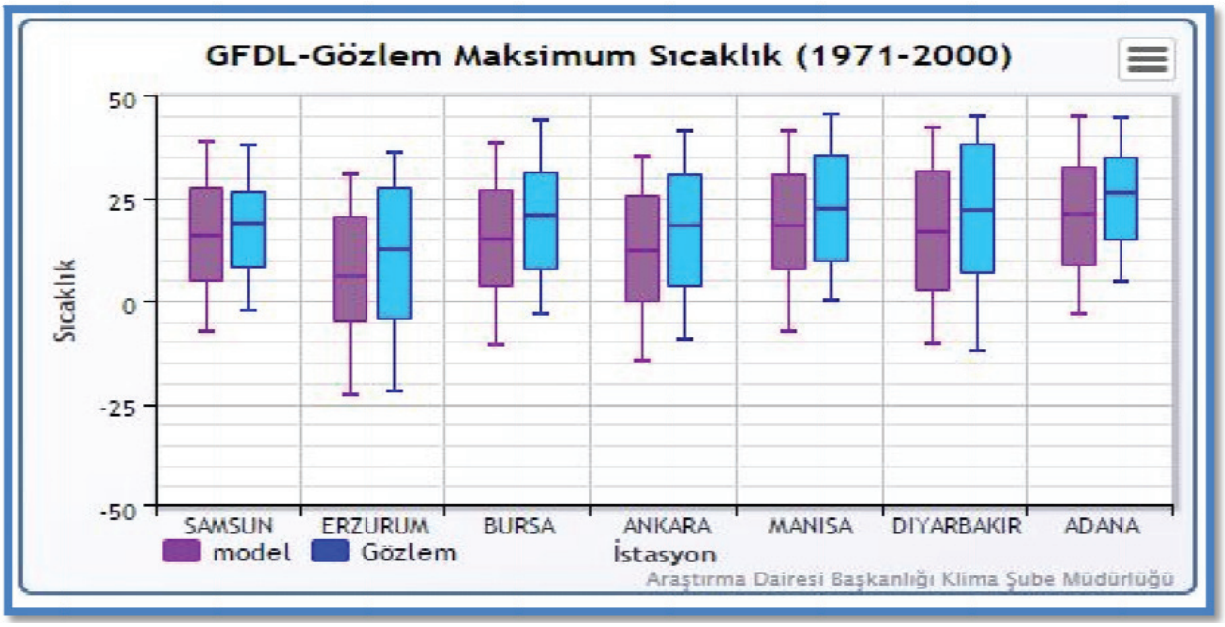
2.11.2.3. GFDL-ESM2M



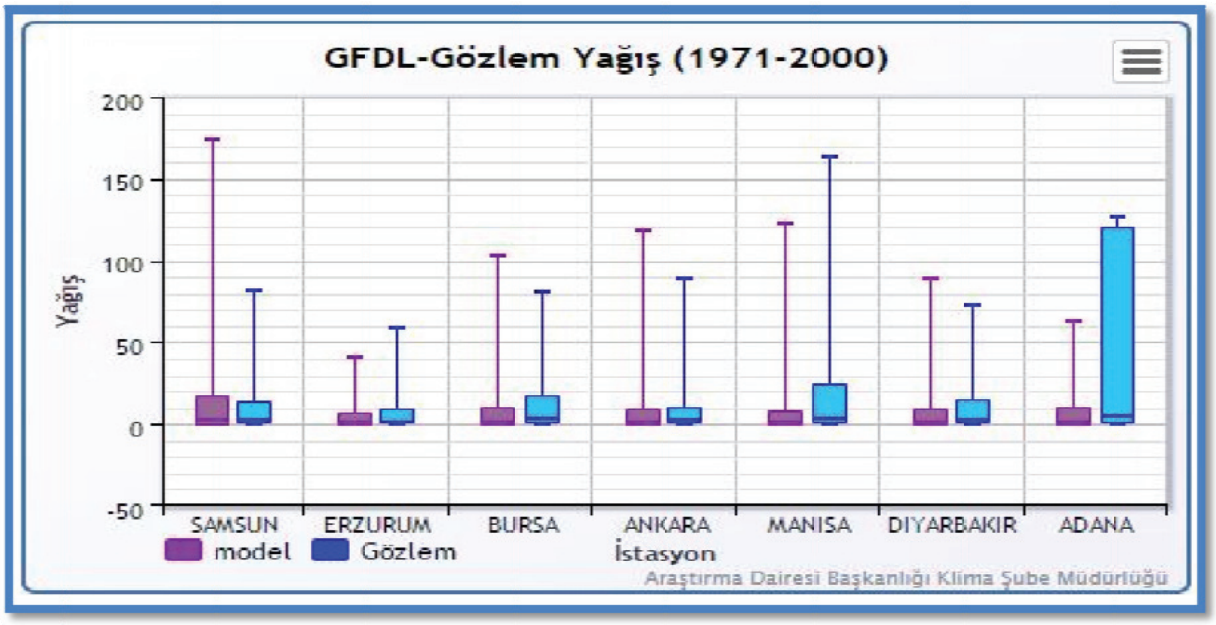
Şekil 95: 1971-2000 Periyodu İçin GFDL-ESM2M Modeli Ortalama Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması



Şekil 96: 1971-2000 Periyodu İçin GFDL-ESM2M Modeli Minimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması



Şekil 97: 1971-2000 Periyodu İçin GFDL-ESM2M Modeli Maksimum Sıcaklık Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması



Şekil 98: 1971-2000 Periyodu İçin GFDL-ESM2M Modeli Yağış Parametresi İle İstasyonlara Ait Gözlem Verilerinin Eşik Değerlerinin Kıyaslanması

Celal BORAZAN, 06.06.2014, ERZURUM

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ÇALIŞMALARI

3.1. Uluslararası İklim Değişikliği Çalışmaları

Daha önce de belli çalışmalar bulunmakla beraber, organize şekilde uluslararası iklim değişikliği çalışmalarının miladı olarak iklim konferansları verilebilir. İlk iklim konferansı 12-13 Şubat 1979 tarihinde Cenevre'de Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) tarafından toplandı. Toplantı genel olarak bilimsel nitelikteydi. Konferansta iklim verisi, iklim konularının tanımlanması, etki çalışmaları ve iklim değişikliği ve değişkenliği ile ilgili araştırma konularında çalışmak üzere 4 çalışma grubu oluşturuldu. Dünya İklim Programı ve Dünya İklim Araştırma Programları kuruldu. Ayrıca Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) temelleri oluşturuldu.

IPCC, WMO ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) girişimi ile 1988 yılında kuruldu. Amacı iklim değişikliğini bilimsel temelde incelemek, değerlendirmeler yapmak ve gerçekçi stratejiler oluşturmak için iklim değişikliğinin etkilerini incelemek olarak tanımlanmıştır. Kuruluşundan bu yana 5 değerlendirme raporu (1990, 1992 eki, 1994, 2001, 2007, 2013) yayınlamış ve iklim değişikliği konusunda uluslararası alanda en güvenilir ve en geniş kapsamlı bilgileri sunmuştur.

İkinci İklim Konferansı, 29 Ekim-7 Kasım 1990 tarihlerinde Cenevre'de toplanmıştır. Bu konferans ilk konferanstan daha politik bir ortamda geçmiş ve iklim değişikliği sözleşmesi için ciddi adımlar atılmıştır. IPCC 1. Değerlendirme Raporu bu konferansa yetiştirilmiştir. Bilim adamları ve uzmanlar iklim değişikliği riskine karşı ciddi anlamda uyarılarda bulunmuşlardır. Konferans sonunda bir "Bakanlar Bildirisi" yayınlandı. Bu bildiri her ne kadar beklentileri karşılamasa da Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (BMİDÇS) zeminini hazırladı. Bunun yanında Küresel İklim Gözlem Sistemi (GCOS) kuruldu.

3.1.1. Sözleşme

İnsan kaynaklı faaliyetlerin neden olduğu küresel ısınmanın iklim üzerindeki etkilerine karşı uluslararası alanda atılan en önemli adım 1992

yılında Rio de Janeiro'da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılan İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'dir (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren Sözleşmeye halen, aralarında ülkemizin de bulunduğu 194 ülkenin yanı sıra, Avrupa Birliği (AB) de taraftır. Ülkemiz Sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihinde katılmıştır. BMİDÇS, Taraf ülkelere, sera gazı salımlarını azaltmayı, araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliği yapmaya ve sera gazı yutaklarını (örneğin ormanlar, okyanuslar, göller) korumayı tavsiye etmektedir. Sözleşme, sera gazı salımlarının azaltılması için, ülkelerin kalkınma önceliklerini ve özel koşullarını göz önüne alarak "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar" yüklemiştir. "Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar" ilkesi bazı ülkelerin sanayi devriminden sonra iklim değişikliğine sebep olan sera gazlarını atmosfere diğer ülkelerden daha çok salmalarından ötürü daha fazla sorumluluk almaları gerektiği düşüncesine dayanmaktadır. Bu bağlamda, Sözleşme, farklı yükümlülüklere göre ülkeleri üç gruba ayırmıştır.

Ek 1 Ülkeleri: Bu grupta yer alan ülkeler, sera gazı salımlarını sınırlandırmak, sera gazı yutaklarını korumak ve geliştirmek; ayrıca iklim değişikliğini önlemek için aldıkları önlemleri ve izledikleri politikaları, mevcut sera gazı salımlarını ve salımlarıyla ilgili verileri bildirmekle yükümlüdürler. Bu grup iki ülke kümesinden oluşmaktadır. Birinci grupta 1992 yılı itibarıyla OECD üyesi olan ülkeler (bunların içinde Türkiye de vardır) ve AB, ikinci grupta ise pazar ekonomisine geçiş sürecindeki ülkeler yer almaktadır.

Ek 2 Ülkeleri: Bu gruptaki ülkeler birinci grupta üstlendikleri yükümlülüklere ilaveten çevreye uyumlu teknolojilerin özellikle gelişme yolundaki Taraf ülkelere aktarılması veya bu teknolojilere erişimin teşvik edilmesi, kolaylaştırılması ve finanse edilmesi hususlarında her türlü adımı atmakla sorumlu kılınmışlardır.

Ek Dışı Ülkeler: Bu ülkelere sera gazı salımlarını azaltmaları, araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliği yapmaları ve sera gazı yutaklarını korumaları tavsiye edilmekte, ancak belirli bir yükümlülük altına alınmamaktadırlar.

3.1.2. Kyoto Protokolü

1997 yılında imzaya açılan, 2005 yılında Rusya'nın taraf olması sayesinde yürürlüğe giren Kyoto Protokolü (KP) Ek 1 ülkelerinin 2000 yılından sonraki sera gazı salım hedeflerini düzenlemektedir. Yasal olarak bağlayıcılığı bulunan Protokol'e göre Ek B listesinde yer alan ülkeler 2008–2012 döneminde sera gazı salımlarını ortalama %5 oranında azaltacaklardır. Küresel sera gazı salımlarında büyük payı bulunan ABD Protokol'ü imzalamış, ancak taraf olmamıştır. Kyoto Protokolü'nün ilk dönemi 31 Aralık 2012 tarihi itibari ile sona ermiştir.

3.1.3. Uzun Dönem Müzakereler (2005-2009 Arası)

2005 yılında, Kanada-Montreal'de toplanan Kyoto Protokolü 1. Taraflar Toplantısı'nda (CMP 1), KP'deki ilgili madde (KP 3.9) gereği, Ek 1 ülkelerinin 2012 sonrası yükümlülüklerinin ne olacağı tartışılmaya başlanmış ve Ek 1 ülkelerinin İleri Dönem Yükümlülüklerinin Belirlenmesi Geçici Çalışma Grubu (AWG-KP) oluşturulmuştur. 11. Taraflar Konferansı'nda (COP 11) ise "sözleşme diyalogu (convention dialogue)" olarak anılan 4 adet çalıştay yapılmasına yönelik bir süreç oluşturulmuştur.

2007 yılında, Bali şehrinde düzenlenen COP 13 ve CMP 3'te LCA geçici çalışma grubu kurulmuş ve uzun vadeli konularla ilgili Bali Yol Haritası (Bali Roadmap) kabul edilmiştir. COP'13 te ayrıca Bali Eylem Planı kabul edilmiş ve azaltım, uyum, uzun vadeli işbirliği için ortak vizyon, teknoloji ve finans gibi konularda çalışmak üzere AWG-LCA geçici çalışma grubu oluşturulmuştur. İleri taahhüt dönemi müzakereleri ise AWG-KP çalışma grubu altında sürdürülmüştür. Bu iki geçici çalışma grubu çalışmalarının 2009 yılında Kopenhag'da düzenlenen 15. Taraflar Konferansı'na kadar devam ettirilmesi ve sonlandırılması kararlaştırılmıştır. Fakat her iki grup da 2012 yılında Doha'da gerçekleştirilen 18. Taraflar Konferansı'na kadar çalışmalarını devam ettirmiştir.

3.1.4. Kopenhag, 15. Taraflar Konferansı (2009)

Bu görüşmelerde şeffaflık ve süreçler ile ilgili uzun tartışmalar yaşanmıştır. Üst düzey oturumlarında, büyük ekonomiler ve bölgesel temsilciler ve diğer müzakere grupları arasında resmi olmayan müzakereler sürmüştür. Uzun oturumlar sonunda, 140 ülkenin desteklediği, 80 ülkenin not düştüğü "Kopenhag Mutabakatı" imzalanmıştır. Fakat Mutabakat'ın yasal bir yükümlülüğü olmaması beklentileri düşürmüştür. Mutabakat'ta küresel sıcaklık artısının 2°C'nin altında tutulmasını amaçlayan çalışmalar ve gelişmekte olan ülkelere mali yardım yapılması öngörülmektedir. Mutabakat metninde;

- Küresel sıcaklık artısının 2°C 'den daha az olması,
- Gelecek yılın sonuna kadar üzerinde uzlaşılan konulara yasal bağlayıcılık getirilmesi,
- Gelişmekte olan ülkelere yardım,
- Söz konusu yardım programı için 2010–2012 yıllarını kapsayan kısa vadeli dönemde Avrupa Birliğinin 10,6 milyar dolar, Japonya'nın 11 milyar dolar ve ABD'nin 3,6 milyar dolar vaadi,
- "Gelişmiş ülkelerin hedefleri" ve "önde gelen gelişmekte olan ülkelerin gönüllü vaatleri",
- Ormanların tahrip edilmesinin önlenmesi ve mali destek verilmesi ve benzeri konular bulunmaktadır.

3.1.5. Cancun, 16. Taraflar Konferansı (2010)

2010 yılı sonunda Meksika'nın Cancun şehrinde yapılan 16. Taraflar Konferansında müzakerelere devam edilmiştir. Bu konferansın 2012 sonrası iklim değişikliği süreci açısından en önemli sonucu, Cancun Anlaşmaları'dır. Cancun Anlaşmaları hem Sözleşme hem de Protokol altında sürdürülen müzakere konularını kapsamaktadır ve BMİDÇS 16. Taraflar Konferansı (COP 16) ile KP 6. Taraflar Toplantısı'nın anahtar çıktılarından oluşmaktadır.

Anlaşmalar, Kopenhag Mutabakatı'nda belirtildiği gibi sıcaklık artışının 2^0C'nin altında tutulmasının küresel bir hedef olarak benimsenmesine vurgu yaparak iklim değişikliği ile mücadele tedbirlerini, zengin ekonomilerden

yoksul ve iklim değişikliğinden etkilenebilirliği yüksek ülkelere finansman ve temiz teknoloji transferini, gelişme yolundaki ülkelerde orman kaybından kaynaklanan karbon salımlarının azaltılması konularındaki girişimleri ve kurumlar setini tanımlamaktadır.

Gelişmiş ülkelerin 'azaltım hedefleri' çok taraflı bu süreç altında resmi olarak tanınmıştır ve bu ülkelerin düşük karbonlu büyüme planları ve stratejileri geliştirmeleri, pazar mekanizmalarını da içerecek şekilde bu plan ve stratejileri nasıl hayata geçireceklerini değerlendirmeleri ve yıllık olarak envanterlerini raporlamalarına karar verilmiştir.

Gelişmekte olan ülkelerin ise azaltım faaliyetleri resmi olarak tanınmıştır ve bu ülkelerin ulusal programlarına uygun azaltım tedbirleri ile gelişmiş ülkeler tarafından gelişmekte olan ülkelere sağlanan mali ve teknolojik destekler için bir kayıt sistemi kurulmasına ve gelişmekte olan ülkelerin 2 yılda bir ilerleme raporu (ulusal bildirimler) hazırlamalarına karar verilmiştir. Anlaşma çerçevesinde azaltım faaliyetlerinin düzenlenmesi ve sağlıklı şekilde yürütülmesi için birçok yeni yapı ve organ oluşturulmuştur. Bunları sıralayacak olursak;

- Ulusal uygun azaltım eylemleri (NAMAs) hazırlanması;
- NAMA ölçümlerinin doğrulamalarının yapılması ve raporlanması (MRV),
- Ormansızlaşma ve neden olduğu salımın azaltılması konularında ormanların korunmasını da içeren yapı (REDD+)
- Cancun Adaptasyon Çerçevesi ve Adaptasyon Komitesi
- Teknoloji Mekanizması Teknoloji İcra Komitesi (TEC) ve İklim Teknoloji Merkezi ve Ağı (CTCN).
- Yeşil İklim Fonu (GCF) - Fonun 24 üyeli bir yönetim kurulu tarafından yönetilmesine ve iki adet komitenin (Geçici ve Daimi Komite) finansal faaliyetleri düzenlemesi için kurulmasına karar verildi.
- Arazi kullanımı ve arazi kullanım değişimi ve ormancılık (LULUCF) ile ilgili önlemler almak.
-

Kyoto Protokolü altında yürütülen müzakerelerin devam etmesine ve 1. ve 2. Yükümlülük dönemi arasında boşluk bırakmayacak şekilde tamamlanmasına karar verilmiştir. Ayrıca, Protokol altındaki Emisyon Ticareti ve proje temelli mekanizmaların LULUCF (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişikliği ve Ormancılık) ile ilgili önlemleri de içerecek şekilde devam etmesi üzerinde anlaşıldı. Ayrıca, piyasa temelli olan ya da olmayan yeni mekanizmalar oluşturmaya yönelik çalışmalar devam edecektir. İklim finansmanı konusunda, Taraflar gelişmekte olan ülkelere kısa dönemde (2012'ye kadar) 30 milyar dolar, uzun dönemde ise (2012–2020) yıllık 100 milyar dolar finansman yardımı yapma üzerinde anlaşmıştır. Toplantının en önemli neticelerinden biri de gelişme yolundaki ülkeleri sanayi kaynaklı salımlarda azaltım sağlamaya teşvik etmek için yeni bir fon kurulmasına karar verilmesidir. Fon, gelişme yolundaki ülkelerin iklim değişikliği ile mücadele alanındaki proje, program, politika ve diğer faaliyetlerini destekleyecek. "Yeşil İklim Fonu" gelişmiş ve gelişme yolundaki ülkelerden eşit sayıda seçilecek 24 üyeli bir kurul tarafından yönetilecektir. İdaresi ise geçici olarak Dünya Bankası'na verilmiştir. Durum 3 yıl sonunda gözden geçirilecektir.

İklim değişikliğine uyum konusunda Cancun Uyum Çerçevesi, Uyum Komitesi ve kayıp ve zararlara yönelik bir çalışma programı oluşturulmasına karar verilmiştir. Son olarak, teknoloji ile ilgili bir mekanizma oluşturulması hususunda anlaşmaya varılmıştır. Bu mekanizma Teknoloji İcra Komitesi ile İklim Teknoloji Merkezi ve Ağı bileşenlerinden oluşacaktır.

3.1.6. Durban, 17. Taraflar Konferansı (2011)

2011 yılında Durban'da gerçekleştirilen 17. Taraflar Konferansı'nda (COP17) birçok konu gündeme gelmiştir. Bunlardan özellikle Kyoto Protokolünün ikinci taahhüt dönemi, sözleşme kapsamında uzun vadeli işbirliği eylemi ve yeşil iklim fonu (GCF-3/CP17) yararlanma şartları konusunda anlaşma öne çıkmaktadır. Toplantılarda ayrıca, emisyonların azaltılması için kabul edebilir, geniş kapsamlı ve hukuki bağlayıcılığı bulunan yeni bir taahhüt rejimi oluşturulması amacı ile "Genişletilmiş Eylem İçin Durban Platformu" (ADP-1/CP17) kurulmuştur. Bu

platformun temel amaçlarından biri ise emisyonların düşük maliyetlerle azaltılmasını sağlamaya yönelik "piyasa temelli yeni mekanizmalar" oluşturulmasıdır. ADP'nin çalışmalarını 2015'te sonlandırması ve ADP çalışmaları neticesinde 2020 ve sonrası için hayata geçebilecek yeni emisyon rejiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

3.1.7. Doha, 18. Taraflar Konferansı (2012)

Doha'da kabul edilen kararlar paketi "Doha İklim Geçiş Kapısı" (Doha Climate Gateway) olarak adlandırılmaktadır (UN Climate Change Conference in Doha). AWG-KP ve AWG-LCA geçici çalışma gruplarının sonlandırılmasına karar verilmiştir. 18. Taraflar Konferansı'nda (COP 18) elde edilen en önemli sonuç, tarafların 2020 sonrası emisyon rejimi için 2015'e kadar (2014 sonunda taslak tamamlanacak ve 2015 mart ayında ulaşılabilir olacak), tüm tarafları tatmin eden, uygulanabilir, bilimsel veriler ışığında hazırlanan yeni bir anlaşma yapılması gerektiği konusunda görüş birliğine varmalarıdır. Bununla birlikte, temel problemlerden birinin 2012 ile 2020 arasındaki 8 yıl boyunca, küresel ısınmanın 2°C de tutulması hedefinden sapmamak için gerekli emisyon azaltımının nasıl gerçekleştirileceğinin tam olarak belirlenememesi olduğu görülmüştür.

Cancun ve Durban'da ortaya konan gönüllülük esasına dayalı emisyon azaltım bildirimleri uygulaması ile bu 8 yıllık boşluğun doldurulmaya çalışıldığı anlaşılmaktadır. Doha'da, 2012-2020 yılları arasında gönüllük esasında, hukuksal bağlayıcılığı olan bildirim veren ülkeler AB (27 ülke), Avusturalya, Beyaz Rusya, Hırvatistan, İzlanda, Kazakistan, Norveç, İsviçre ve Ukrayna olarak sıralanmaktadır. Bununla birlikte Rusya, ABD, Kanada, Japonya ve Yeni Zelanda Kyoto Protokolü'nün 2. Döneminde yükümlülük almamışlardır ve bu büyük emisyon üreticilerinin bu konuda pek de hevesli olmamasının, bu 8 yıllık dönem ve 2020 sonrası rejim açısından endişe verici olarak algılandığı gözlenmiştir.

En az gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkelerin, emisyon azatlımı, iklim değişikliğinin neden olduğu "kayıp ve zararlar" ve adaptasyon ile ilgili finansal kaynaklar, teknoloji transferi gibi konularda hemen hemen her platformda gelişmiş ülkelerin tarihi sorumluluklarına vurgu yaptıkları ve daha fazla yardım/ilgi bekledikleri gözlemlenmiştir. Bu bağlamda iklim fonlarına sağlanacak kaynaklarla ilgili olarak Almanya, İngiltere, Fransa, İsveç ve AB Komisyonu 2015'e kadar 6 milyar dolar yardım yapacaklarını açıklamıştır.

Bununla birlikte, Avustralya, AB, Japonya, Lihtenştayn, Monako ve İsviçre Doha kararlarına ek olarak verilen ikinci taahhüt periyodundaki diğer taraflardan artan emisyonları satın almayacaklarını deklere etmişlerdir.

3.1.8. Varşova, 19. Taraflar Konferansı (2013)

Varşova toplantıları süresince COP 19, CMP 9, SBI39, SBSTA39 ADP2-3 toplantıları gerçekleştirilmiştir. COP'un son oturumunda müzakereler daha önceki toplantılarda uzlaşılan konuların karar bağlanmasına yoğunlaşmıştır. Taraflar 2015'te nihai anlaşmaya ulaşılması konusunda ortak tavır göstermiş, ormansızlaşmadan kaynaklanan emisyonların azaltılması ve kayıp-zarar konularında ciddi kararlar alınmıştır. Fakat 2015'te planlanan nihai anlaşma için tarafların pozisyon belirlemede net olmadıkları ve sonraki müzakereleri bekledikleri anlaşılmaktadır. Bu bağlamda taraflar kendi ülkelerinde anlaşma için hazırlık yapacaklarını ve çalışmaları yoğunlaştıracaklarını belirtmişlerdir. Bunun için 2015 ilk çeyreğinden önce şeffaf ve açık planlarını sunacaklarını bildirmişlerdir.

Bunun yanında taraflar, 2020 öncesi boşluğun doldurulması adına bakanlar düzeyinde daha sık bir araya gelinmesi konusunda görüş birliğine varmışlardır. Konferansta tartışılan diğer önemli konu ise "kayıp ve zararlar" konusu olmuştur. Konferans sırasında Filipinler'de yaşanan tayfun hadisesi ve neden olduğu zarar bu konuya ayrı bir önem verilmesini sağlamıştır. Bu konuda en hassas bölgelerde yaşayan insanların daha iyi korunması için bir mekanizma oluşturulmasına karar verilmiştir. Bu mekanizmanın 2014 yılında başlayacağı ve "Kayıp ve zararlar için Warsaw uluslararası mekanizması Warsaw international mechanism for loss and damage" olarak anılacağı bildirilmiştir.

2014-2020 periyodunda gelişmekte olan ülkelerin adaptasyon ve emisyon azaltımı için ihtiyaç duyduğu finansın nasıl aktarılacağı konusuna taraflar açıklık getirmişlerdir. Ayrıca gelişmiş ülkelerin bu konuda nasıl bir yol izleyeceklerini 2 yılda bir sunulan bildirimlerinde gösterecekleri bildirilmiştir. Yeşil İklim Fonu'nun acilen COP x20'ye kadar aktif hale getirilmesi istenmiştir. Ormansızlaşmadan kaynaklanan emisyonların azaltılması konusu diğer bir önemli tartışma konusu olmuştur. Diğer bir konu ise iklim teknoloji merkezi ve ağı olmuştur. Bu konuda gelişmekte olan ülkelerin taleplerinin acilen karşılanması gerektiği belirtilerek, gelişmekte olan ülkelerin de işlemleri hızlandırmak amacıyla odak noktası seçmeleri istenmiştir.

Müzakereler çerçevesinde ülkemiz, yeni dönemde belirlenecek rejim ve üzerinde uzlaşılacak anlaşma için beklentilerini dile getirdiği 29 Ağustos 2013 tarihli bir bildiriyi sekreteryaya göndermiştir. Bu bildiride genel olarak yeni anlaşmada olmasını beklediğimiz hususlar dile getirilmiştir.

3.1.9. Lima, 20. Taraflar Konferansı (2014)

Peru Lima'da gerçekleştirilen 20. Taraflar Konferansı'nda (COP 20) ülkelerin 2020 öncesi ve 2020 sonrası yapacakları konusunda faaliyetleri belirginleşmiştir. Buna göre 2020 öncesi;

- 2020'ye kadar ilave azaltım çabaları,
- Taraf ülkelerin azaltıma ilişkin ulusal katkılarını 2015 yılında sunması

2015 yılında Fransa Paris'te yapılacak olan 21. Taraflar Konferansı'nda (COP 21) Durban Güçlendirilmiş Eylem Platformu (ADP 2.8) Oturumu çerçevesinde görüşülecek konular ise 2020 sonrası için ele alınan konu başlıklarıdır. Buna göre yeni antlaşmanın bileşenleri;

- Azaltım,
- Uyum,
- Finans,
- Teknoloji geliştirme ve transferi,
- Kapasite geliştirme,
- Eylem ve desteğin şeffaflığı konularıdır.

Azaltım konusunda, ülkelerin "Ulusal Katkı Niyetleri" olarak değerlendirilen vaatlerinin herhangi bir bağlayıcılığının olmaması, ancak verilen bu katkının gerçekleşmesi için tüm çabanın gösterilmesi gibi konular görüşülmektedir. Ulusal katkıların çerçevesi, her ülkenin kendi şartlarına göre belirleyeceği bir çerçevede sunmasına imkân tanıyacak şekilde kabul edilmiş olup, ülkemiz açısından son derece olumlu değerlendirilmektedir. Diğer bir önemli husus ise kararda eklere atıf yapılmamış olup, tüm ülkelere çağrı yapılmış olmasıdır.

Ayrıca, yine ülkemiz adına önemli bir kazanım olarak değerlendirilen diğer bir husus ise 21. Taraflar Konferansı'nda ülkemize 2020'ye kadar iklim değişikliğine ait oluşturulan fonlardan yararlanma imkânının olmasıdır.

3.2. Ulusal İklim Değişikliği Çalışmaları

3.2.1. Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları

İklim değişikliği ile ilgili olarak, iklim modeli ile projeksiyonların üretilmesi konusunda ilk geniş kapsamlı çalışma Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ile İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nün birlikte yürüttüğü TÜBİTAK KAMAG projesidir. Bu proje kapsamında ülkemizin 2008 yılında tamamlanan proje ile ülkemizin 2100 yılına kadar SRES senaryoları bazında iklim projeksiyonları üretilmiştir. Proje ürünlerinden diğer birçok proje ve çalışmada yararlanılmıştır. IPCC 4. Değerlendirme Raporu'ndan sonra başlatılan 5. Değerlendirme Raporu çalışmaları kapsamında yeni senaryo setleri (RCPs) oluşturulmuş ve küresel iklim projeksiyonları CIMIP5 projesi bünyesinde üretilmiştir.

Bu senaryolar temelinde, MGM tarafından Türkiye ve çevresi için iklim projeksiyonları üretme çalışmaları başlatılmıştır. Gerekli altyapı ve kapasite gereklilikleri tamamlandıktan sonra İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ile işbirliği halinde çalışmalar halen yürütülmektedir. Bu durum aynı zamanda Orman ve Su İşleri Bakanı Sayın Veysel EROĞLU'nun ısrarla üzerinde durduğu Kamu-Üniversite işbirliğine önemli bir örnek teşkil etmektedir.

Çalışmalar iki temel üzerinde ilerlemektedir. Bir taraftan IPCC 5. Değerlendirme Raporu'ndaki küresel modeller ve senaryolar (RCPs) kullanılarak Türkiye için iklim projeksiyonları üretilirken, diğer yandan elde edilen ürünlerin her alandan kullanıcıların kolay bir şekilde faydalanabileceği bir platform oluşturulmakta ve geliştirilmektedir (Demir, Ö., vd., 2013 ; Demircan, M., vd., 2014; Demircan, M., vd., 2014). İlk olarak RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına ait HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL küresel modeli sonuçları dinamik ölçek küçültme yöntemi kullanılarak bölgesel iklim projeksiyonları elde edilmiştir.

3.2.2. İklim Değişikliği Konusundaki Mevcut Belgeler

Bilindiği üzere 3-14 Haziran 1992 yılında toplanan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda (Rio Konferansı) dünyadaki en önemli çevre sorunlarından olan iklim değişikliği ve çölleşme konuları da gündeme getirilmiştir (5.Ulusal Bildirim). Bu konferansta küresel ısınmayı durdurmak amacıyla, insan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazı miktarının sınırlandırılmasını hedefleyen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi-BMİDÇS (United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCCC) imzaya açılmış ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Ülkemizde de iklim değişikliği konusunda yapılan çalışmalar bu yıllarda başlamış olup, son on yılda artan bir ivme kazanmıştır. Türkiye atmosferde tehlikeli bir boyuta varan insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkisini önlemek ve belli bir seviyede durdurmak için akdedilen "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi"ne 24 Mayıs 2004 tarihinde 189. Taraf olarak resmen katılmıştır. Bunun yanında, sözleşmeyi henüz imzalamadan önce, Ek 1 listesinde olan ülkemiz, 2001 Marakeş'te düzenlenen 7. Taraflar Konferansı'nda (COP 7) etkin tutumu sayesinde özel koşullara haiz olduğunu taraflara kabul ettirmiştir. Bu durumu daha sonraki konferanslarda (Cancun2010, Durban2011 ve Doha2012) perçinleyecek kararlar alınmasını sağlayarak kapasite geliştirme, teknoloji transferi, finans vb. araçlardan yararlanma hakkını elde etmiştir.

Kyoto Protokolü'nün hayata geçebilmesi için sera etkisi yaratan gazların %55'i oranında yayılımını yapan ülke tarafından imzalanması gerektiğinden, son olarak 18 Kasım 2004 tarihinde Rusya Federasyonu'nun da onaylamasıyla Kyoto Protokolü 16 Şubat 2005 tarihinde fiilen yürürlüğe girmiştir. Türkiye 26 Ağustos 2009 tarihinde Kyoto Protokolü'ne resmen taraf olmuştur.

İklim değişikliğinin zararlı etkilerinin önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması, yapılacak çalışmaların daha verimli olabilmesi, kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşları arasında koordinasyon ve görev dağılımının sağlanması ve bu konuda ülkemizin şartları da dikkate alınarak uygun iç ve dış politikaların belirlenmesi amacıyla, 2001/2 sayılı Genelge ile,"İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK)" oluşturulmuştur. Kurulun yapısı 6.1.2012 tarih ve 28165 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan 2012/2 sayılı Genelge ile son dönemde kurulan yeni bakanlıklar, bakanlık adı ve teşkilat yapılarındaki değişikliklerle uyumlu hale getirilerek yeniden düzenlenmiştir.

İDKK kararları doğrultusunda iklim değişikliği konusunda ülkemizde yapılacak çalışmaların kapsamının belirlenmesi, stratejilerin ve eylem planlarının oluşturulması, konuyla ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından yapılması gereken faaliyetlerin belirlenmesi amacıyla birçok belge hazırlanmış, ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından strateji oluşturulmuş ve mevzuat çalışması yapılmıştır. Aşağıda konuyla ilgili olan belgeler özetle verilmiştir.

Kurulun yapısı, 7.10.2013 tarih ve 28788 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan yeni Başbakanlık Genelgesi ile; daha önce 2001/2 sayılı Genelge ile kurulmuş olan "İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu" (2010/18 ve 2012/2 sayılı Genelgeler ile yeniden yapılandırılmış) ve 2012/22 sayılı Genelge ile kurulmuş olan ''Hava Emisyonları Koordinasyon Kurulu''nun birleştirilmesiyle yeniden düzenlenmiştir. İklim değişikliği ile mücadele ve hava emisyonları yönetimi konularının birbiriyle ilişkili ve bütüncül olarak ele alınması gereken konular olması ve ulusal ölçekte ilgili kurum ve kuruluşların ortak olması nedeniyle anılan kurulların birleştirilerek "İklim

Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu" adıyla yeniden yapılandırılması uygun görülmüştür.

3.2.2.1. Küresel Isınmanın Etkileri ve Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetimi Konusunda Kurulan (10/1, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17) Esas Numaralı Meclis Araştırması Komisyonu Raporu

İklim ve iklim değişikliği ile neden olduğu olumsuz etkiler hakkında verilen on iki ayrı önerge konularının benzer olması nedeniyle birleştirilerek, Genel Kurulun 23.10.2007 tarihli 10'uncu birleşiminde görüşülmüş ve "Küresel Isınmanın Etkileri ve Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetimi" konulu bir Meclis Araştırması Komisyonu kurulması kararlaştırılmıştır. Önergelerin gerekçelerinde özetle;

- Dünya'da ve ülkemizde su kaynaklarının yetersizliği ve küresel ısınmaya bağlı olarak bazı bölgelerde kasırga, fırtına, sel ve taşkınlar, uzun süreli, şiddetli kuraklık ve çölleşme yaşanacağı,
- Türkiye'nin küresel ısınma, sanayi kirliliği, bilinçsiz su kullanımı sonucu çok yakın bir tarihte ciddi sorunlar ile karşı karşıya kalacağı,
- Türkiye gibi kurak ve yarı kurak iklim kuşağında bulunan ülkelerde en büyük sorunun kuraklık olacağı,
- Küresel ısınma ve kuraklık nedeniyle ülkemizde bazı göllerin su seviyelerinde azalma tespit edildiği ve bunların kurumaya başladığı, bazı göllerimizde ise kirlilik oranının çok büyük boyutlara ulaştığı,
- Ekolojik dengenin bozulduğu, yeraltı ve yer üstü su kaynaklarının kuraklık nedeniyle yeterince beslenemediği ve yetersiz kaldığı,
- Halkın su kullanımı konusunda bilinçli davranmadığı ve bazı illerde susuzluk ve elektrik kesintisi korkusu yaşandığı, büyükşehir belediyelerinin bazı tasarruf önlemleri almaya çalıştığı fakat alınan önlemlerin yetersiz kaldığı,
- Tarım sektöründe ise ürün çeşitliliğinde ve üretimde önemli oranlarda azalma tespit edildiği ve sorunların gündeme geldiği,
- Bu nedenlerle, küresel ısınmanın etkilerinin ve su kaynaklarımızın potansiyelinin tespit edilmesi, önümüzdeki dönemde, zaten kıt olan su kaynaklarımızın korunması, bilinçli kullanılması ve ileride karşılaşılması muhtemel su kıtlığına karşı önlemlerin alınması gerektiği ifade edilmiştir.

Raporun sonundaki öneriler kısmında, iklim değişikliği ve neden olduğu olumsuz etkilere karşı hangi önlemlerin alınacağına dair ayrıntılı şekilde öneriler getirilmektedir. Bu yönü ile rapor iklim değişikliği ve olası etkileri hakkında daha sonra hazırlanan birçok ulusal belgeye rehber niteliğindedir.

3.2.2.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kapsamında Türkiye'nin Durumunu Değerlendirmeye Yönelik Rapor (2009)

İklim Değişikliği Koordinasyon Kuruluna (İDKK) sunulmak üzere, İDKK üyelerinin de görüşleri alınarak, o zamanki adı ile Çevre ve Orman Bakanlığı koordinasyonunda Dışişleri Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı uzmanlarınca hazırlanan bu belge, Türkiye'nin özel şartlarını değerlendirmeye yardımcı olabilmek amacıyla hazırlanmış rapordur. Rapor ayrıca Marakeş'te kabul edilen Türkiye'nin özel durumu ile ilgili kararın temel alınarak, pozisyonunun güçlendirilmesi için mevcut durumun ayrıntılı bir analizi niteliğindedir. Bu anlamda raporda Türkiye'nin sosyal, ekonomik, çevresel ve enerji alanlarındaki durumu ortaya konmuştur. Bunun yanında, rapor müzakerelerde izlenecek politikanın belirlenmesinde önemli bir yardımcı kaynak olarak işlev görmektedir. Rapor Türkiye'nin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı uyum politikaları geliştirilmesi ve ihtiyaç duyduğu mali kaynaklar hakkında da ciddi bilgiler içermektedir.

3.2.2.3. Onuncu Kalkınma Planı

Ülkemiz 1963 yılında sosyoekonomik potansiyelini değerlendirmek ve bu potansiyeli orta dönemde planlarla en iyi şekilde yönlendirebilmek için, amaç ve hedeflerin önceliklerini tespit etmek

amacıyla planlı döneme girmiştir. 2014-2018 yılları için hazırlanmış olan Onuncu Kalkınma Planı'nın ilk bölümünde iklim değişikliği ve çevre başlığında ele alındığı, genel olarak tanımlandığı görülmektedir. Bu tanım ve açıklamalar çerçevesinde; iklim değişikliği kavramı, çevre kirliliği, çölleşme, ormansızlaşma, su kıtlığı ve küresel ısınma ile beraber değerlendirilerek sürdürülebilir kalkınma hedefleri ve yeşil büyüme olarak adlandırılan büyüme modeli ile ilgisi ortaya konmuştur. Buna ek olarak, yine aynı bölümde, "Gıda, Su ve Doğal Kaynakların Etkin Kullanımı" başlığı altında iklim değişikliğinin gıda, su ve doğal kaynaklara etkisi ele alınmıştır. 9. Kalkınma Planı dikkate alındığında 10. Plan'da iklim değişikliğinin daha kapsamlı ve daha yoğun biçimde farklı etkileşimlerinin de incelendiği anlaşılmaktadır.

İklim değişikliği ile ilgili amaç ve hedefler, planın 4 temel amacından biri olan "Yaşanılabilir mekânlar, sürdürülebilir çevre" amacı içerisinde ele alınmıştır. Bu kapsamda özellikle iklim değişikliği ile mücadele, biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi ve yeşil büyümeye vurgu yapılarak bu konuda önlemler alınacağı ve politikalar geliştirileceği vurgulanmıştır. Buna ek olarak aynı amaç altında, iklim değişikliğinin neden olduğu doğal afetlere de vurgu yapılarak, afet öncesi risk azaltım tedbirlerinin alınacağı, bütünleşik afet tehlike ve risk haritalarının hazırlanacağı ve bu bağlamda planlamalar yapılacağı bildirilmektedir. Ayrıca çevrenin korunması başlığında, iklim değişikliğinin uluslararası boyutuna dikkat çekilerek, iklim değişikliği ile mücadele ve uyum çalışmalarının ülke gerçekleri gözetilerek "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar" ile "göreceli kabiliyetler" ilkeleri doğrultusunda sürdürüleceği belirtilmiştir.

3.2.2.4. Ulusal Bildirimler

BMİDÇS'nin 12. Maddesine göre Ek 1 ülkeleri birinci ulusal bildirimlerini sözleşme yürürlüğe girdiği tarihten itibaren (1994) altı ay içinde sunmakla yükümlüdür. Diğer bildirimlerin hangi tarihte yapılacağı Taraflar Konferansında alınan kararlara göre belirlenmiştir. EkI ülkelerinin 1 Ocak 2010 tarihine kadar 5. Ulusal Bildirimlerini sunmaları gerekmekter idi. Türkiye 2014 itibari ile Beşinci Ulusal Bildirimi'ni sunmuştur. Cancun'da yapılan taraflar toplantısında (COP 16) alınan karara göre Ek 1 ülkelerinin 6. Ulusal Bildirim'lerini 1 Ocak 2014 tarihine kadar sunmaları konusunda çağrıda bulunulmuştur.

Birinci Ulusal Bildirim

Ülkemizin 24 Mayıs 2004 tarihinde taraf olduğu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamında hazırlanması gereken Birinci Ulusal Bildirim, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) aracılığıyla Küresel Çevre Fonu'ndan (GEF) sağlanan hibe finansal destek ile hazırlanmıştır.

İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi ile mevcut durum, 1990-2004 yılları arasına ait sera gazı emisyon envanteri, emisyon kaynakları ve buna bağlı olarak azaltım potansiyeli, politika ve önlemler, projeksiyonlar, iklim değişikliğinin ülkemize etkileri, eğitim ve kamuoyunu bilinçlendirme gibi konularda bir yol haritası ortaya konulmaktadır. Çalışma ayrıca, bundan sonraki "İklim Değişikliği Ulusal Bildirimi"nin hazırlanmasına ve bu kapsamda yapılacak olan çalışmalara temel oluşturmuştur. İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi 1 Kasım 2006 tarihinde İDKK tarafından onaylanarak 2007 yılı ocak ayında BMİDÇS Sekretaryasına sunulmuştur.

Beşinci Ulusal Bildirim

Ülkemiz 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'ne taraf olmuştur ve söz konusu sözleşmenin sorumlulukları gereğince Türkiye, BMİDÇS Sekretaryasına ülkemizin İklim Değişikliği Ulusal Bildirimlerini sunmakla yükümlüdür. Bu kapsamda 2007 yılında sunulan Türkiye'nin İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildiriminin ardından 5. Ulusal Bildirim (2, 3, 4 ve 5. Bildirimler tek bir başlık altında toplanarak) sekreteryaya sunuldu.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda, Küresel Çevre Fonu'nun (GEF) finansman desteği ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) yürütücülüğü ile tamamlanan "Türkiye'nin BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne İlişkin İkinci Ulusal Bildirimi Hazırlık

Faaliyetlerinin Desteklenmesi Projesi" kapsamında hazırlanan İklim Değişikliği 5. Ulusal Bildirim Raporu;

1. Ulusal şartlar,
2. Sera gazı emisyon ve yutak envanteri,
3. Politika ve önlemler,
4. Sera gazı projeksiyonları,
5. İklim değişikliği etkileri, etkilenebilirlik ve uyum,
6. Finans ve teknoloji
7. Araştırma ve sistematik gözlem ile
8. Eğitim, öğretim ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi

başlıkları altında sekiz ana bölümden oluşmaktadır.

Bildirim, ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının, özel sektör temsilcileri ve sivil toplum kuruluşları ile üniversiteler ve akademik çevrelerin etkin katılımı ve işbirliği ile hazırlanmıştır. Ulusal Bildirim, ülkemizin iklim değişikliği bağlamında mevcut ve gelecek durumunu ortaya koyabilecek nitelikte bütüncül bir yaklaşımla ve bilimsel yöntemlerle hazırlanmış son derece kapsamlı bir rapor olmasının yanı sıra uluslararası iklim değişikliği politikalarının ulusal politikalara entegre edilmesinde önemli bir role sahip bir belgedir.

3.2.2.5. İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (İDEP)

Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi ve 9. Kalkınma Planı'nda hazırlanması öngörülen "İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (İDEP)" ülkemiz şartları çerçevesinde ilgili tarafların katılımıyla sera gazı emisyonlarının azaltımı ile iklim değişikliğine uyum politika ve tedbirlerini ortaya koymak amacı ile hazırlanmıştır.

İDEP, İDKK üyeleri kurum ve kuruluşlarla beraber geniş bir paydaş grubuyla birlikte hazırlanmış ve 2011 yılı mayıs ayında tarihinde kabul edilmiştir. Söz konusu plan iki ana eylem planından oluşmaktadır. Bunlar;

1. Sera Gazı Emisyon Kontrolü Eylem Planı,
2. İklim Değişikliğine Uyum Eylem Planı'dır

İDEP kapsamında kurumsal yapılanma ve politika oluşturma, teknoloji geliştirme ve transferi, finansman ve ekonomik araçlar, veri ve bilgi sistemleri, eğitim ve kapasite artırımı alanları ile İDEP izleme ve değerlendirme mekanizmalarıyla ilgili eylemler bir araya getirilmiştir.

İDEP, Ulusal İklim Değişikliği Strateji'nde yer alan hedefler için alt eylemler sunmakta ve bunların hayata geçirilebilmesi ile ilgili olarak sorumlu kurum/kuruluşlar ve zamanlamayı tanımlamaktadır.

3.2.2.5.1.Sera Gazı Emisyon Kontrolü Eylem Planı

İDEP'in Sera Gazı Emisyon Kontrolü bölümü, Kyoto Protokolü Ek A'da yer alan sektörler ile BMİDÇS'nin İklim Değişikliği Ulusal Bildirimi ve Sera Gazı Envanteri raporlama formatlarında istenen sektörler esas alınarak oluşturulmuştur. Ayrıca, bütün sektörleri ilgilendiren ortak eylemler de belirtilmiştir. Bu sektörler aşağıda verilmektedir:

- Enerji
- Sanayi
- Ulaştırma
- Binalar
- Atık
- Tarım
- Arazi Kullanımı ve Ormancılık

Bu sektörlerle ilgili birçok eylemde de Bakanlığımız, DSİ, MGM ve OGM'nin sorumlu ve ilgili kurum olarak görevi bulunmaktadır.

3.2.2.5.2.İklim Değişikliğine Uyum Eylem Planı

İklim Değişikliğine Uyum bölümü, BMİDÇS'de de yer alan uyum ve etkilenebilirlik değerlendirmelerinin yapılmasını, bu bağlamda uyuma yönelik plan ve düzenlemelerin geliştirilmesi ve uygulanmasını temel almış olup öncelikli eylem alanları aşağıda verilmiştir:

- Su Kaynakları Yönetimi
- Tarım ve Gıda Güvenliği
- Ekosistem Hizmetleri, Biyolojik Çeşitlilik ve Ormancılık

- Doğal Afet Risk Yönetimi
- İnsan Sağlığı

3.2.2.6. Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı

Birleşmiş Milletler (BM) Ortak Programı kapsamında 2008-2011 yılları arasında "Türkiye'nin İklim Değişikliğine Uyum Kapasitesinin Geliştirilmesi Projesi" Çevre ve Şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Birleşmiş Milletler Sınaî Kalkınma Örgütü (UNIDO) tarafından yürütülmüştür. Ortak Program, İspanya Hükümeti tarafından BM'e aktarılan Binyıl Kalkınma Hedeflerine Ulaşma Fonu (MDG-F) tarafından desteklenmiştir. Proje çıktılarından biri olarak Türkiye'nin ilk uyum stratejisi olan İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı hazırlanmıştır (5. Ulusal Bildirim).

Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi ve İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (İDEP) süreci ile eşgüdüm halinde aynı doğrultuda hazırlanmış olup İDEP içinde belirtilen ve yukarıda sözü edilen beş temel etkilenebilirlik alanına odaklanılmıştır.

"Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı"'nın geliştirilmesinde atılan ilk adım Strateji'nin temel amacını ve ilkelerini içeren bir çerçevenin çizilmesi olmuştur. Bu çerçeve, ülkenin sürdürülebilir kalkınma politikaları doğrultusunda, iklim değişikliğinin sosyoekonomik sektörlere olası etkilerinin birleşik ilişkileri kurularak çizilmiş, böylelikle uyum için gerekli olan bölgesel/yerel düzeydeki yapısal ihtiyaçlar ve önceliklerin (farklı vadelerde) tespiti için kolaylaştırıcı bir zemin oluşturulmuştur.

Strateji çerçevesinde mevcut politik inisiyatifler vurgulanmış ve iklim değişikliğinin etkilerine uyumda yasal/kurumsal altyapıya, planlama süreçlerine ve katılımcı mekanizmalara dair potansiyel engellere dikkat çekilmiştir.

Belirlenen amaçlara dair hedefler ve eylemler belirlenirken, Türkiye'nin yürürlükte olan "Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi"nin iklim değişikliğine uyum ile doğrudan ya da dolaylı ilgili hedefleri dikkate alınmış, ayrıca mevcut diğer plan ve programlarla ilişkiler ve öncelikler özenle korunmuştur.

Her bir stratejik amacın altındaki hedef/hedefler ve eylemler süre, çıktılar, performans göstergeleri, sorumlu/koordinatör kuruluş ve ilgili kuruluşlar belirlenerek tespit edilmiştir. Tematik her alan için hazırlanan strateji ve eylem planı bölümleri ayrı ayrı yapılan toplantılarla ilgili tüm kesimlerin değerlendirmelerine ve onayına sunularak 2012 yılında kabul edilmiştir.

Hasan GÜNDÜZ, 15.09.2014, DİYARBAKIR

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilindiği üzere iklim değişikliği küresel ölçekte etkileri olan ve yalnızca bir çevre sorunu olarak değil; bir kalkınma sorunu olarak değerlendirilen bir konudur. Ülkemiz iklim değişikliğinin etkilerinin yoğun hissedileceği Doğu Akdeniz Havzası'nda yer almaktadır. Bu nedenle ülkemiz, iklim değişikliğinin olumsuz etkileri yönünden, yüksek risk grubu ülkeler arasında kabul edilmektedir. Bu çerçevede, iklim, iklimdeki değişiklik ve değişebilirliklerin izlenmesi ile iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı yürütülecek olan uyum konularında çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

İklimin izlenmesi, iklim değişikliği ve değişebilirliği konularında çalışmalar yapmak, 14.01.1986 tarih ve 18988 sayılı resmi gazetenin 3254 nolu kanun maddesinde yer alan "Meteoroloji Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun" ve 17.01.2013 tarihli ve 2139 sayılı Bakanlık Makam Oluru ile yürürlüğe girmiş olan "Meteoroloji Genel Müdürlüğü Merkez ve Taşra Teşkilatı Birimlerinin, Kuruluş, Görev, Yetki ve Sorumluluklarının Belirlenmesine Dair Yönetmelik" ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nin sorumluluğuna verilmiştir. Bu kapsamdaki çalışmalar hem ulusal hem de uluslararası düzeyde yakından takip edilmektedir. Bu çalışmalara etkin olarak katılım ve katkı sağlanmaktadır. İklim değişikliği konusunda yapılan çalışmalar ve bulgular ulusal ve uluslararası platformlarda paylaşılmaktadır.

Dünyanın merakla beklediği Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) 5. Değerlendirme Raporu 27 Eylül 2013 tarihinde açıklandı. Bu rapora göre bilim adamlarınca yapılan bütün analizlerde, yeni deliller ve bulgular, iklim değişikliğinin kesinlikle gerçek olduğunu ve bu durumun daha önce olmadığı kadar vahim gözüktüğünü göstermektedir. Ayrıca bu

deliller dünyanın giderek ısındığı gerçeğini de desteklemektedir. Bu uluslararası rapor, iklim değişikliği ile ilgili bilim çevrelerince yayınlanan en esaslı ve güvenilir özet çalışmadır ve dünya genelinde 250'den fazla bilim adamının iklim değişikliği konusunda yayınlanmış çalışmalarının derlenmesi sonucunda ortaya çıkmıştır.

Dünyamız geçen yüzyılda 0,9°C ısınmasına rağmen, aşırı hava olaylarının sayısında ve şiddetindeki artış çok dikkat çekicidir.

IPCC 5. Değerlendirme Raporunun 3 Temel Bulgusu;

1. Küresel ortalama yüzey sıcaklığı, dünyanın yakıt olarak petrol, kömür ve gaz kullanmaya başlamasından itibaren 0,9°C yükselmiştir ve bu yükselmenin 2/3'ü 1950 den sonra olmuştur.
2. Bilim adamları, 1950'den buyana meydana gelen küresel ısınmanın insan aktiviteleri sonucu oluştuğu görüşünde daha önce olmadıkları kadar %95 oranında emin olmuşlardır.
3. Eğer hâlihazırdaki durum bu şekilde devam ederse küresel ortalama sıcaklığın daha da yükselmesi kaçınılmaz olacaktır. Bu da daha fazla insanın yaşamını yitirmesi, daha fazla maddi kayıplar yaşanması ve aşırı hava olaylarının daha sık ve şiddetli yaşanmasına neden olacaktır.

Bu raporda dikkat çeken diğer unsurlarsa sıcaklık ve yağış beklentileridir. Buna göre sıcaklıkların kötümser senaryoya göre dünyada ortalama 2,6 ila 4,8°C, iyimser senaryoya göre ise 0,3 ila 1,7°C artması beklenmektedir. Ayrıca, sıcak hava dalgalarının frekanslarının ve sürelerinin daha da artması, aşırı yağışların daha da şiddetli olacağı ve bazı bölgelerde sıklığının artacağı da beklenmektedir.

Kurumumuzda da dünyada yapılan çalışmalara paralel olarak iklim değişikliği çalışmaları yapılmakta ve modeller yardımıyla, günümüzden yüzyılın sonuna kadar iklim değişikliği projeksiyonları geliştirilmektedir. Bu çalışmalardaki amacımız ülkemizin iklim değişikliği konusunda geleceğe dair bir planının olması ve ülkemizdeki iklim değişikliğine uyum, zarar azaltım faaliyetlerine destek olmaktır. Yapmış olduğumuz "Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği" çalışmamızın genel sonuçları değerlendirildiğinde;

HadGEM2-ES küresel model verileri ile RegCM4.3.4. bölgesel iklim modeli kullanılarak 20 km çözünürlüklü projeksiyon sonuçlarına göre; Sıcaklıkların 2016-2099 periyodunda RCP4.5 senaryosuna göre 1,0 ile 4,4°C ve ortalama 2,5°C, RCP8.5 senaryosuna göre ise 0,9 ila 7,1°C ve ortalama 3,6°C artması beklenmektedir. Sıcaklık artışına karşı en hassas bölgelerimiz Doğu Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerimizdir (Demir, Ö., vd., 2013 ; Demircan, M., vd., 2014; Demircan, M., vd., 2014). Yağış miktarlarında ise iyimser senaryoya göre ülke genelinde 2040-2050 yıllarına kadar pozitif anomaliler beklenirken, kötümser senaryoya göre 2035 yılına kadar pozitif anomaliler beklenmektedir. Bu yıllardan sonra ise ortalama yağış miktarlarında azalışlar beklenmektedir.

MPI-ESM-MR küresel model verileri ile RegCM4.3.4. bölgesel iklim modeli kullanılarak 20 km çözünürlüklü projeksiyon sonuçlarına göre; sıcaklıkların 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 (Gürkan, H., vd., 2015). Yağış projeksiyon sonuçlarına bakıldığında; RCP4.5 senaryosuna göre periyot boyunca Türkiye genelinde yağışlarda yıllık ortalama olarak 30 mm/yıl civarında bir azalış öngörülürken, 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 azalış öngörülmektedir (Gürkan, H., vd., 2015).

GFDL-ESM2M küresel model verileri ile RegCM4.3.4. bölgesel iklim modeli kullanılarak 20 km çözünürlüklü projeksiyon sonuçlarına göre; sıcaklıkların RCP4.5 senaryosuna göre ortalama 1,5°C, RCP8.5 senaryosuna göre ise ortalama olarak 2,5°C artması ön görülmektedir. Yağış miktarlarında ise RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2099 periyodunda ortalama olarak yıllık 10-15mm/yıl azaldığı, RCP8.5 senaryosuna göre ise ortalama olarak 105-110mm/yıl civarında azalışlar öngörülmektedir.

Öte yandan, iklim değişikliğine bağlı olarak su döngüsünün değişmesinin, başta su kaynakları olmak üzere tarım ve gıda güvenliği, halk sağlığı, kara ve deniz ekosistemleri ile kıyı bölgeleri, meteoroloji karakterli afetleri olumsuz etkileyeceği öngörülmektedir. Bu çerçevede öncelikli olarak su kaynaklarına ilişkin çalışmalar yürütülmesi; su kaynaklarımızın iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden asgari seviyede etkilenmesi için beklenen etkilerin anlaşılması sektörel ve bölgesel etkilenebilirlik çalışmalarının tamamlanmasının akabinde de bu etkilere yönelik uyum faaliyetlerinin planlanması gerekmektedir.
İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi ve uyum çalışmaları kapsamında Orman ve Su İşleri Bakanlığı bünyesindeki kurumlar tarafından çeşitli araştırma ve proje çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

Bu kapsamda, iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkilerinin belirlenmesinde; ülke genelinde, yüksek çözünürlüklü iklim modelleme çalışmalarının geliştirilmesi ve bu modellerle birlikte iklimin ülkemizin su kaynaklarına etkilerinin araştırılması konusu oldukça önem arz etmektedir. Bu kapsamda üniversitelerin ve enstitülerin konuyla ilgili Ar-Ge çalışmaları yapmaları teşvik edilmeli, çalışmalarına destek verilmelidir.

Kurumlar içinde iklim değişikliği ve uyumun önemi konusunda en alttan en üst birime kadar kurumsal farkındalık yaratılması için eğitim programı oluşturulması ve katılım sağlanması zorunlu kılınmalıdır.

Kurumsal kapasitenin oluşturulması için öncelikle ilgili tüm kurumlarda uyum konusuyla ilgili yapılar/birimler oluşturulmalıdır. Bu sayede bilgi ve tecrübe birikimi sağlanabilecek, kurum içi ve kurumlar arası koordinasyon sorunları giderilerek sürdürülen çalışmalara üst seviyede katkı ve sonuçlarından fayda elde edilmesi sağlanabilecektir.
Yapmış olduğumuz "Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği" çalışması sonucunda elde ettiğimiz verileri kullanıcıların erişimine sunulması için web sayfası geliştirilme çalışmalarına devam edilmektedir.

Anıl ÖZDEMİR, 11.11.2014, ORDU

5. KISALTMALAR ve BAZI TANIMLAMALAR

AOGCM (Atmosphere-Ocean Global Circulation Model): Atmosfer-Okyanus Küresel Sirkülasyon Modeli
AR (Assesment Report): Değerlendirme Raporu
CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5): Birleştirilmiş Model Projesi Faz:5
CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment): Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Küçültme Deneyi
ESP (Earth System Physics): Yer Sistem Fiziği
GCM (Global Climate Model & General Circulation Model): Küresel İklim Modeli (yada Genel Sirkülasyon Modeli)
GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) : Yer **Fiziği Akışkanlar Dinamiği Laboratuarı**
GMST (Global Mean Surface Temperature): Yıllık Küresel Ortalama Yüzey Sıcaklığı
HadGEM: İngiltere Meteoroloji Servisi'ne (Met Office) bağlı Hadley Center tarafından geliştirilen küresel iklim modeli.
ICTP (International Centre for Theoretical Physics): Uluslararası Teorik Fizik Merkezi-İtalya
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
IPCC-WG1(Intergovernmental Panel on Climate Change-Work Group 1): IPCC 1. Çalışma Grubu
IPCC-AR5(Intergovernmental Panel on Climate Change Assesment Report 5): IPCC 5. Değerlendirme Raporu
LSAT (Land Surface Annual Temperature): Kara Yüzeyi Hava Sıcaklığı
MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPI (Max Planck İnstitutes): Max Planck Enstitüsü
RCM (Regional Climate Model): Bölgesel İklim Modeli
RCP (Representative Concentration Pathways): Temsili Konsantrasyon Rotası
RegCM4 (Regional Climate Model 4): Bölgesel İklim Modeli
RF: Referans Periyot
SST(Sea Surface Temperature): Deniz Yüzeyi Sıcaklığı
SRES (Special Report For Emissions Scenarios): Emisyon Senaryoları Özel Raporları
TR2013-CC: 2013 Türkiye İklim Değişikliği Projeksiyonları Raporu
UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change): Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

Osman ESKİOĞLU, 10.04.2015, mgm Kampüsü - ANKARA

WG1(Intergovernmental Panel on Climate Change-Work Group 1): IPCC 1. Çalışma Grubu

WCRP (World Climate Research Programme): Dünya İklimi Araştırma Programı

6. KAYNAKLAR

1. Akçakaya, A., Atay, H., Demir, Ö., İklim Değişikliği Senaryolarında Yeni Dönem: Paralel Yaklaşım ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP), 6th Atmospheric Science Symposium - ATMOS 2013 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul
http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-degisikligi-senaryolari.pdf
2. Akçakaya, A., Demircan., M, Sümer, M., U., Şensoy, S. İklim Gözlemlerinin Doğruluğu İle Devamlılığını Etkileyen Faktörler Ve Türdeşlik Testleri. 2013, Ankara.
3. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kapsaminda İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, 2007: Çevre ve Orman Bakanlığı, Ocak, Ankara, http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/ulusalbildirimtr.pdf
4. Bozkurt, D., U. Turuncoglu, O.L. Sen, B. Onol, and H.N. Dalfes. 2011. Downscaled simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3 global models for the eastern Mediterranean-Black Sea region: Evaluation of the reference period, Climate Dynamics.
5. Blunden, J., and D. S. Arndt, Eds. 2014. State of the Climate in 2013. Bull. Amer. Meteor. Soc., 95 (7),S1–S257.
6. Çolak, M. A Hungarian Meteorologist in Turkey of Ataturk's Era: 'Aksakallı Havabakan' Rethly Antal (According to Hungarian Sources). CTAD Year 5, Sayı 9 (Spring 2009), 113-136
7. Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M. 2008. PRECIS Bölgesel İklim Modeli ile Türkiye İçin İklim Öngörüleri: HadAMP3 SRES A2 Senaryosu, IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 365-373. İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 25-28 Mart 2008, İstanbul.
8. Demir, İ. 2011. Bölgesel iklim modeli projeksiyonları, ECHAM5-B1 (Regional Climate Model Projections). In: 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book: Istanbul Technical University, 27-29 April 2011, İstanbul – Turkey
9. Demir Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Tuvan, A.,

Demircan M., Akçakaya, A., Rcp4.5 Senaryosuna Göre Türkiye'de Sıcaklık Ve Yağış Projeksiyonları, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul, http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/rcp-45.pdf

10. Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A., Ekici, M., İklim Normalleri: Üç Sıcaklık Normalinin İlişkileri Ve Uzamsal Dağılımları, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul, http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-normalleri.pdf
11. Demircan M., Demir Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Yazıcı, B., Tuvan, A., ve Akçakaya, A., Climate Change Projections for Turkey with New Scenarios, THE CLIMATE CHANGE AND CLIMATE DYNAMICS CONFERENCE, 2014, CCCD, Istanbul, 8–10 September 2014 http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/8-ClimateChangeProjectionsForTurkey.pdf
12. Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu, N., Arabacı, H., ve Ekici, M., Ortalama Sıcaklıklardaki Türdeşlik Kırılmalarının İklim Göstergeleriyle İlişkisi, TÜCAUM - VIII. COĞRAFYA SEMPOZYUMU, 23-24 EKİM 2014, Ankara http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/3-COGRAFYA_TURDESLIK_2014.pdf
13. Demircan M., Demir Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A., ve Akçakaya, A., Türkiye'de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları, TÜCAUM - VIII. COĞRAFYA SEMPOZYUMU, 23-24 EKİM 2014, Ankara, http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/1-COGRAFYA_iklim_Model_2014.pdf
14. Eken, M., Ulupınar, Y., Demircan, M., Nadaroğlu, Y., Aydın, B., ve Özhan, Ü., (2008). Klimatolojik Rasat El Kitabı, DMİ Yayınları, Yayın No: 2008/3, Ankara,
15. Erlat, E., 2009, İklim Sistemi ve İklim Değişmeleri, Ege Üniversitesi Yayınları, Edebiyat Fakültesi Yayın No:155, İzmir, S25-26;30-32.
16. Gao X., and F. Giorgi, 2008: Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. Global Planet. Change 62, 195–209.
17. Gürkan, H., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Demircan, M., Kocatürk, A., Akçakaya, A. MPI-ESM-MR Modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları. 7. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, ATMOS '15. 28-30 Nisan 2015,İstanbul.
18. IPCC Third Assessment Report - Climate Change 2001, http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/
19. IPCC, Climate Change 2007 - The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, 2007, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4_wg1_full_report.pdf
20. IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science Basis, http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/
21. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Ve Uyum Çalışma Grubu Raporu, Ormancılık Ve Su Şurası 21-23 Mart 2013, http://sura.ormansu.gov.tr/sura/Files/%C3%87G.2-%C4%B0klim%20De%C4%9F%C5%9Fk%20ve%20uyum.docx
22. Mediterranean. J Climate 2009;22:1944–61.
23. Meinshausen et al, Moss et al, IPCC, 2007
24. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Yeni Senaryolarla Türkiye için İklim Değişikliği Projeksiyonları, TR2013-CC, 2013, Ankara
25. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2013 Yılı İklim Değerlendirmesi, 2014, http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/2013-yili-iklim-degerlendirmesi.pdf
26. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2014 Yılı İklim Değerlendirmesi, Şubat 2015, Ankara http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/2014-yili-iklim-degerlendirmesi.pdf
27. Mühr, B, Ehmann, C., Bissolli, P., Sensoy, S., Demircan, M., Simeonov, P., Obregón, A., Kennedy, J., Parker, D., and Dacic, M.: Mediterranean, Italy, Balkan States [in "State of the Climate in 2012"]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 94 (8), S178-179.
28. NOAA, 2014, National Climatic Data Center, State of the Climate: Global Analysis for Annual 2013, published online January 2013, http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2013/13 28 Ocak 2013
29. Orman ve Su Bakanlığı İklim Değişikliği İhtisas Heyeti Raporu, 2013, Ankara
30. Orman ve Su Bakanlığı İklim Değişikliği İhtisas Heyeti, Türkiye Kuraklık Değerlendirme Raporu, 2014, Ankara
31. Önol B., F. H. M. Semazzi, 2009. Regionalization of Climate Change Simulations over the Eastern Mediterranean. J. Climate, 22, 1944–1961.
32. Önol B., 2012, Effects of Coastal Topography on Climate: High-Resolution Simulation with a Regional Climate Model, Clim. Research, doi: 10.3354/cr01077.
33. Richard Moss, Mustafa Babiker, Sander Brinkman, Eduardo Calvo, Tim Carter, Jae Edmonds, Ismail Elgizouli, Seita Emori, Lin Erda, Kathy Hibbard, Roger Jones, Mikiko Kainuma, Jessica Kelleher, Jean Francois Lamarque, Martin Manning, Ben Matthews, Jerry Meehl, Leo Meyer, John Mitchell, Nebojsa Nakicenovic, Brian O'Neill, Ramon Pichs, Keywan Riahi, Steven Rose, Paul Runci, Ron Stouffer, Detlef van Vuuren, John

Weyant, Tom Wilbanks, Jean Pascal van Ypersele, and Monika Zurek, 2008. Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies. Technical Summary. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 25 pp.

34. Sensoy, S., Demircan, M. and Alan, I., Trends in Turkey Climate Extreme Indices from 1971 to 2004, BALWOIS, http://balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-1000.pdfhttp://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/turkiye_iklim_indisleri.pdf
35. Sensoy, S., Demircan, M., Koc, E. M., Mengu, G.P., 2011, Potential Impacts of Teleconnection Parameters on Turkey's Climate, 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings, S595-599, 27-29 April 2011, İstanbul
36. Şensoy, S., Demircan, M., Climatological Applications In Turkey, 2010, Ankara
37. Şensoy, S., Türkoğlu, N., Akçakaya, A., Ekici, M., Demircan, M., Ulupınar, Y., Atay, H., Tüvan, A., Demirbaş, H., Trends In Turkey Climate Indices From 1960 To 2010, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul, http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/trendsin-turkey.pdf
38. Tatlı H. 2004. Statistical Downscaling Methods For General Circulation Model Simulations: case studies over Turkey, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
39. Tatlı H., Dalfes H.N., Menteş Ş.S. 2004a. 'A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey'. International Journal of Climatology 24: 161-180.
40. Tatlı H., Dalfes H.N., Menteş Ş.S. 2004b. 'Near-surface air temperature variability over Turkey and its connection to the large-scale upper air circulations via multivariate techniques'. International Journal of Climatology.
41. The HadGEM2 Development Team, 2011
42. Turuncoğlu, U.U., Önol, B, Bozkurt, D, 2008. Dinamik Modeller İle İklim Değişikliği Projeksiyonları. Küresel İklim Değişikliği ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu Bildirileri s. 47- 53.
43. Türkeş, M., Erlat, E.,2003, Precipitation Changes and Variability in Turkey Linked to The North Atlantic Oscillation during the Period 1930-2000, International Journal of Climatology 23: 1771-1796,
44. Türkiye İçin İklim Değişikliği Senaryoları" Projesi, http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?k=C
45. Türkiye İklim Değişikliği 5.Bildirimi, 2013: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mayıs, Ankara, http://iklim.cob.gov.tr/iklim/UB/5.UB.pdf
46. Ünal Y.S., Önol B., Karaca M. and Dalfes H.N., 2001. 21. yüzyılda GAP havzalarının iklimi: orta ölçekli bir modelle simülasyonlar, İTÜ Bilimsel Araştırma ve Geliştirme Programı Projesi, Proje No: 833.
47. Ünal Y.S. and Önol B., 2004, Bölgesel İklim Modeli Kullanılarak Küresel İklim Değişimi Senaryolarının Dinamik Olarak Ölçek Küçültülmesi, Bilimsel Araştırma ve Geliştirme Programı Projesi, İTÜ
48. Wang, X., L. and, Feng, Y., (2004). RHTest (0.9) User Manual, Climate Research Branch, Meteorological Service of Canada, Downsview, Ontario, Canada http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml - http://www.clivar.org/organization/etccdi - http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/opace/opace2/ETCCDI.php
49. WMO-No. 1130, WMO statement on the status of the global climate in 2013, (2014). Geneva, Switzerland, www.wmo.int/pages/publications/showcase/.../WMO_1085_en.pdf https://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/documents/1009_Draft_Statement_2014.pdf
50. Yalçın, G., Demircan, M., Ulupınar, Y., ve Bulut, E., (2005). Klimatoloji – I, DMİ Yayınları, Yayın No : 2005 / 1, Ankara,
51. URL1, At UN Climate Change Conference in Doha Governments Take Next Essential Step İn Global Response To Climate Change, http://unfccc.int/files/press/press_releases_advisories/application/pdf/pr20120812_cop18_close.pdf
52. URL2, http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/klimatoloji1.pdf
53. URL3, http://www.mgm.gov.tr/arastirma/ozon-ve-uv.aspx?s=olcumler
54. URL4, NOAA, http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2014/13 22.01.2015
55. URL5, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. http://www.mgm.gov.tr . 28 Ocak 2015
56. URL6, WMO, https://www.wmo.int/media/?q=content/warming-trend-continues-2014, 02.02.2015
57. URL 7, JMA, http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/news/tccnews39.pdf 20.02.2015
58. URL 8, IPCC, http://www.ipcc.ch/ , 20.02.2015
59. URL9,http://www.arastirmax.com/system/files/dergiler/69633/makaleler/9/arastirmax-ataturk-donemi-turkiyesinde-bir-macar-meteorolog-aksalli-havabakan-antal-rethly-macar-kaynaklarina-gore.pdf , 20.02.2015
60. URL 10, MGM, http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx , 20.02.2015
61. URL 11, http://www.ncdc.noaa.gov/bams-state-of-the-climate/2012.php

7. SÖZLÜK

Kaynak : IPCC 2. Çalışma Grubu 5. Değerlendirme Raporu Sözlüğü (IPCC WGII AR5 Glossary)

Adaptasyon (Adaptation):
Zararlarının azaltılması ya da muhtemel faydalarının suistimal edilmemesi amacıyla hâlihazırdaki ya da beklenen iklimin ve onun etkilerinin insan sistemlerindeki ayarlanması/alıştırma sürecidir. Bu süreç doğal sistemlerde aktüel iklime ve onun etkilerine karşı kendiliğinden devam ederken, insanların müdahil olması beklenen iklime karşı bu sürecin uygulanmasını kolaylaştırmaktadır. Adaptasyon genel olarak 3 farklı kategoride değerlendirilebilmektedir:

Proaktif Adaptasyon (Anticipatory Adaptation) : Gözlenen iklim değişikliğinin spesifik etkileri ortaya çıkmadan önce hayata geçirilen adaptasyondur.

Otonom Adaptasyon (Autonomous Adaptation) : Bu adaptasyon çeşidi plansızdır ve iklimde, insan ya da doğal sistemlerde meydana gelen değişiklikler gözlemlendikten sonra bunlara cevap olarak oluşturulan adaptasyon çeşididir. Genellikle, temel kapasitenin bir göstergesi olarak değerlendirilir. Spontane ya da reaktif adaptasyon olarak da isimlendirilir.

Planlı adaptasyon (Planned Adaptation) : Belli bir duruma ulaşmak, devam ettirmek ya da geriye döndürmek için gerekli eylemleri içeren, şartların değiştiği ya da değişmek üzere olduğu bilgisine dayanan maksatlı plan, strateji ya da politik kararın sonucu yürütülen uyum süreçleridir.

Adaptasyon Değerlendirmesi (Adaptation Assessment) :
Ulaşılabilirlik, fayda, maliyet, etkililik, verimlilik ve uygulanabilirlik gibi kıstasların değerlendirme ve iklim değişikliğine adaptasyon için seçeneklerin tanımlanması çalışmasıdır.

Adaptasyon Kapasitesi Yönetimi (Adaptive Management) :
Belirsizlik ve değişiklik karşısında kaynakların yönetimi için tekrarlanabilen geliştirme stratejileri sürecidir. Adaptasyon kapasitesi yönetimi, sistemdeki diğer değişkenlerin sebep olduğu değişikliliklerin ve onların etkilerinin gözlemlenmesine bir cevap olarak yaklaşımların benimsenmesi ve uyarlanmasını da içermektedir.

Afet Riski ve Afetler İçin Azaltım (Mitigation of Disaster Risk and Disaster) :
Tehlikeyi maruz kalma durumlarını, tehlikeye karşı hassasiyeti, ve tehlikeyi azaltma faaliyetleriyle fiziksel tehlikelerin (insan kaynaklı olanlarda dahil) potansiyel kötü etkilerini azaltmak.

Arazi Kullanımı ve Arazi Kullanımındaki Değişim (Land Use and Land Use Change-LULUC):
Arazi kullanımı, belirli bir arazi örtüsü çeşidi (bir insan faaliyetleri düzeni) üzerinde yapılan düzenlemeler, aktiviteler ve girdilerin tümünü ifade etmektedir. Arazi terimi aynı zamanda arazinin kullanıldığı sosyal ve ekonomik amaçlar (örneğin, otlak, kereste çıkarma ve koruma) için de kullanılmaktadır. Arazi kullanımındaki değişim, arazi örtüsünde değişime neden olabilecek, insanlar tarafından arazinin yönetimindeki değişimi ifade etmektedir. Arazi örtüsü ve arazi kullanımdaki değişim yüzey albedosunda, evapotranspirasyonda, sera gazları kaynaklarında ve yutaklarında veya iklim sistemindeki diğer özelliklerde bir etkiye neden olabilir ve böylece bölgesel veya küresel çapta iklim üzerindeki radyatif zorlamada artışa ve başka etkilere sebep olabilir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi – UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) :

9 Mayıs 1992'de New York'taki toplantıda kabul edilen ve 1992 Rio de Janeiro Dünya Zirvesi'nde 150'den fazla ülke ve Avrupa Topluluğu'nun imzaladığı sözleşmedir. Sözleşmenin nihai hedefi atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı başarmaktır. Sözleşme tüm taraf ülkeler için taahhüt içermektedir. Sözleşmede ülkeler iki farklı kategoride gruplandırılmıştır. Bu gruplandırmaya göre Ek-1 ülkeleri (tüm OECD ülkeleri ve ekonomik geçiş sürecindeki ülkeler) Montreal Protokolü ile kontrol altına alınamayan sera gazı emisyonlarını 2000 yılına kadar 1990'daki seviyeye düşürmeyi amaçlamaktadır. Sözleşme Mart 1994'de yürürlüğe girmiştir.

Birleştirilmiş Modelleme (Ensemble) :

İklim projeksiyonları için bir paralel model simülasyonları grubudur. Bu gruptaki model sonuçlarında görülen çeşitlilikler bir belirsizlik tahmini sağlamaktadır. Aynı modelin farklı başlangıç koşulları ile yapılmış birleştirilmiş modelleme sadece iklimin iç çeşitliliğinden kaynaklanan belirsizliği karakterize eder. Diğer yandan pek çok modelin simülasyonlarını içeren çoklu-model birleştirilmiş modelleme aynı zamanda modelin yapısından kaynaklanan farklılıkların etkisini içermektedir.

Bütüncül Model (End-to-End Model) :

Beslenme zincirinin en üstteki yırtıcılar ve biyolojik çevresini de kapsayacak şekilde tüm beslenme ağını temsil etmesi amacıyla interaktif alt-modellerin bir kombinasyonu olan tek bir dinamik modelleme çerçevesidir.

Dış Zorlama (External Forcing) :

Dış zorlama, iklim sisteminin değişmesine neden olan iklim sistemi dışında bir zorlamayı ifade eder. Volkanik patlamalar, güneşteki değişimler ve atmosfer içeriğindeki insan kaynaklı değişiklikler ile arazi kullanımındaki değişimler dış zorlamalardır.

Dinamik Küresel Vejetasyon Modeli (Dynamic Global Vegetation Model -DGVM) :

İklim ve diğer çevresel değişikliklerce etkilenen, vejetasyonun ve onun dinamiklerinin zamana ve mekana göre gelişimini temsil eden modellerdir.

Donmuş Toprak (Permafrost) :

Birbirini takip eden en az iki sene boyunca 0°C'nin altında bulunan yer tabakasıdır (toprak veya kaya ve buz ve organik maddeleri de kapsar).

Ekosistem (Ecosystem) :

Birbirleri ve çevreleriyle etkileşim içinde olan canlıların oluşturduğu sistemi ifade eder. Ekosistem olarak nitelendirilecek sınırlar oldukça görecelidir ve çalışma konusunun odağına göre değişiklik gösterebilir. Bundan dolayı, bir ekosistem küçük bir alandan dünya ölçeğine kadar değişen bir aralıkta tanımlanabilir.

Ekosistem Hizmetleri (Ecosystem Services) :

Bireyler ya da toplum için maddi bir değer ifade eden ya da etmeyen, ekosisteme ait bütün işlevler ve süreçler ekosistem hizmeti olarak değerlendirilir. Bunlar basitçe sınıflandırılacak olursa:

- Üretkenlik ya da biyoçeşitliliğin devamı gibi destek hizmetleri
- Yiyecek, giyecek balık gibi karşılama hizmetleri
- İklimin düzenlenmesi, ya da karbonun tutulması gibi düzenleme hizmetleri
- Estetik ve manevi görünüm ya da turizm gibi kültürel hizmetleri

Ekosistem Temelli Adaptasyon (Ecosystem Based Adaptation) :

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı insanların adapte olmalarına yardımcı olan adaptasyon stratejisinin baştan sonuna kadar ayrılmaz bir parçası olarak "biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin" kullanılmasıdır.

Ekosistem Yaklaşımı (Ecosystem Approach) :

Ekosistem yaklaşımı, arazi, su ve yaşam kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir şekilde kullanımının desteklenmesi için entegre yönetim stratejisidir. Ekosistem yaklaşımı, organizmalar ve çevreleri arasındaki temel etkileşimler, fonksiyonlar, süreçler ve yapıları da kapsayan biyolojik organizasyonun seviyelerine odaklanan uygun

bilimsel yöntemlerin uygulamalarına dayanır. İnsanlar, kültürel farklılıklarıyla birlikte, birçok ekosistemin ayrılmaz parçalarıdır. Ekosistem yaklaşımı, ekosistemin karmaşık ve dinamik yapısı ve ekosistem fonksiyonlarının tam olarak bilinememesi ve anlaşılamaması gibi problemleri çözmek için "uyarlanabilir (adaptative) yönetim" anlayışına gereksinim duyar. Ana gayeler, ekosistem hizmetlerinin devam ettirilmesi için biyolojik çeşitliliğin ve ekosistemin yapısının ve fonksiyonlarının korunmasıdır.

El-Nino-Güneyli Salınım (El Niño-Southern Oscillation - ENSO) :

El-Nino terimi, ilk olarak Ekvator ve Peru kıyılarındaki yerel balıkçılığı rahatsız eden periyodik sıcak su akıntısını tanımlamak için kullanılmıştır. O zamandan beri, bu olay gün değişim hattının Doğu Pasifik'in bölgesel ısınmasıyla özdeşleştirilmiştir. Bu okyanus olayı, Güneyli salınım olarak adlandırılan küresel ölçekli tropikal ve sub-tropikal yüzey basıncının bir değişimi ile ilişkilidir. 2 yıldan 7 yıla kadar bir zaman periyodu ile ifade edilen bu birleşik atmosfer-okyanus olayı, El-Nino-Güneyli Salınımı (ENSO) olarak adlandırılmaktadır. Bu olay, Darwin ve Tahiti arasındaki yüzey basınç anomali farklılığı ve orta ve ekvatoral Pasifik'deki deniz yüzey sıcaklığı ile ölçülmektedir. ENSO durumunda, hakim rüzgarlar olan ticaret rüzgarları zayıflar, derin deniz suyunun yükselmesinin azalması ve okyanus akıntılarının değişmesi ile deniz yüzey sıcaklıkları ısınır, böylece ticaret rüzgarları daha da zayıflar. Bu olayın, tropikal Pasifik'teki rüzgarlara, deniz yüzey sıcaklıklarına ve yağış rejimlerine oldukça büyük etkisi vardır. Bu olay, küresel iletişim vasıtasıyla, Pasifik boyunca ve dünyanın diğer birçok bölgesinde iklimsel etkiler yapar. ENSO'nun diğer fazı, soğuk faz, La Nina olarak adlandırılır.

Emisyon Senaryoları (Emissions Scenario) :

Emisyon senaryosu, belirleyici güçler (demografik ve sosyo ekonomik gelişme, teknolojik değişim gibi) ve bunların kendi aralarındaki ilişkilerle ilgili tutarlı ve anlaşılabilir "kabuller setine" dayanan, potansiyel olarak radyatif aktiviteye sahip etmenlerin (sera gazları, aerosoller gibi) emisyonlarının gelecekte izleyebilecekleri seyrin mantıklı gösterimi olarak tanımlanabilir. İklim projeksiyonlarının hesaplanması için bir iklim modelinde girdi olarak kullanılan konsantrasyon senaryoları, emisyon senaryolarından elde edilir.

IPCC'de (1992) üretilen bir dizi emisyon senaryosu, 1996'daki IPCC iklim projeksiyonları için temel oluşturmuştu. Bu senaryolar IS92 olarak adlandırıldı. 2000 yılındaki IPCC Emisyon Senaryoları Özel Raporunda (Nakićenović and Swart, 2000), emisyon senaryoları raporun kelimelerinin baş harflerinden oluşan SRES kısaltmasıyla isimlendirildi. SRES senaryolarından bazıları, 2001 ve 20007 yılındaki IPCC değerlendirme raporundaki iklim projeksiyonlarının üretilmesinde kullanıldı. İklim değişikliği yeni emisyon senaryoları, 4 temsili konsantrasyon rotası (RCPs), IPCC AR5 için geliştirildi.

Endişe Nedenleri (Reasons for Concern) :

Elemanları sınıflandırma çerçevesinde, ilk geliştirilen IPCC Üçüncü Değerlendirme Raporu'nda, yargıları kolaylaştırmayı amaçlayan İklim değişikliğinin hangi düzeyde "tehlikeli" olabileceğine dair etkilerini toplayarak (BMİDÇS 2. maddesi) riskler ve güvenlik açıkları belirlenir.

Erken Uyarı Sistemi (Early Warning System) :

Bir tehlike tarafından tehdit edilen bireyler, toplum ve organizasyonların muhtemel zararlardan ya da kayıplardan korunması ya da bunları en aza indirilmeleri için uygun eylemleri yerine getirilmesi ve hazırlanması için yeterli zaman kazanmalarını sağlayabilecek, zamanında ve anlamlı bilgi üretmek ve yaymak için gerekli bir dizi kapasiteyi/kabiliyeti ifade etmektedir.

Eşik (Threshold) :

Ani veya hızlı değişiklik gösteren bir sistemindeki önemli sınır seviyesidir. Ekolojik, ekonomik veya diğer sistemlerde yeni özelliklerin oluştuğu, tahminlere dayalı olmayıp matematiksel işlemlere bağlı olan sınır noktası veya seviyesidir.

Etkiler (Impacts) :

IPCC 5. Değerlendirme Rapor'unda bu terim "Doğal afetler ve iklim değişikliklerinin doğa ve insanlar üzerinde yaptığı tesirlerdir." olarak yer almıştır.

Fırtına Dalgası (Storm Surge) :
Aşırı meteorolojik şartlar(düşük atmosfer basıncı ve/ veya kuvvetli rüzgârlar) sebebi ile belli bir lokasyonda deniz seviyesinde yaşanan geçici yükselme. Fırtına dalgası; sadece gel git varyasyonlarından beklenen değerin belli bir zaman ve yerde aşılması olarak tanımlanabilir.

Geri Dönüş Değeri / Dönemi (Return Value/Period) :
Sabit iklimde, herhangi bir değişkenin geri dönüş değeri; geri dönüş periyodu, T, uzun vadede ortalama yılda bir kere ulaşılacak ya da geçilecek değer olarak tanımlanır ve buna göre herhangi bir yılda geri dönüş değerine ulaşılması ve geçilmesi olasılığı 1/T'dir.

Gıda Güvenliği (Food security) :
Normal bir büyüme, gelişme ile aktif ve sağlıklı bir yaşam için insanların yeterli miktarda güvenli ve besleyici gıdaya güvenli bir şekilde ulaşabildikleri durumdur. Gıda güvensizliği, gıda yokluğundan, satın alma gücü yetersizliğinden, uygun olmayan dağıtımdan veya hane seviyesinde gıda kullanımı yetersizliğinden kaynaklanabilmektedir.

Gıda Sistemi (Food system) :
Gıda sistemi; üretme, işleme, dağıtım ve satış sürecindeki etmenler, elementler ve aktivitelerin tamamıdır. Bir gıda sistemi, insan, kimyasal ve biyolojik girdiler ve insanlar tarafından tüketimin de içinde bulunduğu gıda üretim sistemindeki birincil gıda üretim temeline dayanır. Diğer aşamalar işleme, dağıtım ve gıdanın pazarlamasını içermektedir. Gıda sistemi aynı zamanda gıdanın ayrışması ve tüm aşamalardaki gıda ürünlerini de hesaba katmaktadır. Gıda güvenliği veya bunun eksikliği bütün gıda sistemindeki gidişattan elde edilen bir sonuçtur. Bir gıda üretim sistemi, insan ve hayvanlar tarafından tüketilecek yemek ve yemin üretilmesini sağlayan arazileri ve süreçleri de kapsamaktadır.

Hint Okyanusu Dipolü (Indian Ocean Dipole - IOD) :
Hint Okyanusu deniz yüzeyi sıcaklığındaki yıl içindeki büyük ölçekli değişkenliktir. Bu rejim tropikal deniz yüzeyi sıcaklığının bölgesel gradyanıyla oluşmaktadır ve ekstrem bir fazda ekvatordaki anormal doğu rüzgarları ile birleşerek sonbahar kuzeyde Sumatra'da soğuma ve batıda Somali'de ısınmaya neden olmaktadır.

Hissedilir Isı Akışı (Sensible Heat Flux) :
Yer enerji bütçesinin bir bileşeni olarak, suyun değişim aşamasıyla bağlantısız olarak, yeryüzünden atmosfere doğru olan ısı akısını belirtmek için kullanılan terim.

Isı dalgası (Heat wave) :
Anormal ve rahatsız edici sıcak havanın görüldüğü dönemdir.

Işınımsal Zorlama (Radiative forcing) :
Net ışınımsal zorlamadaki değişim, iklim değişikliğinin harici sürücülerindeki değişim nedeniyle tropopozdaki ışık etkisinin (W/m2 olarak ifade edilmiştir) aşağı yukarı hareketliliğinden etkilenmektedir. Örneğin, karbondioksit veya güneş çıktılarının konsantrasyonundaki değişiklik gibi. Bazen iç sürücülerdeki zorlamalar iklim değişikliğinin sonucu olmalarına rağmen hala kabul edilmektedirler, örneğin aerosol veya paleo iklimlerdeki sera gazı değişiklikleri gibi. Geleneksel ışınımsal zorlama tüm troposferik değerler sabit tutularak, onların bozulmamış değerleri ile stratosferik sıcaklıklar için izin verildikten sonra hesaplanır, eğer bozulmuş ise dinamik-ışınım dengesini yeniden ayarlamak içindir. Eğer stratosfer sıcaklığında bir değişiklik muhasebeleştirilmediyse ışınımsal zorlama anlık olarak adlandırılır. Işınımsal zorlama bir kez hızlı ayarlamalar ile muhasebeleştirilse, zorlama ayarı olarak adlandırılır. Bu raporun amaçları için, ışınımsal zorlama ayrıca 1750 yılı itibariyle değişim göreceli olarak tanımlanır, aksi belirtilmediği sürece, küresel ve yıllık ortalama değeri belirtir. Radyatif zorlama, bulut ışınım zorlaması ile karıştırılmamalıdır. Benzer bir terminoloji atmosferin üstündeki radyasyonunun üzerindeki bulutların etkisi için de söylenebilir.

İklim (Climate) :
Genel kabul gören ifadeyle iklim, ortalama hava olarak, daha bilimsel bir ifadeyle, aylık periyottan binlerce ya da milyonlarca yıllık periyoda kadar değişen aralıklarda sıcaklık ve yağış gibi değişkenlerin ortalamalarının ya da değişkenliğinin istatistiksel tanımlaması olarak tanımlanmaktadır. Bu değişkenlerin ortalamaları için WMO tarafından tanımlanan genel periyot 30 yıldır. İlgili değişkenler en çok, sıcaklık, yağış ve rüzgar gibi yüzey değişkenleridir.

Daha geniş anlamda iklim, istatiksel tanımlamaları da içerecek şekilde iklim sisteminin durumudur.

İklim Çeşitliliği Modları (Modes of Climate Variability) :

Özellikle mevsimsel ve daha uzun zaman ölçeklerinde iklim sisteminin doğal çeşitliliği, atmosferik sirkülasyonun dinamik karakteristikleri ve kara ve okyanus yüzeylerinin etkileşimleri ile çoğunlukla öncelikli uzamsal düzenlerle ve zaman ölçekleriyle gerçekleşmektedir. Bu düzenler genellikle rejimler, modlar veya tele bağlantılar olarak adlandırılmaktadır. Örnekleri: Kuzey Atlantik Salınımı, Pasifik-Kuzey Amerika Rejimi, El Niño-Güney Salınımları, Kuzey Yıllık Modu (Arktik Salınım) ve Güney Yıllık Modu (Antarktik Salınımı).

İklim Değişikliği (Climate Change) :

İklim değişikliği, ortalamalardaki değişikliklerle ve/veya iklimin özelliklerindeki değişkenlik (örneğin istatistiksel testler kullanılarak) ile tanımlanabilen ve birkaç on yıllık ya da daha uzun periyotlarda bahsi geçen değişikliğin görülebildiği, "iklimin durumundaki değişiklik" olarak adlandırılmaktadır.

İklim değişikliği, doğal içsel süreçler ya da güneş döngülerindeki geçişler, volkanik patlamalar, insan kaynaklı arazi kullanım değişiklikleri ya da atmosferin kompozisyonunun değişmesi gibi dış kaynaklı zorlayıcılar nedeniyle meydana gelebilmektedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi göz önüne alınırsa, 1. paragrafta iklim değişikliğini: " karşılaştırılabilir zaman periyotları süresince doğal iklimde gözlemlenen doğal iklim değişkenliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak insan aktiviteleri sonucu küresel atmosfer birleşiminde oluşan değişimler" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamayla UNFCCC, atmosferik kompozisyonu değiştiren insan aktivitelerinin neden olduğu iklim değişikliği ile doğal nedenlerle oluşan iklim değişkenliği arasındaki farkı ortaya koymuştur.

İklim Değişikliği Etki Değerlendirmesi (Climate Change Impact Assessment) :

Doğal sistemler ve insan sistemleri üzerinde iklim değişikliğini etkilerinin mali ve/veya mali olmayan açıdan belirlenmesi ve değerlendirilmesidir.

İklim Değişikliği İçin Azaltım (Mitigation of Climate Change) :

Sera gazlarını azaltmak veya sera gazı yutaklarını artırmak için insanlar tarafından yapılan müdahaledir.

İklim Değişikliği Taahüdü (Antlaşması) :

Okyanuslardaki termal durağanlık/atalet ve arazi yüzeyi ile kriyosferdeki yavaş süreçler nedeniyle, bugünün değerleriyle atmosferik kompozisyon sabitlense bile iklim değişmeye devam edecektir. Atmosfer kompozisyonundaki geçmiş değişiklikler, radyatif dengesizlik devam ettiği ve iklim sisteminin tüm bileşenleri yeni duruma ayak uydurana kadar, kararlı bir iklim değişikliğine öncülük etmektedir. Atmosfer kompozisyonun sürekli olması sonrasında, sıcaklıktaki daha yüksek değişimler kararlı ve sürekli sıcaklık kompozisyonu ya da basitçe kararlı ısınma ya da ısınma kararlılığı olarak adlandırılmaktadır. İklim değişikliği antlaşma, hidrolojik döngüdeki, deniz seviyesi değişimlerindeki ve ekstrem havadaki gibi diğer gelecek değişimleri de kapsamaktadır. Sürekli emisyon kararlılığı, antropojenik emisyonların devamlı olmasından kaynaklanan ve emisyonların sıfır olduğu varsayımındaki kararlı iklim değişikliğidir.

İklim Değişkenliği (Climate Variability) :

İklim değişkenliği, tek bir hava olayının ötesinde bütün zamansal ve mekansal ölçeklerde iklimin ortalama durumdaki ve diğer istatistiklerdeki (standart sapma, ekstremlerin oluşması vb.) değişimler olarak tanımlanır. Değişkenlik, iklim sistemi içindeki doğal içsel süreçler (içsel değişkenlik), doğal ya da insan kaynaklı dışsal zorlamalardaki değişimler sebebiyle oluşur (dışsal değişkenlik).

İklim Ekstremi (Ekstrem Hava ya da Ekstrem İklim Olayı)- (Climate Extreme (Extreme Weather or Climate Event)) :

Hava ya da iklimde, herhangi bir iklim değişkeninde gözlemlenmiş değerlerin oluşturduğu aralığın alt ya da üst sınırındaki bir eşik değerinin aşılması olarak tanımlanmaktadır. Basit deyişle, ekstrem hava ya da iklim olayları genel olarak "iklim ekstremleri" olarak adlandırılırlar.

İklim Eşiği (Climate Threshold) :
İklim sistemi içindeki herhangi bir iklim zorlama faktörünün, aşılması durumunda iklimin linear olmayan (doğrusal olmayan) tepkisine neden olacak sınır değeridir.

İklim Geribildirimleri (Climate Feedback) :
İklim sistemindeki süreçler arasındaki bir etkileşim ya da, bir başlangıç sürecinin kendisinden sonraki bir süreci değiştirdiği ve bu değişikliğin de başlangıç sürecini etkilemesi durumu, "iklim geribildirimi" olarak adlandırılır. Pozitif geri besleme orijinal süreci yoğunlaştırırken, negatif geri besleme yoğunluğunu azaltır.

İklim Hassasiyeti (Climate Sensitivity) :
IPCC raporlarında, iklim denge hassasiyeti, atmosferik eşdeğer karbondioksit konsantrasyonunun iki katına çıkmasını müteakip yıllık ortalama küresel yüzey sıcaklığındaki denge değişimi olarak tanımlanmaktadır. Hesaplama kabiliyetlerindeki sınırlamalar nedeniyle, bir iklim modelindeki iklim denge hassasiyeti genellikle bir atmosfer genel dolaşım modeli ile birleştirilen karışık yüzey okyanus modeli çalıştırılmasıyla tahmin edilir. Çünkü iklim denge hassasiyeti, atmosferik süreçler tarafından belirlenir. Verimli modeller, dinamik bir okyanus ile bunu hesaplamak için çalıştırılabilirler. Efektif iklim hassasiyeti, denge gerekliliğinden kaçınan göreceli/oransal bir büyüklüktür. Bu kavram, dengede olmayan şartların gelişmesi için model çıktılarından yararlanılarak değerlendirilir. Bu, belli bir zamanda iklim geri beslemelerinin güçlerinin bir ölçüsüdür ve zorlama geçmişi ve iklimin durumuna göre çok büyük değişkenlik gösterir. İklim hassasiyet parametresi (Birimi: °C W/m2), radyatif zorlamadaki 1 birim değişimi takiben yıllık ortalama küresel yüzey sıcaklığındaki eşdeğer değişim olarak adlandırılır. İklimin ani tepkisi, atmosferik karbondioksitin iki katına çıktığı zaman, yani, bir küresel model ile denenen 70 yılda yıllık %1 karbondioksit bileşenindeki yükselme olduğunda, küresel yüzey sıcaklığının 20 yıllık ortalamasındaki değişimdir. Daha basit ifadeyle, sera gazı emisyonlarına karşılık iklimin verdiği tepkinin gücü ve hızının bir ölçüsüdür.

İklim Modeli (Climate Model) :
İklim sisteminin bileşenlerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine, etkileşimlerine ve geri beslemelerine ve bunların bazı bilinen özelliklerinin açıklamalarına dayanan iklim sisteminin nümerik olarak gösterimidir. İklim sistemi değişen karmaşıklıkta modeller tarafından temsil edilebilir, yani, her bir bileşen ya da bileşenlerin her bir kombinasyonu için, bir model dizi ya da hiyerarşisi tanımlanabilir. Bu model dizileri ya da hiyerarşisi, uzaysal boyutların sayısı, fiziksel kimyasal ve biyolojik süreçlerin açık şekilde temsil edilmesi, ya da hangi deneysel (ampirik) parametrizasyonların yer aldığı gibi özellikler bakımından farklılaşırlar. Birleştirilmiş Atmosfer-Okyanus Genel Dolaşım Modelleri, şuan var olan en son ve en kapsamlı iklim sistemi temsiliyetini bizlere sağlamaktadır. Kimya ve biyoloji etkileşiminin yer aldığı daha karmaşık modellere doğru bir gelişme şuan model çalışmalarında yer almaktadır. İklim modelleri, aylık, mevsimsel ya da yıllara göre olmak üzere, değişen periyotlarda iklim tahminleri üretmek gibi operasyonel amaçlar için, iklimi bilgisayar sistemlerinde simule etmek ve iklim araştırmaları yapmak için bir araç olarak kullanılmaktadır.

İklim Tahmini (Climate prediction) :
Bir iklim tahmini, mevsimsel, yıllık ya da on yıllık periyotlarda iklimin aktüel gelişim sürecinin tahmin edilmesi girişiminin bir sonucudur. İklim sisteminin gelecekteki izleyeceği yol, başlangıç koşullarına oldukça bağlıdır, bundan dolayı, tahminler doğal olarak hep olasılıklıdır.

İklim Projeksiyonu (Climate Projection) :
Bir iklim projeksiyonu, iklim sisteminin gelecekteki sera gazı emisyon ya da konsantrasyonlarına ve aerosollere karşı genellikle bir iklim modeli tarafından üretilen simülasyonlara dayanan "simüle edilmiş" öngörüsüdür. İklim projeksiyonları, iklim tahminlerinden, emisyon/konsantrasyon/radyatif zorlama senaryolarına bağlı olmalarıyla ayrılırlar. Bu senaryolar, gelecekteki olası sosyo-ekonomik ve teknolojik gelişmeler çerçevesinde oluşturulmuş varsayımlara dayanırlar bundan dolay belisizlik (uncertainty) oldukça fazladır.

İklim Senaryosu (Climate Scenario) :

Gelecek iklimin makul ve sıklıkla basitleştirilmiş bir temsili, antropojenik iklim değişikliğinin potansiyel sonuçlarının araştırılmasında kullanımı için oluşturulan ve sıklıkla etki modellerine girdi olarak hizmet eden, kendi içinde tutarlı bir dizi iklimsel ilişkilere dayanmaktadır. İklim projeksiyonları, çoğunlukla, iklim senaryolarının oluşturulmasına hammadde olarak hizmet eder, fakat iklim senaryoları genellikle halihazırdaki iklim gözlemleri gibi ek bilgilere de ihtiyaç duyar. Bir iklim değişikliği senaryosu, iklim senaryosu ve günümüz ikliminden farklıdır.

İklim Sistemi (Climate System) :

İklim sistemi, 5 temel bileşenden oluşan oldukça karmaşık bir sistemdir. Bunlar; atmosfer, hidrosfer, kriyosfer, litosfer ve biyosfer ile bunlar arasındaki etkileşimdir. İklim sistemi, kendi iç dinamikleri ile birlikte volkanik patlamalar, güneş döngüleri ve onların değişimleri ve arazi kullanımı ile atmosfer bileşiminde insan etkisiyle oluşan zorlamalar gibi dış faktörlerin etkisi altında gelişir.

İklimsel Yürütücüler (Climatic Driver) :

Hidrosferi, biyosferi ya da yerküreyi kısmen değiştiren ve insanlar ile ekosistemler için belli sonuçlar doğuran bir atmosferik etken ya da süreç olarak tanımlanır.

İnsan Etkisi (Anthropogenic) :

İnsan aktivitelerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmayı ya da insan aktiviteleri tarafından üretilmiş olmayı ifade etmektedir.

Kara Yüzeyi Hava Sıcaklığı (Land Surface Air Temperature) :

Yüzey hava sıcaklığı iyi havalandırılan yerden 1,5 m yükseklikte hesaplanmaktadır.

Kırılganlık (Vulnerability) :

Olumsuz etkilenmeye meyilli olma durumudur.

Kırılganlık İndeksi (Vulnerability Index) :

İklimdeki değişikliği karakterize eden metrik sistemdir. Kırılganlık indeksinin hassaslık, esneklik kapasitesi gibi pek çok etkiye bağlı olduğu varsayılmaktadır.

Kuraklık (Drought) :

Genel anlamıyla kuraklık, yağışın belirgin bir şekilde azlığı ya da uzun süren azlığı olarak tanımlanır. Azlık, bazı aktiviteler için ya da bazı gruplar için su eksikliği ile sonuçlanması, ya da normal olmayan kurak hava koşullarının hüküm sürdüğü dönemde ciddi bir hidrolojik dengesizliğe neden olan yağışsızlığı ifade eder (Heim, 2002).

Kuraklık farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Tarımsal kuraklık, bitkileri etkileyen toprağın en üst yaklaşık 1 metresindeki (kök bölgesi) nem azlığı ile ilişkilendirilir. Meteorolojik kuraklık ise, uzun süren yağış azlığı, hidrolojik kuraklık ise yer altı suyu, göller ve akarsularda normalden düşük seyreden su seviyesi ile ilişkilendirilmektedir. Mega-kuraklık ise, çok uzun süren ve geniş alanları içine alan, genlikle 10 yıl gibi normalden çok daha uzun süren kuraklığı ifade etmektedir.

Kuzey Atlantik Salınımı (North Atlantic Oscillation - NAO)

Kuzey Atlantik Salınımı, İzlanda ve Azorların yakınındaki barometrik basıncın karşıt çeşitliliklerinden oluşmaktadır. Bu nedenle, Atlantik boyunca Avrupa'ya doğru olan batı rüzgarlarının gücündeki dalgalanmalara karşılık gelmekte ve bundan dolayı da cephesel sistemleri ile bu bölgeye özgü siklonlardaki dalgalanmalara karşılık gelmektedir.

Küresel Yüzey Sıcaklığı (Global Surface Temperature) :

Küresel yüzey sıcaklığı, küresel ortalama yüzey hava sıcaklığının bir tahminidir. Ancak zamanla gerçekleşen değişimler için klimatolojik verilere göre gerçekleşen farklar olarak sadece anomaliler (ortalamalardan sapmalar) kullanılmakta ve büyük çoğunlukla da deniz yüzeyi sıcaklığı ve kara yüzeyi hava sıcaklığının anomalilerinin bölgesel ağırlıklı küresel ortalamasına dayanmaktadır.

Olağanüstü / Ekstrem Hava Olayı (Extreme Weather Event) :

Ekstrem bir hava olayı, belli bir yerde ve yılın belirli bir zamanında görülmesi nadir hava olan olayıdır. Nadirin tanımları değişebilir ancak ekstrem bir hava olayı, gözlemlere dayalı tahmin edilmiş olasılık yoğunluk fonksiyonunun % 10 - % 90 aralığı dışında kaldığı durumlarda gerçekleşen olayları temsil eder. Mantığa

dayalı olarak, ekstrem hava karakteristiklerinin tanımı bölgeye göre değişim gösterebilir. Günümüzde, tek bir ekstrem olayın direk olarak insan kaynaklı etkiler sonucu oluştuğu söylenemez. Ekstrem olaylar belirli bir süre devam ettiğinde (örneğin bir mevsim boyunca) ve özellikle kendi başına ekstrem olan bir sonuca neden olduğunda (örneğin, kuraklık veya bir mevsim boyunca yoğun yağış) ekstrem olay olarak sınıflandırılabilir.

Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (Probability Density Function - PDF) :

Bir olasılık yoğunluk fonksiyonu, değişkenin farklı sonuçlarının meydana gelme olasılığını gösteren bir fonksiyondur. Fonksiyon tanımlandığı etki alanı üzerinde birleştiricidir ve bir alt etki alanı üzerinde integralin değişken sonucu bu alt etki alanı içinde yer alma olasılığına eşit olma özelliğine sahiptir. Örneğin, PDF'den elde edilmiş sıfırdan büyük olarak özel bir şekilde tanımlanmış sıcaklık anomalisinin bir olasılığı sıfırdan büyük tüm olası sıcaklık anomalileri üzerinde PDF ile birleştirilerek elde edilir. Olasılık yoğunluk fonksiyonları iki veya daha fazla değişkenle aynı anda aynı şekilde tanımlanır.

Ozon (Ozone) :

Ozon, oksijenin üç atomlu hali (O3) olan bir atmosfer bileşenidir. Troposferde, hem doğal bir şekilde hem de insan aktivitelerinin sonucu oluşan gazların fotokimyasal reaksiyonları sonucu oluşmaktadır. Troposferik ozon sera gazı etkisi yapmaktadır. Stratosferdeki oluşumu, solar ultraviole radyasyonu ile moleküler oksijenin (O2) etkileşimi ile gerçekleşmektedir. Ozon, stratosferdeki stratosferik radyatif dengesinde baskın bir rol oynamaktadır. En yüksek konsantrasyonu ozon tabakasında bulunmaktadır.

Ölçek Küçültme (Downscaling) :

Ölçek küçültme, büyük ölçekteki modellerden ya da veri analizlerinden, yerelden bölgesele (10-100 km kadar) değişen ölçeklerde bilgiler elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu konuda iki temel metot bulunmaktadır:

1- Dinamik ölçek küçültme: Bu metot, yüksek çözünürlüklü ya da değişken alansal çözünürlüklü küresel modellerin ve bölgesel modellerin çıktılarını kullanmaktadır.

2- Ampirik/İstatiksel ölçek küçültme: Bu metot, yerel/bölgesel değişkenler ile büyük ölçekli atmosferik değişkenler arasında bağlantı kuran istatistiksel ilişkiler geliştirir.

Her halükarda, yürütülen modelin kalitesi, ölçek küçültme bilgisinin kalitesi üzerinde önemli bir belirleyici etkiye sahiptir.

Parametrizasyon (Parameterization) :

Bu terim, iklim modelleri için modelle oluşturulmuş geniş ölçekli akış ile bu tarz alt-grid ölçekli süreçleri alan- veya zaman-ortalamalı etkisi arasındaki ilişkiler ile modelin (alt-grid süreçleri) uzamsal ve zamansal çözünürlüğünde açık bir şekilde temsil edilemeyecek olan süreçleri temsil etme tekniğini ifade etmektedir.

Pasifik On-yıllık Salınımı (Pacific Decadal Oscillation - PDO)

20°N Kuzey Pasifik'in kuzeyinde deniz yüzeyi sıcaklığının ilk deneysel ortogonal fonksiyonunun modeli ve zaman serileridir. Bu salınımın tüm Pasifik Havzasını kapsayacak şekilde genişlemiş olanı On-yıllar-arası Pasifik Salınımı (Inter-decadal Pacific Oscillation - IPO) ismiyle bilinmektedir. Her iki salınımda hemen hemen aynı zamansal gelişimi göstermektedirler.

Projeksiyon (Projection) :

Projeksiyon, gelecekteki evrim potansiyeli miktar ya da miktarlarının sık sık bir model yardımı ile hesaplanmasıdır. Tahminlerin aksine, projeksiyon ilgili varsayımlarla koşulludur, örneğin gelecekteki sosyoekonomik ve teknolojik gelişmeler farklı olabilir veya olmayabilir.

Sel (Flood) :

Bir akarsu veya başka su kütlelerinin sınırları dışına akması veya normalde su ile kaplı olmayan geniş alanlarda su birikmesidir. Seller, akarsu taşkınlarını, su basmalarını, şehir sellerini, yağmur taşkınlarını, kanalizasyon taşkınlarını, kıyı sellerini ve buzul gölü taşması sonucu oluşan selleri kapsamaktadır.

Senaryo (Scenario) :

Senaryo; temel itici güçlerin (teknolojik değişim oranı, maliyetler vb.) ve ilişkilerin tutarlı ve istikrarlı varsayımları baz alınarak geleceğin nasıl oluşacağının

makul tanımıdır. Senaryolar öngörü ya da tahmin değillerdir ancak olayların gelişimine kullanışlı bir bakış sağlarlar. Daha fazla bilgi için İklim senaryosu, Emisyon senaryosu, Temsili Konsantrasyon Rotaları ve SRES senaryolarına bakınız.

Sera Gazı (Greenhouse gas - GHG) :
Sera gazları, atmosferde bulunan doğal ve insan kaynaklı, yer yüzeyinden, atmosferden ve bulutlardan yayımlanan radyasyon spektrumunda belirli dalga boylarında radyasyonu emen ve yayımlayan gaz halindeki bileşenlerdir. Bu özellik sera gazı etkisine neden olmaktadır. Su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2), diazot monoksit(N_2O), metan (CH_4) ve ozon (O_3) atmosferdeki birincil sera gazlarıdır. Bunun dışında atmosferde tamamen insan kaynaklı, Montreal Protokol'ünde ele alınan, halokarbonlar ve diğer klorin, bromin içerikli bileşenlere sahip başka bazı sera gazları da bulunmaktadır. CO_2, N_2O ve CH_4'nın yanı sıra, Kyoto Protokol'ü diğer sera gazları olan sülfür hekzaflorür (SF_6), hidroflorokarbonlar (HFCs) ve perflorokarbonlar (PFCs) ile ilgilenmektedir.

Sera Gazı Etkisi (Greenhouse Effect) :
Atmosferde kızılötesi radyasyonu emen tüm bileşenlerin kızılötesi radyatif etkisidir. Sera gazları, bulutlar ve (küçük bir ölçüde) aerosoller, yer yüzeyinden ve atmosferdeki diğer herhangi bir yerden yayımlanan radyasyonu emmmektedir. Bu maddeler her yöne doğru kızılötesi radyasyon yayımlar ancak troposferde yükseklikle birlikte sıcaklığın azalması ve emisyonun sürekli zayıflaması nedeniyle her şey eşit kalırken uzaya yayımlanan net radyasyon miktarı bu emicilerin olmadığı bir durumdakine kıyasla daha az olur. Sera gazı konsantrasyonlarındaki artış bu etkiyi de artırmaktadır; bu farka bazen gelişmiş sera gazı etkisi denilmektedir. Sera gazı konsantrasyonlarında insan kaynaklı emisyonlar sonucu oluşan değişim ani radyatif zorlamaya neden olmaktadır. Yüzey sıcaklığı ve troposfer bu zorlama sonucu ısınır ve adım adım atmosferin tepesindeki radyatif dengeyi yeniler.

SRES (Emisyon Senaryoları Özel Raporu) Senaryoları (SRES scenarios) :
Emisyon Senaryoları Özel Raporu; Nakićenović ve Swart tarafından geliştirilen ve IPCC(2001) 9. ila 11. bölümler ile IPCC(2007) 10. ve 11. bölümlerde gösterilen bazı iklim projeksiyonlarını temel alan emisyon senaryolarıdır. Aşağıdaki terimler SRES senaryolarının yapısını ve kullanımını daha iyi anlaşılması ile alakalıdır:
Senaryo ailelerinde, senaryolar benzer demografik, toplumsal, ekonomik ve teknik ana temalara sahiptirler. Emisyon Senaryoları, dört senaryo ailesinden oluşur: A1, A2, B1 ve B2.

- Açıklayıcı Senaryo: Nakićenović ve Swart (2000)'ın Politika Belirleyiciler için Özet kısmında verilen altı senaryo grubunun her biri için açıklayıcıdır. Senaryo grupları A1B, A2, B1, B2 için yeniden gözden geçirilip yenilenmiş dört adet belirleyici senaryo ve ek olarak A1Fl ve A1T grupları eklemiştir. Tüm senaryo grupları eşit seviyede güvenilirdir.
- Belirleyici Senaryo: Belirtilen bir senaryo ailesini temsilen SRES web sitesine taslak olarak konulan senaryo. Belirleyici senaryonun seçimi, ilk ölçümlerin ve spesifik modelin özelliklerinin ana temayı ne kadar iyi yansıttığı baz alınır. Belirleyici senaryolar diğerlerinden farklı değillerdir ama SRES yazarları tarafından belirli ana temalar için açıklayıcı olarak görülürler. Bunlar, Nakićenović ve Swart (2000) yeniden gözden geçirilmiş olarak bulunurlar. Bu senaryolar, tüm yazar takımı ve SRES açık süreçleri ile olabilecek en detaylı incelemeye tabi tutulurlar. Bu senaryolar aynı zamanda diğer iki senaryo gruplarını açıklamak içinde seçilmektedirler.
- Ana tema: Senaryonun(ya da senaryo ailesinin) ana karakteristiklerini ve temel itici güçleri ile dinamiklerinin evrim ilişkisinin altını çizerek hikaye tarzında tanımlanması.

Son Buzul Maksimumu (Last Glacial Maximum) :
Son buzul maksimumu buzulların ve buz tabakasının son buzul oluşum zamanında aldığı maksimum genişliği aldığı zaman olan yaklaşık 21 bin yıl öncesini belirtmektedir. Bu dönem geniş çapta incelenmiştir çünkü radyatif zorlamalar ve sınır koşullar oldukça iyi bilinmektedir ve 21. yüzyıl boyunca gerçekleşmesi beklenen ısınma bu dönemde gerçekleşmiş olan soğuma ile birbirine benzerdirler.

Su Stresi (Water Stres) :
Kullanılabilir tatlı su kaynaklarının, su çekilmelerine bağlı olarak gelişme üzerinde baskı oluşturduğu ülkeler, su stresi yaşayan bir ülkedir. Yenilenebilir

su kaynaklarındaki %20'den daha fazla azalmalar su stresi için indikatör olarak kullanılmaktadır. Kullanılabilir toprak suyunun, aktüel ve potansiyel toplam buharlaşmadan az olduğu toprakta yetişen bitki, su stresi yaşayan bitkidir.

Sürdürebilirlik (Sustainability) :

Şimdi ve gelecekte, doğal ve insan sistemlerinin eşit dayanıklılığını koruyan ve garantileyen dinamik sürece sürdürebilirlik denir. Dinamik bir süreç olarak, sürdürülebilirlik, üretim süreçleri, tüketim, doğal kaynakların ve atıkların kullanımının sağduyulu yönetimi, ekolojik ve biyolojik sistemlerin sağduyulu koruması.

Tahmin Edilebilirlik (Predictability) :

Bir sistemin geçmiş durumlarına ve günümüzde sahip olunan bilgiye dayanarak bu sistemin gelecekteki durumları için yapılabilecek tahminin ölçüsüdür. İklim sisteminin geçmişteki ve şimdiki durumları hakkında sahip olunan bilgi ve bu bilgiyi kullanarak iklim tahmini yapmaya çalışan modeller mükemmel olmadığından ve aynı zamanda iklim sistemi özünde lineer olmayıp ve karmaşık olduğundan iklim sisteminin tahmin edilebilirliği sınırlıdır. Rastgele tutarlı modellerde ve gözlemlerde bile, bu şekilde lineer olmayan sistemlerin tahmin edilebilirliği sınırlıdır (AMS, 2000).

Temiz Gelişme Mekanizmaları (Clean Development Mechanism-CDMs) :

Temiz gelişme mekanizmaları, henüz UNFCCC ve Kyoto Protokolü'nü imzalamalarına rağmen herhangi bir indirim taahhüdü almamış ülkelerde sera gazı emisyonlarının azaltılmasına imkan tanıyan projelerdir.

Temsili Konsantrasyon Rotaları (Representative Concentration Pathways - RCPs):

Senaryolar, arazi kullanımı ve arazi örtüsü olarak kullanımının yanı sıra, sera gazları, aerosoller ve kimyasal olarak aktif gazların tam paketi, emisyonlar ve konsantrasyonları için zaman yollarını içerir (Moss ve diğ., 2008). "Temsili" kelimesi her RCP için sadece birçok olası senaryoları sağladığı anlamına gelir belirli ışınımsal zorlama özelliklerini içererek. 'Rota' terimi sadece konsantrasyon seviyeleri ilgi uzun vadeli değil aynı zamanda zamanla alınan yörüngenin o sonuca ulaşmak için olduğunu vurgulamaktadır. (Moss ve diğ., 2010). Entegre Değerlendirme Modelleri tarafından üretilen literatürde yayınlanmış dört RCPs seçildi ve bu IPCC Değerlendirme kullanılan İklim öngörüleri ve projeksiyonlar için bir temel olarak WGI AR5 sunulmuştur:

RCP8.5; 2100 yılı için yüksek radyatif zorlama öngörülmektedir > 8,5 W/m2 ve zamanla artmaya devam ediyor.

RCP6.0 ve RCP4.5; 2100 sonrasında; iki ara "istikrar rotası" olup ışınımsal zorlama yaklaşık olarak 6 W/m2 ve 4.5 W/m2 olarak dengelenmiştir.

RCP2.6; 2100 öncesi yaklaşık tepe değeri 3 W/m2 olup devamında azalış göstermesi öngörülmektedir.

Termohalin Döngüsü –THC (Thermohaline circulation - THC) :

Düşük yoğunluklu okyanusun üst yüzey sularının yüksek yoğunluklu orta seviye ve derinlerdeki sularla sirkülasyonunu sağlayan geniş ölçekli döngüdür. Termohalin döngüsü, yüksek enlemlerde dar alanlardaki yüksek yoğunluktaki suların dip akıntısı ile tropik bölgelerde yavaş yavaş deniz yüzeyine çıkması ve daha geniş coğrafyalara yayılması nedeniyle asimetrik bir döngü olarak kabul edilmektedir. THC düşük sıcaklık ve/veya yüksek tuzluluğun sebep olduğu yüzey veya yüzeye yakın yoğunluğun tetiklemesiyle oluşur, fakat bilinen adına rağmen ayrıca rüzgar ve gelgitler gibi mekanik etkiler nedeniyle de tetiklenmektedir. THC döngüsü sık sık Meridyensel Terselme Döngüsü (Meridional Overturning Circulation MOT) adıyla da bilinmektedir.

Termoklin (Thermocline) :

Çok derin okyanus ile okyanus yüzeyi arasında bulunan, maksimum düşey ısı sıkışması gradyanı. Subtropikal bölgelerde, termoklin kaynağı genellikle, dalarak ekvator yönünde ilerlemiş daha yüksek enlemlerin yüzey sularıdır. Yüksek enlemlerde, termoklin yerine maksimum düşey tuzluluk gradyanı olan haloklin bulunabilir.

Yanlış Uyum (Maladaptation):

Uyum çabalarının dikkatsizlik sonucu şimdi ve daha sonrası için daha fazla hassasiyete neden olarak istenmeyen sonuçlar vermesidir. Yanlış uyum, faydalı amaçlar için uğruna çaba sarf edilmiş insanlar ile

başkalarının uyum sağlaması adına kendi fırsatları azalan kişilerin başına gelebilmektedir. Esnekliğin önünü kapatarak fırsatları kaldırmak gibi gelecek için uyum sağlanma olasılığını azaltan faaliyetler de yanlış uyuma girmektedir.

Yeniden Analiz (Reanalysis) :

Yeniden analiz, tarihsel atmosferik tahminler, okyanus sıcaklığı, rüzgar, akım ve diğer meteorolojik ve oşinografik ölçümler, işlenmiş geçmiş meteorolojik ve oşinografik veriler tarafından oluşturulan, veri simülasyon teknikleri ve sabit hava tahmin modelleri kullanılarak oluşturulur. Sabit veri simülasyonu kullanma operasyonel analizlerde ortaya çıkan değişen analiz sistemi etkilerini önler. Süreklilik geliştirilmiş olmasına rağmen, küresel yeniden analizde gözlem sistemlerinde hala değişen kapsam ve sapmalar olabilmektedir.

Yer Sistem Modeli (Earth System Model) :

Yer sisteminin atmosferik, okyanussal ve biyolojik bileşenlerinin birleştirildiği iklim modelidir.

Mesut TOKAY, 12.12.2013, İTÜ Kampüsü - İSTANBUL

METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Kütükçü Alibey cd. No:4 0612 Kalaba, Keçiören / ANKARA
Tel : 0 312 359 75 45 - Belgegeçer : 0312 360 25 51
mgm.gov.tr

iPhone

ANDROID